

지능형 송전 Network 감시·운영시스템 기술 개발

김대경 <한국전기연구원 책임연구원>

1 기술개발 배경

미래 디지털사회의 에너지 요구를 충족시킬 수 있는 전력시스템을 구축하는 것을 목표로 하는 전력 IT 기술개발사업이 우리나라의 대표적인 성장동력이 될 것이라는 기대를 안고 진행 중에 있다.

지능형 송전 Network 감시·운영시스템 기술 개발 사업은 전력시스템의 4대 구성 요소(발전, 송전, 변전 및 배전) 중에서 송전 분야에 대한 것으로써 송전설비를 지능화함으로써 대형 정전사고를 예방하여 계통의 신뢰도 및 운영 효율을 높이고, 아울러 이 기술을 바탕으로 새로운 시장을 창출하자는 목표를 가지고 있다.

2 기술개발 내용

2.1 총괄사업 개요

이 사업은 2005년 10월 1일부터 2010년 9월 30일 까지 5개년 동안 수행될 예정이며 초기 3년을 I단계, 나머지 2년을 II단계로 구분하여, I단계에서 시스템을 완성하고, II단계에서 실증 및 보완을 완료함으로써 사업이 종료되는 2010년 이후부터는 바로 사업

화가 가능하도록 계획하고 있으며 5년에 걸쳐 총 130억 원이 투입될 예정이다.

총괄사업의 TRM을 그림 1에 나타내었다.

2.2 세부과제 구성

이 기술개발사업은 3개의 세부과제로 구성되어 있으며 한전을 포함하여 총 8개 기업, 40여명의 연구진이 참여하고 있다. 각 세부과제의 구성은 표 1과 같다.

표 1. 세부과제 구성

구분	제 목	추진 기관
총괄	지능형 송전 Network 감시·운영시스템 기술 개발	한국전기연구원
세부1	송전설비 온라인 감시시스템 개발	한국전기연구원
세부2	전력계통 무효전력 관리시스템 개발	한국전력공사 전력연구원
세부3	위성망을 이용한 위기관리시스템 개발	한국전력공사 전력연구원

2.3 세부과제별 기술개발 내용

2.3.1 송전설비 온라인 감시시스템 개발

송전설비 온라인 감시시스템 개발 사업의 개요도는 그림 2와 같으며 세부 기술개발내용은 표 2와 같다.

