실시간 전력계통 운영을 위한 데이터 시각화에 관한 연구

A Study on the Data Visualization for Real Time Power System Operation

조 윤 성* · 정 진 영†
(Yoon-Sung Chog · Jinyoung Joung)

Abstract - This paper describes and suggests the data visualization for real time power system operation based on energy management system. Because real time power system operation performs analysis of the vast amount of on-line data, the operators need intuitive data visualization to find out useful information in the big data. Especially, in emergency situation, the data visualization is able to assist the operators in handling the crisis quickly and efficiently. Therefore, this paper aims to improve displays of output of real time power system operation by visualizing on-line big data. Through this study, we can develop improved visualization technique for real time power system operation, which has highly readable displays of output and intuitive information.

Key Words : EMS, Visualization, Power system, Operation, Infographic display

1. 서 론

한국은 광범위한 대정전(Black Out)을 경험한 미국과 달리 한국전력, 전력거래소, 발전회사 중심의 단일한 송·배전망 관리운영으로 안전성 및 신뢰성을 확보해왔다. 그러나 2011년 9.15 순환정전 이후, 한국 역시 전력계통 계획 및 운영의 신뢰성에 급이 갔으며 이후 신뢰성 회복을 위한 다양한 연구를 진행해왔다. 연구는 다음과 같은 방향으로 이뤄지고 있다. 첫째, 급변하는 기상상황으로 인한 부하상승을 사전에 정밀하게 예측하는 연구가 진행되고 있다. 갈수록 복잡해지는 전력계통의 광역화, 분산전원 및 대규모 발전설비는 기상이변과 연계되어 정밀한 수요예측을 어렵게 만들기 때문이다. 둘째, 실시간 전력계통 운영의 안전성 향상을 위한 에너지관리시스템(Energy Management System)과 온라인 동적안전도평가 시스템(Dynamic Security Assessment)의 결합에 관한 연구가 진행되고 있다. 셋째, EMS 시스템을 통한 계통 운영의 신뢰성 및 효율성 증대를 위한 연구가 진행되고 있다. 이를 위해 진화된 계통해석 응용프로그램, PMU(Phasor Measurement Unit) 탑재, 및 전력시각화 기술들이 EMS에 적용되고 있다. 그러나 EMS 기능의 진화로 감시 및 해석 정보를 계통 운영자에게 전달하는 타블러 화면의 양 또한 증가하였다. 운영자는 타블러 화면을 통해 수치 값, 발변전소 및 설비 이름, 설비 투입 및 개방 플래그 등을 파악할 수 있으나 데이터양의 증가로 말미암아 계통에서 발생하는 오류를 직관적으로 파악하기는 어렵게 되었다. 이와 같은 이유로 정보의 직관적 파악이 가능한

전력데이터 시각화는 EMS의 신뢰성 향상 및 실시간 계통 운영의 효율성 증대에 중요한 요소이다.

최근 효율적 계통운영을 위하여 온라인 감시, 해석 및 제어에 GIS(Geographic Information System) 기반의 전력시각화 시스템 및 온라인 DSA시스템을 EMS 시스템과 결합하여 적용하고 있다. GIS 기반의 전력시각화 시스템은 다음 4가지를 표현한다. 첫째, GIS 기반의 맵을 통해 전국의 발·변전소 및 송전선로를 표현한다. 둘째, 현재 및 예측된 기상정보(낙뢰정보, 태풍 등)를 표현한다. 셋째, 상태추정, 상정고장 등과 같은 실시간 계통 해석 정보를 표현한다. 넷째, 화면의 확대, 축소, 애니메이션, 3D, 보고서 등 사용자 편의 기능을 갖춘다. 이처럼 전력시스템의 시각화 기술은 기존의 전력시스템 기술, 컴퓨터 기술에 디자인 기술이 접목된 융합 기술이다. 전 세계적으로 북미에서 가장 많이 설치 운영되고 있다. 한국도 9.15 순환정전 이후 3개의 시스템 결합에 대해 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중에서 특히 급속하게 진행되는 기후 이변 및 부하 증가로 발생하는 사고에 신속히 대처할 수 있는 진화된 계통운영 시스템에 관한 관심이 높다. 이때 계통 운영자가 급작스러운 계통변화에 신속히 대처하기 위해서는 테이블 형태의 결과 표출 방식을 사용하는 타블러 화면을 인포그래픽적 요소를 기반으로 한 결과 표출 방식으로 변경해야 한다.

