특집 02

사물인터넷(Internet of Things) 기술 동향 및 발전방향

이형규 · 김말희 · 방효찬 (한국전자통신연구원)

목 차 »

1. 서 론
2. IoT 정의 및 주요 기술 이슈
3. IoT 기술 개발 현황
4. IoT 발전 방향
5. 결 론

1. 서 론

1990년대 초반 Mark D. Weiser는 그의 논문들에서 기술이 인간 삶의 영역에 완벽히 정합되어, 인간이 기술의 존재를 알아채지 못하도록 하는 것이 진정한 유비쿼터스 컴퓨팅이라고 역설하였다[1-3]. 이러한 주장의 근본에는 사물인터넷과 같이 우리 삶 주변의 모든 사물이 인간 중심으로 연결되고 휴먼 인터페이스를 가진 장치를 통해 보다 질 높고 삶과 밀접한 관계를 가진 서비스에 대한 기대가 숨어 있다고 볼 수 있다.

최근 이러한 미래사회에 대한 기대와 더불어 사물인터넷(Internet of Things: IoT) 기술이 크게 부각되고 있다. 유무선 네트워크 기술의 발전과 함께 센서, 구동기, 임베디드 장치, 사용자 단말 등 다양한 장치기술의 발전은 언제, 어디서, 누구나 원하는 정보 및 사물을 이용하여 서비스를 개발할 수 있는 환경을 만들고 있다. 세계적 컨설팅 그룹인 맥킨지는 2025년까지 인류의 삶을 가장 급진적으로 변화시킬 기술 중의 하나로 사물인터넷을 선정하였고[4], IBM은 향후 5년내 인류에 변화를 가져올 다섯가지 혁신기술 중의 하나로 전망하였다. 하지만, 기대와 관심이 높은 만큼 경쟁과 변화가 심할 것으로 예상되는 사물인터넷에서 혁신적인 기술 공급과 안정적인 시장성장을 이루어 내는 것은 매우 어려운 일일 것이다. 우리가 집중해야될 기술을 정확히 파악하고 성공적인 시장진입을 위한 올바른 선택이 무엇보다 중요해지는 것은 바로 이러한 이유에서이다.

본 고에서는 이처럼 다가올 사물인터넷 시대를 대비하여 우리가 준비해야할 기술적 과제는 무엇이고, 어떻게 대응해 나가야 할지에 대해 알아보고자 한다. 스마트폰으로 촉발된 시장·산업적 가치가 사물인터넷을 통해 어떻게 한 걸음 더 나아갈 수 있을 지를 판단해보기 위해 글로벌 IT환경변화와 사물인터넷을 향한 주요 기업의 기술개발현황 및 제품 동향을 살펴볼 것이다. 이것은 기술과 시장에 대한 많은 인사이트를 제공할 수 있을 것이다. 이와

관련하여 2장에서는 사물인터넷의 다양한 정의와 사물인터넷 주요 기술 이슈, 3장에서는 주요 기업 및 제품동향을 포함한 IoT 기술 개발 현황을 살펴보고자 한다. 4장에서는 최종적으로 IT 기술 트렌드에 따른 IoT 발전방향에 대해 살펴보고, 마지막으로 5장에서는 분석 결과를 바탕으로 사물인터넷 기술이 지니고 있는 의미와 나아가야 할 방향에 대해 결론짓고자 한다.

2. IoT의 정의 및 주요 기술 이슈

1999년 MIT Auto-ID 센터의 Kevin Ashton에 의해 RFID 기술을 통한 사물의 인터넷 연결을 비전으로 처음 언급되었던 IoT[5]는 2005년 ITU-T의 보고서에 의해 기술적으로 체계화되었다[6]. 이 후 EU FP7, IETF, IEEE, 3GPP 등 다양한 표준기구 및 연구단체에서 IoT에 대해 연구를 진행하기 시작하였다. 이 들 기관들이 각 IoT 기술표준을 정의하는데 있어서 특징적인 점은 기관 고유의 성격과 임무에 따라 용어의 선택과 기술적 범위에 조금씩 차이가 있다는 것이다. 본 절에서는 다양한 IoT에 대한 정의와 주요 기술 이슈들을 살펴봄으로써 IoT의 전반적인 이해를 돕고자 한다.

