

빌딩자동제어 시스템의 에너지 절감 소프트웨어 (EMS)의 절감 효과

본고에서는, 빌딩에서 최적의 사무 환경을 유지하면서, 최소의 비용으로 에너지를 절감할 수 있는 방안을 자동제어 시스템을 통한 실제 사례를 들어서 설명한다.

홍석남

한국하니웰 IBS 팀 (seoknam.hong@honeywell.com)

서론

경제 성장과 생활 수준의 향상으로 인하여 쾌적한 거주 및 사무환경의 요구에 발 맞추어, 현대 빌딩에 있어서 가장 주안점을 두어야 할 것은 빌딩 근무자들이 쾌적한 사무환경 속에서 지적인 생산성을 극대화하는 것이다.

하지만, 빌딩의 근무 여건이 쾌적하지 못하여, 낭비되는 생산성을 흔히 너무도 쉽게 지나쳐 버리는 상황이 아직까지도 우리나라의 현실이다. 이로 인하여 근무 능률이 제대로 발휘되지 못하고 손실되는 시간을 돈으로 계산하면 천문학적으로 엄청난 금액이 될 것이다.

근무 능률에 영향을 미치는 것은 우리가 근무 공간에서 접하게 되는 온/습도와 가장 밀접한 관계가 있으며, 이러한 사무 환경 속에서의 근무 능률에 따라 업무에 소요되는 시간은 천양지차로 달라지게 된다.

업무 시간은 곧 돈임을 상기하면, 근무 환경이 얼마나 중요한 지를 다시 한번 되새길 필요가 있다.

빌딩에 근무하는 사람들의 시간은 곧 기업의 경쟁력과 직결되는 비용과 연결되므로, 빌딩 근무자들이 최대의 생산성을 발휘할 수 있는 근무 환경을 구축하면서 에너지를 절감할 수 있다면, 더할 나위가 없다고 하겠다.

본고에서는, 빌딩에서 최적의 사무 환경을 유지하면서, 최소의 비용으로 에너지를 절감할 수 있는 방안을 자동제어 시스템을 통한 실제 사례를 들어서 설명하도록 하겠다.

본론

여기에 기술되는 내용은 한국하니웰에서 에너지를 절감하면서 최적의 사무 환경을 유지하기 위하여 자동제어 시스템에서 일반적으로 많이 적용되고 있는, 에너지 절감 프로그램인 EMS(energy management software) 프로그램을 실제 현장에 적용하여 그 유용성을 실증적으로 증명한 내용이다.

본고에서 설명하고자 하는 실제 사례는 현장에서 2개월간에 걸쳐 실험적으로 얻은 데이터를 근거로 하고 있으며, 실제 EMS 프로그램을 적용하여 얻은 효과 분석 및 절감 금액에 대하여 알아 보도록 한다.

EMS 개요

먼저, 실제 현장 적용 사례를 설명하기에 앞서, 이해를 돕기 위하여 빌딩 자동제어 시스템에서 많이 적용되고 있는 에너지 절감 프로그램인 EMS(energy management software)에 대하여 설명하기로 한다.

빌딩의 설비 자동제어 시스템은 에너지 절감을 극대화할 수 있는 제어 알고리즘을 통하여 공조시스템 장비를 효과적으로 제어한다.

빌딩제어 시스템에서 공조 설비와 관련하여 많은 EMS 제어 알고리즘이 있으나, 일반적으로 많이 적용되고 있는 EMS 프로그램의 종류는 아래와 같다.

- 야간 운전(night cycle) 제어
- 야간 외기 취입(night purge) 제어
- 최적 기동(optimum start) 제어
- 최적 정지(optimum stop) 제어



- 절전 운전(duty cycle) 제어
- 엔탈피(enthalpy) 제어

EMS 기능

(1) 야간 운전 제어

야간 운전 제어 알고리즘은 동절기 및 하절기 야간 공실 시간의 실내온도를 적절히 유지시켜 빌딩의 각종 장비를 보호하고, 빌딩의 재실시간에 맞춰 기동할 때 장비에 걸리는 과부하를 예방하는 것을 목적으로 한다. 이 알고리즘은 주로 겨울에 운영되며, 열원 기기를 사용하므로 운전애 신중을 기해야 한다. 이 알고리즘은 실내 온도를 관제점 입력으로 가동시간대, 알고리즘 사용유무, 냉/난방설정을 제어입력으로 하여, 댐퍼 제어와 열원기기 및 팬 제어를 수행한다.

공실 시에 최소 환기를 시켜주는 제어로 일정 시간 동안 최소 환기를 하여 실내 환기를 통한 실내쾌적 조건을 유지시킨다. 난방 시, 설정된 조건이 만족하여 야간 운전 제어 알고리즘이 동작되면, 공조기가 가동되면서, 외기/배기 댐퍼는 닫히고, 환기 댐퍼는 역동작하며 난방 밸브는 완전히 열리게 된다.

