

Internet of Things 기술 및 발전 방향

김대영 | 김성훈 | 하민근 | 김태홍 | 이요한

KAIST

요 약

지금까지의 인터넷은 인간이 정보의 생산자 혹은 소비자로서 정보를 공유할 수 있는 최적의 공간으로 활용되어왔다. 미래에는 인간이 생산해내는 정보뿐만이 아니라 일상 사물까지도 인터넷에 연결되어 사물의 정보와 사물이 센싱하는 환경 정보까지도 인터넷을 통하여 공유할 수 있는 사물인터넷(Internet of Things, IoT)으로 진화할 것으로 예견되고 있다. 본고에서는 IoT를 바라보는 다양한 관점과 정의에 대하여 살펴보고 IoT의 비전을 실현하는데 있어 필요한 핵심기술들을 네트워크기술과 소프트웨어 기술의 관점에서 정리한다. 네트워크 관련 기술은 사물의 식별과 트래킹을 위한 RFID, 무선 센서네트워크, 인터넷 호환성을 제공하는 IP 기반 센서 네트워크를 기반으로, 그리고 소프트웨어 기술은 IoT의 다양한 디바이스를 위한 운영체제, 사물 정보 명세를 위한 메타데이터 기술, 사물을 인터넷 기반의 웹으로 표현하기 위한 Web of Things 기술을 바탕으로 진화할 것이다. 마지막으로 IoT와 관련된 국내외 기술 및 표준화 동향을 정리한다.

1. 서 론

인터넷은 1969년 미국 국방성의 지원으로 최초 구축된 이래로 인간들이 정보의 생산자 혹은 소비자로서 생성 및 습득한 정보와 지식들을 공유하는 중요한 매개체가 되어왔다.

즉, 지금까지 인터넷을 통해 유통되는 정보는 인간이 만들어 낸 데이터를 가공한 지식과 정보가 주를 이루었다. 하지만, 미래의 인터넷에서는 주변에 존재하는 일상 사물들 자체가 유일한 식별자를 지니며 센싱과 액추에이션 기능을 통해 세상과 상호작용을 하며, 컴퓨팅, 통신 기능을 통해 정보 처리 및 인터넷에 연결됨으로써 인간만으로 국한되었던 정보의 생산/소비자의 역할을 함께 할 것이다. 이를 일컬어, 사물 인터넷(Internet of Things : IoT)이라하며 이는 미래에 새로운 차원의 응용과 서비스, 그리고 시장을 창출할 기술로 여겨지고 있다.

IoT를 통해 사람과 사람, 사람과 사물, 사물과 사물간의 통신과 상호작용, 그리고 정보 공유가 가능해지면, 인간은 고해상도의 물리적 환경정보를 얻음으로써 자신의 행동을 더욱 최적화할 수 있으며, 또한 시스템 스스로가 상황판단을 정확하게 하도록 하여 사람의 개입 없이 동작을 자율적으로 수행할 수 있게 된다 [1]. 특히, 최근 스마트폰이 소프트웨어의 새로운 생태계를 창출한 것처럼, IoT에서는 일상의 사물이 지능화되어 인터넷의 참여자가 되어 기존에 얻지 못했던 새로운 차원의 정보를 제공함으로써 새로운 서비스 생태계 형성에 크게 기여할 것으로 예상되고 있다 [1]. 그러나, 수조 개까지 이를 수많은 사물들 각각을 식별하고 인지하며 이들과 상호작용을 함은 물론 이들이 생산해내는 엄청난 양의 데이터를 인터넷에 연결하여 그 정보를 가공하고 공유하는 것은 현재의 인터넷과 컴퓨팅 기술로는 어려운 것으로 예측되고 있다. 현재 이러한 어려움을 극복하고자하는 노력은 전 세계적으로 이루어지고 있으며, 특히, 유럽, 중국, 한국, 미국 등의 국가에서 선점해야할 주요기술로 선정하여 국가

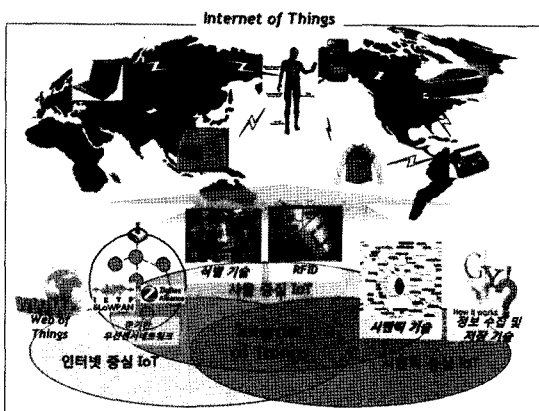
적 차원에서 집중투자와 연구를 진행하고 있다.

본고에서는 IoT를 실현하기 위한 국내의 주요 연구기관과 표준화 단체에서 제시하고 있는 IoT의 정의 및 비전에 대하여 살펴보고, 이에 필요한 핵심기술 요소들을 네트워크기술과 소프트웨어 기술의 관점에서 집중 조명한다. 그리고 이렇게 기술된 핵심기술들과 관련하여 국내외에서 진행 중인 연구 및 기술 표준화 동향을 알아보고 본고의 끝을 맺는다.

