

에너지관리시스템 (EMS ; Energy Management System)

손운태 <한국전력거래소 정보기술처 부장>

1. 개요

2007년 11월말 현재 우리나라 발전설비 용량은 6,719만6천[kW], 최대전력 부하는 6,228만5천[kW]로 규모면에서 세계 10위 이내의 규모이다. 우리나라는 미주 혹은 유럽 등의 국가와는 달리 전력계통이 주변 국가와 연계되지 않은 단일계통으로 154[kV]에서 345[kV], 765[kV]에 이르는 송전계통을 운영하고 있다.

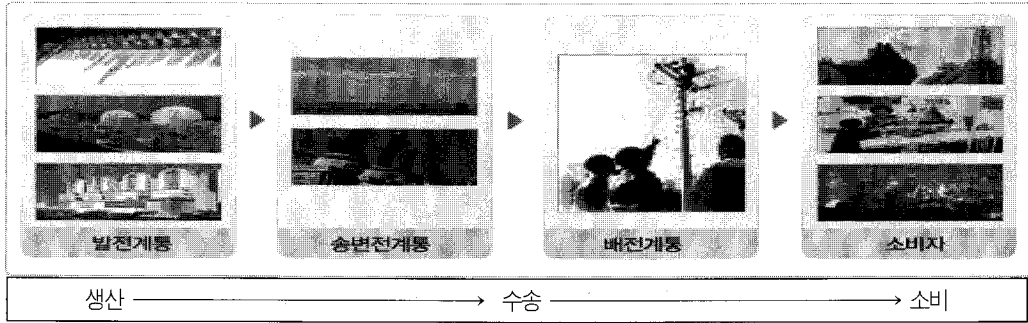
발전설비 및 송·변전 설비의 대형화 추세와 신재생 에너지 개발에 의한 다양한 분산전원의 등장으로 전력계통은 더욱 복잡하게 변화되고 있다. 따라서 전력계통 운영업무를 절차서나 계통운영자의 판단에 의존하는 방식으로는 원활한 계통운영이 거의 불가능하게 되었다. 오늘날 컴퓨터 및 정보통신 기술의 비약적인 발달은 복잡하게 구성된 전력계통의 발전, 송·변전 설비들을 종합적으로 자동감시 및 제어를 가능케 하고, 수요와 공급에 의해 가격이 결정되는 시장원리를 전력시장에 도입하여 실시간으로 전력을 일반 상품처럼 거래도 할 수 있게 되었다.

전기는 일반상품과 달리 생산과 소비가 동시에 이루어지는 특성이 있어 저장이 불가능하므로 시시각각 변화하는 전력수요에 맞추어 전력의 생산량이 일치하

도록 발전기 출력을 실시간으로 조절해 주어야 한다. 이에 따라 전국에 분포된 발전설비로부터 전력을 경제적으로 생산하면 전력계통을 통하여 최종소비자에게 고품질의 전력을 안정적으로 공급하기 위하여 수요와 공급의 항상 균형을 이루도록 자동으로 조정하고 전력계통의 운용 상태를 자동으로 감시·분석·평가하는 에너지관리시스템(EMS: Energy Management System)을 운영하고 있다. 또한 전력산업의 구조개편에 따라 전력산업에 시장원리를 도입하여 전력을 일반 상품처럼 시장에서 거래할 수 있도록 2001년 4월부터 전력시장을 개설하여 운영됨에 따라 시장운영시스템(MOS: Market Operating System)을 운영하고 있다. 본고에서는 전력거래소에서 운영되고 있는 전력 IT 설비 중 에너지관리시스템(EMS)에 대하여 소개하고자 한다.

2. 에너지관리시스템(EMS) 개요

전력계통의 운영은 생산과 소비가 동시에 이루어지는 특성을 지닌 전기를 사용하는 고객에게 양질의 전기를 중단 없이 공급하기 위하여, 전력계통을 구성하는 발전설비, 송전선로 및 변압설비 등 전력설비를 가장 경제적이며 안정적으로 운영하는 것이다.



