

# 제주지역 풍력발전량 실시간 감시 시스템 구축에 관한 연구

김경보\*, 양경부\*\*, 박운호\*\*\*, 문창은\*\*\*\*, 박정근\*\*\*\*\*, 허종철\*\*\*\*\*

\*기상청(kbkim@korea.kr), \*\*제주대학교청정에너지실증연구센터(h14hhc@jejunu.ac.kr),  
\*\*\*기상청(csat3@korea.kr), \*\*\*\*한국폴리텍I대학 제주캠퍼스 자동차학과(ecmoon@kopo.ac.kr),  
\*\*\*\*\* (주)에코브레인(jkpark@ecobrainkr.com), \*\*\*\*\*제주대학교 기계시스템공학부(jchuh@cheju.ac.kr)

## A Study on the Real-Time Monitoring System of Wind Power in Jeju

Kim, Kyoung-Bo\* Yang, Kyung-Bu\*\* Park, Yun-Ho\*\*\* Mun Chang-eun\*\*\*\*  
Park, Jeong-Keun\*\*\*\*\* Huh, Jong-Chul\*\*\*\*\*

\*Korea Meteorological Administration(kbkim@korea.kr),  
\*\*Test and Evaluation Research Center for Clean Energy Development, Cheju National University(h14hhc@jejunu.ac.kr),  
\*\*\*Korea Meteorological Administration(csat3@korea.kr),  
\*\*\*\*Jeju Campus of KOREA POLYTECHNIC I Department of Automotive(ecmoon@kopo.ac.kr)  
\*\*\*\*Ecobrain Co, Ltd(jkpark@ecobrainkr.com),  
\*\*\*\*\*Faculty of Mechanical & System Engineering, Cheju National University(jchuh@cheju.ac.kr)

### Abstract

A real-time monitoring system was developed for transfer, receive, backup and analysis of wind power data at three wind farm(Hang won, Hankyung and Sung san) in Jeju. For this monitoring system a communication system analysis, a collection of data and transmission module development, data base construction and data analysis and management module was developed, respectively. These modules deal with mechanical, electrical and environmental problem. Especially, time series graphic is supported by the data analysis and management module automatically. The time series graphic make easier to raw data analysis. Also, the real-time monitoring system is connected with wind power forecasting system through internet web for data transfer to wind power forecasting system's data base.

Keywords : 풍력(Wind power), 자료전송(Data transfer), 자료수신(Data receive), 감시시스템(Monitoring system)

투고일자 : 2010년 3월 30일, 심사일자 : 2010년 4월 15일, 게재확정일자 : 2010년 6월 23일,  
교신저자 : 김경보(kbkim@korea.kr)

## 1. 서론

최근 전 세계적인 이산화탄소 배출 감소 노력으로 인해 청정에너지의 지속적 생산 및 제공을 위한 풍력의 역할이 확대되고 있다[1]. 특히 풍력에너지의 잠재성은 지속적으로 커져 향후 2020년까지 세계 전기 생산의 약 12%를 풍력이 담당할 것이라는 예측이 나오고 있다[2]. 풍력에너지의 이용 가능성이 주로 기상학적 조건에 의존하고 특히 생산지의 전기 출력은 발전기가 설치된 단지 주변의 풍속에 의해 결정되기 때문에 단지 주변의 풍속에 대한 분석 및 실시간 감시가 매우 중요하다. 하지만 기존의 감시 시스템은 대체로 풍력발전기의 상태에 대한 감시위주로 진행됨에 따라 풍력발전량 및 발전단지 주변 환경에 대한 감시 시스템이 요구되었다[3],[4]. 기존 풍력단지의 경우 내선 접속방식(전화모뎀 사용 등)을 이용한 시스템을 활용하고 있어 생산된 자료의 파악 및 활용에 어려움이 있었다. 특히 이러한 방식은 실시간 자료의 감시가 불가능하여 기계적, 전기적 및 환경적 문제 발생시 즉각적인 대응이 어려웠다. 따라서 각 풍력단지에서는 생산되는 자료를 수집, 송수신 및 저장을 통해 자료의 안정적인 관리와 효율적 분석을 할 수 있는 실시간 감시 시스템 구축이 요구되었다. 이 논문에서는 제주도내에서 운영 중인 세 곳의 풍력단지(행원, 한경 및 성산)에 대한 실시간 감시 시스템 구축을 통한 자료의 관리와 분석에 대해 논하고자 한다.

