

## 배전능화시스템을 활용한 제어센터 통합방안 연구

하복남\*, 이성우\* 신창훈\*, 박민호\*, 박소영\*  
한전 전력연구원\*

### Integration of control center using intelligent distribution management system

Bok-Nam Ha\*, Seong-Woo Lee\*, Chang-Hoon Shin\*, Min-Ho Park\*, So-Yeong Park\*  
Korea Electric Power Research Institute\*

**Abstract** - SCADA시스템은 변전소 구내에 시설되어 있는 설비를 원격에서 감시제어하는 시스템이고, 배전자동화시스템(DAS)은 배전선로에 시설되어 있는 각종 배전설비를 원격에서 감시제어하고 있는 시스템이다. 이 시스템들은 독립적인 시스템으로 개발되었고 각각 다른 제어센터에서 운영이 되고 있다. 본 논문에서는 변전설비를 집중 감시제어하는 SCADA시스템과 배전설비를 감시제어하는 배전자동화시스템을 한 제어센터에서 통합 운영하기 위한 방안을 검토하였다. 개별 시스템의 특징과 기능, 시스템 구성방법 및 연계방안을 기술적으로 분석하여 제어센터의 통합 방안을 기술하였다.

로토콜로서 ICCP 프로토콜이 사용되고 있으며, 통신속도는 1.544Mbps이다. SCADA/RCC와 SCC간에는 TCP/IP프로토콜(1.544Mbps)을 사용하고 있다. RCC 및 SCC에서 변전소 구내에 설치된 단말장치(RTU) 사이에는 DNP프로토콜과 일부 Harris 프로토콜이 사용중이며, 통신속도는 2300~9600bps의 통신이 이루어지고 있다. 배전자동화용 통신프로토콜도 DNP를 사용하고 있기 때문에 연계하는데 그다지 문제가 없다.

### 1. 서 론

전력계통을 운영하는 제어센터는 송변전분야의 전력설비를 감시제어하는 급전센터와 배전설비를 감시제어하는 배전센터로 나누어진다. 두 센터는 자동화가 시작된 이래로 한 번도 통합에 대한 논의가 이루어지지 않고 통합의 필요성도 제기되지 않은 채 분리된 시스템으로 운영되어 왔다. 그 이유는 설비를 관리하는 부서가 서로 달라서 하나님의 시스템으로 통합할 경우 오히려 설비관리 차원에서 문제가 생기기 때문이었다. 그런데 최근 한국전력공사는 그동안 분리 운영되던 송변전사업소와 배전사업소를 통합하여 사업본부 체제를 발족하였다. 따라서 하나의 사업본부에 송변전설비와 배전설비를 통합 관리하게 되었으며 이에 따라 제어센터의 통합이 관심사안으로 부각되었다.

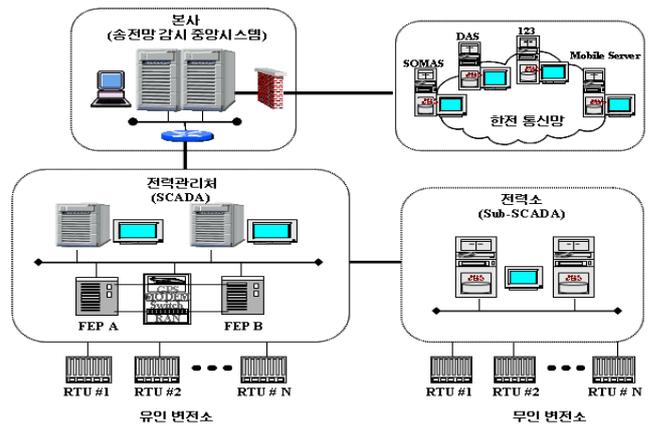
### 2.2 SCADA 시스템의 구성

급전소의 SCADA시스템(RCC) 구성도를 <그림 1>에 보이듯이 주장치(APN), 자료취득처리장치(DAS), 인간기계연락장치(MMI), 이중화된 LAN과 네트워크장치등 통신장치, 변전소내 데이터를 수집하여 전송처리하는 단말장치(RTU)로 구성된다.

