

전력계통정보의 시각화

김광호, 김태연, 강형구, 이강재, 최봉수
한국전력거래소

Visualization of Power System Data

Kwang-Ho Kim, Tae-Eon Kim, Hyoung-Koo Kang, Kang-Jae Lee, Bong-Soo Choi
Korea Power Exchange

Abstract - 2003년 8월 미국 북미지역과 동년 9월 이태리, 스웨덴/덴마크에서 발생한 광역정전과 더불어 영국과 말레이시아, 이태리에서도 대규모 정전이 발생하여 지진, 태풍에 의한 자연재해에 버금가는 엄청난 사회적 혼란과 더불어 막대한 경제적 손실을 초래했던 사실은, 이제 전력공급의 중단(정전)이란 결코 용인될 수 없는 사회적 실정에 이르렀음을 극명히 보여준 사례라 할 수 있다.

또한, 북미와 유럽의 대규모 광역정전 발생의 원인 중에서 계통운영자의 부적절한 상황인식과 지휘체제 혼란으로 신속하게 대처하지 못한 점이 주된 원인중의 하나로 지적되면서, 전력계통 운영의 현업에 종사하고 있는 계통운영자의 막중하고 중대한 소임을 다시 한번 자각시켜 주는 계기가 되었다.

이러한 맥락으로 미국을 중심, 전세계적으로 대규모 전력계통 운영환경에서 계통운영자에게 방대한 정보를 신속하고 효과적으로 제공해야 할 시각화의 필요성이 대두되는 계기가 되었다.

본 논문은 전력계통 데이터의 시각화 기법에 있어 해외 기술동향을 살펴보고, 전력거래소의 시각화 화면의 개발 사례 및 향후계획 등에 대해 소개하고자 한다.

1. 서 론

전력거래소는 계통운영에 전산화시스템을 도입한 이후, 수용능력 부족과 수명 주기가 도래한 기존의 급전자동화 시스템을 그간 3차례에 걸쳐 해외로부터 도입 설치·구축한 바있다. 1979년 ALD(Automatic Load Dispatch) 시스템을 시작으로 1988년 Toshiba EMS가 도입되었고, 2002년 7월, 당시 강력한 하드웨어 플랫폼과 개선된 전력계통해석 알고리즘을 바탕으로 하는 NEMS (New Energy Management System)을 도입하여 운영 중에 있다.

우리나라의 전력계통 규모는 약 67,000MW를 넘어서는 단일계통규모로 세계 10위권의 대전력계통을 보유하고 있으며, 전력계통의 대응량화와 계통운영의 복잡성으로 급전운영 환경은 점차 어려워지고 있다. 따라서 21세기 대전력계통의 안정적이고 신뢰적인 계통운영을 위해서는 기존의 경험적 요소에서 탈피하여, 계통운영자의 정확한 상황인식(Situational Awareness)을 통하여 전력계통의 감시, 예측 및 내재된 고장 가능성을 인지하고, 실시간 진단을 통해서 중대한 계통고장의 개연성을 충분히 대비할 수 있도록 계통운영의 고도화를 기해야 할 시점이다.

본 논문에서는 계통운영자의 의사결정을 지원하는 전력계통 데이터의 주요 시각화 기법을 살펴보고, 전력거래소에서 개발하여 활용 중에 있는 시각화 화면에 대한 소개와 향후 계획 등에 대해 소개하고자 한다.

2. 전력계통 데이터의 시각화

2.1 시각화 필요성

전력계통해석 및 경제급전 프로그램 개발 분야에 있어서

는 그간 충분한 성과를 보았다고 할 수 있으나, 계통운영자에게 필요한 맞춤형 정보의 제공측면에서는 아직도 많은 연구와 개발이 필요한 실정이라 하겠다. 참고문헌 [7]은 계통의 과부하 인지 및 해결능력이 있어서 기존의 2D 화면에 비해 3D 화면이 더욱 빠른 해결책을 제공할 수 있음을 실험적 결과에 의해 입증하였다. 이미 3D 화면은 항공산업과 같은 분야에서 오래전부터 연구되어 활용하고 있다. 시각화 화면의 효용성에 대한 설득력 있는 주장은 우리는 3D 세상에 살고 있으며 인간의 두뇌는 3D를 인지하고 반응하도록 설계되어 있다는 것이다.

