

지능형 사물인터넷 네트워크로의 진화

| 작 성 | 남서울대학교 서정욱 교수 (jwseo@nsu.ac.kr)

- 『AI Network Lab 인사이트』는 인공지능, 클라우드, 5G 등 4차 산업혁명의 핵심인 지능정보기술과 네트워크 신기술에 대한 동향을 간략하고 심도있게 분석한 보고서입니다.
- 본 연구보고서는 과학기술정보통신부의 방송통신발전기금조성사업, 한국정보화진흥원의 미래네트워크선도시험망 구축운영사업의 연구과제 결과이며, 한국정보화진흥원/경기도경제과학진흥원과 공동 기획하였습니다.
- 본 보고서의 내용의 무단 전재를 금하며, 가공인용할 때는 반드시 출처를 『한국정보화진흥원(NIA)』이라고 밝혀 주시기 바랍니다.
- 본 보고서의 내용은 한국정보화진흥원의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

발 행 처 한국정보화진흥원

발 행 인 문용식

기 획 한국정보화진흥원 지능형인프라본부 인프라기획팀

보고서 온라인 서비스 www.nia.or.kr



Contents

보고서 요약

(1) 보고서 요약	5
------------------	---

보고서 주요 내용

(1) 서론	7
(2) 사물인터넷 개념과 정의	8
(3) 사물인터넷 네트워크 동향	11
(4) 자율형 사물인터넷 네트워크로의 진화	15
(5) 시사점	17

주요 통계 사항

(1) 사물인터넷 세계시장	18
(2) 사물인터넷 디바이스 수 전망	18
참고문헌	19

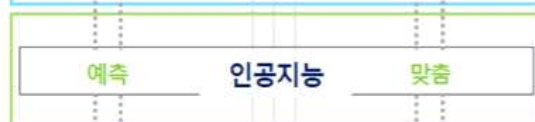
개요

- 4차 산업혁명을 통해 현실세계와 가상세계가 상호작용하는 초연결 지능 사회가 도래할 것으로 기대하고 있으며, 4차 산업혁명을 실현하기 위해 핵심기술로 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 인공지능 등이 부각되고 있다.
- 사물인터넷 기술 구성요소인 네트워크는 자율형 IoT 네트워크로 진화할 것으로 보이며, 네트워크 사업자와 장비(게이트웨이, 스위치등) 개발업체들은 위에 기술 개발 전략을 참고하여 핵심키워드인 Massive & Scalable, Time-Sensitive, Reliable, Adaptive & Intelligent와 관련된 지재권 확보가 요구되며, 진보된 IoT 게이트웨어스위치가상화 제품을 개발하고 공간정보와 CAS-X, 무인이동체와 관련된 서비스를 개발할 필요가 있다.
- 본 보고서에서는 2018년 정보통신기획평가원(IITP)에서 발간한 ICT R&D 기술 로드맵 2023을 토대로 사물인터넷 기술 구성요소 중 네트워크에 대한 현황을 살펴보고 향후 기술개발 전략에 대해 소개하고자 한다.

② 저장&분석

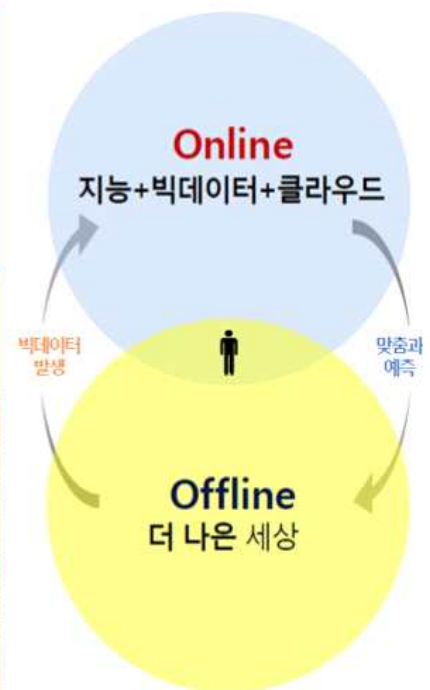
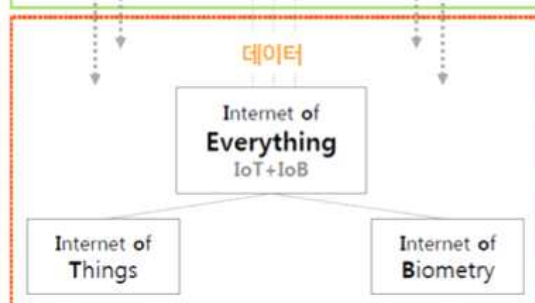


③ 가치 창출



① 데이터 수집

④ 최적화



보 고 서 요 약

(1) 4차 산업혁명과 사물인터넷의 진화

- 4차 산업혁명의 핵심적인 기술은 크게 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 인공지능이라고 할 수 있으며, 데이터를 생성, 수집, 저장, 분석, 서비스하는 일련의 과정으로 구성됨
- 사물인터넷(IoT, Internet of Things)은 현재 데이터의 생성과 수집에 주로 활용되고 있으며, 2020년에는 약 500억 개 이상의 사물들이 등장할 것으로 예상됨
- 대규모의 사물들(즉 IoT 디바이스)을 서로 연결하고 이들이 생성하는 대용량의 데이터를 원활하게 수집하기 위해서는 사물인터넷 기술의 진화가 요구됨

(2) 사물인터넷 정의 및 발전단계

- 2018년 정보통신기획평가원(IITP)의 ICT R&D 기술로드맵 2023에 따르면 사물인터넷을 “인터넷을 기반으로 다양한 사물, 공간 및 사람을 유기적으로 연결하고, 상황을 분석·예측 판단하여 지능화된 서비스를 자율적으로 제공하는 제반 인프라 및 융복합 기술”로 정의하고 있음
- 즉 사물인터넷은 사물의 상태를 전달하는 연결형 사물인터넷의 제한된 기능에서 발전하여 다른 사물들과 상호 소통하여 주변 상황 인지와 자율적 대응까지 수행하는 방향으로 진화할 것으로 예상함
- 이러한 진화의 흐름에 따라 사물인터넷 기술 발전단계를 1단계 연결형(connectivity) 사물인터넷, 2단계 지능형(intelligence) 사물인터넷, 3단계 자율형(autonomy) 사물인터넷으로 규정함
- 또한 사물인터넷 기술 구성을 IoT 센서·디바이스, IoT 네트워크, IoT 플랫폼, IoT 기반 디지털 트윈, IoT 서비스로 분류하고 있으며 기술 발전단계에 따라 기술개발 전략을 제시하고 있음

