

# 공동주택에서 바닥복사 난방시스템의 실별 제어에 관한 연구

김 오 봉, 이 미 경\*, 여 명 석\*\*, 김 광 우\*\*

서울대학교 대학원 건축학과, \*씨비 리차드 엘리스 코리아 \*\*서울대학교 건축학과

## A Study on the Individual Room Control of Radiant Floor Heating System in Apartment Buildings

Wu-Feng Jin, Mi-Kyoeng Rhie\*, Myoung-Souk Yeo\*\*, Kwang-Woo Kim\*\*

Department of Architecture, Graduate School, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

\*CB Richard Ellis Korea Co., Ltd. 12th Floor, Seoul 110-702, Korea

\*\*Department of Architecture, College of Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

(Received September 1, 2003; revision received March 2, 2004)

**ABSTRACT:** In Korea, the radiant heating system has been widely used as a residential heating method, which has been modernized to use hot water running into the tubes embedded in the floor structure. According to the recent improvement of living standard of residential buildings, the requirement of the thermal comfort and energy saving in heating system has been raised. Until now, the radiant floor heating system has been controlled by room thermostat installed in the living room, but for better thermal comfort, an individual room control method is adopted as an alternative. Therefore, it is necessary to evaluate the control performance between the current control method and the individual room control method. In this study, the control performance between the two systems is evaluated through the field experiment. And the control performances of room air temperature and energy performances are analyzed through the simulation using TRNSYS. Firstly, the simulations are performed in the various outdoor conditions and the flow rates and the simulation results are analyzed for the control performances. Also, to evaluate the energy performance, the simulations are performed under the operating conditions in which the set-point of the room air temperature is fixed or changed according to the schedule of occupancy, and the simulation results are analyzed between the two methods.

**Key words:** Radiant floor heating system(바닥복사 난방시스템), Room control method(실은 제어방법), Flow balancing(유량 밸런싱), Control performance(제어성능), Energy savings(에너지 절감)

### 1. 서 론

주거건물에서 거주자의 생활수준 향상에 따라

실내 열환경에 대한 요구도 점차 높아지고 있다. 바닥복사난방은 주거건물에 보편적으로 적용되는 난방방식으로서 그동안 많은 발전을 이루었음에도 불구하고 거주자들의 다양한 요구를 만족시키지 못하고 있다. 난방에 있어서 거주자들의 요구를 살펴보면 크게 쾌적성 향상과 에너지 절감 두 가지로 나눌 수 있으며, 쾌적성에 있어서는 실간

† Corresponding author

Tel.: +82-2-880-7353; fax: +82-2-871-5518

E-mail address: msyeo@snu.ac.kr

의 실은 불균형, 에너지 소비에 있어서는 불필요한 열량공급으로 인한 난방비의 증가가 소비자들의 불만으로 나타나고 있다.

난방에 있어서 기존 시스템의 이러한 문제점을 해결하기 위한 국내 기존 연구들을 살펴보면, Jeong<sup>(1)</sup>은 시뮬레이션을 통하여 실별 제어에 관한 연구를 수행하였으며, Kim and Cho<sup>(2)</sup>는 에너지절약주택 연구에 사용되었던 18평형 주거건물에서 실별로 실온조절기를 설치하고 재실자의 재실스케줄에 따라 실온을 제어하는 실험을 수행하였다. 그 결과 실별 제어시스템이 기존의 대표실 제어에 비해 제어성과 에너지성능이 우수하다는 결과를 얻었지만, 전자는 시뮬레이션 열해석을 정적인 차원에서 수행하였으며, 후자는 실별 공급유량 밸런싱을 고려하지 않아 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 기존연구<sup>(3)</sup>에 이어 거주자가 실제 생활하고 있는 공동주택에서 현장실험을 수행하여 기존 시스템의 제어성능을 검토하였으며, 기존 시스템의 문제점을 분석을 통하여 이를 해소하기 위한 대안을 제시하였다. 현장실험이 수행된 45평형 세대를 시뮬레이션 대상으로 설정한 뒤 이러한 대안들을 적용하여 열해석 프로그램을 이용한 시뮬레이션을 수행함으로써 실별로 유량 밸런싱 및 실온제어가 모두 가능한 실별 제어시스템의 제어성능 및 에너지성능을 평가하였다.

