

## IEC61850 기반 디지털 변전시스템에서의 eCMD 융합화구조 적용에 관한 연구

이동철\*, 김희수\*, 배을록\*, 민병운\*\*

\*한전KDN(주) 송변전IT사업팀, \*\*현대중공업(주) 기계전기연구소

### A study on the application of the IEC61850 based eCMD convergence structure In Digital Substation

D. C. LEE\*, H. S. Kim\*, U. L. BAE\*, B. W. Min\*\*

\*Korea Electric Power Data Network Co. Ltd. \*\*HYUNDAI HEAVY Industries CO. Ltd.

**Abstract** - The CMD(Condition Monitoring & Diagnosis) System is used to monitor and analyze the PD(Partial Discharge), Arc, Temperature, Pressure, Gas in Oil and so on for reliability and availability of the substation. Although this system comes into the spotlight as the forecast and management of the failure and fault, there are some problems. For example, the unified standard was not defined, and the effective management of the layed communication network does not performed, limitation of physical space, etc.

To resolve above problems, this paper suggests the IEC61850 compatible eCMD system architecture for monitoring and analyzing the CMD factor in substations. The suggested eCMD system consists of CMD-LU(Condition Monitoring & Diagnosis - Local Unit), IED(Intelligent Electronic Device), and engineering centers. The IEC61850 is the international standard that defines communication networks and system in substation.

#### 1. 서 론

전력이용기술의 급속한 발전으로 최근 전력계통에서는 기존의 설비 및 시스템으로는 대응하기 어려운 전력품질의 신뢰성과 관련된 다양한 요구들이 나타나고 있다. 특히 반도체, 세척, 유화공장과 같이 순간경전으로도 엄청난 피해를 가져오는 전력의 준성이 높은 생산라인에서의 문제는 보다 심각하다. 이를 해결하고자 비상발전기나 UPS와 같은 예비전원 확보의 필요성이 점점 높아지고 있으나, 문제 해결의 근본은 개별 전력기기의 신뢰성을 확보하는 것이다. 개별 전력기기의 신뢰성을 좌우하는 요소들로는 전력기기의 재작품질과 운용관리품질을 들 수 있으며, 이 두 요소는 전력시스템의 공급신뢰도를 판단하는 결정적 요소가 된다. 재작품질 측면에서 보면 국내 종전기기들은 최근 본격적인 수출시장을 구축할 정도로 품질과 가격 경쟁력을 확보하고 있으나, 운용관리품질 측면에서 보면 기기의 유지보수 부문과 자산관리 부문에서 사용자 요구에 적합한 새로운 체계구축뿐만 아니라 신뢰성과 경제성 확보를 위한 합리적인 선택이 필요하다. 따라서 신뢰성 있는 전력계통 운영 및 양질의 전력공급을

위해 전력설비의 디지털화와 이를 이용한 감시, 보호, 제어, 진단 기능의 체계화된 통합구조가 필요하다.

전력설비의 상태를 감시, 진단 및 예측(Condition Monitoring & Diagnosis ; CMD)하는 시스템 중 최적의 시스템으로 평가되는 부분방전 감시시스템(Partial Discharge Monitoring System ; PDMS)은 전력설비에서 발생하는 부분방전(PD)을 측정/분석하는 시스템으로서 최근 그 요소기술의 빠른 진전을 보이고 있다. 그러나 현재 PDMS 관련 기술들은 원천기술을 가진 제작사의 자체기술 형태 고수로 인해 사용자 측면에서의 기술 통합화가 전혀 이루어지지 않아, 비효율적 운용과 투자 효율성이 떨어지는 등의 문제점을 보이고 있는 실정이다. 이것은 단일화된 표준의 부재, 진단장비의 소형화 한계, 부분방전 현상의 물리적 규명 미흡과 같은 기술적 장애와도 관련이 있다. 이러한 기존 PDMS의 문제점과 해결방안을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 현재 PDMS 설비들은 변전소 단위로 설치되어 급전운전 근무자에 의해 운용되고 있으며 동작빈도의 희소성으로 관심이 결여되고, 노이즈 등 진단신호 해석이 난해하고, 설비자체의 건전성 확인과 유지가 곤란하며, 유사환경에서의 작동사례와 라이브러리 제공 등의 체계적 엔지니어링이 이루어지지 않아 소극적 이용에 그치고 있는 실정이다.

