

사물인터넷(IoT) 연구동향

김 말 희 · 표 철 식

한국전자통신연구원
KSB 융합연구단

I. 서 론

Internet of Things이라는 용어는 2005년 ITU 보고서(ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things)^[1]를 시작으로 표준화 기구(ISO/IEC, IEEE, M2M, Allseen, OIC, ITU, 3GPP, IETF etc.)들에서 주요 표준화기술 의제로 다뤄져 왔으며, 현재 다양한 표준들이 제정되고 있고, 제정되어 제품화되고 있다. 현재 IT 시장은 이러한 글로벌 표준을 준용하거나 혹은 Apple과 같이 독자적 표준을 준용한 다양한 제품들이 IoT 디바이스, IoT 플랫폼, IoT 네트워크, IoT 솔루션 분야에 걸쳐 출시되어 서비스되고 있다.

2015~2016년을 정점으로 Intel의 Edison 보드를 포함한 다양한 오픈 디바이스 플랫폼(Arduino, Raspberry Pi, Beaglebone, Galileo 등)들이 쏟아져 나왔으며, MS 및 IBM의 IoT 상용 플랫폼(Azure, Watson, Evrythng, ThingWorx, Jasper)들이 상용화되었다. 이러한 보드와 플랫폼들을 활용한 센서부착 의류 및 스스로 토너를 주문하는 프린터 등의 혁신적인 제품들이 등장하고 있다. Cisco는 “FogComputing”을 주창하면서 지능적인 스위치, 라우터, 스토리지 컨트롤러 제품들을 출시하면서 그간의 포화된 네트워크 장비시장의 새로운 판로를 모색하고 있다. 국내 기업으로는 삼성이 2016년 CES에서 TV, 가전, 모바일 등의 삼성전자 제품들을 사물인터넷으로 연결하여 손쉽게 제어되는 스마트 홈서비스를 소개하였고, SmartThings를 인수하면서 이와 연계된 다양한 타사 디바이스들까지도 삼성 제품군들과 연계하여 서비스되도록 추진하고 있다.

그렇다면, IoT는 이제 과거의 기술 테마가 되어 버렸는가? 본 고에서는 IoT의 정의 및 주요 이슈, IoT 제품 현황 및 발전방향을 소개하고, 관련 시장 전망에 대해서 언급하고자 한다.

II. IoT 정의 및 주요 이슈

IoT란 무엇인가? 다음은 IoT 플랫폼의 선두주자인 Microsoft의 IoT 정의이다.

“IoT란 당신이 가진 사물 그리고 더 나아가 비즈니스에 핵심적인 사물들을 연결하는 것에서 시작되며, 이들로부터 획득되는 데이터를 새로운 방식으로 활용함으로써 비즈니스에 필요한 새로운 지능을 제공하고, 비즈니스 결정에 필요한 정보를 이해되기 쉽게 제공해주는 기술이다.”^[2]

대표적인 시장조사기관인 Frost&Sullivan은 IoT를 다양한 오브젝트, 사람, 장소들이 연결되어 상호 운용될 수 있도록 하는 디지털화 및 가시화^[3]로 정의하고 있으며, IDC는 사물들의 비즈니스^[4], 가트너는 상태 및 환경에 대한 센싱 및 상호작용이 가능한 물리적인 오브젝트들로 구성된 네트워크^[5]로 정의하고 있다. 과거의 개념적/기술적 정의에서 현재는 비즈니스와의 통합 및 새로운 비즈니스의 창출이라는 관점에서 IoT 기술이 정의되고 있으며, 발전방향을 모색하고 있다. 즉, 인터넷을 통한 사물의 연결 및 모니터링이라는 과거의 IoT 정의 및 범위를 넘어서 현재는 수집된 다면적이고 입체적인 대량의 실시간 데이터의 통합적 분석을 통해서 과거에 알 수 없었던 비즈니스 관련 주요한 지식을 추출해내고, 이를 적시에 의사결정에 효과적으로 활용하도록 함으로써, 기존의 비즈니스를 업그레이드하거나, 혹은 새로운 비즈니스 창출의 기회 기술로서 IoT를 정의하고, 관련 기술개발 및 제품화가 진행되고 있다. IoT 적용의 단계적 추진 흐름도를 보면 다음과 같다^[2].

- 비즈니스와 관련된 모든 자원을 인터넷을 통해서 연결한다.
- 광범위한 지역, 도메인에 연결된 자원들로부터 수집된 정보들을 종합적으로 분석하여 비즈니스 프로세스를 최적의 시간에 대응할 수 있도록 하며, 관련 자원들을 지능적이고, 선제적으로 관리한다.