지금껏 실시간 계통운영을 위한 시각화 작업과 관련한 다양한 연구노력이 있었다[1-2]. 참고문헌 [1]에서는 온라인 동적안전도평가플랫폼에 과도안전도, 전압안전도 및 미소신호안전도 결과를 시각적으로 표현하였다. 구축된 온라인 DSA 시스템은 EMS 및 GIS 시스템과 연계되어 전 세계적으로 실시간 계통운영에 사용되고 있다. 참고문헌 [2]에서는 PMU를 이용한 광역감시 및 제어 시스템 결과(페이지 중심)를 시각적으로 표현하고 있다. 그러나 전력시각화에 관련된 콘텐츠는 각국의 계통 운영 방식에 따라 다르기 때문에 각국에 적합한 전력시각화 기법이 필요하다.

따라서 본 연구는 국내에 적합한 전력시각화 기법에 관해

* Dept. of Electric and Energy Engineering, Catholic University of Daegu, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Digital Media Design, Catholic University of Daegu, Korea

E-mail : jinyoung@cu.ac.kr

Received : August 5, 2013; Accepted : September 25, 2013

제안할 것이다. 본 논문은 실시간 전력계통 운영시스템의 해석 정보를 인포그래픽으로 전환하였고 개선된 점을 설명하였다. 이를 위해 우선 국내외 전력시각화 시스템 기반의 운영 시스템을 소개한다. 이는 세계적으로 운영되고 있는 EMS시스템과 DSA시스템이 결합되어 운전 중인 시스템이다. 다음으로 데이터 시각화 기법에 대한 설명 및 새롭게 구성된 계통운영 시스템에 대해 제안한다. 이를 위해 발전기 운영 및 수도권 수급에 관한 운영화면을 데이터 시각화로 새롭게 구성하였다. 마지막으로 예측된 기상정보 및 수급정보를 바탕으로 구성된 계통운영 시스템을 제안하고자 한다.

2. 전력시각화 시스템 기반의 계통운영 시스템

앞 장에서 설명한 것처럼 계통운영 시스템과 결합한 전력시각화 시스템은 실시간 전력계통 운영의 안정성을 증대시킨다. 시각화 시스템은 계통운영자에게 빠르고 직관적인 정보전달을 주요 목적으로 한다.

2.1 국내 EMS 운영 시스템

국내 전력IT 국책과제를 통해 한국형 에너지관리시스템(K-EMS) 및 광역감시시스템(K-WAMS)이 개발되었다. 각 시스템은 다양한 콘텐츠를 화면을 통해 계통운영자에게 전달한다. EMS 시스템은 스카다, 발전해석, 계통해석 및 급전원 훈련시스템으로 구성되어 있다. 스카다 시스템의 주요 화면은 측정데이터 값과 알람 발생 정보이다. 측정되는 값이 기준값을 위반할 때 운영자에게 경고를 한다. 발전해석 응용프로그램의 주요 화면은 자동발전제어 및 경제급전을 통해 계산된 주파수 및 개별 발전기의 경제급전 값이다. 계통해석 응용프로그램의 주요 화면은 실시간 및 스터디 환경에서 해석되는 다양한 응용프로그램의 결과이다. 예를 들어 그림 1의 (b)는 실시간 전력계통 해석의 전체적 결과를 나타낸다. 개별 응용프로그램의 수행 정보, 계통 정보, 정보 및 위반 요약 등을 나타내고 있다. 그림 1과 같이 측정정보 및 해석 정보를 텍스트 중심으로 출력하는 타블러 화면의 장점은 수치적인 값과 상태 플래그를 직관적으로 확인할 수 있다는 점이다. 그러나 수많은 텍스트 정보 및 수많은 타블러 화면을 기반으로 문제점을 파악하기 매우 어렵다는 단점을 갖고 있다. 이와 같은 문제점을 극복하기 위해 해외 EMS 제작사들은 시각화 시스템을 개발하여 현재 운영 중에 있다.