II. IoT 정의 및 핵심 기술

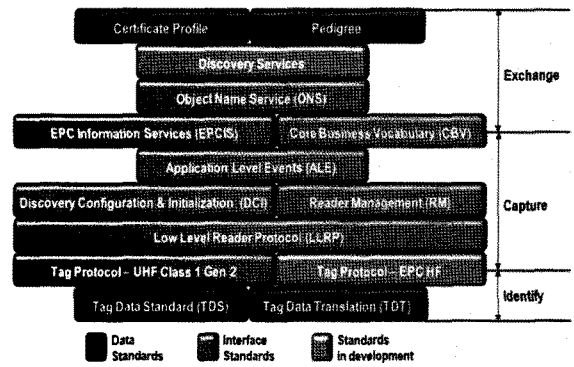
IoT는 기존 인터넷의 개념을 확장하여 다양한 주변 사물이 인터넷에 참여하는 사물 대 사물, 사람 대 사물간의 네트워크를 포괄하는 차세대 인터넷의 패러다임이다. 하지만 현재까지 IoT의 패러다임에 대한 미래 인터넷의 정의는 대학과 연구기관, 표준화 단체에서 각기 다른 IoT 정의로 연구와 표준화를 진행하고 있는 실정이다.

IoT에 대한 정의는 (그림 1)과 같이 크게 사물 중심 정의, 인터넷 중심 정의, 그리고 시멘틱 중심 정의로 나눌 수 있다 [2].



(그림 1) Internet of Things 정의

첫째, RFID 국제표준화 기관인 GS1/EPCglobal의 연구 그



(그림 2) EPCglobal 아키텍처 프레임워크 [7]

룹인 Auto-ID Labs는 유일한 식별자인 EPC(Electronic Product Code)를 가지는 사물 중심으로 최초로 IoT를 정의 하였다. 이는 사물에 EPC를 가지는 RFID 태그를 부착하여 전세계에 설치된 RFID 리더를 통해 실시간으로 코드를 읽고 그정보를 IoT 인프라인 분산시스템에 저장관리 함으로써, 사물의 인식과 글로벌한 위치 추적 및 트래킹을 가능하게 하였다. 이로써 IoT의 구성원인 사물의 정보를 실시간으로 모니터링 및 관리를 할 수 있으며, 표준화된 인터페이스를 통해 다양한 IoT 서비스를 가능하게 하였다. 최근 GS1/EPCglobal은 단순한 식별에서 더 나아가 센서와 액츄에이터를 지원함으로써, 유일한 식별자인 EPC 기반의 IoT 인프라의 표준화와 구축을 위해 노력하고 있다.

둘째, International Telecommunication Union(ITU)와 같이 어떠한 사물이던지 언제, 어디서나, 그리고 누구에게나 연결 가능하도록 하기 위한 네트워크 구축에 주안을 둔 인터넷 중심의 IoT 정의가 있다 [3]. European Commission(EC) [4]에서도 RFID 중심의 사물 지향 연구에서 벗어나 모바일 인터넷, RFID, 센서 네트워크 등을 포괄하여 수많은 주변 사물을 연결하고 사물들이 서로 자율적인 통신을 하는 세상으로 IoT를 정의하고 있으며, IPSO [5]에서도 이미 기존 인터넷에서 검증된 표준 Internet Protocol(IP)을 사용하여 사물을 연결하는 인터넷 중심의 IoT를 정의하고 있다.

마지막으로 시멘틱 중심 정의는 IoT에 포함될 수많은 사물들과 이러한 사물들로부터 생산되는 정보를 어떻게 표현하고, 저장하며, 검색하고 체계화하여야 하는지에 대한 관점으로 IoT를 바라보고 있다 [6].

IoT는 이렇듯 각기 다른 시각으로 정의되어 미래 IoT의 비

전을 모두 포함하지는 못하고 있는데, 진정한 의미의 IoT 패러다임으로 발전해 나아가기 위해서는 IoT 비전의 통합이 필요하다. 그래서 IoT는 유일하게 식별 가능한 수많은 사물들의 자율화된 글로벌 네트워크로써, 수많은 사물들로부터 생산된 다양한 정보를 사물 대 사물, 사물 대 사람 간에 체계적으로 공유하고 저장, 표현할 수 있는 확장된 미래 인터넷으로 정의할 수 있다.

