

자동제어가 설비에 적용시 환경 및 에너지 효율에 관하여

Effects of automatic control on the performance and energy efficiency of building systems

차 용 철
Y. C. Cha

삼성전자(주) 시스템제어



- 1960년생
- IBS 분야, SI 및 제어장치 개발(S/W, H/W)에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

최근 자동제어의 기계설비에 적용되어 환경 및 에너지 절감에 대하여 많은 역할을 하고 있으며, 시설관리, 유지보수 및 기계설비의 운전시 응급 처치능력에 많은 역할은 분담하고 있는 현실이다.

모든 건물의 환경 여건을 조성하는 부분중 인간의 생활과 밀접한 관계를 갖고 있는 부분이 공간적인 측면도 있지만 기후적인 측면과 공기의 질적인 면이 많이 대두되고 있으며 이런 여건을 충족시키는 기계설비부분을 분석하여 볼 필요가 있다.

또한, HVAC 제어 시스템은 건물내에 근무하는 근무자들을 위한 공조, 냉/난방, 열원, 위생 및 기타 설비의 최적제어 및 운전상태에 대한 원격 감시를 통해 유지, 보수 정비의 분석등 각종 설비들이 유기체로 제어하여 기기를 효율적으로 운전함으로써 사무환경의 쾌적성, 안전성을 도모함과 동시에 에너지 및 관리인원의 절감등을 통해 본 건물을 경제적으로 유지하는지를 보고자 한다.

2. 빌딩자동제어 개념

자동화시스템은 건물내에 설치된 각종 설비(냉방기, 난방기, 열원전달기등)및 Device (valve, sensor류)를 Operator Workstation, DDC를 이용하며 효과적으로 제어하여 각 시스템(냉난방/환기, 전력, 조명, 방범등)을 유기적으로 결합 운영함을 물론 건축환경과의 통합으로 다음과 같은 잇점을 입주자 및 건물주, 경영자에게 제공한다.

입주자의 입장에서는 쾌적한 환경, 재난으로부터의 보호. 서비스(온도, 습도, 조명등)의 제어, 정보 누출 방지 및 질 높은 정보를 제공받으며, 경영자에게는 인건비절감, 에너지절감, 빌딩의 경제성 확보, 관리기능의 효율화 및 기업이미지를 개선하는 효과를 준다.

3. 시스템의 분류 및 기능, 통합서비스

3.1 시스템 분류 및 제공서비스 분류

(1) 기능상 분류

기능상 분류는 다음과 같이 3가지로 분류할 수 있다.

- ① 쾌적한 오피스 환경을 확보하고 효율적인 시설관리를 위한 빌딩관리시스템
- ② 방범, 방재등의 기능을 강화하여 거주자 및 시설의 안정성을 확보하는 시큐리티 시스템(security system)
- ③ 거주자의 쾌적성을 손상하지 않고 설비기기의 고효율화를 도모하여 에너지의 낭비를 없애는 에너지 절약시스템

다음표는 에너지 절약시스템 효과 및 사무실 빌딩의 연간 소비 에너지를 에너지별 설비별로 분류한 것이다.

표 1에서 보는 바와 같이 전기동력이 73%를 차지하고 있어 에너지 절약 측면에서의 자동제어는 전력과 조명제어가 중요한 위치를 차지하고 있음을 알 수 있다.

또한, 난방연료로 사용되는 도시가스의 절약, 중유의 절약을 위한 제어 및축열 시스템등의 도입도 긍정적으로 검토되어야 한다.

(2) 제어설비별 분류

제어 설비별 분류는 다음과 같이 5 가지로 분류할 수 있다.

