

대학교 강의실 EHP 제어를 이용한 에너지 절약 시스템

정기범*

*유한대학교 건축설비과

Energy Saving System of EHP Control at the College Lecture Room

Kybum Jeong*

*Dept. of Building Services, Yuhan University

Abstract

Heating and air conditioning system is changing rapidly from the traditional HVAC central supply system to the individual supply system with electrical heat pump system (EHP) in Korean school buildings. The individual supply system has advantages to turn on and off individually and to adjust the thermal comfort separately, but energy is wasted in the unoccupied classroom when the last leaving occupant does not turn off the controller. If the controller is to be off automatically while the classroom is not in use, energy consumption would decrease dramatically.

This project aims to cease the unnecessary EHP supply in vacant classroom by inputting the class schedule from the central control room to reduce the energy-spending. Experimental measurements were carried out between the controlled classroom that is turned off when not in use and the uncontrolled room that is turned on continually. Occupant's comfort and energy consumption were measured and compared between the controlled case and the uncontrolled case.

The energy consumption of controlled classroom case is 30-60% less than that of the uncontrolled classroom case. This result shows that controlling the cooling supply for the unoccupied classroom using the class schedule can decrease the energy consumption remarkably. This supply control system can be used to conserve energy in school structures like universities.

Keywords : Electrical heat pump system, Air conditioning system, Individual supply system

1. 서 론

각종 교육 시설에서 설비 노후화에 따른 안전 환경이 위협받고 있으며 실내의 쾌적한 환경에 대한 요구가 증가하고 있는 추세이다. 특히 대학교의 경우 캠퍼스 내에 다양한 목적의 건물이 있으며, 이들에 대한 냉난방 방식을 중앙 공급방식에서 전력 절감과 유지 관리에 유리한 개별공급방식인 EHP 시스템 에어컨으로

신축 설치 또는 리모델링하는 경우가 증가하고 있다. 이러한 EHP 시스템 에어컨은 강의실, 실습실, 연구실 등에서 냉난방 온도와 작동(ON/OFF)을 개별 조절할 수 있는 것이 큰 장점이다. 하지만 중앙에서 제어를 하지 않을 경우 강의 종료 후에 마지막 퇴실자가 시스템 에어컨 스위치를 끄지 않고 나오게 되면 필요 없는 냉난방 전력이 낭비 되고 있는 실정이다.

† 이 연구는 유한대학교 교내연구비 지원으로 수행되었음.

† Corresponding Author: Kybum Jeong, Yuhan University 590 Gyeongin-ro Sosa-gu Bucheon, Gyeonggi-do, Korea. Tel : 02-2610-0783, E-mail : jkb@yuhan.ac.kr

Received March 12, 2014; Revision Received June 20, 2014; Accepted June 20, 2014.

교육 시설에 시스템 에어컨의 설치는 많이 적용되고 있으나, 실제 설치 후 설비 사용 및 유지관리의 효율성과 전력 소비 절감의 경제성 효과를 확인하는 연구는 현재까지 미흡한 실정이다.

따라서 이 연구에서는 대학교 강의실에서 강의시간외에는 냉방 공급을 중지하도록 원격 제어하여 학생들이 없는 빈 강의실에서 불필요한 냉방으로 인한 전력 손실을 감소하고 과부하를 방지하여 전력 설비의 안전을 확보하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구 및 측정 방법

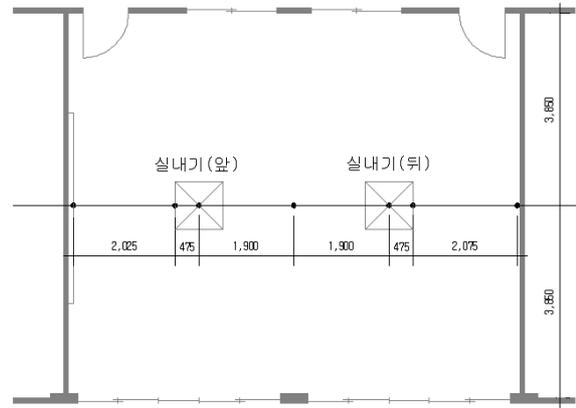
2.1 연구 배경

대학교에서 강의시간 종료 후에 퇴실하면서 강의실 조명은 켜 있는 것이 눈에 띄어 끄는 경우가 많으나, 냉난방이 작동되고 있는 것은 눈에 띄지 않아서 스위치를 끄지 않고 퇴실하는 경우가 많아 전력 에너지가 낭비되기도 하며 혹은 빈 강의실에서 소수 학생이 체류하는 경우에도 냉난방을 작동함으로써 전력 에너지가 과다하게 소비될 수 있다.

