

전력설비의 자동화 운용관리 (2)

글/에이스 기술단 윤갑구

글 잇는 순서

1. 전력계통과 전력설비 현황
2. 전력계통의 에너지관리시스템
3. 배전자동화 시스템
4. 수력발전소와 변전소의 원격감시제어
5. 퍼스널 컴퓨터를 이용한 수변전설비 감시시스템
6. 건물자동화 시스템
7. 상하수도 감시제어시스템
8. 도서관리시스템

4. 수력발전소와 변전소의 원격감시제어

가. 자동화의 목적과 최근 동향

상시감시를 하지 아니하는 발전소와 변전소 소위 무인화 수력발전소나 변전소에 대한 원격감시제어시스템이 발전되고 있다. 이미 미국등의 서구에서는 초고압 변전소까지 무인화를 하고 있으며 일본의 경우도 수력발전소와 변전소에 대하여 무인화를 위한 자동화가 이루어지고 있다.

무인화 또는 집중제어 등의 자동화 목적은 제어대상 계통의 신뢰도 증진과 생산성 향상 및 요원의 합리화와 노동조건의 개선을 도모하는 것이다.

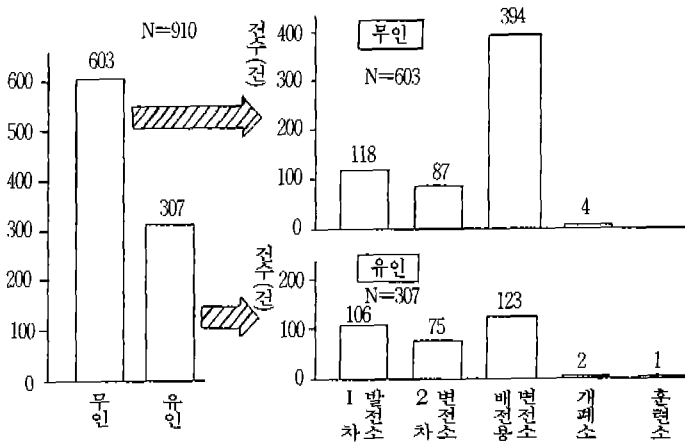
신뢰도 증진은 전력계통에서는 정전의 최소화와 주파수 및 전압의 적정수준유지이고 수력계통에서는 수질향상과 용수공급조건유지 및 홍수 피해의 최소화를 기하는 것이다.

생산성 향상은 전력계통에서는 수력발전과 화력발전을 종합하여 최적발전기 운전대수 결정과 경제급전 및 송배전손실을 감안한 조류제어 등을 통하여 발전연료비를 최소화 하는 것이다. 수력계통에서는 창단기적으로 출수상황을 고려하고 다목적 운용의 요구를 충족시키면서 수력자원의 최대활용을 기할 수 있도록 하는 것이다. 아울러 종업원을 단순다량업무

〈표 4-1〉 부문별 자동화 현황[21]

계 통		개 소 수	자동화개소수()내는 %	현 자 동 화 의 내 용
급전소	중앙급전	1	1(100)	수급제어, 수급계획
	계통급전	3	3(100)	계통감시
	절소급전	15	15(100)	계통감시
수 력 발 전 소		155	146(94)	종합제어소에 의한 수계별·지역별 대규모 집중제어
변전소	송 전 용	182	132(73)	
	배 전 용	997	996(99.9)	
배전선(가공)		12,000회선	12,000회선(100)	시한식 사고탐사기

주 : 수력발전소, 변전소는 무인화를 표시함.



〈그림 4-1〉 변전소 유인·무인별사고건수

에서 해방시키고 인간의 지혜를 충분히 활용토록 하여 인력과 자원의 낭비를 최소화 하고 능률과 효율을 극대화 하는 것이다. 다시 말해서 종합적으로 생산 원가를 줄이고 생산량의 증대를 도모하는 것으로써 전력이나 물사용 요금을 억제시키는 것이다.

요원의 합리화는 운전 및 급전조직의 통폐합으로 업무의 간소화와 효율화를 기하는 것으로서 적극적으로는 인원감축을 달성하는 것이다.

노동조건 개선은 야간근무의 경감 내지는 생활 환경이 불편한 지역과 근무환경이 나쁜 장소에서의 근무를 해소시키므로써 인간존중의 사회를 건설하는 것이다.

