



박사학위 청구논문
2011학년도

스마트 그리드를 위한 IEC61850/IEC61970 통합정보모델 설계

Design of an IEC61850/IEC61970
Unified Information Model for Smart Grid

광운대학교 대학원

제어계측공학과

윤 석 열



스마트 그리드를 위한 IEC61850/IEC61970 통합정보모델 설계

Design of an IEC61850/IEC61970
Unified Information Model for Smart Grid

지도 임 화 영 교수

이 논문을 공학 박사학위 청구논문으로 제출함.

2011년 12월 일

광운대학교 대학원

제어계측공학과

윤 석 열



윤석열의 공학 박사학위논문을 인준함.

심사위원장 _____인

심사위원 _____인

심사위원 _____인

심사위원 _____인

심사위원 _____인

광운대학교 대학원

2011 년 12월 일



감사의 글

오랜 소망을 이룰 수 있는 기회를 주시며 끝까지 졸업할 수 있도록 아낌없는 질책과 사랑으로 지도해주신 임화영 교수님께 깊은 존경과 감사를 드립니다. 그리고 배려와 따뜻한 정으로 논문을 지도해 주신 이기서 교수님, 사회의 초년생을 지도하여 오늘의 저를 만들어주신 최 익 교수님, 본 논문을 완성하기까지 세심한 지도와 꼼꼼한 가르침을 주신 최용훈 교수님, 바쁘신 가운데도 진솔한 지적으로 충실한 논문이 되도록 도와주신 송승호 교수님, 아울러 많은 가르침을 주신 광운대학교 교수님께 감사를 드립니다.

항상 아낌없는 조언과 지원을 해주신 명지대학교 이동철 교수님, 장혁수 교수님, 전기연구원 임성정 박사님께 깊은 감사를 드립니다. 논문에 대한 진솔한 지적과 아낌없이 조언해 준 남서울대학교 고윤석 교수, 전남대학교 배영철 교수와 친구들에게 고마움을 전합니다.

연구실 모임을 활성화하며 논문작성에 많은 도움을 준 홍대승 박사, 서한석 후배에게 고마움을 전합니다.

오랜 인생의 동반자의 길을 걷고 있고 박동준 이사, 어렵지만 각자 자기의 역할을 다 하는 김동규 선임, 한기욱 선임, 권용근 선임과 제니스텍 가족에게 진심어린 고마움을 전합니다.

오늘이 있기까지 배움의 길을 무한한 희생, 사랑과 믿음으로 지원해 주시며 용기와 희망을 주신 부모님과 저 대신 부모님에 대한 사랑과 효도를 다하는 동생들에게 끝없는 감사를 드리며 이 논문이 작으나마 보답이 되었으면 합니다.

마지막으로 따뜻한 사랑과 아낌없는 지원으로 가장 큰 힘이 되어준 사랑하는 아내와 어느덧 대학교 졸업생 딸 미리, 고3 아들 진수와 이 기쁨과 영



광을 함께 나누며 그 동안 남편과 아빠로써 채워주지 못한 빈자리를 이 논문으로 대신하려 합니다.

2011년 12월 28일

윤 석열 드림



국문요약

최근, 전력산업은 스마트 그리드(Smart Grid) 시대를 맞이하여 전력통신망의 상호운용성 확보의 필요성이 고조되고 있으나, 기존 전력시설은 다양한 하드웨어와 소프트웨어로 구성되어 있고 각각 다른 통신규약(Protocol)을 사용하고 있어서 통합과 연계에 어려움이 많다. 이러한 환경을 극복하기 위해 국제전기표준회의(IEC)는 변전자동화시스템 간에 데이터 교환을 위한 IEC61850 통신서비스 규격을 제정하고, 중앙제어소(Control Center)내의 에너지관리시스템(EMS) 응용프로그램 간의 정보와 정보모델 교환을 위한 IEC61970 공통정보모델(CIM)을 표준화 하였다. 두 표준은 객체모델을 기반으로 한 것이지만, 적용대상이 서로 달라 변전자동화 시스템과 에너지관리시스템 응용프로그램 간의 연계에 어려움이 있다.

본 논문에서는 변전소의 기존 제어장치들과 IEC61850 제어장치들 간의 정보 교환을 위하여 IEC61850을 기반으로 사상(Mapping) 알고리즘을 제시하고, 이 사상 모델을 근거로 변전소 게이트웨이를 설계하였다. 또한 IEC61850과 IEC61970 정보모델 간의 상호운용성에 필요한 사상 논리와 통합절차를 제시하여, 사용자가 쉽게 통합공통정보모델(Unified CIM XML/RDF)파일을 생성할 수 있는 도구와 생성된 통합공통정보모델을 적용할 수 있는 제어소 게이트웨이를 설계하였다.

제어소 게이트웨이와 에너지관리시스템 응용프로그램 간의 상호운용성을 검증하기 위하여 변전소의 발전기, 변압기와 차단기로 구성된 전력망(Topology) 모델을 대상으로 변전소 게이트웨이, 제어소 게이트웨이와 에너지관리시스템의 전력망 처리 프로세서로 모의실험을 했다. 이 실험과정에서 게이트웨이 편집도구를 사용하여 변전소 게이트웨이에 필요한 전력망 모델



정보파일(XML)을 생성하고, 통합정보편집도구로 제어소 게이트웨이와 에너지관리시스템의 전력망 처리 프로세서에 필요한 통합공통정보모델파일(XML/RDF)을 생성하여 적용하였다.

차단기의 동작 상태에 따라 변전소, 제어소 게이트웨이와 에너지관리시스템 응용프로그램 사이에 정확한 정보 교환이 되었으며, 에너지관리시스템에 새롭게 갱신된 전력망 정보파일로 상호운용성이 확보됨을 CIMspy 도구를 이용하여 확인하였다.



ABSTRACT

There has been a recent upsurge in demand for securing the interoperability of utility network in the era of Smart Grid. But it is very difficult to integrate each and every component since the existing infra is comprised of many kinds of software, hardware systems and also uses different protocols. In order to solve this problem, IEC has established IEC61850 standard of communication service for exchanging data among the substation automation systems and also standardized IEC61970 common information model for exchanging data and information models between EMS applications in control center. Both standards stand on the basis of object models, but they apply to use object models of different field. Therefore, it is still hard to connect the substation automation system with EMS applications.

In this paper, mapping algorithm based on IEC61850 is presented for making it possible to exchange information between the existing control devices in substation and those of IEC61850. Also, the substation gateway is designed with the mapping model. The tool that users easily generate unified CIM and the control center gateway which apply unified CIM by presenting the mapping logic and integration procedure needed for the interoperability between the information models of IEC61850 and IEC61970 are designed.



In order to prove the interoperability between the control center gateway and EMS applications, simulation experiment for the topology model comprised of a generator, transformer and circuit breaker in substation on the power grid is carried out among substation gateway, control center gateway and application of topology processor in EMS. In the process of the simulation, the information file(XML) for substation gateway is generated by edit tool and the unified CIM(XML/RDF) file for control center gateway and topology processor in EMS is generated by unified information edit tool.

The exact data exchanging has been identified among the substation, control center gateway and EMS applications according to the operating status of the circuit breaker. Also, the interoperability is proven to be secured with the updated power grid information file in EMS system using CIMspy tool.



차 례

국문요약	ix
영문요약	xi
제 1 장 서론	1
1.1 연구의 배경	1
1.2 연구의 내용 및 특징	4
제 2 장 스마트 그리드에서 IEC61850과 IEC61970 표준화 동향	5
2.1 스마트 그리드의 개념	5
2.2 스마트 그리드의 범위	6
2.3 스마트 그리드의 국내외 표준화 동향	8
제 3 장 스마트 그리드용 IEC61850 게이트웨이	13
3.1 IEC61850 게이트웨이 필요성	13
3.2 IEC61850 변전자동화	15
3.3 IEC61850 변전소 게이트웨이 구현	17
3.3.1 게이트웨이 메타데이터 편집 도구	18
3.4 통신 및 변환 사상 프로파일 처리부	26
3.5 게이트웨이 통신규격 변환 및 내부 사상 처리	27
3.6 IEC61850 통신 서비스	29
3.7 데이터 프로세서 및 실시간 데이터베이스	31
제 4 장 스마트 그리드용 IEC61970 게이트웨이	33
4.1 IEC61970 게이트웨이 필요 기능	33



4.2 전력 시스템의 계층구조와 공통정보모델 관계	34
4.2.1 차단기 클래스 상속 구조	34
4.2.2 구성요소 연결 관계 정의	37
4.2.3 장치와 컨테이너의 관계 정의	39
4.3 IEC61850과 IEC61970 사이의 차이점	4
4.3.1 IEC61850과 IEC61970 공통정보모델의 정보모델 비교	2
4.3.2 IEC61850과 IEC61970 공통정보모델의 서비스 비교	4
4.4 IEC61850과 IEC61970 통합절차 및 통합모델 설계	47
4.4.1 통합 절차에 필요한 예제 모델	47
4.4.2 IEC61850 표준과 정보모델 파일	49
4.4.3 IEC61970 공통정보모델 표준과 정보모델 파일	52
4.4.4 IEC61850과 IEC61850 공통정보모델 표준 사상	4
4.4.5 통신 서비스 사상 설계	60
4.5 IEC61970 공통정보모델 게이트웨이 구현	63
4.5.1 공통정보모델 게이트웨이 구조 및 개발 환경	63
4.5.2 공통정보모델 게이트웨이 내부 프로세서 설명	73
제 5 장 전력망 처리 프로세서에 통합정보모델 적용	86
5.1 중앙제어소 에너지관리시스템	86
5.2 공통정보모델 기반 노드 모델 전력망구성 처리 알고리즘	93
5.3 공통정보모델 기반 버스 모델 전력망구성 처리 알고리즘	95
5.4 전력망구성 처리 알고리즘 출력 정보 파일	97



제 6 장 실험결과 및 고찰	102
6.1 변전소 게이트웨이 실험결과 및 고찰	102
6.2 공통정보모델 게이트웨이 실험결과 및 고찰	105
6.3 통합정보파일을 적용한 전력망구성 알고리즘 출력정보 고찰	110
제 7 장 결론	112
참고문헌	114



그림 차례

그림 2-1 미국국립기술표준원의 스마트 그리드 구조	7
그림 2-2 IEC TC57 표준 활동범위	9
그림 2-3 미국국립기술표준원의 개념적인 참고 모델	10
그림 3-1 IEC61850 전력통신망 구조	13
그림 3-2 IEC61850 변전소 통신망 구조	16
그림 3-3 IEC61850 게이트웨이 소프트웨어 기능 구조	18
그림 3-4 IEC61850 XML 파일용 ICD 편집기	19
그림 3-5 IEC61850-80-1 사상 구조	12
그림 3-6 IEC61850-80-1 데이터형 일 대 일 사상	12
그림 3-7 통신데이터 사이 형 변환 데이터 사상 구조	23
그림 3-8 게이트웨이 데이터 사상 생성 편집 도구	24
그림 3-9 XML 기반 자동 생성된 사상 정보 프로파일	25
그림 3-10 실시간 공유메모리 데이터베이스	26
그림 3-11 통신 변환부분과 데이터 사상 처리부(읽기)	28
그림 3-12 통신 변환부분과 데이터 사상 처리부(쓰기)	28
그림 3-13 선택 후 조작 제어 명령 시간지연	32
그림 4-1 스위치 클래스 상속 구조	35
그림 4-2 연결 예제 회로	37
그림 4-3 직접 관계를 가진 연결 예제 회로	37
그림 4-4 연결 노드와 단말을 가진 연결 예제 회로	38



그림 4-5 전도성장치와 연결 클래스 다이어그램	39
그림 4-6 변압기와 클래스 연결 관계	40
그림 4-7 전력시스템 통신망 구조	47
그림 4-8 차단기에 대한 전력계통망 구조	48
그림 4-9 IEC61850과 공통정보모델 표준에서 차단기 관련 XML 파일	50
그림 4-10 IEC61850과 IEC61970 공통정보모델 표준 통합 절차	5
그림 4-11 IEC61850과 IEC61970 공통정보모델 통합 블록도	6
그림 4-12 IEC61970 공통정보모델과 IEC61850 객체 사상	7
그림 4-13 공통정보모델 XML/RDF 통합공통정보모델파일	58
그림 4-14 IEC61850과 IEC61970 GID 서비스 데이터 사상	6
그림 4-15 공통정보모델 게이트웨이 구성도	64
그림 4-16 IEC61850과 IEC61970 CFG 파일	6
그림 4-17 IEC61850과 IEC61970 통합공통정보모델파일	7
그림 4-18 데이터 태그 흐름도	74
그림 4-19 IEC61850 데이터 태그 목록 CFG 파일 구조	75
그림 4-20 IEC61850 데이터 분석, 추가 프로세서 시퀀스 다이어그램	76
그림 4-21 IEC61970 공통정보모델 정보 목록 CFG 파일 구조	77
그림 4-22 편집도구 메인화면	78
그림 4-23 IEC61850 -IEC61970 데이터 Mapping 프로세서 시퀀스 다이어그램	79
그림 4-24 IEC61850 데이터 수집 프로세서 시퀀스 다이어그램	80
그림 4-25 데이터 변환 프로세서 시퀀스 다이어그램	81



그림 4-26 IEC61970 데이터 수집, 전송 프로세서 시퀀스 다이어그램	82
그림 4-27 데이터 송신 GDA 인터페이스 클래스 구조	83
그림 4-28 데이터 수신 GDA 인터페이스 클래스 구조	84
그림 4-29 데이터 송신 HSDA 인터페이스 클래스 구조	84
그림 4-30 데이터 수신 HSDA 인터페이스 클래스 구조	84
그림 5-1 중앙제어소 에너지관리시스템 구성도	87
그림 5-2 공통정보모델 전력망 클래스 패키지	88
그림 5-3 노드 전력망 구성도	89
그림 5-4 버스 전력망 구성도	90
그림 5-5 중앙제어소 사이의 정보 교환	91
그림 5-6 실험 전력계통망 구성도	97
그림 5-7 통합공통정보모델 파일	98
그림 5-8 전력망 정보파일	99
그림 5-9 독립 전력망 정보파일	100
그림 6-1 게이트웨이 실험용 시스템 구성	102
그림 6-2 게이트웨이 데이터 사상 편집 도구	103
그림 6-3 XML 기반 자동 생성 사상 정보 프로파일	103
그림 6-4 게이트웨이 실험결과	104
그림 6-5 공통정보모델 게이트웨이 실험용 시스템 구성	105
그림 6-6 공통정보모델 게이트웨이 사상 편집 도구	106
그림 6-7 공통정보모델 게이트웨이 통신 구성 파일	107



그림 6-8 XML 기반 통합공통정보파일	108
그림 6-9 공통정보모델 게이트웨이 디버거 출력 정보와 CIMSpy 화면 출력 정보	109
그림 6-10 CIMSpy 도구를 이용한 노드모델 알고리즘 검증	110
그림 6-11 CIMSpy 도구를 이용한 버스모델 알고리즘 검증	111



표 차례

표 2-1 NIST PAP와 TC57 표준 관계	11
표 3-1 IEC61850-80-1 CDC와 IEC60870 ASDU간 지원 되지 않는 데이터형	32
표 4-1 IEC61850과 IEC61970의 유사성	4
표 4-2 공통정보모델과 IEC61850 논리노드 사상	42
표 4-3 공통정보모델과 IEC61850 데이터 속성 사상	43
표 4-4 추상화 통신 서비스	45
표 4-5 공통정보모델 GID 서비스	46
표 4-6 IEC61850 ACSI와 IEC61970 GID 서비스 비교	6
표 4-7 공통정보모델 게이트웨이와 구성요소	63
표 4-8 사상 프로파일 구성	65
표 4-9 통신 설정정보	65
표 4-10 노드 정보	66
표 4-11 열 정보	67
표 4-12 게이트웨이 개발환경	72
표 4-13 구성요소의 내부 프로세서	73
표 4-14 데이터 태그 목록 정보	75
표 4-15 정보파일에 저장되는 정보	77



제 1장 서론

1.1 연구의 배경

전 세계 전기산업의 경향은 에너지 효율 향상, 높은 신뢰성과 경제성을 달성하기 위한 방안으로 전력통신망의 상호운용성을 확보하려고 노력하고 있다. 기존 시설은 다양한 종류의 소프트웨어와 하드웨어로 구성되어 있고, 각각 다른 통신규약을 적용하고 있어서 통합에 어려움이 많다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 전력 산업 분야의 개방형 정보 표준인 IEC61850 정보모델과 IEC61970 공통정보모델 적용의 필요성이 증대되고 있어서^[1] 변전소 내의 지능형단말장치(IED)들과 변전자동화장치 사이에 IEC61850 통신규약을 적용한 연구 사례가 많이 발표되었다.^[2-4] 중앙제어소의 원방감시제어시스템(SCADA)과 에너지관리시스템(EMS) 응용프로그램들 사이의 정보와 정보모델 교환 목적으로 IEC61970 공통정보모델을 적용한 사례도 발표되었다.^[17-21]

이와 같이 개별 영역에서 두 표준이 성공적으로 확대 적용되고 있지만, 변전소 장치들 간에 제어와 감시 위한 변전자동화시스템과 전력계통의 관리와 운영 위한 에너지관리시스템은 서로 다른 적용대상의 정보모델을 사용하고 있어서 정보 교환 및 상호운용성에 어려움이 있다. 또한 변전소 내에서 IEC60870, DNP3.0 통신규약을 사용하는 원격통신장치(RTU)와 신 재생에너지로 분류되는 수력, 풍력 및 분산전원과 같은 Modbus 통신을 사용하는 장치를 IEC61850 스테이션 버스에 연계시키기 위하여 공동데이터클래스(CDC) 기반으로 변환하여야 IEC61850 변전자동화장치와 정보 교환이 가능하다.^[11-16]



상기에서 언급한 기존 통신 규격을 사용하는 장치들과 IEC61850 통신규약을 사용하는 제어장치들 사이의 정보모델 기반으로 정보 교환이 선행되어야만, IEC61850 정보모델과 IEC61970 공통정보모델(CIM)사이의 객체정보통합이 가능하다.^[5-10] 이러한 조건들을 반영하여 미국국립표준기술원(NIST: National Institute of Standard and Technology)은 스마트 그리드를 위한 실행계획에서 DNP3.0, IEC61850과 IEC61970 사이의 통합을 제안하였다.^[1]

본 논문에서는 IEC60870, Modbus 및 DNP3.0 제어장치들과 IEC61850 제어장치들 사이의 데이터 교환을 위한 IEC61850 공통데이터클래스(CDC) 기반 사상 알고리즘을 제시하고, 이 사상 모델과 통신 서비스를 수행할 수 있는 변전소 게이트웨이를 개발하였다. 또한 변전소구성명세서파일과 공통정보모델 사이의 전력계통구성요소 사상 및 정보 객체 사이의 사상 관계를 연구하였다. 그리고 상호 호환성을 유지할 수 있는 통합 절차를 제시하였으며, 사용자가 쉽게 통합공통정보모델파일을 생성할 수 있는 통합정보편집 도구와 통합된 정보모델을 수행할 수 있는 제어소 게이트웨이를 설계하였다.

제어소 게이트웨이와 에너지관리시스템 응용프로그램 간의 정보와 정보모델 교환 통한 상호운용성을 검증하기 위하여, 변전소의 발전기, 변압기와 차단기로 구성된 전력망 모델을 대상으로 변전소 게이트웨이, 제어소 게이트웨이와 에너지관리시스템의 전력망 처리 프로세서로 모의실험을 했다. 이 실험과정에서 편집도구를 사용하여 전력망 모델 정보파일을 생성하여 변전소 게이트웨이에 적용하고, 통합정보편집도구에서 제어소 게이트웨이와 에너지관리시스템의 전력망 처리 프로세서에 필요한 통합공통정보모델파일을 생성하여 정보 교환을 수행하는 제어소 게이트웨이에 동적파일(Dynamic)과 전력망 모델 알고리즘을 수행하는 에너지관리시스템의 전력망 처리 프로세



서에 정적파일(Static)을 각각 적용하여 모의실험을 수행하였다.

차단기의 동작 상태에 따라 변전소, 제어소 게이트웨이와 에너지관리시스템 응용프로그램 사이에 정확한 정보 교환이 되었으며, 이 정보에 따라 에너지관리시스템의 전력망 처리 프로세서에서 수행된 결과가 모델서버에 새롭게 갱신된 전력망 정보파일로 교환된 것을 확인하여 상호운용성을 검증하였다.

검증된 변전소과 제어소 게이트웨이 시스템(게이트웨이, 통합정보편집도구)을 제주 스마트 그리드 실증 단지의 성산/조천 변전소, 송전선로감시 그리고 제주 화력발전소의 전압제어시스템에 적용할 예정이다.



1.2 연구의 내용 및 특징

본 논문에서는 미국국립표준기술원(NIST)의 스마트 그리드 실행 계획에서 언급한 DNP3.0, IEC61850과 IEC61970 통신 간의 상호운용성 확보하기 위하여 다음과 같이 단계별 연구 개발을 진행하였다.

첫 째, 스마트 그리드의 국내 외 기술 및 표준화 동향을 분석하였다.

둘 째, 변전소의 IEC60870, Modbus, DNP3.0 제어장치들과 IEC61850 제어장치들 사이에 데이터 교환을 위한 IEC61850 공통 데이터 클래스(CDC) 기반 게이트웨이 사상 알고리즘을 제시하고, 이 사상 모델과 통신 서비스를 수행하는 게이트웨이를 구현하였다.

셋 째, IEC61850/IEC61970 통합정보모델 개발에 필요한 사상 논리, 즉 IEC61970 공통정보모델 XML/RDF 정적파일과 변전소구성명세서파일 간의 변전구성요소 사상 및 IEC61970 동적파일의 정보 객체와 IEC61850 정보 객체 간의 사상 관계를 연구하여 통합정보편집도구와 통합공통정보모델을 적용할 수 있는 게이트웨이를 설계 및 구현하였다.

넷 째, 변전소와 제어소 게이트웨이 간의 정보 교환 및 에너지관리시스템의 응용프로그램 사이의 정보와 정보모델 교환으로 상호운용성을 검증하기 위하여 변전소의 발전기, 변압기 및 차단기로 구성된 실험모델을 구성하였다. 이 모델을 대상으로 변전소구성명세서파일과 공통정보모델파일을 생성하고, 이 파일에 있는 객체들을 통합정보편집도구를 이용해 사상하여 통합공통정보모델을 생성한다. 이 정보모델을 에너지관리시스템의 전력망 처리 프로세서와 제어소용 게이트웨이에 적용하여 차단기의 상태정보에 따라 변전소 게이트웨이, 제어소 게이트웨이와 에너지관리시스템의 전력망 처리 프로세서 사이에 정보 및 정보모델을 교환하여 상호운용성을 검증하였다.



제 2 장 스마트그리드에서 IEC61850과 IEC61970 표준화 동향

2.1 스마트 그리드(Smart Grid)의 개념

스마트 그리드는 발전, 송전, 배전을 거쳐, 소비에 이르기까지 전력을 전송하는 전력망의 신뢰성, 효율성, 안전성을 확보하기 위한 지능형 전력통신망이다. 또한 전력시스템, 전기자동차 및 신 재생에너지와 함께 에너지 프로슈머(prosumer)의 등장으로 미래의 에너지 생산 및 유통이 다양화될 것으로 예상되는 양방향 전력을 제어하는 기능을 갖추어야 한다. 즉 전력시스템과 정보통신이 융합하여 효율이 극대화될 수 있도록 다음과 같은 특징을 갖는다.

- 발전소 송전/배전시설에서부터 전력을 소비자에게 공급하기 위한 전력망을 정보통신망으로 연결하는 에너지 인터넷
- 전력 생산자와 소비자가 양방향으로 공유하는 정보를 통하여 전력 시스템 전체가 하나같이, 효율적으로 작동할 수 있는 기능
- 전력공급자는 전력사용 현황의 실시간 감시를 통해 생산원가를 낮추는 피크에너지(Peak Energy) 수요제어
- 수력 및 화력 발전소 뿐만 아니라, 신재생 에너지를 통합 운영 기능
- 전력 생산자와 소비자가 양방향으로 공유하는 정보를 통하여 에너지를 거래하는 새로운 서비스 기능



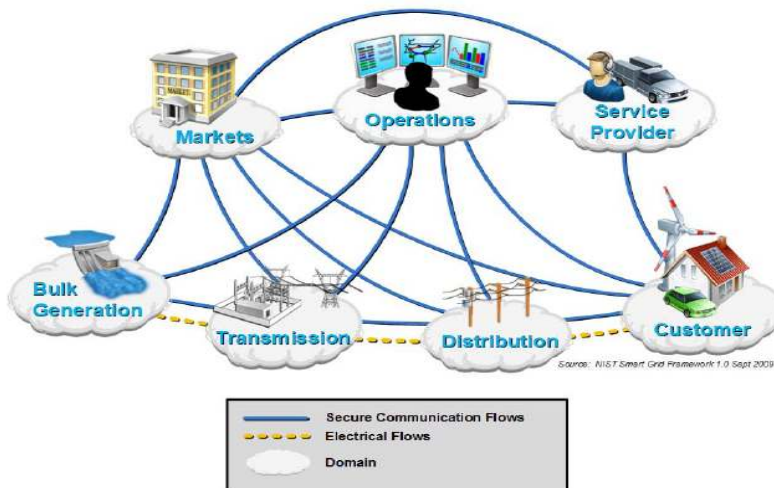
2.2 스마트 그리드의 범위

스마트 그리드의 구조 정립에 관해서는 현재 많은 연구가 진행 중이다. 그 중 대표적으로 미국국립기술표준원(NIST)은 전체 스마트 그리드의 상위 응용 계층에서 요구되는 항목을 정의하였다.^[1] 이에 따르면 전체 구조의 7개의 도메인에 대하여 총체적인 관점에서 다음과 같이 정의하고 있다.

- 4개의 도메인 : 전력의 생산에서 소비까지
 - 발전(Bulk Generation) : 화력, 원자력, 수력 풍력, 태양열
 - 송전(Transmission)
 - 배전(Distribution)
 - 사용자(Customer) : 일반 가정, 산업체, 사업체, 전기자동차
- 3개의 도메인 : 전력의 판매, 운영, 서비스
 - 전력거래시장(Market) : 시장관리 및 운영, 전력(도/소매) 거래
 - 운영(Operation) : 통신망, 보안, 점검, 유지보수 및 건설
 - 서비스 제공자(Service Provider) : 과금, 고객 및 회계관리, 설치 및 유지보수, 건물 및 소비자 가정의 전기 관리

미국국립기술표준원(NIST)은 스마트 그리드 계층구조를 그림 2-1과 같이 전력 생산에서 소비까지 전 과정을 운영과 서비스 계층으로 구분하였다. 또한 GTM(Global Travel Market) 연구소는 스마트 그리드 계층구조를 전력계층, 통신계층, 응용계층으로 구분하여 기술 동향을 분석하였다.^[28] 여기서 전력 계층은 발전에서 송전, 변전, 배전을 거쳐 수용가에 이르는 전력 기반설비를 의미하며, 통신 계층은 전력수급 주체 간, 전력장치들 간 정보

를 교환할 수 있게 하는 통신 기반설비, 즉 LAN(Local Area Network), WAN(Wide Area Network), FAN(Field Area Network), AMI(Advanced Metering Infrastructure), HAN(Home Area Network)등과 같은 통신 기반 설비를 말한다.



Source: NIST Smart Grid Framework 1.0 Sept 2009

그림 2-1 미국국립기술표준원의 스마트 그리드 구조

Fig. 2-1 NIST Smart Grid Framework

이 기술 동향에 따르면, 차기의 전력 계통 운용은 물리적인 네트워크 보다는 전력망 최적화, 수요반응, AMI, 분산발전, 전력저장, 에너지관리시스템과 같은 응용계층의 서비스 영역에서 많은 변화를 예상하였다.



2.3 스마트 그리드의 국내외 표준화 동향

전 세계적으로 스마트 그리드의 표준화는 아직 초기 상태이다. 미국은 미국전기연구소(EPRI)와 국립기술표준원(NIST)를 중심으로 스마트 그리드의 상호운용성 표준화를 주도하고 있으며, 유럽은 유럽표준위원회(CEN), 유럽전기기술표준화위원회(CENELEC) 및 유럽전기통신협회(ETSI)로 구성된 스마트그리드 조정그룹(EU-CG)을 중심으로 표준화를 진행하고 있다. 특히 스마트 그리드의 상호운용성 표준화 중 전력기술 분야는 IEC을 중심으로 진행되고 있으며, 국내에서도 이 표준을 적용하고 있다.

전력기술 분야의 표준화 대상요소는 수용가, 전력거래 시장, 서비스 사업자, 계통 운영, 발전, 송·배전 및 변전이다. 그림 2-2는 IEC의 표준 활동범위를 보이고 있다. 정보기술 분야의 국제표준은 국제표준화기구(ISO), 국제전기통신연합(ITU)을 중심으로 진행되어 왔으며, 정보기술을 스마트 그리드 적용에 적용하기 위하여 ZigBee Alliance, HomePlug, 전기전자기술자학회(IEEE) 등에서 포럼 및 컨소시엄을 통해 표준을 진행시키고 있다. 미국은 정부차원에서 스마트 그리드 표준 체계를 고안중이며, 미국전력연구소(EPRI)와 국립기술표준원(NIST)이 협력하여 상호운용성 표준을 마련하고 있으며, 미국연방에너지규제위원회(FERC)는 개발된 상호운용성 표준규격과 체계를 전력사업자가 적용하도록 규정하고 있다. 법률정책관련은 미국정보통신협회(TTA)와 국립기술표준원(NIST)에서 추진하고 있다.

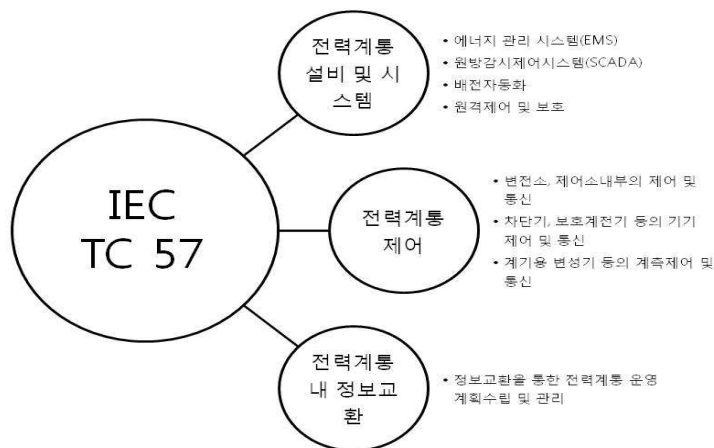


그림 2-2 IEC TC57 표준 활동범위^[32]

Fig. 2-2 Scope of IEC TC57 standard activities^[32]

2009년 4월 프랑스 파리에서 미국, 일본, 중국, 한국 등 13개국 전문가가 참석하여 국제전기표준회의(IEC)의 스마트 그리드 상호운용성 표준을 위한 로드맵 작성회의가 있었으며, 2009년 9월에는 미국 에너지부(DoE)의 주관으로 회의를 가져 스마트 그리드 글로벌 표준 개발 협력을 위한 지침서를 제정하였다.^[31] 이 회의 결과를 바탕으로 미국국립기술표준원(NIST)는 그림 2-3과 같은 참고 모델을 제시하였다.^[1,31]

기술표준원은 전력정보기술(IT) 표준화 포럼을 설립하여 전력IT 참여연구자들 위주로 연구개발과 표준화를 동시 추진하는 것에 역점을 두고 있으며, 2011년 중순까지 IEC 규격의 대한민국 표준 부합화를 부분적으로 완료하였으며, 또한 단체표준(15종)을 확정하였다.

