

지능형 고장복구 지원 시스템을 위한 감시제어 시스템 개발

여상민 정용준
(주)태광이엔시

Development of Monitor and Control System for Intelligent Restoration System

Sangmin Yeo Yongjoon Jung
Taegwang ENC

Abstract - 전력계통에서 고장이 발생할 경우, 변전소 운전원은 빠르고 정확한 고장 복구 조작을 수행해야 한다. 그러나 고장 발생의 빈도가 높지 않아 실제 상황이 발생하면 실제 경험이 부족한 운전원들은 신속하고 정확한 고장 복구를 수행하기 어려워진다. 또한 최근에는 변전소 무인화에 따른 자동운전 시스템의 필요성이 대두되고 있는 실정이다. 따라서 현재 변전소의 구성 및 운전 상황에 맞춰 적절한 고장 복구 지침을 제시해주는 고장 복구 지원 시스템을 개발하는 것을 목적으로 연구개발을 진행하고 있으며 본 논문에서는 현재 개발 중인 감시반 시스템의 구조와 설계 내용을 기술하였다.

1. 서 론

지능형 감시제어 및 복구지원 시스템은 이미 1980년대 초반부터 활발히 연구되어 오고 있으며, 국내에서도 꾸준히 연구가 진행되어 오고 있는 분야이다. 특히 컴퓨터를 활용한 감시제어 시스템은 오래전부터 일반화되어 널리 사용되고 있으나, 고장 발생시의 복구 조작은 운용자의 전문적인 지식이나 경험적 판단에 크게 의존되어 오조작의 잠재적인 요인을 안고 있으며 고장 상황을 잘못 판단하거나 복구조작 단계에서 잘못된 조작을 수행하면 전력공급에 많은 지장을 초래하게 되며, 설비의 손상도 발생될 수 있다.

최근 전력계통에서는 전력설비의 자동화 및 고신뢰화로 인하여 고장의 발생빈도가 점차 감소하고 있는 추세이다. 따라서 계통 운용자가 고장을 경험할 수 있는 기회도 점차 감소하고 있어 새로운 전문가의 양성이 어려워지고 있으며, 또한 숙련된 전문가의 퇴직 등으로 인하여 오랜 전문경험이 계속해서 상실되고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 전력계통의 규모가 대규모화되고 복잡해짐에 따라 고장 발생시 운용자에게 더욱 다양한 관련 지식과 경험 등이 요구되고 있으므로 전문가의 경험적 지식에 의존하여 계통을 운영하는 것은 점점 어려워지고 있다.

변전소의 전장 복구 시스템에 대한 시험 운용 중인 시스템은 일본의 관서전력 시스템[1, 2, 3]이 유일하다. 미국이나 유럽 등지에서는 차단기, 단로기 및 절지 개폐기 간의 인터록 조건을 고려한 조작순서 결정[4], 방사상계통에서의 변전소간의 스위치 자동화[5] 등에 대한 시스템들이 발표된 바 있다.

이러한 변전소의 고장 분석 및 고장 복구 지원 시스템은 변전소의 감시 제어 시스템과 연계되어 운영된다. 현장 설비로부터 수신된 데이터는 감시 제어 시스템으로 전송되어 시스템 화면에 표시되며, 감시제어 시스템은 고장 분석 및 고장 복구 지원 시스템에 적당한 데이터를 전달함으로써 고장 분석 및 고장 복구 지원이 가능하게 된다. 이러한 감시제어 시스템은 계통의 체계에 따라 규모가 달라지는데, 현재 가장 일반적으로 사용하고 있는 계통운용 체계는 EMS(Energy Management System)와 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) 시스템을 근간으로 한 계통적 분산제어 구조이다. 국내에서는 SCADA 시스템의 계층을 분할하여 지역급 전 분소에 소규모 지역 SCADA(Sub-SCADA)를 두고 그 하위의 154kV 변전소를 관할하도록 하고 있다.

본 논문에서는 현재 연구 개발 중인 확장된 토폴로지지를 갖는 변천소 지능형 고장복구 지원 시스템의 중추적 역할을 담당할 감시제어 시스템의 핵심인 감시반 서버에 대해 기술하였다.