[전력계통 개요도]

EMS는 전력거래소 중앙급전소에 설치되어 우리나라 전체 전력계통을 실시간으로 감시·제어하고, 계통주파수를 자동으로 조정하는 설비로서 전력산업 분야에서 가장 핵심적인 전력계통의 두뇌와도 같은 장치이다. 또한 전력생산 비용이 최소화되도록 발전기 출력을 자동제어하며, 전력계통의 안전도를 자동으로 분석, 평가하고 급전원 모의훈련 기능을 갖고 있다. 현재 전력거래소에서 운영 중인 EMS는 기능별 분산처리에 따른 시스템의 연산속도 증가, 안정성을 고려한 다중화 시스템 구축, 전력시장 운영체계에 적합한 발전기출력 제어방식 채택 등 대전력 계통의 안

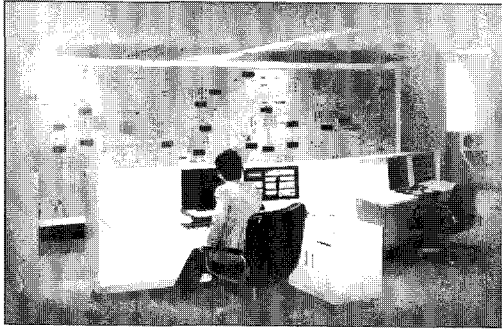
정적 운영기반을 구축하고 계통운영 환경변화에 대응한 개방형시스템이다.

3. EMS 변천사

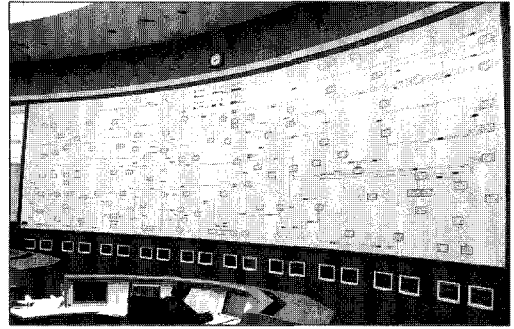
전력계통이 단순했던 1960년대 초반까지는 발·변전소간에는 전화 통화와 간단한 측정 장치로만 전력계통을 운영할 수 있었으나, 1966년에 자동주파수 제어장치(AFC: Automatic Frequency Controller)를 설치하여 전력조류와 경제부하배분 계산 등을 처리하기 시작하였다.



[전력거래소 중앙급전소 전경]



〔1세대 자동급전설비(ALD)〕



〔2세대 자동급전설비(EMS)〕

초고압송전계통, 원자력발전소의 건설 등 계통규모의 확대에 전력계통제어용 컴퓨터인 자동급전시스템(ALD: Automatic Load Dispatch)을 1979년에 미국 L&N(Leed & Northrup)사 최초로 도입하여 운영하였다. 전력계통의 운영의 자동화 추세에 따라 1988년에는 고속의 대용량 컴퓨터를 주축으로 한 급전종합자동화시스템(EMS)을 일본 도시바사로부터 구입, 설치하여 전국의 전력계통을 실시간 감시 및 제어를 할 수 있게 하였으며, 시시각각 변화하는 방대한 양의 정보를 보다 능률적이고 효과적으로 처리할 수 있었다.

최근에는 전력계통의 대형화 및 복잡화로 계통의 안정운영에 대한 필요성이 더욱 증대되고 있으며, 전력산업구조개편과 민자발전사업 확대 및 송전선이용 개방 등 전력사업의 급속한 환경변화에 대응하여 전력거래소는 후비기능(Back up)을 보유한 3세대의 에너지관리시스템(NEMS)을 프랑스 아레바社로부터 도입 설치하여 2002년부터 현재까지 운영하고 있다.

