

간편한 IEEE 802.15.4 PAN 구성

주성순 한국전자통신연구원(ETRI) 책임연구원

1. 개요

현재 IEEE 802.15.4-2015 표준은 다양한 PHY와 MAC 기능을 선택하여 근거리 저속 통신, 근거리 고속 통신, 장거리 저속 통신, 품질보장 통신, 저전력 통신 등을 제공할 수 있도록 규격을 제안하고 있다. PHY mode는 4개의 PHY 특성을 제공하는 9개의 PHY modulation과 40개의 data rate 및 20개의 PHY band 중에서 선택하여 구성하여야 한다. MAC mode는 13개의 MAC 특성을 제공하는 8개의 MAC 기능 중에서 선택하여 구성하여야 한다. IEEE 802.3(Ethernet)은 데이터 송수신 primitive에 4개의 파라미터 만 필요하며, IEEE 802.11의 경우 6개가 필요한데 비하여, IEEE 802.15.4는 28개의 파라미터가 선택되어야 한다.

또한, IEEE 802.15.4 표준은 PHY와 MAC 형상 구성의 복잡성뿐만 아니라, IEEE 802.3과 802.11이 EtherType protocol ID를 이용하여 응용 서비스로 직접 메시지를 전달하는 것과 달리 logical link control sublayer 표준 규격이 정의되지 않아 single application/protocol stack 만을 지원하는 문제가 있다.

이에 따라 사물 인터넷 디바이스나 산업용 저전력 디바이스에 IEEE 802.15.4를 채용하는 것에 제한이 있으므로, IEEE 802 WG15는 2016년 IEEE 802.15.4의 형상 구성 복잡성 해소, EtherType 등 상위 계층 프로토콜 식별 인터페이스 제공, 계층 2 fragmentation 제공, 계층 2 라우팅과 보안키 관리 등 계층 2 기능을 통합한 Upper Layer Interface(ULI) 규격을 정의하는 TG12를 구성하였다.

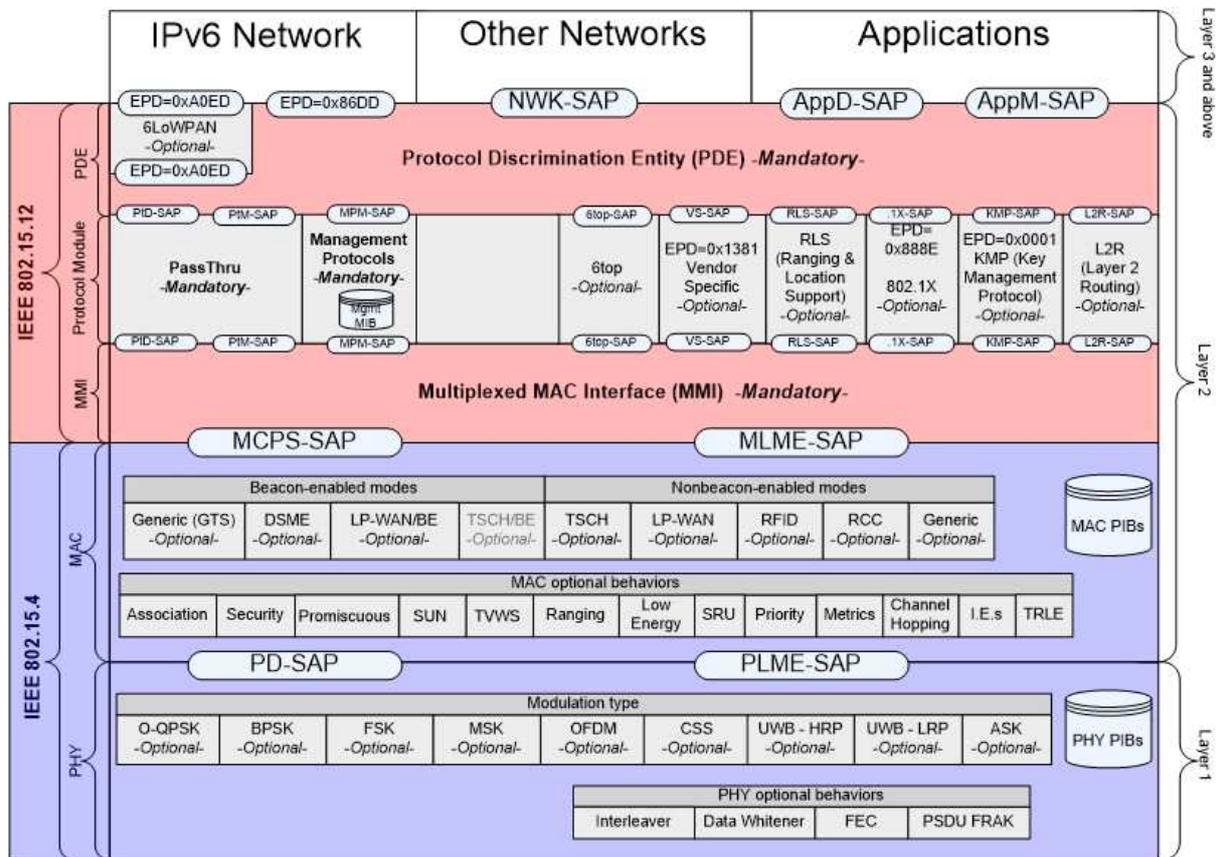
IEEE 802.15.12의 기능 블록은 Protocol Discrimination Element(PDE), IEEE 802.15.4 layer 2 Protocol Module(PM), Multiplexed MAC Interface(MMI) 등으로 구성된다.