둘째, 생성된 데이터의 송수신과 액세스의 빈도가 높고, 실시간성을 보장해야 하기 때문에 메모리 기반의 데이터베이스 관리 시스템(Data Base Management System ; DBMS)이 필요하다.

마지막으로, 기존의 PDMS는 전력시스템과 별도로 구축되어 있기 때문에 설치 및 유지보수 비용의 증가와 시스템의 복잡성 문제가 발생한다.

따라서 감시진단 설비들의 효용성을 증대시키기 위해서는 변전소 단위 PDMS들을 지역급전소(Region Control Center ; RCC)레벨에서 집중 관리할 수 있는 통합적 관리체계가 필요하며 그것은 최상위 엔지니어링 수단과 함께 전력망 내 모든 전력설비들의 상태를 종합적으로 관리할 수 있는 기능으로 구현되어야 한다. 이러한 문제의 해결을 위해 본 논문에서는 최근 전력시스템의 국제표준으로 제정된 IEC61850 기반의 시스템에 CMD 시스템을 통합 적용하는 방안을 제시하고 이를 'eCMD(enterprise Condition Monitoring & Diagnosis)시스템'이라는 용어로 구현하고자 한다.

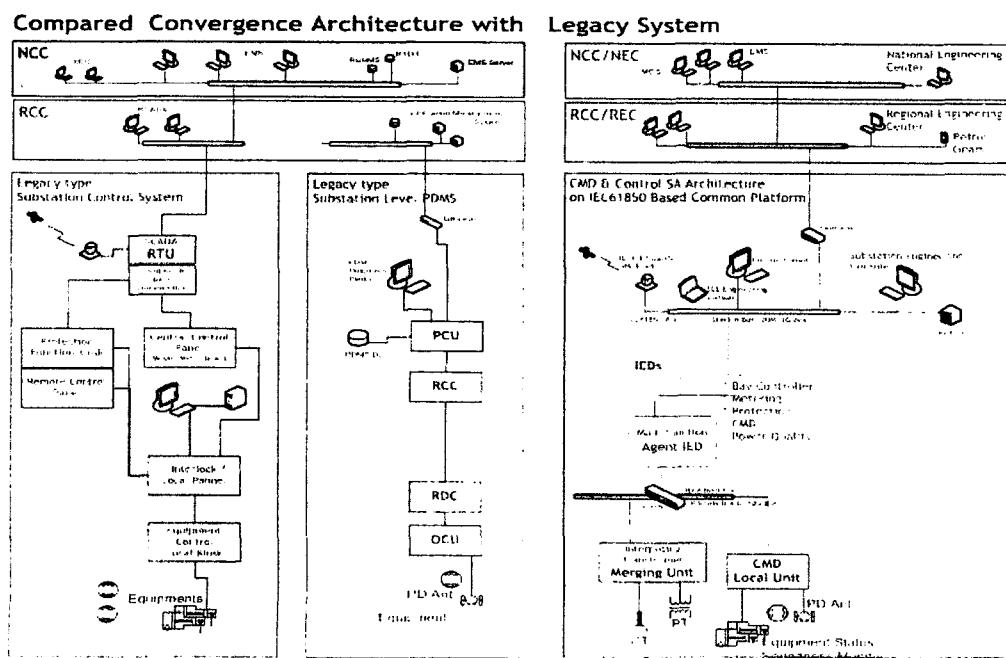
따라서 이러한 용융화구조 구현을 위하여 IEC61850 기반의 eCMD 시스템 구성요소들의 구조를 정의하고, 각 구성요소들이 제공하는 정보모델과 관계(또는 서비스)모델을 제시한다.

2장에서는 IEC61850에 기반한 eCMD 통합구조를 제시하며 시스템의 구성요소와 그 구성요소들 사이의 관계를 설명하고 IEC61850 표준화 동향을 소개한다. 3장에서 결론 및 향후 계획을 기술한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 시스템 구조

지금까지의 CMD 시스템은 제조업체별 상이한 구조와 인터페이스로 정의되었다. 센서로 입력되는 부분부터 HMI로 출력되는 부분까지 구성 자체의 물리적/논리적 구조와 통신방식 등이 상이하였다. 제조업체에 종속적인 이러한 시



<그림 1> 부분방전 감시시스템(PDMS)의 비교

스템의 특징은 시스템의 융통성과 확장성 및 유지보수에 많은 제약을 발생한다는 것이다. 그림1에서 제시하는 새로운 형태의 IEC61850 기반 eCMD 시스템은 IEC61850 시스템 구조에 호환될 수 있는 형태로서 “plug & play”的 개념을 포함한다.

