

IEEE 802.15 WPAN 표준 동향

김서욱
LG전자

요약

최근 사물 인터넷(IoT: Internet of Things)이 대두되고 있다. 사물 인터넷이 발달하게 되면 각종 사물에 통신 칩이 내장되어 인터넷에 연결되거나 자체 네트워크를 이루어 인류 삶에 다양한 경험을 제공하게 된다. IEEE 802.15 WPAN(Wireless Personal Area Networks)은 주로 근거리에서 다양한 서비스를 제공하는 무선 통신 표준으로 사물 인터넷에 적용될 수 있는 네트워킹 기술이다[1]. IEEE 802.15 표준의 주요 기술은 저전력으로 동작하는 저가의 소형 통신 칩으로 구현이 가능하기 때문에 각종 사물에 내장되어 오랫동안 동작할 수 있다. 또한 단말과 기지국, 단말과 단말의 연결 등 다양한 토폴로지를 지원하고, 각종 서비스에 필요한 다양한 전송 속도를 지원할 수 있다.

본고에서는 IEEE 802.15 표준이 제공하는 서비스와 이를 제공하기 위한 주요 기술을 소개하고, 최근 표준화 진행 과정을 알아본다.

I. 서론

IEEE 802.15 Working Group은 개인 통신망(WPAN) 표준을 제정하는 전기 전자 기술자 협회(IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers) 산하의 표준 단체이다.

개인 통신망(WPAN)은 IEEE 802.15 WG, 블루투스, 지그비 등의 근거리 통신 위주로 구성되는 통신망이다. 주로 저속, 저전력, 저가의 통신 칩을 이용하여 개인/사물의 상태 정보나 제어 신호를 전송한다.

그러나 최근 유비쿼터스 네트워크(Ubiquitous Networks), 센서 네트워크(Sensor Networks), 사물 인터넷(IoT) 등이 대두되면서 개인 통신망(WPAN)은 다양한 통신 환경을 지원하기 위하여 그 영역을 넓히고 있다. 수 미터의 근거리뿐만 아니라 수 백 미터 이상까지 전송 거리가 확대되고 있으며, 수 kbps의 저속 전송부터 100 Gbps의 초고속 전송을 지원하고, 다양

한 토폴로지도 지원한다. IEEE 802.11n, IEEE 802.11ac와 같이 하위 표준에 알파벳으로 이름을 붙이는 IEEE 802.11 WG과 달리 IEEE 802.15 WG은 IEEE 802.15.1, IEEE 802.15.4처럼 숫자로 구분한다. 그리고 IEEE 802.15.4e, IEEE 802.15.4k처럼 개정 표준 이름에 알파벳을 붙인다.

2015년 2월 현재, IEEE 802.15 WG 산하에 IEEE 802.15.1부터 IEEE 802.15.10까지 하위 표준이 존재하며 각 표준의 간략한 소개는 다음과 같다.

IEEE 802.15.1(Bluetooth™): 2002년에 최초 버전이 발표되었다. Bluetooth v1.1의 PHY/MAC 기술을 정의한다. 이후 몇 가지 기능을 추가하여 Bluetooth v1.2으로 2005년에 개정 표준이 발표되었다. 그러나 현재 주로 쓰이는 Bluetooth는 v4.0 혹은 BLE(Bluetooth Low Energy)로 IEEE 802.15.1과는 관련성이 없다.

IEEE 802.15.2(Coexistence): 2003년에 발표되었다. IEEE 802.11 WG과의 ISM(Industry Science Medical) Band에서의 공존 문제를 다루었다. 현재 IEEE 802.19에서 공존 관련 문제를 다루고 있다.

IEEE 802.15.3(High Rate): 2005년에 발표되었다. 개인 통신망에서 멀티미디어를 위해 고속 전송을 지원하는 표준으로 최대 55 Mbps까지 지원하나 IEEE 802.11n에 밀려 큰 성공을 거두진 못했다. 그러나 이후 60 GHz 대역에서 2 Gbps 이상을 지원하는 IEEE 802.15.3c 개정 표준이 2009년에 발표된 후 시장에서 다른 표준들과 새로이 경쟁 중이다.

IEEE 802.15.4(Low Rate): 2003년에 발표되었다. IEEE 802.15 WG 산하에서 가장 성공한 표준으로 IEEE 802.15.4a부터 IEEE 802.15.4s까지 개정 표준이 완성되었거나 진행 중이다. 개인 통신망에서 저속, 저전력, 낮은 복잡도를 지원하기 위한 표준이다. 전력 소모가 매우 낮기 때문에 배터리로 동작하는 단말들이 수 개월에서 수 년 동안 동작할 수 있다. 다양한 가전제품/센서 등에 탑재되어 생산되고 있다.

IEEE 802.15.5(Mesh Networking): 2009년에 발표되었다. 개인 통신망은 대부분 통신 거리가 짧기 때문에 메시 토폴로지 구조를 이룰 때가 있다. IEEE 802.15.5 표준은 메시 토폴로지

구조를 이루기 위한 주요 기능을 정의한다.

IEEE 802.15.6(Body Area Networks): 2012년에 공표되었다. 주로 의학적 목적을 위하여 인체 근처의 센서간 통신, 센서와 의료 기기간 통신을 지원한다.