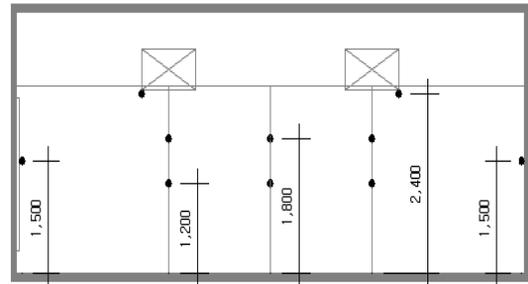
강의실 사용률이 초중고교에 비해 현저히 낮은 대학교 강의실에서 강의 종료 후에도 냉난방과 조명 스위치를 끄지 않고 퇴실해서 빈 강의실 상태로 냉난방이 공급되면서 에너지가 낭비 되고 설비에 과부하가 걸려서 전력 안전이 위협받고 있는 실정이다.

2.2 실험 방법

이 연구에서는 EHP 시스템 에어컨을 개별제어로 운용중인 실제 대학교 5층 건물의 1층 강의실 중에서 바로 인접한 남향 강의실 2개소를 선정하고, 이들 강의실에 냉난방 공급을 중앙제어로 실시하는 강의실과 중앙제어를 실시하지 않는 강의실로 설정하였다. 2개 강의실의 실외기에서 소비 전력을 동시에 측정하게 하여 2개 강의실간의 냉방 전력 사용량의 차이를 비교 분석하였다. 또한 강의실내 중앙 단면의 앞, 중간, 뒤 부분과 에어컨 토출구 등에 온도 센서를 10개소에 부착하여 Fluke Netdaq 2640(60 channel)을 이용하여 실내 거주자의 쾌적온도를 10초마다 측정 수집하였다.

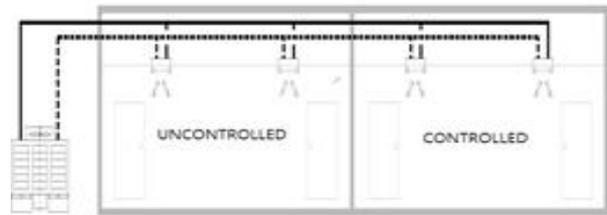


a) Floor plan

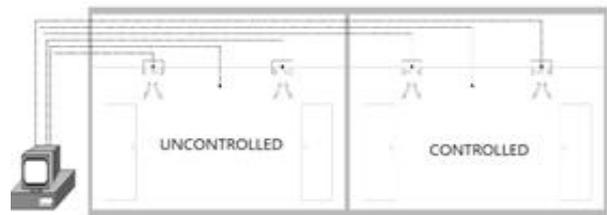


b) Section

[Figure 1] Location of measurement thermocouples



[Figure 2] EHP indoor and outdoor unit



[Figure 3] Measurement of electrical energy

3. 측정 결과 분석

시나리오1은 강의실에서 강의 2시간, 공장 2시간인 경우이고, 시나리오2는 강의 1시간, 공장 1시간이 2번 반복되는 경우이다. 시나리오1과 시나리오2에서 각 2가지 케이스씩 총 4가지 케이스를 비교 분석하였다. 각 케이스마다 2개 강의실에서 온도를 제어하는 제어 강

의실 경우와 온도를 제어 하지 않는 비제어 강의실 경우를 측정하였다.

실험기간은 혹서기인 7월부터 8월에 실시하였고, 이 중에서 외기 온도가 크게 다르지 않은 경우의 결과를 선정하여 비교하였다. 실내온도를 정부의 여름철 냉방 권장온도인 26℃로 설정하였으며, 강의실 출입문을 실험 시작 전에는 개방하여 2개 실험실간의 열평형을 유사하게 하도록 한 후에 실험을 시작하였다.

EHP 실내기는 강의실 천장의 2개소에 설치되어 있으므로 토출 온도는 2곳의 평균값을 사용하였다. 실내 온도는 재실자가 앉았을 때 호흡기 높이 90cm와 섰을 때 호흡기 높이 150cm 각 2점씩 강의실 앞, 중간과 뒤의 실내 3개 위치에서 총 6점을 측정하여 이를 평균한 값을 이용하였다. 외기 온도는 2개 강의실 외부 기온의 평균값을 이용하였다.

3.1 시나리오1

3.1.1 시나리오1-케이스1

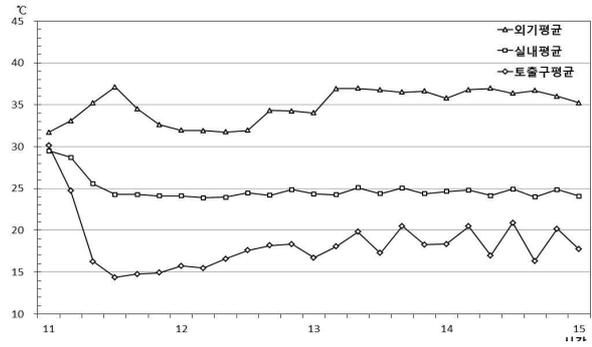
시나리오1 케이스1은 제어 강의실이 2시간 냉방, 2시간 비냉방이고, 비제어 강의실은 4시간 연속 냉방의 경우를 측정하였다.