### 2. 송변전 원방감시제어시스템(SCADA)

#### 2.1 SCADA 개요

SCADA시스템은 변전소 구내에 시설되어 있는 변전설비의 운전상태, 계측정보 등을 통신망을 거쳐 수집, 기록, 표시하고 제어센터에서 원격지에 있는 변전설비를 집중 감시제어하는 시스템이다. 우리나라의 SCADA시스템은 1981년도에 외국제품을 도입하여 사용하기 시작하였으며, 1987년도에는 국내기술로 개발한 급전분소용 SCADA시스템이 완성되어 이후 전국의 송변전사업소에 설치되었다. 1996년 이후에는 개방형 시스템의 SCADA 시스템으로 교체되었다. SCADA시스템은 <표 1>과 같이 3단계로 구분되고 있다.



<그림 1> SCADA 시스템 구성도

#### 2.3 SCADA의 기능

SCADA시스템의 기능은 원방감시기능, 원방계측기능, 원방제어기능, 정보/이벤트 관리 및 보고서 출력기능, 자료연계 기능 등이 있다. 이 중에서 대표적인 기능 몇 가지를 <표 2>에 소개한다.

<표 1> SCADA 계층별 역할

| 계층명           | 설치장소   | 계층별 역할   |
|---------------|--------|--|
| EMS           | 중앙급전소  | 전력수급조절 및 경제급전 계통 적정전압 및 주파수 조절 수요예측 및 발전계획   |
| SCADA (RCC)   | 지역급전소  | 지역급전소내 전력계통감시제어 154kV Loop 전력계통 감시제어 345/765kV 전력계통 감시 상하위 SCADA 데이터 연계 유인변전소 원방운전 |
| 서브SCADA (SCC) | 지역급전분소 | Radial 154kV 전력계통 감시제어 66kV 이하 계통감시 및 제어 무인변전소 원방운전                                |

에너지관리시스템(EMS)은 전국의 발전소와 345kV급의 송변전설비를 관리하는 시스템으로서 전국에 1개 밖에 없고 전력망 운전에서 매우 중요한 역할을 수행하고 있다. 기본기능은 SCADA와 유사하지만 발전량제어나 주파수조절 기능 등을 수행한다. EMS와 RCC 사이를 연계하는 프

<표 2> SCADA시스템의 기능

| 구분     | 세부기능  |
|--------|---|
| 원방감시   | 차단기, 개폐기 상태 보호계전기 동작상태 SOE정보 설비과부하 자동감시           |
| 원방제어   | 차단기, 개폐기 열림/닫힘 제어 변압기 탭절환 Static Condenser 제어     |
| 원방계측   | 전압 및 전류 계측 유효전력, 무효전력 계측 변압기 탭위치, 온도 측정 기타 입력값 측정 |
| 보고서출력  | 전압 및 부하 이력보고서 경고 및 이벤트 리스트 화면 Hard Copy           |
| 알람/이벤트 | 전압, 전류 상하한값 초과 차단기, 계전기 점접상태 변화 정보전송 이상           |