- KPI(핵심성과지표)에 관련된 다양한 정보들을 효율적으로 가시화(IoT dashboard)하여 관련 결정권자들에게 직관적 정보를 제공한다.
- 현재 존재하는 비즈니스 시스템(CRM, ERP, supply chain)에 IoT 데이터를 통합함으로써 전 사이클에 대한 통찰적 정보 및 자원 관리 기능을 제공하는 동시에, 문제 발생 시 적시에 효율적으로 대처할 수 있도록 한다.

그렇다면, IoT를 통해서 연구/개발되고 있는 기술 분야는 어떠한 것이 있는가? IoT 기술과 응용에 대하여 다양한 각도에서 최근 연구 동향을 파악할 수 있는 많은 조사/분석 논문들이 <표 1>에서 보는 바와 같이 발표되고 있다. John A. Stankovic은 IoT를 전기나 물처럼 누구나 이용하여 가치를 창출할 수 있는 유틸리티 인프라로 구현하기 위해서 필요한 대규모 확장성을 강조한 IoT 연구 방향과 문제점을 제시했으며, 더불어 타분야와의 기술협력을 제안했고^[6], Ala Al-Fuqaha 등은 IoT 비전을 구현하기 위한 구조, 요소기술, 핵심 연구 주제, 응용 등 모든 분야에 대한 이슈를 분석하였다^[7]. Arpan-Pal은 IoT를 실현하기 위해 주목해야 할 6가지 연구분야를 제시하였으며^[8], Frieder Ganz 등은 raw 센서 데이터로부터 정보를 추상화하거나, 의미 있는 지식을 추출하는 기술을 제시했으며^[9], Miranda 등은 기술이 사람의 상황을 학습하여 알아서 서비스를 제공하기 위하여 IoT와 사람 사이의 상호작용을

위한 Social Devices와 People as a Service(PeaaS) 플랫폼을 제안했다^[10]. 또한 초저전력 무선, 인지무선, 에너지 하베스팅 기술 등 IoT 디바이스의 저전력, 지능화 연구가 활발하다^{[11]~[13]}.

2-1 IoT 구조(Architecture)

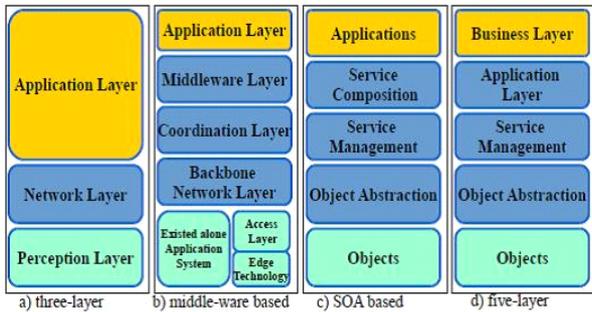
IoT 구조는 용이한 연결, 제어, 통신 및 유용한 응용을 제공하는 기능을 가져야 하며, ITU-T, ETSI, ITU-A 등 많은 표준단체와 연구 프로젝트에서 제안되어 왔으나, 아직까지 모두가 동의하는 기준 구조(reference architecture)의 표준화가 이루어지지 않고 있었다. 최근에는 [그림 1]에서 보는 바와 같이 기존의 여러 가지 구조를 분석하였으며, 기존의 3계층 모델과 SOA-based 구조의 단점을 보완하여 새로운 5계층 구조를 제안했다^[7].

2-2 IoT 프로토콜

다양한 IoT 응용서비스를 제공하기 위하여 World Wide Web Consortium(W3C), Internet Engineering Task Force(IETF), EPCglobal, Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE) and the European Telecommunications Standards Institute(ETSI) 등 각종 표준화 단체에 의해 여러 가지 표준들이 제안되어 사용되고 있다. Ala Al-Fuqaha 등은 IoT 프로토콜을 [그림 2]에서 보는 바와 같이 응용(application), 서비스 검색(service discovery), 인프라(infrastructure) 및 기타 영향력

