

# 바닥난방을 위한 부하 예측식 펄스제어 방식의 적용성 연구

조성환<sup>†</sup>, 김성수, 김용봉\*, 나희형\*

<sup>†</sup> 전주대학교 기계자동차공학과, \*(주) 애강 기술연구소

## Application Study of the Predictive Pulse Control for Floor Heating System

Sung-Hwan Cho<sup>†</sup>, Seong-Su Kim, Yong-Bong Kim\*, Hee-Hyeong Na\*

*Department of Mechanical and Automotive Engineering, Jeonju University, Korea*

*\*Research Center, AeKang Ltd., , Yangjae-Dong #60, seocho-Gu, Korea*

**ABSTRACT:** A predictive pulse control strategy as a means of improving the energy efficiency of radiant floor heating systems is explored. Experiments at the apartment with floor heating system are conducted to assess and compare the energy performance of the predictive pulse control strategy with an existing conventional control strategy.

The Results showed that new suggested PPCM( Predictive Pulse Control Method) was available to decrease the gap of 1~1.5°C between maximum and minimum indoor temperature of each rooms . Therefore PPCM method was favor to radiant floor heating system which have a delay time of 10-20 minutes for heat transfer by floor layers.

**Key words :** Temperature control(온도제어), Radiant floor heating system(바닥복사난방시스템), Predictive pulse control( 부하 예측식 펄스제어)

### 기 호 설 명

$T$  : 온도, [°C]  
 $t$  : 가동시간, [hour]

### 그 리 스 문 자

$\theta$  : 기울기

### 하첨자

1 : 초기온도  
2 : 설정온도 보다 낮은온도

### 1. 서론

일반적으로 국내의 총 에너지 소모량 중 건물 부분이 차지하는 비율은 약 25%정도 되며 이들 중 60%이상은 주택에서 소모되는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 상황에서 최근 국내의 경제적, 기술적인 발전에 따라서 주택에서 쾌적한 주거환

<sup>†</sup> Corresponding Author  
Tel.: +82-63-220-2663; Fax: +82-63-220-2056  
E-mail address: [shcho@jj.ac.kr](mailto:shcho@jj.ac.kr)

경에 대한 욕구가 높아지고 있으며, 보다 쾌적한 온열환경의 향상이 절실히 요구되어지고 있다. 이에 따라서 주거 공간의 쾌적 환경제어에 핵심기술인 새로운 난방제어 시스템에 대하여 개발의 필요성이 증가하게 되었다.

현재 기존의 난방제어시스템에서 사용되고 있는 제어방식으로는 개폐식 뱅뱅 제어와 변유량 제어가 있는데, 개폐식 제어는 일정유량으로 설정실온을 중심으로 제어기에 일정한 편차를 설정한 후 2 위치제어를 통해 개폐식 밸브동작으로 온도를 조절하는 방식이다.<sup>[1]</sup> 이러한 개폐식 제어 방식은 실온 및 바닥온도의 변동폭이 크며, 온수 공급 중단 시 불균등 복사로 불쾌감을 유발할 수 있는 특성이 있다. 반면에 변유량 제어는 조작량을 목표값과 현재의 위치와의 차에 비례한 크기가 되도록 조작하는 것으로서 실내온도나 환수온도 변화에 따른 밸브의 비례제어 동작으로 조절하는 방식이다. 그러나 온돌구조를 갖는 바닥난방과 같이 축열구조를 갖는 경우에는 공급된 열량이 실내에 전달되기 위해서는 10분이상의 시간이 필요하므로 부하예측을 통한 제어방법이 많이 연구되어 왔다.

Friedlander와 Adelman은 외기온과 공급온수온도 사이에 선형관계가 있음을 착안해서 외기온에 역비례로 공급온수온도를 제어하는 Outdoor reset control 방법을 제안했다.<sup>[2],[3]</sup> MacCuler는 바닥구조체에 전달되는 열전달량을 제어할 수 있는 Flux modulation control 방법을 제안했다.<sup>[4]</sup>

Cho 등은 실내공기온도와 바닥표면온도를 제어 대상으로 하는 Multi-parameter control 방법을 제안했다.<sup>[5]</sup>

지금까지 이러한 연구들은 부하를 예측하기 위해서는 실내온도 외에 한 가지 인자를 추가로 확보함으로써 가능한 제어방법이었다.

따라서 본 연구에서는 실내온도 한 가지의 인자만으로 외기부하를 고려하여 열량 공급량을 조절할 수 있는 새로운 제어방식인 부하 예측식 펄스제어방식(PPCM : Predictive Pulse Control Method)을 제안하였다. 이러한 제어방식은 국내의 온돌주택과 같이 응답시간이 늦은 경우에 아주 우수하게 적용될 수 있는 방법의 하나가 될 수 있다.

본 제어방식의 특성평가를 위하여 실제 공동주택(59평)을 대상으로 하였다. 이때 실험을 위해

서 새롭게 개발된 분배기 및 제어기를 설치한 후 2006.12-2007.3 까지 약 4 개월간의 실증 실험을 수행하였다.