(2) 야간 외기 취입 제어

야간 외기 취입 제어 알고리즘은 일출 전에 찬 외기를 유입하여 실내 온도를 낮추는 기술로, 냉방시간과 냉방부하를 줄이는 것이 그 목적이다. 이 알고리즘은 실내 온도와 외기 온도를 관제점 입력으로 가동 시간대와 알고리즘 사용 유무, 냉/난방 설정을 제어 입력으로 하여 댐퍼 제어 및 팬 제어를 수행한다. 야간 외기 취입 제어는 야간 운전 제어가 가능할 때나, 최적 기동제어가 가능할 때에만 운전을 한다.

(3) 최적 기동 제어

최적 기동 제어 알고리즘은 빌딩 재실시간 전에 쾌적한 실내 온도를 맞추기 위해 공조 시스템을 기동하는 기술로 초기 운전 시, 과부하로 인한 에너지 소비를 최소화할 수 있다. 이 알고리즘은 실내 온도와 외기 온도를 사용하여 공조시스템 시작 시간을 연산하며, 그에 따른 댐퍼 제어와 열원기기 및 팬 제어를 수행한다.

(4) 최적 정지 제어

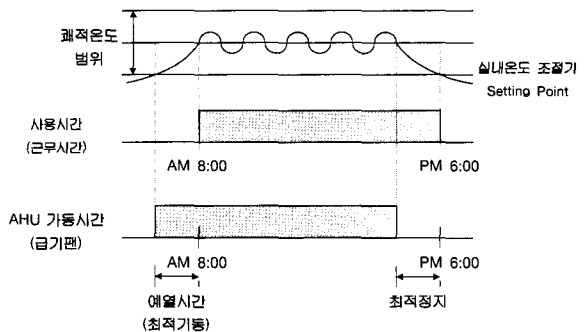
최적 정지 제어 알고리즘은 빌딩 재실 시간 이후에 쾌적 한계를 초과함이 없이 적절한 시기에 공조 시스템을 정지하여, 에너지 소비를 최소화하는 것이 그 목적이다. 이 알고리즘은 실내 온도와 외기 온도를 사용하여 공조 시스템 정지 시간을 연산하며, 그에 따른 댐퍼 제어와 열원기기 및 팬 제어를 수행한다(그림 1).

(5) 절전 운전 제어

절전 운전 제어 알고리즘은 공조기의 급기팬과 환기팬을 주기적으로 중지시킴으로써 주간 운전 시, 팬 운전 시간을 줄여 기존의 전가동 팬 운전 방식에 비해 전력 소모를 감소시키는 기술이다. 이 알고리즘은 실내 온도와 이산화탄소(CO₂) 농도를 관제점 입력으로 가동시간대, 알고리즘 사용 유무, 냉/난방 설정을 제어 입력으로 하여 팬 기동/정지 제어를 수행한다. 절전 운전 시간은 실내 온도 상태에 따라 연산되며, 절전 운전 시 이산화탄소 농도가 설정값 보다 증가할 경우, 급기팬과 환기팬을 가동하고 댐퍼의 개도치를 조정한다(그림 2).

(6) 엔탈피 제어

엔탈피 제어 알고리즘은 주간 냉방 운전 시 상대적으로 엔탈피 에너지가 적은 외기를 도입하는 기술로 실내의 엔탈피 에너지를 감소시키는 것이 그 목적이다. 이 알고리즘은 실내와 외부 공기의 엔탈피를 비교하여 엔탈피 제어 운전의 여부를 판단하며, 엔탈피 에너지 연산은 온도와 습도를 사용한다. 실내 온도와 외기 온도, 실내 습도와 외기 습도를 관제점 입



[그림 1] 최적 기동 및 정지 제어

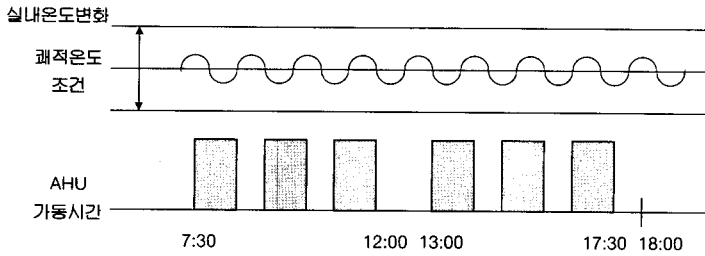
력으로 가동시간대, 알고리즘 사용유무, 냉/난방설정을 제어입력으로 하여 댐퍼 제어 및 팬 제어를 수행한다.