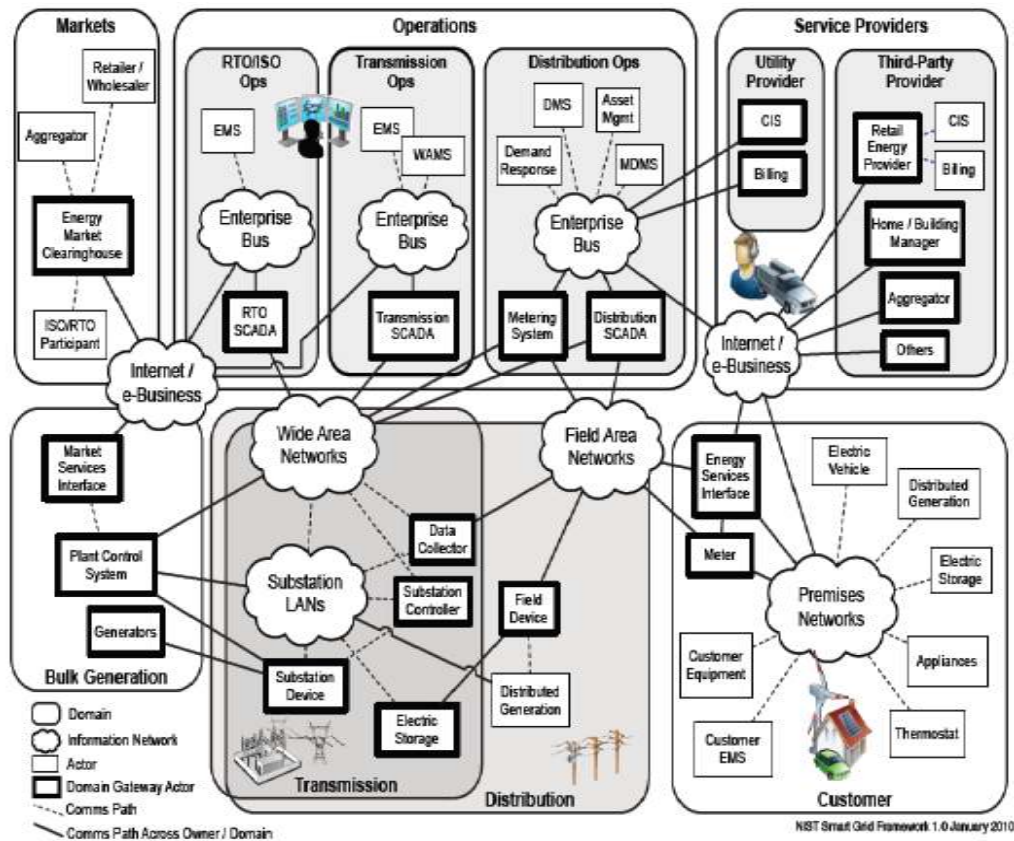


그림 2-3 미국국립표준원의 개념적인 참고 모델

Fig. 2-3 NIST conceptual reference model

전 세계 각국의 스마트 그리드 정책은 상호운용성 기반 표준 통신규약 적용에 중점을 두고 진행되고 있다. 스마트 그리드의 개발을 주도하고 있는 미국국립기술표준원(NIST)은 스마트 그리드 상호 운용이 중요하다고 인식하였고, 그 실행계획으로 DNP3.0과 IEC61850(PAP 11) 및 IEC61850과 61970의 모델통합(PAP 14)을 제시하였다.^[1] 2010년 미국전력연구소(EPRI) 보고서는 이 두 표준 모델 통합 방안으로 융합(harmonization) 과 통합정보 모델(unified information model)를 제시하였다.^[22] 현재까지 IEC61850과



IEC61970 각 워킹그룹에서 개별적으로 UML기반 정보모델 형태로 표준을 진행하고 있어서 통합정보모델의 토대를 이루게 될 예정이다. 또한 국제전기표준회의(IEC)와 전기전자기술자학회(IEEE)는 미국전력연구소(EPRI)가 제시한 통합방안을 바탕으로 NWIP IEC61850-90-2를 표준으로 진행 할 것을 제안하였다. 표 2-1은 미국국립기술표준원(NIST) 실행계획 과 IEC TC57 표준그룹과의 연관 관계를 보이고 있다.

표 2-1 NIST PAP와 TC57 표준 관계

Table 2-1 Standard relation of NIST PAP & TC57

실행계획	제목	관련 그룹	비고
PAP 0	Meter Upgradeability Standard		
PAP 1	IP	15	
PAP 2	Wireless	15	
PAP 3	Pricing	14, 16	CIM
PAP 4	Schedule	14, 16	CIM
PAP 5	Meter Data Profiles	14	CIM
PAP 6	Models for Meter Data Table	14	CIM
PAP 7	Electric Storage Interconnection	10, 17	61850
PAP 8	CIM for Distribution Grid Mgmt	13, 14, 15, 27	CIM, 61850
PAP 9	DR Signals	14, 15, 16	CIM
PAP 10	Energy Usage Info	14, 15	CIM
PAP 11	Models for Electric Transportation	14, 15, 17	CIM, 61850
PAP 12	61850/DNP3 Mapping	10, 13, 14, 17	61850
PAP 13	Time Sync, C37.118, 61850	10	CIM, 61850
PAP 14	Power System Model Mapping	10, 13, 14	CIM, 61850
PAP 15	PLCs for Home App'		
PAP 16	Wind Plant Communications	10, 17	CIM, 61850

또한 미국은 미국전력연구소(EPRI), 국립기술표준원(NIST) 과 SISCO을 중심으로 통합정보모델 방안으로 스마트 그리드용 에너지관리시스템과



SCADA 시스템 개발을 추진하고 있으며, EU는 스마트그리드 조정그룹(EU-CG)과 독일의 SIEMENS, 스위스 ABB와 프랑스 AREVA는 융합(harmonization)정보모델 방안으로 TOC(송전운영센터)용 에너지관리시스템 개발을 추진하고 있다.

국내에는 한국전력과 스마트그리드 사업단이 추축으로 제주 실증단지 구축 사업을 진행하고 있다. 이와 병행하여 기술표준원과 스마트그리드 사업단은 2011년 해외 표준화 그룹(EU,미국,중국,일본)과 스마트 그리드 표준 공동 개발 협약을 체결하였다. 그러나 국내 관련 표준화 전문가들이 부족한 관계로 IEC61850과 IEC61970 상호운용성에 대한 체계적 표준 정책 수립이 아직 초기 단계이다.



제 3 장 스마트 그리드용 IEC61850 게이트웨이

3.1 IEC61850 게이트웨이 필요성

변전소 계층은 기존 IEC60870-5-103/101/104, DNP3.0, Modbus와 IEC61850 등 다양한 표준통신규약을 사용하고 있으며, 전체적인 통신망구조는 그림 3-1과 같다.

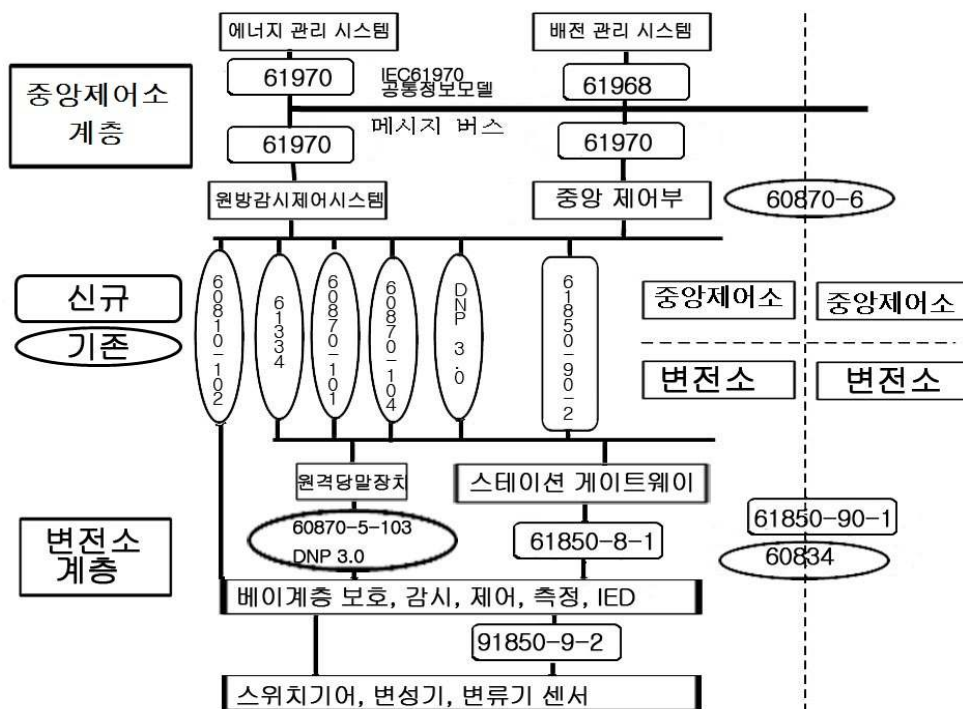


그림 3-1 IEC61850 전력통신망 구조

Fig. 3-1 Architecture of IEC61850 communication network



또한 IEC61850 변전소에 사용하는 각 장치들은 다음과 같은 연계 조건들을 갖추어야 한다.

- IEC61850 변전소의 제어장치들은 IEC61850 제조메시지명세(MMS) 통신 규약과 고속 이벤트(GOOSE) 통신규약을 사용하는 스테이션 버스와 샘플 값(SAV)통신 규격을 사용하는 프로세스 버스에 연계하여 통신.
- IEC61850 스테이션 버스의 제어장치들은 기존 전력통신망에서 사용하는 IEC60870 혹은 DNP3.0 원격단말장치(RTU)와 같은 기존 주국 장치들과 데이터를 변환하여 통신.
- 공통데이터클래스(CDC)기반의 정보모델을 사용하는 IEC61850 변전소 제어 장치와 기존 IEC60870-5-101/IEC60870-5-104 또는 DNP3.0 규격을 사용하여 광역통신망(WAN)에서 중앙제어소 시스템 사이의 실시간 데이터를 변환하여 통신.
- IEC 61850 기반의 변전소와 신재생에너지로 분류되는 수력, 풍력, 분산 전원 분야에서 사용하는 Modbus 통신규약 장치들 사이의 실시간 데이터를 변환하여 통신.
- 스마트 그리드에서 변전소의 IEC61850 객체 정보와 IEC61970 응용프로그램의 객체 정보 사이에 정보와 정보모델 교환 통하여 연속적인(Seamless) 통신 서비스와 상호운용성을 갖추어야 있다.

스마트 그리드에서 변전소 통신 서비스가 IEC61850 단일 표준으로 진행되면서 기존 전력망에서 사용되어 온 DNP3.0과 Modbus 기반의 통신 장치들을 IEC61850 통신 장치와 연계할 수 있는 객체정보모델(공통데이터클래스) 기반으로 게이트웨이 설계가 요구되고 있다.



3.2 IEC61850 변전자동화

IEC61850 기반 변전소에서 지능형전자장치와 전체 변전자동화를 담당하는 스테이션 제어기(SC) 간의 설계 및 적용 과정은 아래와 같이 진행된다.

- ① 변전소의 계통 단선도를 작성한다.
- ② IEC61850 스테이션 버스와 연결되는 베이계층의 지능형전자장치를 선택한다. 지능형전자장치는 측정용, 보호용, 감시용, 제어용 및 기타 용도로 구분하여 선정한다.
- ③ IEC61850 스테이션 버스와 연결되는 베이 계층의 지능형전자장치 기능에 따라 사용할 논리노드를 구분한다. 용도별 논리노드는 IEC61850-7-4를 참조한다.
- ④ 스테이션 버스 계층의 제어장치들과 지능형전자장치 사이에 적용할 통신 서비스를 선택한다. 즉 변전소내의 스테이션 버스 계층 통신, 프로세스 버스 계층 통신, 변전소간 통신, 변전소와 중앙제어소 사이 통신 등이 있다.

또한 IEC61850 기반 변전소에서 게이트웨이가 적용되는 대상은 아래와 같다.

- ① 베이 계층의 IEC61850-5-103 혹은 DNP3.0 장치는 IEC61850 스테이션 버스 연결용 IEC61850 서버 게이트웨이 적용
- ② 신 재생에너지 분야의 Modbus 혹은 DNP3.0 지원 분산 전원 장치는 IEC61850 스테이션 버스 연결용 IEC61850 서버 게이트웨이 적용



- ③ IEC61850 스테이션 버스와 IEC60870-101/104 혹은 DNP3.0 통신규약을 지원하는 중앙제어소 사이의 통신에 IEC61850 클라이언트 게이트웨이 적용
- ④ IEC61850 스테이션 버스와 IEC61970 공통정보모델 기반 중앙제어소 사이의 통신에 IEC61850 프록시 게이트웨이 적용

IEC61850 변전소에 게이트웨이가 적용 가능한 범위를 표시한 변전소 통신망 계층구조는 그림 3-2와 같다.

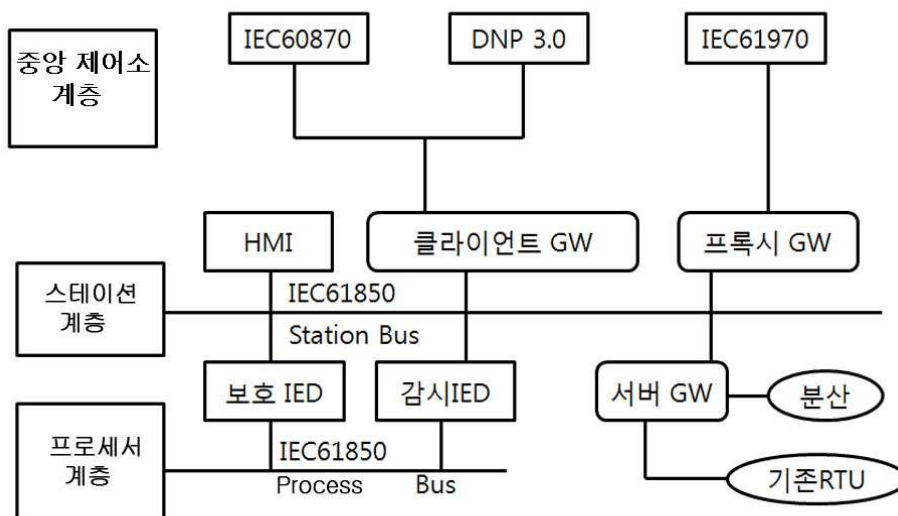


그림 3-2 IEC61850 변전소 통신망 구조

Fig. 3-2 Architecture of IEC61850 substation network



3.3 IEC61850 변전소 게이트웨이 구현

디지털 변전소에서 다양한 형태의 통신규약을 적용할 수 있도록 게이트웨이는 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

- ① 최소한 IEC61850 제조자메세지명세와 고속이벤트 통신 서비스를 제공하여야 한다.
- ② IEC60870-5-101/103/104, DNP3.0 및 Modbus와 같은 다양한 통신규약을 IEC61850 공통데이터클래스 기반 통신규약으로 변환작업이 용이하도록 설계되어야 한다.
- ③ IEC61850 서버 기능, IEC61850 클라이언트 기능 및 IEC61850 프록시 기능을 제공하여야 한다.
- ④ 전력 장치에 적용되는 시스템은 IEC61850-3 표준에 적합한 제품으로 구성되어야 한다.

본 논문에서는 편집도구, 통신규약 변환모듈, 사상 프로파일 처리모듈, 데이터 프로세서 및 실시간 데이터베이스와 IEC61850 통신 서비스 모듈로 구성되는 소프트웨어를 그림 3-3과 같이 구현하였다. 편집도구는 메타데이터 편집 기능과 각종 시스템 진단 장치기능을 제공하고 있으나, 본 3.3.1절에서는 메타데이터 편집기능에 관하여 설명한다.

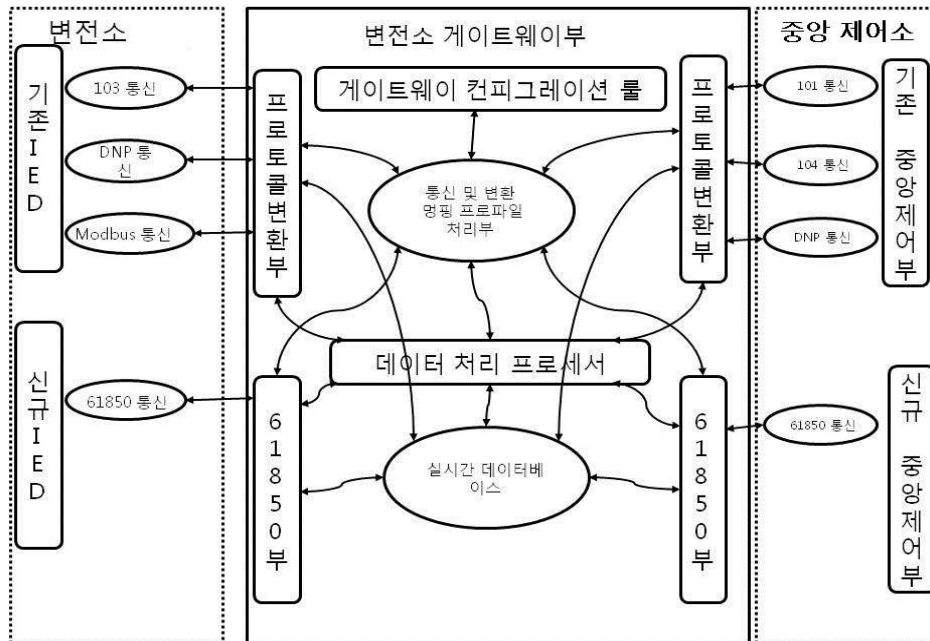


그림 3-3 IEC61850 게이트웨이 소프트웨어 기능 구조

Fig. 3-3 Software function architecture of IEC61850 gateway

3.3.1 게이트웨이 메타데이터 편집 도구

변전소구성언어(SCL) 편집도구는 IEC61850 표준에서 정의한 데이터 클래스 기반으로 작성하는 범용 XML 편집기 혹은 그래픽 기반 편집기가 있으나, 게이트웨이 메타데이터 편집도구는 별도로 존재하지 않는다. 따라서 변전소의 기존 장치들과 IEC61850 통신, IEC61850 기반 보호계전기간 통신, 기존 중앙제어소와 통신 및 IEC61970 기반 중앙제어소와 통신 기능을 수행하기 위하여 통신규약 메타데이터(CPMD)와 통신규약 데이터 사상 메타데이터(CPDMD)를 생성하는 편집도구가 요구된다.



본 연구에서 개발한 편집도구는 XML 스키마 규칙에 익숙하지 않은 사용자에게 통신 서비스 기능을 정의한 통신규약 정보파일과 통신 데이터 변환 및 데이터 갱신기능을 정의한 데이터 사상 정보파일을 쉽게 편집할 수 있도록 드래그인 드롭 방식의 그래픽 도구 제공하였다. 여기서 편집 가능한 정보파일은 IEC61850 서버용 표준 XML 스키마 파일, 기존 표준 IEC60870-5-101/103/104 통신규약용 XML 스키마 파일, 기존 DNP3.0 통신규약용 XML 스키마 파일과 기존 산업용 de-facto ¹⁾표준인 Modbus 통신규약용 XML스키마 파일을 자동 생성 가능하며, 이들 정보파일 중 표준으로 정의된 IEC61850 표준 XML 스키마 파일은 IED_XML.icd, SCL_XML.scd 파일이며, 나머지 통신규약 파일정보는 XML 스키마 정의에 따라 독자적으로 설계한 Protocol.xml 파일로 생성하였다.

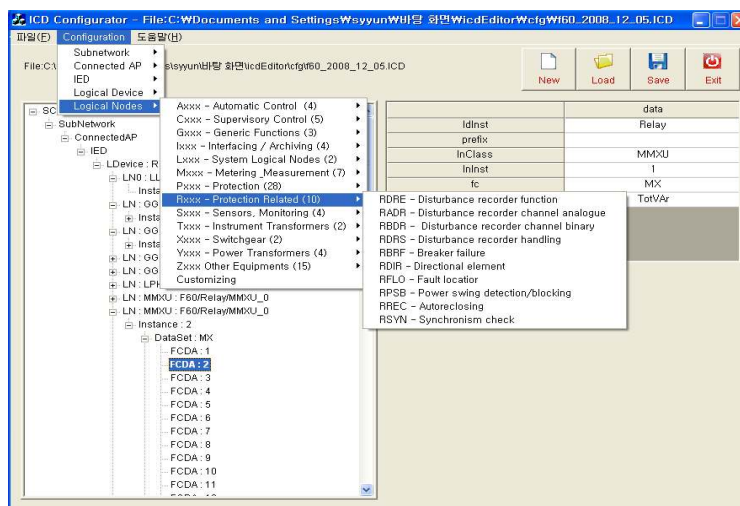


그림 3-4 IEC61850 XML 파일용 ICD 편집기

Fig. 3-4 ICD editor of IEC61850 XML File

1) 사실상의 표준이 De-facto St임 : Modbus is a serial communications protocol published by Modicon in 1979 for use with its programmable logic controllers (PLCs).



그림 3-4의 XML 편집도구는 IEC61850 표준에서 정의한 지능형전자장치 성능명세서(ICD) 편집기능과 변전소구성명세서(SCD) 편집기능을 같이 제공한다.

기본적으로 IEC61850 표준은 전력장치의 물리장치를 가상화한 논리노드(LN)로 정의하며, 1개의 서버에 다수의 논리장치가 존재할 수 있다. 또한 1개의 논리장치에는 “LLN0”, “LPHD” 및 “XCBR”과 같은 논리노드가 다수 존재할 수 있다. 이 논리노드에 존재하는 데이터 정보는 IEC61850-7-3 공통데이터클래스에 정의된 상태 정보, 측정량 정보, 제어가능 정보, 제어가능 아날로그 정보, 상태 설정 값, 아날로그 설정 값 및 설명 정보 그룹으로 구성되어 있고, 이 그룹의 데이터 정보는 기본적으로 값(value), 품질(quality) 및 시간스탬프(TimeStamp) 속성과 기타 옵션 데이터 속성으로 구성되어 있다. 이 데이터 속성은 2진형(Boolean), 열거형(Enumerate), 정수형(INT8/INT16/INT32/INT64 등), 실수형(Float32/Double64), 문자열(String)과 같은 속성을 정의하고 있다.

또한 IEC61850-80-1 표준은 변전계층에서 IEC61850 클라이언트와 IEC60870-5-101/104 종속국 사이에 그림 3-5와 같이 공통데이터클래스의 stVal, q, t 속성 데이터 형과 ASDU TI1 데이터 형을 일대일 데이터 사상 규칙을 정의하였다. 정의된 규칙을 이용하여 그림 3-6과 같이 변전소와 중앙제어소 간에 통신규약 데이터 호환성을 확보하였다.

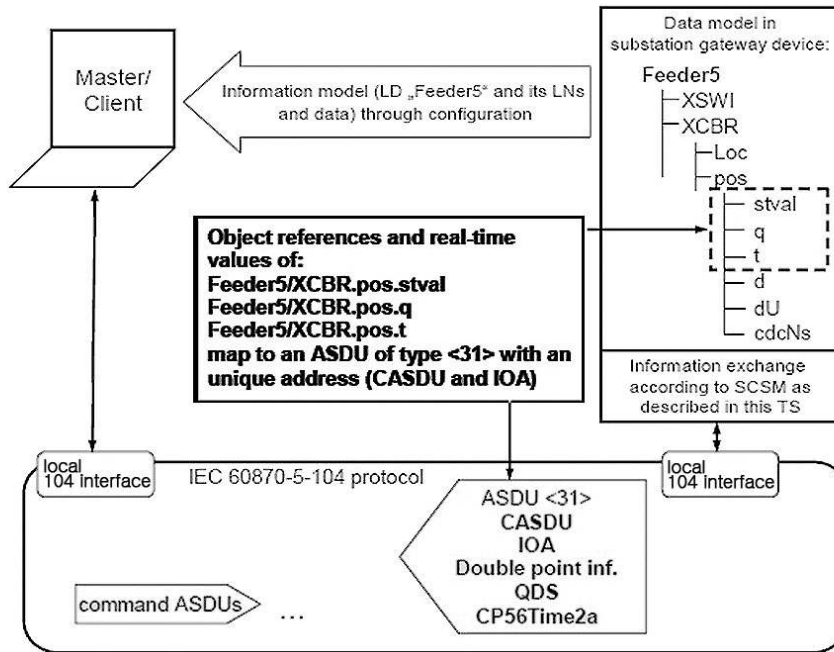


그림 3-5 IEC61850-80-1 사상구조

Fig. 3-5 Mapping architecture of IEC61850-80-1

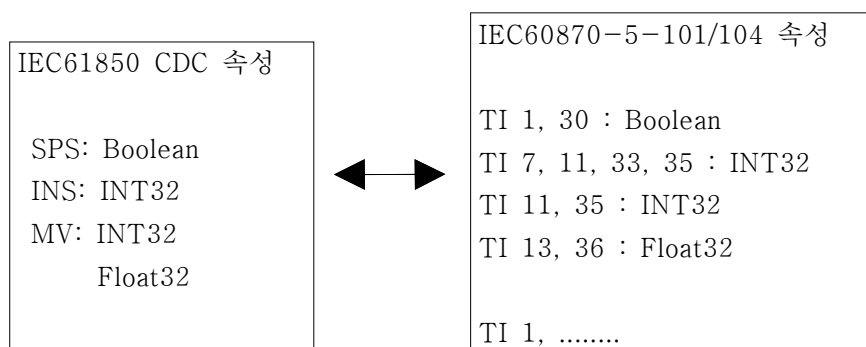


그림 3-6 IEC61850-80-1 데이터형 일 대 일 사상

Fig. 3-6 Peer to Peer mapping of IEC61850-80-1 data type



IEC61850-80-1 표준규격은 데이터 형이 같은 일 대 일 사상만을 지원하므로 표 3-1과 같이 공통데이터클래스들과 ASDU들 간에 제한적인 범위에서 호환성을 제공한다.

본 논문에서는 호환성을 확장하기 위하여 다음과 같이 5종류의 데이터 형으로 분리하여, 분리된 같은 종류의 데이터 형 사이에 자유롭게 데이터 형 변환이 가능하도록 설계하였다

불리안형	일 대 일 사상: 불리안 데이터
정수형	일 대 (형변환) 일 사상 : 형변환은 정수 8/8U/16/16U/32/32U/64/64U
실수형	일 일 (형변환) 일 사상 : 형 변환은 실수 32/64
정수 대 실수형	정수 대 (형변환)실수 사상
타임형	일 일 (형변환) 일 사상 : 형 변환은 UTC, MMS UTC(time tag), CP56Time2a
문자열형	일 대 (형변환) 일 사상: 형 변환은 문자열255, 유니코드문자열255, 옥텟문자열255

표 3-1 IEC61850-80-1 CDC와 IEC60870 ASDU간 지원 되지 않는 데이터형

Table 3-1 Not supported data type between IEC61850-80-1 CDC and IEC60870 ASDU

IEC61850 CDC (Edition 2)		IEC60870-5-101/104 (2006 Version)	
CURVE	Setting curve	TI 2	Single point information with time tag
DPL	Device name plate	TI 4	Double point information with time tag
LPL	Logical node name plate	TI 6	Step position information with time tag
CSD	Curve shape description	TI 8	Bitstring of 32 bit with time tag
SAV	Sampled value	TI 9	Measured value, normalized value
ENS	Enumerated status	TI 10	Measured value, normalized value with time tag
HST	Histogram	TI 12	Measured value, scaled value with time tag
ENC	Controllable enumerated status	TI 14	Measured value, SFP with time tag
BAC	Binary controlled analog process value	TI 16	Integrated totals with time tag
ENG	Enumerated status setting	TI 17	Event of protection equipment with time tag
ORG	Object reference setting	TI 18	Packet start event of protection equipment with time tag
TSG	time setting group	TI 19	Packet output information of protection equipment with time tag



CUG	Currency setting group	TI 20	Packet single point information with status change detection
VSG	Visible string setting	TI 21	Measured value, normalized value without quality descriptor
		TI 34	Measured value, normalized value with time CP56Time2a
		TI 38	Event of protection equipment with time CP56Time2a
		TI 48	Set point command, normalized value
		TI 51	Bitstring of 32bit
		TI 61	Set point command, normalized value with time tag CP56Time2a
		TI 64	Bitstring 32 bit with time tag CP56Time2a
IEC61850 Time stamp 구조		IEC60870-5-101/104 Time Tag 구조	
UTC	YYYY-MM-DDThh:mm:ssTZD	CP56Time2a	yy-mm-dd (dow) hh:mm:ss.ms
		time tag	0 ~ 2**48 까지 초 count
IEC61850 CDC 데이터 속성 와 IEC60870-5-101/104 ASDU TI 데이터 사상 방안			
*비고)IEC61850-80-1 데이터 사상 방법은 Peer to Peer Data type Ex) Boolean to Boolean, INT32 to INT32, Float32 to Float32, UTC to Same type CP56Time2a 따라서 데이터 형 변환 과 Time Stamp 변환 기능을 이용하면 100% 확장성을 보장함 Ex) Boolean to Boolean, INT32 to (형변환) INT8, INT16, INT64, FLOAT32 to FLOAT64, UTC to (형변환) Time Tag			

또한 형 변환, 타임스탬프 변환과 문자열 변환 기능을 추가하여 다른 통신 규약 사이에도 적용이 가능하도록 그림 3-7과 같이 설계하였다.

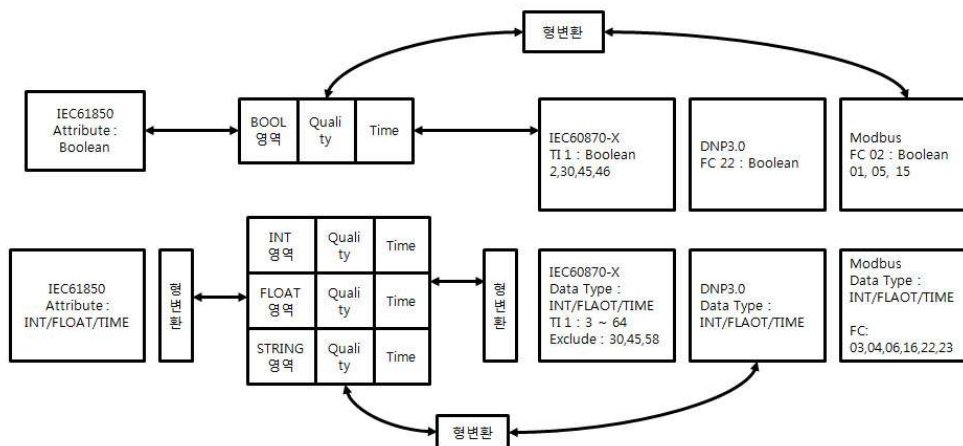


그림 3-7 통신데이터 사이 형 변환 데이터 사상 구조

Fig. 3-7 Peer to Peer mapping of type translation between protocols



구현한 메타데이터 편집도구에서 생성하는 통신규약 데이터 사상 정보파일은 IEC60870-5-101/103/104 표준과 IEC61850-7-3 공통정보모델을 기본으로 작성된 IEC61850-80-1 표준모델에서 형 변환 기능을 추가하여, 호환성 확보가 되도록 설계 하였으며, 품질속성과 타임스탬프가 없는 일부 기존 통신규약은 데이터 서비스 시점 기준으로 데이터 정보를 추가하도록 보완하였다.

그림 3-8과 같은 데이터 사상 편집도구에서 드래그인 드롭 방식으로 연결한 데이터는 시작지점의 클라이언트(주국) 통신채널, 노드정보, 순번정보와 목적지 서버(종속국) 통신 채널, 노드정보, 순번정보 포함하는 XML 기반 사상 정보 프로파일 형태로 그림 3-9와 같이 생성된다.

