

직접연계방법에 의한 DAS-SCADA 연계 연구

박소영^{1*}, 신창훈¹

A Study on the Interface between DAS and SCADA by using Direct Method

So-Young Park^{1*} and Chang-Hoon Shin¹

요약 배전자동화시스템(DAS:Distribution Automation System)과 변전자동화시스템(SCADA:Supervisory Control And Data Acquisition)은 전력계통을 컴퓨터와 통신기술을 이용하여 운영하는 주된 시스템으로, 현재 독립적으로 운영됨으로 인해 신속하게 처리되어야 하는 고장처리 및 활선작업처리가 지연되는 등의 문제점이 제기되어왔고, 이에 따라 DAS-SCADA 연계 연구가 요구되었다. 연계방법으로 직접연계, 웹연계, DAS 기능부 전력량계를 이용한 연계가 2005년 11월부터 2007년 12월까지 한전 사업소에서 시범 운영되었고, 그 결과 투자비용 면에서 직접연계방법이 웹연계방법에 비해 약 1.3배 높지만 다양한 변전소 운전정보 전달의 신속성, 제어기능 우수 등의 타당성이 입증됨으로써 직접연계방법에 의한 DAS-SCADA 연계가 2010년까지 한전 사업소에 전국적으로 확대 적용될 계획이다. 시범 운영시 제기된 문제점을 개선하기 위해 변전소 개체별 통신 방법을 이용한 데이터 연계방안으로 개선하여 연계DB 자동구축 기능 및 연계시스템 진단/Log 기능을 개발하였다. 연계데이터 포인트와 통신데이터 종류를 정의하고, SCADA HMI 프로그램을 개발하여 변전소 단선도 자동생성 기능, 변전소 단선도 수동편집 기능, SCADA 감시제어기능 및 이력관리 기능을 개발하였다. DAS-SCADA 연계시 정전건당 평균시간을 약 33% 단축하여 전력공급 신뢰도를 향상하고, 배전 계통운영센터와 변전소간 활선작업 처리절차 축소를 전력계통 효율적 운영에 기여하고, 나아가 고장시 부하절제 자동처리로 완전한 배전자동화 실현 및 해외 수출화 사업에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

Abstract DAS and SCADA system are main systems, which operate and manage the power system by using computer and communication technology. But DAS and SCADA have been operated independently in Korea, so there was some time delay in the fault handling and live-line work. To improve that problems, studies on the interface between DAS and SCADA have been needed. From November 2005 to December 2007, the pilot project has been performed in KEPCO's branch offices, as a result, direct method will be applied widely all over the country until 2010 because the operation information of substation users want can be transmitted fast and it is possible to control 43RC directly although the expense for direct method is about 1.3 times larger than that for web method. To improve problems revealed during the pilot project, substation object to object communication method is proposed and interface database automatic generation and interface system diagnosis and logging functions are developed. Interface data point and communication data type are defined, substation single line diagram automatic generation or manual editing function, SCADA monitoring and controlling function, log data managing function are developed in SCADA HMI program. It is expecting to reduce the average time for each outage about 33% and to improve the reliability, efficiency of operation, execution of DAS from automatic load transfer under a fault, and to contribute to export project.

Key Words : DAS, SCADA, Interface

본 논문은 한국전력공사 연구과제로 수행되었으며, 대한전기학회 2008년도 송배전설비연구회 춘계학술대회 논문집에 게재된 "DAS-SCADA 연계에 관한 연구" 논문의 확장논문임.

¹한국전력공사전력연구원
접수일 08년 07월 23일

수정일 08년 10월 15일

*교신저자: 박소영(parksoy@kepcoco.kr)
게제확정일 08년 10월 16일

1. 서론

배전자동화시스템(DAS)과 SCADA 시스템은 전력계통을 컴퓨터와 통신기술을 이용하여 운용하는 주된 시스템으로, 감시대상 범위에 따라 구분된다. SCADA는 변전소를 포함한 송변전 설비를, DAS는 변전소의 CB 이후 선로들과 개폐기들을 원격에서 감시 제어하는 시스템이다.

현재 한전의 계통운영 방식을 살펴보면, DAS와 SCADA 시스템이 독립적으로 운영되고 있기 때문에 송변전과 배전 간 정보 공유로 신속하게 처리되어야 하는 고장처리 및 활선작업처리가 지연되는 등의 문제점이 제기되어왔다.[1][2] 예를 들어, 변전소 내부에서 고장이 발생하여 배전선로 전체가 정전되었을 때 배전 계통 운영자에게 변전소 고장정보가 즉시 제공되지 않기 때문에 신속하게 비상시 대처를 수행하지 못하여 고장처리가 지연되는 문제점이 발생하였다. 이러한 경우 고장정보는 우선 상으로 통보될 때까지 고장원인을 찾기 위한 불필요한 인력과 시간이 소모된다. 배전선로에서 고장이 발생하여 CB가 트립 되었을 때에도 위와 유사하게 변전소 운영자에게 배전선로 고장정보가 즉시 제공되지 않기 때문에 비상시 상황 대처가 지연되게 되고 변전소 내 고장원인을 파악하는데 불필요한 인력과 시간이 소모된다는 문제점이 발생하였다. 배전 계통운영센터와 변전소간 활선 작업시 재폐로계전기 제어가 필요한 경우 연락체계가 복잡하여 작업시간이 지연되는 문제점 또한 발생하였다. 현장에서 배전계통운영센터로 제어요청을 한 후, 배전계통운영센터에서 다시 변전소로 제어요청을 하면, 변전소에서 조작 및 결과를 배전계통운영센터로 통보해주고, 다시 현장에서 결과를 통보해주면 그 후에야 현장에서 결과를 접수하고 현장작업을 수행할 수 있었다. 현장작업 후 원상 복구 시에도 제어요청과 같은 경로로 복구요청을 하고 결과통보를 받아야 하기 때문에 절차가 매우 복잡하였고 이로 인해 활선작업이 지연되는 문제점이 발생하였다. 또한, 고장처리, 과부하해소, 선로작업 등 주요 배전 운영 시 수반되는 부하절체작업을 수행할 때 구간부하와 연계선로 용량이 고려되어야 할 가장 중요한 데이터이나, CB 인출전류를 제공받지 못하기 때문에 연계선로 여유용량을 정확하게 파악할 수 없고, 구간부하를 정확하게 계산하여 관리하는 데 어려움이 있다. 따라서 부하 절체 작업 시 정전 및 과부하 등의 사고가 발생할 위험이 존재한다. 현재 CB 이후 첫 번째 개폐기의 전류를 CB 인출전류와 큰 오차를 내지 않는다는 가정 하에 구간부하를 산정할 때, 연계선로 여유용량을 감시할 때 사용하고 있으나 상황에 따라 큰 오차를 발생할 가능성이 높다는 문제점이 있다.

