

## 풍력발전기 원격모니터링 시스템 구축 및 개발

### Development of Monitoring System for Wind Turbine

차 장 현\* 이 정 완\*\* 유 능 수\*\*\* 남 윤 수\*\*  
Cha, Jang-Hyun Lee, Jeong-Wan Yoo, Neung-Soo Nam, Yoon-Su

#### Abstract

In this paper, remote monitoring system for wind turbine is developed. The developed system consists of data acquisition for wind sensor, and monitoring for site environment. In order to accomplish effective monitoring, the system uses DataSocket, SMB, FTP, Web Server, and G Web Server. Two computer system - one is data acquisition computer using Windows-XP and the other is monitoring computer using UNIX - constraint the distribute system with individual tasks. By using this system, one can perform various monitoring and control tasks in Wind-Turbine application, efficiently.

키워드: 리모트모니터링, 데이터 소켓, SMB, FTP, G 웹 서버  
Keywords : Remote Monitoring, DataSocket, SMB, FTP, G Web Server

#### 1. 서론

여러 대체에너지 중 풍력은 경제성이 뛰어난 것으로 입증되어 세계적으로 활발하게 연구개발이 진행되고 있다. 우리나라도 1980년대 중반이후 대체 에너지 기술 개발 기본계획을 수립하였다. 정부에서는 풍력발전 기술개발 기본 4단계 계획을 수립하였는데[1] 1단계 ('88~91)에서는 풍력자원을 조사하고 20kW급 풍력발전 설비를 개발하였고, 2단계('92~96)에서는 300kW급 수직 축 풍력발전 시스템을 개발하여 200kW 이내의 풍력발전 시험

단지를 운영하였다. 3단계('97~2001)에서는 중대형 풍력발전 시스템을 국산화 개발(750kW)하고 풍력발전 시스템 성능평가 기술과 복합발전 시스템 및 계통연계기술 개발을 하여 중규모 MW급 풍력 단지를 건설하였다. 4단계('2002~2006)에서는 중대형(750kW) 풍력발전 시스템을 표준화 및 양산화 기술을 실용화 하여 대규모 풍력발전(20MW) 시험단지를 조성하여 운영할 계획이다. 이러한 정부 주도의 기술 개발 활성화 사업 중 하나가 풍력실증 연구사업으로서 풍부한 풍력자원을 가지고 있는 강원도의 대관령 지역에 풍력실증 연구 단지를 건설하게 되었다. 풍력실증 사업은 풍력발전 사업의 실제화를 위하여 매우 중요한 사업으로서, 국내에서 제작하거나 외국에서 도입한 풍력발전기가 국내 풍황(바람의 현황)에 적합한지를 판단하게 되고 공력성능, 구조성능, 전기품질 등에 대한 평가를 하게 된다[1].

이와 같은 대규모 풍력단지의 조성이 이루어지면, 풍력단지의 체계적인 관리 시스템이 매우 절실

\* 강원대학교 기계·메카트로닉스 공학부 졸업, 공학석사  
\*\* 강원대학교 기계·메카트로닉스 공학부 부교수, 공학박사  
\*\*\* 강원대학교 기계·메카트로닉스 공학부 교수, 공학박사

하게 필요하다. 풍력단지의 체계적인 관리를 하기 위해서는 풍력단지의 풍향과 발전과 관련된 상황을 쉽게 볼 수 있어야 하고, 이를 위해 풍력발전 시스템의 모니터링 시스템이 구축되어야 한다. 한편, 대관령 실증단지의 경우에는 지리적으로 오지에 위치하고 있어 관리자가 상주하는 일은 어려움이 있다. 따라서 관리자가 상주하지 않고 모니터링 시스템을 관리할 수 있는 원격 모니터링 시스템이 필요하다. 본 연구에서는 전술한 문제를 해결하기 위해서 원격 모니터링 시스템을 개발하였다. 이러한 원격 모니터링은 차후 대규모 풍력단지의 운영에 있어서도 효과적인 수단이 될 것이다. 현재 풍력발전에서 시행하고 있는 모니터링 시스템은 T-MON, WindTest, Mita-Tek 등이 있다.