4. EMS 주요기능

EMS의 주요기능으로는 첫째, 발전소 및 변전소의 데이터를 취득하고 현장 기기를 제어하는 SCADA 기능, 둘째, 계통주파수를 자동으로 제어하고 발전연

료비를 최소화하는 자동발전제어 및 경제급전, 셋째, 원격 취득된 전력계통 상태를 보정하여 계산하는 상태추정기능이 포함된 계통해석, 넷째, 오프라인에서 EMS를 모방하여 실제 전력계통을 시뮬레이션해 주는 급전원훈련 시뮬레이터가 있다.

4.1 원방감시제어(SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition)

SCADA는 발전소 및 변전소 전력기기의 상태를 원격에서 취득하고 제어할 수 있는 기능이다. 거래소에 설치된 EMS설비는 발전소 및 345(kV)이상 변전소의 상태는 직접 DNP(Distributed Network Protocol)을 사용하여 취득하고 있고, 154(kV) 변전소의 데이터는 한전의 지역급전시스템(SCADA)을 경유하여 ICCP(Inter Control Center Protocol)을 사용하여 취득하고 있다.

SCADA시스템은 중앙에 설치되는 전력거래소의 EMS, 지역급전소 제어설비, 급전분소 제어설비와 발·변전소 현장에 설치되는 원격소장치(RTU)로 구성되며, 주요기능은 원격감시, 원격제어, 원격측정, 정보발생, 기록기능 등이 있다.

- 원격감시 : 차단기 및 스위치의 닫힘/열림 상태, 계전기 등의 동작상태 감시기능
- 원격제어 : 차단기 및 스위치의 닫힘/열림 제어,

발전기의 발전량제어

- 원격측정 : 전압, 전류, 변압기 TAP위치 측정 기능
- 경보발생 : 차단기 및 수위 등의 상태 변화시, 측정값이 설정치 초과 또는 미달시 경보 발생 기능
- 기록업무 : 정기적인 자료통계 기능(전압일보, 월보 등)

4.2 자동발전제어(AGC, Automatic Generation Control)

실시간 자동발전제어(RTGEN)는 EMS의 실시간 발전기능을 말하며, 단일계통 또는 상호 연계되어 있는 다중계통에서 각 제어지역의 실시간 감시, 분석 및 제어할 수 있게 해주는 기능으로 여기에는 아래와 같은 기능이 포함되어 있다.

RTGEN의 가장 중요한 기능은 자동발전제어(AGC, Automatic Generation Control)이며, AGC는 다음의 제약조건들을 고려하여 가장 적은 비용으로 전력을 생산할 수 있도록 각 발전기의 출력을 자동으로 제어한다.

- 규정 주파수(60[Hz]) 유지 및 시간오차(Time Error) 보정
- 발전기 특성(발전기 자체의 출력제한 또는 운전 제한 영역 등)
- 연계계통일 경우 계획 전력용량과 실제 운전시의 동적 전력용량
- 계통 부하
- 예비력 감시
- 자동발전제어 이행 기준(Performance Criteria)

4.3 경제급전(ED, Economic Dispatch)

각 발전기의 경제적 운전을 위한 기준출력, 즉 경

제급전 배분치를 결정한다. 이 배분치는 현재부하, 전력용량계획, 예비력 요구 및 각 발전기별 제한사항 등을 모두 만족하여야 하며 AGC는 경제급전 배분치를 기준으로 각 발전기를 제어한다.

각 발전기의 경제성은 각각의 증분연료비를 전 계통의 증분연료비와 일치시키도록 각 발전기의 출력을 조정하여 전 계통의 연료비를 최소화하는데 목적이 있다.

○ 연료비 특성 : $F(P_g) = aP_g^2 + bP_g + c$

이 연료비 특성을 연료소비율(Heat Rate)로 표현하기도 한다.