EMS 프로그램의 구현

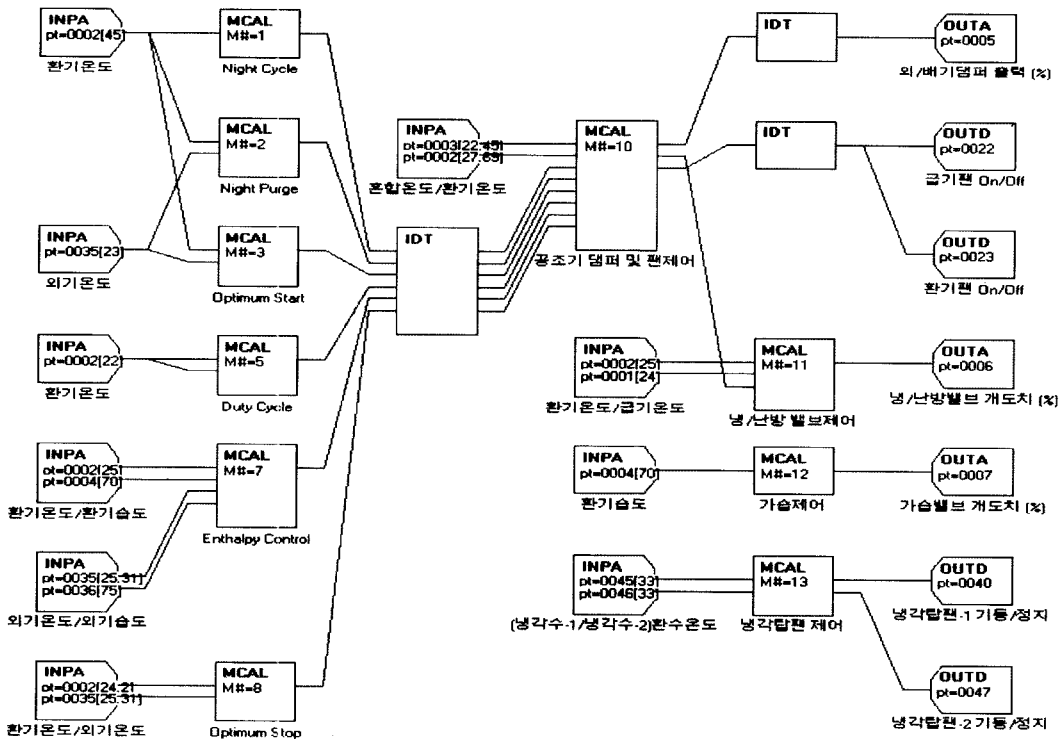
현장에 적용되는 EMS 프로그램의 구현은 한국하니웰의 DDC 제어 프로그램 시뮬레이터를 통하여 구현하였다. 이 프로그램은 제어 알고리즘의 로직을 시각적으로 편집, 번역 및 컴퓨터 시뮬레이션을 가능하게 하는 프로그램으로써, 제어 알고리즘을

DDC 레벨에 맞게 변환하는 기능과 가시화된 시뮬레이션 결과를 통해 제어 로직의 구현을 모니터링할 수 있는 기능을 가지고 있다.

또한 한국하니웰에서 개발한 에너지관리 제어 알고리즘은 이 시뮬레이터를 사용하여 구현되어 현장 테스트를 완료하였다. 그림 3은 컴퓨터 시뮬레이션을 하기 위해 시뮬레이터 프로그램 상에서 편집한 에너지관리 제어 알고리즘을 나타낸 것으로 각종 에너지 관리 제어 알고리즘과 기타 공조기 제어알고리즘으로 구성되어 있다.



[그림 2] 절전 운전제어



[그림 3] EMS 제어 로직 프로그램 구현



EMS 프로그램의 현장 테스트

제어 알고리즘을 활용한 에너지 절감은 에너지 관리 기법(EMS)을 통하여 효과적으로 이루어질 수 있으며, 종합적인 에너지 관리 방법과 다양한 제어 알고리즘의 적용을 통하여 에너지 절약을 극대화할 수 있다.

본고에서는 에너지 관리 기법의 제어 알고리즘을 적용한 빌딩 공조시스템 에너지 절감을 확인하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션과 현장 테스트를 통해 그 결과를 분석하였다.

현장에 적용되어 검증된 빌딩자동 시스템은 한국하니웰의 인텔리전트 빌딩 시스템인 XEM(excel energy manager) 시스템으로써, 이 시스템은 건물의 공조, 위생설비, 전력, 조명, 가변풍량설비 등을 종합적으로 제어, 관리하는 시스템이다.

(1) 에너지 관리 제어 알고리즘 시간 계획

에너지관리 제어 알고리즘은 그림 4에서와 같이 존(zone)의 공실 시간과 재실 시간의 두 부분으로 구분되며 시간 영역에 따라 독립적인 알고리즘이 적용되어 공조 시스템을 운영한다.

공실 시간의 제어 알고리즘은 야간 운전(night cycle)제어, 야간 외기 냉방(night purge)제어, 최적 기동(optimum start) 제어로 구성되며, 재실 시간의 제어 알고리즘은 절전 운전(duty cycle)제어, 엔탈피 제어(enthalpy control), 최적 정지(optimum stop) 제어로 구성된다.