## 2. 연구방법

기존 풍력단지 내 자료 수집 환경은 그림 1.과 같다. 풍력 발전기 1~5호 및 8~9호는 3호 내부의 외장 모뎀, 13~15호는 13호 외장 모뎀과 연결되어 있으며 6~7호 및 10~12호는 6호 내장 모뎀에 각각 연결되어 각각의 자료가 전화선을 통해 모니터링 하우스 및 원격지의 수집 컴퓨터에 전달되고 있다. 이러한 모뎀 및 전화선을 이용한 자료전달 방식은 전화 접속 시에만 감시가 가능하며, 저장

자료의 전송을 위해서는 제어박스를 통해야만 하기 때문에 자료에 대한 실시간 감시가 불가능하다.

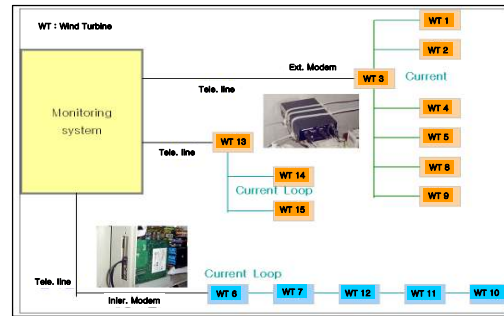


그림 1. 기존 풍력단지의 자료 수집 환경 모식도 (행원 풍력단지)

특히 자료 전송시 모뎀 통신 오류와 전화라인 불량 등으로 인한 접속 차단이 자주 발생되어 안정적인 자료의 생산 및 관리에 문제점을 가지고 있다. 또한, 발전기 자체의 저장메모리 용량의 한계로 인해 최대 30일 동안의 자료만을 저장할 수 있어 정기적인 수동 접속을 통한 자료 저장을 하지 않을 경우 자료의 손실이 발생할 수 있다.

따라서 보다 안정적인 자료의 관리와 분석을 위해서는 전화 모뎀 방식이 아닌 원거리 통신에 적합하고 여러 사용자가 시스템을 제어할 수 있는 직접적인 감시 시스템의 구축이 필요하다. 본 연구에서는 다음과 같은 별도의 시스템과 모듈을 개발하여 풍력단지에 대한 발전량 실시간 감시 시스템을 구축하였다.

- (1) 통신 시스템 분석
- (2) 자료 수집 및 전송 모듈 개발
- (3) 데이터베이스 구축
- (4) 자료 분석 및 관리 모듈 개발
- (5) 감시 시스템 개발

이러한 각각의 모듈 및 개발사항을 포함한 실시간 시스템은 별도로 운영 중인 발전량 예측 시스템(감시 시스템을 포함한 풍력발전 단지에 대한 전체 통합 시스템)에 발전 단지에 대한 자료를 제공하게 된다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 통신 시스템 분석

본 과제의 풍력 발전량 감시 시스템 구축을 위해 현재 운영중인 풍력발전기에 대한 정보 신호 처리프로세서 모듈을 분석하였다. 덴마크 VESTAS사 기종의 경우 그림 2와 같이 상부 및 하부 제어기 간에 CT3514모듈을 이용하여 광통신 방식으로 정보를 주고받고 있다. CT3514모듈은 RS-422포트 한 개와 광통신 포트 두 개를 내장하고 있는 모듈로 상부 제어기인 경우 광통신 포트 한 개를 이용하여 하부 제어기와 정보를 교환하고 나머지는 시스템 점검을 위한 휴대용 터미널 혹은 운영 컴퓨터와 연결되도록 구성되어 있다. 하부 제어기의 CT3514모듈은 상부 제어기와 광통신 단자를 이용하여 상부와 정보교환을 하고 RS-422 포트는 제어기에 부착된 운영 터미널 모듈과 연결되어 관리자가 발전기 내부에서 직접 조작할 수 있도록 되어 있다.