2.2 해외 EMS 운영 시스템

EMS 제작사들의 화면 시스템은 두 개로 구성되어 있다. 첫 번째는 그림 1과 같이 타블러 화면을 활용하여 다양한

정보를 운영자에게 제공하고 있다. 또한 운영자는 화면을 통해 EMS 시스템을 조작할 수 있다. 두 번째는 그림 2와 같이 EMS 시스템에 연동되는 시각화 시스템이다. 시각화 시스템은 기본적으로 GIS 기반의 지도를 기반으로 하며 지도 위에 스카다, 발전해석 및 계통해석의 정보를 맵핑한다. 최근에는 시각화 시스템에 온라인 동적안정도평가 시스템을 탑재하여 정밀한 계통해석이 가능하게 한다. AVRVA, ABB

(a) 운영중인 EMS 화면

(b) 한국형 EMS 화면

그림 1 국내에서 운영중인 EMS 화면의 형태[6]

Fig. 1 Display style of NEMS and K-EMS

표 1 계통운영시스템 현황

Table 1 Summary of power system operating system

전력회사	MISO[3]	ERCOT[4]
도입배경	· 특정한계에 의한 송전 능력의 불필요한 제약 발생 · 다중사고 효과 검토 시간 과다	· 전압불안정지역 파악 · 지역간 저주파 동요현상 발생 가능성 식별 · 안정도제약 연계선로
EMS 공급사	· ABB	· Alstom
도입시기	· '03년 온라인 VSAT · '09년 온라인 TSAT	· '05년 온라인 VSAT · '05년 온라인 TSAT
운영현황	· 매 40분마다 VSAT, TSAT 주기적 수행 · 주요 상정고장 및 연계선로 안정도 검토	· 텍사스와 북부사이의 미소신호안정도 한계 감시 및 주어진 조건에서 한계 계산
문제점	· 설비 모델링	· 상정사고 선별 및 설비 모델링

그림 2 e-terravision의 시각화 화면[5]

Fig. 2 Visualization of e-terravision

그림 3 EMS 시스템에 결합된 시각화 시스템의 구성도

Fig. 3 Configuration of visualization system based on EMS

등의 주요 EMS 공급사는 Powertech사의 On-line DSA와 GIS 기반의 시각화 시스템을 탑재하여 미국(MISO, CAISO, ERCOT, WECC, PJM), 캐나다(IESO, BC Hydro), 호주

(AEMO), 뉴질랜드(Transpower) 및 아일랜드(EirGrid) 등에 설치 및 운영하고 있다 [3-5].

그림 2에 나타나 있듯이 계통 운영자는 GIS 정보에 스카다 알람 정보, 계통해석 알람 정보(과전압, 저전압, 과부하 등), 동적 안정도 평가 정보 등이 종합적으로 나타나기 때문에 문제점을 빠르게 확인할 수 있다. 예를 들어 상정고장 발생으로 인해 영향을 받는 취약 지역이 시각적으로 나타나기 때문에 계통운영 측면에 있어 타블러 화면을 사용한 운영보다는 편리하다.

2.3 전력시각화 시스템 구축을 위한 구성도

그림 3은 EMS 시스템에 결합된 전력시각화 시스템의 전체 구성도를 나타내고 있다. 첫째, EMS 서버는 일반적으로 유닉스 환경에 구축되어 있다. 그러나 EMS 감시 및 제어 화면은 윈도우 기반의 EMS 클라이언트에 설치되어 있다. 그림 3의 ③과 같이 서버와 클라이언트간의 통신을 통해 데이터를 주기적으로 전송한다. 둘째, 온라인 DSA 시스템은 EMS로부터 데이터를 취득받아 연산을 수행 후 EMS에 결과를 전송(그림 3의 ①)한다. 온라인 DSA 시스템은 자체 GUI를 통해 결과를 운영자에게 제공한다. 셋째, EMS 시스템은 동일 시점의 측정데이터, 계통해석 데이터 및 온라인 DSA 결과를 시각화 시스템에 전송한다. 시각화 시스템은 전달받은 데이터를 기상정보 및 지리정보와 결합하여 화면에 결과를 표출한다. 특히 EMS의 모든 정보를 시각화 시스템에 표출할 수 없기 때문에 계통운영 및 해석에 필요한 데이터를 구분하여 시각화 시스템에 전송한다.

3. 데이터 시각화 기반의 계통운영 시스템 설계

데이터를 시각화하는 데 관하여 고려해야 할 중요 포인트를 디자이너 키무라 히로유키는 다음과 같이 5가지로 정리하였다[7]. 첫째, 보는 사람의 눈과 마음을 사로잡을 수 있는 매력을 갖출 것(Attractive). 둘째, 눈의 특성과 시선의 흐름을 반영한 정보의 표현 방법을 설계할 것(Flow). 셋째, 전달하고 싶은 메시지를 명확하게 만들 것(Clear). 넷째, 필요한 정보를 간략화 시킬 것(Simple). 다섯째, 문자가 없어도 이해할 수 있도록 보편적일 것(Wordless). 이와 같은 원칙은 국내 전력계통 운영에 관한 데이터 시각화에 있어서도 적용이 가능하다. 게다가 현대의 광역정전은 단일한 원인보다는 복합적 원인으로 발생하므로 위기상황 시 기존 방대한 데이터를 명확하고(Clear) 간단하게(Simple) 파악해 신속히 대처하는 능력이 중요하다. 이를 위해 계통운영 시스템의 데이터를 직관적으로 파악할 수 있는 효과적인 시각화 기술이 필요하다.