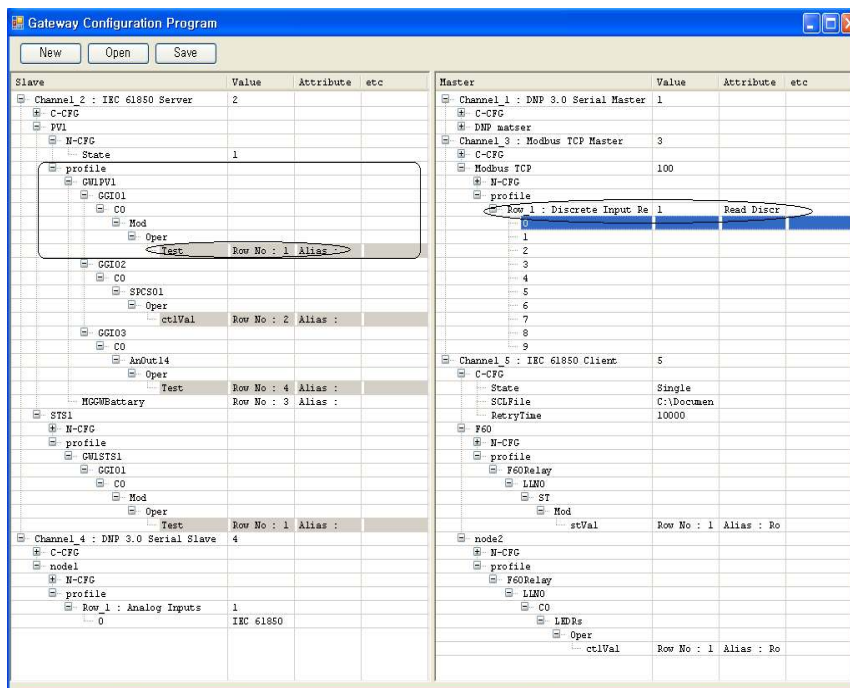


그림 3-8 게이트웨이 데이터 사상 편집 도구
Fig. 3-8 Editor tool of gateway data mapping



```
- <Channel No="2" Type="TCP" PID="IEC61850" Gender="SLAVE" Name="IEC 61850 Server">
- <C-CFG>
  <P Type="State">Single</P>
  <P Type="ScdFile">C:\Documents and Settings\syyun\바탕 화면\GC\cfg\Gateway_v0_5.icd</P>
  <P Type="IEDName">GW1</P>
  <P Type="AccessPointName">S1</P>
  <P Type="ReportScanInterval">0</P>
</C-CFG>
- <Node No="1" Name="PV1">
- <N-CFG>
  <P Type="State">1</P>
</N-CFG>
- <Profile Name="profile">
- <Row No="1" Name="Row1" Division="Control">
  <Type>BOOLEAN</Type>
  <DataTag>GGIO1$CO$Mod$Oper$Test</DataTag>
  <QualityTag>GGIO3$ST$SPCSO1$Q</QualityTag>
  <TimeTag>GGIO3$ST$SPCSO1$T</TimeTag>
  <DomainTag>GW1PV1</DomainTag>
  <ScaleFactorEn>static</ScaleFactorEn>
  <ScaleFactorAddr>0</ScaleFactorAddr>
  <ScaleFactorVal>0</ScaleFactorVal>
  <Offset>0</Offset>
  <Dband>0</Dband>
  <Desc />
  <MChannelNumber>3</MChannelNumber>
  <MNodeNumber>100</MNodeNumber>
  <MRowNumber>1</MRowNumber>
  <MPointType>INT16</MPointType>
  <MStartPoint>0</MStartPoint>
  <MNumberOfPoints>1</MNumberOfPoints>
  <MBitDataEn>false</MBitDataEn>
  <MStartBit>0</MStartBit>
  <MNumberOfBits>0</MNumberOfBits>
</Row>
- <Row No="2" Name="Row2" Division="Control">
  <Type>BOOLEAN</Type>
  <DataTag>GGIO2$CO$SPCSO1$Oper$CtlVal</DataTag>
  <QualityTag>GGIO2$CO$SPCSO1$SB0</QualityTag>
  <TimeTag>GGIO2$CF$SPCSO1$CtlModel</TimeTag>
  <DomainTag>GW1PV1</DomainTag>
  <ScaleFactorEn>static</ScaleFactorEn>
  <ScaleFactorAddr>0</ScaleFactorAddr>
  <ScaleFactorVal>0</ScaleFactorVal>
```

그림 3-9 XML 기반 자동 생성된 사상 정보 프로파일
Fig. 3-9 XML based Automatic creation mapping information profile



3-4 통신 및 변환 사상 프로파일 처리부

사상 프로파일 처리는 파일 시스템에 저장되어있는 XML 스키마 기반의 통신 정보파일과 통신 데이터 사상 정보파일을 로드하여 XML 파서(Parser)에서 문장 분석 및 데이터 분리 작업을 실시하고, 시스템 동작 환경에 적합한 실시간 공유 메모리 데이터베이스에 저장하는 내부 구조는 그림 3-10과 같다.

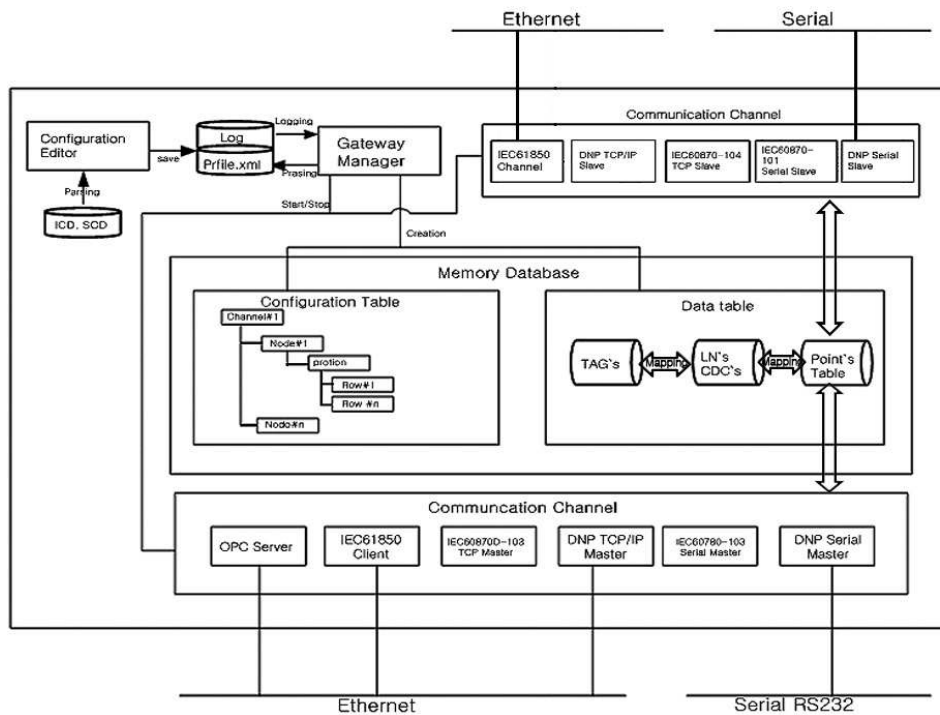


그림 3-10 실시간 공유메모리 데이터베이스

Fig. 3-10 Real-time share memory database



3-5 게이트웨이 통신규약 변환 및 내부 사상 처리

통신규약 변환모듈은 실시간 공유 데이터베이스의 통신채널 및 노드정보를 이용하여 기존 원격단말장치(RTU)와 통신 채널을 확립한다. 이 중 중요한 기능은, 첫 번째 스테이션 버스 하단의 베이 계층 장치로부터 실시간 데이터를 획득하여 통신처리부에 실시간 공유 데이터베이스를 등록하는 클라이언트(주국)을 수행하는 기능과 두 번째 상위 중앙제어소의 요청에 따라 실시간 공유 데이터베이스로부터 정보를 획득하여 실시간으로 응답 서비스를 수행하는 서버(종속국) 기능이다.

Modbus 통신을 적용하는 분산전원 전원 장치는 주국(종속국) 사이에 폴링방식을 많이 사용한다, 그러나 DNP3.0 혹은 IEC60870 통신을 적용하는 전력 제어장치는 종속국에서 이벤트나 주기성 송신방식을 많이 사용하고, 제어 명령 전송 시 직접 조작(DO) 보다는 선택 확인 후 조작(SBO) 기능을 주로 사용하여 신뢰성 기반 통신 서비스를 제공한다.

통신 변환 부분과 데이터 사상 처리부 사이의 송수신 관계는 그림 3-11, 그림 3-12와 같다.

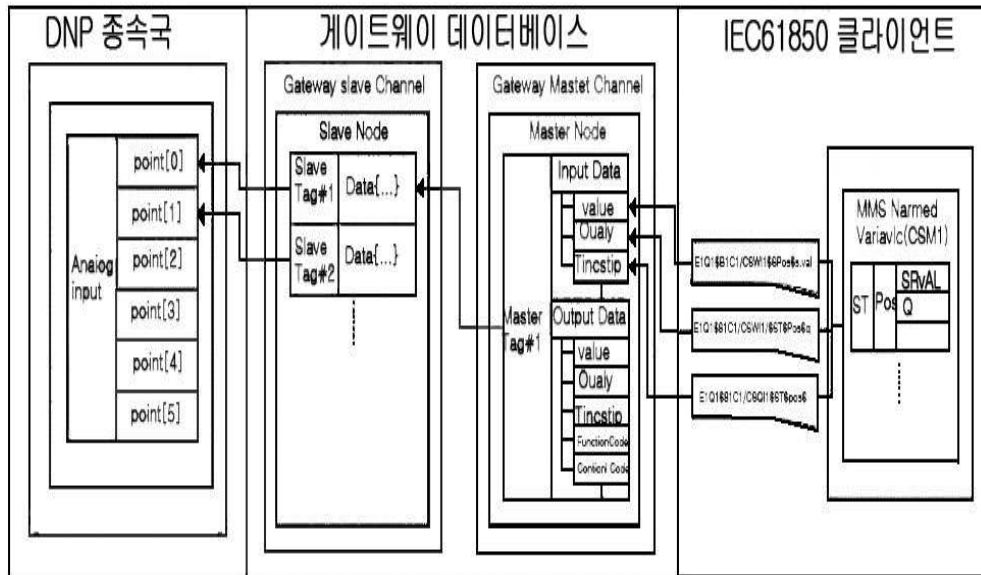


그림 3-11 통신 변환부분과 데이터 사상 처리부(읽기)

Fig. 3-11 Communication transformation and data mapping part (Read)

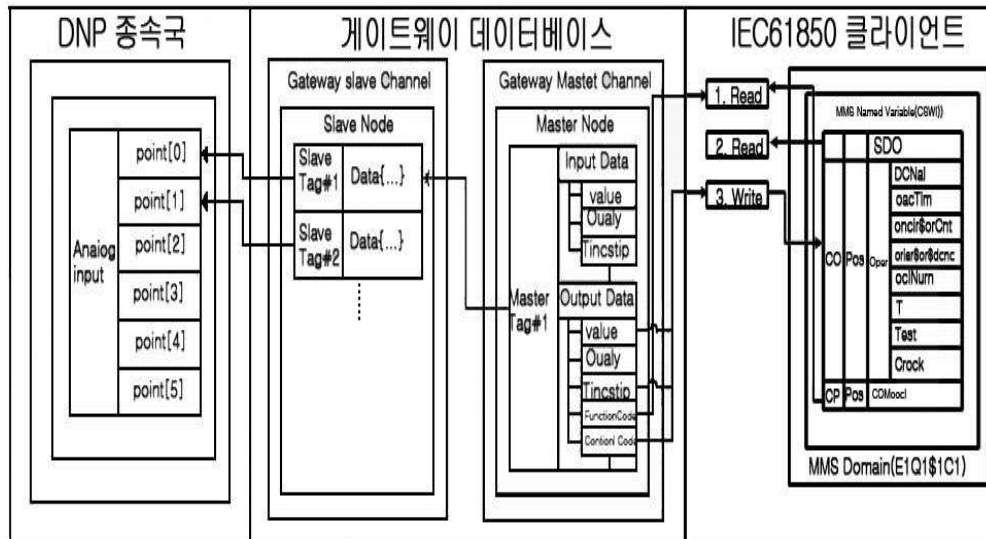


그림 3-12 통신 변환부분과 데이터 사상 처리부(쓰기)

Fig. 3-12 Communication transformation and data mapping part(Write)



3-6. IEC61850 통신 서비스

IEC61850 제조자메세지명세 통신방식은 고속 실시간 데이터 처리가 용이하고, 또한 OSI 7 계층과 TCP/IP 호환 통신 프로파일에서 사용 가능하고, 시스템 측면에서는 중앙 집중 구조와 분산 구조에서 사용 적합성 때문에 전력 장치용 통신 표준으로 채택되었다

제조자메세지명세 구조는 IEC61850-7-2 표준에서 정의한 추상화 통신 서비스 인터페이스(ACSI)의 서버/클라이언트 통신 서비스, 샘플링 통신 서비스, 고속 이벤트 통신 서비스 및 타임 동기화 서비스와 같은 일 대 일 사상 구조를 제공한다.

스테이션 버스에 연결되는 게이트웨이는 제조자메세지명세 서버/클라이언트 통신 서비스와 고속 이벤트 통신 방식을 사용한다. 여기서 프로세스 버스에 사용하는 샘플링 통신 서비스는 해당되지 않는다. 현재 게이트웨이는 IEC61850-7-2에 정의된 논리노드 클래스 모델, 데이터 객체 클래스 모델, 리포트 블록, 제어 모델, 파일 송수신 모델과 고속 이벤트 통신을 지원한다.

게이트웨이의 IEC61850 통신 서비스의 클라이언트 기능은, 첫 번째로 데이터베이스의 통신 설정 정보를 이용하여 베이스 계층에 있는 IEC61850 지능형 전자 장치의 서버와 통신 채널을 확립이다. 두 번째는 IEC61850-7-2규격의 데이터 객체 클래스 모델 서비스와 보고서 블록 서비스에서 제공하는 송수신 명령을 사용하여 획득한 실시간 데이터를 실시간 공유 데이터베이스에 등록하는 기능이다.

서버의 보고서 기능은 클라이언트에서 설정한 정보에 따라 이벤트성 정보와 주기성 데이터를 송신한다. 또한 변전소의 스테이션버스에 연결된 서버간 트립과 같은 고속이벤트 정보는 멀티캐스트 방식으로 통신한다. 제어명



령정보의 통신방식은 기존 DNP3.0 또는 IEC60870-5-101/103/104 통신규약에서 제공하는 신뢰성 기반 통신을 제공하고, 추가로 보안 기능이 있는 통신 서비스를 제공한다.



3-7 데이터 프로세서 및 실시간 데이터베이스

게이트웨이 핵심적인 역할을 담당하는 데이터 프로세서는 데이터 사상 규칙에 따라 정의된 속성 정보에 따라 주기성 정보와 이벤트성 정보를 구분하여 데이터를 처리한다.

데이터 프로세서는 클라이언트(주국)가 일정한 간격으로 서버(종속국)에게 서비스 요청하여 수신한 주기성 데이터와 서버(종속국)에 설정된 시간 주기에 따라 수신한 주기성 데이터를 처리하는 기능과 즉시 변환된 정보만 실시간으로 전송하는 속성을 가지고 있는 IEC61850 고속이벤트, IEC60870 이벤트, DNP3.0 이벤트와 같은 서비스에서 제공되는 정보를 수신하여 처리하는 기능을 가지고 있다. 또한 데이터 프로세서는 목적지의 통신 변환 모듈에게 주기성 정보 또는 이벤트 정보를 구분할 수 있는 식별자를 제공한다. 이 정보에 따라 통신 변환 모듈의 통신 서비스 프로세서는 우선적으로 이벤트 정보를 처리한 다음 주기성 상태정보를 처리한다.

신뢰성을 요구하는 제어명령 정보는 통신 노드 사이에 일-대-일 통신 방식을 사용한다. 즉 중앙제어소에서 요청한 제어명령은 게이트웨이와 베이계층 지능형전자장치를 통하여, 차단기와 같은 구동 장치를 구동하고, 작동 결과를 수신하여 정상적인 작동여부를 판단한다. 전력 장치 분야에서 통상적으로 사용하는 선택 후 조작 명령 방식은 많은 시간이 요구된다. 따라서 계층별 시간 지연 요소를 최적으로 구성하여 시간초과(Timeout)에 의한 조작 실패가 발생하지 않도록 메모리 상주 방식의 데이터베이스를 채택하여 실시간성을 보완하였다. 선택 후 조작(SBO) 제어 명령시퀀스의 시간지연요소는 그림 3-13과 같다.

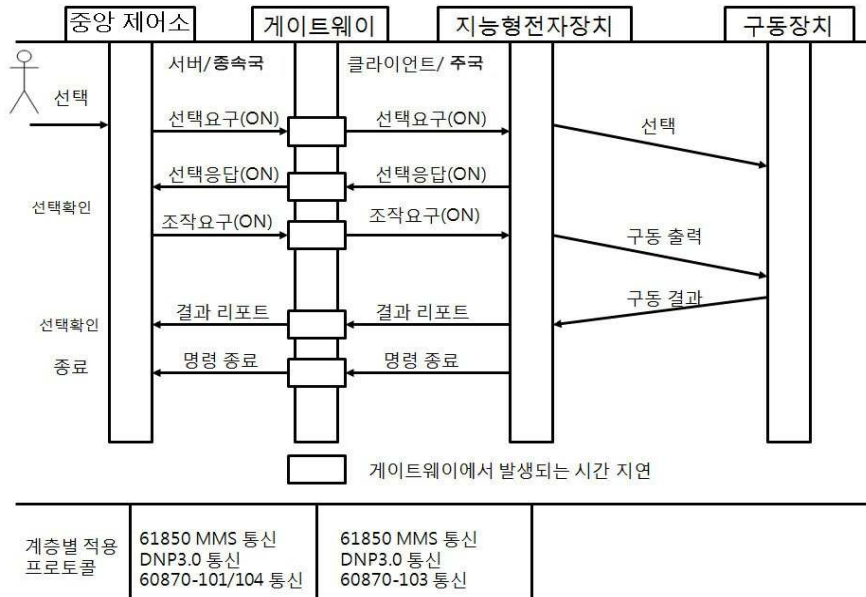


그림 3-13 선택 후 조작 제어 명령 시간지연

Fig. 3-13 Time delay of select before operation command

본 장에서 설명한 디지털변전소용 게이트웨이는 기존 전력망에서 사용되어 온 IEC60870-5-101/103/104, DNP3.0과 Modbus 통신 제어 장치들의 데이터를 IEC61850 제어장치의 공통데이터클래스 기반 데이터 형태로 변환하여 스마트 그리드에 적합 하도록 제공하여야 한다. 즉 기존 전력통신망에서 사용하는 원격통신장치(RTU)와 같은 주국(Master) 장치, Modbus 통신규약 사용하는 장치와 IEC61850 스테이션 버스의 베이(Bay)계층 장치들과 데이터 교환이 가능하도록 변환기가 요구되며, 기존 광역통신망(WAN) 기반 IEC60870-5-101/104 또는 DNP3.0 통신규약, IEC61970 통신규약 중앙 제어소 시스템 와 IEC61850 변전자동화 장치들 간의 실시간 데이터 변환 및 정보 교환용 변환기를 개발하였다.



제 4 장 스마트 그리드용 IEC61970 게이트웨이

4.1 IEC61970 게이트웨이 필요 기능

스마트 그리드에서 상호호환성과 운용성을 보장하기 위하여 변전소 계층의 IEC61850 표준과 중앙제어소 계층의 IEC61970 표준이 적용되는 통신서비스 기능은 다음과 같이 요구된다.

첫 째 스마트 그리드에서 변전자동화용 IEC61850 XML기반 정보모델과 중앙제어소 관리용 IEC61970 공통정보모델 XML/RDF 정보모델 사이에 정보 교환 이루어져야 한다.

둘 째 스마트 그리드에서 변전자동화용 IEC61850 정보 객체와 중앙제어소 관리용 IEC61970 정보 객체 사이에 연속적인(Seamless) 실시간 데이터 통신이 요구된다.

본 장에서는 중앙제어소의 계층구조 분석 및 IEC61850 표준과 IEC61970 표준 사이의 차이점을 분석한 후 차단기 구성 예제를 사용한 IEC61850/IEC61970 통합공통정보모델 개발에 필요한 사상 방법과 통합 절차를 제시하였다. 이 절차에 따라 공통정보모델 XML/RDF 기반 통합공통정보모델 생성과 연속적인(Seamless) 통신방법에 관하여 설계하였다.



4.2 전력 시스템의 계층구조와 공통정보모델 관계

4.2.1 차단기 클래스 상속 구조

차단기는 전류를 운반하거나 차단할 수 있는 기계적인 스위칭 장치로써 전력 시스템에서 가장 일반적인 구성 요소 중 하나이다. 즉 차단기의 기본적인 기능은 개방(OPEN) 혹은 투입(CLOSE)하는 스위치의 특별한 형태이다.

스위치는 전원시스템 내에서는 물리적인 전류의 흐름을 제어하는 전력계통망의 일부이다. 이것은 전도성장치(Conducting Equipment)의 유형으로 고려된다. 또한 일반 장치의 유형으로 분류되고, 일반 장치는 전력시스템의 자원으로 정의된다. 스위치의 클래스 상속 구조는 아래 그림 4-1과 같다. 식별자객체(IdentifiedObject)의 이름(Naming) 클래스는 공통정보모델 클래스 계층 구조의 특정 지점의 루트 클래스이다.

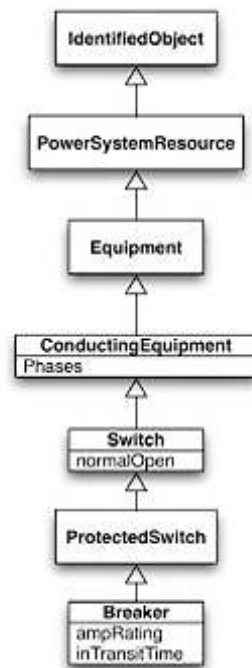


그림 4-1 스위치 클래스 상속 구조

Fig. 4-1 Breaker class inheritance hierarchy

- 전력시스템자원,
스위치와 같은 물리적인 수량 혹은 제어영역 담당하는 조직과 같은 전원 시스템 내의 모든 재원의 설명에 사용된다.
- 장치,
물리적 장치로써 전력시스템의 모든 전기 또는 기계적 특성이다.
- 전도성 장치,
전류를 운반하거나 전도성으로 전력계통망에 연결되어 있고, 상 관계 (A,



B, C, N 또는 각각의 조합)을 나타내는 속성을 포함하는 장치 종류의 정의에 사용한다.

● 스위치,

전력계통망에 있는 스위치로 작동 전도성 장치 대한 일반적인 클래스로써, 스위치의 개방 혹은 투입 작동에 대한 속성을 포함한다.

● 보호스위치,

보호 장치 차단기로써 작동하는 스위치, 정격전류와 스위칭 시간과 같은 속성을 포함한다.

모든 서브 클래스가 상위 클래스의 속성을 상속 받는다, 즉 차단기는 스위치 클래스로부터 개방 관련 속성, 전도성 장치 클래스부터 상 관련 속성, 그리고 자신의 기본 속성을 포함한다.

4.2.2 구성요소 연결 관계 정의

그림 4-2와 같이 차단기, 부하 및 선로로 구성된 회로는 차단기 클래스, 부하에 관련된 에너지 소비 클래스, 선로의 교류 또는 직류 성분 클래스와 같은 공통정보모델 객체를 사용하여 물리적인 전도성 장치를 표현한다.

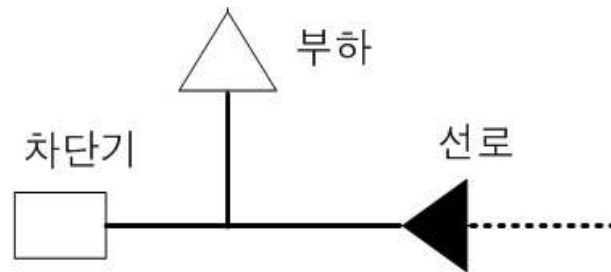


그림 4-2 연결 예제 회로

Fig. 4-2 Connectivity example circuit

그림 4-3과 같이 직접관계를 표현하면 차단기는 부하와 선로로 연결되고, 부하는 선로와 차단기로 연결되며, 선로는 차단기와 부하로 연결된 모습이다. 장치 간 직접 상호 연결된 관계를 공통정보모델로 정리하면 그림 4-4와 같이 표현될 수 있다.

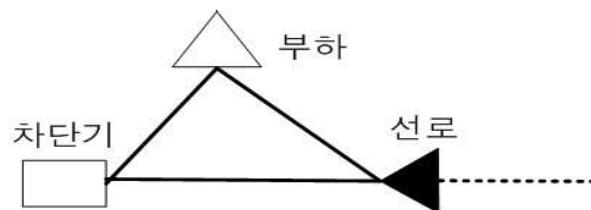


그림 4-3 직접 관계를 가진 연결 예제 회로

Fig. 4-3 Connectivity example circuit with direct associations

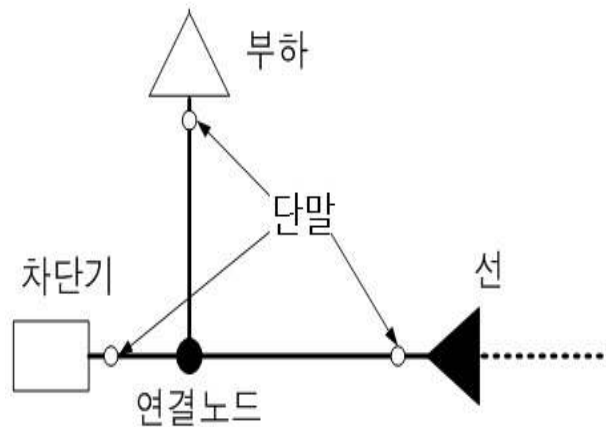


그림 4-4 연결 노드와 단말을 가진 연결 예제 회로

Fig. 4-4 Connectivity example circuit with connectivity node and terminals

그러나 공통정보모델은 장치를 연결하기 위하여 가상 연결노드를 정의한다, 각 연결노드는 직접 장치와 연결되지 않고, 그림 4-5와 같이 하나 이상의 단말을 사용하여 연결한다.

그림 4-4에서 단말, 연결노드 그리고 전도성장치 사이에 관계를 공통정보 모델 클래스 다이어그램으로 표현하면 그림 4-5와 같이 표현된다.

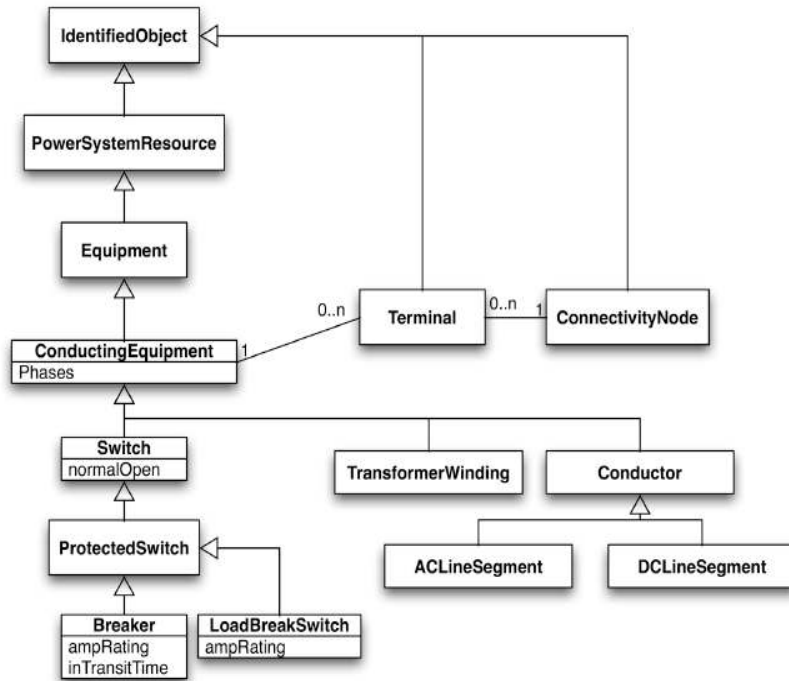


그림 4-5 전도성장치와 연결 클래스 다이어그램

Fig. 4-5 Conducting equipment and connectivity class diagram

4.2.3 장치와 컨테이너의 관계정의

기본적으로 전력계통망은 부하, 선로 그리고 전도성 장치로 구성되며, 이는 일반적인 장치와 전도성 장치로 구분할 수 있다. 대표적인 장치로는 변전소에 사용되는 변압기이다. 변압기 자체는 권선, 절연물, 철심 및 기타 부품(탭 절환기)으로 구성되는 컨테이너이다. 변압기 권선은 물리적으로 전력계통망에 연결되는 전도성장치에 해당된다. 또한 탭 절환기는 변압기 권선의 구성품으로 고려되나, 또 하나의 독립된 장치에 해당된다. 변압기를 공통정보모델 객체와 클래스 연결 관계를 구성하면 그림 4-6과 같다.

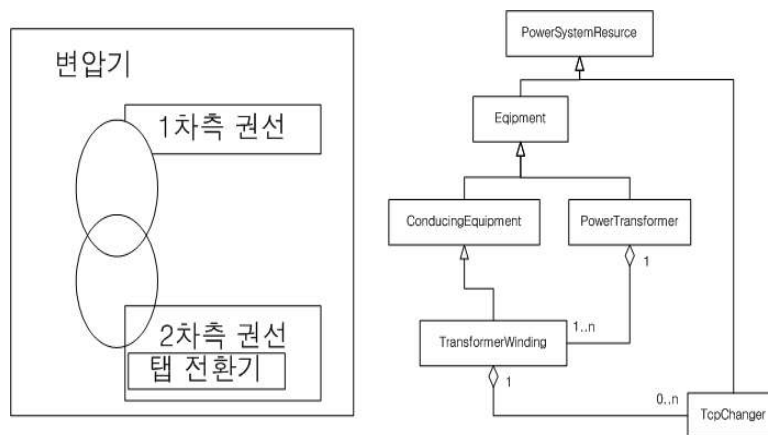


그림 4-6 변압기와 클래스 연결 관계

Fig. 4-6 Transformer and class diagram

그림 4-6과 같이 변압기는 두 개의 권선, 한 개의 탭 절환기, 그리고 단일의 전력용 변압기로 구성되는 컨테이너이다. 또한 베이, 전압계층, 선로 그리고 플랜트 클래스는 모두 장치컨테이너 종류에 속한다.



4.3 IEC61850과 IEC61970 사이의 차이점

IEC61850과 IEC61970 표준은 전력 도메인에서 데이터를 교환하기 위하여 정의된 규격이다. 두 표준 문서의 구조는 표 4-1과 같은 유사성을 갖고 있다.

표 4-1 IEC61850과 IEC61970의 유사성

Table 4-1 IEC61850 and IEC61970 similarity

구 분	IEC61850	IEC61970
객체 정보 모델	IEC61850-6 IEC61850-7-3 & 7-4	IEC61970-3 IEC61968-11
서비스 모델	IEC61850-7-2	IEC61970-4xx IEC61968-2-10,12,13
통신 프로파일	IEC61850-8 & 9	IEC61970-5

표 4-1의 각 기능 설명은 다음과 같다

- 객체 정보 모델 : 클래스, 속성 그리고 연관관계로서 물리적인 객체의 집합을 구성한 스키마(Schema)이며, 각 객체 형태에 대하여 유일한 이름과 속성을 제공한다.
- 서비스 모델 : 유틸리티 장치나 응용프로그램 사이의 통신을 설명한 부분이다.
- 통신 프로파일 : 장치나 응용프로그램 사이에 실제 메시지 전송부분을 설명한다. 예로서 IEC61850은 제조메시지명세(MMS), IEC61970은 메시지 버스(ESB) 혹은 서비스지향구조(SOA) 미들웨어를 사용한다.



두 표준의 통합공통정보모델을 생성하기 위하여 각 표준의 정보모델, 일반적인 서비스, 전력시스템 구조, 시스템 기능과 엔지니어링 차이점을 명확하게 정의해야 한다.

IEC61850은 변전소 물리장치의 속성과 동작 결과 관찰에 필요하여 상세하게 정의한 객체모델과 실시간 데이터를 제공할 수 있는 통신 서비스를 제공한다. 각 장치가 어떻게 작업하는지는 (내부 알고리즘) 별개의 문제이다.

IEC61970은 중앙제어소의 다양한 응용프로그램에서 요구되는 제어와 유지보수에 필요한 데이터와 정보파일을 교환하는 메시지 서비스 제공한다.

4.3.1 IEC61850과 IEC61970 공통정보모델의 정보모델 비교

두 표준 정보모델은 의미론적으로 계통구성 정보, 장치 정보 그리고 측정 정보에서 차이점이 존재한다. 특히 변전소구성명세서의 변전부 구성정보와 공통정보모델의 전력망 정보 및 공통정보모델 장치정보와 IEC61850 논리노드 정보 사이에 표 4-2와 같은 사상이 요구된다.

표 4-2 공통정보모델과 IEC61850 논리노드 사상

Table 4-2 CIM and IEC61850 logical node mapping

공통정보모델	IEC61850	두 표준사이 관계
substation	tSubstation	같은 의미
Voltagelevel	tVoltagelevel	같은 의미
Bay	tBay	같은 의미이나 사상이 요구됨
BusbarSection		
Compensation	CapacitorBank	같은 의미이나 사상이 요구됨
	Reactor	



ConnectivityNode	tConnectivityNode	같은 의미
PowerTransformer	tPowerTransformer	같은 의미
TransformerWinding	tTransformerWinding	같은 의미
TapChanger	tTapChanger	같은 의미
Terminal	Terminal	같은 의미
Disconnecter	CircuitSwitch	같은 의미이나 사상이 요구됨
LoadBreakSwitch		
GroundDisconnecter		

공통정보모델의 AnalogValue.value 측정 정보와 IEC61850 전압 mag 속성 정보에 사이에 표 4-3과 같이 많은 정보들의 사상이 요구된다.

표 4-3 공통정보모델과 IEC61850 데이터 속성 사상

Table 4-3 CIM and IEC61850 data properties mapping

IEC61850 데이터 속성	공통정보모델 측정정보	비고
mag, ang, actVal	value attribute, AnalogValue.value	사상이 요구됨
stVal, Op, St, etc	DiscreteValue.value, ValueAliasSet, ValueToAlias	사상이 요구됨
q	MeasurementValueQuality class	사상이 요구됨
t	MeasurementValue.timeStamp attribute	사상이 요구됨
d	Measurement.description. from IdentifiedObject	사상이 요구됨
u	Unit class	사상이 요구됨
db	RemoteSource.deadband attribute	사상이 요구됨
rangeC	AnalogLimitSet class, AnalogLimit.value attribute,	매칭이 요구됨



	AccumulatorLimitSet	
--	---------------------	--

변전소 자동화에서는 물리적인 장치에 대하여 상세하게 데이터 정보를 정의하여 사용하나, 중앙제어소의 응용프로그램들은 측정, 제어 및 전력계통 구성에 필요한 최소한의 데이터 정보를 정의하여 사용한다. 정의한 데이터 정보 사이에 의미론적 차이 때문에 데이터 사상에 많은 시간을 소비하고 있다. 온톨로지(Ontology) 기술을 이용하여 데이터 사상을 구현하고 있으나 완벽한 자동화는 더 많은 연구가 필요하다.

