Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers (2010) 24(8) : 101~108
DOI : 10.5207/JIEIE.2010.24.8.101

논문 24-8-15

IEC 61850 기반의 IED 통합 엔지니어링 툴 개발

(Development of IEC 61850 based Integration Engineering Tool for Intelligent Electronic Device)

한정열* · 안용호 · 장병태 · 송인준 · 김용학**
(Jeong-Yeol Han · Yong-Ho Ahn · Byung-Tae Jang · In-Jun Song · Yong-Hak Kim)

요 약

IEC 61850 기반의 변전소자동화 시스템을 구축하기 위해서는 실계통 변전소에서 엔지니어링이 가능한 IED 공통의 엔지니어링 툴 개발이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 해외 선진사가 지원하는 시스템 및 SCL 구성 툴과 같이 IED 상호간의 통신분석 및 운영관리에 요구되는 IED 통합 엔지니어링 툴을 개발하고자 한다. 본 연구에서 개발된 IED 통합 엔지니어링 툴은 IEC 61850에서 규정하는 XML 기반의 언어로 작성된 ICD, SCL 및CID 파일을 생성, 편집 및 저장할 수 있는 프로그램이다. 특히 IEC 61850 기반으로 국내에서 개발된 IED에 대한 엔지니어링 작업 등 모든 IED에 적용이 가능한 범용적인 툴로써, IED에 대한 신뢰성 검증과 사용자 중심의 편리함과 효율성을 제공할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

Abstract

In order to construct the IEC 61850 based substation automation system, the IED integration engineering tool is necessary to cope with the substation automation by full digital devices in the real power system. Compared the configuration tools provided IED vendors which are able to support the operation and communication analysis among IEDs, the XML based IED integration engineering tool can build, edit and save the ICD, SCL and CID files. Particularly, the IED integration engineering tool is possible to apply the IEC 61850 based IEDs to engineering the systems and also provides the reliability and efficiency of the system to the utilities and manufacturers.

Key Words : IEC 61850, Configuration Tool, IED, Substation Automation System, XML

1. 서 론

전력산업의 궁극적인 목표는 값싸고 품질이 좋은 전력을 안정적으로 공급하는 것으로 최근 전력과 IT(information technology) 기술의 융합이 반드시 필

* 주저자 : 한국전력공사 전력연구원
** 교신저자 : 한국전력공사 전력연구원
Tel : 042-865-5875, Fax : 042-865-5809
E-mail : kimyh@kepri.re.kr
접수일자 : 2010년 4월 26일
1차심사 : 2010년 4월 30일
심사완료 : 2010년 5월 15일

요하다. 즉 정보기술과 전력기술이 융합되어 새로운 전력 IT기술이 발생하는 것이다. 그러므로 기존의 전력산업과 관련 산업 등이 IT기술과 접목되어 기술의 첨단화, 디지털화, 새로운 산업창출 등 고품질의 에너지 공급을 통한 세계시장으로 진출하고, 국가 발전에 새로운 상품을 만들어 국가의 기간산업으로 재탄생시켜야 한다. 그러나 현재 전력분야와 IT분야의 시각차와 표준화된 정보의 제공이 미흡하여 시스템 개발에 큰 차질을 유발하고 있다. 그러므로 전력 IT분야 중에서 송변전 시스템의 표준 개발이 필요한 것이다. 대표적인 전력분야를 살펴보면 SCADA(supervisory control & data acquisition), DAS(distribution automation system), AMR(automatic meter reading) 등이며, SCADA를 예로 들면 원방감시제어장치로 원격지에서 변전소 전력설비의 동작상태를 감시/제어/측정할 수 있는 전력자동화 시스템이다. 이와 같이 선진화(IT화)된 시스템의 활용으로 전력공급의 품질 및 효율성 등을 극대화시킬 수 있다.

본 연구에서는 IT 분야의 세계적인 표준의 하나인 UML(unified modeling language)을 제안하고 있다. UML은 객체지향 분석(analysis)과 설계(design)를 위한 모델링 언어로 1997년에 처음으로 대두되었으며, 1990년대 초반의 많은 객체지향 그래픽 모델링 언어를 통합하여 생성된 언어이다. 단일 메타모델을 기초로 하며 소프트웨어 시스템을 표현하고 설계할 수 있도록 도와주며, 객체지향의 그래픽 모델링 언어를 사용한 만큼 객체지향 방식의 형태를 지원하고 있다. 또한, 객체기술에 관한 국제 표준화 기구인 OMG(object management group)에서 이미 UML을 표준화로 인정하고 있다[2-3]. 이와 같은 UML은 확장성과 이식성을 위한 분석과 설계를 제공하기 때문에, 향후 전력 IT분야의 시스템 개발시 고려해야 하는 복잡도와 데이터의 이질성에 관계없이 개발이 용이할 것으로 예상된다. 특히 최근에는 IT 산업 이외의 모든 분야에도 UML을 이용한 시스템 개발이 적용되는 추세에 있으며, 더욱더 전력 IT분야에서 UML의 활용도가 확대될 것으로 예상된다.