참고로 일본의 동경전력에서의 수력발전소와 변전소를 포함한 전력설비의 부문별자동화 현상은 〈표 4-1〉과 같다.

〈표 4-2〉 유인·무인별 사고발생률

항 목	변전소수(A)	사고건수(B)	사고발생률(B/A)
무 인	17,792	603	0.03
유 인	2,288	307	0.13
계	20,080	910	0.43

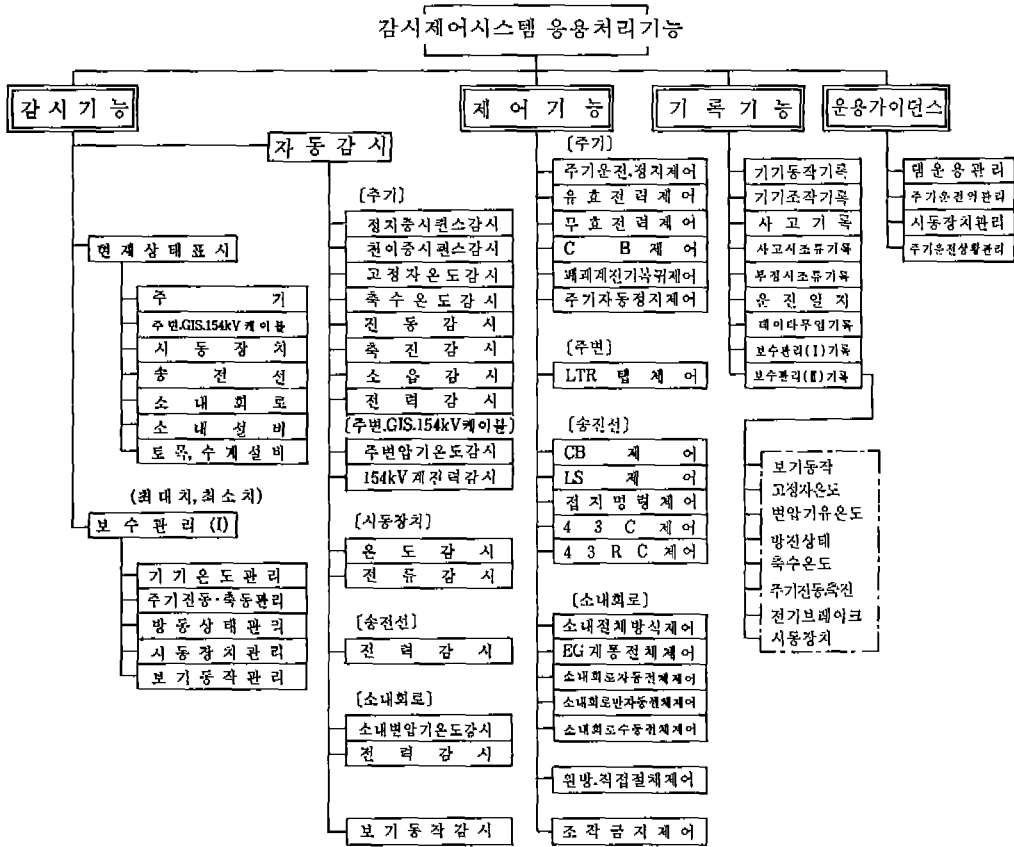
자료 : 일본전기협동연구, 1986.2

〈그림 4-1〉과 〈표 4-2〉는 변전소의 유인·무인별 사고건수에 대한 일본의 사례를 보인 것이다. 사고 총 수 910건중 무인 변전소의 사고가 603건으로서 전체의 66%를 점유하고 있다. 그러나 사고율로 보면 무인의 경우가 0.03이고, 유인의 경우가 0.13으로서 무인쪽이 사고율이 낮은 것으로 나타났다.

나. 감시제어기능의 개요

감시제어기능은 〈표 4-3〉에 나타낸 것처럼 4종류로 분류한다.