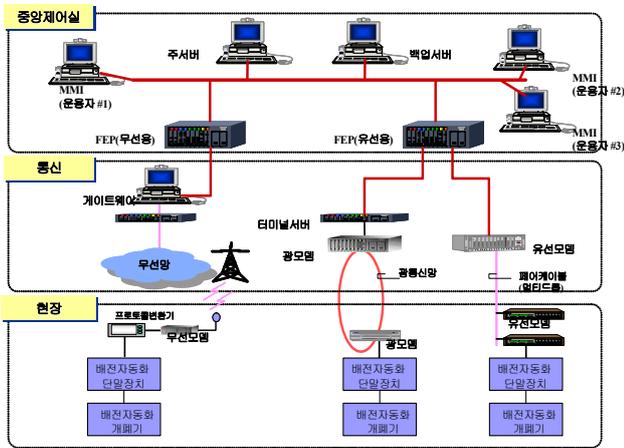
### 3. 배전자동화 시스템

#### 3.1 DAS 개요

배전자동화 시스템에 대한 정의는 나라마다 약간씩 다르지만, 한국에서는 컴퓨터와 통신기술을 활용하여 원격리에 산재되어 있는 배전용 개폐장치를 중앙제어센터에서 원격으로 조작하고 고장구간을 자동으로 찾아내며, 전압 전류 등 선로운전 정보를 자동으로 수집하는 시스템이라고 정의하고 있다. 그러나 최근 국내의 기술추세를 보면 배전자동화는 원격감시제어 외에 고장을 자동으로 처리하거나 손실최소화 및 부하균등화 등 배전계통을 최적상태로 운전하게 하는 기능을 탑재한 시스템으로 확대 해석되고 있다. 즉, 배전선로의 운전상태 감시와 배전설비의 제어를 컴퓨터와 통신망을 이용하여 원격으로 운전하고, 운전정보를 수집하여 배전계통을 효율적으로 운영하는 시스템을 배전자동화 시스템이라고 정의하는 것이 현실적이다.

#### 3.2 DAS 구성

배전자동화 시스템의 주요 구성품에는 시스템의 두뇌라고 할 수 있는 중앙제어장치와, 배전선로 중간에 설치되는 자동화용 개폐장치, 중앙제어장치의 명령을 해석하고 운전정보를 전달하는 제어단말장치 및 데이터 전송 통로가 되는 통신네트워크와 통신장치가 있다.



<그림 2> 배전자동화시스템 구성도

#### 3.3 DAS 기능

배전자동화시스템의 주요 기능에는 배전계통 운전상태 표시기능, 원격감시기능, 원격제어기능, 원격계측기능, 원격셋팅기능, 배전계통 최적화 운전기능, 기술계산기능 등이 포함되어 있다.

<표 3> 배전자동화시스템의 기능

| 구분            | 원격감시  | 원격제어  | 원격계측   | 원격셋팅   |
|---------------|---|---|--|--|
| 배전선로 현장 기기 운전 | <ul style="list-style-type: none"> <li>투입/개방</li> <li>잠금/풀림</li> <li>현장/원격</li> <li>단선/결상</li> <li>활선/사선</li> <li>상일치/불일치</li> <li>고장표시기</li> <li>가스압상태</li> <li>축전지상태</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>투입/개방</li> <li>잠금/풀림</li> <li>고장표시기</li> <li>Reset</li> <li>축전지시험</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>전류(A,B,C,N)</li> <li>전압(A, B, C)</li> <li>고장전류(A,B, C,N)</li> <li>전력</li> <li>역율</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>고장표시기 최소동작전류</li> <li>Recloser최소동작전류</li> <li>돌입 대비 지연시간</li> <li>T-C커브</li> <li>제폐회수</li> <li>제폐로시간</li> </ul> |
| 부가기능          | <ul style="list-style-type: none"> <li>지적도상 계통도 표시</li> <li>배전선로 고장처리</li> <li>과부하 감지 및 부하절제</li> <li>시물레이션 기능</li> <li>손실최소화 및 부하균등화를 위한 배전계통 최적화</li> </ul>                     |   |  |  |

