

ICT융복합 기술을 이용한 차세대 배전계통 운영 시스템 설계 및 검증

김 동 욱^{*} · 박 영 배^{*} · 추 철 민^{*} · 조 성 호^{*} · 서 인 용^{**}

Design and Verification of Advanced Distribution Management System using Information and Communication Convergence Technology

Kim Dongwook · Park Youngbae · Chu Cheolmin · Jo Sungho · Seo Inyong

〈Abstract〉

Recently, with the rise of environmental issues and the change of government policy (Renewable Energy 3020 Implementation Plan), a large amount of renewable energy such as solar and wind power is connected to the power system, and most of the renewable energy is concentrated in the power distribution network. This causes many problems with the voltage management and the protection coordination of the grid due to the its intermittent power generation.

In order to effectively operate the distribution network, it is necessary to deploy more intelligent terminal devices in the field to measure the status of the distribution network and develop various operation functions such as visualization and big data analysis to support the power distribution system operators. In addition, the failover technology must be supported for the non-stop operation of the power distribution system. This paper proposes the system architecture of new power distribution management system to cope with high penetration of renewable energy. To verify the proposed system architecture, the functional unit test and performance measurement were performed.

Key Words : Distribution Network, Distribution Management System, Renewable Energy

I. 서론

발전소에서 생산된 전기를 전국 각지의 고객들에게 안정적으로 전달하기 위한 전력계통은 발전·송전·배전으로 구성되어 있으며, 계통내의 전력조류 방향은 발전에서 고객까지 수직적 단방향으로 이루어진다.

국내에서는 전력계통 관리를 위하여 전력설비의 전압·전류 취득을 위한 지능화 단말장치와 고장 발생 시 고장 구간의 원격 분리가 가능한 개폐기들을 대량으로 설치하여[1], 원격감시제어시스템(SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition)[2] 형태의 계통 운영시스템을 발전·송전·배전 도메인별로 운영 중에 있다.

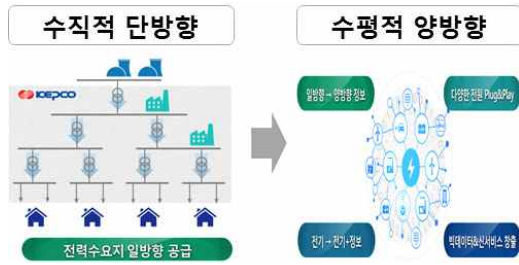
근래 환경 문제 대응과 재생에너지 3020 정책 시행

* 한국전력공사 전력연구원

** 한국전력공사 전력연구원 수석연구원(교신저자)

에 따라 풍력, 태양광과 같은 신재생 에너지가 전력 계통에 연계되고 있으며[3], 배전계통에 대부분의 신재생 에너지 투입이 집중되어 있는 상황이다. 이에 따라서 기존의 발전소에서 고객에게 전력을 공급하는 수직적 단방향에서 고객도 전력을 공급할 수 있는 수평적 양방향 방식으로 전력계통이 변화되고 있다.

그리고 신재생 에너지는 대형 발전소에서 안정적으로 생산되는 발전량에 비해 기상 조건에 따라 발전량이 불규칙적으로 변화되는 특징을 갖고 있어서, 대규모로 배전계통에 신재생 에너지가 투입되면 전력 계통의 불안정성이 커지는 문제를 초래한다.



<그림 1> 전력계통 변화

따라서 신재생 에너지 투입에 의한 전력조류 변화와 불규칙한 발전량 문제는 배전계통의 전압 유지관리와 고장 시 보호협조 운영의 장애를 초래한다. 따라서 안정적인 배전계통 운용을 위해서 정밀한 전압·전류·부하 변화 감시 및 출력 예측 기능이 필요하다[1].

해외 전력사들도 계통 변화에 대응하기 위해서 IT(Information Technology)와 계통 운영 기술인 OT(Operation Technology)의 융복합 기술을 이용하여 경쟁력 향상과 업무 효율화를 추진하고 있으며[4-6], 계통 운영 솔루션 개발사인 Schneider, Siemens 및 GE사 등은 IT와 OT 기술 기반의 차세대 배전지능화 시스템(ADMS, Advanced Distribution Management System) 제품[7-10]을 제공하고 있다.

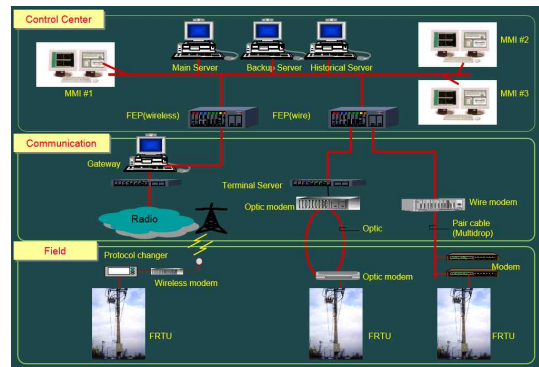
계통의 변화를 대응하기 위해서 더 많은 지능화 단말장치들의 현장 설치가 필요하며, 배전계통 상황을 효과적으로 분석·판단하기 위해서 기존의 단순 감시·제어 목적의 배전계통 운영 시스템에서 벗어나 계통 운전원이 직관적으로 이해할 수 있도록 지원되는 다양한 계통운영기능 개발이 요구된다.

