

A Database Design Method for Wind Power Plant SCADA System based on IEC61400-25

Chae Chang Hun[†] · Choi Hyo Yul^{**} · Choi Jun Suk^{**}

ABSTRACT

In this paper, a database method for Wind Power Plant SCADA system based on IEC61400-25 was designed. To manage big data, which is produced by the introduction of international standards and large/grouping of wind power plant, database should be systematically designed. As identify the characteristics of the wind power data and reflect the requirements of a user, it would be decreasing the waste of data space and managing efficiently the system. As a result, it is expected to reduce cost and effort in development and maintenance of Wind Power Plant.

Keywords : IEC61400-25, Wind Power, Database, SCADA

IEC61400-25 국제표준기반 풍력 SCADA시스템을 위한 데이터베이스 설계방안

채 창 훈[†] · 최 효 열^{**} · 최 준 석^{**}

요 약

본 논문에서는 IEC61400-25 국제표준기반 풍력 SCADA 시스템을 위한 데이터베이스 설계를 수행하였다. 국제표준의 도입과 풍력발전의 대형화, 단지화로 인하여 발생하는 방대한 양의 데이터를 처리하기 위하여 체계적 관리는 필수적이다. 복잡하고 다양한 기능의 풍력 데이터들의 특성을 파악하고 사용자의 사전 요구사항을 반영하여 데이터베이스를 설계함으로써 데이터 공간 낭비를 줄이고, 관리의 효율성을 향상시킬 수 있다. 결과적으로 구축, 유지비용과 노력을 줄일 수 있을 것으로 기대한다.

키워드 : IEC61400-25, 풍력, 데이터베이스, 스카다

1. 서 론

전력수요가 해마다 증가하고 있고, 온실가스 감축을 의무화한 교토의정서가 2005년 2월 공식 발표된 이후 세계적으로 신재생에너지에 대한 관심과 관련 산업이 증가하고 있다. 그 중 풍력발전은 다양한 신재생에너지들 중 가장 강력한 기술 및 시장경쟁력을 갖추고 있으며, 녹색성장의 핵심으로 지속적으로 성장하고 있다[1]. 따라서 국내에서도 해외 풍력모형을 도입하고, 해외기업을 인수하는 등 여러 방면으로 풍력시장에 뛰어들고 있다. 하지만 풍력발전을 위한 제어 및 운영시스템은 해외 선진사들이 두각을 나타내고 있으며, 대부분 독자적인 통신 프로토콜을 사용하고, 자사의 풍

력발전기에 특화되어 있다. 그리고 대규모 풍력발전단지의 경우, 다양한 풍력발전기 제작사가 참여하여 발전기간 이질성 문제가 발생할 수 있어, 2006년 국제표준인 IEC61400-25가 제정되었다[2]. 기본적으로 풍력발전은 많은 양의 데이터가 발생하며, 최근에는 풍력발전의 대형화와 단지화로 인하여 발생하는 데이터가 더욱 많아질 전망이다. 하지만, 과거 풍력시스템에서 사용되는 데이터베이스는 설계가 체계화되지 않아 데이터 오류 검출 및 무결성이 없다는 단점 외에도 많은 제약사항이 존재한다. 데이터의 관리와 통제는 물론 성능, 효율성, 보안성, 일관성 등 많은 문제점이 존재하였다[3]. 또한 IEC61400-25 국제표준의 도입으로 풍력시스템에서 다루는 데이터는 더욱 늘어났고, 방대한 양의 데이터를 실시간으로 취득한 후 관리해야 하는 풍력시스템의 특성상 데이터베이스의 중요성은 더욱 증대되고 있다. 본 논문에서는 IEC61400-25 국제표준기반의 풍력 시스템을 위한 데이터베이스를 설계하기 위하여, 발생 가능한 상황을 예측하고, 해결

[†] 정 회 원: 한국전력공사 전력연구원 일반연구원

^{**} 정 회 원: 한국전력공사 전력연구원 선임연구원

논문접수: 2012년 11월 5일

심사완료: 2012년 11월 15일

* Corresponding Author: Chae Chang Hun(chchae@kepeco.co.kr)

방법을 논의한 후 논리 데이터모델링을 수행하였다. 본 데이터베이스 설계를 기초로 한 풍력 SCADA (Supervisory Control And Data Aquisition) 시스템은 모니터링, 감시제어, 고장진단에 결정적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 풍력 SCADA시스템의 데이터베이스를 설계하기에 앞서서 기존에 존재하는 변전소 SCADA시스템에서 사용되는 데이터와 우리가 다루게 될 풍력 국제표준인 IEC61400-25에 대하여 간략히 설명한다. 그리고 현재 상용 풍력 SCADA시스템에서 사용되는 데이터베이스를 살펴보았다.

2.1 변전소 SCADA시스템 데이터베이스

복잡한 전력계통에서 취득한 수많은 데이터를 감시, 모니터링하고 원격제어(운전, 제어)를 하기 위하여 기본적으로 SCADA(Supervisory Control And Data Aquisition)시스템이 필요하다[4], [5]. 전력계통에서 발생하는 데이터의 실시간처리와 데이터관리를 위하여 SCADA시스템은 대부분 RTDB(Real-Time Database)와 같은 실시간 데이터베이스를 이용하며, 자체 파일시스템을 가지고 있다.

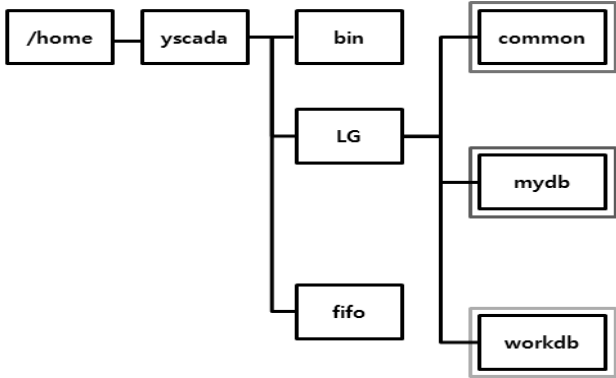


Fig. 1. DB directory of Substation SCADA system

Fig. 1은 일반적인 변전소 SCADA시스템이 RTDB를 이용한 데이터베이스를 관리하기 위한 디렉터리 구조이다. common 디렉터리는 시스템 공통DB를 저장하는 공간으로 포인트DB, 그래픽DB, 가청정보DB 등을 포함하며, mydb는 시스템별 관리DB를 저장하는 공간으로 사용자 로그인정보, 경향 그래프 등을 저장한다. workdb 디렉터리는 시스템 관리자의 Batch작업시 필요한 포인트DB를 저장하는 공간이다. 이때 관리되는 데이터베이스 포인트는 총 4가지로, 아날로그 현장포인트, 디지털 현장포인트, 아날로그 연산포인트, 디지털 연산포인트이다. 현장포인트는 RTU를 통하여 취득되는 데이터이고, 연산포인트는 현장포인트들이 정의된 연산에 의해 계산되어지는 값이다. 이러한 관리 포인트들은 관리자가 상황에 맞게 각 포인트의 대상, 속성, 범위, 우선순