IEEE 802.15.7(Visible Light Communications): 2011년에 공표되었다. 가시광선 대역(파장 400nm ~ 700nm)을 이용하여 수 미터 이내에서 최대 수 백 Mbps의 전송 속도를 지원한다. 개정 표준이 작업 중이며 상용 제품들도 곧 출시될 예정이다.

IEEE 802.15.8(Peer Aware Communications): 2016년 공표 목표로 개발 중이다. 대상 인식 통신으로 기지국이나 AP(Access Point) 없이 근처의 단말을 자동으로 발견하고 인식한 후 단말 간 통신을 가능 하게 하는 기술이다.

IEEE 802.15.9(Key Management Protocol): 2015년 말 공표 목표로 개발 중이다. 보안을 위한 Key를 관리하는 메시지와 프로토콜을 정의한다.

IEEE 802.15.10(Layer 2 Routing): 2016년 공표 목표로 개발 중이다. 동적으로 변하는 802.15.4 네트워크에서 효율적인 라우팅을 정의한다.

현재 IEEE 802.15 WG 산하에 9개의 TG(Task Group), 1개의 SG(Study Group), 3개의 IG(Interest Group), 2개의 SC(Standing Committee)가 활동 중이다. 본 고에서는 Task Group 중심으로 2015년 2월까지 IEEE 802.15 WG의 표준화 현황을 알아보고자 한다.

II. 본론

IEEE 802.15 WG에서 정의한 Operation Manual 에 따르면 Task Group은 표준 초안(Draft standard)을 만드는 것이 목표이다[2]. 표준 초안은 반드시 승인 받은 PAR(Project Authorization Requests)문서에서 정의된 범위 내에서 기술되어 하며, PAR문서에서 정의된 기간 동안 완성되어야 한다. 완성된 표준 초안은 IEEE 802.15 WG에서 채택 동의를 받으면 IEEE 802.15 표준에 포함되고 Task Group의 공식 활동이 끝나게 된다.

Task Group이 처음 생성되면 먼저 사용자 환경(Use case, Application)을 정의한다. 추후 개발할 기술/표준이 제공할 서비스와 이를 위한 기술 요구 사항을 정리함으로써 기술 제안서의 범위를 한정하고 목표를 명확하게 한다. 또한 각 기술을 검증하고 비교할 방법론을 정의하여 공식 문서로 채택하기도 한다. 이후 각 TG 멤버로부터 기술 제안서를 받아 표준 초안을 작성한다. 작성한 표준 초안이 완성되어 Task Group 내에서 채택 투표를 통과하면 Working Group(IEEE 802.15 WG)에

채택 투표를 진행한다. 이 과정에 다양한 의견을 받아 완성도를 높인 후, 채택 동의를 통과하여 최종 공표가 된다.

현재 IEEE 802.15 WG 산하에 9개의 Task Group이 있으며 각 Task Group에 대하여 자세히 소개한다.

1. TG3d – 100 Gbit/s Wireless

개요: IEEE 802.15.3 표준의 개정 표준을 만드는 Task Group이다. 테라헤르쯔(THz) 대역과 60 GHz 대역에서 100 Gbps 이상의 전송 속도를 지원하는 것이 목표이다. 고주파 대역의 특성으로 인하여 방향성이 강하고 감쇄가 크기 때문에 통신 거리가 대부분 수 센티미터에서 수 미터 정도이다. 2016년 중 기술 개발을 완료하여 2017년에 공표하는 것이 목표이다.

사용자 환경: Application Requirement Document 문서에서 고려하는 사용자 환경은 다음과 같다[3].

가. 근접 P2P 통신



그림 1. 근접 P2P 통신[3]

스마트폰, 디지털 카메라, 캠코더, 게임기 등의 단말이 근접한 다른 단말 혹은 키오스크 등과 멀티미디어를 전송하거나 파일을 교환하는 환경이다. IEEE 802.15.3d 기술을 이용하면 100 Gbps의 초고속 전송이 가능하므로 영화 한 편을 수 초 이내로 전송할 수 있다.

나. 칩 간 통신

유선을 대체하여 무선으로 칩 간의 통신을 지원하는 환경이다. 수 Gbps의 전송 속도를 요구하는 PCI express나 Display

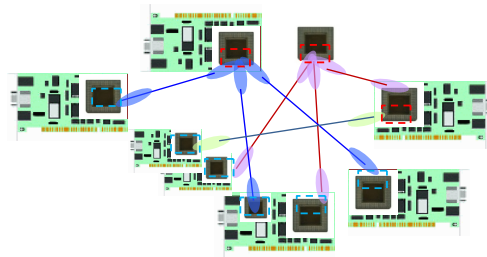


그림 2. 칩 간 통신 [3]

Port 등을 무선으로 연결하기 때문에 복잡한 전선으로 연결할 필요가 없으며 가전제품 내부를 간단하게 구성할 수 있다.