(3) 사물인터넷 네트워크 기술개발 전략

- 사물인터넷 기술의 발전단계에 따라 사물인터넷 네트워크 기술도 진화할 것이며 특히

이질적인 대규모 네트워크 환경에서 지능적인 네트워크 상황인지 및 자율적 대응을 통해 종단 간(end-to-end) 유연한 연결성 및 품질을 보장하는 “자율형 사물인터넷(IoT) 네트워크” 기술에 대한 필요성이 증가하고 있음

- 자율형 IoT 네트워크 기술개발 전략을 크게 네 가지로 구분하여 제시하고 있으며 다음과 같이 기술하고 있음
- 첫째 IoT 네트워크 기술은 보편서비스를 제공하는 공중망과 사용자의 임베디드 시스템으로 적용되는 로컬망으로 구성되며, 이때 공중망은 5G를 기반으로 IoT 네트워크 인프라를 기반으로, 대규모 IoT는 mMTC(massive Machine-Type Communication), 저지연·고신뢰 IoT는 URLLC(Ultra-Reliable and Low-Latency Communications)를 통해 서비스가 제공되고, 로컬망은 QoS 보장 저지연 네트워크 기술, 이종 통신 기술을 지능적으로 통합하는 지능형 게이트웨이 기술 등 대규모 IoT 무선 구간에서 요구되는 특화 기술 개발을 추진할 것으로 예상
- 둘째 대규모 IoT 네트워크 환경에서 데이터 분석기반의 자가 최적화 및 QoS 제공 기술을 추진할 예정이며, 협업 기반 프로그래머블 IoT 게이트웨이와 고신뢰 연결성·이동성 IoT 게이트웨이 기술 개발이 이루어질 것으로 예상
- 셋째 이질적 통신 방식이 공존하는 대규모 IoT 환경에서 물리적인 네트워크 구성비용을 절감하고 효율적·지능적으로 네트워크를 구성 관리하는 기술개발을 추진할 예정이며, SW 정의 이종 IoT 스위치, IoT 네트워크 가상화 기술 개발이 이루어질 것으로 예상
- 넷째 사람-사물-시공간 및 이기종 IoT 디바이스의 자율적 상호 연결, 대규모 IoT 네트워크가 자율 자동구성 및 치유·복구 되는 네트워크 인파라 기술 개발을 추진할 예정이며, 공간정보 인지기술, CAS-X 기반 네트워크 기술, 무인이동체 통합 네트워크 기술 개발이 이루어질 것으로 예상

※ 시사점

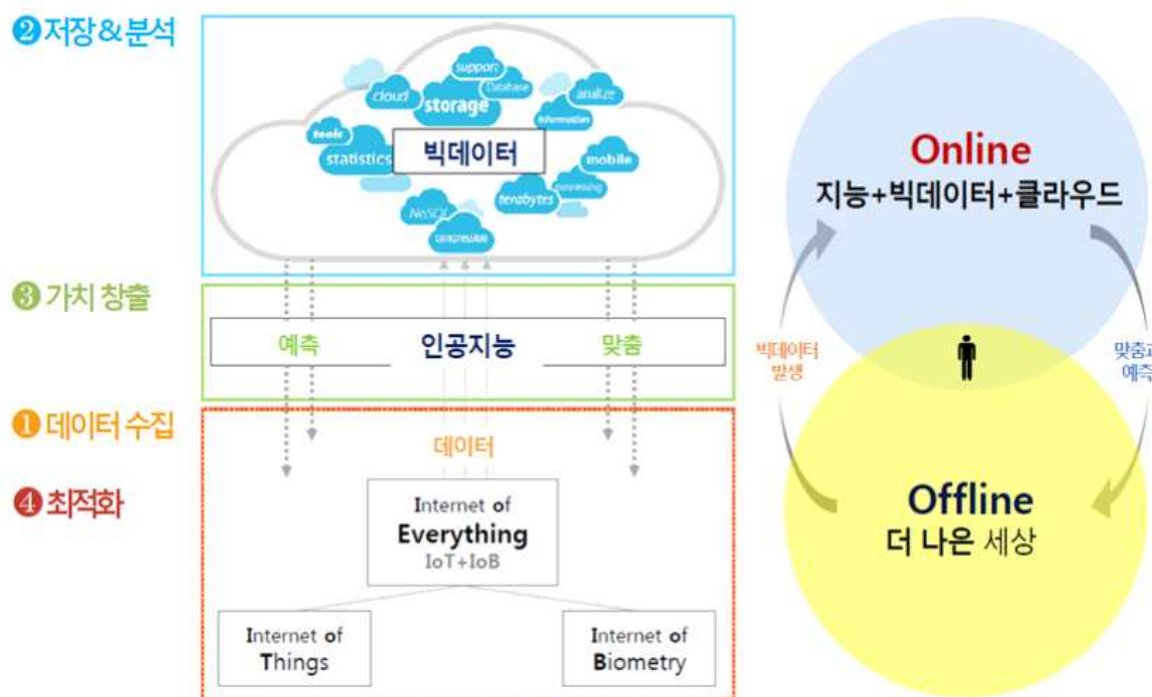
- 사물인터넷은 향후 수많은 지능사물들이 대규모로 연결되어 주어진 상황에 맞게 스스로 조직화하고 각자가 자율성을 갖는 거대한 디지털 유기체가 되어 실세계와 가상세계가 지속적으로 상호작용하면서 스스로 진화할 것으로 예상
- 이에 따라 사물인터넷 기술 구성요소인 네트워크도 자율형 IoT 네트워크로 진화할 것으로 보이며, 네트워크 사업자와 장비(게이트웨이, 스위치등) 개발업체들은 위에 제시된 네 가지 기술개발 전략을 참고하여 지재권 확보와 서비스 및 제품 개발을 추진할 필요가 있음