실내온도 측정 위치는 실내 중앙 높이이고 토출구 측정 위치는 실내 최상부 높이라서 측정 초기에 오히려 토출구 온도가 실내 온도보다 높은 것으로 시작해서, 냉방이 시작되면 온도가 떨어지면서 10분내지 15분이면 설정온도에 도달하는 것을 볼 수 있었다.

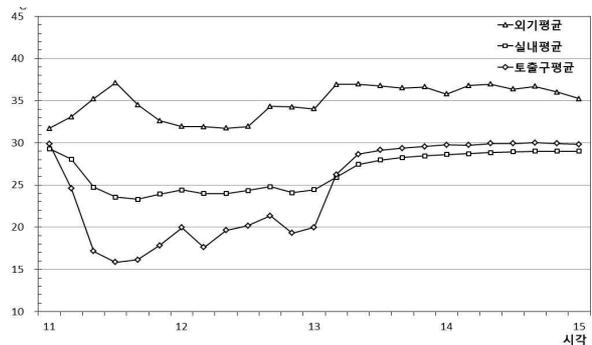
실내온도를 26℃에 설정했지만 측정구간 4시간의 평균값이 제어강의실은 26.5℃이고 비제어 강의실은 24.8℃로 나타나 비제어 강의실이 설정온도보다 낮게 냉방되고 있음을 알 수 있었다.

토출구 온도도 비제어 강의실은 18.4℃이고, 제어강의실은 25.5℃로 7.1℃나 차이가 났다. 실내 평균온도와 토출구 평균온도의 차이도 비제어 강의실은 6.4℃이고 제어 강의실은 1.0℃로 나타나 비제어 강의실이 설정온도에 비해 과잉 냉방되고 있는 것을 다시 확인할 수 있었다.

측정 구간 4시간동안의 냉방 전력량은 비제어 강의실이 17.542kW, 제어 강의실이 6.763kW로 보고되어서 제어 강의실 경우가 비제어 강의실 경우에 비해서 전력을 약 40%정도만 사용하고 있음을 알 수 있었다. 이는 강의실이 공간이어서 재실자가 없을 때 냉방이 계속 공급되는 경우 전력 낭비가 매우 클 수 있음을 보여 주고 있다<Table 1, 2>.



a) Uncontrolled lecture room



b) Controlled lecture room

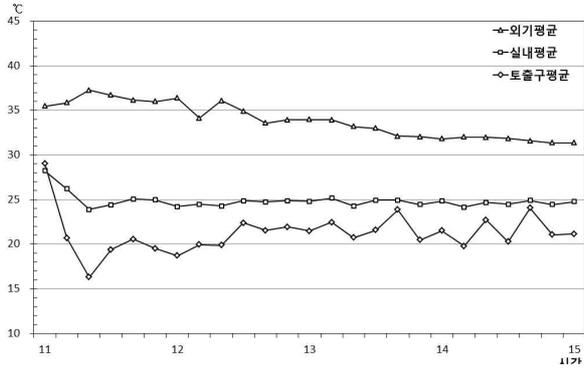
[Figure 4] Variation of temperature
 Scenario 1-Case 1

3.1.2 시나리오1-케이스2

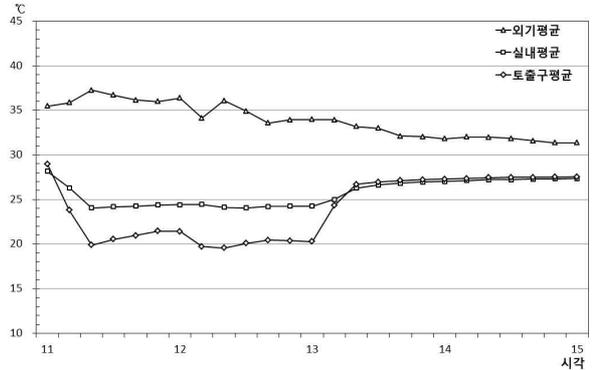
여기서는 시나리오1 케이스1과 동일한 냉방 공급 조건으로 다른 날짜에 측정한 경우이다. 측정 초기 11시에 토출구 온도가 실내 온도보다 높은 것으로 실험 결과가 나왔고, 이는 앞과 마찬가지로 토출구 센서가 실내온도 센서보다 높은 위치이기 때문으로 판단된다.

