
스마트폰과 블루투스 통신을 이용한 태양광 인버터 모니터링 시스템 구현

제현우* · 양 오**

Implementation of the Monitoring System for Power Condition System(PCS) using a
Smartphone and Bluetooth Communication

Hyun-woo Je* · Oh Yang**

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임

요 약

기존의 인버터에 대한 모니터링은 로컬컴퓨터나 웹 모니터링 등을 이용하여 모니터링을 하고 있다. 그러나 본 논문에서는 블루투스 통신을 이용하여 사용자가 편리한 위치에서 컴퓨터를 사용하지 않고도 태양광 인버터를 원격 모니터링 가능한 시스템을 구현하였다. 제안한 시스템은 인버터 프로토콜을 이용하여 인버터의 원하는 정보를 무선 통신으로 모니터링 할 수 있게 설계 하였다. 또한 태양광 인버터의 고장시 블루투스 고장이력과 시각을 기록 할 수 있도록 하였다. 마지막으로 본 논문에서 제안한 시스템이 실험을 통해 좋은 성능을 보여주었고 또한 상용화의 가능성을 제시해 주었다.

ABSTRACT

The monitoring of the existing inverter is being implemented using a local computer of web monitoring, but in this paper, the remote monitoring system of the power condition system was implemented using a Bluetooth communication at a convenient position for the user that can be monitored without the computer. The proposed system was designed to be able to monitor the wanted information by using the protocol of inverter. Also when the power condition system has failed, the fault history and the generated time of inverter were stored in the Bluetooth device. Finally the performance of the proposed system was evaluated through experiments, it showed the good performance and the possibility of commercialization.

키워드

블루투스, 태양광 인버터, 모니터링, 안드로이드, 스마트그리드

Key word

Bluetooth, Power condition system, Monitoring, Android, Smart-Grid

* 준회원 : 청주대학교 (hejerd@gmail.com)

** 정회원 : 청주대학교

접수일자 : 2012. 07. 27

심사완료일자 : 2012. 08. 07

I. 서 론

최근 산업기술의 고도화를 위한 노력으로 IT융합이 다양한 분야로 확대되고 있다. 특히 무선네트워크 및 센서기술의 발달, 스마트폰과 같은 지능화된 단말기의 보급은 정보의 활용성을 높이고 산업 전반으로 확대되고 있다[1].

기존 전력망에 정보기술(IT)을 접목하여 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하는 차세대 지능형 전력망을 구축해야 할 필요성이 커지고 있다[2].

따라서 신 재생에너지의 상용전력과의 연계를 통한 효율적인 운용과 감시 시스템의 개발은 스마트그리드의 구축을 통한 에너지 자원의 효율성 및 환경개선의 관점에서 중요하다[2].

스마트그리드는 전력망 전 계통을 센서 네트워크를 통해 실시간 감시 및 센싱을 하고, 이를 유무선 통신 인프라를 통하여 데이터를 전송하고, 수집된 정보를 바탕으로 예측, 분석 및 정보 모델링, 통합정보 관리 및 운영을 통해 전력망에 대한 고장을 실시간 복구를 수행할 수 있다. 즉, 태양광 인버터에 대한 기가 진단을 통하여 운전정지와 재가동 기능을 위한 메커니즘을 위해서 스마트그리드의 구축은 반드시 필요하다[3].

스마트그리드 시스템을 구성하는 하위 전력 시스템과 상위 제어 시스템들 간의 상호 연동을 위한 통신인프라라는 다양한 유선 및 무선 통신 네트워크로 구성 가능하다. 이들 통신 전달 네트워크 기술은 파장 분할 멀티플렉싱(WDM)기술, SONET/SDH 파이버링크, 패시브 옵티컬 네트워크(PON), 기가비트 이더넷(GbE, 10GbE), 전선(PLC)등과 같은 유선 네트워크 기술과 IEEE 802.15기반의 ZigBee 기술, IEEE 802.11 기반의 Wi-Fi 기술, IEEE 802.16기반의 와이브로 기술, 3GPP/3GPP2 기반의 CDMA, GPRS, 3G/4G등의 무선/이동통신 기술 등이 사용 가능하다[4].

