

태내 전력정보표시장치를 위한 지그비 기반의 송수신 모듈 설계 및 구현

권준수, 이준희, 조성훈
대한전선(주)

The Design and Implementation of ZigBee-based Wireless Module for In-Home Display

Jun-Su Kwon, Jun-Hee Lee, Sung-Hoon Cho
Taihan Electric Wire Co., Ltd.

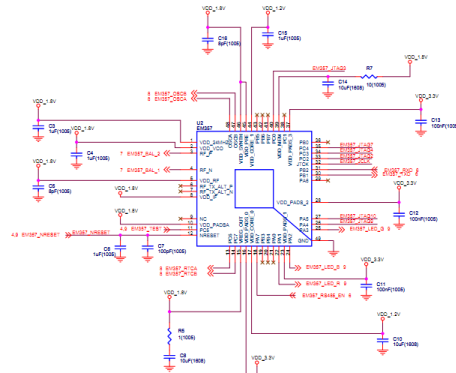
Abstract - 본 논문은 태내 전력정보표시장치의 무선 통신을 위한 지그비 모듈의 설계 및 구현에 관한 기술이다. 제작된 지그비 모듈은 크게 전원부, MCU부, 통신 인터페이스부, 안테나 및 RF 매칭회로 등으로 구성되며, MCU로는 32비트 ARM[®] Cortex[™]-M3 프로세서 기반의 EM357 모듈을 사용하였다. 또한, 태내 전력정보표시장치가 네트워크 상에서 코디네이터 또는 노드 역할을 수행하는 상황을 모두 고려하여 RS-485 통신 인터페이스를 추가 구성하였다. 데이터 송수신 성능 시험 결과 주택 내에서는 5%이하의 PER을 보이며, LOS 상에서 최대 400m 까지 통신이 가능함을 확인하였다.

내었다. 그림으로부터 전원 및 로드 캐패시터, 그리고 각종 GPIO 핀 등으로 구성됨을 알 수 있다.

한편, HAN영역의 지그비 네트워크 상에서 코디네이터(Coordinator) 역할은 보는 관점에 따라 스마트미터 또는 태내 전력정보표시장치가 수행한다고 할 수 있는데, 현재는 각각의 역할이 아직 분명하게 정의되지 않고 있는 상황이다. 따라서 본 논문에서는 태내 전력정보표시장치가 코디네이터 혹은 노드 역할을 수행하는 상황 모두를 수용하기 위하여, <그림 3>과 같이 RS-485 통신부를 추가 구성하고 상황에 따라 선택할 수 있도록 설계하였다.

1. 서 론

스마트그리드에 대한 관심이 전 세계적으로 고조되고 있는 가운데, 일부 선진 국가에서는 그 실현이 점차 가시화되고 있다. 우리나라는 제주 스마트그리드 실증단지를 시작으로 하여 첨단 검침 인프라(AMI, Advanced Metering Infrastructure) 및 태내 전력정보표시장치(IHD, In-Home Display)와 같은 인프라 시설의 단계적 보급을 국가적인 차원에서 계획·시행하고 있으며, 이를 구현하기 위한 HAN(Home Area Network)영역의 통신 방식으로 전력선 통신(PLC, Power Line Communication), 지그비(ZigBee) 등을 고려하고 있다. 특히, 구현이 간단하고 저가·저전력의 용이성을 가진 IEEE 802.15.4(WPAN, Wireless Personal Area Network) 물리적 표준 기반의 지그비 기술은 범국가적으로 이미 스마트그리드의 일부로서 인식되고 있으며, ZSE(ZigBee Smart Energy) 등의 표준화 및 기술 연구가 다각도로 진행되고 있다[1][2]. 본 논문에서는 태내 전력정보표시장치 내에 탑재하여 상위로는 한전망의 DCU(Data Concentration Unit)와, 하위로는 태내의 스마트 미터 및 각종 스마트 기기들과의 통신을 위한 지그비 송수신 모듈의 설계 및 구현에 대해 기술하고자 한다.