## 2. 현장실험

### 2.1 개요

본 실험은 거주자가 생활하고 있는 45평형 공동주택에서 수행되었다. 실험대상 모델은 서울에 위치해 있고, 중간층 서측 세대로서 남향, 북향, 서향이 외기에 접해 있으며, Fig.1과 같이 주방, 거실과 4개의 방으로 구성되어 있다. 대상주택은 지역난방방식으로 세대별로 Fig.2와 같이 실온조절기가 부하가 상대적으로 작은 거실(LV)에 위치하여 있으며(대표실 제어), 세대입구의 메인 공급관에 실온조절기의 신호에 따라 작동되는 유량 제어밸브가 설치되어 있다. 난방시스템의 온수는 지역난방에서 열교환기를 통하여 세대로 공급되며, 설계공급 온수온도 및 환수온도는 각각 60℃, 45℃이다.

본 실험은 거실(LV)에 설치되어 있는 실온조

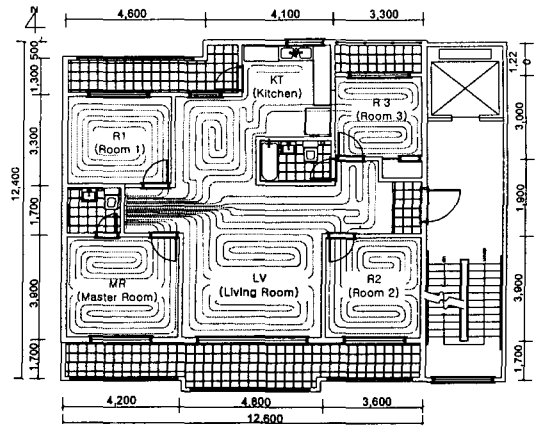
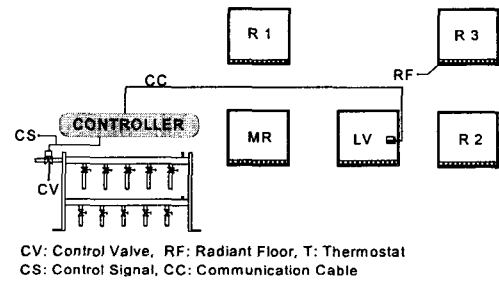


Fig. 1 Building plan with coil zone (unit: mm).



CV: Control Valve, RF: Radiant Floor, T: Thermostat  
CS: Control Signal, CC: Communication Cable

Fig. 2 Representative room control system.

절기의 설정온도를 22.5℃로 조정한 뒤 동계 2월 24일부터 2월 25일까지 기존의 난방시스템을 가동하여 수행하였다.

### 2.2 결과분석

실험결과 Fig. 3, Table 1과 같이 대표실 제어

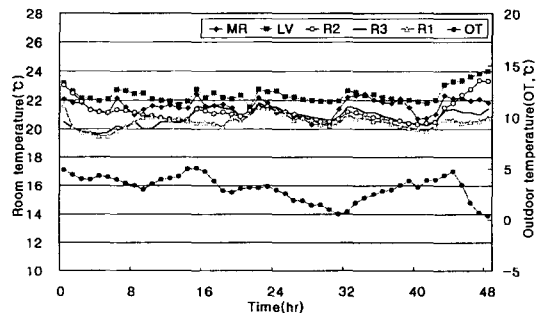


Fig. 3 Control performance in the Representative room control system (No balancing of the flow rate).

Table 1 Flow rates and room temperature (set temperature of LV: 22.5℃)

Room name	Flow rate of supply water (lpm)		Room temperature and temperature difference between ST and MT (℃)	
	Design value	Measured value	Average temperature	Temperature difference between ST* and MT**
Room 1(R1)	1.09	0.61	20.5	2.0
Master Room(MR)	1.16	1.46	21.4	1.1
Kitchen(KT)	1.19	0.61	22.3	0.2
Living Room(LV)	1.50	1.45	22.6	0.1
Room 2(R2)	1.06	1.31	21.2	1.3
Room 3(R3)	0.80	1.36	20.8	1.7
Total	6.80		-	-

\*ST: Set temperature, \*\*MT: Mear value of room temperature

의 기존 시스템은 난방부하 변화패턴이 서로 다른 남향실(MR, LV, R2)과 북향실(R1, KT, R3) 간의 실온 불균형이 심각하며, 평균 외기온(OT)이 3.9℃로 비교적 높은 상태임에도 불구하고, 실온이 가장 낮게 나타난 침실 1(R1)은 대표실인 거실(LV)보다 평균 실온이 약 2.1℃ 정도 낮게 유지됨을 알 수 있다.

