



**NESNELERİN İNTERNETİ EKOSİSTEMİNDE MAKİNELER ARASI
ÖZERK İLETİŞİM**

Safiye ULAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK BİLGİSAYAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

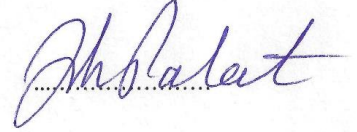
**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2015

Safiye ULAŞ tarafından hazırlanan “NESNELERİN İNTERNETİ EKOSİSTEMİNDE MAKİNELER ARASI ÖZERK İLETİŞİM” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin POLAT
Bilgisayar Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Başkan : Doç. Dr. Fırat HARDALAC
Elektrik Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Üye : Doç. Dr. Sabri KOÇER
Bilgisayar Mühendisliği, Necmettin Erbakan Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Tez Savunma Tarihi: 17 / 02 / 2015

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Doç. Dr. Nurettin TOPALOĞLU
Bilişim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Safiye ULAŞ
17 / 02 / 2015

NESNELERİN İNTERNETİ EKOSİSTEMİNDE MAKİNELER ARASI ÖZERK İLETİŞİM

(Yüksek Lisans Tezi)

Safiye ULAŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ
Şubat 2015

ÖZET

Teknoloji ve internetin bu hızla devamında gelecekte gömülü cihazların, verinin ve insanların iletişim kurma şeklinin yeni yöntemlerle sağlandığı bir süreç olacaktır. Günümüzde fiziksel nesnelerin oldukça önemli bir kısmının ağ bağlantısının bulunmadığı bilinmektedir. Nesnelerin interneti (Internet of Things-IoT) ekosistemi ve makineler arası iletişim (Machine to Machine Communication-M2M) teknolojileri sayesinde bu nesnelerin ağ üzerinde izlenmesi ve kontrolünün sağlanması amaçlanmaktadır. Bu sistemlerin yaygınlaşması ile gelecek yıllarda işletmeler ve endüstri için katma değeri büyük bir pazar oluşacaktır. Ülkemizin de bu pazardan azami şekilde faydalanması, söz sahibi olması ve iyi bir konuma gelmesi oldukça önemlidir. Günümüzde birçok nesneyi içine alan IoT/M2M teknolojisine yönelik örneklerin sayısı son zamanlarda giderek artmıştır. Bu tez çalışmasında, IoT/M2M teknolojilerinin mimarisi ve standardı, hangi alanlarda kullanım imkânı olduğu, uygulamalarının nasıl çalıştığı ve dünya çapında ilerlemesinin hangi boyutta olduğu araştırılmıştır. Ayrıca mevcutta hizmet vermekte olan bazı IoT/M2M platformlarında prototip uygulamaların sınanması gerçekleştirilmiştir.

Bilim Kodu : 702.1.13
Anahtar Kelimeler : M2M, Makineler Arası İletişim, Akıllı Teknolojiler
Sayfa Adedi : 81
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin POLAT

AUTONOMOUS COMMUNICATION BETWEEN MACHINES INTERNET OF THINGS ECOSYSTEM

(M. Sc. Thesis)

Safiye ULAŞ

GAZİ UNIVERSITY
INFORMATICS INSTITUTE

February 2015

ABSTRACT

Technology and the Internet continue in the future of this rapidly embedded devices, the way they communicate the data and a process in which people will be provided with new methods. Today is a very important part of the physical object is known that the presence of a network connection. The internet of objects (Internet of Things-IOT) ecosystem, and communication between machines (Machine to Machine Communication-M2M) technologies through the network is aimed at ensuring the monitoring and control of these objects. In the coming years with the expansion of these systems and value-added business will be a huge market for the industry. The benefit of our country to the maximum in this market, to have a say and not in a good location is very important. Today, involving many objects IOT / the number of samples for M2M technology has steadily increased in recent years. In this thesis, IOT / M2M technology and architecture of the standard, which areas that use the opportunity, how it works in practice and investigated as to what extent the progress worldwide. There are also some who serve in the current IOT / M2M platform was carried out in the test of a prototype application.

Science Code : 702.1.13

Key Words : M2M, Machine to Machine Communication, Smart Technology

Page Number : 81

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Hüseyin POLAT

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkıları ile beni yönlendiren tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hüseyin POLAT ve bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca, maddi ve manevi destekleri ile hep yanımda olan çok değerli aileme teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|--------------|
| ÖZET..... | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| TEŞEKKÜR..... | vi |
| İÇİNDEKİLER | vii |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ..... | ix |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ | x |
| RESİMLERİN LİSTESİ | xiii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR..... | xiv |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. MAKİNELER ARASI İLETİŞİM (MACHINE TO MACHINE -M2M) | 7 |
| 2.1. M2M Uygulamaları | 10 |
| 2.1.1. Sağlıkta M2M (Telesağlık) | 11 |
| 2.1.2. İş ve endüstri uygulamalarında M2M | 12 |
| 2.1.3. Ulaşımında M2M (Telematik) | 13 |
| 2.1.4. Akıllı ev uygulamalarında M2M..... | 14 |
| 2.1.5. Uzaktan ölçüm (Telemetry) | 15 |
| 2.2. Türkiye’de M2M Mevcut Durumu | 17 |
| 2.3. M2M Teknolojisini Verimli Kullanabilmek için Temel Şartlar | 18 |
| 2.4. M2M’i Yükselten Teknolojiler | 21 |
| 3. M2M MİMARİSİ..... | 23 |

| | Sayfa |
|--|--------------|
| 3.1. M2M ETSI Standardı..... | 25 |
| 3.2. M2M Güvenlik Gereksinimleri..... | 30 |
| 3.3. M2M Referans Noktaları | 31 |
| 3.4. RESTful Kaynak Yapısı | 35 |
| 3.5. Olası Bir Bağlantı Senaryosu | 36 |
| 4. M2M VE BULUT BİLİŞİM | 39 |
| 4.1. Bulut Bilişim Özellikleri..... | 40 |
| 4.2. Bulut Bilişim Katmanları | 40 |
| 4.3. Bulut Türleri..... | 42 |
| 4.4. Türkiye’de Bulut Bilişim | 43 |
| 5. M2M’NİN KULLANDIĞI TEMEL TEKNOLOJİLER..... | 45 |
| 5.1. IEEE 802.15.4 Zigbee Teknolojisi..... | 45 |
| 5.2. 6LoWPAN Teknolojisi | 48 |
| 5.2.1. 6LoWPAN teknoloji faydaları | 50 |
| 5.2.2. Protokol yığını..... | 51 |
| 5.2.3. 6LoWPAN özellikleri..... | 51 |
| 5.2.4. 6LoWPAN mimarisi..... | 52 |
| 5.2.5. 6LoWPAN biçimi | 53 |
| 5.2.6. 6LoWPAN başlıkları..... | 54 |
| 5.2.7. 6LoWPAN yönlendirme | 54 |
| 5.2.8. 6LoWPAN uygulama alanları | 55 |

| | Sayfa |
|--|--------------|
| 5.2.9. 6LoWPAN fonksiyonları | 55 |
| 5.3. Bluetooth Teknolojisi..... | 55 |
| 5.3.1. Bluetooth'un dezavantajları | 58 |
| 6. IoT/M2M PROTOTİP UYGULAMA GELİŞTİRME | 59 |
| 6.1. https://yaler.net Prototip Uygulaması | 60 |
| 6.2. https://grovestreams.com Prototip Uygulaması | 65 |
| 7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME | 75 |
| KAYNAKLAR | 77 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 85 |

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge | Sayfa |
|--|--------------|
| Çizelge 2.1. M2M gelişim ve değişim süreci | 7 |
| Çizelge 3.1. Hizmetin Türüne Göre Seçilebilecek Şebeke Yapıları | 24 |
| Çizelge 3.2. Hizmetin Türüne Göre Seçilebilecek Şebeke Yapıları | 24 |
| Çizelge 3.3. M2M servis yetenek katmanında yer alan yetenekler | 28 |
| Çizelge 3.4. RESTful Primitive – HTTP, COAP Karşılaştırması | 35 |
| Çizelge 5.1. Zigbee Ve Diğer Kablosuz İletişim Teknolojilerinin Karşılaştırılması..... | 47 |
| Çizelge 5.2. Bluetooth'un Genel Teknik Özellikleri | 56 |

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil | Sayfa |
|--|-------|
| Şekil 1.1. Nesnelerin interneti teknoloji yakınsaması..... | 4 |
| Şekil 2.1. M2M ile bir arada kullanılacak teknolojiler ve uygulamalar | 9 |
| Şekil 2.2. Tele sağlık uygulaması | 11 |
| Şekil 2.3. Telematik uygulaması..... | 13 |
| Şekil 2.4. Akıllı ev uygulamalarında M2M hizmeti | 14 |
| Şekil 2.5. Akıllı sayaç (Smart Metering) uygulaması için örnek..... | 15 |
| Şekil 2.6. Telemetry uygulaması | 15 |
| Şekil 3.1. Temel M2M mimarisi..... | 23 |
| Şekil 3.2. M2M'nin çalışma şekli | 25 |
| Şekil 3.3. ETSI M2M mimarisi-1 | 26 |
| Şekil 3.4. ETSI M2M Mimarisi-2..... | 27 |
| Şekil 3.5. ETSI M2M servis yetenek katmanı mimarisi | 27 |
| Şekil 3.6. ETSI nin tanımladığı referans noktaları | 29 |
| Şekil 3.7. Uçtan uca iletişim | 30 |
| Şekil 3.8. Hoptan hoptan iletişim..... | 30 |
| Şekil 3.9. Hoptan hoptan güvenlik sağlayıcı servislerle iletişim | 31 |
| Şekil 3.10. M2M servis platform bağlantı noktaları | 32 |
| Şekil 3.11. ETSI M2M ve transport katmanı bağlantısı | 34 |
| Şekil 3.12. HTTP uç noktasıyla iletişim için ayrıca bir vekil yapıya ihtiyaç vardır..... | 35 |

| Şekil | Sayfa |
|--|--------------|
| Şekil 3.13. Servis yetenek katmanı kaynak yapısı..... | 36 |
| Şekil 3.14. Olası bir bağlantı senaryosu..... | 36 |
| Şekil 3.15. Network SCL - uygulama kayıtları..... | 37 |
| Şekil 3.16. Gateway SCL - uygulama kayıtları | 37 |
| Şekil 3.17. Gateway - Network SCL kaynak bağlantısı | 38 |
| Şekil 4.1. Bulut bilişimi gösteren mantıksal şema..... | 39 |
| Şekil 4.2. Bulut bilişim yapısı..... | 40 |
| Şekil 4.3. Bulut Bilişim Katmanları..... | 41 |
| Şekil 4.4. Bulut bilişim türleri | 42 |
| Şekil 4.5. Türkiye’de bulut bilişimin tercih edilme sebepleri..... | 43 |
| Şekil 5.1. 6LoWPAN’un diğer protokollerle bağlantısı | 50 |
| Şekil 5.2. 6LoWPAN protokol yığını | 51 |
| Şekil 5.3. 6LoWPAN mimarisi..... | 52 |
| Şekil 5.4. TCP / IP ve 6LoWPAN protokol yığını | 53 |
| Şekil 5.5. 6LoWPAN başlıkları | 54 |
| Şekil 5.6. 6LoWPAN yönlendirmesi | 55 |
| Şekil 5.7. Bluetooth ürün sınıfları..... | 57 |
| Şekil 5.8. Piconet ve scatternet oluşumu | 58 |
| Şekil 6.1. IoT/M2M referans modeli | 59 |

| Şekil | Sayfa |
|--|--------------|
| Şekil 6.2. Yaler.net ile güvenlik duvarı veya NAT arkasındaki gömülü cihaza güvenli erişim | 61 |
| Şekil 6.3. Yaler el sıkışma (handshake) olayı..... | 61 |
| Şekil 6.4. Yaler protokolü web-sequence diagramı | 62 |

RESİMLERİN LİSTESİ

| Resim | Sayfa |
|--|--------------|
| Resim 2.1. Yiyecek, içecek otomatı..... | 12 |
| Resim 5.1. Örnek bir ETRX357 zigbee modülü..... | 46 |
| Resim 6.1. Arduino ile elde edilen sıcaklık verisinin web üzerinden izlenmesi..... | 65 |
| Resim 6.2. Grovestream.com da oluşturulan hesaba girildiğinde gelen ana ekran görüntüsü..... | 71 |
| Resim 6.3. Grovestream.com da sensor lokasyon görüntüsü..... | 72 |
| Resim 6.4. Grovestream.com da Santigrat (Celsius) olarak rastgele sıcaklık akış izlemesi..... | 72 |
| Resim 6.5. Grovestream.com da Fahrenhayt (Fahrenheit) olarak rastgele sıcaklık akış izlemesi..... | 73 |
| Resim 6.6. Grovestream.com da Santigrat (Celsius) olarak aralıklı (20 sn aralıkla) sıcaklık akış izlemesi..... | 73 |
| Resim 6.7. Grovestream.com'da Fahrenhayt (Fahrenheit) olarak aralıklı (20 sn aralıkla) sıcaklık akış izlemesi..... | 74 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Simgeler | Açıklama |
|--------------------|--|
| Hz | Hertz |
| ~ | Yaklaşık Değer Simgesi |
| % | Yüzde Simgesi |
| # | Sayı İşareti Sembolü |
| λ | Taşıma Frekansının Dalga Boyu |
| \$ | Amerika Para Birimi |
| Kısaltmalar | Açıklama |
| 1N | 1. Jenerasyon İnternet 1st Generation Internet |
| 2N | 2. Jenerasyon İnternet 2st Generation Internet |
| 3N | 3. Jenerasyon İnternet 3st Generation Internet |
| 4N | 4. Jenerasyon İnternet 4st generation Internet |
| AJAX | Eşzamansız Javascript Asynchronous JavaScript XML |
| API | Uygulama Ara Birimi Application Programming Interface |
| APN | Erişim Noktası Adı Access Point Name |
| ASAP | Asenkron Servis Erişim Protokolü Asynchronous Service Access Protocol |
| BPSK | İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama Binary Phase-Shift Keying |
| CAP | Genel Uyarı Protokolü Common Alerting Protocol |
| CoAP | Kısıtlı Uygulama Protokolü Constrained Application Protocol |

| Kısaltmalar | Açıklama |
|--------------------|---|
| CPU | Merkezi İşlem Birimi Central Process Unit |
| CSMA/CA | Çarpışma Algılayıcıyla Taşıyıcıyı Dinleyen Çoklu Erişim Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance |
| DSL | Sayısal Abone Hattı Digital Subscriber Line |
| ETSI | Avrupa telekomünikasyon Standartları Enstitüsü European Telecommunications Standards Institute |
| FPGA | Alan Programlanabilir Kapı Dizileri Field Programmable Gate Arrays |
| GFSK | Gauss Frekans Kaydırmalı Anahtarlama Gaussian Frequency Shift Keying |
| GPRS | Genel Paket Radyo Servisi General Packet Radio Service |
| GPS | Global Konumlandırma Servisi Global Positioning System |
| HSPA | Yüksek Hızlı Paket Erişimi High Speed Packet Access |
| IaaS | Bir Servis Altyapısı Infrastructure As a Services |
| IEEE | Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IoT | Nesnelerin İnterneti The Internet of Things |
| IP | İnternet Protokolü Internet Protocol |
| M2M | Makineler Arası İletişim Machine to Machine Communication |
| MAC | Ortam Erişim Denetimi Media Access Control |
| NIST | Standart ve Teknoloji Ulusal Enstitüsü National Institute of Standards and Technology |
| O-QPSK | Dörtlü Sıfırlama Faz Kaydırmalı Anahtarlama Offset-Quadrature Phase-Shift Keying |
| P2M | İnsandan Makineye People to the Machine |
| P2P | İnsandan İnsana People to People |
| P2S | İnsandan Sunucuya People to The Server |

| Kısaltmalar | Açıklama |
|--------------------|---|
| PAN | Kişisel Alan Ağı Personal Area Network |
| PSK | Faz Kaydırmalı Anahtarlama Phase Shift Keying |
| REST | Yeniden Tanımlama Durum Transferi REpresentational State Transfer |
| RF | Radyo Frekansı Radio Frequency |
| RFD | Düşürme Fonksiyonlu Cihaz Reduced Function Device |
| RFID | Radyo Frekansı ile Tanımlama Radio Frequency Identification |
| SAS | Sensör Uyarı Servisi Sensor Alert Service |
| SCL | Stratejik Haberleşme Laboratuvarları Strategic Communication Laboratories |
| SMS | Kısa Mesaj Servisi Short Message Service |
| SNMP | Basit Ağ Yönetim Protokolü Simple Network Management Protocol |
| SOS | Sensör Gözlem Servisi Sensor Observation Service |
| TCP/IP | İletim Kontrol Protokolü / İnternet Protokolü Transmission Control Protocol/Internet Protocol |
| TISPAN | Telekomünikasyon Endüstrisi Derneği Telecommunications Industry Association |
| TML | Dönüştürücü İşaretleme Dili Transducer Markup Language |
| UMTS | Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi Universal Mobile Telecommunication System |
| WiFi | Kablosuz Bağlantı Alanı Wireless Fidelity |
| WiMAX | Mikrodalga Erişim için Dünya Çapında Birlikte Çalışabilirlik Worldwide Interoperability for Microwave Access |
| WLAN | Kablosuz LAN Wireless LAN |
| WNS | Web Bildirim Hizmetleri Web Notification Services |
| WPAN | Kablosuz Kişisel Alan Ağı Wireless Personal Area Network |

| Kısaltmalar | Açıklama |
|--------------------|--|
| WSN | Kablosuz Sensör Ağları Wireless Sensor Networks |
| WS-N | Web Hizmetleri Bildirimi Web Services Notification |
| XML | Genişletilebilir İşaretleme Dili Extensible Markup Language |

1. GİRİŞ

İnternet, yaşadığımız teknolojik yüzyılın en önemli iktirası ve insanlığın artık ayak uydurduğu bilgi toplumunun temelini oluşturan bir yapı haline gelmiştir. İnternet, çeşitli kıtalarda ve farklı saat dilimlerinde yaşayan insanlar arasında zaman ve mekân sınırlaması olmadan iletişim kurmak, dev bilgi kaynaklarına erişim imkânı sağlamak, çeşitli entelektüel hizmetler göstermekle toplumda olağanüstü bir olaya dönüşmüştür. İnternet hızla gelişmekle, kapsamını genişleterek, tüm faaliyet alanlarına daha derinden nüfuz ederek insan hayatına her gün yenilikler katmaktadır. İnternet dediğimiz bu dünyayı saran ağ, evrimleşmeyi sürdürerek, hemen her on yılda yeni bir yapıya bürünürken, kapasite, içerik ve kapsama alanı da olağan üstü bir hızla genişlemektedir.

2010'lu yıllardan itibaren İnternet evrimi; 4. Nesil İnternet olarak anılmaktadır. 4. Nesil İnternet; "Nesnelerin interneti, Web 3.0, Uygulama ve Hizmetlerde "yerel" kavramının sonu, canlı-cansız tüm nesnelerin internet ağına ilişkilendirilmesi" olarak tarif edilmektedir. Aslında uzun yıllardır dile getirilen, ancak son yıllarda geniş bant internetin, fiber optik kablo altyapısının ve akıllı mobil cihazların yaygınlaşmasıyla hız kazanan ve yarımın interneti olarak tanımlanan bu 4. Nesil internet kavramı, artık "Nesnelerin İnterneti- İnternet of Things (IoT)" olarak da adlandırılmaktadır [1-3].

Nesnelerin İnterneti "benzersiz bir şekilde adreslenebilmekte, nesnelerin kendi aralarında oluşturduğu, dünya çapında yaygın bir ağ ve bu ağdaki nesnelerin belirli bir protokol ile birbirleriyle kablolu ve kablosuz bağlantılar ile iletişim içinde olmaları" şeklinde tanımlanmaktadır. Ayrıca Nesnelerin İnterneti kavramını; "çeşitli haberleşme protokolleri sayesinde birbirleri ile haberleşen ve birbirine bağlanıp, bilgi paylaşarak akıllı bir ağ oluşturmuş cihazlar sistemi" olarak da tanımlamak mümkündür. Nesnelerin internetinin amacı, ideal herhangi bir yol/ağ ve servisi kullanarak her zaman, her yerden nesnelerin İnternete bağlanmasını sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için de Standartlaştırma/Uyumlaştırma ve Gizlilik/Sosyal-Etik yönler tam olarak belirlenmelidir [2].

Nesnelerin internetinin özünde algılayıcılar (sensörler) yer almaktadır. Gerçek yaşamımızdaki birçok olguyu, hava sıcaklığı, nem, basınç, tansiyon ve kalp atışı, taşıtların coğrafi konumlarını basit algılayıcılar ile ölçmek, sayısallaştırmak ve ölçümleri bilgisayarlara aktarmak mümkündür. Artık yeni nesil algılayıcılar küçük ve ucuz şekilde temin edilebilmektedir. Algılayıcıların bir birileri ile ve bilgisayar ağları ile iletişim kurmasını sağlayan standartlar ve protokoller üzerindeki çalışmalar hemen hemen tamamlanmış durumdadır. Artık akıllı telefonlar gibi cihazlar sayesinde bile, algılayıcı verilerini kolayca aktarabilme de mümkün hale gelmiştir. Ayrıca bulut bilişim sayesinde çok sayıda algılayıcıdan gelen verilerin de merkezlerde işlenmesi mümkün olmaktadır.

Nesnelerin interneti, artık insanların tüm yaşam ve faaliyet alanlarına girmeye hazırlanan bir teknolojik yapıya kavuşmaktadır. Örneğin, şehirlerde, algılayıcılardan gelen veri boş park yerlerini belirleyip sürücülerini buna göre yönlendirebilir. Akıllı evlerden gelen verilerin analizi sayesinde iklimlendirme kontrolü veya hırsızlık gibi güvenlik olayları takip edilebilir. İnsanlar üzerine yerleştirilerek yaşamsal verileri sürekli takip eden algılayıcılar, hastalık veya ani yaşamsal parametrelerin değişimini takip edebilir veya hastaları ilaç alması için uyarabilir. Ya da tek başına yaşayan yaşlılar bir kaza ile karşılaştıklarında acil servislere ve sağlık ekiplerine ikaz verilebilir.

Nesnelerin İnterneti kavramı ilk kez 1999'da, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün Auto-ID laboratuvarı tarafından geliştirilip Procter&Gamble'ın tedarik zincirinde kullanılmaya başlanan Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojisi ile internete katılan nesnelerin ağını ifade etmek amacıyla Kevin Ashton adlı bilişimci tarafından önerilmiştir. Bu kavram bilgisayar ve akıllı telefonlar dışında internete sahip olabilecek "şeylere" işaret ediyordu. Birbiriyle iletişim halinde olanlar sadece bilgisayarlar değil, içinde mikroişlemci olan "herşey" olarak düşünülmüştü. Bu sebeple "Şeylerin (Nesnelerin) İnterneti" şeklinde bir karşılık oluşturulmuştur. Daha sonraları bu karşılık herkes tarafından benimsenmiştir.

Nesnelerin İnterneti kavramı 2005 yılında Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union –ITU) analistler grubunun internetin durumu için hazırladıkları raporda (ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things) yer aldıktan sonra daha çok ilgi çekmeye başladı. Bu raporda nesnelerin internetinin potansiyelini verimli kullanmak için standardizasyon, özel hayatın dokunulmazlığı, sosyal-etik sorunların çözülmesi zorunluluğu belirtilmişti [4].

2008 yılında St Qallen Üniversitesi, Zürih Üniversitesi ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün birlikte düzenledikleri nesnelerin İnternetine dair ilk uluslararası bilimsel konferans Zürih'te düzenlendi [5].

Nesnelerin İnterneti fikrine ciddi ilgi gösteren ilk ülkelerden biri ABD'dir. 2008 yılının Nisan ayında Amerikan Merkezi İstihbarat İdaresi, uygulaması ve gelişiminde ilginç bulduğu 6 perspektif teknolojinin listesine nesnelerin interneti teknolojisini de dahil etmiştir. Avrupa Birliği 2009 yılında 12 sayfalık bir "Nesnelerin İnterneti-Avrupa İçin Eylem Planı" raporu yayınlamıştır [6,7].

Çin nesnelerin interneti fikrinin gerçekleştirilmesini ülkenin ekonomik gelişiminin temel yönlerinden biri olarak değerlendiren ülkelerden biridir. Bu yüzden 2006 yılından itibaren Çin Bilimler Akademisi ve ülkenin önde gelen araştırma enstitüleri bu teşebbüse destek vermeye başlamışlardır [8].

Nesnelerin İnterneti fikrinin gerçekleştirilmesi için ciddi çaba gösteren ülkelerden biri de Japonya'dır. 2009 yılının Şubat ayında Japonya hükümeti ile Avrupa Birliği arasında RFID-teknolojileri, kablosuz algılayıcı ağları ve nesnelerin interneti alanında işbirliği hakkında anlaşma imzalanmıştır [9].

Bilişim teknolojileri alanında dünyanın önde gelen şirketleri de nesnelerin interneti kavramının gerçekleştirilmesi için destek vermektedirler. Örneğin, IBM şirketi dünyayı daha entelektüel bir ağda birleştirmek için "Akıllı Planet" projesi, Cisco şehirleri daha etkili yönetmek için "Akıllı kentleşme" ağ projesi, General Electric ise kentlerde çevresel sorunları çözmek için "Ecomagination" ağ projesi, ayrıca NASA Cisco şirketinin desteği ile "Planet örtüsü"-“Yerküre üzerinde küresel bilgi toplama sistemi” üzerinde çalışmaktadır [10].

Teknoloji gelişirken, internet de değişiyor ve insanların hayatında yer alan her elektronik cihazda ve her konuda internete ve sisteme daha fazla bağımlılık ortaya çıkmaktadır. Sayısal dönüşümün yaşandığı, akıllı ve bağlanabilir ürünlerin insanların hayatının her köşesini kapsadığı bu çağda, şüphesiz insan yaşantısı her geçen gün daha da kolaylaşıyor ve bu hızlı dönüşüm, toplumsal gelişimi de büyük ölçüde etkilemektedir. Son kullanıcılar bu gelişmelerden her zaman olumlu etkilenmekte ancak çok sayıda aygıtın internete bağlanabilir olması, yönetim zorluğu ile birlikte, var olan ağ yapılarında değişimi de beraberinde getirmektedir.

Cisco tarafından yayınlanan bir rapora göre internete erişen “şeyler” türüne göre sınıflandığında, 2008 yılından beri İnternete en çok erişen tür kategorisinde "nesneler" ilk sıraya ulaşmış durumda. Diğer bir deyişle 2008'den itibaren internete erişen nesneler, internete erişen insan nüfusunu geçmiş durumdadır [11].

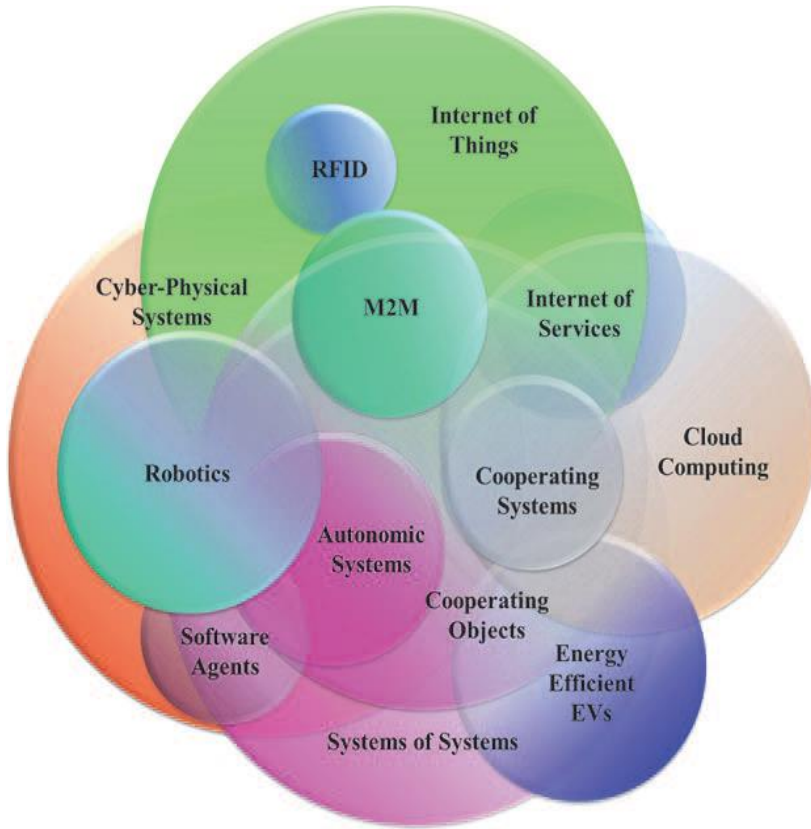
Deloitte tarafından hazırlanan "Elektronik Haberleşme ve Eğilimler 2011" raporuna göre 2020 yılına kadar cep telefonu, sabit telefon, bilgisayar, ev ve araba içi cihazları, müzik çalar, TV, elektronik kitap okuyucu ile endüstriyel makina ve algılayıcılardan oluşan 50 milyar kadar cihazın yaygın iletişim ağları üzerinden haberleşeceği öngörülmüyor. Bu da, dünyadaki her bir insana karşılık altı aygıttan fazlası anlamına gelmektedir [12].

