

국산 미들웨어를 이용한 종합배전자동화 시스템 성능향상

정금영, 김주성, 이국노, 권혁률
한국전력공사 배전처 배전기술팀

The development of T-DAS to be applied Domestic Middleware

Geum Young, Jeong, Ju Seong, Kim, Kook Roh, Lee, Hyeok Ryool, Kweon
Distribution Technology Team, KEPCO

Abstract - 우리나라의 배전자동화 시스템은 현장에 설치된 배전자동화 개폐기부터 중앙제어실의 주장치까지 거의 모든 일체를 순수 국내기술에 의해 개발하여 사용하고 있다. 그러나 주장치 중 종합배전자동화시스템의 핵심프로그램인 미들웨어가 국산화되지 않아 성능향상 시에 다소 걸림돌이 되곤 했다. 미들웨어란 종합배전자동화시스템에 이용되는 프로그램으로 전 세계적으로 개발된 곳이 몇 곳 없으며, 사용 용도는 수많은 배전자동화기기에서 취득된 데이터를 실시간으로 처리하는 역할을 담당하고 있다. 그런데 최근에 미들웨어가 국산화되어 시범운영을 한 결과 그 안정성과 우수성을 확인할 수 있었다. 따라서 명실상부한 배전자동화시스템 전체를 국내기술에 의해 개발을 완료하는 패거리를 이루어 냄으로서 우리나라는 세계에서 배전자동화분야 기술수준의 우위를 확보 할 수 있는 기반을 마련하게 되었다. 특히 배전자동화분야가 아닌 실시간 데이터를 처리하는 여러 분야에도 활용될 수 있기 때문에 타 산업에 미치는 영향도를 클 것으로 판단되어 국가발전에 기여하는 기회가 되기를 기대해 본다.

1. 서 론

최근 정보화 사회의 급격한 발전으로 기반 에너지인 전력 품질에 대한 사회적 요구가 세계적으로 급격히 높아지고 있다. 이에 대한 적극적인 해결 방안으로 개발된 종합배전자동화 시스템은 전기, 전산, 통신등 각종 첨단 기술이 총합된 시스템으로 배전계통의 효율적인 운전을 위한 핵심적인 역할을 하고 있다.

종합 배전자동화 시스템은 2005년 기준으로 전국 51개 지사급 지점에 설치, 운영되고 있으며 고장발생시 배전선로 운전 정상화에 건당 73분이 소요되던 것을 6분으로 단축시켜 연간 462,583분의 정전시간을 단축시켰다. 이는 시스템을 이용하여 전기원들이 현장에 나가지 않고도 중앙제어실에서 개폐기 조작이 가능해졌고, 고장정전구간의 자동파악으로 정전지역에 대한 신속한 안내 및 정전복구 시간을 획기적으로 단축할 수 있었기 때문이다. 종합배전자동화 시스템은 순수 국내 기술에 의해 개발되어 운전되고 있으며, 높은 기술력을 인정받아 중국 등 제 3국으로의 수출 상담이 진행되고 있다. 대부분의 기본 및 응용프로그램은 국내 기술진에 의해 개발되었으며 일부 핵심적인 소프트웨어는 수입에 의존하고 있는 실정이었으나 최근 이를 국산 소프트웨어로 대체하여 시스템의 성능을 향상시킬 수 있었다.

2. 본 론

2.1 종합배전자동화 시스템 주요 기능

종합 배전 자동화 시스템은 제한된 면적을 가지며 포인트 개념으로 운전되는 변전소의 감시제어 장치인

SCADA와 달리 넓은 지역에 분포되고 수직상으로 운전되는 배전계통에서 각종 현장기기로부터 정보를 수집하여 고장등 정전사고 발생시 고장구간을 최단 시간 내에 분리하고 건전구간을 복구하여 전력공급을 재개시키는 것을 주요 기능으로 하는 시스템이다. 또한 평상시에도 부하의 변동을 계속 감시하여 배전망을 재구성함으로써 손실을 최소화 하며 부하예측, 품질감시등 각종 부가기능을 가지고 있다. 감시 대상 지역의 특성을 고려하여 광, 무선 데이터망, 전화선, TRS, CDMA등 다양한 통신방식이 적용되어 현장기기로부터 데이터를 직접 수신하며 필요시 각종 명령을 송신할 수 있다. 감시대상 현장기기로는 가공 개폐기, 지상형 개폐기, Recloser 등이 주요 감시대상 설비이며 변전소로부터 CB등 차단기 정보와 MTR의 변압기 정보를 SCADA 시스템을 통하여 실시간으로 수신하고 있다.