다. 프론트홀(Fronthaul)/백홀(Backhaul)통신

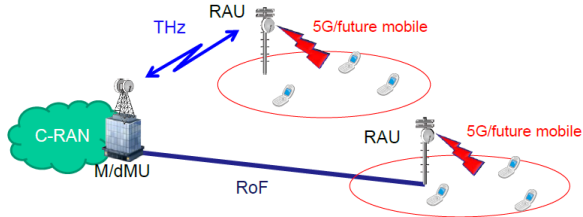


그림 3. 프론트홀(Fronthaul)/백홀(Backhaul) 통신 [3]

기지국(RAU: Radio Access Unit)과 통신 망(C-RAN: Centralized Radio Access Network)을 연결할 때 쓰이는 광케이블(RoF: Radio over Fiber)을 대체하는 환경이다. 광케이블은 설치 비용 및 관리 비용이 크나 IEEE 802.15.3d 무선 통신 기술을 적용하면 그 비용을 크게 줄일 수 있다.

주요 기술: 아직 사용자 환경을 정리하는 단계이기 때문에 구체적인 표준 기술이 제안되지 않았다. 그러나 예상되는 기술을 나열하면 다음과 같다.

- 방향성이 강하고 감쇄가 큰 주파수 특성을 고려한 무선 변복조, 빔 형성 기술
- 주파수 특성을 고려한 간섭 제어 기술
- 초고속 전송을 위한 다중 안테나 기술
- 접근만으로도 통신 링크가 생성되는 빠른 초기 링크 설정 기술
- 전력 소모를 최소화 하는 자원 관리 기술

표준 과정: 2008년 Interest Group THz 가 생성되어 THz 대역에서의 다양한 사용자 환경과 실현가능성, 기대 성능 등이 논의가 이루어졌다. 충분한 검토 후 2013년 7월 SG 100G 가 생성되어 Task Group생성을 위한 준비단계를 시작하였다. 2014년 3월 TG3d 가 생성되었으며 구체적인 기술을 논의하기에 앞서 TG 멤버들은 4가지 공식 문서를 작성하기로 결정하였다. 이 공식문서들은 추후 논의할 구체적인 기술의 밑바탕이 되며 각 기술을 검증하고 비교할 때 사용된다.

- Application Requirements Document(ARD): 사용자 환경과 그 요구 조건을 정리한 문서
- Technical Requirements Document(TRD): 기술적 요구 조건을 정리한 문서
- Channel Modeling Document(CMD): 주파수 대역의 특성을 정리한 문서

-Evaluation Criteria Document(ECD): 기술 검증을 위한 방법을 정리한 문서

2015년 2월 현재 ARD문서가 마무리 단계이며 이어서 TRD, CMD, ECD를 2015년 7월까지 완성할 예정이다. 이후 구체적인 기술에 대한 논의를 시작하여 2016년 중으로 기술 개발을 완료한 후 2017년에 발표하는 것이 목표이다.

2. TG4n – China Medical Band

개요: IEEE 802.15.4 표준의 개정 표준을 만드는 Task Group이다. 중국이 174–216 MHz, 407–425 MHz, 608–630 MHz 대역을 의료 목적의 무선 통신으로 사용 가능하도록 제정함에 따라 이 대역에서의 표준 기술을 정의하기 위하여 2012년 5월에 Task Group이 생성되었다. 수 미터 정도의 거리에서 최대 500 Kbps 속도로 의료 목적의 측정 데이터 및 제어 신호를 전송한다. 2015년 2월 현재 주요 기술 개발이 끝났으며 올 해 중 발표할 예정이다.

사용자 환경: TG4n에서 고려하는 의료 목적의 사용자 환경은 다음과 같다.

가. 의료 센서 측정



그림 4. 의료 센서 측정 [4]

환자 몸에 부착된 각종 센서들을 무선 통신으로 연결하는 환경이다. 무선 통신으로 연결하면 센서 부착이 간단하고 센서로 인한 환자의 불편함이 해소될 수 있다. 의료인이 매번 환자 근처에 있지 않아도 측정 결과를 확인할 수 있다.

나. 환자 관리

차트나 의료 결과를 무선 통신 기기로 전송하여 환자를 보다 쉽게 관리하는 환경이다. 무선 통신을 통하여 환자의 상태를 즉각적으로 확인할 수 있고 저장된 자료를 바로 조회할 수 있다. 의료인이 동시에 여러 명의 환자를 관리할 수 있으면서 즉각적인 상황에 바로 대처할 수 있다.

주요 기술: 해당 대역을 지원하기 위한 물리 계층 기술 위주



그림 5. 환자 관리 [5]

로 정의하였다.

-Offset QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 변복조 및 모뎀 설계 기술

-GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying) 변복조 및 모뎀 설계 기술

표준 과정: 2011년 11월 SG CMB(China Medical Band)가 생성되어 Task Group을 위한 준비단계를 시작하였다. 2012년 5월 TG4n이 생성되어 본격적인 표준 기술 개발을 논의하기 시작하였다. 2012년 9월에 사용자 환경 정의를 완료한 후 구체적인 기술을 개발하기 시작하여 2013년 7월에 최초 버전의 표준 초안 문서가 완성되었다. 이후 기술 완성도를 높이면서 2015년 1월에 기술 개발을 완료했다. 최종 표준 문서는 2015년 중으로 공표될 예정이다.

3. TG4q – Ultra Low Power

개요: IEEE 802.15.4 표준의 개정 표준을 만드는 Task Group이다. 기존의 IEEE 802.15.4 표준을 기반으로 전력 소모를 극도로 줄인 새로운 물리 계층 기술을 추가하기 위하여 2013년 1월에 생성되었다. 주파수 대역은 기존의 IEEE 802.15.4 표준과 동일하게 2.4 GHz 대역과 1 GHz 대역 이하의 대역들이며 최대 1 Mbps의 전송 속도를 지원하면서 물리 계층에서 15 mW 이하의 전력 소비를 유지 하는 것이 목표이다. 2015년 2월 현재 대부분의 기술이 완성되었고 2016년 초에 공표할 예정이다.