Bireyleri ise yaşam alışkanlıklarının baştan tanımlanacağı bir süreç beklemektedir. Kısa süre önce internet yoluyla insanların yaşamına giren ve insanlar tarafından bugün artık vazgeçilmez gelen pek çok yeniliğin, "nesnelerin interneti" ile birlikte bambaşka boyutlara taşınması söz konusu olabilecektir. Artan iletişim ile daha da karmaşıklaşan yaşamlarda, kendiliğinden çalışan ve birbiriyle otomatik iletişim kuran aygıtlar, insanların üzerindeki iş yükünün büyük bir bölümünü

hafifletebilecektir. Yakın zamanda öğrenmeyi öğrenen aygıtların, internette bazı işleri insanların yerine yapacağı öngörülebilir.

Nesnelerin İnterneti ağında sadece insanlarla nesnelar arasında değil, ayrıca nesneların kendi aralarında da karşılıklı iletişimin kurulması öngörülüyor [13]. Nesneların İnterneti sadece herkesin kullandığı İnternet geçitlerinden değil, ayrıca sınırsız sayıda özel ağdan (Nesnelerin Intraneti) oluşabilir.

Nesnelerin interneti, geleceği biçimlendirirken, insanların yaşam tarzlarından bakış açılarına kadar birçok değişikliği de beraberinde getirebilecektir. Nesneların İnterneti ağının gerçekleştirilmesi ile toplumdaki bazı önemli sorunların çözülmesi de bekleniyor. Örneğin, tıbbi hizmetlerin kalitesinin yükselmesi, sosyal güvenliğin daha güvenli şekilde sağlanması, yönetim süreçlerinin iyileştirilmesi konularında daha etkili çözümler ortaya çıkabilecektir. Genel olarak, nesneların interneti teknolojilerinin başarıyla gerçekleştirilmesi insanların yaşam düzeyinin artmasına, yeni ve daha elverişli iş yerlerinin açılmasına, iş için yeni imkânların doğmasına, üretimde verimliliğin ve rekabet-sürekliliğinin artmasına yol açacağı beklenmektedir.



Şekil 1.1. Nesneların interneti teknoloji yakınsaması

Nesnelerin İnterneti, makineler arası iletişim (Machine to Machine - M2M), kablosuz algılayıcı ağlar, 2G/3G/4G, RFID vs.' den çok daha fazlasını içerir. Bunlar nesnelerin interneti uygulamalarının oluşturulmasını sağlayan teknolojiler olarak kabul edilmektedir (Şekil 1.1).

2. MAKİNELER ARASI İLETİŞİM (MACHINE TO MACHINE -M2M)

Nesnelerin İnterneti kavramının omurgasını, Makineler Arası İletişim (Machine to Machine Communication-M2M) oluşturmaktadır. M2M kavramı; iki cihazın birbiri arasında belirli protokoller aracılığı ile veri alış verişi yaparak etkileşim içerisinde çalışmalarını sağlayan sistemlerin genel adıdır. M2M, insanların aracılığı olmaksızın (ya da sınırlı katkısı ile) makinelerin birbirleri ile iletişim halinde olması şeklinde de tanımlanabilir. Karar için genellikle merkezi bir bilgisayarda kontrol sistemi bulunur. M2M hem kablolu hem de kablosuz sistemlerin aynı yetenekteki diğer cihazlar ile iletişim kurmasına izin verir. M2M ile içinde insanların olmayacağı, yalnızca makineler arası bilgi akışının sağlanacağı özel iletişim ortamlarıyla, gelecekte bugünkünden çok daha hızlı bağlantılarla büyük miktarlarda veri üretilip tüketileceği öngörülmektedir.

Başlangıçta bilgi teknolojileri ve elektronik haberleşme olgusu, insanlar arası ya da insan-makine (sunucu) arası iletişim için kurgulanmışken artık bazı hizmetlerde insan ya hiç devrede değil ya da izleyici konumdadır. Birçok uygulamada makineler doğrudan birbirleriyle iletişim kurmaktadır. Söz konusu gelişim ve değişim süreci Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. M2M gelişim ve değişim süreci

| İnsan'dan İnsan'a (P2P) | İnsan'dan Makine'ye (P2M) | Makine'den Makine'ye (M2M) |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Telefon (ses görüntü) | Elektronik/uzaktan eğitim | Telemetri |
| Mesajlaşma | Elektronik Ticaret / Bankacılık | Telematik |
| Dosya Paylaşımı | Teletıp | Telesağlık |
| Görüntü, müzik paylaşımı | Elektronik Kanu Hizmetleri | Akıllı Yollar/Araçlar |
| Karşılıklı oyun | Elektronik iş sistemleri | Akıllı evler, binalar |
| | Arama Motorları | İş gören makineler/robotlar |

Dünyada abone sayısı ve yeni hizmetlerin sunumu açısından en çok büyüme potansiyeline sahip pazarlar içerisinde M2M yer almaktadır. M2M hizmetlerinin güvenlik, verimlilik ve milli gelirin artırılması konularında önemli etkilerinin olması beklenmektedir. Dünyada 2012 yılı sonu itibariyle

M2M mobil abone sayısının yaklaşık 100 milyon olduğu tahmin edilmekte olup, söz konusu hizmetten elde edilen gelir yaklaşık 6,5 milyar ABD doları civarındadır [15]. 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]. Nitekim bazı kuruluşlar tarafından da söz konusu rakamın 2020 yılında 1,8 milyar seviyesinde dengelenebileceği değerlendirilmektedir.

M2M hizmetleriyle hedeflenen; insan gücü, makine ve yakıtın verimli kullanılmasının sağlanmasıdır. M2M teknolojisi ile özel ve iş yaşantısı kolaylaşmakta ve gelişmektedir. Bu teknoloji, süreçleri kolaylaştırıp, verimliliği artırmakta ve hatta hayat kurtarabilmektedir.

Günümüzde M2M çözümleri kullanan kurumlar kendi faaliyet dallarında bu şekilde kendi maliyetlerini minimize ederek sunmakta oldukları mevcut ürün ve hizmetlerinde yaratıcılığı ana etken konum olarak öne çıkarabilmektedirler. Böylece elde edilen yaratıcılık ile işletmeler rakiplerinden farklılık oluşturmakta ve kazançlarını belli ortalamaların üzerinde tutmayı başarabilmektedir. Bu tür uygulamalar tüm dünyada hızla artan bir oranda kullanılmaya başlanmıştır.

Uzaktan verinin alındığı, uzağa aktarıldığı, komut verildiği, uzaktan iletişim ve etkileşim kurulduğu tüm teknolojik yapılar M2M sistemini kullanan yapılardır. M2M ile daha önceden belirlenmiş bir saatte ya da anlık olarak, çok sayıda cihazın, kişi müdahalesi olmaksızın uzaktan yönetimi yapılabilmektedir.

M2M uygulamalarının tarihi çeşitli endüstrilerdeki otomasyon uygulamalarına dayanmaktadır. Özellikle otomotiv sektörü gibi seri üretim gerektiren süreçlerin yer aldığı endüstrilerde M2M'in başlangıcı olarak sayılabilecek yaklaşımlar, 1970'li yıllara kadar uzanmaktadır. Yıllar içerisinde gelişen İnternet Protokol (IP) tabanlı şebekeler ve veri iletimini hızlandıran yeni nesil şebekeler nedeniyle, söz konusu uygulamalar bir üretim tesisi sınırları içerisinde yer alan çok pahalı ve katı kurallara tabi makinelerden İnternet üzerinden birbirine bağlanabilen ucuz ve daha fonksiyonel cihazlara doğru bir kayma eğilimi göstermiştir.

M2M, bilgisayar ağ otomasyonu ortaya çıkışından bu yana farklı şekillerde var olmuştur. Böylece, "telemetri", "endüstriyel otomasyon", "SCADA" gibi uygulamalarda kullanılmıştır.

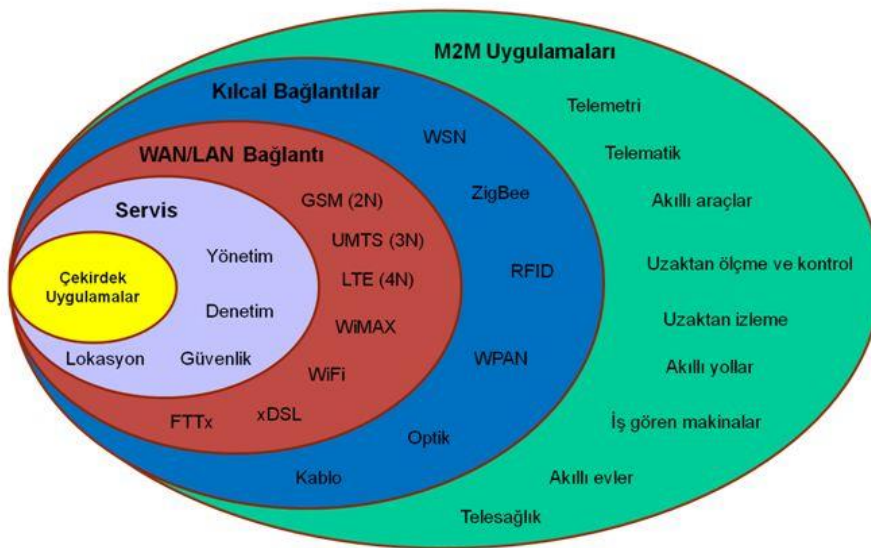
Makineler arası iletişim söz konusu olduğunda bazıları telematik, telemetri, fabrika üretim kontrol ve bina yönetimi gibi aşına olduğumuz birçok teknolojinin zaten var olduğunu düşünerek bunun yeni bir kavram olmadığı düşüncesine sahip olabilir. Tabii ki münferit sistemler ve tahsis edilmiş protokolleri

kullanarak nesnelere kontrol eden sistemler günümüze kadar var olagelmıştır [14]. M2M'in en önemli ayırt edici özelliği, yaygın ve açık altyapısı olan IP'nin üzerine kuruluyor olmasıdır. Yaygın bir altyapının üzerine oturarak geniş bant ağlar kullanılabilir, nesne ve bilgiyi standartlaştırma mümkün hale gelebilir.

M2M uygulamalarında, IEEE 802.xx, Wireless Fidelity (WiFi), Global System for Mobile Communications (GSM), General Packet Radio Service (GPRS), Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) vb. telsiz teknolojileri ile Fiber to the x (FTTx), Ethernet vb. kablo teknolojileri gibi günümüzde var olan standart teknolojiler kullanılmaktadır. Bunların yanında cihazların kılcal şebekelere bağlantısında Wireless Sensor Network (WSN), Bluetooth, Radio Frequency Identification (RFID), ZigBee, IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks (6LoWPAN) gibi farklı bir takım teknolojiler de dahil olmaktadır (Şekil 2.1) [15-19].

M2M cihazları kapalı sistem otomasyon cihazları olabilecekleri gibi (operatör müdahalesi gerektirmeyen) kullanıcı yönetimi gerektiren cihazlarda olabilirler. Uzaktan yönetim haricinde cihazların çalışma durumlarına ilişkin verilerin uzaktan takip edilebilmesi, arıza vs. gibi durumlarda uzaktan arıza tespiti ile işletme maliyetlerini düşürmekle birlikte hizmet kalitesini ve/veya cihazdan elde edilecek faydanın en üst düzeye çıkarılmasını sağlayacaktır.

GSM/GPRS teknolojisiyle internet üzerinden gerçekleştirilebilen veri alışverişi sayesinde arabaların konum bilgileri, elektrik/doğalgaz sayaç verileri, elektronik cihazların arıza ve alarm durumları, otomatik sulama ve su ölçüm sistemleri verileri gibi birçok uygulamanın uzaktan izlenmesi ve kontrol edilebilmesi bilgisayarlar ve gömülü sistemler aracılığıyla otomatik olarak gerçekleşebilecektir.



Şekil 2.1. M2M ile bir arada kullanılacak teknolojiler ve uygulamalar

M2M ile birlikte, toplanan verilerin işlenmesi, bunlardan anlamlı sonuçlar üretilmesi ve bu sonuçlar doğrultusunda karar oluşturup ve işlem başlatılması şeklinde özetlenebilecek yapay zeka uygulamaları da hızlı gelişimini sürdürmektedir. Avrupa'da European Telecommunications Standards Institute (ETSI) tarafından M2M teknik standartları ile birlikte çalışabilirlik ve hizmet kalitesi kriterleri konusunda sürdürülen çalışmalar yakın zamanda tamamlanmıştır.

2.1. M2M Uygulamaları

Genişbant kablolu bağlantılar ve kablosuz bağlantıların sağladığı esnekliğe ek olarak gün geçtikçe değişen ve fonksiyonellenen cihazların varlığı, M2M yaklaşımının cihazların birbiriyle haberleşebildiği her türlü hizmet türünde kullanılabilir olmasını sağlamaktadır.

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 (teletıp), ATM, satış noktaları, kritik satış altyapıları, akıllı tarım uygulamaları, görüntüleme ve kontrol sistemleri gibi pek çok alanda aygıtların uzaktan izlenmesini ve yönetilmesini sağlayabilmektedir.

Bununla birlikte, bahsedilen uygulamalarda M2M iletişimin tam anlamıyla etkin olarak kullanılabilmesi için enerji verimliliği, enerji kaynak çeşitliliği ve uygulamaya bağlı olarak istenen servis kalitesini sağlayan tekniklerin ve teknolojilerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

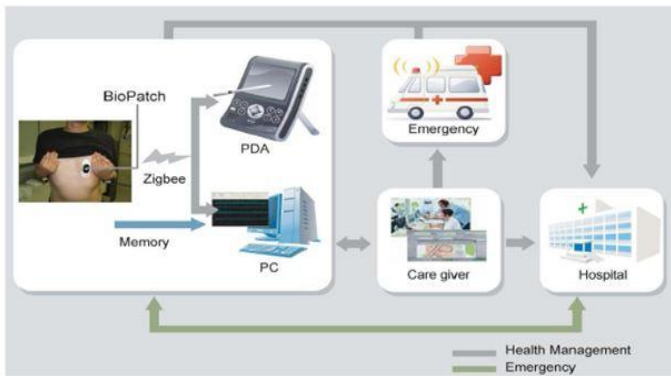
Dünya'da M2M sistemlerinin genel kullanımı şu şekildedir;

- Lojistik ve taşımacılık sektöründe; GPS ile takip sistemlerinde; araç ve filolara ait güzergah 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 şeklinde çözümler 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 alınması ve depolanmasında ve birçok benzer sektörde ve çözümde kullanılır [20].

2.1.1. Sağlıkta M2M (Telesağlık)

M2M'in en yaygın ve en etkin olacağı kullanım alanlarının başında sağlık hizmetleri gelmektedir. Kişisel Elektronik Sağlık Sistemi (Personal Telehealth Systems) olarak da adlandırılan bu yapılar sayesinde hem sağlık hizmetlerinde etkinlik artmakta hem de sağlık maliyetleri azalabilmektedir.



Şekil 2.2. Tele sağlık uygulaması

Dünya nüfusu hızla yaşlanmaktadır. ABD'de yapılan bir araştırmaya göre 2000 yılında yaklaşık 1 milyon olan 85 yaş üzeri kişi sayısının 2050 yılında 20 milyon olacağı tahmin edilmektedir. Bu insanlar sağlık açısından yakından takip edilmesi gerekip bazı vücut parametrelerinin (kan basıncı, kan şekeri, ısı, ağırlığı vb.) periyodik olarak ölçülmesi gerekmektedir. Bunun sağlık merkezlerinde yapılması hem yüksek maliyetli olmak da hemde bu insanlar için ulaşım sorun olabilmektedir. Oysa M2M uygulamaları ile bu ölçme, takip ve değerlendirme işlemlerinin uzaktan yapılması mümkün hale gelmektedir. Kronik hastalıkların; diyabet, aritmi, tansiyon, astım ve KOAH vb. takip edilebilmesi sağlanabilecektir.

Telesağlık cihaz, hastanın bakım ve yaşam kalitesini artırdığı gibi doktor ile hasta arasında bakım ve takip sürekliliğini de sağlamaya yöneliktir. İnsanların üzerlerine giyebilecekleri ya da vücutlarının içine gömülebilecek algılayıcılar ile ölçümler yapıp ilgili sağlık kuruluşlarına iletilebilmekte, veri tabanlarına kayıt edilmekte ve eşik değerler aşıldığında uyarı sistemleri devreye girerek gerektiğinde doktor müdahalesi sağlanabilmektedir. Tüm bunlar olurken yaşlı ve hastaların hiç bir şey yapmasına gerek kalmamakta, her şey elektronik sistemler sayesinde otomatik olarak gerçekleşmektedir.

Özellikle nano teknolojisi konusundaki gelişmeler gelecekte insan vücudu ile bilgi iletişim sistemleri arasındaki ilişkilerin (IT-Bio interface) olağan üstü boyutlara taşınmasını sağlayacaktır.

2.1.2. İş ve endüstri uygulamalarında M2M

İş ya da ticarete M2M uygulamalarına en güzel örneklerden biri, bugün bile günlük hayatın bir parçası olan otomatik satış makinaları olan Otomat cihazlarıdır. İçecek, sigara, ambalajlı yiyecekler, bilet vb. şeylerin satıldığı bu makinalarda mevcut miktarlar, satış miktarları, eşik aşım bilgileri, yanlış kullanım, yetkisiz erişim, arıza vb. bilgiler algılayıcılar ile toplanıp telli ya da telsiz bir iletişim sistemi üzerinden ilgili sorumlunun bilgisayarına, el terminaline ya da polis merkezine iletilebilmektedir. Böylece insansız bir dükkan gibi iş gören bu makinaların anlık izleme, uyarı ve yönetimleri uzaktan yapılabilmektedir.



Resim 2.1. Yiyecek, içecek otomatı

Ayrıca çeşitli algılayıcıların yardımı ile sıcaklık, toz, nem vb. çevresel parametreler ile hız, adet, boyut, renk vb. fiziksel parametrelerin otomatik ve uzaktan ölçüm, kontrol ve yönetimini sağlayan telemetrik uygulamalar (SCADA) sayesinde endüstride insan kullanımını ve etkisini sınırlayan, etkinlik ve verimliliği arttıran pek çok uygulama söz konusu olabilmektedir.

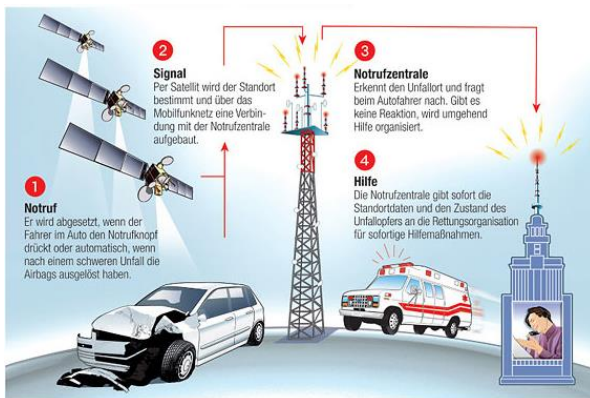
M2M ticari alandaki uygulama örneklerinden bir tanesi İngiliz Verifone firmasıdır. Verifone elektronik ödeme alanında POS makinesi hizmeti sağlayan İngiltere merkezli bir firmadır ve POS çözümlerinde kablosuz M2M yaklaşımı kullanmaktadır [21,28]. Firma M2M yaklaşımını kullanmaya başladığından beri hem POS kapsamını artırmış hem de maliyetlerinde önemli ölçüde düşüş sağlamıştır [22,23].

M2M endüstriyel üretim uygulama örneklerinden bir tanesi de Ford firmasının Oakville, Ontario, Kanada'da yer alan Oakville Üretim Tesisidir. Söz konusu tesiste yer alan 440 adet robot M2M uygulamaları ile çalışanlara üretim sürecinde yardımcı olmaktadır [24].

2.1.3. Ulaşımında M2M (Telematik)

Kara ulaşımında, gerek ulaşım ihtiyacının ve buna bağlı olarak araç sayısının hızla artması ve gerekse yolların kapasitesinin (özellikle şehir merkezlerinde) sınırlı olması nedeniyle trafik güvenliği, yakıt tüketimi ve hız konularında iyileştirmeler yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Son yıllarda bilişim teknolojilerinin bu alanda daha fazla kullanılması ile bu ihtiyacın giderilmesi konusunda çok sayıda çalışma başlatılmıştır. Telematik başlığı altında toplanan bu konudaki çalışmalar sonucunda araçlar yeni yeteneklere kavuşarak akıllanmakta; araçların güzergâhları boyunca birbirleriyle ve yol üzeri algılayıcılar ile kurdukları iletişim sayesinde aldıkları bilgilerle trafik güvenliği, hızı ve enerji verimliliği arttırılabilmektedir. Akıllı ulaşım sistemleri (Intelligent Transport System-ITS) olarak da adlandırılan bu çalışmaların ucu sürücüsüz araçlara kadar uzanmaktadır.



Şekil 2.3. Telematik uygulaması

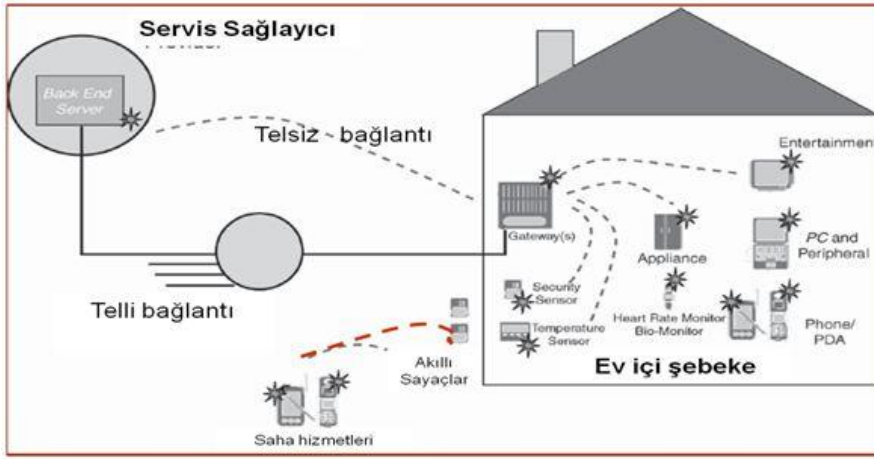
Yapılan bir çalışma ile trafik sıkışıklığının Avrupa çapındaki yıllık maliyetinin 135 milyar Euro olduğu hesaplanmıştır. Akıllı ulaşım sistemleri sayesinde bunun çok büyük ölçüde azaltılabileceği tahmin edilmektedir. “Strategy Analytics” tarafından yapılan tahminlere göre önümüzdeki 5 yıl içinde akıllı sayaç ve akıllı araç uygulamaları M2M pazarını çok önemli ölçüde büyütecek ve toplam pazarın yüzde 80’den fazlasını oluşturacaktır.

Bu alanda kullanılan M2M uygulamaları üretim ve hizmet sektörlerinin ana destekçisi olan lojistik sektöründe izleme, planlama ve hayata geçirme süreçlerinin M2M uygulamalarıyla otomatize edilerek hataların azaltılması ve zamanlamaların netleştirilmesi amaçlarıyla kullanılmaktadır. Öne çıkan kullanım alanları araç takip ve stok izleme hizmetleri olan bu uygulamaların örneklerinden bir tanesi Avrupa ve Amerika kıtasında hizmet veren Isotrak firmasıdır. Söz konusu firma, iş yaptığı ülkelerdeki yerel ortaklarıyla araç takibinde M2M çözümlerini kullanmakta olup, uygulamalar

başladığından beridir %99 güvenilirlik seviyesine ulaşmış, gelirlerini de yaklaşık %25 arttırmıştır [15].

2.1.4. Akıllı ev uygulamalarında M2M

Akıllı binalar ve akıllı evler M2M uygulamalarının bir diğer alanını oluşturmaktadır.

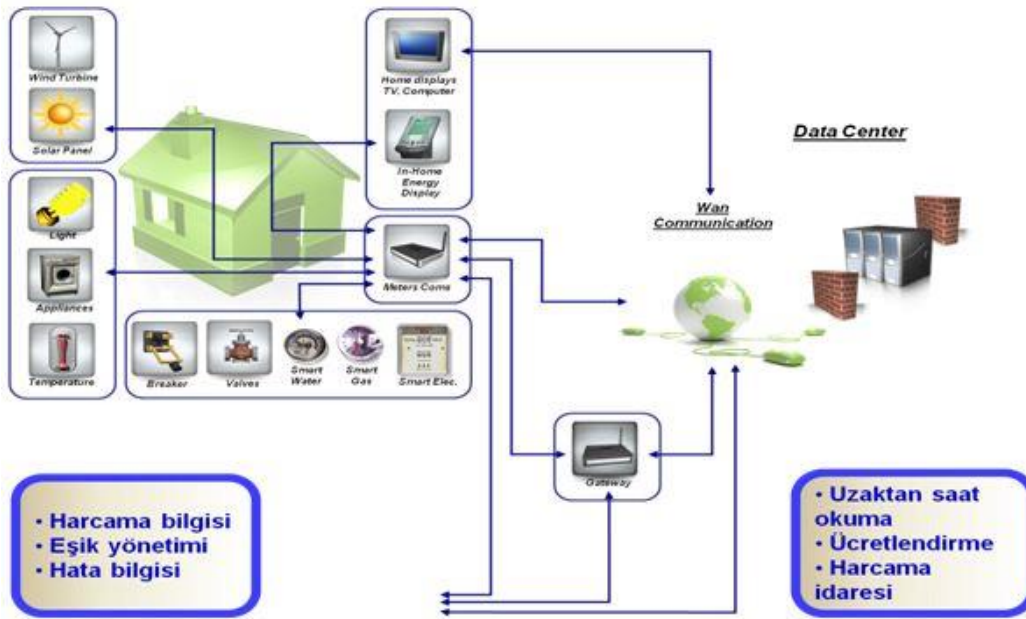


Şekil 2.4. Akıllı ev uygulamalarında M2M hizmeti

İngiltere’de OFCOM tarafından yapılan bir araştırmaya göre günümüzün modern evlerinde kullanılmakta olan yaklaşık 20-25 alet, cihaz, sistem (TV, fotoğraf makinası, telefon, bilgisayar, fırın, buzdolabı, güvenlik sistemleri, enerji, iklimlendirme ve havalandırma sistemleri gibi) bilgi teknolojisi şebekelerinin kullanıcısı durumuna gelmiş bulunmaktadır.

Şekil 2.6 ‘daki model uygulamada da görülebileceği gibi ev içinde otomasyon, güvenlik ve yönetim için kullanılan çeşitli algılayıcılar (sensör), cihazlar ve ev aletleri bir “Ev içi şebeke” (Home Area Networks-HAN) oluşturmakta; telli, telsiz iletişim teknolojilerini de kullanarak evler ve binalar akıllı daha akıllı hale getirilmektedir. Böylece güvenlik, kontrol ve tedarik gibi hizmetler çeşitli servis sağlayıcılar üzerinden alınabilmekte ve uzaktan yönetilebilmektedir.

Bu alanda yapılan bir çalışmaya göre en hızlı gelişme beklenen M2M uygulamalardan biri olan akıllı enerji sayaçları (Smart metering) sayısı 2010-2015 yılları arasında yıllık ortalama yüzde 30 artışla yüz milyonlara ulaşacaktır (Şekil 2.7).

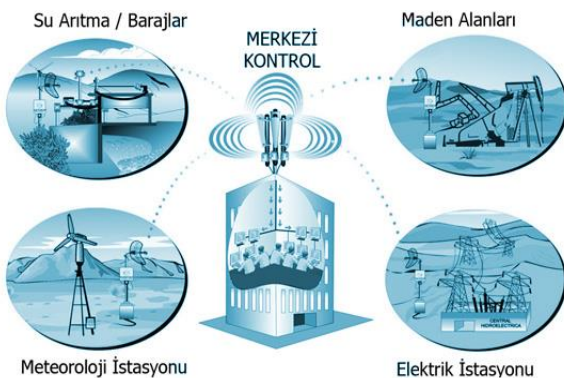


Şekil 2.5. Akıllı sayaç (Smart Metering) uygulaması için örnek

Bu sayede elektrik, gaz ve su sayaçları uzaktan okunup yönetilebilmekte; toplanan veriler sayesinde ücretlendirme, tarife pozisyonlaması, arz ve talep planlaması vb. pek çok iş çok daha sağlıklı ve hızlı yapılabilmektedir [7].

2.1.5. Uzaktan ölçüm (Telemetry)

Telemetry, (ısı, basınç, nem, saturasyon vb. gibi) canlı veya cansız varlıklara ait bir takım fiziksel niceliklerin bir noktadan başka bir noktaya iletilmesidir. Kısaca “Uzaktan Ölçme” olarak da adlandırılabilir. Bilgi, telemetry sistemlerinde noktalar arası kablolu veya kablosuz olarak iletilebilir. Buradaki amaç ölçme yapılmak istenen noktaya gitmeden uzaktan o noktaya ait bilgilerin elde edilmesidir.



