

풍력발전기 운영시스템의 설계

양수영* · 권준아** · 김원중***

The Design of Operating System on Wind Power Plant

Soo-young Yang* · Jun-a Kwon** · Won-jung Kim***

요약

현재 전 세계적으로 신재생에너지에 대한 수요가 증가함에 따라, 국내의 풍력발전기 산업도 더욱 활발해지고 있다. 선진국에서는 이미 많은 풍력발전기를 보유하고 운영/제어하는 기술을 가지고 있지만, 우리나라의 풍력발전기와 관련된 기술은 많이 뒤져 있다. 따라서, 최근 국내에 설치되어 운용중인 대부분의 풍력발전기에서 활용 중인 운영 시스템은 대부분 외산 제품을 도입하여 사용하고 있는 실정이다. 선진국들은 이미 확보한 최적화된 운영 및 제어 기술력을 바탕으로 자국의 풍력발전기 산업을 보호하면서, 전 세계적으로 거대한 시장을 형성하고 있다. 본 연구에서는 풍력 발전기의 효율적인 운영과 제어를 지원하기 위한 풍력발전기 운영 프로토타입 시스템 HMI(Human Machine Interface)을 설계하였다.

ABSTRACT

Recently, the more demand of reusable energy is globally increasing, the nationwide industry of wind power plants is more thriving. However, the level of native technology for operating wind power plants falls behind advanced countries. Thus, the most of management systems for wind power plants should be imported from the advanced countries. Additionally, advanced countries, which have possessed the controllable skills and consummate operating knowhow over decades, are blockading other countries which want to enter the market of wind power plants, and lead markets. This paper designs a prototype of HMI(Human Machine Interface) system which can effectively control and manage wind power plants.

키워드

Wind Power Plant, SCADA, Opratng System, Supervisory Logic, HMI

1. 서론

기존의 OnShore 중심의 풍력발전소 설치 장소를 전체적인 경제성을 고려하여 Offshore로 이동하면서 해상에 적합한 대형 풍력발전 산업이 시장을 선도하고 있다[1]. 최근에는 국내에서도 풍력발전에 대한 연구가 급속히 증가하고 있으나, 기존에는 대부분 전기

및 기계 공학 중심으로 연구가 이루어졌기 때문에 풍력발전기를 효율적으로 운영할 수 있는 운영시스템에 대한 ICT 기술과 연계된 관련 연구는 거의 이루어지지 않고 있었다[2].

풍력발전기를 위한 운영시스템은 발전기뿐만 아니라 발전기들이 설치된 Wind Farm 전체에 대한 모니터링 및 제어가 가능해야 하며, 또한 낙뢰 등과 예기

* (주)엘시스(hills@elsys.kr)

*** 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과(kwj@sunchon.ac.kr)

접수일자 : 2010. 12. 06

** 전남문화산업진흥원 책임연구원(kja@jcia.or.kr)

심사(수정)일자 : 2011. 01. 10

게재확정일자 : 2011. 02. 09

치 않는 각종 문제들에 대한 대응 시스템 등도 고려해야 한다. 그래서 풍력발전기를 최적 상태로 운전하기 위한 정기적인 측정과 분석을 통해 진동, 충격 등에 의한 기기의 상태를 감시하고, 풍력발전기 그 자체 혹은 주위 환경의 상태 정보를 수신하여 풍력발전기의 운전을 제어하며, 풍력발전기 내부의 기기 및 장치 등에 기능 장애가 발생하지 않도록 안전한 상태로 유지할 수 있는 운영 기술에 대한 연구가 절실하다[3,4].