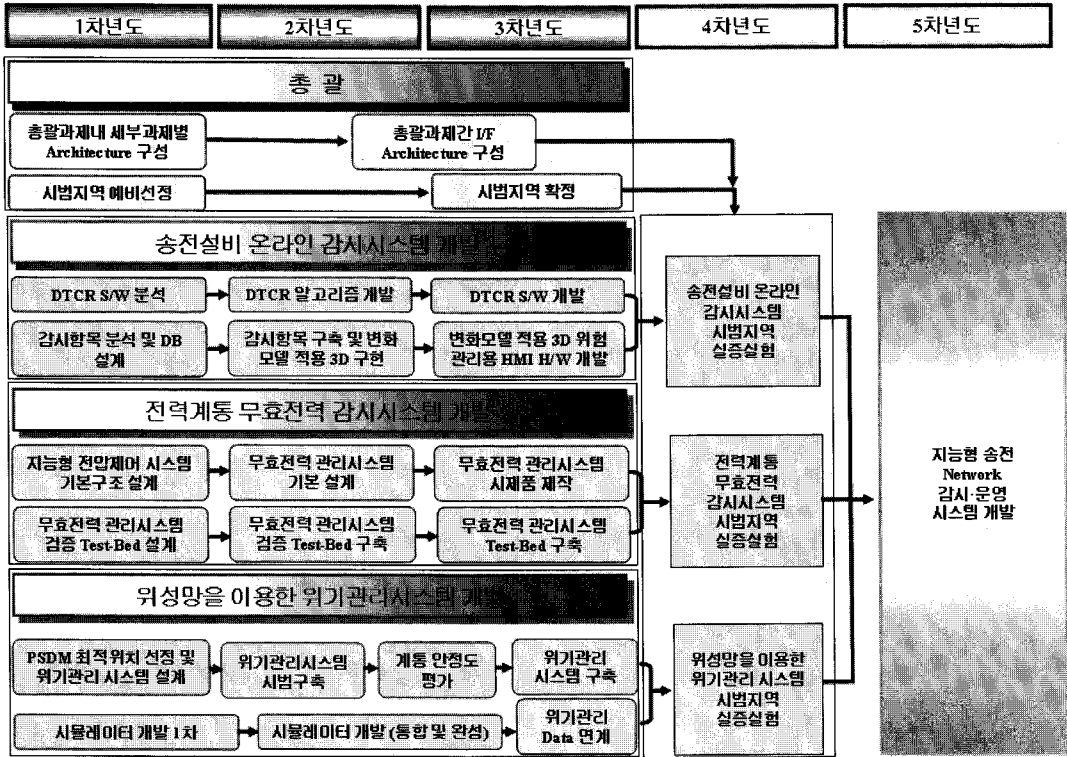


그림 1. 총괄사업 TRM

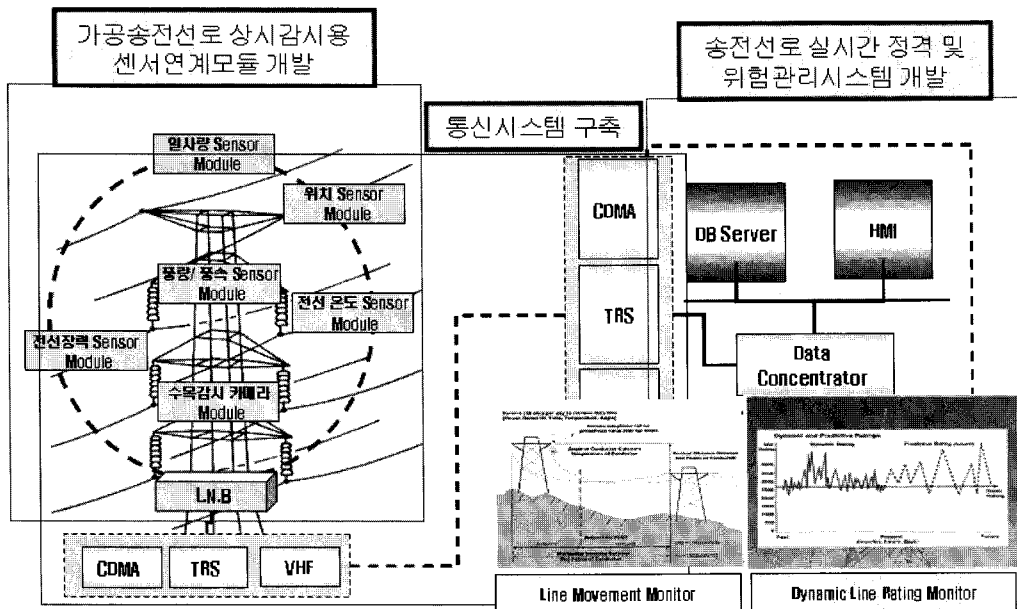


그림 2. 송전설비 온라인 감시시스템 개발 사업 개요도

표 2. 송전설비 온라인 감시시스템 개발 사업 세부기술 개발내용

목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 송전설비 온라인 감시시스템 개발
세부 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정상/과도상태 열용량 평가 기술 개발 ○ 동적인 열용량 평가 및 적용 기술 국산화 ○ 송전선로별 과부하 이력관리 시스템 개발 ○ 송전선로별 동적인 가능송전용량 평가 시스템 ○ 송전선로 제반 환경위험 관리 기술 개발 ○ 송전선로의 열특성 분석 ○ 고신뢰성 및 고정밀성 첨단센서류의 개발 및 적용 국산화 기술 개발 ○ 3D Visualization 기술 및 화상처리 기술 개발 ○ 센서류의 통신 프로토콜 및 전송 규약 표준화 ○ SCADA/RTU Interface 및 통신 표준 모듈 개발 ○ 송전선로 온라인 감시 시스템 개발 ○ 송전선로 열용량 및 가용용량 평가 기준(안) 제시