Şekil 2.6. Telemetry uygulaması

Bilgi toplama işlemi uygun sensörler aracılığı ile gerçekleştirilir. Telemetri sayesinde cihazlara birtakım komutlar göndermek, cihazın veya ölçüm yapılan niceliğin durumu hakkında merkeze bilgi iletmek, cihazla merkez arasında bilgi alışverişinde bulunmak mümkündür.

Günümüzde hızlı teknolojik gelişmelere paralel olarak telemetrik sistemler de yaygınlaşmıştır. Özellikle mobilitenin gittikçe önemli hale geldiği günümüzde, mobil tabanlı sağlık takip uygulamaları gittikçe önem kazanmakta ve bu konuyla ilgili yoğun çalışmalar [3] yapıldığı bilinmektedir. Telemetriyi yapılış amaçlarına göre aşağıdaki gibi 3 farklı gruba ayırmak mümkündür. Bunlar;

- Tanımlama ve Ayırt Etme : Canlı veya cansız varlıkların tanımlanması ve benzerlerin birbirinden ayırt edilmesi amacı ile yapılan uygulamalardır. Bu tür uygulamalar genelde iki şekilde kategorize edilir;
 - Tanımlama (Definition): Canlı veya cansız bir varlığın ne (tür) olduğuna dair yapılan çalışmalardır. Ağırlıklı olarak laboratuvar ortamlarında yapılır. Ancak dış çevresel ortamda da yapılan uygulamalar görülebilir. Canlılar için tehlike oluşturan veya duyu organları ile tanımlanamayan nicelikler uygun sensörler aracılığı ile telemetrik yollarla bulunur.
 - Ayırt Etme (Identification): Birbirine benzer veya özdeş canlı veya cansız varlıkları birbirinden ayırt etmek için yapılır.
- Hareket ve Konumsal Tespit : Canlı veya cansız varlıkların ev, bina, şehir veya dünya üzerindeki konumlarının tespiti veya hareket rotalarının izlenmesi amacıyla yapılır. Bu gibi çalışmalarda GPS (Global Positioning System) anahtar teknoloji rolündedir.
- Nicelik ve Çevresel Gözlem : Bu tür uygulamalarda canlı veya cansız varlıklara ait birtakım fiziksel nicelikler ölçülür ve gözlenir. Bu tür uygulamalarda basınç, ısı, nem, seviye, madde yoğunluğu, sayı gibi nicelikler uygun algılayıcılarla ölçülür. Ölçülen bu bilgiler daha sonra bir merkeze veya karar verme uygulamalarına iletilir. Askeri, sportif, ticari, ekolojik ve sağlık gibi alt uygulama alanı vardır.

Bu alanda kullanılan M2M uygulamaları daha önce insan eliyle yapılan ticari ya da ticari olmayan gözlem ve izleme faaliyetlerinin elektronik cihazlar aracılığıyla otomatik olarak yapılmasına imkân sağlamak için kullanılmaktadır. Öne çıkan kullanım alanları elektrik, gaz ile su sayaçları, parkmetreler, sağlık ve meteoroloji hizmetleri olan bu uygulamaların örneklerinden bir tanesi Quebec Kanada'da hizmet veren Hydro Quebec isimli su dağıtım firmasıdır. Söz konusu firma yerel elektronik haberleşme hizmeti sağlayıcılarından biri olan Rogers Telecom ile birlikte geliştirdiği ortak bir platform aracılığıyla 3,8 milyon akıllı su sayacının verisini 600 adet akıllı toplama birimine

entegre ederek merkezi bir sistem oluşturmuş ve su sayaçlarındaki kaçakların büyük ölçüde önüne geçmiştir[14]

2.2. Türkiye’de M2M Mevcut Durumu

Bazı belediyelerin çeşitli uzaktan ölçme (Scada) uygulamaları, ülkemizde oldukça uzun zamandır ve yaygın olarak kullanılmakta olan araç takip ve filo yönetimi uygulamaları ile Telekom şebekeleri kullanılarak gerçekleştirilen çeşitli uzaktan ölçme ve kontrol uygulamaları ülkemizdeki ilk M2M uygulamaları olarak öne çıkmaktadır.

Yine akıllı sayaç uygulamasının ülkemizde en hızlı gelişecek alan olarak tahmin edilmesine rağmen uygulamanın henüz yaygınlaşmamış olması bazı düzenleme ihtiyaçlarının olduğunu ortaya koymaktadır. KKTC’de bile 140 bin akıllı sayaç ile uzaktan ölçme yapıldığı ifade edilmektedir, toplam nüfusun yarısını ifade eden bu değer ülkemiz için de potansiyelin ne olduğunu göstermek açısından önemlidir.

Her türlü teknolojiye açık ve yeni teknolojilerin kullanımının her zaman ilgi gördüğü ülkemizde başta bu alanda yapılacak standardizasyon, birlikte çalışabilirlik kriterleri ve hizmet kalitesi ölçütleri olmak üzere bir takım teknik düzenlemeler ile bazı idari ve vergisel düzenlemelerin yapılması pazarı olması gereken büyüklüğe ulaştırabilecektir [7].

Ülkemizde her ne kadar M2M’in en yaygın uygulama alanı gezgin araç izlemesi olarak öne çıksa da, makineler arası iletişim bunun çok ötesinde bir konuyu içeriyor. M2M yaklaşımını en çok benimseyen işletmeciler verdikleri hizmetin gereği kablosuz ve daha esnek bağlantı sağlama potansiyeline sahip olan mobil işletmecilerdir.

Ülkemizde de M2M pazarı beklentilere paralel şekilde büyümesini devam ettirmektedir. Haziran 2013 tarihi itibarıyla yaklaşık 2 milyon aboneye hizmet veren M2M pazarında ilgili hizmetler ağırlıklı olarak mobil işletmeciler tarafından sunulmaktadır. 2011 yılında 49 milyon TL, 2012 yılında ise yaklaşık 64 milyon TL gelir oluşturan M2M hizmetlerinin yaygınlaşmasıyla ve yeni hizmetlerin sunumuyla birlikte M2M pazarının, hem abone sayısı hem de hizmet gelirleri açısından sektörün önemli bir bileşeni olması beklenmektedir. Ülkemizde M2M pazarının daha da geliştirilmesi ile ilgili olarak dikkate alınmasında fayda mülhaza edilen başlıca düzenleyici hususlar; yetkilendirme, vergi ve diğer mali yükümlülükler, spektrum politikası, abonelik ve veri gizliliği, numaralandırma ve numara taşınabilirliği olarak değerlendirilmektedir.

2.3. M2M Teknolojisini Verimli Kullanabilmek için Temel Şartlar

İdeal bir M2M uygulaması dünyanın herhangi bir yerinde hiç beklemeden güvenli bir İnternet bağlantısı sağlamaya imkân tanınmalıdır. Buna ek olarak hem bina içinde hem de bina dışında erişim sağlamaya imkân vermeli, herhangi bir menzil ya da gecikme sorunu yaşatmamalı, mümkün olduğunca az enerji harcamalı ve sınırsız çıktı verebilirken maliyetleri minimumda tutmayı başarmalıdır. Fonksiyonel açıdansa hem bilgi güvenliği ve gizliliğini temin etmeli hem de bilgiye kolay erişim sağlarken bilgi yönetimini de verimli olarak gerçekleştirmelidir. Ne yazık ki yukarıda sayılan tüm bu şartları sağlayabilen herhangi bir teknoloji ne M2M alanında ne de başka bir alanda var olabilmektedir. Dolayısıyla her teknolojinin faydasına ek olarak maliyetleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu fayda maliyet analizleri verilmek istenen M2M hizmetinde kullanılacak şebeke teknolojisinin seçimini zorlaştıran en önemli etkidir. Kullanılacak şebeke teknolojisinin seçiminde etkili olan bazı genel şartlar ve bu şartların oluşturduğu maliyetler aşağıda açıklanmaktadır [17].

Menzil ve Penetrasyon: Menzil arttıkça penetrasyon da artmakta duvarlar, kapılar ve pencerelerin özellikle kablosuz teknolojiler için oluşturduğu engellerin sayısı azalarak daha geniş bir alanda hizmet sunma imkânı oluşmaktadır. Ancak menzil arttıkça güç kullanımı artmakta ve sağlıklı çıktı sayısı azalmaktadır.

Güç Tüketimi: Pil ve bataryayla çalışan cihazlar için güç tüketimi düştükçe çalışma süresi artmaktadır ancak düşük güç, düşük sağlıklı çıktı sayısı ve düşük menzile neden olmaktadır.

Sağlıklı Çıktı Sayısı: Sağlıklı çıktı sayısının artması sadece M2M için değil tüm diğer sistemler için de ulaşılmaya çalışılan ideal bir noktadır. Ancak daha fazla sağlıklı çıktı için uzun ömürlü pil ve bataryalar ile daha kısıtlı bir kapsama alanı gerekmektedir.

Desteklenen Cihaz Sayısı: Bir bölgedeki cihaz sayısı arttıkça ortak kaynak kullanımı artmakta olup bu da performansı etkilemektedir.

Cihazlarca Desteklenen Şebeke Mimarisi: Cihazlarca farklı şebeke mimarilerinin desteklenmesi daha fazla esneklik sağlayacağı için tercih edilen bir özelliktir. Ancak yıldız, ağaç, ağ ve kişiden kişiye gibi değişik isimler alan bu mimarilerin her biri kullanım alanı, çıktı kalitesi ve menzil bakımından kendi içerisinde bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Dolayısıyla herhangi bir cihaz daha çok sayıda mimariyi desteklemeye başladıkça, hem bu mimarilerin problemlerinden etkilenecek hem de maliyetler yükselecektir.

Kolay Kurulum ve Bakım: Kolay kurulum ve bakım tercih edilen bir özelliktir. Ancak genellikle fiyatla ters orantılıdır.

Kullanıcılar ile Etkileşim: Kullanıcılar ile etkileşim ve kolay konfigürasyon tercih edilen bir özelliktir ancak fiyatla ters orantılıdır.

Açık veya Kapalı Sistem Seçimi: Kullanılan verinin herkese açık olup olmayacağı olacaksa hangi protokoller ışığında hangi güvenlik ilkelerinin uygulanacağı uygulamadan uygulamaya değişmekte olup, kapalı sistemler açık sistemlere göre daha hızlı ve güvenli olmakla birlikte diğer sistemlerle birlikte çalışabilirliği düşük sistemlerdir.

Beklenen Kullanım Süresi: Beklenen kullanım süresinin uzun olması tercih edilen bir özelliktir ancak teknoloji her geçen gün ivmelenecek şekilde değişmekte olduğu için, uzun kullanım ömürlü cihazların teknik yeterlilikleri belli bir süre sonra yetersiz kalabilir.

Yerel veya Küresel Kullanım: Bazı teknolojiler belirli düzenlemeler ve kurallar neticesinde sadece bazı ülkelerde kullanılabilen ve sunulması düşünülen M2M hizmetinin sunulacak ülkenin kural ve düzenlemeleriyle uyumlu olmasına özen gösterilmelidir. Ancak bu durum küresel çapta bir standardizasyonun önüne geçebilmektedir.

Desteklenen Uygulama Türleri: M2M uygulamalarında kullanılan cihazların desteklediği uygulama sayısı arttıkça, esneklikleri artarak kullanım alanları genişlemektedir. Ancak bu durum fiyatla doğru orantılıdır.

Mobilite: Mobiliteye ihtiyaç olup olmadığı iyi planlanmalıdır. Çünkü aynı işlevi görebilecek kablolu yapılar genellikle mobil yapılara göre daha ucuzdur.

Hata İle Baş Etme Kapasitesi: M2M cihazlarında ya da hizmet verilen şebekede bir problem olması durumunda yedekleme protokollerinin nasıl çalıştırılacağı ve hangi tür verileri ne kadar süreyle yedekleneceği önemli bir unsurdur. Kapasite arttıkça fiyat da doğru orantılı olarak artmaktadır.

Çoklu Protokol Desteği: M2M uygulamalarında kullanılan cihazların desteklediği protokol sayısı arttıkça farklı şebekelerde kullanılabilen esneklikleri artarak kullanım alanları genişlemektedir. Ancak bu durum fiyatla doğru orantılıdır.

Güvenlik ve Gizlilik: M2M uygulamaları, bireylerin ya da şirketlerin dışarıyla paylaşmayı sakıncalı bulabileceği çeşitli verilerini, çeşitli platformlarda kullanabileceği için, güvenlik ve gizliliğin nasıl ayarlanacağı hem teknik hem de hukuki anlamda önemli bir konudur.

Örnek Uygulamaların Varlığı: Hizmet verilmek istenilen alana benzer bir alanda benzer bir yapıyı kullanarak başarılı olmuş başka bir uygulama örneği varsa, bu uygulamaların göz önünde bulundurulması verim ve yapılabirlik açısından önemli bir konudur.

Yukarıdaki liste uzun bir listedir ve daha da genişletilebilir. Listenin temel olarak anlatmak istediği husus M2M uygulamaları için uygun şebeke mimarisi seçmenin ve uygulamaları başarıyla gerçekleştirmenin standart bir yolu olmadığı ve sadece cihazları ortak bir şebekeye bağlamak gibi kolay bir adımla ifade edilemeyeceği gerçeğidir. Ancak M2M uygulamalarının insandan insana iletişimi sıkıntıya sokmasını önlemek için yukarıdaki listenin içerisinde yer alan hususlarla örtüşen dört temel noktaya odaklanmak yerinde olacaktır.

Hızla Artan Cihaz Sayısı: M2M cihazlarının sayısı arttıkça bu cihazlara yönelik olarak kullanılan adresleme parametreleri sınırlı kaynak haline gelebilecek olup bu da gelecekte insandan insana iletişim için yeterli adresleme parametresi kalmaması riski oluşturmaktadır.

Hızla Artan Güç Tüketimi: Özellikle mobil M2M hizmetlerini etkili ve verimli sunabilmek için pil ve bataryayla çalışan cihazların sayısının arttırılması gerekirse bu durum mevcut enerji kaynaklarının uzun süreli güç sağlamak amacıyla bu cihazlara yönlendirilmesine yol açacağından insandan insana iletişim için yeterli enerji kalmaması riski oluşturmaktadır.

Değişken Sistem Gereksinimleri: Özellikle acil durum sensörlerinden gelen veriler gibi bekleme payı olmayan verilerin artması insandan insana iletişim için yeterli bant genişliği kalmaması riski oluşturmaktadır.

Farklı Veri Trafik İhtiyaçları: Uzun süreler boyunca veri iletmeyen ya da sıklıkla veri iletmesine rağmen ilettiği verinin boyutu büyük olmayan sensörlerin ilerleyen zaman içerisinde daha kapsamlı hizmet vermek amacıyla yeni nesil daha sık ve daha fazla veri ileten sensörlere dönüşmesi yeterli bant genişliği kalmaması riski oluşturmaktadır.

M2M uygulaması için tasarlanan sistemin uzun ömürlü olup olmayacağı ya da değişen şartlara adapte olup olamayacağı yukarıda bahsi geçen fayda-maliyet analizlerinin sağlıklı ve düzgün yapılmasına bağlıdır. Düzenleyici kurum ve kuruluşlar ile M2M konusundaki stratejileri oluşturan ve takip eden yapıların, belirlenecek kuralları, kapsayıcı ancak katı olmayan şekilde tasarlanması, mevcut fayda-maliyet analizlerinin daha sağlıklı yapılabilmesini ve bu alanda iş yapmak isteyen şirketlere esneklik sağlayabilecektir.

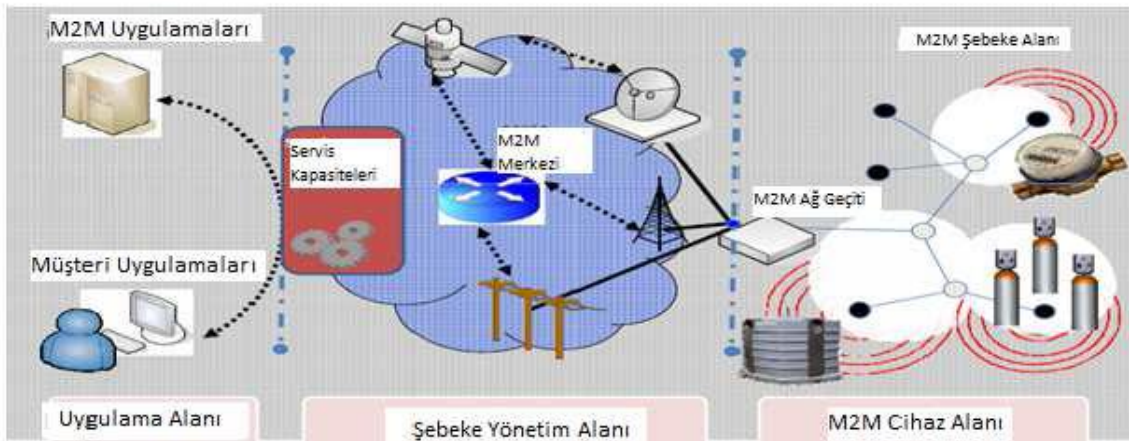
2.4. M2M'i Yükselten Teknolojiler

M2M'de faydalandığımız bazı teknolojiler bulunmaktadır ve bunlar M2M'yi neden bu kadar yoğun kullanacağımız konusunda bize gerçekçi bilgiler sunmaktadır.

- *Moore Yasası:* Moore Yasası'na göre her 2 yılda entegre devrelere yerleştirilen transistör sayısı iki misli büyüyor. Bunun sonucunda hız ve fonksiyonellik artarken fiyatlar hızla düşüyor. Bu da M2M gibi çok gelişmiş uygulamaların gerçekleşmesine imkân vermektedir.
- *Metcalf Yasası:* Metcalfe Yasası'na göre, bir ağın değeri, ağa dahil olan elemanların sayısının karesiyle doğru orantılı olarak artar. Bu nedenle bir ağa eklenen her makine, ağın değerini hızla artırır. Bunun sonucunda insanlar gelecekte sürekli daha fazla makineyi ağa bağlamak isteyecek. Böylece bu ağa dahil olmak zorunluluk haline gelecektir.
- *Yapay Zeka:* Yapay zeka teknolojisi, cihazların belirli kararları kendi kendine vermesini sağlıyor. Son 10 yılda bu teknolojide çok büyük gelişmeler yaşandı. Yapay sinir ağları sayesinde gelecekte pek çok M2M uygulaması hayal olmaktan çıkacaktır.

3. M2M MİMARİSİ

M2M mimarisi temel olarak 3 alandan oluşmaktadır. Bunlardan ilki uygulama alanı olarak adlandırılmakta olup, hizmetin başlangıç noktasını temsil etmektedir. Buna göre M2M uygulamasında kullanılan makinelerden biri kendi başına (otonom olarak) ya da bir kullanıcının tetiklemesiyle talep edilen hizmet için gerekli girdiyi sağlamaktadır. Kullanılan şebeke yapısı ve uygulanan değişik protokoller aracılığıyla elektronik bir forma dönüştürülen veri ikinci alan olan şebeke yönetim alanına taşınmakta ve bu alan vasıtasıyla haberleşilecek diğer makineye/makinelere iletilmektedir. Diğer makine/makinelerin bulunduğu alan M2M cihaz alanı olarak adlandırılmakta olup hizmetle ilgili girdinin işlenerek asıl işlemin yapıldığı alan burasıdır. Girdiler değerlendirilip gerekli işlem gerçekleştirildikten sonra hizmetin türüne göre bu alandan uygulama alanına yine şebeke yönetim alanı aracılığıyla geri bildirim yapılabilmektedir. Şekil 3.1 bu üç alan arasındaki etkileşimleri göstermektedir:



Şekil 3.1. Temel M2M mimarisi [17]

Şekil 2.3, M2M uygulamalarının genel işleyiş mekanizmasını göstermekle birlikte, temel mimari içerisinde bahsi geçen üç alan da verilecek hizmetin içeriğine ve türüne göre şekillenmektedir. Girdi noktası olan uygulama alanı ile çıktı noktası olan cihaz alanında kullanılan yazılım ve donanım ağırlıklı olarak hizmetin içeriğine, iletim noktası olan şebeke yönetim alanında tercih edilecek teknoloji ise temel olarak hizmetin türüne bağlıdır. İçerikten kasıt M2M uygulamasının içerdiği fonksiyonlardır. Bir örnek vermek gerekirse meteoroloji alanında kullanılan bir M2M uygulamasının hangi verileri hangi sıklıkta merkeze ileteceği o uygulamanın içeriğini göstermektedir. Türden kasıt ise bir önceki bölümde anlatılan alanlardan hangisine uyduğudur. Bu uygulama bir izleme uygulaması olup, muhtemelen kablolu şebekenin gidemeyeceği çok farklı noktalardan veri toplayacaktır dolayısıyla da verileri sağlıklı iletebilmek için yerel bir kablolu şebekeden ziyade ulusal bir kablosuz

şebekeye ihtiyaç duyacaktır. Çizelge 3.1 verilecek hizmetin türüne göre seçilmesi muhtemel şebeke yapılarını göstermektedir.

Çizelge 3.1. Hizmetin Türüne Göre Seçilebilecek Şebeke Yapıları

| | <i>Sabit Cihazın Bağlantısı</i> | <i>Sabit Olmayan Cihazın Bağlantısı</i> |
|-----------------|----------------------------------|---|
| <i>Dağınmık</i> | PSTN | 2G/3G/4G |
| | Sabit Genişbant | Uydu |
| | 2G/3G/4G | |
| | Enerji Hattı İletişimi | |
| <i>Merkezi</i> | Kişisel Kablosuz Ağ Alanı (WPAN) | Wi-Fi |
| | Kablolu Şebekeler | Kişisel Kablosuz Ağ Alanı (WPAN) |
| | Bina İçi Enerji Kabloları | |
| | Wi-Fi | |
| | | |

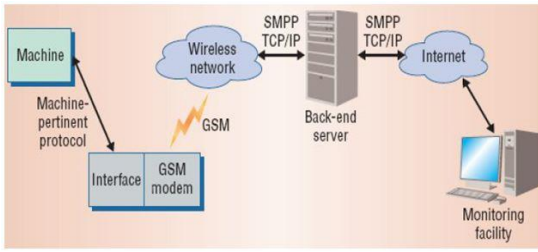
Çizelge 3.2 ise bir önceki tablonun tanımlaması içerisinde verilebilecek alternatif hizmetleri örnek olarak içermektedir.

Çizelge 3.2. Hizmetin Türüne Göre Seçilebilecek Şebeke Yapıları

| | Sabit Tür | Mobil Tür |
|-----------------|---------------------------|---------------------------------|
| <i>Dağınmık</i> | Akıllı sayaçlar | E-sağlık |
| | Uzaktan izleme hizmetleri | Lojistik hizmetleri |
| | | Araba otomasyonu |
| | | Taşınabilir elektronik cihazlar |
| <i>Merkezi</i> | Akıllı evler | Yerinde lojistik hizmetleri |
| | Fabrika otomasyonu | |
| | E-sağlık | |

Dünya genelinde yaygın olarak kullanılan mevcut hücreli haberleşme sistemleri farklı M2M uygulamalarını irtibatlandırmaya çok uygun düşmektedir. Bu nedenle, şebeke işletmecileri özellikle olgunlaşmış ve belli bir doyuma ulaşmış olan pazarlarda ilgilerini M2M alanına yoğunlaştırmaktadırlar. Bununla birlikte, bu pazardaki ürünlerin çeşitliliği, özellikle kısıtlı cihaz portföyü ile fazla hacimli aboneliklerden yüksek kullanım oranları ile gelir elde etmeye alışık mobil işletmeciler açısından oldukça zorlayıcı olmaktadır.

Şekil 3.2’de hücreli haberleşme sistemi (GSM) üzerinden yapılan tipik bir M2M uygulaması bağlantı şeması verilmektedir. Uç makina (bir algılayıcı da olabilir), bir özel protokol ile (örneğin Bluetooth ya da Zigbee) GSM bağlantı ünitesine ilettiği veriyi GSM şebekesi üzerinden TCP/IP protokolü kullanılarak internet bulutuna taşımakta böylece herhangi bir yer ya da zamanda ulaşılabilir olmaktadır [33,34]. Böylece internet üzerinden sağlanacak her hangi bir bağlantı ile uç makinaya ilişkin tüm işlemler herhangi bir insan katkısı gerekmeden gerçekleştirilebilmektedir [6].



Şekil 3.2. M2M'nin çalışma şekli

Verilerin iletiminde yukarıdaki modelde olduğu gibi GSM şebekelerinin kullanıldığı M2M yapılarında SIM kartlar, makinaların içine gömülü, genelde sökülemez ve çalınmaya karşı korumalı, uzun ömürlü, endüstriyel standartlara uygun (darbe, sarsıntı, toz, sıcaklık, nem dayanıklılığı yüksek) olarak üretilir.

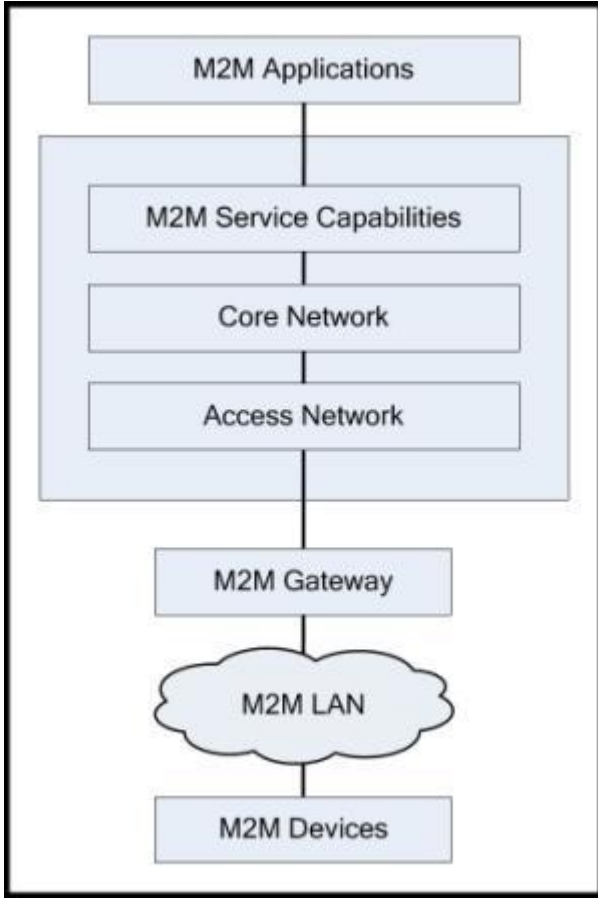
3.1. M2M ETSI Standardı

Standartlar, endüstrinin gelişimi için temel, öncü ve vazgeçilmez araçlardır. Bu yüzden, küresel koordinasyon ve uyumluluğa yardımcı olmak amacıyla M2M'in standartlaşması çok önemli bir husustur. Şimdiye kadar, M2M standartlarının oluşturulmasında ETSI (European Telecommunications Standards Institute) öncü bir kurum olarak görev almıştır.

Dünya çapında 220 katılımcı ile ilk popüler ETSI çalıştay, 19–20 Ekim 2010 tarihleri arasında Sofya'da yapılmıştır. Bu, M2M uygulamaları ve teknolojileri için öngörülen ciddi potansiyeli yansıtan ilk açık M2M ETSI çalıştay olmuştur [12].

M2M için birlikte çalışabilirlik ve hizmet kalitesi kriterleri konusunda ETSI tarafından sürdürülen M2M teknik standartları çalışmaları yetkinleştirilerek 2012 yılında açıklanmıştır. ETSI M2M standartlarının açıklanmasıyla standartlara uygun M2M altyapı platformları üzerinde tümleşik çözümlere olan ilgi artmaya başlamıştır. M2M hizmetlerini sağlayan işletmecilerin kullandıkları altyapı ve M2M mimarisi ETSI tarafından belirlenen temel mimari ile uyumluluk tesis edildiğinde, ilerleyen zamanlarda işletmeciler arasında M2M konusunda birlikte çalışabilirliğin artacağı değerlendirilmektedir.

ETSI standardı M2M sisteminde 3 adet ana bileşen mevcuttur. Bunlar cihaz (device), ağ geçidi (gateway) ve ağ (network) bileşenleridir (Şekil 3.3).