Garrad Hassan과 그 외의 연구팀에 의해 개발된 T-MON은 범용 소프트웨어의 하나인 SCADA 시스템의 기초로 구성되어 있다[2]. SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition)는 감시제어 및 데이터 수집 장치로서 철도 가스등 여러 곳에서 모니터링을 위해서 사용하는 시스템의 한 종류이다. T-MON 시스템은 SCADA를 기초로 발전기, 계측타워, 그 외의 센서들의 정보를 수집하는 역할과 자료 처리를 통한 모니터링을 하는 두 가지의 기능을 수행하는 것이 가능하다(Fig. 1). 한편, 이 시스템은 각각의 터빈에서 나오는 신호들을 통합하여 보여주는 것이 가능하며, 웹 브라우저로도 볼 수 있다. 이 시스템은 여러 발전기의 신호들을 한곳에서 받을 수 있다는 것과 그것을 인터넷을 통해서 관리가 가능하도록 설계되어있다. SCADA를 이용하는 T-MON 시스템은 여러 센서 신호를 수집할 수 있지만 이 시스템을 모니터링 위해서는 SCADA 소프트웨어라는 전용시스템이 필요하고 가격이 매우 고가이다.

이외에 다른 나라의 풍력 모니터링에는 WindTest와 Mita-Tek이 있는데 이들 역시 모니터링을 하려면 각각의 시스템에 따른 소프트웨어가 있어야 하며, 일반 사용자가 접하기에는 어려움이 있다.

본 연구에서는 분산처리의 개념을 지닌 새로운 LabVIEW를 사용한 원격 모니터링 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 데이터의 수집, 저장, 분석의 과정을 수행하고, 그 후 원격 모니터링 과정을 포함한다. 현재의 풍력시스템은 풍향, 전력, 구조, 진동 등의 신호들의 데이터를 수집해야한다. 이러한 많은 양의 데이터를 수집하는 역할과 모니터링 하는 역할을 한대의 컴퓨터에서 모두 수행한다면 시스템은 부하가 많이 걸려 예측하지 못한 오동작을 발생시킬 수 있다. 대관령 풍력단지 시스템의 실험결과 컴퓨터가 정지되는 현상이 두드러지게 나타났다. 따라서 개발된 분산 모니터링 시스템은 데이터 수집목적인 DAQ전용 컴퓨터와 모니터링

컴퓨터를 따로 두어 분산처리를 하고자한다. 또한 대규모 풍력단지를 모니터링 하려면 많은 양의 비전 시스템을 설치 및 작동을 시켜야 하는데 이러한 문제에 대하여 병렬처리구조인 DAQ컴퓨터 + 모니터링 컴퓨터를 구축함으로써 단지 모니터링을 위한 카메라를 더 확장할 수 있는 기반이 될 것이다.

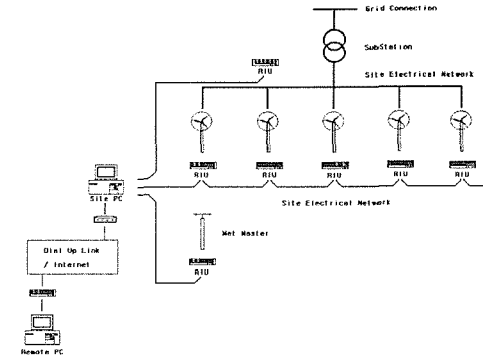


Fig. 1 System Overview of T-MON

## 2. 원격 모니터링 시스템의 설계

### 2.1 시스템의 전체적인 구성

본 시스템은 두개의 컴퓨터로 분산처리를 하게 된다. Windows XP 기반의 LabVIEW 컴퓨터와 리눅스 기반의 모니터링 컴퓨터이다. LabVIEW 컴퓨터는 데이터를 수집하여 풍향을 모니터링하게 되며 수집된 자료는 리눅스 컴퓨터로 전송되어지고 이렇게 전송된 자료는 실험실에서 모니터링하게 된다. 전송 방식은 DataSocket 서버의 네트워크 통신으로 서버와 클라이언트의 프로그램이 리눅스 서버와 연동되어 이루어진다. 클라이언트에서 모니터링 된 화면은 G Web Server를 통해서 임베드 이미지로 웹에 띄우게 된다. 이렇게 웹에 띄워진 파일은 일반 사용자가 받아보게 된다(Fig. 2).

LabVIEW 컴퓨터의 DAQ로 수집된 자료는 네트워크이 불안정할 경우 유실되는 것을 방지하기 위해 LabVIEW 서버 내부에 저장하도록 하며, 저장된 파일은 SMB를 통해서 리눅스 서버에서 받아 볼 수 있게 된다. 리눅스 서버의 삼바 프로토콜은 LabVIEW 컴퓨터와 네트워크 공유가 되어 있어 불필요한 접속을 통해서 LabVIEW 컴퓨터에 걸리는 부하를 줄이고 보다 안정되게 데이터를 받아볼 수 있게 된다. 이렇게 리눅스로 전송된 LabVIEW 데이터 파일은 특정사용자에게 FTP 프로토콜을 통하여 데이터를 받아 볼 수 있도록 한다(Fig. 3).