위 등을 결정할 수 있다. KEPCO는 154kV, 345kV, 765kV별로 포인트 선정기준을 마련하여 변전소에서 발생하는 데이터항목을 관리자가 선정하여 데이터베이스를 관리할 수 있게끔 마련하고 있다. 하지만, 앞으로 IEC61850 국제표준이 반영된 Full Digital 형태의 변전소가 도입되면 IED(Intelligent Electronic Device)를 통해서 많은 양의 체계적인 데이터가 전송되므로 기존의 데이터베이스 저장방식도 변화될 것으로 예상된다.

2.2 IEC61400-25 국제표준

최근 IEC는 변전소 자동화 시스템의 국제표준인 IEC61850을 기반으로 하는 풍력발전단지의 통신시스템 표준인 IEC61400-25를 발표하였다[2]. 대규모 풍력발전단지의 경우 각 풍력터빈이 넓은 지역에 산재되어 있고, 여러 제조자들이 만든 풍력터빈들의 조합으로 이루어진다. 따라서 풍력터빈을 추가하거나 제어시스템의 변경이 필요할 경우 기존의 설비들과 통신 환경을 맞추기 위한 작업들이 필요하고, 프로토콜 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 2006년 국제표준인 IEC61400-25가 제정되었다. 1990년대 초반 미국 EPRI를 중심으로 개발된 UCA 2.0을 기반으로 한 변전소 자동화 표준 프로토콜인 IEC61850이 IEC TC57에서 제정된 이후, 풍력, 태양광, 수력, 에너지 저장장치 등으로 확대 적용되고 있다[6]. 이러한 표준화로 풍력발전 설비들 사이에 사용되는 프로토콜을 통일시켜 기존의 설비와 쉽게 결합할 수 있을 뿐만 아니라, 제품의 규격화로 호환성과 효율성이 향상되는 등 여러 가지 경제적 효과를 가질 수 있다. IEC61400-25 표준문서는 풍력발전기와 SCADA시스템과의 통신에 초점을 맞췄으며, Table 1과 같이 6장으로 구성되어 있다[7].

Table 1. IEC61400-25 Document

Part	Description
Part 1	Overall description of principle and models
Part 2	Information models
Part 3	Information exchange models
Part 4	Mapping to communication profiles
Part 5	Conformance testing
Part 6	LN classes and Data classes for condition monitoring

Fig. 2(A)와 같은 복잡한 실제 풍력발전기의 내부 장치들을 가상세계에서 Fig. 2(B)과 같은 모델링 방식을 취한다. 이를 가상화(Virtualization)이라 부른다. 풍력발전기를 가상화하여 하나의 LD(Logical Device)로 표현하고, 발전기를 구성하는 다양한 부품과 기능들을 LN(Logical Node)로 표현한다. 이러한 풍력발전기의 논리적 구성을 정보모델(Information Model)이라고 하며 표준에서는 20여개의 LN들을 정의하고 있다. Fig. 3은 표준에서 표현하고 있는 풍력 LN들의 목록이다.

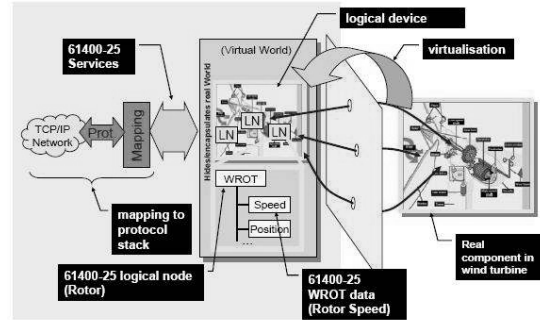
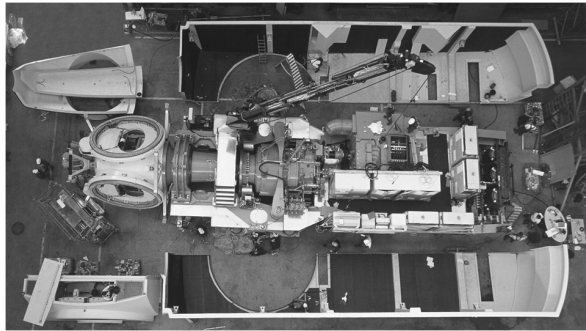


Fig. 2. Internal Wind Turbine(A) and IEC61400-25 modeling(B)