이에 평상시 보다 효율적인 설비 운영과 고장발생시 신속한 정보 공유를 통한 고장시간 단축 및 고장파급 예방을 위해서는 송변전과 배전간의 정보 공유가 필수적이고, 따라서 DAS-SCADA 연계 연구가 요구되었다.[3][4][5]

연계방법으로 직접연계, 웹연계, DAS 기능부 전력량계를 이용한 연계가 2005년 11월부터 2007년 9월까지 2년간 한전 사업소에서 시범 운영되었다.[1] 그 결과 투자비용 면에서 직접연계방법이 웹연계 방법에 비해 약 1.3 배 높지만 다양한 변전소 운전정보 전달의 신속성, 제어 기능 우수 등의 타당성이 입증됨으로써 직접연계방법에 의한 DAS-SCADA 연계가 2010년까지 한전 사업소에 전국적으로 확대 적용될 계획이다. DAS-SCADA 연계로 DAS-SCADA 연계시 정전전당 평균시간을 3분에서 1분으로, 약 33% 단축하고, 이에 따른 사회적 비용절감과 판매 전력량 증가에 따른 수입을 고려하였을 때 연간 총 55.5억원의 수익이 발생될 것으로 기대된다.[1] 또한 배전 계통운영센터와 변전소간 활선작업 처리절차를 축소하여 전력계통의 효율적 운영 및 전력공급 신뢰도 향상에 기여하고, 현재 다양하게 추진되고 있는 국내 전력기술의 해외 수출화에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

본 논문에서는 연계방법별 시범운영 결과를 분석하여 직접연계방법에 의한 DAS-SCADA 연계의 타당성을 입증하고, 시범사업 결과 문제점을 분석하였다. 문제점을 개선하기 위한 안으로 포인트별 개별통신에서 변전소 개별 통신으로 개선할 것을 제안하였고, 그 결과 연계DB 자동구축 및 DB 일치화를 실현할 수 있음을 입증하였다. 또한, SCADA로부터 제공받을 데이터 포인트와 통신데이터 종류를 정의하였고, SCADA HMI 프로그램을 개발하여 변전소 단선도 자동생성, 단선도 수동편집, SCADA 감시제어, 이력관리, 사·활선 기능을 새롭게 개발하였다.

2. DAS-SCADA 연계방안

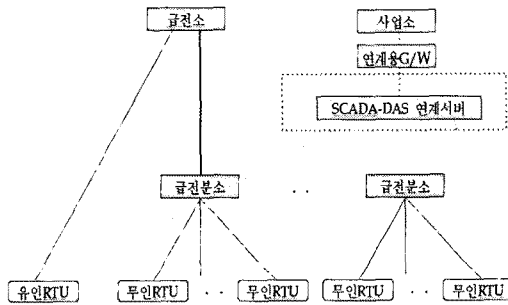
DAS-SCADA 연계를 위한 직접연계, 웹연계, DAS 기능부 전력량계를 이용한 연계 방식은 각각 한전 강남지점, 중부지점, 경기북부지사에서 시범운영 되었다.(2005.10-2007.12)

2.1 직접연계

직접연계 방법은 DAS 주장치에 SCADA 시스템 RTU

를 통신망을 통해 직접 연계시키는 방법으로, 전국 한전 사업소에 설치되어 있는 DAS와의 연계를 위하여 지역별로 거점 사업소를 선정하여 DAS-SCADA 연계서버를 설치한다. 연계서버는 주변 변전소 RTU로부터 전송되는 변전소 데이터를 수집하여 DAS 주장치와 데이터를 교환하는 방식으로 운영된다. 연계게이트웨이와 보안을 위한 방화벽 또한 필요하다.

데이터 전송 방법은, 상이한 두 시스템 간의 연계를 위해 DAS와 SCADA 간 송수신할 데이터를 맵핑하고, 연계 서버에 설치된 연계 프로그램에서 주기적인 스케줄링을 통해 설정된 시각에 정해진 변전소 주요 기기의 상태 및 아날로그 계측 값을 DAS 주장치로 전송한다. SCADA에서 발생한 이벤트 및 알람 정보 또한 동일한 경로를 통하여 즉시 DAS 주장치로 전송되어 운영자에게 제공된다.

