

# SCADA 시스템

김 중 문

금성통신(주) SCADA 영업부장

SCADA 시스템은 'Supervisory Control And Data Acquisition'의 약어로서 원거리에 산재하여 있는 설비들을 한곳에서 집중 감시 제어 할 수 있는 시스템을 일컫는다.

## I. SCADA 시스템의 출현 배경 및 내력

원격지에서 기기를 감시, 제어하려는 의도는 기기의 제어 방식의 발달 과정에서 필연적으로 생겨나게 된 것이다. 다시 말하면, 전기기기나 통신기기의 고압 강전 주회로를 개폐하는 차단기나 단로기는 당초 절연된 레바로 수동직접 조작하였으나, 취급자의 안전이나 일반인들의 감전 사고 방지들을 고려해서 전기 주회로를 대지보다 높은 곳에 격리하든가 또는 격리벽을 설치하는 등의 안전 대책을 강구하게 되었다.

그 결과 보조적인 구동 기구(전자, 전동, 공기압, 유압등)의 고안에 따라 주 회로기기의 개폐를 간접적으로 감시 제어할 수 있게 되었다.

한편, 전기 신호를 먼곳에 전달하는 기술은 자동전 화교환기의 발명등에 따라 원방감시제어에 이 전화 교환기술이 채용되어, 미국에서는 1895년에 원방감

시제어 장치가 설치되었다고 전해오고 있으며 1920년에 미국의 클리브랜드 철도 회사에서 선택 제어기를 가진 웨스팅하우스사의 웬스레이씨의 고안에 따른 장치를 실용화 한것이 본격적인 원방감시제어장치의 시작이라고 전해지고 있다.

이 성과를 유럽이나 일본에는 소개되어서 1930년에 철도등에 고속 차단기의 원방감시제어에 적용한 것이 최초이다.

이러한 좋은 결과에 따라 전철 변전소나 전력 회사의 배전용 변전소에도 적용되기 시작했으나 2차 대전전에는 대략 10여 세트에 불과 했다.

2차 대전후에는 전력 수요 증대에 따른 설비확장과, 급격한 부흥에 따른 인력 부족, 생활환경의 향상, 합리화의 필요성 등으로부터 1950년 이후 다시 새로운 형태로 이 장치의 채용이 검토 되어 확실성, 신뢰성이 떨어지지 않는 더우기 통상의 강전 기술자가 특수한 기술을 요하지 않고 취급할 수 있고 보수를 용이하게 할 수 있도록 사용사측의 요망을 끼워 넣어, 회전형 스위치를 유지보수 취급이 용이한 수평형 계전기만에 의한 전 계전기식인 개량형 장치가 제작되었다.

1952년경부터 다시 신뢰도를 향상시키기 위해 쌍자형계전기가 채용되기 시작해, 이어서 1955년부터

■ **특집 / 전력통신시스템**

크로스바 교환기용으로 개발된 고성능 와이어 스프링 릴레이가 사용되게끔 되어 비약적으로 그 성능이 향상되어 각 방면으로 급속히 보급되어 1958년말에는 150 셋트를 넘기까지 되었다.

지금까지의 장치에서 문제가 되었던 것은 사용되고 있는 계전기의 접점 장애나 동작기구의 기계적인 수명 이었다.

한편 1948년에 발명된 트랜지스터는 그 제조기술이나 응용기술의 개발이 진전되어 다이오드등과 더불어 지금까지 수명이나 크거나 소비전력의 면에서 결함이었던 전자릴레이나 진공관에 대신해서, 모든

분야에서 전자화가 진전되게끔 되어 왔다.

이 경향 가운데 원방감시제어장치의 성격으로부터 전자화가 주목되어 1957년에 일본 후지쓰사가 구주 전력 산하 변전소와 중앙급전지령소와의 사이에 최초의 전양자식 원방표시장치(수퍼비전, 약해서 SV라 칭함) 를 납품한 것을 비롯해, 1959년에는 후지전기와 후지쓰가 공동으로 최초의 전전자 원방감시제어장치가 동경 전력에 납품되었다.