실내온도를 26℃에 설정했는데 측정구간 4시간의 평균값이 제어강의실은 25.7℃이고 비제어 강의실은 24.8℃로 나타나 비제어 강의실이 더 낮게 냉방되고 있음을 알 수 있었다. 토출구 평균온도도 비제어 강의실은 21.2℃이고, 제어강의실은 24.1℃로 1.9℃의 차이가 나지만 케이스1보다는 적게 나타났다. 토출온도 자체가 평균 21.2℃로 케이스1의 18.4℃보다 높고, 실내온도와 차이도 3.6℃로 케이스1의 6.4℃보다 적게 나타난 것은 실험 당일 외기 온도가 33.9℃로 케이스1의 34.8℃보다 낮았기 때문으로 분석된다.

측정 구간 4시간동안의 냉방 전력량은 비제어 강의실이 8.881kW, 제어 강의실이 6.488kW로 나타나서 제어 강의실 경우가 비제어 강의실 경우의 73%정도 에너지 사용하고 있음을 알 수 있었다. 이는 케이스1에 비해서 전력 소비가 차이가 적게 나는 것으로 실험 당일 외기 온도가 0.9℃가 낮기 때문으로 보인다.



a) Uncontrolled lecture room



b) Controlled lecture room

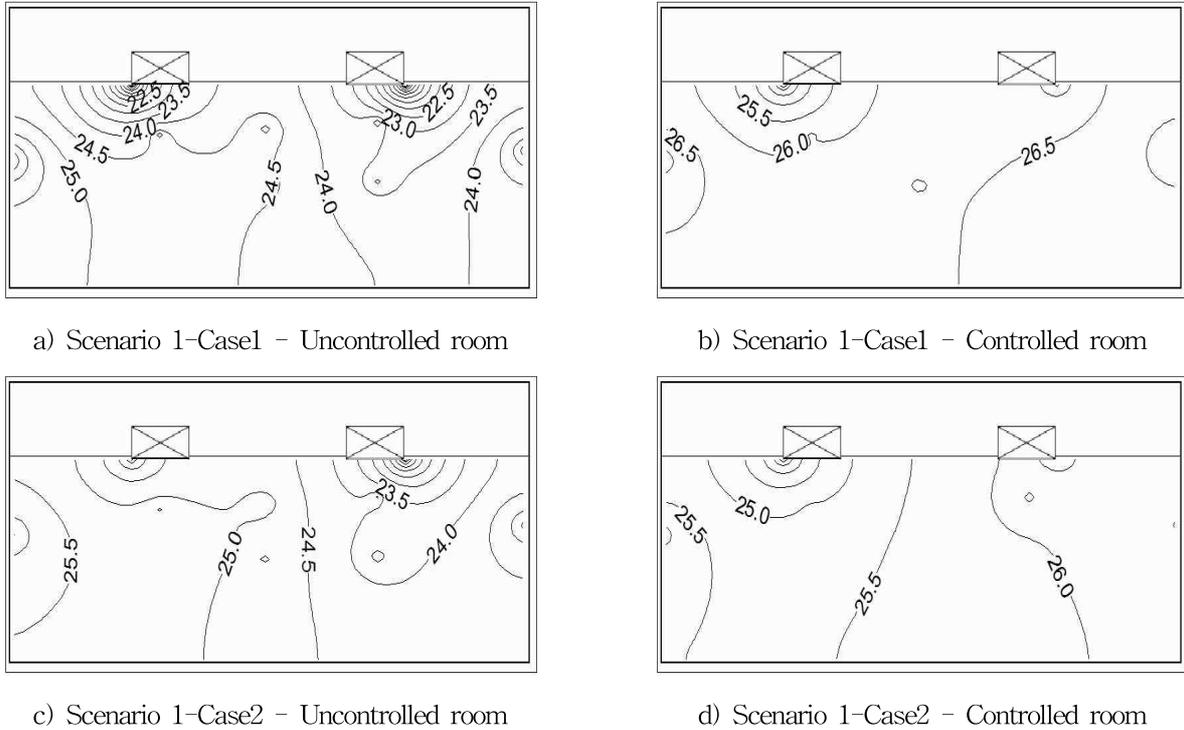
[Figure 5] Variation of temperature

<Table 1> Comparison of cooling period 4 hours (°C)

Scenario#	Case#	Uncontrolled classroom		Controlled classroom		Outdoor
		Outlet	Indoor	Outlet	Indoor	
Scenario1	Case1	18.4	24.8	25.5	26.5	34.8
	Case2	21.2	24.8	24.1	25.7	33.9
	Average	19.8	24.8	24.8	26.1	34.4
Scenario2	Case1	20.3	25.0	23.9	26.1	37.9
	Case2	17.6	25.0	24.2	26.7	37.8
	Average	19.0	25.0	24.1	26.4	37.9