오늘날 전력계통의 규모는 점차 증대되고, 계통운영의 복잡성 또한 날로 가속화 되어가는 현 상황 속에서, 계통운영자가 방대한 계통운영 정보를 일일이 파악하고 확인하기란 결코 쉽지가 않다. 따라서 최첨단 IT 기술을 기반으로 대전력계통의 운영에 효과적인 시각화 기술을 활용하여 계통운영자가 비정상적인 전력계통 상황을 손쉽게 감지하고, 신속하게 조치할 수 있도록 최적의 시스템 운영환경을 제공해 주어야 한다. 이러한 시각화 기술은 계통운영자들이 빠르게 변하는 계통상황을 손쉽게 파악하고, 신속히 조치를 취할 수 있도록 도움을 준다는 측면에서 복잡한 계통일수록 매우 유용하다 할 수 있다.

따라서 시각화 기능은 향후 중앙급전소(Control Center)의 중요한 의사결정 지원수단으로 자리매김 하게 될 것이다.

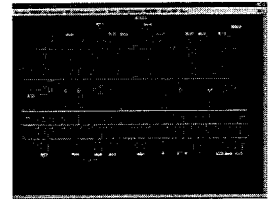
2.2 EMS 화면의 특징

전통적으로 전력계통의 운영 및 감시업무를 수행하는데 있어 그림1과 그림2에서 보는바와 같이 일람표(Tabular)와 단선도(One Line Diagram) 형식의 화면형식이 주종을 이루어왔다. 이러한 전통적 화면의 장점은 데이터의 표출이 쉽고 정확하며, 관심대상이 지역적으로 편협한 경우 효과적일 수 있으나, 전력계통의 규모가 커질수록 데이터의 표현형식이 복잡해지고, 화면상의 제약으로 많은 정보를 수용할 수 없다는 단점이 있다.

현재 중앙급전소에는 모자의 맵보드나 후면투사장치(Rear Projector)를 이용한 전력계통만을 통해 전국의 전력계통을 한 화면으로 감시하고 있으나, 앞선 화면의 성격과 기능측면에서 특별히 차별화 되지는 않는다.



[그림1] 표형식(Tabular) 화면



[그림2] 단선도 화면

2.3 최근의 해외 기술 동향

대표적인 해외 시각화 상용 프로그램으로는 PowerWorld사의 Retriever와 EMS 제작사인 AREVA사의 e-terraVision

등을 들 수 있으며, 해외 계통운영자(ISO)나 전력회사들은 이들 소프트웨어 회사들이 개발한 시각화 프로그램(3rd party program)을 도입하여 자기들의 기호에 맞게 시각화 기능을 보완하여 구현하고 있는 실정이다. 또한 이러한 시각화 상용제품의 특징으로는 EMS 플랫폼에 상관없이 접목될 수 있다는 장점이 있다.

미국의 EMS 제작사인 AREVA사는 내부 연구기관과 외부전문회사와 파트너십을 체결하고 유관기관과 공조의 노력을 통해 2007년 시각화 시스템(e-terraVision)의 상용품을 출시하여 전력계통정보 시각화를 선도하고 있다.

2.3.1 시각화 일반 특징 (AREVA사 제품 중심으로)

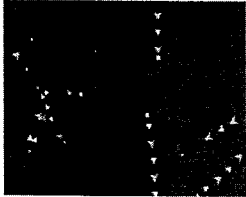
가. 시스템 구조

시각화 제품은 서버 컴퓨터, 클라이언트 컴퓨터 및 뷰어로 구성되어 있다. 계통모델의 업데이트를 위해서 기존 EMS의 DB Model을 재사용하기 위해 CIM/XML 표준을 지원한다.

