

Implementation of IEC 61400-25 based communication system for wind power plants

이 정 훈* · 김 태 오** · 이 흥 회†
(Jung-Hoon Lee · Tae-O Kim · Hong-Hee Lee)

Abstract - IEC 61400-25(Communications for monitoring and control of wind power plants) is established as a international standard by IEC TC 88 in 2007 with the growth of the wind power industry. In this paper, MMS service which is defined in IEC 61400-25 part 4 is implemented, and the wind power generator is objectified by using the VMD of MMS service. We also implemented MMS communication system between the wind power generator and the local control center using the proposed VMD. The performance of the developed MMS communication system is verified through the XML based user interface on the web browser.

Key Words : IEC 61400-25, MMS, VMD, Wind power

1. 서 론

최근 세계적으로 화석 에너지 고갈에 따른 대책이 심각하게 거론되고 있으며, 온실가스 감축을 의무화한 교토의정서가 2005년 2월에 공식 발효됨에 따라 무공해 에너지원으로서의 풍력발전에 대한 관심이 증폭되고 있다.

현재 풍력발전 기술은 신재생에너지 중 가장 빠르게 성장하고 있는 기술로 과거 5년 동안 매년 22.3%의 성장률을 보여 왔고 2012년도까지 연간 20.7%의 성장률을 보일 것으로 추정하고 있으며[1], 2010년도에 세계 보급량은 180,000MW 설비에 440TWh/년의 전력을 생산할 것으로 전망된다[2]. 또한 풍력 기술 및 시장의 규모가 커짐에 따라 풍력발전 단가가 급속히 떨어지고 있으며, 최근에는 기존의 화석연료를 이용한 발전방식과 경쟁이 가능한 수준까지 낮아졌다. 이와 같은 주변 여건에 힘입어 오늘날 풍력발전 기술은 광범위하게 확대되고 있으며, 풍력 선진국 간 또는 풍력발전 설비 제작사 간 경쟁이 시장에서 치열하게 이루어지고 있다.

일반적으로 풍력발전 설비는 넓은 지역에 광범위하게 산재되어 있고 사용자와 멀리 떨어져 있다. 그러므로 풍력발전 시스템으로부터 안정적인 출력을 얻기 위해서는 이들을 중앙에서 효과적으로 감시, 제어하는 것이 대단히 중요하고 이를 위해서는 적합한 통신 시스템의 확보가 필수적이라 하겠다. 왜냐하면 풍력 발전단지의 설비들은 발전기의 온도나 회전자 속도, 각종 베어링 및 블레이드의 상태 등 설비의 상

태에 따라 시스템의 오작동 및 출력의 변동이 있을 수 있기 때문이다[3]. 그 동안 풍력발전 설비 제작사들은 풍력발전 설비를 감시 제어할 수 있는 자사의 제품을 판매하기 위해 자사에 맞는 독자적인 통신 프로토콜을 제공해 왔기 때문에 제작사에 따라 통신 프로토콜이 다르고 이로 인해 풍력발전 단지에 새로운 설비를 추가하거나 업그레이드할 경우 기존의 장비들과 통신 환경을 맞추기 위한 추가적인 작업이 요구되어 왔다. 이러한 문제점은 풍력발전 설비를 만드는 제작사들이 통신을 위해 필요한 프로토콜을 표준화하여 이를 공통으로 사용함으로써 해결할 수 있다. 다행히 선진 각국들은 이러한 문제점을 인식하고 2007년 IEC TC 88에서 변전소 자동화 시스템의 국제표준인 IEC 61850을 기반으로 하여 풍력발전의 감시제어를 위한 표준 통신 프로토콜로 IEC 61400-25를 발표하였다. 표준화는 풍력발전 설비들 간에 사용되는 프로토콜을 통일시켜 기존의 설비에 새로운 설비를 쉽게 결합할 수 있을 뿐만 아니라 제품의 규격화에 따른 호환성도 향상된다. 또한 중복개발 등을 억제시키고 원가절감 효과, 시장의 다양성 확보 등 여러 가지 경제적 효과를 가지고 온다.

2003년 발행된 IEC 61850은 최근까지 국제표준에 맞는 프로토콜 개발을 선도해 왔고, 우리나라에서도 변전소 자동화를 위한 통신 시스템의 연구가 지속적으로 진행되고 있다 [5-7]. 이와 함께 IEC 61400-25 또한, 국제규격에 맞는 풍력발전 설비의 프로토콜 개발에 대한 연구를 활성화시킬 것으로 예상된다.