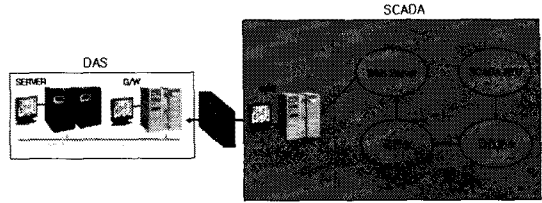


[그림 1] 직접연계

직접연계 방식의 장점은 SCADA 시스템 RTU에 등록된 모든 데이터를 DAS에서 전송받을 수 있고, DAS에서 SCADA 시스템의 RTU를 통해 변전소 기기의 직접 제어가 가능하며, 또한 데이터 전송시간이 빠르다. 반면, 단점은 SCADA의 RTU가 설치되어 있는 위치까지 2중화 통신망을 설치해야 하기 때문에 통신회선 구성이 복잡하고, DAS와 SCADA 게이트웨이 및 관련 소프트웨어 확보 등으로 인해 전반적인 설치비용이 높다.

2.2 웹연계

웹연계 방식은 SCADA에 있는 웹서버를 이용하는 방법이다. 실제 SCADA에서 사용하는 웹서버와 DAS의 게이트웨이를 연결하여 연계하는 방법으로, 보안을 위해 시스템 간 방화벽을 두고 있다. 데이터 전송 방법은 직접연계 방식과 동일하다.

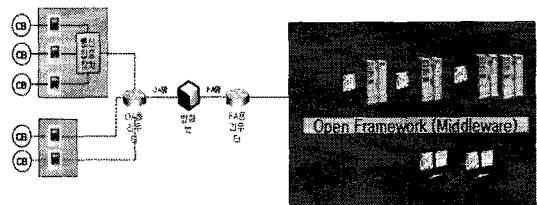


[그림 2] 웹연계

웹연계 방식의 장점은 SCADA에 이미 구축되어 있는 웹서버를 이용한 방법이므로 구축비용이 저렴하다. 반면, 단점은 SCADA 웹서버에 등록된 변전소 데이터만을 제한적으로 DAS로 전송하기 때문에 DAS 운영 시 필요한 데이터를 모두 제공받을 수 없다는 제한이 있고, DAS에서는 변전소 주요기기의 감시만 가능하고 제어가 불가능하다는 제한이 있는데, 이는 직접연계 방식과 비교했을 때 크게 차이나는 특징이다. 또한, DAS로 데이터 전송 시 상당한 지연이 발생할 가능성이 있다. SCADA RTU로부터 웹서버와 게이트웨이 등을 거치는 과정에서 데이터 전송 경유지가 많기 때문에 이 또한 직접연계 방식과 비교했을 때 크게 부각되는 단점이다.

2.3 DAS 기능부 전력량계를 이용한 연계

DAS 기능부 전력량계는 SCADA 인출전력의 계량을 위하여 CB에 직접 전력량계를 설치하고 DAS에서 감시하는 프로그램인 전력량계용 FEP 프로그램을 구동하여 SCADA와 연계하는 방법이다. 이 방법은 연계용 게이트웨이를 설치할 필요가 없고, DAS-SCADA 간 데이터 맵핑 작업 없이 간단하게 수행될 수 있다는 점에서 직접연계 및 웹연계 방식과 구분된다.



[그림 3] DAS 기능부 전력량계를 이용한 연계

DAS 기능부 전력량계를 이용한 연계 방식의 장점은 현재 DAS와 동일하게 DNP3.0 프로토콜을 사용하고, 전력량계가 계측하는 다양한 계측 데이터를 전송받을 수 있다. 또한, 전력량계로부터 CB 인출단 전력파형 정보를 바이너리 형식으로 전송받아 DAS 데이터베이스에 저장하여 CB의 파형정보를 확인할 수 있다. 반면, 단점은

CB데이터만 계측이 가능하고, 그 상위인 MTR, TIE, SECTION 측 정보는 확인이 불가능하여 DAS 운영에 필요한 변전소 관련 정보 수신에 제한적이다. 또한, 변전소 정보의 감시만 가능하고, 제어가 불가능하다는 제한이 있다.

2.4 시범운영을 통한 연계방식별 비교

[표 1]은 시범운영 결과 연계방식들을 다양한 관점에서 비교한 결과이다.

[표 1] 시범운영 결과 연계방식별 비교

구분	직접연계	웹연계	DAS 기능부 전력량계
연계방법	변전소 원격소장치 직접 연계	관리처 Web-Server 연계	변전소 인출단 전력량계 직접연계
배전측 43RC ON/OFF 제어	가능	불가	불가
D/L 인출전류	3상	1상	3상
이벤트시 전압, 전류 파형계측	불가	불가	가능
수집정보	MTR, TIE, SEC, CB 모든 변전소 정보	MTR, TIE, SEC, CB 모든 변전소 정보	CB 및 인출단 정보만 가능
시공 편이성	복잡함	간단함	간단함
소요예산	비교적 큼	경제적	비교적 큼
확대기간	장시간 소요	단시간 가능	장시간 소요
향후 유지보수	비교적 어려움	비교적 간단함	비교적 어려움