○ 증분연료비

어떤 출력을 운전하고 있을 경우 이 운전 상태에서 다시 1MW의 출력을 더 증가하였을 때 소요되는 단위 시간당의 연료비의 증가분을 말한다.

$$\lambda = \frac{dF}{dP_g} + b = 2aP_g + b \text{ [천원/MWh]}$$

EMS는 주파수 조정과 경제급전을 병행하여 경제적인 발전기 출력 배분과 주파수조정을 동시에 수행한다.

4.4 상태추정(SE, State Estimate)

EMS에서 취득한 발전기출력, 계통전압 및 전류, 차단기 상태, 조류 등 전력계통 취득 값은 통신에러나 변환기 경년 열화에 의해 항상 어느 정도의 오차나 오류를 내재하고 있기 때문에 항상 정확한 값이 될 수가 없다. 이를 보정하여 타 계통해석 기능에 유효한 기본해를 제공하여 이상상태 분석 및 대책이 가능하게 하는 기능으로 계통해석의 근간이 되는 자료이다. 또한 취득 불안정시 급전원에게 계통상태에 대한 유효한 정보를 제공하여 급전운용에 참고할 수 있도록 한다.

상태추정의 주요기능은 아래와 같다.

- SCADA의 차단기 상태 정보에 의한 계통구성 처리
- SCADA 측정값의 유효성 판단 및 미취득 자료

- 추정값 제공
- SCADA 취득자료의 오차를 보정, 모델링 오류 확인, 측정오차 통계 결정 및 오류 보정방법 제공
- 계통운영 상태감시 및 제약 위반사항에 대한 정보 제공
- 발전기별 송전손실계수를 계산

4.5 급전훈련시뮬레이터(DTS, Dispatcher Training Simulator)

DTS는 오프라인에서 중앙급전소의 EMS를 모방하여, 실제 전력계통을 시뮬레이션하는 환경이다. DTS는 실시간 EMS와 동일한 인터페이스를 사용하고 실시간 EMS와 동일한 소프트웨어를 사용한다. DTS의 주요한 용도는 오프라인에서 정상 또는 비상 상황에 대한 급전원 훈련을 실시하는 것이다. 부가적인 용도로는 새로운 EMS 기능의 시험 환경으로 사용할 수 있고, EMS 프로그램을 튜닝하는 용도로도 사용된다.

5. 한국형 에너지관리시스템(K-EMS) 국산 개발

5.1 개발 배경 및 필요성

우리나라 전력공급 규모는 세계 선진대열에 도약하여 있으나 EMS는 해외 제작사로부터 도입, 운영해왔다. EMS는 첨단 IT 기술과 전력계통 운영기술이 융합된 복합기술로 미국, 독일, 프랑스, 일본 등 일부 선진국의 메이저 제작사만이 세계시장을 독식하고 있는 실정이다. 또한 해외 제작사의 선진기술 이전 기피로 설계기술이나 응용기술을 확보할 수 없었고 고가의 기술료 및 유지보수 비용을 지불하는 실정이다. 국내 민간 IT업체에서도 개발에 소요되는 기간이 길고 개발비에 대한 리스크가 커서 투자를 기피하는 상태

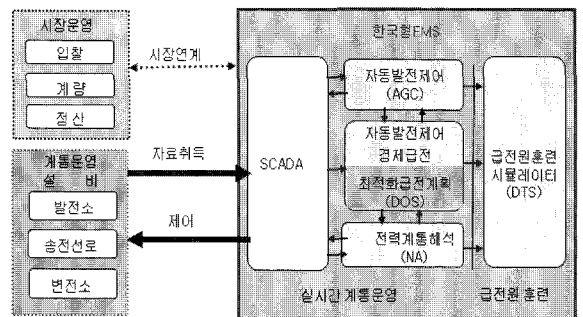
이었다.

EMS의 전력 IT 기술은 전력계통 운영에 필수적인 기술이나 국내시장규모가 작고 장기간의 개발기간과 개발 리스크가 커서 국내기업들이 투자를 기피하고 있었다. 이에 정부차원의 전력 IT 육성 정책에 따라 정부, 산학연 협동으로 EMS를 국산화 개발을 추진하게 되었다.