그림 1은 풍력발전의 감시제어를 위한 통신을 규정한 국제표준 IEC 61400-25(Communications for monitoring and control of wind power plants)의 통신모델 개념도이다. IEC 61400-25는 기본적으로 이미 제정된 IEC 61850 (Communication networks and systems in substations)을 기반으로 하고 있으며[4], 표 1과 같이 총 6개의 부분으로 구성되어 있다.

* 준 회 원 : 울산대 공대 전기전자정보시스템공학부 석사
** 정 회 원 : 울산대 공대 전기전자정보시스템공학부 박사
† 교신저자, 시니어회원 : 울산대 공대 전기전자정보시스템공학부 교수

E-mail : hhlee@mail.ulsan.ac.kr

접수일자 : 2009년 2월 24일

최종완료 : 2009년 4월 21일

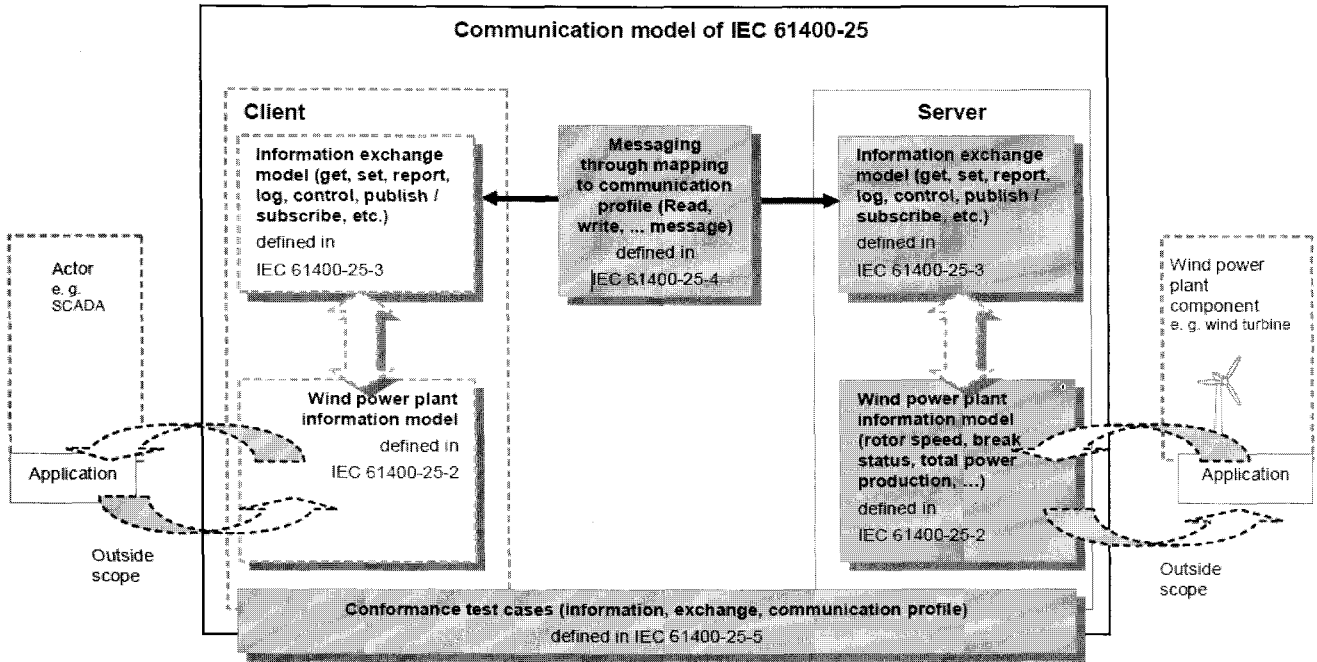


그림 1 IEC 61400-25 통신 모델 개념도

Fig. 1 Conceptual model of IEC 61400-25 series communication

표 1 IEC 61400-25의 구성

Table 1 organization of IEC 61400-25

| | |
|-----------------|--|
| IEC 61400-25-1: | Overall description of principles & models |
| IEC 61400-25-2: | Information models (Logical Nodes, CDCs) |
| IEC 61400-25-3: | Information exchange models |
| IEC 61400-25-4: | Mapping to communication profiles |
| IEC 61400-25-5: | Conformance testing |
| IEC 61400-25-6: | LN classes and Data classes for Condition Monitoring |