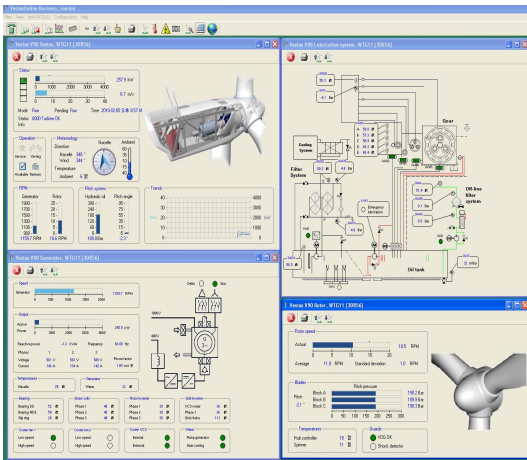


그림 1. Vestas 운영시스템
Fig. 1 Vestas Operating System

이러한 기능을 지원하는 풍력발전기 운영 시스템은 Vestas[5], Bachmann[6], Beckhoff[7], GE[8] 및 Mita[9] 등과 같은 외국의 회사들이 기술 및 시장을 선점하여, 전 세계의 풍력발전기 시장에 공급하고 있다. 예를 들면, Vestas의 경우 VMP(Vestas Multi-Processor)기반의 제어 시스템을 제품화(Opti-Speed Opti-Tip)하고 있으며, 미국의 GE Energy는 Mark Vie 제어 플랫폼 기반으로 한 최적 제어 시스템을 운영하는 등 자사의 풍력 발전기 시스템 모델 별로 최적화된 제어기술을 확보하고 있으며, 이를 기반으로 시장 경쟁력을 높이고 있다. 다시 말해, 기존의 기업들은 풍력발전기에 대한 최적화된 운영 및 제어기술을 이미 확보하고 있으며, 이를 활용하여 자사 및 자국의 풍력발전기 성능을 보증하는 은닉된 기술 장벽으로 활용하고 있지만, 우리나라는 관련 운영시스템 및 제어기술과 경험이 부족하여 상용화된 풍력발전기

운영 및 제어 시스템 자체가 전혀 개발되어 있지 않은 상태이다. 따라서 풍력발전기의 효율적 운영을 위한 제어 및 모니터링 등의 운영시스템에 대한 다양한 연구가 필요하다.

II. 운영시스템의 목표

풍력발전기 운영시스템의 기본 목적은 풍력(바람에너지)으로부터 에너지 획득 비용을 최소화하는 것이다. 이를 위해서는 풍력 에너지의 최대 회수, 기계적 하중의 최소화 및 전력 품질 관점에서의 구현이 고려되어야 한다. 특히, 풍력발전기가 대형화 될수록 위의 세 가지 요구조건들을 동시에 충족시키는 운영 및 제어 시스템을 설계 및 구현하는 것은 매우 어려운 것으로 인식되고 있다. 풍력발전기 운영시스템은 풍력발전과 관련된 운영을 전체적으로 모니터링하고 제어하기 위한 시스템으로 풍력발전기의 상태감시, 운전관리, Reporting 등의 부가적인 기능이 필요하다. 본 논문에서 설계, 구현한 프로토타입 (Prototype) 풍력발전기 운영 시스템은 풍력발전기와 운영자 간의 Interface System으로 구성 요소와 기능은 표 1과 같으며, 그림 2는 본 논문에서 설계하고자 하는 전체 시스템의 구성도이다.

표 1. 운영시스템의 목표
Table 1. Goals of Operating System

목표	예상 기능
WTG 제어	풍력발전기의 상태 모니터링 및 상태에 따른 운전 기능 수행
Generator Power Output 제어	바람 상태에 따른 Pitch 및 Torque 제어를 통하여 Power 출력을 제어
WTG Safety	풍력발전기의 안전에 문제를 야기할 수 있는 부분을 관리하는 기능
WTG Side HMI	풍력발전기 내부에서 상태감시, Manual 운전 등을 제공하는 기능
Remote Side HMI	풍력발전기 외부에서 상태감시, Manual 운전, Reporting 등을 제공하는 기능

