

스마트그리드를 위한 AMI 및 HEMS 관련 요소 기술 현황

Technical Trends of AMI and HEMS for Smart Grid Implementation

김해용 (H.Y. Kim)	실시간SW연구실 선임연구원
정종수 (J.S. Jeong)	실시간SW연구실 연구원
차우석 (W.S. Cha)	실시간SW연구실 선임연구원
신규상 (G.S. Shin)	실시간SW연구실 책임연구원
김선태 (S.T. Kim)	실시간SW연구실 실장

* 본고는 ETRI 내부연구과제 '스마트&그린 빌딩용 자가충전 지능형 센서노드 플랫폼 개발' 수행의 일환으로 작성됨.

탄소 배출을 완화하려는 국제적인 노력 중의 일환으로, 전력 시스템에 ICT 기술을 접목시켜 전력 공급자와 소비자 간에 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율성을 제고시키기 위한 스마트그리드가 최근 각광받고 있다. 그 중에서도 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 및 HEMS(Home Energy Management System) 구축은 국내에서도 가장 먼저 수행되고 있는 스마트그리드 관련 사업 중의 하나이다. 이 사업을 위해 필요한 기술로는 관련 서비스 제공을 위한 스마트 에너지 프로파일 2.0, 다수의 장치 간 네트워크 구성을 위한 ZigBee IP, 마지막으로 장치들에 내장되어 제어를 담당하는 임베디드 운영체제 등이 있다. 본고에서는 이러한 세 가지 요소 기술의 현황에 대해 하나씩 살펴보고자 한다.

2013
Electronics and
Telecommunications
Trends

임베디드 소프트웨어 &
시스템반도체 기술 특집

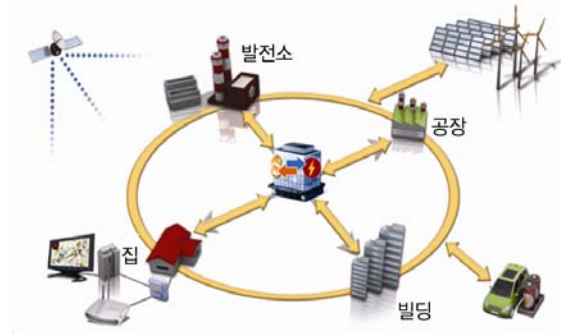
- I. 머리말
- II. 스마트 에너지 프로파일 2.0
- III. ZigBee IP
- IV. 초소형 임베디드 운영체제, NanoQplus
- V. 맺음말

1. 머리말

1. 스마트그리드

스마트그리드란 단어 그대로 기존의 전력망(grid)에 지능(smart)을 부여하여 다양한 이로운 효과를 얻고자 하는 기술이다. 개선의 방향은 발전소, 송배전, 가정, 공장, 빌딩 등의 여러 분야에 걸쳐 다양하게 적용될 수 있는 만큼 스마트그리드는 이를 바라보는 입장에 따라 다양하게 정의될 수 있으며, 스마트그리드 구현을 위해 요구되는 기술들도 역시 마찬가지로 매우 다양하다. 따라서 스마트그리드가 무엇인가에 대해서 명확하게 정의를 내리는 것보다, 가장 먼저 기존 전력망의 어떠한 단점을 보완하기 위해 어떤 요소 기술을 어느 분야에 적용함으로써 스마트그리드를 세상에 처음으로 선보일 수 있는지 생각해 보는 것이 좋다.

스마트그리드가 아직 상용화되어 구축되었다고 말하기 이르지만, 이미 스마트그리드와 관련하여 전 세계적으로 많은 사업이 진행 중에 있으며 국내에서도 제주스마트그리드 실증단지에서 스마트그리드 사업이 진행 중에 있는 만큼, 현 단계에서 스마트그리드에 대해 모두가 동의할 수 있는 정의를 내리는 것은 어려운 일이 아닐 것이다. 현재 국내에서 스마트그리드는 기존 전력망의



〈자료〉: 지식경제부, “스마트그리드 국가로드맵,” 2010. 1. 25.