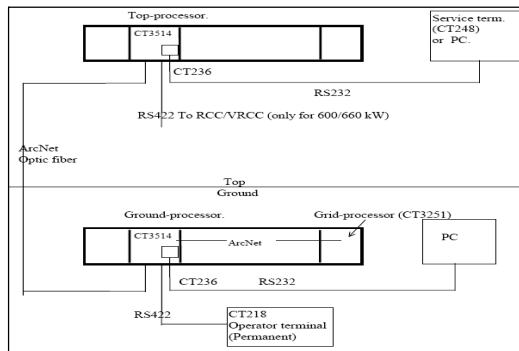


그림 2. 상부제어기와 하부제어기의 통신 구성도

외장 모뎀을 이용한 모니터링은 발전기 내부에 설치한 외장모뎀 텔레콤 II(Telecom II)와 별도의 통신 모듈인 CT-3230을 이용하여 모뎀과 발전기 시스템 간의 정보를 주고받고 있다. 통신 방식은 발전기에서 일방적인 정보를 제공하는 것은 아니며 특정 패킷을 주고받음으로써 정보를 교환한다. 이 둘 간의 통신은 특정 프로토콜을 사

용하고 있어 둘 간의 통신 프로토콜을 분석하여 모니터링에 필요한 정보를 모뎀을 통하지 않고 직접 수집할 수 있도록 하였다. CT-3230의 통신 라인인 커런트 루프(Current Loop) 방식을 가지고 있으므로 본 연구에서 수행하고자 하는 실시간 감시를 위해서는 모뎀을 통하지 않고 CT-3230과 직접 통신할 수 있도록 CT-3230 모듈에서 제공되는 커런트 루프 라인을 추출하여 RS-232방식으로 변환하여 사용자 컴퓨터와 통신할 수 있도록 구성하였고 프로토콜 분석을 통하여 정보를 획득할 수 있도록 처리 하였다.

VESTAS 기종의 풍력발전기를 모니터링 하기 위한 또 하나의 방법으로 하부 제어 프로세서의 CT-3514모듈을 통한 방법이 있다. CT-3514는 앞서 설명한 바와 같이 상부제어기와 정보를 주고받으면서 운영 터미널과 연결되어 관리자가 발전기를 조작할 수 있게 하는 모듈로 시스템 점검 및 테스트를 하기 위한 휴대용 터미널 혹은 사용자 컴퓨터로 연결할 수 있는 광통신 단자와 RS-422 포트를 내장하고 있다. 광통신 단자는 발전기가 가동 중인 상태에서는 계속적인 현재 상태 정보를 외부로 전송하나 모든 정보를 일방적으로 보내지는 않으며 운영터미널에서 주는 명령에 따라 정보를 제공한다. 그림 3은 VESTAS 하부 제어기 프로세서를 보여주는 것으로 메인 프로세서와 통신 모듈 등을 포함하고 있으며 이중 CT-3514와 CT-3230도 같이 구성되어 있다.



그림 3. VESTAS 하부 제어기 프로세서

그림 4는 VESTAS CT-3514모듈을 보여주는 것으로 하단에 광통신 포트를 통해 상부 제어기와 정보를 주고받고 RS-422포트를 운영 터미널로 연결된다. 전면 광 통신부에는 광 단자와 RS-422로 변환하는 CT-316모듈을 장착하고, 이 경로를 통해 제어기 운영 터미널에서 보이는 것과 같은 정보를 계속적으로 수신할 수 있다. 그러나 수신되는 정보는 운영터미널에 보이는 화면으로 다른 정보를 수신하고자 하면 운영터미널에서 조작을 해야 하며 이 경로에서 원하는 정보를 얻으려면 조작기 제어권을 현재 모니터링 경로로 전환해야 한다. 이는 이중 조작으로 인한 오류를 방지하고자 하는 것으로 모니터링시 조작 제어권에 대한 부분도 처리를 해야 한다. CT-3514모듈의 광통신 단자를 통한 입력 정보는 특수한 블록패킷 정보 이외에는 운영 터미널에서 보이는 ASCII 코드를 그대로 전송하고 있어 일부 패킷의 전후 프로토콜만 분석하면 쉽게 원하는 정보를 획득할 수 있다.