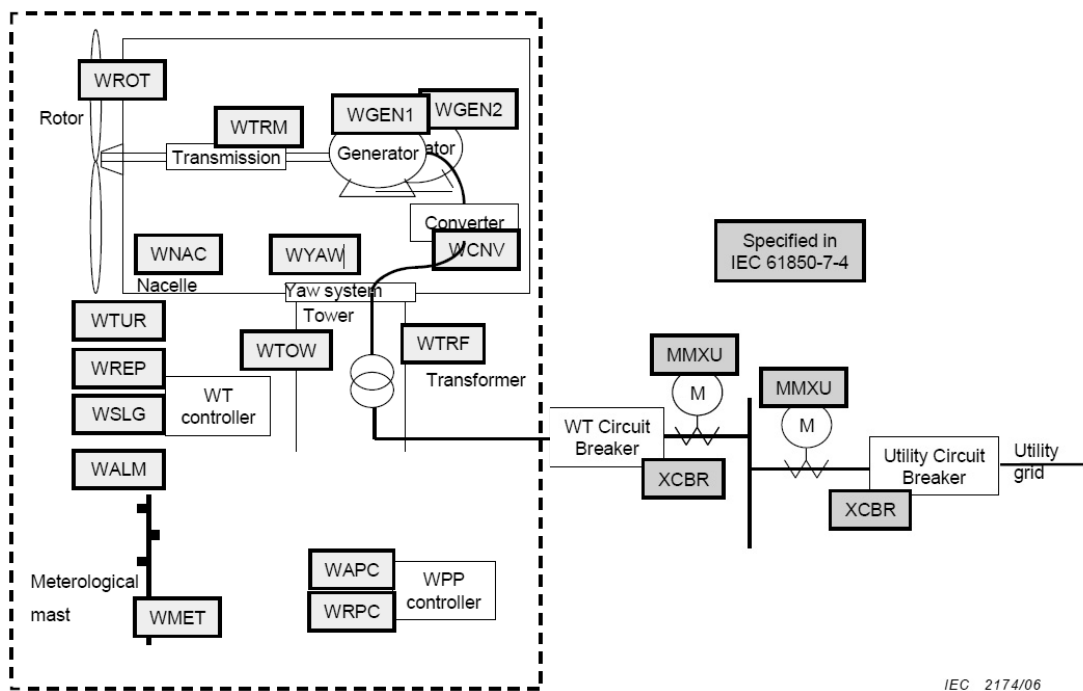


Fig. 3. Wind Power Logical Node

2.3 상용 풍력 SCADA시스템 데이터베이스

현재 이미 상용화된 풍력SCADA시스템에서 사용되는 데이터와 IEC61400-25의 데이터를 비교하여 IEC61400-25의 데이터 포함 범위에 대하여 살펴본다. 표준에서 다루는 데이터의 범위는 Fig. 3과 같이 풍력발전의 일반적인 정보를 나타내는 WTUR, 알람정보를 표시하는 WALM, 기상정보를 표시하는 WMET, 유효 및 무효전력 제어정보를 표시하는 WAPC, WRPC, 로터정보를 표시하는 WROT, 발전기 정보를 표시하는 WTRM, Yawing 시스템 정보를 나타내는 WYAW, 전력변환장치 정보를 나타내는 WCNV, 너셀정보를 나타내는 WNAC, 상태 및 아날로그 로그, 리포트정보를 표시하는 WSLG, WALG, WREP 등이 존재한다. Table 2는 풍력LN 중 WTUR와 상용 풍력 SCADA시스템의 데이터 비교 예이다.

Table 2. Comparison of WTUR Class and Commercial Wind power SCADA

Attribute name	M/O	A	B	C	D	E	F
AvlTmRs	O	-	O	-	-	-	-
OpTmRs	O	-	O	-	-	-	O
StrCnt	O	-	-	-	O	-	-
StopCnt	O	-	-	-	O	-	-
TotWh	M	O	O	O	O	-	O
TotVArh	O	-	-	O	O	-	-
DmdWh	O	-	O	-	-	-	O
DmdVArh	O	-	O	-	-	-	-
SupWh	O	-	O	O	-	-	-
SupVArh	O	-	O	-	-	-	O
TurSt	M	O	O	O	O	O	-
W	M	O	O	O	O	O	O
VAr	O	O	O	O	O	-	O
SetTurOp	M	O	O	O	O	O	-
VArOvW	O	-	-	-	-	-	-
VArRefPri	O	-	-	-	-	-	-
DmdW	O	-	-	-	-	-	-
DmdVAr	O	-	-	-	-	-	-
DmdPF	O	-	-	-	-	-	-

위 표와 같이 상용 풍력 SCADA시스템의 데이터항목들이 표준의 필수항목(Mandatory)들은 대부분 포함하고 있었으나, 표준의 모든 데이터를 포함하는 SCADA시스템은 현재 존재하지 않았다. 이처럼 IEC61400-25 국제표준의 도입으로 발전기에서 발생하는 데이터가 체계화된 물론 엄청난 양의 데이터가 발생하는 것은 자명하다. 또한, 풍력발전을 위한 SCADA시스템은 발전기뿐만 아니라 풍력단지 전체에 대한 모니터링 제어도 가능해야 하며, 풍력발전기의 주위 환경정보도 주기적으로 수신하여야 한다. 따라서 방대한 양의 데이터를 처리하고 관리하기 위한 데이터베이스의 설계는 필수적이라 할 수 있다.

3. 데이터베이스 설계

본 논문에서 제시하는 데이터베이스 설계의 최종 목적은 국제표준 IEC61400-25 기반의 풍력 SCADA시스템에서 사용가능한 논리 데이터모델을 설계하는 것이다. 따라서 이를 위한 몇 가지 사전 조건들을 가정하였다. 첫째, 풍력발전기에서 전달된 국제표준 IEC61400-25 기반의 모든 데이터를 저장할 수 있다. 둘째, 풍력 SCADA시스템은 실시간으로 일부 데이터를 보여줄 수 있다. 셋째, 풍력 SCADA시스템은 과거 모든 데이터를 조회할 수 있다. 본 3장에서는 먼저, 풍력발전기에서 발생 가능한 데이터 크기를 산정하고, 풍력 SCADA시스템이 가져야 하는 기본설계 방향을 살펴본 후, 논리 데이터모델을 설계하였다.

3.1 IEC61400-25 데이터크기 산정

데이터베이스를 구축하기 전 데이터의 양을 예측하는 것은 매우 중요하다. 풍력 SCADA시스템에서 사용되는 데이터의 크기를 대략적으로 측정하기 위하여 IEC61400-25에 명시된 데이터의 크기를 참고하였다. 먼저, 표준문서의 데이터타입은 기본 타입 16종과 확장 타입 19종을 바탕으로 구성되어 있다. Table 3은 표준에서 쓰이는 데이터타입들의 크기를 보여준다.

Table 3. IEC61400-25 Data type (Unit : bit)

Basic Types		Extended Types	
Name	Length	Name	Length
BOOLEAN	1	Quality	26
INT8	8	RangeConfig	224
INT16	16	ScaledValueConfig	64
INT32	32	TimeStamp	67
INT64	64	UNICODE STRING255	8160
INT8U	8	Unit	16
INT16U	16	Vector	128
INT24U	24	VISIBLE STRING255	8160
INT32U	32	VISIBLE STRING64	2048
FLOAT32	32	AnalogueValue	64
ENUMERATED	8	Originator	2056
CODEENUM	8	OCTET STRING64	2048

OCTETSTRING	32	VISIBLE STRING128	4096
VISIBLESTRING	32	VISIBLE STRING3	96
UNICODESTRING	32	VISIBLE STRING2	64
Currency	0	ARRAY OF [0..31] INT32U	1024
/		ARRAY OF [0..12] INT32U	416
		ARRAY OF [0..20] INT32U	672
		ARRAY [0..numAlm] OF CODED_ENUM	136

위의 데이터타입을 기반으로 각 풍력LN들이 가지는 Attribute와 CDC의 크기를 산출하여, IEC61400-25기반의 풍력발전기가 발생시키는 데이터의 양을 어느 정도 예상할 수 있다. 터빈 1기당 1초에 생산될 수 있는 LN별 최대 데이터의 양은 Table 4와 같다.

