

스마트 에너지 프로파일 기반의 맥내 전력정보표시장치용 지그비 통신 모듈 개발

이준희*, 권준수*, 조은정*, 문병호**
 대한전선(주)*, 티씨앤코(주)**

Development of zigBee module based on Smart Energy profile for IHD

Jun-Hee Lee*, Jun-Su Kwon*, Eun-Jung Cho¹, Byung-Ho Mun**
 Taihan Electric Wire Co., Ltd*, TEC&CO**

Abstract - AMI환경에서 맥내 전력정보표시장치가 코디네이터로서 지그비 네트워크를 운용할 수 있도록 모듈 형태의 지그비 모듈을 개발함에 있어서, 스마트 에너지 프로파일 기반의 지그비 통신 어플리케이션 펌웨어와 무선으로 송수신한 정보를 IHD에 전달하기 위한 UART 프로토콜을 설계하였다. 실제 제주실증단계의 가옥에서 시험한 결과, 정상 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

아래의 <그림 2>은 개발한 지그비 모듈로서, 지그비 통신 칩은 32Bit Arm Cortex-M3와 IEEE 802.15.4 통신 기능이 SoC된 Ember社의 EM357을 이용하였다. IHD와 UART 통신을 위한 인터페이스 부분에서는 데이터 송수신뿐만 아니라 DC 5V의 전원도 입력받아 사용하도록 하였고, RS485기능도 설계하였지만 본 논문에서는 사용하지 않아 실장하지 않았다. 모듈간의 최대 통신거리는 400m로 평균 PER(Packet Error Rate)은 20.340%로 측정되었다.

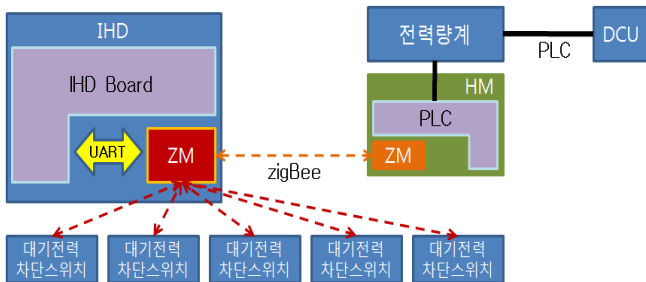
1. 서 론

최근 에너지 자원 관리에 대한 관심이 높아지면서 지능형 전력망 즉, 전력 회사와 소비자 간의 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 전력 공급의 안정화와 에너지 효율을 높이는 스마트 그리드에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 AMI(Advanced Metering Infrastructure)는 AMR(Auto Meter Reading)의 단순한 원격 검침 기능뿐만 아니라, 정보 제공 및 연동을 위한 전력 서비스 정보화 인프라로서 스마트 그리드 운용에 필요한 핵심 시스템이다[1]. AMI는 전력을 통합 관리하는 전력 회사의 상위 시스템인 지능형 전력정보관리시스템(MDMS: Measured Data Management System)과 전력 회사와 수용가의 지능형 전력량계를 연결하는 지능형 전력서비스 네트워크(SUN: Smart Utility Network), 그리고 지능형 전력량계(Smart Meter), 마지막으로 소비자들의 에너지 절약을 유도하는 수요반응기기(Home DR)로 구분할 수 있다. 여기서 소비자들은 맥내 전력정보표시장치(IHD: In Home Display)를 통해서 전력 사용량이나 요금, 온실가스 배출량을 확인하고 가전기기를 제어하여 자발적으로 에너지 절약을 시도하게 된다. 이때 IHD는 가정내에서 지능형 전력량계와 가전 기기들간에 지그비 네트워크를 구성하고, 직접 코디네이터가 되어 네트워크 관리 및 엔드바이스 제어를 수행해야 하기 때문에 지그비 통신 기능이 필요하다. 통신 프로토콜은 ZigBee Alliance가 스마트 그리드에 적용 가능하도록 정의한 스마트 에너지 프로파일 1.0(SEP: Smart Energy Profile)을 표준으로 사용한다.

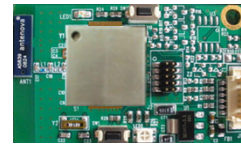
본 논문은 IHD가 코디네이터로서 지그비 통신을 수행할 수 있도록 SEP 1.0 기반의 RF모듈 어플리케이션 펌웨어를 개발하고, 실제 주거 환경에서 대기전력차단스위치를 엔드바이스로 적용시켜 제어 및 전력정보를 읽기 시험을 진행한 것을 기술하였다.

2. 본 론

스마트 그리드 제주실증사업의 스마트 플래스 분야에서는 IHD가 스마트 가전기기를 제어하고 전력 정보를 표시할 뿐만 아니라, 와도 에너지 정보를 전달받아 표시하는 코디네이터 역할을 수행해야 한다. 개발한 지그비 모듈은 SEP 1.0을 기반으로 설계하였기 때문에 본 논문에서는 <그림 1>과 같이 같은 프로토콜을 적용한 대기전력차단스위치와의 지그비 네트워크 연동만을 범위로 한정하여 개발하고 시험하였다.