본 논문에서는 현재 배전계통 운영시스템의 현황과 관련 기술 동향을 기술하고, 미래의 배전계통 변화에 대비하기 위한 새로운 배전계통 운영시스템의 요구 기능과 시스템 아키텍처에 대해 기술하였다.

II. 국내외 관련연구

2.1 국내 배전계통 운영 및 발전 현황

한전 전력연구원에서 1997년 개발한 배전자동화시스템(DAS, Distribution Automation System)은 현재까지 큰 기술적 변화 없이 배전계통을 안정적으로 운영하고 있다. 전국 배전계통을 지역 사업소별로 분리하여 배전자동화시스템이 운영되고 있다.

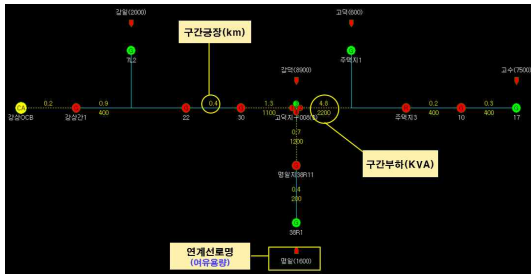


<그림 2> DAS 시스템 구성도

배전자동화시스템(DAS)은 감시·제어 기능 제공을 목적으로 하는 SCADA 형태의 시스템이다. 이 시

스텝은 배전 계통에 설치된 지능화 단말장치(FRTU, Field Remote Terminal Unit)와 개폐기를 통신 연계 기능모듈인 전단처리기(FEP, Front End Processor)를 통해서 전압·전류 계측 값 취득 및 제어신호 전달을 수행한다.

시각적인 배전계통정보 제공을 위한 HMI(Human Machine Interface)는 단선도와 계통도로 구성되어 있다. 운전원은 HMI를 통해 배전계통의 상황을 파악하고, 고장 발생 시, 고장처리 및 정전복구 업무를 수행한다.



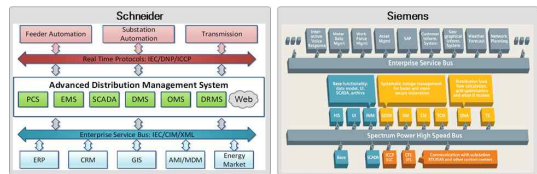
〈그림 3〉 배전계통 운영을 위한 HMI(단선도)

2010년 한전 전력연구원은 배전계통해석 및 상태 추정, 분산전원 관리 기능이 포함된 새로운 계통운영 시스템인 SDMS(Smart Distribution Management System)와 Mi-DAS(Microgrid DER Interconnected Active Distribution System) 개발에 착수하여 국내 실증 및 해외 사업화를 진행하였다. 그러나 SDMS와 Mi-DAS는 대용량 데이터의 실시간 처리 한계와 비표준 데이터 모델 적용으로 상호 운영성을 확보하지 못하였다. 최근 한전 전력연구원은 변화하는 배전계통 운영을 목표로 차세대 배전운영시스템을 개발 중이다.

2.2 국외 배전운영시스템 개발 현황

최근 국외 전력분야의 대형 업체인 Schneider,

SIEMENS, GE 등이 차세대 배전운영시스템(ADMS)를 개발한 상태이다[7-10]. 국외 차세대 배전운영시스템(ADMS)은 배전계통 운영을 위한 IT와 OT 융복합 솔루션을 개방형 플랫폼 상에서 확장 가능한 아키텍처를 갖고 있다.



〈그림 4〉 해외 ADMS 솔루션 SW아키텍처

배전망 운영을 위한 통합솔루션을 제공하는 Schneider는 ADMS 선도 회사로써 서비스 버스 기반에 원격감시제어시스템(SCADA), 배전관리시스템(DMS, Distribution Management System), 정전관리시스템(OMS, Outage Management System), 수요관리시스템(DRM, Demand Response Management System), 에너지관리시스템(EMS, Energy Management System)의 통합시스템 구축을 지원한다[7]. SIEMENS는 감시·운영, 분석·최적화, 추적·복구 기능을 통합한 3 in 1 기능조합을 지원하여 사용자별 맞춤형 계통 운영 시스템을 구축할 수 있다[9].