### 4. 제어시스템의 연계 및 통합

#### 4.1 제어시스템간 연계

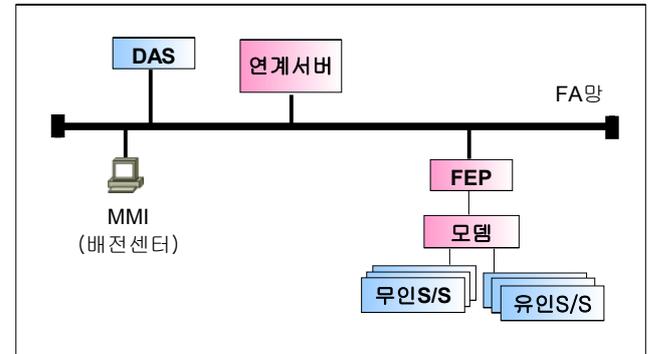
SCADA시스템은 변전설비를 감시제어하는 시스템이기 때문에 배전선로 운영에 필수적인 주변압기 부하정보나 배전선로 인출전류 및 인출전압 정보를 갖고 있다. 따라서 SCADA시스템과 배전자동화 시스템의 연계 필요성이 제기되었으며, 그 방안으로서

송전망감시중앙시스템(PIS서버)과 배전자동화 시스템 간의 연계가 수년전에 시도되었다. 그러나 2008년도 이후에는 급전소 SCADA와 배전자동화 시스템 사이에 연계용 게이트웨이를 설치하고, 이를 통해 SCADA 데이터를 배전자동화로 직접 송신하는 방안이 채택되었다.

SCADA시스템과 연계하여 읽어오는 변전소 운전정보와 정보 제공 주기는 크게 3종으로 분류되는데 모든 대상기의 상태정보를 일괄해서 보내주는 Status Dump, 기기의 운전상태가 바뀌는 즉시 해당 정보만을 보내주는 Event, 전압 및 전류 등의 Analog 계측값으로 구분된다. 이러한 모든 운전정보는 SCADA에서 DAS로 보내기만 할 뿐 DAS에서 SCADA로 운전정보를 보내지는 않지만, 배전선로 인출용 배전반에 설치된 제폐로계전기 on/off 제어는 DAS에서 SCADA 측으로 제어명령을 내릴 수 있도록 기준을 정하였다.

<표 4> SCADA 변전소 운전정보 제공 포인트

| SCADA-DAS 연계시 SCADA 제공 포인트 |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| M.Tr 2차 유효전력               | 23kV D/L CB 상태        |
| M.Tr 2차 전압                 | 23kV D/L DS 상태        |
| D/L 인출전류(3상)               | 제폐로 43RC 감시/제어        |
| M.Tr 2차 DS 상태              | 23kV OCR(순시)(Bank종합)  |
| 23kV Bus-Tie CB 상태         | 23kV OCR(한시)(Bank종합)  |
| 23kV Bus-Tie DS 상태         | 23kV OCGR(순시)(Bank종합) |
| 23kV Bus-Section CB 상태     | 23kV OCGR(한시)(Bank종합) |
| 23kV Bus-Section DS 상태     | 23kV D/L 79Ry Lockout |



<그림 3> SCADA-DAS 연계 구성도

#### 4.2 제어시스템의 통합을 위한 기술적 요소

현재 분리 운전중인 SCADA와 배전자동화시스템을 물리적으로 통합하는 방안은 다음과 같다. 첫 번째는 두 개의 시스템은 독립적으로 존재하되 동일한 제어센터내에서 통합 운전이 이루어지도록 장소만 통합하고 설비 운전은 별개로 하는 방안, 두 번째는 제어센터 장소통합 외에 별도로 존재하되 두 시스템을 4.1에서 설명한 방법처럼 연계하여 데이터는 공유하고 일부 제어신호도 주고받되 MMI는 분리 운영하는 방안, 세 번째는 아예 주장치를 하나로 통합하여 시스템 내부에서 SCADA와 DAS 기능을 동시에 수행하도록 새로운 개념의 시스템을 사용하는 방안이 있을 수 있다. 각 방안별 비교결과를 <표 5>에 보이고 있다.