2.1 IoT 기술의 정의

IoT는 하나의 글로벌 개념으로써 일반적인 정의를 내리기가 쉽지 않다. 따라서, 다양하게 정의되는 IoT 개념들을 살펴보는 것은 IoT에 대한 이해와 공감을 위해 필요한 일이다. ITU GSI (Global Standards Initiative)는 이러한 IoT에 대해 보다 광의적인 개념을 도입하여 IoT를 “상호호환가능한 정보와 통신기술을 통해 진보된 서비스의 제공을 가능하게 하는 정보 사회의 글로벌 인프라”로써 정의하고 있다. 이러한 광의의 개념과 더불어 IoT에 대한 다양한 정의들이 글로벌 표준기관 및 연구단체에서 만들어졌으며 또한, M2M, MTC, D2D 등의 기술들이 IoT의 구현과 밀접한 연관성을 가지는 기술로써 취급되고 있다. 아래 <표 1>은 IoT의 다양한 정의들과 M2M, MTC, D2D 등에 대한 기술적 정의를 요약함으로써 IoT의 정의들 간에 존재하는 유사성과 차이점을 보여준다.

위에서 말한 바와 같이 IoT를 보는 관점은 기관마다 조금씩 차이를 가진다. 기술의 구체화를 위한 논의 및 문서화는 아직까지 초기단계로써 기존의 M2M 또는 MTC 수준의 서비스와 더불

〈표 1〉 IoT 관련 기술들의 정의

구분	정의	해당 기관
IoT	상호호환가능한 정보와 통신기술을 통해 보다 진보된 서비스 제공이 가능하도록 하는 정보사회를 구축하기 위한 **글로벌 인프라**[8]	ITU GSI
	통신방법과 데이터의 활용을 통해 물리적 · 가상적 객체를 연결할 수 있는 **네트워크 인프라**[7]	EU FP7
	표준기반의 상호운용 가능한 통신 프로토콜을 기반으로 자가 설정이 가능한 동적인 글로벌 **네트워크 인프라**[8]	IERC
	네트워크의 **네트워크**[14]	CISCO
	표준 기반 프로토콜에 기반하고 고유하게 식별될 수 있는 연결된 객체들의 **네트워크**[9]	IoT Workshop, 2009
M2M	휴먼과의 상호작용 없이 Subscriber 머신과 서버 또는 Subscriber 머신 상호간의 **정보교환**[10]	IEEE 802.16p
	휴먼의 직접적 간섭 없이도 두 엔터티 이상에서 이루어질수 있는 통신[11]	ETSI
MTC	휴먼 상호작용이 없어도 가능한 하나 이상의 엔터티가 관여하는 **데이터 통신**의 한 형태[12]	3GPP
D2D(LTE기반)	코어네트워크나 기지국의 연결없이 근접거리에서 LTE 무선인터페이스를 이용한 **사용자 단말간 직접통신**[13]	3GPP