표 3. 전력계통 무효전력 관리시스템 개발 사업 세부 기술개발내용

목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전력계통 무효전력 관리 시스템 개발
세부 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지역별 전압제어에 관한 해외 연구동향 및 기술자료 조사 분석 ○ 선진국에서 운용되고 있는 전압제어시스템의 핵심 알고리즘 분석 ○ 우리계통의 전압제어지역 및 각 지역별 대표제어모선 선정 ○ 대표 제어모선의 전압 관리기준 설정 ○ 시범 사업지역의 전압안정도 특성 해석 ○ 시범 사업지역의 전압제어 방안 및 구조 분석 ○ 무효 전력 관리시스템의 기본 프레임워크 설계 ○ 지능형 시스템의 기본구조 설계 ○ 전문가 시스템에 적합한 감도 행렬식의 개발 ○ 전압안정과 응답특성을 고려한 성능평가지수 개발 ○ 시범 사업지역 적용시 효과 분석 ○ 제어지역의 전압/무효전력 제어 방안 선정 ○ 지역별 전압/무효전력 제어 알고리즘 개발 ○ 시제품 설계 및 제작 ○ 무효전력원 협조제어 프로그램 개발 ○ 시제품 성능 검증용 시뮬레이터 개발(Test Bed 구축) ○ 시뮬레이터 적용을 통한 제어 알고리즘 검증 ○ 지역별 전압/무효전력 최적 제어알고리즘 개발 ○ 해외 상용 알고리즘과의 비교 연구 ○ 시범 사업지역 적용 방안 검토 ○ 시범 사업지역 적용을 통한 성능개선 ○ 우리나라 계통 확대 적용을 위한 방안 검토 수립

2.3.2 전력계통 무효전력 관리시스템 개발

전력계통 무효전력 관리시스템 개발 사업의 개요 도는 그림 3과 같으며 세부 기술개발내용은 표 3과 같다.

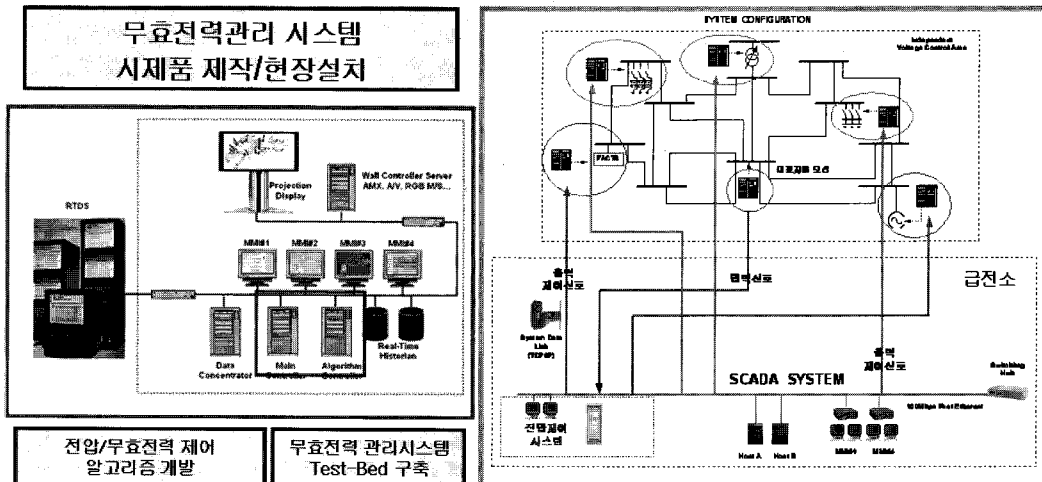


그림 3. 전력계통 무효전력 관리시스템 개발 사업 개요도

2.3.3 위성망을 이용한 위기관리시스템 개발

위성망을 이용한 위기관리시스템 개발 사업의 개요도는 그림 4와 같으며 세부 기술개발내용은 표 4와 같다.

시스템을 개발하기 위하여 중소기업지원과제를 수행한 바가 있으나 개발된 시스템이 상위 또는 타 시스템과의 연계는 불가능한 상태에 있다.