- ① 냉/난방, 위생설비 : 공조기, 냉동기, 빙축열, 저수조, 고가수조, 보일러, 공기청정기, 냉각탑, 열교환기, 급탕, 탱크류, 펌프류 등
- ② 전력 관련 설비 : VCB, ACB, NPB, Generator OCR, UVR, 조명 등
- ③ 주차 관련 설비 : Card Reader, 티켓발권기, 요금정산기, Bar Gate 등
- ④ 방범 관련 설비 : 지문인식시스템, 침입감지시스템, Key관리 시스템, CCTV 시스템, Patrol System 등
- ⑤ 방재 및 기타 시스템 : 쓰레기처리시스템, 진공청소시스템 등

상기와 같이 분류된 시스템이 과거에는 분류되어 개별제어를 하였으나 관리의 효율화와 효과적인 서비스 제공 측면에서 단일 O.W.이나 Back-up기능이 있는 O.W.S.에 의해 통합관리되고 상호간 정보교환이 되어야 한다.

표 3.3은 기능상 분류와 제어설비별 분류관계를 구분한 것이다.

표 1 사무소에서 사용되는 에너지 구성 비율

No	에너지	설비	비율	비고
1	전기	공조용 동력	17	
		위생, 승강기	17	
		전등, 콘센트용	39	
2	중유	난방, 중앙식 급탕	16	
3	가스	주방, 급탕	11	
합 계			100	

주1) 비교조건 전력 1KWH = 2,450 Kcal
 가스 1m³ = 10,000 Kcal
 중유 1ℓ = 9,900 Kcal
 주2) 과학 기술집 자원조사료 데이터 인용

표 2 주요 성에너지 대책의 효과

	공조 전체에서 차지하는 효과	빌딩 전체에서 차지하는 효과
- 외기도입제어	7%	4
- 외기냉방제어	0.4%	0.2
- 전열교환기	11%	6
- VWV	2%	1
- VAV(공조)	3%	2
- VAV(환기)	5%	3
- 실내온도제어	16%	9
전체 효과	35%	19%
- 냉매 자연 순환방식	30%	동기냉방의 필요한 고발열 기기실에 적용한 경우
- 배출열 회수	25%	사무실의 난방에 이용한 효과

주1) 인텔리전트빌딩 설계, 계획 가이드북, 기다리 P321

표 3 기능상 분류와 제어설비별 분류

대분류설비	설비 기계	빌딩관리시스템			Security 시스템	에너지 절약시스템
		감 시	제 어	기 록		
냉난방 / 위생설비	공조 설비 & 냉열원 설비 & 급배수 공해 & 가스 감시	- 온, 습도 입력감시 - 기기의 상태감시, 경보 (냉동기, 보일러, PAC, 스팀 누수, 펌프류, 필터발전기, 향온향습기 등) - 탱크류상, 하한 적산 - Steam 사용량 적산 - Water 사용량 적산	- 댐퍼개도 적산 - 온, 습도 제어 - 기기의 기동/정지 (냉동기, 보일러, PAC, 스팀 누수, 펌프류, 발전기, 향온향습기, 공기청정기, 각종 팬 등) - 각종 Valve 제어 - 전화기에 의한 공조제어 - 스케줄 제어	- 조작, 작동 기록 - 고장, 이상 기록 - 상하한계 경보 기록 - 일보, 월보의 작성 - 데이터의 기록 - 추이기록	- 화재시 급, 배기 팬제어 - 화재시 Damper 제어	- 빙축열 시스템 - 외기도입 냉방 - 냉매 자연순환 공조 - 열반송 동력 절감 시스템 - VAV 제어 - 최적기동/정지 제어 - 절전온전제어 - 열원디멘드제어 - 절수스케줄제어
	공해 & 가스 감시	- 가스 사용량 적산 - 가스 누출 감시 - 이산화탄소농도 감시	- 보일러 기동/정지 - 팬 기동/정지 - Damper제어	- 고장, 이상 기록 - 데이터 기록	- 가스누출시 보일러 정지 및 배기팬 기동 - 이산화탄소농도가 설정치를 초과시에 배기팬 기동/정지	
전력 관련 설비	전력 계통 설비	- 계측, 적산 (전류, 전압, 주파수, 역률, 무효전력량, 전력량 등) - 상태 (VCB, ACB, MCCB, ATS, LBS, 발전기상태 등) - 경 보 (Trip Alarm, OCR, OCGR, UCR, UVR, OVGR, DGR, DSR, NVR, ELD, High Temp, 발전기 이상 경보 등)	- 차단기 개폐기 조작 - 정전시 제어 · 전원 자동절환 · 자가발전기 자동 기록 · 부하배분 - 복전시 제어 · 전원 자동절환 · 자동투입(순서적으로) · 동력 재가동 - 분전반의 On/Off 제어	- 조작가동기록 - 이상상태 기록 - 일보, 월보의 작성 - 전력요금산출 기록 - 고장기록 - 데이터의 기록 - 추이 기록	- 정전시 비상전원 가동 - 정전, 복전 제어	- Peak Demand 제어 - 변압기대수제어 - 역률 개선 제어 - 정전, 복전 제어