주요내용

(1) 서론

- 4차 산업혁명을 통해 현실세계와 가상세계가 상호작용하는 초연결 지능 사회가 도래할 것으로 기대하고 있으며, 그림 1과 같이 4차 산업혁명을 실현하기 위해 핵심기술로 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 인공지능 등이 부각되고 있음

그림 1. 4차 산업혁명 핵심기술(이민화, KCERN)



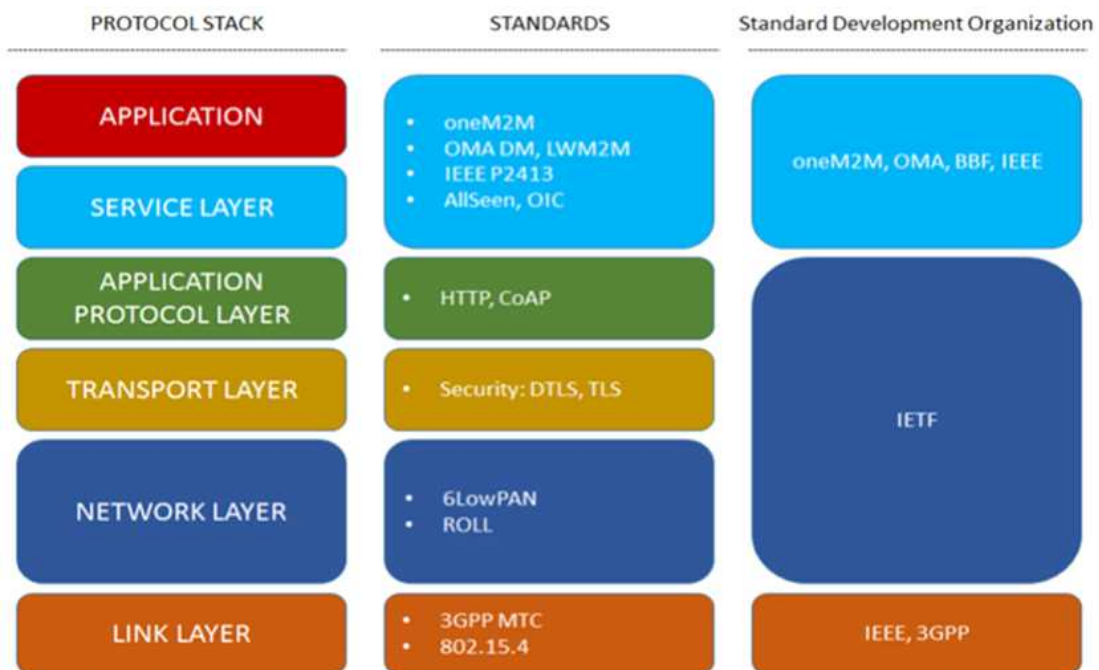
- 4차 산업혁명 핵심기술은 데이터를 생성하고 수집하고 저장하고 분석하여 보다 나은 지능화 서비스를 제공하는 일련의 과정이라고 할 수 있으며, 사물인터넷(IoT, Internet of Things)은 데이터를 생성하고 수집하기 위한 기술로 활용되고 있음
- 2020년 약 500억 개 이상의 사물들이 등장할 것으로 예상되며, 대규모의 사물들이 서로 연결되어 생성하는 대용량의 데이터를 원활하게 수집하기 위해서는 사물인터넷 기술 또한 점진적으로 진화할 필요가 있음

- 본 보고서에서는 2018년 정보통신기획평가원(IITP)에서 발간한 ICT R&D 기술로드맵 2023을 토대로 사물인터넷 기술 구성요소 중 네트워크에 대한 현황을 살펴보고 향후 기술 개발 전략에 대해 소개함

(2) 사물인터넷 개념과 정의

- ITU-T Y.2060에서는 사물인터넷을 “이미 존재하거나 향후 등장할 상호 운용 가능한 정보 기술과 통신 기술을 활용하여 다양한 실재 및 가상 사물 간의 상호 연결을 통해서, 진보된 서비스를 제공할 수 있게 하는 글로벌 인프라스트럭처”로 정의함