〈표 4-3〉 감시제어기능



- (1) 제어기능
펌프수차와 발전전동기의 운전과 정지제어 및 송전선과 소내회로의 제어를 한다.
- (2) 감시기능
종래의 배전반에 설치된 상태표시와 고장표시 등의 자동감시기능과 보수관리기능을 대폭으로 확충한다.
- (3) 기록기능
타이프라이터 또는 프린터에 의해서 운전일보 등의 정시기록 및 조작, 사고기록 등의 부정시기록을 자동으로 한다.
- (4) 운전가이던스
운전원이 주기의 운전에 참고할 데이터 예를 들면

램수위에 따른 양수와 발전운전가능 시간을 CRT상에 표시하는 것이다.

5. 퍼스널 컴퓨터를 이용한 수변전설비 감시시스템

전력의 공급신뢰도 향상을 위하여 변전소에서는 고신뢰도 기기의 채택이나 운전면에서의 집중화, 자동화가 이루어지고 있다. 한편 보수면에서는 종전 순시나 정기점검에 의하여 기계를 확인하고, 부품을 손질하거나 교환하여 기기고장의 방지를 도모하는 “예방보전”의 보수 형태를 하여 왔으나 앞으로는 기계의 운전상태를 항시 감시해서 이상징후를 조기에

〈표 5-1〉 감시제어형태의 변천

년 대 [제어형태]	형 태 의 변 천 지 원 기 술	기 능 의 변 천	
		제 어 기 능	프 랑 트
1940년대 [직접제어]	○ 분산 기술 ○ 고전 기술	[제1단계의 기능] ○ 시스템의 상태감시	소규모 일체형
1950년대 [원방감시제어]	[진공관시대] ○ 원방감시제어 기술 ○ 통신기술 ○ 아나로그 기술	[제2단계의 기능] ○ 시스템의 상태감시와 제어 ○ 제어결과의 확인	소규모 분산형
1960년대 [집중감시제어]	[트랜지스터 시대] ○ 반도체 기술 ○ 전자화 기술 ○ 컴퓨터 기술 ○ 디지털 기술	[제3단계의 기능] ○ 시스템의 상태감시와 제어 ○ 제어결과의 확인과 비교	중규모 분산형
1970년대~ [대규모 집중감시 제어] 자료연계(data links)와 계 층구조(hierarchical struc- ture)	[IC, LSI시대] ○ 집적화 기술 ○ 광일렉트로닉스 기술 ○ 광통신 기술 ○ 화상처리 기술	[제4단계의 기능] ○ 시스템의 상태감시와 자동제어 ○ 제어결과의 확인과 비교 ○ 부가기능의 개발과 기록 ○ 예측보전과 전문가 시스템기능 적용	대규모 분산형

검출하여 사고를 미리 방지함과 동시에 점검내용이 나 빈도의 경감을 꾀하는 “예측보전” 방식을 도입할 필요가 있다. 여기서는 예측보전의 수단으로서 앞으로 활용이 기대되는 수변전설비의 이상감시시스템(SCADA System)에 대하여 개설하고자 한다. 참고로 감시제어 형태의 변천을 정리하면 〈표 5-1〉과 같다.

가. 감시시스템의 구성

감시대상이 되는 변전소는 기중절연기기로 구성된 2회선 수전 2뱅크의 표준적인 배전용 변전소를 예로 들었다.

시스템은 이 변전소의 기기를 원방의 보수장소에서 감시하는 것으로 변압기, 개폐기 등의 절연열화나 과열을 검출하는 각종 센서에서의 데이터 수집과 신호처리를 하는 처리장치, 보수개소에서 각종 표시, 이상판정, 데이터 보관을 하는 원방감시장치로 구성한다.

시스템 구성에 있어서는 원격감시장치에 퍼스널 컴퓨터의 채용이나 변전소와 보수장소의 데이터 전

송에 진화회선을 이용하는등 범용성이 높은 시스템으로 함과 동시에 경제성의 향상을 도모하였다. 〈그림 5-1〉에 시스템의 장치구성을 표시한다.