대분류설비	설비 기계	빌딩관리시스템			Security 시스템	에너지 절약시스템
		감 시	제 어	기 록		
전력관련 설비	조 명	- Program Switch 입력 - Photo Switch 입력	- 패턴 제어 - Zone 제어 - 스케줄 제어 - 전화기 제어	- 조작 기록 - 고장 기록	- 침입감지 Zone 의 조명 점등	- 창가 점등 제어 - Zone 제어 - 스케줄 제어 - 전화기에 의한 조명 제어 - 재실인원 퇴실 시 전원소등
주 차 관련 설비	주 차	- 게이트상태 표시 - 게이트표시등 상태 - 주차 상황 감시 - CCTV 감시 - 일산화가스 농도 감시	- 요금정산 - 티켓발권 - Card Reader 에 의한 정기권 및 직원 Pass - 층별 주차현황 표시 - 유도등에 의한 주차안내 - 배기, 노즐팬 제어	- 직원 이용 현황 - 고객 이용 현황 - 요금 영수 내역 - 일, 월, 년 데이터 - 층별 주차 현황	- 주차장 CCTV 카메라에 의한 안전 감시 - 진동센서에 의한 충돌 감시 - 소방차유도 (화재시) - 배기팬, 노즐팬 제어	
방 범 관 련 설 비	IC- CARD/ 지문인식 / 순찰감시 / 침입감시 시스템	- 비등록 인원의 입실 시도시의 경보 (card system, 지문인식시스템) - 침입감시 (CCTV 카메라 감시, sensor 에 의한 감시, 순찰시간 초과 경보)	- 문의 개폐 (electric lock) - 출입자 Level 별 통제 (card system, 지문인식시스템) - 비사용카드시 또는 Error시 거부 (card System, 지문인식시스템) - CCTV 카메라 조작 제어 - 순찰시간초과 제어	- 출입자 기록 - Card소지자 위치 - 이상 상태 기록 - 순찰감시투어 기록	- 침입감시 (motion detector, 적외선 센서, CCTV 시스템, Glass-Breaker, Electric Lock 등) - 출입자 관리 (Key 관리시스템, 지문인식시스템, Ic-Card System) - 순찰감시 시스템 - 화재발생시 문 Open (electric lock)	- 조명과 Key 관리시스템 또는 조명과 Card System과의 연동에 의한 조명, 공조제어