<표 5> SCADA와 배전자동화 시스템 통합방안

| 구분   | 특성   | 장단점   |
|--|--|---|
| 개별 시스템 설치 및 독자 운전하되 제어센터 공간만 통합                  | 현행 관리범위 및 운영체제 유지                                      | 제어센터 통합으로 인력 및 비용 절감<br>운영 및 보수인력이 많아 비용이 많이 소요됨      |
| 통합된 장소에 개별 시스템 설치 및 독자 운전하되 시스템 상호 연계를 통한 데이터 공유 | 현행 관리범위 및 운영체제 유지<br>제어권한 일부 재조정 가능                    | 시스템 연계를 위한 투자비용 소요<br>제어센터 통합으로 운용 인력 및 비용 절감         |
| 주장치의 통합으로 하나의 시스템에서 변전 및 배전설비 통합 감시제어            | 동일한 OS를 사용할 수 있도록 소프트웨어 재개발 필요<br>MMI는 변전용 및 배전용 분리 운전 | 하드웨어 구매비용, 운용 인력 및 유지비용 절감<br>통합시스템의 신뢰도 확인을 위한 기간 소요 |

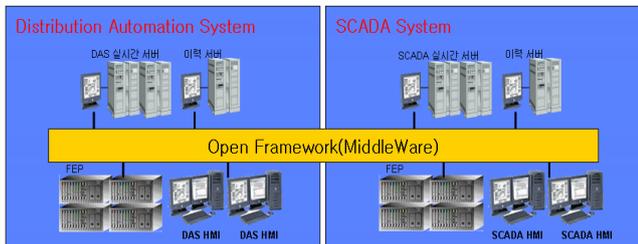
### 4.3 제어시스템 통합 방안

앞에서 두 시스템을 물리적으로 연계하는 방안에 대해 설명하였으므로 여기서는 두 시스템을 소프트웨어 적으로 통합하는 방안에 대해 검토한다. 현재 두 시스템의 OS를 비교하면 SCADA는 UNIX를, 배전자동화는 Windows를 사용하고 있다. 데이터 맵핑 방식을 비교하면 SCADA는 현장의 데이터를 Point 방식으로 처리한다. 이 방식은 데이터 자체에 물리적인 의미를 가지지 않고 화면처리시에만 사용자에게 인식시키는 방식이다. DAS는 Object 방식으로 데이터 자체에 물리적인 의미가 있는 방식을 사용한다. 또한, SCADA는 RTU가 Transducer와 같은 물리적인 데이터를 단순히 수치로 바꾸어 전달하는 구조로서 RTU 자체 판단기능은 거의 없다. 또한 변전소구내의 근거리에서 위치하기 때문에 통신망 포설이 용이하여 전단처리기(FEP)가 RTU에게 Polling에 의한 주기적인 Dump 형태로 데이터가 올라와서 주장치에서 판단하는 구조이다. DAS는 넓은 지역에 산재되어 있기 때문에 다양한 통신방식을 지원하며 특히 효율적인 데이터 취득을 위하여 전단처리장치(FEP)에서 Polling, Exception Report, Report by Exception 등 다양한 방식으로 데이터를 취득하며, 현장에 위치한 FRTU가 지능적으로 데이터를 처리하여 주장치와 단말장치가 부하를 분담하는 구조이다.

DAS에는 SCADA와 달리 설치 후에도 배전선비의 수가 급증할 수 있기 때문에 미들웨어를 도입하여 현장기기의 숫자가 늘어나더라도 관련 장비만 추가하면 되는 Scalable Architecture를 지향하고 있다. 이는 FEP가 취득한 데이터를 SCADA처럼 Dump하는 방식이 아니라, COS(Change of Status), COA(Change of Analog)에 의해 판단하여 서버에 전달할 필요가 있는 경우에만 미들웨어를 통해 서버에 전달하고 서버가 이를 해석하여 표현하고 관리하는 방식이다. DAS에서 중요한 역할을 담당하는 미들웨어는 현장에서 올라오는 데이터의 실시간 전달, 알람/이벤트 처리, 패킷 전송 등을 담당하고 있다.

