

실 전력계통에서의 전력IT 통합운영시스템 구축 기술체계 모형에 관한 연구

황우현*, 김자희**

국립서울산업대 IT정책전문대학원 산업정보시스템 전공(한국전력공사 부장)*, 국립서울산업대 IT정책전문대학원 교수**

A Study on the Technology Tree Model of Power IT Integration Operation System on the Real Grid

Woohyun Hwang*, Ja-hee Kim**

Seoul National University of Technology and KEPCO*, Seoul National University of Technology**

Abstract - 산업사회에서의 전력공급 계통은 설비고장이 발생할 경우 해당지역에 국한되어 정전이 발생하기 때문에 피해가 확산되거나 사회적인 이슈가 되지는 않았다. 광케이블을 이용한 정보통신사회가 구축되어 금융과 언론을 비롯한 대부분의 생활이 인터넷을 중심으로 진행되고 있고 향후 지식기반 사회로의 진전이 급속히 진전될 것에 대비하여 전력계통 설비와 운영 방법의 고도화가 필요하게 되었다. 전력IT는 현재의 전력설비와 네트워크, IT를 이용하여 더욱 심층적인 연구가 진행되고 있으며 본 논문에서는 전력IT 연구과제 결과물의 활용성을 높이고 기술개발 과정에서의 시행착오를 최소화하기 위해 총 10개 과제를 하나로 운영할 경우를 상정하여 연구에 필요한 기술체계 모형을 개발하였고 이 모형을 토대로 향후 분산형 전원을 포함한 전력계통의 최적운영과 고장예측기법을 이용한 설비관리로 정전을 예방하여 최고품질의 전력을 공급하는데 기여하고자 하였다. 이 논문은 전력IT의 도입배경과 현재까지의 연구 성과분석을 토대로 실 계통 검증 5단계와 기술체계 모형 그리고 통합운영시스템 개념도 제시 순으로 작성하였다.

우리나라의 전력계통은 지난 1990년경부터 추진된 전력계통 운전 자동화와 기차재의 품질향상으로 2006년 말 현재 전력 공급신뢰도가 세계적인 수준으로 향상되었다. 그러나 보다 높은 품질의 전력을 공급하기 위해서는 전력계통, 전력설비, 그리고 전력소비 체계를 일원화 하여 운영하고 관리할 필요가 있다. 이를 위해서는 자동화, 디지털화, 네트워크화를 통해 효율향상과 안정성 제고, 실시간 고장 분석처리 및 전력 거래도 가능하게 될 수 있을 것이다.[13]

〈표 1〉 국가별 전기품질

구분	한전('07)	일본('07)	프랑스('04)	대만
정전시간 (분/호)	17.2	25	57	30('04)
송배전 손실율(%)	3.99	5.1	6.7	4.8('06)
규정전압유지율(%)	99.99	99.9('93)	94.5	96.6('04)

※ 일본의 정전시간은 재해고장 포함임

한편으로 산업화과정에서 설치된 전력기기는 사용 연수가 20년이상 되어 돌발적인 고장으로 전력계통에 파급정전이 발생[3]하여 생활의 불편과 기업의 생산에 지장을 주고 있으나 사전에 고장을 대비할 수 있는 방안이 특별히 없어 문제가 되고 있다.

〈표 2〉 고압 수용가에 의한 전력계통 파급 고장

구분	'04		'05		'06		'07	
	일시	순간	일시	순간	일시	순간	일시	순간
전체정전(건)	1,590	8,908	1,487	8,725	1,371	8,214	1,324	7,721
파급정전(건)	172	2,070	248	1,960	215	2,031	248	2,058
점유율(%)	10.8	23.2	16.7	22.4	15.6	24.7	18.7	26.7

표2 에서 보는 바와 같이 전체 정전 건수는 매년 감소하고 있으나 고객의 파급으로 인한 정전은 점유율이 매년 증가하고 있음을 알 수 있다. 이것은 전력계통을 관리하고 있는 측은 전문가가 정기적인 보수계획에 의해 체계적으로 전력품질을 유지관리하고 있으나[4] 고압수용가의 경우 전문성 부족과 관리비용의 부담으로 교체시기를 놓쳐 고장이 발생하고 있으며 이로 인한 경제적 부담도 매년 수백억원으로 추정된다.