한편 트랜지스터나 다이오드 등의 회로소자의 발달도 눈부시어 새로운 소자의 출현으로 이러한 전자화 장치도 여러 양상을 바꾸어 오고 있으며, 초기의

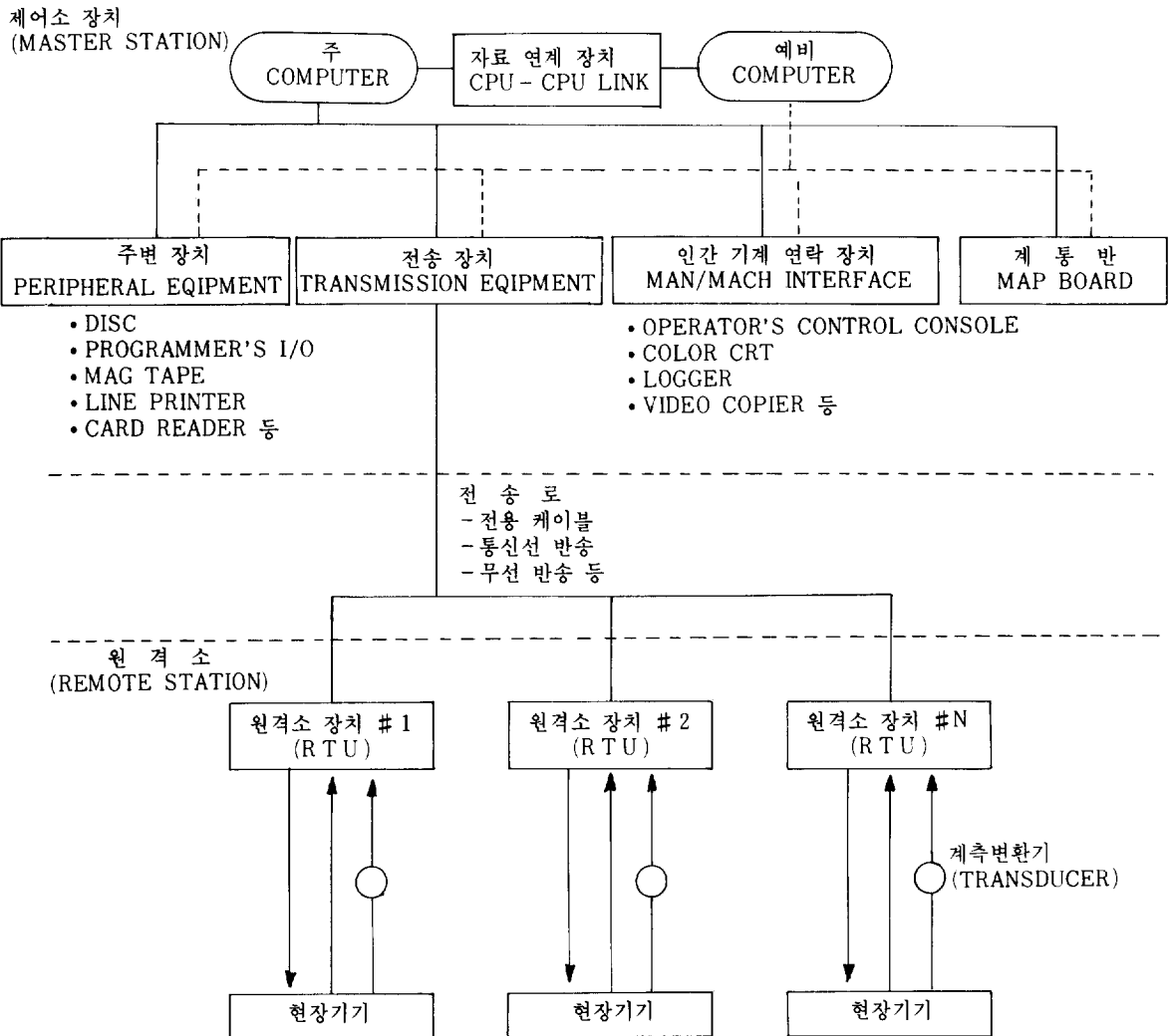


그림 1. SCADA 시스템의 하드웨어 구성

계르마늄시대 부터 실리콘시대로 이행하여 일대 보급되고, 1972년경부터 IC 화가 시작되어 대용량화, 고속의 발전기로 옮겨가기 시작하고 있으며, 성력화, 자동화의 풍조와 제품의 높은 품질화, 고급화의 물결에 편승해 필수적인 장치로 되어 가고 있다.