PDE는 상위 계층으로부터 입력된 정보를 적합한 PM으로 전달하기 위하여 수정하거나, PM SAP으로부터 입력된 정보를 적합한 상위 계층 SAP으로 전달하기 위하여 수정한다. PDE 상위 계층으로부터 전달된 datagram은 사전에 Management Protocols entity에 의해 구성된 디바이스 형상에 따라 전달될 PM SAP을 결정한다. 상위 계층으로 향하는 SAP은 ULI header에 의해 결정되며, PDE는 ULI header를 제거하고, 적합한 header로 재조정한다. 상위 계층의 protocol type 으로 EtherType을 지원한다.

PM은 higher layer SAP과 IEEE 802.15.4 SAP 사이에서 PDE, MMI와 함께 intelligent interface와 다중 상위 계층 응용을 지원하기 위한 모듈이다. 필수 모듈은 Management Protocol Module(MPM)과 PassThru Module(PTM)이다. MPM은 상위 계층으로 받은 configuration data

를 사용하여 PHY와 MAC의 Configuration parameters를 제공하거나, 다른 protocol module 또는 management protocol module로 전달한다. 또한, managed objects를 모니터링 한 정보를 상위 계층에 제공하거나 디바이스 형상 구성에 적용하며, ULI-capable 디바이스를 탐색한다. PTM은 상위 계층 응용이 직접 IEEE 802.15.4 디바이스를 액세스할 수 있는 인터페이스를 제공한다. MCPS-SAP을 통해 상위 계층의 메시지가 전달되도록 IEEE 802.15.4 primitive를 구성하며, 하위 계층의 MCPS-DATA.confirm과 MCPS-DATA.indication primitive로 받은 메시지를 상위 계층에 전달한다.

MMI는 PM SAP으로 부터 입력된 정보를 적합한 MAC SAP으로 수정하여 전달하거나 MAC SAP으로부터 입력된 정보를 적합한 PM SAP으로 수정하여 전달한다. MMI는 ULI function에 의해 전달되는 packet의 multiplex와 fragmentation을 수행하고, 해당 ULI IE를 formatting 하거나, 프레임의 payload에 적합한 header를 prepending한다.



[그림 1] ULI Functional Decomposition

미국은 IETF와 ISA에서 IEEE 802.15.4e TSCH를 지원하는 6tisch 와 6top, ISA 100.11a 표준을 개발하였고, 이에 적합한 ULI 구조로 PDE, PM, MMI 기능을 제안하고, TG12에서 표준 개발을 주도하고 있다.

IEEE 802.15 TG12 표준은 2016년 5월 TG 공식 승인 후, 현재 인터페이스 구조를 설계 중이며, 2019년 11월 WG letter ballot, 2021년 1월 sponsor ballot, 2021년 7월 RevCom 승인을 목표로 한다.

2. 본 회의 쟁점사항

이번 회의의 주요 쟁점인 Profile 구조 설계와 Profile 변환 기능의 위치에 대하여 토의하였고, PM의 구조와 인터페이스 설계 예로 L2R module의 구조 설계 제안과 API를 검토하였으며, ULI data flow에 대하여 토의하였다.

우리나라가 제안하여 채택된 IEEE 802.15.4e, 4g, 4k 기술과 IEEE 802.15.4 PHY/MAC에 관련 기 보유 표준 특허들이 활용될 수 있도록 IEEE 802.15 TG12에서 표준 초기부터 구조 설계, primitive 제안 등 전략적으로 표준화를 추진하고 있다.

IEEE 802.15 TG12에서 IEEE 802.15.4e의 DSME MAC을 적용한 PAN을 구성하기 위하여 필요한 ULI profile 표준 기고로, IEEE 802.15-19-0104-01-0012, 'Profiles for configuring the DSME-enabled PAN'을 제안하였다.

ULI profile을 최적으로 설계하는 절차를 제안하였고, 이에 따라 DSME enabled PAN을 구성하고, DSME MAC operation에 관련된 parameter를 4개의 DSME 전용 profile 그룹과 20개의 common profile 그룹으로 제안하였다. ULI 내 profile information base의 위치와 configuration conversion의 수행 위치도 제안하였다.

ULI의 profile 설계를 체계적으로 제안한 첫 발표였으며, 제안한 DSME MAC 전용 profile과 common profile은 TG12에서 채택되었다. 제안된 내용은 TG12의 baseline document 인 IEEE 802.15-16-0656-20-0012, 'ULI Mandatory Elements Operation'에 반영하기로 하였다.

3. 향후 전망

TG12 ULI 표준이 IoT 디바이스에게 다양한 IEEE 802.15.4 PHY와 MAC을 선택하여 간편하게 형상을 구성할 수 있는 기능을 제공함에 따라, IoT 용 IEEE 802.15.4 관련 칩과 모듈 시장의 규모 증가가 예상된다.

ULI 표준은 2020년까지 개발되는 IEEE 802.15.4 표준을 수용할 수 있도록 확장될 것으로 예상되며, 최종 표준안 확정까지 우리나라가 제안하여 채택시킨 IEEE 802.15.4e, 4g, 4k 기술과 보유 표준 특허들이 포함될 수 있도록 활동할 예정이다.

2019년 7월 회의에 우리나라가 제안하여 표준으로 채택된 TRLE, TMCTP를 ULI에 적용할 수 있도록 관련 profile과 SAP interface를 제안할 예정이다.

IEEE 802.15.12 권고안 제정 이전에 TTA PG907(근거리 무선통신 프로젝트그룹)과 IEEE 포럼에서 표준을 검토하고, 국내 표준안을 개발할 예정이다.