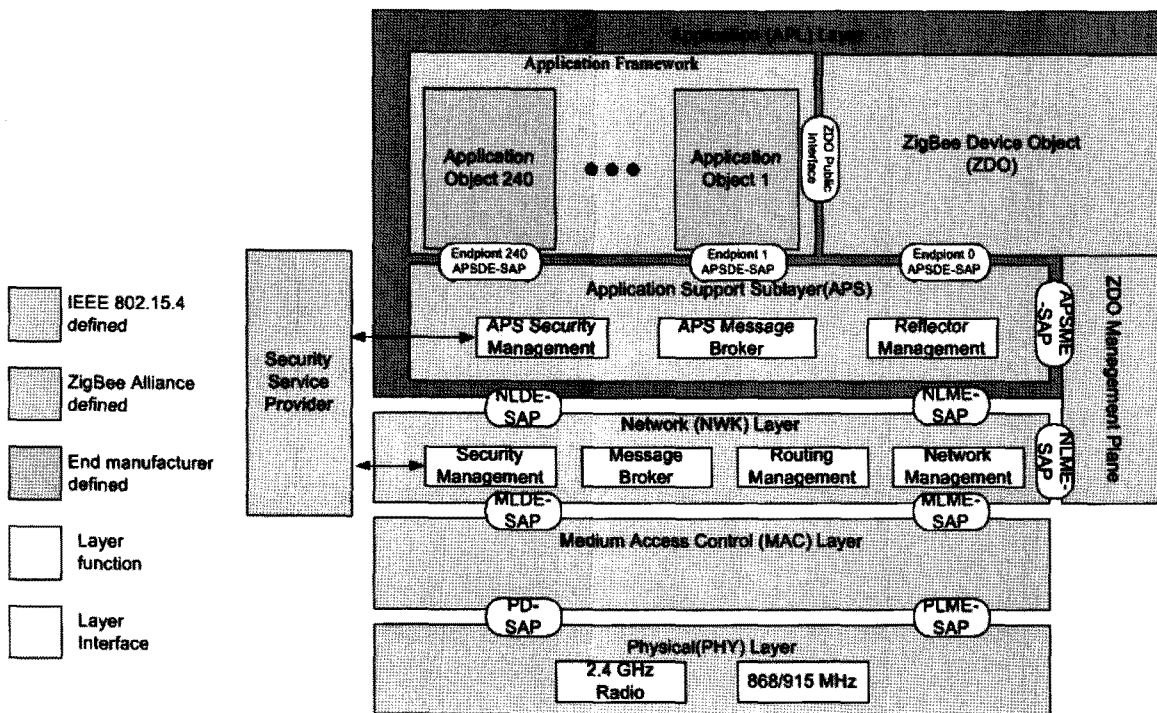
1. IoT 네트워크 기술

IoT 네트워크 기술을 실제 사물과 인터페이스 되는 최종단의 액세스 네트워크로 현재 많이 연구되고 있는 RFID, WSN (Wireless Sensor Networks), IP 기반 WSN(IP based WSN) 3가지로 분류하여 소개를 한다.

GS1/EPCglobal과 Auto-ID Labs는 (그림 2)와 같이 사물에 RFID 태그를 부착하여 해당 사물을 EPC (Electronic Product Code)라는 유일한 ID를 통해 인식하고 획득된 정보를 가공, 저장, 공유하고 이를 바탕으로 보다 새롭고 안정적이며 비

용 효율적인 IoT 비즈니스 서비스를 제공하기 위해, Identity, Capture, Exchange 3단계의 RFID 기반 EPC 네트워크 아키텍처 프레임워크를 개발하고 표준화하고 있다 [7].

TDS와 TDT는 RFID 태그의 메모리에 저장되는 EPC와 태그 데이터의 인코딩 룰을 정의하며, 또 Identity 에서 Exchange 단계에 이르기 까지 사용되는 다양한 EPC 데이터 포맷의 변환 룰을 정의하고 있다. RFID 리더와 Tag간의 통신 프로토콜은 Anti-Collision 프로토콜로 불리는 Tag Protocol로 정의되며, RFID 리더와 상위 소프트웨어와의 인터페이스와 리더 관리 구조를 각기 정의한 LLRP와 RM이 표준화 되어 있다. 그 상단에는 RFID 리더를 통해 읽은 태그 데이터의 필터링과 그룹핑을 담당하는 ALE와 RFID 리더와 클라이언트간에 서로를 찾아주는 디스커버리 기능이 DCI에 정의되어 있다. EPCIS 는 인식된 EPC 관련 정보들을 저장하고, 여러 비즈니스 응용들과의 정보공유 기능을 그리고 CBV는 이들 응용들간의 데이터에 대한 동일한 시맨틱을 보장해주기 위한 어휘들을 정의하고 있다. ONS는 EPC를 이용



(그림 3) ZigBee 프로토콜 스택 [8]

하여, 해당 코드에 연관된 메타데이터나 서비스를 찾아주며, Discovery 서비스는 EPC에 연관된 모든 데이터를 분산 EPCIS들로부터 찾아준다. Certificate 프로파일은 EPC 아키텍처 프레임워크의 모든 컴포넌트간 보안을 위한 인증 기능을 정의하며, 의약품 유통경로 표준 프로세스인 Pedigree와 같은 응용 서비스모델에 대해서도 표준화를 하고 있다.

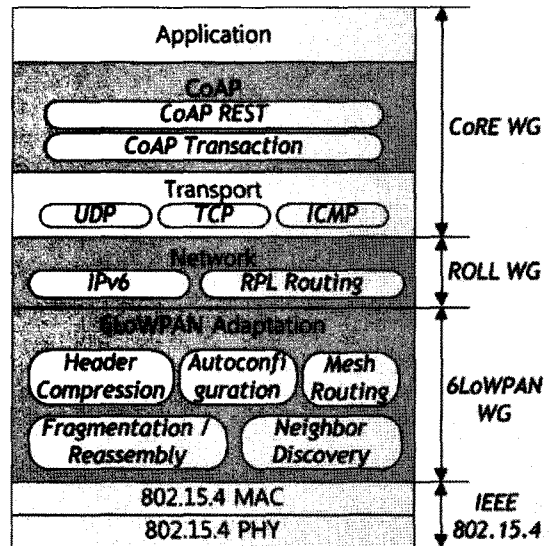
무선 센서 네트워크는 사물로 대변될 수 있는 자원 제약을 가지는 센서 노드들이 스스로 멀티 홉 네트워크를 형성하여 다양한 주변 정보를 센싱하고 획득된 정보를 응용에게 보낼 수 있는 저전력 애드 혹 네트워크이다. 특히 저수준의 계산 능력과 통신 기능을 요구하는 대부분의 사물들을 구현하는 기술로 널리 인식되고 있기 때문에, IoT의 핵심기술로 분류된다. 이러한 센서네트워크 기술은 지난 10여년간 많은 연구자들에 의해 연구되어 왔으며, 특히 저전력 센서네트워크 MAC/라우팅 프로토콜들이 많이 연구되었으며, 대표적으로 ZigBee Alliance에서 표준화한 ZigBee 프로토콜이 상업적으로 널리 사용되고 있다. (그림 3)과 같이 ZigBee는 IEEE 802.15.4 PHY, MAC 표준 위에 네트워크 계층과 응용 계층에 대한 표준을 정의한다. ZigBee 네트워크 계층은 다양한 토폴로지를 지원하며, 16 비트 지역주소와 함께 트리(tree) 라우팅과 AODV-Jr(Ad-hoc On-demand Distance Vector Junior) 라우팅 프로토콜을 제공한다. 또한, 응용 계층에서는 응용들간의 메시징을 위한 응용 프레임워크와 ZDO (ZigBee Device Object)을 제공한다 [8].