이와 같은 이유로 기존 국내 전력계통해석에서 있어서 ‘새로운 그래픽표현 기법을 탑재한 프로그램들(PowerWorld Simulator 등)’이 등장하고 있다. 하지만 이 같은 프로그램들 역시 전통적인 전력계통의 운영 프로그램과 마찬가지로 ‘일람표(Tabular)와 단선도(One Line Diagram) 형식’의 화면이 주종을 이루었다. 기존의 화면은 데이터의 구체적인 수치를 자세히 표시한다. 이는 협소한 범위의 상황을 자세히 파악할 때 효과적이지만 방대한 전력계통 전반의 상황을 표

현하기에는 너무 복잡하다. 또한 모니터 화면에 한꺼번에 많은 정보를 띄울 수 없다는 단점 또한 존재했다. 따라서 현재는 GIS 기반의 전력시각화 시스템을 접목한 EMS 시스템과 DSA 시스템이 결합한 감시, 해석 및 제어 시스템이 계통운영에 적용되고 있다. 그러나 이런 시스템 역시 공학적 접근으로만 설계되어 있기에 사용자의 편의성 측면에서 미흡한 면이 많다. 정전과 같은 비상상황에서는 전력계통 운영자의 신속한 대처가 무엇보다 중요하다. 그리고 이를 위해서는 계통운영 시스템을 운영자가 직관적으로 한눈에 파악할 수 있도록 구축하는 것이 필요하다. 기상이변과 지구온난화로 한반도의 여름은 갈수록 더워지고 있고, 그럴수록 정전에 즉각적으로 대응할 수 있는 직관적 계통운영 시스템의 필요성 역시 증대되고 있다. 하지만 현재까지 구축된 전력의 시각화 시스템은 정보 디자인 측면에서 미흡한 부분이 많았다.

따라서 이번 장에서는 우선 정보 디자인 측면에서 시각화 기법에 관해 간략히 살펴볼 것이다. 그리고 기존 EMS 계통 감시 시스템에 인포그래픽(Infographics) 요소를 새롭게 보완한 시각화 기법을 제안한다. 이는 세부적으로 발전기 출력현황과 실시간 수도권 전력수급 현황 및 송전 가능 용량에 대해 기존보다 개선된 화면을 제시한다. 이를 통해 기존보다 가독성이 뛰어나고 계통운영자에게 직관적 정보전달이 가능한 국내 상황에 적합한 새로운 계통운영 시스템의 추가적 개발에 기여하고자 한다.

3.1 계통운영 시스템에 적용 가능한 데이터 시각화

인간은 주로 정보를 시각에 의존해 파악하고 행동한다. 한 연구에 따르면 인간의 감각 중에서 시각이 80% 이상을 차지한다고 한다. 따라서 효과적인 이미지로 데이터를 시각화하는 것은 정보를 좀 더 빠르고 쉽게 시각하도록 도와준다. 시각화된 정보는 시각화되지 않은 정보에 비해 커뮤니케이션에서 다음과 같은 장점을 갖는다[8]. 데이터 시각화는 우선 인간의 정보처리 능력을 확장시키며, 많은 데이터를 동시에 차별화해 지각적 추론 및 감성적 표현을 가능하게 한다. 이를 토대로 정보를 다양한 계층에게 입체적으로 전달할 수 있다. 하지만 과도한 시각화는 효율을 떨어뜨리며 정보를 왜곡할 수 있기에 이 점을 유의해야 한다.