Table 4. Total size of the data in LNs

Logical Node	Data size(bit)
WTUR	4,478,569
WROT	4,604,504
WTRM	5,196,220
WGEN	3,832,699
WCNV	3,876,268
WTRF	4,212,236
WNAC	3,990,561
WYAW	2,458,969
WTOW	1,839,660
WALM	265,438
WAPC	5,843,754
WRPC	2,904,657

터빈 1기에서 발생 가능한 최대데이터는 43,503,571bit이다. 이를 변환하면 약 5.186MB의 크기를 가진다. 이들 중 Configuration, description and extension을 나타내는 데이터는 약 926KB, Historical information 데이터는 약 3484Byte의 크기를 가진다. 하지만, 위의 모든 데이터가 매 초마다 수집되는 것은 아닐 것이며, 데이터(Data)가 체인지되거나 업데이트될 때 전송되는 항목(dchg, dupd)은 1726Byte, 퀄리티(Quality)가 체인지(change)될 때 전송되는 항목(qchg)은 835Byte의 크기를 가진다. 이를 기반으로, 터빈 200대를 기준으로 초, 일, 년 단위로 살펴본 데이터양을 Table 5에서 볼 수 있다.

만약 매 초마다 IEC61400-25 표준의 전체 데이터가 저장된다면 1년에 31 PB(Petabyte)가 발생할 수 있다. 그리고 표준에서 정의한 LN들 외에 사용자가 요구하는 Private LN을 추가하면 데이터 크기는 더욱 커질 수밖에 없다. 하지만, 전체 데이터가 매 초마다 전송되는 것은 사실상 불가능하며, 자주 발생하는 데이터항목인 dchg, dupd, qchg 옵션이 지정된 데이터만 매초마다 발생한다고 가정할 경우, 1년에 각각

10 TB, 4.9 TB가 발생할 수 있다. 이처럼 IEC61400-25 국제표준을 도입한 풍력 SCADA시스템은 많은 양의 데이터를 발생시키므로, 데이터의 체계적, 효율적 관리를 위하여 논의되어야 한다.

Table 5. The expected size of the data in 200 turbines

Q'Ty	Time	Unit	Total data	Configurati on description extension	historical informa tion	dchg (dupd)	qchg
1	Sec.	bit	43,503,571	7,585,028	27,872	13,813	6,682
		KB	5,310	926	3.4	1.69	0.82
200	Sec.	KB	1,062,099	185,181	680	337	163
		GB	1.01	0.18	-	-	-
	Day	GB	87,514	15,258	56	27.79	13.44
		TB	85	15	-	-	-
	Year	TB	31,792	5,543	20	10.09	4.88

3.2 데이터베이스 기본설계 내용

본 논문에서 제안하는 데이터베이스의 기본적인 설계방향을 살펴보기에 앞서 몇 가지 고려사항이 있다. 첫째, 풍력발전기에서 전달된 국제표준 IEC61400-25 기반의 모든 데이터는 저장되어야 한다. 둘째, 풍력 SCADA시스템은 실시간으로 일부 데이터를 보여줄 수 있어야 한다. 셋째, 풍력 SCADA시스템은 과거 모든 데이터를 조회할 수 있어야 한다. 위의 고려사항을 바탕으로 우리는 데이터베이스 기본설계 방향을 설정하였다. 먼저, 풍력 SCADA시스템의 데이터베이스는 크게 여섯 부분으로 구성된다. 즉, Raw Data, Reference Information model, Trigger Data, Alarm Data, System Configuration Data, External Data들로 구성되었다. Fig. 4는 데이터베이스 전체 구성도이다.

세부 내용을 살펴보면, WTG(Wind Turbine Group Manager)를 풍력발전기와 SCADA시스템 사이에 두고, 실

시간으로 보여줄 데이터는 저장하지 않고, SCADA시스템으로 직접 전송한다. 자주 참조되는 데이터와 보고서 및 집계 정보를 위한 데이터는 별도로 관리한다. 풍력발전기에서 생산되는 모든 데이터는 Raw Data Tables에 저장되며, 과거 이력조회를 목적으로 한다. Raw Data Tables는 빠른 조회를 위하여, 데이터의 특성에 맞게 구분하여 구성한다. 또한, 저장 공간 최적화를 위하여 기타 중복되는 정보는 Reference Information Model Tables에 별도로 관리된다. Reference Information Model Tables는 IEC61850, IEC61400-25 특성에 따라 트리구조로 구성된다. 자주 참조되는 데이터는 Trigger Data Tables에 구성된다. 알람데이터는 Alarm Data Tables에 별도로 구성한다. 상태정보시스템(CMS, Condition Monitoring System), 기상청서버 등 외부연계데이터는 External Data Tables에 별도로 구성한다. 시스템 환경설정에 관련된 데이터는 System Configuration Data Tables에 별도로 구성한다.

3.3 논리 데이터모델 설계

논리 데이터 모델링 단계에서는 기능별로 분류 가능한 업무를 분석한 후 핵심 엔티티(Entity)를 추출하고 엔티티간의 관계를 표현하기 위해 개체-관계 다이어그램(Entity-Relationship Diagram)을 작성한다.

1) Raw data tables

Raw data tables는 과거이력조회를 목적으로 모든 데이터를 저장한다. 따라서 IEC61400-25의 정보모델을 기반으로 한 모든 데이터를 저장하기 위하여, 데이터를 효율적으로 구분하는 것이 필요하다. IEC61400-25 표준에서는 서버(풍력발전기)에서 생산되는 데이터를 Dataset으로 묶어 클라이언트(SCADA시스템)에 전송한다. 보통 Dataset은 FC(Functional Constraint)별로 구성한다. FC는 데이터의 속성을 나타내며, 어떤 데이터의 값을 요청할 때 1차적으로 필터링하여 데이터 값의 양을 줄일 수 있기 때문에, 데이터타입과 함께 데이터를 구분할 수 있는 방법이다. IEC61850 표준에서 사용되는 FC는 Table 6과 같다. 이들 중 ST, MX, CO, SP, SV, CF, DC, SG, SE, EX가 IEC61400-25에서 사용된다.

두 번째 데이터 구분방법은 데이터 타입별로 구분하는 것이다. IEC61400-25에서 사용되는 데이터 타입은 이미 표 3에서 언급하였다. 하지만, 풍력 표준의 FC들이 모든 데이터타입을 사용되지 않는다. 즉, 각 FC마다 사용하는 데이터타입이 존재한다. 이를 조사하기 위하여 다음과 같은 과정이 필요하다. Table 7은 각 풍력LN별로 사용되는 CDC(Common Data Class)를 나타내며, 이를 바탕으로 CDC에서 사용되는 데이터타입을 도출한 후, 도출된 데이터 타입에서 사용된 FC들로 재정리하여, Table 8과 같은 FC별로 사용된 데이터 타입을 산출하였다. 이렇듯 동일 FC/데이터타입별로 구분함으로써 테이블의 필드속성이 간단하여, 데이터 공간 낭비를 줄여 효율적으로 저장할 수 있다.