이 솔루션들은 공통적으로 실시간 데이터 수집·전달 역할을 수행하는 메시지 미들웨어 기술과 외부 시스템과 정보 공유를 위한 ESB(Enterprise Service Bus) 기술을 적용한 플랫폼 기반위에 전력계통 운영을 위한 배전관리시스템(DMS), 정전관리시스템(OMS), 원격감시제어시스템(SCADA)과 같은 계통 운영 기능들을 확장 가능한 형태로 제공하고 있다.

III. 한국형 차세대 배전운영시스템 개발방향

현재 국내에서는 다양한 신재생 에너지 확산으로

배전계통의 복잡도가 증가하고 있고, 수직적 단방향 배전계통에서 수평적 양방향 배전망으로 진화 중에 있다. 또한 개별 시스템으로 분리되어 있는 업무의 통합 및 효율화의 필요성 대두로 다양한 타 시스템들의 데이터 통합이 요구되고 있으며, 자연재해와 테러 위협 등에도 대비한 높은 시스템 신뢰성을 요구하고 있다.



<그림 5> 배전계통운영시스템의 아키텍처 변화

3.1 플랫폼

차세대 배전운영시스템 개발은 기존 계통 운전원 중심에서 전체 배전원들이 활용할 수 있도록 진화하여서, 배전사업소 업무 전반에 직/간접적으로 관여하는 종합 업무 시스템을 목표로 진행되고 있다. 이는 필연적으로 현재 지원중인 업무 프로세스 통합 및 데이터 표준화를 포함하여 가까운 미래에 요구되는 다양한 기능 도입도 지원 가능한 플랫폼 아키텍처가 요구된다.

플랫폼은 다양한 업무 지원 기능 개발을 위한 핵심 기술과 표준화된 데이터를 제공하는 공통 인프라 역할을 수행하며, 플랫폼 목적에 따라서 통합되는 IT기술 종류와 통합 방식이 결정된다.

차세대 배전운영시스템 개발은 ICT융복합 기술인 ICBM(IoT, Cloud, BigData, Mobile)을 근간으로 하고 있다. ICBM은 개별 기술들의 중요성뿐만 아니라, 구성 기술들의 융합 관점에서 중요성이 강조되고 있다. 예를 들어서, 사물인터넷(IoT) 센서 기술을 활용하여 배전 선로의 전압·전류와 고객의 전력사용량을 수집하고, 수집된 정보를 클라우드에 구축된 빅데이터 기술을 이용하여 분석 후 모바일 기반으로 배전원과 현장순시원들에게 정보가 전달되어야 계통이 효율적으로 운전될 수 있다. 따라서 개별 관점에서 기술의 활용방법을 인지하는 것도 중요하지만, ICBM의 4개 기술들을 통합적 관점에서 볼 때 큰 시너지 효과를 낼 수 있는 것이다.

3.2 다양한 ICT융복합 장치 활용

대량의 신재생 에너지 연계로 인한 계통의 전압·전류 불안정 문제와 태양광, 풍력, 그리고 에너지저장 시스템(ESS, Energy Storage System)과 같은 다양한 현장 전력설비 증대로 인해 설비 관리 문제가 증대되고 있다.

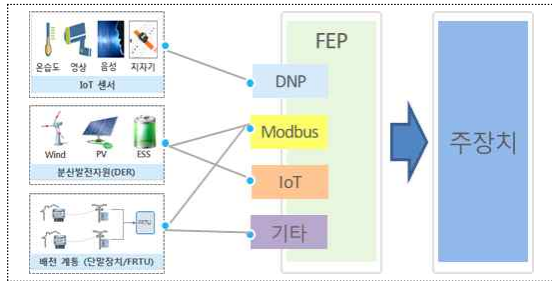
이에 따라서 설비 건전성 감시를 위해서 IoT센서 적용 연구가 진행 중에 있다. <그림 6>의 IoT센서는 변압기와 개폐기 같은 현장 전력설비를 대상으로 온도, 진동, 기울기 값을 측정하여 설비의 건전성을 판단할 수 있다. 또한 IoT센서를 이용한 설비 주변의 온도, 습도, 풍향/풍속 측정은 기상청 예보보다 지역적으로 정밀한 정보를 제공할 수 있어서 신재생 에너지 출력 예측의 정확도를 향상시킬 수 있다.



<그림 6> 배전계통 감시용 IoT 센서

배전계통에 설치되는 장치 기술 변화에 대응하기 위해서 차세대 배전운영시스템은 현장의 다양한 장

치들과 직접적인 연결을 지원하는 게이트웨이 기술을 지원하여야 한다. 현재 배전자동화시스템(DAS)에서 사용하고 있는 DNP(Distributed Network Protocol) 프로토콜뿐만 아니라, 대부분의 신재생 에너지에서 사용 중인 Modbus 프로토콜과 현재 배전계통 감시를 위해 사업화 연구 진행 중인 IoT 통신 프로토콜(CoAP, HTTP, MQTT)을 지원해야 하며, 4차 산업 기술 발달에 따라 향후 출현할 수 있는 미래의 통신 프로토콜 지원을 위하여 통신 프로토콜 확장 기능을 제공해야 한다.