데이터를 시각화하는 방식에는 다음의 6가지가 있다. 첫째는 지도형으로 각 지역별 통계자료를 활용하는 데 유용하다. 둘째는 도표형으로 다양한 종류의 수치 데이터를 표현하는데 적합하다. 셋째는 타임라인형으로 시간대별로 전개양상을 표현하는 역사를 나타낸다. 넷째는 스토리텔링형으로 이야기적 구성을 취해 특정 사건을 재구성하는 데 적합하다. 다섯째는 만화형으로 만화적 캐릭터를 사용해 흥미를 유발한다. 여섯째는 비교분석형으로 두 개 이상의 대상을 비교해 보여준다. 기존의 계통운영 시스템은 지도형과 도표형을 주로 사용하였다. 본 연구는 기존 시스템의 지도형과 도표형을 개선하고 여기에 더해 비교분석형을 좀 더 적극적으로 도입한다. 왜냐하면 비교분석형은 시각적으로 여러 정보를 한 눈에 비교 가능하도록 하며, 여러 상황을 효과적으로 파악하는데 적합하기 때문이다. 이에 대해서는 3.2와 3.3에서 구체적인 화면 비교를 통해 자세히 살펴볼 것이다.

그리고 데이터를 시각적으로 표현하는 그래픽은 다음과 같은 기본 요소로 나뉜다. 색상, 채도, 명도, 질감, 형태, 위치, 방향, 크기는 데이터의 시각적 표현을 가능케 하는 기본 요소이다[9]. 수치와 같은 데이터는 인지적 과정(cognitive processor)을 거쳐 지각되는데 반해 이와 같은 그래픽 요소는 감각적이며 직관적으로 받아들여지게 되므로 즉각적 파악이 가능하다. 기존의 계통운영 시스템을 개선하는데 이바지할 수 있는 몇 가지 그래픽 요소에 대해 살펴보면 다음과 같다.

우선 데이터를 시각화 할 때 가장 눈에 띄는 것은 색상이라고 할 수 있다. 데이터 시각화 기법에서는 일반적으로 색의 3가지 속성인 색상, 명도, 채도를 이용해 정보를 구분하고 묶을 수 있다. 특히 색상은 채도, 색상, 명도에서 두드러진 차이를 보이기에 상대적으로 주목성이 높다. 따라서 특정 정보를 구분하여 강조하는 데 사용할 수 있다. 일반적으로 산업계통에서 빨간색은 위험, 금지, 불 등을 의미해 사용자의 주목도를 높이며 경고나 위급상황을 나타낸다. 따라서 기존의 계통운영 시스템에 빨간색이 적합하게 사용되었는지 살펴볼 필요가 있다. 또한 주목도가 높은 빨간색의 빈번한 사용은 오히려 주의를 분산시켜 자제할 필요가 있다. 그리고 컴퓨터 모니터와 같이 빛으로 색상을 표현하는 경우에는 어두운 바탕색에 글자를 표시하는 것 보다는 밝은 바탕색에 무채색 계열로 글자를 표시하는 것이 눈의 피곤을 덜 수 있다. 그리고 '비율(ratio)'을 색으로 정확하게 표현할 수는 없지만, 동일한 색상에서 채도와 명도를 달리하면 시각적으로 구별할 수 있는 정도로는 표현할 수 있다[10]. 지도의 등고선을 예로 들면 채도가 높을수록 지형지물의 높이가 높음을 알 수 있다. 마찬가지로 계통운영 시스템에 있어서도 채도와 명도를 활용해 비율을 표시할 수 있다.

그래픽 요소에서 크기는 클수록 시선 집중도가 높아지기에 여러 데이터의 수치를 비교하여 표현할 수 있다. 가령 어떤 데이터를 다른 데이터보다 상대적으로 큰 길이와 면적

그림 3 발전기 출력현황 화면의 형태[6]

Fig. 3 Display style of generation summary in the EMS

을 갖는 대상으로 시각화하면 집중도가 높아지고 정량적으로 큰 수치를 갖는다고 이해할 수 있다. 위치 또한 여러 조형 요소 간의 상대적 관계에 의해 결정되기 때문에 여러 대상을 비교할 수 있다. 일반적으로 가장 중요한 정보를 좌측 상단에 배치하는 것이 시선의 집중도를 높인다. 이와 같은 요소들을 활용해 기존의 계통운영 시스템을 개선한 예는 3.2와 3.3의 다음과 같다.

3.2 개선된 발전기 출력현황 설계

기존의 EMS 계통감시 시스템의 발전기 출력현황[발전단] 모니터 화면은 그림 3과 같다.