실별 공급유량은 현장실험이 수행된 공동주택에서 코일구획 회로별로 로터미터 유량계와 초음파 유량계를 설치하고 실별 유량제어밸브의 개폐여부에 따라 공급유량을 측정하였으며, 그중 실별 유량제어밸브(on/off valve)가 모두 개방되었을 경우, 실별 공급유량과 설계유량은 Table 1과 같다. 이와 같이 세대 전체로 공급되는 유량은 설계값과 일치하지만, 실별로 공급되는 유량은 일치하지 않는 현상을 보이고 있다. 특히 북향실인 침실 1(R1)은 실내 코일구획회로 길이가 길어 상대적으로 배관에 의한 압력손실이 크며, 이에 따라 공급유량도 설계유량보다 작아져 실온이 상당히 낮게 나타났다.

기존 시스템에서 실온 불균형이 발생하는 원인은 실별로 공급되는 유량이 난방부하에 따른 설계유량으로 공급되지 못하거나 실별로 실온조절기가 설치되어 있지 않아 실별 부하특성에 따른 필요한 열량을 공급할 수 없었기 때문으로 판단되며, 온수분배기와 각 실간의 거리차이에 따른 실별 공급온수온도 불균형도 실온 불균형에 영향을 줄 것으로 판단된다. 그러나 실별 공급온수온도 불균형은 시공시 실제로 온수분배기와 각방 입구까지 배관 단열시공이 되어있는 경우가 많으

므로 이러한 영향은 배제할 수 있을 것으로 판단되며, 기존 시스템의 실온 불균형을 해결하기 위한 대안으로는 실별 공급유량을 설계유량으로 밸런싱하거나 실별로 실온조절기를 설치하는 방안을 제시할 수 있을 것이다.

### 3. 시뮬레이션 개요

#### 3.1 시뮬레이션 조건

현장실험 결과분석에서 제안된 대안들의 제어 성능을 검토하기 위하여 상용 열해석 프로그램인 TRNSYS를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 대상모델은 현장실험에서와 동일한 세대로 선정하였으며, 세대별 거주인원의 구성은 부모와 자녀 2명의 4인 핵가족으로 구성하였다.

제어방식은 기존 연구<sup>(4)</sup>에서 제안된 외기보상 개폐식 뱅뱅 제어방식을 적용하였으며, 공급유량은 현장실험에서 측정한 결과(Table 1을 참조)를 이용하였다. 공급온수온도는 시뮬레이션을 통해 미세조정방법으로 구한 외기보상률과 외기온에 의해 설정하였으며 실내 내부발열 입력값은 기존연구<sup>(5)</sup>에서 제시한 자료를 이용하였다.

#### 3.2 시뮬레이션 내용 및 방법

현장실험 결과분석에서 알 수 있듯이 대표실 제어인 기존 시스템에서 실온조절기를 난방부하가 상대적으로 작은 남향실인 거실(LV)에 설치할 경우 북향실은 설정실온 이하로 유지되어 쾌

적성이 저하되기 때문에 실별로 쾌적온도를 유지하기 위하여 본 시뮬레이션에서는 난방부하가 상대적으로 큰 북향실인 침실 1(R1)에 실온조절기를 설치하고 기존 시스템을 가동시켜 시뮬레이션을 수행하였다.

다음으로 현장실험 결과분석을 통하여 제안된 실별 공급유량을 설계유량으로 밸런싱 하는 대안과 실별로 실온조절기와 유량제어밸브를 설치하는 대안을 각각 적용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 이에 대한 결과분석을 통하여 기존 시스템의 문제점을 궁극적으로 해결하기 위해서는 실별 유량 밸런싱과 실온제어가 모두 가능한 실별 제어시스템을 적용하여야 할 것으로 판단되었으며 이에 대한 시뮬레이션 및 결과분석을 통하여 제어성능을 평가하였다.

또한 실제적인 에너지소비량 산정을 위해 기존 연구<sup>(6)</sup>를 참조하여 45평형 공동주택에서 거주인의 구성과 더불어 재실 스케줄을 작성하였으며, 재실과 비재실에 따라 설정실온을 변화시켜 가면서 시뮬레이션을 수행하여 제안된 실별 제어시스템의 에너지성능을 평가하였다. 그리고 기존 시스템과 유형별로 비교 분석을 진행하여 실별 제어시스템의 에너지절약 가능성을 검토하였다.