시범운영 결과 DAS 기능부 전력량계를 이용한 연계 방법은 모든 변전소 정보를 수집하지 못하고, 43RC 제어가 불가능하며 모든 변전소 인출단에 전력량계를 설치해야 하기 때문에 소요예산이 크기 때문에 확대적용하기에 적합하지 않다. 직접연계와 웹연계 방법을 비교했을 때 [표 2]와 같이 산출한 예상 투자비는 직접연계 방법이 135억원, 웹연계 방법이 108억원으로 직접연계 방법이 약 1.2배 높다. 정보전달의 신속성 면에서는 웹연계시 약 10초~20초의 시간 지연이 발생하여 직접연계 방법이 우수하였다. 웹연계 방법의 이벤트 전송시간 점검 결과 RTU에서 급전분소까지 약 3초 소요되고, 급전분소에서 급전소를 거쳐 SCADA 웹서버까지는 약 1초가 소요되며, SCADA 웹서버에서 TDAS까지는 약 6~16초가 소요

된다. 이는 웹서버에서 TDAS로 이벤트 전송 시 이벤트 발생시 Dump 데이터를 모두 전송한 다음 이벤트를 전송하기 때문에 시간지연이 발생하고, 네트워크 상태에 따라 큰 영향을 받게 되어 네트워크 불량 시에는 전송 지연시간이 증가하는 문제점이 있다.

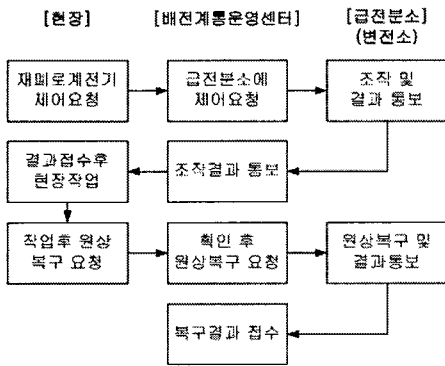
[표 2] 직접연계와 Web 연계 소요예산

구분	직접 연계	Web 연계
배 전 부 분	○DAS 연계S/W : 3억원 - 189개소 연계S/W 개발=1억원 - DB구축 165천원x189x6일=2억원	○DAS 연계S/W : 3억원 - 189개소 연계S/W 개발=1억원 - DB구축 165천원x189x6일=2억원
송 변 전 부 분	○SCADA RTU 보강 : 81.3억원 - Module증설 : 40백만원/200개소 - Modem증설 : 0.2백만원/643개소 ◎ 계 : 81.3억원	○SCADA RTU 보강 : 80억원 - Module증설 : 40백만원/200개소 ○Web Server 보강 : 18억원 - 12개소, 1.5억원/개소 ◎ 계 : 98억원
통 신 부 분	○연계서버 구축 : 46억원 - 21개소, 2.2억원/개소 - RTU 643대÷32 Port 4.6억원/년 - 643개소 60천원/월(9600Bps) ◎ 계 : 50.8억원	○통신회선 임대료 : 6.9억원/년 - 41개소 1,400천원/월(256Kbps) ◎ 계 : 6.9억원
합 계	135억원	108억원

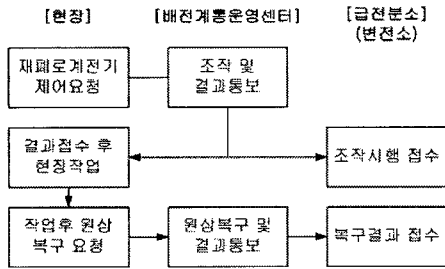
직접연계 방법의 투자비가 웹연계 방법에 비해 1.2배 높지만 고장 시 신속하게 운영자가 원하는 변전소 운전 정보를 습득하여 정전시간을 감소할 수 있고, 직접연계 방법이 시범 운영된 연계방법 중 유일하게 배전 측에서 43RC 직접제어가 가능하여 현장에서 제어 요청 시 배전 계통운영센터를 거쳐 급전분소로 요청하고 조작 후 결과도 같은 경로를 거쳐 통보받아야 하기 때문에 복잡하고 시간을 지연시켰던 현행 전달체계를 [그림 4]와 같이 7단계에서 4단계로 축소할 수 있다. 43RC는 변전소에 설치된 배전선로 재폐로 계전기로서, 배전선로에 재폐로 시행 여부를 결정하는 릴레이이고, 현재는 배전 측에서 송변전 측 급전부서에 요청하면 송변전측에서 제어하고 있다. 단, 조작 시행사업소는 상대사업소가 계전기 조작여부를 인지할 수 있도록 연락한 다음 조작을 시행해야 하고, 설비 유지보수는 현행대로 송변전사업소에서 시행하여 유지보수 차원에서는 추가로 발생할 문제가 없다.

[표 1]에서 비교한 항목 중 직접연계 방법이 소요예산

과 시공편의성, 확대기간, 향후 유지보수 용이 면에서는 비교적 우수하지 못하나, DAS-SCADA 연계 연구의 핵심 목적인 원하는 데이터의 신속한 제공, 43RC 제어 가능으로 활선작업시간 축소를 고려하였을 때, 수집 가능한 변전소 정보의 범위에 제한이 없고, 이벤트 전송 시 지연이 없으며 43RC 제어가 가능하고 나아가 배전운영정보 또한 변전소로 제공할 수 있어 양방향 정보 공유가 가능하다는 점에서 직접연계 방법이 전국적으로 확대 적용하기에 가장 적합하다.



(a) 현행 활선작업 연락체계



(b) DAS-SCADA 직접 연계시 활선작업 연락체계

[그림 4] 활선작업 연락체계 개선사항

직접 연계시 정전건당 평균시간이 3분에서 1분으로, 2분 단축할 수 있고, 이로 인한 연간 예상수익이 55.5억이다. 이는 정전시간 단축에 따라 55.3억의 사회적 비용이 절감되고, 판매 전력량이 증가함으로써 0.2억원의 수익이 발생할 것으로 기대된다. 이는 정전건당 평균단축시간과 1분간 호당정전비용, 일시정전 처리건수와 선로 평균 수용후수, 호당 평균전력량 및 판매단가를 고려하여 추정하였다. DAS-SCADA 직접 연계시 투자비가 135억원, 연간 기대수익이 55.5억원이므로 투자비 회수 기간은 약 2.7년 소요될 것으로 기대된다.