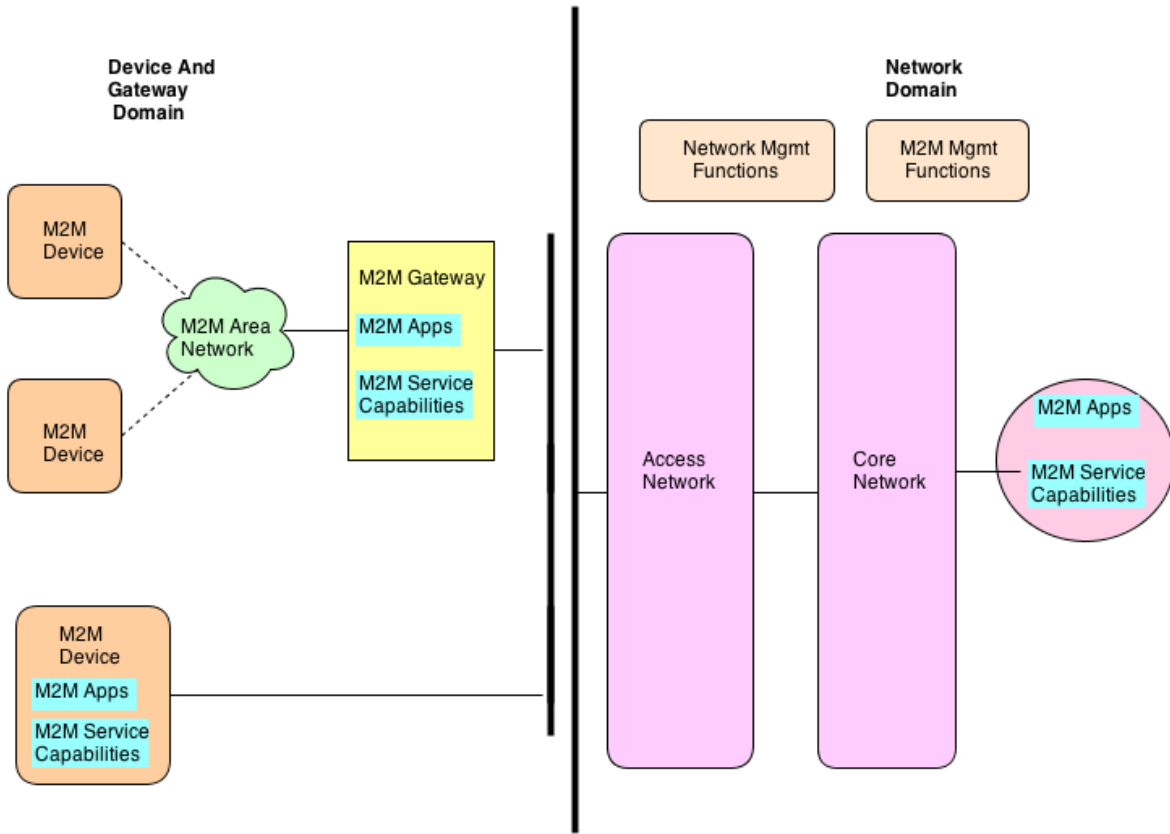


Şekil 3.3. ETSI M2M mimarisi-1

Ağ katmanı kendi içerisinde erişim ağı (Access Network), çekirdek ağı (Core Network), M2M servis yetenekleri (M2M Service Capabilities) ve M2M uygulamaları (M2M Applications) olmak üzere dört temel kısımdan oluşmaktadır.

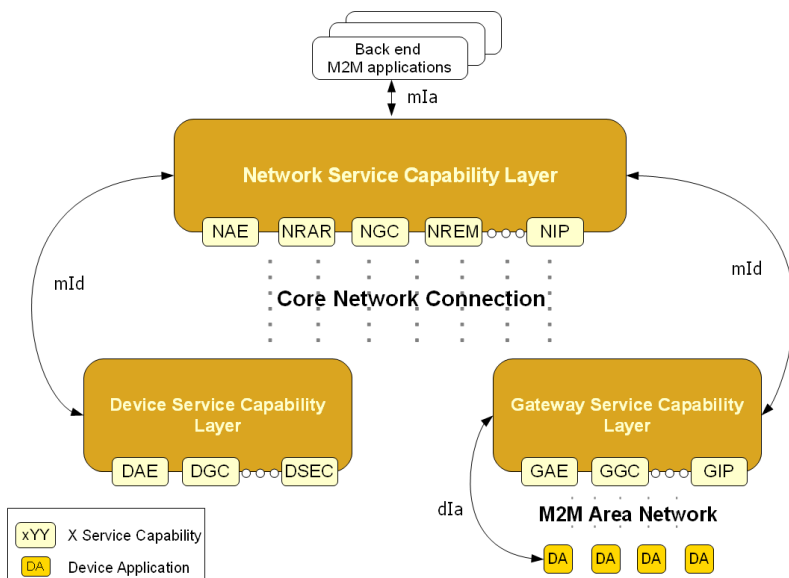
Access network kısmı M2M cihazları ve ağ geçidinin Core Network ile iletişime geçmesini sağlayan kısımdır. WiMAX, W-LAN, xDSL gibi teknolojiler Access Network'e örnek olarak verilebilir [31].

Core Network kısmı minimum seviyede IP ile haberleşebilme olanağını sunar bunun dışında başka ağlar ile bağlantı yapabilme imkanı, servis ve ağ kontrol fonksiyonları da Core Network kısmında yer almaktadır. Core Networklere örnek olarak 3GPP CN, ETSI TISPAN CN ve 3GPP2 CN verilebilir.



Şekil 3.4. ETSI M2M Mimarisi-2

Mimaride her bir bileşen üzerinde bir Servis Yetenek Katmanı (Service Capability Layer-SCL) bulunmaktadır (Şekil 3.4). Her bir bileşen üzerinde bir veya daha fazla M2M servisi veya uygulaması bulunabilir. M2M Servis Yetenek katmanı M2M uygulamalarının kullanacakları fonksiyonları açık (open) bağlantılar üzerinden paylaşır, uygulamaların ağa özel detaylarla uğraşmadan hedeflerini gerçekleştirebilmelerini sağlar.



Şekil 3.5. ETSI M2M servis yetenek katmanı mimarisi

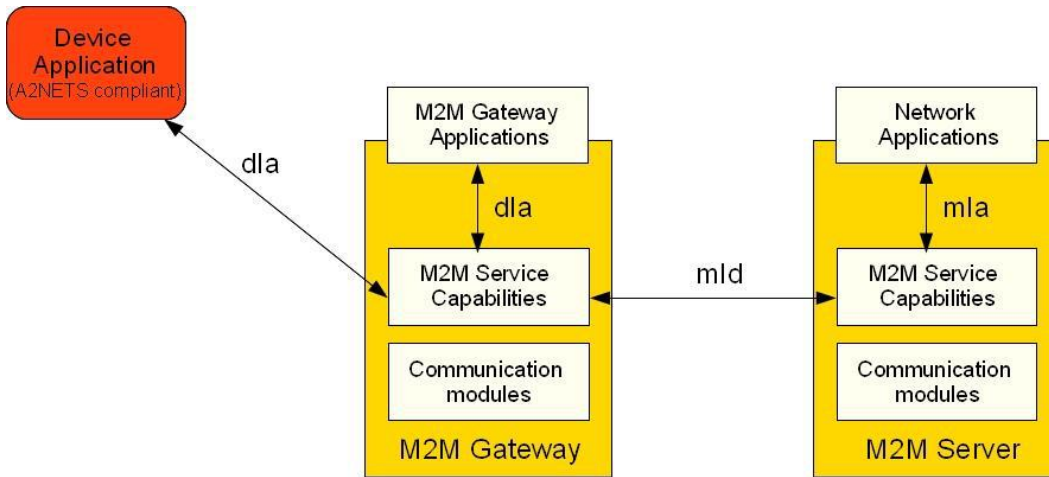
Ayrıca her bir yetenek katmanı (SCL) altında birçok değişik yetenek kümesi mevcuttur (Şekil 3.5). Bu yetenek katmanı içerisindeki yeteneklerin en önemlileri Çizelge 3.3 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. M2M servis yetenek katmanında yer alan yetenekler

| YETENEKLER (CAPABILITY) | Ağ (Network) | Ağ geçidi (Gateway) | Cihaz (Device) |
|---|--------------|---------------------|----------------|
| Application Enablement (xAE) capability | NAE | GAE | DAE |
| Generic Communication (xGC) capability | NGC | GGC | DGC |
| Reachability, Addressing and Repository (xRAR) Capability | NRAR | GRAR | DRAR |
| Communication Selection (xCS) Capability | NCS | GCS | DCS |
| Remote Entity Management (xREM) Capability | NREM | GREM | DREM |
| Security Capability (xSEC) | NSEC | GSEC | DSEC |
| History and Data Retention (xHDR) capability | NHDR | GHDR | DHDR |
| Transaction Management (xTM) capability | NTM | GTM | DTM |
| Interworking Proxy (xIP) capability | NIP | GIP | DIP |

Tek bir M2M cihazı direkt olarak M2M ağ alanına Access ağı üzerinden bağlı olabileceği gibi birden çok M2M cihazı bir araya gelip kendi aralarında bir ağ oluşturup daha sonra yine bir ağ geçidi üzerinden M2M ağ alanına bağlanabilirler (Şekil 2.5). Doğrudan M2M ağ alanına çıkan cihazlardaki fonksiyonlar yine aynı cihaz üzerinde yer alan M2M servis yetenek katmanından M2M ağ alanına duyurulur. Birden çok cihazın bir araya gelip lokal bir ağ oluşturduğu durumlarda ise halihazırda bütün cihazlarda yer alan fonksiyonlar ağ geçidindeki M2M servis yetenek katmanında toplanıp tek bir noktadan M2M ağ alanına duyurulurlar. Servis yetenek katmanındaki fonksiyonlar ayrıca cihazlar veya ağ geçidi üzerindeki M2M uygulamaları tarafından da kullanılabilir. Kendi aralarında lokal ağ oluşturan cihazlara örnek olarak Zigbee, Bluetooth gibi teknolojileri barındıran cihazlar verilebilir [5,33,34].

M2M servis ve uygulamaları birbirleri ile veya diğer bileşenler ve diğer bileşen servisleri ile referans noktaları üzerinden haberleşir. M2M uygulama katmanı (M2M Applications Layer) ve M2M Servis Yetenekleri Katmanı (M2M Capabilities Layer) kurallarla tanımlı referans noktaları tanımlar. Bu referans noktaları sayesinde servisler birbirleriyle ve cihazlarla konuşabilirler (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. ETSI nin tanımladığı referans noktaları

ETSI 3 adet referans noktası tanımlamaktadır. Bunlar;

dla – Cihaz yada Ağ geçidi üzerinde SCL ile uygulamaların haberleşmesinde kullanılan referans noktasıdır.

mIa- M2M sunucuları ve servislerinin birbirleri ile haberleşmesi için kullanılan referans noktasıdır.

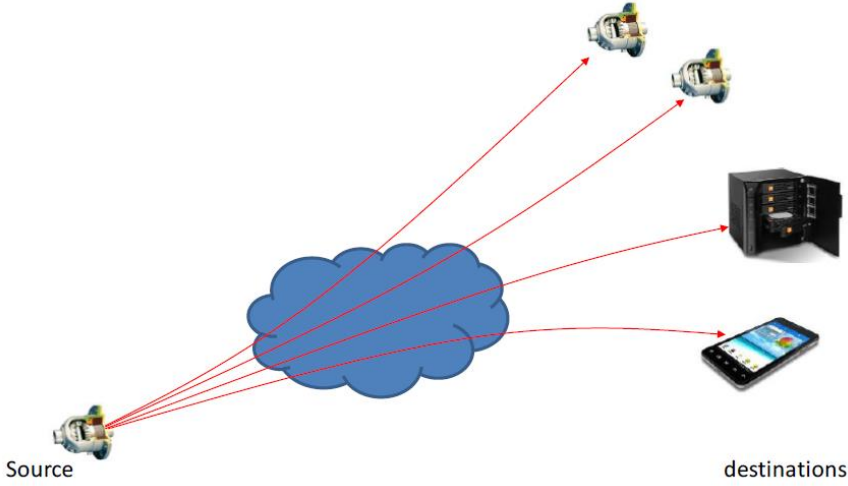
mId- M2M sunucuları ve servisleri ile cihaz ve ağ geçidi üzerindeki SCL'lerin birbirleri ile haberleşmesi için kullanılan referans noktasıdır.

M2M haberleşmesinde ise XMPP, SynchronML, http, XML, COAP protokolleri ve standartları kullanılabilir. Genel prensip olarak M2M sunucu ve servislerinin tüm protokolleri desteklenmesi beklenmektedir, ancak cihazlar ve ağ geçitleri bu protokollerden bir tanesini desteklemeleri yeterlidir. En önemli haberleşme protokolü COAP olarak öne çıkmaktadır. COAP özellikle kısıtlı kaynaklara sahip cihazların M2M servisleri ile haberleşmesinde kullanılmak üzere tasarlanmış http'ye çok kolay çevrilebilen bir protokoldür. ETSI tarafından hazırlanan standartlarda M2M sistemi kaynak (resource) bazlı olup API olarak RESTful yaklaşımını benimsemiştir.

ETSI M2M standardı uzak cihaz yönetimi ve uzak cihazlar ile mesajlaşma ve iletişim yönetimi konularında birtakım yöntem ve spesifikasyonlar sunmaktadır. Bununla beraber cihazların ve daha genel açıdan bakıldığında nesnelerin interneti eko sistemi içerisindeki diğer rolleri üstlenen unsurların, örneğin kullanıcılar ve cihazların bağlı olduğu ve erişim hakkında bilgi sağladığı diğer tüm varlıklar için bir bilgi modeli sunmamaktadır. Bunun yanı sıra cihazların toplanan bilgilerin de standart bir yapıda modellenmesi konusu da ETSI M2M standardında kapsam dışı bırakmıştır [29].

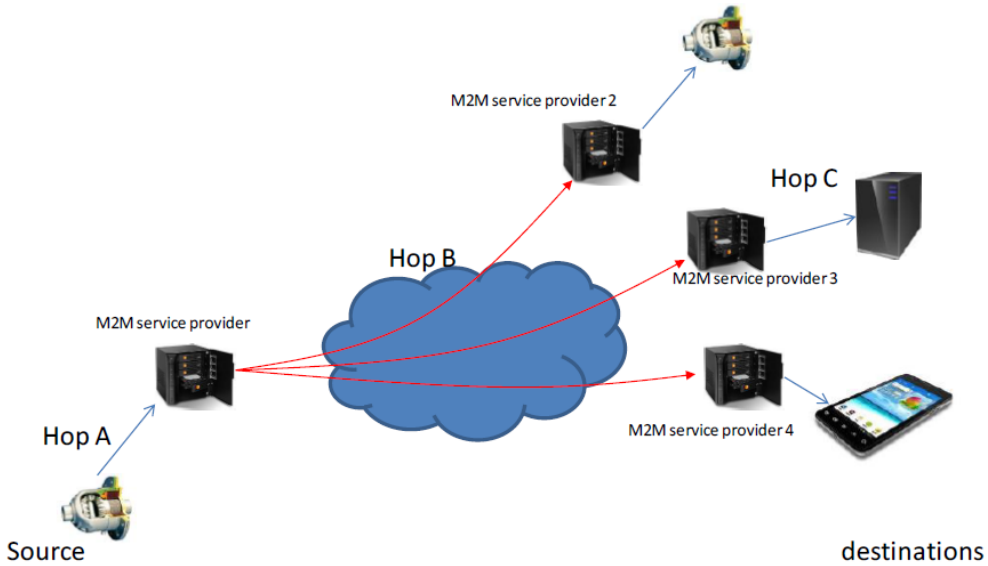
3.2. M2M Güvenlik Gereksinimleri

Uçtan uca iletişimde güvenlik, bir veri kaynağı ve bu verinin yollanacağı istemcilerden oluşan bir yapı içerisinde basit bir sorun olarak algılanabilir. Ancak burada asıl zorluğa sebep olan şey servis tabanlı mimari gereği arada bulunan sunucular ve iletişime geçen kaynak algılayıcı ve istemci sayısıdır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Uçtan uca iletişim

Arada bulunan servisler sebebiyle uçtan uca iletişim Şekil 3.8’de gösterildiği gibi Hop tan Hopa (Hop by Hop) yapılmaktadır.



Şekil 3.8. Hoptan hopa iletişim

Bu akışın adımları şu şekildedir;

Hop A: Kaynak cihazdan M2M Servis platformuna

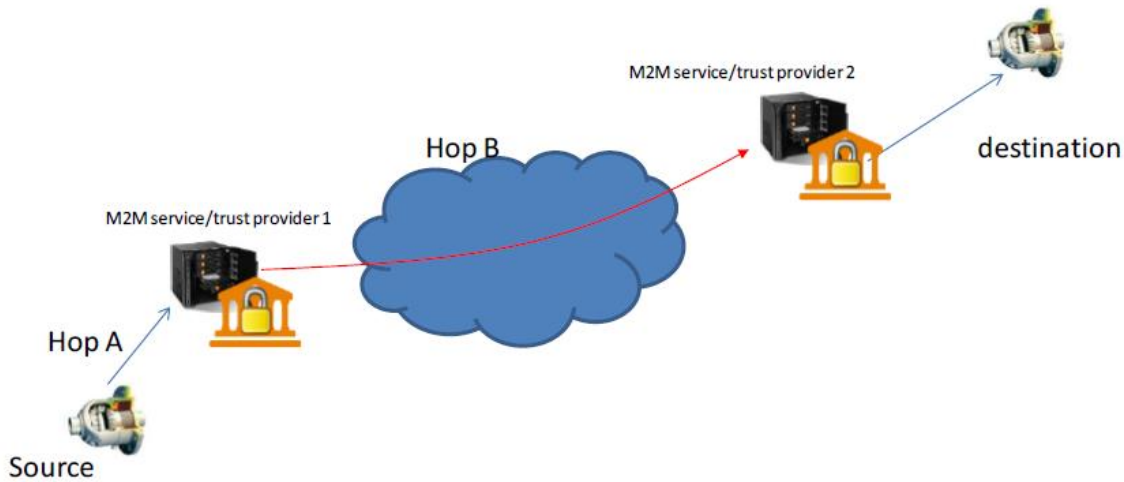
Hop B: İki M2M Servis platformu arasında

Hop C: Hedef M2M platformundan hedef noktaya

şeklinde özetlenebilir. Böyle bir senaryoda hoptan hopa iletişimle uçtan uca iletişim ayrımını ortaya koymakta fayda vardır:

Hoptan hopa iletişimde segment tabanlı bir güvenliğe ulaşılmıştır. Her segment arasında veri ayrı ehliyetlerle iletilebilir. Uçtan uca iletişimde ise sadece bir ehliyetle veri iletişimi gerçekleştirilebilir.

Segment tabanlı güvenlik modeli kullanıldığında her M2M servis platformu seviyesinde veri tekrar şifrelenerek aktarılmaktadır. Bunun sonucu olarak yollanan veri M2M servisleri düzeyinde kriptosuz halde bulunabilmektedir. Diğer yandan asimetrik şifreleme kullanılarak ve platform artırımlı (incremental) olarak veriyi şifreleyip göndererek verinin sadece kaynaktan çözülmesi sağlanabilmektedir. Bu şifreleme servisini M2M servis sağlayıcısının verdiği düşünülürse akış Şekil 3.9’da gösterildiği gibi olacaktır. Bu servisler Güvenlik Sağlayıcı (Trust Provider) servislerdir.



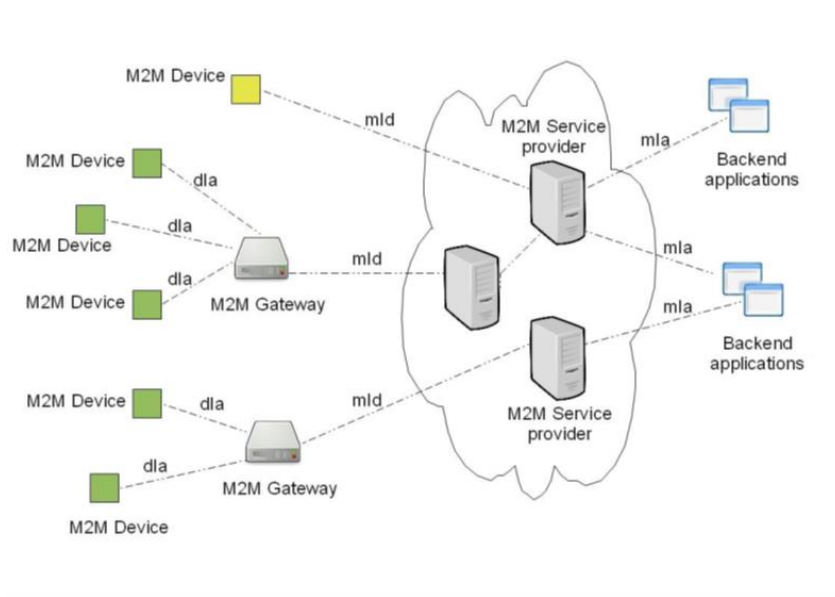
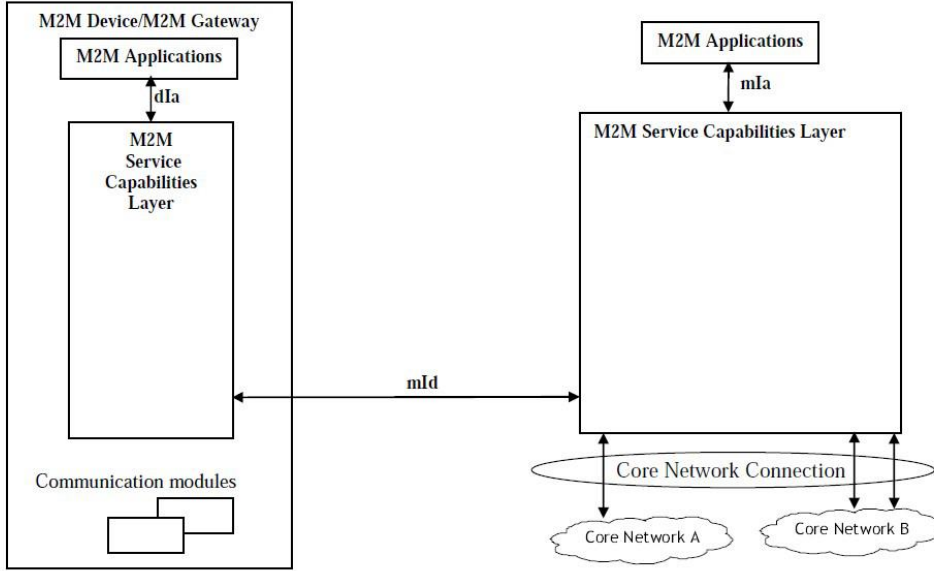
Şekil 3.9. Hoptan hopa güvenlik sağlayıcı servislerle iletişim

Ancak segment tabanlı iletişim modelinde veri her serviste çözülüp tekrar şifrelenmesinin sonucu olarak cihaz veriyi birden fazla defa şifrelenmek üzere göndermek zorunda kalmaktadır bu da segment tabanlı güvenlik modelinin ciddi bir problemidir.

3.3. M2M Referans Noktaları

Bir M2M sisteminde cihaz, ağ geçidi tarafıyla ağ kısmı arasındaki bağlantı her iki tarafta bulunan M2M Servis Yetenek Katmanlarıyla (Service Capability Layer) gerçekleşir. Her iki taraftaki servis

yetenek katmanları M2M uygulamaları ile dIa ve mIa referans noktaları üzerinden, birbirleriyle ise mId referans noktası üzerinden bilgi alışverişinde bulunmaktadır. ETSI bu referans noktalarının M2M uygunluğu kazanmak için hangi spesifikasyonlara sahip olması gerektiğini belirtmiştir. Aşağıda Şekil 3.10'da sistemdeki referans noktaları gösterilmiştir.



Şekil 3.10. M2M servis platform bağlantı noktaları

ETSI uyumlu cihazlar direk olarak mId bağlantı arayüzü üzerinden M2M servis sağlayıcılara bağlanabilirken ETSI uyumlu olmayan eski sistemler dIa üzerinden ağ geçitlerine bağlanır, buradan da yine mId üzerinden servis sağlayıcılara bağlanırlar. Uygulamalar ve servis sağlayıcılar arasındaki iletişimi ise mIa arayüzü sağlar. Bu yapı sayesinde sisteme entegre olmak isteyen cihaz veya uygulamalar ETSI standart arayüzlerini kullanabilirler.

Servis yetenek katmanları buldukları noktaya göre farklı isimlerle anılmaktadırlar. Bunlar; Network Service Capability Layer, Gateway Service Capability Layer ve Device Service Capability Layer olarak isimlendirilmektedir.

Network Service Capability Layer (NSCL) : Ağ servis yetenek katmanı, ağdaki yetenekleri sunan katmandır, uygulama uç noktaları ile servis sağlayıcılar arasındaki servis yeteneklerini tanımlar ve mIa referans noktasını kullanırlar.

Gateway Service Capability Layer (GSCL) : Ağ geçidi servis yetenek katmanı, M2M ağ geçidindeki servis yeteneklerini sunan katmandır ve mId referans noktasını kullanırlar.

Device Service Capability Layer (DSCL) : Aygıt servis yetenek katmanı, M2M cihazlarıyla ağ geçidi arasındaki yetenekleri sunan katmandır dIa referans noktasını kullanırlar.

Bir ağ uygulaması mIa referans noktası üzerinden ağ servis yetenek katmanına kendisini kaydettirecek ve bu katmandaki fonksiyonlardan yararlanabilecektir. Diğer tarafta ağ geçidi üzerinde bulunan bir uygulama dIa referans noktası üzerinden ağ geçidi servis yetenek katmanına kaydolup buradaki fonksiyonlardan yararlanabilecektir. Aygıt ve ağ tarafları arasındaki bağlantılarda mId referans noktası kullanılacaktır.

ETSI standartlarına göre, referans noktalarındaki; protokol / uygulama programı arabirimleri, kaynakların ve altkaynakların (resource / subresource) tanımı ve kullanımı, halihazırda bulunan protokollerle etkileşimler, RESTful mimarisine uygun olacak şekilde hazırlanmıştır [12,17].

Bu mimaride gönderilmek veya alınmak istenen bilgiler bir ağaç yapısında oluşturulmuş kaynaklarda tutulmaktadır. Basit bir şekilde, kaynakların her biri uygulamalara ait bilgileri içeren kovalara benzetilebilir. Bilgiler üzerinde temelde dört metod (Create, Retrieve, Update ve Delete) kullanılarak değişiklik yapılabilir.

Create : Yeni kaynak oluşturma

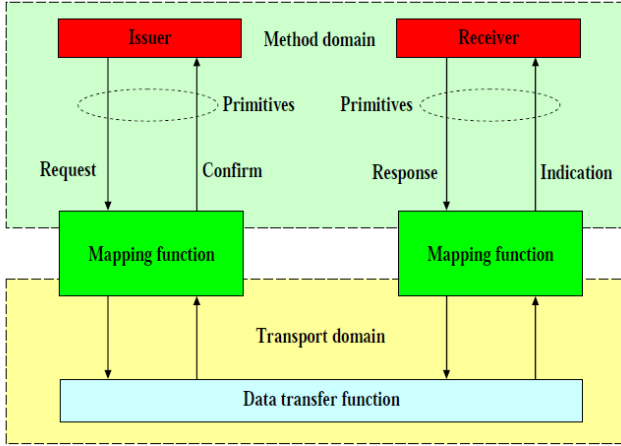
Retrieve : Kaynak içeriğini okuma

Update : Kaynak içeriğini yazma

Delete : Kaynak silme

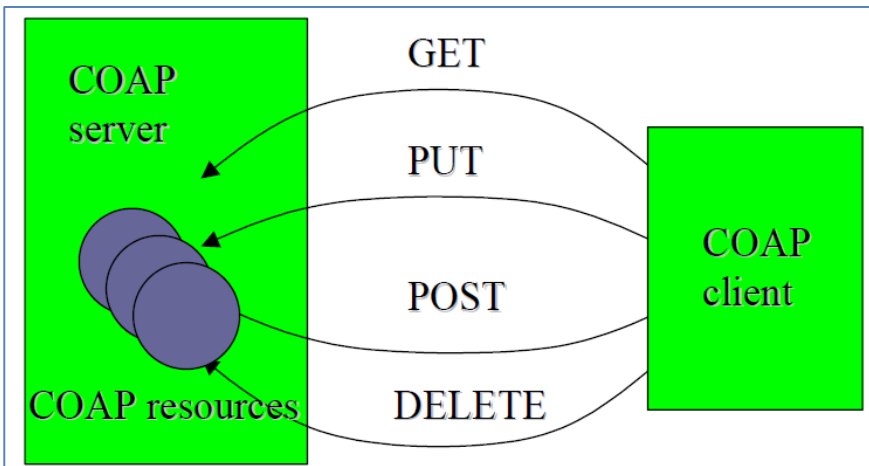
Bu dört metodun yanısıra NOTIFY, EXECUTE gibi farklı metodlarda kullanılabilir. RESTful mimarisi HTTP ve COAP protokollerine “mapping” fonksiyonlarını kullanarak uyum gösterir. Şekil

3.11’de bu durum gösterilmiştir. Primitives olarak adlandırılan kısım, kaynaklar üzerindeki metod operasyonlarını göstermektedir. Daha sonra mapping fonksiyonları kullanılarak bu metodlar transport katmanına iletilir.