그림 2. 통신 프로토콜 스택 및 사물인터넷 표준화 단체



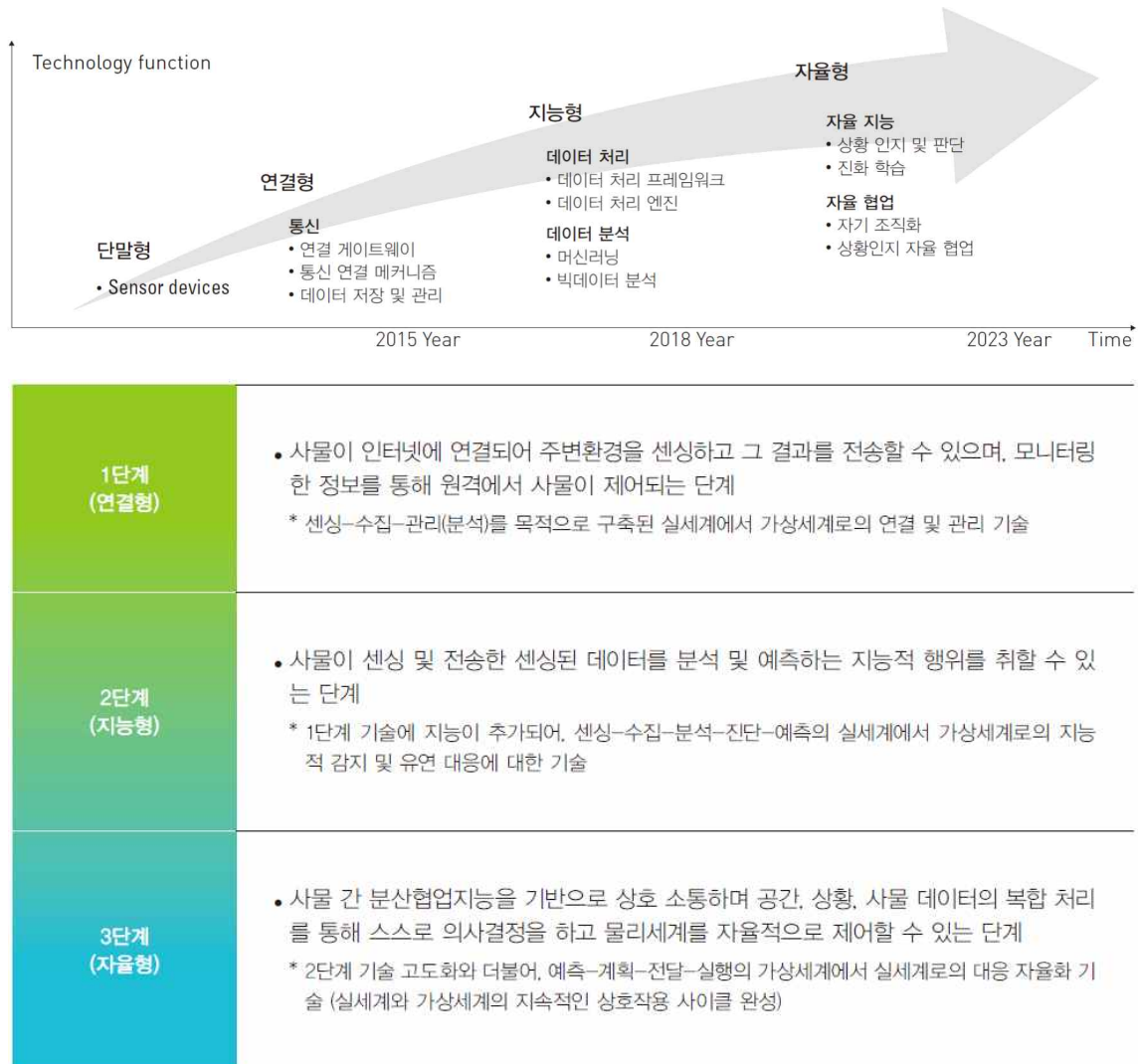
- 통신 프로토콜 스택에 따라 사물인터넷 표준화 단체를 구분하여 도식화하면 그림 2와 같으며, 사물인터넷 표준화 단체 중 oneM2M의 경우 서비스 계층과 애플리케이션 계층에 해당하며 공통 서비스 플랫폼에 대한 아키텍처, 프로토콜, 보안 등에 대한 표준화를 다루고 있고, IETF의 경우 애플리케이션 프로토콜 계층, 트랜스포트 계층, 네트워크 계층의 표준화를 다루고 있으며, IEEE 및 3GPP의 경우 링크 계층의 표준화를 다루고 있음
- 각 표준화 단체는 새로운 요구사항에 대한 기술적 이슈를 발굴하고 이를 표준화하기 위해 노력하고 있으며 제정된 표준은 그림 3의 사물인터넷 아키텍처에 반영됨

그림 3. 사물인터넷 아키텍처(한국지능형사물인터넷협회)



- 과학기술정보통신부 산하 정보통신기획평가원(IITP)에서 2018년에 발간한 ICT R&D 기술 로드맵 2023에 따르면, 사물인터넷을 “인터넷을 기반으로 다양한 사물, 공간 및 사람을 유기적으로 연결하고, 상황을 분석·예측·판단하여 지능화된 서비스를 자율적으로 제공하는 제반 인프라 및 융복합 기술”로 새롭게 정의함
- 그림 4는 사물인터넷 기술 발전단계를 나타내며, 1단계 연결형(connectivity), 2단계 지능형(intelligence), 3단계 자율형(autonomy) 사물인터넷으로 규정함
- 연결형 사물인터넷은 사물이 인터넷에 연결되어 주변환경을 센싱하고 그 결과를 전송할 수 있으며 모니터링한 정보를 통해 원격에서 사물이 제어 되는 단계이고, 지능형 사물인터넷은 사물이 센싱 및 전송한 센싱된 데이터를 분석 및 예측하는 지능적 행위를 취할 수 있는 단계이며, 자율형 사물인터넷은 사물 간 분산협업지능을 기반으로 상호 소통하며 공간, 상황, 사물 데이터의 복합 처리를 통해 스스로 의사결정을 하고 물리세계를 자율적으로 제어할 수 있는 단계임
- 특히 자율형 사물인터넷은 예측-계획-전달-실행의 가상세계에서 실세계로의 대응 자율화 기술이 핵심이며 실세계와 가상세계의 지속적인 상호작용 사이클이 완성되는 단계임

그림 4. 사물인터넷 기술 발전 전망(ICT R&D 기술로드맵 2023)



- 그림 5는 사물인터넷 기술 구성도를 나타내며 IoT 센서·디바이스, IoT 네트워크, IoT 플랫폼, IoT 기반 디지털 트윈, IoT 서비스로 분류하고 있음
- 특히 IoT 네트워크를 나타내는 핵심 키워드로 Massive & Scalable, Time-Sensitive, Reliable, Adaptive & Intelligent를 선정하였으며, Massive & Scalable, Time-Sensitive, Reliable은 연결형 IoT에 해당하고 Adaptive & Intelligent은 지능형+자율형 IoT에 해당함
- 또한 IoT 네트워크를 위한 요소기술로써 저전력 IoT 네트워크 기술, 저지연 IoT 네트워크 기술, Massive IoT 네트워크 기술, IoT 셀룰러 네트워크 기술, 자율형 IoT 네트워크 기술 등이 있음

그림 5. 사물인터넷 기술 구성도(ICT R&D 기술로드맵 2023)



(3) 사물인터넷 네트워크 동향

- IDC에 따르면 전세계 사물인터넷 시장은 2019년 전년대비 15.4%가 증가한 7,450억 달러가 되고 2022년에는 1조 달러이상의 시장으로 성장할 것으로 전망하고 있으며, NCTA에 의하면 산업 각 분야별 사물인터넷의 본격 도입, 센서 가격의 하락 및 실시간 지능형 개인맞춤 서비스가 가능하게 되면서 2020년 약 500억개 이상의 사물이 등장할