사용자 환경: TG4q은 매우 다양한 환경에 적용될 수 있다. 초저전력으로 통신 칩의 수명이 대폭 증가하여 수 년 동안 사용 가능하기 때문에 센서 데이터를 수집하는 다양한 환경에 사용 가능하다.

가. 건물/공장 자동화

건물이나 공장 곳곳에 센서를 설치하여 데이터를 수집하여 자동화하는 환경이다. 주차장에 빈 자리를 알려주거나, 물류의 이동을 무선으로 확인할 수 있다.



그림 6. 건물/공장 자동화 [6]

나. 의료 서비스

각종 의료 센서에 적용하여 보다 편리한 의료 서비스를 제공한다. 인체 내에서 작동하는 센서나 신체에 부착하는 센서는 배터리를 교환하기 어렵기 때문에 긴 수명이 필수적이다. IEEE 802.15.4q 기술을 통해 이를 해결할 수 있다.

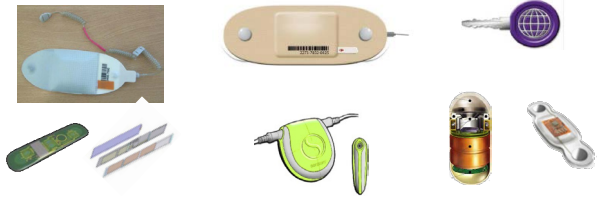


그림 7. 의료 서비스 [6]

다. 사회 기반 시설 관찰

각종 사회 기반 시설에 센서를 부착하여 그 데이터를 통해 시설 관리 및 안전을 보장한다. 다리나 발전소, 댐 등에 유선 통신 칩을 설치하는 것은 거의 불가능하며 배터리를 상시로 교환하는 것도 매우 힘들다. IEEE 802.15.4q 기술을 통해 수 년간 교환이 필요 없는 무선 통신 센서를 제공할 수 있다.

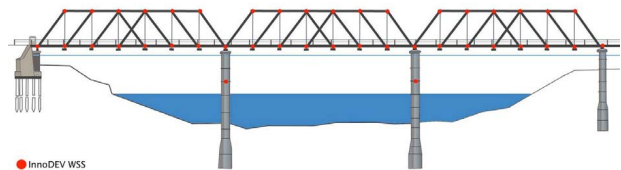


그림 8. 의료 서비스 [6]

주요 기술: 전력 소비를 극도로 줄인 물리 계층 기술을 주로 다루고 있다.

-TASK(Ternary Amplitude Shift Keying) 변복조 및 모뎀 설계 기술

-GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying) 변복조 및 모뎀 설계 기술

표준 과정: 2012년 3월 SG ULP(Ultra Low Power) 가 생성되어 Task Group을 위한 준비단계를 시작하였다. 2013년 1월 TG4q 가 생성되어 본격적인 표준 기술 개발을 논의하기 시작하였다. 2013년 9월까지 기술 요구 조건과 고려 조건을 서술한 TGD(Technical Guidance Document)를 완성하였다[7]. 이 후 구체적인 기술을 개발하기 시작하여 2014년 9월에 최초 버전의 표준 초안 문서가 완성되었다. 이 후 기술 완성도를 높이면서 2015년 1월에 기술 개발을 완료했다. 최종 표준 문서는 2015년 중으로 공표될 예정이다.

4. TG4r – Distance Measurement Technique

개요: IEEE 802.15.4 표준의 개정 표준을 만드는 Task Group이다. 기존의 IEEE 802.15.4 표준에 대상과의 거리 측정 기술을 추가하기 위하여 2014년 5월에 생성되었다. 이미 IEEE 802.15.4a나 IEEE 802.15.4m에서 대상 거리 측정 기술을 일부 다루었으나, TG4r은 이를 통합하여 수 cm 부터 수십 m까지의 다양한 정확도를 가지는 대상 거리 측정 기술을 개발할 예정이다. 2015년 중 기술 개발을 완료하여 2016년에 공표하는 것이 목표이다.

사용자 환경: 대상 거리 측정 기술은 매우 다양한 환경에 적용 가능 하다. TG4r에 제출된 기고를 중점으로 나누면 다음과 같다.

가. IEEE 802.15.4 기술 기반 센서 네트워크

현재 널리 사용 중인 IEEE 802.15.4 기술 기반 센서 네트워크에 적용하여 대상의 위치를 정밀하게 측정하여 조금 더 편리한 서비스를 제공하는 환경이다. 물류 위치를 정확하게 파악하여 오류 없이 배송하거나, 사람의 위치를 파악하여 온도를 조절하고 일정 구역의 접근을 제한하거나 유도할 수 있다.



그림 9. IEEE 802.15.4 기술 기반 센서 네트워크 [8]

나. 의료 서비스

비상 상황을 인지하거나 이를 대비하는 의료 서비스 환경이다. 의료인이 환자의 위치를 파악하여 의료서비스가 적시에 제공될 수 있고 비상 상황을 미리 방지할 수도 있다.