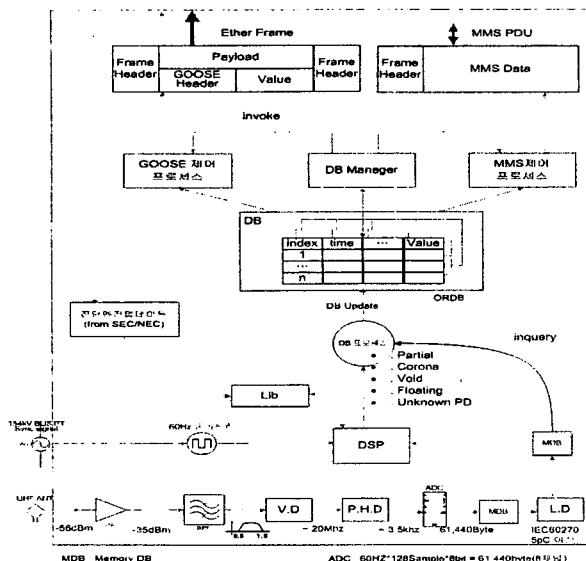
본 논문에 제안하는 이러한 시스템 구조의 구성요소는 크게 CMD Local-Unit, IED, CMD-Engineering Console로 구성된다. IEC 61850에 호환되는 CMD-LU와 IED의 결합구조는 기존 CMD 시스템에서 Local-Unit상단의 네트워크와 데이터처리 장비들을 생략할 수 있고, 물리적인 시스템 구조에 최적화되어 있으며 IEC 61850에서 정의된 정보모델과 서비스모델로 구현될 수 있다. 통신방식 또한 IEC61850에서 정의된 프로토콜 스택(protocol stack)을 사용하여, 이러한 CMD-LU은 전력설비들로부터 기계적 상태, Arc, 압력, 온도, 부분방전, 유증가스 등에 관한 다양한 정보를 취득하고 가공 처리하여 전송하는 기능을 가지게 된다. IEC61850기반의 IED는 CMD-LU에서 전송된 감시정보를 상위운영시스템에 전달하는 기능의 Agent를 포함하고 있다. 그리고 상위운영시스템은 SEC(Sub Engineering Center), REC(Region Engineering Center), NEC(National Engineering Center)의 계층적 엔터프라이즈(enterprise) 형태로 정의된 구조를 갖는다. 각 엔지니어링 센터(Engineering Center)는 IED에서 처리된 2차 진단 정보를 수신하여, 이 정보에는 변진소 내 변압기와 GIS 등의 상태감시정보 뿐만 아니라 송배전선로의 상태감시정보등이 포함된다. 단, 본 논문에서는 이러한 엔지니어링센터의 역할 중 변전소내 전력설비의 감시/진단에 대해서만 언급한다.

각 계층별 엔지니어링 센터는 해당 계층에서의 최적화된 데이터베이스 스키마(database schema)를 수용한다. 또한, 각 계층의 엔지니어링센터는 Interactive형으로 정의되어 Top-Down방식의 상태감시정보와 Noise의 감시 및 진단 기능을 수행할 수 있다.

## 2.2 구성 요소

### 2.2.1 CMD-LU(Local Unit)

CMD-LU(Local Unit)는 전력설비의 Arc, 온도, 압력, PD등을 감시하기 위한 장비이며, 감시항목에 해당하는 IEC 61850에서 정의된 LN(Logical Node)과 정보교환 서비스로 구현된다. eCMD를 위한 CMD-LU의 주요기능은 입력신호를 취득(Detect)/처리(Process)하여 설비의 이상발생 유무와 원인판정 후 해당 진단/감시 데이터를 IEC 61850에서 정의하고 있는 GOOSE 또는 MMS 메시지로 인코딩(encoding)하여 IED로 전송한다. IED로 전송되는 CMD-LU 출력 이벤트 정보는 GOOSE로, 파형 등의 세부정보는 MMS로 인코딩 된다. 그림 2는 eCMD에서 CMD-LU의 내부 기능 구조를 묘사한다.



