

# 태양광발전소 원격 운영관제를 위한 표준화 계측 및 수익형 운영모델에 관한 연구

우제택\* · 이재환\*\* · 서태원\*\* · 한명희\*\* · 서미자\*\*

A Study on standardized instrumentation for solar power plants operated remote control

Je-Teak Woo\* · Jae-Hwan Lee\*\* · Tae-Won Seo\*\* · Myung-Hee Han\*\* · Mi-Ja Seo\*\*

## 요약

태양광발전소의 급속한 보급과 다양한 설계, 개발, 시공, 유지보수 관련 기술과 기업이 다양하게 공존하며 2010년 초반부터 구축된 최근의 태양광발전소는 원격 모니터링과 관제가 잘 이루어지고 있으나, 구형의 초기 발전소들은 타 모델과의 호환성이 열악하여 통합된 원격 계측의 기술 표준화가 절실한 상황이다. 본 논문에서는 태양광발전소를 원격으로 운영관제 하기 위한 기술적 가능성, 개발에 필요한 검토와 연구를 진행 하였다.

## ABSTRACT

The rapid spread of solar power plants with a variety of design, development, construction, maintenance and related technology companies to co-vary. In this paper, we review and research necessary to proceed with a technical background and potential and further development to control various operating solar power plants in the new and older remotely.

## 키워드

Photovoltaic, New Renewable Energy, Remote Control, Solar Power Plant  
태양광, 신재생에너지, 원격제어, 태양광발전소

## 1. 서론

태양광발전소의 급속한 보급과 다양한 설계, 개발, 시공, 유지보수 관련 기술과 기업이 다양하게 공존하고 있다. 2010년 초반부터 구축된 최근의 태양광발전소는 원격 모니터링과 관제가 잘 이루어지고 있으나, 구형의 초기 발전소들은 직접 현장을 방문하거나 타 모델과의 호환성이 열악하여 통합된 원격 계측의 기술 표준화가 절실한 상황이다.

최근 태양광 발전은 지구의 환경문제, 급격한 유가 상승으로 인하여 전 세계적인 신재생에너지에 대한

관심이 고조되고 무한한 청정 에너지원으로서 국내외적으로 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 이는 고 청정, 무소음, 무인화, 무한정한 에너지원이지만 일사 시간과 기상조건에 따라 발전량이 좌우되는 한계점도 존재한다. 태양광 발전시스템은 일사량, 온도, 음영(그림자)에 따라 태양전지 출력에 영향을 많이 미치고 있으나 돌발적인 장애나 고장에 대한 신속한 처리의 지연으로 주요 시간대에 발전을 하지 못하는 사례는 발전 전반에 대한 큰 손해를 초래한다.

태양광 발전에 있어서 가장 큰 관심은 발전효율을 높이는 것이며, 발전 효율을 높이기 위해 태양전지셀

\* 대전대학교 컴퓨터공학과 (jtwoo@dju.kr) \*\* (주)티앤테크(twseo@tntech.kr, mhhan@tntech.kr, ds1cmv@naver.com)

\*\* 교신저자 (corresponding author) : (주)티앤테크 (jhlee@tntech.kr)

접수일자 : 2015. 05. 26

심사(수정)일자 : 2015. 06. 13

게재확정일자 : 2015. 06. 23

(solar cell) 자체의 효율을 높이거나 태양광 발전 제어용 전력변환 시스템의 변환효율을 높이는 방법, PV 모듈(photovoltaic module)을 태양과 항상 법선방향이 되도록 태양을 추적하는 방법 등이 사용되고 있다.

특히 과거에 설치 및 운영되던 태양광발전소의 모니터링과 고장에 대하여 개발사 및 시공사가 도산하거나 국내 지사를 철수한 경우, 더 이상의 기술적 지원과 유지보수 등은 열악한 상황이다[1].

연구에 선행하여 관련 기업의 현장 상황을 파악하고자 민간 운영 태양광발전소 현장실사 및 운영상황과 애로사항 청취를 하였다. 방문 발전소는 대전 인근 지역 및 충청권에 소개하고 2015년 2월 1일부터 2월 25일까지 10개소에 대한 애로사항 및 운영상황을 청취하였다. 비교적 재래식 모델을 보유한 7년 이상의 발전소로 구성되어 있다.

표 1. 태양광 원격제어 애로사항

Table 1. Solar remote control system complaints

No	Difficulties	Contents
1	Lack of compatibility	Rapid capacity expansion and disaster recovery challenges
2	Control System Integration	Integrating the various power plants
3	Interface Integration	This requires the integration of old and new

본 논문은 태양광발전소의 원격관제 및 모니터링, 고장대응 등 다양한 유지보수 상의 문제점을 다루어 보고 이에 대한 표준화 계측을 위한 기술적 배경과 방안을 연구하였다.