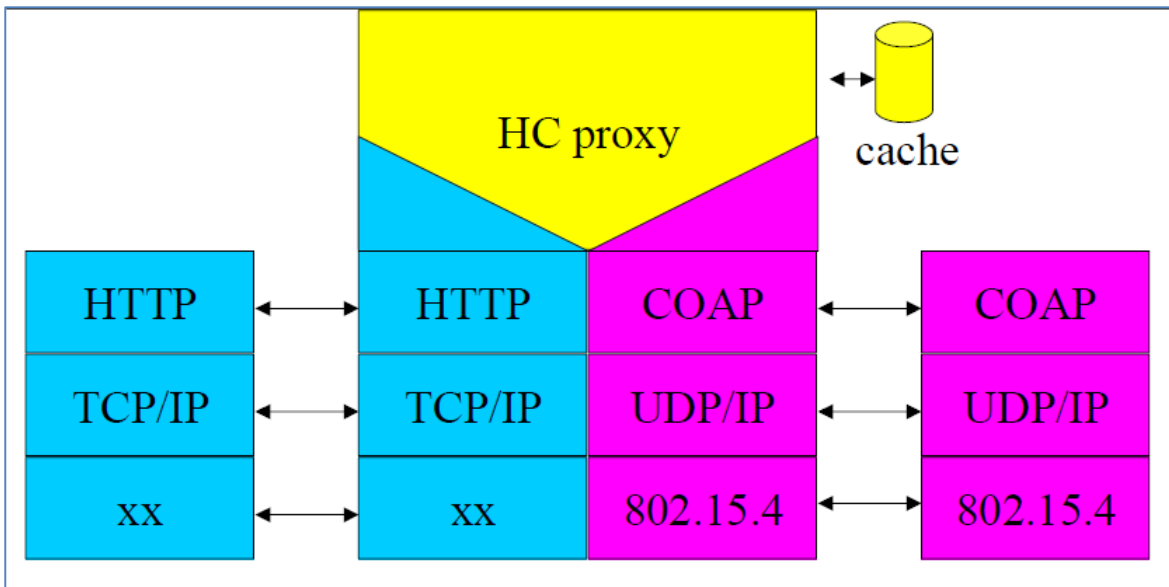


Şekil 3.11. ETSI M2M ve transport katmanı bağlantısı [12,17]

Bir otonom M2M yapının kurulabilmesi için iletişim arayüzlerinin (communication overlay) tanımlanması gerekmektedir. İletişim ara yüzleriyle ilgili olarak iki protokol öne çıkmaktadır. Bunlar COAP ve XMPP dir. COAP kısıtlı ortamlarda RESTful iletişimin sağlanabilmesi için üretilmiş bir protokoldür. COAP ile üretici kaynak ve tüketici arasındaki bağlar HTTP fonksiyonları kullanılarak kolaylıkla yapılabilmektedir. Ancak COAP protokolüyle çalışan bir yapının direk olarak HTTP IP düzeyindeki başka uygulamalara ulaşması için ek yapılar gerekmektedir (Şekil 3.12, Şekil 3.13).



Şekil 3.12. CoAP HTTP metodları kullanılarak yapılan işlemler



Şekil 3.12. HTTP uç noktasıyla iletişim için ayrıca bir vekil yapıya ihtiyaç vardır

XMPP ise TCP/IP üzerine ek verilerin bulunduğu XML tabanlı bir iletişim arayüzü sunar. COAP'tan farklı olarak kısıtlı ortamlarda çalışmak üzere tasarlanmamıştır ancak esnekliği ve bir çok uygulamada kabul görmüş olması sebebiyle yaygın olarak kullanılan bir protokoldür. Verilerin yayınlanması, verilere abone olunması gibi önemli işlevler için tanımlanmış veri yapıları bulunmaktadır.

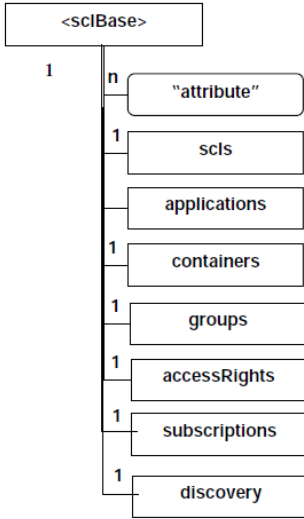
Çizelge 3.4'de RESTful Primitive – HTTP, COAP Karşılaştırması verilmiştir.

Çizelge 3.4. RESTful Primitive – HTTP, COAP Karşılaştırması

| Primitive (Metod) | HTTP | COAP |
|-------------------|--------|--------|
| | Post | Post |
| Retrieve | Get | Get |
| Update | Put | Put |
| Delete | Delete | Delete |

3.4. RESTful Kaynak Yapısı

M2M sistemleri RESTful mimarisine uygun olarak kaynakları bir ağaç yapısında tutmaktadır. Servis yetenek katmanındaki kaynakların yapısı ve belli başlıkların açıklamaları aşağıda Şekil 3.14'de gösterilmiştir.

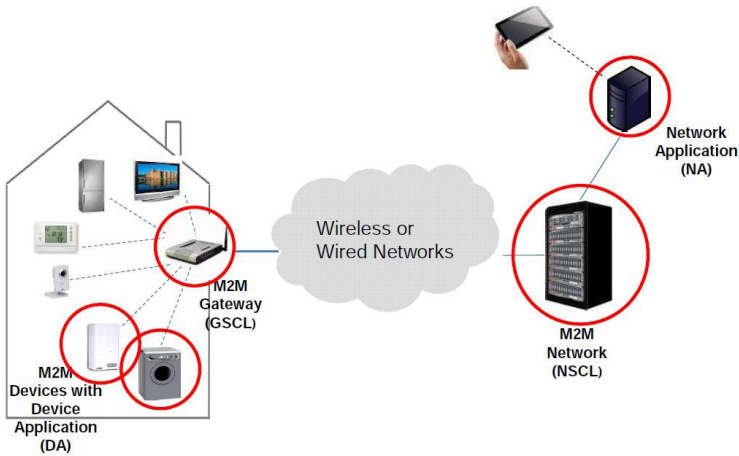


Şekil 3.13. Servis yetenek katmanı kaynak yapısı

- ScIs: Farklı servis beceri katmanlarının ev sahibi servis beceri katmanına kayıt olduklarında tutulduğu yerdir.
- Applications: Uygulamaların, servis beceri katmanına kayıt olduklarında tutuldukları yerdir.

3.5. Olası Bir Bağlantı Senaryosu

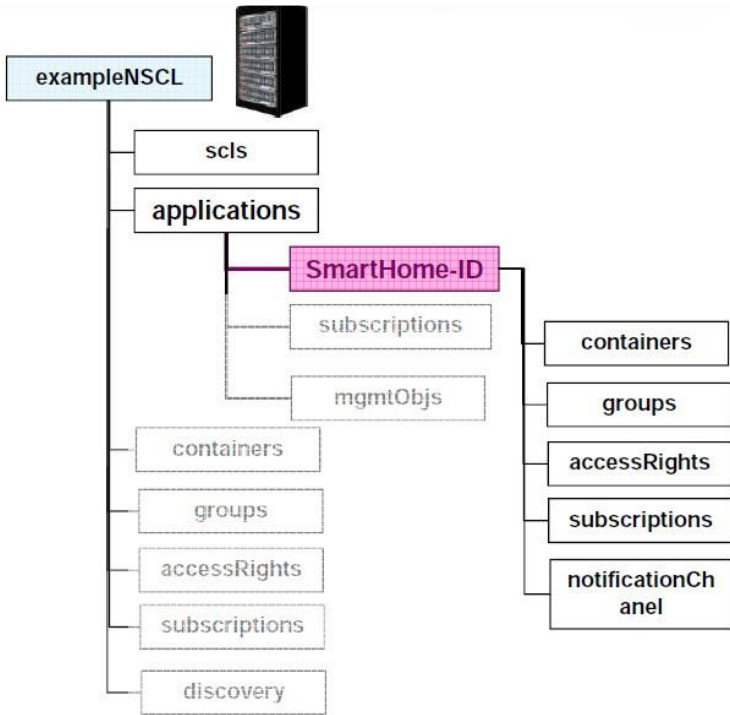
Aşağıda Şekil 3.15’de olası bir M2M senaryosu verilmiştir. M2M cihazları kendi aralarında bir ağ oluşturup dış dünyaya bir M2M ağ geçidi aracılığıyla çıkış yapmaktadır. M2M network tarafında ise bir kullanıcı uzaktan M2M cihaz ağına bağlanıp bilgi alışverişi yapmaktadır.



Şekil 3.14. Olası bir bağlantı senaryosu

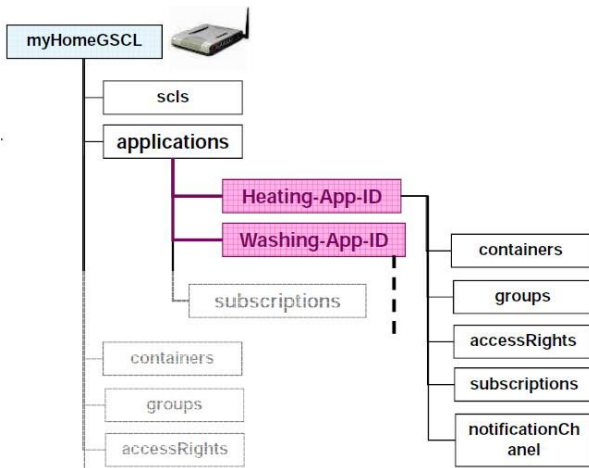
M2M cihazları üzerindeki uygulamalar kendilerini M2M ağ geçidi üzerindeki servis yetenek katmanına kaydettirmektedirler. Aynı şekilde M2M ağ tarafındaki uygulama ise kendini ağ üzerindeki servis yetenek katmanına kaydettirir. Daha sonra servis yetenek katmanları arasındaki

bilgi alışverişi RESTful metodlarını kullanarak kaynaklar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.16, 3.17 ve 3.18).



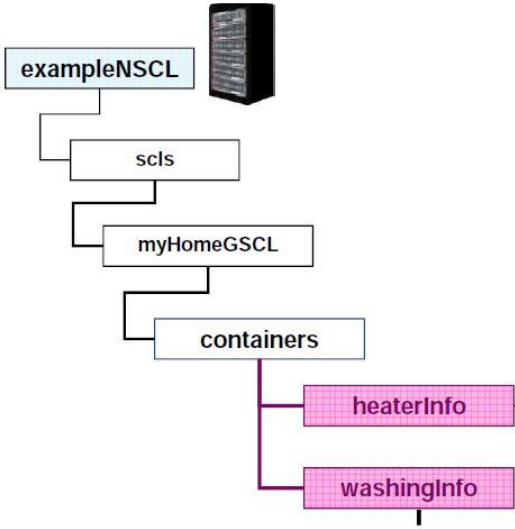
Şekil 3.15. Network SCL - uygulama kayıtları

Network tarafındaki uygulama kendini yine network tarafında bulunan servis yetenek katmanındaki uygulama kısmına kaydettirir. Bu noktada uygulamanın adı SmartHome-ID, servis yetenek katmanının adı ise exampleNSCL idir. M2M cihazları tarafında ise uygulamalar kendilerini ağ geçidi üzerinde bulunan servis yetenek katmanının uygulama kısmına kaydettirir. Şekil 3.17’de görüldüğü üzere ağ geçidi üzerindeki myHomeGSCL adlı servis yetenek katmanına Heating-App-ID ve Washing-App-ID uygulamaları kayıt yaptırmıştır.



Şekil 3.16. Gateway SCL - uygulama kayıtları

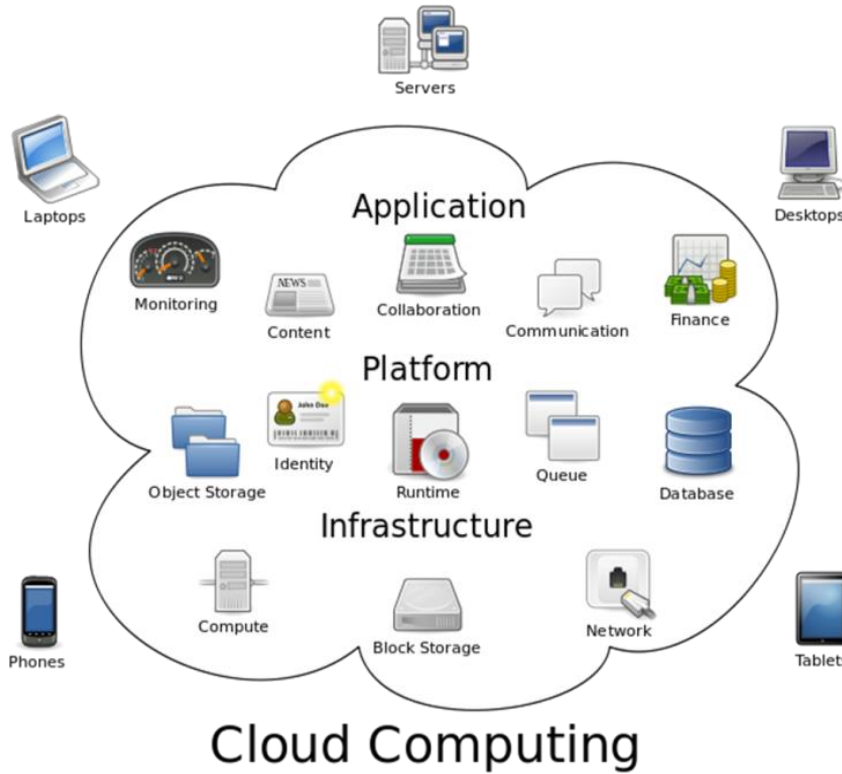
Bu noktada her iki taraftaki servis yetenek katmanı kaynakları çeşitli uygulamaları barındırmaktadır. Uygulamalar arasında bilgi alışverişi için mId referans noktası üzerinden ağ ve ağ geçidi servis yetenek katmanlarının bağlantı kurmaları gerekmektedir. Şekil 3.17’de bu bağlantının nasıl gerçekleştiği görülmektedir. Ağ geçidi üzerindeki myHomeGSCL servis yetenek katmanı M2M ağındaki exampleNSCL servis yetenek katmanının scls kaynağına kendini kaydettirir. Ağ geçidine kaydolmuş M2M cihaz uygulamalarına daha sonra ağ tarafında scls -> myHomeGSCL -> container güzergâhını kullanarak ulaşılabilir. Ağ tarafındaki uygulamalar daha sonra RESTful’daki create, retrieve, update gibi metodları kullanarak M2M cihazlarındaki uygulamalarla bilgi alışverişinde bulunabilir.



Şekil 3.17. Gateway - Network SCL kaynak bağlantısı [3]

4. M2M VE BULUT BİLİŞİM

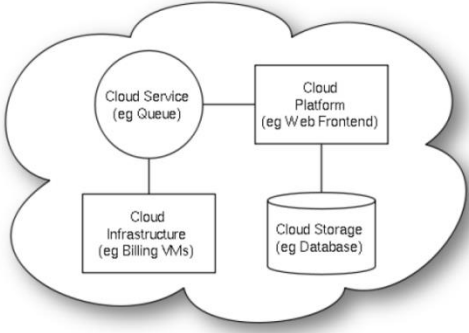
Bulut bilişim, bilgilerin sürekli olarak internette paylaşılan sunucularda saklanması, işlerin bu sunucuya yaptırılması ve geçici olarak istemci tarafına indirilerek kişiye gösterilmesi, üzerinde değişiklikler yapılmasıdır.



Şekil 4.1. Bulut bilişimi gösteren mantıksal şema

Bulut bilişim, sanallaştırma, servis odaklı mimari ve bilgi işlemin yaygın olarak benimsenmesi sonucu gelişmiş bir yapıdır. Detaylar kullanıcıdan saklanır, böylelikle kullanıcının Bulut'un kendilerine sağladığı teknoloji altyapısı hakkında uzman olması gerekmez. Kullanıcı sadece bulut alt yapısına kaydolar, giriş yapar ve geriye kalan her şeyi bulut altyapısı halleder. Kullanıcının herhangi bir yazılım satın alması gerekmez. Bakım, onarım, lisanslama gibi sorunlarla kullanıcının ilgilenmesi gerekmez.

Tipik bulut bilişim sağlayıcıları genel Business Application'larını, diğer web servislerinden ya da web browserlarından erişilebilecek şekilde online olarak sağlarlar. Yazılım ve veriler sunucuda saklanır.



Şekil 4.2. Bulut bilişim yapısı

4.1. Bulut Bilişim Özellikleri

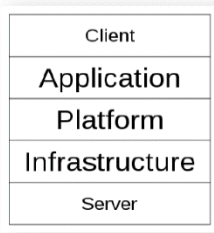
- Cihaz ve Konum Bağımsız Olması: Kullanıcıların nerede olduklarının ya da hangi cihazla bağlandıklarının bir önemi olmaksızın servislerini sağlamaya devam ederler.
- Çok Kullanımcılı Olması: Geniş bir kullanıcı havuzunda verilerin paylaşılmasını sağlar.
- Ölçeklendirilebilir Olması: Aynı servisi bazı kişiler, şirketler çok az kullanıyorken; bazı kişi, şirketler yoğun olarak kullanabilir. Bulut bilişim sistemleri bu farklı ihtiyaçların tamamını karşılayabilir düzeyde olmalıdır.
- Kullandığın Kadar Öde ile Fiyatlandırılabilirliği: Bulut bilişimde insanlar kullandıkları kadar öderler. Elektrik faturası gibi aylık, yıllık faturalandırma ile hizmet satın alırlar.
- Yatırım Gerekmemesi: Bulut'taki uygulamalar kullanılarak, bu tarz uygulamalar için gerekli altyapı oluşturma süresi, yatırım ve bakım, lisanslama maliyetleri ortadan kaldırılır.

4.2. Bulut Bilişim Katmanları

Bulut bilişim 5 katmanlıdır:

- İstemci
- Uygulama
- Platform
- Altyapı

Sunucu



Şekil 4.3. Bulut bilişim katmanları

- Client: İstemci katmanıdır. Son kullanıcı burada bulunur. Bilgisayarlar, cep telefonları veya başka cihazlar, işletim sistemleri, web browserlar...
- Application (Software as a Service): Müşteriye sunulan bulut yazılımlarının yer aldığı katmandır. Müşteri bu katmanda hizmet alabilir. Bu hizmete Software as a Service (SaaS) denir. Müşteri ihtiyaç duyduğu bir yazılımı bir bulut servis sağlayıcısından temin eder.

Bu yazılımların temel özellikleri:

- Her yerden erişilebilirdir.
- Genellikle aylık, yıllık abonelikler ile fiyatlandırılır veya ücretsizdir.
- Ölçeklendirilebilirdir.
- Güvenlidir.
- Güvenilirdir.
- API'ler ile geliştirmeye açıktır. Örnek: Google Apps, Onlive

SaaS Hizmetinin Kazançları şunlardır;

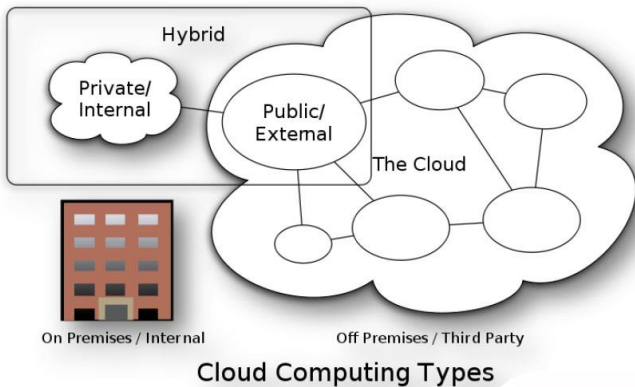
- Yatırım Gerektirmemesi: Yazılımlara lisans bedeli ödenmez, bunları desteklemesi gerekebilecek güçlü donanım altyapısı bedeli harcanmaz.
- Ödemeler Aylık: Bir anda ciddi bir para çıkışı olmaz, ödemeler aylık yapılır.
- Hızlı Başlangıç: Bir SaaS yazılımını yapılandırmak, standart bir yazılımı ayarlamaya göre daha kolaydır.
- Ayrıntılar Gizli: Hizmetin nasıl çalıştığı önem arz etmez, özellikleri ve fiyatlar önem kazanır.
- Güvenilirlik: Servis kalitesi SLA'lar ile önceden belirlenmiştir.
- Düşük Bakım Maliyeti: Bakım, yedekleme servis sağlayıcıya aittir.
- Platform (Platform as a Service): Müşteriye sunulan bulut yazılımlarının çalışmakta olduğu platformu kapsayan katmandır. Müşteri bu katmanda hizmet alabilir. Bu hizmete Platform as a

Service (PaaS) denir. PaaS hizmeti ile müşteri, platformun çalıştığı altyapıyla (sunucu, ağ, işletim sistemi vs.) uğraşmadan bu platformda yazılım geliştirebilir. Bu API'ler ile yapılır. Bazı PaaS sağlayıcıları, geliştirilen yazılımında kendi bulutlarından sunulmasına veya kullanılmasına da olanak sağlayabilir. Örnek: GoogleApp engine, Microsoft Azure vs...

- **Infrastructure (Infrastructure as a Service):** Bulut yazılımlarının çalışmasını sağlayan altyapının donanımdan soyutlanmış halidir. Müşteri bu katmanda hizmet alabilir. Bu hizmete Infrastructure as a Service (IaaS) denir. IaaS hizmeti ile müşteriye, kendi platformunu yapılandırabileceği, verilerini saklayabileceği, sunabileceği ve hesaplama yapabileceği bir altyapı sunulur. Böylece müşteri, donanımlar ile uğraşmadan belirli bir depolama ve işlem kapasitesine sahip olur. Bu altyapı bulut üzerinde çalışan sanallaştırılmış bir sistem üzerinden sunulur. Böylece müşteri, hem ihtiyacı olan kadarını öder, hem de altyapının alımı ve bakımı için harcama yapmasına gerek olmaz.
- **Server:** Server katmanı, bulut bilişim hizmetlerini hayata geçirmek için gerekli işlem, depolama ve iletişim gücünü sağlamakla görevli yazılım ve / veya donanım birimleridir. Bulut Bilişim'e özgü işletim sistemleri, çok çekirdekli işlemciler vs. bunlara dahildir. Bu en alt katman olup, Bulut Bilişim dahilinde hizmet sunan firmaların veri merkezleri (datacenterları) buna örnek olabilir.

4.3. Bulut Türleri

- **Public Cloud:** Verilerin ortak tutulduğu, üçüncü parti tarafından işletilen buluttur.
- **Community Cloud:** Benzer ihtiyaçları olan şirketler tarafından ortaklaşa kurulan ve işletilen buluttur.
- **Hybrid Cloud:** Birisi özel, birisi public olan en az iki bulutun kullanıldığı çoklu bulutlardır.
- **Private Cloud:** Şirketin kendi içerisinde kullandığı buluttur. Yine donanım ve bakım masrafı vardır. Bu anlamda bulut bilişim felsefesine ters düşmektedir.



Şekil 4.4. Bulut bilişim türleri [8]

4.4. Türkiye’de Bulut Bilişim



Şekil 4.5. Türkiye’de bulut bilişimin tercih edilme sebepleri

Bulut uygulamaları, bilişimde önlenemez bir teknolojik trende dönüşmüş durumdadır. Küreselleşmenin bilişim dünyasındaki karşılığı olarak “Bulut Bilişim” gösteriliyor. Aslında bireysel olarak internette pek çok mecrada farkında olmadan Bulut Bilişim’i kullanıyoruz. Youtube ya da Facebook’a yüklediğimiz videolar, aldığımız e-posta hizmetleri, Twitter’dan gönderdiğimiz fotoğraflar, hepsi dev bir sanal bulutun içinde saklanıyor. Giderek hayatımızın içine daha fazla giren Bulut Bilişim, pek çok sektörde hızla yayılacağına benziyor. 2013’e gelindiğinde dünya çapında bulut servisleri 44 milyar dolarlık hacme ulaşırken Türkiye’de bu rakamın 302 milyon dolara çıkması beklenmektedir [5].

Bulut Bilişim’e yönelik kamu sektöründe Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı’nın yaptığı çalışmalar dikkat çekicidir. Fakat bulut bilişim alanında verilerin güvenliği konusunda herhangi bir yasal düzenleme mevcut değildir. Bussiness Software Alliance(BSA) tarafından yayınlanan küresel çapta bulut bilişimin gelişiminde etkili olan ülkeler sıralamasında 24 ülke arasında Türkiye 17. sıradadır [14].

5. M2M'NİN KULLANDIĞI TEMEL TEKNOLOJİLER

- Zigbee
- 6LoWPAN
- Bluetooth

5.1. IEEE 802.15.4 Zigbee Teknolojisi

Zigbee, LR-WPAN için geliştirilmiş bir kablosuz haberleşme protokolüdür ve IEEE tarafından yayımlanan IEEE 802.15.4 - 2003 standardıyla birlikte sensör ağları ve kontrol sistemleri için uygun bir altyapı oluşturur [11]. IEEE 802.15.4 - 2003 standardı fiziki (PHY) ve ortam erişimi yönetimi (MAC) katmanlarını tanımlarken, Zigbee ağ (NWK) katmanı ve uygulama (APL) katmanını tanımlar.

Zigbee teknolojisi sunduğu uzun pil ömrü, düşük maliyet, küçük boyut ve esnek kurulum gibi özellikleriyle sensör ağları ve kontrol sistemleri için gerekli altyapıların oluşturulmasında uygun bir seçenek sunar.

Zigbee benzeri ağ yapıları, Wi-Fi ve Bluetooth gibi teknolojilerin sensör ağları ve kontrol sistemleri için uygun olmadığı fark edilmesiyle birlikte, 1998 yılından itibaren araştırılmaya başlanmıştır [11]. Bu çalışmaların amacı düşük veri iletim hızına karşılık düşük maliyetli ve düşük güç tüketen bir altyapı oluşturmaktır. Bu altyapı için ihtiyaç duyulan standart IEEE tarafından IEEE 802.15.4 koduyla ilk defa 2003 yılında yayımlanmıştır. Aynı yıl Zigbee teknolojisinin standartlarını oluşturmak ve kullanımını yaygınlaştırmayı amaçlayan üretici firmalar Zigbee Alliance adıyla bir araya gelmiştir [12].

Zigbee Alliance, 13 Haziran 2005 tarihinde ilk Zigbee protokolünü kullanıma sunmuştur. 2006 yılında bu şartnamenin geliştirilmiş sürümü Zigbee 2006 adıyla kullanıma sunulmuştur. 2007 yılı sonunda ise Zigbee 2007 ve Zigbee PRO olarak iki protokol yayımlanmıştır. Zigbee 2007, Zigbee 2006'nın geliştirilmiş sürümü iken; Zigbee PRO daha geniş ağlar için oluşturulmuş bir protokoldür. 2009 yılında Zigbee Alliance tüketici elektroniğine yönelik uzaktan kumandalar için RF4CE adlı şirketler birliğiyle ortak çalışmak üzere anlaşmıştır.



Resim 5.1. Örnek bir ETRX357 zigbee modülü

Kablosuz iletişimi engelleyebilecek faktörlerdeki belirsizlik, tasarımda uygun veri iletim yönteminin belirlenmesinde sıkıntıya yol açabilir. Endüstriyel alanlarda kablosuz iletişimde sıkıntıya yol açabilecek faktörler statik çokyollu iletişim, zamana göre değişken çokyollu iletişim, statik girişim ve zamana bağlı girişim olarak tanımlanmıştır [13]. İnsan gibi hareketli engeller zamana bağlı çokyolluluğa yol açabileceği gibi, etraftaki diğer vericiler ya da makineler de zamana bağlı girişime yol açabilir. Buna benzer durumlar veri iletiminde hatalara ya da bazı kanalların geçici süreyle kullanılmamasına yol açar. Kanalların kullanılmadığı durumlarda örgü ağ yapısı gibi alternatif yollardan iletişimi sağlayan ağ yapıları ve veri iletiminde oluşabilecek hatalardan kaçınmak için de DSSS gibi yayılı spektrum teknolojileri kullanılabilir. Zigbee, hem örgü ağ yapısını hem de DSSS kullanarak veri iletişimde güvenilirliği sağlar.

IEEE 802.15.4 standardı 2400 MHz bandı için 85 dBm'lik alışı gücü için %1'lik paket hata oranını kabul edilebilir olarak belirlemiştir. Bu tanımlama alıcı gürültü sayısının 20 dB'ye kadar çıkmasını kabul edilebilir kılar. Piyasada bulunan düşük maliyetli ortalama CMOS alıcıların gürültü sayısının 20dB'den 7-9 dB daha iyi olduğu göz önüne alındığında, Zigbee cihazlar için yüksek performans gösteren, maliyetli alıcıların kullanılmasına ihtiyaç duyulmamaktadır [14].

Kullandıkları protokol gereği Zigbee cihazlar veri alışı verişi yapmadıkları sürece uyku moduna geçer. Uyku modundaki bir cihazın ihtiyacı olan akım birkaç mikroampere kadar inebilir [15]. Bu sayede, Zigbee cihazlar enerji ihtiyaçlarını azaltarak mobil uygulamalar için pil ömrünü uzatmış olur.

Zigbee piyasaya çıktığı günden beri kendine yeni kullanım alanları bulmaktadır [12,16].

- Bina ve ev otomasyon sistemlerinde ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme cihazları, aydınlatma cihazları, kapı ve pencere kilitlerinin kontrolünde, ev eğlence sistemlerinde evrensel uzaktan kumanda olarak kontrol amaçlı kullanılmaktadır.
- Genel güvenlik sistemlerinde ve gaz, yangın vb. detektör sistemlerinde kullanılmaktadır.