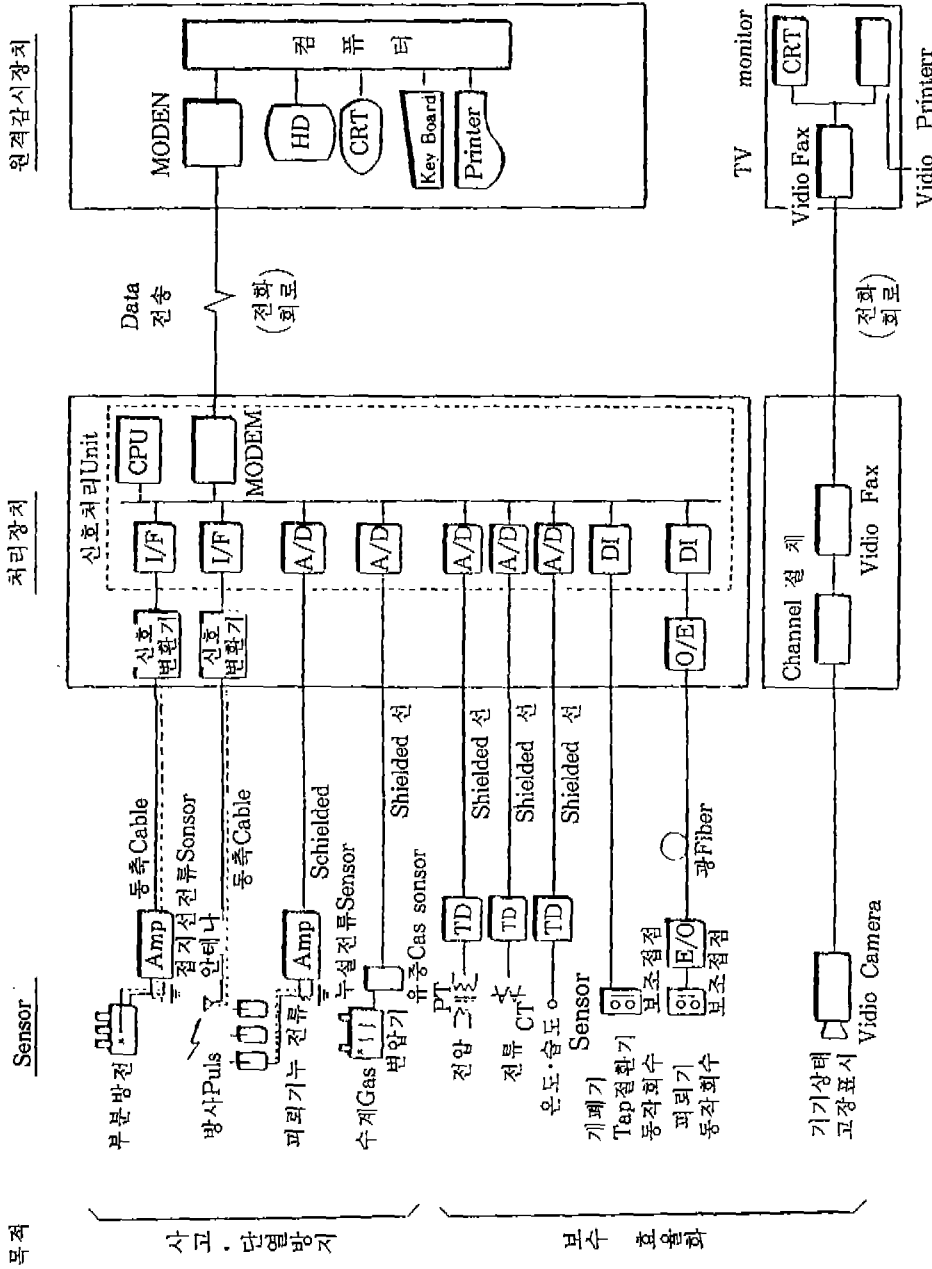
또 비디오시스템을 병용하여 설치함으로써 기기의 운전상태나 배전반의 고장표시의 도면감시도 시도되고 있다.

나. 인공지능의 응용과 전문가시스템

최근에는 설비감시시스템에 인공지능(AI:Artificial Intelligence)수법을 적용하여 인간이 가지고 있는 지능을 구현하려는 연구가 활발하다. 이에따라 해당분야에 가장 전문적인 지식과 경험을 이용하여 가변적인 상황에 가장 적절히 대처하기 위한 전문가시스템(Expert System)을 개발해 가고 있다. 〈표 5-1〉은 설비감시시스템의 엑스퍼트 적용기능 예를 소개하였다.

