

# 태양광 발전 시스템을 위한 원격 통합 모니터링 시스템의 구축 및 운영분석

홍성민, 이용호, 심 현  
(주)에스에너지

## Abstract

This paper proposes central monitoring system(PVCMS) based on a TCP/IP network for effective integrating management about photovoltaic systems. We don't gain confidence the result of production simulation, because the output of PV system have many various environmental change factor. So if we can obtain real operated data about each sites and system types to use PVCMS, we can define the environment change factor to compare with simulation data. And this paper try to access about total management and data analysis methods of renewable energy through results analysis to synthesize of the operation.

## 1. 서 론

신·재생에너지는 에너지 수급의 불안정과 환경오염의 해결방안으로 선진국을 중심으로 전 세계적으로 확대 보급되어지고 있다. 이미 선진국에서는 2010년에 전체에너지 수요의 10 ~ 20%를 신·재생에너지로 공급할 계획을 추진하고 있어 이에 따른 지속적인 기술개발과 상용화를 통한 확대를 꾸준히 추진하고 있다. 국내에서도 이미 2012년까지 신·재생에너지 보급 확대 및 기술개발 계획을 확정하 바 있고 이에 따라 보급사업 및 차액보전제도 등의 다양한 보급정책과 기술개발을 통한 상업화 방안을 마련하고 있다.

이러한 신·재생에너지의 기술의 신뢰성 확보를 통한 보급 확대는 대부분의 에너지원을 수입에 의존하고 있는 국내 실정에 비추어 볼 때 안정적 산업발전을 위한 토대를 마련함과 더불어 국가 산업발전의 원동력으로 작용할 수 있는 차세대 고부가치 산업으로 육성할 수 있을 것으로 판단되어진다.

태양광 발전과 같은 신·재생에너지원은 설비의 크기에 있어서 대규모부터 소규모까지 다양한 형태를 갖출 수 있다. 또한 불특정 다수의 지역에 비교적 간단하게 적용할 수 있어 특정한 관리자와 방법을 요하지 않는다. 이러한 특수성은 신·재

생에너지원의 보급 확대의 가장 큰 장점으로 작용하고 있지만 이에 반해 특수 관리자에 의해 관리되어지지 않고 대부분이 전자동 운전하고 있어 고장이 발생할 경우 관리 부재로 인해 고장이 장기화될 가능성이 매우 높다. 확대 보급되고 있는 현시점에서 이러한 변수의 작용은 에너지 공급 측면에서 태양광 발전의 경우만 살펴볼 때 2004년 연간 17MW, 2011년 290MW은 손실로 작용할 것으로 예상되어져 신·재생에너지원의 보급 확대의 악재로 작용할 수밖에 없다. 따라서 전국적으로 산재되어 있는 신·재생에너지원의 효율적인 관리와 통합 운영을 통한 시스템의 신뢰성 확보를 위하여 운전 상황의 통합 운영 시스템의 도입이 반드시 필요하다고 할 수 있다. 이러한 운영 시스템의 데이터는 중앙, 지역, 설치지 등의 운영관리자의 상황에 따라 운전관리에 필요한 다양한 데이터의 제공과 보급 확대 단계에 있는 신·재생에너지의 중요한 실규모 연구 데이터로 활용될 수 있을 것이며 기존의 에너지원과의 효과적인 통합 운영에 대한 flow를 분석할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 관점에서 국내의 우수한 IT 기술 및 Network을 활용하여 신·재생에너지 중 태양광 발전에 대한 통합 원격모니터링 시스템을 구축 운영하였고 이에 대한 종합적인 운전 결과 분석을 통하여 효과적인 신·재생에너지 통합 관리방안 제안과 기술적 모색에 접근하고자 한다.