대분류설비	설비 기계	빌딩관리시스템			Security 시스템	에너지 절약시스템
		감 시	제 어	기 록		
방 재 및 기 타 설 비	진공청소 시스템	- 진공펌프 상태, 경보 - 각층의 Local Switch 상태	- 진공펌프기동, 정지 - Schedule 제어 - 진공펌프 Mo- tor 속도 제어	- 조작, 기동 기 록 - 고장, 이상 기 록 - 사용시간 기록 - 일, 월보 작성		- 진공펌프 Mo- tor 속도 제어 - Schedule 제어 조명, 공조 제 어
	항 공 조 시스템	- 항공조시스템 상태, 경보 - 탱크 하한 경 보	- 항공조시스템 기동, 정지 - Schedule 제어 - 항변환 제어 - 공기청정기와 Interlock	- 조작, 기동 기 록 - 고장, 이상 기 록 - 사용시간 기록 (항중류별) - 일, 월보 작성		
	누수감지 방 재	- 누수 감지 - 누수 경보 - 화재 경보	화재시 - 화재층 공조기 Off - 화재층 실내 양압 유지 - 엘리베이터 화재층 Pass - 모든 문 Open	- 화재발생시간, 발생기 기록 - 화재시 기기 작동 기록 - 누수발생 시간, 장소 기록	화재시 - 화재층 공조기 Off - 화재층 실내 양압 유지 - 엘리베이터화 재층 Pass - 모든 문 Open	
방재 및 기타 설비	방재 및 Elevator Interface	- 화재발생감시, 경보 - 비상 엘리베이 터 운행 표시 - 기기의 작동 표시 - 비상전화 착신 표시 - 엘리베이터상 태, 운행표시 - 엘리베이터기 기의 이상 경 보	화 재 시 - 옥상급기팬 기 동/정지 (화재전용급기 팬) - 비상엘리베이 터 제어 - 공조기 정지 - 비상통보 제어 - 피난유도 제어 기 타 - 감진시 비상조 작 제어 - 비상 반송조작 제어 - 엘리베이터 전 원 On / Off 제어	- 화재발생경보 의 기록 - 방재기기작동 기록 - 소화기 작동 기록 - 엘리베이터기 기의 이상 기 록 - 엘리베이터 조 작 기록	화 재 시 - 옥상 급기팬 기동/정지 (화재용 급기 팬) - 비상엘리베이 터 제어 - 공조기 정지 - 비상통보 제어 - 피난유도 제어	

표 4 BA와 OA연동시 정보교환 내역

구 분	BAS에서 OA Host Computer로의 정보전송	활 용 분 야
테넌트이용 과금	<ul style="list-style-type: none"> - 빌딩내 설비, 공조, 조명, 출입 관리 시설 사용 시간에 따른 요금의 자동부과 정보통보 - 주차장이용에 따른 이용요금의 통보 - 사무실 이용자에 대한 전력, 수도, 가스등을 집중 검침하여 집계한 요금정보 통보 - 빌딩내 사용되는 광열비의 관리 및 사용요금 통보 	<ul style="list-style-type: none"> - OA의 예산 회계관리시스템과 연동하여 빌딩 관리를 위한 예산편성 및 집행 - 빌딩내 설비의 사용관리 및 사용요금을 테넌트에게 고지서로 작성하여 통보
빌딩설비의 유지보수	<ul style="list-style-type: none"> - 설비기기의 운전시간, 투입회수를 계측하여 기기들의 운전상황을 감시한 정보의 통보 - 각 설비들의 정비점검, 일상점검의 예정 스케줄, 실시 스케줄을 작성하여 점검 및 점검비용의 통보 - 빌딩내 설비들의 노후화 정도, 유지보수 및 교체시기 판단 정보 제공 - 건물내 설비들의 점검데이터, 고정데이터를 분석 통보 	<ul style="list-style-type: none"> - 빌딩내 설비의 유지보수 비용산출 및 비용을 예측하여 효율적인 예산관리에 사용 - 빌딩내 설비들의 이상유무 및 노후화 정도를 예측하여 유지 보수 및 교체시기 판단
출입관리 정보	<ul style="list-style-type: none"> - 회의실등의 입,퇴실 공조 및 조명설비등의 자동점멸에 따른 사용정보 통보 - 휴일 및 야간근무자의 출입상황통제 정보제공 - 내방객의 출입관리정보를 출입관리시스템과 연동운영하여 스케줄 관리를 위한 정보의 통보 - 빌딩내 침입자 정보를 통보 	<ul style="list-style-type: none"> - OA의 내방객 관리 서비스와 연동하여 내방객 관리의 편리를 도모함 - 내방객의 출입에 따른 사무실 근무자의 회의실 예약사용 및 스케줄 관리에 편리를 증대함.
빌딩계측 정보	<ul style="list-style-type: none"> - 빌딩내 설비들의 고장 및 경보이력 데이터 통보 - 빌딩내 설비들의 이력감시 - 빌딩자동화시스템의 모든 관제점, 경보 관제점등의 데이터 통보 	<ul style="list-style-type: none"> - 빌딩내 각 설비들의 계측정보 통보로 사용주가 각 설비의 운용상태 파악
기 타	<ul style="list-style-type: none"> - 빌딩내 설비들의 상태, 운용, 감시, 일람등 각종 데이터를 편집하여 작성 통보 	<ul style="list-style-type: none"> - 사용자가 빌딩내 설비들의 운용상태를 파악하여 빌딩관리에 사용