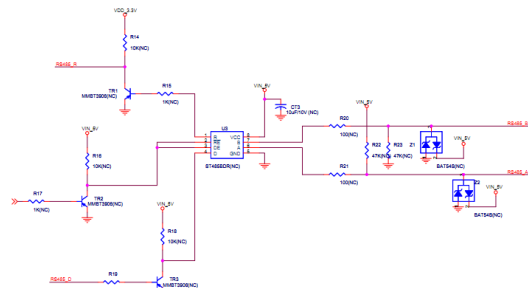


<그림 2> MCU부 회로도

2. 지그비 모듈 설계 및 구현

2.1 설계

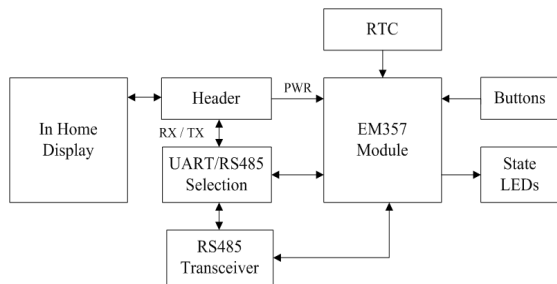
<그림 1>은 구현한 지그비 모듈의 구성도이다. 전체 모듈의 컨트롤을 위해 32비트 ARM[®] Cortex[™]-M3 프로세서, 지그비 송수신기 그리고 메모리가 모두 집적된 EM357 SoC(System-on-Chip)를 사용하였으며, 6핀의 헤더를 통해 태내 전력정보표시장치와 지그비 모듈 간의 전력 공급과 시리얼 통신이 이루어지도록 구성하였다. 전원부는 LDO(Low Dropout) 전압 레귤레이터를 사용하여, 태내 전력정보표시장치로부터 공급받은 5V 전원을 3.3V로 변환하여 EM357 모듈에 인가하도록 하였으며, LED를 통하여 전원 공급 및 네트워크 조인상태를 확인할 수 있도록 설계하였다. MPU부의 회로도를 <그림 2>에 나타



<그림 3> RS-485 통신부 회로도

2.2 구현

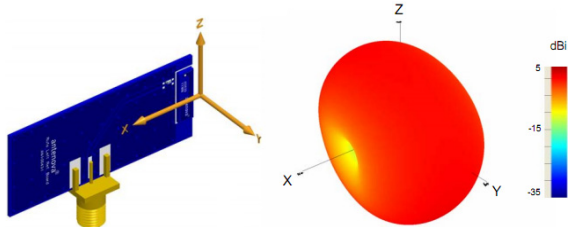
제작한 지그비 모듈을 <그림 4>에 나타내었다. 30mm 50mm의 소형 크기를 갖도록 하고, 2.4 GHz 대역의 칩 안테나를 채택하여 태내 전력정보표시장치에 내장할 수 있도록 구현하였다.



<그림 1> 지그비 모듈의 구성도

<표 1> 지그비 모듈의 사양

항 목	내 역
프로세서	32-bit ARM® Cortex™-M3
메모리	192 kB Flash, 12 kB RAM
송신출력	-55 dBm to +5 dBm
수신감도	-100 dBm
안테나	2.4 GHz 칩안테나 (피크 게인: 2.1 dBi)
통신 인터페이스	UART, RS-485
전원공급	DC 5V
크 기	30mm 50mm



<그림 5> 안테나 방사 패턴

3. 시 험

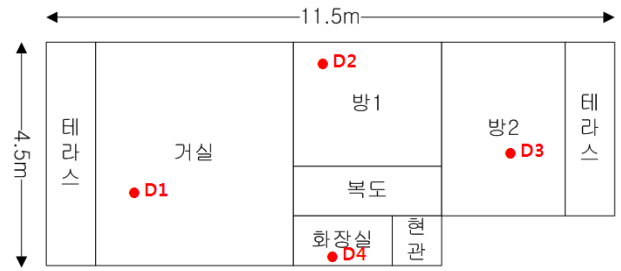
실내에서의 전파환경은 거리보다는 내부 구조에 큰 영향을 받는다. 벽을 몇 개 통과하는지, 재질 및 두께는 얼마인지, 반사에 의한 다중경로는 어떻게 형성되는지 등 많은 변수가 존재하기 때문에 정확한 해석이 어렵게 된다. 따라서 무선 통신 환경의 전파전파 현상은 전산 모의시험보다는 설치환경과 유사한 테스트 베드를 구축하고, 직접 측정에 의해서 성능을 확인하는 것이 가장 유효한 방법이라고 할 수 있다. 본 장에서는 구현한 지그비 모듈의 RF 송수신 성능을 시험하기 위해 <표 2>의 조건에 따라 Peer-to-Peer 네트워크를 구성하고, Indoor 환경과 Outdoor 환경으로 나누어 각각에 대한 PER(Packet Error Rate) 및 RSSI(Received Signal Strength Intensity)를 측정함으로써 지그비 모듈의 송수신 성능을 살펴보고자 한다. Indoor 환경은 주택 내에서의 Worst case를 충분히 고려하여 각 시험 지점을 선정하였고, Outdoor 환경 시험은 직접 가시경로 (LOS, Line-Of-Sight)가 확보되는 개활지에서 <그림 5>와 같은 안테나의 지향 특성을 참조하여 양측 모듈이 동일한 ZY평면 상에서 존재할 때 XZ평면에 대해 대칭이 되도록 배치하였다.