각 현장기기에는 통신제어장치인 FRTU (Feeder Remote Terminal Unit)가 부착되어 고장전류 경험유무인 FI (Fault Indicator), 투개방 정보, 전압, 전류, 역률등 각종 계측정보와 분석을 위한 파형정보등 수십 가지의 정보가 DNP 3.0 통신규약으로 실시간 병렬 전송된다.

이렇게 취득된 각종 정보를 기 입력된 배전계통의 Topology와 함께 분석함으로써 배전계통의 고장유무를 감시하며 필요시 이를 원격에서 제어 한다. 또한 고장발생시 인공지능기법을 이용하여 자동적으로 최적의 계통구성을 제공하는 기능도 부가적으로 가지고 있다.

2.2 종합배전자동화 시스템 중앙제어장치 설계

일반적으로 전력 자동화 시스템은 시스템 통합을 담당하는 세계적인 시스템 전문 회사가 개발을 하고 사용하는 형태로 진행이 된다. 하지만 이 경우 각각의 계통 구성 및 운영방안이 상이하여 효율성이 낮아지는 문제점이 있다. 종합배전자동화 시스템은 이를 극복하고자 전력회사에서 직접 설계하고 관련기관과 공동으로 개발한 시스템으로 국내 실정에 최적화된 시스템이다. 한국전력과 같은 전력 전문회사가 이와 같은 시스템을 직접 설계하고 개발, 운영하는 사례는 세계적으로도 드문 일이다. 초기 시스템을 설계할 때, 다음의 항목을 주요 목표로 삼고 국내 실정에 최적화 되도록 개발을 시작하였다.

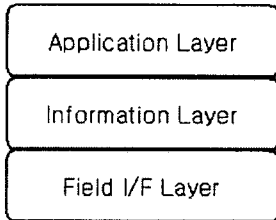
- 전산에 비전문가인 일반 사용자도 운영이 용이할 것
- 시스템 확장성이 풍부하여 배전선로가 확대 됨에 따라 점진적 확대가 가능할 것
- 시스템 자체의 안정성이 높고 고가용성을 보장할 수 있을 것

배전자동화 시스템은 기본적으로 배전계통 자체의 변경이 많지 않아야 각종 취득한 데이터를 유용하게 사용할 수 있다. 그러나 국내 배전계통의 특성상 산업화, 정보화, 도시화 및 집중화가 급격히 진행되어 배전선로의 신설 및 이설이 급격히 진행되고 있다. 즉, 초기에는 배

전선로의 수가 적어 자동화 기기가 설치된 선로가 소수이나 몇 년 내에 선로의 수가 급격히 증가하는 경우가 흔히 있다. 시스템 관점에서 보면 자동화 시스템의 규모가 계속적으로 증가되는 것이 필요한 것이다. 그러나 컴퓨터의 집합체인 중앙제어장치가 규모를 점진적으로 늘여나가는 것은 여러모로 곤란하다. 일반적으로 향후 제어대상 계통의 크기를 예측하여 시스템을 구성하나 초기에는 불필요하게 큰 시스템으로 운전하게 되어 경제적이 못하다. 특히 소프트웨어 관점에서 시스템 규모에 모두 적용할 수 있도록 구성하기는 더 더욱 어렵다.

따라서, 앞서 말한 주요 지표를 만족하기 위하여 시스템의 Scalability와 Availability를 최적으로 구성하도록 설계하였다. 일단 High Availability 확보를 위하여 시스템의 각 주요 구성요소를 이중화 하였고, Fault 발생시 자동으로 백업 시스템으로 이동하는 구조로 설계하였다. 경제적이며 효율적인 시스템 구성을 위하여 고가의 고상 극복형 시스템은 지양하였고 저렴한 가격으로 이중화가 가능하도록 광 Clustering 이중화 방식을 채용하였다.

확장성 (Scalability) 확보를 위하여 소프트웨어는 규모에 상관없이 같은 소프트웨어를 수정없이 사용할 수 있어야 한다. 이는 초기 투자 금액을 향후 시스템 규모의 증가에도 불구하고 재 투입이 최소화 된다는 것을 의미한다. 또한 최근 IT 기술의 발전에 따라 각종 부가적인 소프트웨어가 추가로 개발될 것이다. 이 때, 기 개발된 타 소프트웨어에 영향을 최소화 하면서 연동 될 수 있도록 할 필요가 있다. 이 요구 사항을 만족할 수 있도록 시스템을 <그림1> 과 같이 3 Tier 구조로 개편하고 정보교환 기반 소프트웨어인 실시간 처리미들웨어를 도입하여 시스템을 설계하였다.