## II. SCADA 시스템의 개요

SCADA 시스템은 다양한 산업설비(전력 설비, PIPE LINE 설비 및 UTILITY)가 복잡대형화 되어감에 따라 이들 설비와 계통들을 한곳에서 효과적으로 감시, 제어, 측정하여 이들 자료를 분석 처리함으로써 설비 계통의 합리적 운용 및 효율적 에너지 관리를 위한 집중원방감시제어 시스템이다.

## III. SCADA 시스템의 구성

### 3.1 하드웨어(HARDWARE) 구성

SCADA 시스템의 기본적인 구성은 그림 1과 같다. 방식이나 사양에 따라 내부 구성 요소의 조합이나 접속의 사양, 회로의 분할 방법등에 의해 엄밀한 의미로는 정확하지 않은 점이 있지만, 개념적으로는 그림 1과 같이 표현할 수 있다.

SCADA 시스템은 정의된 바와 같이[원방에 있는 기기를 소수의 공통 전기 회로를 통해 인위적으로 선택 제어 및 감시가 가능한 것] 이기 때문에 우선은 큰 구분으로서 제어소와 원격소(피제어소)가 있으며, 그사이의 감시 제어 신호를 연락하는 소수의 공통 전기 회로, 즉 선택 회로와 전송로가 필요하다.

이러한 정보 전송로에는 여러가지 것이 있지만 시스템 구성상, 고속 전송, 전송 정보량, 다른 장치와의 공용, 전송품질, 신뢰성, 경제성들이 요구된다.

#### 3.1.1 제어소 장치

##### (가) 컴퓨터 및 주변장치

전체 시스템을 총괄 제어하는 핵심적인 컴퓨터 장치로서 집중원방감시제어 기능을 실시간(REAL TIME)으로 처리하기 위해 각종 프로그램을 수행하여 필요한 모든 결과 및 정보를 출력 시킨다.

특히 응답시간(REPONSE TIME)과 멀티 프로그래밍(MULTI-PROGRAMMING)등에서 강력한 성능을 발휘 할 수 있도록 튜닝 포인트를 둔 제어용 미니컴퓨터 2대(DUAL SYSTEM)를 중추로 구성되어 보조 컴퓨터(Back-up CPU)는 주 컴퓨터 고장에 대비함과 동시에 평상시 기술 계산등의 오프라인(OFF LINE) 처리 업무를 담당 한다.

주변 장치로는 시스템 운용자가 필요시 컴퓨터에 각종 명령을 수행시킬 수 있는 조작용 입출력 장치(PROGRAMMER'S I/O)의 보조기억 장치인 고속 자기디스크 장치, 자기테이프 장치, 카드리더(CARD READER)와 라인프린터(LINE PRINTER) 등이 있어 다량의 정보를 처리, 또는 기록 하고 영구적인 보존을 가능토록 한다.

(나)인간-기계 연락 장치

SCADA 시스템의 이용은 운전원이 하므로 시스템(기계)과 운전원(인간) 사이에 자유로운 대화(연락)가 있어야 시스템 운용의 목적을 충족 시킬 수 있다.

이러한 측면에서 환경 공학을 고려하여 제작한 제반기기들로서 운전원 제어대(OPERATOR'S CONTROL CONSOLE), 천연색 표시장치(COLOR CRT DISPLAY),기록기(LOGGER),영상복사기(VIDEO COPIER), 계통반(MAPBOARD), 경보장치 및 기록계(PEN RECORDER)등이 있다.

제어대는 계통 운전원이 필요한 조치를 취하고 확인할 수 있도록 구성되어 있고, 천연색 표시 장치는 각 원격소의 결선도, 기기상태, 계통상황등을 지시에 따라 표시한다. 기록기는 각종 경보내용이나 계통운전 자료등을 출력 하며 경보상황이 우선 기록된다. 영상복사기는 천연색 표시장치 내용의 보존이 필요할때 복사하는 장치이고, 기록계는 계통 주파수 및 필요한 전력계통 상황을 연속 기록한다.

계통반은 주요 설비의 전 계통을 색깔로 구분하여 운전원이 알아보기 쉽도록 하고, 전계통의 운전 현황을 한 눈에 볼 수 있도록 자동 표시 한다.

##### (다)전송 장치

자료 취득(DATA ACQUISITION) 및 통신연락 장치로서 각 원격소 장치로 부터 필요한 정보를 중앙제어소로 읽어오고 중앙의 원방 조작 신호를 원격소 장치에 전송함으로써 중앙과 단말간의 정보 전송을 위한 제반 장치들로 구성되어 있다.