<표 3>의 Indoor 환경 시험결과로부터 문의 재질 및 개폐 여부가 수신 성능에 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있으며, 전 지점에서 PER 5%이하의 양호한 통신 성능을 보였다. 단, 현관문(철)은 통과하지 못하였다. 또한 타 지그비 모듈을 탑재한 대기전력차단스위치와 네트워크를 구성하여 SEP(Smart Energy Profile)[3]를 적용하여 시험한 결과, 전 지점에서 ON/OFF 제어가 원활하게 이루어짐을 확인하였다.

Outdoor 환경 시험에서는 최대 500m까지 Peer-to-Peer 네트워크 구성이 가능했으며, 거리에 따른 PER과 RSSI의 측정 결과를 <표 4>에 나타냈다. 하지만 400m이상에서는 안테나의 지향 방향이 조금만 틀어지더라도 PER이 크게 증가하거나 통신이 단절되는 현상을 보였으며, 500m 지점에서의 PER은 평균 57.092%이기 때문에 데이터 통신 시 원활한 성능을 기대할 수 없을 것이다. 또한 타 지그비 모듈을 탑재한 대기전력차단스위치와도 400m 지점까지 네트워크의 구성 및 제어가 가능하였다. 따라서 평균 20.34%로서 PER이 높은 수준이긴 하나, 400m 지점이 모듈의 최대 통신거리라고 볼 수 있다.

4. 결 론

대내 전력정보표시장치의 통신을 위한 지그비 모듈을 32-bit 프로세서인 ARM® Cortex™-M3 기반으로 설계 및 구현하였다. 성능 시험 결과 Outdoor 환경에서는 직접 가시경로 상에서 최대 400m까지 통신이 가능하며, Indoor 환경 시험에서는 5%이하의 PER을 보임을 확인함으로써 그 타당성을 입증하였다. 이는 머지않아 스마트그리드의 지능형 주거 내에서 SEP 기반의 지그비 통신에 유효하게 이용되리라 기대한다.



<그림 6> Indoor 환경 시험장소

<표 2> 시험조건

조 건	내 용
RF 출력	3dBm
Baud rate	115,200bps
패킷 간 지연시간	25.5ms
패킷 길이	18byte 패킷을 1000회 전송

<표 3> Indoor 환경 시험결과

파라미터	시험조건		Min.	Avg.	Max.	Unit	
	구간	문 (재질, 개폐)					
PER	D1-D2	Open	3	3.7	4	%	
		유리, Close	4	4.0	5		
	D1-D3	Open	3	3.8	4		
		목재, Close	4	4.4	5		
D1-D4	Open	2	2.9	3	%		
	목재, Close	1	1.8	2			
	D1-D2	Open	-90	-90.0		-90	dBm
		유리, Close	-90	-91.0		-90	
D1-D3	Open	-86	-84.9	-83			
	목재, Close	-87	-86.4	-85			
D1-D4	Open	-78	-73.1	-68	%		
	목재, Close	-73	-70.6	-66			

<표 4> Outdoor 환경 시험결과

파라미터	시험 조건	Min.	Avg.	Max.	Unit
PER	Ideal(1m)	0	0	0	%
	200m	3	4.031	5	
	400m	19	20.340	21	
	500m	54	57.092	60	
RSSI	Ideal(1m)	-21	-20.010	-20	dBm
	200m	-86	-85	-84	
	400m	-88	-88.327	-89	
	500m	-96	-94.140	-93	

[참 고 문 헌]

- [1] ZigBee Alliance, "ZigBee Specification", Technical Report Document 053474r06, Version 1.0, 2005.
- [2] Jose A. Gutierrez, and E. H. Callway, "Low-Rate Wireless Personal Area Networks", IEEE Press, 2004.
- [3] ZigBee Alliance, "ZigBee Smart Energy Profile Specification", ZigBee Document 075356r15, Revision 15, 2008.