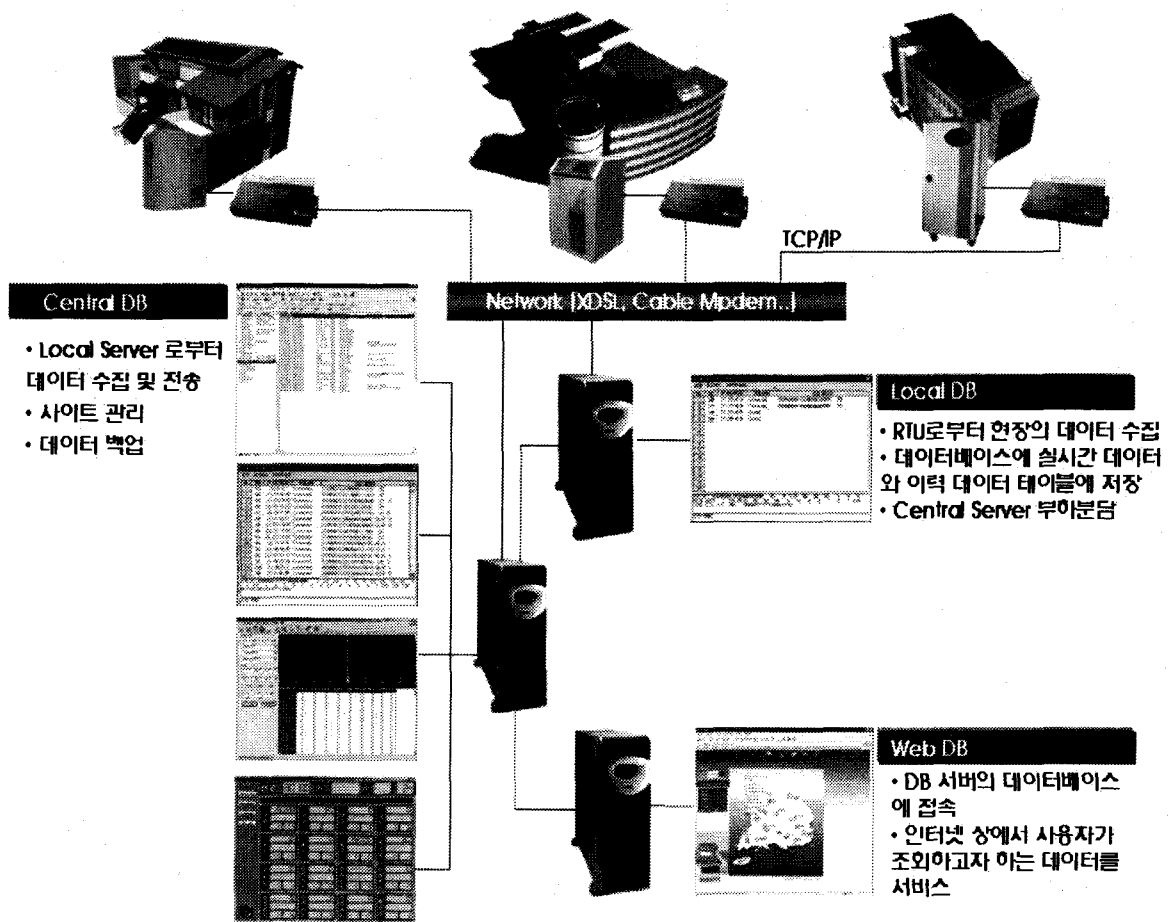
## 2. 본 론

### 가. Network 구성의 기본 개념

태양광 발전은 태양빛을 전기에너지로 변환하여 사용하는 기술로 안정된 상용 전력으로 변환하기 위한 전력변환장치를 필요로 한다. 이러한 전력변환장치 운전 에 필요한 기본 정보를 취득하고 사용자에게 운전상태의 정보를 제공하고 있다. 이러한 전력변환장치의 운전정보는 시리얼 통신을 통하여 외부 장치와의 Interface가 가능하다. 태양광 발전 원격통합모니터링 시스템 (이하 PVCMS - Photovoltaic Monitoring System)은 전국적으로 산재되어 있는 태양광 발전시스템과 이러한 전력변환장치와의 시리얼 통신과 데이터 서버와의 Socket통신을 통한 데이터 전송방식으로 데이터 교환이 이루어지도록 구성되며, 각각의 Client들은 서버와의 통신을 위한 RTU(Remote Terminal Unit)가 설치되어진다. 그림1에서는 PVCMS의 기본개념을 나타내고 있다.