<그림 1> 가정 내의 지그비 네트워크 구성



<그림 2> 지그비 통신 모듈

2.1 IHD용 어플리케이션 펌웨어 개발

스마트 에너지 프로파일은 ZigBee Alliance에서 지그비 무선 네트워크를 활용하여 수요 반응과 에너지 관리용 스마트 어플리케이션에 대한 통신 방법을 정의한 표준이다. 현재 시장에는 SEP 1.0을 인증받은 제품이 대부분이므로 본 개발 제품에도 SEP 1.0을 적용하였고, 지그비 스택은 메시 네트워크 기능이 강화된 ZigBee 2007 Pro를 기준으로 Ember社 칩셋에 맞게 정의된 EmberZNet 4.3을 이용하였다.

IHD는 코디네이터로서 지그비 이외의 네트워크까지 커버하고 추후 AMI 서버와의 백홀 기능을 가져야 하므로 지그비 모듈은 지그비 클러스터 라이브러리(ZCL: ZigBee Cluster Library)의 ESP(Energy Service Portal)를 기본으로 하여야 한다[2]. 또한 대기전력차단스위치로부터 전력 정보를 읽어오기 위해 Simple Metering 클러스터와, On/Off 제어를 위해 HA(Home Automation) 프로파일의 On/Off 클러스터를 클라이언트로 추가하여 설계하였다[3].

Ember社에서는 PC와 지그비 단말기 간의 명령어 인터페이스(CLI: Command Line Interface)를 제공하는데, 개발 모듈의 실행 명령어는 IHD로부터 전달받기 때문에 이 명령어 프로토콜을 분석하여 설계하였다. CMD0과 CMD1 이렇게 두 종류의 범위로 나누어 같은 실행 명령어의 UART 프로토콜에 HEX값을 그대로 적용시켜 이용하였고, 나머지 부분은 SEP 1.0을 규격을 적용하였다.

아래의 <표 1>은 IHD와 지그비 모듈간의 UART 프로토콜로, 같은 EM357기반의 옴니패스社의 대기전력차단스위치와 연동을 위한 부분만 나타내었다. 코디네이터로서 Channel과 PAN ID를 입력받아 지그비 네트워크를 형성하고, 일정한 시간동안 디바이스들에게 PAN에 참여할 수 있게 허락한다. 기본 명령을 수행할 때에는 바인딩으로 묶인 EP(End Point)와 Node ID만으로 가능하지만, 정보를 읽어올 때에는 루트 설정과 실제 데이터를 실어 오는 두 가지 명령을 실행해야한다. 예를 들어 전력 정보를 읽어올 경우, 우선 Simple Metering(0x0702) Cluster ID와 그 안에 전력 사용량을 나타내는 속성인 Current Summation Delivered(0x0000) Attribute, 그리고 Node ID와 각 EP들을 가지고 루트를 설정한다[3]. 그 뒤 읽기 명령을 수행하면 ZCL CMD와 Payload가 포함되는데, ZCL CMD에는 상태정보인 지 전력정보인지를 구분시켜주고 Payload에서 실제 데이터를 실어 나른다[4].

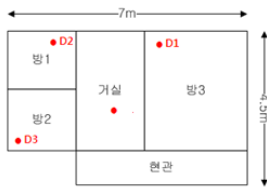
2.2 실 주거 환경에서의 통신 시험

실제 시험을 진행한 제주시의 한 가옥은 <그림 3>과 같이 마당을 가운데 두고 양쪽에 독립된 2채의 가옥을 가진 형태이다. 거실에 지그비 모듈을 탑재한 IHD를 두고 D1~D5의 지점에 5대의 대기전력차단스위치를 위치시켜 On/Off 제어 및 전력량 읽기 시험을 진행하였다. Channel은 24로 두었고, 각 방문과 현관문이 모두 닫힌 상태로도 시험을 진행한 결과, 정상 동작함을 알 수 있었다.