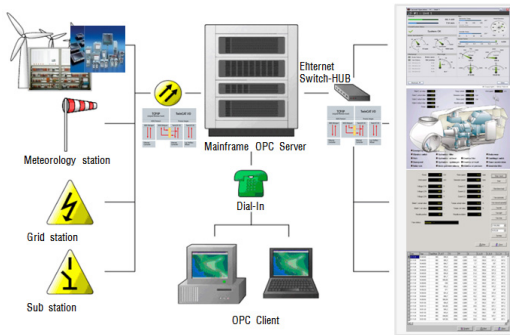


그림 2. 전체 운영 시스템 구성도
Fig. 2 The Architecture of Overall Operating System

III. 운영시스템의 구성

3.1 풍력 발전기 컨트롤러 소프트웨어

본 논문에서 제안한 풍력발전기 컨트롤러 소프트웨어는 풍력발전기 운영시스템의 핵심 요소로서 크게 풍력발전기 데이터 수집, I/O 인터페이스, Supervisory Logic, Wind Turbine Operation 소프트웨어, Communication Logic, Turbine Safety Logic, 상태 모니터링 및 알람 Logic, Commissioning 테스트 Logic, 원격제어 Logic 및 모의테스트 지원 Logic 등으로 구성되며, 표 2는 요소 및 기능이며, 그림 3은 전체적인 기능 목록이며, 그림 4는 HMI 프로그램의 소프트웨어 구조이다.

3.2 HMI 시스템

(1) Wind Turbine Side HMI 시스템

Wind Turbine Side HMI 시스템은 풍력발전기의 Nacelle과 Tower Base에 장착되어진 Controller에 설치되는 Touch Panel을 통하여 구현되어진다. 이 시스템은 풍력발전기 내에서 풍력발전기의 상태정보 모니터링을 통하여 풍력발전기의 현 상태를 파악할 수 있도록 지원한다. 운영(Maintenance) 혹은 유지보수(Repair)와 같은 상황에서 작업자가 풍력발전기의 상태를 파악하며 작업을 직접 수행할 수 있도록 지원한다. 풍력발전기의 실증운전시 안정적인 운전 및 출력을 이룰 수 있도록 풍력발전기의 운전 파라미터를 수정할 수 있도록 하며, 이에 Manual Operation 또는 Automatic Operation을 풍력발전기가 수행할 수 있도록 지원한다. 화면 구성은 General View, 각

표 2. 운영시스템의 구성 요소 및 기능
Table 2. Components and their Functions of Operating System

구성요소	기능
데이터 수집 Logic	· 전체 풍력발전기를 제어하기 위한 모든 정보 및 하위 Device들에 대한 정보를 수집
I/O 인터페이스	· 입출력, 하위 Device들과의 인터페이스 · 센서와의 인터페이스 등에 대한 시방서 설계
Supervisory Logic	· 파워커브, 상태감시, Safety, 하위 Device들과 인터페이스 등의 내용을 어떻게 구조화할 것인지에 대한 구상 및 설계
Wind Turbine Operation 소프트웨어	· Wind Turbine Operation S/W 설계 · Supervisory Logic을 기반으로 하여 풍력발전기의 전반적인 운영에 필요한 Program 설계
Communication Logic	· Actuator 및 Sensor 등과의 Communication Logic Programming · Pitch System, Yaw System, Cooling System, Power Converting System, Wind Sensor, Safety Sensor 등과 같은 하부 운영기와 연계되도록 Program 설계
Turbine Safety Logic	· Wind Turbine Safety S/W 설계 · 풍력발전기의 안전과 관련한 WatchDog 기능의 Safety Logic을 Program 함 · H/W적인 Safety Chain과 별개로 풍력발전기의 안전을 관리할 수 있는 Logic을 구현
상태 모니터링 및 알람 Logic	· Status Code 및 Alarm Code S/W 설계 · 풍력발전기의 각 상태 및 현상에 따라서 관리할 수 있는 Code를 설계하고 Program
Commissioning Test Logic	· Commissioning Test를 위한 Engineering MMI 설계 · 개발된 풍력발전기 운영 S/W를 Commissioning을 위한 MMI를 설계 함
원격지원 Logic	· Remote Access를 한 S/W 설계 · 원격지에서 풍력발전기의 상태 모니터링 및 운영을 위한 Remote Access 기능을 구현
모의테스트 지원 Logic	· Shop-Test · Simulator를 통하여 각 상황에 맞게 Control Logic이 동작하는지 여부를 Test