확장개념에 있어서 이러한 원격 감시시스템의 서로 다른 지역별 및 에너지원별의 특수성을 고려하고 다양한 데이터를 통합 처리하기 위하여 에너지원별 또는 지역별로의 Sub Data Base 개념의 Local CMS와 Main Data Base의 Central CMS로 분리 구성하였다. 이렇게 2단계 Network을 구성함으로써 에너지원별 또

는 지역별로 효과적인 데이터 관리 및 가공이 가능해지고 Central Data Base의 데이터 집중 부하를 감소할 수 있을 뿐만 아니라 데이터 처리방식과 종류를 단계별로 구분할 수 있어 효과적인 통합운영관리를 이룰 수 있다. 아울러 지자체별로 나 에너지원별로 기 구성되어지고 있는 원격 통합모니터링 시스템을 연계하는 방안을 제시할 수 있다.



[그림 1 : PVCMS Network 구성도]

나. PVCMS의 Hardware구성

1) RTU (Remote Terminal Unit, 모델명 : SolarEye)

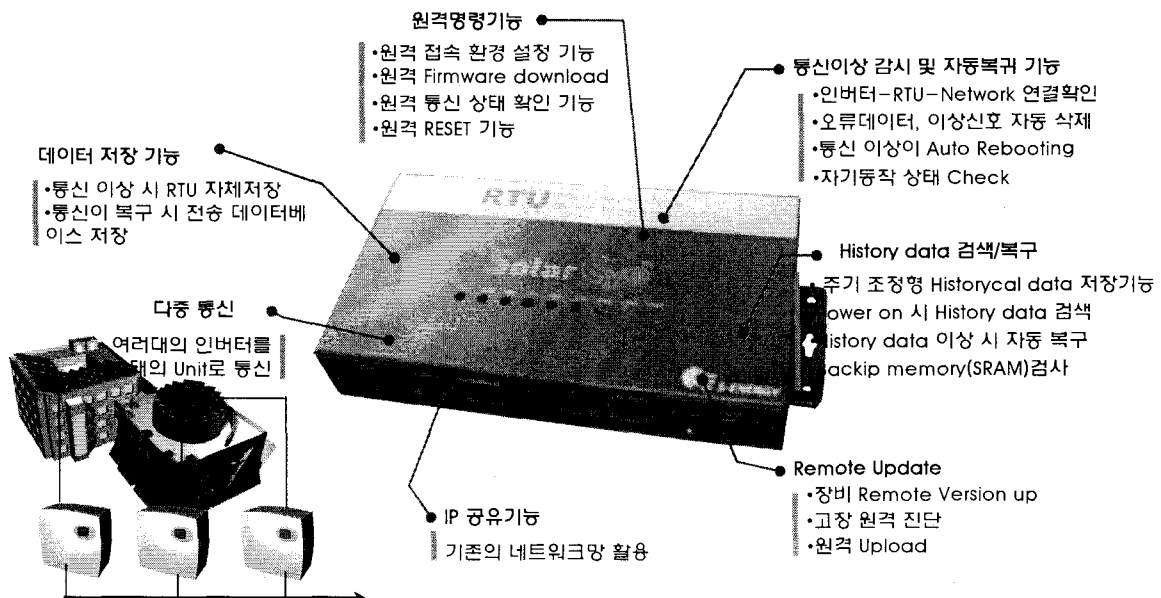
일반산업 현장에서 사용되는 각종 아날로그형 Data인 온도, 압력, 하중, 유량, 속도, 가속도, 변위등과 On/Off 개념의 Digital Data 등의 여러 종류의 물리, 화학적인 변화 현상을 센서로부터 받아들여 전기적인 신호로 변환하여, 계측하고 그 데이터를 송수신하는 장치는 사용 용도에 따라서 많은 종류가 있다. 본 연구의 RTU (이하, SolarEye)는 Internet 망을 이용한 원격 감시제어 시스템의 응용 분야

에 적합하게 사용 할 수 있는 고 신뢰성, 고성능의 저가형 RTU장치로서 산업 설비의 아날로그 및 디지털 입/출력 Point를 XDSL/Cable Modem을 이용하여 간편하게 감시 제어 할 수 있는 장치이다.