<Table 2> Electrical consumption of cooling period 4 hours (kW)

scenario #	case #	EHP location	Uncontrolled classroom						Controlled classroom					
			Cooling period 4 hours				kW/device	kW/room	Cooling period 4 hours				kW/device	kW/room
			11-12	12-13	13-14	14-15			11-12	12-13	13-14	14-15		
1	1	Front	4.096	2.170	1.240	3.246	10.752	17.542	0.311	1.411	0.447	0.010	2.179	6.763
		Rear	2.056	2.170	1.960	0.604			6.790	0.311	2.231	2.032		
1	2	Front	1.489	2.134	1.714	1.123	6.460	8.881	0.189	0.902	0.068	0.007	1.166	6.465
		Rear	0.772	0.839	0.069	0.741			2.421	0.189	2.182	2.921		
Average			2.103	1.828	1.246	1.429	6.606	13.212	0.250	1.682	1.367	0.009	3.307	6.614
2	1	Front	2.151	2.261	1.678	0.994	7.084	16.700	0.291	1.421	0.006	1.205	2.923	7.874
		Rear	3.994	2.245	1.893	1.484			9.616	0.291	2.355	0.006		
2	2	Front	4.440	2.331	2.244	1.616	10.631	17.976	0.274	1.854	0.007	0.958	3.093	7.658
		Rear	1.397	2.315	2.122	1.511			7.345	0.274	2.484	0.007		
Average			2.996	2.288	1.984	1.401	8.669	17.338	0.283	2.029	0.007	1.566	3.883	7.766
Total average			2.550	2.508	1.615	1.415	8.345	15.275	0.267	1.856	0.687	0.788	3.595	7.190



[Figure 6] Vertical temperature contour of scenario 1

3.1.3 시나리오1-케이스1, 케이스2 비교 분석

두 경우 모두 냉방 설정온도는 26°C이지만 측정구간에서는 특히 비제어인 경우에 실내 중앙이 24~25°C까지 설정온도보다 낮게 내려가는 것을 볼 수 있었다. [Figure7] 이 현상은 비제어 강의실의 경우 설정온도보다 낮게 냉방이 과잉 공급되는 것으로 볼 수 있으며, 또 실내온도 조절기가 출입구 옆 벽체에 위치하고 있는데 반해서, 실내 온도 측정 위치는 실내 중심선상에 위치한 토출기 위치 아래로 공간상 거리 차이도 또 다른 원인으로 보인다.

측정 초기에 냉방이 시작되면 실내 온도가 급격히 떨어지면서 10분내지 15분이면 설정온도에 도달하는 것을 볼 수 있다. 또한 냉방이 중지된 후에도 실내온도는 완만히 상승하면서 10분 이상 설정온도 범위 내에 분포하는 것을 볼 수 있었다. 냉방 시간 결정시 이를 이용하여 강의 종료 10분전부터 냉방을 중단하면 강의 종료까지 실내를 권장 온도 범위로 유지할 수 있으므로 중앙 제어서 적용하면 에너지를 절약할 수 있을 것으로 보인다.

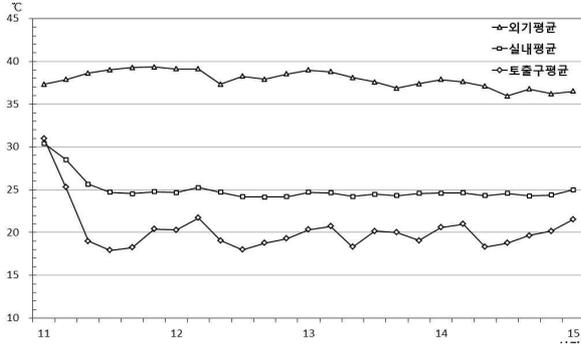
3.2 시나리오2

3.2.1 시나리오2-케이스1

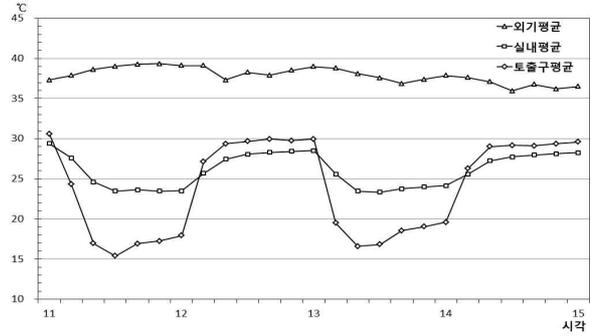
여기서는 제어 강의실이 1시간 냉방과 1시간 비냉방이 두 번 반복되고, 비제어 강의실은 4시간 연속 냉방되는 경우를 비교하였다. 시나리오1과 마찬가지로 측정 초기에 토출구 온도가 실내 온도보다 약간 높은 것으로 시작했고, 냉방이 시작되면 급격히 떨어지는 토출온도로 실내 온도도 10분내지 20분이면 설정온도에 도달하는 것을 볼 수 있다.