ZigBee와 같은 기존의 non-IP기반의 센서네트워크에서는 TCP/IP를 운용하는 것이 과도한 시스템 자원을 요구하기 때문에 부적절하다고 여겨져 왔으며, 기존 인터넷과의 직접적인 호환은 불가능하였다. 이러한 이유로 사물의 글로벌한 연결성을 요구 하는 IoT의 인프라를 구성하는데 적합하지 않았다. 하지만 경량화된 TCP/IP 프로토콜의 개발은 모든 사물이 Seamless한 연결, 유일한 식별 등을 위한 추가적인 노력 없이 글로벌 인프라를 구축할 수 있게 한다.

IETF의 6LoWPAN 워킹그룹 [9]은 L2 계층에 IEEE 802.15.4를 기반으로 하는 저전력 무선 센서네트워크에서 IPv6를 지원하기 위한 이슈를 다루는 표준화 그룹이다. 이 그룹에서는 IPv6/TCP/UDP를 IEEE 802.15.4의 최대 전송 단위인 128 바이트 프레임에 담기 위하여 (그림 4)에서 처럼 MAC 계층

과 IP 계층 사이에 Adaptation 계층을 정의하였다. 이 계층에서는 TCP/IP 프로토콜을 경량화하기 위한 헤더 압축과 자동 주소 설정, 이웃 노드 검색, 중복 주소 감지, 그리고 분해 및 재조립을 하기 위한 기능들을 포함한다.

또한, IETF ROLL 워킹그룹 [10]에서는 홈 자동화, 빌딩 자동화와 같은 저전력 무선 네트워크의 다양한 응용에 적합한 표준 라우팅 프로토콜을 L3 계층에서 구현하는 방법을 찾고 있으며, 다대다, 일대다, 다대일 통신을 지원하는 트리 기반의 라우팅 프로토콜인 RPL(IPv6 Routing Protocol for Low power and lossy networks)의 표준화를 진행중이다. RPL에서는 IP기반 무선 센서네트워크의 여러 응용들의 요구사항을 수용하기 위하여 다양한 라우팅 메트릭을 지원하며, 각각의 응용에 적합하도록 경로를 최적화하기 위하여 Objective Function(OF)을 사용한다.



(그림 4) IETF IP기반 센서네트워크 표준

CoAP(Constrained Application Protocol)은 6LoWPAN의 상위 응용 계층에 대한 프로토콜로 IETF CoRE(Constrained RESTful Environments) 워킹그룹 [11]에서 표준화를 진행하고 있다. CoAP의 표준화 영역은 TCP/UDP의 전송 계층을 포함한 상위 응용 계층으로, CoRE 워킹그룹에서는 사물 간 통신에서 센서 노드들 사이의 데이터 전송 기법과 이벤트

발생시 이에 대한 전달 방법을 REST(Representational State Transfer) 기술에 기반하여 표준화를 진행하고 있다.

2. IoT 소프트웨어 기술

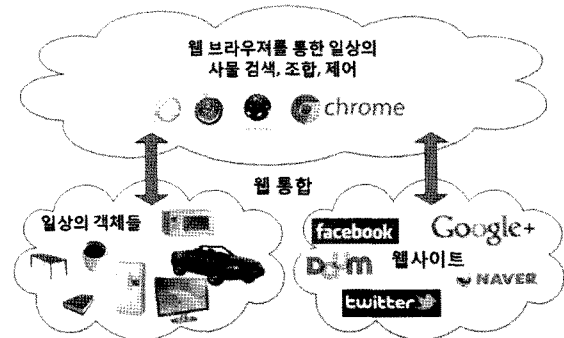
IoT의 사물들은 다수의 이질적인 네트워크로 연결되며 그 인터페이스도 다양하다. 마찬가지로 소프트웨어 관점에서도 IoT는 다양한 소프트웨어 기술들을 요구한다. 본고에서는 그들 중 중요한 기술이라 판단되는 기술로서 사물의 형태에 따라 필요한 다양한 운영 체제, 사물의 정보를 명세하기 위한 메타데이터, 사물을 웹을 통해 인터넷에 연결하는 사물의 웹(Web of Things:WoT) 기술들에 대하여 살펴본다.

먼저, IoT의 주요 구성요소인 센서노드와 같은 자원제한적인 장치에서 구동되는 운영체제를 살펴보면 이벤트 구동방식의 TinyOS 와 멀티 스레드를 지원하는 Contiki 운영체제가 대표적이며, 최근에는 Sun Microsystems에서 Squawk 가상머신(<https://spots.dev.java.net/>)을 사용하여 Java기반으로 센서노드를 개발하였다. 이와 더불어 비교적 자원이 풍부한 가전제품과 같은 장치에서 운용이 될 수 있는 운영체제로 최근 구글의 오픈소스 소프트웨어 플랫폼인 Android 가 주목을 받고 있다. 구글은 Android@Home 프로젝트에서 오픈 액세스리 개발 플랫폼(Open Accessory Development platform)을 지원하여 현재의 스마트폰, 태블릿에 국한하지 않고 일상의 가전제품까지도 Android가 운용될 수 있는 환경을 제공하고 있다.