검은색 배경 화면에 공급능력과 계통부하 및 예비력 등이 화면 상단에 위치해 있다. 수력계, 원자력계, 유전소계 등은 글자 색상을 달리해 현재의 출력현황을 숫자로 표시한다. 거기에 더해 같은 화면에 조류계에 관한 사항도 함께 표시

(a) 발전기 출력현황

(b) 발전원별 출력현황

그림 4 인포그래픽기반의 발전기 출력현황

Fig. 4 Generation summary based on Infographic

돼 있다. 또한 화면 상단 EMS 계통감시 시스템 메뉴와 바로 아래 프로그램의 편집 메뉴가 다양한 아이콘으로 배치되어 있다. 이런 화면 배치는 현재 출력량을 상세히 알 수 있고 현재의 공급능력과 계통부하 및 예비력과 예비율을 한눈에 파악할 수 있다. 하지만 어두운 배경 화면에 수력계와 원자력계 등 각각의 발전계를 변별력이 떨어지는 색상으로 구분해놓아 가독성이 떨어진다. 그리고 중요한 사항이 한눈에 명확하게 파악되지 않는 단점이 있다. 데이터 시각화 과정에서 시선의 흐름(Flow)을 프로그램 설계에 반영할 필요가 있다.

또한 기존 발전기 출력현황은 현재의 출력량만을 표시하고, 각 발전기의 최대 공급량을 표시하지 않아 각 발전소의 예비력을 파악할 수 없었다. 이는 개별 발전소의 최대 공급량을 기존 화면만으로는 파악할 수 없음을 의미한다. 이는 급박하게 진행되는 대정전과 같은 상황에서 운영자의 대처 능력에 영향을 줄 수 있다. 따라서 개선된 화면은 이전과 달리 발전기 최대 공급량과 현재 출력량을 한눈에 파악하도록 설계하였다. 개선된 화면은 그림 4와 같다.

기존 화면과 달리 그림 4는 그래픽 요소를 도입해 최대공급량을 나타내는 회색 막대그래프에 각 발전기 현재의 출력량을 여러 색상으로 표시하였다. 이 그래프는 스마트폰의 배터리 잔량 표시처럼 예비율을 직관적으로 파악하도록 도와준다. 이는 비상상황에서 어느 발전기를 통해 공급능력을 증가시킬지 좀 더 신속한 결정을 도와준다. 그리고 개선된 발전계의 글자 색상은 검정색으로 통일해 번잡함을 줄였다. 대신 각 발전계 상단 최대공급량과 현재 출력량을 그래프로 나타낼 때 색상에 차이를 두어 각 발전계를 구분하였다. 그리고 각 발전계의 색상을 구체적 발전기의 그래프에 동일하게 적용해 통일성을 부여했다. 각 발전계의 색상은 채도를 줄여 눈의 피로를 덜었다. 또한 위험과 비상상황을 의미하는 빨간색은 평시에는 사용하지 않았다.

그리고 그림 3의 기존 화면은 각 발전계의 총합을 화면

그림 6 캘린더기반의 발전 출력현황

Fig. 6 Generation summary based on calendar

밑에 표시하는 미괄식 구성을 취했다. 이는 세부적 사항을 확인한 이후에 각 발전계의 출력현황을 파악할 수 있음을 의미한다. 이와 달리 그림 4는 발전계의 총합을 화면 상단에 표시하는 두괄식 구성을 취했다. 이는 각 발전계의 출력현황을 세부적 사항보다 우선적으로 파악하도록 도와준다. 또한 기존 화면이 화면 상단에 다양한 메뉴를 배치해 기능성을 강조했다면, 개선된 화면은 이를 명확하고 간단하게 탈바꿈해 사용자 편의성을 강조했다. 그리고 기존의 중복되고 혼란되는 프로그램 메뉴와 화면편집 메뉴를 그림 4의 개선된 화면은 간략하게 구분하고 단순화했다.

이를 통해 계통운영자는 좀 더 신속하고 직관적으로 데이터를 파악할 수 있다. 그리고 각 발전계의 최대공급량을 나타내는 회색 막대그래프는 비상상황이 발생하면 빨간색으로

(a) 발전원별 전력 사용률

(b) 개별 발전원별 출력현황

그림 5 인포그래픽기반의 발전원별 출력현황

Fig. 5 Generation summary by fuel type based on Infographic

바뀌어 운영자가 즉각적으로 인지할 수 있다. 이와 같은 변화는 광범위한 데이터를 취급하는 계통운영자가 정보의 현황과 흐름을 좀 더 한눈에 파악하기 쉽도록 한다. 또한 비상상황 발생 시 신속한 인지 및 대처가 가능하도록 한다. 그리고 기존 발전기 출력현황에 포함되었던 조류계를 제외해 발전기 출력현황을 일관된 하나의 화면에 구현하였다.