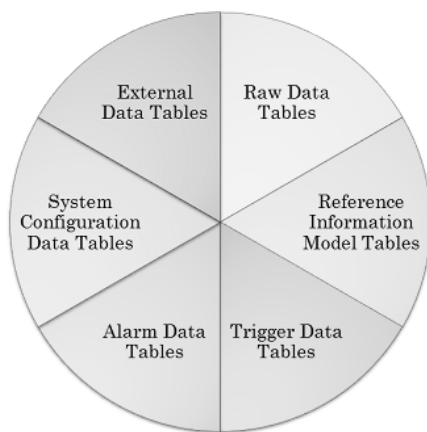


Fig. 4. Database structure

Table 6. FCs of IEC61850

FC명	Semantic
ST	Status Information
MX	Measurands (analogue value)
CO	Control
SP	Setpoint
SV	Substitution
CF	Configuration
DC	Description
SG	Setting Group
SE	Setting Group Editable
EX	Extended Definition
BR	Buffered Report
RP	Unbuffered Report
LG	Logging
GO	GOOSE Control
GS	GSSE Control
MS	Multicast sampled valued control
US	Unicast sampled valued control

Table 7. CDC list from Wind power LN

WPPC	INC	LPL	INS	SPC	WDPL	ING	SPS	ORG
LPHD	INS	WDPL	SPS	-	-	-	-	-
WTUR	CTE	TMS	BCR	CMD	MV	SPV	STV	-
WROT	MV	STV	CMD	-	-	-	-	-
WTRM	MV	STV	-	-	-	-	-	-
WGEN	STV	TMS	MV	DEL	WYE	-	-	-
WCNV	STV	TMS	MV	WYE	DEL	-	-	-
WTRF	STV	TMS	DEL	CMD	MV	WYE	-	-
WNAC	STV	TMS	MV	SPV	CMD	-	-	-
WYAW	STV	TMS	MV	CMD	-	-	-	-
WTOW	MV	STV	-	-	-	-	-	-
WMET	MV	-	-	-	-	-	-	-
WALM	TMS	ASS	-	-	-	-	-	-
WSLG	-	-	-	-	-	-	-	-
WALG	-	-	-	-	-	-	-	-
WREP	-	-	-	-	-	-	-	-
WAPC	STV	INS	MV	SPV	CMD	-	-	-
WRPC	STV	INS	MV	SPV	CMD	-	-	-

Raw data tables의 각 테이블들은 동일한 필드를 가진다. 예를 들어, Table 9와 같이 RAWSTBLN 테이블은 상태정보(ST)를 가진 BOOLEAN 타입의 Raw 데이터테이블로써, TurbineID, RefID, Value, Date의 필드로 구성되어 있다. RefID는 ReferenceID로 다음 장에서 자세히 설명하겠다.

Table 8. Data type list from FCs (Raw data tables)

ST	MX	CO	CF	DC	SV	EX	SP	SG	SE
BOOLEAN	ENUM	BOOLEAN	BOOLEAN	BOOLEAN	BOOLEAN	VISIBLER STRING255	INT	INT	INT
INT	Quality	INT	INT	STRING	INT	-	VISIBLER STRING128	-	-
ENUM	TimeStamp	TimeStamp	FLOAT	VISIBLER STRING2	Quality	-	-	-	-
Quality	Originator	Originator	ENUM	VISIBLER STRING3	Vector	-	-	-	-
TimeStamp	Vector	Analogue Value	TimeStamp	VISIBLER STRING128	Analogue Value	-	-	-	-
Originator	Analogue Value	-	RangeConfig	VISIBLER STRING255	VISIBLER STRING64	-	-	-	-
-	-	-	Scaled ValueConfig	-	-	-	-	-	-
-	-	-	Unit	-	-	-	-	-	-
-	-	-	CtlModels	-	-	-	-	-	-
-	-	-	SboClasses	-	-	-	-	-	-
-	-	-	PulseConfig	-	-	-	-	-	-
-	-	-	Object Reference	-	-	-	-	-	-

Table 9. RAWSTBLN table (example)

테이블명	RAWSTBLN		
테이블 설명	상태정보(ST)를 가진 BOOLEAN 타입의 Raw data 테이블		
필드명	필드타입	설명	예시
TurbineID	NUMBER	터빈 ID	-
RefID	NUMBER	부가적인 정보(LN, CDC등)를 참조하는 ID	-
Value	NUMBER	실제 값	0, 1 (false, true)
Date	TIMESTAMP	날짜, 시간	YYYY-MM-DD HH:MM:SS

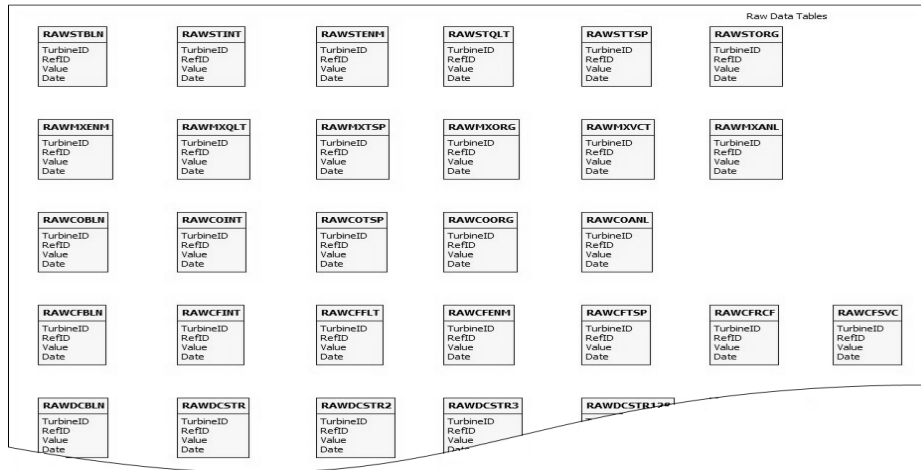


Fig. 5. Raw data tales ER-Diagram

최종적으로, FC/데이터타입을 바탕으로 한 Raw data table이 Fig. 5와 같이 46개의 테이블로 구성될 수 있다.