〈표 2〉 IERC의 IoT 주요 기술 이슈

구분	2012 ~ 2020 주요 이슈	비욘드 2020
식별 기술	사물의 식별ID, 네트워크 주소 등에 대한 체계 및 융합	one ID
서비스 아키텍쳐링	엑스트라넷을 포함한 글로벌 스케일 서비스 구조	글로벌 호환성
IoT 아키텍쳐	암호화, 인증, 위치인식, 에너지관리	지능, 협업 기능
인프라 기술	크로스 도메인간 통합 및 관리 기술	셀프 매니지먼트
응용 기술	데이터 서비스를 위한 OpenAPI 기술	오픈마켓, 퍼블릭 인프라의 구축을 위한 응용
서비스 기술	IoT-aware process 모델링 및 실행, QoS	Fully autonomous IoT
통신 기술	Longer range, 상호호환성, 저전력 프로토콜	셀프 설정, seamless network
네트워크 기술	Grid, 클라우드, 애드혹, 하이브리드, 메시 등	IoE, ID메트릭스 기반 보안,
SW 및 알고리즘	자가 제어/관리, 마이크로OS, 상황인지, 확장성 등	상황인지, 자가증식SW
하드웨어	초저전력 칩/센서, 초박막 디스플레이, 안테나 등	생분해성 안테나, 이질적 아키텍쳐, “fluid” 시스템,
데이터 및 신호처리	센서온톨로지, 자동 컴퓨팅, 인지 컴퓨팅	Cognitive computing
검색 기술	스케일러블 검색, IoT 브라우저	Cognitive registries
에너지 기술	printed batteries, Photovoltaic cells, 무선전력	생분해성 배터리
보안 기술	Cognitive security, 자가관리적 보안, Localized Security	Cognitive security, 자가관리보안, 분산 프라이버시
Societal 측면 기술	Ambient Computing, 스마트 어시스턴스	-
소재 기술	카본 나노튜브, 컨덕티브 폴리머, 전도성 잉크 등	그래핀 소자

어 논의되고 있는 양상이다. 특히 연결성 측면에서 IoT는 M2M 네트워크의 구조를 기반으로 전개될 것으로 예상되며, 다양한 엑세스망에서 코어망을 거쳐 서비스로의 연결 측면에서 사물의 특성을 고려한 요구사항이 추가될 수 있을 것이다. 결과적으로 접근망에서의 사물에 대한 연결 구조는 기존 M2M에서 나타나고 있는 DSCL, GSCL의 구조[22]보다 복잡해질 것이며, 다양한 사물에 대한 식별(Identification) 체계와 같은 기술 이슈가 발생하고 있다[8].

2.2 IoT 주요 기술 이슈

유럽의 연구기관인 IERC는 IoT 주요 기술 분야와 2020년까지 해결해야 될 기술적 문제를 위 <표 2>와 같이 설명하고 있다[11].

2020년까지 IoT에 대해 IERC의 주요관심은 IoT의 하드웨어적 성능을 유지시키기 위한 저전력 기술, 서비스의 구체성을 높이는 수준에서의 식별, 보안, 통신, 네트워크 기술에 집중하고 있으며, 비욘드 2020에서는 주로 복잡한 서비스 구조의 상황인지적 해결과 자가관리, 자가제어 등의 자율적 프로세싱 기술에 초점을 맞추고 있다. 또한, 하나의 시스템상에 이질적 요소가 함께 할 수 있는 아키텍쳐와 바이오 안테나, 바이오 배터리 등의 기술도 비욘드 2020의 주요 이슈로써 언급하고 있다.

3. IoT 기술 현황

IoT 기술에 대한 기대와 함께 최근 국내/국외를 막론하고 관련 기술의 개발이 한창 진행 중이다. IoT 기술의 연구적 측면은 아직 초기 개념적 접근 단계이지만, USN의 기술적 연구는 이미 많은 연구가 진행되었고, 시장적 측면에서는 센서 등을 탑재한 웨어러블 기기, 스마트 폰에 기반한

휴먼 라이프 트래커 서비스 중심으로 관련 제품들이 등장하고 있는 상황이다. 본 절에서는 IoT 기술의 현재 진행 수준을 알아보기 위해 주요 연구개발실적 및 기업과 제품동향에 대해 알아보고자 한다.