이에 따라 전력거래소는 4회에 걸친 EMS 도입 및 운전 경험과 전력계통 운영기술에 선진화된 IT기술을 접목하여 전력계통 운영의 핵심 인프라 설비인 EMS를 차기 시스템 교체주기(2012년)에 맞추어 개발할 예정이다. 또한 전력기술 수출국에 첨단 전력 IT 기술 수출을 주도하기 위한 수출 전략산업으로 육성하며, 이를 통해 전력 IT 산업의 국가 경쟁력 제고를 목표로 한국형 EMS 개발을 총괄하게 되었다.

5.2 개발 목표

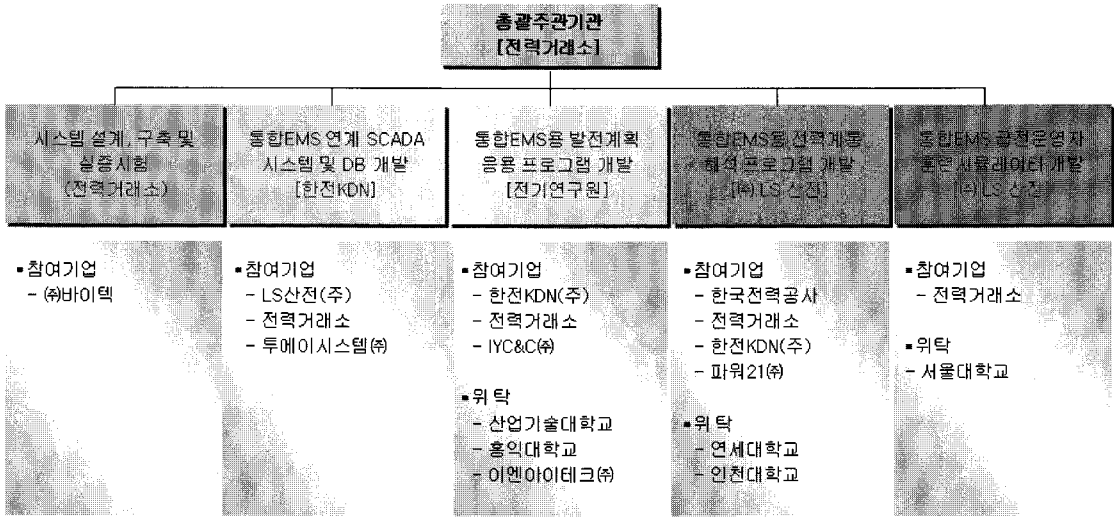
한국형 에너지관리시스템(이하 한국형EMS)의 개발 목표는 EMS의 표준기능 외에 최적화 급전계획과 시장운영 연계기능을 포함시킨 첨단형 EMS로서 그 주요기능의 구성은 다음 그림과 같다.



(한국형EMS 기능 구성도)

5.3 세부 과제

한국형EMS 개발은 5개의 세부과제로 나누어 개



[한국형EMS 개발 세부과제 및 연구추진 조직]

발이 추진되며, 각 세부과제와 더불어 9개의 참여기업 및 6개의 위탁기관의 연구진으로 구성된 산학연 협동 연구개발 체계를 구축하고 있다.

5.4 개발 일정

한국형EMS는 3단계에 걸쳐 단계적으로 개발함으로써 개발에 따른 리스크를 최소화 하였다. 연구개발 시점으로부터 1단계는 약 30개월에 걸쳐 EMS의 기본 기능을 구현한 Baseline EMS를 개발하고, 2단계는 약 44개월에 걸쳐 Baseline EMS의 바탕 위에 중급 난이도의 EMS 기능을 구현한 Prototype EMS를 개발하며, 3단계에서는 약 60개월에 걸쳐 Prototype EMS의 기반 위에 고급 난이도 EMS 기능을 구현한 Full-Scale EMS를 개발해 실증시험을 거쳐 2010년 10월에 완료될 예정이다.