(그림 1) 스마트그리드의 개념(전력망+ICT)

에너지 생산/소비 간 불균형으로 인한 낮은 효율성을 제고시키기 위해 (그림 1)과 같이 ICT(Information and Communications Technology)를 접목하여 전력 공급자와 소비자 간에 양방향 실시간으로 전력 정보를 교환함으로써 전력망의 효율성을 높이는 것을 말한다[1]. 이러한 흐름은 기후변화협약에 따른 CO₂ 배출 절감 및 에너지 생산에 사용되는 수입 원료 비용을 줄이기 위한 정부의 정책과 예비전력 보유로 인해 낭비되는 전력을 최소화하고자 하는 공급자, 그리고 에너지 사용 비용을 실시간으로 확인하고 절약하고자 하는 소비자의 요구가 모두 충족되기 때문에 매우 빠르게 사업이 진행되고 있다. 〈표 1〉은 국내 스마트그리드 구축 계획에 따른 현재와 미래의 전력망 특성을 비교한 것이다.

〈표 1〉 현재 전력망과 스마트그리드의 비교

구분	2010 전력망	2030 스마트그리드
통신	단방향, 비실시간	양방향, 실시간
소비자와 소통	제한된 범위	다양한 범위
미터링	전자기계적 미터링	디지털 미터링, RTP 가능
운전	수동 감시, 정기적 유지보수	자동 감시, 상태 기반 유지보수
발전	집중식	집중식+분산전원
전력 제어	제한적	자동, 광범위
신뢰도	신뢰도 낮음, 사고 파급, 수동 대비	신뢰도 높음, 사고 한정 또는 자동 치유, 자동 대비
복구	수동	자가 복구
시스템 토폴로지	수직상, 정해진 방향 전력흐름	네트워크, 다양한 전력 흐름

〈자료〉: 지식경제부, “스마트그리드 국가로드맵,” 2010. 1. 25.

2. AMI+HEMS, 협의의 스마트그리드

스마트그리드는 기본적으로 전력망을 일컫는 것이고 이는 전력 공급의 시작점인 발전소에서부터 전력의 소비자인 가정까지 모두를 아우르는 방대한 분야이다. 통신망 측면에서도 우리나라의 경우 궁극적으로는 국가 전체라는 거대 규모의 네트워크 연결 및 관리를 고려해야 한다. 단순히 규모가 거대할 뿐만 아니라 전력 공급의 시작점인 발전소에서부터 계층적인 연결을 통해 전력 소비가 이뤄지는 가정, 빌딩, 공장까지 각 계층별로 스마트그리드 구축을 위해 필요로 하는 기술이 매우 상이하다. 나아가 동일하게 전력 소비가 이뤄지는 가정, 빌딩, 공장 간에도 요구사항 및 환경이 달라지기 때문에 서로 다른 기술이 사용되어야 한다. 그리고 전력망, 통신망의 기술적인 측면 이외에 서비스를 고려한 응용 기술도 추가적으로 개발이 필요하다. 이렇게 스마트그리드 구축을 위해 필요한 기술이 매우 방대하기 때문에 국내에서 진행 중인 제주스마트그리드 실증단지 역시 지능형 소비자, 지능형 운송, 지능형 신재생에너지, 지능형 전력망, 지능형 전력시장 등 5개 분야로 나누어 스마트그리드 사업을 진행 중에 있다[2].

이 중 지능형 소비자 사업은 기존에 AMR(Automatic Meter Reading) 장치를 사용하여 각각의 가구에서 청구서 발행을 위한 정보를 전력 공급자에게 단방향으로 보내주던 것을 스마트 미터 등의 장치를 통해 최종적으로는 AMI(Advanced Metering Infrastructure)를 구축하여 양방향 통신이 가능하도록 하는 사업이다. 여러 가구에 설치된 스마트 미터들을 전력 공급자의 종단망에 해당하는 DCU(Data Concentration Unit)와 연결하여 NAN(Neighborhood Area Network)을 구성함으로써 양방향 통신이 가능해지면 소비자는 전력 공급자의 실시간 요금정보를 받아 볼 수 있고, 전력 공급자는 소비자의 시간대별 사용량 정보를 수신해 MDMS(Meter Data Management System)에서 활용할 수 있게 된다.