<표 1> 최근 IoT 연구주제 및 이슈

연구 주제	연구 이슈	참고 문헌
유틸리티 인프라로 구현하기 위해 필요한 이슈	Massive scaling, architecture and dependencies, creating knowledge and big data, robustness, openness, security, privacy, and human-in-the-loop.	[6]
구조, 요소, 핵심기술, 응용 등 모든 분야에 대한 토픽	Architecture, protocols, availability, reliability, mobility, performance, scalability, interoperability, security and privacy, management, trust. Quality of Service (QoS), big data analytics, cloud and fog computing.	[7]
IoT를 실현하기 위해 주목해야 할 6개 연구토픽	Scalability, privacy, affordability, contextawareness, ease-of-development, and security.	[8]
Raw 데이터로부터 하이레벨 정보 추상화 및 의미 있는 지식 추출	Information abstraction from sensor data, Semantic Reasoning & Representation, signal processing, machine-learning and the semantic web, data analytics, extracting meaningful knowledge	[9]
IoT와 사람 사이의 인터랙션을 위한 연구 토픽	Social Devices, People as a Service (PeaaS), People centric IoT Middleware	[10]
저전력, 지능형 디바이스	Ultra-low-power wireless system, cognitive radio technology, wireless energy harvesting	[11]~[13]



[그림 1] IoT 구조(architecture)^[7]

(other influential)이 있는 프로토콜로 분류하였다^[7]. 이는 기존의 무선센서 네트워크 기반의 연결 및 네트워크 중심의 프로토콜 분류를 IoT 응용에 적합하게 발전시켜 종합적으로 분류한 것으로 평가되며, 응용에 따라 선택적으로 사용될 필요가 있다. 특히, IoT 응용을 위한 동작 프레임워크를 정의하는 표준 이외에 기타 영향력 있는 프로토콜로 분류된 보안과 상호운용성 표준도 IoT 시스템의 수용성에 영향을 미칠 것이므로 함께 고려되어야 한다.

2-3 확장성(Scalability)과 상호운용성

IoT의 확장성은 기존 서비스 품질의 저하 없이 새로운 디바이스, 서비스, 기능들을 추가할 수 있는 능력이며, 이종의 수많은 디바이스와 데이터의 상호운용성을 함께 고려해야

Application Protocol		DDS	CoAP	AMQP	MQTT	MQTT-NS	XMPP	HTTP REST
Service Discovery		mDNS			DNS-SD			
Infrastructure Protocols	Routing Protocol	RPL						
	Network Layer	6LoWPAN				IPv4/IPv6		
	Link Layer	IEEE 802.15.4						
	Physical/Device Layer	LTE-A	EPCglobal	IEEE 802.15.4		Z-Wave		
Influential Protocols		IEEE 1888.3, IPSec				IEEE 1905.1		

[그림 2] IoT 공통표준 프로토콜^[7]

한다. 이 문제는 물리계층으로부터 응용계층까지 모든 계층에서 함께 해결되어야 한다. 물리계층에서는 인지무선과 TV 화이트 스페이스 사용, 상위계층에서는 IETF 6LoWPAN, IPv6, SDN, CoAP, MQTT 등이 중요한 역할을 할 것으로 전망된다. 한편, 데이터의 확장성 문제를 해결하기 위한 또 다른 방법으로 fog computing 기술이 주목받고 있으며, 이는 edge 디바이스에서 수집한 데이터를 인터넷으로 전달하지 않고, 직접 처리하고 분석하는 것으로 데이터의 실시간성과 지연 예측성을 제공할 수 있다^[8].

2-4 IoT 빅데이터 분석 및 지식 추출

IoT 응용에서 연속적으로 수집되는 수많은 raw 데이터로부터 유용한 지식을 추출하는 기술이 요구된다. IoT 데이터는 양적으로 거대하며, 실시간 처리가 요구되므로 기존의 빅데이터 분석 플랫폼인 Apache Hadoop과 SciD는 IoT 데이터 분석용으로는 적합하지 않다. IoT에서는 응용 특화된 플랫폼보다는 공통의 빅데이터 분석 플랫폼을 필요로 하며, 그 플랫폼은 IoT 에코시스템 전체에 오버헤드를 가해서는 안 된다. 최근에 그러한 요구사항을 만족시키는 TSaaS(Time series analytics as a service)라는 IoT 빅데이터 분석 서비스가 제안되었으며, 이는 많은 센서 데이터로부터 패턴 마이닝을 수행하기 위하여 시계열 데이터를 분석하며, RESTful 인터페이스를 제공한다^[14].

IoT 분야에서 어떤 데이터가 의미가 있으며, 어떻게 해석될 수 있는지, 그리고 어떻게 활용될 수 있는지는 아직 오픈 이슈이다. Frieder Ganz 등은 Knowledge Acquisition Toolkit (KAT)라는 IoT 데이터 분석 도구를 제시했다. KAT는 여러 가지 소스로부터의 센서 데이터를 받아 raw 센서 데이터를 처리하고, 공통 데이터 분석 방법을 사용하여 추상화된 개념을 만들어낼 수 있다^[9].