3. 데이터 연계 방안 및 SCADA HMI 프로그램 개발

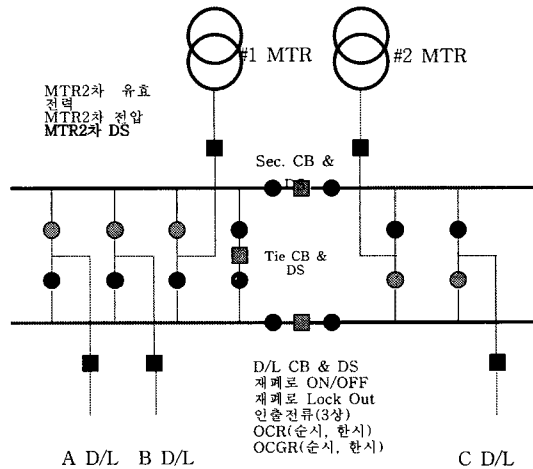
DAS-SCADA 직접연계를 위해서 데이터 연계 포인트와 통신 데이터 종류 및 형식을 정의하고, SCADA HMI 프로그램을 개발하였다.

3.1 연계 포인트

DAS 측에서 DAS-SCADA 연계를 통해 SCADA 시스템으로부터 제공받을 주요 변전소 운전정보는 [표 3]과 같이 16항목으로 선정하였다.

[표 3] DAS-SCADA 연계 포인트

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

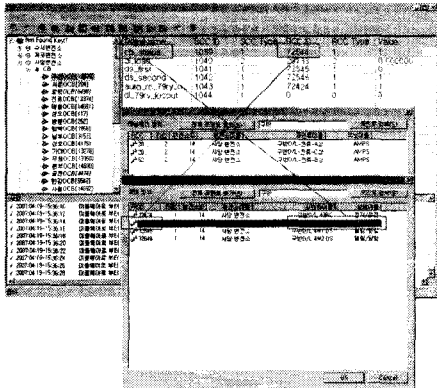


[그림 5] SCADA 연계를 위한 변전소 주요정보

배전 측에서는 배전선로 고장정보를 SCADA측으로 제공할 수 있다. 배전선로에서 제공 가능한 고장정보는 FI(Fault Indicator) 발생 유무와 보호기기 동작 정보이다. 추후 송변전측에서 활용할 DAS측 정보는 협의 하에 최종 결정할 계획이다.

3.2 데이터 연계 방안

DAS와 SCADA는 데이터 구조가 상이하기 때문에 DAS-SCADA의 직접연계를 위해서는 두 시스템을 연계 해 줄 프로그램이 별도로 필요하다. 시범 운영시 적용된 연계 방안을 살펴보면, 연계용 프로그램을 이용하여 연계 시스템(SLS : SCADA Link System)에서 DAS로 정의파 일을 전송하고, DAS에서 사용자가 직접 수동으로 데이터 맵핑 작업을 수행하고, 작업 완료 후 맵핑한 자료를 SCADA 시스템으로 전송해주면, SLS 시스템은 사용자의 선택목록을 기준으로 SLS에서 정의된 주기로 데이터를 전송한다. SLS로부터 연계용 게이트웨이가 데이터를 수신하는 주기는 분, 시간, 일 단위로 설정이 가능하고, 설정된 주기 값은 SLS로 송신한다. 변전소 정보 변경 회수를 고려하여 10분을 주기로 선택목록 데이터를 전송받을 계획이고, 상태변경 등의 이벤트가 발생하였을 경우에는 Unsolicited message로 전송받아 대처할 수 있도록 하였다.



[그림 6] 데이터 연계용 프로그램

시범운영 결과 변전소 설비 신·증설에 따라 SCADA DB 변경이 발생하고 따라서 DAS DB 수정이 불가피하였다. 하지만 발생할 때마다 DAS DB 수정이 수작업으로 이루어짐에 따라 장시간이 소요되고 DAS에 변경사항을 인지하는 기능이 없기 때문에 정확한 DB 관리에 어려움이 있었다. 또한 DB 일치성을 확인하기 위해 모든 DB를 수작업으로 점검하여야 하는 불편함이 있었고, 연계시스템 Log 및 관리기능이 미비하여 43RC 제어 시 동작 처리 과정의 이력을 확인하는 것이 불가능하였다.

시범운영 결과 분석된 문제점을 개선하기 위해 DB 구축 시 개별 포인트 맵핑에서 변전소 개체별 통신으로 개선하여 맵핑 작업을 없앴으로써 수작업으로 작업하던 연계DB 구축 작업이 프로그램에 의해 자동으로 구축되도록 개선하고, Log기능 및 연계시스템 진단기능을 추가하

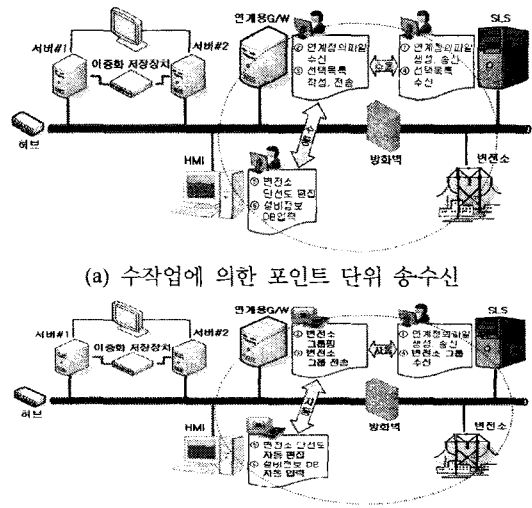
였다.