그림 4. VESTAS CT3514 모듈

### 3.2 자료 수집 및 전송 모듈

자료 수집 및 전송 모듈에서 통신 설정 부분은 커런트 루프와 RS-232 변환기와 연결하기 위한 모뎀 설정 부분과 발전량 예측 시스템과 연결하기 위한 TCP/IP 설정 부분이 있다. 모뎀 설정 부분은 기존 모뎀 경로를 가지고 있기 때문에 필요에 따라서 모뎀으로도 접속할 수

있도록 추가하였다. 하지만 일반적인 기본 작업 모드에서 모뎀 설정은 사용하지 않았다.

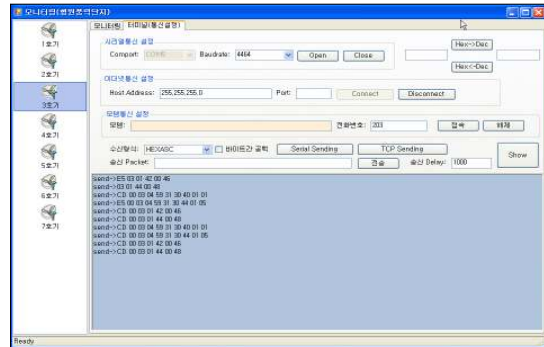


그림 5. 데이터 수집 및 전송 모듈

프로그램이 구동되고 발전기와의 접속을 마치면 접속 상태와 주고받는 정보를 확인 할 수 있도록 패킷 정보가 표출되며 이를 통해 자료를 확인할 수 있도록 구성하였다(그림 5). 기본 설정 항목 이외에 초기 개발 당시 사용되었던 패킷 분석을 위한 도구들도 긴급 상태를 대비해 사용할 수 있도록 처리하였다. 그림 6은 패킷정보 분석 내용을 표출하는 화면이다. 화면상에는 현재 분석된 풍속, 풍향 및 발전기 출력이 표시되며 시간에 따른 변화 추이를 보여주는 그래프가 자동으로 표출되도록 하였다. 이와 함께 발전기의 운영 상태, 로터 회전수, 발전기 회전수 및 블레이드 피치각을 확인해 볼 수 있도록 하였다.



그림 6. 데이터 감시 모듈

특히 SCADA 클라이언트로부터 데이터 수집과 전송은 SCADA 클라이언트 측에서 추출된 정보를 수집모듈(Collector)에서 처리하여 이 데이터를 중계모듈(Repeater)로 보내고 이 중계모듈이 발전량 예측 시스템으로 자료가 전송된다. 수집모듈과 중계모듈은 시리얼 통신 방식으로 연결이 되어 있으며 클래스 구조는 그림 7과 같다. 요청된 정보를 풍속 자료 클래스에서 읽고, 이를 정해진 시간에 중계모듈로 전송 한다. 수집모듈의 구동화면이다. 먼저 시리얼포트를 통해 중계모듈과의 연결을 확인하고 수집할 자료가 생산되면 이를 즉각 중계모듈로 전송하게 된다. 사용자는 전송된 자료를 화면을 통해 생산된 자료를 확인해 볼 수 있다. 이러한 수집 모듈은 환경과 성산 풍력단지와 연결된 각각 두 대 및 한 대의 클라이언트 컴퓨터를 통해 동작되도록 하였다. 이를 위해 각각의 풍력단지에 특정 식별자를 부여하여 하나의 프로그램 모듈로 여러 대의 클라이언트 컴퓨터와 연결할 수 있도록 하였다.