2-5 사람과 IoT 사이의 인터랙션 및 통합

모든 사물을 인터넷을 통해 스마트하게 통합하는 IoT의 궁극적인 목적은 기술이 인간을 위해 중단 없이 서비스를 제공하는 환경을 만들어 가는 것이지만, 아직까지는 기술의 성숙도는 높지 않다. 이러한 기술 실현을 위해서는 기술이 사람의 상황을 스스로 인지하여 알아서 서비스를 제공할 수

있어야 하며, 이러한 차원에서 IoT와 사람과의 상호작용을 위한 Social Devices와 People as a Service(PaaS) 플랫폼이 제안되었다. The Social Devices 플랫폼은 IoT에 연결된 다른 디바이스와 상호작용을 조정하는 스마트폰의 선제적인 능력을 강화한다. PaaS 플랫폼은 환경 적응적 지능적인 서비스를 스마트폰을 이용하여 제공 받을 수 있도록 지원한다. 이 두 개 플랫폼의 조합은 사람들의 상황 정보가 IoT 디바이스와 통합관리/운용되도록 허용함으로써 사람의 IoT 연결 구성을 가능케 한다. 이는 사람을 IoT 세계의 일등 시민으로 통합하고, 인간 친화적인 새로운 서비스와 응용 개발에 기여할 것이다^[10].

2-6 보안 및 프라이버시(Security and Privacy)

IoT 보안은 전송되는 데이터에 대한 암호화 및 암호화 키 교환의 효율적인 관리를 의미한다. IoT 보안은 아직까지 공통의 표준과 구조가 부족하므로 IoT 구현에 장애요소가 되고 있다. IoT와 같은 이기종 네트워크에서는 보안과 프라이버시를 보장하는 것이 쉽지 않고, 많은 디바이스에 걸친 대량의 키 관리에 대한 확장성의 문제와 이러한 모듈을 탑재할 IoT 디바이스의 자원 제약 문제가 있다. IoT 디바이스 사이의 키 분배에 관한 문제를 해결하기 위하여 IETF에서는 Smart Object Lifecycle Architecture for Constrained Environments(SOLACE) 표준화를 진행 중이다. IoT는 물리세계와 사이버 세계를 링크하므로 사이버 세계에서의 보안 붕괴는 물리세계에 영향을 끼치며, 그 반대도 성립하므로 이것은 큰 재앙이 될 수 있다. 따라서 IoT 보안은 영향의 최소화에 중점을 두고, 전체적으로 접근해야 한다. 한편, 프라이버시 이슈와 IoT 디바이스 사이에 프로파일 접근 동작은 대단히 중요하다. 데이터 교환 보안은 프라이버시를 잃거나, 타협을 피하기 위해 필요하다^[15].

III. 현재의 IoT 제품 현황 및 발전 방향

IoT와 관련하여 현재 개발되어 사용되고 있는 제품들은 어떠한 것들이 있으며, 주요 플레이어들은 누구이고, 향후 발전 방향은 어떠한 것인가. IoT 제품과 관련해서는 디바이스, 네트워크 장비, 플랫폼, 솔루션의 범주로 살펴보도록 한다.

3-1 현재의 IoT 제품 현황

3-1-1 IoT 디바이스

Apple의 경우, iHome을 통해서 다양한 제품군들이 연계되고, 특히 Siri를 frontend로 활용함으로써, 음성인식을 통한 디바이스 검색/제어가 가능하도록 제품 개발을 추진하고 있다. 삼성은 2016년 ARTIK Cloud™ 플랫폼 및 ARTIK™ 집적 모듈을 출시함으로써, ARTIK 기반의 다양한 IoT 제품 생산, 디바이스 간 상호연동 지원을 추진한다. ARTIK 및 Smart-Things을 통해서 삼성 제품군(TV, 냉장고 등)들을 연계할 뿐만 아니라, 타 제조사 디바이스와 서비스들을 통합적으로 연계할 계획이다. CES '16에 선보인 냉장고(Samsung Family Hub Refrigerator)의 경우, 아마존의 Alexa와 연계하여 디바이스가 제어되도록 했다. Apple과 삼성 이외에도 아마존의 지능적 스피커인 Echo, Google의 자가학습 지원 자동온도조절장치(Nest auto-thermostat) 및 웹카메라(Nest Cam) 등 다양한 IoT 디바이스 제품들이 상용화되어 서비스 되고 있다.

