

## 풍력 실증단지를 위한 분산 형 모니터링 시스템 개발

이 정완<sup>1)</sup>, 유 능수<sup>2)</sup>, 남 윤수<sup>3)</sup>, 조 병하<sup>4)</sup>

### A Development of Modular Monitoring System for Wind Turbine Test Site

Jeong Wan Lee, Neung Soo Yoo, Yoon Su Nam, Byung Ha Cho

Key words : Wind Turbine (풍력발전기), Universal-Modular(범용 모듈), Wireless-channel(무선 채널), Remote Monitoring System(원격 모니터링 시스템), Measure(계측)

Abstract : In this paper, we offer a new monitoring system that controls all of the windfarm. it can also apply use general wind turbine systems and real meteorological tower. We propose a hierarchical reliable monitoring system connected by wireless communication channels between monitoring host computer and modular slave measuring subsystems. Our system has two hierarchical subsystems: slave measuring systems, and supervisory host computer. We design and implement that the slave measuring subsystems is placed in meteorological tower and wind turbines, and the supervisory host computer in safety zone. The micro-controller in slave measuring system is duplicated using cold-standby method for reliability. The host computer and slave system constructs a feedback system, with wireless communication channel between them. For monitoring and command function, the supervisory computer is implemented with a Personal Computer using graphic user interface. Consequently, we can get a reliable but economic system.

#### 1. 서 론

고유가 시대와 교토 의정서 발효로 인하여 신 재생에너지에 대한 관심이 매우 높아 졌다. 신재생 에너지의 하나인 풍력을 전력화하는 풍력발전 에 대한 관심은 전 세계적으로 꾸준히 고조되고 있다. 풍력은 가 용량이 무한한 무공해 청정 에너지라는 큰 장점을 갖고 있으며 또한 이에 대한 이론 및 기술기반은 이미 개발된 항공기계공학으로부터 쉽게 전환하여 얻을 수 있어 별도의 기술개발이 크게 요구되지 않아 개발비용이 타 에너지 원에 비해 절감될 수 있다. 또한 운영 및 관리가 용이하며 무인화 및 자동화 운전이 가능하다. 이러한 장점 때문에 풍력은 신재생 에너지 중에서 가장 유력한 에너지로 인정받고 있고, 이미 전 세계적으로 풍력발전 시스템이 운영되고 있다.

우리나라도 정부주도하에 풍력 발전 시스템에 대하여 높은 관심을 보이고 있다. 이러한 정부 주도의 기술 개발 활성화 사업 중 하나가 풍력 실증 연구사업 으로서 강원도의 대관령 지역에 풍력실

증 연구 단지가 건설<sup>1)</sup>되어 실증용으로 도입된 프랑스 Jemont사의 J48 풍력발전기를 대상으로 실증이 종료 되었다. 그리고 국산화된 750kW 풍력발전기에 대한 실증이 시행되어지고 있다. 이와 같이 대규모 풍력단지의 조성이 이루어지면, 여러 기 이상의 풍력발전기를 효과적으로 실증하기 위한 관리 시스템이 필요하다. 풍력단지의 체계적이고 효과적인 관리를 위해서는 풍력단지의 풍향과 발전과 관련된 상황을 쉽게 볼 수 있어야 한다.

- 1) 강원대학교 기계메카트로닉스 공학부  
E-mail : jwlee@kangwon.ac.kr  
Tel : (033)250-6377 Fax : (033)257-4190
- 2) 강원대학교 기계메카트로닉스 공학부  
E-mail : yoonesoo@kangwon.ac.kr  
Tel : (033)250-6371 Fax : (033)257-4190
- 3) 강원대학교 기계메카트로닉스 공학부  
E-mail : nys@kangwon.ac.kr  
Tel : (033)250-6376 Fax : (033)257-4190
- 4) 강원대학교 기계메카트로닉스 공학부 원  
E-mail : hbias@www.kangwon.ac.kr  
Tel : (033)241-6377 Fax : (033)257-4190