본 논문에서는 풍력발전 설비의 효과적인 감시 및 제어를 위해 필수적인 통신 시스템을 구축할 경우 반드시 필요한 장치인 VMD(virtual manufacture device, VMD)를 설계하고, 구현된 VMD를 바탕으로 풍력발전 설비에 맞는 통신 시스템을 구축하였다. VMD는 풍력발전 설비를 제어, 모니터링에 필요한 기능과 객체를 추상화하여 가지고 있는 가상제 조장치로서, IEC 61400-25에서 제공하는 표준규약을 이용하여 풍력발전 설비에 적합하도록 설계되었다. 또한, 제안된 VMD를 이용해 IEC 61400-25에서 정의하고 있는 MMS (Manufacturing Message Specification, MMS) 서비스를 구현하여 풍력발전 설비용 통신 시스템을 구축하였다. 그리고 MMS 서비스를 이용하여 얻은 풍력발전 설비의 각종 데이터를 원격으로 확인할 수 있는 사용자 인터페이스를 XML을 이용하여 구현하고 이를 실험적으로 확인하였다.

2. IEC 61400-25에서의 MMS 서비스

2.1 MMS 서비스

MMS 서비스는 통신망으로 연결된 자동화기와 컴퓨터 응용프로그램 간에 실시간 데이터나 감시제어정보를 교환하기 위한 국제표준의 메시지 교환 규약으로, 1988년 12월에 국제표준으로 ISO 9506이 정식 발행되었다. MMS 서비스는 Ethernet, Token bus, RS-232c, Mini-MAP, OSI, TCP/IP 등 다양한 환경에서 모두 지원되는 프로토콜이다. MMS를 지원하는 통신 프로토콜은 MMS on Full-MAP, MMS on Mini-MAP, 그리고 MMS on TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)등으로 발전되고 있다. 최근에는 변전소 자동화 설계의 국제 표준인 IEC 61850 제8부에 변전소 내부의 통신을 위한 수단으로 사용되고 있으며 [8], IEC 61400-25에서는 풍력발전 설비용 MMS 서비스를 정의하고 있다[9].

그림 2는 IEC 61400-25 제4부에서 요구하고 있는 5개의 매핑 프로파일의 프로토콜을 나타내고 있다[9]. 지금까지 IEC 61400-25에서 요구하는 프로토콜을 사용하여 실제 장비에 적용된 사례는 구체적으로 알려진 것이 없으며, 최근에 와서 덴마크의 Technical University of Denmark와 VESTAS를 중심으로 실제 응용을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한, 5개의 프로토콜 중 웹 서비스를 이용해 통신 시스템을 구축하여 풍력발전단지에 적용하기 위한 논의나 연구는 진행 중에 있지만[10], 나머지 프로토콜에 대한 연구는 미비하다. 본 논문에서는 IEC 61850-8-1 MMS를 이용하여 풍력발전용 통신시스템을 구축하였다. 사용한 IEC 61850-8-1 MMS는 풍력설비에서 프로그램 가능한 장치간의 메시지를 주고받는 것을 지원하기 위해 설계된 OSI 모델 제7계층(용

용프로그램 층)에서의 응용서비스 규격이다. 즉, 여기서 정의하고 있는 MMS 서비스란 풍력단지 내의 통신망에 있어서 호스트와 접속된 풍력설비 사이에 통신을 유기적으로 실시하기 위한 서비스 및 프로토콜을 규정한 것이다.

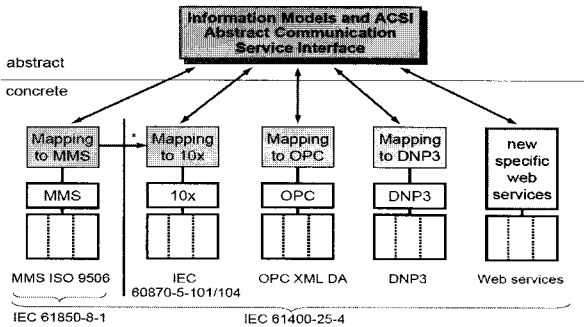


그림 2 IEC 61400-25에 정의된 매핑 프로파일 통신 규약
Fig. 2 Communication protocols for mapping profile defined in IEC 61400-25

2.2 IEC 61400-25에 따른 MMS 매핑

풍력발전 설비의 MMS 서비스는 IEC 61850에서 제시하는 규격을 따른다. IEC 61850-8-1에서 제시하는 MMS ISO 9506에 대한 매핑 개념은 그림 3과 같이 두 가지 형태가 있다. 즉, IEC 61850에서 정의하고 있는 ACSI 서비스를 OSI 7계층 중 응용계층의 MMS 서비스에 대응시키는 서비스 매핑과 다른 하나는 IEC 규격에 의해 정의된 정보모델과 제어 블록을 MMS에서 장비의 특성을 나타내는 요소들로 대응시키는 정보모델 매핑이다[11-13].