2) Reference data tables

Raw data tables 는 기본적으로 LN명, CDC명, Attribute 명 등 중복되는 정보들이 발생할 수 있다. 이 정보들을 String타입으로 저장할 경우, 저장 공간의 낭비를 가져올 수 있으므로, 중복되는 정보들은 RefID형태의 Number타입으로 저장하고, 참조할 수 있는 별도의 Reference data tables를 관리하여 저장 공간의 낭비를 줄인다. 이때, 테이블들은 IEC61850, IEC61400-25의 특징에 따라 트리구조로 구성하여 데이터 참조의 효율성을 향상시켰다. 예를 들어, Fig. 6과 같이 WTUR은 AvlTmRs, OpTmRs 등의 data를 갖고, AvlTmRs는 TMS(State timing)라는 CDC type으로 구성되어 있으므로 manRs, hisRs 등의 data를 갖게 된다. 또한

manRs는 SPC(Controllable single point)라는 CDC type으로 구성되어 있고, 이는 ctiVal, Origin 등의 data를 갖는다. 이처럼 트리구조로 형성된 정보들을 Reference data tables로 관리하고, 이들 정보들을 하나의 Reference ID로 발급하여 Raw data tables의 하나의 RefID 필드에 저장한다.

Table 10과 Table 11은 Reference data tables의 한 예를 보여주고, Fig. 7은 Reference data tables 전체를 표현한 ER 다이어그램이다.

Table 10. LN Class table (example)

테이블명	WTUR		
테이블 설명	참조되는 IEC61400-25 WTUR(LN) Model		
필드명	필드타입	설명	예시
Attr_Name	VARCHAR2	Attribute Name	AvlTmRs /OpTmRs 등
Type	VARCHAR2	CDC Type	TMS/CTE/BCR /STV 등
Value	NUMBER	참조 값	

Table 11. CDC Class table (example)

테이블명	TMS		
테이블 설명	참조되는 IEC61400-25 TMS(CDC) Model		
필드명	필드타입	설명	예시
Attr_Name	VARCHAR2	Attribute Name	manRs/hisRs /actTmVal 등
Type	VARCHAR2	CDC/Attribute Type	SPC/INC/INS /INT32U 등
Value	NUMBER	참조 값	

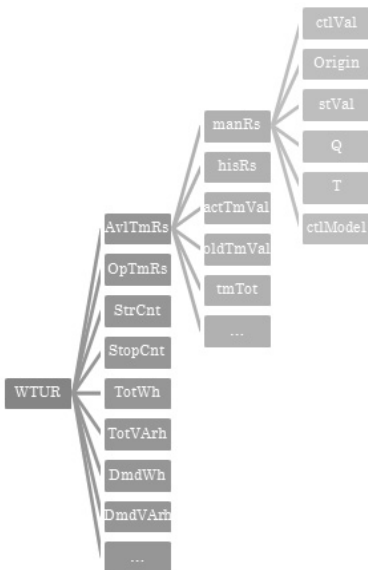


Fig. 6. WTUR data structure

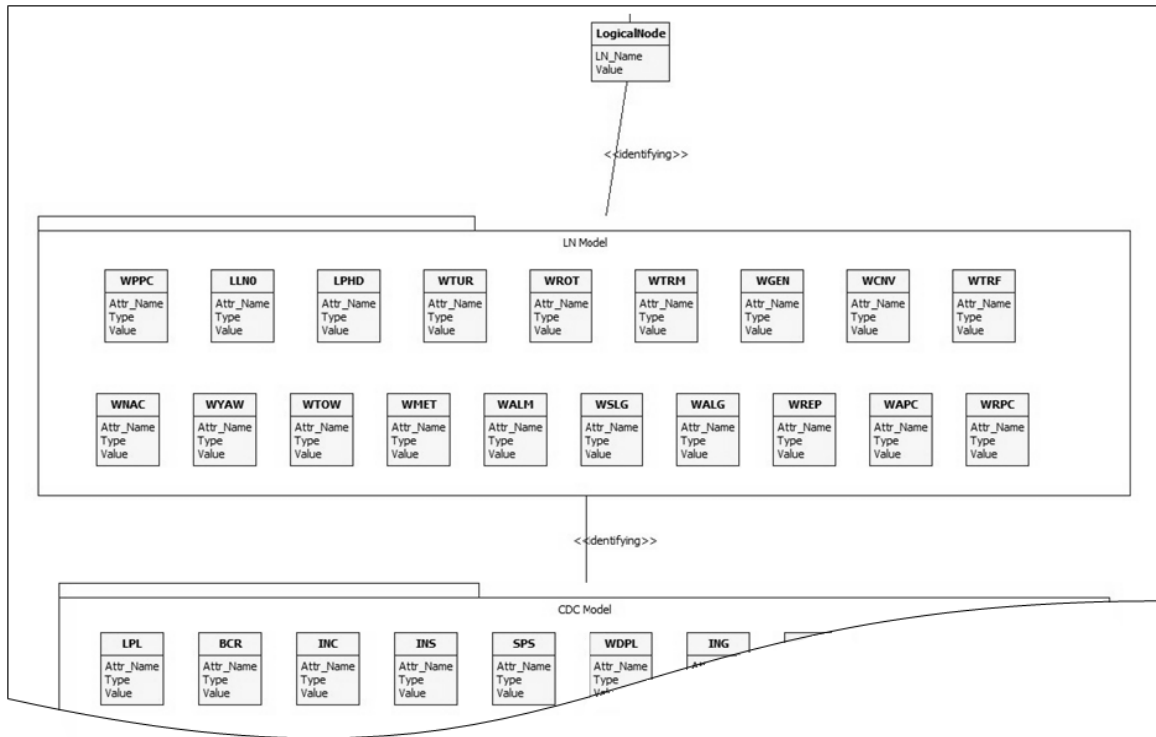


Fig. 7. Reference data tables ER Diagram

3) Trigger data tables

Raw data tables는 과거조회를 목적으로 저장되는 공간이므로 자주 참조되지 않는다. 따라서 자주 업데이트되는 데이터와 구분할 필요가 있다. 자주 업데이트되는 데이터를 별도의 공간에서 관리함으로써 데이터 처리속도를 향상시킬 수 있고, 관리의 효율성도 가져올 수 있다. IEC61400-25 국제표준의 데이터 항목들 중 어떤 데이터가 자주 업데이트 혹은 조회 될 것인가에 대하여 살펴보았다. 먼저, 표준에는 필수항목들인 Mandatory로 지정되어 있는 항목들이 존재한다. 하지만, 이 데이터들은 풍력발전기에서 반드시 전송되어야 하는 필수 항목일 뿐이고, 자주 참조되거나 업데이트되는 항목은 아니다. 두 번째로, Trigger 옵션이 지정된 데이터들이 존재한다. Trigger option은 상태나 값이 변화했을 때, 조건적으로 알리는 항목들이다. 표준에서 사용되는 Trigger 종류는 dchg(data change), dupd(data update), qchg(quality change)가 있다. 따라서 우리는 Trigger option이 지정된 데이터를 자주 참조되는 테이블로 규정하고 별도로 관리하였다. Raw data tables과 마찬가지로 각 Trigger option이 지정된 data의 모든 타입을 도출하여, Table 12와 같이 FC별로 정리하였다. 마찬가지로 동일 FC/데이터타입별로 구분함으로써 테이블의 필드속성이 간단하여, 데이터 공간 낭비를 줄여 효율적으로 저장할 수 있다.