[표 4] DB 구축 방법 개선 전후 기능 비교

항목	개선 전	개선 후
DB 구축	SCADA DB 수작업 입력	프로그램에 의한 자동 구축
	개별 포인트 맵핑	Object 통신으로 맵핑 작업 불필요
	변전소 단선도 수작업 작성	변전도 단선도 자동 작성 Background 단선도 생성 기능 단선도 버전별 관리 기능 HMI 화면에 단선도 표시
관리 기능	시스템 진단기능 미비	연계시스템 진단기능
	Log기능 미비	제어이력등 Log기능 추가
	TLQ기능 부재	TLQ+OS,ME,SI,CI,CIP 기능 추가

* TLQ : Tag, Limit, Quality, OS : Out of Scan
ME : Manual Enter, SI : Scan Inhibit
CI : Control Inhibit, CIP : Control In Progress

DAS-SCADA DB의 실시간 연계로 DB변경 시 DAS DB도 함께 변경되고 DAS 운영자에게 알람으로 정보를 제공하도록 기능이 추가되어 DB 정확도를 100% 유지할 수 있는 강점이 있다. 또한 연계 DB 구축 및 변전소 단선 결선도 작성이 자동으로 가능하다는 점은 기존에 수작업으로 이루어지던 DB 작업에 비해 크게 개선된 점이다. 프로그램 구축비용이 다소 증가하였지만 DB 수정에 소모되는 유지보수비가 추가로 필요하지 않기 때문에 경제성면에서도 우수하다.



(b) 프로그램에 의한 개체단위 송수신

[그림 7] 데이터 연계 방법

[표 5] DB 구축 방법 개선 전후 경제성 비교

항목	개선 전	개선 후
구축 비용	4억원	4.7억원
DB수정 유지보수비	2011년부터 매년 0.4억	없음
2012년까지 비용 계	4.8억원	4.7억원

개선된 연계방안에서 서버 및 HMI, 연계용 게이트웨이, SLS 간 처리내역은 [표 6]과 같다.

[표 6] 시스템 간 처리내역

장치	데이터 처리
서버 및 HMI	<ul style="list-style-type: none"> DB↔미들웨어 통신 SCADA 테이블, 미들웨어 데이터포인트 재정립 변전소 단선도 자동생성
연계용 게이트웨이	<ul style="list-style-type: none"> 통신관리 : DAS서버와 SLS간 통신 DB관리 <ul style="list-style-type: none"> SLS로부터 데이터 수신후 변환하여 DAS DB에 저장 제어관리 <ul style="list-style-type: none"> DAS로부터 수신한 제어정보를 변환하여 SLS로 송신 Log관리 : 정의파일 갱신주기 및 제어이력 관리 미들웨어 관리 <ul style="list-style-type: none"> DAS제공 API로 미들웨어에 실시간데이터 입력 변전소 편집 : 변전소 선택 및 해제
SCADA(A/SLS)	<ul style="list-style-type: none"> 변전소↔SCADA간 통신 SLS↔DAS간 통신

3.3 통신 데이터 종류

시험 운영시 적용된 포인트별 개별통신 데이터 종류는 크게 정의 데이터, 선택 데이터, 이벤트/상태/계측 데이터 및 변경정보 데이터로 구분하였다. 정의 데이터는 SCADA 시스템의 데이터와 정보가 저장되어 있는 파일을 전송받을 때 사용하고, 선택 데이터는 DAS에서 사용자가 선택한 연계 정보를 SCADA 시스템으로 전송할 때 사용한다. 이벤트/상태/계측 데이터는 SCADA 시스템으로부터 전송받아 DAS에서 처리할 데이터이다.

통신 방안이 포인트별 개별통신에서 변전소별 Object 통신으로 개선되면서 변전소, MTR, BUS, DL 별로 실시간 데이터를 송·수신하고, 이는 개체별로 DB를 관리하는 DAS 측에서는 DB 관리의 편의성을 크게 개선하였다.

[표 7] 포인트별 개별통신 데이터 종류

DT	정의	설명
101	상태 정의 (Status Definition)	상태 포인트의 정의 테이블 열람
102	아날로그 정의 (Analog Definition)	아날로그 포인트의 정의 테이블 열람
103	변전소 정의 (Station Definition)	변전소 정의 테이블 열람
111	상태 선택 (Status Selection)	수신을 희망하는 상태 포인트 선택 목록
112	계측 선택 (Analog Selection)	수신을 희망하는 계측 포인트 선택 목록
121	이벤트 데이터 (Event)	EVENT 발생시 DAS로 전송하는 데이터
122	상태 데이터 (Status)	주기적인 상태 포인트 전송
123	계측 데이터 (Analog)	주기적인 계측 포인트 전송