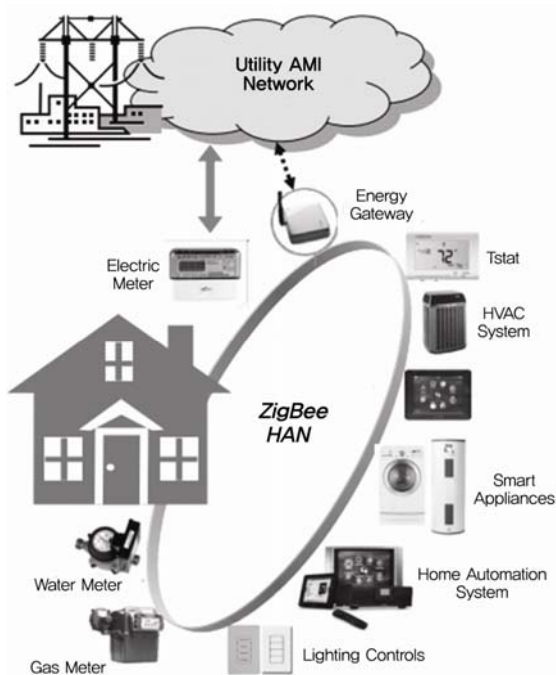
지능형 소비자 사업은 이러한 AMI 구축 이외에도 가정 내에서는 다양한 스마트 가전기기를 연계시켜 HAN(Home Area Network)을 구성하고 IHD(In-Home Display)를 통해 에너지 사용에 대해 모니터링 및 관리를 하며, 나아가 HEMS(Home Energy Management System)에서 AMI로부터 수신된 실시간 전기요금 및 현재 사용량 등의 정보를 바탕으로 사용자의 개입 없이 자동으로 에너지 사용량을 관리해주는 내용도 포함하고 있다.

본고에서는 방대한 스마트그리드 시스템 중 AMI와 HEMS에 초점을 맞추어 이와 관련된 기술 요소의 현황을 파악해 보고자 한다. 따라서 이후로 언급되는 스마트그리드는 AMI와 HEMS로 대변되는 협의의 스마트그리드 시스템을 일컫는 것이며 통신망 측면에서도 네트워크란 NAN 및 HAN에 국한된 협의의 의미로 사용한다.

II. 스마트 에너지 프로파일 2.0

스마트그리드 구현에 필요한 요소를 최상위 계층부터 살펴보면 그 첫 계층에 자리잡고 있는 표준 중의 하나가 바로 스마트 에너지 프로파일(Smart Energy Profile: SEP) 2.0이다. 스마트그리드의 가장 큰 특징 중의 하나가 소비자가 에너지의 생산 및 사용을 관리하는 것인데 이를 위해선 다양한 장치 간에 정보교환이 필요하다. 스마트 에너지 프로파일 2.0은 이러한 장치 간 상호 운용성 제공을 위한 표준으로 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)가 지정한 스마트그리드의 상호 운용성 표준 중 하나[3]이다.

스마트 에너지 프로파일 2.0은 스마트 미터, IHD, HEMS 등 전기 설비 장치 및 스마트 가전 간 상호 호환을 위하여 표준화된 장치 정의 및 장치 간 통신을 위한 인터페이스를 제공한다. 보안, 서비스 탐색, 장치의 전원 및 네트워크 상태, 수요 반응 및 부하 제어, 전력 측



〈자료〉: EE Times, Nov. 25th, 2008.

(그림 2) HAN 구성 및 AMI와의 통신을 위한 SEP2.0

정, 요금 계산, 청구 및 지불 등의 다양한 응용 계층 메시지를 규격을 정의하고 있어 계량기 원격 검침뿐만 아니라 기기의 에너지 수요 제어, 실시간 요금 정보와 같은 서비스의 제공에도 사용이 가능하다. (그림 2)에서 볼 수 있듯이, 스마트 에너지 프로파일 2.0은 에너지 소비자인 가정 혹은 빌딩 내의 다양한 기기들 간에 정보 교환을 위한 네트워크 형성을 가능하게 하며 궁극적으로는 공급자와의 연결고리도 만들어준다.

응용 계층에서 정보 교환을 위해 사용되는 스마트 에너지 프로파일 2.0은 데이터 통신을 위해 HTTP를 사용할 것을 요구한다[4]. HTTP의 하위에서 동작하는 통신 프로토콜은 데이터 전송에 있어서의 신뢰성을 보장해 줄 수 있다면 어떤 프로토콜이 사용되든지 상관은 없지만, 통상적으로 HTTP는 TCP/IP상에서 동작하는 만큼 장치 간 상호 운용성을 위해 TCP/IP를 지원하는 통신 매체를 이용하는 것이 바람직하다. TCP/IP를 지원하는

통신 매체로는 우리가 흔히 알고 있는 유선통신 방식의 이더넷, 무선 통신 방식의 WiFi, 블루투스 등이 있다. 하지만 프로토콜의 복잡도나 비용, 전력 사용량 등의 이유로 앞서 언급된 통신 매체보다는 유선 통신용으로는 PLC, 무선 통신으로는 ZigBee가 에너지 서비스를 위해 적합한 통신 매체로 평가받고 있다. 이 중에서도 NAN 및 HAN을 구성하는데 현재 가장 주목 받고 있는 ZigBee 무선 통신에 대해서는 다음 장에서 자세히 살펴 보도록 한다.