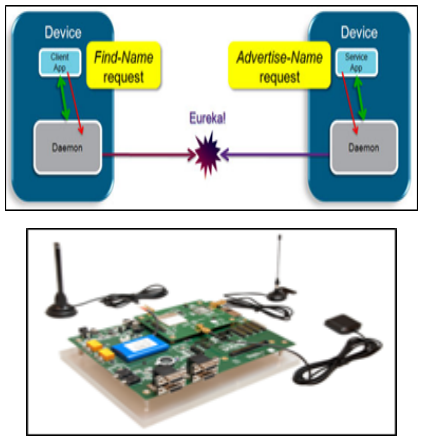
3.1 IoT 주요 연구 동향

IoT의 중요한 기술부분으로써 USN을 시작으로 발전해온 센서 네트워크 기술은 보다 서비스와 결합하기 쉬운 형태로 제공될 필요가 있었다. OGC(Open Geospatial Consortium)에서는 지리정보관점에서 센서를 웹으로 연동시키기 위한 프레임워크인 SWE(Sensor Web Enablement) 표준을 개발하였고[15] W3C의 SSN-XG(Semantic Sensor Network Incubator Group)는 센서네트워크를 온톨로지화하여 SWE 등과 연계할 수 있는 표준 기술을 개발하였다.[13]. 이를 IoT 측면에서 활용하고 보다 편리한 서비스의 제공하기 위해 자원 또는 객체의 추상화에 대한 연구 프로젝트인 iCore[17], 클라우드 서비스화 하기 위한 OPENIoT[18] 등 EU의 FP7 프로젝트들도 다수 진행되고 있다. IoT 플랫폼 기술과 관련해서는 ITU-T가 2011년부터 개방형 USN 서비스 플랫폼에 대한 권고안 F.OpenUSN 마련을 진행중이다[19]. 또한 이동통신 서비스 사업자들은 이동통신망을 통한 사물연결을 위해 ETSI, 3GPP등의 표준화 기관을 통해 M2M 플랫폼을 개발해 왔으며, 글로벌 표준화를 위한 oneM2M을 설립하기도 하였다. 국내에서는 ETRI가 누구나 자유롭게 센서를 설치하고 센싱데이터를 수집·분석하여 공유할 수 있도록 하는 개방형 시맨틱 USN 서비스 플랫폼(COMUS: Common Open Semantic USN Service Platform)을 개발하였다[23].

3.2 IoT 주요 키 플레이어 및 제품 동향

IoT 시장의 생태계 측면에서 주요 제품 영역들은 칩, 센서, 디바이스, 시스템, 솔루션 등으로 구성된다. 각 제품영역별로 해당 시장 선두 업체들은 IoT 기반조성에 필요한 제품개발에 역량을 집중하고 있으며 더불어 오픈소스 HW/SW 등을 통한 시장선점 전략을 펼치고 있다.

- 퀄컴은 AllJoyn이라는 운영체제와 하드웨어 종류에 상관없이 기기를 연결할 수 있는 프레임워크 기술을 개발하고, 주로 가전사를 회원으로 하는 AllSeenAlliance를 구성하여 IoT 기술의 보급에 나서고 있다. 또한, 온보드 센서 및 다양한 인터페이스를 지원하는 IoE 개발 플랫폼을 제공하고 있다.
- 인텔이 개발한 초소형 펜티엄급 칩인 퀴크 SoCx1000과 갈릴레오 보드는 2watt수준의 저전력으로 동작가능한 칩이라는 점과 안정성이 뛰어나고 사용자 개발 환경이 익숙하다는 장점을 가진다. IoT 장치 개발을 위해 학계 등에 무료로 제공되고 있다.
- 반도체 IP 판매 업체인 ARM은 주로 MCU용 저전력 프로세서인 Cortex-M시리즈 및 오픈소

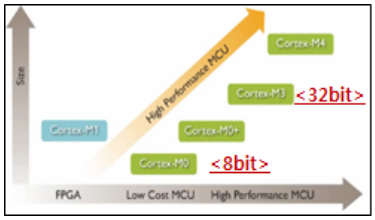


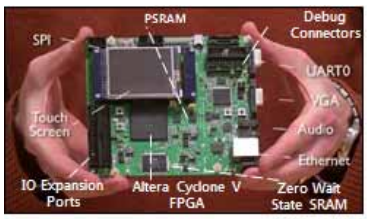
(그림 1) 퀄컴의 AllJoyn과 IoE 개발 플랫폼

(그림 2) 인텔의 쿼크칩과 갈릴레오 보드

스 하드웨어 커뮤니티인 mbed 프로젝트를 통해 IoT 시장에 대응하고 있으며, 6LoWPAN, COAP(Constrained Application Protocol)를 개발한 센시노드를 인수하였다.