원격소에서 전송되어 온 직렬 데이터를 컴퓨터 입력을 위하여 병렬 데이터로 (또는 그 역으로) 변환하여 입출력 채널을 통하여 데이터를 송수신하는 송수신 장치(TRANSCIVER), 아나로그 통신선로를 사용하여 데이터 통신을 하기 위한 변복조(MODEM) 장치, 여러곳의 원격소 장치를 연결할 수 있는 다중화 장치(MULTIPLEXER)등이 있다.

3.1.2 원격소 장치

각 원격소에 설치된 단말 장치(REMOTE TERMINAL UNIT)로서 통신, 공동제어, 신호 변환부로 구성되어 필요한 모든 데이터를 취득하여 중앙으로 전송한다. 또한 중앙의 제어 신호를 받아 원격 조작이 가능토록 처리한다.

신호 변환기(TRANSDUCER)는 대상 설비의 측정 종류에 따라 특수한 변환 방법을 사용하여 디지털 신호로 바꾸어 준다.

3.2 소프트웨어(SOFTWARE) 구성

원거리에 산재하여 있는 여러 원격지부터 수집한 자료를 실시간으로 처리하면서 설치 목적에 부합되는 기능 구성을 위해서 SCADA 특유의 오퍼레이팅 시스템과 소프트웨어의 구성이 가능하며 오퍼레이팅 시스템 소프트웨어(OS)에 해당하는 DMS (DISC MONITORING SYSTEM), 온라인 실시간 처리를 위한 주 업무 (FOREGROUND) 프로그램, 일괄 (BATCH) 처리를 위한 부 업무 (BACKGROUND) 프로그램을 기본으로 하여 운용자의 편의성을 도모한 인간기계연락 업무 처리(MAN-

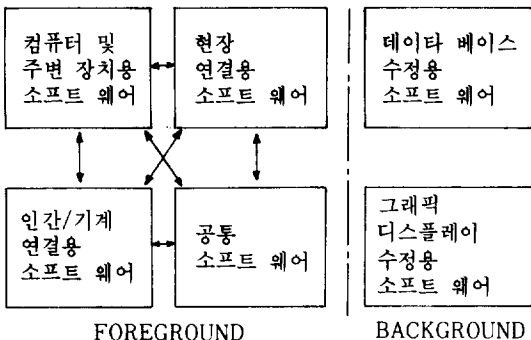


그림 2. SCADA 시스템 소프트웨어의 구성

MACHINE INTERFACE) 및 공통 소프트웨어(COMMON SOFTWARE)등으로 구성되어 있다.

3.2.1 DMS와 FOREGROUND 프로그램

(가) 컴퓨터와 주변장치 소프트웨어

중앙처리장치(CPU)의 프로세싱 시간을 가장 유효하게 사용함으로써 업무처리 시간을 단축시켜 시스템 성능을 최대한 발휘할 수 있도록 구성된DMS를 비롯하여 이중화된 시스템의 실시간 처리 및 업무 수행 정지시간을 없애기 위해 CPU 간 연결(CPU-CPU LINK) 소프트웨어와 각종 주변 장치가 CPU에 공유될 수 있도록 제어하는 주변장치 연결 소프트웨어(PERIPHERAL SWITCH HANDER)로 구성되어 있다. (그림 3참조)

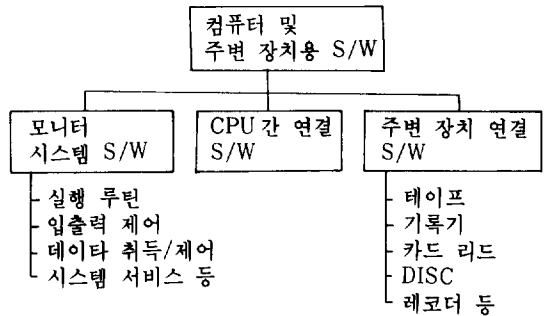


그림 3. 컴퓨터 및 주변 장치 소프트웨어의 구성

S/W 루틴중 가장 비중이 큰 DMS는 시스템 전체의 동작 순서 및 주변장치를 통제하는 주 소프트웨어로서 보조기억장치인 디스크(DISC)에 저장되어 있는 각종프로그램을 사용하여 포그라운드(FOREGROUND)에서 멀티프로그래밍(MULTI-PROGRAMMING)과 백그라운드(BACKGROUND)에서의 일괄처리(BATCH PRO-