현재 우리나라 IED(intelligent electronic device) 구성 툴(configuration tool)은 개발자 중심의 툴만 있고, 사용자 중심의 전용 툴이 없는 실정이지만, 해외의 선진사는 각각의 제작사마다 IED 구성 툴을 보유하고 있으며, 이를 사용자에게 제공하고 있다[4-5]. 따라서 국내에서 개발된 IED의 경우, 실질적으로 실계통 변전소에서 엔지니어링이 가능한 IED 공통의 엔지니어링 툴이 필요하다. 특히 국산 IED는 시스템 통합시 반드시 제작사가 엔지니어링 서비스를 해주어야만 적용이 가능하며, 또한 각각의 제작사마다 구성 툴을 제공받아야 변전소의 엔지니어링이 가능하다. 이러한 경우 시스템의 기술자가 다수의 툴을 기본적으로 사용할 수 있는 역량을 확보해야만 변전소에서 실질적인 엔지니어링이 가능하므로 매우 비효율적이다. 즉 변전소자동화 시스템에서 엔지니어링은 IED와 IED, IED와 HMI(human machine interface)간 연계되는 변전소자동화 시스템을 구축하고 설정하는 것을 의미하고 있다. 최근 국가산업이 고도화 되면서 자동화 시스템 대한 요구가 증대되고 있으며, 국제표준으로 사용되는 IEC 61850-6의 XML(extensible markable language) 기반의 디지털 변전소자동화 시스템을 구축함으로써 안정적인 국가산업 및 경제발전에 기여하고, 아울러 안정적이고 고신뢰성의 설비운영을 기대할 수 있는 해외 선진사 제품과 동등이상의 성능과 디자인을 확보하여 기술경쟁력을 구비한 제품으로 해외시장 진출을 도모코자 한다.

2. IED 통합 엔지니어링 툴 분석

IED 통합 엔지니어링 툴은 IEC 61850을 이용한 변전소의 데이터를 전달하는 표준 인터페이스인 논리노드(LN, logical node)를 구축하여 IEDs간의 원활한 데이터 교환을 할 수 있도록 기초가 되는 파일을 관리하는 시스템이다. 본 연구에서는 논리노드가 수신된 데이터와 사용된 통신 서비스를 해석하고 처리할 수 있는 상호 운용이 가능하며, 또한 논리노드에 할당된 데이터 객체와 논리노드 내에서 데이터 객체의 식별에 관하여 표준 적용이 가능한 시스템의 개발에 초점을 맞추었다. 이를 위하여 국외 선진사의 엔지니어링 툴을 분석하였고, IEC 61850 국제표준 기반의 S/W 모듈을 설계 및 개발시 사용자 인터페이스 등 관련된 구조

를 참조하였다[4-5].

2.1 SCL Configuration 파일

SCL(substation configuration description language) 구성 파일은 전체 시스템 구성을 설명하기 위해 XML 기반으로 표현되었으며, 변전소자동화 시스템을 구성하는 각종 스위치 등과 IED간의 상호 관계를 그림 1에서 나타내고 있다.