(2) 테스트 현장 상황

에너지 관리 제어 알고리즘을 테스트 하기 위한 현장은 국내 모대학 건물로서 지하 2층 지상 7층의 건축 면적 1,070평의 규모이다. 이 현장에는 5대의 공조기가 설치되어 있으며, 6대의 DDC로 기계설비 관

제점은 600 관제점으로 제어가 이루어지고 있다. 냉방운전은 6월초부터 시작하여 9월말까지 운영되고 있으며, 난방운전은 11월초부터 4월말까지 운영되고 있다. 5월과 10월은 냉/난방운전은 하지 않고 공조기만을 사용한다.

이 건물은 재실 시작 시간을 오전 9시로 예상하여, 오전 8시 30분에 냉방 운전을 시작하며, 또한 재실 마감시간을 오후 7시 30분으로 예상하여 7시에 냉방 운전을 마감한다. 냉방부하는 공조기로 60%를 담당하며 FCU(fan coil unit)로 40%를 담당한다. FCU는 주간시간에는 항상 운전을 하며 공조기는 부하량에 따라 수동으로 On/Off 제어를 수행한다.

(3) 테스트 방법

에너지 관리 제어 알고리즘의 테스트를 위해서 각 제어 알고리즘에 대한 설정값과 운전 상황은 현장에 맞게 수정되었다. 테스트 기간은 6월에서 9월까지 진행되었으며, 기간 특성상 냉방 모드에서 테스트를 수행하였다.

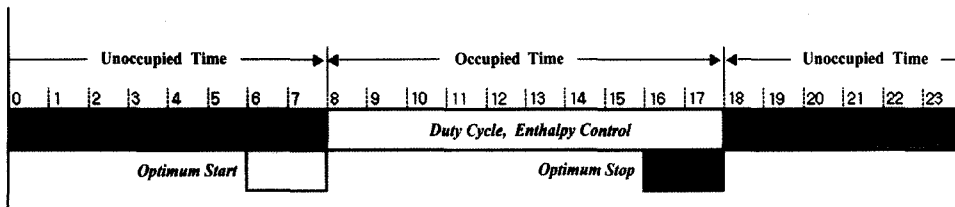
현장 테스트는 에너지 관리 제어 알고리즘 가운데 최적 기동 운전 제어, 최적 정지 운전 제어, 절전운전 제어 알고리즘을 선정하여 수행하였다.

테스트 방법은 데이터의 비교를 위하여 동일한 용량의 공조기 2대를 대상으로 1대는 EMS를 적용하고, 1대는 기존 방식의 On/Off 제어 알고리즘을 적용하여, 이에 대해 각각 효과 분석 및 절감 금액을 산출하였다.

관련된 데이터의 수집은 한국하니웰의 XEM 중앙 감시반의 운영 프로그램에서 데이터를 수집하여 비교하였다.

현장 테스트 결과 분석

최적 기동 및 최적 정지 제어 알고리즘을 적용한



[그림 4] 에너지 관리 제어 알고리즘 시간 계획

테스트는 6월 1일에서 15일까지 진행되었으며, 테스트 지역의 일별 외기 온도 최대/최소값은 **그림 5**에 나타나 있다. 여기서 외기 온도가 30℃를 넘은 날 중, 6월 7일과 9일을 제외한 나머지 날은 공조기를 가동하지 않고 FCU 만을 가동하였다.

(1) 최적 기동 및 최적 정지 제어 알고리즘 적용 분석

그림 6과 **그림 7**은 각각 최적 기동 운전 제어 알고리즘과 최적 정지 운전 제어 알고리즘을 적용하여 시스템을 운영한 결과를 나타내고 있다.

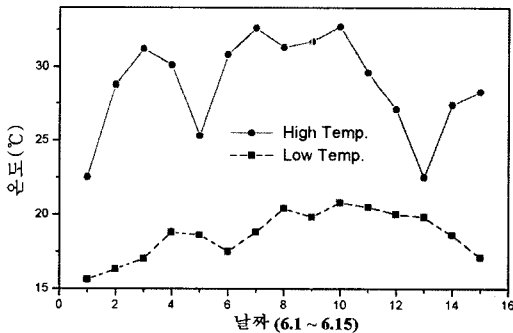
그림 6은 평상 시, 냉방 운전을 시작하는 시간과 최적 기동 운전 제어 알고리즘을 적용하였을 때의 가동 시간을 비교한 것으로, 재실 시작시간 30분전에 일괄적으로 냉방 운전을 가동하는 것보다 최적 기동 운전 알고리즘을 적용하여 운전을 시작하는 것이, 하루 평균 5분 정도의 시간을 덜 운전하는 것으로 나타나 최적 기동 운전 제어 알고리즘을 적용하

여, 시스템을 가동하는 것이 보다 효율적인 방법임을 확인할 수 있었다.