1. 서 론

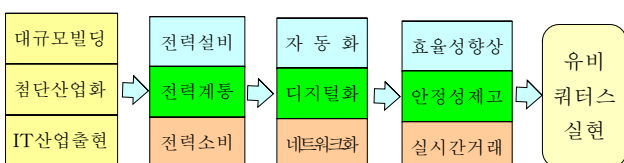
경제발전의 원동력인 전력공급시스템은 국가 기반산업의 원활한 지원을 위해 끊임없이 변화해 왔다. 국내에 처음 전력공급이 시작된 초기에는 수직상으로 선로를 구성하여 운전하였고, 중공업중심의 산업경제가 활성화된 시기에는 중요선로를 중심으로 Tie 운전과 보호기기가 사용되었다. 정보화가 급격히 진전된 2000년대부터는 자동화시스템의 도입으로 고품질의 전력공급이 가능해졌다.[1]

최근에는 유가의 상승과 지구온난화 문제에 전 세계가 공동으로 대처하고자 태양광, 풍력[15]과 같은 친환경 발전설비의 도입이 급증 [2]하고 있고, 정보화로 인한 정전 민감 고객의 출현으로 순간적인 정전도 용납하지 않는 분위기가 조성되고 있으며, 한편으로 전력기기의 고장을 예방하기 위한 정보기술(IT)과의 융합도 진행되고 있다. 이러한 변화는 미국, 유럽, 일본 등에서 보다 효율적으로 전력계통을 운전하기 위한 연구가 진행되게 되었다. 국내에서도 높은 수준의 IT를 활용하여 전력계통을 관리하는 방안에 대해 정부주도로 연구가 추진되어왔다. 본 논문에서는 그동안 추진해 온 전력IT의 개괄적인 내용을 살펴보고 전력IT 연구 결과를 실 계통에서 활용에 필요한 기술모형과 향후 구축될 전력IT 통합운영시스템의 구축 개념도를 제시하였다.

2. 본 론

2.1. 전력IT 정의와 추진배경

전력IT란 전력계통과 IT를 융합하여 전력설비의 성능을 고도화하고 계통 운전을 자동화하여 전력사용의 효율화로 생산성 향상과 설비관리를 최적화 할 수 있는 시스템이라고 할 수 있다. 최근에는 도시가 거대화 되면서 대규모 빌딩의 건설, 반도체 등과 같은 첨단 생산설비의 등장 그리고 광통신망을 이용한 인터넷 기반의 정보통신사회가 형성되면서 안정적인 전력공급이 더욱 중요해졌다.



〈그림 1〉 전력설비 관리체계의 변화

2.2 전력IT 도입 필요성과 추진 개요

전력계통은 발전에서 소비까지 하나로 연결되어 있어 사용 중인 설비 이상으로 전력계통의 고장이 발생할 경우 광범위한 지역으로 확산되는 경향이 있다. 최근에는 화석연료의 고갈위기가 대두되면서 발전비용이 높아지고 대기오염으로 인한 지구온난화가 진행되어 CO₂ 감축 비용도 전 사회적으로 영향을 미치고 있다. 태양광, 풍력 등을 이용하는 발전기술도 개발이 급속히 발달[3]되고 신 재생에너지를 이용한 발전 설비의 전력계통 접속량이 증가함에 따라 전력계통 운영의 불안정이 우려되고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 전력설비의 고장예측이 곤란하여 대규모 빌딩이나 공장과 같은 경우 전력 수전용 설비가 장애를 발생할 경우 커다란 사회적 문제로 발전되고 있는 실정이다. 해외 전력회사도 이와 같은 문제점을 개선하고자 해 미국과 유럽 등을 중심으로 1990년대 말부터 보완 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 배경 하에서 정부주도로 산학연 합동으로 전력IT 총괄 10개 과제를 총 88개 기관이 참여하여 2005년 10월부터 연구가 진행 중에 있다.