IoT에서는 사물 자체 정보 및 사물의 상태를 컴퓨터 혹은 사람이 쉽게 이해할 수 있도록 하는 메타데이터 혹은 소프트웨어 모델이 필요하다. OMG(Object Management Group)에서는 일상의 사물에서 가전, 소프트웨어, 하드웨어 등을 표현하기 위한 모델로서 Super Distributed Object(SDO)라는 표준을 제정하였다. SDO는 객체를 모니터링하고 설정하고 검색하기 위한 인터페이스는 물론 개체간의 주종관계를 포함한 연관 관계 관리를 위한 인터페이스도 제공한다. 마찬가지로 센서 데이터 처리에서의 표현 유연성을 위하여 OGC(Open Geospatial Consortium: <http://www.opengeospatial.org/>)에서는 센서 모델 언어 표준(SensorML)을 정의하여 센서 웹 응용간의 개방형 인터페이스를 제공하고 IEEE 1451과의 호환성 지원, 센서 위치 표현, 공간 정보와 센서 정보의 결합된 표현을 제공한다. 더 나아가서는 사물

과 인간간의 의미론적 표현을 통해 원하는 정보를 쉽고 빠르게 검색하며, 공유하고 조합하기 위한 Web 3.0이라고도 불리는 시멘틱 웹(Semantic Web)기술이 있다. 시멘틱 웹에서는 웹 환경에서 기계들이 이해하는 정보를 교환하는 애플리케이션 간에 상호 운용성을 제공하기 위해 W3C에서 정의한 웹 메타 데이터의 표준인 Resource Description Framework(RDF)를 사용한다. RDF는 컴퓨팅 기기들 간에 정보를 교환, 검색, 추출하고, 분석하며 자동 처리하는 것을 목적으로, 각종 정보 자원들을 기술하는 메타데이터이다. 이는 특정 자원과 그 속성 값을 묶어서 하나의 단위로 주어, 동사, 목적어로 구성되는 온톨로지에 의해 표현되기 때문에 컴퓨팅 기기들이 가질 수 있는 기본적인 사물 지식의 표현에 적합하다.

웹은 현재 인간이 인터넷을 통해 가장 많이 사용하는 기술로서 접근성이 뛰어나다는 관점에서, ETH zurich에서는 IoT의 사물에 대한 접근성을 높이고자 (그림 5)에서와 같이 모든 사물을 Web으로 통합하는 Web of Things(WoT) 비전을 제시하였다. WoT에서는 스마트 게이트웨이를 통하여 센서와 액츄에이터들을 REST 웹 패턴으로 표현하고 동시에 EPC Network에 등록되어 있는 사물들을 REST기반의 웹으로 연결함으로써 궁극적으로는 물리적 사물들을 웹 인터페이스를 통해 검색하고 제어하고 조합(Composition)하는 Physical Mashup [12]까지 가능하게 된다. 이는 추후 현재의 인터넷 공간만이 아니라 물리적 세계까지 검색, 추출, 분석을 접근성이 높은 웹을 통해 가능하게 함으로써 인간이 얻을 수 있는 지식을 넓히는데 기여할 것이다.



(그림 5) Web of Things 비전

〈표 1〉 2010년 수행 중인 Internet of Things (IoT) 관련 EU 프로젝트

과제명	연구내용	참여기관	수행기간
CASAGRAS2	- 물리적 객체와 가상 객체를 연결하는 글로벌 네트워크 기반 구조를 연구하며, 브라질, 중국, 한국, 미국 등과의 국제 협력 체계를 구축	AIM UK, ETRI, UoB, Yokosuka	2010.06 ~ 2012.05
CONET	- 임베디드 시스템, 퍼베이시브 컴퓨팅, 센서 네트워크로 분리된 커뮤니티를 하나로 통합하고 연구자간의 협동할 수 있는 환경을 구축	SAP AG, BOEING, Schneider	2008.06 ~ 2012.05
EBBITS	- IoT 기술과 비즈니스 모델과의 통합을 위한 공간/사물/사용자의 상황인지 및 처리 기술 연구	SAP AG, TNM, CNET, IN-JET	2010.09 ~ 2014.08
ELLIOT	- KSB (Knowledge-Social-Business) 모델 기반의 IoT 통합 실험 모델 개발 및 플랫폼 구축	Polymedia, Fing, INRIA	2010.09 ~ 2012.02
IoT-A	- IoT 단말, 서비스 간의 상호호환성 제공을 위한 IoT 아키텍처 및 통합 플랫폼 기술 연구	VDI/VDE, IBM, Hitachi, NEC	2010.09 ~ 2013.08
IOT-I	- 여러 단위로 분리되어 연구되어 왔던 IoT 기술들의 통합 기술 연구 및 통합 연구 환경 구축	U. of Surrey, Ericsson, NEC	2010.09 ~ 2012.08
IOT@WORK	- IoT 솔루션의 생산, 설정, 커미셔닝 등의 자동화를 위한 Plug&Work 기술 및 IoT 솔루션과 네트워크의 디커플링 기술 연구	Siemens, EMIC, CRF, CRS TXT	2010.06 ~ 2013.05
SMART SANTANDER	- IoT 기술 및 응용의 통합 및 테스트를 위한 도시 단위의 테스트베드 구축	Santander, U. of Melbourne	2010.09 ~ 2013.08
SPRINT	- IoT를 위한 COTS 기반의 소프트웨어 플랫폼 통합 기술 연구	EADS UK, IBM ISRAEL, Elvior	2010.10 ~ 2013.09

III. 국내외 IoT 연구 및 표준화 동향

1. 국내외 IoT 연구 동향

IoT 기술은 EU, 중국, 미국, 일본, 한국 등 세계 주요 국가에서 전략산업으로 육성하기 위해 범국가적인 지원 정책을 수립, 추진하고 있는 연구 분야로써, 본 장에서는 각 국가별 IoT 관련 수행 프로젝트 및 연구 동향에 관하여 살펴보고자 한다.