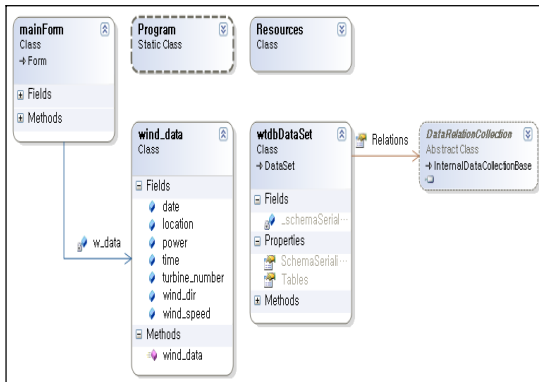


그림 7. 클래스 다이어그램

그림 8은 자료 수집모듈에서 자료를 전송받아 발전량 예측 시스템으로 전송하기 위한 중계 모듈로 앞서 언급한 세 대의 클라이언트 수집 모듈에서 전송하는 자료를 처리하기 위해 세 개의 통신 설정 기능을 가지고 있다. 중계모듈은 각각의 수집모듈에서 보내오는 정보로

부터 발전량 예측 시스템과 연결된 SQL 데이터베이스로 자료를 전송하고 마지막 전송 자료를 화면에 출력해 동작상태와 전송 시간 및 자료를 필요시 확인해 볼 수 있도록 하였다.

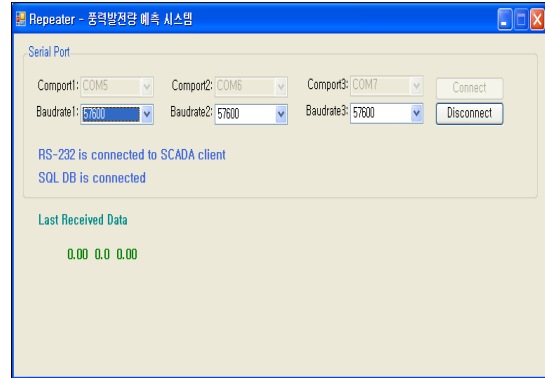


그림 8. SCADA 클라이언트 데이터 중계 모듈

### 3.3 데이터베이스

실시간 감시 데이터베이스는 Microsoft사의 MS SQL 2005를 사용하고 있으며 지역별 풍력단지 리스트 테이블과 각 풍력단지별 테이블을 구성하여 풍력단지로부터 전송되어 오는 정보를 저장, 관리하도록 하였다. 각 테이블에 관한 사항은 표 1과 같다.

표 1. 테이블 명 및 관련 내용

테이블(Table) 명	내 용
Site_list	Area information of wind farm
Site_channel	Wind channel information of wind farm
turbine_list	Generator data of wind farm
turbine_hangwon	Data of Hangwon wind farm
turbine_hankyung	Data of Hankyung wind farm
turbine_sungsang	Data of Sungsan wind farm

### 3.4 자료 분석 및 관리 모듈

자료 분석 및 관리 모듈은 각 풍력단지에서 보내온 정보를 관리 및 분석하는 역학을 수행



한다. 그림 9는 자료 관리 및 분석 모듈이 수행하는 작업에 대한 모식도이다. 발전량 예측 시스템은 내장된 SQL 데이터베이스에서 세 곳의 풍력단지로부터 전송되는 자료를 각각의 테이블에 저장한다. 저장된 자료는 사용자의 의해 각종 자료 분석에 활용된다.

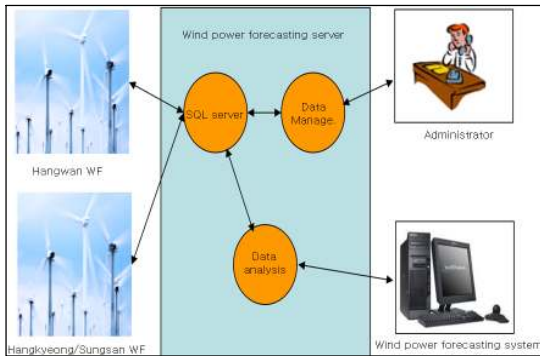


그림 9. 자료 분석 및 관리 수행 모식도

그림 10은 발전량 예측 시스템에서 운용되는 관리 및 분석 모듈에 대한 클래스로 각 풍력단지에서 수집, 저장된 자료를 관리하며 각각의 자료를 처리하기 위한 wdata 클래스와 많은 자료를 처리하기 위한 wdataList 클래스가 있다. 자료 관리를 위한 다양한 기능 확보를 위해 여러 개의 폼(자료 보안을 위한 loginForm, 데이터 검색을 위한 searchForm 및 분석 결과를 그래프로 전환하기 위한 chartForm) 클래스를 포함하고 있다.