<표 3> 전력 IT 연구 과제 진행 내용

총괄 과제명	총괄기관	사업기간
IT 기반의 대용량 전력수송 제어시스템	KEPCO	'05.12~'10.11
디지털 기술의 변전 시스템	KEPCO	'05.10~'11.9
배전 지능화시스템	KEPCO	'05.10~'10.9
PLC 유비쿼터스 기술개발 사업	KEPCO	'05.10~'10.9
한국형 에너지관리시스템	전력거래소	'05.11~'10.10.
지능형 송전Network 감시·운영시스템 기술 개발	한국전기연구원	'05.10~'10.9.
능동형 텔레메트릭스 전력설비 상태 감시 시스템	한전KDN(주)	'05.12~'09.11.
M-Grid용 통합에너지관리 시스템개발 및 실 사이트적용기술	한국전기산업조합	'07.09~'12.8.
고부가 전력서비스용 수용가 통합자원 관리시스템	경원대학교 산학협력단	'05.10~'10.9.
분산발전 및 산업용 인버터 응용을 위한 전력반도체기술	한국반도체 연구조합	'05.12~'10.11.

※ 총괄 과제 10개, 세부과제 31개

2.3 전력IT 주요 연구성과

지난 3년여 동안 진행된 주요과제 별 연구 성과를 살펴 보면 전체적으로 평균 40%의 진도율을 나타내고 있으며 연구 초기의 목표를 달성하고 있으나 전력IT 전체를 하나의 시스템으로 보고 통합을 고려한 연구는 다소 미흡하였다. 주요 과제별 연구실적은 다음과 같다.

2.3.1 고부가 전력서비스용 수용가 통합 자원관리시스템 개발

대규모 수용가의 부하사용 정보를 활용하여 최적의 수요관리가 가능하므로 전력사용량을 통합 Gateway를 이용해 원격으로 Data를 수집하고 EMS까지 Network구성과 Interface를 고려하여야 한다.[8] 또한 고객내의 전력설비, 조명, 공조, 누전, 온도 제어 등과 같은 기능을 하나의 Portal로 만들어 관리함으로써 전체적인 설비운영 현황 파악과 관리를 효율적으로 할 수 있다.

2.3.2 배전지능화시스템

배전자동화시스템 S/W Back Bone을 바탕으로 변전소의 CB를 제어할 수 있는 SCADA와 전기품질과 전력설비의 열화상태를 감시할 수 있는 기능이 개발되고 있다. 기본적으로 전력IT의 전체를 총괄제어 하기 위한 통합운영 체계구축이 필요하므로 국산으로 개발되어 기능과 안정성이 검증된 배전자동화시스템의 소프트웨어 아키텍처를 기반으로 새로운 알고리즘, 프로토콜, 미들웨어, 응용S/W 등의 개발이 고려되어야 한다.

2.3.3 디지털 기술기반의 차세대변전시스템

변전소내 전력기기를 IED를 이용하여 설비진단과 전기품질상태 감시를 실시하고 보호기기의 Digital화를 추진하고 있다. 변전소는 송전선로와 배전선로를 연결하고 있는 중추적인 역할을 하고 있으므로 종합적인 전력설비관리 개념을 포함하여 배전선로에서 취득되고 있는 정보를 DAS와 EMS와 공유하여 유기적인 전력계통 운영이 될 수 있도록 고려되어야 한다.

2.3.4 능동형 텔레메트릭스 전력설비 상태감시시스템

대용량의 전력 송전을 안정적으로 공급하는데 필요한 첩담과 맨홀, 변전선로 기자재 감시와 고장발생시 고장점 표정과 고장원인을 분석 등의 기술을 개발하고 있다. 광범위한 지역에서 정보를 취득할 수 있기 위해서는 경제성을 고려하여 상 하위 운영시스템 간 Network을 구성하고 취득된 정보의 가용성을 높일 수 있도록 지능형 송전 Network 감시운영시스템 등 연관시스템과의 Data연계 체계가 구축되어야 한다.