실내온도를 26°C에 설정했는데 측정구간 4시간의 평균값이 제어강의실은 26.1°C이고 비제어 강의실은 25.0°C로 나타나 비제어 강의실이 더 낮게 냉방되고 있음을 알 수 있었다. 토출구 평균온도도 비제어 강의실은 20.3°C이고, 제어강의실은 23.9°C로 3.6°C의 차이가 났다. 실내 평균온도와 토출구 평균온도 차이도 비제어 강의실은 4.7°C이고 제어 강의실은 2.2°C로 나타나 비제어 강의실이 설정온도보다 낮게 냉방되고 있는 것을 확인할 수 있었다.

측정 구간 4시간동안의 냉방 전력량은 비제어 강의실이 16.700kW, 제어 강의실이 7.874kW로 보고되어서 제어 강의실 경우가 비제어 강의실 경우의 47%정도 에너지만 사용하고 있음을 알 수 있었다.

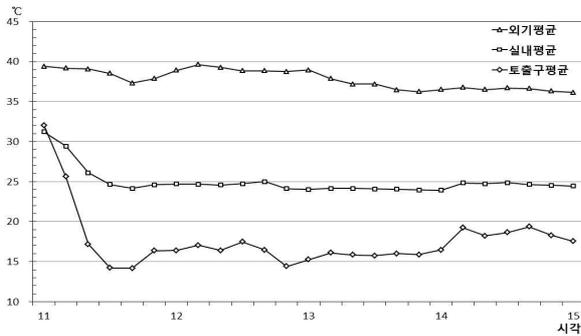


a) Uncontrolled lecture room

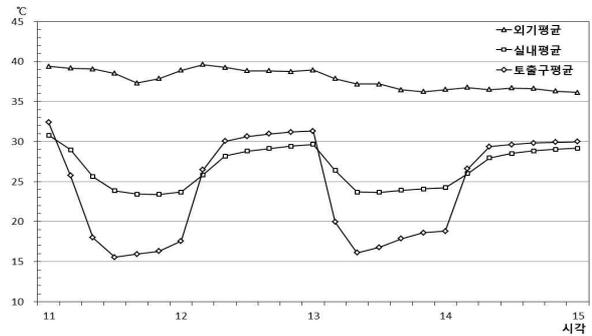


b) Controlled lecture room

[Figure 7] Variation of temperature



a) Uncontrolled lecture room



b) Controlled lecture room

[Figure 8] Variation of temperature

3.2.2 시나리오2-케이스2

여기서는 시나리오2 케이스1과 동일한 냉방 공급 조건으로 다른 날짜에 측정된 경우이다. 측정 초기 11시에 토출구 온도가 실내 온도보다 높은 상태에서 시작했고, 이는 시나리오2 케이스1과 마찬가지로 토출구 온도 센서가 실내온도 센서보다 공간상 높은 위치이기 때문으로 판단된다.

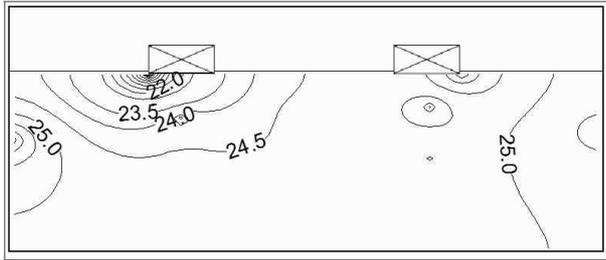
측정구간 4시간의 평균값이 실내온도를 26°C에 설정했는데 제어강의실은 26.1°C이고 비제어 강의실은 25.0°C로 나타나 비제어 강의실이 설정온도에 비해 낮게 냉방되고 있음을 알 수 있었다. 토출구 평균온도도 비제어 강의실은 20.3°C이고, 제어강의실은 23.9°C로 3.6°C 차이가 났다. 실내 평균온도와 토출구 평균온도 차이도 비제어 강의실은 4.7°C이고 제어 강의실의 2.2°C로 나타나 비제어 강의실이 설정온도보다 낮게 냉방되고 있는 것을 알 수 있었다.

측정 구간 4시간동안의 냉방 전력량은 비제어 강의실이 17.976kW, 제어 강의실이 7.658kW로 보고되어서 제어 강의실 경우가 비제어 강의실 경우에 비해서 에너지를 약 43%정도만 사용하고 있음을 알 수 있었다.

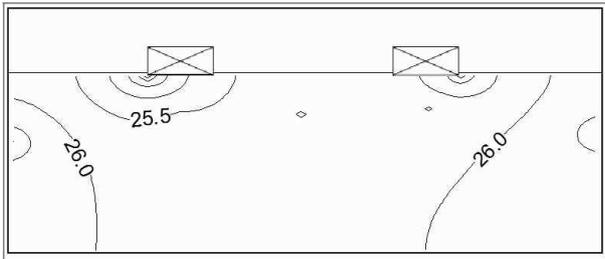
3.2.3 시나리오2-케이스1, 케이스2 비교 분석

냉방 설정온도는 여름철 냉방 권장온도인 26°C이지만 측정구간에서는 특히 비제어인 경우에 실내 중앙이 24~25°C까지 설정온도보다 낮게 내려가는 것을 볼 수 있었다[Figure 9]. 이 현상은 시나리오1과 동일한 현상으로 비제어 강의실의 경우 설정온도보다 낮게 냉방이 공급되는 것으로 볼 수 있다.