이들 IoT 디바이스들의 특징은 IoT 허브를 통해서 디바이스 제조사의 자사 제품을 연결하는 것과 동시에 다른 제조사들의 제품들까지도 상호 연계되도록 함으로써, 제조사간 수평적 통합이 가능하도록 생태계가 조성되고 있다는 점이다. 이외에 기계학습과 같은 데이터 분석 기술을 활용하여 단순히 센싱하고, 모니터링하고, 제어하는 수준을 넘어서 지능적인 서비스 제공이 가능하도록 진화(Nest Cam + Nest Aware)되고 있다. 분석 기술은 현재까지는 주로 클라우드 서버를 통해서 제공되는 모델이 주를 이루고 있으나, 향후에는 고성능 단말에 탑재 가능한 버전까지도 개발될 전망이다.

3-1-2 IoT 네트워크 장비

Cisco는 네트워크 장비 OS인 IOS와 리눅스를 결합시킨 IOx 플랫폼을 개발하여, network edge에서 다양한 응용을 탑재하여 정보를 저장 및 필터링할 수 있도록 한 지능형 제품군들을 출시했다. 2016년 IoT 플랫폼 회사인 Jasper를 인수하면서, Cisco는 IoT 네트워크 장비뿐 아니라, 이러한 장비를 공장, 유틸리티 등의 산업현장에 배치하여 효율적으로 운용할 수 있는 IoT 토털 시스템을 모두 구축함으로써 시장을 공략하고 있다. 또한 이러한 장비 외에도 향후 IoT 디바이스

의 수가 기하학적으로 증가되는 상황을 능동적으로 대처하기 위한 SDN, NFV 기술들도 Accenture, Alcatel-Lucent, SK 텔레콤 등 많은 통신 회사들을 중심으로 개발되고 있다.

3-1-3 IoT 플랫폼

다수의 IoT 오픈 디바이스 플랫폼들이 출시되어 활용되고 있으며, 클라우드 서버 타입 플랫폼의 경우, 주요 글로벌 IT 회사(IBM, MS, 삼성 등)들과 신생회사들이 경쟁적으로 제품을 출시하여 사업화하고 있다. 특이점으로는 디바이스 회사들이 IoT 플랫폼을 독자적으로 구축 혹은 인수 합병하여 다양한 디바이스 제조사 제품군을 연계 지원하거나(애플, 삼성 등), 다양한 표준 준용 플랫폼들을 상호 운용할 수 있는 표준 확장 및 제정을 통해서 플랫폼 간 연동(OneM2M, OCF, AllSeen)을 추진하고 있다.

3-1-4 IoT 솔루션

IoT 솔루션은 농업, 은행, 교육, 정부, 헬스, 보험, 제조, 교통, 유틸리티를 포함한 산업 전반적인 영역^[16]으로 확장되어 진행되고 있다. 특히 스페인의 경우, SmartSantander^[17], BCN Smart City^[18]과 같은 스마트 시티 프로젝트들이 진행 중이며, 국내에서도 미래부 주관의 스마트 시티 실증사업(부산, 대구 등)들이 추진되고 있다.

가트너^[19]에 따르면, 진화적 견지(hindsight → insight → foresight)에서, 현재의 IoT 관련 기술성숙도는 5단계로 분류(initiating, exploratory, defined, integrated, optimizing)했을 때 2단계 수준으로 진단하고 있다. 즉, 아직까지는 IoT 기술, 제품, 사업화 수준은 초기 단계로서 필요한 기술 개발 및 새로운 제품들의 출시들이 줄을 이을 것으로 전망된다.

3-2 향후 IoT 기술/제품 발전 방향

주요하게는 다양한 IoT 제품들은 점점 보안 요구사항이 강화되면서, 신뢰할 수 있는 정보의 교류를 전제로 하게 될 것이며, 민감한 데이터의 경우, 클라우드에서 처리되지 않고, 로컬에서 처리되는 방식으로 기술개발 및 제품화가 진행될 전망이다. 이외에 다음과 같은 방향으로 기술 및 제품 개발이 추진될 것으로 보인다.

3-2-1 모듈화, 계층화, 신뢰성

현재 기술의 미진한 성숙도가 IoT 산업 저변화의 원인으로 주목 받는 가운데, 각 기술을 모듈로 분화시키고, 각 모듈 별 완성도를 높여서 적재적소에 독립적으로 혹은 통합적으로 활용함으로써 기술 미성숙 문제를 해결하는 동시에, 필요한 요소만 취하여 기존의 비즈니스 모델에 계층 구조로 적용함으로써 비즈니스 통합 기회를 높이는 방향으로 기술 적용 및 제품화가 진행될 전망이다. 또한 이러한 기술 적용은 오류없이 서비스가 안정적으로 운용될 수 있도록 신뢰성이 매우 중시될 것이다.