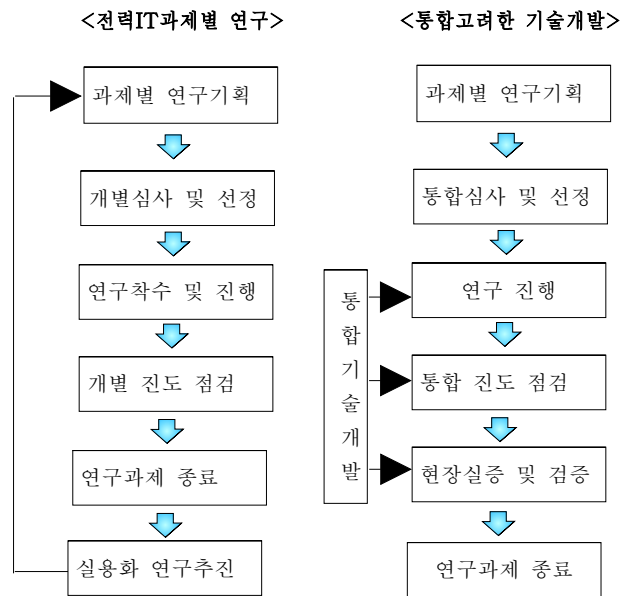
2.3.5. 전력선통신기반의 유비쿼터스 기술

전력IT의 운영에 필요한 PLC 칩과 200MB급의 모뎀과 고압선로용 네트워크 구성장치와 NMS 등을 개발하고 있다. 전력IT의 성패는 Network에 달려있다고 해도 과언이 아니므로 수많은 전력설비로부터 Data를 얻고 이를 활용하여 설비를 관리하기 위해서는 경제성과 안정성이 확보된 신호전송망에 대한 검증이 우선되어야 하며, 개발이 지연될 경우 대비 유효한 통신망의 확보방안이 강구되어야 한다.

이외에도 분산형 전원시스템의 최적운영[5], FACTS, HVDC[9]등 대용량 전력전송[6]과 전력반도체기술의 개발도 진행되고 있다.[14]

2.4. 통합기술개발 관점의 전력IT 연구개발 체계

연구 개발되고 있는 전력 IT의 성과를 높이기 위한 개발절차를 과제 중심에서 전체 과제를 통합의 관점에서 기술 개발이 될 수 있도록 체계를 조정하고 실 전력계통의 여건을 고려하여 추진할 필요가 있다.



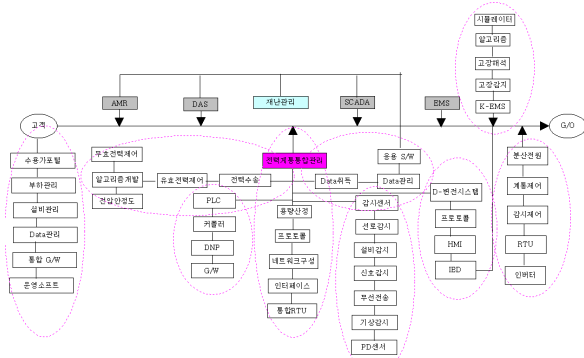
<그림 2> 전력IT 개발 절차 비교

2.5. 전력IT 실계통 검증 5단계

연구 성과물을 실 전력계통에서 시행착오를 최소화하여 검증하기 위해서는 5단계에 걸쳐 준비가 이루어져야 한다. 제 1단계는 연구기획 당시의 정확한 목표 이해와 최종 종료시점의 결과가 동일하게 도출되었는지를 확인하여야 한다. 단순히 연구만을 위한 것이 아니라 현장에 직접 사용하고 해외에 수출하기 위해서는 3년에서 5년간 연구가 추진되기 때문에 그 과정에서 생성된 산출물의 상태를 분석하면서 활용성을 예측하며 진행하여야 한다. 제 2단계는 연구개발 성과물의 통합운영을 위해서는 전력설비와 네트워크화에 필요한 인터페이스 장치의 개발과 국제 표준화 기준을 적용하여 진행이 되고 있는지 검증하여야 한다. 제 3단계는 지능화된 기기와 주 제어장치, 신호전송에 필요한 경제적인 전송망의 확보를 위해 현장 여건이 고려된 가장 안정적인 신호전송 방법을 조기에 선정하고 추진하여야 한다. 제 4단계는 현장의 기기와 전력계통에서 취득되는 Data를 분석하여 고장을 예측하고 모델링 할 수 있는 응용 SW의 개발이 필요하다. 전력계통은 시간, 장소, 기상 등과 밀접하게 연계되어 운전되고 있기 때문에 그때그때의 상황에 맞게 운전할 수 있는 다양한 SW의 개발이 고려되어야 한다. 제 5단계는 기존 전력설비와 운영 중인 제어·감시 시스템과의 연계를 고려하여 전력IT를 종합적으로 검토하고 개발이 추진되어야 한다. 이미 수십 년에 걸쳐 진행되어 온 기존시스템의 기반을 고려하지 않고 개발을 진행할 경우 신·구 시스템간 이행관리가 어려워지고 개발이 완료된 시점에서 상호 인터페이스를 추진하게 되면 추가비용이 수반되기 때문이다.