스마트 에너지 프로파일 2.0 표준은 ZigBee Alliance와 HomePlug Powerline Alliance에 의해 주도되었으며 2011년 8월부터는 공동 인증 및 시험 프로그램 개발을 위한 컨소시엄에 Wi-Fi Alliance 및 HomeGrid Forum도 참여하고 있다. 2013년 2월 현재 Revision 0.9, Version R32의 draft 상태[4]이며 Zigbee Alliance 홈페이지에서 무료로 다운받아 볼 수 있다. 많은 관련 단체 및 주요 업체들이 관심을 갖고 참여하고 있는 만큼 앞으로 AMI 및 HEMS와 같은 스마트그리드 시스템 구축을 통한 스마트그리드 혜택의 소비자 전달을 위한 대표적인 국제표준안이 될 것으로 예상된다.

III. ZigBee IP

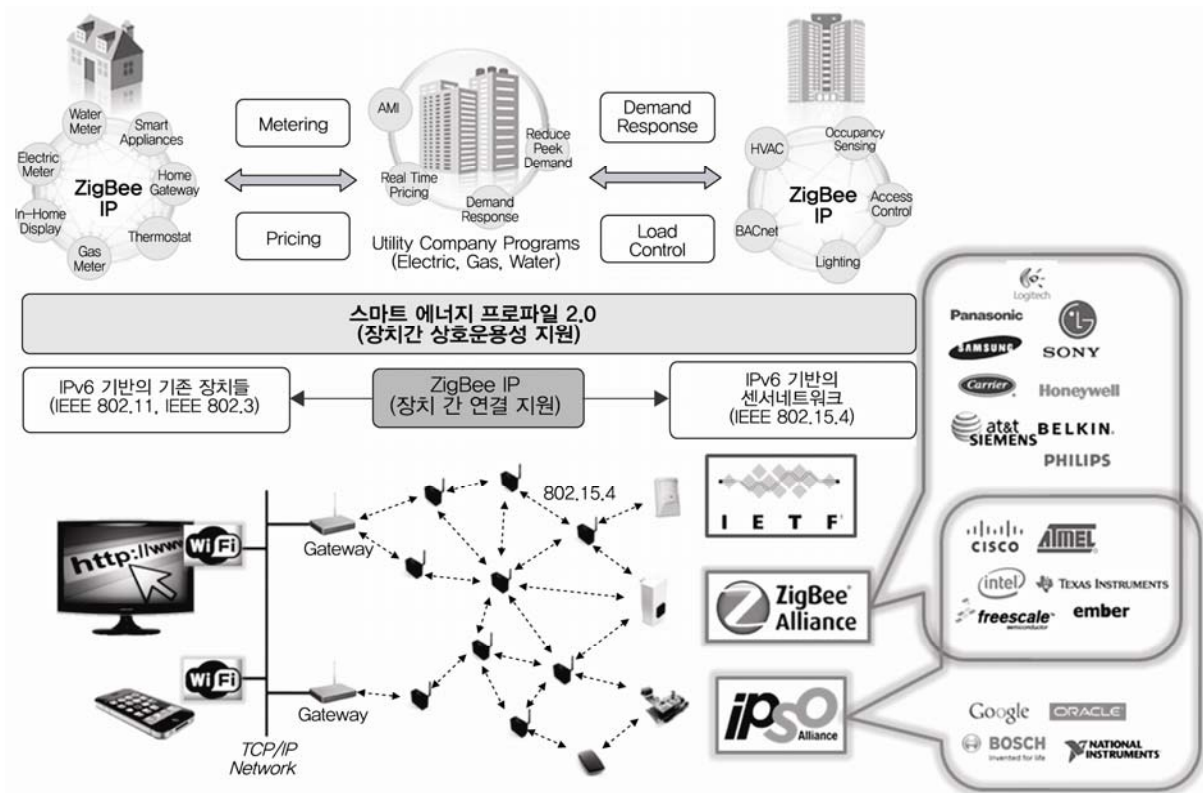
ZigBee 통신이라 하면 통상적으로 에너지를 적게 소비하며 상대적으로 낮은 대역폭을 갖는 IEEE 802.15.4 기반의 무선통신을 일컫는 경우가 많다. 하지만 엄밀하게 ZigBee와 IEEE 802.15.4가 의미하는 바는 다르다. IEEE 802.15.4는 단순히 통신 매체(PHY 및 MAC 계층)를 의미하지만 ZigBee는 장치들이 메시 네트워크(mesh network)를 구성할 수 있는 네트워크 계층을 포함한 개념이기 때문이다. ZigBee Alliance에 의해 제안된 네트워크 스택은 ZigBee 이외에도 ZigBee Pro, ZigBee IP가 있으며 본 장에서는 ZigBee IP의 현황에