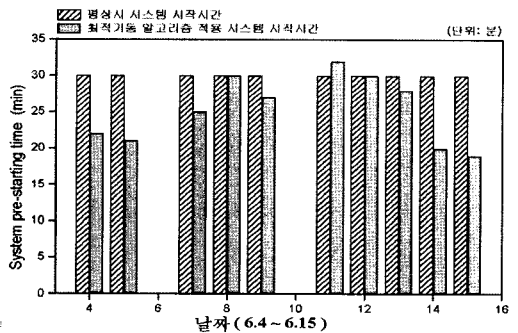
그림 7은 평상 시 냉방 운전을 정지하는 시간과 최적 정지 운전 제어 알고리즘을 적용하였을 때의 시스템 정지 시간을 비교한 것으로, 재실 마감시간 30분전에 일괄적으로 냉방운전을 정지하는 것보다 최적 정지 운전 알고리즘을 적용하여 운전을 정하는 것이, 하루 평균 5분 정도의 시간을 덜 운전하는 것으로 나타나, 최적 정지 운전 제어알고리즘을 적용하여 시스템을 정지하는 것이 보다 효율적인 방법임을 확인하였다.

(2) 절전 운전 제어 알고리즘 적용 분석

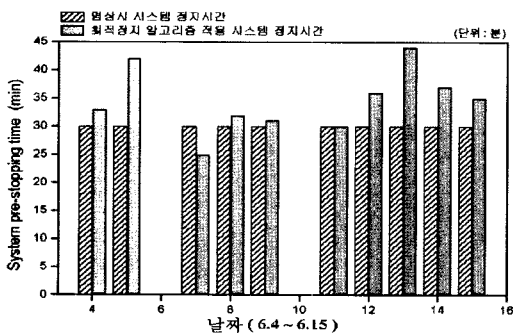
그림 8과 **그림 9**는 7월 10일의 절전운전 제어 알고리즘을 적용하여, 공조 시스템을 운영한 결과를 나타내고 있다. **그림 8**은 절전운전 제어 알고리즘을 적용한 밸브와 댐퍼 개도치, 급/배기팬의 상태를



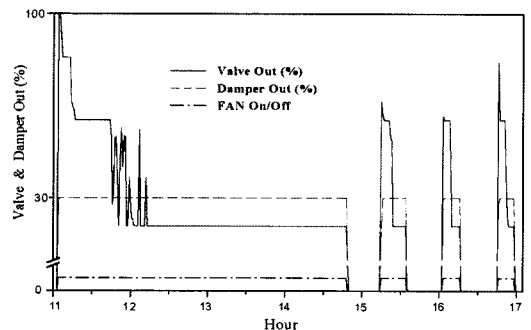
[그림 5] 테스트 지역의 온도 분포



[그림 6] 최적기동 제어 테스트 결과



[그림 7] 최적 정지 제어 테스트 결과



[그림 8] 절전운전 제어에 따른 팬, 댐퍼, 밸브 동작의 테스트 결과



나타낸 것으로, 총 팬 절전시간 1시간 23분(팬 절전 전력 약 43kw) 및 냉수 비사용을 통한 냉동기 부하 감소 등의 효과를 얻었다.

그림 9는 절전 운전 제어 알고리즘을 적용했을 때의 실내/외 온/습도 경향을 나타낸 것으로, 실내 온도가 설정점 25℃이하일 때, 절전 운전이 동작하여 급/배기팬을 정지하고 냉방밸브를 0%로 유지한다.

여기서 실내 온도는 설정점을 중심으로 적절히 유지되고 있음을 확인할 수 있다.

그림 10과 그림 11은 7월 10일의 절전운전 제어 알고리즘을 적용하지 않은 공조 시스템 운전을 나타낸 것이다.

그림 10은 실내 온도 설정점 25℃를 맞추기 위해 냉방 밸브를 PID 제어하였으며, 그림 11에서와 같이 실내 온도는 적절히 유지되고 있으나, 시스템 운영 시간 내내 팬과 냉동기를 운전하여 절전 운전 제어 알고리즘을 사용한 운전 방법에 비해 상대적으로 많은 에너지를 소모하였다.

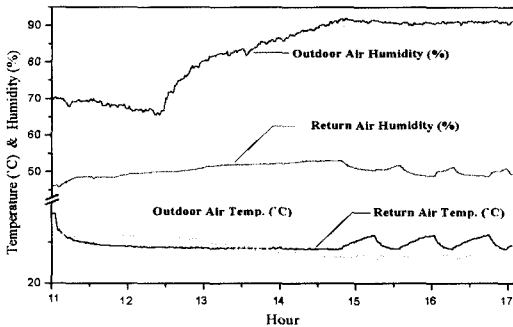
(3) 엔탈피 운전 제어 알고리즘 적용 분석

그림 12는 9월 7일 엔탈피 운전 제어알고리즘이 사용된 결과를 나타내고 있으며, 여기에서 엔탈피 제어 운전과 절전 제어 운전이 동시에 이루어진 결과를 보여준다. Y축의 '1' 값은 알고리즘이 동작된 것을 의미하며, X축의 시간은 알고리즘이 적용된 시간을 나타내고 있다.