그림 4(b)는 발전원별 발전기 출력현황을 나타내고 있다. 발전원별 총합 및 사용률(%)을 시각적으로 표출함으로써 계통 운영자에게 좀 더 직관적으로 제공한다. 그림 5는 발전원별 출력률(%), 개별 발전원별 출력, 지역적 정보 기반의 출력 현황 등을 나타내고 있다. 또한 출력량이 많은 발전원 및 발전소에 대한 정보를 제공하고 있다.

그림 6은 달력을 기반으로 월별 출력현황 및 수요예측된 정보를 제공하고 있다. 예를 들어 24일 오전 12시를 기반으로 정보를 출력할 때 24일 전후로 출력이 완료된 정보와 수요예측된 정보를 나타내고 있다.

3.3 개선된 수도권 수급현황 설계

기존의 EMS 계통감시 시스템은 실시간 송전가능용량 산정과 수도권 수급현황을 다른 화면으로 나타냈다. 그림 7과 그림 8은 기존의 화면을 보여준다. 그림 7은 계통해석 응용 프로그램인 송전가능용량 산정의 메인화면이다. 송전가능용량 산정은 복상조류, 인천조류 및 북부조류 등 지역 간 전송 가능한 최대 용량을 산정하며, 주로 복상조류 해석에 가장 많이 사용된다. 그림 7은 응용 프로그램의 연산상태, 한계값, 위험도 순위 및 조류현황 등 다양한 정보를 제공하고 있으며, 복상조류를 구성하고 있는 6개 루트에 대해 시각적으로 제공하고 있다. 그러나 연산상태 등은 출력화면과 연관성이 적기 때문에 별도의 화면으로 표출하는 것이 좋다. 또한 계통해석 정보가 아닌 스카다 취득정보를 같이 표출한다면 좀 더 유용한 해석이 가능할 것이다. 그림 8은 수도권 전력수급 현황으로 수도권, 강원권, 충청권, 호남권, 영남권으로 구분하여 각 지역간의 흐름에 관한 정보를 제공하고 있다.

그런데 그림 7의 실시간 송전가능용량 산정은 각 지역에서 수도권으로 복상조류량을 나타내기에 그림 8의 수도권 수급현황과 굳이 구분할 이유가 없다. 그래서 두 화면의 내용을 한 화면으로 결합하여 새로이 수도권 송전가능용량 및 수급현황으로 나타냈다. 그림 9는 이를 나타낸다.

기존의 송전가능용량 화면인 그림 7은 좌측에 비수도권에 수도권으로 유입되는 용통선로를 지도위에 선으로 이어서 표시했고, 우측에는 복상조류의 현재값과 한계값 및 용통선로의 위험도 순위를 각각의 표로 나타냈다. 이때 기존 화면에서 중요한 정보는 복상조류의 현재값과 한계값 및 용통선로의 위험도 순위라 할 수 있다. 그런데 기존화면에서 가장 눈에 띄는 부분은 지도위에 표시된 수도권으로 유입되는 용통선로이다. 시각적 주목도는 정보의 중요성에 맞게 구성되어야 하는데 기존화면은 중요한 정보보다 덜 중요한 정보가 더 눈에 띄게 구성되었다. 거기다 용통선로는 선으로만 연결되어 있어 수도권으로 향한다는 방향성도 나타내지 못했다.

이런 점을 감안하여 통합한 화면인 그림 9는 송전가능용량을 화면 좌측부분에 표시하였으며 화면 상단에는 복상조

그림 7 송전가능용량 출력현황 화면의 형태[6]
Fig. 7 Display style of total transfer capability summary in the EMS

그림 8 수도권 수급현황 화면의 형태[6]
Fig. 8 Display style of power supply current of metropolitan area in the EMS

그림 9 인포그래픽기반의 수도권 수급현황
Fig. 9 Power supply current of metropolitan area based on Infographic

류의 현재값과 한계마진값 그리고 한계값을 하나의 화살표 위에 수치화해 나타냈다. 기존화면과 달리 개선된 화면은 가장 중요한 정보인 복상조류의 한계값 내에서 변화하는 현재값을 화면 상단에 하나의 화살표로 표현해 주목도를 높였다. 그리고 수도권으로 유입되는 융통선로는 기존보다 단순화시켰으며 가장 심각한 융통선로만 빨간색으로 표시해 주목할 수 있도록 나타냈다.