EU는 2007년부터 2013년까지 수행되는 제 7차 프레임워크 프로그램(FP7)에서 정보통신기술(ICT : Information and Communication Technologies) 분야에 FP7 전체 총액의 64%에 이르는 91억 유로를 투자하고 있으며 [13], EU의 ICT 분야는 크게 네트워크 및 서비스 인프라, 로보틱스, 컴포넌트 및 시스템 등 총 8개의 도전과제(Challenge)로 구성된다. IoT 연구 트랙은 도전과제 1(Pervasive and Trust network and Service Infrastructures)의 7개 세부과제 중 하나이며, 90년대 부터 2004년까지 D4(Networked Enterprise and RFID) 연구를 담당하였던 RFID 연구 그룹이 주도하고 있다. IoT 연구 트랙에서는 2007년부터 총 27개의 프로젝트가 수행 완료 또는 수행 중에 있으며, FInES(Future Internet Enterprise Systems) [14] 및 IERC (Internet of Things European Research Cluster) [15]와 같은 클러스터링 프로젝트(Clustering Project)가 개별 프로젝트 간 협력 및 총괄을 담당한다. 〈표 1〉은

2010년 수행 중인 IoT 관련 EU 프로젝트들이며, IoT 아키텍처, 통신 모델, 비즈니스 모델의 적용, 통합 및 시험 모델 구축 등 다양한 분야에서의 IoT 연구가 진행되고 있다. 특히, 2011년 10월부터 시작하게 될 IERC의 IoT6 프로젝트에서는 IoT를 실현하기 위한 기반 네트워크로서 IPv6를 선택하고 EPC 네트워크를 포함한 다양한 이질적 네트워크를 통합하기 위하여 서비스 지향 아키텍처를 연구할 예정이다. IoT6에는 스웨덴, 프랑스, 영국, 독일 등 유럽 내의 대학과 연구기관, 기업을 주축으로 컨소시엄이 구성되며, 한국에서는 KAIST가 참여할 예정이다.

중국에서는 2011년부터 2015년까지 수행되는 제 12차 중국 5개년 연구 계획을 통하여 IoT 인프라 및 응용 시스템 구축에 매년 400억 위안의 자금을 투입한다. 중국 5개년 연구 계획은 크게 센싱 및 프로세싱을 담당하는 인지 계층(Perception Layer), 통신 인프라를 제공하는 통신 계층(Communication Layer), 응용 서비스를 제공하는 응용 계층(Application Layer)으로 구성되며, 인지 계층에서는 IC, 센서/MEMS, RFID, 임베디드 소프트웨어와 같은 센싱/프로세싱 기술, 통신 계층에서는 3G/4G 이동통신망과 IPv6 기반의 무선센서 네트워크, RFID/USN 통합 기술, 응용 계층에서는 미들웨어를 포함한 클라우드 컴퓨팅, 스마트 그리드(Smart Grid), 지능형 교통망(Smart Transportation) 등의 응용 시스템 기술 연구를 수행한다 [16].

미국의 국가정보위원회 (NIC)는 2025년까지 국가경쟁력에 영향을 미치는 6대 기술중 하나로 IoT를 선정하고 IoT 기술 개발에 총력을 다하고 있으며 [16], 일본에서는

〈표 2〉 Internet of Things (IoT) 관련 표준화 활동

표준 단체	목적	표준화 활동
GS1/EPCglobal	RFID 기반 IoT 표준화	- EPC 네트워크 관련 S/W 및 H/W 기술 요구사항을 파악 기술규격 결정 - 하드웨어 관련 기술 및 각 하드웨어 구성 요소 간 인터페이스 - EPC 네트워크의 모든 S/W 구성 요소 및 이들 사이의 인터페이스
ITU	3G/4G 브로드밴드, 태그, 센서 기반 IoT 표준화 및 관련 단체 조율	- IoT naming, addressing, 태그 기반 인식 위한 테스트링 아키텍처 - QoS, 보안, 이동성을 고려한 미래 IoT 네트워크 아키텍처 - 태그 기반 ID에 의해서 생성된 멀티미디어 정보를 위한 요구 사항 및 아키텍처 - 정보 보안을 고려한 네트워크 인프라 - 스마트 미터링, 클라우드 네트워크
IETF	IP 기반 IoT 표준화 주도	- IEEE 802.15.4를 통한 IPv6 패킷 전송 관련 IP/UDP 헤더 압축, 이웃 노드 발견 - 저 전력 손실 가능한 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜 - 응용 레벨 메시지 및 이벤트 전달
IPSO	IP 기반 IoT 표준화 지원	- IETF 표준 기반 제품들 사이의 호환성 테스트 - IP 기반의 사물 통신 사례 연구, 기술 백서 출판
IEC	산업용 Wireless Hart 표준화	- 산업용 무선 메시 네트워크인 Wireless Hart 2010년 표준으로 채택

UID(Ubiquitous ID) 센터를 중심으로 uCode라 불리는 독자적인 전파 식별 코드, 무선 통신 기술, 데이터베이스 처리 기술 등 IoT에 필요한 요소 기술들을 연구하고 있다 [17].