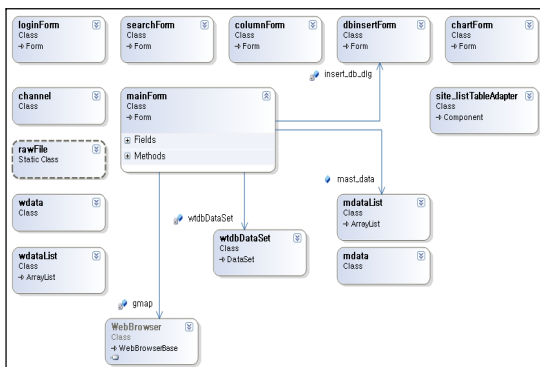


그림 10. 클래스 다이어그램(DB 서버)

특히 풍력단지의 위치를 지도상에 표시하기 위해 구글(Google) 지도와 연동하여 각각의 단지 위치 확인이 편리하도록 하였다. 표 2는 이 밖의 각종 폼 클래스에 대한 설명이다.

표 2. 폼명 및 관련 내용

폼(Form) 명	내 용
loginForm	User login for program starting and SQL server connection
searchForm	Search window for data searching
clounmForm	Tool window for data filtering
dbinsertForm	Tool window for data saving
chartForm	Graphic window for data analysis

자료 관리 및 분석 모듈 프로그램 구동은 로그인 화면으로부터 시작되며, 로그인에 성공하면 그림 11과 같은 초기 화면이 실행된다. 화면 좌측에는 각각의 풍력단지 현황(단지 위치, 고도 및 운영 시기 등)에 대한 정보가 표시되고, 우측에는 지도와 연계되어 풍력단지의 위치가 표시된다. 지도는 구글 지도의 Open API 코드를 사용하여 개발 하였다. 화면 하단에는 화면 좌측에서 선택한 풍력단지에 대한 기본 정보(풍속, 풍향, 온도, 압력 등)를 제공한다.

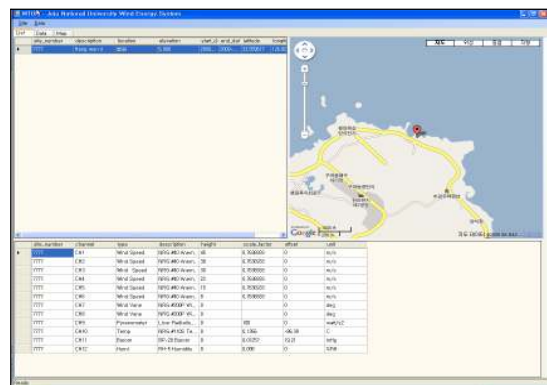


그림 11. 데이터 서버 초기화면

그림 12는 개별 풍력단지를 검색하는 화면

(현재는 세 개의 풍력단지만 등록)으로 향후 풍력단지 추가시 확장될 수 있도록 설계 하였다. 단지 검색이 완료되어 검색된 단지가 표출 되면 우측 지도 화면은 검색된 지역으로 이동 및 확대되어 단지 위치에 대한 보다 자세한 정보를 제공한다. 위치 검색이 완료되면 자료(Data) 탭을 통해 각종 저장된 자료들을 살펴볼 수 있다. 저장된 자료는 날짜별 검색 기능을 통해 과거부터 현재까지의 자료를 포함하고 있다. 자료의 저장 간격은 10분 간격이다. 보다 효율적인 자료의 검색을 위해 사용자의 필요에 따라 자료를 호출 할 수 있는 필터링 기능을 추가 하였다. 자료에 대한 기본적인 확인을 위해 선택된 자료는 자동으로 그래프화 되어 제공되도록 하였다.