#### 4. 시뮬레이션 결과분석

시뮬레이션 결과분석에서 제어성능은 동절기 중 외기온이 가장 낮은 3일간(최저외기온대)을 대상으로 평가하였으며, 에너지성능은 전체 동절기(동계 12월, 1월, 2월)를 대상으로 평가하였다.

##### 4.1 제어성능 평가

###### 4.1.1 유량 밸런싱 없는 기존 시스템(대표실 제어)의 성능(Simulation 1)

기존 시스템에서 실별로 쾌적온도를 유지하기 위해 실별 유량 밸런싱 없이 난방부하가 상대적으로 큰 침실 1(R1)에 실온조절기를 설치하고 설정실온을 23°C로 설정하여 시뮬레이션을 수행한 결과 Fig. 4, Table 2와 같이 실온조절기가 설치된 대표실은 과냉현상이 발생한 반면, 다른 실들은 모두 과열현상이 발생하여 실온 불균형이 심각하게 나타나는 것을 알 수 있었다.

대표실을 제외한 다른 실들이 과열현상이 발생

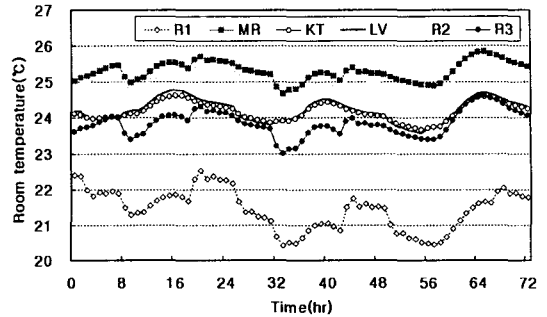


Fig. 4 Control performance of the Representative room control system (No balancing, simulation 1).

하는 원인은 Table 1과 같이 공급유량 불균형으로 인해 공급유량이 설계유량보다 크게 공급되었을 뿐만 아니라 실온조절기 또한 난방부하가 상대적으로 큰 북향실에 위치해 있어 난방부하가 상대적으로 작은 기타 실들에는 과잉열량이 공급되었기 때문이다.

침실 1(R1)은 실온조절기가 설치되었음에도 불구하고 설정실온보다 1.6°C 낮게 유지되는 것은 공급유량이 설계유량보다 작게 공급되어 최저외기온대에서 Table 2와 같이 72시간 연속하여 온수를 공급하여도 난방부하를 충족시키지 못했기 때문이다. 그러므로 기존 시스템에서 실온조절기가 설치되어 있는 대표실의 경우에도 공급유량이 설계유량보다 작게 공급되면 외기온의 하강에 따라 설정실온을 유지하지 못하여 쾌적성 저하를 초래할 수 있을 것으로 판단된다.

###### 4.1.2 유량 밸런싱을 통한 기존 시스템(대표실 제어)의 성능(Simulation 2)

기존 시스템의 문제점을 해결하기 위해서는 실별 유량 밸런싱이 대안으로 제시될 수 있으며, 유량 밸런싱이 대표실 제어시스템의 제어성능에 미치는 영향을 분석하기 위해 밸런싱 밸브로 실별 공급유량을 난방부하에 따른 설계유량으로 밸런싱한 뒤 대표실인 침실 1(R1)의 설정실온을 23°C로 설정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과 Fig. 5, Table 2와 같이 실온조절기가 설치되어 있는 침실 1(R1)과 남향실의 경우, 공급유량 밸런싱으로 인하여 Fig. 6과 같이 최저외기온대(3일간)에서 공급된 열량이 유량 미조정시(simulation 1)에 비해 침실 1(R1)은 증가하여 과냉현상