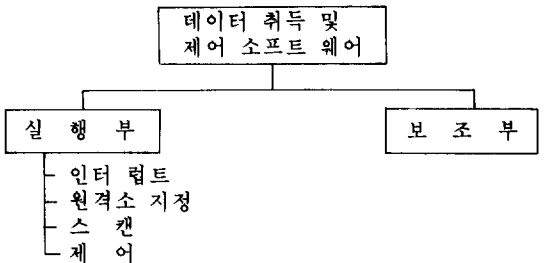


그림 4. 현장 연결용 소프트웨어의 구성

CESSING)업무를 조정 수행한다.

(나) 현장 연결용 소프트웨어

중앙제어소와 각 원격소 단말 장치간의 정보 교환을 담당하는 소프트웨어로서 자료 취득 및 제어 소프트웨어에 의한 데이터 스캐닝(DATE SCANING), 제어(CONTROLLING) 및 통신 기능을 수행한다.

(다) 공통 소프트웨어

통상 퍼블릭 라이브러리(PUBLIC LIBRARY)라고도 하며 각종 소프트웨어(DMS, DAC, MMI 등)들이 공통으로 사용한다. 주로 코드 변환, 입출력 구성, 데이터 변환등의 처리를 담당하고 프로그램 상

호간의 대화도 이 소프트웨어를 통해서 이루어진다.

(라) 인간-기계 연락 소프트웨어

운전원과 시스템간의 대화 능력을 부여하는 소프트웨어로서 기록 CRT 표시, 제어대를 통한 사령원 조작등의 처리를 수행한다.

3.2.2 백그라운드 프로그램(BACKGROUNDPROGRAM)

우선 순위(PRIORITY)가 높은 실시간 처리용 포그라운드(FOREGROUND) 프로그램의 수행 작업이 없거나 시스템 수행 시간의 여유가 있을 때 일괄(BATCH)처리를 위해 구성되는 지원 프로그램으