3.2 OA, TC와 통합서비스

그림 1의 구성에서 BA와 OA의 정보교환을 위한 시스템구성을 보면 표 3.4의 정보교환을 할 수 있도록 구축되어야 하며, 향후 이미지신호와 의 공유로 멀티미디어 개념의 제어가 될 것이다.

그리고, 그림 1에서 TC와의 정보교환은 다양한 기능을 구현하고 있으며, 이런 기능으로 인하여 관리, 운영 및 긴급 재난시 응급처치가 가능하도록 되어 있다.

기능으로는 BA LAN상에 구축된 모든 설비 시스템이 MTI에서 음성 및 Pager 기능으로 관련된 관리자나, 운영자에게 이상유무를 제공하여, 이런 정보를 바탕으로 원격제어 및 감시를 수행하도록 구성되어야 한다.

4. 실질적인 구성 방안

자동제어시스템 도입에 대한 경제성 평가는 중요한 의미가 있다. 반도체, 컴퓨터, S/W의 발달에 따라 BA시스템 관련된 중앙처리장치, 제어기 및 Field Device들을 많은 발전을 가져왔으며, 특히, S/W의 급속한 발전은 에너지 절감을 할 수 있도록 개발되어 있지만 시스템을 설치하는 건물, 공장의 특성과 용도, 목적에 따라 기계설비들의 조화로운 구성이 경제성에 많은 영향을 주고 있으므로 기본설계단계부터 건물의 특징을 분석하여 기계설비를 배열하고 유지보수, 건물용도의 변경에 즉시 대응할 수 있도록 건축적으로 기계설비분야에 공간활용도를 수평, 수직적으로 생각해야 한다.

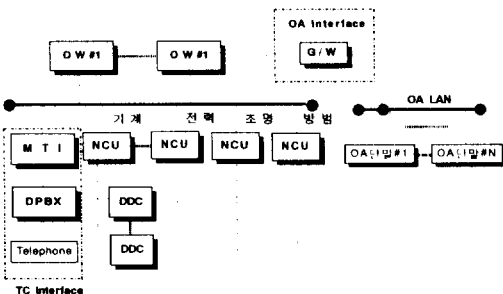


그림 1 BA와 OA, TC의 통합구성도

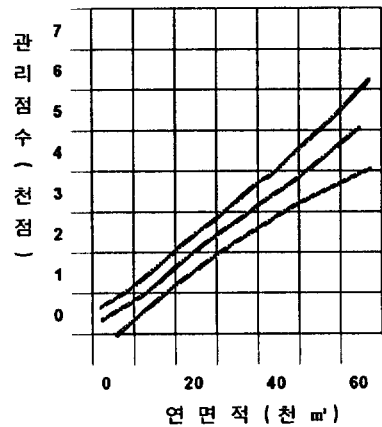
4.1 건물 규모별 관리점수 분포

그림 2는 건축연면적과 관리점수와의 관계를 회귀분석을 통해 예측한 결과이다. BA시스템의 대부분이 관리점수를 기준으로 제안되고 있는데 이를 연면적을 기준으로 환산하는데 활용할 수 있으리라 본다.

4.2 건물규모별 투자비 회수기간

그림 3과 그림 4는 연면적과 투자비, 절감비의 관계를 나타낸 것이다.