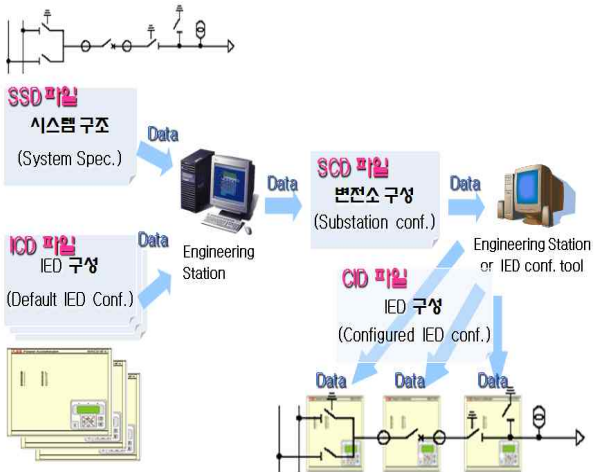
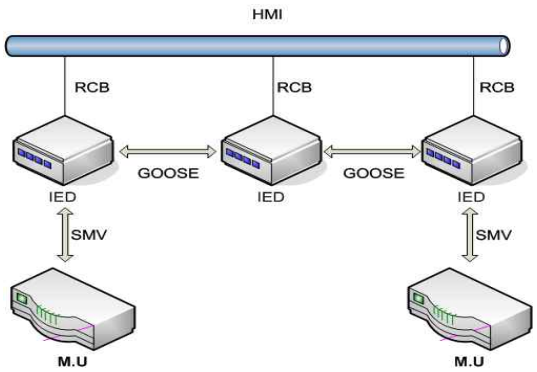


그림 1. SCL 구성 흐름도
Fig. 1. Flow chart of SCL configuration



*RCB: report control block, MU: merging unit, SMV: sampled measured value
*GOOSE: generic objects oriented substation event, HMI: human machine interface

그림 2. 엔지니어링 인터페이스 관계
Fig. 2. Engineering interface connection

표 1. SCL 구성 파일 정의
Table 1. SCL configuration file description

확장자	설 명	비 고
ICD (IED capability description)	- IED 기능 논리장치와 논리노드 등 정의된 data set과 control block을 표현 - 제작사 제출(필수)	IED Specification
SSD (system specification description)	- 변전소 구조 정보 - 시스템 명세 파일 전반적인 시스템 구성을 각각의 논리노드가 표시된 단선도로 표현	System Specification
SCD (system configuration description)	- 변전소 전체 구성 변전소자동화 구성에 대한 데이터 흐름을 표현 - 시스템 구성 파일 ICD 파일을 활용하여 변전소의 IED간 통신설정을 하는 SCD로 표현	System Engineering
CID (configured IED description)	- IED의 특정 데이터 및 파라미터 등을 표현 - SCD의 정보를 각 IED에 기술하기 위한 파일	IED Configuration

2.2 SCL Editor 소프트웨어

ICD/SSD 파일을 생성 및 편집하기 위한 그림 3의 SCL Editor는 ICD와 SSD가 상호 연관되며, XML 타입과 UI 입력창이 상호간 호환되는 에디터이다.

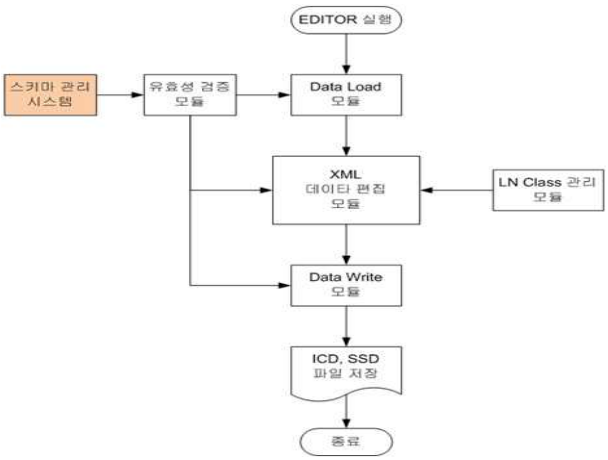


그림 3. SCL Editor 흐름도
Fig. 3. Flow chart of SCL Editor

2.3 Engineering 소프트웨어

그림 4의 IED 엔지니어링 소프트웨어는 SCD/CID 파일의 작성과 IED로 CID를 다운로드/업로드 하며, 또한 네트워크, Dataset, RCB(report control block), GOOSE(generic oriented object substation event) 및 SMV(sampled value)에 대한 설정 기능이 있다.