- Sağlık sektöründe hasta takip sistemlerinde kan basıncı, nabız, tansiyon ve diğer sağlık bilgilerinin takibinde kullanılır.
- Araç lastikleri gibi kablolu yapılamayan bölgelerde lastik iç basıncının denetlenmesinde kullanılır.
- Geniş tarım arazilerinde toprak durumu ve çevresel faktörlerin takibi için kullanılır.
- Üretim kontrolünde kullanılan sensör sistemlerinde, cihazların kablosuz kontrolünde kullanılır.

Çizelge 5.1’de [12] de görüldüğü üzere Zigbee diğer kablosuz haberleşme teknolojilerine göre uzun pil ömrü ve ağ genişleme kapasitesi alanlarında avantajlı konumdayken, veri iletim hızı açısından geride kalmaktadır. Bu özellikleri Zigbee teknolojisini sensör ağları ve kontrol sistemleri için uygun bir aday yaparken, büyük boyutlu veri aktarımı gerektiren uygulamalarda dezavantajlı konuma düşürür.

Çizelge 5.1. Zigbee Ve Diğer Kablosuz İletişim Teknolojilerinin Karşılaştırılması

| Özellik | ZigBee | GPRS/GSM | Wi-Fi | Bluetooth |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| Odaklanma alanı | İzleme ve Kontrol | Geniş alan ses ve veri | Web, email, Video | Kablo yerine |
| Sistem Kaynağı | 4-32 Kb | 16 Mb+ | 1 Mb+ | 250Kb+ |
| Pil Ömrü (gün) | 100- 1000+ | 1-7 | 0.5-5 | 1-7 |
| Ağ Boyutu | ~ Sınırsız (2 ⁶⁴) | 16 Mb+ | 32 | 7 |
| Ağ veri genişliği (kb/sn) | 100- 1000+ | 64 - 128+ | 11000-54000 | 720 |
| Kapsama Alanı (metre) | 1 - 100+ | 1000+ | 1-100 | 1-10+ |
| Başarı alanları | Dayanıklılık, maliyet, güç tüketimi | Ulaşılabilirlik, kalite | Hız, esneklik | Maliyet, rahatlık |

Sonuç olarak, etki alanı tartışması ve bu alanların genişletilmesi açısından alan içindeki cihaz sayısına bakıldığında ZigBee diğer benzer teknolojilere (en azından LR-WPAN alanında) göre daha tutarlı bir durum sergilemektedir. Wi-Fi’nin kapsama alanı hotspot’lar arası düzeyde oldukça geniş olabilese de, ağ’a yeni cihaz ekle/çıkartma işlemi ZigBee kadar kolay ve zahmetsiz olamamakta ve bu ölçeklenebilirliğe oldukça kötü yönde etki etmektedir. ZigBee (Bluetooth da dahil) gibi bu tarz teknolojilerin ISM frekans bandında çalışmaları nedeniyle bazı olumsuz yönleri de bulunmaktadır.

5.2. 6LoWPAN Teknolojisi

6LoWPAN düşük güç kablosuz kişisel alan ağları üzerinde IPv6'nın bir kısaltmasıdır. 6LoWPAN, IETF internet alanında bir çalışma grubunun adıdır. 6LoWPAN kavramı, sınırlı işlem yetenekleri ile düşük güç tüketimli cihazlara internetteki şeylerin katılması mümkün olmalıdır ve "İnternet Protokolü, küçük cihazlara bile uygulanabilir olmalıdır" fikrinden doğmuştur [1,13,18].

6LoWPAN grubu, IPv6 paketleri gönderir ve üzerinden alınan izin kapsülleme ve üstbilgi sıkıştırması mekanizmalarını tanımlamıştır. IEEE 802.15.4 . tabanlı ağlarda IPv4 ve IPv6 için veri dağıtımı için çalışma alanları vardır: Yerel alan ağları, metropolitan alan ağları, geniş alan ağları ve internet gibi. Aynı şekilde, IEEE 802.15.4 aygıtlar kablosuz haberleşme imkanı sağlamaktadır.

Kablosuz gömülü internet yaklaşımından yararlanabilecek uygulamalar büyük oranda artmaktadır. Bugün bu uygulamalar daha büyük ağlara ve internet tabanlı hizmetler ile entegrasyonu zor tescilli teknolojilere uygulanmaktadır. Bu uygulamalarda internet protokolleri kullanılır ve bunların internet ile entegre yararları [RFC4919] şunlardır:

- IP tabanlı cihazlar, çevirim içi ağ geçitleri veya yakınlık için gerek kalmadan kolayca diğer IP ağlarına bağlanabilir.
- IP ağları mevcut ağ altyapısının kullanımına izin vermektedir.
- IP tabanlı teknolojilerin, yıllardır var olduğu, çok iyi bilindiği ve çalıştığı ölçeklerle kanıtlanmıştır. Soket API (uygulama programlama arayüzü), dünyanın en iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan API'lerinden biridir.
- IP teknolojisi, herkes tarafından kullanılabilir standartları, süreçleri ve belgeler ile açık ve ücretsiz bir şekilde belirtilir. Sonuç olarak, bu IP teknolojisinin yeniliğe teşvik ve daha iyi daha geniş bir kitle tarafından anlaşılır olduğudur.
- Yönetmek, devreye almak ve IP tabanlı ağları teşhis için araçlar zaten (birçok yönetim protokolleri 6LoWPAN düğümler ile doğrudan kullanım için optimizasyon gerektirir) vardır.

Şimdiye kadar sadece güçlü gömülü cihazlar ve ağlar ile internete yerel olarak katılmak mümkün olmuştur. Geleneksel IP ağları ile doğrudan iletişim genellikle karmaşıklığı ve bakımı ile başa çıkmak

için, bir işletim sistemi ve birçok internet protokolleri gerektirir. Geleneksel internet protokolleri aşağıdaki nedenlerden dolayı gömülü cihazlar için talep ediliyorlar:

- **Güvenlik:** IPv6 IP Güvenliği (IPsec) [RFC4301], kimlik doğrulama, şifreleme ve web hizmetleri genellikle güvenli yuva veya taşıma katmanı güvenlik mekanizmalarından yararlanmak için isteğe bağlı destek içerir. Bu teknikler özellikle basit gömülü cihazlar için çok karmaşık olabilir [18].
- **Web Hizmetleri:** İnternet hizmetleri bugün ağırlıklı olarak karmaşık işlem desenleri ile iletim kontrol protokolü (TCP), HTTP, SOAP ve XML kullanarak web hizmetleri veriyor.
- **Yönetimi:** Basit ağ yönetim protokolü (SNMP) ve Web Hizmetleri ile Yönetim genellikle verimsiz ve karmaşıktır.
- **Çerçeve Boyutu:** Şu an ki internet protokolleri yeterli çerçeve uzunluğu ile bağlantılar (IPv6 1280 byte'tan az) ve ağır uygulama protokolleri önemli bant genişliği gerektirir.

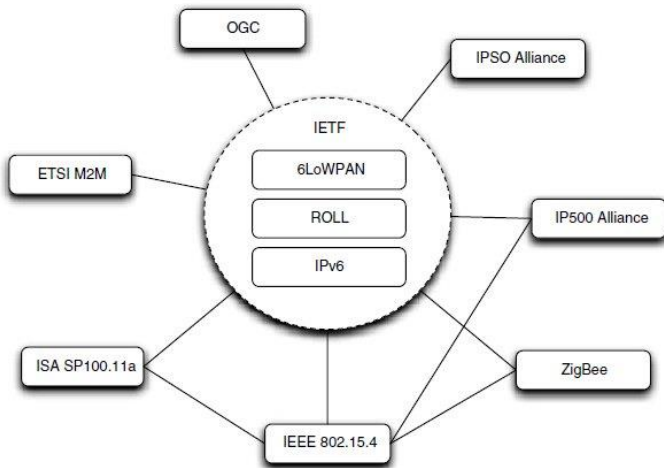
Bu gereksinimler güçlü bir işlemci, tam bir TCP/IP yığını ile bir işletim sistemi ve bir IP özellikli iletişim bağlantısı ile cihazlara uygulama sağlamaktadır. Tipik gömülü internet cihazları, bugün ethernet arayüzleri, hücresel modemler ile M2M ağ geçitleri ve gelişmiş akıllı telefonlar endüstriyel cihazlar içerirler. Gömülü uygulamaların büyük bir çoğunluğu, düşük güçlü kablosuz ve kablolu ağ iletişimi ile sınırlı cihazlar içerir. Kablosuz gömülü cihazlar ve ağların internet protokolleri için zorlu özellikler şunlardır:

- **Güç ve Görev Döngüsü:** Pille çalışan kablosuz cihazların düşük görev devirini(aktif zaman yüzdesini) tutması gerekir. IP temel varsayımı bir cihazın her zaman bağlı olmasıdır.
- **Multicast:** Bu IEEE 802.15.4 gibi kablosuz gömülü radyo teknolojileri, genellikle çok noktaya yayın desteği ve bir ağ, güç ve bant genişliği savurganı değildir. Multicast, birçok IPv6 özelliklerinin çalışması için çok önemlidir.
- **Mesh Topolojileri:** Kablosuz gömülü radyo teknolojisinin uygulamaları genellikle gerekli kapsam ve maliyet verimliliği elde etmek için çok sekmeli ağ şebekesine yaramaktadır.
- **Bant genişliği ve Çerçeve Boyutu:** Düşük güçlü kablosuz gömülü radyo teknolojisi genellikle sınırlı bant genişliği ve çerçeve boyutuna (40 sırasına - 200 bayt) (20-250 kbit/s sırasına)

sahiptir. Ağ topolojilerinde, bant genişliği daha fazladır ve hızlı bir şekilde çok sekmeli bir yönlendirme ile azaltılır. Standart IPv6 için minimum çerçeve boyutu 1280 byte [RFC2460]'tır.

- **Güvenilirlik:** Standart internet protokolleri düşük güçlü kablosuz ağlar için optimize edilmemiştir. Çünkü tıkanıklık veya kablosuz bağlantılardaki kayıp paketleri bırakılan paketler ile ayırt etmek mümkün değildir, TCP buna örnek verilebilir. Daha duyarsızdır, çünkü düğüm hatası, yorgunluk ve uyku iş döngülerinin kablosuz gömülü ağlarında oluşur.

IETF 6LoWPAN çalışma grubu, bu sorunları çözmek için ve özellikle IPv6 kablosuz gömülü cihazlar ve ağları ile kullanılma ihtiyacını sağlamak üzere oluşturuldu. Böyle basit bir başlık yapısı ve hiyerarşik adresleme modeli, IPv6 tasarım özellikleri olarak 6LoWPAN'nın kablosuz gömülü ağlarda kullanımını ideal hale getirmiştir.



Şekil 5.1. 6LoWPAN'un diğer protokollerle bağlantısı

Ayrıca, bu ağlar için standartlar özel bir grup oluşturarak, 6LoWPAN ile hafif IPv6 yığınının uygulanması için minimum gereksinimler, en küçük aygıtlarla uyumlu olabildiği. Son olarak 6LoWPAN için özel Komşu Saptama (ND)'nın bir sürümünü tasarlayarak, düşük güçlü kablosuz ağ şebekelerinin belirli özellikleri dikkate alınabilir. 6LoWPAN, gömülü geniş bir uygulama yelpazesi için uçtan uca IP ağ ve özellikleri sağlayan, kablosuz gömülü alanı içine IPv6'nın etkin bir uzantısıdır [1,13].

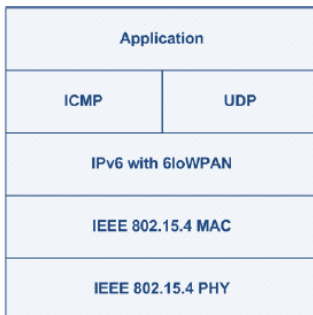
5.2.1. 6LoWPAN teknoloji faydaları

Düşük güçlü RF + IPv6 = Kablosuz Gömülü İnternet, 6LoWPAN ile bu bağlantı mümkün hale gelir. 6LoWPAN şu yararları sağlar;

- Açık, uzun ömürlü, güvenilir standartlar,
- Easylearning-eğrisi,
- Şeffaf İnternet entegrasyonu,
- Ağ korunabilirliği,
- Küresel ölçeklenebilirlik,
- Uçtan enddata akışları

5.2.2. Protokol yığını

Application, ICMP, UDP, IPv6 with 6LoWPAN, IEEE 802.15.4 MAC, IEEE 802.15.4 PHY katman yapısı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



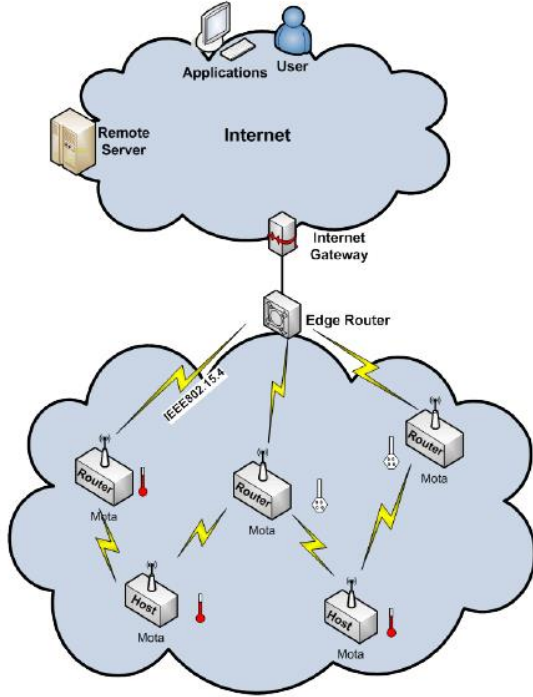
Şekil 5.2. 6LoWPAN protokol yığını

5.2.3. 6LoWPAN özellikleri

- 802.15.4 standardı 64-bit ve 16-bit gibi adreslemeyi destekler.
- IEEE 802.15.4 standardı, dar ISM ve güç hattı iletişim gibi düşük güç bağlantı katmanları ile kullanılabilir.
- Verimli başlık sıkıştırma,
 - IPv6 taban ve uzatma başlıkları, UDP başlığı,
- Komşu keşifini kullanarak otomatik ağ yapılandırması,
- Tek noktaya yayın, çok noktaya yayın ve yayın desteği,
 - Multicast(çok noktaya)yayın için eşleştirilir ve sıkıştırılır.
- Parçalanma,

- 1.280 Byte IPv6 MTU -> 127 Byte 802.15.4 çerçeve
- IP yönlendirme desteği (Örneğin; IETF RPL)
- Bağlantı katmanı örgü ağı kullanımı için destek sağlar (Örneğin; 802.15.5).

5.2.4. 6LoWPAN mimarisi



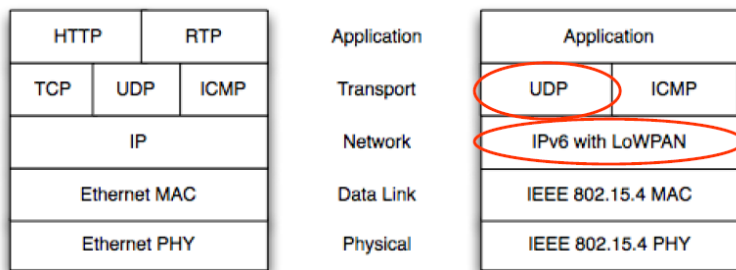
Şekil 5.3. 6LoWPAN mimarisi

- LoWPAN'lar saplama ağlardır.
- Basit LoWPAN
 - Tek Kenar Router
- Genişletilmiş LoWPAN
 - Ortak omurga bağlantı ile birden çok Kenar Yönlendiricileri
- Ad-hoc LoWPAN
 - LoWPAN dışında bir yol
- İnternet Entegrasyon sorunları

- Maksimum iletim birimi
- Uygulama protokolleri
- IPv4 birleştiricisi
- Güvenlik duvarları ve NAT
- Güvenlik

5.2.5. 6LoWPAN biçimi

- 6LoWPAN bir uyum başlık biçimidir.
 - Düşük güç kablosuz bağlantılar üzerinden IPv6 kullanımı,
 - IPv6 başlık sıkıştırma,
 - UDP başlık sıkıştırma sağlar.
- Başlangıçta RFC4944'te tanımlanan biçimi
- İETF-6LoWPAN-hc taslağı tarafından güncellenmiştir.



Şekil 5.4. TCP / IP ve 6LoWPAN protokol yığını

6LoWPAN IPv6 adres sıkıştırmasını kullanır.

RFC4944 Özellikleri:

- Temel LoWPAN başlık formatı,
- HC1 (IPv6 başlık) ve HC2 (UDP başlık) sıkıştırma formatları,
- Parçalanma ve yeniden birleştirme,

- Mesh başlık özelliği (amortisman planlanan),
- 16-bit adres alanı için-Multicast haritalama sağlar.

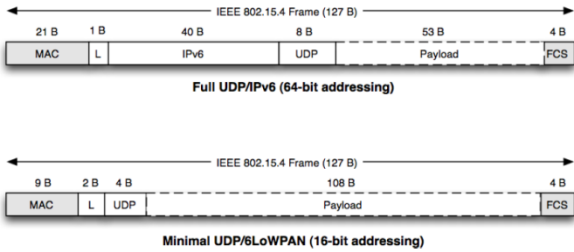
İETF-6LoWPAN-hc Özellikleri Taslağı:

- Yeni HC (IPv6 başlık) ve NHC (Next-başlık) sıkıştırması,
- Genel adres sıkıştırma desteği (bağlamlar ile),
- IPv6 seçeneği başlık sıkıştırma desteği sağlar.

Kompakt noktaya yayın adresi sıkıştırma desteği vardır.

5.2.6. 6LoWPAN başlıkları

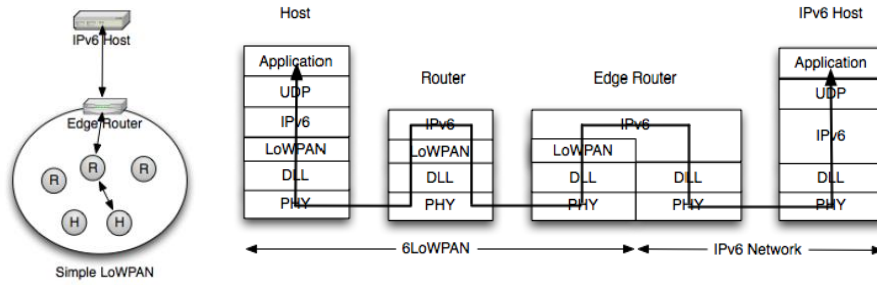
- Verimlilik için dik başlık formatı,
- Konumsuz başlık sıkıştırma



Şekil 5.5. 6LoWPAN başlıkları

5.2.7. 6LoWPAN yönlendirme

- Burada IP yönlendirme (3.katmanda) dikkat edilmelidir.
- Bir LoWPAN Yönlendirme;
 - Tek arayüzü yönlendirme,
 - Düz adres alanı (tam eşleme),
 - Stub ağ (geçiş yönlendirme yok) sağlar.



Şekil 5.6. 6LoWPAN yönlendirmesi [13]

5.2.8. 6LoWPAN uygulama alanları

Düşük güçlü radyo iletişim uygulamalarında IP ağı için hedef ihtiyaç kablosuz internet bağlantısıdır. Bu çok sınırlı bir form faktörü olan cihazlar için düşük veri hızlarındadır. Ev, ofis ve fabrika ortamlarında otomasyonu ve eğlence uygulamaları örneklendirilebilir. RFC4944’da başlık sıkıştırması standartlaştırılmıştır. Bu tür ağlar üzerinde IPv6 paketlerinin başlık sıkıştırmasını sağlamak için de kullanılabilir. IPv6 omurgasını kullanarak faturalandırma sistemine geri veri göndermeden önce bir mikro gözenekli ağ oluşturmak için akıllı sayaçlar ve diğer cihazlar etkinleştirilmiştir.

5.2.9. 6LoWPAN fonksiyonları

- İki ağın paket boyutlarına uyarlanması,
- Adres çözünürlüğü,
- Farklı cihaz tasarımları,
- Parametre optimizasyonu konusunda farklı odak,
- Birlikte çalışabilirlik ve paket formatları için adaptasyon katmanı,
- Yönetimi adresleme,
- Örgü hususlar için yönlendirme protokolleri ve 6LoWPAN içinde topolojileri,
- Cihaz ve hizmet bulma.

5.3. Bluetooth Teknolojisi

Bluetooth, küresel bir teknoloji olup, ilk olarak Ericsson Mobile firması tarafından 1994 yılında geliştirilmiş ve daha sonra 1998 yılında kurulan “Bluetooth Special Interest Group (SIG)” konsorsiyumu çatısı altında geliştirilmesine devam edilmiştir. Teknik özellikleri ilk olarak Temmuz 1999’da açıklanmıştır [20]. Daha sonra 2002 yılında Bluetooth v1.1 baz alınarak IEEE tarafından 802.15.1 olarak standartlaştırılmıştır. Başlangıçta Ericsson, Nokia, IBM ve Toshiba gibi şirketlerin

oluşturduğu bu konsorsiyumun şu an 10000'nin üzerinde üyesi bulunmaktadır [20-22]. Şekil 5.16'da cihazların Bluetooth teknolojisine uyumlu olduğunu gösteren resmi logo görülmektedir.

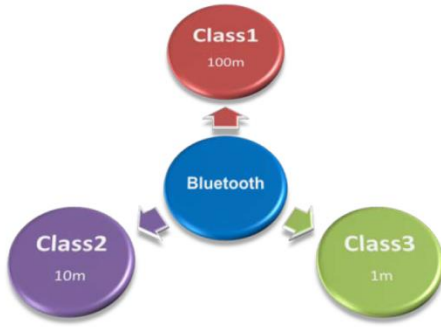
Bluetooth'un amacı; dizüstü bilgisayarlar, cep bilgisayarları, modemler, LAN erişim noktaları, cep, ev ve işyeri telefonları gibi sayısal cihazların birbirileri ile kablo bağlantısı olmadan görüş hattı doğrultusu dışında olsalar bile haberleşmelerine olanak sağlamaktır [9]. Böylece Bluetooth, kısa mesafede ve kişisel kullanım esas alınarak, düşük ücret, düşük güç ve düşük profilli bir teknoloji olarak hedeflemiştir. HomeRF'in aksine Bluetooth kablo yerine kullanılacak noktadan noktaya bir ara yüz olarak düşünülebilir.

Bluetooth, 2.4GHz ISM bandında çalışan RF tabanlı bir WPAN teknolojisidir. 2.402GHz'den başlayarak 2.480GHz'e kadar 1MHz atlayarak oluşturulan 79 atlama frekansını kullanır. Dünyadaki tüm ülkelerin %95'i Bluetooth için bu frekans aralıklarını desteklemektedir. Modülasyon tekniği olarak FHSS kullanır. Full duplex olarak saniyedeki frekans atlama sayısı 1600'dür. Veri iletimi için Basic Rate (BR) ve Enhanced Data Rate (EDR) olmak üzere iki farklı iletim modu kullanır. Varsayılan temel iletim modu Basic Rate olup bu modda maksimum 1Mbps veri iletimi yapılabilirken EDR modunda bu değer 3Mbps'e kadar çıkmaktadır [20,21]. EDR, Bluetooth teknolojisinde mimari yapıyı değiştirmeden veri iletim hızını arttıran bir yöntemdir. BR yönteminden farklı olarak GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) yerine PSK (Phase Shift Keying) kullanır [22]. Bluetooth teknolojisinin genel özellikleri Çizelge 5.2'te verilmiştir [20,23].

Çizelge 5.2. Bluetooth'un Genel Teknik Özellikleri

| | Class1 | Class2 | Class3 |
|--------------------------------|--|-----------------|---------------|
| Frekans Aralığı : | 2402 - 2480 MHz | | |
| Veri Oranı : | 1 Mbps (fiziksel) / EDR ile 3Mbps | | |
| Kanal Band genişliği : | 1 MHz | | |
| Kanal sayısı : | 79 | | |
| RF atlama : | 1600 kez/s | | |
| Şifreleme : | Cihaz ID ve 0/40/64 bitlik anahtar uzunlukları | | |
| TX Çıkış Güç Seviyesi : | 20 dBm (100mW) | 4dBm (2.5mW) | 0dBm (1mW) |
| İletişim Mesafesi : | ~100 metre | ~10 metre | ~1 metre |

Bluetooth teknolojisinde değişik ihtiyaçları karşılamak üzere güç ve mesafeleri farklı 3 ürün sınıfı tanımlanmıştır. Bunlar Class1, Class2 ve Class3 olarak adlandırılmaktadır. Bu sınıflar Şekil 5.11'de gösterilmiş olup teknik özellikleri Tablo 5.4'te verilmiştir.

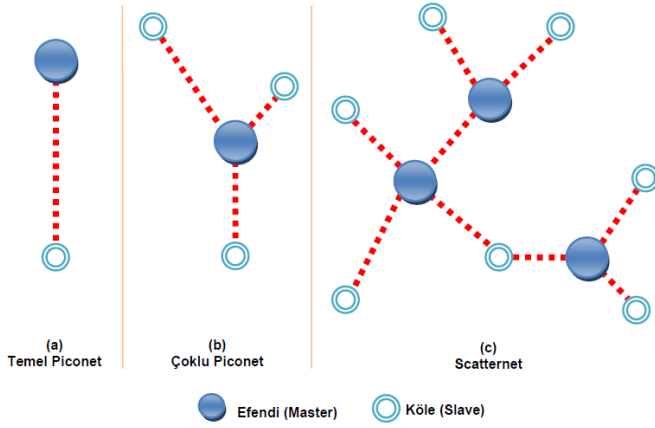


Şekil 5.7. Bluetooth ürün sınıfları

IEEE 802.11x gibi WLAN teknolojileri ve Bluetooth aynı ISM bandını kullanırlar. Her iki teknolojinin amacı cihazlar arasında RF yoluyla veri iletimi olmasına rağmen, fonksiyonları açıkça birbirinden farklıdır. WLAN teknolojileri orta güç ve orta iletişim mesafeleri için uygunken Bluetooth gibi WPAN teknolojileri düşük güç, kısa iletişim mesafeleri için uygundur [22].

WLAN sistemleri 802.11n ile ~250m bir iletişim mesafesine sahip iken Bluetooth'un mesafesi Class2 ile 10m, Class1 ile en fazla 100m'ye kadar çıkabilmektedir [20,23]. Bluetooth teknolojisinin bir diğer özelliği de kullanıcılara kablosuz ağ bağlantısı veya internet erişimi sağlamaktır. Bluetooth cihazları 8 adede kadar birlikte “master-slave (efendiköle)” durumunda bir ağ oluşturabilirler ki buna “Pikonet” (Piconet) adı verilir. Bir Pikonet'te bir cihaz master konumunda iken diğer 7 cihaz slave konumundadır. Slave cihazlar master cihaza bağlanabilir ve böylece kablosuz ağ zinciri oluşturulur. Master cihaz, ağı kontrol eder. Pikonet'teki tüm cihazlar aynı frekans kanalını ve aynı frekans atlama sırasını kullanırlar.

Kapsama alanı genişletmek amacıyla Pikonet'ler birbirine bağlanarak “Scatternet”ler oluşturulabilir. Bu durumda her Pikonet farklı bir atlama kanalı kullanılır. Bluetooth sistemi cihazdan-cihaza çalışma modeline ve sabit erişim noktalı ağ oluşumuna imkan vermekle birlikte en popüler kullanımı aynı fiziksel ortamdaki mobil cihazları birbirine bağlanması şeklindedir. Farklı kullanıcı sayılarına sahip Piconet ve Scatternet yapısı Şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.8. Piconet ve scatternet oluşumu

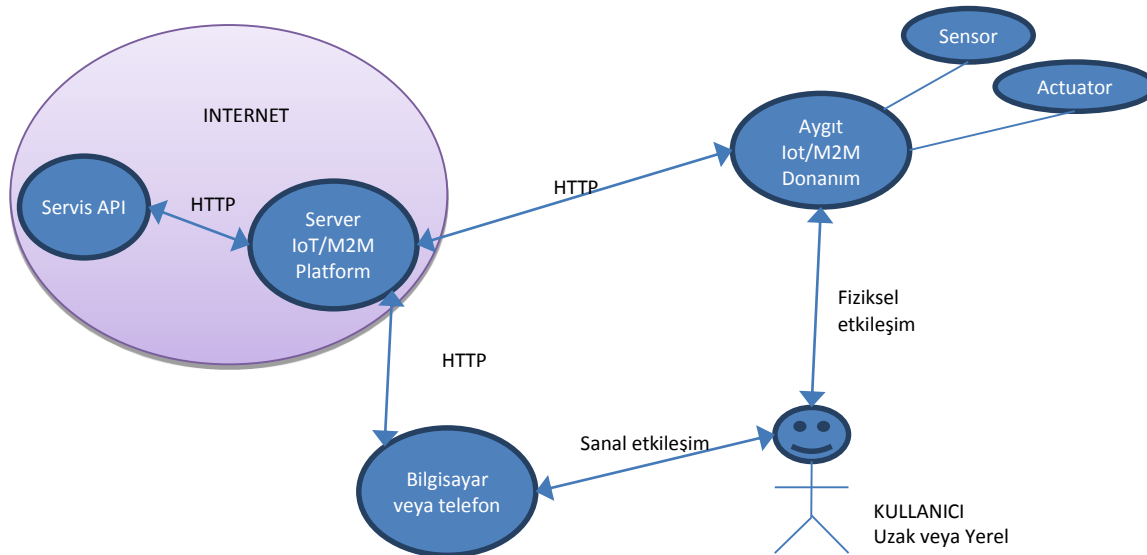
5.3.1. Bluetooth'un dezavantajları

WLAN sistemlerinde olduğu gibi Bluetooth teknolojisi de kullanıcıya birçok imkan sunarken birtakım dezavantajlara da sahiptir. Yukarıda belirtildiği gibi mesafesi WLAN cihazlarına göre oldukça düşüktür. Bu açıdan Bluetooth'un WLAN teknolojilerine bir tehdit unsuru olarak görülmesi doğru değildir[5, 23]. Güvenlik açısından bakıldığında, gizliliğin korunması ve garanti edildiğinin ispatlaması gibi temel konularda güvenliğin sağlandığı tam olarak söylenmemiştir. Bu nedenle kullanıcı güvenini kazanmak için gizliliğin garanti edilmesi gerekmektedir.