한국형EMS는 전력거래소의 후비급전소에 Test Bed를 구축, 실제와 동일한 환경에서 실증시험을 거치며 후비급전소의 기존 EMS설비와 병렬로 모의시험 및 운영을 거쳐 실제 전력계통 운영업무에 적용이 가능한 실용화 EMS로 개발된다.

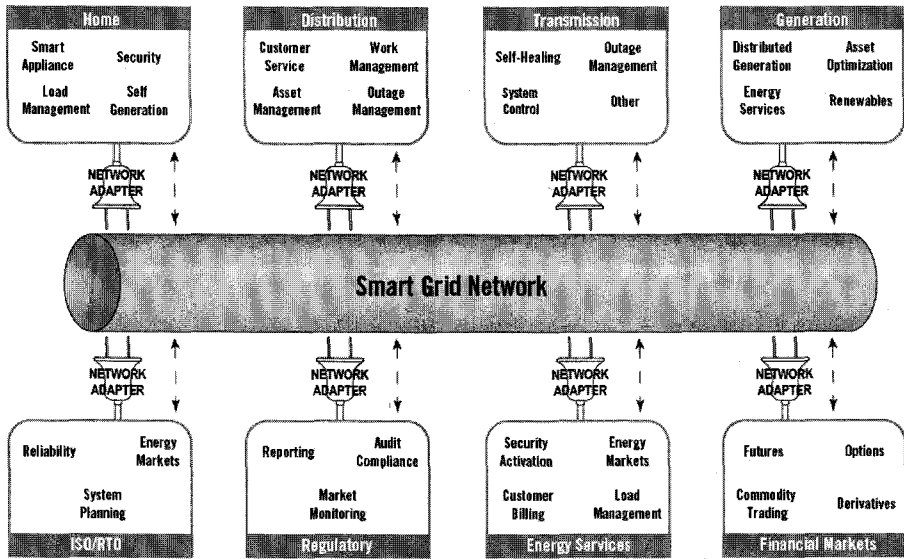
현재 전력거래소는 한국형EMS 개발 홈페이지(www.k-ems.re.kr)를 구축하여 모든 개발 정보를 국민에게 공개하고 있으며, 웹을 통해 산학연 각 기관의 연구원들이 상호 커뮤니케이션할 수 있는 공간도 만들었다. 개방된 웹 페이지를 통해서 개발진도 현황과 연구개발 중간성과물을 연구원들끼리 공유하도록 하며, 개발기술의 공유와 선의의 경쟁을 통해 연구개발 추진을 촉진하는 효과도 거두고 있다.

6. 미래 에너지관리시스템 발전방향

6.1 Smart Grid 네트워크의 출현

전력 기반구조는 인터넷과 같은 방식으로 고도로 자동화되고 상호 연계되어 최고의 신뢰도와 최저 비용으로 실시간 발전과 전력의 수송이 가능하게 되는 네트워크로 진화할 것이다.

스마트 그리드의 개념은 신뢰성과 효율성을 개선하기 위하여 발전에서 소비자까지 전 전력공급 시스템의 디지털 자동화를 목표로 네트워크는 전력계통의 완전한 통합을 위해 필요한 “plug-and-play”의 기술



[개방시스템의 아키텍처]

인 개방형 아키텍처를 제공할 것이다. 이를 통하여 스마트 그리드는 전력 공급과 이용에 관한 최상의 결정을 하기 위한 실시간 정보를 제공한다. 계량기에서 프로그램된 응답을 유발하며 다시 계량기에 신호를 전송하고 그리드에 신호를 전송하는 공조기까지 가격신호이다. 또한 계통운영에 있어서 많은 장애물을 초월하는 순시성이 있으며, 흠결 없는 정교한 에너지와 정보의 흐름이다. 이러한 “장치에 대한 가격” 개념이 궁극적인 실현의 스마트 그리드이다.