스마트그리드에서 사용되는 통신 인프라 기술은 하위 시스템으로 구성되는 소비자 측에서부터 통합 운용 센터까지 연결되는 통신망의 구조를 보면 HAN(Home)/BAN(Building)/IAN(Industry) 스마트 소비자 분야의 홈, 빌딩, 산업체 영역의 통신 전달 네트워크 기술과 NAN(Neighborhood Area Network) 스마트그리드의 필드 영역을 담당하는 통신 전달 네트워크 기술 그리고 WAN

(Wide Area Network)인 Ethernet 기반의 유선 네트워크 통신으로 3가지 범주로 나누어진다[5-7].

블루투스 통신은 근거리 통신을 위하여 선택하였다. 태양광 인버터 모니터링만을 위한 태양광인버터 회사에서 제공되는 기기는 개인이 쉽게 구입할 수가 없으며 단가 또한 비싸다. 그러나 스마트폰은 가정에 보편적으로 갖고 있는 기기이며 누구나 어플을 설치하게 되면 가정 내에 설치된 태양광 인버터의 동작상황과 인버터의 고장 유무 등을 사용자가 쉽고 편리하게 파악할 수 있는 장점을 가진다. 그러나 블루투스통신이 갖는 통신거리의 제한은 있지만 단가 측면과 태양광 인버터에 대하여 모르는 일반 사용자들이 쉽게 태양광 인버터 모니터링을 접할 수 있을 것이라고 본다.

본 논문에서는 태양광 발전의 효율성 및 고장으로 인한 경제성 및 안정성문제를 해결을 위해 태양광 발전의 전력발생 상황 및 고장내용, 고장 발생 시각 등을 파악할 수 있는 모니터링 시스템을 개발하고자 한다. 제한한 시스템은 스마트폰과 태양광 인버터에 연결된 블루투스 모듈 시스템의 통신으로 사용자의 필요에 따라 설치 및 작동할 수 있다.

II. 태양광 인버터 통신 시스템

최근 들어 선진국을 중심으로 환경을 오염시키고 제한된 에너지를 고갈시키는 화석 연료를 대체할 에너지원으로 풍력, 연료전지, 및 태양광 등의 신재생 에너지원의 개발이 진행되고 있어 이에 따른 각 산업분야에서의 응용이 활발히 진행되고 있는데 이는 재생이 가능하고 친환경적이면서 설치에도 유연성이 있기 때문이다[8].

그런데 이러한 태양광 인버터가 고장이 나지 않았을 때엔 전기요금은 거의 나오지 않지만 사용자가 모르는 사이에 고장이 났을 경우 일반 사용자처럼 한국전력공사의 전력을 끌어다 쓰게 되고 이로 인해 전기요금이 부과된다. 그런데 고장이 났을 당시에 사용자가 태양광 인버터의 LCD창을 확인하지 않는다면 확인 할 수 있는 방법이 없다. 결국 다음 달 전기요금이 나온 후에 태양광 인버터가 고장 났다는 것을 확인하는 번거로움이 발생하고 있다.

그래서 사용자가 쉽게 태양광 인버터의 동작상황을 알 수 있도록 블루투스를 이용한 태양광 인버터 모니터링을 하고자 하였다. 표 1은 본 논문에서 구현된 계통연계형 태양광 인버터의 사양이다.

표 1. 태양광 인버터 사양
Table. 1 Power Condition System specification

모델	다쓰텍	DSP - 123K2	
입력	PV Power	3KW	
	동작전압	DC 280~500V	
출력	정격출력	3KVA	
	주파수 변동률	계통 60Hz±0.3Hz	
	역률	0.95	
	효율	96%	
	출력 전류	14 A	
	독단 운전 방지	0.5초 이내	
	과부하	110%	
	입출력장치	LCD 16*2 LED : 4EA Key SW : 4EA	
	외부 I/F	기본	RS232C/RS485
		옵션	Ethernet

태양광 인버터의 현재 상황을 알기 위해서는 기존의 통신 방식에 맞춰 신호를 처리 할 수 있어야 한다. 우선 기존의 태양광 인버터에서의 통신 프로토콜을 통해 전송받은 데이터를 바탕으로 RS232C로 블루투스 모듈을 연결하고 스마트폰에 있는 블루투스를 사용하여 태양광 인버터의 블루투스 모듈과 접속을 하여 통신을 할 수 있게 설계하였다.