Table 2 Room air temperature and water supply time of each control method

Room name	Item	Representative room control method		Individual room control method	
		No balancing (Simulation 1)	Balancing (Simulation 2)	No balancing (Simulation 3)	Balancing (Simulation 4)
R1	Max (°C)	22.5	23.5	23.2	23.8
	Min (°C)	20.4	22.4	20.6	22.5
	AVG (°C)	21.4	23.0	21.9	23.0
	ST (hr)	72.0	49	72.0	45.0
MR	Max (°C)	25.8	25.5	23.5	23.8
	Min (°C)	24.7	23.6	22.5	22.4
	AVG (°C)	25.3	24.7	23.0	23.0
	ST (hr)	72.0	49.0	45.0	33.0
KT	Max (°C)	24.6	26.1	23.6	24.1
	Min (°C)	23.7	24.0	22.6	23.0
	AVG (°C)	24.2	25.1	23.0	23.5
	ST (hr)	72.0	49.0	55.0	32.0
LV	Max (°C)	24.8	25.7	23.5	23.5
	Min (°C)	23.6	23.7	22.5	22.5
	AVG (°C)	24.2	24.7	22.9	23.0
	ST (hr)	72.0	49.0	56.0	32.0
R2	Max (°C)	25.5	25.0	23.5	23.6
	Min (°C)	24.5	23.4	22.4	22.5
	AVG (°C)	25.0	24.2	23.0	23.0
	ST (hr)	72.0	49.0	55.0	36.0
R3	Max (°C)	24.6	23.2	23.4	23.5
	Min (°C)	23.0	21.5	22.4	22.3
	AVG (°C)	23.9	22.4	23.0	23.0
	ST (hr)	72.0	49.0	58.0	45.0

Max-Maximum, Min-Minimum, AVG-Average, ST-Supply Time

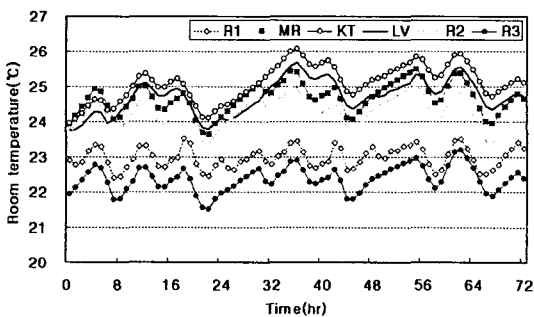


Fig. 5 Control performance of the Representative room control system (Balancing, simulation 2).

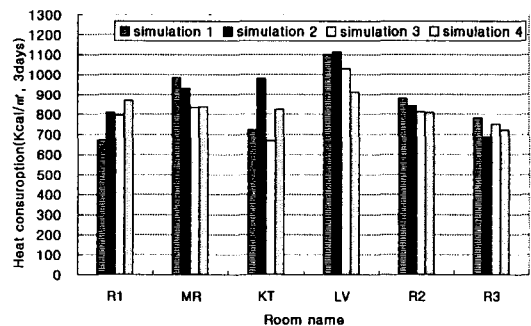


Fig. 6 Supplied energy for individual room at (unit: Mcal).

이 완화되고, 남향실은 감소하여 과열현상이 완화되었음을 알 수 있다. 또한 북향실인 침실 3은 공급열량이 감소하여 유량 미조정시(simulation 1)에 비해 과열현상이 완화되었으나 주방은 공급열량이 증가하여 과열현상이 심해졌음을 알 수 있다.

세대 전체에 공급되는 유량은 세대입구에 설치된 정유량 밸브에 의해 설계유량으로 조정되어 공급되나 세대내 실별 코일구획회로로 공급되는 유량은 유량 밸런싱 기능이 없을 경우 회로별로 소모되는 압력손실의 변화에 따라 달라지며, 실제로 단위세대의 공간배치계획, 온수분배기의 설치위치와 코일구획회로별 길이는 서로 다를 수 있기 때문에 그에 따른 압력손실 및 회로별 유량은 다양할 수밖에 없다. 따라서 대표실을 포함한 실별 실제 공급유량은 설계유량에 비해 상황에 따라 크거나 작을 수도 있으며, 이에 따라 공급되는 열량도 실별 실온 불균형 해소에 유리하게 작용하거나 불리하게 작용할 수도 있다. 그러므로 실별 실온조절기에 의한 실온 제어 없이 단순히 실별 공급유량만 설계유량으로 밸런싱하는 방식으로는 실온제어가 정확하게 이루어지기 어려울 것으로 판단된다.

4.1.3 유량 밸런싱 없는 실별 제어시스템의 성능 (Simulation 3)

실별로 실온조절기를 설치하였을 경우, 실별 공급열량 제어가 실온 제어성능에 미치는 영향을 분석하기 위하여 공급유량을 밸런싱하지 않은 상태에서 설정실온을 23℃로 고정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 Fig. 7, Table 2와 같이 침실 1(R1)은 기타 실에 비해 실온이 평

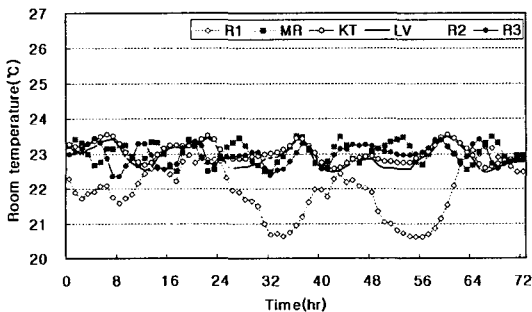


Fig. 7 Control performance of the individual room control system (No balancing, simulation 3).