4.3.2 IEC61850과 IEC61970 공통정보모델의 서비스 비교

IEC61850-7-2 부분은 서버와 클라이언트 간의 정보를 액세스하기 위하여 추상화 통신 서비스(전송계층과 응용계층 분리) 기능을 제공한다. 추상화 통신 서비스는 IEC61850-8-1 TCP/IP기반 MMS 전송 계층과 사상된다. 통신 서비스는 표 4-4와 같이 설명된다.

공통정보모델 정보를 전송하기 위한 GID(General Interface Definition)는 GDA(General Data Access), GES(General Eventing and Subscription), HSDA(High Speed Data Access) 그리고 TSDA(Time Series Data Access)로 정의되어 있다. 일반인터페이스정의(GID) 서비스는 서버와 클라이언트 방식의 요구/응답기능과 공급자/수신자 방식의 언솔리티 리포트 방식을 지원한다. 공통정보모델 GID 서비스는 표 4-5과 같다.



표 4-4 추상화 통신 서비스

Table 4-4 Abstraction communication service

IEC61850 ACSI 서비스	설명	비고
결합	서버와 클라이언트간에 통신망 연결하는 서비스	
읽기/쓰기	동작시 데이터 객체를 읽고, 쓰기위한 요구/응답 서비스	
제어	체크 및 확인 절차가 필요한 신뢰성기반 데이터 쓰기 명령서비스	
데이터 집합	읽기, 쓰기, 보고 및 로깅 관련 한 개의 데이터 그룹 설정이 가능하다.	
보고	서버에서 발생한 데이터를 한 개의 클라이언트 즉각적인 데이터 전송하기 위한 서비스. 버퍼링 리포트 와 버퍼링되지 않는 리포트가 있다.	
로그	서버에 이벤트를 기록하다가, 클라이언트 요청에 따라 데이터 서비스	
고속통신	고속 이벤트를 전송하는 서비스	
자기-설명	서버에 동작하는 모델을 제공하는 서비스	
설정 그룹	장치를 재 기동하지 않고, 구성정보를 변경하는 서비스	
대치	임시적으로 특정 값을 강제로 변경하는 서비스	
파일 전송	구성정보, 로그정보, 고장기록에 관련된 파일 송수신 기능 제공	



표 4-5 공통정보모델 GID 서비스

Table 4-5 CIM GID service

공통정보모델 GID 서비스	설명	비고
일반데이터 액세스 (GDA)	스키마와 인스턴스 정보를 포함한 구성데이터를 쿼리하거나 브라우징 기능을 제공하는 서비스, 일반적으로 요구와 응답 지향 서비스를 사용한다. 주로 모델 서버의 정보모델을 전송하는데 사용된다	요구/응답, 공급자/수신자
일반이벤트 액세스 (GES)	스키마와 인스턴스 정보를 계층적으로 선택하거나 브라우징 기능을 제공하는 서비스, 일반적으로 언솔리티 리포트 서비스를 사용한다. 주로 데이터 지속시간을 매니저 할 수 있으며, 유일한 ID를 가진 메시지 정보를 전송한다.	요구/응답, 공급자/수신자
고속데이터 액세스 (HSDA)	스키마와 인스턴스 정보를 계층적으로 선택하거나 브라우징 기능을 제공하는 서비스, 일반적으로 요구와 응답 그리고 언솔리티 리포트 서비스를 사용한다. 주로 측정값을 고속으로 전송할 때 사용하고, 데이터 지속시간은 매니저 되지 않는다.	요구/응답, 공급자/수신자
시계열데이터 액세스 (TSDA)	시계열(히스토리컬) 데이터에 대하여 스키마와 인스턴스 정보를 계층적으로 선택하거나 브라우징 기능을 제공하는 서비스, 일반적으로 요구와 응답 그리고 언솔리티 리포트 서비스를 사용한다.	요구/응답, 공급자/수신자



4.4 IEC61850과 IEC61970 통합절차 및 통합모델 설계

4.4.1 통합 절차에 필요한 예제 모델

본 절에서는 IEC61970과 IEC61850 사이의 통합공통정보모델 생성 및 연속적인 통신 서비스 기반의 게이트웨이를 설계하기 위해, 두 표준 객체 요소 사이의 사상을 어떻게 구성할 수 있는지 검토할 수 있도록 그림 4-7에 보인 전력시스템 통신망 구조의 변전소 베이 단위에 그림 4-8과 같이 두 버스 연결용 차단 시스템이 도입하여 설명한다.

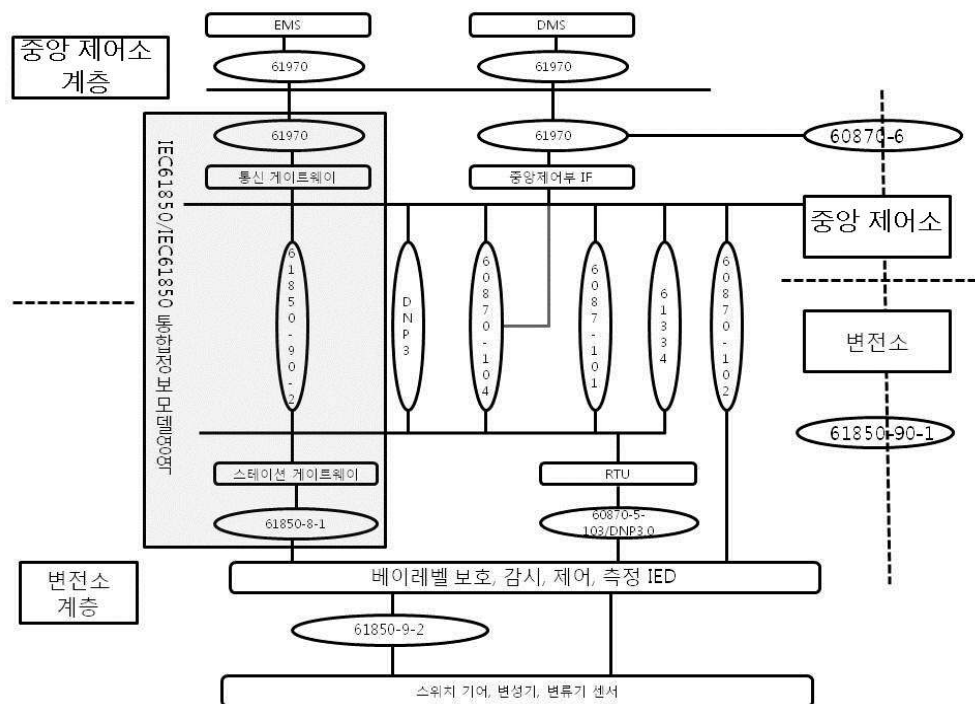


그림 4-7 전력시스템 통신망 구조

Fig. 4-7 Structure of power system communication network

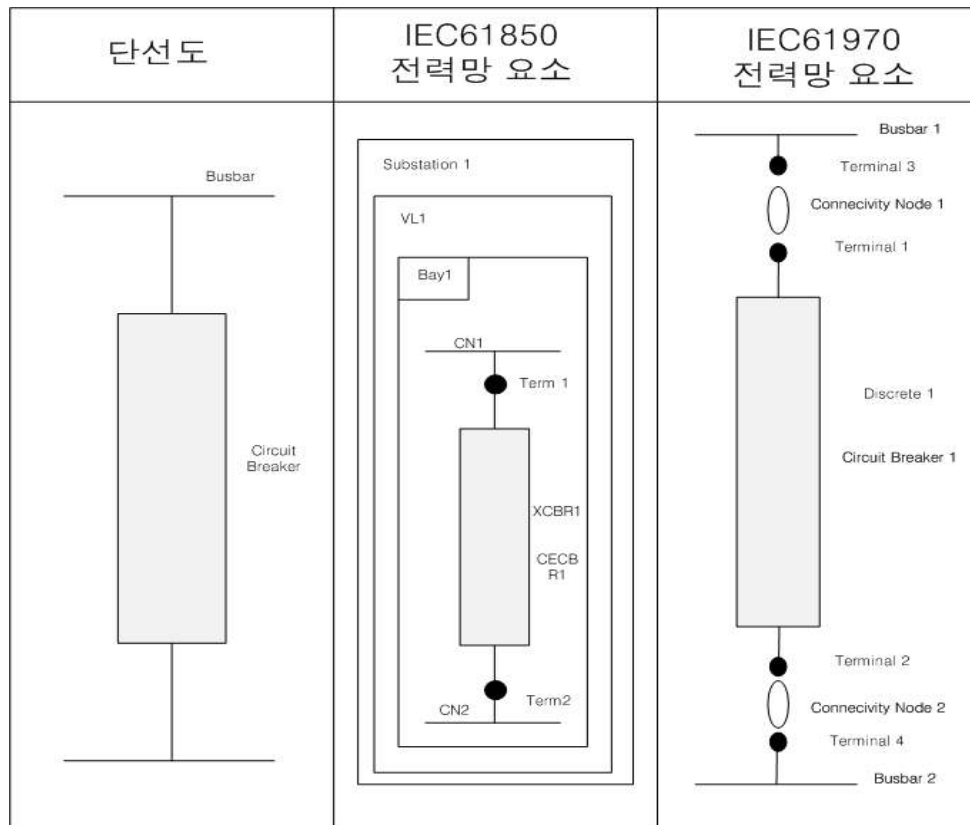


그림 4-8 차단기에 대한 전력계통망 구조

Fig. 4-8 Power network component of circuit breaker

각 표준에서 정의한 전력계통망 개별 요소들 중 그림 4-8의 차단기 요소를 두 표준에 근거한 변전소용 XML 정보파일과 중앙제어소용 XML/RDF 정보파일을 이용하여 표준 정보모델 통합 과정과 데이터 사상을 설계한다.



4.4.2 IEC61850 표준과 정보모델 파일

통합공통정보모델과 게이트웨이 설계 시 필요한 IEC61850 표준문서는 다음과 같다. XML기반 변전소구성언어 스키마를 정의한 IEC61850-6 규격, 변전소의 물리적인 장치를 가상화된 논리노드를 정의한 IEC61850-7-3/4 규격, 추상화 통신 서비스 표준을 정의한 IEC61850-7-2 규격과 MMS 통신 서비스 정의한 IEC61850-8-1/9-2 규격 검토하여야 한다.^[15-19] 특히, IEC61850-6 표준은 장치 업체에서 제공하는 지능형전자장치성능명세서 파일을 이용하여, 논리노드(LNs), 공통데이터클래스(CDCs), 데이터 속성(DAs)과 열거형(Enums) 데이터를 트리형태의 노드로 제공하는 지능형전자장치 XML 스키마를 포함하는 변전소구성명세서 파일 표준을 제공한다.

(1) 지능형전자장치성능명세서(ICD) 파일

IEC61850 파일은 서버 개체, 논리장치(LDs), 논리노드와 데이터 개체를 포함하는 계층 구조로 정의되고, 서버 개체는 변전소의 물리적 장치에 대한 가상 논리노드 정보와 통신 서비스를 내장하고 있다. 예로써, 각 변전소 내 회로 차단기는 XCBR와 같은 표준 논리 노드 클래스로 정의되고, XCBR 클래스 인스턴스는 회로차단기의 각 인스턴스로 표시된다.

XCBR 논리노드 클래스의 정의는 IEC61850 표준에 정의되어 있지만, 제조업체의 옵션에 따라 지능형전자장치에 사용되는 서브 클래스 정의는 다를 수 있으며, 필수 사항으로(Mandatory)로 정의된 데이터는 항상 존재하여야 한다. 논리노드 구조는 표준에서 정의한 공통데이터클래스에 따라 데이터 객체를 정의하여 사용하여야 한다. 예로써 XCBR 논리노드는 다양한 공통데이터클래스를 갖는 데이터 객체 집합으로 구성되고, 데이터 객체 집



합의 종류는 상태 정보, 계측 및 계량 정보, 설정과 같은 구성 정보, 제어 관련 정보 등으로 분류된다.

Pos(DPC)는 DPC(Double Point Control) 공통데이터클래스의 사례로 차단기의 위치를 나타내는 제어 관련 정보의 데이터 객체이다.

<pre> Sample.scd <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <!-- This file is generated using SCL Manager IEC61850 Configuration Tool --> <SCL xmlns="http://www.iec.ch/61850/2003/SCL"> <Header id="version=4.0.2 revision=" toolID="SCL Manager" nameStructure="IEDName" /> <IED name="IED1"> <AccessPoint name="accessPoint1"> <Server> <Authentication /> <Device inst="Device1"> <LN lnClass="XCBI" lnType="XCBI" inst="1" prefix=""> <DOI name="Pos"> <DO /> </DOI> </LN> </Device> </Server> </AccessPoint> </IED> <DataTypeTemplates> <DOType id="DPC.L.Pos" dc="DPC"> <DOType /> </DOType> </DataTypeTemplates> </SCL> </pre>	<pre> Sample.xml <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?> <rdf:RDF xmlns:cim="http://iec.ch/TC57/2008/CIM-schema-cim13" xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" xmlns:ied="http://www.iec.ch/61850/2003/SCL"> <cim:ConductingEquipment rdf:ID="17627A095-F743-45d-8F0C-824793583D92"> <cim:ConductingEquipmentContainer rdf:resource="#2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A" /> </cim:ConductingEquipment> <cim:ConnectivityNode rdf:ID="1D68E767-8B9F-4b1c-8F3A-A8CA7AB2BE26"> <cim:ConnectivityNode rdf:resource="#2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A" /> </cim:ConnectivityNode> <cim:ConnectivityNode rdf:ID="176F25529-8FBF-44af-A390-B6438C7FD228"> <cim:ConnectivityNode rdf:resource="#2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A" /> </cim:ConnectivityNode> <cim:Terminal rdf:ID="2F5C13AA-3771-46c2-BF81-67C7E4030EEJ"> <cim:IdentifiedObject name="terminal1" /> <cim:Terminal rdf:resource="#1D68E767-8B9F-4b1c-8F3A-A8CA7AB2BE26" /> </cim:Terminal> <cim:Terminal rdf:ID="1156330A-0D59-4059-8244-22D519FA4F0"> <cim:IdentifiedObject name="terminal2" /> <cim:Terminal rdf:resource="#176F25529-8FBF-44af-A390-B6438C7FD228" /> </cim:Terminal> <cim:Terminal rdf:ID="D51959C8-5242-4af3-B996-B434168D4BFA"> <cim:IdentifiedObject name="terminal3" /> <cim:Terminal rdf:resource="#15CE50CBB-BFAA-47d1-BBF2-1917080A9090" /> </cim:Terminal> <cim:Terminal rdf:ID="00670F3E-9766-46b-9AB2-8313A8696D08"> <cim:IdentifiedObject name="terminal4" /> <cim:Terminal rdf:resource="#15CE50CBB-BFAA-47d1-BBF2-1917080A9090" /> </cim:Terminal> <cim:Terminal rdf:ID="9FA7EB9-14E8-4e79-AC6C-5C36B8AD4ECA"> <cim:IdentifiedObject name="terminal5" /> <cim:Terminal rdf:resource="#176F25529-8FBF-44af-A390-B6438C7FD228" /> </cim:Terminal> <cim:BusbarSection rdf:ID="15CE50CBB-BFAA-47d1-BBF2-1917080A9090"> <cim:IdentifiedObject name="busbar1" /> <cim:BusbarSection rdf:resource="#1D68E767-8B9F-4b1c-8F3A-A8CA7AB2BE26" /> </cim:BusbarSection> <cim:BusbarSection rdf:ID="9FA7EB9-14E8-4e79-AC6C-5C36B8AD4ECA"> <cim:IdentifiedObject name="busbar2" /> <cim:BusbarSection rdf:resource="#00670F3E-9766-46b-9AB2-8313A8696D08" /> </cim:BusbarSection> <cim:EquipmentMemberOfEquipment rdf:ID="15380DD9A-D18E-439d-9E5C-45BF002831D0"> <cim:ConductingEquipment rdf:resource="#15CE50CBB-BFAA-47d1-BBF2-1917080A9090" /> </cim:EquipmentMemberOfEquipment> <cim:EquipmentMemberOfEquipment rdf:ID="15380DD9A-D18E-439d-9E5C-45BF002831D0"> <cim:ConductingEquipment rdf:resource="#00670F3E-9766-46b-9AB2-8313A8696D08" /> </cim:EquipmentMemberOfEquipment> <cim:DiscreteValue rdf:ID="17688CDE-076A-4a61-BB08-DE955D2C5214"> <cim:DiscreteValue rdf:resource="#15CE50CBB-BFAA-47d1-BBF2-1917080A9090" /> </cim:DiscreteValue> <cim:DiscreteValue rdf:ID="17688CDE-076A-4a61-BB08-DE955D2C5214"> <cim:DiscreteValue rdf:resource="#00670F3E-9766-46b-9AB2-8313A8696D08" /> </cim:DiscreteValue> <cim:DiscreteValue rdf:ID="17688CDE-076A-4a61-BB08-DE955D2C5214"> <cim:DiscreteValue rdf:resource="#15CE50CBB-BFAA-47d1-BBF2-1917080A9090" /> </cim:DiscreteValue> <cim:DiscreteValue rdf:ID="17688CDE-076A-4a61-BB08-DE955D2C5214"> <cim:DiscreteValue rdf:resource="#00670F3E-9766-46b-9AB2-8313A8696D08" /> </cim:DiscreteValue> </rdf:RDF> </pre>
--	--

그림 4-9 IEC61850과 공통정보모델 표준에서 차단기 관련 XML 파일

Fig. 4-9 Circuit breaker XML file in IEC61850 and CIM

IEC61850 서버는 베이 계층의 계전기나 결합기록기 같은 지능형전자장치 내부에 내장되어, 스테이션 버스 계층에 연결되는 휴먼 머신 인터페이스(HMIs)같은 IEC61850 클라이언트와 연계되어 사용된다.



(2) 변전소구성명세서(SCD) 파일

변전소구성명세서 파일의 기본구조는 도입부, 변전부, 통신부, 지능형전자장치부, 공통데이터클래스부 및 데이터 템플릿부로 구성된 트리구조의 XML 파일 형태이다. 그림 4-8의 회로차단기는 그림 4-9에서 “XCBR1” 논리노드 인스턴스 형태로 표시되고, “LNode” 태그는 지능형전자장치성능명세서 파일의 “XCBR1” 논리노드와 사상 시 사용되고, 단말 태그는 연결 노드(CN) 사이에 차단기의 연결 관계를 표시한다. 즉 IEC61850 표준에서 정의한 변전소구성명세서 파일은 변전소 내부 전력 구조와 지능형전자장치 논리노드내의 데이터 요소를(데이터 객체 혹은 데이터 속성)상세하게 정의할 수 있도록 규정하고 있다

(3) 변전소구성명세서와 지능형전자장치성능명세서 사상 관계

변전소구성명세서 파일은 전력망 연결 구조를 정의한 변전부와 현장에 설치된 장치를 가상화한 논리 노드 데이터 객체와 속성을 갖고 있는 지능형전자장치로 구성되어 있다. 그림 4-10의 변전소구성명세서 파일에서 지능형전자장치부 논리노드 XCBR에서 파생된 클래스 인스턴스를 갖는 XCBR1이라는 차단기 논리노드명은 “InType” 인스턴스에 포함된다. 이 “InType” 인스턴스는 데이터형 템플릿 부분에서 해당 논리노드 인스턴스에 관한 데이터 항목과 데이터를 찾을 수 있도록 기능을 제공한다. 여기서 제공된 “InType” 인스턴스 정보가 변전소구성명세서과 지능형전자장치성능명세서 파일 사이 정보 사상을 위한 기본 메커니즘이다. 제공된 “InType” 인스턴스 내부의 데이터 태그와 속성의 식별자를 이용하여, 필요한 데이터를 “IED1/ XCBR1\$ST\$Pos\$StVal” 같은 문자열 형태로 추출할 수 있다.



4.4.3 IEC61970 공통정보모델 표준과 정보모델 파일

(1) 공통정보모델 정적파일

정적파일은 전력시스템의 버스-바, 회로 차단기, 발전기 및 부하와 같은 전력망 기반시설의 구성요소에 대한 완벽한 정보를 제공한다. 따라서 정적 파일에 표시되는 전력시스템 정보모델은 장치의 제거 또는 추가로 인한 전력계통망의 물리적 구조 변경이 있을 경우에만 해당 데이터가 변경된다. 변경된 최신 전력시스템 정보모델들은 전력망을 공유하는 중앙제어소 사이에 교환되어야 한다. 그림 4-8에서 사용하는 두 버스-바에 연결된 차단 시스템은 공통정보모델 표준으로 표현하면 열 가지 객체로 구성된다. 이들 객체는 시스템의 구성정보와 연결 데이터 수를 XML/RDF 파일형태로 표시된다. 이 정적파일은 전력계통구성요소들 사이의 상속관계와 연관 관계로 전력망 구조를 표현한다. 즉 장치(Equipment), 단말(Terminal) 그리고 연결노드(CN)는 유일한 “RDF:ID” 식별자 갖고 있으며 이 식별자는 장비 간의 상속관계에 따라 서로 연결되어 있다.

(2) 공통정보모델 동적파일

공통정보모델 동적파일은 시간 정보와 측정값을 갖는 XML/RDF 파일 형태로 표시되고, 이 파일에 포함되어 있는 측정값은 항상 시간 정보를 포함하고 있어야 한다. 그림 4-8의 차단기 시스템은 단 한 개의 회로 차단기의 상태 측정 요소를 갖는다. 이 측정 정보는 그림 4-9의 공통정보모델 동적 파일에서 “DiscreteValue : RDF ID”로 표시된다. 이 객체 정보는 정적파일의 Conducting Equipment의 “Equipment : RDF ID”와 상속관계를 갖는다.



(3) 공통정보모델 동적파일과 정적파일 사상

그림 4-9의 공통정보모델 동적파일에서 “DiscreteValue : RDF ID”와 정적파일의 “Equipment : RDF ID” 측정 요소 사이의 연결 관계는 전력 도메인 안에서 유일한 “RDF:ID”로 사상된다. 또한 이 측정 정보는 연결되는 물리적인 위치에 따라 단말 혹은 장치에 포함되는데, 즉 변압기 온도는 장치에 연결 되지만, 버스-바에 연결되는 변성기 혹은 변류기는 단말에 연결 되어야 한다. 현장 장치에 연결되는 위치에 따라 측정 위치가 다를 수 있지만, 현재의 공통정보모델은 물리적인 위치에 관계없이 측정값은 단말에 연결되는 것으로 표준에서 정의하고 있다.



4.4.4 IEC61850과 IEC61970 공통정보모델 표준 사상

(1) 통합 모델 생성

공통정보모델 생성은 처음 설계 시 차단기가 투입된 상태라고 정의하고, 전역계통망의 특성(예 : 전력망, 선로 및 장치 매개 변수 등), 기능설정(보호 기능을 예를 들어 매개 변수), 유틸리티 자동화 시스템의 통신구성(예 : 지능형전자장치, 통신정보 및 매개 변수) 그리고 변전소 지능형전자장치들 사이 연결 관계를 이용하여 구성한다. 그러나 지능형전자장치, 변전소 증설 혹은 분산 전원이 추가 되거나, 제거 될 경우에 두 표준은 다른 갱신 방법을 사용한다.

IEC61850 표준은 구성 시 사용하는 변전부 정보모델과 동작 시 사용하는 정보모델을 동시에 사용할 수 있도록 계층 구조의 변전소구성명세서 파일을 정의하고 있다. 동작 시 지능형전자장치가 추가될 경우, 운전 상태에서 정보를 액세스하여 추가할 수 있다. 따라서 변전소에서 사용하는 변전소구성명세서 파일은 구성 시 혹은 운전 시 변경된 정보를 추가 할 수 있는 구조를 갖고 있다. IEC61970 공통정보모델 표준은 구성 시 정보모델과 동작 시 정보모델을 동일한 구조의 XML/RDF 정보파일을 생성하므로, 동작 시 동적파일의 상태정보를 이용하여 전력망구성을 갱신하는 방식을 사용하여야 한다. 그 이유는 스마트 그리드에서 변전소 혹은 분산전원은 언제든지 추가되거나 제거될 수 있으므로, 운전 상태에서도 중앙제어소의 전력망 처리 프로세서는 갱신된 계통정보모델을 인접제어소와 상호 교환하여 변경할 수 있어야 한다.

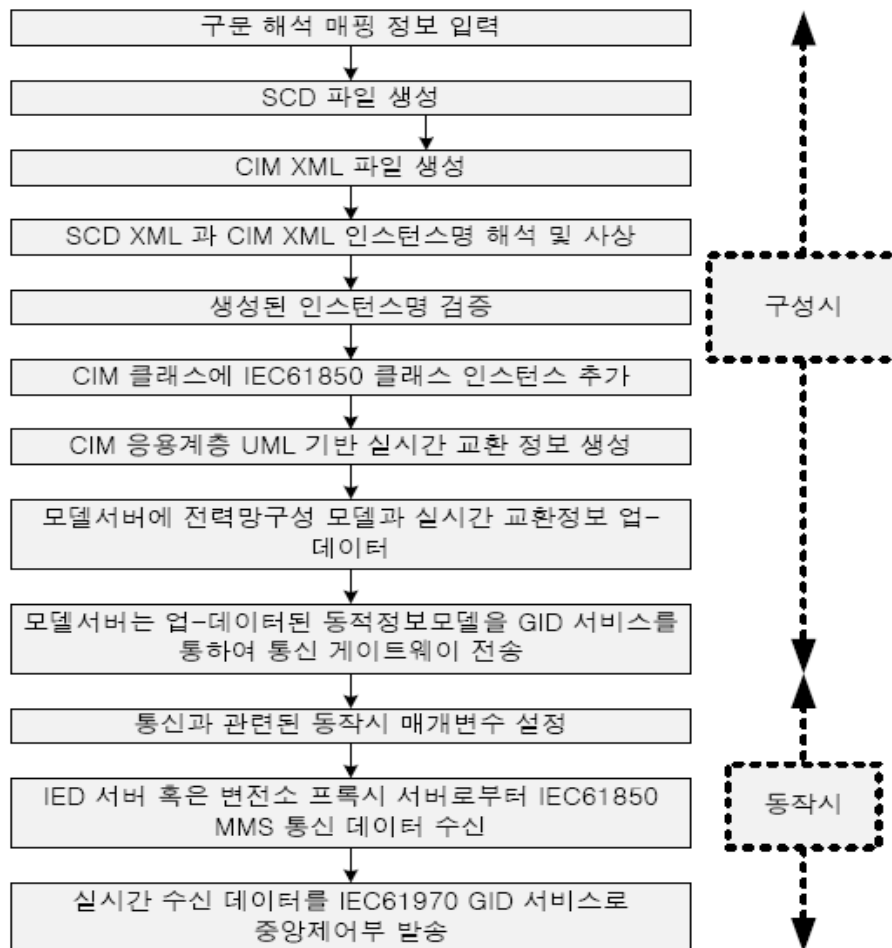


그림 4-10 IEC61850과 IEC61970 공통정보모델 표준 통합 절차

Fig. 4-10 Integration of IEC61850 and IEC61970 CIM standard

본 논문에서는 그림 4-10, 4-11과 같이 변전소구성명세서 파일과 공통정보모델 XML/RDF 파일을 사용하여, 새로운 갱신된 공통정보모델을 생성하는 통합 절차와 통합 모델 방안을 제시한다.

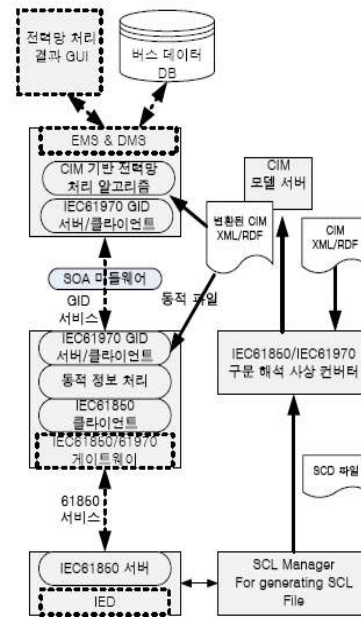
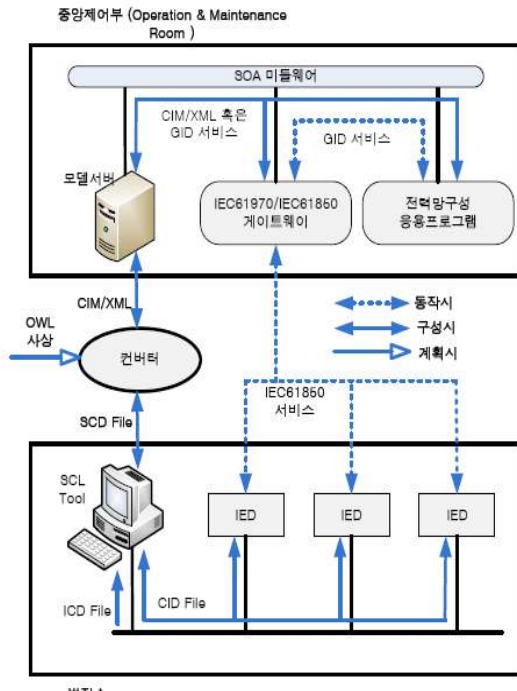


그림 4-11 IEC61850과 IEC61970 공통정보모델 통합 블록도

Fig. 4-11 Integration block diagram for IEC61850 and IEC61970

(2) 구성 시 사상 설계

그림 4-9의 지능형전자장치성능, 변전소구성명세서와 XML/RDF 공통정보모델 파일을 이용하여 사상 관계를 상세하게 설명한다, 먼저 IEC61850 변전소구성명세서 파일의 변전소 구성정보와 IEC61970 XML/RDF 정적파일 전력망 구성정보 사이에 사상 관계를 정의하고, IEC61850 변전소구성명세서 파일의 데이터 명과 데이터 속성을 정의한 데이터 객체 템플릿과 IEC61970 XML/RDF 동적 데이터 객체 사이의 사상 관계를 정립한다. 변전소구성명세서 파일의 트리구조와 공통정보모델 정적 및 동적파일의 개별 요소 간 사상 관계를 그림 4-12와 같이 상세하게 도식화하였다.

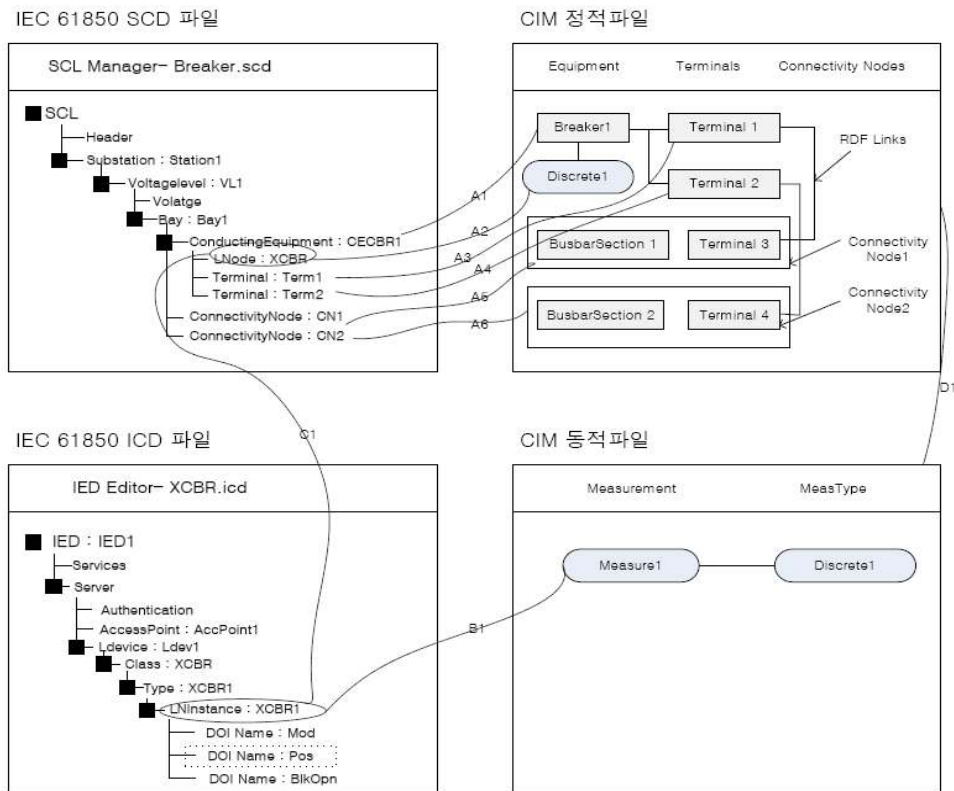


그림 4-12 IEC61970 공통정보모델과 IEC61850 객체 사상

Fig. 4-12 Mapping of IEC61970 CIM and IEC61850 objects

그림 4-12의 변전소구성명세서 파일의 변전소 “XCBR”과 지능형전자성능명세서 파일의 “XCBR” 사이에 “C1” 연결선은 “InType”으로 서로 연결된 관계를 표시하고, 공통정보모델 정적파일과 공통정보모델 동적파일 사이의 “D1” 연결선은 “RDF:ID”로 서로 연결된 관계를 표시한 것이다. 나머지 “A1~A6, B1” 설명은 다음과 같다.