Bluetooth kullanmanın olumsuz noktalarından birisi de aynı ISM bandını kullanan 802.11x teknolojileri ile olan girişim (Interference) sorunudur. Eğer aynı frekans ve zaman aralıkları kullanılırsa her iki sistem arasında karşılıklı girişim oluşmaktadır. Dahası her iki sistemde de paket anahtarlama tekniği kullanıldığından girişim durumunda veri iletim hızı oldukça düşmekte ve hatta kesilebilmektedir. Ancak her iki sistemde yoğun hata kontrolü ve hata oluşması durumunda yeniden gönderme özelliğine sahip olması nedeniyle girişim durumunda veri kayıpları büyük oranda engellenmektedir. 802.11x teknolojileri en kötü durumda en düşük hız olan 1Mbps'e düşer, Bluetooth'un ise maksimum hızında %22 azalma olur. Bluetooth kullanan pek çok sistemde bu önemli olmayabilir. Ancak büyük hız düşmeleri bazı uygulamalar için çok önemli olabilir ve sistemin durmasına neden olabilir. Pazarlama açısından bakıldığında Bluetooth ve 802.11x teknolojileri ve hatta UMTS, birbirilerine rakip olmaktan ziyade büyük ölçüde birbirilerini tamamlamaktadır [23,24].

6. IoT/M2M PROTOTİP UYGULAMA GELİŞTİRME

Sade Internet dünyasında; Bilgisayarlar İnternet protokolleri ile birbirlerine bağlıdırlar. Bu durumda sadece çeşitli Belgeler görüntülenir veya işlenir. Hâlbuki IoT veya M2M dünyasında; bilgisayarlar, algılayıcılar (sensors) ve eyleyiciler (actuators) internet protokolleri ile birbirlerine bağlıdırlar. Bu durumda çeşitli fiziksel özellikler ölçülür veya işlenir [10].



Şekil 6.1. IoT/M2M referans modeli

Bir IoT/M2M donanımı; Kablosuz SoC (çip üzerinde sistem), gerçek dünyaya bir arayüz (algılayıcı, eyleyici) ile bağlı herhangi bir internet bağlantılı bilgisayar veya nesnelerin içine gömülü olabilen mikroişlemci/mikrodenetleyici içeren üniteler olabilir. Örneğin en basit şekli ile Arduino, Netduino Plus, BeagleBone, Raspberry Pi, vs. gibi elemanlar Bir IoT/M2M donanımı olarak kullanılabilirler. TCP / IP ve HTTP sayesinde, herhangi bir istemci seçilen donanım ne olursa olsun, herhangi bir servisle konuşabilir [16,19,20].

Günümüzde ticari olarak genel amaçlı IoT/M2M altyapı hizmetleri(Platformlar) sağlayan popüler bazı web siteleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda listelenmiştir.

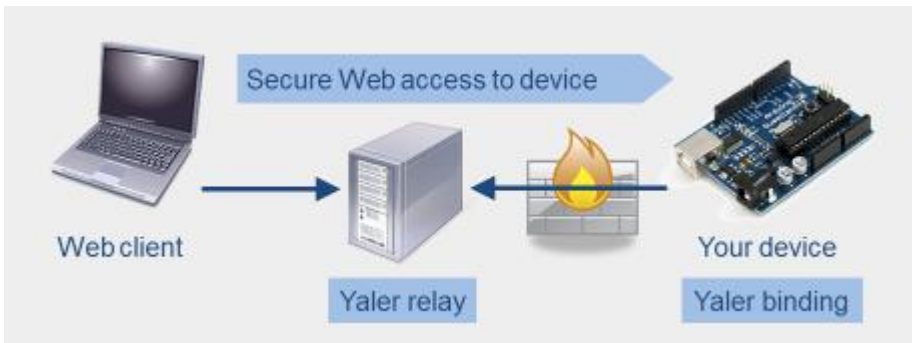
- AMEE Platform, Company AMEE UK, Website <http://www.amee.com/>
- Arkessa Platform, Company Arkessa, Website <http://www.arkessa.com>
- Arrayent, Company Arrayent, Website <http://www.arrayent.com/platform/overview/>
- Axeda Platform, Company Axeda, Website <http://www.axeda.com/>
- Bugswarm, Company Buglabs, Website <http://www.buglabs.net/bugswarm>

- Carriots cloud platform, Company Carriots, Website <http://www.carriots.com/>
- EVERYTHING Platform, Company Evrythng, Website <http://evrythng.net/>
- iDigi Device Cloud, Company iDigi, Website <http://www.idigi.com/>
- NanoService Platform by Sensinode, Website <http://www.sensinode.com/>
- One Platform By Exosite, Company Exosite, Website <http://exosite.com/>
- Open.Sen.se Platform, Company Sen.se, Website <http://open.sen.se/>
- ProxPlatform by Neuaer, Company Neuaer, Website <http://www.neuaer.com/developers>
- SensorCloud Platform, Company Microstrain, Website <http://sensorcloud.com/>
- Thingspeak Platform, Company IoBridge, Website <https://www.thingspeak.com/>
- Thingworx Platform, Company Thingworx, Website <http://www.thingworx.com/>
- Yaler Platform, Company Yaler, Website <https://yaler.net/>
- Xively Platform, Company LogMeIn Inc (LOGM), <http://xively.com/>
- GroveStreams, Company GroveStreams, Website <https://grovestreams.com/>

Yukarıda listelenmiş olan bazı IoT/M2M Platformları üzerinde birkaç temel uygulama oluşturulup test edilmiştir. Uygulamalar için Yaler, GroveStreams ve Xively platformları, donanım olarak Arduino Uno+Ethernet Shield kartları ve algılayıcı olarak sıcaklık sensörleri kullanılmıştır [26,30,32].

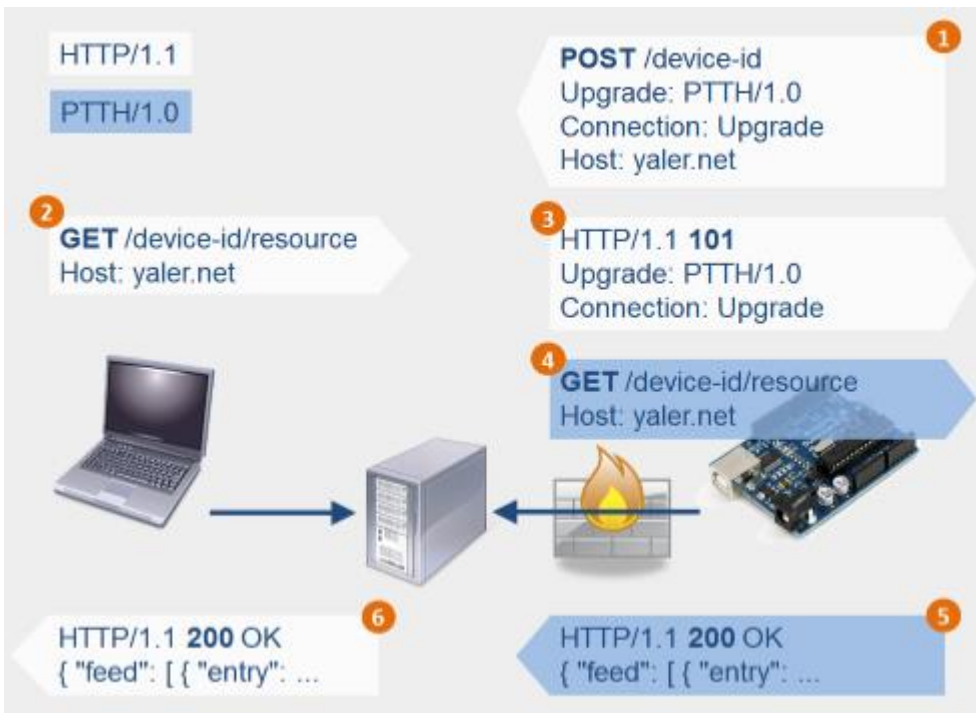
6.1. <https://yaler.net> Prototip Uygulaması

Yaler (<https://yaler.net/>) aslında basitçe bir M2M için röle platformu sayılabilir. Normal de bir güvenlik duvarı veya NAT (Network Address Translation) arkasında çalışan gömülü bir sistem üzerinde bulunan algılayıcıdan elde edilen veriler güvenlik duvarında özel amaçla izin verilen bir port olmadığı sürece güvenlik duvarını aşamaz. Yaler ise bu kısıtlamayı ortadan kaldırarak TCP 80. Port üzerinden güvenlik duvarını veya NAT'ı geçerek algılayıcı verilerinin bir platforma ulaşmasını sağlayan bir platformdur. Yaler, Arduino, BeagleBone, Netduino ve Raspberry Pi, gibi gömülü cihazlara destek vermektedir. Bu cihazlar üzerine Yaler tarafından sağlanan bir kütüphanenin yüklenmesinden sonra, son kullanıcılar sadece yine Yaler tarafından sağlanan bir URL'ye herhangi bir web tarayıcı üzerinden erişebilmekte ve algılayıcı verilerini web üzerinden izleyebilmektedir. Dolayısıyla algılayıcı verilerine zaman ve mekan bağımsız olarak internet üzerinden sürekli olarak erişim sağlanabilmektedir.



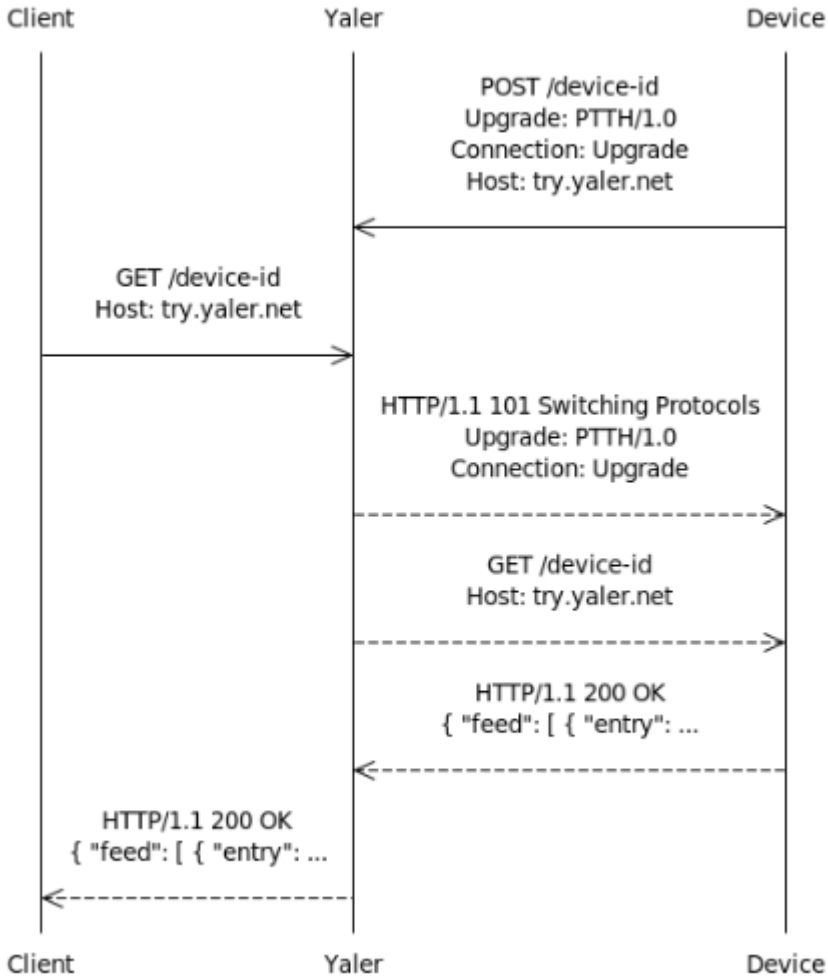
Şekil 6.2. Yaler.net ile güvenlik duvarı veya NAT arkasındaki gömülü cihaza güvenli erişim

Yaler protokolünün temeli Şekil 6.2’de verilen el sıkışma (handshake) olayına dayanmaktadır. Yaler rölesi benzersiz bir isim altında (device-ID) bir cihazın kendisini yayımlamasına izin verir. Web istemcisi cihaz üzerinde bir kaynağa erişmeye çalıştığında, Yaler, cihazı Reverse HTTP bağlantısına geçirir ve istemci isteği iletilir. Bu istek işlendikten sonra cihaz bu isteğe cevap verir ve Yaler de bunu istemciye cevap olarak gönderir. Bir defa ilk el sıkışma yapıldıktan sonra, her şey beklendiği gibi çalışmaya devam eder.



Şekil 6.3. Yaler el sıkışma (handshake) olayı

Yaler protokolü, bir istemci isteği gelene kadar açık tutulur. Yaler protokolü, Yaler’e cihazdan bir bağlantı talebi üzerinden bir HTTP POST ile başlatılır ve istemci isteği ile birlikte durum kodu (Switching Protocols) 101 ile cevaplandırılır. Cihaz bu isteği işler ve hala açık bağlantısını kullanarak Yaler’i cevaplandırır. Son olarak, Yaler normal bir HTTP cevabı olarak istemciye cihazın cevabını gönderir (Şekil 6.3).



Şekil 6.4. Yaler protokolü web-sequence diagramı

yaler.net üzerinden çalışacak şekilde, Arduino Uno+Ethernet Shield kartları ve LM35 sıcaklık algılayıcı kullanılarak oluşturulan temel bir uygulamada Arduino için oluşturulan kod aşağıda verilmiştir.

```

#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <YalerEthernetServer.h>

byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
// YalerEthernetServer http:// gsiot-zzt1-a19a.try.yaler.net/ adresinden erişilebilir.
YalerEthernetServer server("try.yaler.net", 80, "gsiot-zzt1-a19a");

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("IP adres elde ediliyor...");
}
  
```

```

if (Ethernet.begin(mac) == 0) {
  Serial.println("DHCP Sunucu Bulunamadı.");
} else {
  Serial.println(Ethernet.localIP());
  server.begin();
}
}
void loop()
{
  //LM35 sıcaklık algılayıcı ile sıcaklık ölçme
  float temp;
  int tempPin = 0;
  temp = analogRead(tempPin);
  temp = temp * 0.48828125;
  EthernetClient client = server.available();
  if (client) {
    boolean currentLineIsBlank = true;
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) {
        char c = client.read();
        if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {
          client.println("HTTP/1.1 200 OK");
          client.println("Content-Type: text/html");
          client.println("Connection: close");
          client.println();
          client.println("<!DOCTYPE html>");
          client.println("<html>");
          client.println("<head>");
          client.println("<meta http-equiv='refresh' content='5'/>");
          client.println("<title>Arduino M2M Web Page</title>");
          client.println("</head>");
          client.println("<body>");
          client.print("<body bgcolor='\"#99CCFF\"'>");
          client.print("<center>");
          client.print("<hr />");

```

```

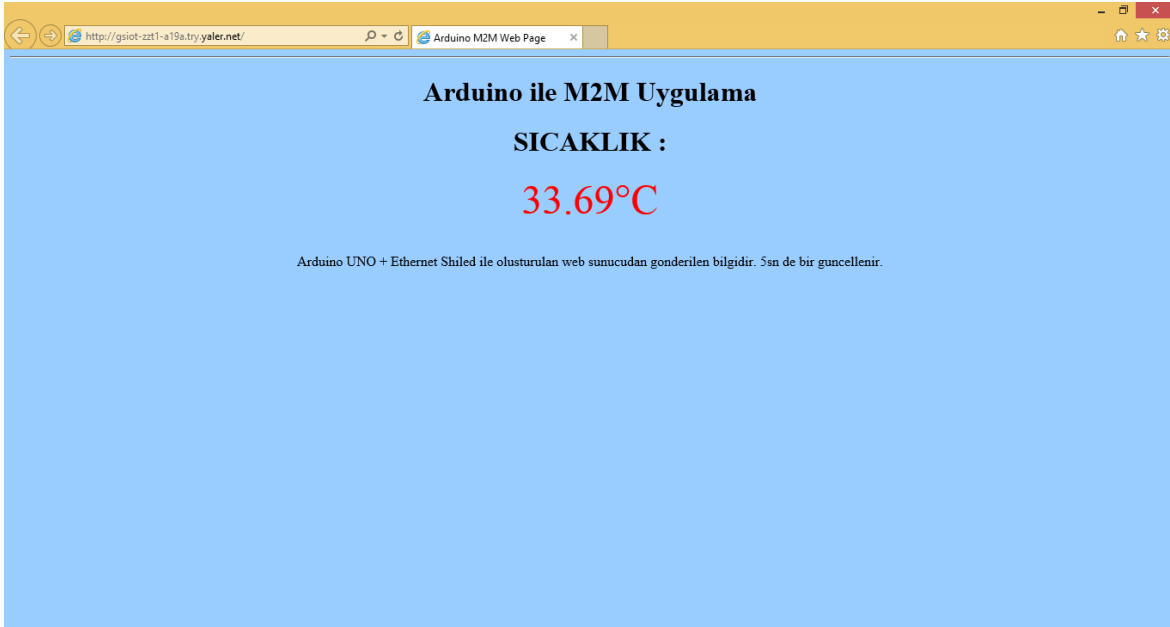
client.println("<h1>Arduino ile M2M Uygulama</h1>");
client.print("\r\n");
client.print("\r\n");
client.print("<h1>SICAKLIK : </h1>");
//client.print("<br />");
client.print("<font size='7'>");
client.print("<font color='red'>");
client.print( temp );
client.print("&deg;C</font></b>");
client.print("</font>");
client.print("<br />");
client.print("<br />");
client.print("\r\n");
client.print("\r\n");
        client.println("<p> Arduino UNO + Ethernet Shield ile olusturulan web sunucudan
gonderilen bilgidir. 5sn de bir guncellenir. </p>");
        client.println("</body>");
        client.println("</html>");
        break;
    }
    if (c == '\n') {
        currentLineIsBlank = true;
    }
    else if (c != '\r') {
        currentLineIsBlank = false;
    }
}
}
delay(1);
client.stop();
} // end if (client)
}

```

Yukarıda verilen kodlar Arduino üzerine programlanıp çalıştırıldıktan sonra Yaler tarafından kullanıcıya sağlanan bir “RELAY_DOMAIN” ile web sayfası görüntülenebilmektedir.

Web hizmetine erişmek için, URL formatı: http://RELAY_DOMAIN.try.yaler.net/

örneğin <http://gsiot-zzt1-a19a.try.yaler.net/> şeklinde olabilir. Artık gömülü cihaz tarafından sunulan bir Web sayfasını bu şekilde görüntülemek mümkün olacaktır (Resim 6.1.).



Resim 6.1. Arduino ile elde edilen sıcaklık verisinin web üzerinden izlenmesi

6.2. <https://grovestreams.com> Prototip Uygulaması

Grovestreams bulut (cloud) üzerinde çalışan herhangi bir organizasyon, kullanıcı ve cihazın faydalanabileceği ticari bir IoT ve M2M platformudur. GroveStreams küçük kullanıcılar için ücretsizdir. Yani bu platform uygulama geliştiricilere de bazı kısıtlamalarla açık olan bir platformdur. Bu platform ayrıca cihazlardan toplanan verilerin analiz edilmesi ve istatistiksel yorumların yapılmasına da olanak sağlayan gelişmiş özelliklere sahiptir. Grovestreams her bir organizasyon için büyük miktarda veri akışını yönetebilir. Her bir veri akışında 60 milyondan fazla veri örneği saklanabilir.

GroveStreams API, bir RESTful API'dir. REST basitçe bir HTTP GET, PUT, POST veya DELETE eylemidir. GroveStreams web tabanlı kullanıcı arayüzü tamamen durağan olmayan (non static) sayfa verileri için sadece GroveStreams API kullanmaktadır.

GroveStreams, Arduino, ve Raspberry Pi, gibi gömülü cihazlara destek vermektedir. Bu yüzden

grovestreams.com üzerinden çalışacak şekilde, Arduino Uno+Ethernet Shield kartları ve LM35 sıcaklık algılayıcı kullanılarak oluşturulan temel bir uygulamada Arduino için oluşturulan kod aşağıda verilmiştir.

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
byte mac[] = {0x00, 0x16, 0x3E, 0x71, 0x46, 0x74 };
// GroveStreams Settings
//YOUR_SECRET_API_KEY_HERE !!!
String gsApiKey = "59b48f75-f07f-3fd3-8525-3addf9474ea1";
String gsComponentName = "Temperature";
    char gsDomain[] = "grovestreams.com";
    String gsComponentTemplateId = "temp";
    String gsStreamId1 = "s1"; // Temp C - Random Stream.
    String gsStreamId2 = "s2"; // Temp F - Random Stream. .
    String gsStreamId3 = "s3"; //. Temp C - Interval Stream (20 second intervals).
    String gsStreamId4 = "s4"; //Temp F - Interval Stream (20 second Intervals).
    const unsigned long updateFrequency = 20000UL;
    const int temperaturePin = 0;        //
// Variable Setup
String myIPAddress; //
String myMac;      //
unsigned long lastSuccessfulUploadTime = 0;
boolean lastConnected = false;
int failedCounter = 0;
// Initialize Arduino Ethernet Client
EthernetClient client;
void setup()
{
    // Start Serial for debugging on the Serial Monitor
    Serial.begin(9600);
    // Start Ethernet on Arduino
    startEthernet();
}
void loop()
```

```

{
// Print Update Response to Serial Monitor
if (client.available())
{
char c = client.read();
Serial.print(c);
}
// Disconnect from GroveStreams
if (!client.connected() && lastConnected)
{
Serial.println(F("...disconnected"));
Serial.println();
client.stop();
}
// Update sensor data to GroveStreams
if(!client.connected() && (millis() - lastSuccessfulUploadTime > updateFrequency))
{
String temps = getTemperatures();
updateGroveStreams(temps);
}
// Check if Arduino Ethernet needs to be restarted
if (failedCounter > 3 ) {
//Too many failures. Restart Ethernet.
startEthernet();
}
lastConnected = client.connected();
}
void updateGroveStreams(String temps)
{
unsigned long connectAttemptTime = millis();
if (client.connect(gsDomain, 80))
{
String url = "PUT /api/feed?compTplId=" + gsComponentTemplateId;
url += "&compId=" + myMac;
url += "&compName=" + gsComponentName;
}
}

```

```

url += "&api_key=" + gsApiKey;
url += temps;
url += " HTTP/1.1";
//Serial.println(url);
client.println(url);
client.println("Host: " + String(gsDomain));
client.println(F("Connection: close"));
client.println("X-Forwarded-For: "+ myIPAddress);
client.println(F("Content-Type: application/json"));
client.println();
if (client.available())
{
  //Read the response and display in the the console
  char c = client.read();
  Serial.print(c);
}
if (client.connected())
{
  lastSuccessfulUploadTime = connectAttemptTime;
  failedCounter = 0;
}
else
{
  //Connection failed. Increase failed counter
  failedCounter++;
  Serial.println("Connection to GroveStreams failed (" +String(failedCounter, DEC)+")");
  Serial.println();
}
}
else
{
  //Connection failed. Increase failed counter
  failedCounter++;
  Serial.println("Connection to GroveStreams Failed (" +String(failedCounter, DEC)+")");
  Serial.println();
}

```

```

    }
}
void startEthernet()
{
    //Start or restart the Ethernet connection.
    client.stop();
    Serial.println(F("Connecting Arduino to network..."));
    Serial.println();
    //Wait for the connection to finish stopping
    delay(2000);
    //Connect to the network and obtain an IP address using DHCP
    if (Ethernet.begin(mac) == 0)
    {
        Serial.println(F("DHCP Failed, reset Arduino to try again"));
        Serial.println();
    }
    else
    {
        Serial.println(F("Arduino connected to network using DHCP"));
        Serial.println();
        //Set the mac and ip variables so that they can be used during sensor uploads later
        myMac = getMacReadable();
        Serial.println("MAC: " + myMac);
        myIPAddress = getIpReadable(Ethernet.localIP());
        Serial.println("IP address: " + myIPAddress);
    }
}
String getMacReadable()
{
    //Convert the mac address to a readable string
    char macstr[20];
    sprintf(macstr, 100, "%02x:%02x:%02x:%02x:%02x:%02x", mac[0], mac[1], mac[2], mac[3],
mac[4], mac[5]);
    return String(macstr);
}

```

```
String getIpReadable(IPAddress p)
```

```
{
  //Convert the ip address to a readable string
  String ip;
  for (int i =0; i < 3; i++)
  {
    ip += String(p[i], DEC);
    ip += ".";
  }
  ip +=String(p[3], DEC);
  return ip;
}
```

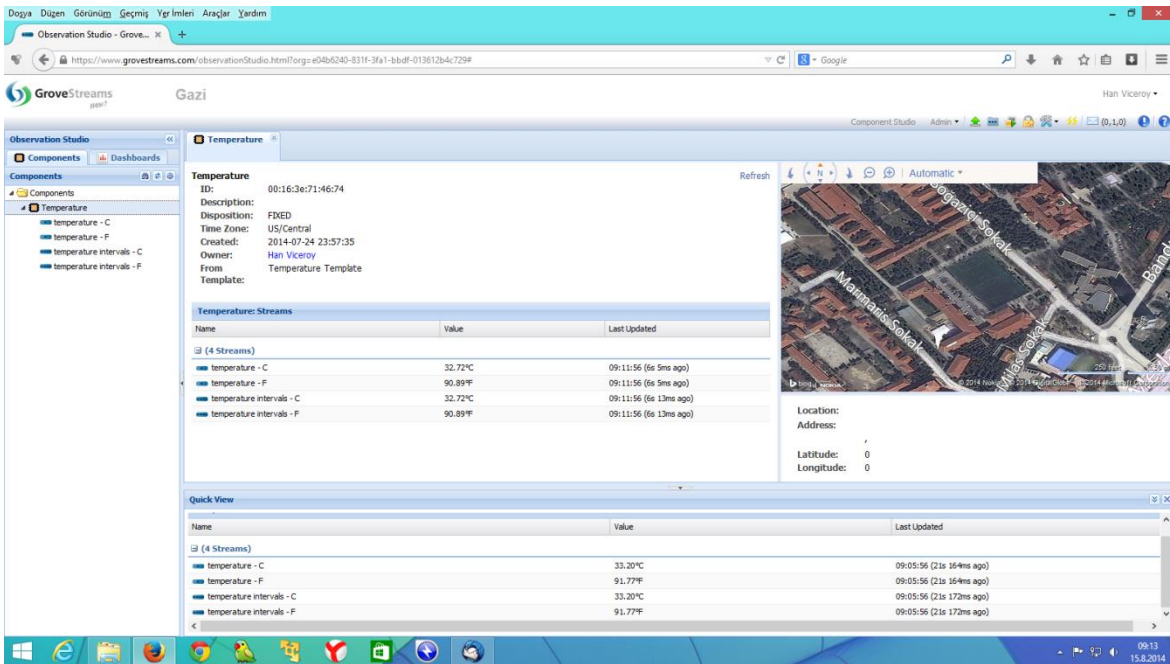
```
String getTemperatures()
```