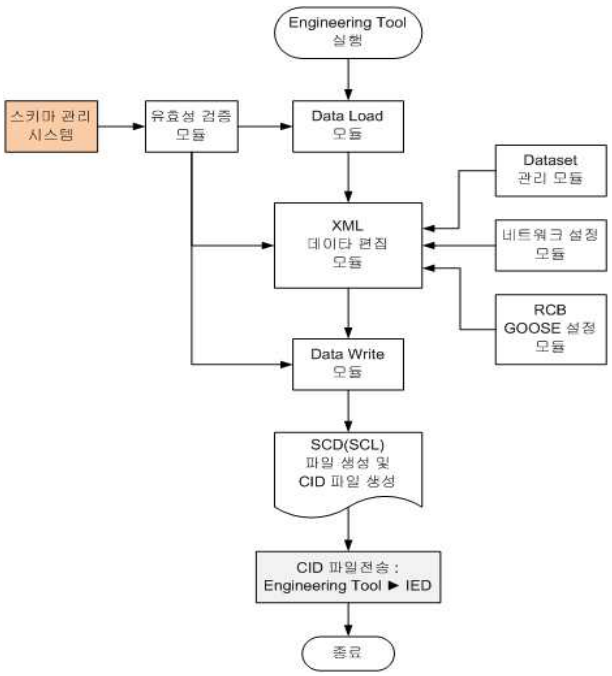


그림 4. 엔지니어링 흐름도
Fig. 4. Flow chart of engineering

3. IED 통합 엔지니어링 툴 설계

3.1 시스템 순서도

IEC 61850 표준을 적용받는 변전소자동화 시스템에서 활용할 수 있는 표준 인터페이스의 XML Editor는 SCL 기반 에디터와 엔지니어링 순서도를 의미한다. 시스템에 관한 정보를 포함하는 SSD와 IED에 관한 정보를 포함하는 ICD를 이용하여 변전소 내의 정보 취득 및 각 정보에 대한 IED 기능과 데이터 흐름을 표 2와 같이 파악할 수 있다[1,6].

표 2. IEC 61850 시스템 모델
Table 2. System model for IEC 61850

모델명	구성항목	소프트웨어	파일
Substation	Substation, VoltageLevel, Bay, Equipment, SubEquipment, ConnectivityNode, Terminal	SCL Editor	.SSD
IED	IED, Server, LDevice, LNode, DO	SCL Editor	.ICD
Communication	Subnetwork, Accesspoint, Router, Clock	Engineering	.SCD

3.2 사용 케이스(use case) 다이어그램

사용 케이스는 시스템에서 제공한 기능 단위를 설명한다. 사용 케이스 다이어그램의 주요 목적은 다른 사용 케이스들간 관계뿐만 아니라 주요 프로세스에 대한 "액터(actors) : 시스템과 인터랙팅 하는 사람"들과의 관계를 포함하며, 개발팀들이 시스템의 기능적 요구사항을 시각화하는데 있다. 사용 케이스 다이어그램은 사용 케이스 그룹들을 보여준다. 이러한 사용 케이스 다이어그램은 주로 응용프로그램을 모델링하기 위해 사용하는 것으로 요구분석을 위한 도구로 사용된다. 즉 작성하려는 응용프로그램의 기능이나 구조 등을 구체적인 모델로 작성하여 보다 정확한 요구분석을 하기 위해 보통 응용프로그램 제작사시 가장 먼저 작성한다[2-3]. 따라서 IED 통합 엔지니어링 툴 개발의 목적을 달성하기 위해서 무엇이 필요한지를 사용 케이스별로 도출하고, 각 사용 케이스에 선/후의 조건을 규정하여 사용 케이스의 입/출력시 시스템의

표 3. 사용 케이스 다이어그램 목록
Table 3. List of usecase diagram

No.	목 록	목 표
UD-1	초기화면	시스템에 처음 접속되는 화면으로 SCL-Editor 또는 Engineering Tool 중에서 해당 프로그램을 선택
UD-2	SCL Editor	개발자는 SCL-Editor를 이용하여 SSD, ICD 파일을 관리
UD-3	Engineering	사용자는 Engineering Tool을 이용하여 SCD 파일을 관리하고, IED에 CID를 제공

상태를 파악할 수 있도록 하는 등 사용 케이스간 상호 종속관계를 제공한다.