- 1) 광역계통감시 (Wide Area Monitoring)
- 2) 전력계통 신뢰도 평가 (Reliability Assessment)
- 3) 그래픽 제작물 (Graphical Authoring)
- 4) 전력계통 신뢰도 예측 (Reliability Assessment)
- 5) 전력시장 평가 (Market Assessment)

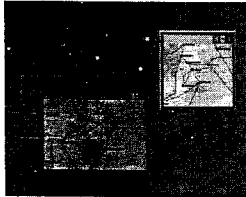
나. 주요 시각화 기능

- 1) 동적효과(Animation) : 선로조류 방향 및 크기 표시



사용자는 화살표 표시의 입계값을 설정할 수 있고, 화살표의 크기가 클수록 Limit에 대한 근접도를 나타낸다.

- 2) Flys-Outs 및 Pods



사용자가 효율적으로 기존의 화면에서 즉시 관심영역의 신규화면을 생성할 수 있는 기능으로 IT기술발전에 힘입어 기존 EMS에는 없었던 혁신적인 기능이다.

- 3) 전압 Contour



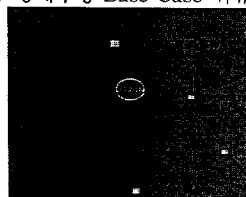
국부적으로 전압 및 무효전력의 계통운전상황을 감시할 수 있도록 보간근사법을 사용하여 계산하며, 해당 값에 대한 필터기능이 있으며 그래픽적 쿼리로도 표출될 수 있다.

- 4) 3D 무효예비력 감시



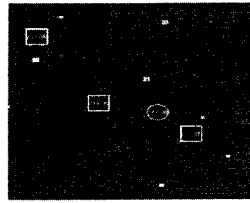
선택영역에 대한 발·변전소별 무효전력 운전상황과 하단에는 이에 대한 3D 입체화면을 표시한다.

- 5) 상태추정 Base Case 위구



상태추정에 Branch 제한치 초과 및 위반정도에 대해 경보를 표출한다.

- 6) 상정고장 위구



상정고장 수행후 Branch 제한치 초과 및 위반정도에 대해 경보를 제공하고, 위구표시자를 선택하면 해당 상정고장 목록에 대한 정보를 제공한다.

2.4 우리나라 전력계통정보의 시각화 개발

2.4.1 추진배경 및 현황

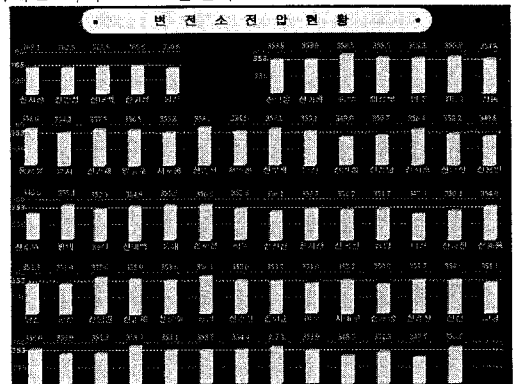
2003년 북미 광역정전을 계기로 북미신뢰도위원회(NERC)는 2005년 미국 에너지법령(Energy Act)을 통해 전력사들이 급전사령실(Control Center)에 시각화 기능을 갖출 것을 요구하고 있다. 북미신뢰도위원회의 권고 이후 우리 기관과 같은 해외의 많은 ISO(Independent System Operator)와 전력사들이 시각화 기능을 도입 혹은 개발을 서두르고 있는 실정이다. 또한 대전력계통운영자(VLPGO) 협의체에서도 발전된 실시간 의사결정 활용에 대한 기술조사 및 표준안 제시하기 위한 공동연구과제로 채택하여 2007년 최종보고서를 통해 각 회원국의 시각화 현황 및 향후 계획을 소개한 바 있다.