## 2. 부하 예측식 펄스제어 알고리즘

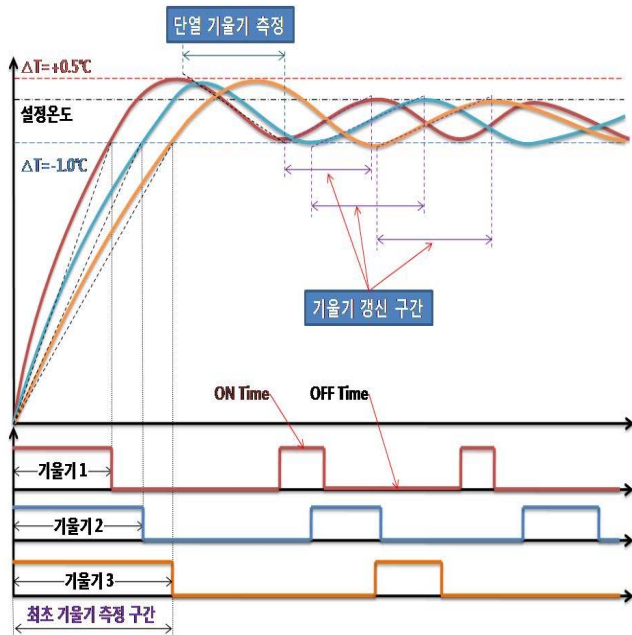
새롭게 제안하는 부하 예측식 펄스제어방식은 실내에 필요한 부하를 고려하여 열량을 공급함으로써 과열현상을 줄이기 위해 밸브의 개폐시간을 조절하는 방식이다. 일반적으로 온돌을 가지는 우리나라의 주택은 밸브의 개폐에 따라서 유량이 제어가 되더라도 실내로 공급되는 열량의 반응시간이 10분에서 20분까지도 소요되기 때문에 정밀 제어가 무척 어려운 구조로 되어 있다. 따라서 실온이 설정온도에 도달되어 밸브를 닫아 주더라도 열량공급은 계속적으로 이루어지기 때문에 과열 현상의 문제가 발생되게 된다. 이러한 경우에 밸브의 개폐시간 조절을 위해서 실온과 설정온도와의 편차에 의하여 펄스 폭과 주기를 줄여 주는 방식이 필요하며 이러한 제어방식 중의 하나가 부하 예측식 펄스제어(PPCM)이다. 이 방식은 기존의 뱅뱅 제어방식에 의한 개폐식 밸브를 사용하기 때문에 시스템이 간단하면서도 존별 부하 차이가 클 경우 개폐식제어보다 실온 변동폭이 줄어들게 하면서 비례제어 효과를 나타낼 수 있게 됨으로서 온돌 바닥을 가지는 국내 주택의 경우에 잘 적용될 수 있는 방식이 될 수 있을 것이다.

[Fig. 1]은 PPCM제어에 대한 개요로서 열원공급에 의하여 나타나는 실내온도의 기울기를 측정하여 기울기의 각도에 따른 구동기의 구동시간을 조절하여 주는 개요도를 나타내고 있다. 세부적으로 표현하면 난방이 시작되는 초기부터 설정온도 보다 1℃ 낮은 기간까지의 온도변화를 측정하여 기울기를 산정한다. 그리고 기울기가 큰 경우는 구동기의 개폐시간을 짧게 하고 기울기가 적은 경우에는 구동기의 개폐시간을 길게하여 외기온에 따른 부하의 영향을 고려하여 구동기의 개폐시간을 조절하여 줄 수 있게 하였다. 이렇게 함으로서 바닥온도에 따른 열원공급의 지연시간을 보상하여 과열 현상을 방지할 수 있도록 할 수 있다. 이러한 기울기 측정은 상시로 계속되어 연속난방시에도 실내온도 기울기의 각도를 고려

하여 난방 구동기의 개폐시간을 조절하여 줄 수 있다.

$$\theta = \frac{T_2 - T_1}{\Delta t}$$

여기서  $\theta$  : 기율기  
 T1 : 초기온도  
 T2 : 설정온도보다 1°C 낮은 온도  
 $\Delta t$  : 가동시간



[Fig. 1] Schematic diagram of predictive pulse control(PPCM) method

### 3. 실험 장치

#### 3.1 실험개요

온수온돌난방방식에 적용되는 시스템 온수 밸브의 난방제어 특성을 종합적으로 판단하기 위하여 아래와 같은 개별난방공급시스템에 대한 실험장치를 구축하였다. 이때 실험용 주택은 59평 규모의 K 아파트로서 거실, 안방, 중간방, 현관방, 주방, 작은방 등 모두 6개의 개별 룸으로 구성되어 있으며 난방존은 5개로 구성되어 있다.