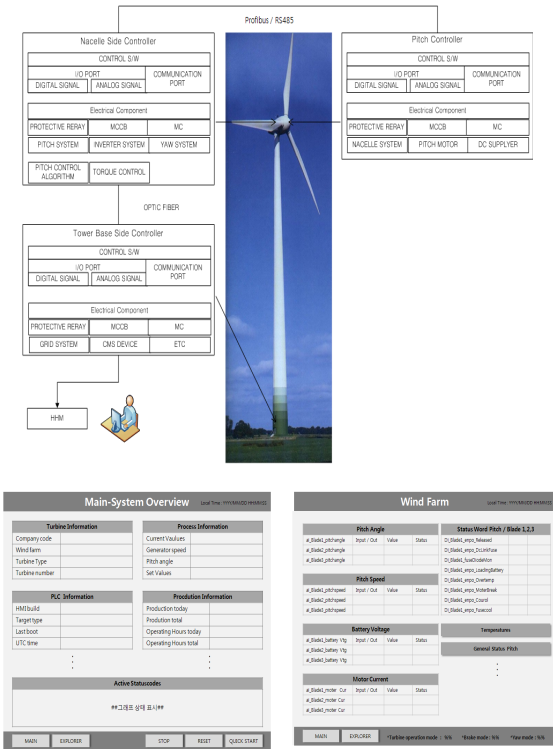


그림 3. 풍력발전 운영시스템 전체 개발 항목
Fig. 3 Full Developing List of Operating System on Wind Power Plants

Component View, Operation Mode View, Alarm View, Parameter View 등으로 구성되며, 기능에 따른 View Design을 하고, Controller와의 통신을 통하여 Monitoring 및 명령을 수행하도록 한다.

(2) Remote Side HMI 시스템

Remote Side HMI 시스템을 위한 프로그램 구성은 Presentation Layer, Middle Layer 그리고 Back-end Layer 등과 같이 3개의 계층 구조로 구성된다.

Presentation Layer는 고객의 GUI (Graphic User Interface) 환경을 구축하여, 관리자 혹은 사용자가 웹 브라우저를 통하여 볼 수 있으며, 이를 위하여 HTML로 사용자 인터페이스를 구성한다.

Middle Layer는 응용 프로그램 및 계층 간의 JSF 및 Servlets, Servlets Container, Java Beans, JDBC, OPC Client 통신은 HTTP를 이용하여 데이터 통신을 구성하도록 한다.

최하위 계층인 Back-end Layer는 Database와 제어장치의 PLC를 연결할 수 있는 OPC Server를 구성한 층으로서 실제적인 데이터가 저장되어지는 위치이다.

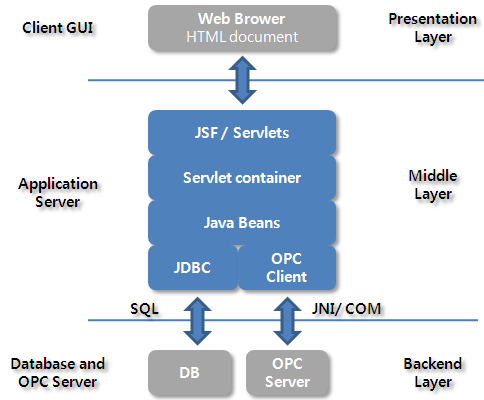


그림 4. HMI 프로그램 구성
Fig. 4 the Architecture of HMI Program

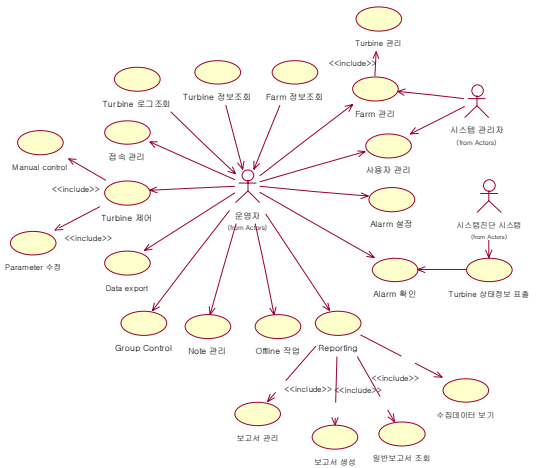


그림 5. HMI 시스템의 Usecase 다이어그램
Fig. 5 The Usecase Diagram of HMI System

IV. 운영시스템의 설계

4.1 요구사항의 정의

본 논문에서 제안한 풍력발전기용 운영시스템을 위한 요구사항 정의서 및 요구사항 명세서는 운영 시스

템을 구현하기 위하여 제안된 각종 수집된 정보를 기초로 HMI 시스템에 대한 사용자의 기능적 요구사항 및 비기능적 요구사항을 도출한 후 사용자의 요구사항을 분류 및 정리한 후 작성하였다.