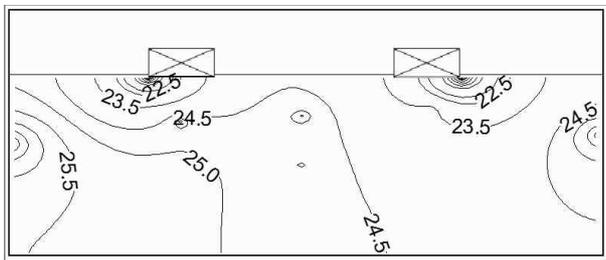
모든 경우에서 냉방이 시작되면 실내 온도가 급격히 떨어지면서 15~20분정도 후에 설정온도에 도달하는 것을 볼 수 있었다. 설정 온도 도달 시간이 시나리오1보다 5분 이상 더 길어진 현상은 시나리오2가 시나리오1보다 외기 온도가 높은 상태에서 측정이 진행되어 시나리오2가 시나리오1보다 초기 실내 온도가 약간 높은 상태에서 실험이 시작되었기 때문으로 판단된다.



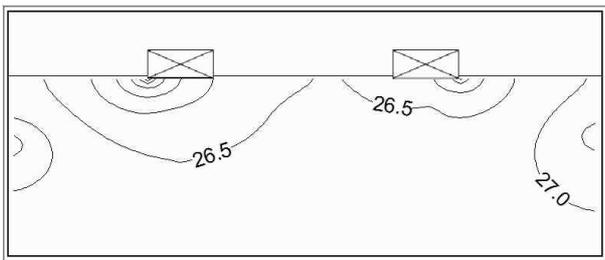
a) Scenario 2-Case2 - Uncontrolled room



b) Scenario 2-Case1 - Controlled room



c) Scenario 2-Case2 - Uncontrolled room



d) Scenario 2-Case2 - Controlled room

[Figure 9] Vertical temperature contour of scenario 2

3.3 시나리오1과 시나리오2의 결과 비교

실내 설정 온도는 26°C로 시나리오1과 시나리오2가 동일한데 시나리오2의 토출온도 평균값이 시나리오1의 평균값보다 비제어, 제어 2개 강의실 모두 0.7~0.8°C 낮은 것으로 나타났다. 이는 측정일의 외기 평균값이 시나리오1보다 시나리오2가 평균 3.5°C 높아서 실내온도를 설정온도에 도달하기 위하여 더 많은 냉방 부하가 필요해서 더 낮은 온도의 토출 공기가 공급되었기 때문으로 분석된다<Table 1>.

두 가지 시나리오 모두 설정온도는 정부의 여름철 냉방 권장 온도인 26°C이지만 측정구간에서는 실내 중앙 평균값은 설정온도보다 낮게 내려가는 것을 볼 수 있었다. [Figure 6, 9] 이 현상은 실내온도 조절기가 출입구 옆 벽체에 위치하고 있고, 실내 온도 측정 위치는 실내 중심선상에 위치한 토출기 위치 아래여서 평면상 거리 차이 때문으로 분석된다. 이 현상을 적용하여 제어 시스템에서 실내 온도 설정시 냉방 권장 온도보다 조금 더 높게 설정해도 실내 대부분의 온도를 설정온도에 도달시킬 수 있는 것을 의미하며, 이를 중앙 제어시 응용하면 더 많은 전력 절감에 도움을 줄 수 있을 것이다.

두 가지 시나리오 모두 냉방 공급이 중지된 후에도 실내 온도는 완만히 상승하면서 10분 이상 설정온도 범위 내에 분포하는 것을 볼 수 있었다. 제어시스템에서 냉방 공급시간 결정시 이를 이용하여 강의 종료 10분전부터 냉방 공급을 중단하면 강의 종료 시점까지 실내를 권장 온도 범위로 유지할 수 있으므로 중앙 제어시 적용하면 에너지를 절약할 수 있을 것으로 판단된다. 측정 구간 4시간동안의 냉방 전력량은 제어 강의실 경우가 비제어 강의실 경우에 비해서 에너지를 약 40~73%정도만 사용하고 있어서, 냉방 에너지를 27~60%까지도 절약할 수 있음을 알 수 있어서 공장 중인 빈 강의실에 냉방 공급이 중지되지 않으면 전력 낭비가 큰 것을 확인 할 수 있었다.