3. 관련 기술의 국내외 연구개발 동향

3.1 송전설비 온라인 감시 기술

3.1.1 국 내

광 분포 온도센서를 이용한 광 분포 온도측정시스템(DTS)과 도체온도추정시스템(CTS)을 이용한 동적 용량평가 시스템이 지중송전선로를 중심으로 도입되고 있으나 가공송전선로와 전력설비에 대한 열용량 평가 기술 및 동적 용량 평가 시스템 개발은 전무한 상태이다.

최근 한전에서는 송전선 운용 중심의 송전선 감시

표 4. 위성망을 이용한 위기관리시스템 개발 사업 세부 기술개발내용

세 부 내 용	○ 위성망을 이용한 전력계통 위기관리시스템 개발
	○ PSDM(Power System Dynamics Monitoring) 최적 위치 선정
	○ PSDM 개발
	○ 위기관리시스템 설계
	○ 위기관리 서버 및 각 권역별 클라이언트 개발
	○ 계통 안정화를 위한 위기 대응 방안
	○ 전력 자동화용 위성 모뎀 개발
	○ 위기관리시스템 시범 구축
	○ 실시간 안정도 연동 모듈 개발
	○ 실계통 설치 및 통신망 연계 시험
	○ 위기 관리 시나리오 작성
	○ 위기대응 방안 수립
	○ 위기관리시스템 시뮬레이터 개발
○ 위기관리시스템 종합 시험	

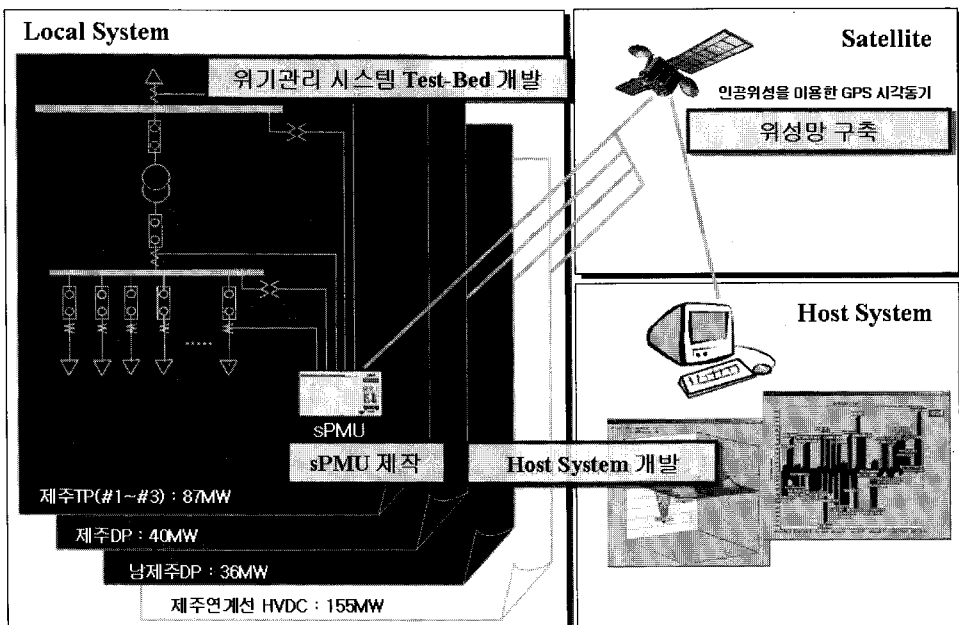


그림 4. 위성망을 이용한 위기관리시스템 개발 사업 개요도

3.1.2 국 외

1996년 미국의 캘리포니아, 2003년 미동북부 및 유럽 등 지역에서 발생한 대정전에 대한 북미전력신뢰도위원회(NERC)의 권고항목인 “송전선로의 열용량 정격(과도상태 포함) 관련 강제기준 개발”은 정전 등으로 인한 송전계통의 운용 및 신뢰도의 향상을 위하여 전력설비 및 송전선로에 대한 정상 및 과도 상태의 열용량을 실시간으로 평가하는 기준 및 기술 개발을 요구하고 있다. 또 송전선로 제반 환경에 따른 위험 요소 관리에 대한 시스템 개발 및 연구가 진행된 바 있으며 그 내용은 아래와 같다.