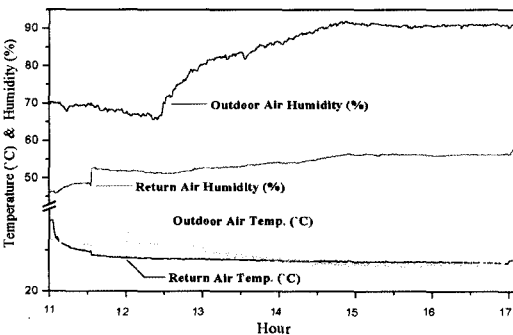
엔탈피 운전제어는 그림 12의 절전운전 제어와 조합되어 사용될 수 있다. 특히, 절전운전 제어가 적용 중인 동안에 실내 쾌적 온도 범위가 설정 온도 범위를 넘어가고, 실내 엔탈피 부하가 외기 엔탈피 부하보다 높을 때, 그림 13에서와 같이 냉동기에서 오는 부하(valve out)를 이용하지 않으면서도 냉방 운전이 가능하다.

EMS 효과 분석 및 절감 금액

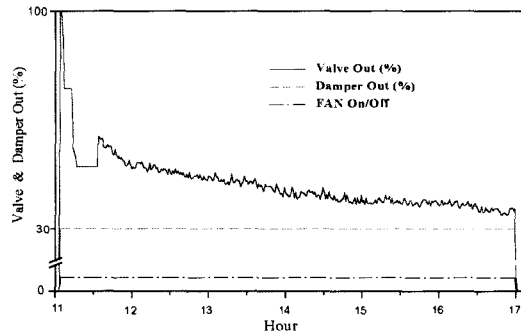
지금까지 최적 기동 및 최적 정지 제어, 절전 운전 제어, 엔탈피 운전 제어를 현장에 적용한 결과를 분



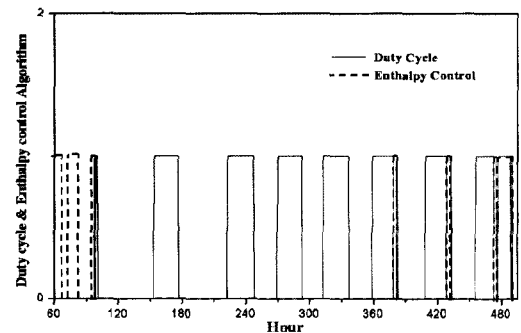
[그림 9] 절전운전 제어에 따른 실내/외 온/습도 경향



[그림 11] 절전운전 제어를 적용하지 않은 경우의 실내/외 온/습도 경향



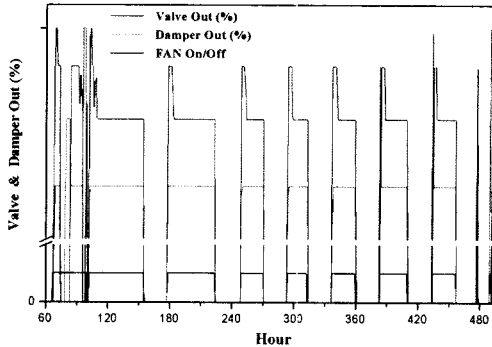
[그림 10] 절전운전 제어에 따른 팬, 댐퍼, 밸브 동작의 테스트 결과



[그림 12] 절전운전 제어와 엔탈피 제어가 공존한 예

석하였는데, 이를 통하여 얻은 효과 및 절감 금액은 다음과 같다.

(1) 최적 기동 및 최적 정지 제어 알고리즘의 효과 분석 및 절감 금액



[그림 13] 절전운전 제어 및 엔탈피 제어 시, 밸브 및 댐퍼, 팬 개도치

1년 중, 냉/온수기를 사용하여 냉/난방 운전을 하는 기간은 6~9월 중순, 12월에서 3월 중순으로 일요일과 공휴일을 제외한 대략 180일 정도로 추정하였다.

이 기간 동안 냉방/난방 운전은 재실시간 이전 30분 전에 시작된다고 가정했으며, 일일 운전시간은 8시간으로 가정하였다.

현장 테스트로 분석된 최적 기동 및 최적 정지 제어 운전 시, 데이터를 바탕으로 냉/온수기 절감운전 시간은 각각 5분씩이므로 일일 합계 10분 절감 운전이 된다.

냉/온수기 절감 운전 시간이 일일 10분이므로 공조기 운전시간도 10분씩 절감된다고 볼 수 있다.

이러한 데이터를 근거로 하여 절감금액을 계산해 보면 표1,2와 같다.

현장에서 운영 중인 장비 사양은 아래와 같다.