대해 살펴보도록 한다.

처음 IEEE 802.15.4에 이목이 집중되었을 때만 해도 상위의 네트워크 계층 프로토콜 개발은 ZigBee Alliance와 IETF(Internet Engineering Task Force) 6LoWPAN(IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks) WG(Working Group) 표준화 기구로서 양립이 불가능한 프로토콜을 내세움으로 인해 대결 양상으로 진행되었다. 하지만 이러한 양상은 ZigBee Alliance에서 스마트 에너지 프로파일 2.0 표준화를 진행하면서 IEEE 802.15.4 이외의 다양한 통신 매체를 사용하는 장치들을 포용하기 위해 IP 기반의 네트워크 스택을 고려하기 시작한 뒤로 변화가 생기게 되었다. 기존에 ZigBee Alliance에서 보유하고 있던 ZigBee, ZigBee Pro 네트워크 스택이 아닌 IETF 6LoWPAN WG으로 대변되는 IPv6 기반의 네트워크 스택을 사용하기로 한 것이다.

이렇게 하여 탄생을 준비하고 있는 것이 바로 ZigBee IP이며 이는 6LoWPAN, ROLL(Routing Over Low power and Lossy networks) 등의 IETF WG에서 제창된 표준을 기반으로 구성된 네트워크 스택이다. ZigBee IP는 단순히 표준을 받아들일 뿐만 아니라, 역으로 IETF WG에 요구사항을 전달하고 프로토콜을 제안하여 더욱 견고한 IETF 표준 제정을 돕는 역할을 하고 있다.

이러한 이유로, 한 때는 IEEE 802.15.4가 ZigBee와 구분될 필요가 있었지만, 최근에는 IEEE 802.15.4와 관련된 네트워크 스택이 ZigBee가 유일하고 대표적이기 때문에 IEEE 802.15.4를 일컫기 위해 ZigBee라는 단어가 많이 사용되고 있다. 아마도 많은 사람이 IEEE 802.11을 WiFi라고 부르고 IEEE 802.3을 이더넷이라고 부르는 것과 동일하게 생각하기 때문에 ZigBee란 말이 더욱 유행했는지도 모른다. 다만 상황에 따라 ZigBee



(그림 3) 스마트 에너지 프로파일 2.0과 ZigBee IP의 역할

가 IEEE 802.15.4 통신 매체를 일컫는 것인지 아니면 ZigBee, ZigBee Pro, ZigBee IP와 같은 네트워크 스택 중 하나를 일컫는 것인지 명확히 구별할 필요는 있겠다.

(그림 3)에 표현된 것처럼 IEEE 802.15.4 상위에서 동작하는 ZigBee 스택 중에서 스마트 에너지 프로파일 2.0에서 사용 가능한 네트워크 스택은 앞서 잠시 언급한 대로 현재 표준화가 진행중인 ZigBee IP이다. ZigBee, ZigBee Pro와 같은 기존의 네트워크 스택은 스마트 에너지 프로파일 2.0용으로는 사용할 수 없다. ZigBee IP 네트워크 스택의 구성은 (그림 4)와 같으며 각 계층은 다음과 같은 역할을 수행한다.