풍력 단지를 모니터링 하는 시스템은 CCD 카메라

라와 웹 카메라를 이용하며 CCD 카메라는 LabVIEW DAQ 프로그램을 통해서 발전기 센서와 함께 모니터링 되며 풍력단지 전체를 모니터링 하는 웹 카메라는 리눅스 컴퓨터에서 Java Applet과 HTML을 이용하여 통합 구현하게 된다. 이렇게 통합 되어진 모니터링 화면은 리눅스 웹 서버를 통해 통합되어 원격 모니터링 되어진다.

원격 모니터링을 제어하는 관리자는 리눅스 서버에 접속하게 되는데 X-manager라는 리눅스용 원격 데스크탑을 사용하여 리눅스 서버에 X-Window 상태로 접속하게 된다. 리눅스의 X-Window 환경은 MS사의 Window 환경에 익숙한 사용자들이 쉽게 사용할 수 있도록 만들어졌으며 Windows OS의 환경과 비슷하여 관리하는데 별 어려움이 없다. 한편, 리눅스 서버는 Telnet 프로토콜이나 SSH 프로토콜로도 관리가 가능하다.

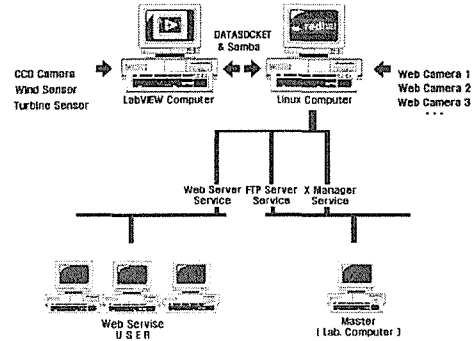


Fig. 3 Structure of Communication

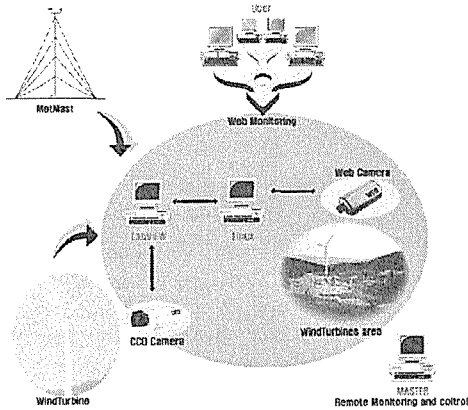


Fig. 2 Structure of Wind Turbine Monitoring

### 2.2 모니터링 포인트의 결정

LabVIEW와 리눅스의 분산 시스템의 구성 목적은 DAQ 시스템의 부하를 줄이고 실시간 원격 모니터링을 시행하는 것이다. 모니터링도 중요한 부분이지만 무엇보다 중요한건 데이터의 저장이다. 부하가 걸려 시스템이 멈추게 되면 중요한 데이터를 손실하게 된다. 이런 손실을 막기 위해서 분산 처리를 사용하였다. 데이터의 수집이 정확히 되어지고 있다는 전제로 원격 모니터링 시스템은 동작하게 된다. 원격 모니터링은 풍력발전기의 상황과 풍력단지의 이상여부를 확인하는데 중점을 두었으며 특히 풍황을 원격 모니터링 하는 것이 본 시스템을 구축하는 포인트가 되겠다. Fig. 3은 Fig. 2에서 설명한 구체적인 시스템의 구성도 이다.

### 2.3 분산처리 시스템 하드웨어의 구성

DAQ(Data Acquisition)을 위한 LabVIEW 컴퓨터는 NI(National Instruments)에서 제공하는 산업용 PC로 NI-8176을 사용하였으며 다기능 입출력 장치(MIO: Multi-function Input Output)가 결합되어 있다. MIO는 NI에서 제공하는 PXI-6040E 두개를 사용하며 이미지 처리는 PXI-1411 두개를 사용한다.