SolarEye는 태양광 인버터로부터 시리얼통신을 통하여 운전정보를 받고 인터넷 망(XDSL, 케이블 모뎀 등)을 통하여 Data Base에 전송하는 기능 수행을 주목적으로 하는데 다양한 인버터의 통신 Protocol의 적용, IP 공유기능, 통신에러 발생 시 데이터 저장기능 등을 보유하고 있다. Protocol 형성에 사용한 모든 코드는 ASCII 코드를 사용하였다.

STATUS LED를 통해서 현재 동작상태를 손쉽게 확인할 수 있으며 ALARM Service를 지원하여 각 채널의 신호가 설정 범위 이상 변화를 보이거나, 설정해 놓은 level 등의 경계 수치를 넘어설 때 즉시 메인 Master로 현재의 데이터와 상황을 자동 전송하므로 순간적인 event 상황 대처에 용이하다.

SolarEye는 측정 장비에 대해 Master 장비로서 동작하여 측정 장비로부터 데이터를 요청한다. 수신한 데이터는 모니터링 시스템의 요청에 전송하기 위해 임시 버퍼로 보관하고 DB서버에 전송하기 위한 데이터는 가공하여 전송대기 버퍼에 보관한다. 측정 장비와의 통신이상이 발생하면 DB 서버에서 측정 장비와의 통신 두절이 발생했음을 전송한다. 통신 인터페이스 장비는 수용가의 통신비용을 절감할 수 있도록 기존의 네트워크망을 이용하여 시스템을 구축할 수 있도록 IP 공유 기능을 갖도록 하였다. 그림 2에서는 SolarEye의 주요 기능을 나타내었다.



[그림 2 : SolarEye의 주요 기능]

SolarEye는 Data Base Server로 실시간 및 이력 데이터를 전송한다 통신 인터페이스 시스템 설정을 위하여 시스템 시각동기, Site ID 부여방법, DB 서버 통신 상태 점검 등을 시행한다. 통신 프로토콜의 기본 구조는 다음과 같이 구성한다.

"["(START)+FUNC+DATA+"]"(END)

TCP/IP 소켓 통신에서 데이터 이상여부를 검출하므로 데이터를 검증하기 위한 Checksum은 붙이지 않는다.

## 2) Central Server

Central Server는 Local Server나 RTU로부터 전송된 측정 데이터를 이더넷(Ethernet)을 이용하여 수집한다. 수집된 데이터는 데이터베이스의 측정값 테이블에 저장한다. 저장된 데이터는 웹서버의 데이터 조회 요청 시 활용되며 시간 단위 또는 적산값 추출 등의 연산 과정을 통해 일보, 월보 등의 데이터를 생성하는데 사용된다.

## 3) Local Server

Local Server는 지역별 태양광 발전시스템에 대한 Data Base Server를 설치하여 각 지역의 데이터 수집을 전담하는 서버를 설치하여 각 지역별 데이터를 효과적으로 관리할 수 있도록 하며 상위의 Central Server에 수집된 데이터를 등록하여 상위에서 전체 현장에 대한 상태를 감시할 수 있도록 한다. 이렇게 구성된 Local Server는 Central Server의 집중된 부하를 감소시킬 수 있고 지역별 태양광 발전시스템을 효과적으로 관리할 수 있다.

## 4) Web Server

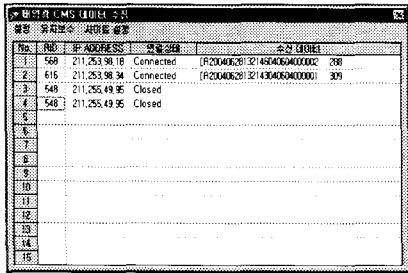
DB 서버에 저장된 데이터를 이용하여 웹페이지를 통해 외부 기관 및 사용자가 태양광 시스템 운영현황을 조회할 수 있도록 한다.