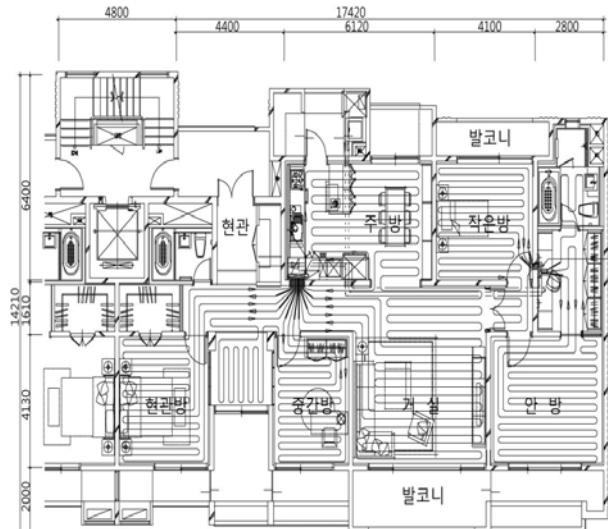
이때 룸별 통합제어기는 주방의 수납공간에 설치되어 있으며 이들은 각각 룸의 제어기에 연결되어 룸별제어가 가능하도록 구성되어 있다. 열원 공급은 개별 가스 보일러에 의해서 공급되며 그 용량은 35,000Kcal/h의 가스보일러를 이용하고 있다. 이때 실험 기간은 2006.12-2007.3까지 겨울철 4 개월에 걸쳐서 다양한 실험이 이루어 졌다.

#### 3.1 실험대상 주택

실험대상 공동주택은 남향으로 위치하고 있는 59평의 대형 아파트로서 14층이다. 이때 실험용 아파트의 개요는 <Table 1>와 같으며 [Fig. 2] 온수분배기로부터 분배되는 난방코일을 포함한 난방배관 평면도를 나타내고 있다.

<Table 1> Outline of experimental house

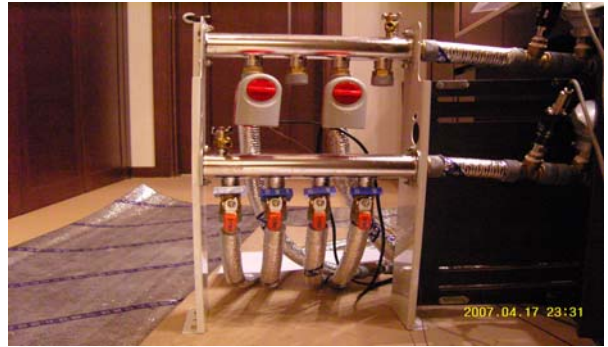
| 구분   | 바닥면적 (m <sup>2</sup> ) | 존의 개수                             |
|------|------------------------|-----------------------------------|
| 59평형 | 194.7                  | 5<br>(거실 및 주방, 안방, 중간방, 현관방, 작은방) |



[Fig.2] Floor plan of experimental house

### 3.2 실험대상 주택의 설비

실험용 주택은 35,000Kcal/h의 도시가스에 의하여 가동되는 온수보일러를 가지고 있는데 이로부터 공급되는 온수는 6개의 룸에 공급이 이루어져 있다. 이때 보일러로부터 공급되는 온수를 공급하기 위해서 안방과 작은방에 공급하기 위한 4구용 온수분배기 1기와 이를 제외한 거실 등 다른 방에 공급하기 위한 8구용 분배기 1기, 즉 모두 2기의 온수분배기가 설치되어 있다. 이때 온수공급은 사용자가 보일러에서 원하는 온도로 설정하도록 되어 있는데 본 실험을 위해서 온수공급온도는 60℃로 설정하여 놓고 실험을 하였다. 실험용 주택은 콘크리트 바닥에 난방 코일이 설치되어 있으며 이들은 원래의 상태를 그대로 유지하여 실험이 이루어 졌다. [Fig.3]는 주택에 설치된 보일러 전경을 나타내고 있으며 [Fig.4]는 거실에 설치된 8구용 온수분배기, [Fig.5]는 안방 옆의 화장실 입구에 설치된 4구용 분배기를 나타내고 있다. [Fig.6]은 룸별 제어기를 나타내고 있다.



[Fig. 5] Distributor with 4 openings installed to main room



[Fig.3] Boiler for the experimental house



[Fig. 6] Room controller



[Fig. 4] Distributor with 8 openings installed to living room

### 3.2 측정장치

일반적으로 온수에 의한 공동주택의 열성능 평가를 위해서는 실내 환경 인자인 실내온도 및 바닥온도, 외부 인자인 외부 공기 온도 그리고 실내로 공급되는 유량 및 열량의 측정이 필요하다. 이를 위하여 전체 및 분배기별 공급 온도 및 환수 온도와 유량 및 압력을 측정하였으며, 각 룸별 실내온도, 벽체온도 및 바닥온도가 측정되었다. 그리고 외기온도를 남쪽 및 북쪽의 베란다에서 측정하였다. 즉 이를 위한 측정센서의 설치 개수를 나타내면 유량계 12 개, 실내온도가 6개, 바닥온도가 6개, 벽체온도 6개, 공급온도 12개, 환수온도 12개, 외기온도 2개 그리고 공급 유량의 압력 등 총 60 여 개의 센서가 설치되어 실시간으로 측정이 이루어 졌다.

난방코일의 온도, 압력, 유량을 측정하기 위하여 열전대(thermocouple), 압력계( PSH D 0001 KAAG) 및 터빈 유량계(20064F44)를 각각 사용하였다.