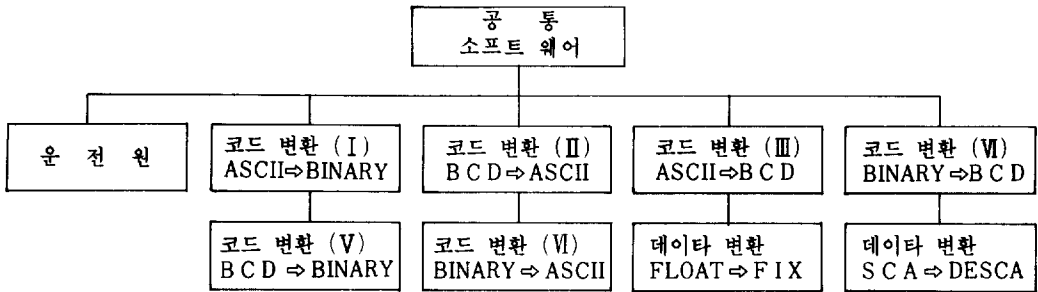


그림 5. 공통 소프트웨어의 구성

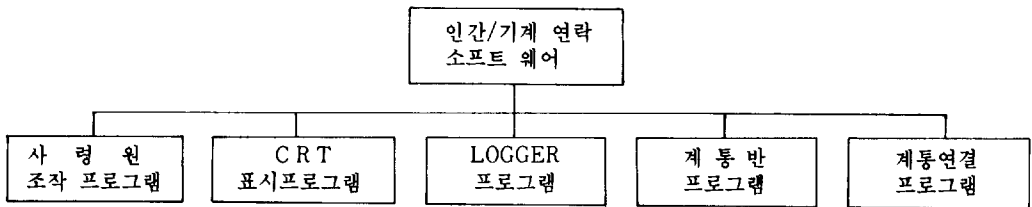


그림 6. 인간/기계 연락 소프트웨어구성

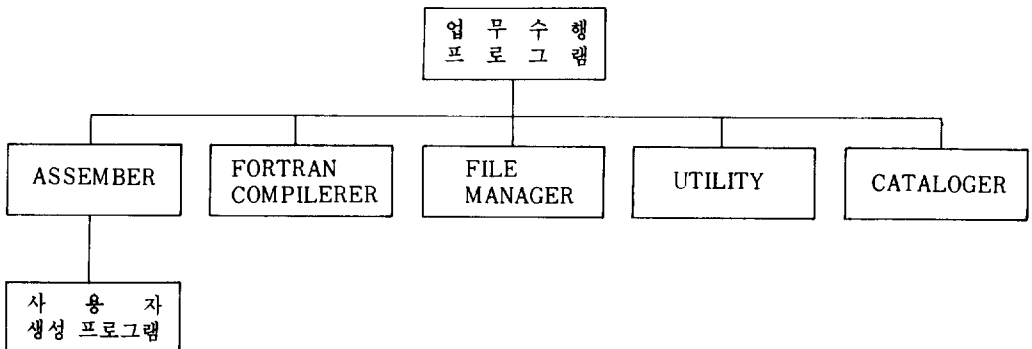


그림 7. 백그라운드 프로그램의 구성

로서 코아/디스크 에디터(CORE/DISC EDITOR)는 설비 변경과 관련한 데이터 베이스의 추가 및 변경 작업 등을 시스템 운전을 중단 하지 않고 처리할 수 있도록 되어 있으며 처리 과정도 편리한 문답식으로 설계되어 있다. 또한 단선 결선도 수정 프로그램(ONE-LINE MODIFICATION)은 CRT 표시 내용중 원격 설비시스템의 단선 결선도를 생성, 변경 할 수 있는 것으로 CRT화면을 통해 직접 처리할 수 있다. 이밖에도 진단시험(DIAGNOSTICS) 프로그램, 포트란 컴파일러(FORTRAN COMPILER), 매크로 어셈블러(MACRO ASSEMBLER) 유틸리티(UTILITY) 및 각종 응용 프로그램등 있다.

#### IV. SCADA 시스템 기능

시스템에 수용된 각 원격소 설비의 운전 상태, 전력수급 상태, 전력계통 상태등의 여건 변동을 항상 감시하면서 상황에 대응하는 적당한 조건으로 조작 가능토록 기능이 갖추어져 있다.

##### 4.1 원격 측정(TELEMETERING)

원격소 운전에 필요한 모든 계측 자료가 자동으로 일정 주기를 두고 측정 된다.

전압(KV), 부하(MW, A), 무효전력(VAR), 역률(COS $\phi$ ), 전력량(WH), 주파수 등이 있다.

##### 4.2 원방 감시(SUPERVISION)

전력 계통 및 송배전선의 각종 차단기, 보호 계전기, 주변압기 TAP 위치, 소내 전원 및 출입문 상태 등을 감시하여 사고 내용을 파악할 수 있다.

##### 4.3 원격 제어(REMOTE CONTROL)

원격소의 무인 운전이 가능토록 차단기의 조작과 변압기의 전압 조정등의 기능을 갖추고 오조작 방지를 위한 대책이 다각적으로 보완 되어 있다.

##### 4.4 자동 기록(LOGGING)

원격소 설비 운전 일보(KV, MW, MWH 등)의 주기적인 기록과 각종 사고나 이상 상태(규정치 초과 또는 미달등) 및 조작 내용등이 기록된다.

##### 4.5 자동 경보(ALARMING)

원격 설비의 화재, 보안 상태는 물론 전력 계통의 이상 상태 발생시 이를 분석하여 경보를 나타내어(가시, 가청 또는 기록) 줌으로써 많은 원격소 설비를 동시에 집중 감시 제어 하면서 운전할수 있다.

#### V. SCADA 시스템의 효과

원방감시제어의 효과는 다음 두가지에 있다고 생각할 수 있다.

##### 5.1 성력화—인력의 절감

5.2 집중화—어느 지역내의 개개의 기능을 집중해서 보다 고도의 기능을 수행한다.

전자는 감시제어하려고 하는 기기를 그 원격소의 구외에 있는 중앙제어소에서 원방제어할 수 있다면 피감시 제어기기가 설치되어 있는 원격소의 운전 보수원이 불필요하게 되며 무인화할 수 있기 때문에 주로 전체의 운전 보수원 수의 삭감, 즉 성력화를 기하는 것이다.

후자는 예를 들면 산재하는 기기 상호간 또는 원격소 상호간의 관련을 프로세스 전체의 총합적인 움직임 가운데서 파악하면서 감시 제어하는 수단으로 프로세스의 중심에서 집중적으로 수개소의 기기를 원방감시제어하려고 하는 것으로 어느 원격소의 기기의 정보에 의해 다른 원격소의 기기를 제어하는 등 주로 총합적인 고품질 고효율 운용을 꾀하고 있는 것이다.