6. 건물자동화시스템

가. 시스템의 개요



(주) TD : Transducer I/F : Interface E/O, O/E : 광·전기 변환기
 DI : 입력부 CPU : 처리부 HD : Hard Disc CRT : Display

(그림 5-1) 변전기기 이상감출시스템장치 구성도

(표5-1) 설비감시시스템 엑스펙트적용기능 예

지 원 업 무		
업무	지 원 항 목	기 능 개 요
사 고 시 대 응	1) 사고판단	• 운전감시제어장치와 각 감시장치의 정보에서 이상양상, 사고판단이유, 관련상변, 동작리레이 등을 표시한다.
	2) 사고원인 판단	• 사고건명마다 사고내용의 판단이유를 설명 표시한다. • 사고판단에 사용한 정보(상태, 기기상태 동작리레이의 지식)을 설명표시한다.)
	3) 사고범위	• 사고판단 정보에서 화면,기기배치도에서 스탯트사고 범위, 사고개소 등을 표시함. • 사고판단 정보에서 당해설비의 사진·일러스트 등을 표시함.
사 고 시 대 응	4) 사고시 운전 가부판단	• 사고판단 정보의 각 감시장치 정보에서 당해지기·설비의 운전가부를 판단하여 표시함.
	5) 사고점 제거 조작의 수순작성	• 조작기기의 절체수순을 표시함 • 조작기기 인터록 조건을 표시함
	6) 사고 응급조작 지원	•뱅크 및 선로의 부하현재치 과부하 한도치등을 표시함. • 절체선뱅크·선로예상조류를 계산하여 표시함. • 공급지장범위를 조기복구함. 수순을 표시함.
	7) 사고시 현지조작 가이드스	• 사고판단정보에서 사고점절리, 응급조작에 필요한 현지 기기조작내용·수순을 표시함.
이 상 시 대 응	1) 이상판단	• 이상발생기기의 이상판단내용, 이상판단이유, 이상양상 등을 표시함.
	2) 이상원인 판단	• 이상판단정보에서 이상건명마다, 이상원인, 판단이유 등을 설명표시함. • 이상판단에 사용한 정보·지식을 설명 표시함.
	3) 이상개소 판단	• 기기의 이상개소, 센서취부개소, 이상검지센서 등을 표시함.
	4) 이상시 운전 가부판단	• 이상판단내용, 이상경향 등에서 당해기기·설비의 운전가부를 판단하여 표시함.
상 시 대 응	1) 기기상태 감시	• 기기상태를 상시감시하여, 이상예지, 수명예측, 점검시기·내용 등을 표시함.
	2) 과부하 운전	• 과부하감시설정치·과부하지침을 함에, 과부하허용시간 등을 판단하여 표시함. • 기기·설비의 부하상태를 표시함.
상시 대응	3) 상시 현지조작	• GIS의 말브조작, 소내전체조라 등의 현지조작수순을 표시함. • 설비·기기의 정격, 구조도, 리레이정정치 등을 표시함.

도시의 빌딩등이 고층화, 대형화, 다기능화 됨은 물론 현대건축물의 다양화와 복잡화, 거주자의 생활 수준 향상으로 인한 쾌적한 환경의 요구와 안정성 및 사무자동화(Office Automation:OA)를 포함한 편리성

의 향상에 대한 요구는 더욱 높아지고 있다. 이에 대응하여 80년대에 들어 대형 고층건물에는 컴퓨터를 중추로 한 건물자동화시스템 (Building Automation SystemBAS)을 도입하고 있는데 이 시스템을 건물관