[표 8] 개체별 통신 데이터 종류

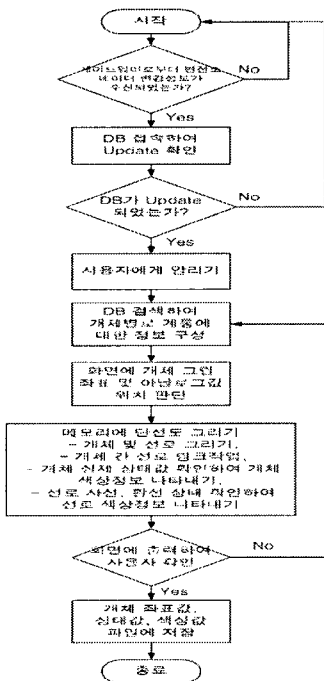
DT	SubDT	정의	설명
101		변전소 정의 (Station Definition)	변전소 정의 테이블 송수신
102		MTR 정의 (MTR Definition)	MTR 정의 테이블 송수신
103		BUS 정의 (BUS Definition)	BUS 정의 테이블 송수신
104		DL 정의 (DL Definition)	DL 정의 테이블 송수신
111	1	MTR 실시간 데이터 (MTR Data)	SCADA-DAS로 실시간 데이터 송신
	2	BUS 실시간 데이터 (BUS Data)	
	3	DL 실시간 데이터 (DL Data)	
	4	System 실시간 데이터 (System Data)	
121	0	이벤트 데이터 (Event)	EVENT 발생시 상대방에 송신
122	0	제어 데이터 (Control)	제어 상태 포인트 전송

3.4 SCADA HMI 개발

DAS-SCADA 연계를 통해 전송받은 변전소 운전정보를 DAS 운영자가 관리하고 감시하기 위한 SCADA HMI 프로그램을 개발하였다. 변전소 데이터가 변경되었을 경우 변전소 단선도 자동생성 기능, 변전소 단선도 수동편집 기능, 변전소 상세정보를 실시간 상태 값과 함께 보여주는 SCADA 감시 및 제어 프로그램, 정보 이력을 관리하는 이력관리 기능을 개발하였다.

3.4.1 변전소 단선도 자동생성 기능

연계 게이트웨이로부터 변전소 데이터가 변경 되었다는 확인 메시지를 전송받으면 DB에 접속하여 Update 여부를 확인하고, Update를 해야 할 경우에 DB를 검색하여 개체별로 계통에 대한 정보를 구성한다. 구성된 계통 정보를 이용하여 화면에 개체를 그림 작표를 판단하고, 실시간으로 표시할 상태 값 위치도 판단한다. 개체를 그리는 과정에서 개체 간을 연결시킬 선로 링크작업과 선로를 동시에 그려야 하고, 개체 실제 상태 값을 확인하여 개체의 색상정보를 판단하고, 선로들의 사·활선 상태를 확인하여 선로의 색상정보 또한 판단하여 그린다. 사용자의 확인을 거친 단선도는 파일로 저장하여 단선도 프로그램이 시작할 때 파일을 읽어와 화면에 그려진다. 변전소 단선도 자동생성 기능은 변전소 정보가 변경될 때마다 기존에 수작업으로 이루어지던 단선도 변경 작업과 비교하였을 때 시간 및 인력 소모를 대폭 줄이고, 수작업으로 인한 DB와 단선도 불일치 문제를 크게 개선할 수 있다.

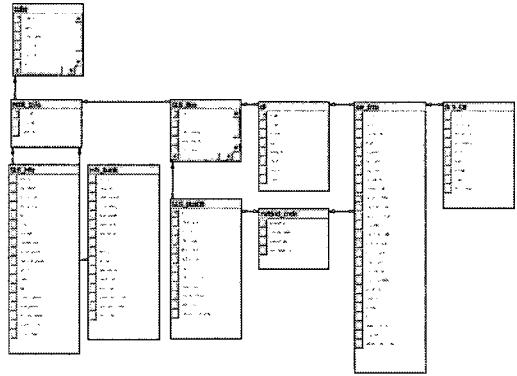


[그림 7] 변전소 단선도 자동생성 기능

3.4.2 변전소 단선도 수동편집 기능

SCADA Editor 프로그램을 이용하여 변전소 내부 단선도를 사용자가 임의로 편집할 수 있는 기능을 개발하였다. 편집한 상세 정보들은 데이터베이스에 모두 저장되

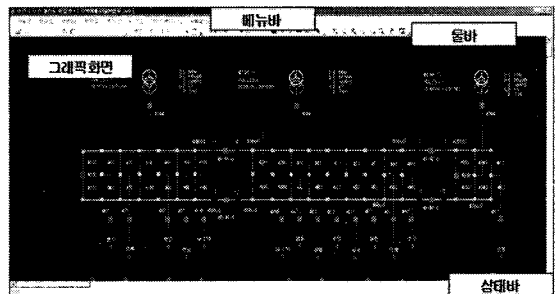
고, 저장된 개체 정보들은 SCADA 감시 및 제어 프로그램에서 불러올 수 있게 제공한다.



[그림 8] 자동생성 DB 구성도

[표 9] SCADA 관련 데이터베이스 테이블

구성 파일 명칭	설 명
Mtr_Bank	뱅크 정보
S_Mtr_Data	Mtr 정보
S_CB_Data	CB 정보
SW_Frtu	CB 정보
DL	DL 정보
Subs	변전소 정보
S_Bus_CB_23kv	Bus 정보