것으로 전망함

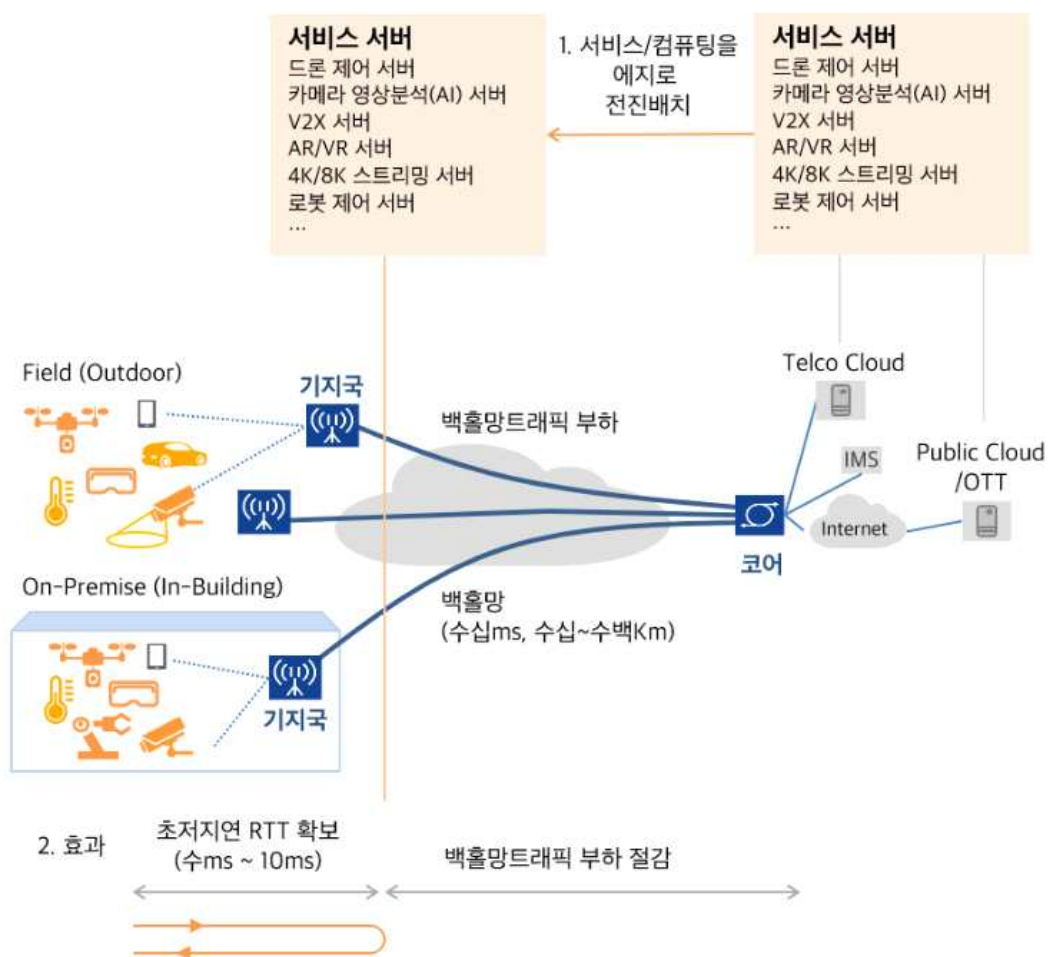
- 특히 Statista에 의하면 스마트홈, 스마트시티(빌딩, 유틸리티, 공공, 교통 등)는 2017년 기준으로 사물인터넷 네트워크의 90% 이상을 차지하고 있으며, 새롭게 각광받고 있는 커넥티드카의 등장으로 인해 더욱더 사물인터넷 시장이 더욱 성장할 것으로 전망
- 사물인터넷 네트워크 분야는 시장 매출의 3%로 낮은 비중을 차지하고 있으나 저전력-광역 네트워크 (LPWA) 기술로 인해 저전력-광역 사물인터넷 네트워크 시장의 급격한 성장이 예상됨
- 실제로 Inkwood Research에 의하면 글로벌 협대역 IoT 시장이 2017년부터 2024년까지 연평균 70.24%씩 성장할 것으로, MaketsandMarkets에 의하면 NB-IoT 시장이 2017년부터 2022년까지 연평균 91.3%씩 성장할 것으로 전망함
- 그림 6은 사물인터넷 네트워크 기술 현황을 나타내며, 면허대역은 5G로 전환 중이며 비면허대역의 로컬 네트워크 기술은 신뢰성과 지연특성에 따라 다양한 형태로 발전 중

그림 6. 사물인터넷 네트워크 기술 현황(ICT R&D 기술로드맵 2023)

구분	주요 현황
국내	<ul style="list-style-type: none"> • 4G LTE 셀룰러 기반 IoT 전용망(NB-IoT, LTE-M/Cat-M1) 기술이 통신사 중심으로 구축 및 확산 노력이 활발히 진행 중. 5G Massive MTC기술은 NSA 모드로 기존 기술의 진화를 추구함 • 비면허대역 IoT 로컬 네트워크는 서비스 특성에 따라 Star형(LPWA)과 Mesh형(Wi-Sun 등)으로 구성되며, 산업체 및 지자체 중심으로 다양한 IoT 요구에 특화되어 개발 및 구축이 추진되고 있음 • 고신뢰·저지연 IoT의 일 예로서, 2017년부터 ETRI에서 셀룰러 기반의 스마트 팩토리 생산 자동화 시스템 구축 기술을 개발하고 있음
국외	<ul style="list-style-type: none"> • 면허대역 LPWA기술은 LTE 기지국을 재활용하는 NB-IoT의 MTC 디바이스를 위한 3GPP 표준으로서 상용화가 진행됨 • 비면허대역 LPWA기술은 Sigfox, LoRaWAN, RPMA 등이 있음. Sigfox는 2009년 France에서 시작하여 47개국에서 서비스되고 있으며, 2018년까지 60개국을 목표로 하고 있음. LoRaWAN은 Cisco, IBM, Alibaba, SK Telecom 등 500개 이상의 LoRa Alliance 회원사와 함께 사업화를 활발히 진행 중. RPMA는 미국내 30개 도시와 30개국 이상에서 서비스되고 있음. • ZSM ISG(Zero-Touch Network and Service Management 산업표준그룹)은 ETSI에서 인텔, 삼성, IBM, 노키아, 화웨이, NEC 등과 함께 추진 중인 새로운 표준 연구 그룹으로 네트워크 및 서비스 관리 및 운영의 복잡성을 탈피하여 클라우드 기반 네트워크 인프라 및 서비스의 Zero touch(완전 자동화) 관리 및 운영기술 연구 • 고신뢰 IoT기술은 산업계 응용을 중심으로 요구사항에 최적화된 개발이 진행되고 있음. 모니터링을 위한 단방향 저속응용은 Wi-SUN 개발과 확산이 진행 중이며, 제어를 위한 고속 양방향 응용은 5G 기술과 함께 다중접속의 로컬 네트워크 기술 개발을 준비 중 • IoT 확산에 따른 메체 다양성으로 연결의 유연성 확대를 위한 IoT게이트웨이와 네트워크 가상화에 대한 연구가 IEEE OmniRAN 등에서 진행 중