〈표 6-1〉 건물자동화 시스템의 경제성 엔지니어링 사례

엔지니어링 사례	건물규모 (m ²)	투자비 (천원)	절감비 (천원/년)	회수기 (년)	비 고
(1) 한국 ACE	3,000	20,000 (10,000)	5,028 (4,428)	4.0 (2.3)	()내는 간이BAS적용시
(2) 미국 Austion(IEEE)	5,566	1,452	5,324	0.3	*1 간이타이머(74년)
(3) 미국 Austion(IEEE)	5,566	1,694	6,389	0.3	*2 소형EMS(74년)
(4) 한국 ACE	7,059	50,000	13,569	3.7	동방생병, 영등포분국
(5) 한국열관리협회	10,000	150,000	52,000	2.9	*3 1억원은 ACE에서 상향 조정
(6) 한국ACE	12,800	100,000	26,104	3.8	한전 서울전력관리처 기준
(7) 한국등자연	18,921	31,300	19,839	1.6	지가격 EMS적용시
(8) 미국 Honeywell	20,000	34,400	18,352	1.9	*4 전형직 절감비
(9) 미국 Honeywell	20,000	34,400	31,786	1.1	*5(*4)+인력절감+수명 연장
(10) 일본 종합콘설터트	20,000	1,177,000	187,058	6.3	
(11) 미국 Johnsosn Con.	20,745	63,200	46,446	1.4	Methodist 병원실태
(12) 한국등자연	29,160	200,000	34,744	5.7	동양화학공업사옥
(13) 한국 ACE	29,160	200,000	59,462	3.4	동양화학공업재검토
(14) 한국 금성하니엘	40,000	200,000	71,292	2.8	
(15) 일본 종합콘설터트	50,000	2,942,500	522,647	5.6	강남도매시장
(16) 한국 금성하니엘	83,000	250,000	230,441	1.1	
(17) 한국 건설기술	100,000	834,894	278,298	3.0	*6 채산한계점 3년 기준 투자액
(18) 미국 Fowler/Blum	131,240	375,954	137,090	2.7	Dallas 중심가 전저화 49층
합 계	606,217	6,666,794	1,745,869		
	전체평균	10,997 (원/m ²)	2,880 (원.m ²)	3.8	
m ² 당 평 균	(2,3,10,15) 제 의	4,845 (원/m ² a)	1,955 (원/m ² 년)	2.5	지나치게 작은값 2개와 지나치게 큰값 2개 제외

리시스템 (Building Management System) 또는 건물에
너지관리시스템 (Energy Management System in Build-
ingEMS) 이라고 말하고 있으며, 흔히 전력중앙감시
설비 또는 중앙감시제어장치라고도 부른다.

건물자동화시스템을 도입, 건물설비 전반을 유기
적으로 연계 운용함으로써 각 설비의 운전, 조작 등
에 있어서의 인력절감은 물론, 에너지절약 제어에
의한 건물운영의 경제성, 효율성 향상을 도모하고
생활공간에 있어서의 안전성과 편리성의 확보, 쾌적

환경의 유지관리, 긴급시의 신속 정확한 조치 등 최
소의 노력으로 에너지절약을 도모하면서 건물의 쾌
적성을 추구하고 있다.

〈표 6-1〉은 건물자동화시스템의 경제성 엔지니어
링 사례를 나타낸 것이다.

나. 시스템의 기능

- (1) 감시기능과 계측기능
- (2) 제어기능 : 제어기능을 요약하면 〈표 6-3〉과
같다.

(3) 기록기능과 분석기능 : 기록기능을 요약하면

〈표 6-2〉 감시계측기능

개폐기 차단기 개폐 발전기 운전장치 차단 전원기기 운전정지 상태 공조기 운전정지 상태 위생동력 운전정지 상태 조명점멸 상태 엘리베이터의 운전상태 위치운전패턴 엘리베이터 운전 상태 수요전력 감시 주차장 출입고 감시 계측치 상하한 감시 발전기 이상 위생동력 이상	수위표시 및 경보 열원기기의 이상 공조기의 이상 조명설비 이상 엘리베이터 고장 각종 전력량 발전기 적산전력량 발전기 부하량 온도, 습도, 압력유량 카로리 사용가스량 사용연료 계측
---	--

〈표 6-3〉 제어기능

복전제어 개별제어 역률제어 발전기부하 전등점멸 화재시 동력제어 제어사항 산출 대수제어 온도습도, 계도설정 의기 취급량 심야전력축열조 유효이용	기기선정 비상용의 조명전원 엘리베이터 도착 엘리베이터 운전 엘리베이터 전원 보수점검시 ITV선택지시 저습, 기습 허용습도 초과시 DDC
--	--

〈표 6-4〉 기록기능

(조작운전기록) 수변전설비 비상용발전설비 공조설비 위생설비 조명설비(고장기록) 수변전설비 비상용발전설비 공조설비 위생설비 계측치 이상(일보, 월보작성) 수변전설비(정지, 사고시) 비상용 발전기(운전시간 연료소비) 공조설비(가동시간 에너지 소비량) 각종 데이터	(요금계산) 디맨드별 사용전력량 디맨드별 사용수량 디맨드별 가스 사용량 주차요금(계측기록) 사용전력량 냉운수 사용량 카로리 사용수량 사용 가스량 동작 회수(기기) 운전자 가이드 보수데이터 수집 방재 감시원 훈련
--	--

〈표 6-4〉와 같다.