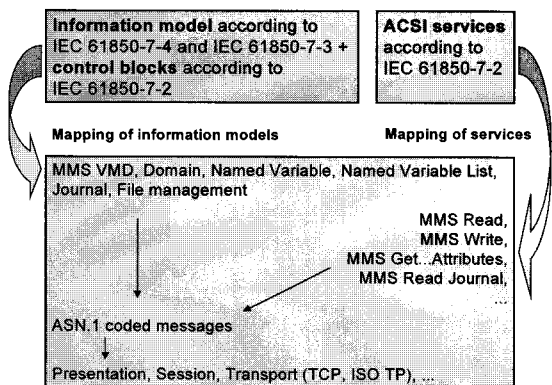


그림 3 MMS 매핑 개념
Fig. 3 Mapping to MMS

서비스 매핑은 ACSI 서비스가 MMS 서비스의 해당 서비스로 1:1 대응시키는 것인데, 즉, ACSI Read 서비스는 MMS Read 서비스로, ACSI Write 서비스는 MMS Write 서비스로 매핑되고, ACSI log 서비스는 MMS journal 서비스로 매핑된다. 이에 대한 세부적인 내용은 IEC 61850-8-1에 정의되어 있다. 정보 모델 매핑은 IEC 61400-25 제2부에서 정의된 정보 모델을 사용해 제4부에 규정하고 있는 MMS 서비스를 구현하기 위해 필수적인데 그 원리는 그림 4와 같다.

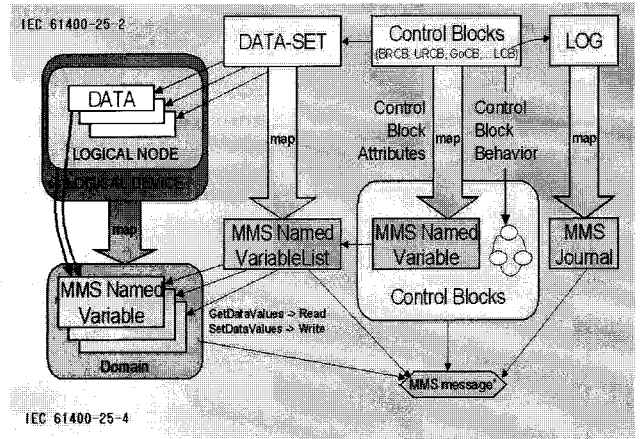


그림 4 정보 모델 매핑 방식
Fig. 4 Mapping approach of information model

그림 4에 나타나 있는 논리장치(logical device)는 실제 장비에서는 하나의 풍력 타워를 의미하고, 이것은 MMS에서 Domain으로 매핑이 된다. 그리고 논리노드(logical node)는 풍력 타워 내부에 존재하는 풍력발전기, 풍력터빈, 풍력터빈 트랜스미션 등의 풍력 발전 시스템의 세부적인 부분을 나타내는 것으로 MMS에서 Named Variable로 매핑되며, 논리노드의 상태나 특성을 나타내는 Data와 이를 하나의 그룹으로 정의하는 Data Set 또한 MMS의 Named Variable로 매핑된다. 그리고 IEC 61400-25 제2부에서 정의하고 있는 Log는 MMS Journal로 매핑이 되고, 나머지 구성요소도 그림 4와 같이 매핑된다. 이렇게 정보 모델을 MMS로 매핑하는 이유는 MMS 서비스를 위한 VMD를 구현하고, 이 구현된 VMD를 통해 MMS 통신 시스템을 구축하기 위함이다. 실제 실험에서는 이러한 매핑 방식을 이용하여 풍력 발전 설비의 정보 모델 중 풍력발전기의 논리노드를 MMS로 매핑하여 VMD를 구현하였다.