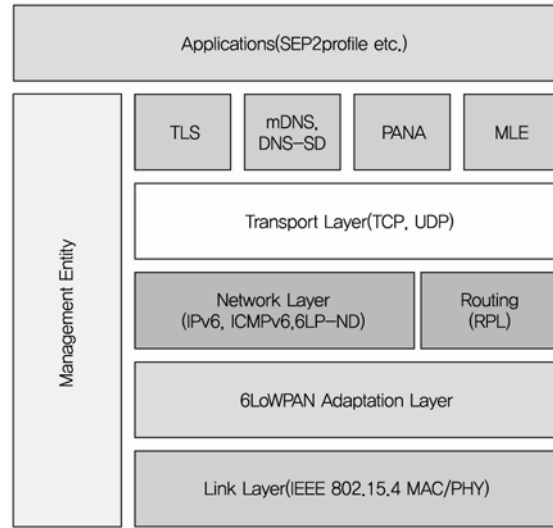
1. Link Layer(PHY/MAC)

ZigBee IP의 link layer는 IEEE 802.15.4-2006 표준을 따르지만 IEEE 표준에서 제시된 모든 기능이 구현될 필요는 없다. 예를 들어 비컨모드, GTS(Guaranteed Time Slot)와 같은 기능은 ZigBee IP에서 제외된다. association 및 disassociation과 같은 제어 메시지도 마찬가지로 ZigBee IP에서 지원할 필요가 없는 것들이다.

이외에도 표준에서는 장치의 성능 및 용도에 따라 지원해야 하는 기능을 두 가지로 나누어 정의하고 있는데 일반적인 ZigBee IP 장치는 표준에서 정의된 RFD(Reduced Function Device) 기능이 구현되어야 하며 router 및 coordinator로 사용되는 ZigBee IP 장치의 경우는 표준에서 정의된 FFD(Full Function Device) 기능이 구현되어야 한다.

2. 6LoWPAN Adaptation Layer

IEEE 802.15.4 link layer는 태생 자체가 저전력을 지향하여 낮은 전송 속도만을 지원하기 때문에, 상대적으로 방대한 IPv6 데이터는 다룰 수 없으며 이러한 문제를 해결해 주기 위해 둘 사이에 추가된 계층이 바로



(그림 4) ZigBee IP 네트워크 스택의 구성

6LoWPAN adaptation layer이다. 즉, 본 계층을 통해 MTU(Maximum Transmission Unit)가 127byte인 IEEE 802.15.4에서 최소 MTU가 1,280byte인 IPv6의 요구사항을 만족시킬 수 있다. 이를 위해 6LoWPAN adaptation layer에서는 Fragmentation(RFC 4944)과 Header Compression(RFC 6282) 기능이 수행된다.

하지만 앞서 link layer와 마찬가지로 ZigBee IP에선 IETF의 6LoWPAN WG에서 정의한 표준 전체를 지원할 필요는 없으며 특히 ZigBee IP는 “Mesh-under routing configuration”을 사용하지 않기 때문에 mesh addressing header 부분은 제외된다.

3. Network Layer

ZigBee IP에서는 IPv6(RFC 2460), ICMPv6(RFC 4443) 프로토콜을 사용한다. Fragment, AH(Authentication Header), ESP(Encapsulating Security Payload)와 같은 IPv6 extension header들은 제외된다. 다만 IEEE 802.15.4 link layer의 목적 자체가 저전력이므로 통신으로 인한 전력 소모를 고려해야 하고, 멀티홉 네트워크를 구성할 경우 다른 link layer에 비해 상대적으로

패킷 손실률이 높기 때문에 IETF 6LoWPAN WG에 의해 정의된 6LP-ND(6LoWPAN-Neighbor Discovery, RFC 6775)와 IETF ROLL WG에 의해 정의된 RPL(IPv6 Routing Protocol for LLNs, RFC 6550) 및 MRHOF(Minimum Rank with Hysteresis Objective Function, RFC 6719) 프로토콜이 추가적으로 사용된다.

4. Transport Layer

ZigBee IP에서는 응용 데이터들(data plane)은 TCP 및 HTTP를 통해 전송되며, 제어 메시지들(Control Plane)은 TCP 및 HTTP와 함께 UDP(User Datagram Protocol)를 사용한다. 따라서, 연결 지향적인 TCP(RFC 793) 프로토콜과 및 비연결 서비스를 제공하는 UDP(RFC 768) 모두를 반드시 지원해야 한다.

5. 인증, 보안 및 기타 계층

인증 및 보안과 관련한 PANA(Protocol for Carrying Authentication for Network Access, RFC 5191), EAP(The Extensible Authentication Protocol, RFC 3748), TLS(Transport Layer Security version 1.2, RFC 5246) 표준과 네트워크 내 장치와 링크의 특성 정보 교환을 위한 MLE(Mesh Link Establishment protocol) 표준으로 구성된다.