그림 13은 선택된 풍속 자료에 대한 시계열 그래프를 보여주고 있다. 자료 분석 모듈은 온라인상에서 구동이 가능하도록 하였으나 자료에 대한 관리 기능은 자료의 안정적 확보를 위해 사용자 서버에서만 수행되도록 하였다. 이러한 자료 분석 모듈은 발전량 예측 시스템과 연동되어 발전량 예측시 활용될 수 있도록 하였다.

### 3.5 실시간 감시 시스템 구축

각각의 풍력단지에 대한 실시간 발전량 감시를 위해 발전기내 통신 모듈(CT3230)을 커런트 루프 통신 방식으로 연결 하고 이를 RS-232 시리얼 통신으로 변환하기 위해 변환기를 그림 14와 같이 발전기 통신 모듈과 연결 하였다. 이러한 변환기의 RS-232 단자를 실시간 감시 컴퓨터의 RS-232 단자 또는 USB 변환기를 통해 컴퓨터에 연결하였다. 연결 방식은 커런트 루프 변환기의 송신(+) 단자가 첫 번째 발전기의 수신(-) 단자로 연결되며 내부 모듈을 거쳐 수신(+) 단자에서 다음 발전기의 수신(-) 단자로 연결된다. 이렇게 마지막 발전기까지 연결되면 마지막 발전기의 수신(-) 단자가 커런트 루프 변환기 송신(-) 단자로 연결 된다. 수신부는 이와 반대로 연결되어 전체적인 통신 루프를 구성하게 된다. 전류를 흘려

주는 능동 상태는 송·수신 모두 커런트 루프 변환기에서 담당하도록 하였다.

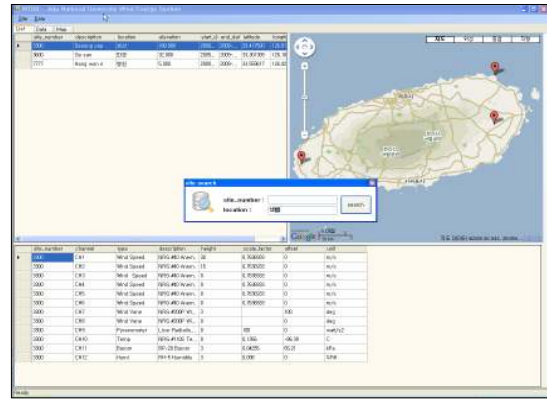


그림 12. 풍력단지 검색

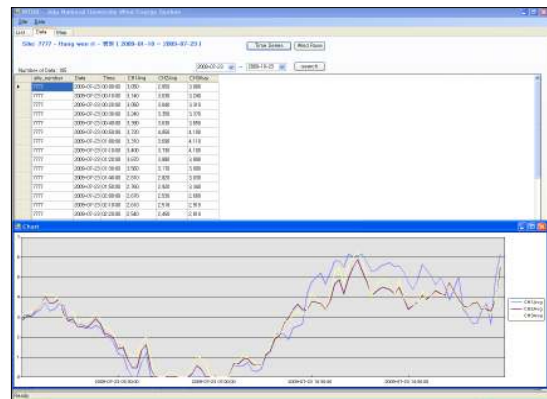


그림 13. 자료 검색 및 그래프 표출

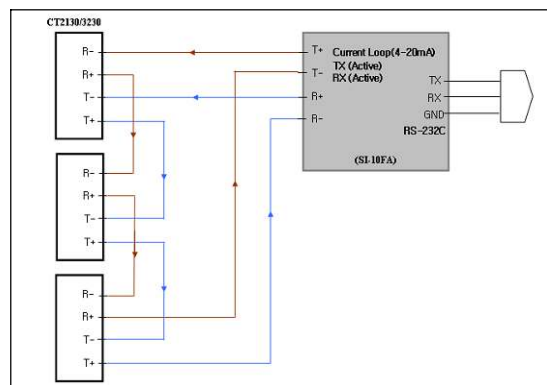


그림 14. 커런트 루프와 RS-232 변환기 연결

그림 15는 모니터링시 일어나는 자료의 흐름도로 실시간 감시 컴퓨터의 자료 수집 모듈에서 시리얼 통신방식으로 발전기에 자료를 요청하면 이 신호는 커런트 루프 RS-232 변환기를 통해 발전기의 통신 모듈을 통해 발전기의 응답을 듣게 된다. 실시간 감시 컴퓨터에서는 발전기에서 송신한 정보를 자료 수집 모듈에서 분석하여 요청한 정보를 추출한 후 자체 저장 및 화면상 표출을 수행한 후 발전량 예측 시스템의 데이터베이스로 전송한다.