MIO는 풍력발전기에 관련되는 풍황 신호와 전력량을 측정한다. 풍황 신호는 풍속계 (Anemometer), 풍향계 (Wind Vain), 온도계 (Temperature), 압력계(Pressure)등의 신호를 입력받아 아날로그 및 디지털로 출력되어지며 전력센서의 신호를 받아 처리한다. NI1411은 이미지 처리보드로 CCD 카메라에의 신호를 받아 LabVIEW 프로그램을 통해서 출력하게 된다. 컴퓨터 사양은 펜티엄3 1.26GHz를 사용하고 256KByte RAM이며 2개의 USB를 사용한다.

PXI-6040E는 아날로그 입/출력채널 그리고 디지털 입/출력채널 카운터와 타이머의 기능을 가지며 아날로그 디지털 신호의 트리거(trigger) 기능도 갖추고 있다. 본 시스템에서는 2개의 PXI-6040E를 사용하는데 그 중에 하나는 풍속계의 신호와 풍력발전기 회전(Yawing)각도를 측정하는데 사용하며 다른 하나의 PXI-6040E는 풍향, 온도, 압력, 전력 등의 여러 신호를 처리하게 된다. 한편, 여러 개의 센서신호를 처리하는 PXI-6040E는 한정된 채널을 극복하기 위해 채널확장 보드인 SCXI-1102B를 사용하였다. SCXI-1102B는 32채널을 확장해 주는데 필요한 채널이 더 많을 경우 SCXI-1102B를 사용하여 수십에서 수백 개의 채널을 확장할 수 있다.

Table 1 Specification of PXI-6040E and SCXI-1102B

PXI-6040E	SCXI-1102B
Analog Inputs at 16 single-ended, 8 differential channels	32 Channels
Analog Outputs at 2 channels, 12-bit resolution	333kS/s maximum sampling rate
Digital I/O lines 8 (5 V/TTL) lines	Programmatic input range of +100mV to -100mV or +10V to -10V
Counter/Timers 2 up/down, 24-bit resolution	Overvoltage protection to +42V to -42V
Triggering Analog and digital	Lowpass filter per-channel 200Hz

PXI-1411은 이미지 처리용 보드로 실시간으로 발전기와 모니터링 실의 영상을 전송한다. 이 보드는 1개의 채널을 가지며 RS-170형태 또는 NTSC 같은 영상을 처리하게 된다. 이미지의 크기나 오프셋(offset)은 프로그램 상에서 조절이 가능하며 하드웨어적으로도 처리가 가능하다. 본 시스템에서는 DAQ에 처리에 영향을 최소화하기 위해서 최소의 크기를 유지하려고 하였으며 동시에 두개의 카메라 작동 되는 것을 방지하는 방식의 프로그램을 작성하여 사용하였다.

Table 2 Specification of PXI-1411

PXI-1411
1-channel color or monochrome image acquisition module
NTSC, PAL, S-Video, RS-170, or CCIR input
Onboard real-time HSL color conversion for fast color matching
Partial image acquisition with onboard programmable region of interest
Onboard pixel decimation
Programmable gain and offset

이미지 보드에 연결되는 카메라는 삼성 테크윈(사)의 SDC-271ND 모델을 사용하였다. 본 모델의 사양은 Table.3과 같다. 리눅스에서 통합되는 웹 카메라는 웹 아이 E10을 사용하였다.

Table 3 Specification of SDC-271ND

Specifications	SDC-271ND
Effective pixels	510(H) x 492(V)
Video output	1Vp-p, 75Ω
Min.illumination	0.7Lux( F1.2 50RE )
Synchronization	Internal
S/N ratio	48dB (AGC off )
Resolution	330 TV line
White Balance	ATW/AWC
BLC function	ON/OFF
Electronic shutter	AUTO (1/60 100,000sec)/ELC
Sharpness	HIGH/LOW
IRIS mode	VIDEO/DC/ESC
Lens mount	C/CS Mount
Power source	DC 12V
Power consumption	3W
Operating temperature	-10°C ~ +50°C/ 20% ~ 60%RH
Weight	300g (without lens )

#### 2.4 분산처리 시스템 소프트웨어의 구성

본 시스템은 DAQ와 모니터링 시스템으로 구성 되어 있다. 먼저 DAQ 프로그램은 LabVIEW 프로그램으로 이루어져 있으며 전송한 하드웨어의 구성은 DAQ를 하기 위한 것이며 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 데이터를 수집하고 분석하여 표현하는 동작을 하게 된다. 이러한 일을 하는 것이 LabVIEW 프로그램으로 작성된 DAQ 프로그램이다.