- A1 : 두 표준에서 차단기 요소 사상



- A2 : 차단기와 관련된 논리 노드는 DescreteValue : RDF ID 개체와 사상.
 - A3, A4 : 두 표준의 차단기와 연결된 단말이기 사상.
 - A5, A6 : IEC61850 표준에 버스-바 요소가 없기 때문에 가상 연결노드(Connectivity Nodes)에 사상.
- 공통정보모델의 연결 노드(ConnectivityNodes)는 단말과 연결된 장치를 연결하기위한 가상 노드.
- B1 : 두 표준에서 동적 데이터 객체사이에 사상.

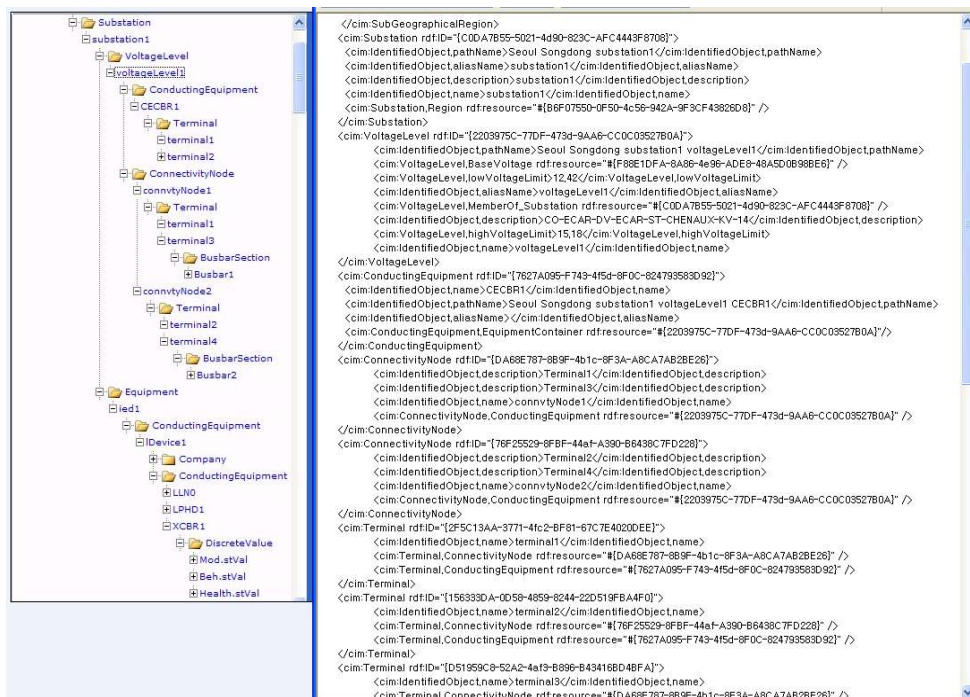


그림 4-13 공통정보모델 XML/RDF 기반 통합공통정보모델 파일

Fig. 4-13 Unified CIM File based on CIM XML/RDF



상기 사상방법을 이용하여 기존 공통정보모델 XML/RDF 파일의 데이터 객체에 IEC61850 데이터 객체를 대치하여 생성한 공통정보모델 XML/RDF 기반 통합공통정보모델 파일은 그림 4-13의 오른쪽에 배치하였다. 상호운용성을 검증하기 위해 CIMspy도구를 사용하여 통합된 공통정보모델 XML/RDF 파일을 해석한 부분은 왼쪽에 배치하여 비교하였다. 즉 클래스의 속성과 상속관계 정확하게 표현되는지 검증할 수 있다. 검증된 파일은 모델서버로 갱신되고, 갱신된 전력정보모델은 응용프로그램에서 사용한다.



4.4.5 통신 서비스 사상 설계

통합공통정보모델(제어소용) 게이트웨이는 모델서버로부터 중앙제어소 응용프로그램과 사상된 동적파일을 GID 서비스로 제공받고, 수신된 파일에서 실시간 데이터 객체 정보를 추출하여 현장장치(분산전원) 혹은 변전소 지능형전자장치로부터 IEC61850 통신 서비스를 통하여 데이터를 액세스하고, 상위 응용프로그램과 IEC61970 GID 서비스를 통하여 데이터와 정보모델을 송수신하는 역할을 담당한다.

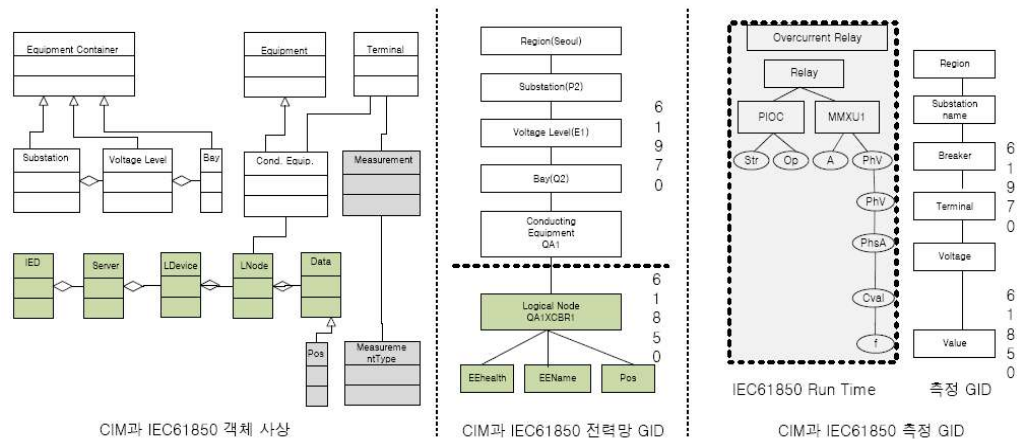


그림 4-14 IEC61850과 IEC61970 GID 서비스 데이터 사상

Fig. 4-14 Mapping of IEC61850 and IEC61970 GID service data

통합공통정보모델 게이트웨이는 에너지관리시스템의 전력망 관리, 정전관리 그리고 자산관리 등과 같은 응용분야에서 직접 사용할 측정 데이터와 지능형전자장치에 직접제어 혹은 설정용 데이터 정보를 제공할 수 있어야 한다. 현재 중앙제어소에서 사용할 측정 데이터 종류는 전력망(물리적 전력망) 데이터, 측정 데이터, 자산 데이터를 제공하고, 향후에는 중앙제어소에



서 직접 변전소 지능형전자장치 혹은 스테이션 제어기(SC)로 구성설정정보나, 보호 설정 데이터가 제공되어야 한다. 그림 4-14는 두 표준사이에 전력망(물리적 전력망구조) 데이터와 측정 데이터를 제공하는 GID 서비스 사상 정보를 표시한 것이다.

(1) IEC61970 GID와 IEC61850 ACSI 사상

제어소 게이트웨이는 공통정보모델 기반 응용프로그램과 변전소 지능형 전자장치 혹은 현장 장치(분산전원)의 데이터 객체 사이에 사상된 모델 정보를 수신하여, IEC61850 클라이언트와 IEC61970 GID 서버 사이에 연속적인(Seamless) 통신 서비스를 제공한다. 따라서 IEC61850 ACSI와 IEC61970 GID 서비스 비교는 표 4-6과 같다.

표 4-6 IEC61850 ACSI와 IEC61970 GID 서비스 비교

Table 4-6 Service comparisons for IEC61850 ACSI and IEC61970 GID

속성	Generic		High Speed		Time Series	
	GID	ACSI	GID	ACSI	GID	ACSI
요구/응답	GDA	No Equivalent	HSDA	Self-Description Get/Set, Controls	TSDA	Logging
연속리티 보고	GES	No Equivalent	HSDA	GOOSE, SMV, Unbuffered/Buffered Reporting	TSDA	No Equivalent

각 서비스별 연결 가능성은

- 통신 연결 서비스 : 두 서비스 사이에 IEC61850 MMS와 IEC61970-5 표준인터페이스 방식으로 연결이 가능하다.
- 읽기/쓰기 서비스 : 두 서비스 사이에 운전 시 정보를 읽기/쓰기 명령



연결이 가능하다.

- 제어 서비스 : IEC61970 HSDA 쓰기 명령을 이용하여, IEC61850 MMS 제어명령과 연결가능하나, 향상된 제어 명령은 불가능하다.
- 데이터 세트 서비스 : IEC61850 MMS는 동적 데이터 설정이 가능하나, IEC61970 HSDA는 지원하지 않는다.
- 리포팅 서비스 : IEC61970 HSDA 클라이언트는 수신 기능은 가능하나, IEC61850에서 지원하는 리포트 설정은 지원하지 않는다.
- 로깅 서비스 : IEC61970 TSDA와 연결이 가능하다.
- 고속 통신 서비스: IEC61850 서버 사이에 고속이벤트나 샘플링값 전송이 가능하나, IEC61970의 GID 서비스와 정확하게 일치되는 서비스는 없으나, HSDA 이벤트 서비스로 연결가능하다.
- 자기 설명 서비스 : IEC61850 서버의 트리구조 정보를 액세스할 수 있는 기능을 제공하는데, IEC61970은 일부 데이터 객체 정보를 브라우징은 가능하나, 정확하게 일치하지 않는다.
- 세팅그룹 서비스 : IEC61970은 세팅그룹을 제공하지 않고, 이 기능을 단지 연속적으로 쓰기 명령으로 연결은 가능하다.
- 대치 서비스 : IEC61970은 대치 명령을 제공하지 않고, 이 기능은 단지 쓰기 명령으로 연결은 가능하다.
- 파일 송수신 서비스 : IEC61970은 제공하지 않으나, 향후에 추가되어야 한다. 그 이유는 CMD 분석 시 혹은 사고 분석 시 필요하다.

본 절에서는 IEC61970 CIS(Component Interface Specification)의 GID (General Interface definition) 서비스와 IEC61850 ACSI(Abstruct communication service interface)서비스 분석 결과를 기준으로, IEC61970 GID HSDA(High Speed Data Access)서비스를 사용하여, 공통정보모델 기반 응용프로그램에 실시간 정보를 제공하도록 설계한다.



4.5 IEC61970 공통정보모델 게이트웨이 구현

4.5.1 공통정보모델 게이트웨이 구조 및 개발 환경

(1) 공통정보모델 게이트웨이 구조

공통정보모델(제어소용) 게이트웨이는 구성과 구성 요소 별 기능은 표 4-7과 같다.

표 4-7 공통정보모델 게이트웨이와 구성요소

Table 4-7 CIM gateway and configuration elements

구성 요소	기 능
구성 도구	<ul style="list-style-type: none"> - IEC61850 지능형전자장치성능명세서 변전소구성명세서 파일 분석 - IEC61970 공통정보모델 XML/RDF 파일 분석 - 데이터 변환을 위한 IEC61850 모델과 IEC61970 모델 사상 - 사상 정보 게이트웨이 프로파일, 통합공통정보모델 XML 생성 및 저장
공통정보모델 게이트웨이	<ul style="list-style-type: none"> - 동적파일 파서(Parser) 및 분석 - IEC61850 데이터 수집 - IEC61850 데이터 - IEC61970 데이터 변환 - IEC61970 데이터 전송

구성 도구는 지능형전자장치성능명세서, 변전소구성명세서 파일을 분석하여 수집할 IEC61850 데이터를 파악한다. 이 때 지능형전자장치성능명세서, 변전소구성명세서 파일의 논리노드 구성 및 각 구성 요소의 구조는 그림 4-15와 같다.

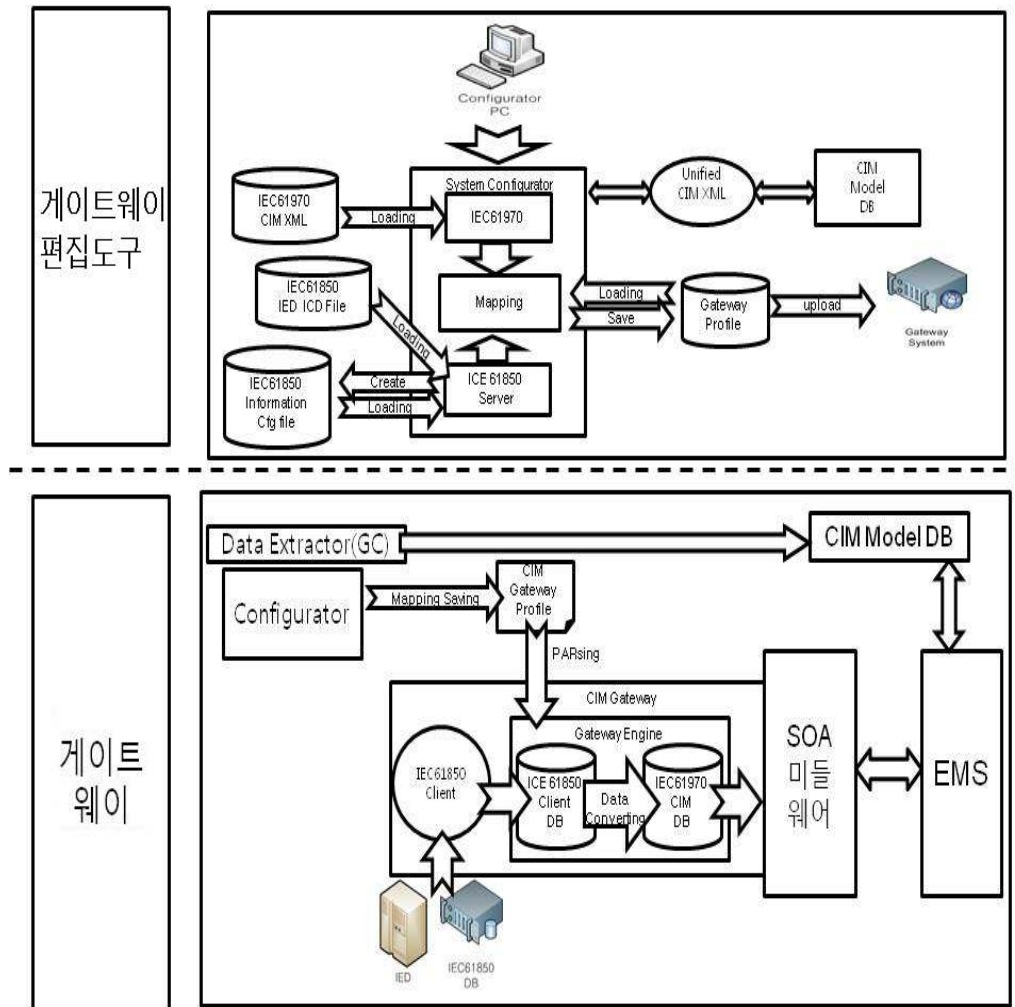


그림 4-15 공통정보모델 게이트웨이 구성도

Fig. 4-15 CIM gateway configuration diagram

구성 편집도구에서 생성하는 사상 프로파일 구성은 표 4-8와 같다.



표 4-8 사상 프로파일 구성

Table 4-8 Mapping profile configuration

인터페이스	설 명
채널	통신별 분류, IEC61850, IEC61970 통신 채널 정보
노드	통신별 장치, IEC61850의 계전기, IEC61970 공통정보모델 클래스
열	데이터 수집용 태그, 사상정보

a. 채널

통신별로 구분하여 설정을 구성하는 요소이다. 각 통신별 설정 가능한 세부 정보는 표 4-9에 기술한다. 이 정보는 채널 요소의 하위 속성인 C-CFC 요소에 저장된다.

표 4-9 통신 설정정보

Table 4-9 Protocol setting information

종류	속성	내용	사용방법
공통	No	Channel Number	1, 2, 3...
	Type	Channel Type : Indicates the Type of Channel	TCP
	PID	Protocol Type	IEC61850 / DNP
	Gender	Channel Type	Master / Slave
	Name	Channel Name	
	CooperationChannel	Redundancy Channel Number	
	State	Channel State	SINGLE / ACTIVE / STANDBY
종류	속성	내용	사용방법
IEC61850	SCLFILE	변전소 구성설명 File Name	
	RETRY_TIME	Connection Retry Time (milliseconds)	default : 10000
종류	속성	내용	사용방법
IEC61970	SCLFILE	공통정보모델 XML/RDF File Name	



b. 노드

통신 대상 장치에 대한 정보를 구성하는 요소이다. 채널요소의 하위 속성으로 위치하며 IEC61850 통신의 경우 데이터를 수집하기 위한 계전기 정보를 설정할 수 있으며, IEC61970 통신의 경우는 IEC61850의 계전기를 사상한 정보를 설정한다. 각 통신의 설정 가능한 노드 세부 정보는 표 4-10에 기술하며 노드 요소의 하위 속성인 N-CFG 요소에 저장된다.

표 4-10 노드 정보

Table 4-10 Node information

종류	속성	내용	사용방법
공통	No	Node Number Unique identification number for the node	1, 2, 3...
	Name	Node Name	
종류	속성	내용	사용방법
IEC 61850	State	Node State	SINGLE / ACTIVE / STANDBY
	IntegrityType	Integrity Type	END OF INIT / INTERVAL
	IntegrityInterval	Integrity Interval (miliseconds)	default : 2000
	ConfigurationType	Configuration Type	default : 0
	IEDName	IED Name	
	SCLLoadType	SCL Load Type	ICD/변전소구성 설명/On_Line
	SCLFile	ICD File Name	
	IP	IP Address	192.168.0.121
	SubnetMask	Subnet Address	255.255.255.0
	DefaultGateway	DefaultGateway Address	192.168.0.1
	PSEL	Up to 16 (octets) characters of ASCII encoded hex. ThisoctetstringrepresentsthePresentationSelectorusedto identifyaPresentationSAP.	00 00 00 01
	SSEL	Up to 16 (octets) characters of ASCII encoded hex. TheoctetstringrepresentstheSessionSelectorusedto identifyaSessionSAPthatcanbeupto16octetsinlength.	00 01
	TSEL	Up to 32(octets) characters of ASCII encoded hex. TheoctetstringrepresentstheTransportSelectorusedto identifyaTransportSAPthatcanbeupto16octetsinlength.	00 01
	RCBNUM	Report Control Block Count	0
	GCBNUM	Goose Control Block Count	0



	KeepAliveTime	Keep Alive Time (Seconds)	default : 60
종류	속성	내용	사용방법
IEC 61970	State	Node State	SINGLE / ACTIVE / STANDBY

c. 열

통신별 데이터 정보를 설정하는 요소이다. 노드 요소의 하위 요소로 위치하며 정보 교환을 위한 사상에 사용한다. IEC61850 통신의 경우 계전기에서 수집할 데이터 포인트를 등록하고, IEC61970 통신의 경우 IEC61850 통신의 열과 사상하여 변환된 데이터가 저장될 공통정보모델 클래스를 등록한다. 각 통신의 열의 정보는 표 4-11에 기술한다.

표 4-11 열 정보

표 4-11 Row information

종류	속성	내용	사용방법
공통	No	Row Number : Unique identification number for the node	1, 2, 3...
	Name	Row Name	
	Division	Row Type	READ / WRITE / READWRITE / REPORT / CONTROL
종류	속성	내용	사용방법
IEC 61850	DATA	MMS tag Value	LLN0\$ST\$Health\$stVal
	QUALITY	MMS tag Quality	LLN0\$ST\$Health\$q
	TIME	MMS Tag Timestamp	LLN0\$ST\$Health\$t
	DOMAIN	IED Name	E1Q1SB1C1
	TYPE	MMS Tag Value Data Type	INT32
	DESC	description	
	DBAND	Dead Band	0
종류	속성	내용	사용방법
IEC 61970	Type	Data Type	INT32
	DataTag	공통정보모델 Class Data	1
	TagID	공통정보모델 XML/RDF GUID	1
	DESC	description	
	MChannelNumber	Mapping Channel Number	1
	MNodeNumber	Mapping Node Number	1
	mRowNumber	Mapping Row Number	1
	MPointType	Mapping Data Type	INT32



MStartPoint	Mapping Start Point	1
MNumberOfPoint	Mapping Point Count	1
MBitDataEn	Mapping Bit Data Enable	False
MStartBit	Mapping Start Bit	0
MNumberOBits	Mapping Bit Count	0

d. CFG 파일 과 통합공통정보모델 XML/RDF 파일

IEC61850, IEC61970 통신에서 데이터 열을 추가하기 위하여 생성하는 파일이다. 생성하는 CFG 파일의 이름은 분석할 대상 지능형전자장치성능명세서, 변전소구성명세서 또는 공통정보모델 XML/RDF 파일과 동일하게 생성하며 확장자는 CFG로 한다.

IEC61850 통신에서는 채널 계층에서 불러온 변전소구성명세서 파일이나 노드 계층에서 불러온 지능형전자장치성능명세서 파일의 논리노드 구성을 분석하여 IEC 61850 데이터 태그를 저장한 CFG 파일을 생성한다. CFG 파일에 저장되는 정보는 계전기 이름을 표시하는 도메인 정보, 데이터 태그, 데이터 태그 형이며 각 정보는 탭 문자로 간격을 두어 구분하여 IEC61850 용 CFG 파일을 그림 4-16의 왼쪽과 같이 생성한다.

IEC61970 통신에서는 채널 계층에서 불러온 공통정보모델 XML/RDF 파일을 분석하여 공통정보모델 클래스 정보를 저장한 CFG 파일을 생성한다. CFG 파일에 저장되는 정보는 공통정보모델 클래스를 표시하는 공통정보모델 클래스 종류, 공통정보모델클래스의 GUID이며 각 정보는 탭 문자로 간격으로 구분하며, IEC61970용 CFG 파일을 그림4-16의 오른쪽과 같이 생성한다.

또한 공통정보모델 XML/RDF 파일 정보에 IEC61850 데이터 태그를 삽입하는 방식으로 사상정보를 연결한다, 통합된 공통정보모델 XML/RDF 파일을 그림 4-17과 같이 생성한다.

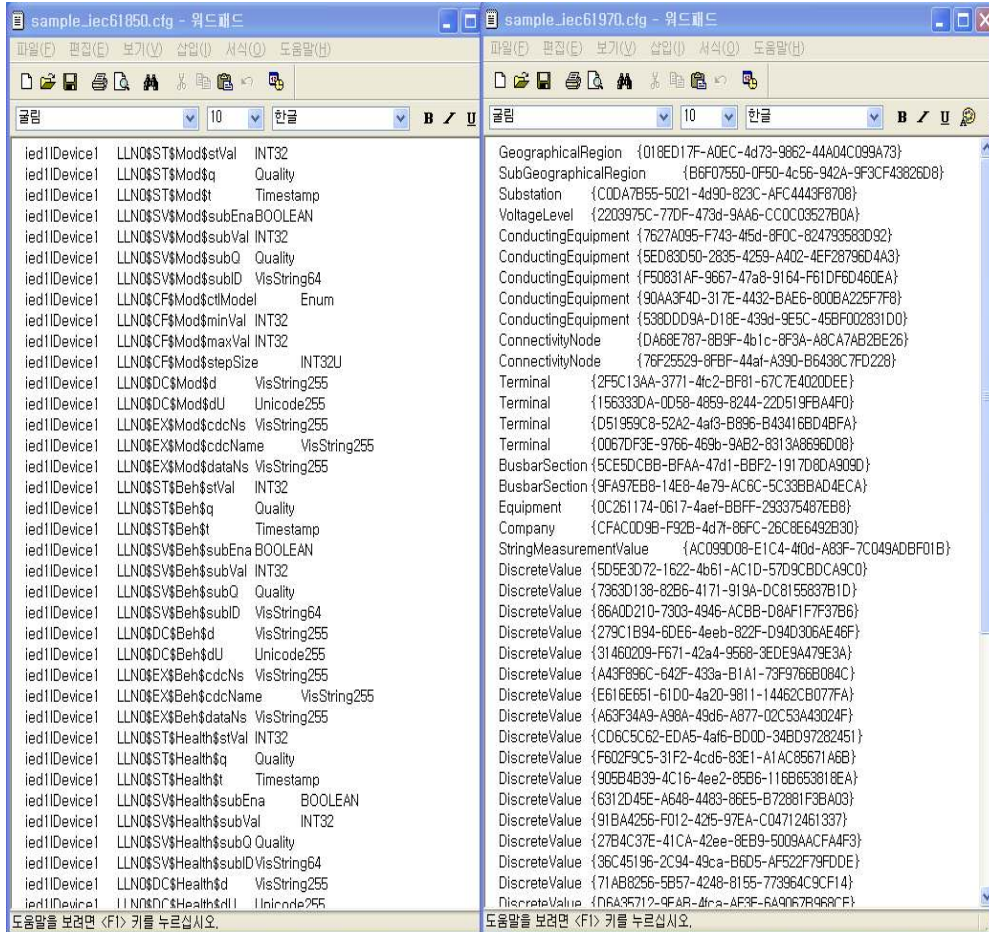


그림 4-16 IEC61850과 IEC61970 CFG 파일

Fig. 4-16 IEC61850 and IEC61970 CFG file



```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF xmlns:cin="http://iec.ch/TC57/2008/CIN-schema-cin13#" xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  <cin:GeographicalRegion rdf:ID="{018ED17F-A0EC-4d73-9862-44A04C099A73}">
    </cin:GeographicalRegion>

    <cin:SubGeographicalRegion rdf:ID="{B6F07550-0F50-4c56-942A-9F3CF43826D8}">
      </cin:SubGeographicalRegion>

    <cin:Substation rdf:ID="{C00A7B55-5021-4d90-823C-AFC4443F8708}">
      <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1</cin:IdentifiedObject.pathName>
      <cin:IdentifiedObject.aliasName>substation1</cin:IdentifiedObject.aliasName>
      <cin:IdentifiedObject.description>substation1</cin:IdentifiedObject.description>
      <cin:IdentifiedObject.name>substation1</cin:IdentifiedObject.name>
      <cin:Substation.Region rdf:resource="#{B6F07550-0F50-4c56-942A-9F3CF43826D8}" />
    </cin:Substation>

    <cin:VoltageLevel rdf:ID="{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}">
      <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1</cin:IdentifiedObject.pathName>
      <cin:VoltageLevel.BaseVoltage rdf:resource="#{F88E1DFA-8A86-4e96-AD08-48A5D0B980E6}" />
      <cin:VoltageLevel.LowVoltageLimit>12.42</cin:VoltageLevel.LowVoltageLimit>
      <cin:IdentifiedObject.aliasName>voltageLevel1</cin:IdentifiedObject.aliasName>
      <cin:VoltageLevel.MemberOf_Substation rdf:resource="#{C00A7B55-5021-4d90-823C-AFC4443F8708}" />
      <cin:IdentifiedObject.description>CO-ECAR-DV-ECAR-ST-CHENAU-KU-14</cin:IdentifiedObject.description>
      <cin:VoltageLevel.HighVoltageLimit>15.18</cin:VoltageLevel.HighVoltageLimit>
      <cin:IdentifiedObject.name>voltageLevel1</cin:IdentifiedObject.name>
    </cin:VoltageLevel>

    <cin:ConductingEquipment rdf:ID="{7627A095-F743-4f5d-8F0C-824793583D92}">
      <cin:IdentifiedObject.name>CEC8R1</cin:IdentifiedObject.name>
      <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1 CEC8R1</cin:IdentifiedObject.pathName>
      <cin:IdentifiedObject.aliasName></cin:IdentifiedObject.aliasName>
      <cin:ConductingEquipment.EquipmentContainer rdf:resource="#{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}" />
    </cin:ConductingEquipment>

    <cin:ConnectivityNode rdf:ID="{DA68E787-8B9F-4b1c-8F3A-A8CA7A82B26}">
      <cin:IdentifiedObject.description>Terminal1</cin:IdentifiedObject.description>
      <cin:IdentifiedObject.description>Terminal3</cin:IdentifiedObject.description>
      <cin:IdentifiedObject.name>connvtyNode1</cin:IdentifiedObject.name>
      <cin:ConnectivityNode.ConductingEquipment rdf:resource="#{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}" />
    </cin:ConnectivityNode>

    <cin:ConnectivityNode rdf:ID="{76F25529-8F8F-44af-A390-86438C7FD228}">
      <cin:IdentifiedObject.description>Terminal2</cin:IdentifiedObject.description>
      <cin:IdentifiedObject.description>Terminal4</cin:IdentifiedObject.description>
      <cin:IdentifiedObject.name>connvtyNode2</cin:IdentifiedObject.name>
      <cin:ConnectivityNode.ConductingEquipment rdf:resource="#{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}" />
    </cin:ConnectivityNode>

    <cin:Terminal rdf:ID="{2F5C13AA-3771-4fc2-8F81-67C7E4020EE}">
      <cin:IdentifiedObject.name>terminal1</cin:IdentifiedObject.name>
      <cin:Terminal.ConnectivityNode rdf:resource="#{DA68E787-8B9F-4b1c-8F3A-A8CA7A82B26}" />
      <cin:Terminal.ConductingEquipment rdf:resource="#{7627A095-F743-4f5d-8F0C-824793583D92}" />
    </cin:Terminal>
```



```
<cin:Terminal rdf:ID="{156333DA-0D58-4859-8244-22D519F0A4F0}">
  <cin:IdentifiedObject.name>terminal2</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:Terminal.ConnectivityNode rdf:resource="{76F25529-8FBF-44af-A390-B6438C7FD228}" />
  <cin:Terminal.ConductingEquipment rdf:resource="{7627A095-F743-4f5d-8F0C-824793583D92}" />
</cin:Terminal>
<cin:Terminal rdf:ID="{D51959C8-52A2-4af3-B896-B43416BD4BFA}">
  <cin:IdentifiedObject.name>terminal3</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:Terminal.ConnectivityNode rdf:resource="{DA68E787-8B9F-4b1c-8F3A-A8CA7AB28E26}" />
  <cin:Terminal.ConductingEquipment rdf:resource="{5CE5DCBB-BFAA-47d1-BBF2-1917D8DA909D}" />
</cin:Terminal>
<cin:Terminal rdf:ID="{0067DF3E-9766-469b-9AB2-8313A8696D08}">
  <cin:IdentifiedObject.name>terminal4</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:Terminal.ConnectivityNode rdf:resource="{76F25529-8FBF-44af-A390-B6438C7FD228}" />
  <cin:Terminal.ConductingEquipment rdf:resource="{9FA97EB8-14E8-4e79-AC6C-5C33B8AD4ECA}" />
</cin:Terminal>

<cin:BusbarSection rdf:ID="{5CE5DCBB-BFAA-47d1-BBF2-1917D8DA909D}">
  <cin:IdentifiedObject.name>Busbar1</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:ConductingEquipment.Terminal rdf:resource="{D51959C8-52A2-4af3-B896-B43416BD4BFA}" />
  <cin:Equipment.MemberOf_Equipment rdf:resource="{SS1}" />
</cin:BusbarSection>
<cin:BusbarSection rdf:ID="{9FA97EB8-14E8-4e79-AC6C-5C33B8AD4ECA}">
  <cin:IdentifiedObject.name>Busbar2</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:ConductingEquipment.Terminal rdf:resource="{0067DF3E-9766-469b-9AB2-8313A8696D08}" />
  <cin:Equipment.MemberOf_Equipment rdf:resource="{SS2}" />
</cin:BusbarSection>

<cin:Equipment rdf:ID="{0C261174-0617-4aef-BBFF-293375487EB8}">
  <cin:IdentifiedObject.name>ied1</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 ied1</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>ied1</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:VoltageLevel.MemberOf_Substation rdf:resource="{C0DA7B55-5021-4d90-823C-AFC4443F8708}" />
</cin:Equipment>
<cin:ConductingEquipment rdf:ID="{5ED83D50-2835-4259-A402-4EF28796D4A3}">
  <cin:IdentifiedObject.name>lDevice1</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>ied1.lDevice1</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName></cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:ConductingEquipment.EquipmentContainer rdf:resource="{0C261174-0617-4aef-BBFF-293375487EB8}" />
</cin:ConductingEquipment>

<cin:ConductingEquipment rdf:ID="{538DD09A-D18E-439d-9E5C-45BF002831D0}">
  <cin:IdentifiedObject.name>XCBB1</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>ied1.lDevice1.XCBB1</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName></cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:ConductingEquipment.EquipmentContainer rdf:resource="{5ED83D50-2835-4259-A402-4EF28796D4A3}" />
</cin:ConductingEquipment>
<cin:DiscreteValue rdf:ID="{7698CDEE-078A-4a61-BB08-DE055D2C5214}">
  <cin:IdentifiedObject.name>Pos.stVal</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>XCBB.1.ST.Pos.stVal</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:value>100</cin:value>
  <cin:timestamp>20111004102030</cin:timestamp>
  <cin:MeasurementValueQuality></cin:MeasurementValueQuality>
  <cin:DiscreteValue.MemberOf_Measurement rdf:resource="{538DD09A-D18E-439d-9E5C-45BF002831D0}" />
</cin:DiscreteValue>
</rdf:RDF>
```

그림 4-17 IEC61850과 IEC61970 통합공통정보모델 파일

Fig. 4-17 IEC61850 and IEC61970 unified CIM file



(2) 개발환경

통합공통정보모델 게이트웨이 개발환경은 표 4-12와 같다.