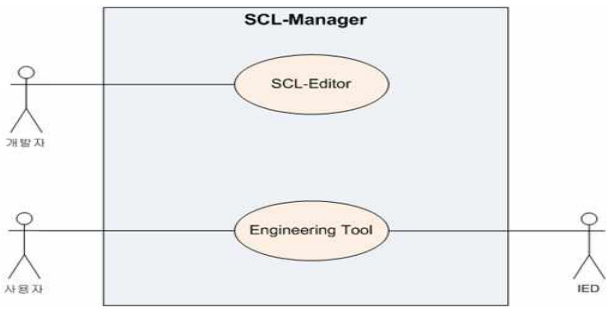


그림 5. 초기화면 사용 케이스 다이어그램
Fig. 5. Use case diagram for initialization

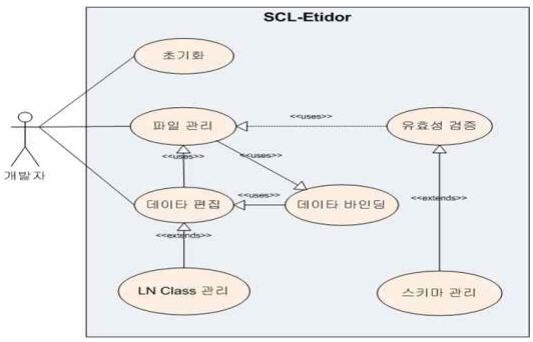


그림 6. SCL Editor 사용 케이스 다이어그램
Fig. 6. Use case diagram for SCL Editor S/W

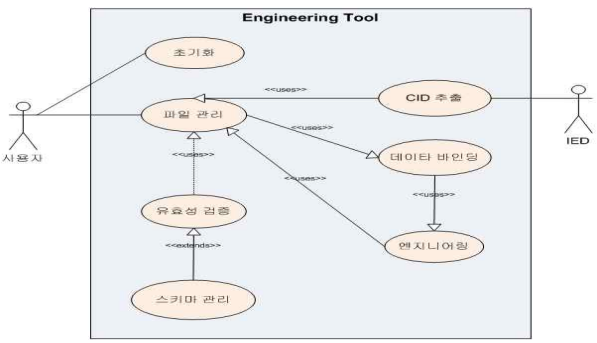


그림 7. 엔지니어링 사용 케이스 다이어그램
Fig. 7. Use case for engineering S/W

3.3 시퀀스(sequence) 다이어그램

시퀀스 다이어그램은 특정 사용 케이스에 대한 상세한 흐름이나 심지어는 특정 사용 케이스의 일부분까지도 보여주며 대부분이 설명을 포함하고 있다. 시퀀스에서 다른 객체들 간의 호출관계를 보여주고 있고 다른 객체들로의 다른 호출까지 상세하게 보여줄 수 있다. 시퀀스 다이어그램은 2차원으로 그려지며, 수직 차원은 발생 시간 순서로 메시지/호출 시퀀스를 보여주고, 수평 차원은 메시지가 전송되는 객체 인스턴스를 나타내고 있다[2-3]. 그러므로 시퀀스 다이어그램은 IED 통합 엔지니어링 툴을 이용한 각각의 사용 케이스별 상황을 흐름별로 파악할 수 있도록 한다.

표 4. 시퀀스 다이어그램 목록
Table 4. List of sequence diagram

No.	시퀀스 명칭	관련액터
SD-1.1	초기화	개발자
SD-1.2	파일 관리	개발자
SD-1.3	유효성 검증	개발자
SD-1.4	데이타 바인딩	개발자
SD-1.5	데이타 편집	개발자
SD-1.6	LN Class 관리	개발자
SD-1.7	스키마 관리	개발자
SD-2.1	초기화	사용자
SD-2.2	파일 관리	사용자
SD-2.3	유효성 검증	사용자
SD-2.4	데이타 바인딩	사용자
SD-2.5	엔지니어링	사용자
SD-2.6	CID 추출	사용자/IED
SD-2.7	스키마 관리	사용자