전력거래소는 시각화 분야에서 아직 기초적 단계이나, 일부 계통정보의 시각화 화면을 자체적으로 개발하여 급전운영에 활용 중에 있으며, 향후 선진 전력사와 해외기술교류 및 조사를 통하여 우리 실정에 적합한 GIS 기반의 전력계통정보 시각화 시스템을 국내기술로 개발하여 운영할 계획을 가지고 있다.

2.4.2 시각화 개발 사례

가. 수도권 전압감시 시각화 화면

EMS 제작사의 고유 화면제작틀인 Rapport Full Graphic을 사용하여 자체개발한 화면으로써, 수도권 지역의 주요 변전소의 모선전압을 감시대상으로 하며, 상하한 제한치 초과시 적색으로, 휴전에 따른 변전소 정지 시에는 백색으로 표출된다.

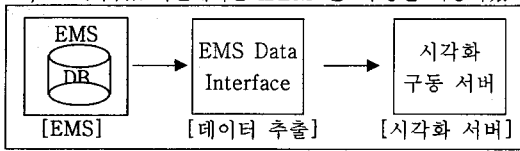


[그림3] 수도권 전압감시 시각화 화면

나. 지리정보를 이용한 전계통 전압감시 시각화 화면
전압감시 시각화 화면은 발전소와 345kV 이상 주요 변전소 약 80개소의 모선전압을 감시 대상으로 하고 있으며, 우리나라 실지도상에 지리정보를 기반하여 실시간으로 계통운영상의 지역별 전압분포 및 유지상태를 종합 감시할 수 있도록 구현하였다. 또한 765/345kV 및 계주 154kV 계통을 동일 전압종별로 각기 구분하였고, 발·변전소가 집중 배치된 수도권 지역은 상세 감시가 가능하도록 화면 왼편에 별도 배치하였다.

다. 시스템 구성도

전압감시 시각화 시스템 구성도는 그림11과 같으며, EMS Host 서버에서 실시간으로 발·변전소 전압 데이터를 추출하여 시각화 서버 DB에 저장한다. (취득 주기 : 2초, 10초(계주)). 화면제작은 IDL6.3 윈도우용을 사용하였다.



[그림 4] 시스템 구성도



[그림 5] 전압감시 시각화 화면

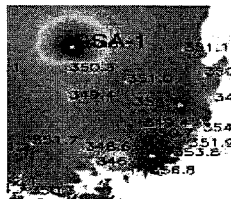
라. 시각화 화면의 활용

전국에 산재한 발·변전소로부터 취득된 전압 데이터는 실시간으로 시각화 화면상에 갱신된다. 따라서 모선전압의 제한치 위반사항이 발생되면 시각 및 청각수단을 활용하여 계통운영자에게 경보한다. 또한 현장에서 취득되는 동일 발·변전소에 있어 복수의 전압 취득값 존재시 이 주간시간대는 하한치 위반을, 야간시간대는 상한치 위반을 감시하는 것을 기본으로 하나, 계통운영자가 탄력적으로 선택이 가능하도록 하였다.

다음은 시각화 화면에서 모선전압의 상·하한 위반이 발생한 상황이다. 위반 발생시 해당 발·변전소와 모선 명칭이 나타나고, 동시에 청각경보를 통해 사용자가 즉시 인지할 수 있도록 하였다.



[그림 6] 상한치 위반



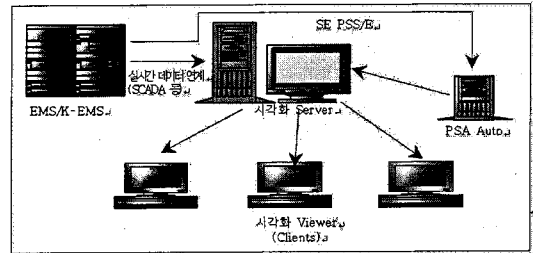
[그림 7] 하한치 위반

2.4.3 향후 계획

우리기관에서는 국내 전력IT 기술의 선도와 K-EMS와 연계한 외국시장 진출이 가능하도록 해외 상용제품의 장점과 업계 Best Practice를 적용하여 우리환경에 최적합하게 설계된 전력계통정보 시각화 시스템의 개발을 추진 예정이다. 주요 개발기능과 시스템 구성도는 아래와 같다.