<그림 7> 다중 프로토콜 지원

3.3 외부 시스템과 정보 연계를 위한 개방성

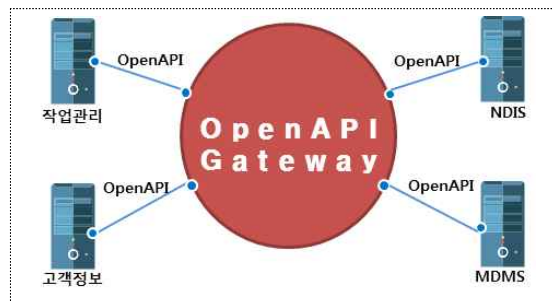
국내 전력정보시스템은 보안 요구수준에 따라서 외부 인터넷망(Internet), 업무망(OA, Office Automation) 및 제어망(FA, Factory Automation)으로 분리된 통신망에서 운영되며, 현재 배전지능화 시스템(DAS)은 국가주요정보통신기반시설 보호법에 따라 제어망에서 별도로 운영되고 있다.



<그림 8> 전력정보시스템 망분리

근래, 복잡성이 증가하는 배전계통의 효율적인 운영을 위해서 기존의 설비 감시·제어를 넘어서 이중 데이터 분석의 중요성이 점진적으로 증가하고 있다. 데이터 분석의 신뢰도 향상을 위해서는 타 시스템에서 관리되고 있는 검침 정보 및 기상정보와 같은 부가적 데이터들이 필요할 수 있다. 예를 들어 정전 발생 시 검침정보를 이용하여 정전 피해 최소화 시킬 수 있으며, 기상 정보를 이용하여 신재생 에너지 발전량을 예측하여 불규칙적인 발전량에 대비해 안정적인 배전계통 운영을 지원할 수 있다. 이러한 부가적 데이터들은 타 시스템에 의해서 생성/수집/관리되고 있는 상황이며, 또한 배전계통 운영을 통해서 생성되는 데이터(전압·전력 측정값, 고장 정보)도 타 시스템에서 제공을 요구하고 있다.

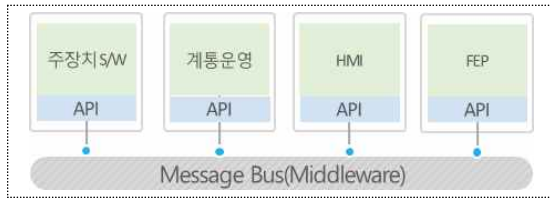
따라서 타 시스템들과 개별적인 데이터 공유 방식을 통일하기 위해서 표준 접근 인터페이스가 요구되어진다. 차세대 배전운영시스템은 여러 시스템들과 다양한 데이터 또는 서비스 연계를 위해서 Open-API Gateway 기술 적용이 필요하다. OpenAPI는 다양한 사용자들이 접근 가능하도록 HTTP 프로토콜을 이용하여 배포되기 때문에 시스템 환경에 독립적인 특징을 지닌다. 이러한 특징들로 인해 최근 OpenAPI는 다양한 인터넷 서비스의 구현에 핵심 기반이 된다.



<그림 9> OpenAPI기반 전력 시스템 통합

3.4 기능 확장을 위한 실시간 데이터 버스

계측 장비들로부터 취득된 데이터들은 배전운영시스템내의 여러 기능 컴포넌트에서 동시에 처리 작업이 이루어진다. 특정지역의 배전계통 상세 정보 표출, 사업소 관할구역 전체 정보 표출, 배전계통의 안정성 및 이상 현상 분석을 계산하는 계통해석, 그리고 이력 데이터 관리가 동시에 수행되는 특징을 갖고 있다. 따라서 대량 데이터의 실시간 분배를 위한 Pub/Sub 방식 기반의 실시간 데이터 버스 개발이 요구된다. Pub/Sub 방식은 취득된 데이터들을 여러 기능 컴포넌트들에 동시에 1:N 분배할 수 있으며, 기존 운영 기능의 무정지 상태에서 신규 기능 확장도 지원할 수 있다.



<그림 10> 차세대 배전운영시스템 미들웨어 역할

그리고 배전계통내 고장 발생시 5분 이내 정전 복구를 피해를 처리해야 하기 때문에 현장 설비의 실시간 감시·제어 기능은 배전운영시스템의 핵심 기능이다. 배전계통에 감시 대상 설비 증가와 이에 따른 대량으로 발생하는 다양한 형태의 데이터는 실시간 처리의 장애요인이다. 이에 따라서 배전계통에 투입된 장치들로부터 대량의 이벤트가 수시로 발생하는 상황을 대처할 수 있는 실시간 데이터 버스 기술이 요구된다.