그림 10. 의료 서비스 [8]

다. 교통 관리 시스템

교통 관리 시스템에 적용하여 차량이나 기차 등을 관리하는 환경이다. IEEE 802.15.4r 기술을 통하여 위치를 정밀하게 측정할 수 있으므로 차량이나 기차의 현재 위치를 파악하여 관리 및 제어가 가능하다.

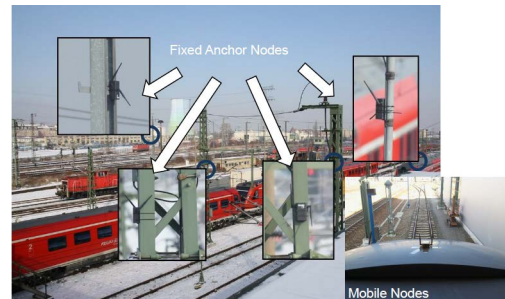


그림 11. 교통 관리 시스템 [8]

주요 기술: 아직 구체적인 표준 기술이 제안되지 않았으나 예상되는 기술은 다음과 같다.

- 수cm부터 수십m까지 정확도를 지원하는 대상 거리 측정 기술
- 측정 정확도 적응 기술
- 측정 결과 송수신 기술

표준 과정: 2014년 1월 SG 4R DMT(Distance Management Technique)가 생성되어 Task Group을 위한 준비단계를 시작하였다. 2014년 5월 TG4r이 생성되어 본격적인 표준 기술 개발을 논의하기 시작하였다. 2015년 1월까지 기술 요구 조건을 정리한 TGD(Technical Guidance Document)를 완성하였다 [9]. 이 후 구체적인 기술을 개발하기 시작하여 2015년 말까지

기술 개발을 완료하고 최종 표준 문서는 2016년 중으로 공표할 예정이다.

5. TG4s – Spectrum Resources Usage in WPAN

개요: IEEE 802.15.4 표준의 개정 표준을 만드는 Task Group이다. 기존의 IEEE 802.15.4 표준에 무선 자원 상황을 측정하는 기능을 추가하기 위하여 2014년 9월에 생성되었다. IEEE 802.15.4는 2.4 GHz 대역과 1 GHz 이하 대역에서 다른 통신 시스템(특히 IEEE 802.11)과 같이 동작한다. 다른 시스템과 공존하고 성능을 유지하기 위하여 무선 자원 측정 기술을 개발할 예정이다. 2015년 중 기술 개발을 완료하여 2016년에 공표하는 것이 목표이다.

사용자 환경: 다양한 네트워크가 사용되는 환경이 주로 고려되고 있다.

가. 다중 개인 통신망

개인 통신망이 다중으로 존재하는 환경에서 IEEE 802.15.4s 기술을 통해 각 개인 통신망의 성능을 보장하는 환경이다. 각 개인 통신망이 측정된 무선 자원 측정 결과를 토대로 네트워크 매니저가 각 개인 통신망이 사용할 무선 자원을 할당한다.

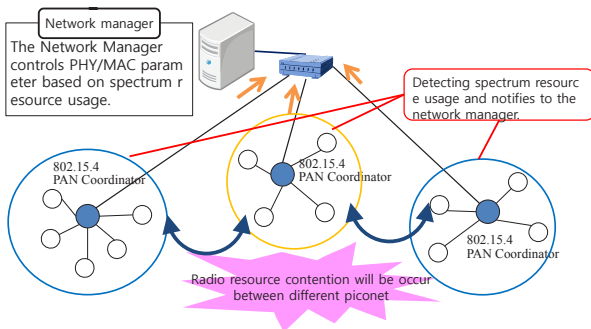


그림 12. 다중 개인 통신망 [10]

나. 의료 서비스

다양한 통신 시스템이 의료 서비스에 적용될 때 IEEE 802.15.4s 기술을 통해 각 통신망의 성능을 보장하는 환경이다. 의료 서비스는 특성상 안정성이 중요하므로 무선 자원 측정 결과를 토대로 각 통신 시스템에 안정적인 무선 자원 배분이 가능하다.

다. 산업 자동화

산업 단지에 다양한 통신 시스템을 적용하여 자동화할 때 IEEE 802.15.4s 기술을 통해 각 통신망의 역할에 따라 자원을

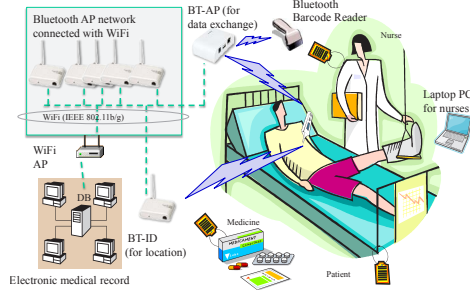


그림 13. 의료 서비스 [10]

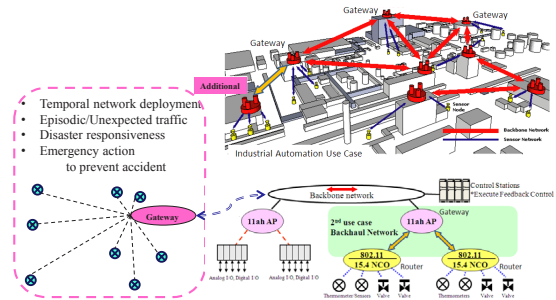


그림 14. 산업 자동화 [10]

배분하는 환경이다.