## II. 관련연구

일반적인 태양광발전을 위한 필요 요소기술은 주변장치 제조기술, 시스템 이용기술 및 시스템 성능평가 기술 등이다. 주변장치 제조기술에는 축전지 제조, 직교류 변환장치 개발 그리고 인버터 장치 개발들이 이에 속하며, 시스템 이용기술에는 주변장치와 연계한 독립형 시스템 혹은 계통 연계형 시스템 및 태양광과 풍력을 복합적으로 사용하는 복합이용 시스템이 있다[2].

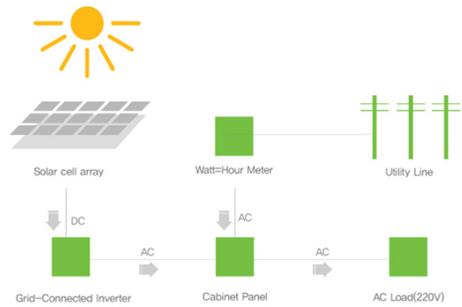


그림 1. 태양광발전 시스템 개요도

Fig. 1 Solar power system overview

신재생에너지전원의 비중이 커짐에 따라 대규모 신재생에너지전원 단지가 활발하게 조성되고 있는 상황이다. 하지만 이에 따른 여러 가지 대규모단지의 유지관리에 대한 대처 방안들이 미흡한 상태이며, 태양광 발전의 경우, 날씨조건(구름, 우천)에 따라 출력변동이 심하기 때문에 연계된 배전계통의 역조류 발생으로 인한 배전계통의 전압관리나 전력품질 같은 계통 운용상의 문제점이 야기되고 있다. 한국기술교육대학교의 선행 연구로 50kW 태양광 발전시스템의 유·무선 원격모니터링 감시제어장치는 아래와 같다[3].

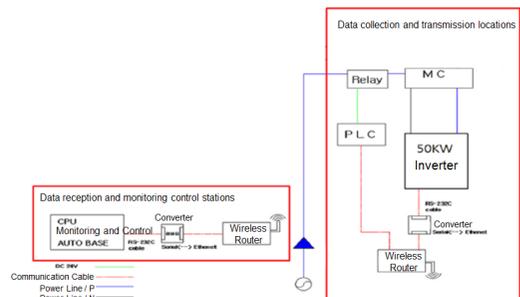
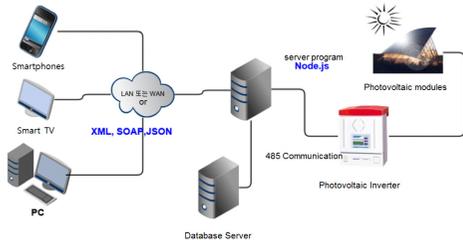


그림 2. 태양광발전 유·무선 감시제어 시험장치 구성

Fig. 2 Configuration of wire-wireless monitoring and controlling device

최근 연구된 N스크린 기반 모니터링 시스템 설계를 위한 시스템은 웹브라우저가 태양광 발전 데이터를 모니터링하기 위한 웹 페이지를 요청할 때, 웹브라우저에게 웹페이지로 응답하는 웹 응용서버 프로그램, 태양광인버터와 중계 서버간의 통신을 하여 태양광 발전 정보를 저장하는 인버터 통신중계 프로그램, 웹

응용서버 프로그램과 인버터 통신중계 프로그램 사이에 데이터 공유를 위한 데이터베이스(DBMS)로 구성한다[4].



Monitoring devices	Communication Method
PC	Ethernet(RJ45), Wifi, RS232, Bluetooth,
iPhone / Pad	Wifi, Bluetooth, 3S/4G 통신
Android Phone	Wifi , Bluetooth, 3S/4G 통신, NFC
Android Pad	
Black berry	Wifi , Bluetooth, 3S/4G통신, NFC
Solar panel	Communication Method
	RS232 , RS485

그림 3. N스크린 기반 태양광 원격제어 시스템

Fig. 3 The configuration of the implemented monitoring system based N Screen

본 연구를 위하여 대전 및 충청지역의 20여개 태양광발전소를 방문 및 인터뷰를 실시하여 다양한 사례와 애로사항에 대한 청취를 통하여 수요기반 맞춤형 솔루션 설계 반영하고 특히, 설치 5~7년 이상의 발전중반기 단지를 대상으로 고장 및 장애 빈도, 원격 관제의 필요성에 대하여 의견을 청취하고 모델과 제조사에 구매받지 않는 통합 플랫폼의 개발을 위한 누적 데이터를 확보하였다.