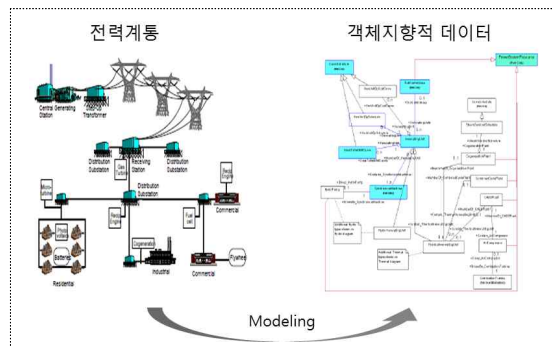
기존 배전자동화시스템은 분산컴퓨팅 환경에서 클라이언트가 서버 측 기능을 원격 호출하기 위한 RPC(Remote Procedure Call) 기술을 기반으로 하고 있다. 이 기술은 신뢰성 높은 분산 컴퓨팅 환경을 목

적으로 개발된 기술로써 대량 이벤트 데이터 처리에 한계를 갖고 있다. 차세대 배전운영 시스템은 실시간 데이터 전달을 위해서 Message Queue 방식으로 처리가 필요하다. 이 기술은 기기들로부터 수신된 대량 데이터를 다수의 Queue로 분리하여 병렬 처리가 가능하기 때문에 실시간 처리가 가능하다.

3.5 데이터 표준화

대부분의 전력정보시스템들은 통신망 분리와 부서별 업무 분장에 의해서 독립적으로 운영되고 있으며, 시스템 간 연계 필요시 개발자 또는 운영자 상호협의 하에 비표준방식으로 정보 공유가 이루어지고 있다. 따라서 차세대 배전지능화 시스템은 전력정보시스템들과의 원활한 정보 공유를 위하여 전력 표준기반의 상호운영성을 지원하여야 한다.

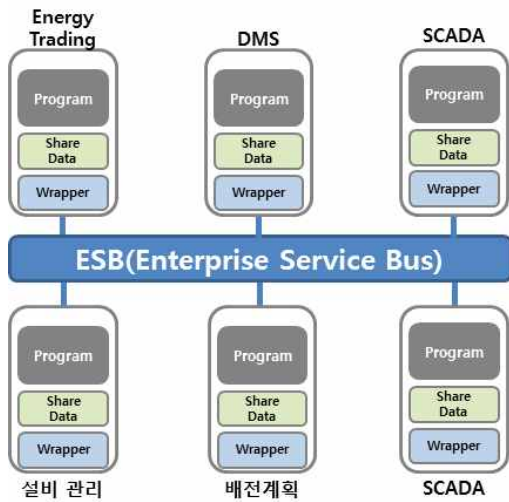
IEC 61970 표준은 전력분야 전력시스템들 사이의 정보 공유를 위한 표준 정보 모델인 CIM(Common Information Model)과 표준 접근 인터페이스인 CIS(Component Interface Specification)를 정의하고 있다. 차세대 배전지능화시스템에서는 이 CIM 기반의 표준 데이터 정보 모델링을 활용하여 인터페이스 개발이 필요하다.



<그림 11> CIM 표준 기반 데이터 모델링 예

<그림 12>는 CIM 모델링 활용을 통한 이중 시스

템간의 상호운영성 향상 사례를 나타낸다. 배전관리 시스템(DMS), 원격감시시스템(SCADA)에서 수집된 정보는 CIM 표준에 따라 모델링 되어져, EBS와 같은 서비스 연계 버스를 통해 전력정보시스템들간에 공유되어진다.



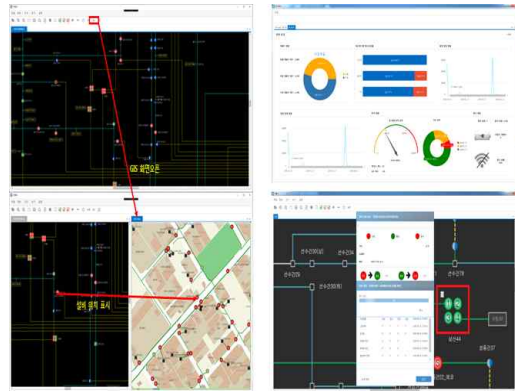
<그림 12> CIM 활용 예시

3.6 사용자 친화적 시각화 환경 제공

전력소비량이 높은 도심지의 경우에는 가전기기 대형화와 보급률 증가로 배전설비의 밀집도가 높기 때문에 고장 사고 발생시 파급 영향이 크다. 그러나 기존 배전지능화 시스템은 전력 조류 흐름과 주요 지점의 고장 인지에 최적화된 GUI 화면인 단선도와 계통도만을 지원하고 있기 때문에 복잡한 계통 현황을 표현 하는데 많은 제한이 따른다. 특히 도심지처럼 설비의 밀집도가 높은 경우에는 현장 설비위치 조차 파악이 어려운 경우가 발생하고 있다.