[Fig.7] Temperature and flow sensor installed to distributor



[Fig.9] Measuring view of indoor and floor surface temperature



(a) flow meter (b) monitoring part

[Fig.8] Measuring equipment of flow rate



[Fig.10] View of data logging system

바닥온도를 측정하기 위해서는 열전대를 바닥 표면에 설치하였는데 실제적으로 매설된 온수 파이프의 영향을 받기 때문에 바닥에서의 측정된 온도는 열전대의 설치위치에 따라서 측정된 온도가 크게 다를 수 있으므로 바닥표면에 60× 30cm의 스테인레스 판을 설치한 후 그 위에 열전대를 설치함으로써 평균온도 개념으로 바닥온도를 측정할 수 있도록 하였다. 실내온도를 측정하기 위해 천정과 바닥사이에 설치한 실내온도 측정용 열전대는 바닥으로부터 천정으로 철사줄을 설치하여 놓고서 높이가 120cm가 되는 곳에 열전대를 설치하였다. [Fig.9]는 실내 및 바닥온도 측정용으로 설치된 열전대를 나타내고 있다.

온도, 유량, 압력 등 모든 측정값을 한 곳에서 수집할 수 있는 데이터 수집기는 Agilent HP 34970 A Data Logger를 이용하였다. 이때 데이터로거의 전체 채널 수는 약 64개 이며 각 채널 매 2분마다 측정되었다. 이들 데이터는 실시간으로 컴퓨터로 전송되어 엑셀 처리가 될 수 있도록 구성 하였다.

## 4. 실험 결과

### 4.1 실험방법

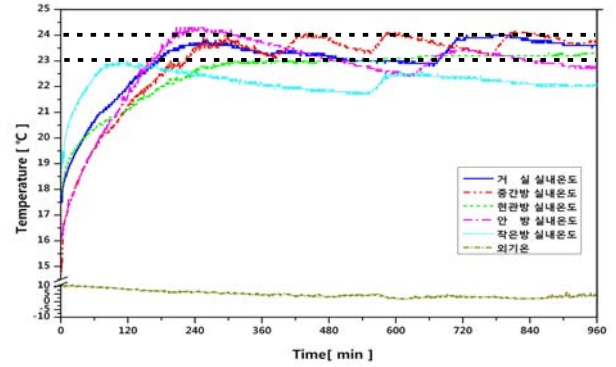
새롭게 개발된 부하 예측식 펄스 제어방식이 기존의 온오프 제어방식에 대비하여 어느 정도 장점을 가지고 있는지를 평가하기 위하여 본 연구에서는 실내온도의 편차가 1℃인 경우와 2℃인 경우에 단순 온오프 제어로 실내온도 설정치 제어를 수행하였다. 그리고 이의 결과를 부하예측식 펄스제어방식에 의한 제어결과와 비교함으로써 부하예측식 제어의 특성을 평가하였다. 실험은 케이스별로 24시간을 기준으로 수행되었으며 수행된 결과는 3가지 경우, 즉 거실, 중간방, 현관, 안방, 작은방에 대한 실내온도 및 외기온도에 대한 경우, 거실, 중간방 및 현관방에 대한 바닥온도 및 공급 유량에 대한 경우, 안방 및 작은

방에 대한 바닥온도 및 공급 유량에 대한 경우로 나누어서 분석을 하였다.

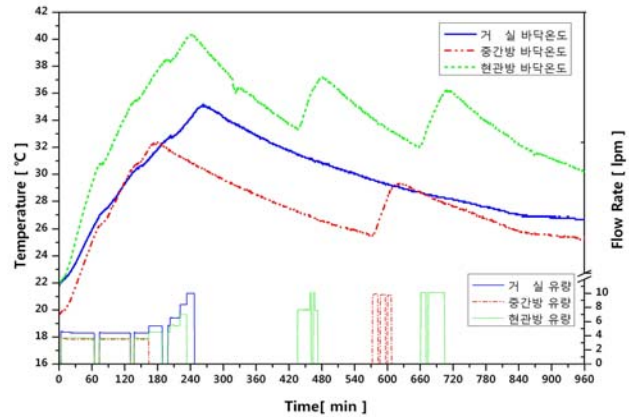
#### 4.2 기존의 온오프 제어 실험결과

[Fig.11]은 2007년 3월 9일에 실내온도의 편차를 1°C로 한 경우 즉, 상한치 온도를 24°C로 하고 하한치 온도를 23°C로 제어한 경우에 대한 결과이다. 여기서 그림 a는 각방의 실내온도 및 외기온을 나타내고 있으며, 그림 b, c는 각 실의 바닥온도 및 공급 유량을 나타내고 있다. 그림 a에서 보면 측정시의 외기온은 8°C부근을 나타내는 온화한 외기온 이었다. 측정시간은 오후 4시부터 시작하여 약 24시간동안 측정이 이루어 졌다. 그림에서 보면 대부분의 경우에 1°C 정도의 편차를 두고 움직이는 것을 확인할 수 있지만 안방의 경우에는 24°C까지 상승하고 22°C까지 하강하여 2°C정도의 큰 편차를 나타내고 있다. 또한 작은 방의 경우에는 1.5°C 정도의 편차를 나타내고 있다. 또한 실내 상한치 온도가 23-24°C 정도를 나타내어 실제 설정된 24°C보다 과열될 수 있는 소지가 있음을 나타내었다. 이때 그림 (b)에서의 바닥표면온도는 7°C 정도의 편차를 나타내고 있다.