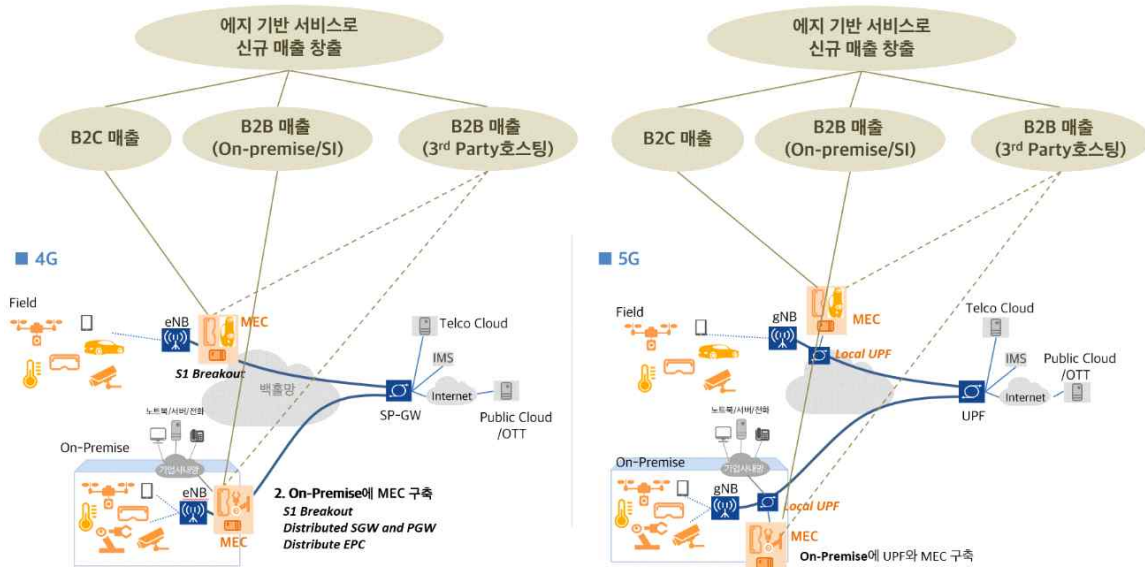
- 현재의 4G 네트워크의 특징은 이동성 관리, 과금 등으로 인해 스마트폰에서 발생한 모든 데이터 트래픽이 중앙의 SP-GW (S-GW, P-GW)까지 전달되고 이후 IP (SGi) 라우팅 되어, 전화(IMS), 인터넷, OTT 등의 IP 서비스를 받을 수 있음
- 그러나 다양한 IoT 디바이스(스마트 카, 드론, 로봇 등)가 출현하고 있는데 이와 관련된 응용서비스들은 수 ms ~ 10 ms 이내의 초저지연을 요구하며 때로는 수백 Mbps ~ 수 Gbps의 대용량 대역폭을 요구할 수 있기 때문에 4G 네트워크 구조로는 수용하기 어려움

그림 7. MEC 기술 개념도 (NETMANIAS TECH-BLOG)



- 이를 해결하기 위해 그림 7과 같은 MEC(Mobile/Multi-access Edge Computing) 기술이 주목을 받고 있음. 이를 통해 IoT 디바이스 가까이에서 서비스를 위한 초저연의 컴퓨팅 또는 프로세싱을 제공할 수 있음
- 국내외 이동통신사업자는 4G 네트워크나 5G 네트워크에 MEC 기술을 도입하기 위해 노력하고 있음

그림 8. 4G 및 5G 네트워크에서의 MEC 기술 적용 (NETMANIAS TECH-BLOG)



- 그림 9는 사물인터넷 네트워크 관련 표준화 현황을 나타내며, 국내의 경우 TTA를 중심으로 국외의 경우 IETF, IEEE, 3GPP, oneM2M, ITU-T 등에서 표준화가 이루어지고 있음

그림 9. 사물인터넷 네트워크 표준화 현황(ICT R&D 기술로드맵 2023)

분야	표준화 현황
국내 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> • (TTA 무선 PAN/LAN/MAN PG(PG907)) LPWA를 위한 차별적 매체접근관리 기술, 물리계층 기술 등의 요소 표준기술 개발이 진행 중 • (TTA 사물인터넷 네트워킹 PG(SPG12)) LPWA IoT 통신 기술, 인터넷 기반 IoT 경량화 프로토콜 기술, 네트워크 적응계층 기술, IoT 에너지 전력 분야 등 표준화 진행 중 * ETRI 등을 중심으로 NFC기반 저전력 무선 IPv6 통신 및 제어 표준기술 개발이 추진 중
국외 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> • (IETF LPWAN WG) 2016년 10월 14일 결성되어, LPWAN 규격을 Informational Document로, CoAP compression과 IP/UDP compression /fragmentation에 대해 Proposed Standard로 IESG에 2017년 제출 • (IEEE) 2018년 3월 회의부터 IEEE802.15.4w TG-LPWA의 LPWA 물리계층과 매체접근제거 기술에 대한 표준화를 시작 • (3GPP RAN) 2016년 6월 Cat-NB1(NB-IoT) 규격을 완성하였으며, 추가 규격의 개발을 진행 중 • (ITU-T SG11) ETRI에서는 IoT Edge 환경에서 인공지능 기술을 활용한 기술 표준(Q.IEC-REQ)을 2017년에 제안하여 개발 중에 있으며, 2018년 하반기에 완료할 예정 • (oneM2M ARC WG) oneM2M 시스템에서 Edge 컴퓨팅을 지원하는 방안 스터디 진행 중으로 기술 보고서 (TR-0052)는 2019년 상반기에 완료하고 이후 아키텍처 규격(TS-0001)에 반영하여 릴리즈 4 신규 기술에 포함될 예정 • (IETF T2TRG/DINRG) ETRI 및 Huawei는 IETF T2TRG 및 DINRG에서 IoT Edge/Fog Computing 관련 표준안을 개발 중 • (ITU-T FG-ML5G) ETRI과 KT는 ITU-T FG-ML5G (Focus Group on Machine Learning for Future Networks including 5G)에서 네트워크 머신 러닝을 위한 use cases와 요구사항 문서를 개발 중