표 4-12 게이트웨이 개발환경

Table 4-12 Development environment of gateway

구 분		내 용
공통정보 모델 Gateway	H/W	<ul style="list-style-type: none"> - OS : Microsoft Windows XP Professional Service Pack 2 이상 - CPU : Genuine Intel® Core i7-860 (2.8GHz) - Memory : 4.00GB - Fiber Interface Card : 2 Port 이상 100MB Fiber Optic Ethernet - Ethernet Interface Card : 2 Port 이상 10/100/1000 RJ45 Port - Serial Interface Card : 4 Port 이상 RS232/422/485 Serial Port - Display Unit : 24" LCD
	S/W	<ul style="list-style-type: none"> - Microsoft Visual Studio 2008 - Microsoft .NET Framework 3.5 SP1



4.5.2 공통정보모델 게이트웨이 내부 프로세서 설명

각 구성 요소의 내부 프로세서는 표 4-13과 같다.

표 4-13 구성요소의 내부 프로세서
Table 4-13 Processor of components

구 성	기 능
구성 프로세서	<ul style="list-style-type: none"> - IEC61850 변전소구성명세서 파일 분석 프로세서 - IEC61970 공통정보모델 XML/RDF 파일 분석 프로세서 - IEC61850 모델과 IEC61970 모델 사상 프로세서
변환 프로세서	<ul style="list-style-type: none"> - IEC61850 데이터 수집 프로세서 - IEC61850 데이터 - IEC61970 데이터 변환 프로세서 - IEC61970 데이터 수집, 전송 프로세서

(1) IEC61850 변전소구성명세서 파일 분석 프로세서

이 프로세서의 기능은 지능형전자장치성능명세서 혹은 변전소구성명세서 파일을 분석하여 계전기의 데이터를 수집할 IEC61860 데이터 태그를 만드는 기능을 한다. 지능형전자장치성능명세서, 변전소구성명세서 파일의 계전기 정보와 계전기의 논리노드 구성을 분석하여 IEC61850 데이터 태그를 생성하고 이 목록을 CFG 파일로 저장한다.

데이터 태그를 생성하는 원리는 그림 4-18과 같다.

- 변전소구성명세서 또는 지능형전자장치성능명세서 파일에서 <LN0> 또는 <LN> 항목 검색.
- 검색된 논리노드의 lnTyped은 <DataTypeTemplates> 항목의 하위 항목에서 <LNNodeType> 검색.
- 검색된 <LNNodeType> 하위항목에 있는 <DO> 항목 검색은 데이터



- 형에서 <DataTypeTemplates> 하위항목에서 <DOType> 검색.
- d. <DOType>의 하위항목인 <DA> 항목에서 데이터 형 요소가 있는 경우 형의 데이터로 “c.”과정을 재수행. 형 요소가 없는 경우 bType 이 “DataType”으로 결정.
- e. “b.”과정에서 추출한 lnClass + \$ + “d.”과정에서 추출한 fc + \$ + “c.”과정에서 추출한 type + \$ + “d.” 과정에서 추출한 name의 순으로 하여 데이터 태그 완성
- f. “d.” 과정에서 추출한 bType은 데이터 태그의 “DataType”으로 사용.

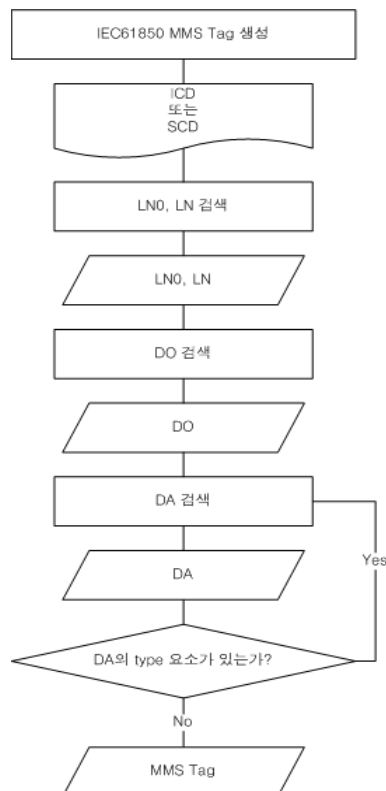


그림 4-18 데이터 태그 흐름도

Fig. 4-18 Data tag flowchart



데이터 태그 목록에 저장되는 정보는 표 4-14와 같다.

표 4-14 데이터 태그 목록 정보

Table 4-14 Data tag list information

종류	내용	데이터
도메인	IED Name + Logical Device Name을 조합하여 구성. 계전기의 이름을 표현	LNB1
데이터 태그	IEC61850 데이터 태그	LPHD1\$ST\$Proxy\$stVal
데이터 형	IEC61850 데이터 타입	INT32

그림 4-19는 생성한 데이터 태그 목록을 보이고 있다

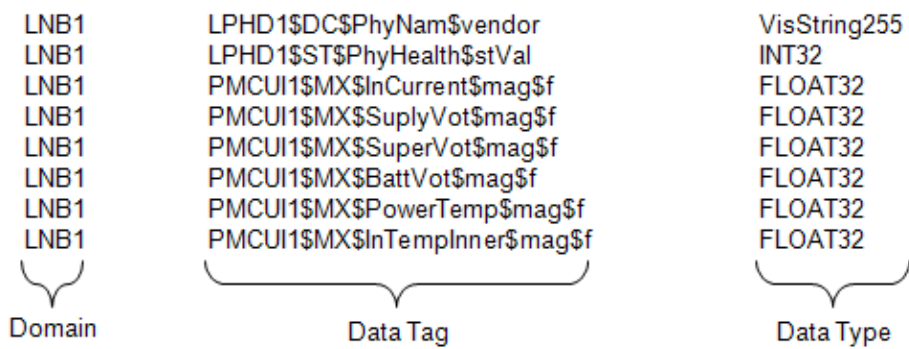


그림 4-19 IEC61850 데이터 태그 목록 CFG 파일 구조

Fig. 4-19 IEC61850 data tag list CFG file structure

이 프로세서의 시퀀스 다이어그램은 그림 4-20과 같다. .

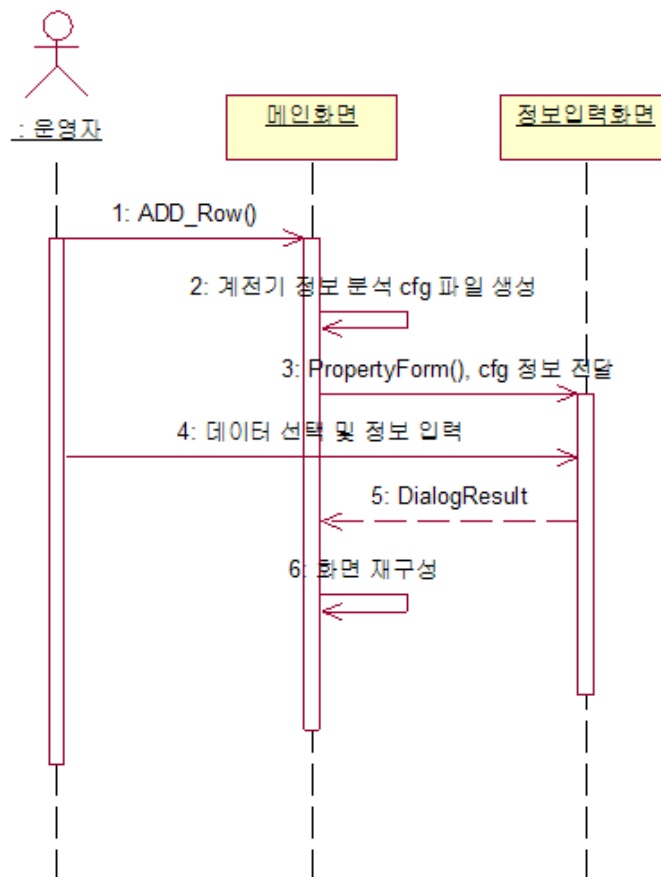


그림 4-20 IEC61850 데이터 분석, 추가 프로세서 시퀀스 다이어그램

Fig. 4-20 IEC61850 data analysis, Insert processor sequence diagram

(2) IEC61970 공통정보모델 XML/RDF 파일 분석 프로세서

공통정보모델 XML/RDF 파일을 분석하여 공통정보모델 클래스 정보를 저장한 CFG 파일을 생성한다.

이 파일을 생성하는 원리는 다음과 같다.



- 공통정보모델 XML/RDF 파일에서 공통정보모델 클래스를 검색.
- 검색된 공통정보모델 클래스의 GUID를 저장하여 파일 생성.

이 정보파일에 저장되는 정보는 표 4-15와 같다.

표 4-15 정보파일에 저장되는 정보

Table 4-15 Data saved information file

종류	내용	데이터
공통정보모델 클래스	IEC61970 공통정보모델 클래스 종류	AnalogValue, Company 등
GUID	공통정보모델 XML/RDF에서 고유한 값으로 계통 정보 검색에 사용	72B449C7-A285-4ef1-9074-EFFA473A0F0F

그림 4-21은 생성한 모델 정보 목록을 나타낸다.

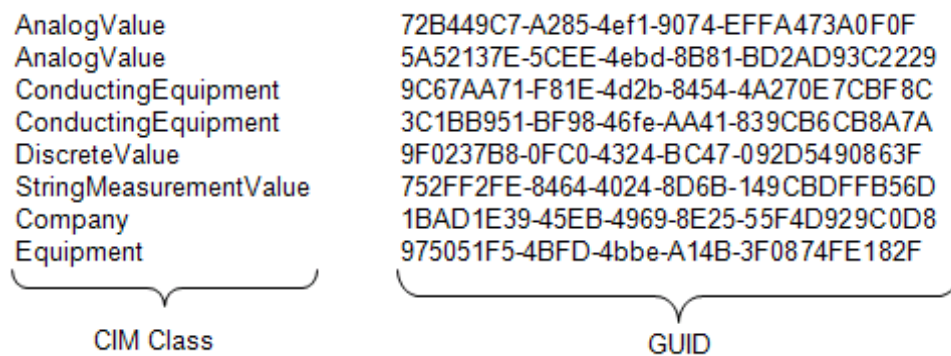


그림 4-21 IEC61970 공통정보모델 정보 목록 CFG 파일 구조

Fig. 4-21 IEC61850 CIM information list CFG file structure

이 프로세서의 시퀀스 다이어그램은 그림 4-20의 과정과 동일하며 분석



대상이 지능형전자장치성능명세서 혹은 변전소구성명세서 파일이 아닌 공통정보모델 XML/RDF 파일의 차이가 있다.

(3) IEC61850 모델과 IEC61970 모델 사상 프로세서

지능형전자장치성능명세서 혹은 변전소구성명세서 파일 분석 프로세서와 공통정보모델 파일 분석 프로세서에서 생성된 각 정보를 사용하여 데이터를 수집할 IEC61850 데이터 태그와 사상 할 공통정보모델 클래스를 추가한다. 이 때 추가된 정보들은 트리구조로 출력하여 현재 사용 중인 데이터의 목록을 표현한다. 그림 4-22는 편집도구의 화면 구성을 보여준다.

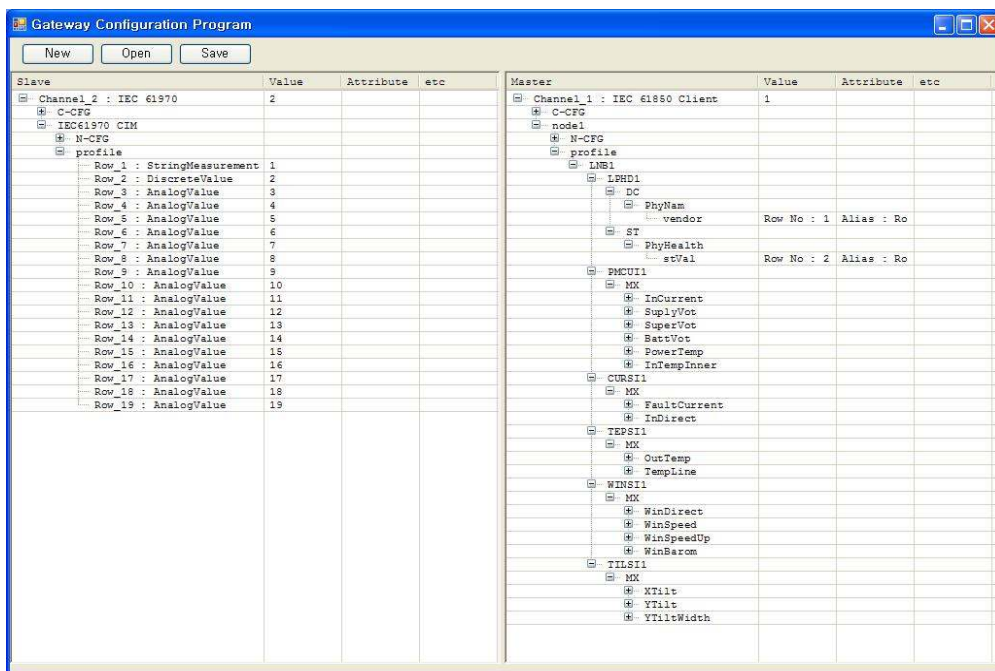


그림 4-22 편집도구 메인화면

Fig. 4-22 Main window of configuration editor tool

데이터 간의 사상은 주국 화면의 IEC61850 데이터를 선택하여 종속국 화



면의 IEC61970 위치에 드래그 앤 드롭의 방식으로 수행한다. 이 프로세서의 시퀀스 다이어그램은 그림 4-23과 같다.

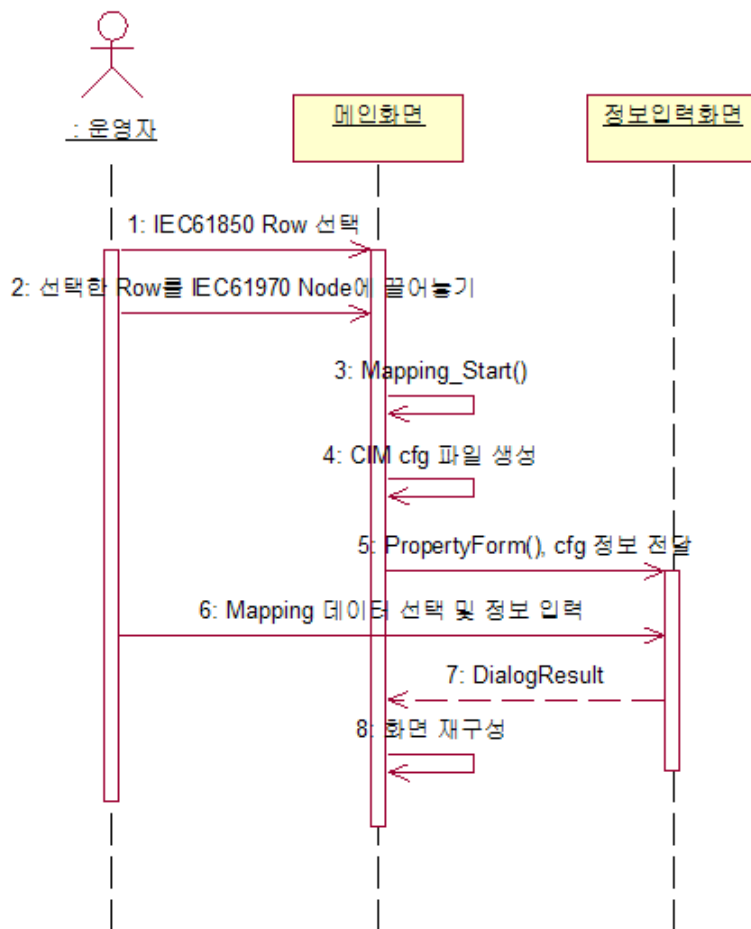


그림 4-23 IEC61850 - IEC61970 데이터 사상 프로세서 시퀀스 다이어그램
Fig. 4-23 IEC61850 - IEC61970 data mapping processor sequence diagram



(4) IEC61850 데이터 수집 프로세서

데이터 수집 프로세서는 프로파일을 분석하여 지능형전자장치에 접속하여 IEC61850 데이터를 수집하고 데이터 변환 프로세서에서 생성한 공유 메모리 데이터베이스에 데이터를 입력하는 기능을 한다. 프로파일 분석은 처음 실행 시 한번만 실행하고, 그 후에는 설정 주기에 따라서 데이터를 수집하고 저장하는 행동을 반복한다. 이렇게 입력된 데이터는 변환 프로세서에서 변환할 대상 데이터로 사용한다.

이 프로세서의 시퀀스 다이어그램은 그림 4-24와 같다.

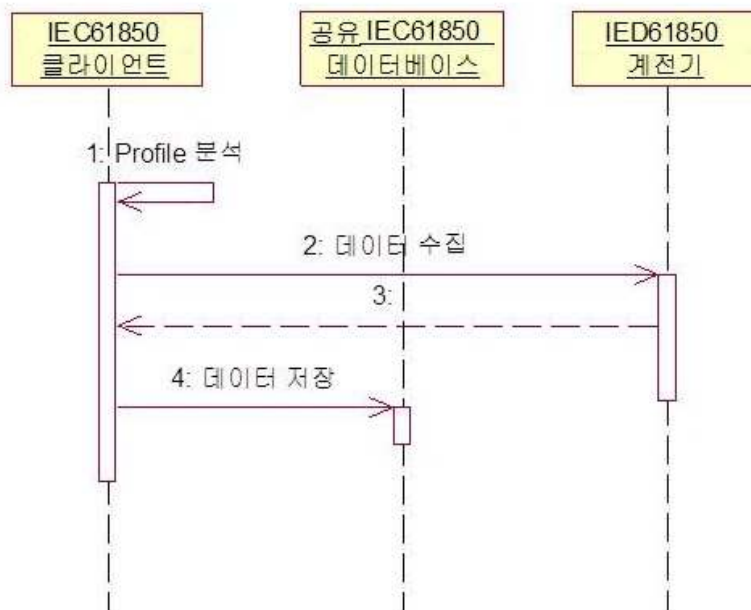


그림 4-24 IEC61850 데이터 수집 프로세서 시퀀스 다이어그램

Fig. 4-24 IEC61850 data acquisition processor sequence diagram



(5) IEC61850 데이터와 IEC61970 데이터 변환 프로세서

프로파일을 분석하여 통신별 정보 교환용 공유 메모리 데이터베이스를 구축하고 프로파일에 설정된 주기마다 프로파일의 사상 정보대로 IEC61850 공유 메모리 데이터베이스의 데이터를 IEC61970 공유 메모리 데이터베이스에 저장하는 데이터 변환 기능을 수행한다. 이 프로세서의 시퀀스 다이어그램은 그림 4-25와 같다.

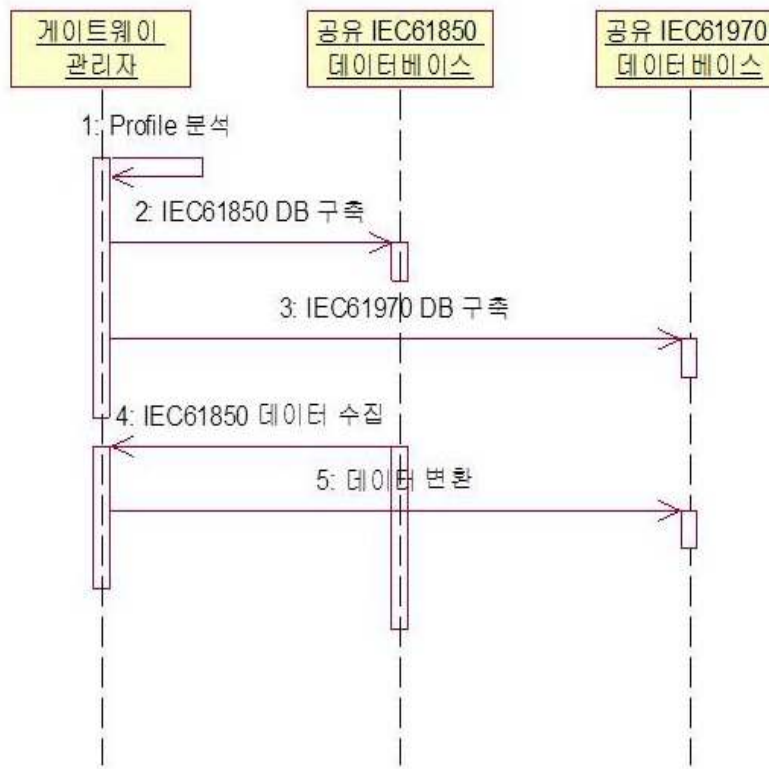


그림 4-25 데이터 변환 프로세서 시퀀스 다이어그램

Fig. 4-25 Data transform processor sequence diagram

(6) IEC61970 데이터 수집, 전송 프로세서

프로파일을 분석하여 변환이 완료되면, IEC61970 공유 메모리 데이터베이스에 저장된 데이터를 수집하여 공통정보모델 XML/RDF에 저장하고 데이터를 전송하는 기능을 한다. 데이터 전송에는 IEC61970 표준 GID 인터페이스를 사용한다. 이 프로세서의 시퀀스 다이어그램은 그림 4-26과 같다.

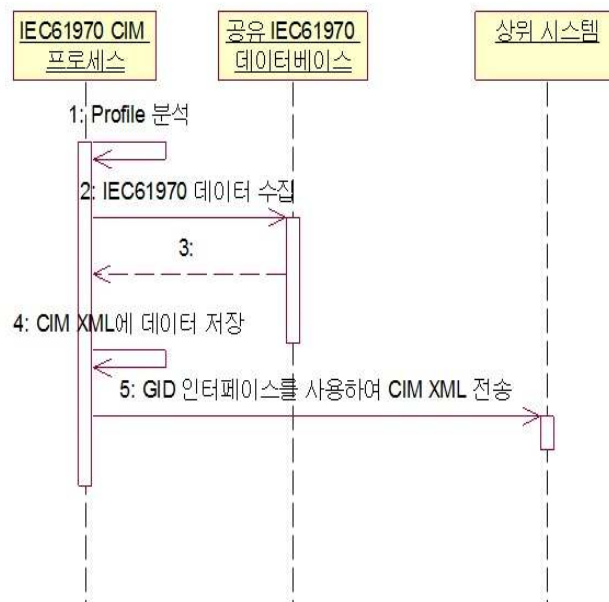


그림 4-26 IEC61970 데이터 수집, 전송 프로세서 시퀀스 다이어그램

Fig. 4-26 IEC61970 data acquisition, send processor sequence diagram

이 프로세서에는 IEC61970 표준 GID 인터페이스 중 GDA와 HSDA를 사용한다. 이 중 GDA 인터페이스는 IEC61970 모델 정보 및 일반 데이터를 전송하는데 사용하며, HSDA의 경우 이벤트 데이터와, 같은 실시간 데이터를 전송하는데 사용한다. 그림 4-27과 4-28은 GDA 인터페이스의 송/수신 인터페이스의 클래스 구조이다.

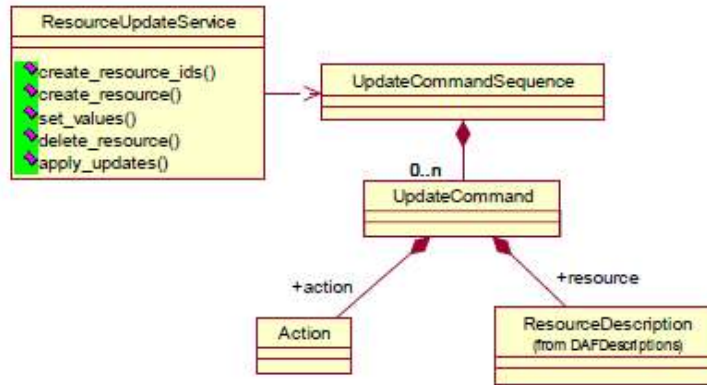


그림 4-27 데이터 송신 GDA 인터페이스 클래스 구조

Fig. 4-27 Data transmission GDA interface class structure

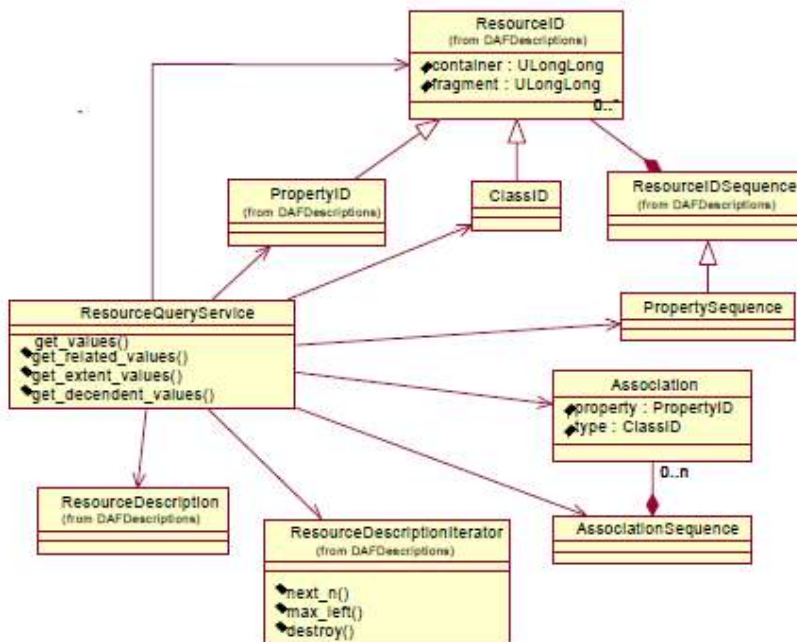


그림 4-28 데이터 수신 GDA 인터페이스 클래스 구조

Fig. 4-28 Data receive GDA interface class structure

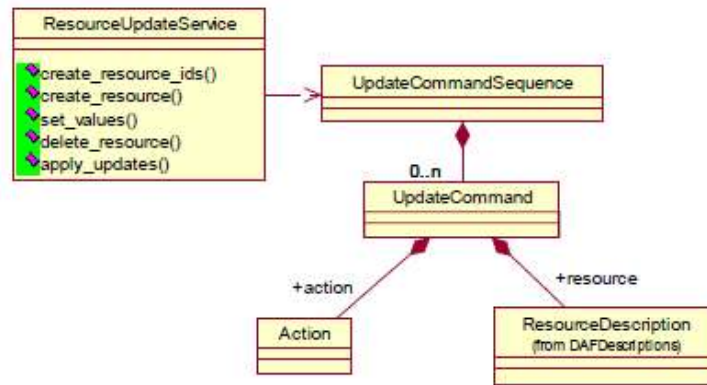


그림 4-29 데이터 송신 HSDA 인터페이스 클래스 구조

Fig. 4-29 Data transmission HSDA interface class structure

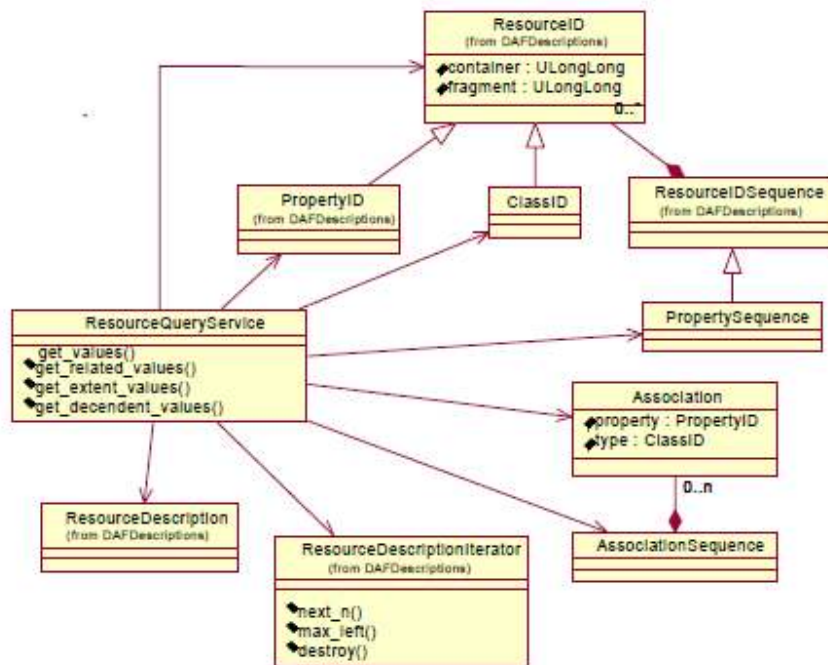


그림 4-30 데이터 수신 HSDA 인터페이스 클래스 구조

Fig. 4-30 Data receive HSDA interface class structure



그림 4-29와 4-30은 HSDA 인터페이스의 송/수신 인터페이스의 클래스 구조이다.

본 장에서는 차단기 구성 예제를 사용하여 IEC61850/IEC61970 통합공통 정보모델 개발에 필요한 사상 논리, 즉 IEC61970 공통정보모델 XML/RDF 정적파일과 변전소구성명세서 파일에 있는 변전부 사이의 사상 및 IEC61970 공통정보모델 동적파일의 데이터 객체와 IEC61850 데이터 객체 사이의 사상을 설명하였다. 또한 이 사상 방법을 확장하기 위한 통합 절차를 개발하여 통합공통정보모델 상호 교환 및 연속적인 통신 서비스가 가능하도록 하였다. 즉 디지털 변전소 게이트웨이와 제어소 게이트웨이 사이의 IEC61850 ACSI 통신서비스 구현 및 IEC61970 통합공통정보모델 게이트웨이와 에너지관리시스템 응용프로그램 사이의 GID(GDA/HSDA) 통신 서비스를 구현하였다. 또한 게이트웨이 편집도구에서 생성한 통합공통정보모델을 에너지 관리시스템의 핵심 역할을 수행하는 전력망 처리 프로세서에 적용하여 상호운용성을 제 5장에서 검증한다.



제 5 장 전력망 처리 프로세서에 통합정보모델 적용

5.1 중앙제어소 에너지관리시스템

제어소용 게이트웨이는 공통정보모델 기반 데이터 전송장치이며, 에너지 관리시스템의 전력망(Topology) 처리 프로세서의 응용프로그램 사이에 상호 연동이 되어 운용되어야 한다. 게이트웨이 편집도구에서 생성한 전력망 모델을 기반으로 생성된 통합공통정보모델 파일 중 동적정보를 게이트웨이 응용프로그램으로 사용하고, 정적정보를 전력망 처리 프로세서의 응용프로그램에서 사용한다.

중앙제어소의 에너지관리시스템은 그림 5-1과 같이 엔지니어링부와 제어부 계층으로 분리된다. 엔지니어링부 계층은 전력계통망 응용 프로그램 개발과 같은 엔지니어링에 필요한 UML 기반 공통정보모델 편집도구(CIM Tool, EA Tool)로 구성된다. UML 기반 공통정보모델 편집도구들은 각종 응용프로그램에서 사용하는 XML/RDF 프로파일을 생성하거나, 다른 형태의 파일로 변환하는 기능을 수행한다. 제어부 계층은 기능별 응용프로그램을 수행하는 각종 부 시스템으로 구성된다. 각 기능별 서버시스템은 자산관리 서버, 고객정보 서버, 계량정보 서버, 운영 서버, 전력망 처리 서버(네트워크 토폴로지) 및 네트워크 게이트웨이 서버로 구성된다.