주요 기술: 아직 구체적인 표준 기술이 제안되지 않았으나 예상되는 기술을 나열하면 다음과 같다.

- 무선 자원 측정 기술
- 측정 결과 송수신 기술

표준 과정: 2014년 1월 SG 4S SRU(Spectrum Resources Usage)가 생성되어 Task Group을 위한 준비단계를 시작하였다. 2014년 9월 TG4s가 생성되어 본격적인 표준 기술 개발을 논의하기 시작하였다. 2015년 9월까지 사용자 환경을 정의하고 기술 요구 조건을 서술할 TGD(Technical Guidance Document)를 완성할 예정이다[10]. 이후 구체적인 기술을 개발하기 시작하여 2016년 중 기술 개발을 완료하고 최종 표준 문서는 2017년에 공표할 예정이다.

6. TG7r1 – Optical Wireless Communications

개요: IEEE 802.15.7 표준의 개정 표준을 만드는 Task Group이다. 기존의 IEEE 802.15.7 표준에 자외선, 적외선 대역에서의 동작을 추가하기 위하여 2015년 1월에 생성되었다. 광학 카메라를 이용한 통신이나 LED-ID, Li-Fi 등을 지원하기 위한 기술을 개발할 예정이다. 2016년 중 기술 개발을 완료하여 2017년에 공표하는 것이 목표이다.

사용자 환경: 현재 TG7r1에서 논의 중인 사용자 환경은 다음과 같다.

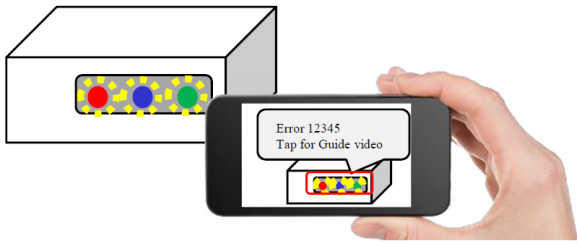


그림 15. Li-Fi [11]

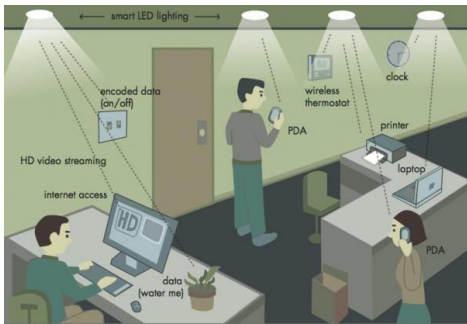


그림 16. LED-ID [12]

가. Li-Fi

IEEE 802.15.7a 기술을 이용하여 Wi-Fi와 같이 고속 인터넷 서비스를 제공하는 환경이다. 주로 실내에서 동작하며 조명이 닿는 모든 위치에 인터넷 망을 제공할 수 있다.

나. LED-ID

LED 전구에 정보를 담아 이를 수신한 단말에게 정보를 제공하는 환경이다. 가전 제품 등에 내장하여 현재 상태 등을 알려 주거나 게시판 등에서 추가 정보를 제공할 수 있다.

다. 광학 카메라 통신

카메라를 통하여 정보를 수신하여 사용자에게 제공하는 환경이다. 자동차에 카메라를 부착하여 주변 시설이나 앞의 차량으로부터 정보를 제공받아 안전 거리를 유지하거나 비상 상황에 대처할 수 있다.

주요 기술: 아직 구체적인 표준 기술이 제안되지 않았으나 예상되는 기술을 나열하면 다음과 같다.

- 적외선/자외선 대역 변복조 및 모뎀 설계 기술
- 적외선/자외선 대역 다중 안테나 기술
- 가시광선 대역을 고려한 간섭 제어 기술
- 가시광선 대역을 고려한 자원 관리 기술

표준 과정: 2014년 1월 SG7a OCC(Optical Camera Communications)가 생성되어 Task Group을 위한 준비단계를 시

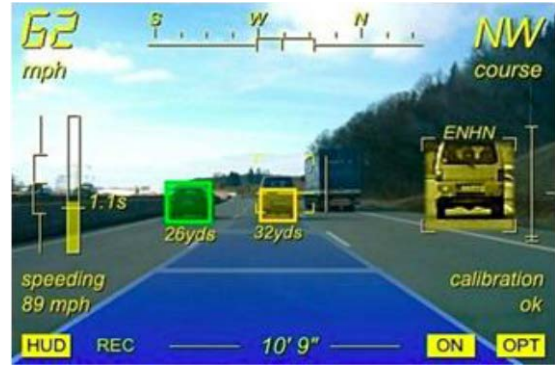


그림 17. 광학 카메라 통신 [12]

작하였다. 2015년 1월 TG7r1이 생성되어 본격적인 표준 기술 개발을 논의하기 시작하였다. 2015년 3월부터 사용자 환경을 정의하는 문서부터 작업할 예정이다. 이 후 구체적인 기술을 개발하기 시작하여 2016년 중 기술 개발을 완료하고 최종 표준 문서는 2017년에 공표할 예정이다.