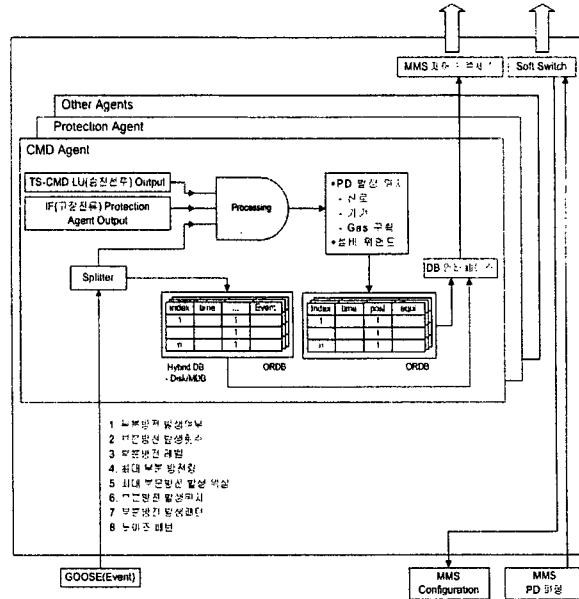
〈그림 2〉 시스템에서 CMD-LU의 구조

### 2.2.2 IED

본 논문에서 제시하는 eCMD 시스템 구조에서의 IED는 여러 가지 기능들이 개별 프로세스 형태의 Agent들로 구성되며, 이러한 Agent들은 IEC61850의 정보모델과 서비스모델로 구현된 프로세스(process)이다. 이 중 CMD Agent는 측정된 상태정보의 상태변이 데이터를 이용하여 전력설비의 종합적인 감시진단기능을 수행한다.

IED내 CMD Agent의 주요기능은 CMD-LU로부터 발생된 상태정보 이벤트를 수신하여 데이터(data)로 저장하고, 상위운영시스템의 데이터 전송요구에 대하여 적절한 메시지형태로 데이터를 전송하는 것이다. 또한 감시진단을 보다 정확하게 수행하기 위해 보호계전 Agent 출력데이터와 송전선 CMD-LU 출력데이터 등 다른 Agent

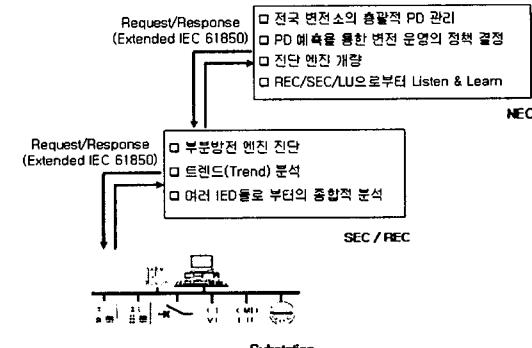
들의 정보를 주고받아 설비고장 발생위치와 설비위험도를 판단한다. IED에 기능별로 존재하는 Agent들은 상호간 정보를 공유하여 보다 정확한 판단을 수행하게 한다. 그림 3은 IED 구조와 CMD Agent기능을 나타내었다.



〈그림 3〉 eCMD 시스템에서 IED 내부 구조

### 2.2.2 IED 상위 시스템 계층 구조

SEC(Sub Engineering Center)는 변전소 단위의 세부 엔지니어링 센터로써 변전소 관할 구역의 전력설비의 상태감시 및 진단을 수행 할 수 있도록 실시간성이 보장되어야 하며, 이상 징후나 고장발생시 신속한 대처에 목표를 두고 있다.



〈그림 4〉 eCMD 상위시스템의 기능 및 계층 구조

REC(Region Engineering Center)는 수십 개소 변전소를 관리하는 지역단위 엔지니어링 센터로서 변전소별 감시진단 정보를 각 SEC로부터 수신하여 지역별 감시진단을 총괄한다. NEC(National Engineering Center)는 EMS급의 중앙 엔지니어링 센터로 주된 목적은 계통의 전체의 안정도 유지 및 안정도 봉고요소를 사전에 조치하여 사고발생을 억제하는데 있다. 주된 감시대상은 변전소와 발전소등 전력설비가 집중된 곳과 전체 계통의 동맥이라 할 수 있는 송전선을 대상으로 한다. 그림4는 eCMD 상위운영시스템 계층구조에서 엔지니어링 센터별 기능과 역할에 관한 구성을 묘사하고 있다.