3-2-2 스마트머신, 알고리즘 비즈니스

다양한 디바이스가 연결되는 것이 현재의 IoT 제품 시장의 전반을 이루고 있는 가운데, 드론/자동차/로봇 등의 디바이스를 IoT로 연결하고, 각 디바이스의 내/외부 정보 및 다른 디바이스와의 연동을 가능하게 하도록 제품이 개발될 것으로 전망된다. 동시에 이러한 디바이스에는 분석기술이 탑재되어, 스마트 머신/스마트 에이전트 형태의 서비스 제공이 가능한 형태로 제품화될 것이다. 현재 가장 주목 받는 디바이스로는 자율주행자동차가 있으며, 세계 주요 자동차 제조사들은 모두 자율주행 자동차 개발 및 제품화에 주력하고 있다.

이러한 B2C 형태 외에도 Cisco와 같이 네트워크 장비/플랫폼/솔루션이 통합적으로 B2B 산업 영역에 적용됨으로써 기존 산업군을 업그레이드할 수 있는 토탈 솔루션 형태의 기술/제품들이 개발될 전망이며, 수집된 방대한 IoT 데이터 분석을 통해서 비즈니스 전략 수립/모니터링의 전반을 지원할 수 있는 알고리즘 중심의 IoT 솔루션이 핵심적으로 등장할 것으로 전망된다. 또한, 가상훈련/의료/게임 등의 기존의 독립적 산업군의 디바이스/데이터/서비스가 통합 연계되는 기술/제품들이 개발됨으로써, 산업군의 재편을 이끌어낼 것으로 전망된다.

Apple의 Siri, MS의 Cortana를 포함한 지능형 에이전트가 frontend 기술로 활용되고, 이를 통해서 backend IoT 디바이스 및 서비스들이 연계되도록 기술/제품들이 개발될 것이며, 이러한 움직임은 삼성의 아마존 Alexa 연동을 통해서도 쉽게 전망이 가능하다.

3-2-3 가상화, 증강현실, 혼합현실

최근에는 다양한 VR 제품(오클루스, fove, MS hololens, 소니프로젝트 모피어스, 삼성 기어 VR 등)들이 출시되어 실감나는 콘텐츠를 맞출 수 있게 하고 있다. CNN은 VR 콘텐츠를 제공하고 있으며, 소니는 VR 제품 외에 이를 활용하는 게임(Summer Lesson)을 개발하여 제공하고 있다. 이러한 VR 제품들의 고도화 및 콘텐츠 기술의 발달로, 현재 텍스트 및 동영상 수준의 콘텐츠들이 평면적으로 제공되던 시대에서, 실감나는 콘텐츠와 실사들이 한데 어울려 제공되는 서비스가 보편화 될 것이다. 이러한 서비스는 비단 게임에서 그치지 않고, 가상훈련, 업무환경, 소셜 활동 및 창작 활동 등으로 영역을 넓혀 사회 전반적인 변화를 유도할 것으로 전망된다.

IV. IoT 사물의 보급 및 시장규모 예측

4-1 2020년 IoT 사물(디바이스) 수량 이슈

오늘날 인터넷에 연결되는 사물의 수는 약 150억 개 정도로 추정되며^{[20],[21]}, 2020년에는 <표 2>에서 보는 바와 같이 약 260억~750억 개 규모가 될 것으로 예측된다. 가트너는 IoT 사물 중에서 2020년에 가장 많은 수의 사물은 Indoor LED Lighting으로 약 10억 개이고, 그 외에 Set-top 박스, TV, 스마트 미터 등이 IoT에 연결될 가능성이 매우 높을 것으로 예측했다^[22].

우리 정부의 2020년도 IoT 사물 보급 점유율 목표치는 전

세계 IoT 사물의 5% 보급 점유율 목표로 하고 있으며, 이는 보급 사물의 수가 10억~50억 개에 달한다. 2020년에 IoT 디바이스의 가격을 평균 2달러라고 가정하고, 5% 보급 점유율 목표를 달성한다면 IoT 사물에 장착되는 디바이스의 국내 생산 시장규모는 20억~100억 달러에 이를 것으로 예상된다.