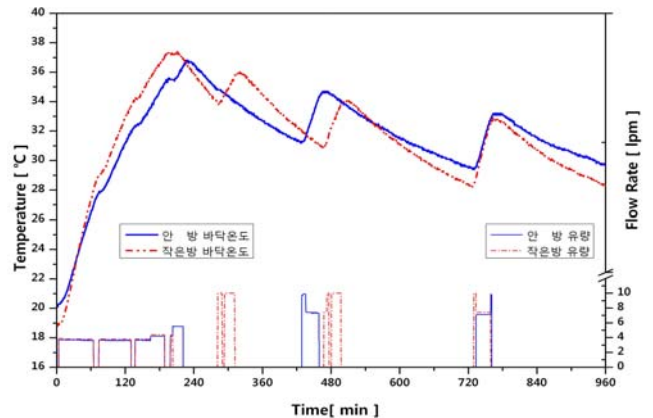
[Fig.12]은 2007년 3월 17일에 실내온도의 편차를 2°C로 한 경우 즉, 상한치 온도를 23°C로 하고 하한치 온도를 21°C로 제어한 경우에 대한 결과이다. 여기서 그림 a는 각방의 실내온도 및 외기온을 나타내고 있으며, 그림 b, c는 각 실의 바닥온도 및 공급 유량을 나타내고 있다. 그림 a에서 보면 측정시의 외기온은 8°C부근을 나타내어 앞에서의 경우와 같이 온화한 외기온 이었다. 그림에서 보면 작은방의 경우에 24°C까지 상승되는 경우를 제외하면 대부분의 경우에 2°C 정도의 편차를 두고 제어가 되는 것을 확인할 수 있다. 그러나 바닥온도 측면에서 보면 10°C 정도 까지 편차를 나타내어 1°C의 편차를 두고 제어한 앞에서의 경우보다 3°C 정도의 큰 편차를 나타내고 있다. 유량 공급 측면에서 보면 1°C 편차의 경우에는 하루에 3-4번 정도의 열량 공급이 이루어 지는데 반하여 2°C 편차의 경우에는 하루에 2번 정도의 열량 공급이 이루어 지는 것을 알 수 있다.



(a) Indoor temp. & outside temp.

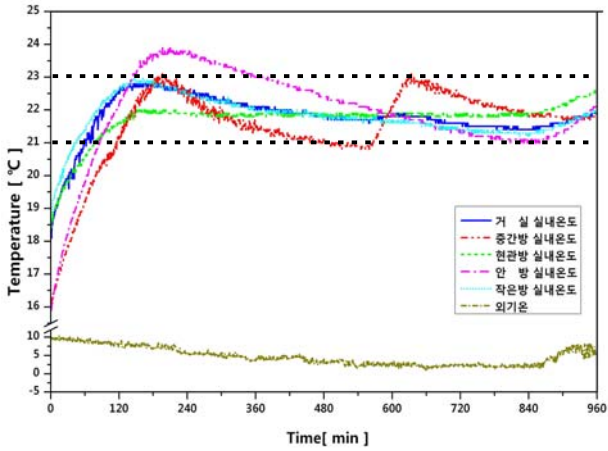


(b) Floor surface temp. & flow rate(I)

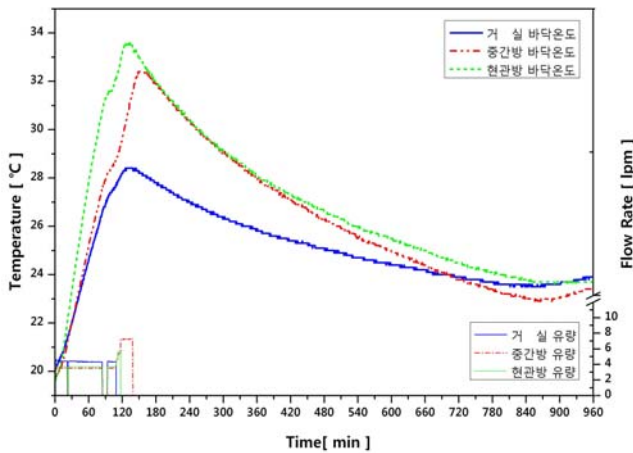


(c) Floor surface temp. & flow rate(II)

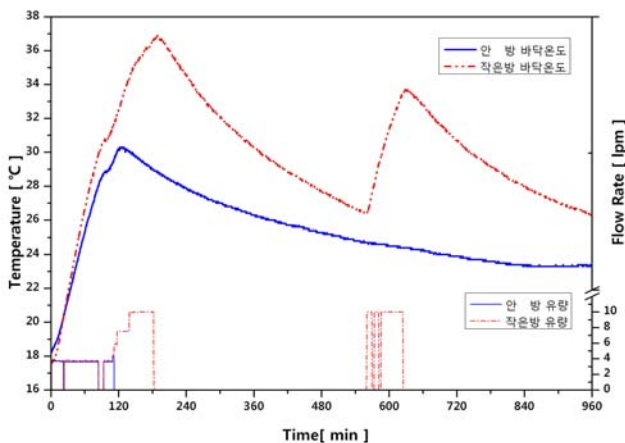
[Fig.11] Conventional on-off control with 1°C offset temperature(3/9/2007)



(a) Indoor temp. & outside temp.