애로사항에 대하여 인터뷰를 실시하여 주요 운영문제점을 취합하였는데 첫 번째로 과거 태양광 발전사업 초창기 설치하였던 해외 장비 메이커 철수로 인한 후속 유지보수 및 복구가 어려우며 신형 시스템과 호환성 부족으로 발전소 추가확장 어렵고 호환성이 확보된 관제시스템 필요하다는 수요와 두 번째로 각 발전소별로 주력 장비의 메이커가 달라 관제시스템도 다르며 이로 인한 발전소 운영과 유지보수가 어려워 통합화 된 관제시스템 필요하다는 의견이 있었다. 마지막으로 과거에 설치하였던 관제시스템은 구형 인터페이스(시리얼, 페러럴 등) 방식으로 파손 및 수명 종료로 인한 신형장비로 일부 교체 어려운 상황임을

호소하여 호환성이 확보된 유지보수 비용 절감 관제시스템 필요한 상황이다.

### III. 연구 및 구현

본 논문에서는 선행연구사례와 국내외 설치사례를 바탕으로 제조사와 모니터링 방식에 구매받지 않는 태양광발전소 원격관제시스템의 기본 시스템을 구성하고 구현을 위한 기술적 요구사항 검토를 바탕으로 연구를 진행하였다.

기본구성은 기존의 운영 중인 태양광발전소의 구조적인 개조 없이 전용으로 설계 된 단말기를 추가로 장착하고 무선기반의 센서를 통한 각 시스템의 동작 상황을 실시간으로 모니터링 한다. 모니터링 된 데이터 값은 통합관제 셋톱박스로 취합되고 유·무선으로 외부의 네트워크로 전송된다.



그림 4. 가장 보편적인 최신 모니터링 시스템

Fig. 4 The most common monitoring system latest

원격지에서 모니터링 프로그램을 통하여 PC 및 TV모니터 또는 스마트폰 어플리케이션을 통하여 현재의 발전상황, 발전량, 누적발전량, 장애발생 현황을 모니터링 할 수 있다. 주요 부분에 장착된 무선센서 모듈은 실시간으로 전력과 에러 코드를 감지하며 선로의 공사비용과 유지보수의 용이함을 위하여 자체전력 또는 발전 전력의 극소량을 활용한다.

와이파이로 전송된 신호는 중앙의 셋톱박스로 수신되며 셋톱에서 처리된 데이터는 외부로 전송되는데, 도서산간 지역이나 최소한의 통신이 확보되지 않은 지역에서는 CDMA모듈을 장착하여 SMS형태의 코드로 전송한다.

설계된 시스템은 이미 원격 모니터링이 장착되어 있는 태양광발전소에도 추가로 적용 가능하며, 특히 제조사 및 시공사의 기술지원이 종료된 3년 이상의 태양광 발전소 단지와 각 발전소 간 운영 메커니즘이 다른 발전소의 통합적인 데이터를 통한 관제가 가능하다.

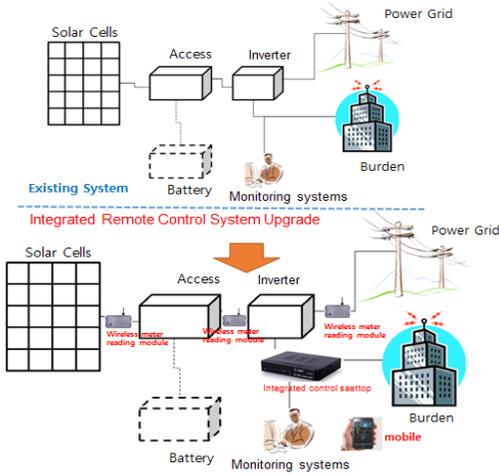


그림 5. 원격관제 시스템 구성[5-6]

Fig. 5 Solar power plants operated remote control system

각 회사별 단독으로 적용되어 운영 중인 기존의 시스템 및 원격관제가 지원되지 않는 태양광발전소 사업 도입 초기 기업의 원격관제가 가능하도록 설계 및 적용하며 특히, 시스템의 노후화와 호환성이 확보되지 않은 다양한 발전소의 형태와 시스템에 무관하도록 공통의 송수전 배선과 신호발생 부분의 호환가능 센서 소자의 개발 및 적용을 통한 통합 셋톱박스로 데이터를 원격의 서버에 전송 및 원격관제 시스템과의 연동을 구현하는 기술이 핵심이다.