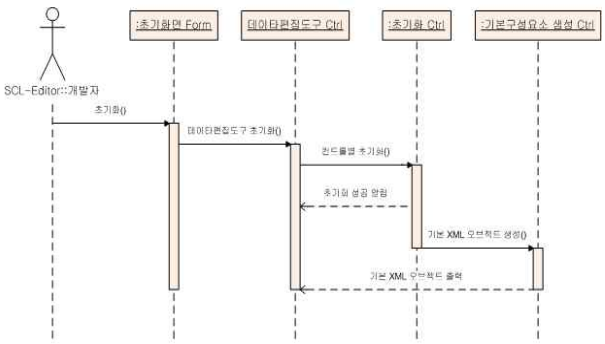


그림 8. 초기화(SD-1.1) 시퀀스 다이어그램
Fig. 8. Sequence diagram for initialization

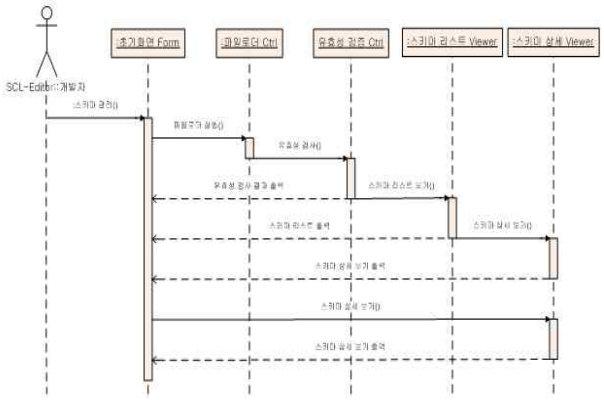


그림 9. 스키마 관리(SD-1.7)의 시퀀스 다이어그램
Fig. 9. Sequence diagram for schema management

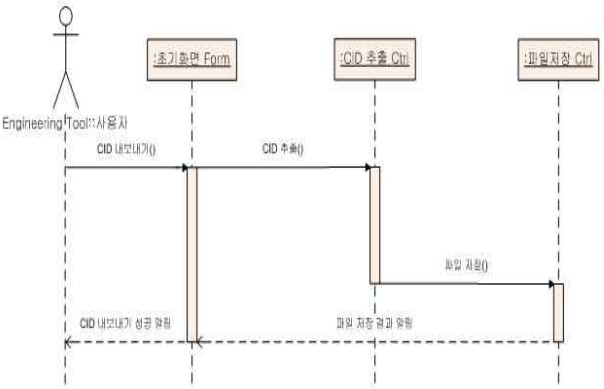


그림 10. CID 추출(SD-2.6)의 시퀀스 다이어그램
Fig. 10. Sequence diagram for CID subtraction

3.4 액티비티(activity) 다이어그램

액티비티 다이어그램은 액티비티를 처리하는 동안 2개 이상의 클래스 객체들간 제어 흐름을 보여준다. 액티비티 다이어그램은 비즈니스 단위 레벨에서 상위 레벨의 비즈니스 프로세스를 모델링하거나 저수준 내부 클래스 액션을 모델링하는데 사용된다. 액티비티 다이어그램은 기업이 현재 어떻게 비즈니스를 수행하는지, 또는 어떤 것이 비즈니스에 어떤 작용을 하는지 등의 고차원 프로세스를 모델링할 때 가장 적합하다 [2-3].

즉 액티비티 다이어그램은 사용 케이스별 업무흐름을 비즈니스적인 관점으로 표현한 것으로 논리적인 업무처리의 프로세스를 쉽게 파악할 수 있도록 제공함으로써 개발자가 다음 개발 과정을 추적할 수 있도록 한다.

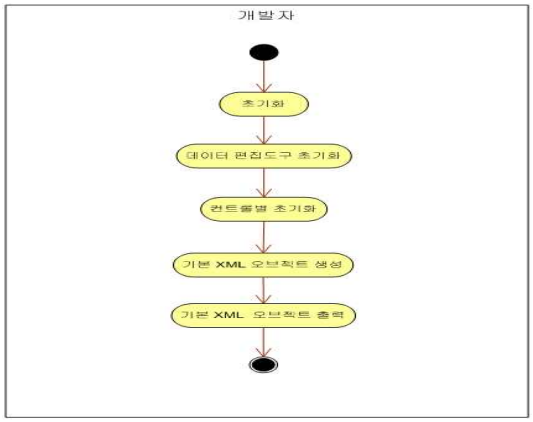


그림 11. 초기화(AD-1.1)의 액티비티 다이어그램
Fig. 11. Example of activity diagram for initialization

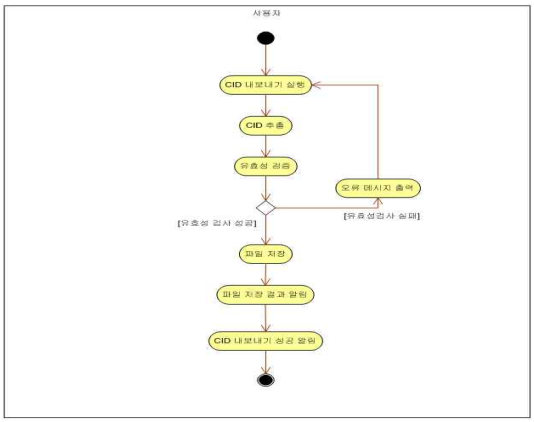


그림 12. CID 추출(AD-2.6)의 액티비티 다이어그램
Fig. 12. Example of activity diagram for CID subtraction

3.5 클래스(class) 다이어그램

클래스 다이어그램은 다른 엔터티들(사람, 제품, 데이터)이 서로 어떻게 관계를 맺고 있는지를 보여준다. 다시 말해서, 이것은 시스템의 정적 구조라고 할 수 있다.