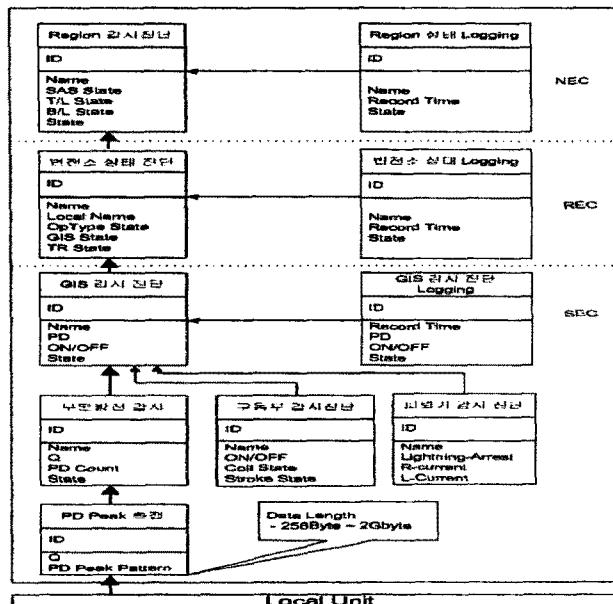
## 2.3 통신 모델

CMD-LU와 IED간의 메시지 교환은 GOOSE 또는 MMS 메시지를 이용한다. GOOSE 메시지는 CMD-LU의 이벤트 발생시 IED로 전송에 이용되며, 이벤트 발생시 PD파형은 MMS 메시지로 상위운영시스템에 전송된다. 또한 MMS 메세지는 IED 또는 CMD-LU의 진단엔진 등의 업데이트 및 패치를 위한 파일들을 전송하는 메시지로 사용된다. 그림1에서와 같이 CMD-LU은 Process-Bus에 연결되며, 이 Process-Bus를 통해 상태감시 파형정보와 상태변이/이벤트 발생 정보가 각각 MMS와 GOOSE 메시지로 전송된다. IEC61850 표준에서 정의된 GOOSE 메시지는 Multi-casting 방식으로 여러 장비에 동시에 전송되기 때문에, 여러 IED들이 해당 정보를 공유할 수 있는 것이다. 또한 GOOSE 메시지의 송수신은 Client-Server 혹은 Master-Slave 관계에서 요청(request)에 대한 응답(response)과 같

은 정보교환이 아니라, 대등한 위치에서 데이터를 알려주는 특징의 peer-to-peer 방식을 사용하며 802.1Q에 의해 우선순위가 Tagging 되기 때문에, 일반적인 802.1 프레임(Frame)인 이더넷(Ethernet) 프레임보다 이더넷 스위치에서 처리되는 우선순위가 높다. 즉, MMS 메시지보다 우선적으로 송수신 될 수 있는 것이다. 또한, 프로토콜 스택(stack)에 의해 데이터가 인코딩(encoding) 되지 않고, 프레임의 페이로드(Payload)에 데이터를 직접 캡슐화(Encapsulation) 시키기 때문에, 송수신 측에서의 처리 속도 또한 빠르다. 이러한 특징은 중요한 메시지에 대한 실시간성을 보장하기 위한 노력에 의한 것이다. IEC61850 표준에서는 변전소의 주요한 이벤트 정보를 GOOSE 메시지로 교환하도록 정의하고 있다.