SCADA 시스템의 설치 효과를 요약하면 그림 8과 같다.

#### VI. 국내의 활용 현황

1960년대 이후 온라인 실시간(ON-LINE REAL TIME)처리 컴퓨터의 등장과 함께 집중원방감시제어를 필요로 하는 모든 분야에 적용키위한 시스템의 연구가 본격화함에 따라 미국, 유럽 및 일본등 선진국에서 전력 계통의 자동화에 응용, 많은 전력 회사들이 이용하고 있다.

1982년 현재 미국의 전체 송전용 변전소의 50%가, 배전용 변전소의 20%가 SCADA로 운용 되고 있으며 일본에서는 1979년까지 10개 전력 회사 소유 전체 변전소의 약 87%가 SCADA로 운용되고 있으며 1990년 까지는 96% 까지 확대 적용될 것으로 예상 하고 있다.

미국 전력회사의 예를 들면 ATLANTIC CITY 전력 회사의 경우, NEW JERSEY 주의 1/5을 관장 하는 전력 회사로서, 해리스(HARRIS) 사의 SCADA 시스템중 대형기종인 M9400 시스템을 설치 운용중 이며, OHIO 전력 회사는 OHIO 주의 중북부지역을 관장하는데 HARRIS 사의 M-7500 SCADA 시스템