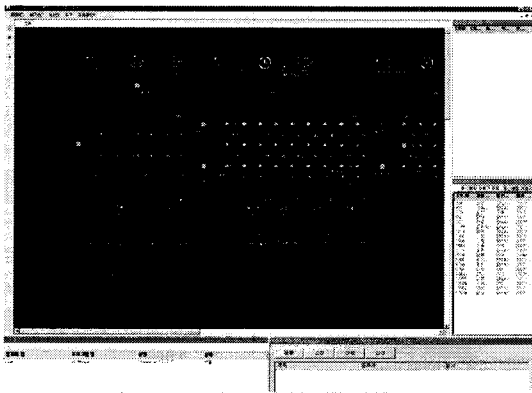


[그림 9] SCADA Editor 프로그램

3.4.3 SCADA 감시 및 제어 기능

SCADA 감시 및 제어 프로그램을 이용하여 SCADA Editor 프로그램에서 만든 변전소 내부 단선도 파일을 읽어 운영자에게 단선도를 제공하고, 실시간 미들웨어로부터 상세정보를 읽어와 화면에 출력해 줌으로써 변전소

실시간 상세정보를 운영자에게 제공한다. CB, MTR 등의 상태정보에 따른 활선, 사선 표시기능, OCR, OCGR의 순시, 한시 정보 제공기능을 추가하였는데, 이는 국내사용 중인 SCADA 프로그램에서 제공되지 않는 기능으로, 본 연구에서 개발한 프로그램의 우수성을 입증할 수 있다. 또한, 감시 및 제어 프로그램에서 개체를 선택할 경우 DAS 프로그램에서도 선택된 개체가 있는 화면으로 이동하는 기능이 제공되어 운영상 편의를 더욱 제공한다.



[그림 10] SCADA 감시 제어 프로그램

3.4.4 이력관리 및 보고서 기능

이력관리 및 보고서 기능은 SCADA로부터 전송받아 데이터베이스에 저장한 데이터를 이용하여 부하 그래프 및 목록 생성 기능, 원하는 정보만을 출력할 수 있도록 검색하는 기능 등을 제공하여 운영자의 이력 데이터 관리 및 확인을 용이하게 도와준다.

4. 결 론

본 논문에서는 DAS-SCADA 연계의 필요성을 분석하고, 시범사업 결과를 다양한 관점에서 분석한 결과 직접연계방법에 의한 DAS-SCADA 연계의 타당성을 입증하였다. 직접연계 방법의 구축비용이 웹연계 방법에 비해 1.3배 높지만 원하는 변전소 운전정보를 신속하게 제공할 수 있고, 43RC를 제어할 수 있음으로써 현행 활선작업 시 작업체계를 7단계에서 4단계로 크게 개선할 수 있다는 점에서 전국적으로 확대적용하기에 가장 적합한 것으로 분석하였다.

또한, DAS-SCADA 직접연계 시범 사업시 변전소 정보가 변경되었을 때 DAS DB 수정이 수작업으로 이루어짐에 따라 과다한 인력 및 시간이 소모되고, DB에 불일치가 발생하였던 문제점을 분석하고, 이를 개선하기 위

해 통신방법을 포인트별 개별 통신에서 변전소 개체별 통신으로 개선하여 DB 자동 구축, 변전소 단선도 자동 생성, 연계시스템 진단기능, 제어이력 등 Log기능을 추가함으로써 직접연계 적용방법을 크게 개선하여 향후 DB 유지보수에 드는 비용을 대폭 절감할 수 있다.

SCADA HMI 프로그램을 개발하여 변전소 단선도 자동생성 기능, 변전소 단선도 수동편집 기능, SCADA 감시·제어기능 및 이력관리 기능을 개발하였다. 본 논문에서 개발한 변전소 단선도 자동생성 기능과 단선도 프로그램에서 선로 사·활선 표시기능, OCR, OCGR 정보표시 기능은 현재 사용 중인 국내 SCADA 프로그램에서 제공하지 않는 기능으로, 본 연구에서 개발한 프로그램의 우수성을 입증할 수 있는 기능이다.

직접연계 방법에 의한 DAS-SCADA 연계는 2010년까지 한전 사업소에 전국적으로 확대 적용될 계획이다. 본 논문에서 연구한 직접연계방법에 의한 DAS-SCADA 연계로 신속한 고장복구를 통해 정전건당 평균시간을 3분에서 1분으로 약 33% 단축하여 이에 따라 연간 총 55.5억원의 경제적 수익이 발생되고 전력공급 신뢰도를 크게 향상할 수 있을 것으로 기대된다. 뿐만 아니라, 고장 시 신속한 고장복구 및 평상시 안정적 계통운전이 가능하며, 고장 시 부하절제 자동처리로 완전한 배전자동화를 실현할 수 있으며 나아가 전력기술의 해외 수출화 사업에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] “DAS-SCADA 연계시행 추진계획”, 한전 배전처, 2007
- [2] “DAS-SCADA 연계 DB 구축방법 개선 시행”, 한전 배전처, 2008
- [3] “배전변압기 감시제어 기능이 통합된 지능형 배전자동화 시스템 개발(최종보고서)”, 전력산업기반조성센터, 2008
- [4] “배전자동화 시스템 광역화 운영에 관한 연구(최종보고서)”, 한전 전력연구원, TR.B04.S2008.0132, 2008
- [5] B.N.Ha, H.H.Lee, “Interface between Distribution Automation System and SCADA to Minimize the Feeder Loss”, Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002:Asia Pacific. IEEE/PES, Vol.3, pp.2096-2099, Oct. 2002

박 소 영(So-Young Park)

[정회원]



- 2004년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학사)
- 2006년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학석사)
- 2006년 2월 ~ 현재 : 한전 전력연구원 배전연구소 일반연구원

<관심분야>
배전자동화, 분산전원

신 창 훈(Chang-Hoon Shin)

[정회원]



- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학석사)
- 1994년 2월 ~ 현재 : 한전 전력연구원 배전연구소 선임연구원

<관심분야>
배전자동화, 분산전원 계통연계