<그림 1> 정보 계층도

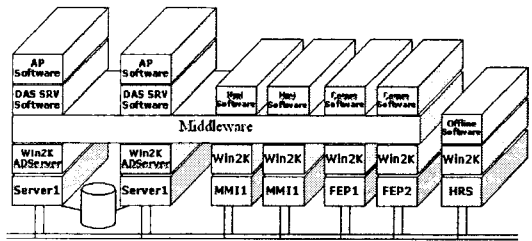
상위 계층인 응용 계층은 운영자가 인지 가능한 각종 정보를 운영자에게 표시하는 계층으로 HMI, 경보처리 시스템, 리포트, 각종 응용 소프트웨어등이 포함된다. 배전계통 운영의 특성상 다수의 운영자 및 사용자가 모니터를 통하여 현재의 계통상태를 파악 할 수 있어야 하며 타 시스템으로 정보를 제공할 수도 있어야 한다. 또 필요시 각종 부가적인 응용 소프트웨어를 통하여 정보를 제공받을 수도 있어야 한다. 이 계층에서는 하위 계층에서의 수집된 정보를 기반으로 응용처리를 주로 하는 계층이다.

최하위 계층인 Field I/F 계층은 현장기기와 직접적인 통신, SCADA등 타 시스템과의 실제적인 연계를 담당한다. 이 계층을 분리함으로써 현장기기의 증가에 대하여 기존의 소프트웨어 변경없이 유연하게 시스템의 확장이 가능해지며, 여러 개의 표준이 존재하는 통신규약을 시스템에서 부리없이 수용이 가능하다. 현재 KODAS 프로토콜을 비롯하여 국제표준인 DNP 3.0 과 IEC 60870 프로토콜의 수용이 가능하며 이를 TCP/IP등용 통하여 전송이 가능하다.

중간 계층인 정보 계층은 현장에서 수집된 각종 실시간 정보를 공유하며, 상, 하위 계층간의 정보전달을 담당하는 계층이다. 이 계층에서 PnP 형태의 소프트웨어 API (Application Program Interface)를 제공함으로써 향후 추가될 각종 부가 서비스인 인터페이스가 용이하도록

하였다. 향후 응용계층에 추가될 소프트웨어는 이 계층에 접속하기만 하면 현장의 실시간 계통정보를 취득하여 해석할 수 있으며, 각종 경보 및 명령을 현장으로 전송할 수 있다. 이 계층을 실시간 미들웨어를 이용하여 구성하였다.

최종적인 소프트웨어의 구성은 <그림 2>와 같은 형태로 구성하였으며, 시뮬레이션 소프트웨어등은 Offline에서도 운영이 가능하도록 분리하였다. 그 외 모든 응용 소프트웨어는 미들웨어를 통하여 시스템에 접근할 수 있으며 필요시 이력 DB에 접근이 가능한 구조이다.



<그림 2> 종합배전자동화 소프트웨어 구성

2.3 국산 미들웨어 적용 및 구현

일반적으로 미들웨어는 이기종 시스템간의 정보전달이나 트랜잭션 처리를 위하여 사용되는 소프트웨어이다. 배전자동화 분야에서는 이 개념이외에 많은 현장 개폐기로부터 수신되는 다량의 실시간 데이터를 처리하는 것에 중점을 두게 된다. 실시간성의 필요에 의해 일반적으로 사용되는 트랜잭션 처리용 미들웨어는 적용이 곤란하여 실시간 처리가 가능한 미들웨어를 사용하여야 한다. 배전자동화에 미들웨어를 적용 하기 위해 다음과 같은 기능을 처리하도록 개발하였다.

2.3.1 실시간 데이터 베이스 처리 (Real Time DB)

종합배전자동화 시스템은 현장기기의 수가 적게는 수백 여 대에서 많게는 천 여 대에 달한다. 이렇게 많은 현장기기로부터 실시간으로 수 십여 개 포인트의 데이터가 병렬로 수신되기 때문에 일반적인 데이터베이스로는 처리가 곤란하다. 따라서 일반적으로 배전자동화 시스템에서는 메모리에 상주하는 실시간 데이터 베이스를 이용하여 고속으로 이를 처리하고 필요시 하드 디스크에 상주하는 이력관리용 관계형 데이터베이스에 저장하는 구조를 가진다. 본 시스템에서는 이를 미들웨어 상에 구현하여 실시간성을 확보 하였으며, API를 통하여 응용계층의 소프트웨어에 제공할 수 있도록 하였다.