(4) 설정기능과 보수기능 : 설정기능은 관리시스템이 공장에서 제작도중 또 현지운전후의 변경이나 등록에 대하여 매우 유효하다. 또, 이것의 설정조작을 CRT와 대화형으로 함으로써 메뉴얼이나 취급명세서를 보지 않더라도 오퍼레이터가 쉽게 조작할 수 있도록 하는 것이 필요할 것이다.

(5) 방재방법기능 : 방재방법기능을 〈표 6-5〉와 같이 건물자동화기능에 포함시키는 것이 바람직하겠다.

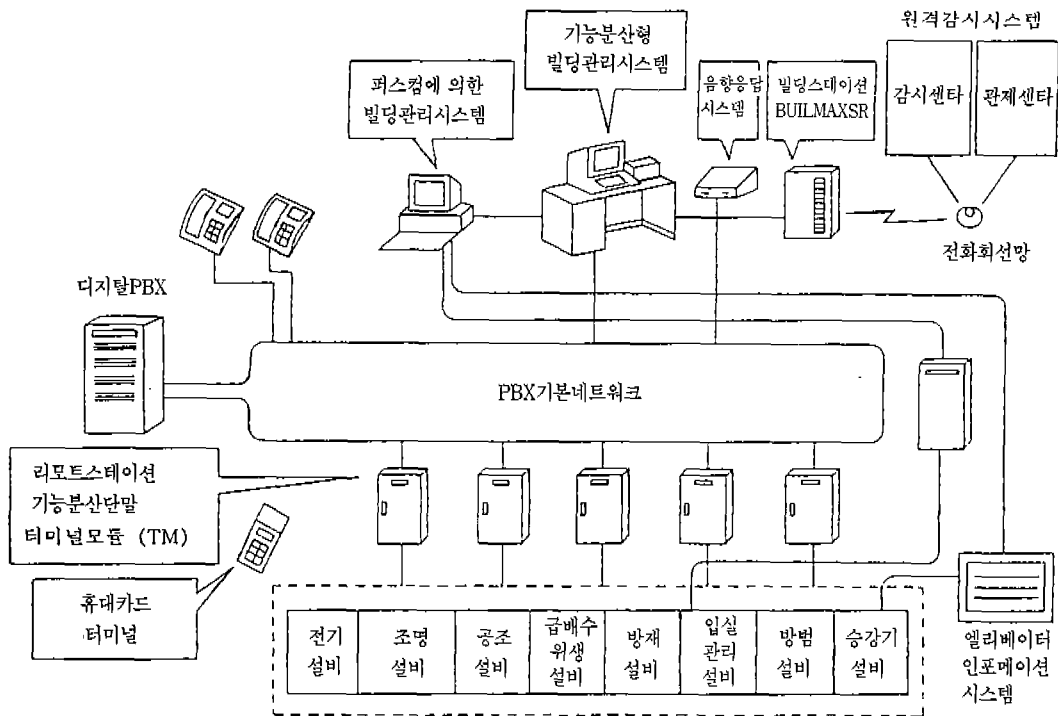
다. 시스템의 구성

건물의 초고층화, 대규모화에 따라 감시제어 대상도 다량 복잡화, 지리적 광역화, 처리기능의 고도화 등으로 인하여 정보처리량의 대폭적인 증가는 물론, 현장제어소(Local Station)에서의 처리량도 다량복잡화 되어지고 있다. 이에 대응하여 최근의 건물자동화시스템은 피관리 대상의 분포를 고려, 블럭화 하여 감시제어 기능을 분산시키고 호스트/프론트계, 전송계 및 프론트엔드계로 계층구성함으로써 상위에 설치한 관리시스템과 연결하여 시스템 전체의 효율화를 기할 수 있으며, 집중관리 및 제어의 분산처리 방식을 채용하여 기능과 위험을 분산시키고 있다.