이러한 차이 때문에 설계 개념상 DAS에서는 SCADA 기능을 통합하여 구현할 수 있지만, SCADA에서는 DAS 기능을 구현할 수 없다. 따라서 DAS의 설계개념을 가지고 SCADA를 만들고 동일한 미들웨어 기반 위에서 데이터가 처리되도록 시스템을 구현하면 통합이 가능해진다. SCADA는 RTU에서 데이터를 가공 없이 주장치에 전달하는 Dump 방식인데 반하여 DAS는 주장치가 각 개폐기에 대해 순차적으로 1:1 통신 또는 병렬 통신을 하여 배전기기 하나하나의 운전정보(아날로그 및 디지털 데이터)를 전송하면 미들웨어가 이를 비교하여 처리하는 방식이다.

전력IT 국가전력과제로 개발이 진행중인 배전지능화시스템은 SCADA 기능과 배전자동화 기능을 동시에 구현하도록 설계되었다. OS를 Windows 기반으로 통일하고, 동일한 미들웨어 기반 위에서 데이터가 처리되도록 하였다. SCADA와 DAS는 데이터 처리량과 처리방식이 상당히 상이하므로 각각의 기능을 분리하여 담당하도록 서버가 분리되는 형태로 개발하였으며, MMI도 분리하여 변전원은 SCADA 화면을 보고 배전원은 DAS 화면을 보면서 운전할 수 있다. 각 데이터는 서로의 설계적인 관점이 다르기 때문에 이를 서로 교환할 수 있는 Mapping Table을 DAS측에서 구현하여 SCADA의 Point 정보를 DAS의 Object구조로 변경하여 처리하는 방식이다. <그림 4>는 SCADA와 DAS가 통합된 시스템의 개념도이다.



<그림 4> SCADA-DAS 통합시스템 개념도

## 5. 결 론

오랜기간 독립적으로 운영되던 지사 조직과 전력관리처 조직이 2008년부터 사업본부로 통합되면서 설비운영 업무를 동일한 제어센터에 통합하여도 수용이 가능한 분위기가 조성되었다. 두 시스템의 데이터 처리방식이나 구현기능이 일부 상이하지만 SCADA와 DAS를 통합하는 것은 그동안 국내에서 시행된 연구실적으로 볼 때 기술적인 측면에서 볼 때 크게 문제가 되지 않을 것으로 보이며, 정책적인 결정이 선행된다면 시범운영 및 운영기준 마련 등의 준비과정을 거쳐 시행이 가능할 것

으로 보인다. 그러나 사용중인 시스템을 교체하는 데는 비용 투자가 수반되며, 새로운 시스템에 대한 사용법을 습득하고 유지 보수하는 기술을 축적하는데도 상당한 시간이 걸릴 수 있다. SCADA의 경우 외국 시스템을 도입하여 설치해 온 관계로 하드웨어 및 소프트웨어를 설치 운영하고 유지보수를 하는 전담 조직이 있어서 안정적인 운전이 이루어져 왔다, 그러나 배전자동화는 연구부서에서 직접 개발한 후 전국에 확대 보급하였기 때문에 운용 및 유지보수 관련 조직이 SCADA처럼 갖추어지지 않아서 외부 기관의 협력을 필요로 한다. 따라서 통합시스템 체제로 발전하면 기존의 유지보수 전담부서가 이를 관리하게 되어 시스템의 안정도와 신뢰도가 높아질 것이다. 또, 제어센터의 통합은 운용 및 유지보수 인력의 효율적인 활용을 가능하게 할 것이며, 제어센터 설치공간의 축소, 하드웨어 및 소프트웨어 설치비용의 절감, 분야별 운전원의 노하우 상호 교류를 통해 상당한 시너지 효과를 창출할 수 있을 것으로 보인다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 하복남 외, “배전변전소 감시제어 기능이 통합된 지능형 배전자동화 시스템 개발”, 최종보고서, 산업자원부, 2006
- [2] 하복남 외, “배전지능화시스템 중앙제어장치 개발”, 1단계완료보고서, 산업자원부, 2008
- [3] 김상진, “전력정보 통신기술 중심의 전력IT원론”, p211-p245, 한전 KDN, 2008.4