2.6. 전력IT 시스템 구축용 기술체계 모형

현재의 전력계통은 기본적으로 발전, 송전, 변전 그리고 배전으로 구성 되어 있다. 전력설비는 765kV, 345kV, 154kV의 송전전압과 22.9kV, 380V, 220V의 배전전압으로 분류되어 각각의 변압기, 전선로, 지지물 등을 이용하여 전력을 수송하고 전력이 사용되고 있다. 이러한 바탕위에 분산형전원의 계통연계성을 포함하여[12] 최적의 계통운영과 설비를 최적으로 관리하기 위한 전력IT시스템 구축 기술체계 모형은 아래와 같으며 전력계통은 접근성, 유연성, 안정성과 보안성을 고려하여 구성하였다 [7].

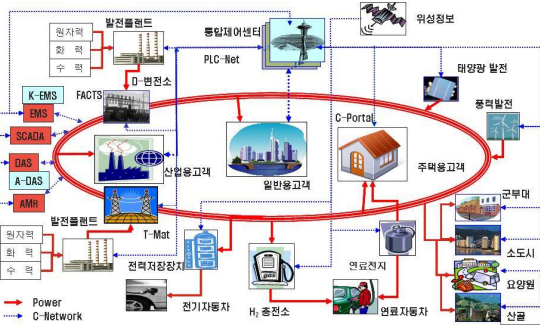


〈그림 3〉 전력IT시스템 기술체계 모형

전력계통과 각종 전력설비 그리고 수용가로부터 Data를 수집하여 분석하고 최적의 계통운영을 위해서는 전력설비의 진단 및 취득 Data를 정의하고 전력설비와 신호전송을 위한 연결장치가 고려 되어야 한다. 그 다음에 상시제어가 가능한 Network의 구성과 H/W와 운영을 위한 OS, 응용S/W가 반영되어야 한다. 응용S/W는 전력설비 감시 장치와 장치간 Interface에 대한 표준과 취득하고자 하는 Data의 속성, 활용 대상을 명확히 정의하고 가공된 Data의 최종 사용자가 누구인지를 결정하여야 한다. 또한 안정적인 신호전송을 위한 Network의 용량과 H/W의 규모를 산정하여 대용량의 Data를 각각의 사용자에게 공급하고 연산처리하기 위한 알고리즘을 개발하여야 하며 개발된 기술의 표준화는 해외 수출을 고려하여 국제기준이 반영되어야 할 것이다. 또한 초기에는 EMS, SCADA, DAS, AMR과 같은 기존 시스템과 새로 개발된 시스템을 공용하면서 성능을 검증하고 안정화된 후 단계적으로 확대해 나가는 것이 타당할 것이다. 특히 전체 전력계통을 통합 운전하기 위해 구축할 Network는 경제성과 안정성, 보안성을 고려하여 구축하고[11] Data의 소유와 가공의 권한, 이용자 지정 등도 면밀히 검토되어야 할 것이다.

2.7. 전력IT 통합운영시스템 구축 개념도

기술체계 모형을 토대로 전력IT 통합운영시스템을 구축하기 위한 전체적인 모습은 다음과 같다. 기본적으로 현재의 발전에서부터 소비까지 하나로 연결시켜진 전력계통에 태양광, 풍력, 수소, 연료전지와 같은 분산형전원의 접속을 유연히 대처할 수 있게 구성하고 송전, 변전, 배전의 주요전력기와 선로에 대해 센서와 network로 감시하고 제어할 수 있도록 하였다. 특히 전체 시스템을 사용의 편리성을 고려하여 구역단위로 운영할 수도 있고 시스템이 안정되고 나면 이를 통합하여 하나로 운영할 수 있을 것으로 전망된다.