IV. 초소형 임베디드 운영체제, NanoQplus

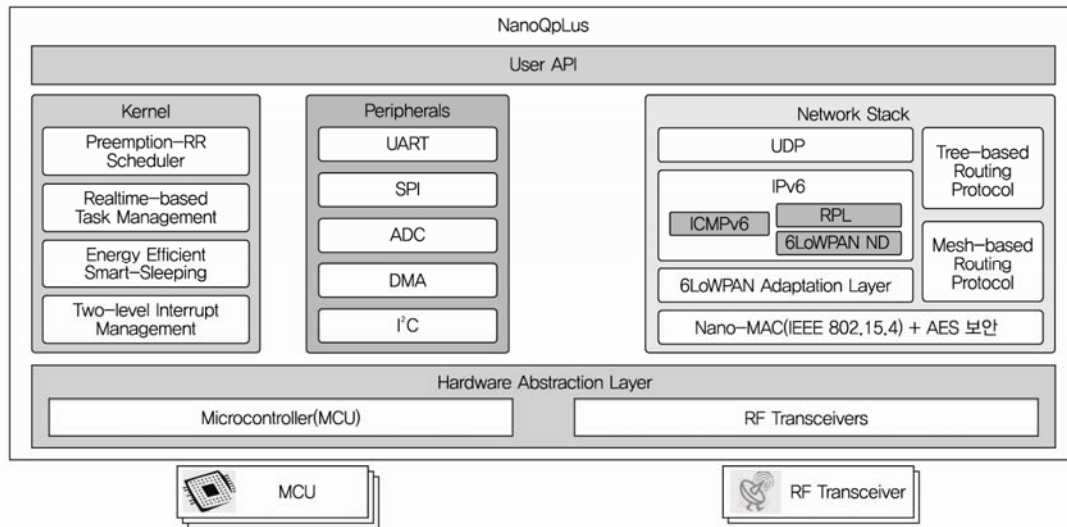
스마트그리드 구현에 필요한 최종 요소는 임베디드 운영체제이다. 운영체제는 각 장치의 특성에 맞게 해당 장치를 운영하고, 사용자의 요구사항을 받아 처리하며, 다양한 서비스 제공을 위해 망을 구성하여 필요한 데이터 교환이 이뤄질 수 있도록 한다. 따라서 스마트그리드 구축에 사용되는 장치들을 위한 운영체제는 앞서 언급

한 ZigBee IP 네트워크 스택을 포함하고 있는 것이 좋다. 그리고 장치들의 하드웨어 자원 역시 매우 제한적이므로 다양한 임베디드 운영체제 중에서도 초소형 사이즈를 지니는 임베디드 운영체제가 적합할 것이다. 이러한 운영체제들은 흔히 이전에 센서 네트워크용 운영체제, 센서노드용 운영체제라 불리던 것들이며 대표적으로 Contiki[5], TinyOS[6], 그리고 한국전자통신연구원 에서 개발한 NanoQplus[7] 등이 있다. 이들은 모두 현재의 트렌드를 반영하여 IETF 프로토콜들을 경쟁적으로 수용하고 있어, 향후 스마트 에너지 프로파일 2.0 적용과 ZigBee IP 도입을 고려하고 있다면 우선적으로 고려하게 될 임베디드 장치용 운영체제들이 될 것이다.

여러 운영체제 중에서도 본 연구원에서 개발한 NanoQplus는 센서 네트워크가 이슈였던 2007년 10월에 ATmega128, MSP430 코어로 제작된 다양한 센서노드 플랫폼에서 사용 가능한 2.3버전을 최초로 일반에 공개하였으며, 이후로 계속 업데이트가 이루어져 현재는 STMicroelectronics, Energy Micro, 삼성 등에서 개발된 ARM Cortex-M 코어 기반의 다양한 칩셋도 지원하고 있다.

NanoQplus의 커널은 멀티태스킹을 지원하며, 하드웨어적으로 중첩 인터럽트 처리를 지원하지 않는 코어를 위해 소프트웨어적으로 중첩 인터럽트를 지원하면서도 메모리 오버플로우 문제로부터는 자유로운 two-level 인터럽트 관리 모듈을 포함하고 있다. 또한 RTC 기반으로 동작하는 커널은 실시간 기반의 태스크 관리를 가능케 한다. 각 기능을 위한 모듈들은 (그림 5)와 같이 세분화되어 이미지 사이즈를 최소화시킴으로써 제품 개발 비용의 절감 효과도 얻을 수 있다.