## 다. Software의 구성

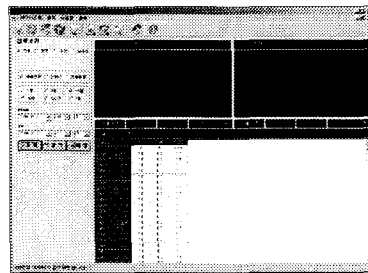
SolarEye로부터 현장의 상태 데이터를 수집하여 데이터 베이스에 저장하는 데이터수집 프로그램은 TCP/IP 프로토콜을 이용한 socket 프로그래밍을 통하여 현장의 RTU로부터 전송되는 데이터를 수집하여 데이터베이스에 저장한다. RTU는 고정 IP를 사용하지 않을 수도 있으므로 데이터의 전송은 RTU에서 데이터를 보내면 데이터수집 프로그램에서 그에 대한 응답을 하는 방식으로 이루어진다.

이외에 CMS의 Application에는 일보 및 월보 데이터 조회를 위한 시간별, 일자

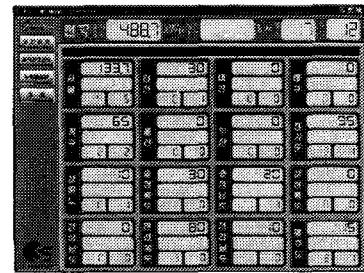
별 통계데이터를 생성하는 데이터 저장 프로그램, 운영자 및 사이트 정보관리, 데이터 조회 및 데이터 분석을 수행하는 DB-tool 프로그램, 태양광 CMS의 현재 운영 상태를 조회하는 Monitor 프로그램, 일보 및 월보 데이터조회/출력을 하기 위한 Report 프로그램으로 구성되어지며 데이터 접속, 정보 수집용 프로그램과 일반 사용자가 웹 브라우저를 통하여 원격모니터링 할 수 있는 SolarWeb으로 나누어진다. 그림3에서는 이러한 CMS의 Application을 나타내고 있다.



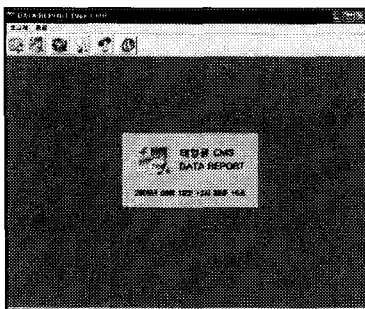
데이터수집



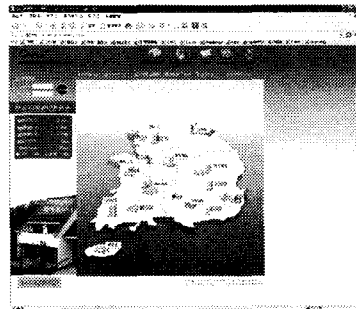
DB-tool



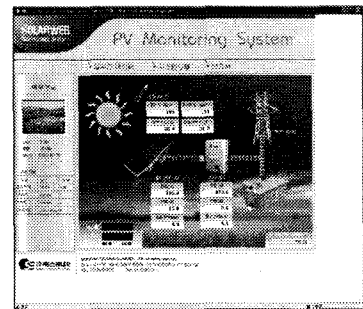
Monitor



Report Solar



Web Logout



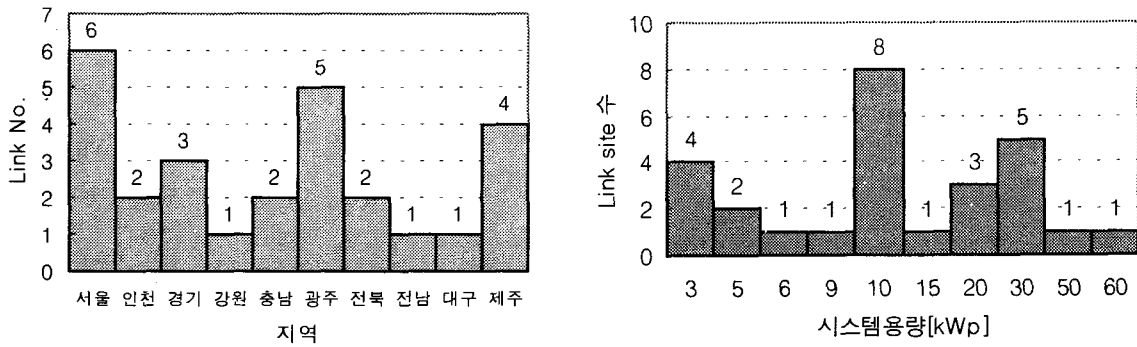
SolarWeb Login

[그림 3 : CMS Application]