NI-8176의 OS는 WindowsXP를 사용하며 LabVIEW Ver.6.1을 사용한다. Fig. 4는 LabVIEW로 작성한 DAQ모니터링 프로그램이다. DAQ 프로그램은 블록 다이어그램(block diagram) 영역과 사용자 설정(Front Panel) 분으로 구분할 수 있다. 사용자 설정 부분으로 쉽게 볼 수 있도록 구성하였으며 Fig. 5에서 확인 할 수 있다. Fig. 4는 각 채널에서 들어오는 신호는 하나의 묶음으로 받아 들여져 DataSocket를 위한 통신 서버로 전달되며 이렇게 전달된 센서신호는 DataSocket 클라이언트의 프로그램에서 받아들여진다.

LabVIEW 서버와 통신을 하기위한 프로그램으로 LabVIEW에서 출력되는 데이터를 네트워크를 통해 통신하는 것이다. DAQ 프로그램에서 언급한바와 같이 프로그램의 설정을 한 상태에서 Fig. 6의 프로그램을 작성하였다. 이것은 Fig. 4의 프로그램과 연계되어서 돌아가게 되며 Fig. 6의 프로그램은 DAQ되어진 신호를 받아 DataSocket 통신하여 리눅스 컴퓨터에서 작동되는 것이다.

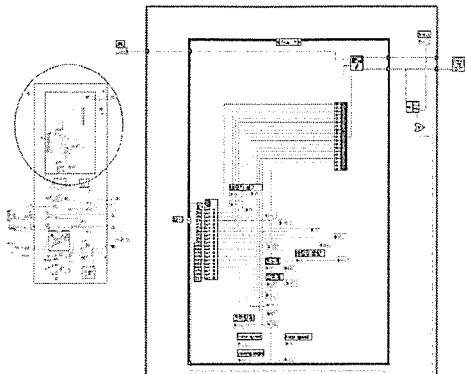


Fig. 4 DAQ Program [block diagram]



Fig. 5 DAQ Program [Front Panel]

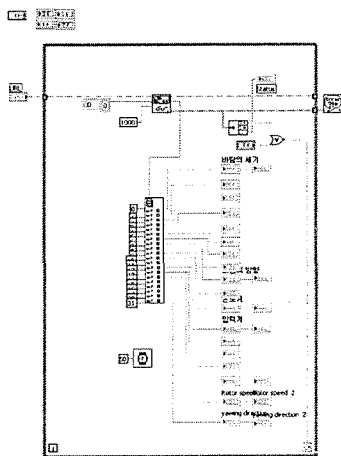


Fig. 6 DataSocket Monitoring Program

리눅스는 RedHat ver\_9.0을 사용하였으며 IIS (Internet Information Service)와 NFS(Network

File Service) 그리고 FTP(File Transfer Protocol)를 구축하였다. 웹 서버의 역할은 웹 카메라를 한 눈에 볼 수 있도록 화면을 통합시키는 것이며 리눅스 컴퓨터의 웹 서비스를 위한 방법은 Apache Web Server를 사용하였다.

DAQ 프로그램은 각각의 센서에서 나오는 데이터는 1초당 한번 데이터 파일에 쓰여 지게 되며 이렇게 모아진 데이터 파일은 24시간마다 저장되어진다. 저장된 파일형식은 텍스트 파일이며 LabVIEW 서버의 특정 디렉토리에 저장된다. 이 파일은 SMB를 통해서 리눅스 서버로 전송되며 이렇게 전송된 파일은 FTP를 통해 특정인에게 공개되게 된다. Fig. 7은 이러한 경로를 보여준다.

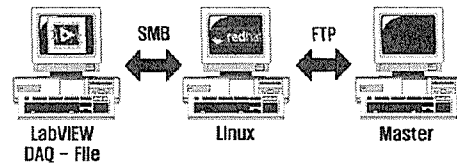


Fig. 7 File Transmission

### 3. 모니터링의 수행

#### 3.1 LabVIEW의 모니터링 수행 화면

Fig. 8의 그림은 LabVIEW 사용자 설정 부분 (Front Panel)이다. 모니터링 화면은 세 개의 단으로 이루어졌다. 풍황 계측자료와 풍력 발전기 자료 그리고 CCD 모니터링 화면은 Main 화면에 출력되어지고, 두 번째 화면은 풍황 계측자료에 대한 화면을 보여주며 세 번째 화면은 풍력 발전기 자료 화면이다. 이 화면들은 웹에서 제어가 가능하며 현재 다섯 개의 사용권한을 가지고 있다. 즉 다섯 명이 이 화면을 동시에 볼 수 있으며 프로그램 제어는 한명만 할 수 있다.