7. TG8 – Peer Aware Communications

개요: 새로운 IEEE 802.15.8 표준을 만드는 Task Group이다. 기지국 없이 오직 단말간 통신을 지원하기 위하여 물리/링크 계층 기술을 새로 개발하는 것이 목표이다. 주변의 단말과 그 단말이 지원하는 서비스를 빠른 시간에 찾은 후 다양한 단말과 동시에 통신을 하는 기술을 개발할 예정이다. 2015년 중 기술 개발을 완료하여 2016년에 공표하는 것이 목표이다.

사용자 환경: TG8에서 정의한 주요 사용자 환경은 다음과 같다.

가. 소셜 네트워킹(Social Networking)

IEEE 802.15.8 기술을 이용하여 주변의 다른 사람들과 연결되어 소셜 네트워킹 서비스를 제공하는 환경이다. 주변의 친구나 동료를 찾거나 특정 주제로 그룹을 만들어 소셜 네트워킹 서비스를 즐길 수 있다.

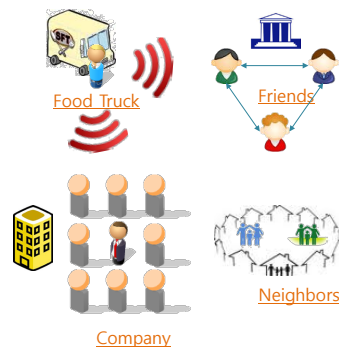


그림 18. 소셜 네트워킹 [13]

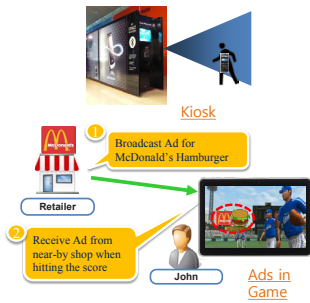


그림 19. 광고 서비스 [13]

나. 광고 서비스

키오스크나 가게에서 광고를 하고 이를 수신한 단말이 관련 서비스를 받는 환경이다. IEEE 802.15.8 기술을 이용하여 주변의 광고 서비스를 빠른 시간에 찾을 수 있다.

다. 재난 통신

재난 상황으로 인하여 통신 망이 붕괴되었을 때 단말 간 통신으로 재빨리 임시 통신망을 개설하는 환경이다. 단말 간 통신으로 개설된 임시 통신망으로 재난 상황이나 대처 방법 등을 주변에 재빨리 알릴 수 있다.

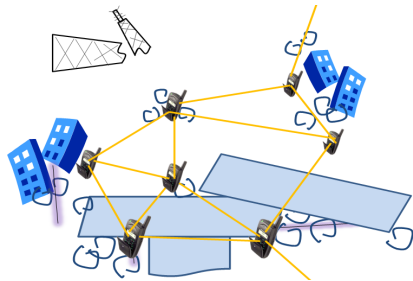


그림 20. 재난 통신 [13]

주요 기술:

- 완전 분산 동기화 기술
- 서비스 및 장치 발견 기술
- 멀티 홉 기술
- 완전 분산 자원 관리 기술

표준 과정: 2011년 9월 SG PAC(Peer Aware Communications)가 생성되어 Task Group생성을 위한 준비단계를 시작하였다. 2012년 5월 TG8 이 생성되었으며 구체적인 기술을 논의 하기에 앞서 TG 멤버들은 2가지 공식 문서를 작성하기로 결정 하였다. 이 공식문서들은 IEEE 802.15.8 기술의 밑바탕이 된다.

"Technical Guidance Document(TGD)": IEEE 802.15.8에 다를 각 기술의 요구 조건과 검증 방법을 정리한 문서이다[14]. 2013년 1월에 완성 완성되었다.

"PAC Framework Document(PFD)": IEEE 802.15.8의 대략적인 기술과 동작 과정을 서술한 문서이다[15]. 2014년 1월에 완성되었다. 2015년 2월 표준 초안 문서가 마무리 단계이며 2015년 5월까지 완성할 예정이다. 이후 표준 완성도를 높인 후 2016년에 공표하는 것이 목표이다.

8. TG9 – Key Management Protocol

개요 및 표준 과정: 새로운 IEEE 802.15.9 표준을 만드는 Task Group이다. IEEE 802.15 산하 표준에 적용할 보안 기술로서 보안 키(Security Key)를 관리하고 전송하기 위한 기술을 개발할 예정이다. 2011년 9월 SG KMP(Key Management Protocol)이 형성되어 Task Group생성을 위한 준비단계를 시작하였다. 2012년 1월 TG9 이 생성되어 2015년 2월 현재 대부분의 기술 개발이 완료되었다. 2015년 중으로 공표될 예정이다. TG9에서는 기존의 IEEE 802.15 표준이 고려하는 모든 사용자 환경에서 동작하는 보안 기술을 다루고 있기 때문에 따로 사용자 환경을 제안하진 않는다.

9. TG10 – Layer 2 Routing

개요: 새로운 IEEE 802.15.10 표준을 만드는 Task Group이다. 메시 토폴로지가 동적으로 변하는 개인 통신망에서 링크 계층 라우팅 기술을 개발할 예정이다. 2015년 중 기술 개발을 완료하여 2016년에 공표하는 것이 목표이다.

사용자 환경: TGD(Technical Guidance Document)에 정의된 사용자 환경은 다음과 같다[16].

가. 스마트 미터링/에너지(Smart Metering/Energy)

가전 제품들과 스마트 계량기들이 메시 토폴로지를 이루어 동작하고 이 들이 전력 상황에 따라서 적절하게 라우팅을 결정하는 환경이다.