그림 8의 수도권 수급현황은 각 지역에서 수도권으로 융통되는 전력량을 화살표로 표시하였는데 융통량에 관계없이 동일한 주황색 화살표를 사용하였다. 여기서 중요한 정보는 각 지역에서 수도권으로 융통되는 전력의 양이다. 하지만 기존 화면은 이를 화살표 옆의 숫자로 나타내 융통량의 차이를 한눈에 파악하기가 쉽지 않았다. 통합된 화면에서는 이를 개선해 화면 우측에 수급현황을 표시하였고, 이때 융통량의 차이를 파악하기 쉽게 화살표의 굵기로 나타내었다.

그리고 그림 9의 개선된 화면은 기존의 화면보다 색 사용을 자제해 눈의 피로를 덜었으며, 이전의 발전기 출력현황 모니터 화면과 마찬가지로 위험도만을 붉은 색으로 표시해 색 사용에 있어 일관성을 지켰다. 또한 그림 4와 동일한 방식으로 프로그램 메뉴와 화면편집 메뉴를 단순화시켰다. 화면편집 메뉴에는 이전 페이지 및 다음 페이지, 새로 고침과 알람 플래쉬 기능 및 즐겨찾기 등 중요 기능만 나타냈으며, 프로그램 메뉴는 화면편집 메뉴 다음에 배치하였다. 프로그램 메뉴도 중요기능만을 배열하였고, 화면 맨 우측에는 검색창을 배치해 검색을 용이하도록 하였다.

4. 결 론

본 논문은 인포그래픽적 요소를 기반으로 실시간 전력계통 운영을 위한 데이터 시각화 기법에 대해 제안하였다. 기존의 EMS 계통감시 시스템의 발전 출력 화면을 데이터 시각화 기법을 통해 개선해보았다. 기존의 프로그램에 인포그래픽 디자인을 접목해 전력계통 운영자가 데이터를 한눈에 파악하기 쉽도록 'simple'하고 'clear'하게 구성하였으며, 각 화면에 디자인적으로 통일성과 일관성을 부여하였다. 또한 계통해석 기능의 결과와 스카다 결과 화면을 하나로 취합이 가능한 부분은 통합해 나타냈다. 이처럼 실시간으로 전력계통을 관리해야 하는 운영자의 편의성을 높이는 방향으로 데이터 시각화를 진행하였다. 이를 통해 기존보다 가독성이 좋고 계통운영자에게 직관적으로 정보를 전달할 수 있는 국내 상황에 맞는 새로운 계통운영 시스템의 추가적 개발에 기여하고자 한다.

References

- [1] DSA Manager for On-line Dynamic Security Assessment, Powertech, 2010.
- [2] W. Bo, D. Z. Mei, L. J. Jun, Z. Tao, S. Xin, L. Dong, "The Visualization Design and Realization of Wide Area Measurement System", IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia), pp. 1-6, May 2012.
- [3] Raja Thappetaobula, "MISO Online DSA," DSA

Tools User Group Meeting, Sep. 2011.

- [4] Jian Chen, "ERCOT Use of Online DSATools in Operations," DSA Tools User Group Meeting, Sep. 2011.
- [5] Ali Sadjadpour, "Online Stability Solutions & Synchrophasor Applications," DSA Tools User Group Meeting, Sep. 2011.
- [6] MOTIE, "Development of Network Analysis Application in Korean Energy Management Systems", November 2010.
- [7] Information Design Forum, "Information Design", Mijinsa, 2012.
- [8] Byungkeun Oh, Sung Joong Kang, "Textbook of Information Design". Ahn Graphics, 2008.

저 자 소 개

조 윤 성 (趙 尹 晟)

1977년 7월 5일생. 2008년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(공학박), 2012년 LS산전 연구소 책임연구원, 현재 대구가톨릭대학교 전기에너지공학과 조교수

E-mail : philos@cu.ac.kr

정 진 영 (鄭 鎭 英)

1979년 1월 12일생. 2004년 서울대학교 미술대학 디자인과 학사 (시각디자인 전공) 졸업, 2011년 시카고예술대학원(School of the Art Institute of Chicago) 미술학 석사 (시각디자인 전공), 2011년 Anna Louise Raymond Fellowship (미국), 2012년 HOW 국제 디자인 어워드, Outstanding Achievement winner (미국), 현재 대구가톨릭대학교 디지털디자인과 조교수

E-mail : jinyoungs@cu.ac.kr