- 삼성전자는 2013년말 웨어러블 기기를 주요 대상으로 하는 SAMI(Samsung Architecture for Multimodal Interactions)에 대한 연구투자를 발표하였으며, 스마트 홈 솔루션 등과 연계하고 클라우드서비스 및 데이터분석과의



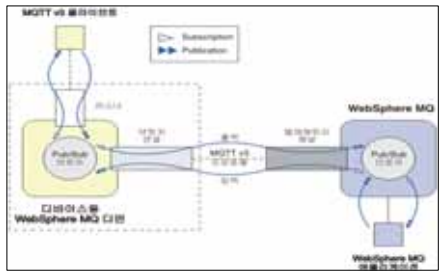


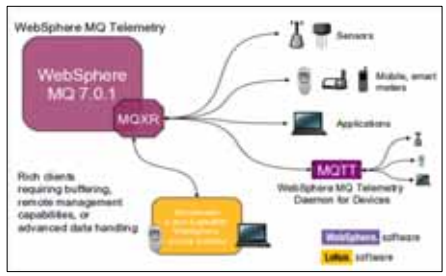
(그림 3) ARM사의 M시리즈칩 성능비교 및 프로토타입 시스템

(그림 4) 삼성전자 SAMI의 서비스 연계 개념

레버리지 효과를 노리기 위한 IoT 전략을 취하고 있는 것으로 보인다.

- IBM은 수백만개의 사물인터넷과 모바일에 적합한 메시징 규약인 MQTT(Message Queue Telemetry Transport)를 개발하고 이를 지원하는 WebSpere 제품군들을 출시하고 있으며 초경량, 준실시간(Near-RealTime) 및 초당 천단위의 메시지 교환성능을 확보하고 있다. 주로 사물의 연결성 지원과 최적화에 중점을 둔 제품군들을 WebSphere로 명명하고 있다.
- ST마이크로일렉트로닉스는 컨슈머 센서 시장의 선두업체로써, MEMS 기술을 활용한 관성센서, GAS센서, 환경센서, 메디컬 센서 등을





(그림 5) IBM WebSphere MQ 서버 서비스 구조 및 개념

개발하고 있으며 알람 서비스와 같은 서비스와 연계한 센서의 활용방안과 mbed 프로젝트[20]의 참여를 통해 IoT 관련 연구를 진행하고 있다. 또한, 스마트폰의 애플리케이션 프로세서의 부담을 줄이고 저전력 지원을 강화하기 위한 Sensor Hub 기술에 대한 연구도 진행하고 있다.

기타 스타트업 기업들은 크라우드 소싱 등을 통해 휴먼 라이프 트래킹 서비스를 위한 제품군들을 출시하고 있으며, 관련 제품으로는 MISFIT, FitBit, Jawbone, Smart Body Analyzer 등이 있다. 이러한 제품들은 주로 웨어러블 기기의 형태로 개발되고 있으며 스마트 폰의 앱과 연동하여 인간의 일상에서 발생되는 데이터를 수집·분석하여 인사이트를 제공하는 서비스를 주요 타겟으로 삼고 있다.