- 주요 개발기능
 - 광역계통 감시(Wide Area Monitoring)
 - 계통안전도 및 위해성 평가(Reliability Assessment)
 - 고장계산 및 수도권 융통전력 한계
 - 과도안전도 해석 (Transient Stability Analysis)

- 무효예비력 계산 및 감시
- 이기종 시스템간 실시간 데이터 인터페이스 (EMS등)
- 과거계통 운전실적 조회 등
- 시스템 구성도



3. 결 론

최근 산업계는 기존 고유영역을 가진 기술·서비스 등의 경계가 허물어지고, 새로운 가치 창출을 위해 상호 융복합화하는 컨버전스 시대로 접어들었다. 이는 결국 산업간의 경계가 허물어지고 있음을 의미하는 것이며, 첨단 기술로 무장해야만 살아남을 수 있다는 인식에서 비롯된 패러다임의 변화로 이미 세계시장 산업 전반에 걸쳐 행해지고 있다. 과거 굴뚝산업으로 치부되던 전력산업분야에도 IT기술을 포괄적으로 접목해 효율성을 높여 막대한 사회적 이익을 창출하고, 국제 경쟁력을 갖추어 세계수준의 산업으로 성장할 수 있도록 글로벌 리더로서의 위상을 제고하는 계기가 될 대형 국가프로젝트 전력 IT가 진행 중이다.

앞서 언급한 시각화 기법들도 이러한 최선의 IT기술의 반영한 기조로 볼 수 있다 하겠으나, 이러한 시각화 기법은 아직 초기 단계에 머무르고 있는 실정이며 여전히 표현방식에 있어 세련미를 더해야 하는 등 개선의 여지는 남아있다. 그러나 우리나라와 같이 방대하고 복잡한 계통을 운영하고 있는 현실에서 이러한 시각화 기법의 적용은 기존의 경험적 요소에서 탈피하여 계통운영의 고도화와 과학적 운영 측면에서 필수적이라 할 수 있겠다.

향후 전력거래소는 국내 유일의 계통운영 기관으로써 급전자동화 분야 전문 기술 인력을 체계적으로 양성하고 최선의 IT기술의 접목을 통한 운영 기술을 향상시켜 업무 효율성을 극대화함으로써 21세기 대전력 계통의 안정적이고 신뢰성 있는 운영을 위한 기반을 확고히 하고자 최선의 노력을 기울이고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Overbye, T.J.; Weber, J.D., "Visualization of power system data" System Sciences, 2000. Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on Jan 4-7 2000.
- [2] AREVA Corporation, "e-terravision Viewer User's Guide", 2007
- [3] Klump, R.P.; Weber, J.D., "Real-time data retrieval and new visualization techniques for the energy industry", System Sciences, 2002. HICSS. Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on 7-10 Jan 2002
- [4] Overbye, T.J.; Weber, J.D.; Laufenberg, Mark, "Visualization of Flows and Transfer Capability in Electric Networks"
- [5] Yan Sun; Overbye, T.J., "Visualizations for power system contingency analysis data", Power Systems, IEEE Transactions on Volume 19, Issue 4, Nov. 2004 Page(s):1859 - 186
- [6] Weber, J.D.; Overbye, T.J., "Voltage contours for power system visualization", Power Systems, IEEE Transactions on Volume 15, Issue 1, Feb. 2000 Page(s):404 - 409
- [7] Wiegmann, D.A. Overbye, T.J., "Human factors aspects of three-dimensional visualization of power system information", Power Engineering Society General Meeting, 2006. IEEE Publication Date: 18-22 June 2006