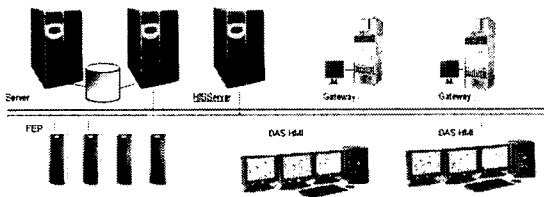
2.3.2 경보 처리 (Alarm Processing)

현장기에서 수신되는 각종 정보중 중요한 상태가 변화되거나 한계치를 초과하는 아날로그 정보가 수신되는 경우 이를 우선적으로 처리하여 사용자에게 경보를 발생시키는 기능이 배전자동화 시스템에서는 반드시 필요하다. 특히 배전자동화 시스템의 특성상 여러 대의 터미널에서 사용자가 동시에 접속하여 모니터링 하기 때문에 이들 경보를 배포하는 것도 중요한 처리 과정이다. 이 과정에서 반드시 고려하여야 하는 것이 동기문제이다. 분산처리 시스템 상에서 터미널 기능을 담당하는 사용자 인터페이스 컴퓨터가 추가되거나 수리 등의 사유로 장시간 미들웨어 접속이 단절된 경우 각 터미널간 경보 리스트의 불일치로 인하여 오조작의 우려가 있기 때문이다. 이것을 미들웨어내 일일정량 버퍼를 할당하여 접속시 터미널들이 최종상태로 일치될 수 있도록 스스로 동기화시키는 기능을 구현하였다.

2.3.3 패킷 전달기능 (Packet Delivery)

종합 배전자동화 시스템에서는 현장기기의 수량이 증가됨에 따라 전단처리기 (FEP:Front End Processor)의 수량을 증가시켜서 서버에 과부하를 피하고, 필요한 정보만을 정보계층에 통과시킴으로써 전체적인 성능향상을 꾀하고 있다. 전단 처리기는 제한된 수량의 현장기기만을 담당하고 있기 때문에 응답 속도는 일정히 유지할 수 있다. 자연히 사용자 터미널과 전단처리기는 현장기기가 증가됨에 따라 비례적으로 증가되어 복잡하게 얽혀있는 구조를 가지게 된다. 즉, n:n의 구조로 미들웨어와 연동되어 있다. 미들웨어에서 이 시스템간의 정보전달 및 응답을 정확하게 전달할 수 있도록 시스템을 개발하였으며, 이를 이용하여 사용자가 내린 명령이 해당되는 전단처리기에 정확히 전달되어 현장기기로 송신될 수 있도록 데이터 교환기능을 구현하였다.

상기 기능을 이용하여 <그림 3> 과 같은 시스템을 구성하였으며 각 노드의 대수는 현장기기의 수량에 따라 적절히 가감하고 있다.



<그림 3> 종합배전자동화 시스템 구성도

2000년 이후 이러한 기능을 구현하기 위하여 HP사에서 제작한 BASEstar Open 미들웨어를 사용하였다. 이 미들웨어는 산업용 공장자동화에 최적화된 것으로 사용상에는 큰 문제가 없으나 종합배전자동화에 사용을 해본 결과 일정 수량 이상의 현장기기 증설시 통신 단절 현상, 다량 데이터 처리 지연현상이 있었으며 그 외 확장성에서 업체 자체 표준으로 타 시스템 연계 어려움, 동기식 위주 처리로 프로그램 개발 제한의 문제가 있었다. 최근 배전자동화에 최적화된 애니게이트의 AgWorks 미들웨어를 적용하여 각 응용 소프트웨어를 이 미들웨어에 적합하도록 재 구성하여 이를 실증시험 하였다.