한국은 2005년부터 USN(Ubiquitous Sensor Network) 시범 사업, u-City 사업 등을 통해 지역별 서비스 인프라 구축을 위한 기술 연구를 진행해 왔으며, 2009년 방송통신위원회가 '사물통신(M2M : Machine-to-Machine) 기반 구축 기본계획' [18]을 발표하면서 IoT와 같은 글로벌 인프라 구축 기술에 관한 연구가 활발히 이루어지게 되었다. 현재 사물통신의 통신 인프라를 제공할 수 있는 KT, SKT 등의 이동통신사업자들의 주도로 사업계획이 진행되고 있으며, 이에 따라 광대역통합망(BcN), IPv6, 2G/3G 이동통신 서비스와 같은 네트워크 인프라에 대한 구축 및 기술 연구가 활발히 이루어지고 있다.

2. IoT 국제표준화 동향

IoT 관련 대표적인 국제 표준화 활동은 〈표 2〉에서 보는 바와 같이 GS1/EPCglobal, ITU, IETF, IPSO, IEC 등의 단체에서 이루어지고 있으며 각 표준화 단체의 IoT 표준화 목적, 표준화 활동 상황에 관해 기술한다.

GS1/EPCglobal은 현재 JRG(Joint Requirement Group), HAG(Hardware Action Group), SAG(Software Action Group) 3개의 그룹에서 RFID 기반 IoT를 위한 표준화 작업을 진행 중이다. JRG는 EPC 네트워크를 활용한 산업별 비즈니스 영역을 확대해 나가는데 필요한 S/W 및 H/W 기술 요

구사항을 파악하고 기술규격을 결정하는 것이 목적이다. 그동안 JRG에서는 디스커버리 서비스, ONS, EPCIS 관련 리비전(revision) 관련 요구사항 규격을 검토 완료하였고 현재 전 산업 부문에 공통적으로 적용 가능한 능동 RFID 태그와 아이템 레벨 태깅 관련 요구 사항 규격화를 진행 중이다. HAG에서는 EPC 네트워크의 태그, 라벨, 리더, 프린터 등 하드웨어 관련 기술 및 각 하드웨어 구성 요소 간 인터페이스를 표준화하는 것이 목적이다. 현재 아이템 레벨 태깅을 위한 JRG 요구사항을 만족시키기 위한 HF 대역 Air 인터페이스 스펙을 표준화하고 있으며 또한 EPC 네트워크 하드웨어 구성 요소들의 성능 테스트 및 다양한 제품 간 호환성 테스트를 위한 표준화를 진행하고 있다. SAG에서는 EPC 네트워크에 필요한 ALE, EPCIS, ONS, 디스커버리 서비스 등 모든 S/W 구성 요소 및 이들 사이의 인터페이스를 표준화하는 것이 목적이다. 현재 비즈니스 관계가 없는 물류체인 구성원 사이의 데이터 공유를 위한 인증 방법 및 데이터 접근 권한, 인증되지 않은 사용자의 데이터 요청에 대한 예외 처리 등에 관해 표준화를 진행 중이다 [17].

ITU는 언제, 어디서나 시간과 공간에 구애 없이 사물들 간에 네트워크를 구성하고 서비스를 제공하며 시장 경쟁력이 있는 IoT 솔루션을 제공하는 것을 목적으로 한다. ITU 표준화 그룹은 IoT naming, addressing과 관련된 Study Group 2(SG2), 센서 네트워크의 인터 네트워크 시그널링 아키텍처와 테스트 스펙과 관련된 SG11, QoS, 보안, 이동성을 고려

한 미래 IoT 네트워크 아키텍처 표준화를 담당하는 SG13, 태그 기반 ID에 의해서 생성된 멀티미디어 정보를 위한 요구 사항 및 아키텍처 표준화를 위한 SG16, 정보 보안을 고려한 네트워크 인프라 표준화 그룹 SG17이 현재 활동 중이며 스마트 미터링(smart metering), 클라우드 네트워크 등과 관련된 표준화 그룹이 활동을 준비 중에 있다 [3].

IETF의 IoT 관련 표준화는 6LoWPAN(IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks) 워킹 그룹, ROLL (Routing Over Low power and Lossy Networks) 워킹 그룹과 CoAP 워킹 그룹에서 이루어지고 있다. 6LoWPAN 워킹 그룹에서는 IEEE 802.15.4를 통해 IPv6 패킷을 전송하기 위해 필요한 헤더 압축, 이웃 노드 발견, 라우팅 요구 사항들과 관련된 표준화 작업을 진행 중이다 [9]. ROLL 워킹 그룹은 저 전력 손실 가능한 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜인 RPL (IPv6 Routing Protocol for Low power and Lossy Networks) 드래프트를 발표하였다 [19]. CoRE 워킹 그룹에서는 6LoWPAN 상위 응용 레벨에서 센서 노드 간 데이터 전송 및 이벤트 전달 방법을 표준화하고 있다 [11].

IPSO는 IoT 솔루션을 위해 IP 프로토콜을 사용하는 것을 촉진하고 IETF의 IoT 관련 표준화 활동을 지원하기 위해 Cisco, Oracle, Intel, Bosch, National Instruments 등을 포함한 27개 관련 업체들이 동맹한 연합체이다. IPSO는 IP 기반의 사물 통신을 위한 사례 연구와 기술 백서를 출판하고 IETF의 표준화 결과를 준수하는 상용 제품들 사이에 호환성 테스트를 수행한다 [5].