이와 같이 모든 감시제어대상을 한군데에 집중관리함으로써 감시제어 성능의 향상 뿐만 아니라, 에

〈표 6-5〉 방재방법기능

화재표시 소화설비 동작표시 풍향, 풍속, 온도 표시 배연설비동작 표시 방화셔터동작 표시 비상 엘리베이터 위치 표시 유도등 비상콘센트 전원 표시 항공장애등 단심 표시 화재경보 자기진단 표시 비상전화 착신 표시 도아록크 표시 재실검지기 표시 감지기동작 표시 ITV 방화호 개폐상태 표시 침입 감시	(기록) 방재설비 동작 방재설비 고장 방범설비 동작 수회기록 (제어) 방연, 배연, 소화설비 비상용 엘리베이터 호출 비상용 방송계통 선택 비상구 개폐 화재시 공조동력 지진시 비상제어 피난시 유도 ITV 선택
--	--



〈그림 6-1〉 중규모 종합빌딩관리시스템

너지절약과 입력절감을 도모할 수 있는 건물자동화 시스템의 도입이 확대되어지고 있다. 더욱이 고신뢰성이 요구되는 건물관리시스템의 경우, CPU의 2중

화는 물론, 보조기억장치, CRT Display, Typewriter 등도 필요에 따라서 이중화시스템으로 구성한다. 〈그림 6-1〉은 빌딩내의 대상설비를 감시제어하는

				디지털 PBX와의 인터그레이션 (LAN통합) 분산제어(인텔리전트) 고도연산제어 (지능컴퓨터) 최적메인테이션시스템 32비트 마이크
		선택적 집중감시 (반고정적) 브라인드 감시 선택조작 스케줄제어 아나로그계측 집중계기반 공동선 병렬전송방식	실비시스템의 일원화 (전기, 위생, 공조 종합감시제어) 아나로그계측 계측기능(예측/학습기능) 집중계기반 기기의 소형화 직렬전송방식 4비트 마이크	디지털 PBX와의 인터페이스제어대상의 복잡화 고도화 집중감시분산제어 DDC 센서서비스계측 소형감시반 8/16비트 마이크
감시포인트의 고정화 상시감시 개별수동제어 대형집중계기반 개별배선방식		리레이/트랜지스터	IC	VLSI
리레이				LSI, VLSI
	1965	1975	1985	(년대)
제1세대	제2세대	제3세대		인텔리전트세대

(그림 6-2) 건물자동화 기능의 전개[32]

시스템 구성의 일예를 나타낸 것이다.

라. 향후 전망

건물자동화 기능의 전개는 (그림 6-2)와 같이 발전되고 있다. 앞으로 다음과 같은 분야의 기술개발에 노력하면 더욱 경제적이고 합리적인 건물자동화에 도움이 될 것으로 사료된다.

- (1) 건물자동화(BA)와 사무자동화(OA) 및 통신시스템(Tele-Communications System)이 결합되는 최신기술의 인텔리전트빌딩에 대한 계획과 설계 및 시공과 유지보수에 대한 기술검토
- (2) 관련기관이나 동일업체에서 관리하는 건물이 많은 대도시 등에서의 건물군관리시스템과 인텔리전트 씨티에의 전개에 대비한 연구
- (3) 우리 실정에 적합한 건물자동화시스템의 하드웨어와 소프트웨어의 표준화 및 국산화에 대한 연구와 모델건물예의 실증시험

나아가 인텔리전트빌딩에 대하여 보다 고도한 정보기능을 부가한 이른바 EI빌딩(Energy & Information, Ergonomic & Intelligence, Environment & Identity)

의 다음과 같은 특징을 연구개발할 필요가 있다.

- (1) 고신뢰도, 고품질의 전력공급 : 무정전, 고조파 억제
- (2) 에너지 비용의 저감 : 전력의 효율운전, 전력의 야간이동
- (3) 빌딩관리의 성력화 : 빌딩설비의 원격감시 제어 및 자동검침
- (4) 빌딩설비의 성스페이스화 : 입체화 수전, 보호계측의 디지털화
- (5) 쾌적하고 안전한 도시환경 : 전전화
- (6) 도시의 유효이용 : 지역별 공급
- (7) 쾌적한 집무환경 : 공조, 조명
- (8) 통신비용의 저감 : 회선 선택
- (9) 각종 정보제공 : 생활정보, CATV
- (10) 통신지원 : 텔레비전 전화, 빌딩내 이동전화
- (11) OA지원 : IC 카드 시스템 ⊕

(다음호 계속...)