2.3 VMD를 이용한 풍력설비 객체화

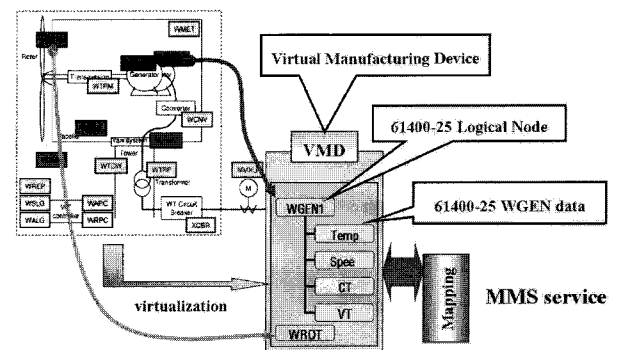


그림 5 VMD를 구성하기 풍력발전 설비의 객체화
Fig. 5 Objectification of wind power plant to constitute VMD

그림 5는 풍력발전 타워의 각각의 설비들이 IEC 61400-25 규약에 따라 어떻게 객체화 되는지를 보여주고 있

다. 풍력발전 타워 내에 있는 설비들은 물리적인 회로를 논리적인 회로로 바꾸기 위해 IEC 61400-25 제2부에서 정의되어 있는 논리노드(logical node)로 명명되고, 명명된 논리노드와 논리노드의 데이터 속성(data attribute)들이 하나의 VMD를 구성하게 된다. VMD는 풍력발전 설비용 MMS 서비스를 위한 필수 조건으로 MMS 서버 측에 존재하게 되며, 풍력터빈과 풍력발전기, 기어박스 등이 VMD의 주요 구성 대상이 된다. 사용자는 이 VMD를 통해서 풍력발전 설비와 관련된 정보를 MMS 서비스를 이용해 로컬 제어센터에서 확인할 수 있다.

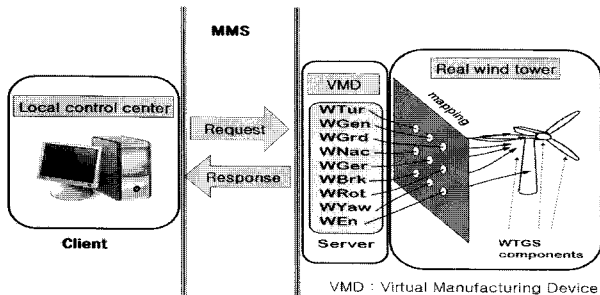


그림 6 IEC 61400-25를 위한 VMD의 개념
 Fig. 6 Concept of VMD for IEC 61400-25

풍력발전 설비의 MMS 서비스 개념은 그림 6과 같다. 그림 6에서 알 수 있는 바와 같이, MMS 환경은 MMS 클라이언트, MMS 서비스, VMD를 포함하는 서버 등으로 구성된다. 풍력발전 시스템에서 MMS 서버는 풍력발전 설비 내에 존재하게 되며, MMS 서버의 VMD는 실제 풍력발전 설비가 가지는 특성과 상태에 대한 정보를 가지게 된다.

풍력발전에서의 MMS 서비스 동작은 우선 로컬 제어센터에 해당하는 MMS 클라이언트에서 요청(request) 신호를 서버 측으로 보내면서 시작된다. 신호를 받은 MMS 서버는 풍력발전 설비가 가지는 정보를 응답(response) 신호를 통해 MMS 클라이언트 측으로 전달하게 된다. 응답신호는 MMS 서버가 MMS 클라이언트가 요청한 데이터를 정상적으로 보낼 경우 response(+)신호를 보내고 MMS 서버가 해당 데이터를 가지고 있지 않거나 잘못된 서비스 요청을 받게 되면 response(-)신호를 보내어서 서비스 에러를 알리게 된다. 이러한 방식으로 풍력발전 단지의 실제 설비들의 감시와 제어가 가능하게 된다.

2.4 MMS 객체와 서비스

풍력발전 시스템의 통신 시스템 구축을 위해 IEC 61400-25에 정의되어 있는 MMS 서비스를 구현하여야 한다. MMS는 총 80여개의 서비스를 가지고 있는데 이 가운데 IEC 61400-25에 정의된 MMS 서비스는 IEC 61850-8-1에 정의된 MMS 객체와 서비스를 따르며, 특정 통신 서비스 매핑(Specific Communication Service Mapping, SCSM)의 일부로 사용할 수 있는 몇 개의 MMS 객체를 규정한다 [8]. 그러나 IEC 61400-25의 매핑을 수행하는데 모든 객체가 필요한 것은 아니다. 본 논문에서는 MMS 객체들 가운데서

명명번호목록 객체의 서비스를 중심으로 IEC 61850-8-1에 정의된 서비스를 사용하였다.