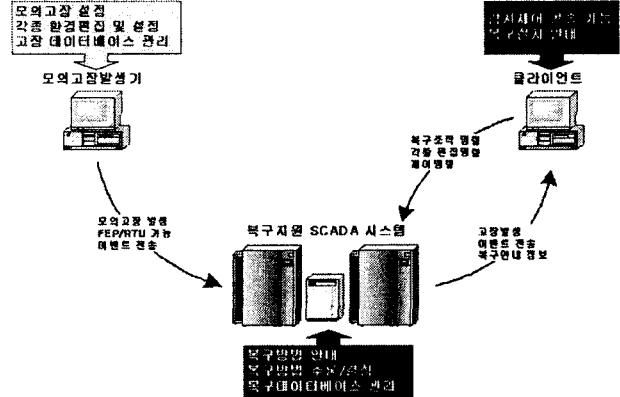
2. 감시제어 시스템

2.1 변전소 지능형 고장복구 지원 시스템

현재 연구개발 중에 있는 변전소 지능형 고장복구 지원 시스템 개발의 최종 목적은 변전소의 돌발적 고장발생시 고도의 신뢰성을 가지고 신속하게 지능적인 복구방안을 제시하는 지능형 복구지원 시스템을 개발하는 것이다. 이러한 지능형 복구지원 시스템 개발의 주요 내용은 다음 두 가지로 요약할 수 있다.

- ▶ 토폴로지의 측면에서 방사상 및 종적으로 확장된 배전모선의 다양한 변형을 수용할 수 있는 지능형 복구지원 알고리즘 개발
 - ▶ 지능형 DB 브릿지 기능과 원격설비들의 감시, 제어를 위한 SCADA 시스템 개발

다음 그림 1은 연구개발 중인 변전소 지능형 고장복구 지원 시스템의 구조를 보이고 있다.



〈그림 1〉 변전소 지능형 고장복구 지원 시스템의 구조

2.2 감시제어 서버

감시제어 시스템은 기능별, 유형별로 구분하여 각각의 모듈 형태로 개발하며, 확장성, 유연성을 등을 고려하여 개발하였다. 또한 각 모듈은 서로 데이터를 주고받으며, 각자 맡은 역할을 수행하며, 경우에 따라 모듈이 존재하지 않더라도 다른 모듈의 기능에는 영향이 없도록 모듈간 독립적인 구조로 동작할 수 있도록 개발하였다.

SCADA 서버의 모든 Process는 기능별로 세분화된 모듈 개념을 갖도록 설계된다. 모듈은 크게 다음과 같은 두 개의 모듈로 구분된다.

(1) Process 모듈

- 독립적으로 실행될 수 있는 단위의 실행 모듈
(2) Library 모듈

- Process 모듈 내에 적재되어 Process 모듈에 의해 부분적으로 실행될 수 있는 Library 형태의 모듈로 여기서 Library 모듈은 주로 사용자 옵션에 의해 선택적으로 Load되어 실행되는 형식의 모듈이며, 시스템의 기능 및 확장에 따라 그 수가 유동적일 수 있다.

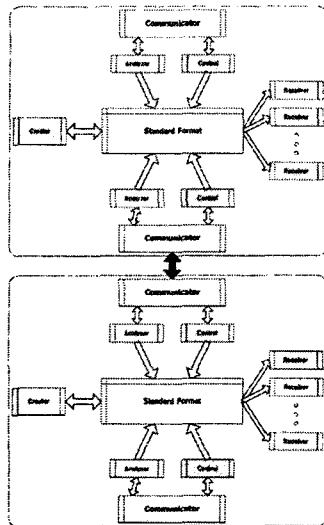
SCADA 서버 내의 모든 모듈 프로그램은 다른 프로그램의 Memory Fault 등에 의한 이상 종료시 그로 인해 영향을 받지 않도록 독립적으로 설계되며, 이를 위하여 임계영역 설정 등 서로간의 결과에 대한 송수성을 배제하도록 하여 독립성을 유지하도록 하였다. 또한 문제 발생시 이를 즉시 검출하고 수행기능의 연속성을 보장하기 위하여 Supervisor Process를 별도로 두어 장애 발생시에도 브레인 속도로 원래의 기능을 회복하도록 하였다.

모듈의 각 구성요소들은 그 역할별로 Property ID를 갖고 있으며, 특정 기능이 필요한 경우, 해당 기능에 대한 Property ID에 의해 타 모듈을 호출한다. 예를 들어, HMI 모듈에서 통신환경 편집기를 사용하게 될 경우, 해당 통신 모듈 내의 통신환경에 대한 Property ID를 사용하여 그 기능을 호출하여 표시함으로써 결과적으로 HMI에는 통신환경 편집기가 표시되며 사용자는 이곳에서 데이터를 편집하게 된다. 이러한 구조적 실행 방법에 의해 각 모듈들은 서로 유기적으로 실행되며, 특정 모듈의 업그레이드를 통해 전 세 시스템의 수정 작업이 가능으로 한 번에 전체를 수정할 수 있다.