나. 스마트 시티(Smart City)

도시에 다양한 무선 측정 기구들이 메시 토폴로지를 이루며 설치되고 이 측정 기구들이 도시 환경에 따라서 동적으로 라우

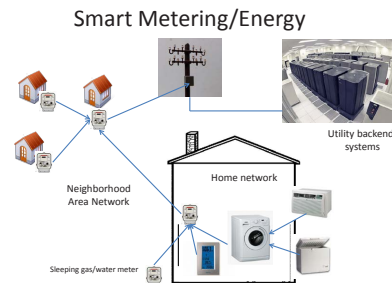


그림 21. 스마트 미터링/에너지 [16]

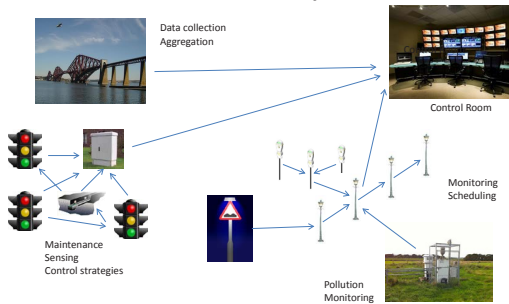


그림 22. 스마트 시티 [16]

팅을 결정하는 환경이다.

표준 과정: 2012년 7월 IG L2R(Layer 2 Routing) 이 생성되어 링크 계층 라우팅 기술에 대한 논의가 이루어졌다. 충분한 검토 후 2013년 1월 SG L2R 이 생성되어 Task Group 생성을 위한 준비단계를 시작하였다. 2013년 9월 TG10이 생성되었으며 2014년 7월에 사용자 환경과 기술 요구 조건을 정리한 TGD (Technical Guidance Document)를 완성하였다[16]. 현재 표준 초안 작성 중이며 2016년에 완성하여 공표하는 것이 목표이다.

Ⅲ. 결론

본고에서는 IEEE 802.15 표준 동향에 대하여 살펴보았다. 기존의 IEEE 802.15 표준 기술은 근거리, 저전력으로 동작하는 저가의 소형 통신 위주였다. 그러나 사물 인터넷이 대두되면서 다양한 사용자 환경에 대한 필요성이 증대되었고 이에 맞춰 IEEE 802.15 WG은 다양한 Task Group을 운영하고 있다. 각 Task Group은 전송 속도, 토폴로지, 주파수 대역, 통신 계층, 전력 소비 등에서 각기 정해진 사용자 환경을 제안하고 그에 맞는 기술을 개발 중이다. 각 Task Group의 기술 개발이 완성되면 사물 인터넷은 인류에게 이제껏 경험하지 못한 놀라운 혜택을 줄 것이 분명하다. 이를 위하여 국내의 다양한 단체에서 표준화와 기술 개발에 적극 참여할 필요성이 있다.

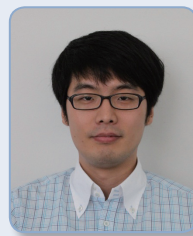
참고 문헌

- [1] IEEE 802.15 Working Group for WPAN: <http://www.ieee802.org/15/>
- [2] Robert F. Heile et al., "IEEE 802.15™ Wireless Personal Area Networks (WPANs) Operations Manual,"

15-10-0235-13-0000-802-15

- [3] Thomas Kürner, "TG3d Applications Requirements Document (ARD)," 15-14-0304-11-003d
- [4] Ning Li et al., "Human Physiological Parameter Monitoring (Application of IEEE802.15.4N)," 15-12-0339-00-004n
- [5] WeiXia Zou et al., "Wireless Medical Application Examples in Modern Chinese Hospital," 15-12-0463-01-004n
- [6] Chunhui Zhu, "ULP Application Summary," 15-13-0478-00-004q
- [7] Shahriar Emami, and Kiran Bynam, "TG4q (Technical Guidance Document) Draft," 15-13-0341-03-004q
- [8] Dietmar Eggert, "Applications for Ranging," 15-14-0044-00-004r
- [9] Dietmar Eggert et al., "TG4r Technical Guidance Document," 15-14-0297-04-004r
- [10] Shoichi Kitazawa, "TG4s Technical Guidance Document," 15-14-0555-03-004s
- [11] Nikola Serafimovski, "What is "LiFi"?" 15-15-0107-01-007a
- [12] Rick Roberts et al., "15.7 Revision: Short-Range Optical Wireless Communications Tutorial," 15-15-0112-02-007a
- [13] Myung Lee et al., "PAC Introduction," 15-12-0046-01-wng0
- [14] Seung-Hoon Park and Sunggeun Jin, "TG8 Technical Guidance Document," 15-12-0568-05-0008
- [15] Byung-Jae Kwak and Seung-Hoon Park, "TG8 PAC Framework Document," 15-13-0328-16-0008
- [16] Noriyuki Sato et al., "Technical Guidance Document," 15-13-0753-19-0010

약 력



김 서 욱

2008년 서울대학교 공학사
 2010년 서울대학교 공학석사
 2010년~2015년 LG전자 CTO 차세대 표준 연구소 주임연구원
 2012년~2014년 IEEE 802.15 TG8 부의장
 관심분야: IEEE 802.11/15 링크 계층 기술