4-2 2020년 IoT 시장 및 경제적 파급효과

가트너가 발표한 2015년 하이프 곡선에서 IoT는 2014년에 이어서 큰 변동 없이 최정상에 위치하고 있으며, 현재는 거품기 단계로 향후 5년에서 10년 내에 안정된 시장에 도달할 것으로 예측된다. 또한 기술 비용의 감소, 많은 Vendor 수, 용이한 실험 등이 IoT 구현을 확장시키고 있지만, 보안에 대한 염려, 부족한 표준과 비즈니스 모델 때문에 IoT 채택을 제한하고 있는 것으로 예측하고 있다^[27]. IDC는 2013년 약 1.3조 달러의 IoT 시장 규모를 기준으로 2020년에는 약 3조 달러의 시장 규모에 달할 것으로 예측했으며^[24], 전 세계 IoT 시장 규모는 <표 3>에서 보는 바와 같이 기관에 따라 1.9조 달러에서 14.4조 달러 규모를 예측하고 있다. 우리 정부는 2020년 시장 규모 목표치를 30조로 설정하고, 이를 달성하기 위해 IoT 플래그쉽 프로젝트를 통한 토탈 솔루션, 원천기술 개발, 글로벌 표준화 과제를 추진하고 있다^[28].

V. 시사점

<표 2> 전세계 IoT 사물의 개수 예측 현황(2020년)

예측 기관	IoT 사물(2020년)	IoT 사물의 범위	참고문헌
Gartner	260억 개	직접적으로 공용망에 연결되거나, 다른 네트워크를 통해 연결 가능, 독립적으로 식별되는 것으로 무선 모듈, MCU 등도 사물이 될 수 있으며, 자동차 등과 같은 기능 집합도 하나의 인터넷 연결을 통한다면 사물 * PC, 노트북, 스마트폰은 사물을 관장하는 허브 역할로 여겨 사물로 보지 않음.	[22]
IDC	295억 개	인간의 개입 없이 유선 또는 무선 네트워크를 통해 연결되며, 고차원의 Intelligent system에 의해 관리되는 객체 * PC, 노트북, 스마트폰은 사물로 보지 않음. * 폰의 가속도 센서는 사물로 보지 않음.	[23], [24]
ABI	300억 개	Wirelessly connected devices	[25]
Cisco	500억 개	Computers (including PCs, tablets, and smartphones) will represent just 17 percent of all Internet connections; the other 83 percent will result from IoT, including wearables and smart-home devices.	[21]
Morgan Stanley	750억 개	200 unique consumer devices or equipment	[26]

〈표 3〉 전세계 IoT 시장 및 경제적 파급효과 예측

예측 기관	IoT 시장 규모 및 경제적 파급효과	주요 응용 분야별 마켓	참고문헌
Gartner	1.9조 달러(2020년)	제조(15%), 헬스(15%), 보험(11%), 은행/보안(11%)	[22]
IDC	3.0조 달러(2020년)	Intelligent systems/embedded systems(2.12조 달러), 네트워크(3,239억 달러)	[25]
GSMA/Machina	4.5조 달러(2020년)	단말기와 서비스(2.5조 달러), 비용절감(1조 달러), 서비스 개선(1조 달러)	[29]
Cisco	14.4조 달러(2022년)	스마트공장(1.95조 달러), 마케팅/광고(1.95조 달러), 스마트 그리드(7,570억 달러)	[30]
McKinsey	2.7~6.2조 달러(2025년)	헬스(41%), 제조(33%)	[31]

본 고에서는 최근의 새롭게 정의되는 IoT에 대한 정의, 주요 개발 기술 분야, 제품군과 향후 예측되는 기술 개발 및 시장 전망에 대해서 기술하였다. 지난 10여년을 넘는 연구 및 기술 개발을 통해서 다양한 제품군이 등장했지만, 아직은 연결 수준의 제품들이 대세를 이루고 있다.

최근의 구글 알파고의 등장으로 각광을 받고 있는 기계 학습과 오랜 기간 연구 개발된 시멘틱 기술과 같은 데이터 분석 기술과의 통합을 통해서, 보다 지능적인 IoT 사물들 및 서비스들이 개발될 것으로 전망된다. 이러한 스마트한 IoT 사물들은 비전인식, 음성인식 기술 등과의 통합을 통해서 보다 인간 수준의 인터페이스를 통해서 교감할 수 있도록 진화될 전망이다.