2000년대 초반~중후반에 설계 및 시공되었던 구형의 태양광발전소는 원격모니터링이 취약하거나 전혀 적용되지 않는 상황에서 본 시스템을 통한 원격모니터링과 장애 감지는 유용한 대안이 될 것이다.

장애가 발생할 경우 정기 점검에서 발견되거나, 상당시간 방치 후에 발전수의 정산의 급감을 통하여 고장 및 장애를 발견하던 현재의 열악한 상황을 보완할 수 있을 것이다.

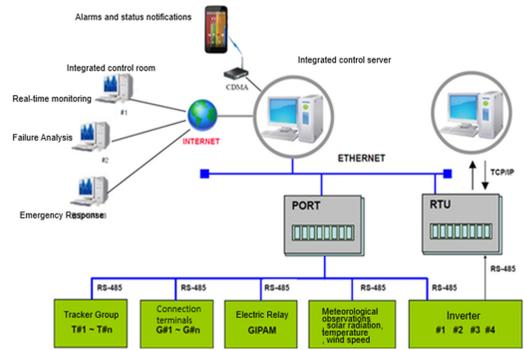


그림 6. 원격관제 시스템 세부 구성

Fig. 6 Solar power plants operated remote control system

태양광 발전설비들의 계측 데이터는 기존의 RDBMS와는 다른 컬럼-기반 저장소인 HBase를 이용하는 데, 효율적인 저장 및 빠른 검색을 위해서는 기존의 RDBMS와는 다른 스키마 설계를 적용한다.

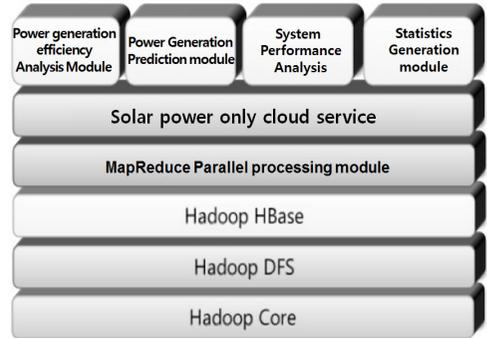


그림 7. 계측 시스템 개념도[7]

Fig. 7 Measurement system schematic diagram

계측된 데이터는 시스템 내부에서 처리되어 외부로 발송된다. 이는 TCP/IP 인터넷 망을 통하여 패킷처리된 데이터를 전송하며 수신된 보안관제센터 서버는 클라이언트 PC를 통하여 통합된 데이터 표현방식으로 지속가능한 신뢰성을 확보하여 제공되고 누적된다.

인버터는 별도의 구성으로 냉각성능을 고려하여 인버터 자체의 온도모니터링을 실시하고 냉각을 고려한 케이스 내부의 냉각장치를 추가할 수 있다[8]. 계측 및 전송을 위한 데이터의 종류와 범위를 구성하였다.

표 2. 계측 데이터 항목 구성

Table 2. Configuration measurement data items

Functions	Explanation
GH	incline angle (kW/m <sup>2</sup> )
GA	horizontal plane angle(kW/m <sup>2</sup> )
TA	outside temperature (°C)
TC	surface thermometer(°C)
PA	Photovoltaic array output power (kW)
VA	Photovoltaic array output voltage(A)
IA	Photovoltaic array output current(V)
THD	Distortion
Q	Active Power
S	Reactive power
PF	Power Factor
Hz	Frequency

원격관제 표준화 시스템은 운영 및 수입화 모델에 있어서도 기존의 시스템들과 차별화 하여 운영할 수 있다. 이는 기존 시스템에 추가로 설치가 가능한 구조로 인하여 가능하며 추가설치 및 기존설치와 무관하게 설치한다. 정확한 비용의 산출은 현재 무리가 따르나 태양광 발전소 운영 수익의 일정부분을 월 유지보수 방식으로 집행하거나 리스의 방식으로 소정의 솔루션 임대비용을 고정적으로 책정한다.

표 3. 기존 시스템과 운영비용 및 차이

Table 3. Existing systems and operating costs, and the difference

Items	Existing methods	Install new solutions	
Estimated cost	High costs	Free	Lease
Maintenance costs	Unexpectedly	Fixed	Free
Technical assistance	Free or Paid	Free	Free
etc.	Cost is expensive	Inexpensive	Inexpensive

지속적으로 기존 태양광발전소의 노후화 및 영세규모의 공사 및 시공업체, 유통사의 철수로 인하여 원격관제 표준화 시스템의 수요와 수익성은 지속적으로 향상 될 것으로 보인다.