III. 태양광 인버터와 블루투스 통신

블루투스는 2.4GHz대의 무선 주파수를 사용하는 근거리 무선 통신 기술로서, 저전력 특성과 고속의 주파수 호핑 방식에 따라 높은 신뢰성 및 자체 에러 정정 기술을 지니고 있다. 저전력으로 구동하기 위해 무선 모듈을 작은 크기로 제작하였으며, 이는 최근 모듈 형태로 제공되어 낮은 가격의 근거리 통신 시스템을 제작할 때 많이 이용된다[9].

우선 Firmtech社의 FB100AS를 사용하여 RS232C와 태양광 인버터와 연결하여 통신 할 수 있게 설계하였다. 스마트폰의 블루투스를 이용한 소켓통신을 할 수 있게 만들었다[10-11].

기본적으로 안드로이드는 Google과 OHA(Open Handset Alliance)가 개발한 휴대폰을 위한 소프트웨어 개발 플랫폼으로 리눅스를 기반으로 하며 Java를 이용한 응용 프로그램 개발을 지원한다. 이를 이용하여 데이터 송수신을 할 수 있는 어플리케이션을 구현하고 이를 이용하여 태양광 인버터에 접속할 수 있게 하기 위해서는 태양광 인버터의 프로토콜을 이용하여 스마트폰을 클라이언트로 만들어야 한다. 그림1은 태양광 인버터의 블루투스 무선통신 시스템 구성도이다.



그림 1. 인버터의 블루투스 통신시스템 구성도
Fig. 1 Bluetooth communication system configuration of Power Condition System

블루투스 모듈과 태양광 인버터를 RS232C로 연결 하였다. 안드로이드가 데이터를 송수신하기 위해서는 태양광 인버터의 RS232C에 블루투스 아답터 모듈을 연결하고 스마트폰에 내장된 블루투스로 접속하여 port를 통해 Outputstream 메소드를 사용하여 데이터가 송신되고 Inputstream 메소드를 통해 수신이 된다[12].

안드로이드에서 네트워크에 접속하기 위해서는 블루투스가 연결되어 있어야 한다. 그러므로 네트워크로 처리하는 코드가 실행되기 전에 반드시 연결 상태를 확인해야 하며, 이러한 연결 상태는 언제든지 끊길 수 있다는 것도 염두에 두고 개발해야 한다. 네트워크 상태는 android.net 패키지에 포함되어 있는 Connectivity Manager 클래스를 사용해서 알 수 있다.

이 클래스의 객체는 Context. get System Service (Context.CONNECTIVITY_SERVICE)를 호출해서 얻을 수 있는데 이는 네트워크 연결 상태 확인, 네트워크 연결

상태 변경 시 브로드캐스트 인텐트 전송, 네트워크 연결이 끊길 시 새로운 네트워크 연결 시도(fail over), 이용 가능한 네트워크의 대략적인 상태와 세부 상태를 파악하는 API 제공한다[13]. 표 2부터 표 5까지는 본 논문에서 사용된 태양광 인버터의 통신 프로토콜이다. 이를 이용하여 태양광 인버터에서 보낸 데이터를 스마트폰의 화면에서 사용자가 볼 수 있게 해준다.