(b) Floor surface temp. & flow rate(I)



(c) Floor surface temp. & flow rate(II)

[Fig.12] Conventional on-off control with 2°C offset temperature(3/17/2007)

#### 4.2 부하 예측식 PPCM 제어 실험결과

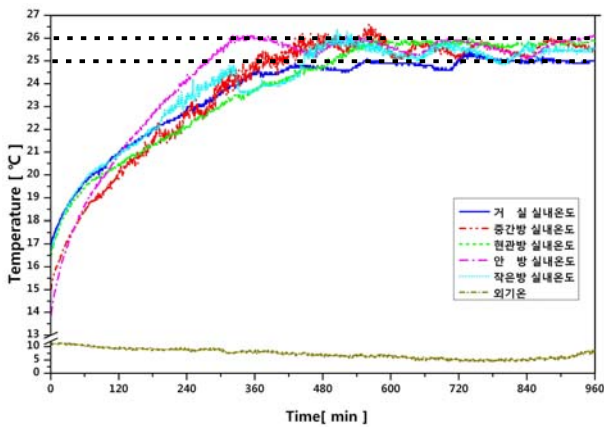
부하 예측식 펄스제어에 의한 이론에 의하면 외기 부하를 고려하여 상한치 설정제어를 정확하게 하기 때문에 설정치보다 과열되는 현상을 방지할 수 있는 큰 장점이 있다. 따라서 이러한 제어특성이 실제 실험에서 나타나는지를 분석하기 위하여 상향 온도 설정치를 26°C로 하여 놓고 설정치 편차를 1°C 및 2°C로 한 경우에 대하여 제어 실험을 수행하였다. 이때 실험결과는 앞에서와 같이 24시간동안 수행된 결과에 대하여 3가지 경우, 즉 거실, 중간방, 현관, 안방, 작은방에 대한 실내온도 및 외기온도에 대한 경우, 거실, 중간방 및 현관방에 대한 바닥온도 및 공급 유량에 대한 경우, 안방 및 작은방에 대한 바닥온도 및 공급 유량에 대한 경우로 나누어서 분석을 하였다.

[Fig.13]는 실내온도의 편차를 1°C로 한 경우 즉, 상한치 온도를 26°C로 하고 하한치 온도를 25°C로 부하예측식 펄스제어(PPCM)에 대한 결과이다. 여기서 그림 a는 각방의 실내온도 및 외기온을 나타내고 있으며, 그림 b, c는 각 실의 바닥온도 및 공급 유량을 나타내고 있다. 그림 a에서 보면 측정시의 외기온은 9°C부근을 나타내는 온화한 외기온 이었다. 측정시간은 오후 5시부터 시작하여 약 24시간동안 측정이 이루어 졌다. 그림에서 보면 대부분의 경우에 초기 난방의 기간에도 상향 설정치를 정확하게 유지하는 결과를 나타내고 있다. 그리고 대부분의 경우에 정확하게 1°C 정도의 편차를 두고 움직이는 것을 확인할 수 있다. 여기서 특이한 점은 앞에서의 온오프 제어에서 발생하던 일부분의 방에서 발생하는 상향 설정치에서 과열되는 현상이 나타나지 않는 것이다. 이러한 이유는 바닥온도와 유량을 공급량을 나타내는 그림 (b), (c)에서 보면 이유를 확인할 수 있다. 즉 상향 설정치 부근에 실내온도가 도달하면 공급 유량을 줄여주는 현상을 그림 (b), (c)에서 확인할 수 있다. 이에 따라서 공급 유량의 제어 회수가 증가하면서 바닥온도의 편차도 6°C 이내로 줄여주는 효과를 얻을 수 있음을 나타내었다.

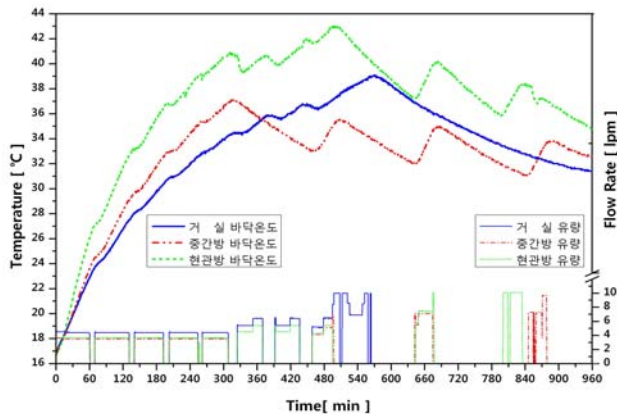
[Fig.14]는 실내온도의 편차를 2°C로 한 경우 즉, 상한치 온도를 26°C로 하고 하한치 온도를 24°C로 PPCM제어에 대한 결과이다. 여기서 그림