에너지 정보의 진보한 네트워크로 스마트 그리드는 자기 치유의 특징을 통하여 보다 신뢰성 있게 되었고, 자기 수급균형을 이루어 보다 경제적이며, 사실 “완전한 급전”을 이룬다. 자기 치유는 계통에서 왜란을 검출하여 수동 개입 없이 전력공급 차단을 방지하기 위하여 순간적으로 동작하는 능력이다. 완벽한 급전으로 실시간 에너지 정보는 스스로 수급균형을 이룰 수 있는 시스템이 된다.

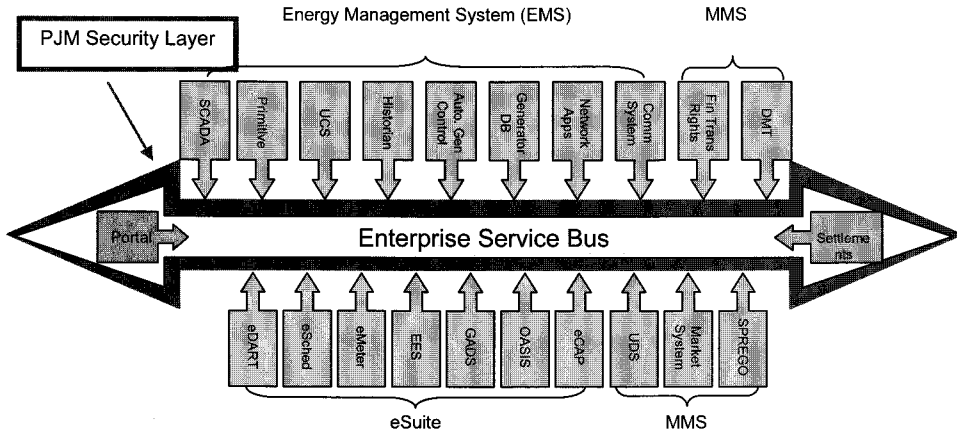
이러한 새로운 상태에서 실시간 정보 신호는 분산 발전설비를 유발하며 풍력, 태양력과 같은 단속적인

재생가능 발전의 이용을 촉진하며, 가전설비, 플러그인 하이브리드 자동차 및 에너지 저장 시스템과 같은 최종 소비자 스마트 기기에 가격 신호를 전달할 것이다. 이러한 그리드는 다수의 장치이고, 스마트 그리드는 이러한 설비를 인도하는 쌍방향 정보흐름을 제공하며 모두 연계되며 통신하고 동시에 모두 수행하는 것이다.

6.2 선진국의 EMS 구축 방향

북미 동북부지역 14개주의 전력계통과 전력시장을 운영하는 PJM은 진보적인 IT 기술과 전력을 결합하여 Advanced Control Center(이하 AC² 라함) 프로그램을 현재 개발하고 있다. AC² 계획의 목표는 두 가지로서 주 급전소를 최신의 기술로 업그레이드 하는 것이고 동일 후비 급전소를 같은 기술로 구축하는 것이다. 동 계획은 또한 프로세스와 직무 기능을 목표와 일치하는 것이다.

양 설비는 서로 병렬로 운영될 것이며, 어느 설비



AC² 기술 아키텍처

도 PJM 관할 지역 송전망 운용 협의체(RTO)를 제어할 수 있다. 양 설비는 발전제어 프로그램, 지능형 이벤트 처리, 개선된 시각화를 포함한 진보한 응용프로그램 개발을 통하여 신뢰도와 고객의 가치 및 생산성을 개선하기 위하여 새로운 기술을 사용하고 있다. 이러한 새로운 접근방법은 새로운 시발점이 될 것이며 송전망이 관측되고, 관리되며 운영되는 방법에 변화를 가져올 것으로 예상된다.