따라서 차세대 배전지능화시스템은 단선도와 계통도 중심의 단순 시각화 화면에서 벗어나 복잡한 배전 계통상황 인지를 향상 시킬 수 있는 지리정보시스템(GIS)과 중요 배전계통 정보를 가공/표출할 수 있는

대쉬보드와 같은 새로운 시각화 기능을 제공하여, 운전원들의 의사결정(Decision Making)을 지원해야 한다. 시각화 유용성을 향상시키기 위해서는 다양한 계통 분석 기능들이 필요하기 때문에 신 배전정보시스템(NDIS, New Distribution Information System) 및 계량데이터관리시스템(MDMS, Meter Data Management System)와 같은 다 전력정보시스템들로부터 중요 배전계통관련 정보들을 수집하여 정보들간의 관계성에 따라 정제된 통합 데이터 DB 구축도 필요하다.



<그림 13> 배전계통운전을 위한 대쉬보드와 GIS화면

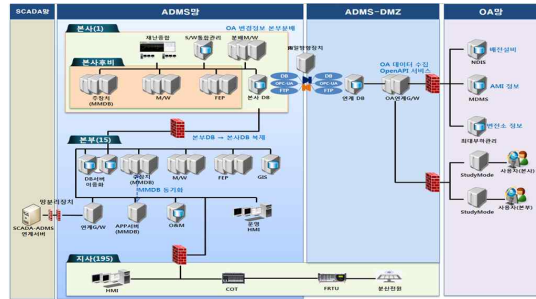
<그림 13>은 배전계통 운영을 위해서 요구되는 단선도, 대쉬보드, 지리정보시스템(GIS), 계통도의 예제이다. 고장 이벤트 발생시, 단선도와 계통도상의 해당 설비에 이벤트 정보가 최초로 표출되고, 자동으로 지리정보시스템(GIS) 화면이 해당 설비의 위치로 이동하여 운전원의 업무를 지원한다.

IV. 차세대 배전운영시스템 아키텍처

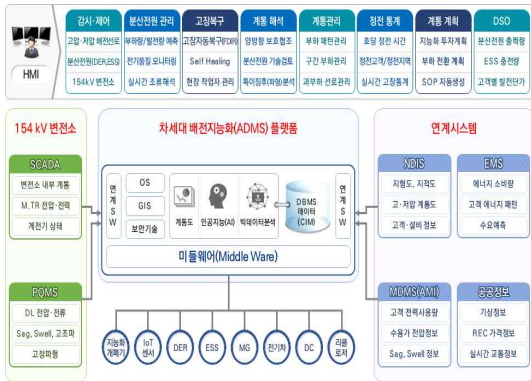
기존 배전운영시스템(DAS)는 계통을 감시·제어 하는데 최적화된 원격감시시스템(SCADA) 형태의 시

시스템으로 개발되었다. 이 형태는 고장처리와 같은 단순 계통 관리에는 용이할 수 있지만, 복잡해지는 계통을 관리하기 위한 기능 확장에는 한계를 갖는 구조이다.

따라서 현재 개발 중인 차세대 배전운영시스템은 기존 업무 프로세스 통합 및 데이터의 표준화는 물론 가까운 미래의 요구 사항을 고려하여 기능 확장이 가능한 유연한 시스템 아키텍처로 설계하였다.



<그림 15> 차세대 배전운영시스템 HW 구성도



<그림 14> 차세대 배전운영시스템 SW아키텍처

<그림 14>의 차세대 배전운영시스템 SW아키텍처는 배전계통의 감시·제어하기 위한 지능화 단말장치들과 통신 연계를 수행하는 FEP, 외부의 타 시스템(NDIS, EMS, MDMS, SCADA)들과의 정보 공유를 위한 연계S/W, 수집된 데이터를 내부 기능들 간에 실시간 분배를 위한 미들웨어, 그리고 운전원에게 계통상황을 표출하는 HMI와 GIS로 구성되어 있다.

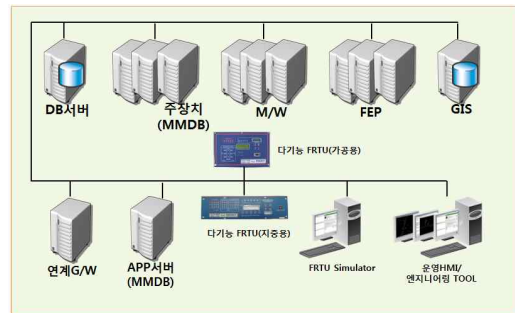
<그림 15>는 차세대 배전운영시스템의 전국 단위 H/W 구성도를 나타낸다. 각 지역 사업소 별로 운영되고 있는 기존의 배전자동화시스템(DAS)을 광역본부단위로 운영하게 함으로써 시스템 유지보수 인력과 사업소의 전산 운영설비 업무를 경감시키도록 하였다. 또한 본부 차세대 배전지능화시스템(ADMS)의 고장을 대비하여 후비설비를 본사에 설치하여 시스템을 이중화하였다.