관리 시스템은 단지 전체의 상황과 개별 풍력발전기의 실증이 통합적으로 이루어질 수 있는 신개념의 모니터링 시스템이어야 한다. 기존 대관령 실증단지의 모니터링 시스템은 LabVIEW를 통한 DAQ 시스템을 바탕으로 하고 있다.<sup>2)</sup> 이 시스템은 대관령 풍력 단지에서 모니터링에 필요한 신호를 단지 아래 케이블 선을 설치하여 하나의 시스템에서 모두 받아 처리하고 이를 인터넷으로 이용하여 원격 모니터링 할 수 있도록 한 시스템이다.<sup>3)</sup> 이 기존 시스템은 여러 신호를 한꺼번에 모두 처리한다는 장점을 가지고 있지만 시스템이 안정하지 않고 원격 모니터링에도 많은 제약성을 가진 고가의 시스템이다. 또한 설치된 케이블이 노이즈 위험에 노출되어 있으며 다른 신호 추가 때마다 케이블을 설치해야 하는 번거로움을 가지고 있다. 본 연구는 대관령 풍력발전 실증단지<sup>1)</sup>에 대한 풍향 자료분석, 풍력발전기에 대한 성능 실증을 위한 모니터링 시스템 구축과 기존 모니터링 시스템<sup>2,3)</sup>의 모니터링에 관한 한계성을 극복하기 위함을 목적으로 하고 있다.

현재 풍력 발전 실증 단지의 풍향 계측 시스템을 대체할 수 있는 저비용 범용 풍향 계측 시스템을 개발하기 위하여 마이크로 컨트롤 보드와 입출력 인터페이스 보드를 이용하여 분산형 계측 시스템을 제안한다. 이 시스템은 각각의 풍향 센서로부터 나오는 신호를 유선을 이용하여 전송하는 것이 아니라 무선통신(Wireless Bluetooth)를 이용하여 중앙 집적 관리를 위한 중앙 컴퓨터 서버로 전송된다. 중앙 컴퓨터 서버로 전송된 풍향 데이터들은 인터넷으로 실시간 전송되어 어디서든 풍력 발전 단지의 실시간 모니터링이 가능하게 된다. 이를 위해 범용 분산형 측정보드와 중앙 컴퓨터 서버를 제작하였고, 이를 대관령 풍력 실증단지에 설치하여 실험중이다. 논문의 구성은 2장에서 제안된 모니터링 시스템의 전체적인 구성을 설명하고, 3장에서 측정 보드 개발을 기술하였으며, 4장에서는 서버에 대하여 기술하였다. 그리고 5장에서는 본 시스템의 데이터 전송수에 관하여 설명하고 6장에서 신뢰성 실험을 수행한 다음 7장에서 결론을 보인다.

## 2. 전체적인 시스템 구성

대관령 풍력단지 내에 풍력발전 실증에 필요한 데이터들은 풍력발전기 허브 높이의 기상타워와 풍력 발전기내에서의 신호 데이터 등이다. 분산형 측정보드를 개발하여 신호들을 처리 하고 중앙 컴퓨터 서버로 무선 통신을 이용하여 전송시켰다. 중앙 컴퓨터 서버 내에서는 이를 인터넷으로 외부에 전송 시킨다.(Fig.1)

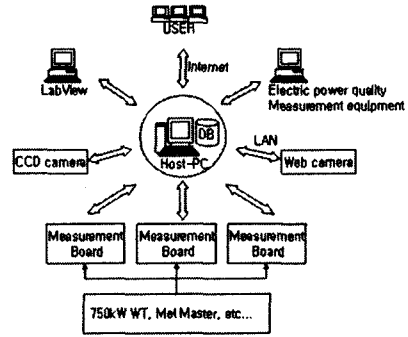


Fig. 1 Structure of Wind Turbine Monitoring

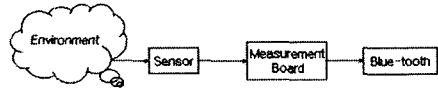


Fig. 2 Structure of measurement board

개발 환경은 다음과 같다:

### 1) Hardware

- 마이크로 컨트롤 보드와 입출력 인터페이스 보드를 이용한 분산형 측정 보드
- 중앙 컴퓨터 서버
- Bluetooth 를 이용한 Wireless communication

### 1) Software

- 마이크로 컨트롤러의 ROM 프로그램을 위한 C 컴파일러
- 중앙 컴퓨터 서버 내의 모니터링 시스템을 위한 VC++ 컴파일러

## 3. 분산형 측정 보드

분산형 측정 보드는 15V배터리로 전원을 공급받아 이동성을 높였다. 15V전원을 7805를 이용하여 마이크로 컨트롤러가 동작할 수 있는 5V로 전압을 낮추고, 하나의 보드는 3개의 풍속신호와 8개의 풍향, 온도, 압력, 전력 등을 처리할 수 있다. 입출력 마이크로 컨트롤러와 입출력 인터페이스 보드 내에서 풍속신호는 8bit Timer/Counter를 통하여 처리되고 풍향, 온도, 압력, 전력 신호등은 10bit A/D Convertor를 통하여 처리된다.

이 시스템이 단지에 직접 설치되기 전에 수행한 실험에서는 노이즈문제가 없었으나 단지에 설치하고 풍력발전기가 가동되니 노이즈가 생겼다. 특히 Pulse Counting을 하는 풍속 신호에 많은 노이즈가 발견되었다. 이를 없애기 위하여 풍속신호는 센서로부터 입력되는 노이즈와 전원 노이즈를 감안하여 Low-pass filter를 이용하여 노이즈를 제거하고 LM324를 통하여 증폭되어 마이크로 컨트롤러에 입력된다. 또한 Timer/Counter에서 Rotor

RPM이나 Yawing 신호를 처리할 수 있게 하기 위하여 HEF4049를 이용하여 엔코더로부터 나오는 신호를 회로내의 전압에 맞게 강하시킬 수 있도록 하였다. 풍향, 온도, 압력 및 전력 등의 A/D Converting될 신호의 노이즈제거는 low-pass filter를 사용하면 전압강하가 일어날 수 있으므로 디지털 low-pass filter를 제작하였다. (Fig.2)

#### 4. 중앙 컴퓨터 서버

##### 4.1 Software

각각의 분산형 측정보드에서 전송되어지는 데이터들을 모두 받아와 한꺼번에 일괄 처리하고 이를 데이터베이스에 저장한다. 이를 위해서 VC++컴파일러를 이용하여 Software를 제작하였다.

Fig. 3와 같이 하나의 Database에는 1개의 분산형 측정보드 당 2개의 Table이 존재한다. 2개 Table중 1개는 실시간으로 보내지는 데이터를 갱신하도록 하였고 다른 1개의 Table은 데이터가 계속 누적되게 만들었다. 전자의 경우는 Web을 이용하여 모니터링을 수행 할 시에 빠르게 데이터를 읽어 들이기 위함이고 후자는 실증연구를 위한 데이터라 할 수 있다.

##### 4.2 원격모니터링

범용 분산형 측정 보드(장비)의 개발과 이를 저장하는 중앙 컴퓨터 서버의 목적은 원격 모니터링 시스템 구축을 하기 위함이다. 또한 데이터를 DataBase에 저장하는 이유는 보다 빠른 시간에 데이터를 검색하고 통계함이 위함이다. 이모든 것을 인터넷을 통하여 원격 모니터링 및 제어 관리 환경설계 함이 본 연구의 목적이라 할 수 있다. 먼저 중앙 컴퓨터 서버는 Ftp 서비스와 원격 데스크탑 연결을 통하여 외지에서 관리 가능하게 하였다. 그리고 중앙 컴퓨터 서버는 인터넷 서버기능을 가지게 하여 실증단지의 풍향 상태와 풍력 발전기의 상황 그리고 전력량을 외부에서 모니터링 할 수 있도록 하였다.