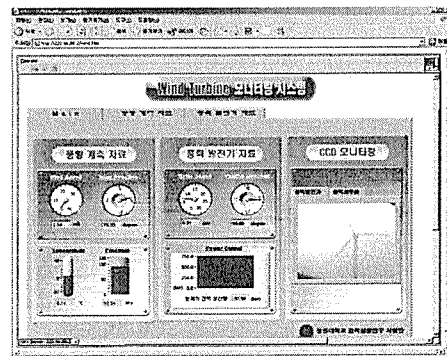


Fig. 8 LabVIEW Monitoring

### 3.2 G Web Server 모니터링 수행 화면

Fig. 9는 G Web Server를 테스트한 화면이다. 현재 대관령 풍력단지에서 실제로 설치하지 않았기 때문에 실험실에서 테스트하였으며 보이는 화면은 부하가 적은 Embed Image형식이며, 1초당 한번 이미지를 받아들이 수 있다. DAQ 프로그램 역시 초당 한번 데이터를 받기 때문에 초당 한번 이루어지는 G Web Server의 모니터링 화면은 실시간 모니터링이라 볼 수 있겠다. Embed Image는 일반인들에게 공개를 위한 것이며 웹상에서 화면의 제어는 불가능하다. 하지만 LabVIEW 프로그램으로 보는 것 보다 빠른 시간에 시스템 상태를 볼 수 있어 정보 전달의 신속성을 가진다.

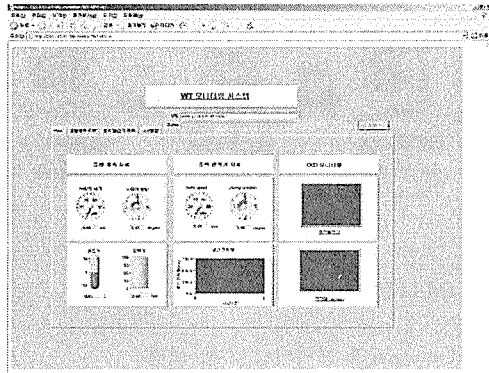


Fig. 9 G Web Server Test Monitoring

## 4. 결론

국내에서 사용하고 있는 풍력발전기 모니터링 시스템은 이진모드형식이나 일반유저들이 접하기 어려운 프로그램을 가지고 이루어지고 있지만 본 시스템을 구축함으로써 풍력발전에 대한 정보는 일반인들에게 쉽게 공개 될 수 있게 되었다. 그러나 발전기의 Sensor의 설치 및 LabVIEW Program의 사용은 전문적인 기술을 요구하게 되지만 한번 설치되면 특별히 관리를 필요로 하지 않기 때문에 관리자와 일반 사용자에게 있어서 매우 유용하다고 하겠다. 한편, 분산제어 원격 모니터링 시스템이 개발되면서 DAQ LabVIEW컴퓨터가 좀더 안정된 Data수집을 할 수 있게 되었다. 현재 풍력 실증 사업은 계속 진행 중이며 완성되지 못한 부분은 차후에 교정될 예정이다.

본 논문에서 개발된 분산처리 시스템은 해양 풍력발전 단지가 확장되거나 대단위 풍력단지가 건설되었을 때 사용되어 진다면 더욱 효과를 발휘할 수 있을 것이다. 즉, 하나의 모니터링 시스템이 구축되면서 대단위 풍력발전단지의 상황을 웹을 통해 쉽게 모니터링 되어지며 센서 신호를 수집하는

LabVIEW 시스템이 확장되어도 그대로 적용 시킬 수 있으므로 매우 유용한 시스템이라 할 수 있겠다.

## 참 고 문 헌

- [1] "Center For New & Renewable Energy Development and Dissemination", homepage: <http://racer.kemco.or.kr/>
- [2] Garrad Hassan, "Generic Wind Farm Supervisory Control and Data Acquisition System" 2001.
- [3] I-H Seo and Y-H Yu, "A Study on an Internet Remote control and Monitoring System using a Microprocessor Embedded Controller", 2001.
- [4] Hartmut Ewald, and Geroge F. Page, "Performing Experiments by Remote Control Using the Internet", UICEE, 2000.
- [5] "National Instruments User Guide: Getting Started with the G Web Server and Using the G Web Server", 2001.