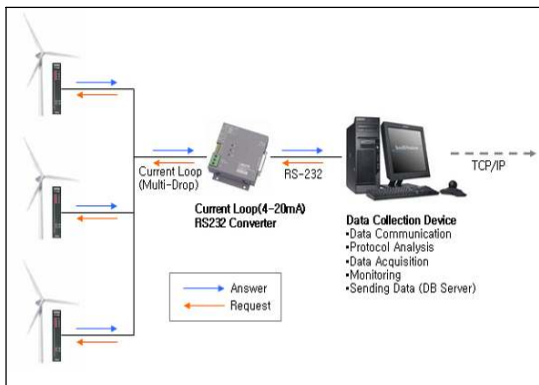


그림 15. 실시간 감시 자료 흐름도

구축된 실시간 감시 시스템의 전체 구성도는 그림 16과 같으며 세 곳의 풍력단지(행원, 한경, 성산)에서 인터넷 망을 통해 발전량 예측 시스템의 데이터베이스에 자료를 전송하게 된다.

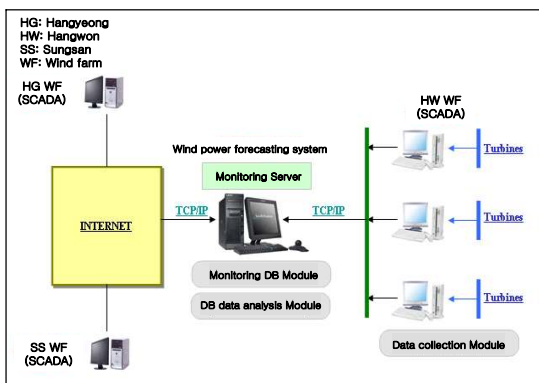


그림 16. 발전량 실시간 감시 전체 구성도

#### 4. 결 론

이 연구에서는 전 세계적으로 지속적으로 확대 보급되고 있는 풍력발전기의 안정적 운영을 위한 실시간 감시 시스템 개발에 관한 내용을 제시하였다. 이러한 시스템 개발을 위해 기존 통신 시스템 분석을 통해 자료의 수집과 전송을 위한 SCADA 클라이언트 중개 모듈을 개발하였고, 전송된 자료의 안정적 운영을 위한 데이터베이스를 개발하였다. 또한 저장된 자료의 효율적 활용을 위한 자료 분석 및 관리 모듈을 개발하여 분석자가 손쉽게 자료의 이상여부를 확인할 수 있도록 하였다. 특히, 구축된 실시간 감시 시스템이 인터넷 망을 통해 별도 운영 중인 발전량 예측 시스템의 데이터베이스에 자료와 연계함으로써 발전기에서 생산된 각종 자료가 발전량 예측시스템에 활용 될 수 있도록 하였다.

#### 후 기

본 연구는 에너지관리공단의 연구비지원(과제번호 : R0001-21-12345)과 제주대학교 풍력특성화대학원의 지원으로 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

1. 지식경제부 “3차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획” 2008.
2. BTM Consult ApS, <http://www.btm.dk/>, 2008.
3. 김석현, 유능수, 김윤호, 2007, 소형 독립형 풍력발전기의 진동 모니터링 및 출력 성능 평가, 한국소음진동공학회, 17, 2, 114-120.
4. 김성식, 최영준, 김인수, 홍정기, 2006, Web 기반 풍력발전 모니터링 시스템 개발 및 설치 사례, 計裝技術, 14, 5, 126-134.