표 2. 솔라셀의 전압, 전류 프로토콜
Table. 2 Protocol of PV voltage and current

송신	^PaaaST1	aaa	ID 번호
수신	^D117aaa,bb b,ccc,ddd	aaa	ID 번호
		bbb	PV voltage[V]
		cccc	PV current[0.1A]
		dddd	PV generated power[0.1kW]

표 3. 인버터의 전압, 전류, 주파수 프로토콜
Table. 3 Protocol of inverter voltage, current and frequency

송신	^PaaaST2	aaa	ID 번호
수신	^D219aaa,bb b,ccc,ddd,eee	aaa	ID 번호
		bbb	A line voltage[V]
		ccc	B line voltage[V]
		ddd	C line voltage[V]
		eee	line frequency[0.1Hz]
송신	^PaaaST3	aaa	ID 번호
수신	^D318aaa,bb bb,cccc,dddd	aaa	ID 번호
		bbbb	A line current[0.1A]
		cccc	B line current[0.1A]
		dddd	C line current[0.1A]

표 4. 발생전력 및 총전력량 프로토콜
Table. 4 Protocol of generated power and total generated power

송신	^PaaaST4	aaa	ID 번호
수신	^D416aaa,b bbb,cccccc	aaa	ID 번호
		bbbb	generated power[0.1kW]
		cccccc	total generated power[kWh]

표 5. 발생전력 및 총전력량 프로토콜
Table. 5 Protocol of line and fault status

송신	^PaaaST6	aaa	ID 번호
수신	^D609aaa, b,c,d	aaa	ID 번호
		b	1 : line power loss
		c	1 : stop
		d	x : fault (x: 0=ready, 1=OC, 2=OH, 3=EF, 4=OV)

태양광 인버터와 네트워크가 연결된 블루투스 모듈을 이용하여 태양광 인버터의 데이터를 가지고 오는데 태양광 인버터는 시작데이터가 들어오지 않으면 인버터의 상태를 알려주는 데이터를 출력하지 않기 때문에 0.1초마다 임의로 시작데이터를 보내줄 수밖에 없다. 그림 2는 태양광 인버터와 스마트폰이 연결되고 어플이 실행되어 통신을 할 때 통신프로토콜의 타이밍도이다.

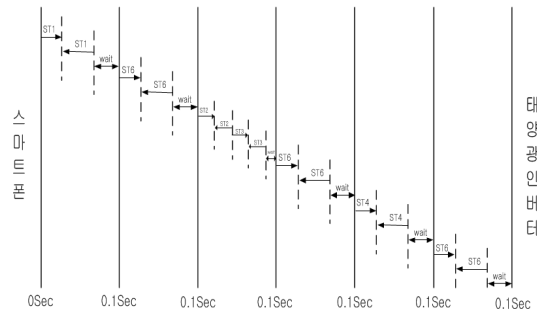


그림 2. 통신프로토콜의 타이밍도
Fig. 2 Timing diagram of communication Protocol

실시간으로 원하는 데이터를 얻기 위해서는 블루투스 와 스마트폰이 연결되어 있을 동안 태양광 인버터의 프로토콜에 송신 데이터(^PaaaST1~ST6)를 송신하여 통신을 한다. 이때 데이터는 1개의 구문만 하는 것이 아니라 1초안에 5개 이상 받기 위해서 0.1초마다 송신요청을 하였다. 그림 3은 태양광 인버터의 통신 프로토콜에 대한 상태천이도를 나타내는 구성도이다.

인버터의 프로토콜은 총 5개의 프로토콜로 구성되며 ST1, ST2, ST3, ST4, ST6의 정보를 인버터에 전송할 때 해당 프로토콜의 정보가 응답되는 프로토콜로 구성되

어 있다. 즉 ST1을 인버터에 전송하면 PV(Photovoltaic) 전압, 전류, 전력량이 응답 되어 진다.