a는 각방의 실내온도 및 외기온을 나타내고 있으며, 그림 b, c는 각 실의 바닥온도 및 공급 유량을 나타내고 있다. 그림 a에서 보면 측정시의 외기온은 10℃ 부근을 나타내는 온화한 외기온 이었다. 측정시간은 오후 5시부터 시작하여 약 24시간 동안 측정이 이루어 졌다. 이때 그림에서 보면 실내의 온도가 24℃에서 26℃까지 정확하게 2℃ 편차로 움직이는 것을 확인 할 수 있다. 이에 따라서 바닥온도도 8℃ 정도의 편차를 나타내어 기존의 온오프 제어시 보다 바닥온도 편차를 2℃ 정도 줄여 주는 현상을 나타내었다.

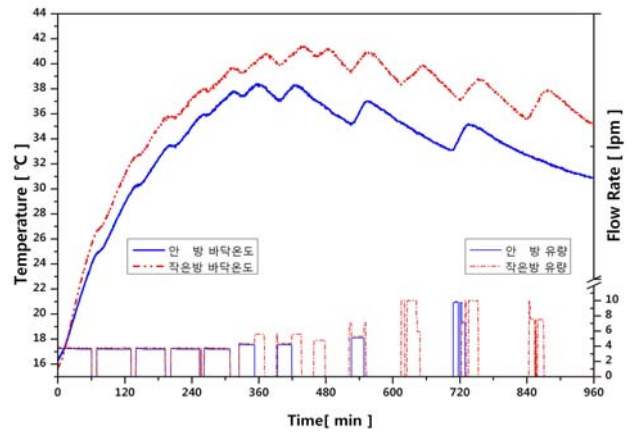
위와 같은 결과로 볼 때 본 연구에서 개발된 부하 예측식 펄스제어 설정치 제어를 정확하게 하기 때문에 기존의 온오프 제어방식에 비하여 상향 설정치에서 과열되는 현상을 크게는 1-1.5℃ 정도 확실히 줄여 줄 수 있으며 이에 따라서 바닥온도의 편차도 2-3℃ 줄여 줄 수 있는 효과를 나타낼 수 있음을 나타내었다.



(a) Indoor temp. & outside temp.

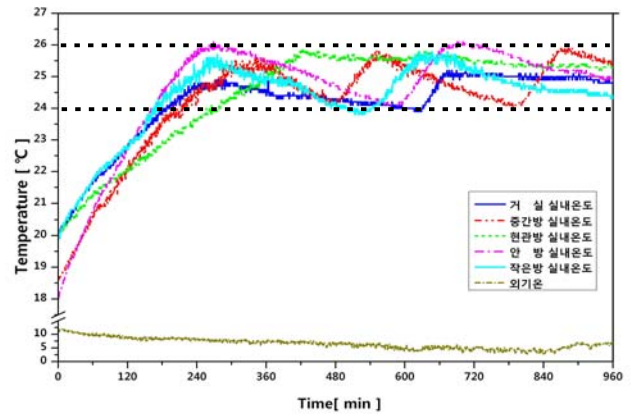


(b) Floor surface temp. & flow rate(I)

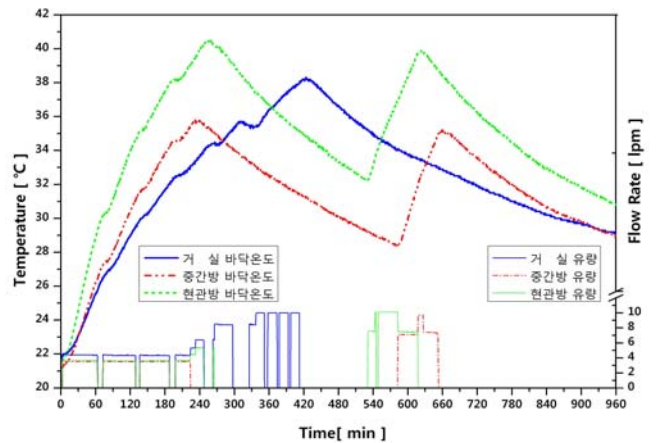


(c) Floor surface temp. & flow rate(II)

[Fig.12] New PPCM control with 1℃ offset temperature(3/15/2007)

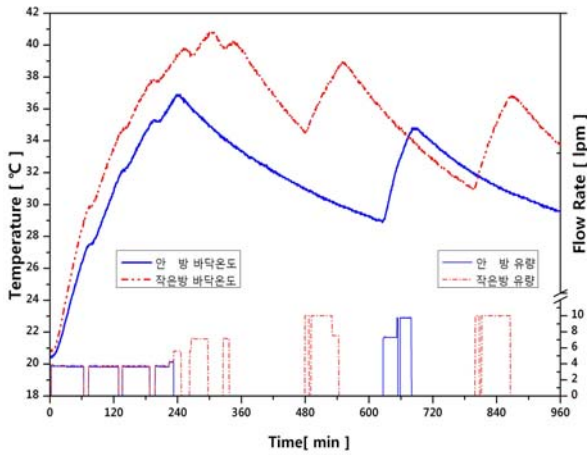


(a) Indoor temp. & outside temp.