3. 풍력발전 설비용 통신 시스템 구현

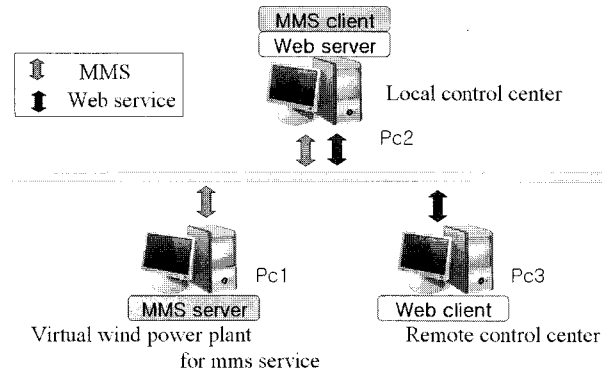


그림 7 실험 환경
 Fig. 7 Experimental environment

그림 7은 본 논문에서 구현한 IEC 61400-25를 이용한 풍력발전 설비용 통신 실험 환경을 나타내고 있다. 실험에서 사용된 장비는 3대의 PC이다. PC1은 풍력발전 설비로 가정하여 풍력발전 설비에 관한 정보를 가지고 있으며, PC2는 풍력발전 설비를 제어하는 로컬 제어센터, 그리고 PC3은 원격 제어센터로 대응하였다. 실험에 사용된 통신 프로토콜은 MMS 서비스와 웹 서비스이다.

풍력발전 설비는 MMS 서비스에 정의된 VMD로 객체화된다. 구성된 VMD는 MMS 서비스를 통해 로컬 제어센터와 풍력발전 설비에 관련된 정보를 주고받게 된다. 그리고 로컬 제어센터는 풍력발전 설비로부터 받은 정보를 바탕으로 웹 서버를 구축하게 되고, 원격 제어센터에서는 이 웹 서버로 접속하면 풍력발전 설비의 정보를 감시 제어할 수 있도록 실험 환경을 구성하였다. 그림 8은 풍력발전 설비 중 풍력발전기를 MMS 서비스에 정의된 VMD로 객체화한 것으로 6개의 측정치 데이터와 4개의 상태 데이터로 구성하였다. 해당 데이터들은 풍력발전기를 제어하기 위해 필요한 요소들인 발전기의 속도와 슬립, 발전기 전압 및 전류와 같은 측정치들로 구성되어 있고 상태 데이터들은 싸이리스터의 개폐상태와 발전기의 연결 상태, 사용자 옵션 사항 등이 된다. 그리고 수집한 데이터나 정보의 신뢰도를 나타내는 q, 이들을 얻은 시간을 나타내는 t를 선언함으로써 데이터나 정보의 정확성을 나타내었다.

3.1 MMS 서비스 구현

그림 9는 MMS 서비스를 구현하기 위한 MMS 서버의 순서도이다. 그림 9에서 알 수 있는 바와 같이 해당 장치가 MMS 서버 역할을 할 것인지, 혹은 MMS 클라이언트 역할을 할 것인지를 결정한 후 사용될지 변수를 선언하고 해당 영역의 메모리를 초기화 시킨 다음 풍력발전 설비의 설정을

화면상에 표시된 데이터들은 그림 8에서 규정된 데이터들로서 mVal은 해당 데이터의 측정값을, stVal은 해당 장치의 상태를 나타내고 있다. Thyristor opening의 stVal 값이 1이면 발전기에 연결된 사이리스터가 닫힌 상태이고, 0일 때 열린 상태를 나타낸다. 그리고 heat generator의 stVal값이 1일 때는 발전기가 가열된 상태로 보수 및 교체 작업이 필요한 상황을 의미한다. 이와 같이 클라이언트가 MMS 서버로부터 필요한 정보를 받음으로써 로컬 제어센터에서 풍력발전 설비의 감시 및 제어가 가능하다는 것을 알 수 있다.