클래스(class) 다이어그램은 시스템에서 사용되는 객체 타입을 정의하고 정적인 관계를 다양한 방식으

로 표현한 다이어그램이다. 클래스 다이어그램은 요구사항 분석과정을 거쳐서 파악된 객체를 일정한 타입으로 모델링하기 위한 요소입니다[2-3]. 즉 클래스 객체들이 서로 어떤 관계를 맺고 있는지를 설명하는 UML 다이어그램이며, UML에서 클래스 다이어그램은 정적인 구조이고 작성된 클래스 다이어그램은 곧바로 프로그램 코드로 변환될 수 있다. 이와 같은 클래스 다이어그램을 구성하는 모델요소는 클래스(class)와 관계(relationship)가 있다.

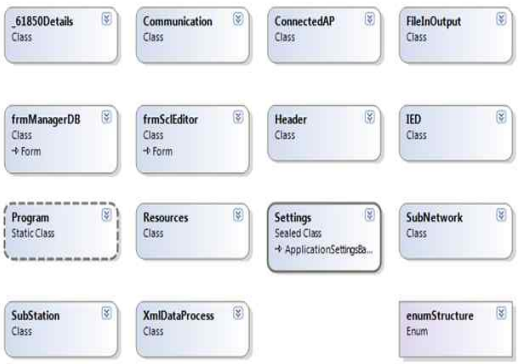


그림 13. 주 클래스(main class) 라이브러리
Fig. 13. Example of main class library

4. IED 통합 엔지니어링 툴 개발

4.1 SCL Editor 모듈

ICD/SSD 파일 생성을 위한 SCL Editor 프로그램으로 ICD와 SSD는 상호 연관되며, XML 타입과 UI 입력창이 상호 호환된다. 즉 SSD 및 ICD 파일을 작성하는 소프트웨어로 그림 14와 같다.

4.2 IED 엔지니어링 모듈

네트워크, RCG(report control block), GOOSE, Dataset, IED 속성 등에 대하여 엔지니어링 설정기능의 툴(tool)로 SCD/CID 파일 생성하고 IED로 다운로딩 기능을 수행한다. 또한 1개 이상의 ICD 파일을 통합하여 SCL 구성정보로 생성하는 기능을 제공하며, SCL의 Substation, Communication, IED DataType Templates 등을 편집하고 등록할 수 있도록 관리 기능을 제공하며 그림 15와 같다.