### 5. 데이터 통신

#### 5.1 데이터 통신을 위한 모듈

분산형 측정장비와 중앙 컴퓨터 서버 간에 데이터 통신은 블루투스를 이용하여 무선 통신 하였다. 블루투스는 RS232C standard 통신 규격에 따르는 제품<sup>4)</sup>을 선정하여 측정보드와의 연결을 통하여 중앙 컴퓨터 서버에 연결되도록 하였다.

#### 5.2 송수신을 위한 program

데이터 송신주기는 측정보드 내 마이크로 컨트롤의 Timer/Counter를 통하여 결정할 있으며, 이 주기 내에 마이크로 컨트롤은 3개의 Pulse Counting과 8개의 A/D Converting을 실행할 수 있다. 이렇게 Pulse Counting, A/D Counting을 하는데에는 아주 짧은 시간만 필요하므로 프로그램 내에서 주기 동안의 평균값을 계산하여 중앙 컴퓨터 서버로 전송하는 것이 가능하다.(Fig.4)

현재 실험단계에서는 주기를 4초로 하고 그 동안 100번의 평균값을 계산하여 전송하고 있다. 데이터 송신도중에 오류를 방지하기 위하여 16bit CRC(Cyclic Redundancy Check) coding을 사용하였다.(Fig.5)