#### 2.4 DB 구조

본 논문에서 제안하는 eCMD 시스템은 IEC61850에서 정의한 정보모델에 근거하여 통신구조(Communication Architecture) 및 DB 구조 등 관련 Schema를 Control - Monitoring 통합화 구조로 설계하였다. 본 시스템은 IEC61850의 객체지향적으로 정의된 데이터 모델을 위해 XML 기반의 ORDBMS를 사용한다. 객체지향 데이터 모델링으로 변전소에서 생성되는 모든 데이터를 모델링 하였기 때문에 기존 RDBMS로는 표현되고 운영되기 힘든 부분들이 존재한다. 따라서 RDBMS의 단순하고 사용하기 쉬운 데이터 조작과 Application 개발을 용이하게 하는 장점과 OODBMS의 스키마 확장과 객체지향 데이터를 처리할 수 있는 장점을 모두 수용할 수 있는 특징을 가지고 있는 ORDBMS 가 IEC61850 기반의 시스템에 적합하다



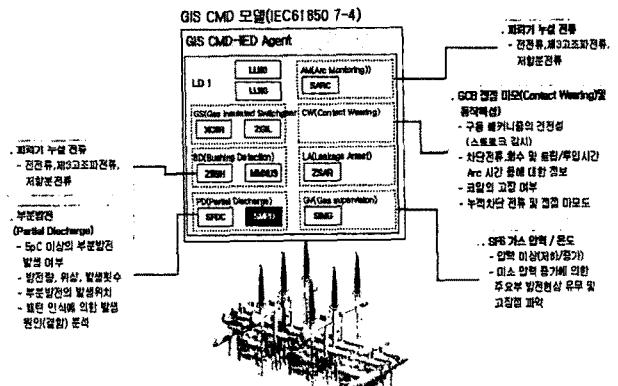
#### 2.5 eCMD를 위한 정보 모델의 확장

현재 IEC61850에서 CMD관련으로 Arc 감시진단을 위한 'SARC', 절연가스 감시를 위한 'SIMG', 절연유 감시를 위한 'SIML' 및 PD 감시진단을 위한 'SPDC'의 4가지 정보모델이 LN(Logical Node)로 정의되어 있으나 국내에서 적용중인 CMD 시스템의 감시 대상을 모두 표현하지는 못하고 있는 실정이다. 따라서 IEC61850 기반 변전시스템에 적용되는 eCMD 시스템에서는 현재 정의되어 있는 CMD관련 Logical Node의 확장과 추가가 필요하며 본 논문에서는 PD감시진단과 관련된 LN인 'SMPD(Sensor and Monitoring Partial Discharge)'를 제안하며, 그 세부적인 내용은 표 1에 정의되어 있다.

<표 1> GIS PD 진단에 필요한 SMPD logical node 모델

SMPD Class				
Attribute Name	Attr. Type	Explanation	T	M/O
LNNName		Shall be inherited from Logical-Node Class		
<b>Data</b>				
<b>Common Logical Node Information</b>				M
		LN shall inherit all Mandatory Data from Common Logical Node Class		
EEhealth	INS	External equipment health	O	
EEName	DPL	External equipment health	O	
OpCnt	INS	Operation Counter	M	
<b>Measurement Value</b>				
LPaDsCh	INS	부분 방전 레벨	M	
VPaDsCh	SAV	부분 방전 Peak 측정값	M	
MaxPD	INS	최대부분방전량	M	
<b>Status Information</b>				
PsDsChAlm	SPS	부분 방전 발생 여부	M	
LoPhPD	INS	최대부분방전 발생 위치	M	
CountPD	INS	부분 방전 발생 횟수	M	
LoPDx	INS	부분 방전 발생 위치 X	M	
LoPDy	INS	부분 방전 발생 위치 Y	M	
TyPD	INS	부분 방전 발생 패턴	M	
NoPD	INS	노이즈 패턴	M	

그림6은 GIS 예방 진단용 IED에 적용되어야 할 Logical Node의 구성과 감시 측정 항목을 나타내었다. SMPD와 마찬가지로 GIS의 예방진단을 위한 새로운 Logical Node를 정의하여 구성된 것이다.