V. 설계시스템 검증

5.1 기능시험 수행

개발 중인 차세대 배전운영시스템의 검증을 위하여 기능 단위시험을 수행하였다. 시험환경은 가상화 기술을 활용하여 <그림 16>과 <표 1>같은 시험용 장비들로 구성하였다.

물리적 특성을 반영한 통신 연계 검증을 위한 지능형 단말장치(FRTU, Field Remote Terminal Unit)와 배전계통을 모의하기 위한 FRTU SW시뮬레이터를 시험 검증장비로 활용하였다. 본 시험을 위해서 요구되는 설비와 배전계통 정보는 현재 운영 중인 DBMS의 데이터를 적용하였다.



<그림 16> 단위기능 시험 환경

<표 1> 단위시험용 구축 장비

구 분	장 비 명
ADMS (시험대상)	주장치(3ea), FEP(3ea), GIS(1ea), 미들웨어(3ea), DBMS(1ea), 연계GW(1ea), HMI/Eng.툴(1ea)
계통 감시기능 검증용 장비	FRTU시뮬레이터(1ea), FRTU(2ea)

기능 검증을 위하여 전체 1,023개 요구사항 중에서 기능 요구사항을 추출하여 929개 단위시험 항목을 도출하여 단위시험을 수행하였다. <표 2>는 차세대 배전 운영시스템의 주요 컴포넌트의 시험 내용을 나타내고 있다. 본 단위시험은 배전계통을 감시·제어하는 기능의 기능성과 신뢰성 검증 측면에서 이루어졌다.

<표 2> 주요 단위시험 내용

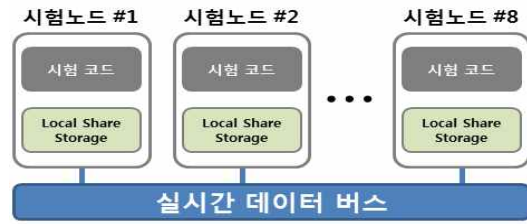
컴포넌트	시험 내용
주장치	제어, 계측 명령, 이벤트 처리
미들웨어	메시지 큐 기반 데이터 송수신 여부
FEP	계측(자동,수동), 제어 명령 송수신
GIS	HMI 동기화 및 설비 위치 표시
연계G/W	연계 데이터 매핑 및 데이터 송수신
HMI	계통도/단선도/대시보드 화면 UI 기능
Eng. 툴	객체 심볼 관리 및 계통도 편집

본 단위시험을 통해서 몇 가지의 시험 이슈가 도출되었다. SW설계시 고려되지 못한 GIS의 기본도 갱신 방법과 복수의 배전센터에 걸쳐있는 전력설비의 관리 방법 등이 이슈화 되었으며, 차세대 배전운영시스템의 분산 서버들을 효율적으로 원격 관리하기 위한 IT 인프라 관리 방안이 요구사항 정의단계에서부터 누락되었음을 확인하였다. 도출된 이슈들은 보완 개발 계획에 반영될 예정이다.

5.2 성능시험 수행

차세대 배전운영시스템은 진단처리기(FEP)와 같은

기능 단위로 분리된 분산형 시스템 아키텍처를 갖고 있기 때문에 실시간 데이터 버스의 성능에 의존성이 크다. 따라서 실시간 데이터 버스 성능시험을 위하여 아래와 같은 배전센터 운영실을 반영한 시험 환경을 구축하였다.



<그림 17> 성능 시험 환경

<표 3> 성능시험용 구축 장비

구 분	내 용
시험용 노드(8ea)	Intel Xeon CPU E5, Memory 128GB
Network	10G Network Switch

성능 시험 환경하에서 시험노드들간에 현장 측정값의 공유 성능 검증을 위해 실시간 데이터 버스의 쓰기(WRITE)와 동기화(Sync)의 성능을 측정하였다. <그림 17>의 시험노드별로 로컬공유저장소(Local Share Storage)에 700Byte 크기의 데이터를 반복적으로 쓰기(WRITE)하고, 이 데이터가 다른 시험노드들의 로컬공유저장소(Local Share Storage)로 동기화되는 성능을 측정하였다. <표 4>는 100만개의 700byte 데이터를 시험노드 수를 변화시키면서 시험한 결과이다.