제 시스템의 구성을 없이 기능을 확장하거나 구성을 수 있다. 이러한 모듈들이 서로 유기적으로 연결, 상호 동작하여 하나의 서버 시스템을 구성한다. 본 연구개발에서는 기존의 SCADA 관련 시스템보다 확장성이 용이하고 유연성을 갖는 시스템을 개발하기 위해 시스템 상의 Process 기능을 더욱 세부화하고 구체화하였다.

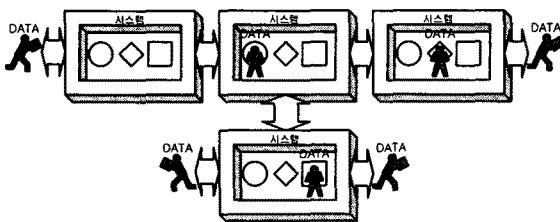
다음 그림 2는 SCADA 서버 내부의 모듈 그룹들의 구성 예를 보여준다. 모듈 그룹의 구성은 외부 장치와의 통신 및 데이터 Format 변환 그리고 다시 외부 장치와의 통신 형태로 대칭적인 구조를 가지고 있으며, 각 모듈간 데이터 전달을 위한 표준 Format을 중심으로 각종 다양한 Process 모듈들이 위치하고 있다. 즉 표준 Format을 중심으로 각각의 기능들은 자신이 담당하는 장치들과의 사이에 위치하며 Format 변환을 기본적인 기능으로 갖는다. 그럼에 세시된 모듈들은 특정 기능의 프로그램이 아닌 유사한 기능 모듈들에 대한 추상적 대표 이름으로 사용한 것이며, 각 모듈 그룹은 통신기

(Communicator), 분석기(Analyzer), 제어기(Control), 생성기(Creator), 수신기(Receiver) 등으로 분류하였다.



〈그림 2〉 모듈 그룹들의 구성

또한 시스템의 안정적 구동을 위해 모듈 간의 통신 규격을 통일하는 것이 필요하다. 따라서 각 모듈간 데이터 전달은 본 연구개발에서 규정한 표준 통신 Format을 사용하였다. 이를 통해 다음 그림 3과 같이 각 시스템 또는 모듈들은 모두 동일한 데이터를 공유하도록 하였으며, 여러 단계의 데이터 전달 단계를 거치더라도 전달되는 데이터 자체는 표준 Format에 의한 데이터가 되도록 개발하였다.



〈그림 3〉 표준 Format에 의한 데이터 공유

전술한 바와 같이 SCADA 시스템 내의 기능들을 각각의 기능 및 자료구조별로 모듈화하기 위하여 다음과 같이 기능별로 그룹을 정의하였고, 표준 Format을 중심으로 기능별로 모듈화된 Process들이 연계되는 구조를 가지고 있다.

(1) 통신기

외부 장비로부터 데이터를 송/수신하는 역할을 갖는 Process를 의미하며, 기존 SCADA에서 사용하는 DNP, Harris, Modbus 등과 관련된 장치 프로그램들이 이에 해당한다. 또한 표준 Format으로부터의 정보를 외부 시스템 장치로 전달하기 위한 통신 Process를 설계할 수 있는 구조를 갖는다. 통신기는 프로토콜, 외부 장비의 수 및 통신 대상의 수에 따라 다수의 통신기 프로그램이 존재할 수 있으며, 실행시 역시 다수의 Process가 실행될 수 있다.

(2) 분석기

통신기에 의해 수신된 Raw Data를 수신하여 분석하는 기능을 담당하며, 수신된 데이터에 대한 Scale factor 적용 및 이벤트를 검출하고 판단하여 표준 Format으로 변환된 데이터를 Process 공유영역에 보관한다. 분석기는 표준포맷 데이터를 생성하는 중요 Process이며, 수신기 및 생성기 Process들은 데이터를 이용하여 자신의 일을 수행한다. 또한 분석기는 수신된 데이터에 대한 연산방식에 따라 다양한 계산 Library를 가질 수 있으며, 이벤트 검출방식에 따라서 또한 다양한 이벤트 검출 Library를 포함할 수 있다.

(3) 제어기

사용자 Interface로부터의 각종 제어기능을 수신하여, 수신된 데이터를 통신기로 전달하여 제어를 수행하고 결과를 검사하여 사용자 Interface에 Feed back하는 기능을 수행한다. 제어기는 특히, 제어기능을 중심으로 사용자 HMI와의 연계성을 갖는 만큼 Server/Client 구조일 경우, 제어에 대한 동시 접속을 제한해야 하므로 임제구역 설정이 반드시 필요하다.