(4) 자율형 사물인터넷 네트워크로의 진화

- 이질적인 대규모 네트워크 환경에서 지능적인 네트워크 상황인지 및 자율적 대응을 통해 종단 간(end-to-end) 유연한 연결성 및 품질을 보장하는 “자율형 사물인터넷(IoT) 네트워크” 기술에 대한 필요성이 증가하고 있음
- 자율형 IoT 네트워크 기술은 대규모 연결이 필요한 IoT 환경에서 저지연·고신뢰를 지원하고 다양한 이종 IoT 네트워크의 통합이 요구되는 무선 IoT 구간 네트워크 기술로 정의하고 있음

그림 10. 사물인터넷 기술로드맵과 자율형 IoT 네트워크(ICT R&D 기술로드맵 2023)

구분		2018	2019	2020	2021	2022	2023	
달성 목표	서비스	긴급구난체계 서비스 	데이터중심 스마트시티 		임무중심 공공 IoT 서비스 		자율형 센싱 서비스 	
		제품	지능형 IoT 디바이스 	초소형 Disposable IoT 디바이스 		복합환경센서 	다중 영상센서 	디지털지능트윈 
	개방형 표준 IoT 디바이스 SW 		초소형 레이더 안전관리시스템 	엣지 GW 	경량데이터분석기 	자율형 GW 	사물 협업 지능 	
자율형 IoT 네트 워크	응용 개발	저전력광역 (LPWA) IoT 네트워크	자율제어 IoT 네트워크				고신뢰·저지연 IoT 인프라	
		자율 협업 IoT 게이트웨이		협업기반 프로그래머블 IoT 게이트웨이 기술		이종 IoT 연결성 및 모바일 IoT 네트워크 게이트웨이 기술		
		IoT 가상 네트워크		SW 정의 이종 IoT 네트워크 스위치 기술				
					이종 IoT 로컬 네트워크 가상화 기술			

- 자율형 IoT 네트워크는 그림 10과 같이 세 가지 카테고리로 R&D가 진행될 예정인데, 첫째 저전력광역(LPWA) IoT 네트워크(2018년), 자율제어 IoT 네트워크(2019년~2021년), 저지연·고신뢰 IoT 인프라(2022년~2023년) 개발을 계획하고 있고, 둘째 자율 협업 IoT 게이트웨이(2018년), 협업기반 프로그래머블 IoT 게이트웨이 기술(2020년~2021년), 이종 IoT 연결성 및 모바일 IoT 네트워크 게이트웨이 기술(2022년~2023년) 개발을

계획하고 있으며, 셋째 IoT 가상 네트워크(2018년), SW 정의 이중 IoT 네트워크 스위치 기술(2020년~2022년), 이중 IoT 로컬 네트워크 가상화 기술(2021년~2023년) 개발을 계획하고 있음

- 정부에서는 자율형 IoT 네트워크를 위해 IoT 네트워크 기술의 다양성으로 발생하는 연결성 보장의 문제와 설치비용 문제를 해결하기 위한 기술 개발과 표준화, 임베디드 시스템으로 적용되는 IoT 로컬 네트워크 R&D를 추진할 예정임
- 자율형 IoT 네트워크 기술개발 전략을 크게 네 가지로 구분하여 제시하고 있으며 다음과 같이 기술하고 있음
- 첫째 IoT 네트워크 기술은 보편서비스를 제공하는 공중망과 사용자의 임베디드 시스템으로 적용되는 로컬망으로 구성되며, 이때 공중망은 5G를 기반으로 IoT 네트워크 인프라를 기반으로, 대규모 IoT는 mMTC(massive Machine-Type Communication), 저지연·고신뢰 IoT는 URLLC(Ultra-Reliable and Low-Latency Communications)를 통해 서비스가 제공되고, 로컬망은 QoS 보장 저지연 네트워크 기술, 이중 통신 기술을 지능적으로 통합하는 지능형 게이트웨이 기술 등 대규모 IoT 무선 구간에서 요구되는 특화 기술 개발을 추진할 것으로 예상
- 둘째 대규모 IoT 네트워크 환경에서 데이터 분석기반의 자가 최적화 및 QoS 제공 기술을 추진할 예정이며, 협업 기반 프로그래머블 IoT 게이트웨이와 고신뢰 연결성·이동성 IoT 게이트웨이 기술 개발이 이루어질 것으로 예상
- 여기서 협업 기반 프로그래머블 IoT 게이트웨이는 대규모 네트워크에서 발생하는 다양한 통신 데이터 분석을 기반으로 네트워크 상황을 인지하고 최적의 네트워크 관리 및 연결성 유지를 보장하는 자율적 네트워크 기술이고, 고신뢰 연결성·이동성 IoT 게이트웨이는 대규모 네트워크 환경에서 공존하는 다양한 유형의 디바이스에 대한 이동성과 서비스 품질 요구사항을 만족할 수 있는 QoS 관리 기술임
- 셋째 이질적 통신 방식이 공존하는 대규모 IoT 환경에서 물리적인 네트워크 구성비용을 절감하고 효율적·지능적으로 네트워크를 구성 관리하는 기술개발을 추진할 예정이며, SW 정의 이중 IoT 스위치, IoT 네트워크 가상화 기술 개발이 이루어질 것으로 예상
- 여기서 SW정의 이중 IoT 스위치는 이중 IoT 통신 디바이스를 지능적으로 인지하여 IoT 네트워크에 수용하는 기술이고, IoT 네트워크 가상화는 물리적인 네트워크와 논리적 네트워크를 분리하여 네트워크 상황에 따라 유연하게 최적의 네트워크를 구성하고 운용하는 네트워크 가상화 기술임