- 배전선로 고장(수목접촉) 예측 시스템 Prototype 개발('98, 미국 EPRI)
- 원격측득 기술을 이용한 수목감시 기법 개발('98, 미국 EPRI)
- 송전선로 수목접촉 예측 알고리즘 개발 (사고이력 데이터 분석, Index 개발, '05~'06, 미국 PSERC)

3.2 전력계통 무효전력 관리 기술

3.2.1 국 내

국내에서는 STATCOM과 ULTC 변압기와의 협조제어를 통하여 변압기 탭의 스위칭 수를 줄이면서 전압제어의 기능을 달성하려는 협조제어에 관한 기초연구가 학계에서 일부 진행되었을 뿐, 계층제어 구조의 연구개발은 현재까지 진행된 바가 전무한 실정이며 SVC의 적용을 위한 전압 영역분할 기초연구가 최근 발표된 바 있다.

3.2.2 국 외

프랑스에서는 Electrical Distance 개념과 계통구조 조사를 기반으로 하여 시스템을 SVC zone으로 자동적으로 분할하는 프로그램을 개발하였고, 이를

바탕으로 국가의 지리적 특성과 시정수에 의해 PVC, SVC, TVC의 삼계층적 전압제어설비를 개발하여 수년전부터 현장에서 사용하고 있다. 또한 프랑스 EDF에서는 최근 기존의 SVC를 더욱 개선하여 계통 구조 및 부하 조건, 전압 한계, 발전기 운전 제약조건 등을 고려한 Co-ordinated Secondary Voltage Control(CSVC)을 제시하고 있는 등, 초기의 개념에서 더욱 진보된 연구를 지속적으로 발표하고 있다.

이탈리아 CESI의 경우 1980년대 중반부터 계층적 전압제어방식을 도입하고 있다. 시스템을 프랑스와 마찬가지로 세 가지 계층으로 구분하고 있으며 각각을 RVR(Regional Voltage Regulator)과 REPORT(REactive POWER RegulaTor) 그리고 NVR(National Voltage Reguator)로 명하고 있다. RVR은 REPORT를 이용하여 각 발전기의 무효전력 발전을 제어함으로써 대표 제어모선의 전압을 유지시킨키며 NVR은 3차제어의 개념으로 대표 제어모선의 전압을 최적이 되게 RVR의 set-point를 결정한다. 최근에는 short-term과 very short-term에서의 안정도 향상을 위하여 앞으로의 계통상태의 MW, MVAR 여유를 계산하여 안전도 향상을 위한 예방 조치가 가능한 COLLAS 알고리즘을 개발하여 실험 중에 있다.

이 외에도 스페인, 벨기에, 영국, 호주, 일본, 미국 등 여러 나라에서 각각 고유한 시스템에 맞는 무효전력제어시스템에 대한 연구가 진행 중에 있다.

3.3 위성망을 이용한 위기관리 기술

3.3.1 국내

한국수자원공사는 위성 및 유선통신을 이용한 홍수경보 시스템을 설치하여 운용 중에 있으며, 전국 SCADA 시스템(유량계, 유수계 등)을 위성으로 연결하여 중앙관리가 가능한 시스템으로 구성되어 있다.

SK 주유소는 전국 3,000여개 주유소를 위성을 이용하여 단일망으로 구축하여 재고관리 및 카드결제 등의 운영시스템을 중앙에서 직접관리 가능한 시스템으로 구축할 예정으로 있다.

행정자치부는 예산 600억원 규모의 각 지역 소방 본부를 중심으로 하는 재난긴급복구용 위성망 구축 공사를 진행 중에 있다.

한국도로공사는 전국 156개 관리사무소에 있는 전화 및 인터넷을 위성을 이용하여 접속이 가능한 시스템으로 구축하였으며, 기존 유선망의 트래픽으로 인하여 관리시스템의 실시간 접속이 불가능하여 위성망으로 대체하였고, 도로 감시카메라 등을 위성을 이용하여 실시간 모니터링이 가능한 시스템으로 확대할 예정으로 있다.