그림 3에서 투자비 회수기간은 0.3~6.3년 사이로 나타나 있으나 최소값과 최대값을 2개씩을



주1) 삼우설계, "인텔리전트빌딩 연구개발보고서", PP. 110~113

그림 2 건축연면적과 관리점수

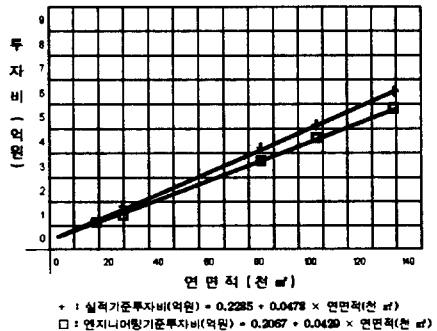


그림 3 건축연면적과 투자비

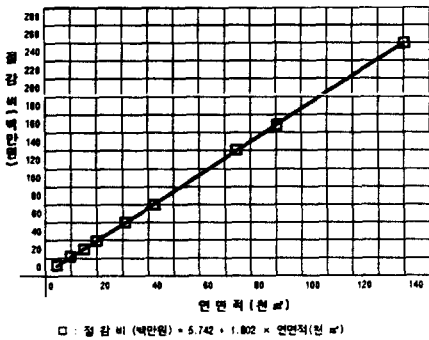


그림 4 건축연면적과 절감비

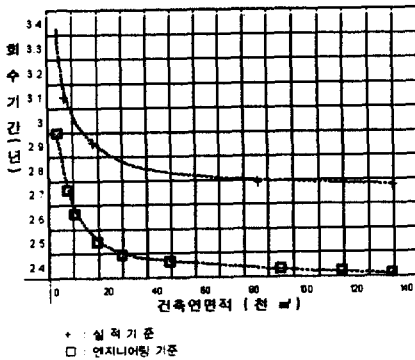


그림 5 BA 시스템의 규모별 투자비 회수기간

제외하고 분석한 평균 회수 기간은 2.5년이다. 건물규모별로 분석한 투자비를 절감비를 나눈 투자회수기간을 표시하면 그림 5와 같다. 채산한계점을 일반적인 기준인 3년으로 볼때 건물규모별 투자비 실적을 위주로 검토해본 결과는 건축 연면적 9,000m² 이상의 건물에서 경제성이 있는 것으로 평가되고 있으며, 이는 시스템 도입과 운용에 있어 효율을 기하면 경제성이 높은 투자시스템으로 생각해 볼 수 있다.

4.3 자동화시스템 구축의 경제성

최근 국내의 설비전문업체 및 제어 관련업체의 시스템 기능 및 상호 호환관계가 향상되어 범용화됨으로 인하여 가격대 성능이 현저히 향상되고 있으며, 관리비용인 인건비와 에너지 가격의 상승으로 BA 시스템 경제성은 더욱 증대될 전망이다.

또한, 건물의 IBS화에 대응한 설비의 신뢰성 및 안전성 확보와 실내의 쾌적한 환경유지등 에너지 절약 효과이외의 간접적인 효과를 고려하면 건물설비의 자동화 도입은 필요충분조건이라 생각한다.

따라서, 건물의 규모, 용도, 설비구성, 중요성, 제어범위에 따라 초기 투자비는 상당한 차이가 있으므로, 채산한계점과 절감비용(인건비, 연료비, 전기료등)을 고려하여 적정 초기투자금액을 설정하고 이에 따른 제반사항을 고려하여 실제적으로 최적의 시스템 구성방안을 구현하여야 한다.

5. 맺음말

자동제어가 설비에 적용되었을때 에너지 사용에 대한 효과로 인하여 경제성을 확보할 수 있음을 볼 수 있으며, 긴급 재난시에도 재난으로부터 보호할 수 있는 시스템 구축으로 인명과 재산을 보호받을 수 있음을 알 수 있다.

그리고, 제어장치(중앙처리장치,제어기, Field 기기)들이 신뢰성과 안전성을 확보하고 있으므로, 기계장치의 운전은 자동제어시스템에서 수행하고 관리자는 시설물들을 사전에 점검하고 유지보수체제로 업무수행을 함으로써 기계장치들의 노후화를 사전에 방지할 수 있으며, 수명연장으로 건축물의 사용가치를 높일 수 있는 장점을 갖고 있다. 즉, 빌딩관리의 효율은 기업의 경영에서 차지하는 비중이 상승함을 볼 수 있으며 기업 경영의 한 부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.