최종적으로, FC/데이터타입을 바탕으로 한 Trigger data tables는 Fig. 8과 같이 26개의 테이블로 구성될 수 있다. 도출된 테이블은 많지만, 이 테이블들의 데이터 크기는 산술적으로 Raw data table의 0.05%에 불과하다.

Table 12. Data type list from FCs (Trigger data tables)

ST	CF	CO	MX	SP
ENUM	BOOLEAN	INT	ENUM	INT
INT	CtlModels	Analuge Value	Quality	VISIBLE STRING255
BOOLEAN	ENUM	BOOLEAN	Analuge Value	
Quality	FLOAT	-	Vector	-
TimeStamp	INT	-	-	-
-	Objec tReference	-	-	-
-	PulseConfig	-	-	-
-	RangeConfig	-	-	-
-	SboClasses	-	-	-
-	ScaledValue Config	-	-	-
-	TimeStamp	-	-	-
-	Unit	-	-	-

4) 그 밖의 data tables

그 밖의 SCADA시스템을 구성하는데 필요한 여러 data tables의 설계가 필요하다. 먼저 Alarm Data tables는 풍력 발전기에서 발생하는 알람(Warning, Error 등)과 시스템 이벤트(Warning, Error, Exception 등) 그리고 사용자 이벤트(Login, Logout, Control, Alarm ACK 등) 테이블로 구성할 수 있다. 또한, H/W자원상태정보(CPU, Mem, HDD, Net)

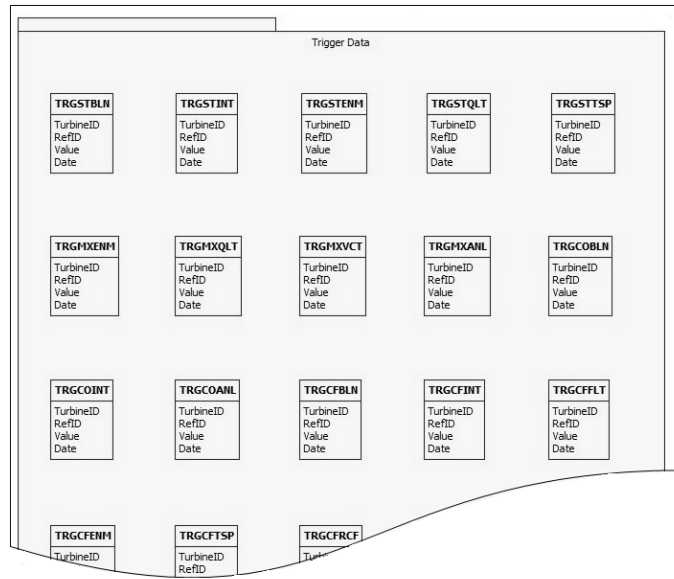


Fig. 8. Trigger data tables ER-Diagram

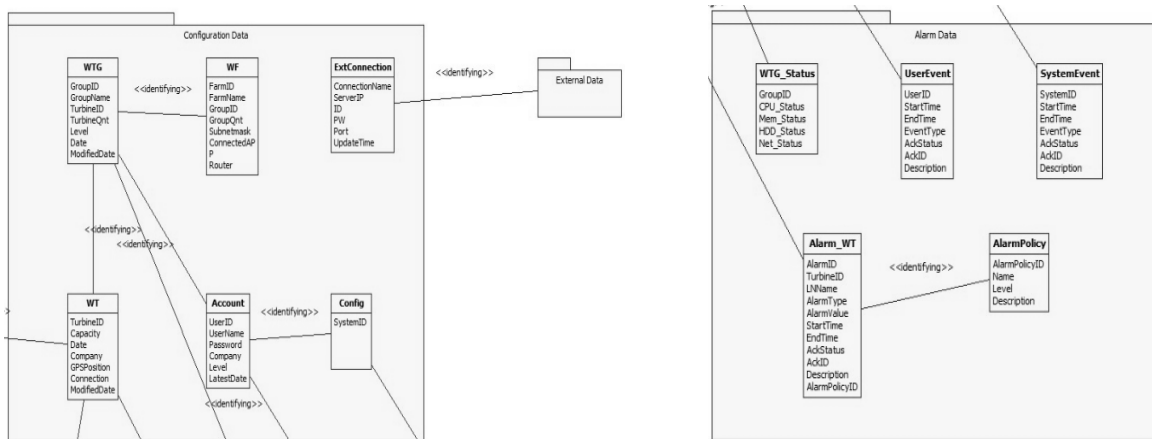


Fig. 9. Configuration Data, External Data(A) and Alarm Data(B)

테이블, 알람정책 테이블이 존재할 수 있다. System Configuration Data tables는 시스템 환경설정에 관련된 테이블들로서, 풍력발전단지/그룹/터빈 구성정보테이블, 사용자/관리자 정보테이블, 시스템설정 정보테이블, 외부시스템 접근정보테이블로 구성할 수 있다. External Data tables는 외부시스템과 연계되는 데이터를 저장하는 공간으로 기상정보테이블, 출력예측정보테이블, CMS정보테이블로 구성할 수 있고, 연계되는 시스템에 따라 확장할 수 있다. 마지막으로 풍력발전기들의 합계정보, 리포트 등의 연산이 필요한 데이터는 별도의 View 테이블을 이용하여 표현할 수 있으며, 이는 모니터링 화면이 구성되면 결정할 수 있다. Fig. 9는 위의 테이블들을 표현한 ER Diagram이다.