3.3.2 국 외

일본의 북해도 전력은 위성통신을 이용하여 송전탑에 위성통신 모듈과 센서를 부착한 송전선 정보전송 시스템을 2000년 말에 개발하여 운영 중에 있으며, 또한 구주전력은 주회선(광통신)의 예비회선을 위성통신으로 하는 댐 종합관리 정보전송시스템을 개발하여 2000년부터 운영 중에 있다.

미국의 경우 유통업체(WalMart, K-Mart), Fast Food(McDonald, Burger King, KFC), 은행 등에 위성통신망을 구축하여 실시간 재고 관리 및 판매 관리 등에 사용하고 있고, 최근 America Tower에서는 송전탑에 위성통신을 적용하여 송전선감시에 응용하고 있다.

4. 기대효과 및 활용방안

4.1 기대효과

기술개발 완료 후 예상되는 기대효과는 표 5와 같다.

표 5. 기술개발 후 기대효과

구분	기대효과
송전설비 온라인 감시 기술	-전력계통에 적합한 신호처리기술 확보 -Smart Transmission System 기술 확보 -송전용량 증대 기술 확보 -계통 제약 비용 절감 -TPM(Total Productive Maintenance)의 정착 -경쟁력 있는 미래형 전력계통 운영 시스템 출시
전력계통 무효전력 관리 기술	-광역정전 예방 -계통전압의 질적 향상 -전압붕괴 예방 및 신뢰도 향상 -무효전력 설비 및 송전망 투자비용 저감 -전력손실의 저감에 기여
위성망을 이용한 위기관리 기술	-다양한 데이터 처리 및 실시간 전력계통 분석기술 확보 -감시제어가 힘든 분산시스템에 대한 해결책 제시 -전력 및 위성통신 시스템의 인터페이스 기술 확보 -전력자동화시스템 통합 온라인 관리 시스템 기술 확보 -실시간 관리 및 제어가 가능한 시스템 구축 -장애 및 재해 시 빠른 대처 -유사 업종에 구축할 위성지구국을 공동 적용 가능

4.2 활용방안

- (1) 송전설비 온라인 감시기술 개발이 끝나면 송전설비에 대한 광역 네트워크 인프라가 구축됨으로써 전력 시스템 관련 기술 외에도 SoC, ASIC, Sensor, Actuator, 전력기기의 디지털화 기술 등 반도체, 전력설비/기기 등 시스템 전반에 활용될 것으로 예상된다.
- (2) 전력계통 무효전력 관리 기술은 계층적 전압제어 시스템 관련 개발기술의 평가 수단으로 활용될 수 있고, 효과적인 무효전력 설비계획 수립에도 활용 가능하며, 남과 북 및 동북아 전

력 연계운용 정책에서 신뢰도 평가의 자료로 활용 가능하다.

- (3) 위성망을 이용한 위기관리 기술 개발을 통하여 성공적으로 전력선의 Sensor 노드들의 인프라가 구축 된다면, Sensor에 단순한 위성과의 통신기능 뿐만 아니라, 근거리 네트워크의 형성이 가능하도록 Chip을 활용하여 일반적인 무선 통신 시스템의 인프라로도 활용 가능하며, 또한 Defense 시스템 기술 개발 외에도 관련 전력설비/기기 등 전반적인 기술 개발에 활용 가능하며, 전력 IT 분야의 각 개발 시스템에 전력계통 운영에 대한 기초자료를 제공하는 핵심기술로 활용 가능하다.

참고문헌

- [1] <http://www.itl.re.kr>.
- [2] <http://www.powerit.or.kr>.
- [3] http://www.intelligrid.info/IntelliGrid_Architecture/Overview_Guidelines/index.htm.
- [4] http://www.electricdistribution.ctc.com/pdfs/session3_hughes.pdf#search='iecsa'.

◇ 저자 소개 ◇



김대경(金大景)

1958년 2월 20일생. 1981년 2월 부산대학교 전기기계공학과 졸업. 1983년 2월 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년 7월~1987년 2월 현대엔지니어링 근무. 1987년 2월~현재 한국전기연구원 근무, 책임연구원.