IEC(International Electrotechnical Commission)는 자동차 공정 센싱, 제어, 장비 관리를 위한 산업용 무선 메쉬 네트워크인 Wireless Hart를 2010년 표준으로 채택하였다. 산업용 무선 네트워크에 필수 요소인 높은 신뢰성을 보장하기 위해서 Wireless Hart는 IEEE 802.15.4 PHY를 기반으로 하여 채널 호핑, 시각 동기, TDMA 기술을 메쉬 네트워크에 접목하였고 정보 보안과 저 전력 관리 기능을 고려하고 있다 [20].

IV. 결론

인터넷은 인간이 정보의 공급자이자 소비자로서 정보를

공유할 수 있는 중요한 매체로서 이제는 스마트폰의 발달로 언제 어디서든 원하는 대부분의 정보를 인터넷을 통해 얻을 수 있게 되었다. 미래에는 인간만이 아닌 일상의 사물까지도 가상의 인격을 부여하여 인터넷의 하나의 참여자로 만들어주어 인간이 기존에 얻지 못했던 일상의 물리적 환경에 대한 정보를 공유하고 상호작용(Interaction)을 할 수 있도록 하는 사물인터넷(IoT)의 시대가 올 것이다. IoT는 현재의 스마트폰의 도래가 IT의 생태계를 바꿔 놓은 것처럼 더 큰 변화를 주도할 새로운 차원의 응용 생태계를 생성할 것이다. 본고에서는 이러한 IoT를 실현하기 위한 노력으로서 다양한 관점의 IoT 정의를 알아보고 필요한 기술적 요소들로 RFID에서 IP기반의 센서 네트워크에 이르는 다양한 네트워크 기술과 운영체제, 메타데이터, Web of Things에 걸친 IoT의 운용에 필요한 소프트웨어 기술들을 표준화 동향과 함께 살펴보았다.

참 고 문 헌

- [1] ITU Internet Reports, The Internet of Things, November 2005.
- [2] L. Atzori, A. Iera and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," Computer Networks, Vol. 54, No. 15, October 2010, pp. 2787-2805
- [3] ITU, <http://www.itu.int/en/ITU-T/techwatch/Pages/internetofthings.aspx>
- [4] European Commission, <http://ec.europa.eu>
- [5] IPSO, <http://ipso-alliance.org/about>
- [6] I. Toma, E. Simperl, Graham Hench, A joint roadmap for semantic technologies and the internet of things, in: Proceedings of the Third STI Roadmapping Workshop, Crete, Greece, Jun, 2009.
- [7] EPCglobal, <http://www.gs1.org/gsm/kc/epcglobal>
- [8] ZigBee Alliance, <http://www.zigbee.org/>
- [9] IEEE, IPv6 over low-power WPAN(6LoWPAN), available:<http://www.ietf.org/html.charters/6lowpan-charter.html>

- [10] IETF, Routing Over Low power and Lossy networks (ROLL) available: <http://tools.ietf.org/wg/roll/charters>
- [11] IETF, Constrained RESTful Environments(core) available:<http://datatracker.ietf.org/wg/core/charter/>
- [12] D. Guinard and V Trifa, Towards the web of things: Web mashups for embedded devices. In Proceedings of IWWWC Madrid, Spain, 2009.
- [13] European Commission: CORDIS: FP7:ICT, <http://cordis.europa.eu/fp7/ict>
- [14] EU The FinES Cluster, <http://www.fines-clusters.eu/fines/jm>
- [15] EU IERC Cluster, <http://www.internet-of-things-research.eu>
- [16] Finpro China, "Internet of Things ? China"
- [17] UID Center Homepage, <http://www.uidcenter.org>
- [18] 사물통신 기반구축 기본계획(안), 방송통신위원회, 2009.
- [19] ROLL, <http://datatracker.ietf.org/wg/roll/charter/>
- [20] Wireless Hart, http://www.hartcomm.org/protocol/wihart/wireless_technology.html

약 력



김 대 영

1990년 부산대학교 전산통계학과 학사
 1992년 부산대학교 전산통계학과 석사
 1992년 ~ 1997년 한국전자통신연구원 연구원
 2001년 University of Florida 컴퓨터공학 박사
 2002년 ~ 2009년 한국정보통신대학교 부교수
 2009년 ~ 현재 한국과학기술원(KAIST) 전산학과 부교수
 관심분야 : 실시간 임베디드 시스템, RFID/USN/Internet of Things



김 성 훈

2006년 강원대학교 학사
 2008년 강원대학교 석사
 2008년 ~ 현재 한국과학기술원(KAIST) 전산학과 박사과정
 관심분야 : 분산 실시간 임베디드 시스템, 자율 컴퓨팅, RFID/USN/Internet of Things



하 민 근

2008년 숭실대학교 학사
 2010년 한국과학기술원 전산학과 석사
 2010년 ~ 현재 한국과학기술원(KAIST) 전산학과 박사과정
 관심분야 : 무선 센서 네트워크, Internet of Things



김 태 홍

2005년 아주대학교 학사
 2007년 한국과학기술원 석사
 2007년 ~ 현재 한국과학기술원(KAIST) 전산학과 박사과정
 관심분야 : ZigBee, 센서 네트워크, MANET



이 요 한

1999년 서강대학교 전자공학과 학사
 2001년 서강대학교 전자공학과 석사
 2001년 ~ 2003년 Laxtha Inc. 연구원
 2003년 ~ 2007년 Samsung System LSI 연구원
 2007년 ~ 현재 한국과학기술원(KAIST) 전기 전자 공학과 박사과정
 관심분야 : 인지 라디오 무선 네트워크, 무선 센서 네트워크