#### IV. 결론

본 연구에서 제안한 태양광발전소 원격관제 표준화 솔루션을 통하여 기존 시스템의 기술지원 종료와 비용의 증가를 보완할 수 있는 대안을 제시하였다.

원격관제가 되지 않는 태양광발전소의 상태 및 고장 유무 원격 진단 기술 확보하고 태양광발전양의 확인, 효율성 점검, 소모품 적시교체 모니터링 국산화 구현을 통하여 기존 시스템과 경쟁 우위 확보가능 기술 및 선진국 제품(독일 등)에 대한 비용대비 우수한 기능의 원격관제 기술 개발로 수입대체 효과가 기대된다.

아울러 향후 발전효율의 감소와 함께 유지보수 비용의 증가를 보완하는 비즈니스 모델의 강화를 통하여 몇 년간의 투자 암흑기를 끝내기 시작한 태양광발전 분야의 하드웨어와 소프트웨어를 동시에 보강하는 솔루션으로 연구가 지속되어야 할 것이다.

#### 감사의 글

본 논문은 대전대학교 연구조성비로 수행되었음

#### References

- [1] T. No, M. Park, and S. Lee, "A Study on an Implementation of Control Panel of Sun Trackers and Monitoring System for Photovoltaic Generation Plants," *J. of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 11, no. 9, 2010, pp. 3161-3167.
- [2] K. Kim, "Internet Management System for an Intelligent Remote Control and Monitoring," *J. of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC)*, vol. 10, no. 4, 2010, pp. 1-5
- [3] J. Park, B. Kim, G. Shin, and D. No, "Development of Remote Monitoring and Control Device of 50KW Photovoltaic System," *J. of The Korea Convergence Society*, vol. 2, no. 3, 2011, pp. 7-14
- [4] K. Lee and H. Park "Implementation of

N-screen based solar power monitoring system," *J. of the Korea Society of Computer and Information*, vol. 19, no. 10, Oct. 2014, pp. 151-158

- [5] S. Hong and P. Kim, "PV monitoring system," *J. of the Korea Information Processing Society*, vol. 20, no. 4, 2013, pp. 41-47
- [6] M. Kim, B. Oh, E. Park, and Y. Kim, "A Study on Cooling System for Efficiency Improvements of 3kW Outdoor Type Photovoltaic Inverter," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 5, 2014, pp. 617-623.
- [7] K. Park, E. Kim, K. Bahn, and S. Song, "Cloud-based Intelligent Management System for Photovoltaic Power Plants," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 3, 2012, pp. 591-596.
- [8] M. Kim and Y. Kim, "Temperature Characteristics Analysis of Major Heating Region According to Cooling Device Location of Grid-Connected Photovoltaic Inverter," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 7, 2014, pp. 799-804.

저자 소개



**우제택(Je-Teak Woo)**

1993년 중앙대학교 기계공학과 졸업(공학사)

2001년 서강대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(공학석사)

2007년 서강대학교 대학원 전자공학과 박사 수료

2014년 한세대학교 대학원 IT융합공학과 졸업(공학박사)

2013년 ~ 현재 대전대학교 컴퓨터공학과 조교수

※ 관심분야 : ICT융합, 분산처리시스템, 빅데이터



**이재환(Jae-Hwan Lee)**

2001년 건양대학교 정보전산공학과 졸업(공학사)

2004년 한세대학교 대학원 정보보호공학과 졸업(공학석사)

2014년 한세대학교 대학원 IT융합공학과 졸업(공학박사)

2015년 (주)티엔테크 기술이사

※ 관심분야 : ICT융합, 사물통신



**서태원(Tae-Won Seo)**

1996년 중앙대학교 심리학과 졸업(학사)

2015년 대전대학교 대학원 기술경영공학과 재학중(공학석사)

2008년 ~ 현재 (주)티엔테크 대표이사

※ 관심분야 : 무선통신시스템, 기술경영



**한명희(Myung-Hee Han)**

2014년 대전대학교 경영학과 졸업(학사)

2015년 대전대학교 대학원 기술경영공학과 재학중(공학석사)

2014년 ~ 현재 (주)티엔테크 이사

※ 관심분야 : 신재생에너지, 기술경영



**서미자(Mi-Ja Seo)**

1995년 숭의여자대학교 문헌정보학과 졸업(학사)

2015년 건국대학교 부동산대학원 석사과정 재학중

2014년 ~ 현재 (주)티엔테크 이사

※ 관심분야 : 부동산개발, 인프라조성