웹모니터링(SolarWeb)의 경우 회원제 사이트관리로 ID와 PW를 부여받을 경우 해당 사이트의 상세 정보와 누적데이터에 대한 일보, 월보, 년보의 정보를 얻을 수 있다.

#### 라. 운전데이터의 분석

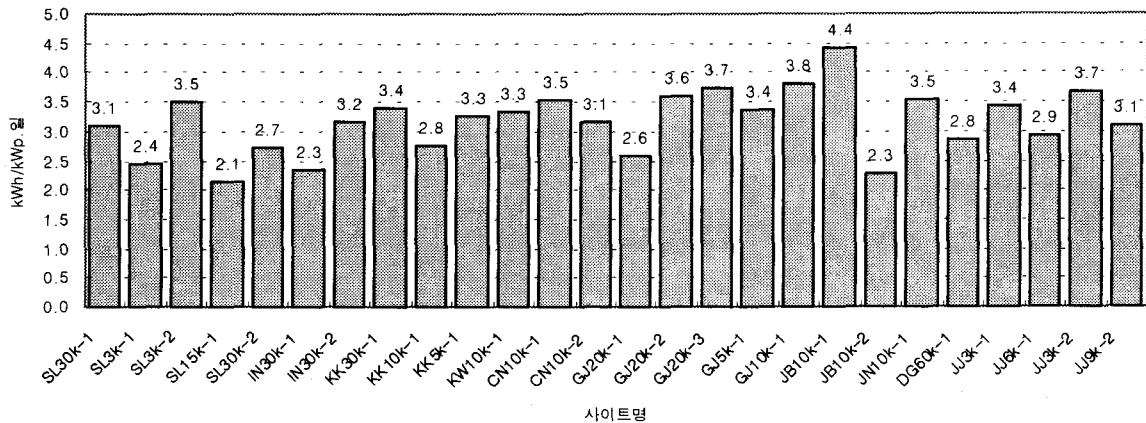
본 연구에서 구축되어진 태양광 원격 통합 모니터링 시스템(CMS)은 2004년 6월부터 인천의 IN30k-1을 시작으로 부터 2005년 8월까지 총 27개 태양광 발전시스템이 Link되었는데, 지역 및 용량에 따른 Link 현황은 그림4와 같다. 서울지역이 6개 사이트로 가장 많으며, 시스템 용량으로는 10kWp 시스템이 8개 사이트로 가장 많다.



[그림 4 : 지역 및 용량별 CMS Link Site 수]

일별 계측률은 CMS를 모니터링을 시작한 개시일로부터 본 연구의 최종결과 보고서 작성하기 위하여 수집된 데이터의 최종 모니터링 일인 2005년 9월 27일까지며 전국 평균치는 73.8%이고, CMS와 Link된 사이트 중 모니터링 일수의 최대 계측률 SL30k-2 사이트로 96.3%이다. 모니터링 계측률은 시스템의 고장, 계통 및 저압선로 보수를 위한 강제 정전, 네트워크의 연결 유무 등에 따라 차이를 나타내고 있으며 특정지역의 경우 2개월 이상 계통 보수 공사로 인하여 데이터를 취득하지 못하였다.

그림5에서는 CMS에 링크되어 있는 전체 사이트에 대하여 일평균 kWp당 발전량을 나타내고 있다. 전국 평균은 3.25[kWh/kWp·일]로 계측되었다.