4. 결론

EHP 시스템 에어컨은 각종 학교 건물에서 온도와 작동을 각 실마다 개별 조절할 수 있는 장점 때문에 선호되고 있다. 그러나 대학교 건물 강의실의 경우 강의 종료 후에도 에어컨 스위치를 끄지 않는 경우가 생겨서 불필요한 전력이 낭비 되고 과부하로 인해 전력 안전이 위협받을 수 있는 실정이다. 이 연구에서는 강의시간외에는 냉방 공급을 중지할 때 강의실에서의 냉방 전력 소비를 비교 측정하였다. 측정을 위하여 제어를 실시하는 강의실과 제어를 하지 않는 강의실로 설정하여 전력량을 측정하여 강의실간의 냉방전력 소비량의 차이를 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 측정 구간 4시간동안의 냉방전력량은 제어강의실 경우가 비제어강의실 경우에 비해서 약 40~70%정도만 사용하고 있어서 30~60%의 전력을 절감할 수 있음을 알 수 있었다. 이 결과는 강의실에 재실자가 없을 때 냉방이 계속 공급되는 경우 전력 소비가 커서 냉방 과부하가 발생할 수 있음을 보여 주고 있다.

2) 냉방 공급이 중지된 후에도 실내 온도는 완만히 상승하면서 10분 이상 설정온도 범위 내에 분포하는 것을 볼 수 있었다. 이를 이용하여 강의 종료 10분전부터 냉방을 중단해도 강의 종료까지는 실내를 적정온도 범위로 유지할 수 있으므로 중앙 제어에 적용하면 전력 소비를 절감할 수 있을 것으로 보인다.

3) 강의 시간표에 따라 냉방을 중앙 제어로 공급 조절하면 빈 강의실에서 불필요한 냉방으로 인한 소비 전력을 감소할 수 있어서 친환경 그린 캠퍼스의 구현에 기여하는 효과를 기대할 수 있다. 또한 에어컨 실외기의 과도한 운전 시간의 감소로 전기설비의 안전이 확보될 수 있으며 기기의 안전관리 비용의 절감도 가능할 것으로 보인다.

이 연구는 냉방 제어를 통한 소비전력 절감의 기본 비교 분석으로서 난방시 비교 분석과 차후의 정밀 분석이 더 필요하며, 실내 온도를 쾌적 온도로 유지시키면서 소비전력도 절감되는 방안에 대해 더 많은 경우의 측정 비교분석이 필요하다. 향후 냉방 시간의 시스템 제어 기법 개발과 냉방 전력 절감 기술 개발에 대한 연구가 필요하다고 본다.

5. References

- [1] Kim, Y.(2008) "The Economic Comparison of EHP and GHP for Medium Capacity Air-conditioning", Journal of SAREK, Vol. 20, No. 3, pp. 167~174.
- [2] Kim J.Y., Park, H.S., Kim, S.S., Suh, S.J. (2009) "A Study on the Application Plan of Air-Conditioning and New and Renewable Systems in the Large High Schools", Journal of SAREK, Vol. 21, No. 10, pp. 564~574.
- [3] Park, K.H., Kim, S. (2012) "The Economic Effects and Operating Characteristics of the Outdoor Unit in Accordance with Zoning Plan of Gas Engine Driven Heat Pump Installed in the University Building", Journal of SAREK, Vol.24 No.1, pp. 70~76.
- [4] Park, K.H., Kim, S. (2011) "Analysis of Energy Consumption of Buildings in the University", Journal of SAREK, Vol.23 No.9, pp. 633~638.
- [5] Lee, H.Y., Chang, H.J. (2012) "A Study on the Improvement of Indoor Thermal and Air Environment Made by Ceiling Cassette Type Cooling and Heating Unit in Classrooms", Journal of KSES, Vol. 32, No. 6, pp. 141-148.
- [6] Shin, G.W., Kim, G.T., Joo, H.Y., Lee, J.K. (2006) "Economic Analysis of Heat Pump System through Actual Operation", Proceedings of the SAREK SAM, pp. 921~926.
- [7] Lee, Y.J., Jeong, J.H., Song, D.S. (2010) "Examination on the operational characteristics of the system air conditioners during the heating", Proceedings of the SAREK SAM, pp. 169-174.
- [8] Kim J.Y., Park, H.S., Hong, S.H., Kim, S.S., Hur, I.K., Suh, S.J. (2009) "A Study on the Application Plan of Air-Conditioning and Renewable Complex Systems in the Small Schools", Proceedings of the SAREK SAM, pp. 946-951.

저자 소개

정기범



현재 유한대학교 건축설비과 교수, 동국대학교 건축공학과 학사, 연세대학교 대학원 건축공학과 석사, 동국대학교 대학원 건축공학과 박사.

관심 분야: 건설 안전, 설비에너지 관리

주소 : 경기도 부천시 경인로 590 유한대학교 건축설비과