4. 결론

IEC61400-25 국제표준의 도입과 풍력발전의 대형화, 단지

화로 인하여 많은 양의 데이터가 발생한다. 하지만, 과거 풍력시스템에서 사용되는 데이터베이스는 이를 반영하지 못하며, 성능, 효율성, 보안성, 일관성 등 많은 문제점에 노출되어 있다. 따라서 본 논문에서는 IEC61400-25 국제표준기반의 풍력시스템을 위한 데이터베이스를 설계하기 위하여, 발생 가능한 상황을 예측하고, 논의한 후 최종적으로 논리데이터모델을 설계하였다. 먼저 기존에 존재하는 변전소 SCADA시스템에서 사용되는 데이터와 상용 풍력 SCADA시스템에서 사용되는 데이터를 살펴보고, IEC61400-25 국제표준에 대해서 간략히 설명하였다. 기존 변전소 SCADA시스템은 RTDB를 이용하며, 자체 파일시스템을 가지고 있었으며, 관리할 포인트를 관리자가 선정하는 방식이다. 하지만 국제표준의 도입으로 이 방식의 변화가 필요할 것으로 보이며, 상용 풍력 SCADA시스템이 표준을 어느 정도 반영은 하고 있지만, 방대한 양의 데이터를 처리하고 관리하기 위한 데이터베이스 설계를 고려하여야 할 것으로 판단된다.

논리 데이터 모델을 설계하기에 앞서 IEC61400-25의 데이터 크기와 특성을 판단하여, 설계의 기본 방향을 설정하였다. 풍력 SCADA시스템의 데이터베이스는 Raw data, Reference information model, Trigger data, Alarm data, System Configuration data, External data로 구성하였다. 각 세부 내용은 위에서 설명한 바와 같으며, 전체 구성을 Fig. 10과 같다.

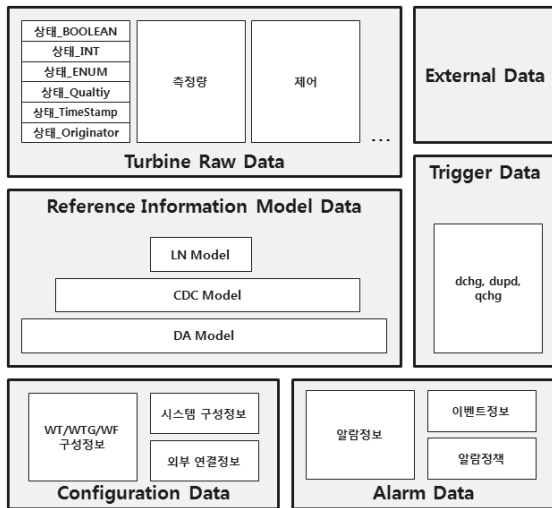


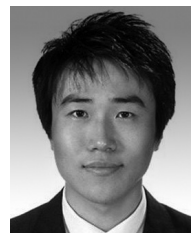
Fig. 10. Logical Data model

본 데이터베이스 설계는 다음과 같은 장점을 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 첫째, IEC61400-25를 기반으로 복잡하고 다양한 기능들과 사전 요구사항을 반영하였기 때문에 신뢰성이 향상된다. 둘째, 동일 FC/데이터타입 별로 테이블을 구성함으로써 데이터베이스 구축이 용이하고, 필드 속성이 간단하며, Reference ID를 활용함으로써 데이터 공간 낭비를 줄일 수 있다. 셋째, 데이터간의 관련성을 미리 파악하고 표준기반의 데이터베이스를 구축하기에 비용과 노력을 절감할 수 있고, 유지비용을 감소시킨다. 넷째, 자주 참조되는 데이터들을 별도로 관리함으로써 처리속도를 향상시킬 수 있고, 관리의 효율성도 가져올 수 있다. 다섯째, 논리모델링 설계로 인하여 타시스템과의 연계에 용이할 수 있다. 마지막으로 데이터를 효과적으로 관리하고 보관함으로써 기존의 풍력 SCADA시스템에 비해 고장진단, 관리, 운영에 보다 효율적일 것으로 기대한다. 본 데이터베이스 설계를 바탕으로 물리 모델링을 수행한 후 시험단계를 거쳐 실제 환경과 유사한 해상풍력 SCADA시뮬레이터에서 활용할 계획이며, 그 활용성과 적정성을 확보하여, 향후 국내시장은 물론 해외시장에 진출할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] In-Tae Chae, "Wind Turbine Generator Technology", *Daewoo Engineering & construction technology*, Vol.22, No.3, pp.65-75, 2009.

[2] International Electrotechnical Commission, International Standard IEC61400-25 Wind Turbines, 2006.
 [3] Kim Do-Hyung, Kim Chang-Suk, Kyong Nam-Ho, "A Study on the Design of Database to Improve the Capability of Managing Offshore Wind Power Plant", *Journal of the Korean Solar Energy Society*, Vol.30, No.3, pp.65-70, 2010.
 [4] Hyosang Lee, Wanhong Kim, Minryung Park, Yeojun Yoon, "A Study of SCADA Function Specific Design in Korean EMS", *The Korean Institute of Electrical Engineers Summer Conference*, pp.402-404, 2007.
 [5] Hyosang Lee, Wanhong Kim, Minryung Park, Yeojun Yoon, "Development of Real Time SCADA Database in Korean EMS", *The Korean Institute of Electrical Engineers Summer Conference*, pp.404-405, 2007.
 [6] Jung-Woo Kim, Hong-Hee Lee, "IEC61400-25 Protocol based Monitoring and Control Protocol for Tidal Current Power Plant", *The Korean Institute of Power Electronics Summer Conference*, pp.395-379, 2010.
 [7] Min-Jae Seo, Jung-Hoon Lee, Gwan-Su Kim, Hong-Hee Lee, "An Study on Implementation of the Web interace based on IEC61400-25 using XML for Remote Supervisory Control at Wind Power Plants", *The Korean Institute of Power Electronics Summer Corference*, pp.332-334, 2008.



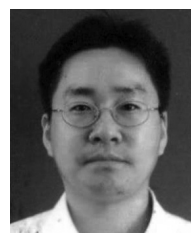
채 창 훈

e-mail : chchae@kepco.co.kr
 2007년 전남대학교 전자컴퓨터공학부(학사)
 2009년 광주과학기술원 정보기전공학부(석사)
 2010년~현 재 한국전력공사 전력연구원 일반연구원
 관심분야: 전력IT, 해상풍력, 스마트그리드, 소프트웨어공학 등



최 효 열

e-mail : hychoi@kepco.co.kr
 1991년 한남대학교 전자계산공학과(학사)
 1993년 한남대학교 전자계산공학과(석사)
 1989년~현 재 한국전력공사 전력연구원 선임연구원
 관심분야: PLC, 네트워크보안, 네트워크 관리 등



최 준 석

e-mail : longman4@kepco.co.kr
 1998년 중앙대학교 컴퓨터공학과(학사)
 1998년~2010년 한국전력공사 정보화추진처
 2010년~현 재 한국전력공사 전력연구원 선임연구원
 관심분야: IEC61850, 스마트그리드, 소프트웨어공학 등