<표 4> 성능시험 측정값

구 분	시험노드 수		
	노드(1ea)	노드(4ea)	노드(8ea)
노드 Write 수	1,000,000	250,000	125,000
평균 Write시간	52μs	66μs	70μs
노드 평균성능	19,230 TPS	15,151 TPS	14,280 TPS
전체성능	19,230 TPS	60,604 TPS	114,240 TPS

시험 참여 노드의 수를 증가 시킬수록 데이터 쓰기 (WRITE)의 평균처리시간은 최대 35%까지 증가된 70 μ s로 측정된 반면에 전체 성능은 114,240 TPS로 향상되었다. 이 성능 값은 지능형 단말장치(FRTU)가 200개의 포인트 측정값을 갖는다고 가정했을 경우, 약 570대의 지능형 단말장치(FRTU)의 상태를 실시간으로 공유할 수 있음을 의미한다. 현재 한 사업소가 약 500대의 지능형 단말장치(FRTU)들을 이용하여 배전계통을 운영하는 상황을 고려했을 때 개발 중인 실시간 데이터 버스가 적절한 성능을 지원하고 있음을 확인하였다.

VI. 결론

환경문제 대두에 따른 정부 정책 변화에 따라 무제한 분산전원 연계 정책으로 복잡해지는 배전계통의 안정도 확보 및 다양한 전력설비의 유연한 수용을 위하여 차세대 배전지능화시스템 개발이 필요하다.

본 논문에서는 미래 배전계통 변화에 대비하기 위한 차세대 배전운영시스템의 기술적 요구조건을 분석하고, SW와 HW 아키텍처를 설계했다. 향후 차세대 배전지능화시스템의 유용성 증대를 위하여 여러 전력정보시스템들 간의 데이터 불일치 문제와 계통 해석 기능 개발을 수행할 예정이다.

참고문헌

- [1] 김명수, 하복남, 권성철, 박영배, 차세대 DMS 구축방안 연구 최종보고서, 한전전력연구원, 2016.
- [2] E.-K. Chan, H. Ebenhoh, "The implementation and evolution of a SCADA system for a large distribution network," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 7, 1992, pp. 320-326.

- [3] 김현태, 장성수, "3020신재생에너지 정책의 성공적 달성을 위한 전력계통 안정화 핵심기술 개발 방향," 대한전기학회, 전기학회논문지, 67(2), 2018, pp.149-157.
- [4] Kristian Steenstrup, IT and Operational Technology: Convergence, Alignment and Integration, Gartner, G00210814, 2011.
- [5] Ashish Garg, Fusion of IT and OT in Utilities, energycentral, Digital Utility Group, 2013.
- [6] Jeff Meyers, P.E, How the Convergence of IT and OT Enables Smart Grid Development, Schneider Electric, 2013.
- [7] Advanced Distribution Management System, <https://www.schnider-electric.com>
- [8] PowerOn Advantage-Advanced Distribution Management System(ADMS), <https://www.ge.com>
- [9] Spectrum Power ADMS, <https://w3.usa.siemens.com>
- [10] Lauren Callaway, Richelle Elberg, Advanced Distribution Management Systems, Navigant research, 2015.

■ 저자소개 ■



김 동 욱
Kim, Dongwook

2010년 7월~현재
한전 전력연구원 선임연구원
2010년 2월 건국대학교 정보통신학과 (공학박사)
2001년 2월 건국대학교 정보통신학과 (이학석사)
1998년 2월 안양대학교 컴퓨터공학과(이학사)
관심분야 : 스마트그리드, 분산컴퓨팅환경
E-mail : kimdongwook@kepeco.co.kr



박 영 배
Park, Young Bae

1991. 7월~현재
한전 전력연구원 책임연구원
2005년 2월 충북대학교 전산학과(이학석사)
1991년 2월 조선대학교 전산학과(이학사)
관심분야 : 스마트그리드, 배전계통운영·관리
E-mail : pyb1205@kepco.co.kr



추 철 민
Chu, Cheol Min

2007년 6월~현재
한전전력연구원 선임연구원
2007년 2월 숭실대학교 전기공학과(석사)
2005년 2월 숭실대학교 전기공학과(학사)
관심분야 : 전력계통 운영시스템용
데이터베이스 설계 및
계통해석프로그램 개발
E-mail : cheolmin.chu@kepco.co.kr



조 성 호
Jo, Sung Ho

2018년 3월~현재
충남대학교 전기공학과(석사과정)
2017년 6월~현재
한국전력 전력연구원 연구원
2015년 2월 충남대학교 전기공학과(학사)
관심분야 : 배전계통운영, 지능화단말장치
E-mail : whtjdgh3@kepco.co.kr



서 인 용
Seo, In Yong

1984. 2월~현재
한전 전력연구원 수석연구원
2003년 5월 미국 Brown대학교 전기공학과
(공학박사)
1989년 8월 부산대학교 전기전자공학
(이학석사)
1984년 2월 성균관대학교 전기공학과(이학사)
관심분야 : 신배전시스템, 에너지신사업, AI
E-mail : inyoung.seo@kepco.co.kr

논문접수일 : 2019년 9월 16일
수 정 일 : 2019년 10월 28일
게재확정일 : 2019년 11월 6일