균 1.1℃ 정도, 최저로 2.4℃까지 낮게 유지되고 있음을 알 수 있으며, 다른 실들은 설정실온을 근접하게 유지하고 있음을 알 수 있다. 이는 침실 1(R1)의 경우 Table 1과 같이 유량이 설계유량보다 현저히 작은 양으로 공급되어 실온조절기가 설치되어 있음에도 불구하고 Fig. 6과 같이 공급되는 열량이 유량 밸런싱(simulation 2)의 경우에 비해 감소하여 최저 외기온대에서는 손실되는 난방부하를 충족시키지 못하였기 때문이다. 주방(KT)도 공급유량이 설계유량보다 작게 공급되었으나 거실(LV)과 연결되어 있어 과냉현상이 발생하지 않은 것으로 판단된다.

그러므로 기존의 대표실 제어의 문제점을 보완하기 위해 실별 공급유량 밸런싱 기능 없이 실별로 실온조절기에만 의해 공급열량을 제어하는 방식으로는 외기온 하강에 따라 실온 제어가 정확하게 이루어지지 않을 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 기존의 대표실 제어의 문제점을 궁극적으로 해결하기 위해서는 실별 유량 밸런싱과 실별 실온조절기에 의한 열량 제어가 모두 가능한 실별 제어시스템이 필요할 것으로 판단된다.

4.1.4 유량 밸런싱을 통한 실별 제어시스템의 성능 (Simulation 4)

유량 밸런싱이 가능한 실별 제어시스템의 제어 성능을 평가하기 위해 Fig. 9와 같이 실별 공급유량을 설계유량으로 밸런싱한 뒤 실별 실온조절기(설정실온 23℃)에 의해 공급열량을 제어하여 시뮬레이션을 수행한 결과 Fig. 8, Table 2와 같이 침실 1(R1)을 포함한 모든 실들이 설정실온은 편차가 0.5℃ 이내로 나타나 설정실온을 근접하게 유

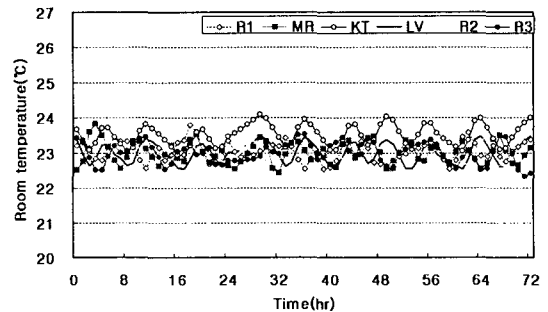


Fig. 8 Control performance of the individual room control system (Balancing, simulation 4).

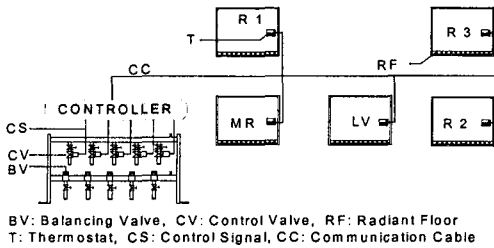


Fig. 9 Individual room control method with balancing.

지하고 있음을 볼 수 있다.

이는 Fig. 6과 같이 침실 1(R1)은 실별로 실온 조절기가 설치되어 있는 상태에서 유량 밸런싱을 하지 않은 경우에 비해 공급열량이 증가하여 과냉현상이 완화되었으며, 기타 실들은 공급열량이 비슷하게 나타나 설정실온을 근접하게 유지할 수 있었던 것으로 판단된다.

그러므로 바닥복사 난방시스템에서 실간 실온 불균형을 완화시키고 실온을 정확하게 제어하기 위해서는 실별로 실온조절기를 설치하여 공급열량을 제어하여야 할 뿐만 아니라 실별 유량 밸런싱 기능이 있어야 할 것으로 판단된다. 또한 이러한 실별 제어시스템은 설정실온을 자유롭게 변경하여 제어할 수 있으므로 에너지절감도 가능할 것으로 판단된다.