참 고 문 헌

[1] "ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things", ITU, 2005.
 [2] <https://www.microsoft.com/en-us/cloud-platform/internet-of-things>
 [3] "Internet of Things (IoT) Executive Brief H2 2015- Top Trends and Strategic Recommendations", Frost & Sullivan, 2016.
 [4] Industrializing IoT: From Concept to Reality, IDC, 2016.
 [5] Gartner, "The Internet of Things and Related Definitions", 2016.
 [6] John A. Stankovic, "Research directions for the internet of things", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, Feb. 2014.
 [7] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols and applications", *IEEE Communica-*

tions Surveys & Tutorials, Jun. 2015.
 [8] P. Arpan, "Internet of things: Making the hype a reality", *IT Professional*, vol. 17, no. 3, pp. 2-4, 2015.
 [9] F. Ganz, D. Puschmann, P. Bamaghi, and F. Carrez, "A practical evaluation of information processing and abstraction techniques for the internet of things", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 2, no. 4, 2015.
 [10] J. Miranda, N. Makitalo, J. Garcia-Alonso, J. Berrocal, T. Mikkonen, C. Canal, and J. M. Murillo, "From the internet of things to the internet of people", *IEEE Internet Computing*, vol. 19, no. 2, pp. 40-47, 2015.
 [11] A. Burdett, "Ultra-low-power wireless systems", *IEEE Solid-State Circuits Magazine*, spring 2015.
 [12] A. Aijaz, Member, and A. Hamid Aghvami, "Cognitive machine-to-machine communications for internet-of-things: A protocol stack perspective", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 2, no. 2, Apr. 2015.
 [13] P. Kamalinejad, C. Mahapatra, Z. Sheng, S. Mirabbasi, and Victor C. M. Leung, "Wireless energy harvesting for the internet of things and yong liang guan", *IEEE Communications Magazine*, Jun. 2015.
 [14] X. Xu, S. Huang, Y. Chen, K. Brown, I. Halilovic, and W. Lu, "TSAaaS: Time series analytics as a service on IoT", in *Web Services (ICWS), 2014 IEEE International Conference On*, pp. 249-256, 2014.
 [15] R. L. Rutledge, A. K. Massey, A. I. Antón, and P. Swire, "Defining the internet of devices: Privacy and security implications", *Georgia Institute of Technology Technical Report: GIT-GVU-14-01*.

[16] http://www.libelium.com/resources/top_50_iot_sensor_applications_ranking/

[17] www.smartsantander.eu/

[18] <http://www.barcelona.cat/>

[19] Gartner, "Maturity Model for the Internet of Things", 2016.

[20] 표철식, "M2M technology and its standardization trends", *oneM2M 2013 Seoul International Conference*, 2013년.

[21] Internet of Things in Logistics, DHL Trend Research, Cisco Consulting Services, 2015.

[22] Gartner, "Forecast: The Internet of Things, Worldwide 2013", 2013.

[23] IDC's Worldwide Internet of Things (IoT) Taxonomy, IDC, 2013.

[24] Worldwide and Regional Internet of Things 2014-2020 Forecast Update by Technology Split, IDC, 2014.

[25] <https://www.abiresearch.com/press/more-than-30-billion-devices-will-wirelessly-connect/>

[26] <http://www.businessinsider.com/75-billion-devices-will-be-connected-to-the-internet-by-2020-2013-10>

[27] Gartner, "Hype Cycle for Emerging Technologies", 2015.

[28] 박현재, "사물인터넷 R&D 추진 계획", *IITP CP Issue Report*, vol. 14, no. 4, Nov. 2014.

[29] "The Connected Life: A USD 4.5 trillion global impact in 2020", *GSMA and Machina Research*, 2012.

[30] "Embracing the Internet of Everything to capture your share of \$14.4 Trillion", *Cisco Systems*, 2013.

[31] J. Manyika, M. Chui, J. Bughin, R. Dobbs, P. Bisson, and A. Marrs, "Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy", *McKinsey Global Institute*, May 2013.

[32] <https://www.sdxcentral.com/directory/nfv-sdn/companies/>

[33] <https://www.dronedeploy.com/>

≡ 필자소개 ≡

김 말 희



1998~2000: 삼성전자 통신연구소 (주임연구원)
 2000~현재: 한국전자통신연구원 (책임연구원)
 [주 관심분야] IoT, 기계 학습

표 철 식



1991년 2월: 연세대학교 전자공학 (공학사)
 1999년 2월: 한국과학기술원 전기및전자공학 (공학석사)
 1991년 1월~현재: 한국전자통신연구원(책임연구원)
 2015년 12월~현재: KSB융합연구단장
 [주 관심분야] IoT, 기계 학습, 지식융합 지능서비스