(b) Floor surface temp. & flow rate(I)





(c) Floor surface temp. & flow rate(II)

[Fig.13] New PPCM control with 2°C offset temperature(3/16/2007)

<Table 2>는 설정온도( $\Delta T_{set}$ )를 1°C 및 2°C로 하였을 경우에 대하여 각 방별 최대온도( $T_{max}$ ), 최소온도( $T_{min}$ ) 및 온도차( $T_{max} - T_{min}$ )를 나타낸 것이다. 표에서 보면 설정온도를 1°C로 할 경우 평균온도가 1.08°C에서 0.82°C로 약 26% 정도 온도차를 감소하여 주는 것으로 나타났다. 또한 2°C로 할 경우에는 1.74°C에서 1.38°C로 약 20%정도 온도차를 감소시키는 것으로 나타났다.

<Table 2> Room Temperature comparison between conventional control and PPCM control

| 제어방법                        | 설정 온도                              | 실내 온도      | 거실   | 중간 방 | 현관 방 | 안방   | 작은 방 | 평균   |
|-----------------------------|------------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|
| Conventional on-off control | $\Delta T_{set} : 1^\circ\text{C}$ | $T_{max}$  | 23.8 | 23.7 | 24.3 | 24.4 | 23.2 | 1.08 |
|                             |                                    | $T_{min}$  | 23.5 | 22.0 | 23.0 | 23.6 | 21.9 |      |
|                             |                                    | $\Delta T$ | 0.3  | 1.7  | 1.3  | 0.8  | 1.3  |      |
|                             | $\Delta T_{set} : 2^\circ\text{C}$ | $T_{max}$  | 22.6 | 23.8 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 1.74 |
|                             |                                    | $T_{min}$  | 21.9 | 21.0 | 21.3 | 21.3 | 20.9 |      |
|                             |                                    | $\Delta T$ | 0.7  | 2.8  | 1.6  | 1.6  | 2.0  |      |
| PPCM control                | $\Delta T_{set} : 1^\circ\text{C}$ | $T_{max}$  | 25.9 | 26.0 | 25.4 | 25.4 | 26.5 | 0.82 |
|                             |                                    | $T_{min}$  | 25.7 | 25.1 | 24.6 | 24.6 | 25.1 |      |
|                             |                                    | $\Delta T$ | 0.2  | 0.9  | 0.8  | 0.8  | 1.4  |      |
|                             | $\Delta T_{set} : 2^\circ\text{C}$ | $T_{max}$  | 25.8 | 25.9 | 25.5 | 25.1 | 25.8 | 1.38 |
|                             |                                    | $T_{min}$  | 25.3 | 24.0 | 23.9 | 23.9 | 24.1 |      |
|                             |                                    | $\Delta T$ | 0.5  | 1.9  | 1.6  | 1.2  | 1.7  |      |

#### 4. 결론

본 연구에서는 국내의 온돌 주택에 적합한 새로운 난방제어방식으로서 부하 예측식 펄스제어(PPCM: Predictive Pulse Control Method)방식을 제안하였다. PPCM제어방식은 국내의 온수온돌 주택에 새롭게 시도되는 방식으로서 기존의 부하를 고려하여 제어인자의 설정점 전에서 밸브의 작동을 미리 수행함으로써 제어인자가 설정점 보다 오버슈팅되는 것을 방지하는 것에 의하여 정확하게 제어범위 내에서 제어가 되도록 하는 온오프제어방법이다.

따라서 본 연구에서는 59평 크기의 실제 온돌 주택을 대상으로 2006.12-2007.3 동안 겨울철의 4개월 동안 제어 특성실험을 수행한 결과 부하 예측식 펄스제어방식은 상향 설정치를 정확하게 제어하기 때문에 설정치 보다 과열되는 현상을 기존의 온오프 제어시와 비교하면 크기는 1-1.5°C 정도 줄여 줄 수 있어서 제어되는 방전체로는 약 20-26%정도 온도 편차를 줄여 줄 수 있는 것으로 나타났다. 이에 따라서 바닥온도의 편차도 2-3°C 줄여 줄 수 있는 효과를 나타낼 수 있음을 나타내었다. 따라서 국내와 같이 바닥에 축열층을 가지는 온돌 주택에는 아주 유리하게 활용될 수 있음을 나타내었다.

#### 참고문헌

- ASHRAE Systems and Equipment, American Society for Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA, USA, 1996
- Adelman D, Some control strategies for radiant floor heating, Radiant Times, 1983, pp4-5
- McCluer CC, Temperature variations of flux modulated radiant slab systems, ASHRAE Trans 1989, pp 1010
- Friedlander M, Premium heating with radiant slabs, Solar Age 1986, pp66-71
- An Experimental study of multiple parameter switching control for radiant floor heating systems, Energy 24,1999, pp433-444