<표 1> 최적 기동 및 최적 정지 제어 알고리즘의 절감 시간

장비사양	용량	단위	수량	평균가동률
냉/온수기	400	USRT	2	60%
공조기(급기+환기)	60	HP	5	70%
냉/온수 펌프	50	HP	3	60%
냉각수 펌프	60	HP	3	50%
시스템 운전 상태	운영시간	단위		
1년중 냉/난방운전 기간	180	일		
일평균 냉/난방 운전시간	8	시간		
일반운전시 재실시간 전 냉/난방 운전시간	30	분		
일반운전시 퇴실시간 전 냉/난방 정지시간	30	분		
Optimum Start 운전 시 냉/온수기 평균 절감시간	5	분		
Optimum Stop 운전 시 냉/온수기 평균 절감시간	5	분		
공조기 급기/배기팬 운전절감시간	10	분		
냉/온수 펌프 절감시간	10	분		
냉각수 펌프 절감시간	10	분		

<표 2> 최적 기동 및 최적 정지 제어 알고리즘의 절감 금액

(단위 : 원)

내 용	냉/온수기	공조기	냉/온수 펌프	냉각수 펌프	합 계
기존 운전방식으로 1년간 운전한 비용	229,824,000	21,546,000	9,234,000	4,617,000	265,221,000
Optimum Start/ Stop 으로 1년간 운전한 비용	225,036,000	21,097,125	9,041,625	4,520,813	259,695,563
Optimum Start/ Stop 운전으로 절감된 비용	4,788,000	448,875	192,375	96,188	5,525,438

* 100USRT = 3.5 kw/h, * 1 HP = 0.75 kw/h, * 전력요금 = 95 원/kw/h



- 냉/온수기(2대) : 400USRT (평균가동률 60%/180일)
- AHU (5대) : 60HP (평균가동률 70%/180일)
- 냉/온수 펌프(2대) : 50HP (평균가동률 60%/180일)
- 냉각수 펌프 (2대) : 60HP (평균가동률 50%/90일)

정하였다. 이러한 데이터를 근거로 하여 절감금액을 계산해 보면 표 3,4와 같다.

현장에서 운영 중인 장비 사양은 아래와 같다.

(2) 절전 운전 제어 알고리즘의 효과 분석 및 절감 금액

1년 중 냉/온수기를 사용하여 냉/난방 운전을 하는 기간은 6~9월 중순, 12월에서 3월 중순으로 일요일과 공휴일을 제외한 대략 180일 정도로 추정하였다.

이 기간동안 절전 운전 제어(duty cycle)를 통해 공조기의 급기팬 및 배기팬의 절전 운전 시간을 테스트 결과를 토대로 하루 평균 30분이라 가정했으며, 일일 운전 시간은 8시간으로 가정하였다.

절전 운전이 진행되면, 급기팬과 배기팬이 정지하고 냉/난방 밸브가 잠긴다.

이것은 냉/온수기의 부하를 감소시키고, 냉/온수 펌프와 냉각수 펌프(냉방시에만)의 운전 시간을 감소시킨다. 이런 점을 감안하여 냉/온수기와 냉/온수 펌프, 냉각수 펌프의 절전 운전 시간을 10분으로 가

- 냉/온수기(2대) : 400USRT (평균가동률 60%/180일)
- AHU (5대) : 60HP (평균가동률 70%/180일)
- 냉/온수 펌프(2대) : 50HP (평균가동률 60%/180일)
- 냉각수 펌프 (2대) : 60HP (평균가동률 50%/90일)

(3) 엔탈피 운전 제어 알고리즘의 효과 분석 및 절감 금액

1년 중 냉/온수기를 사용하여 냉/난방 운전을 하는 기간은 6~9월 중순, 12월에서 3월 중순으로 일요일과 공휴일을 제외한 대략 180일 정도로 추정하였으며, 일일 운전시간은 8시간으로 가정하였다.

엔탈피 운전제어가 진행되면 급기팬과 배기팬이 정지하지 않고, 냉/난방 밸브가 잠긴다.

이것은 급기팬과 배기팬의 전력을 감소시키지 않으나, 냉/온수기의 부하를 감소시키고, 냉/온수 펌프와 냉각수펌프(냉방시에만)의 운전시간을 감소시

<표 3> 절전 운전 제어 알고리즘의 절감 시간

장비사양	용량	단위	수량	평균가동률
냉/온수기	400	USRT	2	60%
공조기(급기+환기)	60	HP	5	70%
냉/온수 펌프	50	HP	3	60%
냉각수 펌프	60	HP	3	50%
시스템 운전 상태	운전시간	단위		
1년중 냉/난방운전 기간	180	일		
일평균 냉/난방 운전시간	8	시간		
Dutyc 운전 시 공조기 급기/배기팬 평균 절감시간	30	분		
Dutyc 운전 시 냉/온수기 절감시간	10	분		
냉/온수 펌프 절감시간	10	분		
냉각수 펌프 절감시간	10	분		

<표 4> 절전 운전 제어 알고리즘의 절감 금액

(단위 : 원)

내 용	냉/온수기	공조기	냉/온수 펌프	냉각수 펌프	합 계
기존 운전방식으로 1년간 운전한 비용	229,824,000	21,546,000	9,234,000	4,617,000	265,221,000
Optimum Start/ Stop 으로 1년간 운전한 비용	225,036,000	20,199,375	9,041,625	4,520,813	258,797,813
Optimum Start/ Stop 운전으로 절감된 비용	4,788,000	1,346,625	192,375	96,188	6,423,188

* 100USRT = 3.5 kw/h, * 1 HP = 0.75 kw/h, * 전력요금 = 95 원/kw/h

킨다.