4. IoT 발전 방향

모바일 통신장비 업체들의 연합기구인 GSMA (Global System for Mobile Communications Association)는 2020년 커넥티드 디바이스의 수가 120억개로 증가하고, 시장은 $9,500억불로 증가할 것으로 예상하고 있다. 사용자들은 하루 일상동안 수많은 디바이스를 접하고 소셜네트워크, 메시징 등으로 인한 사이버 환경의 소셜리티를 통해 다양한 정보를 서로 공유하고 있다. 이러한 스마트 모바일 환경은 휴먼 라이프스타일의 변화를 빠르게 촉진시키고 있으며 이젠 모든 사물에 인터넷을 통한 연결을 시도하는 IoT가 미래 환경을 대표하는 기술로 크게 부각되고 있다. 나아가서는 휴먼 대 휴먼, 휴먼 대 사물, 사물 대 사물을 포함하는 개념으로의 확장을 기대하고 있다. 하지만, 엄청난 수의 디바이스와 사물들은 오히려 사용자 경험의 복잡도를 크게 증가시킬 것이며, 이질적 디바이스를 서로 연결하여 정보를 소통하도록 하는 문제는 근본적인 이슈가 될 것으로 보인다. 또한 모든 연결된 사물로부터 정보를 얻는 문제는 보안적인 측면에서도 많은 문제를 야기시킬 것이다. 이러한 문제를 해결하고 IoT가 인간 삶을 더욱 이롭게 하기 위해서는 기술이외에도 여러 환경적, 사회적 문제점들을 극복할 필요도 있다. 이러한 여러 가지 특징적 변화 요인들을 통해 IoT 기술이 나아갈 근본적인 방향성을 추측한다면 다음과 같이 요약될 수 있다.

- **소셜다이내믹스** : 소셜네트워크 등 사이버상에서 새로운 소셜리티를 추구하는 IT 기술들이 등장함으로써 인간의 삶은 빠르게 변화하고, 새로운 라이프 스타일이 하나의 사회적 요소로써 등장하고 있음. 이러한 변화는 휴먼 대 휴먼, 휴먼 대 사물, 사물 대 사물 등의 연결을 통해 발생되는 새로운 정보와 공유방식을 요구하고 있으며 새로운 시장 및 가치가 등장할 것임.
- **사용자 경험의 복잡성** : 수많은 디바이스의 등장으로 일상을 통해 경험하는 디바이스의 증가와 함께 사용자 경험적 측면의 복잡성이 엄청나게 증가할 것으로 예상되고 이러한 복잡성을 보다 편리한 구조로 바꾸기 위한 시도들이 요구될 것임.
- **지능형 네트워크 및 솔루션** : 사물들이 기존의 연결방식에서 벗어나 필요에 따라 자율 확산적으로 연결될 수 있으며 이러한 연결성으로부터 인간 사회의 여러 가지 해결해야 할 문제점들에 대한 솔루션이 찾아질 수 있는 서비스 구조가 등장할 것임

결국, 이러한 방향성은 단순히 사물에 연결성을 제공하는 것보다 결국 IoT 기술이 인간 중심

의 휴먼테크가 되어야 할 것이다. 이런 측면에서 진정한 IoT 서비스가 정착되기 위해서는 아직도 해결해야 할 과제들이 무수히 많을 것으로 보인다. 가트너가 2013년 이머징 기술에 대한 하이프 사이클 보고서를 통해 IoT 기술의 안정화가 10년이상 걸릴 것이라 보고 있는 이유도 여기에 있다고 볼 수 있다[21].

5. 결 론

이처럼 다가올 사물인터넷 시대를 대비하여 우리가 준비해야할 기술적 과제는 무엇이고, 어떻게 대응해 나가야 할지를 이해해 보기 위해 기술과 환경적 변화요인, 주요 기업들과 제품 동향 등 여러 가지 측면을 살펴보았다. 창조와 융합의 시대를 맞아 사물간의 협업, 상황인지, 다양한 센싱 서비스 등이 글로벌 개념의 IoT 환경에서 어떻게 변해갈지에 대한 기대도 무척 크다. 하지만, 근본적으로 변화되고 있는 기술 트렌드에 잘 적응하지 못한다면 실패의 위험도 무척 큰 상황이다. 글로벌 기업의 상황도 무관치 않아서 실제 IoT 서비스 개발을 위한 투자에 적극적이지는 않다. 다만, 인간 삶과 조화롭게 동작할 수 있는 휴먼테크 IoT 기술을 전제하지 않고서는 다가오는 IoT 시대의 경쟁에서 자유롭지 않아 보인다. 이를 위해 보다 인간 삶과 밀접한 인문적 지식과 과학을 융합한 학문적 연구와 노력이 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

[1] Mark Weiser, The Computer for the 21 Century, Scientific American. vol 265, no 3, pp94-104, 1991

[2] Mark Weiser, “Creating the Invisible interface”, UIST94 Proceedings ACM symposium

[3] M. Weiser and J. Seely Brown, “Designing Calm Technology,” owerGrid Journal, vol. 1.01, http://powergrid.electriciti.com, July 1996.