4.2 에너지성능 평가

에너지성능 평가에서는 실별 유량 밸런싱이 가

능한 실별 제어시스템과 기존의 대표실 제어시스템 간의 에너지소비량을 설정실온을 23℃로 정한 상태에서 실제 거주자의 생활스케줄에 따라 비교 평가하였다.

4.2.1 재실스케줄의 작성

실질적인 실별 제어시스템의 에너지소비량을 분석하기 위해서는 세대별 거주인원의 구성과 거주자의 재실스케줄의 반영이 필요하다.

본 연구에서는 45평형에서 가장 보편적 거주형태인 부모와 자녀 2명의 4인 핵가족으로 거주인원을 구성하였으며, 거주자의 재실스케줄과 이에 따른 설정실온은 기존연구<sup>(7)</sup>에서 제시된 자료에 근거하여 Table 3, Table 4와 같이 작성하였다. 그중 주부는 오전, 오후 각각 1시간 정도의 외출이 있을 것으로 예상되나 바닥복사난방의 축열 특성으로 인한 시간지연 현상 때문에 급격히 설정실온을 변화시켜도 크게 영향이 없으므로 주부의 외출에 의한 설정실온의 변화는 고려하지 않았다. 다른 거주자는 외출하고 주부가 재실할 경우, 주로 거실에 거주하는 것으로 가정하였으며, 기타 실들은 외출온도(셋백온도 18℃)로 제어하였다.

4.2.2 에너지소비량 비교

제어성능평가에서 알 수 있듯이 실별로 쾌적온도를 유지하기 위해 기존 시스템에서는 실온조절기를 난방부하가 상대적으로 큰 복향실에 설치하여야 하나 국내의 경우 사용상의 편의를 위해 실

Table 3 Occupancy schedule for simulation

Room name	Weekdays		Weekends & holidays	
	6~16 (h)	16~6 (h)	6~16 (h)	16~6 (h)
LV, R2	In	In	In	In
R1, KT, MR, R3	Out	In	In	In

Table 4 Set point of room temperature according to the occupancy schedule (℃)

Room name	Representative room control system				Individual room control system			
	Weekdays		Weekends & holidays		Weekdays		Weekends & holidays	
	6~16 (h)	16~6 (h)	6~16 (h)	16~6 (h)	6~16 (h)	16~6 (h)	6~16 (h)	16~6 (h)
LV R2	*	*	*	*	21	21	21	21
MR R3	*	*	*	*	18	23	23	23
R1	21	23	23	23	18	23	23	23

\* No setting

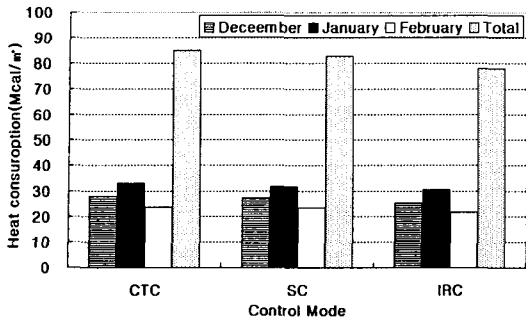


Fig. 10 Energy consumption for each control mode (thermostat installed in the living room).

온조절기를 남향실인 거실에 설치하는 경우가 대부분이다. 실온조절기 설치위치에 따라 기타 실들은 과열 혹은 과냉현상이 발생하며, 이에 따라 에너지소비량도 서로 달라질 것으로 판단된다.

실별 제어시스템과 기존 시스템의 에너지성능을 비교 평가하기 위해 본 시뮬레이션에서는 기존 시스템의 경우 실온조절기가 남향실인 거실(LV)에 설치되어 있는 경우와 북향실인 침실 1(R1)에 설치되어 있는 경우로 나누었으며, 설정실온도 재실스케줄에 따라 변화하지 않는 경우(constant temperature control, CTC)와 변화하는 경우(schedule control, SC)로 나누어 시뮬레이션을 수행하였다. 실별 제어시스템은 설정실온이 재실스케줄에 따라 변화하는 경우(individual room control, IRC)에만 한하여 시뮬레이션을 수행하였다.