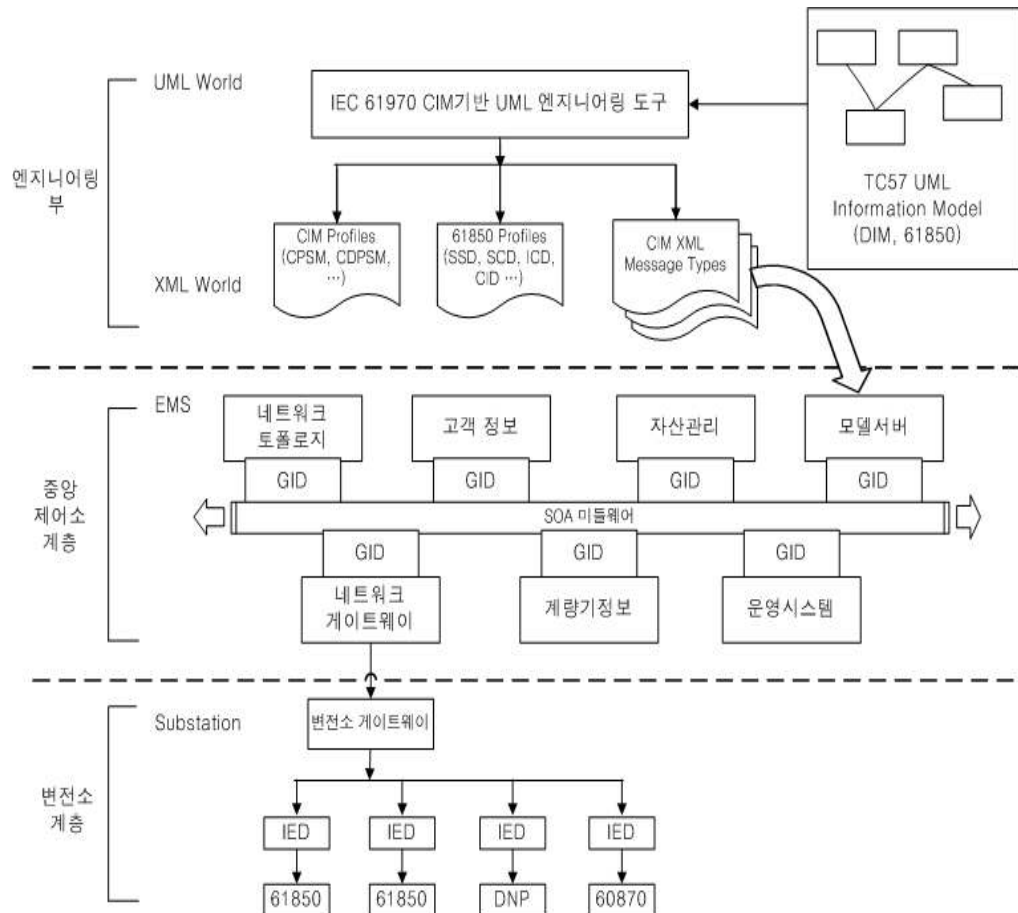


그림 5-1 중앙제어소 에너지관리시스템 구성도

Fig. 5-1 Diagram of control center EMS configuration

응용프로그램 사이의 정보와 정보모델 교환 및 상호운영성을 검증하기 위하여 모델 서버, 전력망 처리 서버 및 게이트웨이 서버 시스템으로 구성한다. 그림 5-2와 같이 전력망(Topology) 클래스 패키지로부터 생성된 전력망 정보모델과 변전소구성명세서의 변전부 구성정보를 사상하여 생성한 통합공통정보모델을 전력망 처리 서버에 응용할 수 있다.

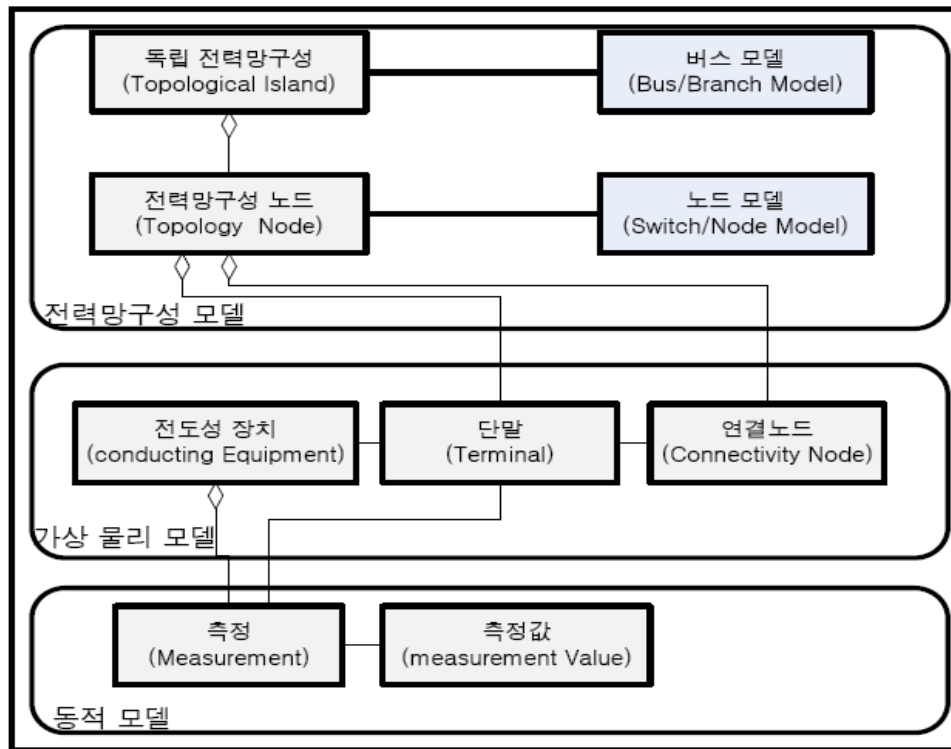


그림 5-2 공통정보모델 전력망 클래스 패키지

Fig. 5-2 CIM topology class package

그림 5-2 전력망(Topology) 패키지는 장치, 단말 그리고 연결노드로 구성된 가상 물리 모델 계층과 전력망 모델 계층으로 구성되어 있다. 전력망 모델 계층의 전력망 노드(TN)는 연결노드의 집합으로 노드 모델을 생성할 수 있다. 노드 모델 생성은 전력망 노드에서 스위치 장치(컨덕팅 장치)를 투입("CLOSE")상태에서 연결노드를 그룹화한 물리적인 장치로만 구성한 전력망이다. 주로 변전소 감시 화면에 적용된다. 즉 노드 모델은 전력계통의 구성 시 정보 모델을 처리하여, 그림 5-3과 같은 물리적인 전력망 형태의 구성정보를 생성한다.

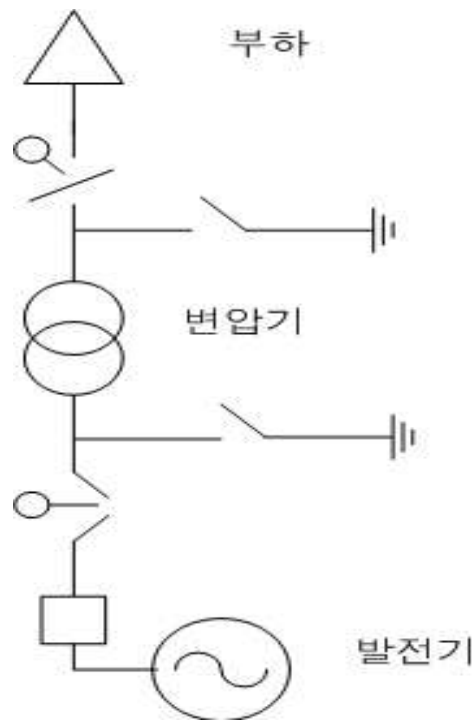


그림 5-3 노드 전력망 구성도

Fig. 5-3 Diagram of node network configuration

독립 전력망은 전력망 노드의 집합으로 구성되며, 버스 모델을 생성할 수 있다. 버스 모델은 독립 전력망 노드에서 스위치 장치를 제외한 임피던스를 갖고 있는 부하, 변압기, 선로로만 구성된 전력망이다. 버스 모델에서 생성한 정보는 전력망 분석, 상태추정 그리고 전력조류 계산에서 사용된다. 버스 모델은 그림 5-3과 같은 노드 전력망 구성을 그림 5-4와 같이 간단한 버스 전력망 구성형태의 정보를 제공한다.

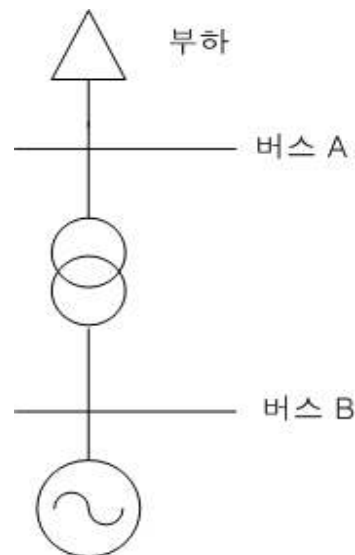


그림 5-4 버스 전력망 구성도

Fig. 5-4 Diagram of Bus network configuration

전력망 모델 계층은 공통정보모델 전력망 클래스로부터 공통정보모델 기반의 노드 모델과 버스 모델을 이용하여 공통정보모델 계층구조의 “장치 → 단말 → 연결노드 → 전력망 노드 → 독립 전력망” 순서로 전력망 분석 알고리즘을 수행된다. 즉 현장의 실시간 상태 정보에 따라 전력망이 변경된다. 특히 버스 모델은 동적 객체정보에 따라 다수의 독립 전력망이 분리와 합병이 발생한다. 따라서 동작 시 동적 파일의 객체 정보를 이용하여 전력망 갱신을 지원하는 알고리즘이 요구되며, 그림 5-5와 같이 응용 계층에서 중앙제어소 내 정보 모델의 교환과 상호 운용성이 제공되어야 한다. 즉 전력망에서 지역 제어소의 전력망 변경 시 또는 이벤트 정보가 발생할 때에는 인접 중앙제어소 혹은 통합 중앙제어소 사이에 전력망 정보모델이 교환되어야 한다. 현재 전력 회사에서 적용하는 정보모델 교환방식은 크게 4가지로 운영되고 있다.

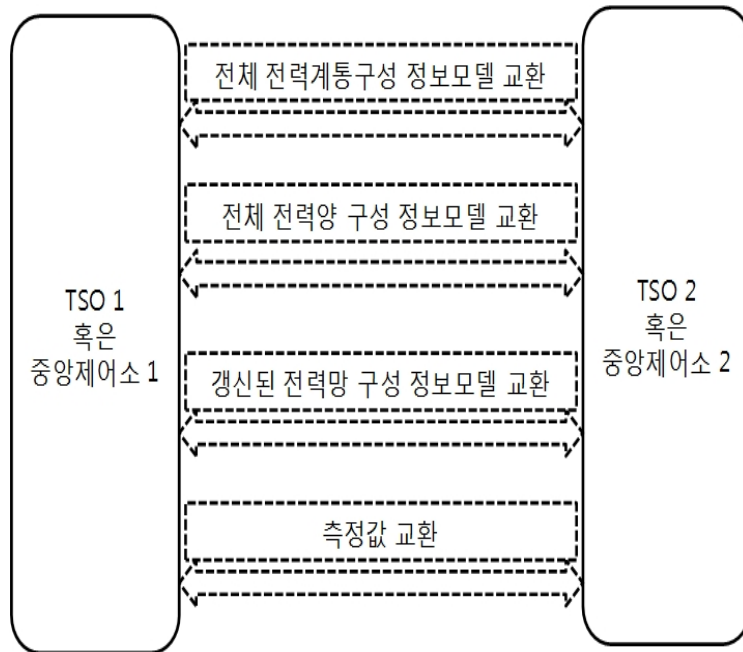


그림 5-5 중앙제어소 사이의 정보 교환

Fig 5-5 Information exchange between control center

- 버스 모델 교환은 전력계통장치 구성 추가하거나 혹은 변경 시 장치 매개변수, 연결 정보, 발전 일정 그리고 부하 정보등과 함께 일(Day) 단위로 교환된다.
- 전력망 정보모델 교환은 시간대별로 전체 전력계통의 연결노드 정보를 교환한다.
- 증가 전력망정보모델 교환은 연결노드가 변경될 때 이벤트방식으로 정보를 교환한다.
- 측정값 교환은 차단기 상태 정보, 온도, 전압, 조류등과 같은 측정값 정보를 실시간 교환한다.



중앙제어소의 버스 모델은 전력계통기기 구성 시 정적모델에서 정보모델을 추출하여 중앙제어소 사이에 정보교환이 이루어지고, 또한 동적(측정값) 객체 정보 변경에 따라 전력망 노드와 독립 전력망 노드가 변경되므로 노드 모델과 버스 모델 처리 알고리즘이 수행된다. 본 연구에서는 동적 객체 정보에 따라서 전력망 처리 프로세서에서 수행할 적용 알고리즘을 설계한다.



5.2 공통정보모델 기반 노드 모델 전력망 처리 알고리즘

노드 모델 전력망 처리 알고리즘은 먼저 전력 기반시설 구조, 장치, 단말 그리고 연결노드의 연결 정보를 포함하고 있는 CIM/XML 정적 파일을 이용하여 공통정보모델 파일의 파싱(Parsing)과 조회 테이블 생성은 한 번에 만들어진다. 그러나 조회 테이블은 시스템 전력망이 변경될 때마다 갱신된다. 또한 동적 측정 모델에서 회로 차단기의 상태 값, 시간변위 매개변수 변경에 대한 정보를 받을 때에는 해당 되는 처리과정을 수행하고, 갱신된 노드 모델 전력망을 출력한다. 노드 모델 전력망 처리 알고리즘 수행 절차는 흐름도 형태로 표시하였다.

공통정보모델 정적/동적 모델 파일 로딩

정적/동적 공통정보모델 파일의 파싱

While(모든 연결노드가 수행 안 된 경우) do

- 새로운 전력망 노드 정의
- 수행 안 된 연결노드 선택
- 선택한 연결노드를 전력망 노드 테이블에 추가
- 연결노드와 연결된 단말을 단말정보테이블에 추가

While (모든 단말이 수행 안 된 경우) do

- 단말에 관련된 정보 추출

if(장치 == 차단기) then

- 차단기(CB) 상태 체크

if(차단기 상태 == "Closed") then

- 차단기와 연결된 단말을 단말정보테이블에 추가

end if

else



```
if (장치 == 연결노드(CN)) then
    - 연결노드를 전력망 노드에 추가
    - 연결된 모든 다른 테이블을 단말 테이블정보에 추가
end if
end if
    - 이 단말과 관련된 측정 정보 추출
if( 측정정보가 있으면) then
    - 이 측정정보를 전력망 노드에 추가
end if
end while
end while
    - 각각의 연결모드를 가진 모든 전력망 노드 결과 출력
```



5.3 공통정보모델 기반 버스 모델 전력망 처리 알고리즘

버스 모델은 노드 모델에서 생성한 전력망 노드 정보와 발전기, 부하, 변압기, 선로등과 같은 전력원이나 전송 장치의 연결노드를 처리과정을 거쳐 전력망 노드가 동일 전력망 노드(TN) 혹은 독립 전력망 노드(TI)로 구성되어 있는지 구분하는 출력 정보를 제공한다. 버스 모델 전력망 처리 알고리즘 수행 절차는 다음과 같다.

while (모든 전력망 노드가 수행 안 된 경우) *do*

- 새로운 독립 전력망 생성
- 수행되지 않은 전력망 노드 선택
- 전력망 노드를 독립 전력망 노드 테이블에 추가
- 연결된 모든 단말을 단말 정보 테이블 생성

While (모든 단말이 수행 안 된 경우) *do*

- 이 단말과 연결된 전송 장치 추출
- 이 전송 장치에 연결된 다른 종단 단말 추출
- 이 종단 단말에 연결된 전력망 노드 추출
- 전송장치의 전력 혹은 조류 측정
- 독립 전력망 노드에 전력망 노드 객체 정보를 추가
(측정값 ID, 장치 ID)

if (이 전력망 노드가 수행 안 된 경우) *then*

- 전력망 노드를 독립 전력망 노드에 추가
- 전력망 노드에 관련된 단말을 단말 정보 테이블 추가

end if

end while

end while

- 각각의 전력망 노드를 가진 모든 독립 전력망 노드 결과 출력.



버스 모델에서 생성된 출력 정보를 이용하여 가관측성 분석과 상태 추정 알고리즘과 같은 응용프로그램을 수행할 수 있고, 실시간으로 측정된 차단기 정보는 전력망 노드(TN) 사이 통합과 분리, 독립 전력망 노드(TI) 사이 통합과 분리와 같은 갱신된 정보 교환 기능을 제공한다.

5.4 전력망 처리 알고리즘 출력 정보 파일

4장에서 적용한 예제 차단기에 대한 전력계통 구조에서 발전기, 부하 및 변압기 장치를 그림 5-6과 같이 추가하여, 중앙제어소 사이에 상호 교환할 노드 모델 정보파일 및 버스 정보파일을 생성하고자 한다.

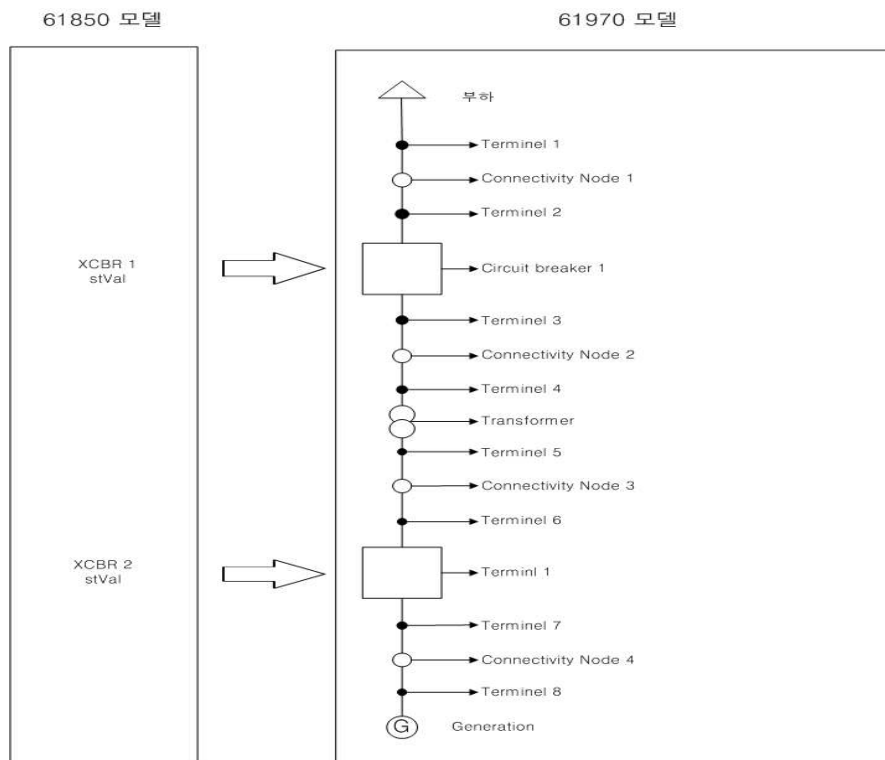


그림 5-6 실험 전력계통망 구성도

Fig. 5-6 Diagram of experiment power network

공통정보모델 게이트웨이 편집도구에서 생성한 IEC61850 /IEC61970 통합 공통정보모델파일은 그림 5-7과 같이 생성한다.



```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF xmlns:cim="http://iec.ch/TC57/2008/CIM-schema-cim13#" xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns"
  <cim:GeographicalRegion rdf:ID="{018ED17F-A0EC-4d73-9862-44A04C099A73}">
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:IdentifiedObject.description></cim:IdentifiedObject.description>
    <cim:IdentifiedObject.name></cim:IdentifiedObject.name>
  </cim:GeographicalRegion>
  <cim:SubGeographicalRegion rdf:ID="{B6F07550-0F50-4c56-942A-9F3CF43826D8}">
    <cim:IdentifiedObject.pathName></cim:IdentifiedObject.pathName>
    <cim:SubGeographicalRegion.Region rdf:resource="#{018ED17F-A0EC-4d73-9862-44A04C099A73}" />
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:IdentifiedObject.description></cim:IdentifiedObject.description>
    <cim:IdentifiedObject.name></cim:IdentifiedObject.name>
  </cim:SubGeographicalRegion>
  <cim:Substation rdf:ID="{C0DA7B55-5021-4d90-823C-AFC4443F8708}">
    <cim:IdentifiedObject.pathName></cim:IdentifiedObject.pathName>
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:IdentifiedObject.description></cim:IdentifiedObject.description>
    <cim:IdentifiedObject.name></cim:IdentifiedObject.name>
    <cim:Substation.Region rdf:resource="#{B6F07550-0F50-4c56-942A-9F3CF43826D8}" />
  </cim:Substation>
  <cim:VoltageLevel rdf:ID="{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}">
    <cim:IdentifiedObject.pathName></cim:IdentifiedObject.pathName>
    <cim:VoltageLevel.BaseVoltage rdf:resource="#{F88E1DFA-8A86-4e96-ADE8-48A5D0B98BE6}" />
    <cim:VoltageLevel.lowVoltageLimit></cim:VoltageLevel.lowVoltageLimit>
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:VoltageLevel.MemberOf_Substation rdf:resource="#{C0DA7B55-5021-4d90-823C-AFC4443F8708}" />
    <cim:IdentifiedObject.description></cim:IdentifiedObject.description>
    <cim:VoltageLevel.highVoltageLimit></cim:VoltageLevel.highVoltageLimit>
    <cim:IdentifiedObject.name></cim:IdentifiedObject.name>
  </cim:VoltageLevel>
  <cim:ConductingEquipment rdf:ID="{7627A095-F743-4f5d-8F0C-824793583D92}">
    <cim:IdentifiedObject.name></cim:IdentifiedObject.name>
    <cim:IdentifiedObject.pathName></cim:IdentifiedObject.pathName>
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:ConductingEquipment.EquipmentContainer rdf:resource="#{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}" />
  </cim:ConductingEquipment>
  <cim:ConductingEquipment rdf:ID="{C7A99BE9-8928-4e73-B6AF-093DEB23C5C9}">
    <cim:IdentifiedObject.name></cim:IdentifiedObject.name>
    <cim:IdentifiedObject.pathName></cim:IdentifiedObject.pathName>
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:ConductingEquipment.EquipmentContainer rdf:resource="#{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}" />
  </cim:ConductingEquipment>
  <cim:PowerTransformer rdf:ID="{0C83455F-6189-467c-9F30-72997F69A87D}">
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:IdentifiedObject.description></cim:IdentifiedObject.description>
    <cim:IdentifiedObject.name></cim:IdentifiedObject.name>
    <cim:Equipment.MemberOf_EquipmentContainer rdf:resource="#{C0DA7B55-5021-4d90-823C-AFC4443F8708}" />
  </cim:PowerTransformer>
  <cim:ConductingEquipment rdf:ID="{6319EFE0-067E-4323-B737-19CB5DA5E255}">
    <cim:IdentifiedObject.name>IFL1</cim:IdentifiedObject.name>
    <cim:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1 GEN1</cim:IdentifiedObject.pathName>
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:ConductingEquipment.EquipmentContainer rdf:resource="#{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}" />
  </cim:ConductingEquipment>

```

그림 5-7 통합공통정보모델 파일

Fig. 5-7 Unified common information model file

그림 5-7의 통합공통정보모델 파일에서 노드 전력망 처리 알고리즘 수행하여 전력망 정보파일을 그림 5-8과 같이 생성한다.



```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<cin:GeographicalRegion rdf:ID="{018ED17F-A0EC-4d73-9862-44A04C099A73}">
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>Seoul</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:IdentifiedObject.description>Seoul</cin:IdentifiedObject.description>
  <cin:IdentifiedObject.name>Seoul</cin:IdentifiedObject.name>
</cin:GeographicalRegion>
<cin:SubGeographicalRegion rdf:ID="{B6F07550-0F50-4c56-942A-9F3CF43826D8}">
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:SubGeographicalRegion.Region rdf:resource="#{018ED17F-A0EC-4d73-9862-44A04C099A73}" />
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>Songdong</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:IdentifiedObject.description>Songdong</cin:IdentifiedObject.description>
  <cin:IdentifiedObject.name>Songdong</cin:IdentifiedObject.name>
</cin:SubGeographicalRegion>
<cin:Substation rdf:ID="{C00A7B55-5021-4d90-823C-AFC4443F8708}">
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>substation1</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:IdentifiedObject.description>substation1</cin:IdentifiedObject.description>
  <cin:IdentifiedObject.name>substation1</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:Substation.Region rdf:resource="#{B6F07550-0F50-4c56-942A-9F3CF43826D8}" />
</cin:Substation>
<cin:VoltageLevel rdf:ID="{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}">
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:VoltageLevel.BaseVoltage rdf:resource="#{F88E1DFA-8A86-4e96-ADE8-48A5D0898BE6}" />
  <cin:VoltageLevel.lowVoltageLimit>12.42</cin:VoltageLevel.lowVoltageLimit>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>voltageLevel1</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:VoltageLevel.MemberOf_Substation rdf:resource="#{C00A7B55-5021-4d90-823C-AFC4443F8708}" />
  <cin:IdentifiedObject.description>CO-ECAR-DV-ECAR-ST-CHEMAUX-KU-14</cin:IdentifiedObject.description>
  <cin:VoltageLevel.highVoltageLimit>15.18</cin:VoltageLevel.highVoltageLimit>
  <cin:IdentifiedObject.name>voltageLevel1</cin:IdentifiedObject.name>
</cin:VoltageLevel>

<cin:TopologicalNode rdf:ID="{0CA5716E-BFE4-4cf2-BACB-3E30CF51B21C}">
  <cin:IdentifiedObject.name>TopologicalNode1</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1 TopologicalNode1</cin:IdentifiedObject.p
  <cin:IdentifiedObject.aliasName></cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:TopologicalNode.voltage rdf:resource="#{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}" />
</cin:TopologicalNode>
<cin:TopologicalNode rdf:ID="{AA902F93-D0FF-4e73-9CE5-BF5FB8205BEC}">
  <cin:IdentifiedObject.name>TopologicalNode2</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1 TopologicalNode2</cin:IdentifiedObject.p
  <cin:IdentifiedObject.aliasName></cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:TopologicalNode.voltage rdf:resource="#{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}" />
</cin:TopologicalNode>

<cin:ConductingEquipment rdf:ID="{7627A095-F743-4f5d-8F0C-824793583D92}">
  <cin:IdentifiedObject.name>CECER1</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1 CECER1</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName></cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:ConductingEquipment.EquipmentContainer rdf:resource="#{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}" />
</cin:ConductingEquipment>
<cin:ConductingEquipment rdf:ID="{C7A99BE9-8928-4e73-B6AF-093DEB23C5C9}">
  <cin:IdentifiedObject.name>CECER2</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1 CECER2</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName></cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:ConductingEquipment.EquipmentContainer rdf:resource="#{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}" />
</cin:ConductingEquipment>

```

그림 5-8 전력망 정보파일

Fig. 5-8 Topology information file

또한 노드 전력망에서 처리한 결과를 바탕으로 독립 전력망을 구성하는



정보파일을 그림 5-9와 같이 생성한다.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF xmlns:cim="http://iec.ch/TC57/2008/CIM-schema-cim13#" xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns"
  <cim:GeographicalRegion rdf:ID="{018ED17F-A0EC-4d73-9862-44A04C099A73}">
    <cim:IdentifiedObject.aliasName>Seoul</cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:IdentifiedObject.description>Seoul</cim:IdentifiedObject.description>
    <cim:IdentifiedObject.name>Seoul</cim:IdentifiedObject.name>
  </cim:GeographicalRegion>
  <cim:SubGeographicalRegion rdf:ID="{B6F07550-0F50-4c56-942A-9F3CF43826D8}">
    <cim:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong</cim:IdentifiedObject.pathName>
    <cim:SubGeographicalRegion.Region rdf:resource="{018ED17F-A0EC-4d73-9862-44A04C099A73}" />
    <cim:IdentifiedObject.aliasName>Songdong</cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:IdentifiedObject.description>Songdong</cim:IdentifiedObject.description>
    <cim:IdentifiedObject.name>Songdong</cim:IdentifiedObject.name>
  </cim:SubGeographicalRegion>
  <cim:Substation rdf:ID="{C0DA7B55-5021-4d90-823C-AFC4443F8708}">
    <cim:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1</cim:IdentifiedObject.pathName>
    <cim:IdentifiedObject.aliasName>substation1</cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:IdentifiedObject.description>substation1</cim:IdentifiedObject.description>
    <cim:IdentifiedObject.name>substation1</cim:IdentifiedObject.name>
    <cim:Substation.Region rdf:resource="{B6F07550-0F50-4c56-942A-9F3CF43826D8}" />
  </cim:Substation>

  <cim:VoltageLevel rdf:ID="{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}">
    <cim:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1</cim:IdentifiedObject.pathName>
    <cim:VoltageLevel.BaseVoltage rdf:resource="{F88E1DFA-8A86-4e96-ADE8-48A5D0B98BE6}" />
    <cim:VoltageLevel.lowVoltageLimit>12.42</cim:VoltageLevel.lowVoltageLimit>
    <cim:IdentifiedObject.aliasName>voltageLevel1</cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:VoltageLevel.MemberOf_Substation rdf:resource="{C0DA7B55-5021-4d90-823C-AFC4443F8708}" />
    <cim:IdentifiedObject.description>C0-ECAR-DU-ECAR-ST-CHENAUX-KU-14</cim:IdentifiedObject.description>
    <cim:VoltageLevel.highVoltageLimit>15.18</cim:VoltageLevel.highVoltageLimit>
    <cim:IdentifiedObject.name>voltageLevel1</cim:IdentifiedObject.name>
  </cim:VoltageLevel>

  <cim:TopologicalIsland rdf:ID="{96276A98-9137-42dd-9305-1755A5A9B601}">
    <cim:IdentifiedObject.name>TopologicalNode1</cim:IdentifiedObject.name>
    <cim:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1 TopologicalNode1</cim:IdentifiedObject.p
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:TopologicalIsland.voltage rdf:resource="{2203975C-77DF-473d-9AA6-CC0C03527B0A}" />
  </cim:TopologicalIsland>

  <cim:TopologicalNode rdf:ID="{0CA5716E-BFE4-4cf2-8ACB-3E30CF51B21C}">
    <cim:IdentifiedObject.name>TopologicalNode1</cim:IdentifiedObject.name>
    <cim:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1 TopologicalNode1</cim:IdentifiedObject.p
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:TopologicalNode.TopologicalIsland rdf:resource="{96276A98-9137-42dd-9305-1755A5A9B601}" />
  </cim:TopologicalNode>
  <cim:TopologicalNode rdf:ID="{AA902F93-D0FF-4e73-9CE5-BF5FB8205BEC}">
    <cim:IdentifiedObject.name>TopologicalNode2</cim:IdentifiedObject.name>
    <cim:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1 TopologicalNode2</cim:IdentifiedObject.p
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
    <cim:TopologicalNode.TopologicalIsland rdf:resource="{96276A98-9137-42dd-9305-1755A5A9B601}" />
  </cim:TopologicalNode>