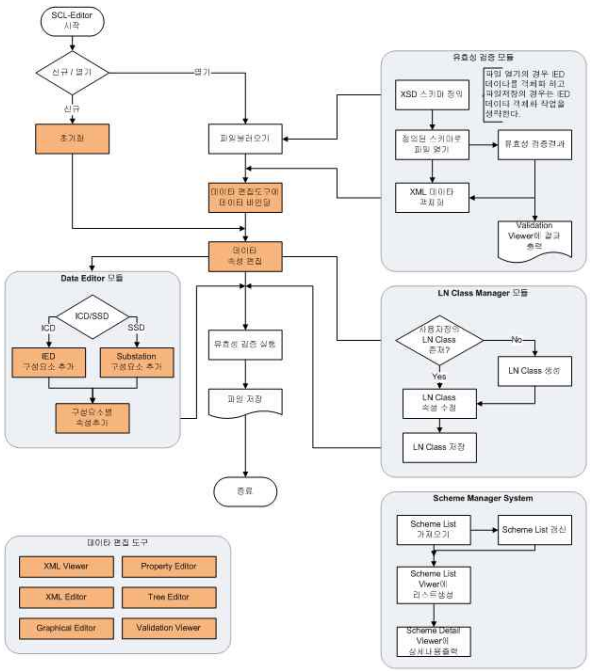


그림 14. SCL Editor S/W 순서도
Fig. 14. Flow chart of SCL Editor S/W

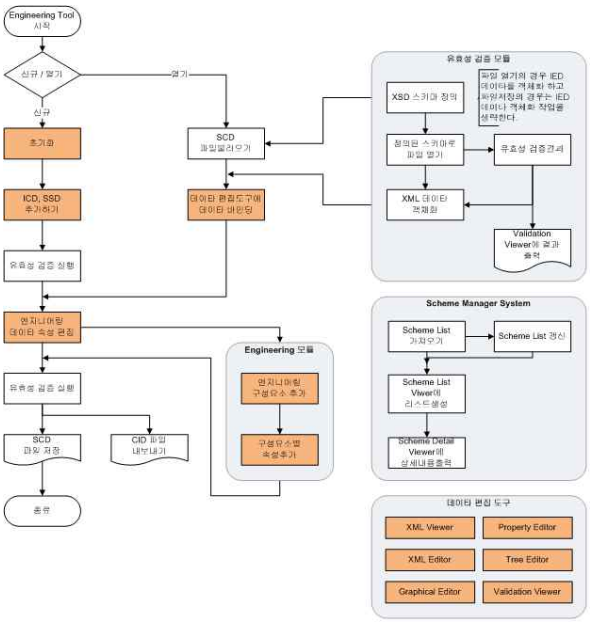


그림 15. Engineering S/W 순서도
Fig. 15. Flow chart of engineering S/W

5. 결 론

국제표준으로 사용되는 IEC 61850 기반의 디지털 변전소자동화 시스템을 구축하기 위한 국내에서 개발된 IED 구성 툴은 사용자 중심의 전용 툴이 없지만, 해외 선진사는 각각의 제작사마다 전용 툴을 보유하고 있으며 이를 사용자에게 제공하고 있다. 그러므로 국내의 개발된 IED는 실계통 변전소에서 엔지니어링이 가능한 IED 공통 엔지니어링 툴의 개발이 시급히 필요하다.

따라서 본 연구에서는 해외 선진사가 지원하는 시스템 및 SCL 구성 툴과 같이 IED 상호간의 통신분석 및 운영관리에 요구되는 IED 통합 엔지니어링 툴 개발을 위해 사용자의 요구분석, IEC 61850 분석, UML 등을 설계하였다. 즉 IED 통합 엔지니어링 툴의 상세 설계안을 도출하였으며, 설계를 기반으로 SCL 에디터와 엔지니어링 소프트웨어를 개발하였고, 각각의 소프트웨어에 대한 사례 데이터를 통해 디버그 및 검증을 진행하고 있다. 또한 지속적인 UML 설계 작업을 통해 툴 사용자의 편의성을 도모하기 위한 기능부분을 강화하였고, 아울러 IEC 61850 및 스키마 파일 규정에 대한 집중적인 표준 분석으로 더욱 범용적인 소프트웨어 기능을 강화하였다.

본 연구에서 개발된 IED 통합 엔지니어링 툴은 IEC 61850에서 규정하는 XML 기반의 언어로 작성된 ICD, SCL 및 CID 파일을 생성, 편집 및 저장할 수 있는 프로그램이다. 특히 IEC 61850 기반으로 국내에서 개발된 IED에 대한 엔지니어링 작업 등 모든 IED에 적용이 가능한 범용적인 툴로써 합리적이고 통합적인 시스템 구축을 통해 경제적 효과를 기대할 수 있다. 아울러, IEC 61850 국제표준에 적합한 소프트웨어를 구축함으로써 IED에 대한 신뢰성 검증과 UML을 통한 소프트웨어 설계/개발로 사용자 중심(UI)의 편리함과 효율성 향상을 기대하고 있다.

References

[1] Communication networks and systems in substation - IEC 61850 Part 1~9, IEC, 2003.

[2] http://www.uml.org.

[3] Donald Bell, UML 기초, IBM, 2003.

[4] SIEMENS Differential Protection 및 Bay Control IED 매뉴얼, 2007.

[5] SIEMENS Relay 통합 운영 프로그램 - DIGSI 4 매뉴얼, SIEMENS, 2007.

[6] 디지털 기술기반의 차세대 변전시스템 개발 - 2단계 1차년도 진도보고서, 한전전력연구원, 2009.

◇ 저자소개 ◇

한정열(韓正烈)
1980년 2월 15일생. 2006년 전북대 공과대학 전기공학과 졸업. 2006년~현재 한국전력공사 전력연구원 일반연구원 재직중.

안용호(安勇豪)
1961년 7월 10일생. 1987년 전북대 공과대학 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년~현재 한국전력공사 전력연구원 재직중.

장병태(張炳泰)
1964년 12월 23일생. 1990년 부산대 공과대학 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년~현재 한국전력공사 전력연구원 재직중.

송인준(宋寅俊)
1961년 2월 7일생. 1987년 전북대 공과대학 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1987년~현재 한국전력공사 전력연구원 재직중.

김용학(金容鶴)
1968년 8월 13일생. 1993년 전남대 공과대학 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2005년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 한국전력공사 전력연구원 재직중.