이런 점을 감안하여, 냉/온수기와 냉/온수 펌프, 냉각수 펌프의 절전 운전 시간을 5분으로 가정하였다. 이러한 데이터를 근거로 하여 절감금액을 계산해 보면 표 5,6과 같다.

현장에서 운영 중인 장비 사양은 아래와 같다.

- 냉/온수기(2대) : 400USRT (평균가동률 60%/180일)
- AHU (5대) : 60HP (평균가동률 70%/180일)
- 냉/온수 펌프(2대) : 50HP (평균가동률 60%/180일)
- 냉각수 펌프 (2대) : 60HP (평균가동률 50%/90일)

지금까지 에너지 절감 프로그램을 현장에 적용하

여 얻은 효과와 절감 금액을 알아 보았는데, 최적 기동 및 최적 정지 제어, 절전 운전 제어, 엔탈피 운전 제어를 통하여 얻은 절감 금액을 정리하면 표 7과 같다.

표 7에서 보듯이, 기존 방식을 적용한 운전 제어보다, 에너지 절감 프로그램을 적용한 운전 제어 방식이 기존에 비해 약 5.5% 비용 절감효과가 있음을 알 수 있다.

결론

현장 테스트에서 많은 에너지 절감 프로그램 중에서 단지 3 가지 종류 즉, 최적 기동 및 최적 정지 제어, 절전 운전 제어, 엔탈피 운전 제어 알고리즘만을

〈표 5〉 엔탈피 운전 제어 알고리즘의 절감 시간

장비사양	대 수	단위	가동률
냉/온수기	400	USRT	60%
공조기(급기+환기)	60	HP	70%
냉/온수 펌프	50	HP	60%
냉각수 펌프	60	HP	50%
시스템 운전 상황		단위	
1년중 냉/난방운전 기간	180	일	
일평균 냉/난방 운전시간	8	시간	
Enthalpy Control 운전 시 냉/온수기 절감시간	5	분	
Enthalpy Control 운전 냉/온수 펌프 절감시간	5	분	
Enthalpy Control 운전 냉각수 펌프 절감시간	5	분	

〈표 6〉 엔탈피 운전 제어 알고리즘의 절감 금액

(단위 : 원)

내 용	기존	개선	절감액	절감률
기존 운전방식으로 1년간 운전한 비용	229,824,000	9,234,000	4,617,000	243,675,000
Enthalpy Control 로 1년간 운전한 비용	227,430,000	9,137,813	4,568,906	241,136,719
Enthalpy Control 운전으로 절감된 비용	2,394,000	96,188	48,094	2,538,281

* 100USRT = 3.5 kw/h, * 1 HP = 0.75 kw/h, * 전력요금 = 95 원/kw/h

〈표 7〉 적용으로 얻은 총 절감 금액

기존의 방식의 운전제어를 통한 시스템 총 운전 비용	14,486,906 원
최적기동 및 최적정지 제어를 통한 시스템 운전 절감비용	5,525,438 원
절전 운전 제어 제어를 통한 시스템 운전 절감비용	6,423,188 원
엔탈피 운전 제어를 통한 시스템 운전 절감 비용	2,538,281 원
EMS 운전 제어를 통한 시스템 운전 절감 효율	5.46%→(14,486,906 원/265,221,000원)×100



적용하였을 경우, 약 5.5%의 절감 효과를 얻었을 수 있었다.

이러한 결과를 가지고 추론할 수 있는 것은, 이것 이외의 다른 에너지 절감 프로그램 들을 추가적으로 적용하여 운전한다면, 약 10% 이상의 에너지 비용 절감이 가능하다는 것을 쉽게 예상할 수 있다.

지금까지, 현장 테스트 결과에서 보았듯이, 빌딩 자동제어 시스템을 통한 에너지 절감 프로그램의 적용은, 빌딩의 쾌적한 사무환경 유지를 통한 사무 생산성을 극대화하면서, 빌딩의 에너지 절감에도 상당한 효과가 있음을 알 수 있었다.

현장에 구현된 에너지 관리기법은 한국하니웰에서 개발한 제어 알고리즘을 사용하여 구현되었으며, 컴퓨터 시뮬레이션 검증과 직접적인 현장 테스트를 통해 그 효과와 효용성을 검증 확인하였다.

효율적인 에너지 제어알고리즘이 적용된 에너지 관리 기법은, 정부의 에너지 절감 시책에도 부응하

면서, 빌딩의 공조 설비 자동제어 시스템의 장비 보호 및 빌딩 에너지 절감에 크게 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Lee, J. M., 2001, A control for HVAC system with energy management system(EMS), Proceedings of the SAREK, pp. 822~827.
2. Lee, J. M., 2000, Development of EMS algorithms for HVAC system, Proceedings of the SAREK, pp. 1397~1402.
3. 1999, Control Builder Reference Manual, User Guide of XEM, Honeywell co., Ltd.
4. 1998, RACL Editor ; User Guide of EXCEL 5000, Honeywell Inc.