〈그림 4〉 전력IT 통합운영시스템 개념도

3. 결 론

정보화 중심의 사회에서는 대부분의 가정과 사무실, 공장 등지에서 네트워크로 연결된 컴퓨터를 이용하여 업무를 처리하고 생산시스템을 운영하고 있다. 다가 올 미래에는 환경을 고려한 경제 발전과 고도화된 지식 기반 사회로 진전될 것이기 때문에 전력의 공급과 계통의 운영도 인력과 시스템 중심에서 대부분을 시스템에 의해 관리되게 될 것이다. 이러한 환경에 대비하기 위해서는 기존의 전력계통에서 운영되고 있는 설비를 센서와 인공지능 로직을 활용하여 고장을 예측하고 IT와의 융합으로 원격으로 관리함은 물론 항상 최고의 전기품질과 공급신뢰도를 유지하기 위한 전력IT의 기술체계 모형 하에서 연구가 진행되어야 할 것이다. 나아가 완성된 전력IT의 기술과 성과물이 표준화되고 새로운 시스템으로 안착하여 정전이 없고 손실이 최소화된 상태에서 계통을 운전 하기 위해서는 시스템의 연구개발과정에서부터 통합을 고려하여 기술을 개발하고 운영체계를 구축하면서 진행하여야 할 것으로 판단된다. 다만, 전 계통을 일시에 하나의 계통으로 묶어 운전하는 것은 계통등급 고장의 Risk가 크기 때문에 실증 단계에서는 지역별로 분산형 전원과 연계운영 조건 등이 갖춰진 장소를 골라 단계적으로 추진하는 것이 바람직할 것으로 예상된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 황우현, "배전자동화시스템의 도입이 배전계통신뢰도 향상에 기여한 사례연구", 대한전기학회논문지, 56권 12호, 2059p~2064p, 2007
- [2] 강한기, "신도시 지역냉방의 최적시스템 제안", HARFKO, 268p~277p, 2003
- [3] 유권중, "태양광, 풍력 복합발전시스템 최적구성과 평가", 전력전자학술대회 논문집, 17-19, 377-379, 1997
- [4] 최재호, "전력품질 장애와 대책", 전력전자학회지, 5권 1호, 13p~18p, 2000
- [5] 이경수, "태양광시스템에서의 새로운 MPPT 알고리즘 제안", 전력전자학술대회, 21p~ 28p, 2003
- [6] 왕호진, "직류전송을 위한 CIGRE 벤치마크 모델의 재구성", 전력전자학술대회 논문집, 446p~450p, 2003
- [7] Chung, Helen, "Strategy and Role-based Model of Security Access Control for Smart Grids Computer Networks", Electrical Power Conference, EPC IEEE Canada, 423p~428p,
- [8] Lauby, M.G, "North American Industry Trends Supporting Intelligent Grids", Intelligent Systems Applications to Power Systems, 2007. ISAP International Conference, 1p ~ 6p, 2007
- [9] Xiao-Ping Zhang, "A vision of electricity network congestion management with FACTS and HVDC", Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, DRPT Third International Conference, 116p~121p, 2008. 2008.
- [10] Warner, C.J, "A field test using agents for coordination of residential micro-chp", Intelligent Systems Applications to Power Systems, ISAP. International Conference, 1p ~ 4p, 2007
- [11] Hamlyn, Alexander, "Network Security Management and Authentication of Actions for Smart Grids Operations", Electrical Power Conference, EPC IEEE Canada, 31p - 36p, 2007.
- [12] Dimeas, A.L, "Agent based control of Virtual Power Plants", Intelligent Systems Applications to Power Systems, ISAP International Conference IEEE, 1p ~ 6p, 2007.
- [13] See, Jim, "Real time distribution analysis for electric utilities", Rural Electric Power Conference, IEEE, :B5 ~ B5-8, 2008
- [14] Gemell, B, "Prospects of multilevel VSC technologies for power transmission", Transmission and Distribution Conference and Exposition, T&D. IEEE/PES, 1p ~ 16p, 2008.
- [15] Garrity, T.F, "Getting Smart", Power and Energy Magazine Issue 2, IEEE, Volume 6, 38p - 45p 2008