(4) 수신기

수신기는 표준 Format 내의 데이터를 각종 장치들에 맞는 Format으로 바꾸어 출력하기 위한 Process로서, 이벤트 데이터를 일방적으로 수신하여 특

정 장치에 출력하는 형태의 Process들을 정의하며, 출력 대상에는 프린터, 데이터베이스, 오디오, 사용자 정의 이벤트 등이 있다. 수신기는 기능향상을 위해 가장 많이 추가될 수 있는 Process이며, 기존 SCADA 시스템의 동작/사고누산, 차단부하 기능 등도 수신기 모듈로 정의될 수 있으며, 수신된 데이터를 이용하여 특정한 이벤트 연산이 필요할 때 유용하다.

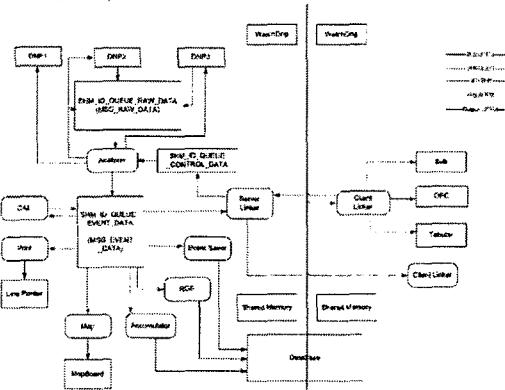
(5) 생성기

생성기는 수신된 Raw Data를 이용하여 새로운 형태의 데이터 그룹을 만들어 내는 기능을 갖는 Process를 정의하며, Raw Data에 존재하지 않는 Value를 생성하는 역할을 한다. 이 Process 그룹은 다양한 용도의 Process를 정의할 수 있으며, 시간별 일정한 주기적인 데이터를 취득하는데 사용되는 Process 그룹을 정의한다.

(6) Linker

일방적인 수신기능의 수신기와는 달리 사용자 HMI와의 연결 및 Interface를 위한 Process 정의이며, 표준 Format 데이터의 전송 및 사용자 수신에 대한 중계역할을 담당한다.

다음 그림 4는 개발된 SCADA 서버의 모듈 구성도 및 데이터 흐름을 나타내고 있으며, 추후 개발될 HMI 및 Client의 구성을 포함하고 있다.



〈그림 4〉 SCADA 시스템의 모듈 구성도 및 데이터 흐름

3. 결 론

본 논문에서는 변전소 지능형 고장복구 지원 시스템에 관한 연구개발에 따라 감시제어 시스템을 개발하였다. 각 모듈별로 독립적인 구동이 가능하도록 모듈간 연계를 최소화했으며, 모듈간에는 서로 동일한 데이터를 공유하도록 하였다. 또한 시스템의 안정적 구동을 위해 모듈간의 데이터 전달은 표준 포맷을 정의하여 구현하였다.

이와 같이 개발한 감시제어 서버는 HMI 및 Client들과 연계되어 운영될 것이며, 본 연구개발의 최종 목표인 변전소 지능형 고장복구 지원 시스템의 메인 시스템으로 그 역할을 담당하게 될 것이다.

【감사의 글】

본 연구는 전력기반조성사업센터의 전력산업연구개발사업으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다. (과제번호 : R-2004-0-190)

【참 고 문 헌】

- [1] Shunichi Ito, Isao Hata, Taizo Hasegawa, et al., "Advanced Operation Guidance Expert System for 500kV Substation", Proc. of 3rd Symposium on ESAP, pp. 405-412, Apr. 1991.
- [2] Kazuo Hamamoto, Fumio Higashiyama, "275kV Substation operation Support System under Field Test", Proc. of 3rd Symposium on ESAP, pp. 419-426, Apr. 1991.
- [3] K. Hotta, H. Nomura, H. Takemoto, K. Suzuki, S. Nakamura, S. Fukui, "Implementation of a Real-time Expert System for a Restoration Guide in a Dispatching Center", CIGRE'89, pp. 172-178, 1989.
- [4] K.P. Brand, J. Kopainsky, W. Wimmer, "Topology-based Interlocking of Electrical Substation", IEEE Trans. on PWRD, Vol. PD-1, No. 3, pp. 118-126, 1986.
- [5] Hemant Y. Marathe, Chen-Ching Liu, Ruth G. Rogers, James M. Maurer, "An On-line Operational Expert System with Data Validation Capabilities", CIGRE'89, pp. 56-63, 1989.