<표 1> IHD와 지그비 모듈간의 UART 프로토콜

EMBER_CMD		IHD - ZM(ZigBee Module) UART Protocol														
CMD0 (1)	CMD1 (1)	Header (1) 0xF7	Device ID(1) 0x70	Sub ID(1) 0x10	CMD0	Leng th (1)	Data(N) Data			Xor Sum (1)	Add Sum (1)	Direction				
Reset (0x00)	Start	프로그램 시작을 알림				0x00	0x01	0x10				0x86	0x0E	IHD←ZM		
	Reset	Reset 명령					0x01	0x11				0x87	0x10	IHD→ZM		
NWK (0x01)	State Request	네트워크 상태 요청				0x01	0x01	0x41				0xD6	0x90	IHD→ZM		
	Forming	PAN 형성 (Channel, PAN ID 필요)					0x04	0x11	CH(1) 0x18	PANID_H 0x11	PANID_L 0xAB	ex> Channel: 24, PAN ID: 0x11AB			IHD→ZM	
	Permit Join	네트워크 참여 허가 시간					0x02	0x12				ex> 100sec: 0x64			IHD→ZM	
	Leave	네트워크 Leave					0x01	0x13				0x84	0x10	IHD→ZM		
	Network State	네트워크 상태 정보 전달 (Up, Down, Join Fail)					0x05	0x81	State	CH	PANID_H	PANID_L	Up: 0x01, Down: 0x00, Fail: 0x02			IHD←ZM
	Permit Join Action	Permit Action					0x02	0x82				ex> 100sec: 0x64			IHD←ZM	
	Node Join	EUI64, Node ID 필요					0x0B	0x71				EUI34(8Byte) Node ID(2)			IHD←ZM	
	Node Leave	EUI64, Node ID 필요					0x0B	0x72							IHD←ZM	
ZCL (0x02)	Global Read	정보 읽기위한 루트 설정 (Cluster ID, Attribute ID, Node ID, Src EP, Dst EP)				0x02	0x09	0x11	C_ID (2)	A_ID (2)	N_ID (2)	S_EP (1)	D_EP (1)	Simple Metering Cluster: 0x0702 Current Summation Delivered Attribute: 0x0000		IHD→ZM
	On/Off - On	On/Off/Toggle 명령 (Node ID, Src EP, Dst EP)					0x05	0x21							IHD→ZM	
	On/Off - Off						0x22									
	On/Off - Toggle						0x23									
Receive Data	On/Off 상태와 전력량(Current Summation Delivered) 읽기. IHD는 Reporting 정보만 전달 받으므로 ZCL_CMD에서 ReportingAttributes만 사용할. (Node ID, Drs EP, Cluster ID, DefaultResponse, Payload N)				상태 0x09	0x81	N_ID (2)	D_EP (1)	C_ID (2)	ZCL CMD	Payload (N)	· ZCL CMD(1): ReportAttributes(1) 상태정보(0x0B), 전력정보(0x0A)		IHD←ZM		
	전력 0x1F							· Payload_On/Off/Toggle(2): On/Off/Toggle(1) Success On(0x01), Off(0x00), Tog(0x02) 0x00			· Payload_Current Summation Delivered(9): Attr_ID(2) Type(1) 전력정보(6) 0x0000 0x25 0x000000000011 ex> 0x25: Int48u_0 형태로 전력정보 표기 0x000000000011: Int48u 형태로 표기된 17kW					

<그림 4>는 실제 시험을 진행한 대한전선사의 IHD와 옵니패스사의 대기전력차단스위치이다. 그림의 IHD 좌측면에는 지그비 모듈이 외부로 나와 있지만, 실제 시험에서는 모듈을 내장하여 시험하였다.



<그림 3> 시험 환경

<그림 4> 시험 제품

3. 결 론

스마트 그리드 추진에 있어서 태내의 지그비 네트워크는 필수적이다. 이렇게 태내 통신망인 HAN영역의 지그비 무선 통신과 스마트미터로부터 전력회사까지의 상위 영역의 전력선 통신이 더하여 에너지와 정보가

흘러가는 인프라를 구축하게 된다.

현재 개발 모듈은 SEP 1.0적용 디바이스들 간만 연동이 되도록 개발하였고 시험하였다. 향후, 스마트미터와도 통신을 하여 국내 전력 회사인 한국전력의 네트워크와도 연동 시험을 진행할 것이다. 안테나의 성능이 좋아지고 태내의 구조적인 장애를 개선한다면, 스마트 그리드 환경에서 지그비 통신의 활용 가치는 더욱 높아질 것으로 예상된다.

AMI의 환경이 구축되면, 소비자는 에너지 소비량과 가격정보를 알 수 있고 수요 반응에 따른 실시간 요금제를 도입하여 요금에 대한 신뢰성과 비용절감 효과를 누릴 수 있게 된다. 전력 회사 역시 전력 품질에 대한 데이터를 실시간으로 수집하고 이것을 이용하여 전력망을 보다 효율적으로 운용 및 관리하여 최적의 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] "A Study on Development and Technology for Advanced Metering Infrastructure", Korea Electric Power Research Institute, 2009
- [2] 이호배, "SE 프로파일을 적용한 지그비 AMI 시스템 개발", 전력IT 연구회 춘계 학술대회, 2009
- [3] ZigBee Alliance, "ZigBee Smart Energy Profile Specification", 075356r15, 2008
- [4] ZigBee Alliance, "ZigBee Cluster Library Specification", 075123r02ZB, 2008