[4] James Manyika, Michael Chui, Jacques Bughin, and Richard Dobbs, Peter Bisson, and Alex Marrs, "Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy", McKinsey Global Institute, May 2013.

[5] Rob van et al, “The Internet of Things, 1st Berlin Symposium on Internet and Society”, Oct. 2011.

[6] ITU Internet reports 2005. “The Internet of Things”, May 2005.

[7] EU FP7 Project CASAGRAS, “CASAGRAS Final Report: RFID and the Inclusive Model for the Internet of Things”, 2009, pp. 10-12

[8] IERC white paper, 2012 “The Internet of Things 2012, New Horizons”

[9] Maarten Botterman, "Internet of Things: an early reality of the Future Internet," Workshop Report, European Commission Information Society and Media, May 2009.

[10] IEEE 802.16p, 2011, Machine to Machine (M2M) System Requirements Document

[11] ETSI TS 102 689 v1.1.1, Aug 2010, Machine-to-Machine communications(M2M);M2M service requirements

[12] 3GPP TS 22.368 version 11.6.0, Dec 2013, Service requirements for Machine-Type Communications(MTC); stage 1.

[13] 3GPP TR 22.803 version 12.2.0, June 2013, Feasibility study for Proximity Services(ProSe)

[14] Cisco whitepaper, Apr 2011, “The Internet of Things-How the Next of the Internet Is Changing Everything”.

[15] Mike Botts et al., “OGC Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture (OGC 07-165),” Open Geospatial Consortium white paper, 28 Dec. 2007.

[16] Semantic Sensor Netwo가 XG Final Report, http://www.w3.org/2005/Incubator/ssn/XGR-ssn-20110628/
[17] http://openiot.eu/?q=node/3
[18] http://www.iot-icore.eu/about-icore
[19] ITU-T SG16, Proposal for Consent of ITU-T F.OpenUSN, "Requirements and functional architecture for open USN service platform".
[20] http://mbed.org/
[21] Gartner Report, Aug 2013, “Hype Cycle for Emerging Technologies, 2013”
[22] ETSI TS 102 690 v2.1.1, Oct 2013, Machine-to-Machine communications(M2M); Functional architecture
[23] 박재득, 김진, 표철식, 개방형 시맨틱 USN 서비스 플랫폼 기술동향, PD 이슈 리포트 2013-6호, KEIT, Jul. 2013.

저 자 약 력

이 형 규
이메일 : leehk@etri.re.kr

- 1996년 성균관대학교 산업공학과(학사)
- 2000년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 (석사)
- 2000년~현재 한국전자통신연구원 근무
- 관심분야 : 정보보안, 사물인터넷, 모바일

김 말 희
이메일 : mariekim@etri.re.kr

- 1996 서강대학교 전자계산학과학사
- 1998 서강대학교 전자계산학과석사
- 1998~2000 삼성전자 통신연구소
- 2000~현재 한국전자통신연구원
- 2009 충남대학교 컴퓨터공학 박사
- 관심분야 : IoT 플랫폼 기술 개발 및 표준개발

방 효 찬
이메일 : bangs@etri.re.kr

- 1995년 홋카이도 공업대학 경영공학과 (공학사)
- 1997년 홋카이도 공업대학 산업공학과 (공학석사)
- 2012년 충남대학교 컴퓨터공학과 (박사수료)
- 1997년~1999년 한국통신 전임연구원
- 2000년~현재 한국전자통신연구원 부장
- 관심분야 : IoT/IoE, 사물인터넷, 지능형 IoT 플랫폼, 정보보호, USN/WoT 융합 플랫폼