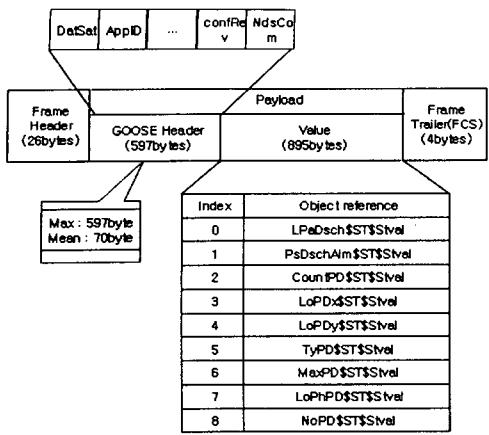


<그림 6> GIS CMD 정보모델

그림 7은 LU에서 생성되는 GOOSE 메시지를 이더넷(Ethernet) 프레임의 페이로드(Payload)에 캡슐화(Encapsulation)시킨 구조를 나타내고 있다. 이더넷 프레임의 헤더를 제외한 GOOSE 메시지의 헤더는 IEC61850 표준에 데이터 타입에 근거하여 산출된 최대 크기이다. 실제 메시지의 헤더 크기는 산출된 크기보다 작으며, 보통 GOOSE 메시지 헤더는 60bytes ~ 80bytes 사이가 된다. 메시지의 헤더를 제외한 부분방전에 관련된 실제 데이터는 표 1에서 정의된 데이터 속성(Data Attribute)으로 구성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 또한 CMD-LU의 DSP(Digital Signal Processing)에서는 초당 61,440bytes의 디지털 raw 데이터가 생성되고, MMS 메시지를 사용하여 상위로 전송된다.

#### 2.6 IEC61850 표준화 동향

2005년 10월 IEC TC57 산하 워킹그룹(WC) 미팅에서 IEC61850과 관련된 새로운 표준에 대한 제안이 승인되면서, 표준화 추가작업이 진행 중에 있다. IEC61850은 현재 변전소 내부의 통신 시스템에 대해서만 정의되어 있지만, 새로운 제안은 변전소와 변전소 사이의 통신표준과 변전소와 중앙제어소(Control Center)사이의 통신표준에 대한 내용을 포함한다. 또한 변전소 시스템뿐만 아니라 수력발전소, 풍력발전소, 그리고 분산전원에 대한 표준이 IEC61850의 철학과 접근을 바탕으로 각각 IEC62344, IEC61400-25-X, IEC62350으로 CD



<그림 7> GOOSE Data Frame

(Committee Draft) 버전으로 제정되었다. IEC61850 표준의 영향으로 새로운 표준뿐만 아니라 앞서 언급했듯이, 새로운 Logical Node 들에 대한 추가 확장 역시 활발하게 진행되고 있다. 표 2는 추가되었거나 확장된 Logical Node를 나타낸다.

<표 2> 확장 및 추가된 Logical Node

항 목	Logical Nodes
Power Quality	QVWR, QFVR, QVUB, QIUB, QVTR, QITR
Synchrophasor	MSYN
Transformer monitoring	SAMC, SBSH, SDRV, SLTC, SPTR, SSW

차후에는 현재 IEC61850에서 표준화가 되어있지 않은 CMD와 관련된 새로운 Logical Node들의 정의가 필요하고, Logical Node의 데이터 정의를 위한 CDC(Common Data Class)의 추가적인 정의도 고려하여야 하며, 엔지니어링 센터와의 통신 서비스 모델에 관한 정의도 병행되어야 한다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 IEC61850 기반의 디지털 변전시스템에 적용하고자 하는 eCMD 시스템의 융합화구조와 적용방안을 제안하였다. 설비상 태감시(CMD) 장치의 출력신호를 IEC61850에서 정의된 데이터모델(Logical Node ; LN)로 구현하여 디지털 변전시스템에 융합하고 기존 CMD 시스템에 설치된 여러 가지 접속장치의 수량을 감소시켜 시스템의 복잡성을 해결하여 네트워크의 단순화를 이를 수 있다. 또한, IEC61850이라는 국제표준에 근거한 시스템을 구현함으로서 서로 다른 제조업체의 장비들 간 상호호환성(Interoperability)으로 인해 설비 유지보수의 용이성, 비용 및 시간절감이라는 경제적 효과를 도모할 수 있다. 그리고 전력설비 구성장치들 간의 상호운용능력 향상으로 전력설비의 고장 발생 전에 예방보수가 가능하고 고장 발생 시에도 정확한 원인분석을 통하여 신속한 복구가 가능하다. 이를 통하여 전력수요자들에게 신뢰성과 안정성 확보된 고품질의 전력을 공급할 수 있을 것으로 기대된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Standard series IEC 61850, Communication networks and system in substations
- [2] Karlheinz Schwarz, "IEC61850 ALSO OUTSIDE THE SUBSTATION FOR THE WHOLE ELECTRICAL POWER SYSTEM"15th Power Systems Computation Conference PSCC, Page 6, 2005