그림 5는 본 논문에서 제안한 풍력발전기용 운영 시스템을 구현하기 위한 기본적인 요구사항을 나타내는 유스케이스 다이어그램이다. 유스케이스 다이어그램은 운영자, 시스템 관리자, 시스템 진단 시스템 등의 세 개의 액터들과 14개의 유스케이스 및 7개의 세부 유스케이스로 구성된다.

4.2 시스템 및 소프트웨어 요구사항

UML의 클래스 다이어그램(Class Diagram)은 객체의 틀인 클래스의 구조를 표현하는 다이어그램으로, 개념적인 구조를 정리하거나 시스템의 행동도 고려한 클래스들의 구조를 설계할 수 있도록 한다. 그림 6은 본 논문에서 제안한 풍력발전기용 운영시스템의 클래스 다이어그램이다.

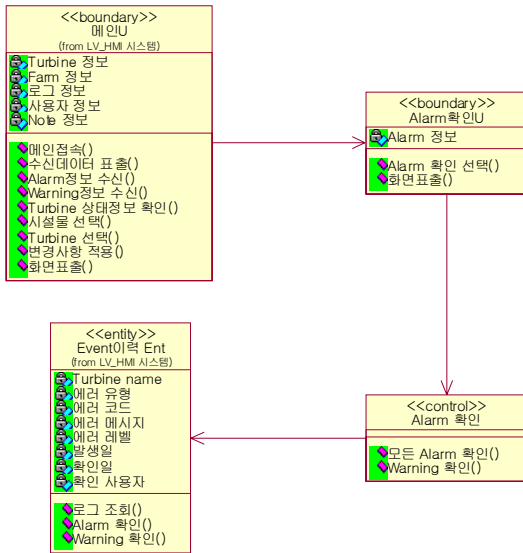


그림 6. HMI 시스템의 클래스 다이어그램
Fig. 6 Class Diagram of HMI System

시퀀스 다이어그램(Sequence Diagram)은 클래스 간의 상호작용을 나타낼 수 있는 다이어그램의 일종으로, 특정 기능을 실현하기 위한 객체 간의 메시지의 교환을 시간순서 대로 표현할 수 있는 장점이 있다.

그림 7은 HMI 시스템의 핵심 로직인 Main Interface, Alarm Interface, Event Log Interface간의 메시지 교환을 나타내는 것으로서, HMI 시스템을 운영 중에 크리티컬 (Critical)한 상황이 발생하는 경우, 이 시퀀스 다이어그램에 의하여 풍력발전기의 각종 장애를 바로 확인할 수 있다.