```
{
  //Get the temperature analog reading and convert it to a string
  float voltage, degreesC, degreesF;
  voltage = (analogRead(temperaturePin) * 5);
  degreesC = (voltage * 100.0)/1024;
  degreesF = degreesC * (9.0/5.0) + 32.0;
  char temp[15] = {0}; //Initialize buffer to nulls
  dtostrf(degreesC, 12, 3, temp); //Convert float to string
  String tempC(temp);
  tempC.trim();
  char temp2[15] = {0}; //Initialize buffer to nulls
  dtostrf(degreesF, 12, 3, temp2); //Convert float to string
  String tempF(temp2);
  tempF.trim();
  String temps;
  temps = "&" + gsStreamId1 + "=" + tempC; //Temp C - Random Stream
  temps += "&" + gsStreamId2 + "=" + tempF; //Temp F - Random Stream
  temps += "&" + gsStreamId3 + "=" + tempC; //Temp C - Interval Stream (20 second intervals)
  temps += "&" + gsStreamId4 + "=" + tempF; //Temp F - Interval Stream (20 second intervals)
  return temps;
}
```

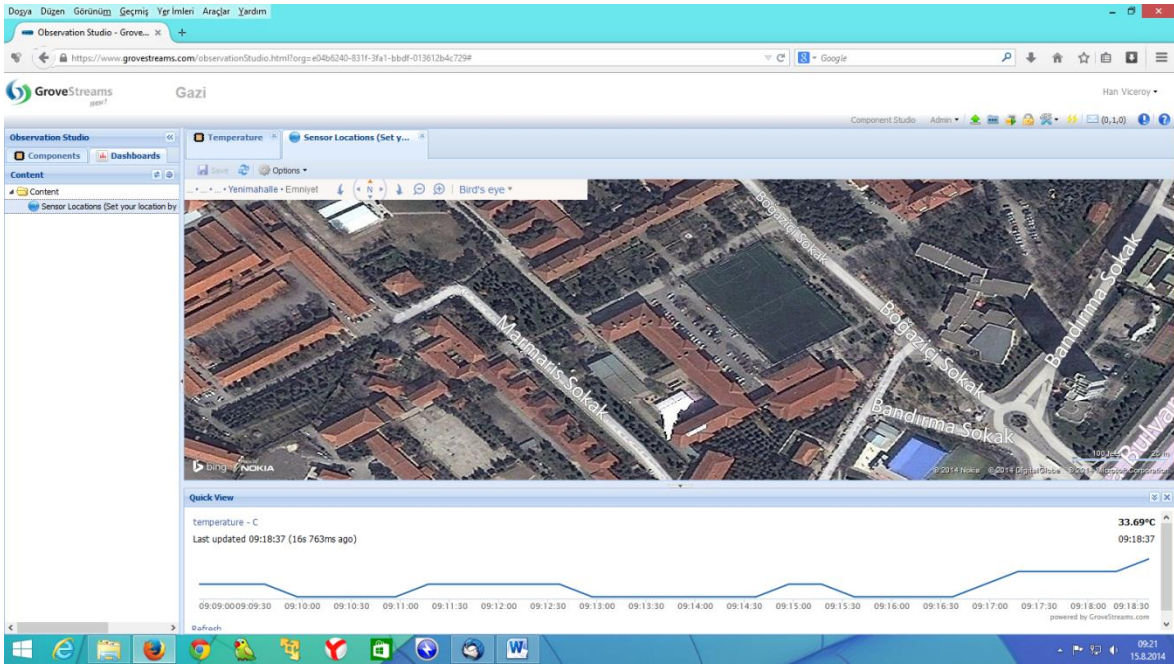
Yukarıda kodları verilen bu prototip uygulama için GroveStreams üzerinde bir kullanıcı hesabı oluşturulmuş ve kodlar Arduino Uno'ya yüklenerek programlanmıştır. Kod içerisinde GroveStreams tarafından kullanıcıya sağlanan bir "Secret API Key" mutlaka girilmelidir. "Secret API Key" kullanıcıya benzersiz bir kimlik atanmasını sağlamaktadır. Yukarıda verilen kodlar Arduino üzerine programlanıp çalıştırdıktan sonra sıcaklık verisi Arduino tarafından okunup GroveStreams'a gönderilmektedir. Uygulama da 4 adet veri akışı oluşturulmuştur. Bunlar;

1. Santigrat (Celsius) olarak rastgele akış
2. Fahrenheit (Fahrenheit) olarak rastgele akış
3. Santigrat (Celsius) olarak aralıklı akış (20 sn aralıkla)
4. Fahrenheit (Fahrenheit) olarak aralıklı akış (20 sn aralıkla)

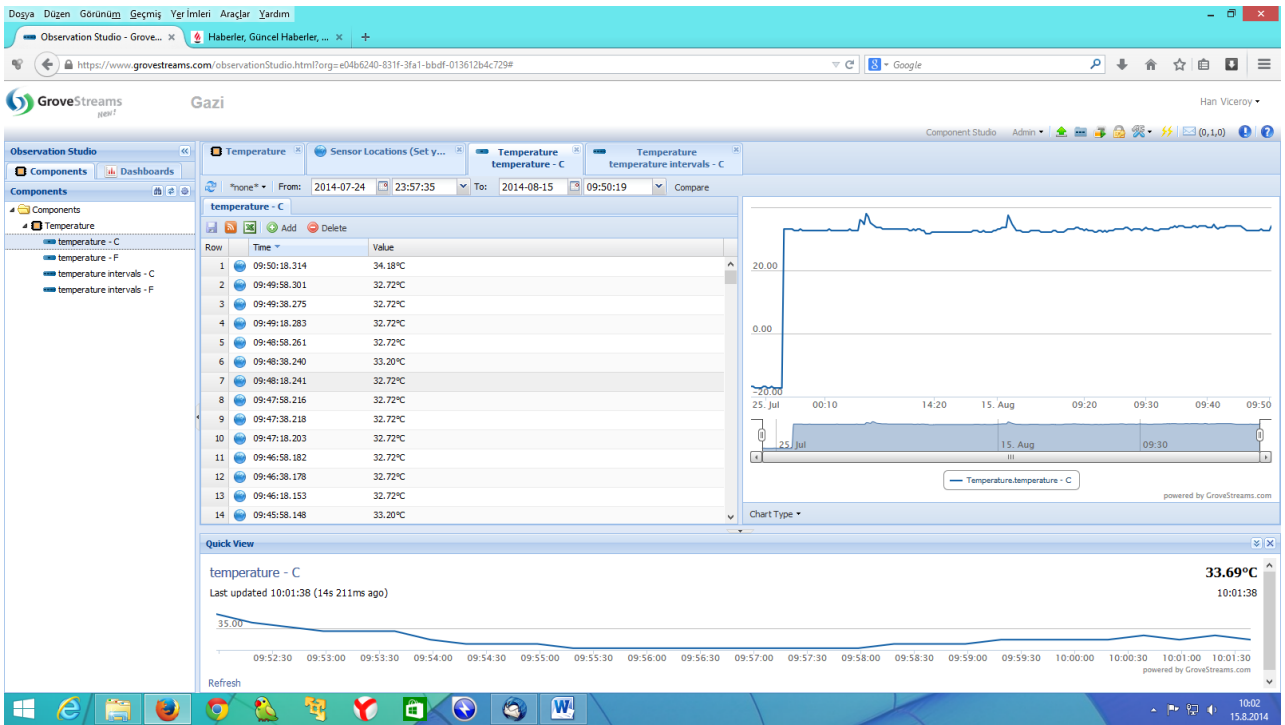
Rastgele ve aralıklı akış tipleri, bu iki akış türünün farklılıklarını gözlemlemek için faydalıdır. Örneğin, aralıklı akış boşlukların algılanması ve otomatik boşluk doldurmaya izin vermektedir. Resim 6.3'de grovestream.com'da oluşturulan hesap ile LM35 sıcaklık algılayıcısından elde edilen verilerin Arduino ile grovestream.com'a gönderilmesi sonucu sıcaklık verilerinin izlenmeleri gösterilmiştir.



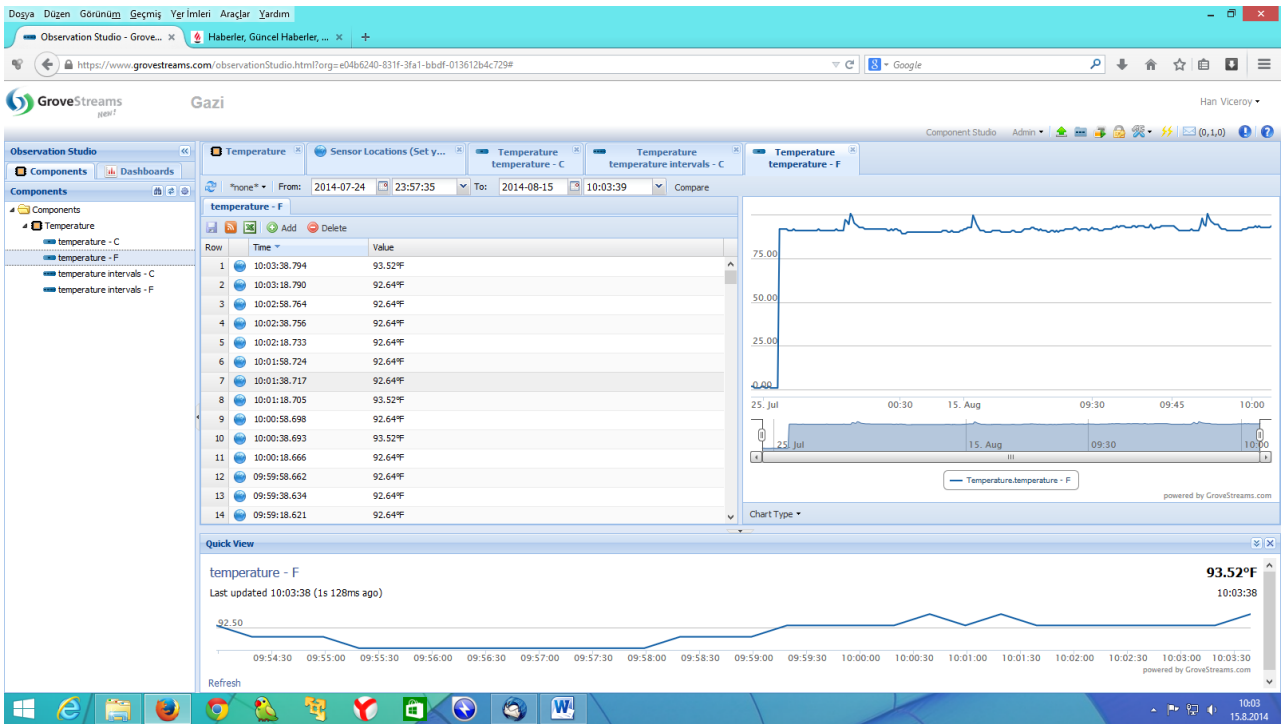
Resim 6.2. Grovestream.com da oluşturulan hesaba girildiğinde gelen ana ekran görüntüsü



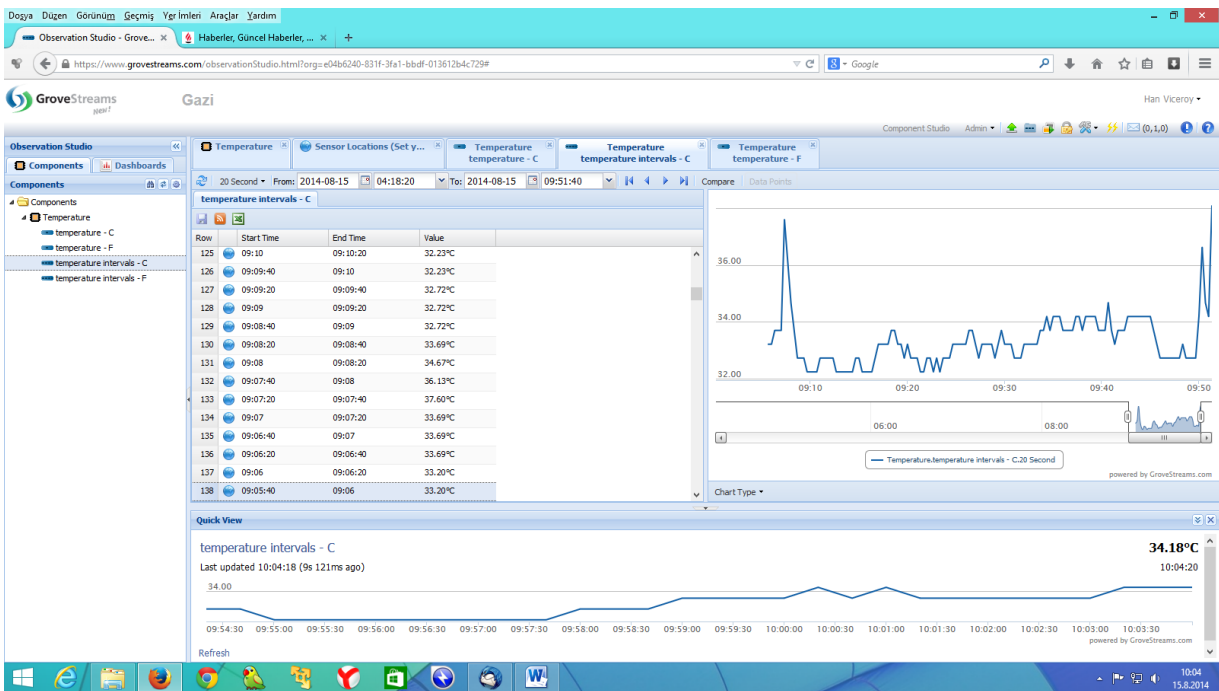
Resim 6.3. Grovestream.com da sensor lokasyon görüntüsü



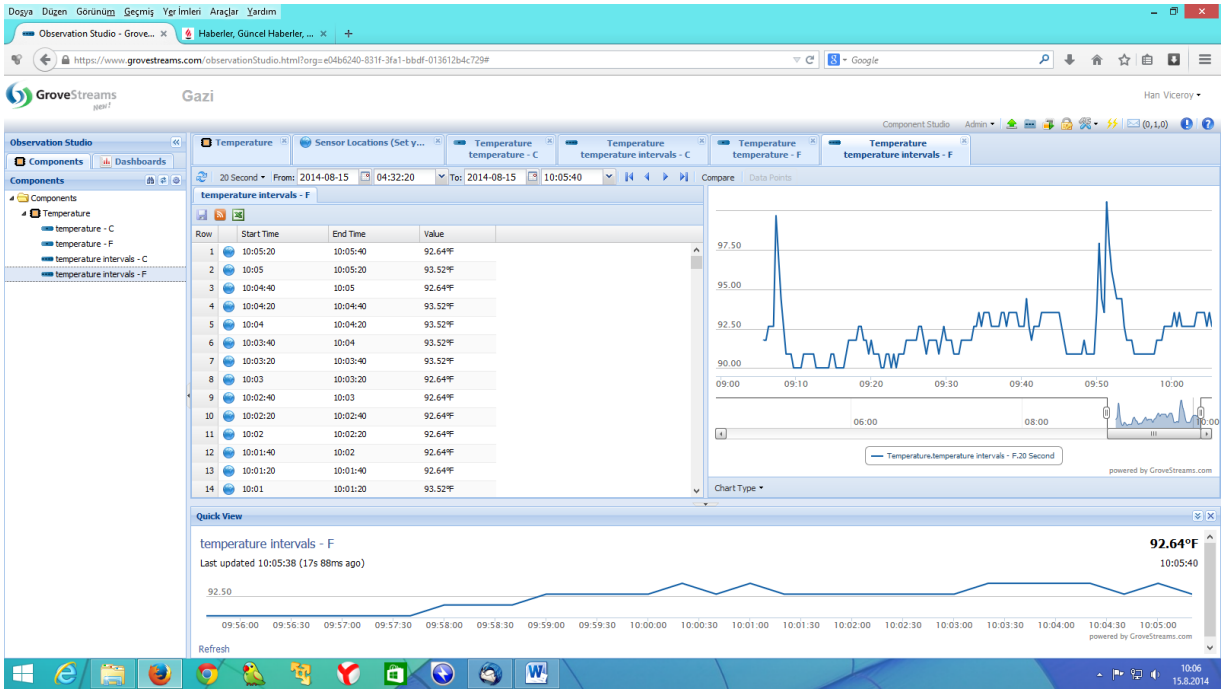
Resim 6.4. Grovestream.com da Santigrat (Celsius) olarak rastgele sıcaklık akış izlemesi



Resim 6.5. Grovestream.com da Fahrenheit (Fahrenheit) olarak rastgele sıcaklık akış izlemesi



Resim 6.6. Grovestream.com da Santigrat (Celsius) olarak aralıklı (20 sn aralıklı) sıcaklık akış izlemesi



Resim 6.7. Grovestream.com’da Fahrenheit (Fahrenheit) olarak aralıklı (20 sn aralıkla) sıcaklık akış izlemesi

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında; M2M iletişiminin, genel olarak makineleri gözlemlemek ve veri toplamak (telemetri) ile makineleri yönetmek (telematik) amacıyla kullanıldığını ve gelişen teknolojiler ile birlikte nasıl bir ilerleme katettiği üzerinde durulmuştur. M2M teknolojisi ile sahada bulunan bir cihazın çevresel olayları toplayarak uzak bir lokasyonda olan farklı bir cihaza topladığı verileri iletmesi gerçekleştirilir. M2M'nin insanın gücünü, insana düşen yükü ve işlevi azaltıcı etkisi sebebi ile ileriye dönük olarak gelişmeler göstermesi ve günümüzün gözde teknolojiler arasına girmeye aday olduğu görüşü yoğun olarak belirtilmektedir.

Bu tez çalışmasında önemli üzerinde durulan, internetin evrimleşme sürecine yalnızca insanların değil, nesnelere dahil olmasıdır. Nesnelerin iletişimi sayesinde şimdikinden bambaşka bir hal alacak olan “gelecek internete” firmalar da araştırma ve geliştirme çalışmalarıyla sıkı bir şekilde hazırlanmaktadır. Makineler arası iletişim çalışmaları, Türkiye’de yavaş ama sağlam bir biçimde kendini göstermeye başlıyor [7].

Teknoloji değişirken, internet de değişmekte ve hayatımızda yer alan her elektronik cihazda ve her konuda internete daha fazla bağımlı hale gelmekteyiz. Dijital dönüşümün yaşandığı, akıllı ve bağlanabilir ürünlerin hayatımızın her köşesini kapsadığı bu çağda, şüphesiz yaşantımız her geçen gün daha da kolaylaşmakta ve bu hızlı dönüşüm, toplumsal refahın gelişimini de büyük ölçüde etkilemektedir.

Dijital dönüşüme tüm heyecanımla tanık olduğumuz şu dönemde, iş ve yaşam alışkanlıklarımızı değiştiren teknolojik trendlerinin başında nesnelerin interneti gelmektedir. Nesnelerin interneti kavramının omurgasını teşkil eden konuyu ise makineler arası iletişim yani M2M oluşturmaktadır. M2M ile insanların dahil olmayacağı yalnızca makineler arası bilgi akışının sağlanacağı özel iletişim platformları sayesinde gelecekte bugünkünden çok daha hızlı bağlantılarla zettabaytlarca veri üretilip tüketileceği öngörülmektedir. Bu geleceğe elbette şirketler de kendilerini hazırlamaktadırlar.

Ülkemizde her ne kadar M2M'in en yaygın uygulama alanı mobil araç takibi olarak öne çıksa da makineler arası iletişim mobil araç takibinin çok ötesinde bir konuyu içeriyor. Kurumların makine türü varlıklarıyla sürekli bir mobil bağlantı üzerinden akıllı bir iletişim kurmalarını ve bu sayede bu varlıklarını çok daha verimli bir biçimde yönetmelerini sağlayan M2M teknolojisi; trafik sistemleri, ulaşım, lojistik, kamu hizmetleri, elektrik, su, doğalgaz sayaçları, akıllı şebekeler, güvenlik bağlantılı binalar, ev aletleri, tıbbi otomasyon, uzaktan sağlık (teletıp), ATM, satış noktaları, kritik satış altyapıları, akıllı tarım uygulamaları, görüntüleme ve kontrol sistemleri gibi pek çok alanda cihazların

uzaktan izlenmesini ve yönetilmesini sağlamaktadırlar ve bu anlamda toplamda ülke ekonomisinin verimliliğini artıracak bir çözümler bütünü olarak öne çıkmaktadırlar.

Günümüzün ilerleyen teknolojisine yönelik olarak M2M teknolojisinin insanların bedensel olarak, zaman bakımından ve daha birçok konudaki sarfiyatını ne derece de azalttığı üzerinde durulmaktadır. Yeni gelişen bir teknoloji olmasına karşın ilginin çok yoğun olması sebebi ile teknoloji piyasasında üst sıralarda yer alacağı şimdiden beklenmektedir.

Telekomünikasyon şirketleri ve özellikle GSM operatörleri, artık başta ses ile ilgili pazarın belirli bir doygunluğa ulaştığının farkındadırlar. Bu nedenle altyapı çalışmaları ve geliştirilen uygulamalarda öncelikli yatırımlar mobil dünya ve M2M projelerine yönelik gerçekleşmektedir. Öte yandan, özellikle 3Nesil(3N)-4.Nesil(4N) şebekelerinin de gerek ülkemizde gerekse küresel ölçekte devreye girmesi ile beraber, GPRS, EDGE vb. şebeke altyapılarının büyük ölçüde boşa çıktığı ve kullanıcı alışkanlıklarının yeni şebekelere doğru yöneldiği gözlemlenmektedir. Bu da operatörler için kullanılabilir kapasite artımı sağlamaktadır. Firmalar, buldukları konum itibari ile operatörlerin müşterilerine sağlamakta olduğu M2M çözümleri sayesinde, operatörlerin ihtiyaç duyacağı pazara özel tedarikçi konumunu başarı ile doldurmaktadır. Uygulama alanının genişliği ve pazar eğilimlerinin gelecek yıllarda bu alanda büyük bir talep doğuracağını da düşünecek olursak, ihtiyaçlara yönelik sektörel çözümlerin uygulanmış çözümler olması ayrıca firmaların ön plana çıkmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Zach, S., Carsten, B., (5/23/2011), 6LoWPAN: Kablosuz gömülü İnternet - Bölüm 1: Neden 6LoWPAN?, http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eetimes.com%2Fdocument.asp%3Fdoc_id%3D1278794&date=2015-03-10
2. Hatton, M., Machina Research (2012), M2M Market Forecasts, http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.telecomengine.com%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Ftemp%2FCEBIT_M2M_WhitePaper_2012_01_11.pdf&date=2015-03-10
3. Hilton, S. (Mart 2013), M2M Insights for Mobile Network Operators, Analysys Mason, <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.Analysysmason.com%2FResearch%2FContent%2FViewpoints%2FM2M-insights-MNOs-Mar2013-RDME0%2F&date=2015-03-10>
4. Anna Hac (2003), Wireless Sensor Network designs, John Wiley & Sons
5. About the Bluetooth SIG (1998), <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2FAbout+the+Bluetooth+SIG&date=2015-03-10>
6. Bluetooth SIG (Temmuz 2007), Bluetooth Specification Version 2.1 + Enhanced Data Rate(EDR), 1420, <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FBluetooth&date=2015-03-10>
7. Chaouchi H.(2010) *The Internet of Things: Connecting Objects*, John Wiley & Sons, 288.
8. Rudzikas,Z.R. (2009) Commission of the European Communities. COM(2009) 278 Final. *Internet of Things-An action plan for Europe*, <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eesc.europa.eu%2F%3Fi%3Dportal.en.ten-opinions.18007&date=2015-03-10>
9. Makineler Arası İletişim(M2M) (Ekim 2013), *Digital Applications for Productivity in the BC Manufacturing Industry*, Bilgi teknolojileri ve İletişim Kurumu, http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.tk.gov.tr%2Fkutuphane_ve_veribankasi%2Fraporlar%2Farastirma_raporlari%2Fdosyalar%2FM2MRaporu_30_10_2013_son.pdf&date=2015-03-10
10. Patrick, G., Peter F., Sylvie W.(2010), Vision and challenges for realising the Internet of Things, *Luxembourg: Publications Office of the European Union*, 229,
11. Ersöz, Y. (Eylül-Ekim 2013), Nesnelerin İnterneti (IoT - Internet of Things), *Türk Dili Dergisi*, 27(158)
12. ETSI TS 102 921 V1.1.1 (2012-02), Machine-to-Machine communications (M2M), Functional architecture, http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.etsi.org%2Fdeliver%2Fetsi_ts%2F102900_102999%2F102921%2F01.01.01_60%2Fts_102921v010101p.pdf&date=2015-03-10
13. Gustavo Mercado, Mendoza –Argentinagustavo (20 Mayıs 2011), 6LoWPAN IPv6 for Wireless Sensor Network, *9° Foro Latinoamericano de IPv6 –FLIP6 Cancún MX -15*

14. Keckklay, P.H.(2008), Medical tourism: updated and implications, http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F14.%09http%3A%2F%2Fwww.deloitte.com%2Fassets%2FDcom-Turkey%2FLocal%2520Assets%2F Documents%2F+turkey_tr_tmt_elektro_nikhaberlesme_040811.pdf&date=2015-03-10
15. Internet of Things(2005), ITU Internet Reports, <http://www.webcitation.org /query?url=http%3A%2F%2Fwww.itu.int%2Fwsis%2Ftunis%2Fnewsroom%2Fstats%2FThe-Internet-of-Things-2005.pdf&date=2015-03-10>
16. I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci.(Mart 2002), Wireless Sensor Networks: A Survey, *Computer Networks*, 38(4), 393-422
17. IEEE 802.15.4, 2003, 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.
18. Karl, H. and Willig, A.(Mayıs 2005); *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*, Wiley, Kablosuz Sensör Ağlar ve Uygulamaları, Ege Üniversitesi
19. Ning Xu, A(2002), Survey of Sensor Network Applications, University of Southern California. Available from, <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fcourses.cs.tamu.edu%2Ffrabi%2Fcpsc689%2Fresources%2Fsensor%2520nw-survey.pdf&date=2015-03-10>
20. Palowireless, Bluetooth Resource Center, Bluetooth Tutorial - Specifications, What is Bluetooth ?, <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F www.netfrag.org%2F web news%2Farticle.php%3Fid%3D1669%26group%3Dnfo.links.computing&date=2015-03-10>
21. S. Tilak, N. Abu-Ghazaleh, and W. Heinzelman,(Nisan 2002), A Taxonomy of Wireless Micro-Sensor Network Models, *ACM Mobile Computing and Communications Review (MC2R)*, 6(2)
22. Atalay, A.H.(16 Kasım 2011), M2M - Makinalar arası iletişim, Ahmet Hamdi Atalay, http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fbilgicagi.com%2 FBlog%2F367-m2m_makinalar_arasi_iletisim.aspx&date=2015-03-10
23. Sensor node - Wikipedia, the free encyclopedia(2009), <http://www.Web citation. org/query?url=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fw%2Findex.php%3Foldid%3D263854165&date=2015-03-10>
24. Srivastava, M., Muntz, R., and Potkonjak, M. (2001), Smart kindergarten: sensor-based wireless networks for smart developmental problem-solving environments. In Proceedings of the 7th Annual international Conference on Mobile Computing and Networking (Rome, Italy). *MobiCom '01*. ACM, New York, 132-138. DOI=http://doi.acm.org/10.1145/381677.381690
25. Evans, D.(Temmuz 2011),The Internet of Things [INFOGRAPHIC], <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fblogs.cisco.com%2Fdiversity%2Fthe-internet-of-things-infographic&date=2015-03-10>
26. Tubaishat, M.; Madria, S.(Nisan-Mayıs 2003), Sensor networks: an overview, *Potentials, IEEE* , 22(2), 20-23.

27. Güler, E.(04 Aralık 2011), Nesneler Arası İletişimi Keşfetti, http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fbilgicagi.com%2FYazilar%2F8240-turkiye_nesneler_arasi_iletisimi_kesfetti.aspx&date=2015-03-10
28. VeriFone Case Study(2013), http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.verifone.co.uk%2Fmedia%2F3938724%2Fmedia_3603934_wba-fc-case-study.pdf&date=2015-03-10
29. Vermesan O., Friess P. (2013), Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems, *River Publishers*, 7–8, Aalborg Denmark
30. Vieira, M.A.M.; Coelho, C.N., Jr.; da Silva, D.C., Jr.; da Mata, J.M., (19 Eylül 2003), Survey on wireless sensor network devices, *Emerging Technologies and Factory Automation, 2003. Proceedings. ETFA '03. IEEE Conference* , 1, 537-544
31. Çıbuk,M.(2009), *WIMAX/IEEE 802.16 Ağları Üzerinden Web Tabanlı Bio-Telemetri Uygulamaları İçin Protokol Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi*, Yayımlanmış Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
32. Yıldırım, K.S., Kalaycı, T.E., Uğur, A., (Mayıs 2-4, 2008), Optimizing Coverage in a K-Covered and Connected Sensor Network Using Genetic Algorithms, *9th WSEAS International Conference on EVOLUTIONARY COMPUTING (EC'08)*, Sofia, Bulgaria,
33. Zigbee (2009), In Wikipedia the free encyclopedia. <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FZigBee&date=2015-03-10>
34. ZigBee Alliance, FAQs. <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.zigbee.org%2Fzigbee-for-developers%2Fzigbee-gateway%2F&date=2015-03-10>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ULAŞ, Safiye
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 20/03/1974 Malatya
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0.505.7560444
 e-posta : safiyeulas@hotmail.com

Eğitim Derecesi

Yüksek lisans

Okul/Program

Gazi Üniversitesi / Elektronik
Bilgisayar Eğitimi Bölümü

Mezuniyet yılı

Devam Ediyor

Lisans

G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi
Elektronik Bilgisayar Eğitimi
Bölümü

1996

Lise

Ş.K.Ö. Anadolu Meslek
Lisesi

1991

İş Deneyimi, Yıl

1996- Devam ediyor

Çalıştığı Yer

Milli Eğitim Bakanlığı

Görev

Öğretmen

Yabancı Dili

İngilizce