  <cim:ConductingEquipment rdf:ID="{7627A095-F743-4f5d-8F0C-824793583D92}">
    <cim:IdentifiedObject.name>CECBR1</cim:IdentifiedObject.name>
    <cim:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong substation1 voltageLevel1 CECBR1</cim:IdentifiedObject.pathName>
    <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
```

그림 5-9 독립 전력망 정보파일

Fig. 5-9 TopologicalIsland information file

공통정보모델 기반의 전력망 처리 알고리즘은 입력으로 모든 정적 및 동적파일을 사용하고, 전력망 프로세서는 동적 공통정보모델 파일에 있는



회로 차단기의 상태 정보를 기반으로 정보를 그룹화 한다. 이 상태 정보와 정적 공통정보모델 파일에 있는 단말 정보를 기반으로 연결 노드를 그룹화 하고, 또한 연결 노드 개체를 전력망 노드 객체로 그룹화 한다. 전력망 노드 객체를 독립 전력망 객체로 그룹화한 결과를 그림 5-9에 보이고 있다.



제 6 장 실험결과 및 고찰

6.1 변전소 게이트웨이 실험결과 및 고찰

제 3장에서 이 기종 통신규약 사이에 데이터 사상 알고리즘에 따라 변전소용 게이트웨이 편집도구를 이용하여 사상 정보파일을 XML 스키마 파일로 생성하였다. 생성된 XML 파일을 리눅스 운영체제 기반 변전소용 게이트웨이 시스템에 적용할 수 있는 실험 시스템 구성은 그림 6-1과 같다.

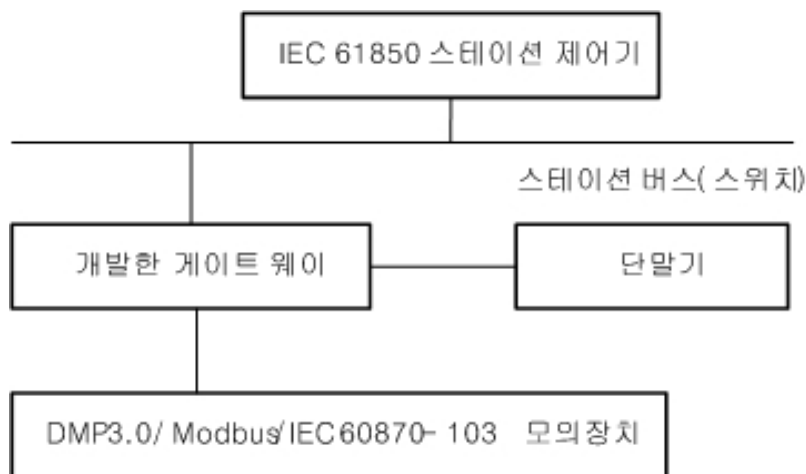


그림 6-1 게이트웨이 실험용 시스템 구성

Fig. 6-1 System configuration of gateway test

게이트웨이 편집도구의 데이터 사상 화면은 그림 6-2와 같다.

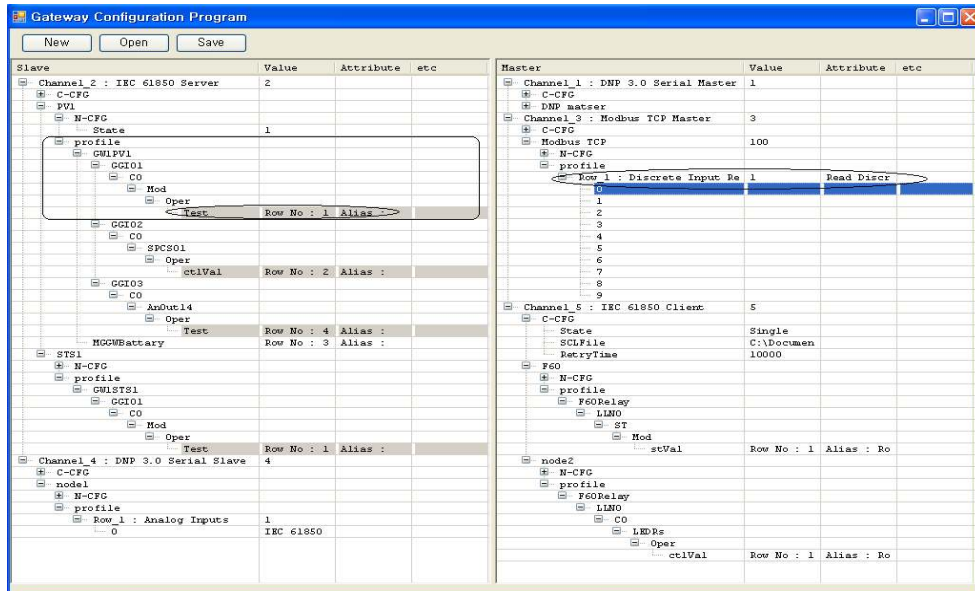


그림 6-2 게이트웨이 사상 편집 도구
Fig. 6-2 Editor Tool of gateway mapping



그림 6-3 XML 기반 자동 생성 사상 정보 프로파일
Fig. 6-3 Automatic creation mapping information profile based XML



자동 생성된 XML 기반 데이터 사상 파일은 그림 6-3과 같다. 그림 6-4는 시스템 결과를 IEC61850 스테이션 제어기 디버거 및 데이터 로깅 파일로 확인하는 화면을 보이고 있다.

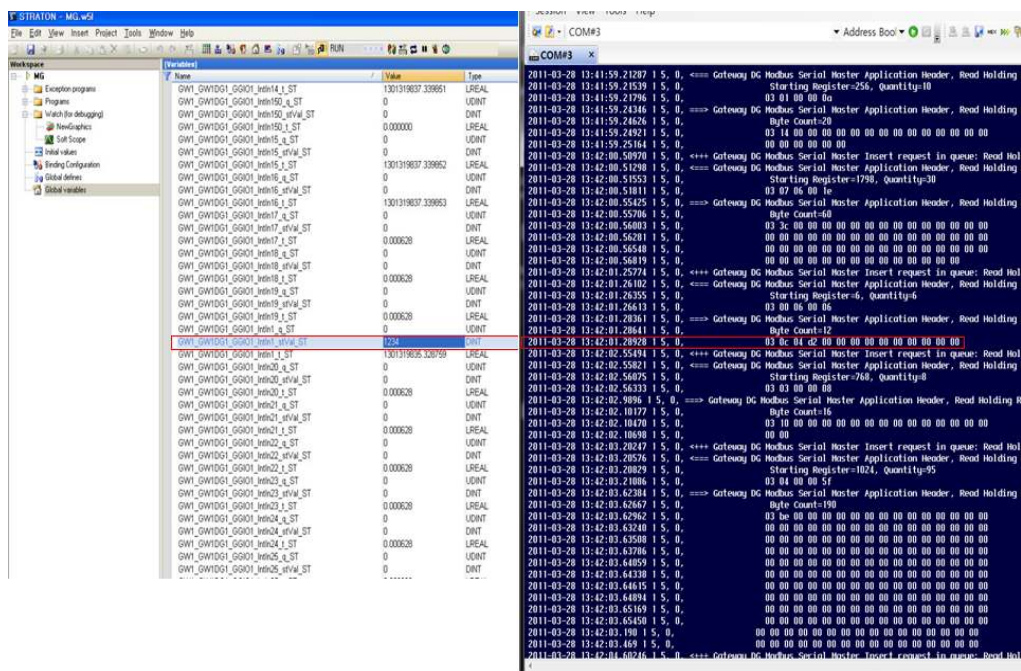


그림 6-4 게이트웨이 실험 결과

Fig. 6-4 Result of gateway testing

그림 6-4의 네모 상자에 표시된 바와 같이 왼쪽 부분의 스테이션 제어기 출력정보 데이터와 오른쪽 부분의 개발된 게이트웨이 터미널 출력 정보 데이터가 동일한 것을 확인하였다. 결론적으로 IEC61850 기반 변전소에서 기존 DNP3.0 통신규약과 IEC61850 통신규약 사이에 형 변환 기능을 추가한 사상 알고리즘을 적용하면 다른 데이터 형 정보 사이에 데이터 교환이 가능하다.

6.2 공통정보모델 게이트웨이 실험결과 및 고찰

중앙제어국용 게이트웨이 사상 편집도구로 IEC61850 변전소 구성 정보파일과 IEC61970 공통정보모델 프로파일 정보를 사상하여 공통정보모델 게이트웨이용 구성파일과 XML 기반 통합공통정보파일을 생성하였다. 생성된 XML 기반 통합공통정보파일을 그림 5-6의 예제 전력계통 단선도 사용하여 그림 6-5과 같이 공통정보모델 게이트웨이 시스템에 적용하였다.

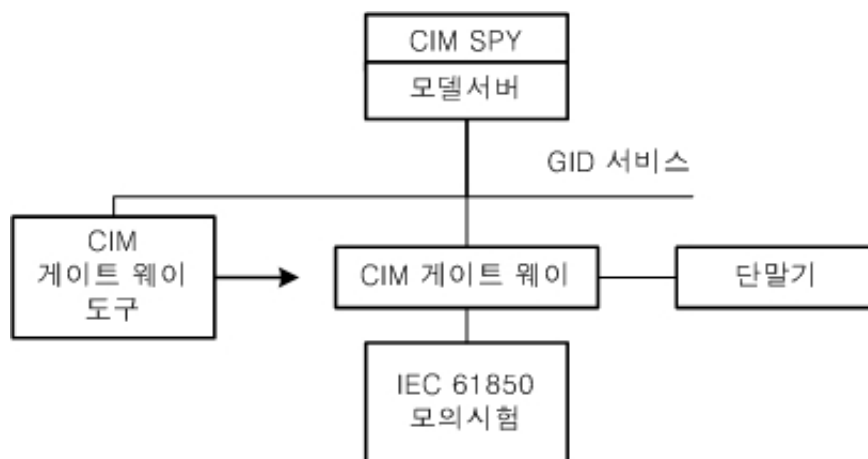


그림 6-5 공통정보모델 게이트웨이 실험용 시스템 구성

Fig. 6-5 System configuration of CIM gateway test

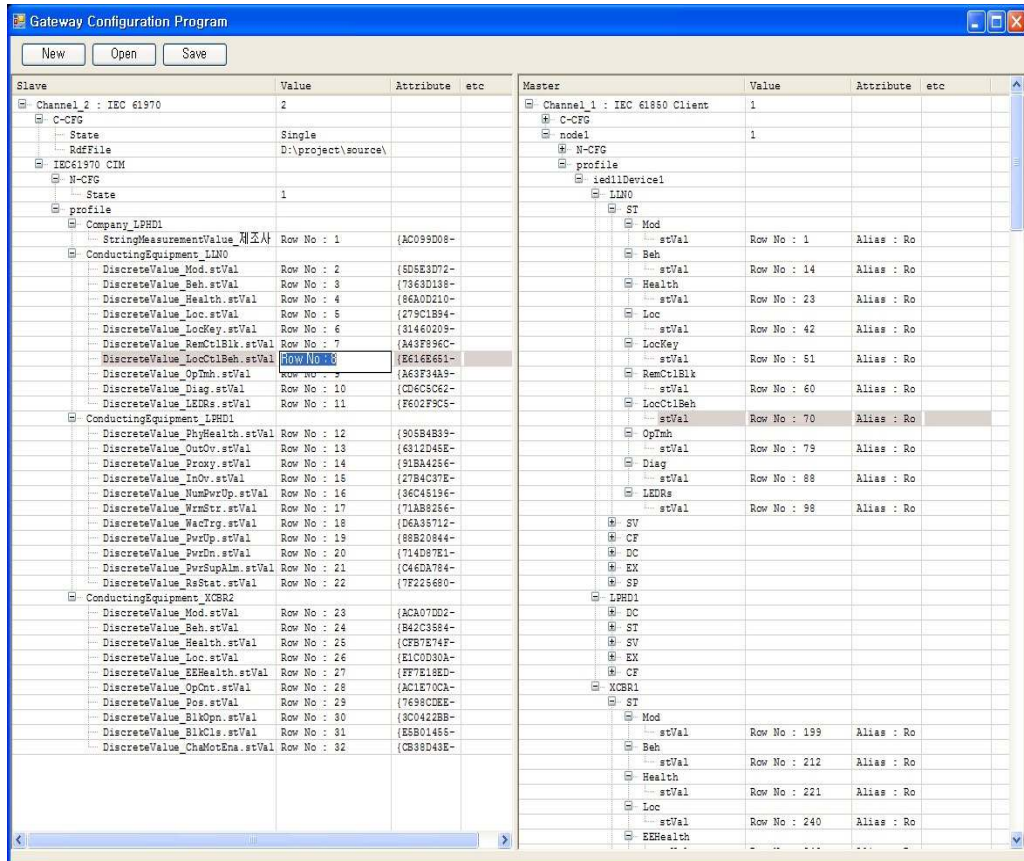


그림 6-6 공통정보모델 게이트웨이 사상 편집 도구

Fig. 6-6 CIM Gateway mapping configuration tool

게이트웨이 사상 편집도구의 구성 메뉴는 그림 6-6과 같이 사용자가 간단하게 마우스를 조작하여 사상을 연결할 수 있도록 설계 하였다. 그림 6-7은 그림 6-6 사상 편집도구에서 편집한 정보를 바탕으로 자동 생성한 통신 구성 정보파일이다.



```
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<CIM_GATEWAY xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <CONFIGURATION>
    <Channel No="1" Type="TCP" PID="IEC61850" Gender="MASTER" Name="IEC 61850 Client" CooperationChannel="0">
      <C-CFG>
      </C-CFG>
      <Node No="1" Name="node1">
        <N-CFG>
          .....
        </N-CFG>
        <Profile Name="profile">
          <Row No="1" Name="Row1" Division="Read">
            <TYPE>INT32</TYPE>
            <ALIAS>Row1</ALIAS>
            <DATA>LLN0$ST$Mod$stVal</DATA>
            <QUALITY>LLN0$ST$Mod$q</QUALITY>
            <TIME>LLN0$ST$Mod$t</TIME>
            <DOMAIN>ied1Device1</DOMAIN>
            <DESC>Add Row as Select Logical Node : LLN0</DESC>
            <DBAND>0</DBAND>
          </Row>
          .....
        </Profile>
      </Node>
    </Channel>
    <Channel No="2" Type="TCP" PID="IEC61970" Gender="SLAVE" Name="IEC 61970">
      <C-CFG>
      </C-CFG>
      <Node No="1" Name="IEC61970 CIM">
        <N-CFG>
          <P Type="State">1</P>
        </N-CFG>
        <Profile Name="profile">
          <Row No="1" Name="Row1" Division="Read">
            <Type>BOOLEAN</Type>
            <DataTag>StringMeasurementValue</DataTag>
            <TagID>{AC099D08-E1C4-4F0d-A83F-7C049ADBFB01B}</TagID>
            <Dband>0</Dband>
            <Desc />
            <MChannelNumber>1</MChannelNumber>
            <MNodeNumber>1</MNodeNumber>
            <MRowNumber>114</MRowNumber>
            <MPointType>INT16</MPointType>
            <MStartPoint>0</MStartPoint>
            <MNumberOfPoints>1</MNumberOfPoints>
            <MBitDataEn>false</MBitDataEn>
            <MStartBit>0</MStartBit>
            <MNumberOfBits>0</MNumberOfBits>
          </Row>
          .....
        </Profile>
      </Node>
    </Channel>
  </CONFIGURATION>
  <GENERAL>
    <Model>Zenithtek Gateway</Model>
  </GENERAL>
  <REDUNDANCY>
    <Enable>true</Enable>
  </REDUNDANCY>
</CIM_GATEWAY>
```

그림 6-7 공통정보모델 게이트웨이 통신 구성 파일

Fig. 6-7 CIM Gateway communication configuration file



```
<cim:ConnectivityNode rdf:ID="{DA68E787-8B9F-4b1c-8F3A-A8CA7AB2BE26}">
  <cim:IdentifiedObject.description>This ConnectivityNode is added for validation test.</cim:IdentifiedObject.
  <cim:IdentifiedObject.name>connvtyNode1</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:ConnectivityNode.TopologicalNode rdf:resource="#{0CA5716E-BFE4-4cf2-BACB-3E30CF51B21C}" />
</cim:ConnectivityNode>
.....
<cim:ConnectivityNode rdf:ID="{305410CF-6D0C-417e-BB39-2EB5D0236C5}">
  <cim:IdentifiedObject.description>This ConnectivityNode is added for validation test. It is an island.</cim:
  <cim:IdentifiedObject.name>connvtyNode4</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:ConnectivityNode.TopologicalNode rdf:resource="#{AA902F93-DDFF-4e73-9CE5-BF5FB8205BEC}" />
</cim:ConnectivityNode>
.....
<cim:Terminal rdf:ID="{2F5C13AA-3771-4fc2-BF81-67C7E4020EE}">
  <cim:IdentifiedObject.name>terminal1</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:Terminal.ConnectivityNode rdf:resource="#{DA68E787-8B9F-4b1c-8F3A-A8CA7AB2BE26}" />
  <cim:Terminal.ConductingEquipment rdf:resource="#{6319EFE0-067E-4323-B737-19CB5DA5E255}" />
</cim:Terminal>
.....
<cim:Terminal rdf:ID="{BABC1E6B-B744-49F1-B6A2-B7BD97D07FC}">
  <cim:IdentifiedObject.name>terminal8</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:Terminal.ConnectivityNode rdf:resource="#{305410CF-6D0C-417e-BB39-2EB5D0236C5}" />
  <cim:Terminal.ConductingEquipment rdf:resource="#{1E85571F-FFD7-43a0-9303-8AC148FD4F04}" />
</cim:Terminal>
.....
<cim:ConductingEquipment rdf:ID="{538DD09A-D18E-439d-9E5C-45BF002831D0}">
  <cim:IdentifiedObject.name>XCBR1</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:IdentifiedObject.pathName>ied1.lDevice1.XCBR1</cim:IdentifiedObject.pathName>
  <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
  <cim:ConductingEquipment.EquipmentContainer rdf:resource="#{5ED83D50-2835-4259-A402-4EF28796D4A3}" />
</cim:ConductingEquipment>
<cim:DiscreteValue rdf:ID="{7698CDEE-078A-4a61-BB08-DE055D2C5214}">
  <cim:IdentifiedObject.name>Pos.stVal</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:IdentifiedObject.pathName>XCBR.1.ST.Pos.stVal</cim:IdentifiedObject.pathName>
  <cim:value>100</cim:value>
  <cim:timeStamp>20111004182030</cim:timeStamp>
  <cim:MeasurementValueQuality></cim:MeasurementValueQuality>
  <cim:DiscreteValue.MemberOf_Measurement rdf:resource="#{538DD09A-D18E-439d-9E5C-45BF002831D0}" />
</cim:DiscreteValue>
.....
<cim:ConductingEquipment rdf:ID="{E168B6E3-E518-4d90-9CB9-92E56BF3BEB5}">
  <cim:IdentifiedObject.name>XCBR2</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:IdentifiedObject.pathName>ied1.lDevice1.XCBR2</cim:IdentifiedObject.pathName>
  <cim:IdentifiedObject.aliasName></cim:IdentifiedObject.aliasName>
  <cim:ConductingEquipment.EquipmentContainer rdf:resource="#{5ED83D50-2835-4259-A402-4EF28796D4A3}" />
</cim:ConductingEquipment>
<cim:DiscreteValue rdf:ID="{7698CDEE-078A-4a61-BB08-DE055D2C5214}">
  <cim:IdentifiedObject.name>Pos.stVal</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:IdentifiedObject.pathName>XCBR.2.ST.Pos.stVal</cim:IdentifiedObject.pathName>
  <cim:value>100</cim:value>
  <cim:timeStamp>20111004182030</cim:timeStamp>
  <cim:MeasurementValueQuality></cim:MeasurementValueQuality>
  <cim:DiscreteValue.MemberOf_Measurement rdf:resource="#{E168B6E3-E518-4d90-9CB9-92E56BF3BEB5}" />
</cim:DiscreteValue>
</rdf:RDF>
```

그림 6-8 XML 기반 통합공통정보파일

Fig. 6-8 XML based unified common information file



Attribute	Type	Value
rdf:ID	rdf:ID [DiscreteValue]	{E1C0D30A-9C63-4366-929E-AEC7E82B542D}
IdentifiedObject.name	String	Loc.stVal
IdentifiedObject.pathName	String	XGBR.1.ST.Loc.stVal
DiscreteValue.value	Integer	0
MeasurementValue.timeStamp	AbsoluteDateTime	?
MeasurementValueQuality		

```
2011-11-24 15:35:45.609 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$Loc$stVal[BOOLEAN(0)]
2011-11-24 15:35:45.625 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$Loc$stVal[UTC<2011-11-24T06:32:56.358999968Z<qual=0.0,0.0>]]
2011-11-24 15:35:45.640 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$Loc$stVal[QUALITY<0011000000110>]]
2011-11-24 15:35:45.656 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$EEHealth$stVal[INT32<0>]]
2011-11-24 15:35:45.656 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$EEHealth$stVal[UTC<2011-11-24T06:32:56.358999968Z<qual=0.0,0.0>]]
2011-11-24 15:35:45.687 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$EEHealth$stVal[QUALITY<0011000000110>]]
2011-11-24 15:35:45.687 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$OpCnt$stVal[INT32<0>]]
2011-11-24 15:35:45.703 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$OpCnt$stVal[UTC<2011-11-24T06:32:56.358999968Z<qual=0.0,0.0>]]
2011-11-24 15:35:45.718 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$OpCnt$stVal[QUALITY<0011000000110>]]
2011-11-24 15:35:45.734 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$Pos$stVal[INT0<48>]]
2011-11-24 15:35:45.734 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$Pos$stVal[UTC<2011-11-24T06:32:56.358999968Z<qual=0.0,0.0>]]
2011-11-24 15:35:45.750 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$Pos$stVal[QUALITY<0011000000110>]]
2011-11-24 15:35:45.765 1 6. 1. ied1Device1$XCBBR1$ST$BlkOpn$stVal[BOOLEAN(0)]
```

그림 6-9 공통정보모델 게이트웨이 디버거 출력 정보와 CIMspy 화면 출력 정보

Fig. 6-9 CIM Gateway debugger output and CIMspy tool output

그림 6-8은 XML 기반 통합공통정보파일을 보이고 있으며, 상호운용성을 검증하기 위한 방법으로 공통정보모델 게이트웨이 디버거 출력 정보와 CIMspy 도구 화면출력 정보를 비교하였다. 그 결과는 그림 6-9와 같이 정확하게 상호운용성을 검증할 수 있다.



6.3 통합정보파일을 적용한 전력망구성 알고리즘 출력정보 고찰

공통정보모델 게이트웨이와 에너지관리시스템 응용프로그램의 상호운용성을 검토하기 위하여 노드 모델과 버스 모델에서 생성한 정보파일을 CIMSpy 도구를 이용하여 그림 6-9, 6-10과 같이 검증하였다.

CIMSpy 도구는 IEC61970 XML/RDF 파일 문법 및 구조 검증 및 데이터를 감시하는 기능을 보유하고 있어서, 생성된 정보파일의 중앙제어국내의 다른 응용프로그램과 정상적인 정보 교환 및 상호운용성을 제공하는지 여부를 검토할 수 있다.

The screenshot shows the CIMSpy tool interface. The left pane displays a tree view of a power system model. The tree structure is as follows:

- GeographicalRegion
 - Seoul
 - SubGeographicalRegion
 - Songdong
 - Substation
 - Substation1
 - VoltageLevel
 - VoltageLevel1
 - TopologicalNode
 - TopologicalNode1 (highlighted with a red box)
 - ConnectivityNode
 - Terminal
 - terminal1
 - terminal2
 - terminal3
 - terminal4
 - Terminal
 - terminal5
 - terminal6
 - terminal7
 - terminal8
 - ConductingEquipment
 - CECBA1
 - CECBA2
 - GEN1

The right pane displays the XML/RDF data for the selected nodes. The data is as follows:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<cin:GeographicalRegion rdf:ID="(018EB17F-A0E6-4d73-98A2-4A0AC099A73)">
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>Seoul</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:IdentifiedObject.description>Seoul</cin:IdentifiedObject.description>
  <cin:IdentifiedObject.name>Seoul</cin:IdentifiedObject.name>
</cin:GeographicalRegion>
<cin:SubGeographicalRegion rdf:ID="(B6F07558-0F58-4c56-9A28-9F3CF4382608)">
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>Songdong</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:IdentifiedObject.description>Songdong</cin:IdentifiedObject.description>
  <cin:IdentifiedObject.name>Songdong</cin:IdentifiedObject.name>
</cin:SubGeographicalRegion>
<cin:Substation rdf:ID="(C00A7855-5821-4d98-823C-0FC4A3F8708)">
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong Substation1</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>Substation1</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:IdentifiedObject.description>Substation1</cin:IdentifiedObject.description>
  <cin:IdentifiedObject.name>Substation1</cin:IdentifiedObject.name>
</cin:Substation>
<cin:Substation.Region rdf:resource="(B6F07558-0F58-4c56-9A28-9F3CF4382608)" />
</cin:Substation>
<cin:VoltageLevel rdf:ID="(2283975C-77DF-473d-9A86-CC0C03527B08)">
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong Substation1 voltagelevel1</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>voltagelevel1</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:IdentifiedObject.description>voltagelevel1</cin:IdentifiedObject.description>
  <cin:IdentifiedObject.name>voltagelevel1</cin:IdentifiedObject.name>
</cin:VoltageLevel>
<cin:TopologicalNode rdf:ID="(00A5716E-BFE4-4cf2-B0C8-3E38E51B21C)">
  <cin:IdentifiedObject.name>TopologicalNode1</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong Substation1 voltagelevel1 TopologicalNode1</cin:IdentifiedObject.p>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>TopologicalNode1</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:IdentifiedObject.voltage rdf:resource="(2283975C-77DF-473d-9A86-CC0C03527B08)" />
</cin:TopologicalNode>
<cin:TopologicalNode rdf:ID="(A0902F93-0DFF-4e73-9CE5-BF5F88285BEC)">
  <cin:IdentifiedObject.name>TopologicalNode2</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong Substation1 voltagelevel1 TopologicalNode2</cin:IdentifiedObject.p>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>TopologicalNode2</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:IdentifiedObject.voltage rdf:resource="(2283975C-77DF-473d-9A86-CC0C03527B08)" />
</cin:TopologicalNode>
<cin:ConductingEquipment rdf:ID="(7027A095-F743-4F5d-8F0C-824793583092)">
  <cin:IdentifiedObject.name>CECBA1</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong Substation1 voltagelevel1 CECBA1</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>CECBA1</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:IdentifiedObject.description>CECBA1</cin:IdentifiedObject.description>
  <cin:IdentifiedObject.name>CECBA1</cin:IdentifiedObject.name>
</cin:ConductingEquipment>
<cin:ConductingEquipment rdf:ID="(C7A99BE9-8928-4e73-86AF-0930E23C5C9)">
  <cin:IdentifiedObject.name>CECBA2</cin:IdentifiedObject.name>
  <cin:IdentifiedObject.pathName>Seoul Songdong Substation1 voltagelevel1 CECBA2</cin:IdentifiedObject.pathName>
  <cin:IdentifiedObject.aliasName>CECBA2</cin:IdentifiedObject.aliasName>
  <cin:IdentifiedObject.description>CECBA2</cin:IdentifiedObject.description>
  <cin:IdentifiedObject.name>CECBA2</cin:IdentifiedObject.name>
</cin:ConductingEquipment>
```

그림 6-10. CIMSpy 도구를 이용한 노드 모델 알고리즘 검증
Fig. 6-10 Verify a node model algorithm using CIMSpy tool



그림 6-11 CIMSpy 도구를 이용한 버스 모델 알고리즘 검증

Fig. 6-11 Verify a bus model algorithm using CIMSpy tool

상호운용성 검증도구인 CIMspy 결과를 바탕으로 변전소의 차단기 상태 정보에 따라 중앙제어국의 전력망구성 처리 프로세서의 노드 및 버스 모델에서 생성된 정보모델이 그림 6-10, 6-11 왼쪽화면의 계층구조 형태로 정확하게 표현되므로, 중앙제어국의 에너지관리시스템 응용프로그램 사이에 정보 및 정보모델 교환이 가능함을 검증하였다.



제 7 장 결론

본 논문은 전력계통의 스마트그리드 운용에 대비하여 IEC61850 변전소와 IEC61970 공통정보모델 기반 에너지관리시스템 응용프로그램 사이에 정보 교환 및 상호운용성을 확보하기 위하여 두 표준 정보모델 간의 객체 통합화에 관한 연구를 진행하였다.

변전소의 이 기종 통신규격 장치들 사이에 데이터 호환성을 확보하기 위하여, IEC61850 공통데이터클래스(CDC) 데이터 속성의 형(Data Type)변환을 이용한 게이트웨이 사상 모델을 제시하였으며, 변전편집도구와 통신 변환 기능을 수행하는 IEC61850 게이트웨이를 설계하였다.

또한 변전소와 중앙제어소 사이의 IEC61850/IEC61970 통합공통정보모델 개발에 필요한 사상, 즉 공통정보모델 XML/RDF의 정적파일과 변전소구성명세서(SCD)파일 사이의 전력계통구성요소 사상 그리고 정보 객체 사이의 사상 관계를 연구하여 공통정보모델 기반 통합공통정보모델을 생성하는 통합절차를 제시하였다. 사용자가 쉽게 통합공통정보파일을 생성할 수 있는 통합정보편집도구와 이 공통정보를 바탕으로 통신 서비스를 수행하는 제어소 게이트웨이를 설계하였다.

생성한 통합공통정보모델을 에너지관리시스템(EMS) 응용프로그램과 제어소용 게이트웨이 사이에 정보와 정보모델 교환으로 상호운용성을 검증하기 위하여, 변전소의 발전기, 변압기와 차단기로 구성된 모의 전력망 모델을 대상으로 차단기 동작상태 정보에 따라 변전소, 제어소 게이트웨이와 중앙제어소 사이에 정보 교환을 확인하였으며, 이 교환 정보를 근거로 에너지관리시스템(EMS)의 전력망 처리 프로세서에서 교환 할 갱신된 전력망 정보가 생성된 것을 확인하여 검증하였다.



개발한 통합공통정보모델은 전력망정보, 측정정보 및 자산정보 기반으로 사상(Mapping)하여 공통정보모델 XML/ RDF 파일을 자동 생성하는 알고리즘을 적용하였다. 추가로 현장 기기의 설정매개변수를 제공할 수 있는 자동 사상(Mapping) 알고리즘의 연구가 진행 중에 있다. 진행 중인 통합정보 모델 자동 사상 알고리즘이 완성되면 통합정보모델 기반으로 국가 단위의 스마트 그리드 전 응용프로그램을 담당하는 그리드 정보베이스(Grid-Wise Information Base) 통합 플랫폼을 구축하고자 한다.



참고문헌

- [1] NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards Release 1.0(Draft),
http://collaborate.nist.gov/twiki-sggrid/bin/view/_SmartGridInterimRoadmap/PAP12DNP361850.
- [2] R. Mackiewicz, "Overview of IEC 61850 and benefits," in Proc. IEEE PES Power Systems Conference and Exposition PSCE'06, pp. 623 – 630, Oct. 2006.
- [3] T. S. Sidhu and P. K. Gangadharan, "Control and automation of power system substation using iec61850 communication," in Proc. IEEE Conference on Control Applications (CCA) 2005., pp. 1331–1336, Aug. 2005.
- [4] J. Rodrigues, L. Soldani and G. Wong, "First substation with IEC61850 commissioned in the americas," Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2006. TDC '06. IEEE/PES, pp. 1– 5, Aug. 2006.
- [5] 윤석열 "스마트그리드용 IEC61850 기반 변전소에서의 게이트웨이 개발" 전기학회논문지, 7월, Vol.60, No.7, pp.1324 – 1329, 2011.
- [6] IEC61850–6. "Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs," IS Ed1: 2004–03.
- [7] IEC61850–7–1. "Basic Communication structure – Principles and models," IS Ed1: 2003–05.
- [8] IEC61850–7–2. "Basic Communication structure – Abstract



- communication service interface(ACSI),” IS Ed1: 2003–05.
- [9] IEC61850–7–3. “Basic Communication structure – Common data classes,” IS Ed1: 2003–05.
- [10] IEC61850–8–1. “Specific communication service mapping(SCSM) – Mappings to MMS,” IS Ed1: 2004–05.
- [11] IEC61850–80–1. “Guideline to exchange information from a CDC based data model using IEC60870–5–101/104,” FDIS: 2010–05.
- [12] IEC60780–5–xxx, "Telecontrol Equipment And System Part 5. Transmission Protocols Section 103 Companion Standard for the Information Interface of Protection Equipment[S].1999
- [13] IEEE 1815–2010, DNP3.0. “www.dnp.org,”.
- [14] Yonghui Yi, Yi Jia Cao, “AN IEC61850 Universal Gateway Based on Metadata Modeling,” IEEE Trans. on VLSI Systems, 2007.
- [15] T.S. Sidhu, P.K. Gangadharan, “Control and Automation of Power System Substation using IEC61850 Communication[C],” 2005 IEEE Conference on Control Application, Toronto, Canada, August 28–31, 2005:1331–1336.
- [16] Modbus. “www.modbus.org/tech.php,”.
- [17] IEC61970–301. “Energy Management System Application Program Interface(EMS–API), Part 301 – Common Information Model(CIM),” 2005.
- [18] I. Xtensible Solutions, "CIM Tutorial," CIM User Group Meeting, Salt Lake City, Utah, pp.87–89, Dec.2006.
- [19] A. W. McMorran, “An introduction to iec 61970–301 and 61968–11:



- The common information model," University of Strathclyde, UK, Specification formal / 97-02-25, Jan 2007.
- [20] G. M. Huang and N. K. C. Nair, "Static and dynamic CIM-XML documents for proprietary EMS," in Proc. IEEE Power Eng. Soc. General Meeting, vol. 2, pp. 1081-1086, July 2003.
- [21] A. W. McMorran, G. W. Ault, C. Morgan, I. M. Elders and J. R. McDonald, "A common information model (CIM) toolkit framework implemented in java," IEEE Trans. on Power Syst., vol. 21, pp. 194-201, Feb. 2006.
- [22] EPRI, Palo Alto, "Harmonization of IEC61970, 61968, and 61850 Models." CA:2006. 1012393.
- [23] J. Fan, H. Zhao, X. Wang, Y. Liu, and L. Ge, "A new design of modern power automation platform," IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia and Pacific, Dalian, China, pp. 1-5, Aug. 2005.
- [24] T. Kostic, O. Preiss and C. Frei, "Towards the formal integration of two upcoming standards: IEC 61970 and IEC 61850," IEEE Large Engineering Systems Conference on Power Engineering, pp. 24-29, May 2003.
- [25] Yemula Pradeep, "CIM and IEC61850 Integration Issues: Application to Power Systems," IEEE Trans, pp. 1-5, May 2009.
- [26] Yemula Pradeep,, "CIM-Based Connectivity Model for Bus-Branch Topology Extraction and Exchange," IEEE Trans On smart Grid, Vol.2 No.2 June 2011.



- [27] NISTIR 7628. "Guidelines for Smart Grid Cyber Security : Vol.1,2,3," August 2010.
- [28] GTM Research, "The Smart Grid in 2010: Market Segments, Applications and Industrial Players", 2009
- [29] KEEI, "미국 스마트그리드 시장 현주소와 도전과제“, 2009
- [30] KI&SA " 클라우드 기반 스마트그리드를 위한 보안기술 연구“, 2010,12
- [31] ETRI. "스마트 그리드 기술 동향 : 전력망과 정보통신의 융합 기술“, 2009,10
- [32] 기술표준원. 이용로, "기술표준의 이해와 전력 IT 표준화 추진 현황“, 2006,12