NanoQplus의 네트워크 스택은 최초 공개 버전에서 mesh 및 tree 기반의 네트워크 구성을 지원하였다. 현재는 앞서 언급한 ZigBee IP 표준 대부분을 지원하고 있으며, IETF 및 ZigBee Alliance에 의한 표준의 추가, 변경 및 삭제 부분 역시도 계속해서 반영하고 있어 스마



(그림 5) NanoQplus 구성도

트그리드를 위한 장치들을 개발 중인 업체라면 임베디드 운영체제로서 NanoQplus의 사용을 고려해 보는 것이 좋다.

V. 맺음말

본고에서는 2009년 12월 제주스마트그리드 실증단지 구축사업을 시작으로 본격화된 우리나라의 스마트그리드 사업 중에서도 일반 소비자와 가장 밀접한 연관을 지니고 있으며, 또한 생활에 큰 변화를 가져다 줄 것으로 기대되는 지능형 소비자 관련 요소 기술들에 대하여 살펴 보았다. 지능형 소비자 사업은 AMI를 활용한 전력 관리 효율화를 목표로 양방향 통신 기반의 에너지 관리 자동화시스템을 구축하고자 하는 사업으로서, 다음과 같은 세 가지 요소 기술을 필요로 한다. 첫째로 다양한 서비스 제공을 위한 스마트 에너지 프로파일 2.0 표준, 둘째로 장치 간 통신 호환을 위한 ZigBee IP 네트워크 스택, 마지막으로 장치들에 내장되어 제어를 담당하는 임베디드 운영체제이다.

물론 본고에서 언급된 기술 및 표준만이 정답은 아니며 이외에도 다양한 대안이 존재한다. 하지만 그럼에도 불구하고 본고에서 언급된 기술 및 표준은 다른 대안보

다 실현 가능성이 매우 높고 그만큼 경쟁 기술에 비해 상대적으로 앞서있기 때문에, 기본적으로 동향을 파악하고 장점과 한계점을 알아두는 것이 좋다.

용어해설

스마트 에너지 프로파일 2.0 ZigBee Alliance에서 주도 중인 스마트 미터, IHD, HEMS 등 전기 설비 장치 및 스마트 가전 간 상호 운용성 제공을 위한 표준으로 미국 NIST가 지정한 스마트그리드 상호운용 표준 중의 하나

ZigBee IP 스마트 에너지 프로파일 2.0을 IEEE 802.15.4 PHY/MAC상에서 지원하기 위해 필요한 다양한 계층에 대한 표준으로 6LoWPAN, RPL 등의 IPv6 기반의 네트워크 스택뿐만 아니라 TLS, PANA 등의 보안계층도 포함.

약어 정리

6LoWPAN	IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks
6LP-ND	6LoWPAN-Neighbor Discovery
AMI	Advanced Metering Infrastructure
AMR	Automatic Meter Reading
DCU	Data Concentration Unit
EAP	The Extensible Authentication Protocol
FFD	Full Function Device
HAN	Home Area Network
HEMS	Home Energy Management System
HTTP	HyperText Transfer Protocol

ICT	Information and Communications Technology
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IHD	In-Home Display
IP	Internet Protocol
MAC	Media Access Control
MDMS	Meter Data Management System
MLE	Mesh Link Establishment protocol
MRHOF	Minimum Rank with Hysteresis Objective Function
MTU	Maximum Transmission Unit
NAN	Neighborhood Area Network
NIST	National Institute of Standards and Technology
PANA	Protocol for Carrying Authentication for Network Access
RFC	Request for Comments
RFD	Reduced Function Device
ROLL	Routing Over Low power and Lossy networks

RPL	IPv6 Routing Protocol for LLNs
RTP	Real-Time Pricing
SEP	Smart Energy Profile
TCP	Transmission Control Protocol
TLS	Transport Layer Security
UDP	User Datagram Protocol
WG	Working Group

참고문헌

- [1] “지능형전력망의 구축 및 이용촉진에 관한 법률,” 제1장 제2조, 2011. 5. 24.
- [2] 제주스마트그리드 실증단지. <http://smartgrid.jeju.go.kr>
- [3] NIST, “NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards,” Release 1.0, Jan, 2010.
- [4] Zigbee Alliance, “Smart Energy Profile 2.0 Application Protocol Specification,” 2012. 07. 26.
- [5] Contiki OS. <http://www.contiki-os.org/>
- [6] Tiny OS. <http://www.tinyos.net/>
- [7] NanoQplus OS. <https://sites.google.com/site/nanoqplus>