AC²는 기본적으로 개방형 아키텍처를 기반으로 구축되고 있다. 이는 계통신뢰도와 안전성을 개선할 수 있고 장기적으로 정보기술 운영의 관리를 개선할 것이며 서비스 지향 아키텍처(SOA) 전략을 통하여 유지보수 비용을 개선할 수 있을 것이다.

AC²는 다중화, 확장성, 성능 및 보안에 초점을 두고 차세대 에너지관리시스템(EMS)과 시장관리시스템(MMS) 개발의 선봉이 될 것이다. 산업표준에 영향을 주고 새로운 표준을 채택하여 정의하여 기술투자를 극대화하는 계기가 될 것으로 예상된다. AC²는 "building block" 접근전략을 취하여 다수의 제조자로부터 소프트웨어 프로그램의 상호 호환성을 가능하게 하며 진보한 기술의 융합, 지원 및 유지보수 비용의 감소를 가능하게 할 것이다.

AC²에서 개발되고 있는 기업 서비스 버스는 스마트 그리드 네트워크를 가능하게 하는 아키텍처의 필요한 골격이 될 것이다. 이러한 개방되고 모듈화된 구성으로 인하여 PJM을 플러그 앤 플레이 기술과 미래 스마트 그리드 진보의 선봉이 될 것이다.

7. 맺음말

2003년 8월 북미와 캐나다에서 발생한 대규모 정전사태로 최소 4조원 이상의 경제적인 손실과 엄청난 사회적 혼란을 야기한 바 있다. 미국과 캐나다 전문가들로 구성된 공동조사연구단은 북미지역 정전사태에 대한 최종보고서에서 북미전력계통의 물리적 & 사이버 안전 확보 등 총 4개 그룹 46가지의 시정 권고사항을 밝혔다. 또한 IEEE에서도 북미에서 사용 중인 EMS를 중심으로 시스템 특징, 운영실태 및 개선방향을 제시하였다. 이들 권고사항 중에는 EMS의 성능 및 기능개선과 관련된 내용들이 많이 포함되어 있다. 다시 말하면 EMS의 안정성과 기능성이 확보되지 않으면 북미 대정전과 같은 상황이 언제, 어디서나 발생할 수도 있음을 의미하는 것이다.

앞에서도 언급했듯이 현재 전력산업의 최고 정점기

술로 인식되고 있는 에너지 관리시스템의 국산화를 위하여 정부의 적극적인 지원하에 각 분야의 최고 전문가들이 참여하여 우리나라 전력계통 운영 실정에 적합한 EMS 개발을 위해 노력하고 있다. 아울러 북미광역정전의 교훈을 바탕으로 기존 EMS의 고유기능 이외에 경보성능 지능화, 운전자 그래픽화면 고급화, 지역급전소간 자료연계 강화를 위한 국제표준 프로토콜 적용 등 다양한 계통운영자 지원 프로그램을 개발하여 전력설비의 장애시 신속히 조치할 수 있는 여건을 제공할 예정이다. 이를 통하여 세계에서 가장 견고하고 안정된 전력계통을 운영할 수 있도록 최선을 다 할 예정이다.

◇ 저 자 소 개 ◇



손운태(孫崙泰)

1960년 1월 10일생. 1997년 2월 전주산업대학교 전자공학과 졸업. 2000년 8월 국립경상대학교 대학원(전기전자전공) 졸업(석사). 1978~2001년 한국전력공사 근무(삼천포화력본부, 계통운영처). 2001~2007년 한국전력거래소 근무(시장운영처, 정보기술처). 2007년 11월 현재 전력거래소 정보기술처 IT기획운영팀 부장.

관심분야 : 전력 IT 전략계획, IT 거버넌스, IT성과분석.

참고문헌

- [1] 전력거래소, 급전자동화시스템(EMS) 운영지침서, 2002.
- [2] 전기협회, 전기연감 2007.
- [3] KPX, Korean Energy Management System Technical Spec. 2006.
- [4] PJM, Advanced Control Center Project Presentation 2006.
- [5] PJM, Bringing the Smart Grid Idea Home 2007.