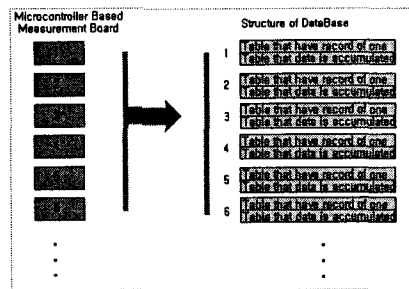


Fig. 3 Structure of DataBase

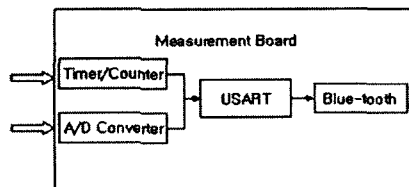


Fig. 4 Block diagram of the Measurement Board program

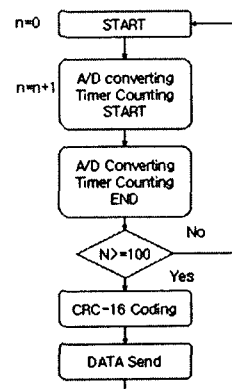


Fig. 5 Program flow chart

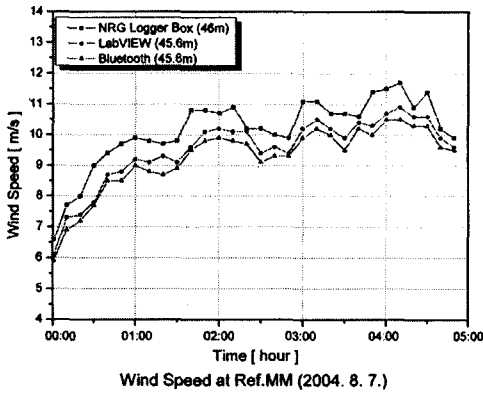


Fig. 6 Comparison of NRG Logger, LabView and Bluetooth Module

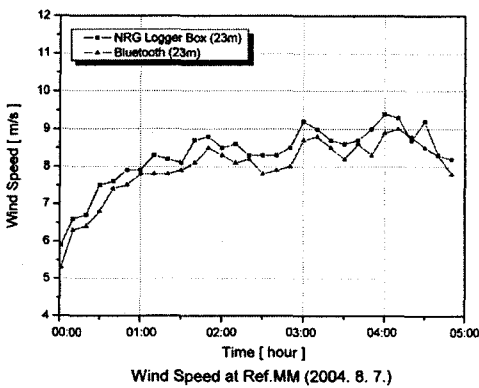


Fig. 7 Wind Speed Comparison of LabView and Bluetooth Module

## 6. 실험결과

제안된 모니터링 시스템을 대관령 풍력 실증 연구 단지의 기상 계측 타워에 적용하였다. 대관령 풍력 실증 연구 단지에 설치된 기상 계측 타워는 높이 46 미터이며, 타워에는 5개의 풍속센서와 2개의 풍향센서, 온도센서, 압력센서, 복사열센서가 설치되어있다.

본 실험에서는 타워의 가장 꼭대기에 설치된 풍속계에 대하여 실험하였으며 NRG에서 제작된 측정기(NRG Logger)와 기존 LabView 모니터링 시스템 그리고 본 연구에 제작된 측정장비에 대하여 같은 시간대에 IEC61400-13<sup>5)</sup>에 기준하여 10분 평균하여 실험 하였다. 일시는 2004년 8월 7일 오전 0시부터 오전 5시까지의 자료를 이용하였다. 또한 NRG Logger는 계측타워 46m위치의 풍속계를 이용하였고 나머지는 계측타워 45.6m위치의 풍속계를 이용하였다.

Fig. 6 의 그래프를 보면 NRG Logger의 데이터와 LabView, 범용 분산형 측정 장비의 데이터

가 차이를 보이는데 이것은 풍속계의 높이의 차 때문인 것으로 분석된다. 45.6m에 설치되어있는 풍속계를 이용한 LabView와 제작된 분산형 측정 장비의 데이터는 전체적인 그래프의 모양이 비슷하다.(Fig.7) 제작 연구된 분산형 측정 장비를 이용하여 저장된 데이터를 신뢰할 수 있음을 알 수 있다.

## 7. 결론

이번에 개발된 인터넷을 통하여 실행된 원격 모니터링 시스템은 기존 대관령 풍력단지에서 사용하던 LabView의 인터넷 모니터링 시스템에 비하여 모니터링 속도가 매우 빠르며 기존 LabView의 인터넷 모니터링 시스템은 제한된 인원만이 모니터링이 가능하였으나 개발된 본 시스템은 모니터링 인원에 제한이 없다는 점에서 큰 장점을 가진다.

개발된 모니터링 시스템은 많은 사람들이 모니터링 할 수 있기 때문에 모니터링 화면 디자인에 대하여 좀 더 보완이 필요하다. 그리고 현재 이 시스템은 대관령 풍력 실증단지 내에서 안정성과 내구성에 대하여 테스트 중이다.

## 후 기

본 연구는 산자부의 예산 지원으로 수행된 '풍력실증연구단지의 기반 인프라 및 통합모니터링 시스템 구축' 사업의 일환이며, 에너지관리공단의 지원에 감사드립니다.

## References

- [1] Neungsu Yoo, Sukhun Kim, Yoonsu Nam, Jeongwan Lee, Wind Turbine Certification Research for the Daekwanryung Test Site, Korean Wind Energy Conference 2002.
- [2] YoonSu Nam, Hyunggi Kim, Neungsoo Yoo, Jeongwan Lee, Development of a Wind Turbine Monitoring System usig Labview, Journal of Korean Society of Precision Engineering, Vol. 20, No. 5 ,2003
- [3] Janghyun Cha, Development of Wind Turbine Remote Monitoring System, Master thesis, Kangwon national University, pp30-40, 2004
- [4] Initium Promi-SD User Guide, Bluetooth, Rs232C Serial Dongle
- [5] Technical specification IEC TS 61400-13, Wind Turbine generator system - Part13: Measurement of mechanical loads, P19-28, 2001-06