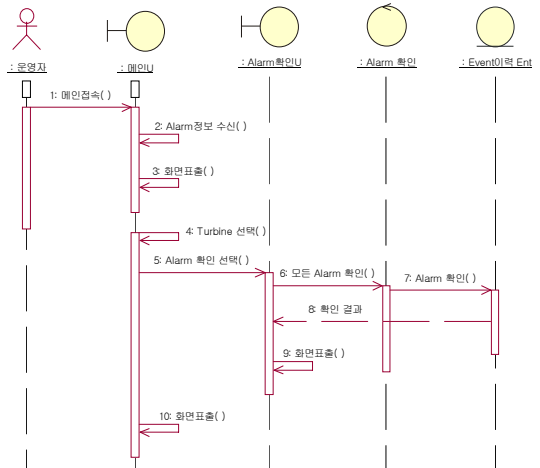


그림 7. HMI 시스템의 시퀀스 다이어그램
Fig. 7 Sequence Diagram of an HMI System

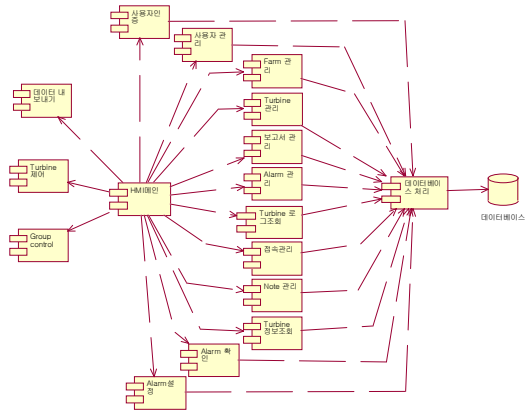


그림 8. Main 사용자 인터페이스 컴포넌트 다이어그램
Fig. 8 Comopnent Diagram of Main User Interface

그림 8은 HMI 시스템의 사용자 인터페이스 구현을 위한 사용자 인터페이스 컴포넌트 다이어그램으로

서 이 다이어그램을 이용하여 HMI 시스템의 전체 사용자 인터페이스를 위한 각종 컴포넌트를 확인할 수 있다. 본 논문에서 제안한 HMI 시스템의 사용자 인터페이스는 요구사항 분석으로 도출한 기능을 조작이 쉬운 사용자 인터페이스로 설계하고, 각종 메뉴의 간략화와 사용이 잦은 메뉴나 중요한 메뉴들은 툴바의 아이콘 등을 활용하여 사용자 인터페이스를 설계함으로써 사용자 편의성 및 운영의 정확성을 향상시킬 수 있도록 하였다.

개념 데이터 모델링 단계에서는 기능별로 분류 가능한 업무를 분석한 후 핵심 엔터티(Entity)를 추출하고 엔터티 간의 관계를 정의하여 전체 데이터 모델의 골격을 생성한다. 이렇게 도출된 엔터티(업무)간의 관계를 표현하기 위해 개체-관계 다이어그램(Entity-Relationship Diagram)을 작성한다. 그림 9는 본 논문에서 설계한 HMI 시스템의 ER 다이어그램이며, 그림 10은 본 논문에서 설계한 자료를 기초로 개발되어지고 있는 DMS Wind Turbine Actuator System의 중의 하나인 Wind Turbine과 관련된 각종 정보들을 나타내고 있는 HMI로 구현된 것 중의 하나로서, 실시간으로 풍속, 풍향, 블레이드의 각도, 회전속도 등을 확인할 수 있다.

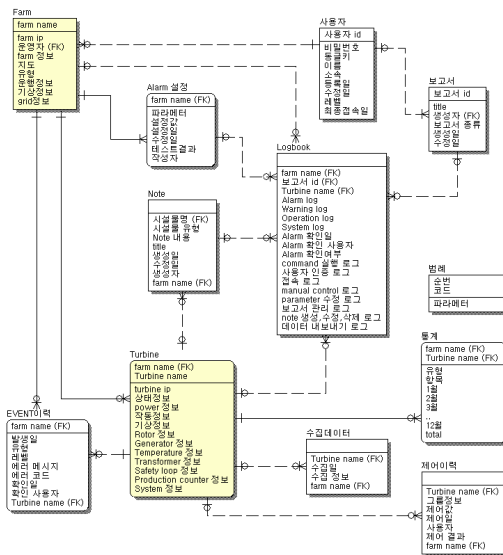


그림 9. HMI 시스템의 ER 다이어그램
Fig. 9 ER Diagram of an HMI System

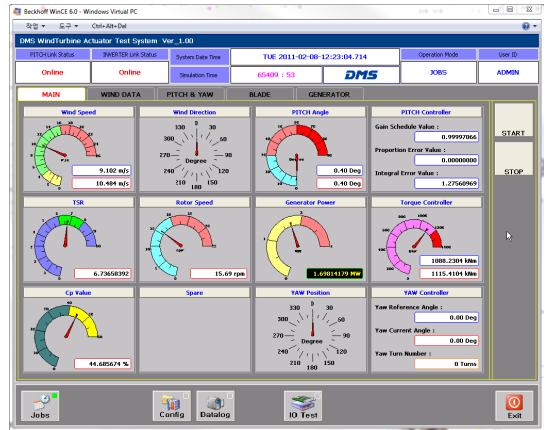


그림 10. DMS Wind Turbine Actuator System의 HMI 화면
Fig. 10 One of screens of the DMS Wind Turbine Actuator System