- 넷째 사람-사물-시공간 및 이기종 IoT 디바이스의 자율적 상호 연결, 대규모 IoT 네트워크가 자율 자동구성 및 치유-복구 되는 네트워크 인파라 기술 개발을 추진할 예정이며, 공간정보 인지기술, CAS-X 기반 네트워크 기술, 무인이동체 통합 네트워크 기술 개발이 이루어질 것으로 예상
- 여기서 공간정보 인지기술은 IoT 네트워크 기반 3차원 정밀측위 내장형 자율형 IoT 네트워크 및 통신 시스템 기술이고, CAS-X 기반 네트워크 기술은 주변 상황을 IoT 디바이스가 스스로 인지하여 동작 상태 등을 자율적으로 재구성하는 머신러닝 기반 상황인지 및 자율 재구성(CAS-X) 네트워크 기술이며, 무인이동체 통합 네트워크 기술은 무인이동체 등 상공 디바이스와의 Space-Terrestrial 통합 네트워크 및 Infrastructureless 멀티홉 광역 네트워크 인프라 기술임

(5) 시사점

- 사물인터넷은 향후 수많은 지능사물들이 대규모로 연결되어 주어진 상황에 맞게 스스로 조직화하고 각자가 자율성을 갖는 거대한 디지털 유기체가 되어 실세계와 가상세계가 지속적으로 상호작용하면서 스스로 진화할 것으로 전망
- 사물인터넷 기술이 1단계 연결형(connectivity), 2단계 지능형(intelligence), 3단계 자율형(autonomy)로 진화함에 따라 네트워크 기술도 진화해야 함
- 사물인터넷 기술 구성요소인 네트워크는 자율형 IoT 네트워크로 진화할 것으로 보이며, 네트워크 사업자와 장비(게이트웨이, 스위치등) 개발업체들은 위에 기술개발 전략을 참고하여 핵심키워드인 Massive & Scalable, Time-Sensitive, Reliable, Adaptive & Intelligent와 관련된 지재권 확보가 요구되며, 진보된 IoT 게이트웨이스위치가상화 제품을 개발하고 공간정보와 CAS-X, 무인이동체와 관련된 서비스를 개발할 필요가 있음

사물인터넷 네트워크 동향

주요 통계 사항

(1) 사물인터넷 세계시장(ICT R&D 기술로드맵 2023)



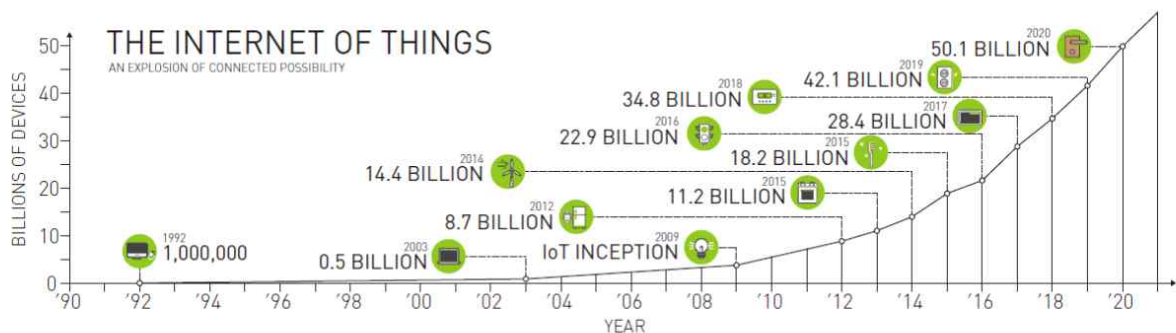
(단위 : 세계시장은 백만달러, 국내시장은 십억원)

구분		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
사물인터넷	세계	695,553	800,000	920,131	1,058,301	1,217,218	1,400,000	1,610,229	1,852,026	15.0%
	국내	5,802	7,163	8,879	11,008	13,646	16,916	20,971	25,997	24.0%

* 세계, IoT 시장 규모 : IDC "Worldwide Semiannual Internet of Things Spending Guide" ('17. 6월) 근거로 추정

* 국내, IoT 시장 규모 : '15년~'17년 실태조사 결과를 근거로 추정

(2) 사물인터넷 디바이스 수 전망(NCTA, National Cable Television Association)



참 고 문 헌

- [1] Vielen Dank, *Create Business Value for Industry with the Internet of Things*, Nov. 2016.
- [2] Oracle, *Digital Twins for IoT Applications - A Comprehensive Approach to Implementing IoT Digital Twins*, Oracle White Paper, Jan. 2017.
- [3] Darrin Lipscomb, *The Need for a Smart City IoT Framework*, HITACH Inspire the Next, Sept. 2017.
- [4] Vernon Turner, *Worldwide IoT 2018 Predictions*, IDC FutureScape, Nov. 2017.
- [5] IHS Markit, *IoT Trend Watch 2017*, 2017.
- [6] Nokia, *IoT Global Trend and NB-IoT Features Roadmap*, Sep. 2017.
- [7] 한국지능형사물인터넷협회, 2018 상·하반기 사물인터넷 제품 및 서비스 편람, 2018년 7월.
- [8] 한상목, 4차 산업혁명의 종합 플랫폼, 스마트시티, 산업기술리서치센터, 2018년 11월.
- [9] 한국지능형사물인터넷협회, 2018년도 사물인터넷 산업 실태조사, 2018년 12월.
- [10] 정보통신기획평가원(IITP), ICT R&D 기술로드맵 2023, 2018년 12월.
- [11] 손장우, 통신사업자의 MEC 수용구조(4G, 5G): IoT 시대에 현재 이통망의 문제와 해결책으로서의 MEC, NETMANIAS, 2019년 1월.
- [12] 한국지능형사물인터넷협회, 사물인터넷 산업 동향, 2019년 3월.