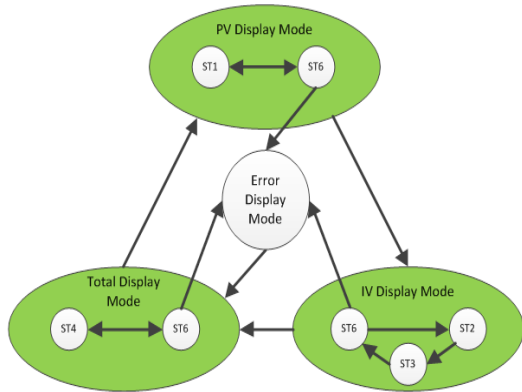


그림 3. 통신프로토콜에 대한 상태 천이도
Fig. 3 State diagram of communication Protocol

인버터에서 수신 받는 데이터는 그림 3과 같이 총 4 가지 모드로 블루투스 무선통신 시스템은 데이터를 송신한다. PV DISPLAY MODE로 모니터링하고 싶을 때는 ST1과 ST6를 송신하고 에러가 발생하였을 때는 ERROR DISPLAY MODE로 LCD에 표시된다. 또, IV(Inverter) DISPLAY MODE로 모니터링하고 싶을 때는 ST2, ST3, ST6을 송신하고 에러가 발생하였을 때는 ERROR DISPLAY MODE로 LCD에 표시 되어 진다.

표 2에서부터 표 5까지는 송수신시 전송되는 데이터를 나타낸 표인데 인버터로 송신된 시작 데이터가 통신 프로토콜을 따라 태양광 인버터로 가게 되면 시작 데이터에 따른 인버터의 정보가 수신되어 오게 된다.

그림 4는 Dasstech 태양광 인버터에 결합된 블루투스 모듈과 안드로이드 운영체제에서 수행하고 있는 스마트폰의 응용프로그램으로 블루투스를 이용한 태양광 인버터 모니터링 시스템을 보여주고 있다.

수신된 데이터는 각각의 데이터 자리마다 여러 가지 정보를 담고 있는데 aaa의 위치인 경우 ID 번호이고 bbb의 자리인 경우 PV voltage[V], ccc의 자리인 경우 PV current[0.1A]를 각각 나타내고 dddd의 자리일 때 PV generated power[0.1kW]를 나타낸다.



그림 4. 스마트폰으로 구현된 모니터링 결과
Fig. 4 Implemented Monitoring result by a smartphone

수신된 데이터를 버퍼(w)에 저장하게 되고 저장된 데이터를 read() 메소드로 읽은 뒤 필요한 자리만을 골라서 스마트폰 화면에 정보를 나타내주었다. 예를 들어 ^PaaaST1의 데이터가 태양광 인버터로 송신하게 되면 태양광 인버터에서는 ^D117aaa,bbb,ccc,ddd의 데이터를 송신하여 스마트 폰으로 보내게 된다.

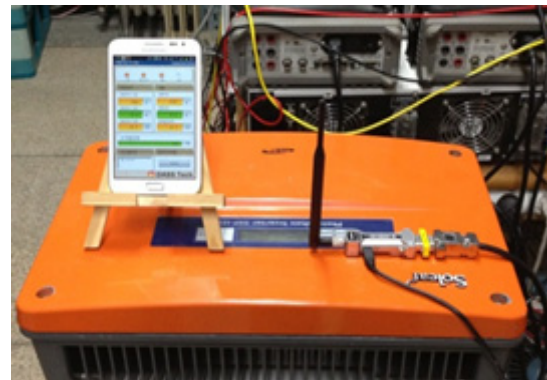


그림 5. 블루투스를 이용한 태양광인버터 모니터링
Fig. 5 The power condition monitoring system by Bluetooth

그림 5는 실제 태양광 인버터에 블루투스 모듈을 Slave로 하고 스마트폰을 Master로 하여 응용프로그램을 실행하였을 때 블루투스를 통하여 모니터링을 하고 있는 태양광 인버터 모니터링 시스템의 시제품 사진들

나타내고 있다.

IV. 결 론

본 논문은 태양광인버터에서 받은 데이터를 스마트폰의 안드로이드 플랫폼에 맞게 데이터를 처리하여 모니터링 할 수 있도록 개발하였다.