그림 11은 MMS 서비스를 수행할 경우 MMS 클라이언트에서 실행한 네트워크 분석기의 화면을 나타낸 것으로 본문에서 구현한 통신 시스템이 IEC61400-25에서 정의한 규정에 따라 정확하게 데이터를 전송하고 있음을 보여주고 있다. 구체적으로 각각의 동작이 일어난 순서, 최초 서비스 시작에서부터 동작이 일어난 시간, 그리고 서버와 클라이언트의 IP 주소, 사용된 프로토콜과 서비스내용을 나타내고 있는데 그림 9의 순서도에 따라 MMS 서비스가 잘 이뤄지고 있으며, 데이터 요청에서부터 응답까지 소비된 시간은 1ms 이하로 제어 센터에서 실제 감시 및 제어를 행하기에 충분한 조건을 갖추고 있다는 것을 알 수 있다.

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Info |
|-----|----------|----------------|----------------|----------|------------------------------------|
| 70 | 3.881598 | 203.250.80.233 | 203.250.80.234 | MMS | Conf Request: Read (InvokeID: 27) |
| 71 | 3.881951 | 203.250.80.234 | 203.250.80.233 | MMS | Conf Response: Read (InvokeID: 27) |
| 72 | 3.882469 | 203.250.80.233 | 203.250.80.234 | MMS | Conf Request: Read (InvokeID: 28) |
| 73 | 3.882784 | 203.250.80.234 | 203.250.80.233 | MMS | Conf Response: Read (InvokeID: 28) |
| 74 | 3.883282 | 203.250.80.233 | 203.250.80.234 | MMS | Conf Request: Read (InvokeID: 29) |

그림 11 MMS ethereal 결과 화면
Fig. 11 Result screen in MMS ethereal

3.3 사용자 인터페이스 구현

본 논문에서 구현된 풍력발전 설비용 통신 시스템을 보다 일반화하기 시키기 위해 웹 기반의 사용자 인터페이스를 구현하였다. 사용자 인터페이스는 MMS 통신 서비스를 통해 전송된 풍력발전기의 데이터를 웹 서버 시스템의 XML 변수와 맵핑함으로써 가능하고, 그림 7에서 정의한 원격제어 센터 PC3를 통해 웹 서버 컴퓨터로 접속하면 웹 브라우저 상에서 실시간으로 풍력발전 시스템 정보를 모니터링을 할 수 있다. 그림 12는 실제 인터넷 환경에서 웹 서버에 접속해 풍력발전기의 감시용 데이터를 확인하는 웹 모니터링 화면이다. 화면에 표시된 값들과 해당 변수들은 MMS 서비스를 통해 얻은 그림 8과 같은 데이터나 정보들을 원격 제어 센터에서 웹 상에서 모니터링한 것으로 그림 10에서 나타난 화면의 변수와 값들과 1:1로 대응된다. 이처럼 사용자 인터페이스를 통해 원격지에서도 풍력발전기의 회전속도 및 가열여부, 베어링의 온도 등을 쉽게 확인할 수 있다.

Wind power plant monitoring (Time : 2008-10-30 오전 11:12:34)

| | | | |
|------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| WPP_WGEN | GenSpeed | mVal | 1400 |
| | | q | 000001000000001 |
| | t | 08.10.30 - 11:12:34 | |
| | Slip | mVal | 0.2 |
| | | q | 000001000000001 |
| | t | 08.10.30 - 11:12:34 | |
| | GenA | mVal | 10 |
| | | q | 000001000000001 |
| | t | 08.10.30 - 11:12:34 | |
| | GenBeTemp | mVal | 40 |
| | | q | 000001000000001 |
| | t | 08.10.30 - 11:12:34 | |
| GenTemp | mVal | 50 | |
| | q | 000001000000001 | |
| t | 08.10.30 - 11:12:34 | | |
| DFacStoGen | mVal | 70 | |
| | q | 000001000000001 | |
| t | 08.10.30 - 11:12:34 | | |
| TyrOpen | mVal | 1 | |
| | q | 000001000000001 | |
| t | 08.10.30 - 11:12:34 | | |
| GenCon | mVal | 1 | |
| | q | 000001000000001 | |
| t | 08.10.30 - 11:12:34 | | |
| ST_HeatGen | mVal | 0 | |
| | q | 000001000000001 | |
| t | 08.10.30 - 11:12:34 | | |

그림 12 웹 모니터링 화면
Fig. 12 Web monitoring screen

4. 결 론

본 연구는 IEC 61400-25 국제표준 규격을 사용하여 풍력발전 설비의 효과적인 감시 및 제어를 위해 필수적인 통신 시스템의 기초를 확립했다. 즉, IEC 61400-25에서 정의된 표준규약을 이용하여 풍력발전 설비에 적합한 VMD를 설계하고 이를 이용해 풍력발전 단지에서 전력 계통의 상태 감시 및 제어를 위해 필요한 IEC 61400-25에서 정의된 MMS 서비스를 구현하였다.