동절기 12월~2월까지 3개월간 시뮬레이션을 수행한 결과 Fig. 10, Fig. 11과 같이 기존 시스템에서는 실온조절기가 거실에 설치되어 있을 경우, 일정온도 제어(CTC)는  $85 \text{ Mcal/m}^2$ , 스케줄 제어(SC)는  $83 \text{ Mcal/m}^2$ 의 에너지소비량을 보이고 있으며, 실온조절기가 침실 1에 설치되어 있을 경우 일정온도 제어(CTC)는  $95 \text{ Mcal/m}^2$ , 스케줄 제어(SC)는  $91 \text{ Mcal/m}^2$ 의 에너지소비량을 보이고 있다. 이에 비해 실별 제어시스템(IRC)은  $78 \text{ Mcal/m}^2$ 의 에너지소비량을 보이고 있어 기존 시스템에 비해 실온조절기가 거실에 설치되어 있을 경우 일정온도 제어(CTC)보다 8.9%, 스케줄 제어(SC)보다는 6.4%의 에너지절감 효과를 나타내고 있으며, 실온조절기가 침실 1에 설치되어 있을 경우 일정온도 제어(CTC)보다 21.7%, 스케줄 제어(SC)

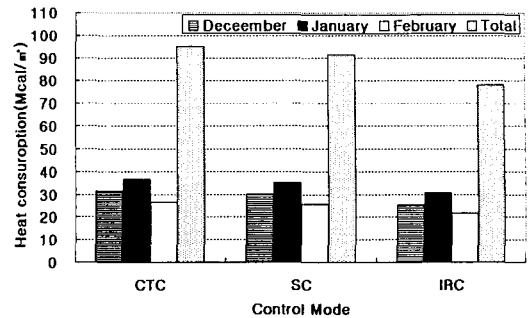


Fig. 11 Energy consumption for each control mode (thermostat installed in Room 1).

보다는 16.6%의 에너지절감 효과를 나타내고 있다.

## 5. 결론

본 연구에서는 현장실험 및 시뮬레이션을 통하여 기존의 대표실 제어시스템의 문제점을 분석하고 실별 유량 밸런싱 및 공급열량 제어가 대표실 제어시스템과 실별 제어시스템의 열성능에 미치는 영향을 평가하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 기존 시스템은 실별로 실온제어가 이루어지지 않아 남향실과 북향실 간의 실온 불균형이 심각하게 발생하며, 쾌적성 저하가 초래되는 것으로 나타났다.

(2) 실별 공급유량만 설계유량으로 밸런싱한 상태에서 대표실 제어를 하거나, 실별 공급유량을 밸런싱하지 않은 상태에서 실별로 실온만 제어하는 방식으로는 제어가 정확하게 이루어지기 어려울 것으로 판단된다.

(3) 유량 밸런싱이 가능한 실별 제어시스템은 실별 공급유량 밸런싱 및 손실부하에 따른 적정 공급열량 제어가 가능하기 때문에 실온제어가 정확하게 이루어질 수 있다.

(4) 설정실온을  $23^\circ\text{C}$ 로 정한 상태에서 실별 제어시스템(IRC)은 기존 시스템에 비해 실온조절기가 남향실에 설치되어 있을 경우, 일정온도 제어(CTC)보다는 8.9%, 스케줄 제어(SC)보다는 6.4%의 에너지절감 효과를 나타내고 있으며, 실온조절기가 북향실에 설치되어 있을 경우, 일정온도 제어(CTC)보다는 21.7%, 스케줄 제어(SC)보다는 16.6%의 에너지절감 효과를 나타내고 있다.



## 후 기

본 연구는 2003년도 서울대 신입교수 연구지원에 의해 수행되었다.

## 참고문헌

1. Jeong, S. I., 1998, A study of thermal control for lifting efficiency of heating in housing, Journal of AIK, Vol. 10, No. 3, pp. 81-94.
2. Kim, J. H. and Cho, S. H., 2002, Energy saving effect of the room control system in a Ondol house, Journal of SAREK, Vol. 6, No. 2, pp. 307-314.
3. Jin, W. F. and Kim, K. W., 2002, An experimental study on the zone control of radiant floor heating systems, Journal of SAREK, 2002-S-010, pp. 498-503.
4. Jin, W. F. and Kim, K. W., 2001, An experimental study on the control methods of radiant floor heating systems, Journal of SAREK, 2002-S-010, pp. 498-503.
5. Kim, Y. Y. and Kim, K. W., 2003, A study on the dehumidification control to prevent condensation for radiant floor cooling, Journal of SAREK, Vol. 15, No. 2, pp. 137-143.
6. Hong, W. H., Bae, H. G., Kim, S. H. and Choi, M. H., 1998, A study of thermal control for lifting efficiency on the energy consumption by the life style of resident in apartment houses, AIK, Planning & design, Vol. 14, No. 6, pp. 193-200.