구글의 개방형 모바일 플랫폼인 안드로이드에서 모바일 태양광 인버터 제어 어플을 설계하고, 이를 통해 인버터의 정보를 효율적으로 공유하기 위한 모바일정보 공유시스템을 설계 및 구현함으로써 기존의 인버터의 불편함을 해소 하였다. 또한 태양광 인버터의 고장이나 운전상황을 원격지에 모니터링 함으로서 시스템의 활용도를 향상시켰다. 개발자측면에서는 오픈 모바일 플랫폼인 안드로이드를 이용함으로써 로열티 등의 추가 비용을 절감시키고 개발의 편리성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

향후 여러 대의 태양광 인버터를 선택적으로 모니터링 할 수 있도록 프로토콜을 추가하여 누적전력량 또는 평균전력량과 같은 데이터를 모니터링 하고자 한다. 또한 태양광 인버터가 문제가 생기면 태양광 인버터에 RTC를 부착하여 실제 고장난 정보와 고장난 시각을 알려주는 문자 전송 기능을 구현하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임.

참고문헌

[1] 김운용, "스마트 모바일 엘리베이터 제어 시스템 구축", 한국컴퓨터정보학회 하계학술대회 논문집, 제 18권, 제 2호, pp.209-212, 2010년 7월.

[2] 이정용, "스마트 유틸리티 네트워크지식경제부 기술표준원", 고려대학교 학위논문, 2011년 2월.

[3] Seung-Hwan Choi, Do-eun Oh, "The Technical Trend and prospect of Platform Integration for Smart Grid System", The Korean Institute of Electrical Engineers for the 42nd Summer Conference, July 2011, pp.1977-1978.

[4] 박창민, "스마트그리드 표준 기술", 한국통신학회지(정보와 통신), 제 27권, 제 4호, pp.31-37, 2010년 3월.

[5] 지식경제부 기술표준원 "스마트그리드 표준화 로드맵(초안)", 2009년 12월.

[6] 지식경제부 스마트그리드 사업단, "한국 스마트그리드로드맵 2차공청회", 2009년 12월.

[7] NIST, "NIST Framework and Roadmap smart Grid Interoperability Standards Release 1.0(Draft)", Sep, 2009.

[8] 이우철, "계통 연계형 태양광 인버터에서 최대 출력 점 추적 제어", 한국조명·전기설비학회 논문지, 제 23권, 제 5호 pp. 72-79, 2009.

[9] 박란, 김우완 "블루투스를 이용한 자전거 이용정보 모니터링 데이터 프로토콜 설계 및 구현" 한국인터넷학회 하계학술대회 논문집, pp. 15-16, 2011년 6월.

[10] http://www.firmtech/01pro/main_eng.php?index=100&proinfo=35

[11] Sen Kang, "The characteristics and implementation of Bluetooth technology", Microelectronics Technology, pp. 58-60, 2001.

[12] Xiulin Xu, "Application and research of Bluetooth technology in the development of the portable device for the evaluation of myodynamia" IT in Medicine and Education (ITME), 2011 International Symposium on, pp. 620-623, 2011.

[13] 한동호, "단계별 예제로 배우는 안드로이드 프로그래밍", pp. 580-581, 2011.

저자소개



제현우(Hyun-woo Je)

2011년 : 청주대학교 전자공학부
학사 졸업

2011년 ~ 현재 : 청주대학교
전자공학과 석사과정

※관심분야: 디지털 시스템 설계 및 DSP 응용제어
시스템, 계통연계형 태양광 인버터 설계



양 오(Oh Yang)

1983년 : 한양대학교 전기공학과
학사 졸업

1985년 : 한양대학교 전기공학과
석사 졸업

1997년 : 한양대학교 전기공학과 박사 졸업

1985년 1월 ~ 1997년 8월 : LG산전 연구소 책임 연구원

1997년 9월 ~ 현재 : 청주대학교 반도체설계공학과
교수

2006년 ~ 2007년 : Texas A&M University 방문교수

※관심분야: 디지털 시스템 설계 및 DSP 응용제어
시스템 설계, 디지털 통신시스템 설계, 계통연계형
태양광 인버터 설계, ASIC 설계