제안한 VMD를 이용한 MMS 서비스의 동작을 확인하기 위한 실험환경을 구축하였고, 풍력발전 설비로 설정한 MMS 서버 측에 풍력발전기가 가질 수 있는 발전기의 출력 전류, 회전자 속도, 발전기 온도, 사이리스터의 상태 등의 정보를 입력해 놓고 제시된 알고리즘을 바탕으로 Visual C++를 이용해서 MMS 서버를 구현하였다. 그리고 로컬 제어센터인 MMS 클라이언트 측의 요구에 따라 MMS 서버의 응답 유무를 확인하였고, MMS Ethereal network analysis를 이용하여 그 타당성을 입증하였다. 또한, XML 기반 사용자 인터페이스를 설계하여 인터넷을 통해 어디에서나 웹상에서 풍력발전 설비의 정보를 확인할 수 있도록 하였다. 이 결과를 바탕으로 본 논문에서 제안하고 있는 풍력발전 설비용 통신 시스템이 실제 풍력발전 설비의 제어 및 감시가 가능함을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 울산대학교와 지식경제부·울산광역시 지원 네트워크 기반 자동화연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

[1] BTM Consult "International Wind Energy Development World Market Update 2007 Forecast 2008 - 2012", March 27, 2008

[2] 김건훈 "풍력기술의 특성 및 국내의 현황", 전력전자학회, 전력전자학회지 제11권 제1호, pp. 13 ~ 18 (6pages), 2006. 2

[3] 박가우, 이현영, 강신일, "풍력발전 전력변환장치의 실 운전 기술" 전력전자학회, 전력전자학회지 제13권 제3호, pp. 25 ~ 30 (6pages), 2008. 6

[4] http://www.nettedautomation.com/standardization/IEC_TC88/index.html#25-1

[5] 고철진, 강상희, "GOOSE 메시지를 이용한 고장점 추정 성능 개선", 대한전기학회논문지 : 전력기술부문A, v.55, no.4, pp.144-150, 2006. 4

[6] 박종찬, 김병진, "25 IEC61850 프로세서 버스 기반 분산형 전력품질감시", 전기학회논문지P, v.56, no.1, pp.13-18, 2007. 3

[7] 김관수, 이홍희, 김병진, "프로세스 레벨의 병합 단위 장치를 위한 IEC61850-9-2 샘플링 값 서비스 구현에 관한 연구", 전기학회논문지(2007), v.56, no.7, pp.1177-1182, 2007. 7

[8] IEC 61850-8-1, "Communication networks and systems in substations - Part 8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) - Mapping to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3"

[9] http://www.nettedautomation.com/standardization/IEC_TC88/index.html#25-4

[10] Nian Liu, Jianhua Zhang, "A Security Mechanism of Web Services-Based Communication for Wind Power Plants", IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 23, NO. 4, OCTOBER 2008

[11] IEC 61850-7-2, "Communication networks and systems in substations - Part 7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment - Abstract communication service interface (ACSI)"

[12] IEC 61850-7-3, "Communication networks and systems in substations - Part 7-3: Basic communication structure for substation and feeder equipment - Common data classes"

[13] IEC 61850-7-4, "Communication networks and systems in substations - Part 7-4: Basic communication structure for substation and feeder equipment - Compatible logical node classes and data classes"

저 자 소 개



이 정 훈 (李 政 勳)

1981년 5월 7일생. 2007년 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 졸업(학사). 2009년 동 대학원 전기전자정보시스템공학과 졸업(석사)



김 태 오 (金 泰 吾)

1975년 3월 4일생. 2001년 울산대 제어계측공학과 졸업(학사). 2003년 동 대학원 제어계측공학과 졸업(석사). 2009년 동 대학원 전기전자정보시스템공학과 졸업(박사)



이 홍 희 (李 弘 熙)

1957년 10월 15일생. 1980년 서울대 공대 전기공학과 졸업(학사). 1982년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1994년~1995년 Texas A&M 방문교수. 현재 울산대 전기전자정보시스템공학부 교수. 울산대 네트워크 기반 자동화연구센터(RIC) 소장