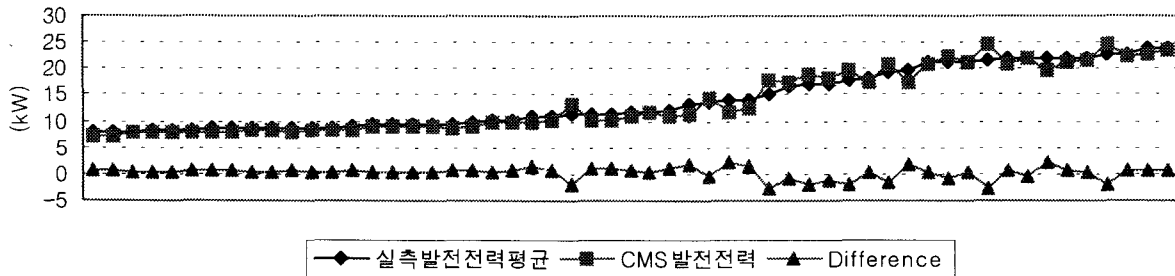


[그림 5 : 각사이트별 kWp당 일 발전량]

#### 마. 모니터링 데이터의 신뢰성 분석

CMS로부터의 데이터 취득방법은 인버터와 시리얼 통신 및 데이터 통신을 활용하여

상위 Data Base로 전송하는 방식을 채택하고 있다. 이러한 방법으로 인하여 인버터의 정밀도에 따라 계측값은 실제 데이터와 다소의 차이를 나타낼 수 있다. 이러한 이유로 실제 모니터링 되고 있는 데이터의 정밀도를 분석하기 위하여 2개 사이트의 발전전력에 대한 CMS 모니터링 값과 실측값을 비교 평가하였다.



[그림 6 : 발전량에 따른 오차]

그림6에서는 발전량의 크기에 대한 실측값과 CMS값과의 오차를 보기위한 것으로 그 값은 발전량에 비례하지 않고 거의 일정한 값이 나오는 것을 알 수 있다. 따라서 출력 전력에 대한 보정계수  $\alpha$ 는 다음과 같이 계산 할 수 있다.

$$\alpha = P_{\text{real}} / P_{\text{CMS}} \quad (1)$$

각 사이트의 계산된  $\alpha$ 값의 산술 평균값은 KK30k-1이 1.059, JB10k-1이 1.061으로 +6%의 평균값을 나타내고 있으며 이러한 결과를 라항의 전국 평균 kWp당 일발전량에 반영할 경우 3.45[kWh/kWp·일]로 산정할 수 있다.

### 3. 결 론

신·재생에너지의 보급 활성화와 안정성 사업의 성장을 위해서는 양적, 질적 팽창과 산업 전반적인 기술 향상도 중요하지만 기존에 보급되어 있는 시스템에 대한 지속적인 사후 관리가 무엇보다도 중요하다. 사후관리 측면에서 볼 때 본 연구의 성공적 추진을 통하여 전국적으로 분산되어 있는 태양광 발전시스템을 포함한 신재생에너지원에 대한 획기적인 통합운영관리 방안이 마련되었다고 볼 수 있다. 하지만 본 연구의 성과를 발전시키기 위해서는 다음과 같은 사항을 개선, 발전시켜나가야 할 것으로 생각된다.

1. 향후 확장성을 고려한 지역별, 에너지원별 종합 데이터 베이스의 구축
2. 인버터의 범용적인 프로토콜의 적용(Modbus 등) 및 가이드라인의 제시
3. 네트워크 통신을 위한 표준 데이터 통신 가이드 라인의 제시



#### 4. 인버터 데이터 통신의 정확성을 위한 정밀도 기술기준 마련 및 실증연구

CMS는 현재에도 전국 각지의 태양광 발전시스템의 운전데이터를 취득하고 이상상태를 보고하고 있다. 향후 CMS를 지속 발전시켜 나가며 CMS의 데이터 분석으로 통하여 객관적인 통계자료를 마련하고자 한다.

#### 참 고 문 헌

1. Luis Castaner, "Modelling Photovoltaic Systems Using PS", John Wiley & Sons, Ltd, 2002
2. James F, Kurose, "Computer Networking, 3rd Edition", Addison-Wesley, 2004
3. W.Richard Stevens, "Unix Network Programming Vol2", Prentice Hall, 1999