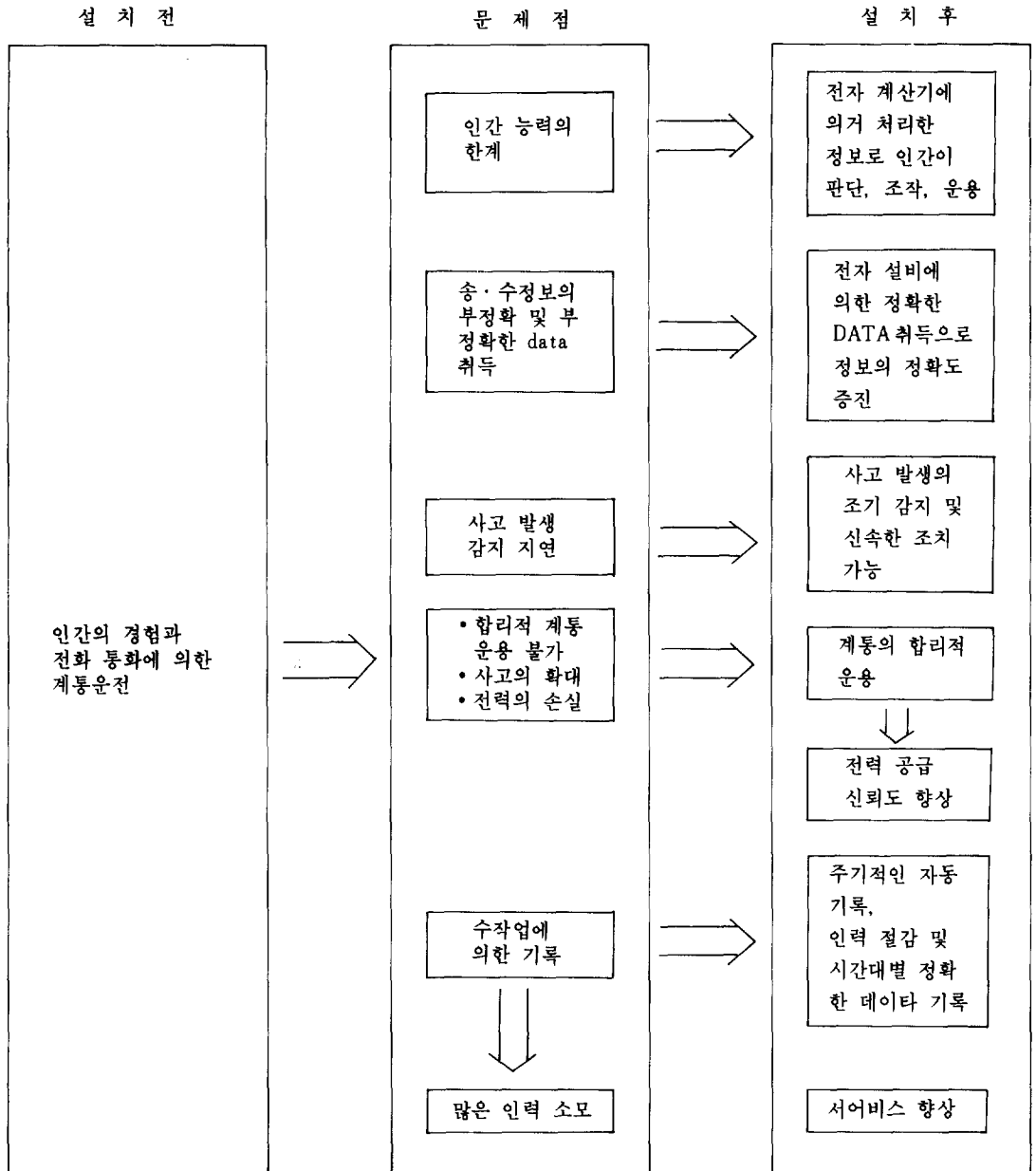


그림 8. SCADA 시스템 설치 효과

에 경제급전(ECONOMIC DISPATCH)과 자동발전제어(AUTOMATIC GENERATION CONTROL)를 위한 GE/PAC 4020 컴퓨터를 함께 설치 운용 중이다.

OGLETHORPE 전력 회사는 GEORGIA 주를 관장하고 있는데 VAX 11/750 듀얼 컴퓨터(DUAL-COMPUTER)를 설치하여 스카다(SCADA)와 부하 관리(LOAD MANAGEMENT) 시스템을 병행 운용 중이다.

이밖에도 미국내에서 해리스사의 SCADA/EMS 시스템을 설치 운용중인 회사는 1985년 현재 60개사에 이르며 미국을 제외한 해외에서는 사우디아라비아, 필리핀, 브라질등 수십개국에 이른다.

국내에서는 1979년 6월 설치된 이후 현재 전국 51개 주요 발전소, 변전소를 대상으로 경제급전(ECONOMIC DISPATCH), 자동 발전제어(AUTOMATIC GENERATION CONTROL)을 행하고 있는 자동급전(ALD) 시스템을 시발로하여 지역 급전과 발전소 자동화에도 확산 시키기 위하여 1981년부터 설치 운용되고 있는 서울 전력 관리처 배전 사령실 자동화 장치, 남서울 전력 원방감시제어 장치, 부산 전력 원방감시제어 장치 및 대전 전력 원방감시제어 장치를 통하여 150여개의 변전소 자동화 운용중이며 또한 수력발전소 자동화의 일환으로 1차 1982년 4월 괴산 수력 발전소 운전을 자동화시켰으며 한강수계의 발전소에 대하여 발전기의 이동, 정

지, 수문조작 및 상태감시 발전소의 운전 상태등을 한곳에 집중시키는 한강수계자동화가 1985년 말 준공되어 운용중에 있다.

한편 원자력 발전을 포함한 대용량의 발전소, 변전소의 신증설 및 초고압 송전 계통의 지속적인 확충에 따른 전력 계통의 확대는 계통사고의 파급 효과를 가중시키는 등 계통의 안전도가 더욱 중요시되었고 지역별 급전 및 발전소, 변전소 자동화가 확대 추진중에 있어 이들 자동화 시스템을 총합화 시키는 것은 급후 필연적인 과제임에 틀림 없다.

이를 위하여 진보된 응용소프트웨어(ADVANCED APPLICATION SOFTWARE)가 추가된 새로운 에너지 관리 시스템(ENERGY MANAGEMENT SYSTEM)이 이미 준공 운용 단계에 와있고 연차적으로 추진되고 있는 지역 SCADA 시스템과 자료 연계(DATA LINK)를 통한 계층화들도 포함으로서 시스템 상호간의 정보 교환 기능 분담 등의 효율적인 종합자동화가 이루어져야 할 것이다. 이의 축적된 기술을 토대로 배전 선로 운전, 부하관리 및 원방 검침등을 주목적으로 하는 배전 자동화 시스템도 연계 운용 되어져야 할 것이며 1983년 말 서울 지역에서 시범적으로 설치된 지중 수용가 선로 개폐기 운전 자동화 방안도 좋은 시도로서 설치 결과에 따른 제반 문제점 검토와 개선 대책 수립을 추진 하는 것은 국내의 전력 계통 종합 자동화의 총아를 이루는 계기가 될 수 있다고 본다.