<표 1> 종합배전자동화 미들웨어 비교

미들웨어	BASEstar	AgWorks
개발자	HP 이태리	AnyGate 한국
표준 지원	자체	국제표준 Corba
실시간 갱신	불가	간단
동기방식	동기위주	동기/비동기
목표 시스템	공장자동화	배전자동화
개방성	OLE	OLE, IDL등

AgWorks 미들웨어는 국제 표준 Corba를 기반으로 제작되어있다. 다른 새로운 기능이 추가될 경우 기존의 시스템과의 연계는 분산 객체를 통해서 손쉽게 구현할 수 있다. 이는 공통된 Corba 인터페이스를 적용한 컴포넌트 형식으로 분산 객체가 동작하므로 필요한 컴포넌트간의 연결만 해주면 가능하기 때문에 시스템의 확장이 훨씬 용이하다. BaseStar는 Core 프로세스를 타 컴퓨터 시스템으로 분산이 불가능 하여 서버 시스템에 과부하가 걸릴 경우 분산시킬 방법이 없었으나, AgWorks에서는 특정 프로세스에 과부하가 걸릴 경우 프로세스를 다른 시스템으로 분산시켜 운영할 수 있다.

또한, 인터프리터에 데이터 포인트 분산객체를 탑재하여 실시간으로 모든 분산객체의 생성, 삭제가 가능하다. 실시간 DB베이스 관리에는 기본적으로 멀티쓰레드 기반 하에 적용되므로 각 데이터 포인트에 대해서 실시간 동

시처리가 가능하며 객체 잠금 기술을 이용해 데이터를 안전하게 관리 할 수 있어서 시스템 운영을 보다 효과적으로 할 수 있다. BaseStar에서는 동기방식으로 명령을 내린 후 응답을 받을 때까지 프로그램이 대기하여야 하나 Agworks에서는 클라이언트에서 다른 클라이언트로 분산객체를 통해 데이터 전달을 할 경우 기본적으로 비 동기방식을 이용하여 처리 명령이 내린 후에 처리명령이 끝난 시점에 명령을 내린 클라이언트로 통보해준다. 패킷 서비스의 경우에도 데이터 처리는 멀티쓰레드 방식으로 작동하여 클라이언트의 딜레이 시간이 최소화된다. 또한, 타 시스템과의 연계시 IDL (Interface Definition Language)를 이용하여 타 시스템간의 연계가 쉬우며, 비 동기식을 지원하기 때문에 응용 소프트웨어 성능이 대폭 향상되어 배전자동화 시스템에 적합하였다.

2.4 실증 적용 및 성능평가

약 2개월 간에 걸쳐 개폐기 300대 이상을 보유한 8개 사업소에 AgWorks를 기반으로 개발된 시스템과 기존 BASEstar로 개발된 시스템간의 성능 및 안정성을 비교하였다. 기본적으로 각 응용 프로그램의 처리 로직은 동일하게 하였으며, 각 미들웨어별 라이브러리를 통하여 링크를 새로 함으로써 2개의 버전을 통하여 실험하였다. 각 지사 시스템의 성능이 차이가 있으며, 현장기기의 대수는 차이가 있으나, 기본적인 구조차이로 인하여 성능은 15%이상 향상을 가져왔으며, 안정성이 대폭 향상되었다. 특히 BASEstar인 경우 하드웨어 또는 소프트웨어 문제로 인하여 미들웨어와 연결된 소프트웨어가 연결이 끊어진 경우 이를 알지 못하는 문제가 있었으나 AgWorks는 자체 자기 진단기능을 내장하고 있어서 이러한 문제가 발생되지 않았다.

3. 결 론

종합배전자동화 시스템은 순수 국내 기술에 의해 개발된 시스템으로 일부 핵심 소프트웨어를 외국산에 의존하여 시스템이 사용되었다. 그러나 배전자동화에 최적화되지 않은 관계로 성능향상에 어려운 점이 있었으나 배전자동화에 최적화된 국산 미들웨어를 사용함으로써 종합배전자동화 시스템 적용 시 다음과 같은 장점이 있었다.

- 배전자동화에 최적화 되어 안정성, 확장성이 높아졌으며 성능이 대폭 향상되었다.
- 타 시스템 연동시 국제표준에 따라 연동할 수 있다
- 완전 국내 자체 기술로 배전자동화 시스템 구성이 가능해 졌다.

[참 고 문 헌]

- [1] Application Program over Distribution Automation System for Optimal Network Operation, Bok Nam, Ha, Il Ho, Seoul, ICEE July, 2004
- [2] 종합배전자동화 시스템의 구성, 정미애 외 4인, 대한전기학회 학술회의 2004
- [3] 수출형 배전자동화 시스템 개발 최종보고서, 전력연구원, 2004
- [4] Business Focus, Microsoft, 2005 (개체예정)
- [5] AgWorks 사용자 설명서, 애니게이트, 2005.