V. 결론

현재까지 국내에서는 풍력발전기의 운영시스템 개발에 관한 연구가 거의 이루어지지 않았기 때문에, 관련 연구 및 적용에 대한 예를 찾기가 매우 어려웠으며, 외국의 경우에도 대부분 기업들이 외부에 폐쇄적인 운영 시스템을 사용하여, 후발 기업 및 개발도상국에 대한 기술 장벽으로 활용하고 있었다. 특히, 우리나라는 운영시스템에 대한 경험이 부족하여 선진 해외 기업으로부터 관련 기술을 도입하여 사용하고 있으나, 국산 풍력발전기에 최적화 되어 있지 않기 때문에 최적의 에너지 효율을 얻을 수 없으며, 폐쇄적인 시스템으로 인하여, 해당 기업에 대한 기술적인 종속이 매우 심각하다. 최근 J 지방의 서남권 지역에서는 신재생 에너지에 대한 대규모 연구 및 실증 단지 등이 설치되어 있으며, 서남 해역권의 풍부한 태양광 및 풍력 등의 자원을 활용하여 안정적으로 전기를 생산할 수 있는 인프라를 갖추기 위하여 다양한 연구들이 진행되고 있다.

이에 본 논문에서는 ICT 기술을 활용한 풍력발전기 운영 시스템을 제안하였다. 이 논문의 연구 결과인 설계 문서를 이용하여, 현재 풍력 발전기를 제어하고 운영할 수 있는 Wind Turbine Actuator System을 개발 중에 있다.

향후 연구 방향으로는 구현될 이 시스템을 이용하여, 최적의 풍력발전기 제어 및 모니터링 알고리즘의 개발 등이 있다.

참고 문헌

- [1] 전국경제인연합회, "풍력산업 현황과 개선과제", 2009.
- [2] 채인태, "풍력발전 기술과 국내외 시장 및 기술 동향", 대우엔지니어링기술보 Vol.22, No.3, pp.65-75, 2009.
- [3] 남윤수, "풍력터빈의 제어", 인터뷰진, 2009.
- [4] Christopher A. Waldford, "Wind Turbine Reliability: Understanding and Minimizing Wind Turbine Operation," SANDIA REPORT, 2006.
- [5] Vestas Inc. "Vestas Online™ Business Operator's Manual," 2009.
- [6] Bachmann Electronic, <http://www.bachmann.info/>
- [7] Beckhoff, <http://beckhoff.com/>
- [8] GE Energy, <http://www.ge-energy.com/>
- [9] Mita-Teknik, <http://www.mita-teknik.com/>
- [10] P. Schaak, Tim G. van Engelen, "Torque Control for Variable Speed Wind Turbines," European Wind Energy Conference, 2004.
- [11] Ian Woofenden, "Wind Power For Dummies," For Dummies, 2009.

저자 소개



양수영(Soo-young Yang)

1996년 순천대학교 중어중문학과 졸업
 2002년 순천대학교 대학원 컴퓨터 과학과 졸업(이학석사)

2009년 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과(박사수료)

(주)엘시스 대표이사

전라남도 공간정보 협의회 위원

순천시 지역정보화 위원

전남테크노파크 기획 위원

※ 관심분야 : 전기제어시스템, USN시스템



권준아(Jun-a kwon)

1996년 순천대학교 전자계산학과 졸업(이학사)

2006년 순천대학교 대학원 컴퓨터 과학과 졸업(이학석사)

2010년 순천대학교 대학원 컴퓨터학과(박사수료)

재단법인 전남문화산업진흥원 책임연구원

※ 관심분야 : 콘텐츠 관리, 시맨틱웹, 풍력발전시스템



김원중(Won-jung Kim)

1987년 전남대학교 계산통계학과 졸업(이학사)

1989년 전남대학교 대학원 전산통계학과 졸업(이학석사)

1991년 전남대학교 대학원 전산통계학과 졸업(이학박사)

1992년~현재 순천대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : RFID/USN, Context Awareness, Internet Services, and Location Based Services