JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지 Vol. 23, No. 8: 910~916, Aug. 2019

공간분활 및 영역열량측정에 의한 공평 자동난방운영시스템 구현

한상철[1] · 류광렬[2*]

System Implementation for Fair Automatic Heating Operation Based on Spatial Distributing and Zonal Calorie Measuring

Sang Cheol Han[1] · Kwang Ryol Ryu[2*]

[1]Graduate Student, Department of Electronic Engineering, Mokwon University, Daejeon, 35349 Korea
[2*]Professor, Department of Electronic Engineering, Mokwon University, Daejeon, 35349 Korea

요 약

본 논문은 주거공간영역 별로 사용 난방열량을 측정하고 사용량을 자동으로 측정 분석하여 계량 운영 할 수 있는 공평관리 자동난방운영시스템의 구현이다. 난방공간은 4영역으로 분할하여 하나의 계량기로 유량과 열량이 계측된다. 이 시스템은 열량검출, 온도조절기, 밸브제어기, PC컨버터와 모니터링으로 구성된다. 난방 공간영역은 실내온도에 따라 열량 계산에 필요한 환수 온도가 측정되고 영역별 열량이 산출된다. 실험결과, 측정기기로 계측한 값과 비교하여 측정열량 값의 오차 범위는 1% 내이다. 기존의 유량계를 이용한 난방 분할 방식과 비교하면 난방 에너지 사용비용이 약 7% 저감된다. 이 공평시스템은 향후에는 BEMS와 공동으로 연계하는 연구가 필요하다.

ABSTRACT

This paper describes the system implementation of the heating operation based on spatial distributing and zonal calorie measuring and analyzing of houses to calculate the fair amount of the heating meterage automatically. The heating space is distributed into 4 zones, which the flow rate and calories are checked by one meter respectively. The system is composed of a heating sources, adjuster of thermostat, valve controller, PC converter and total monitering. The returning temperature in the spatial zones is measured for the heating calorie to calculate the zonal calories according to the rooms temperature. The proposed system results in error by 1% or less in comparing with the dedicated experimental equipment, and reduces energy cost by 7% from conventional system. The fair checking system will be enhanced with building energy management system in the future.

키워드 : 공평자동난방시스템, 공간분할, 영역열량측정, 난방사용량

Keywords : Fair Automatic heating system, Spatial distributing, Zonal calorie measuring, Heating meterage

Received 28 April 2019, **Revised** 29 April 2019, **Accepted** 12 May 2019

*** Corresponding Author** Kwang Ryol Ryu (Email:conan@mwu.ac.kr, Tel:+82-42-829-7651)
Professor, Department of Electronic Engineering, Mokwon University, Daejeon 35349, Korea

Open Access http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.8.910 print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

건물에너지관리시스템 BEMS (Building Energy Management System)은 ICT기반의 에너지의 효율적 운영관리 및 저감을 위한 광의의 통합시스템인 반면, 소규모 주거건물의 난방시스템은 설비비용의 절약 및 건축물 관리자의 관리적인 측면에서 하나의 중대형 열원을 사용하여 다수의 공간에 분배하는 난방시스템이다. [1-3] 주거 시설은 개별적인 난방 영역을 구성하고 있지만, 각 난방 영역별 난방사용량을 분할하기 위해서는 각각 열량계 및 유량계를 설치하여 측정한다. 유량계 및 열량계를 설치하지 않는 주거에서는 일괄적으로 난방사용량을 부과한다. 사용 유량으로 난방비를 책정하거나 난방면적에 의해 차등 분할하는 방식은 공평한 분할과 효율적인 에너지 사용이 요원하다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 난방 영역별로 실제 사용 열량으로 인한 소비된 난방 에너지를 정확히 분할 계산해야 하며, 실시간으로 누적된 사용 열량을 모니터링 하는 방식을 통해 소비한 난방 에너지를 공평 관리하는 자동화시스템이 필요하다.[4-7]

따라서 본 연구는 단일 열원을 사용하는 소규모시설에서 각 난방공간별 및 영역별열량 측정하고 사용량을 계량하는 평등한 자동화운영시스템 설계로서, 구현하는 시스템은 밸브제어기와 온도조절기, PC컨버터, 모니터링 프로그램으로 구성한다. 시스템은 PC 및 열원과의 통신을 통해 정보를 전달 제어를 할 수 있으며, 난방 열원의 공급수 주 배관에는 유량계를 설치한 후 최종적으로 PC에서 각 난방 영역에서 사용한 열량과 사용 요금을 표시하며, 각 난방 영역마다 유량계나 열량계가 설치되지 않고도 영역별 사용 열량의 자동 분할이 가능하도록 설계한다. 성능실험은 난방 영역을 난방 코일로 대체하고 실제 난방 환경과 유사한 실험 장치를 구현하여 온도와 유량, 열량을 직접 측정하고 기존방식과 비교한다.

Ⅱ. 시스템 구현

2.1. 공평관리시스템 설계

각 난방 세대별 계량기가 없이 하나의 시설 단위의 시스템을 구축하기 위해서는 시설의 전체 유량을 측정할 수 있는 유량계가 열원의 환수(또는 공급수) 측에 연결되어야 한다. 구현 시스템 블록은 그림 1과 같이 각 세대에서는 열원의 전체 유량을 반드시 알고 있어야할 필요는 없으며, 실내 온도에 따라 난방을 조절할 수 있는 실내온도조절기, 각 난방 영역별로 난방 유량을 개폐할 수 있는 구동기, 이를 제어하고 실내온도조절기에 전원 공급과 동시에 통신을 하며 난방 여부를 측정할 수 있는 밸브제어기, 다수의 밸브제어기와 PC 및 히터와 통신을 통해 정보를 전달 제어, 각 세대별 사용 열량 계산을 수행하는 PC컨버터로 구성된다.

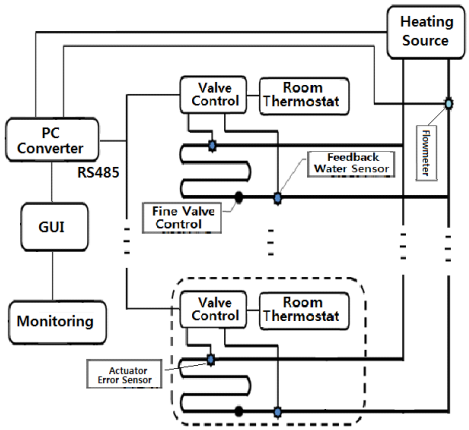

Fig. 1 system blocks

온도조절기는 사용자가 버튼 조작을 통해 난방 환경을 조작하는 부분으로 구성도는 그림 2 와 같이 통신 변환 회로는 밸브제어기와 통신을 위해 사용하는 회로, 통신 이 외에 밸브제어기에서 전원을 공급받기 위해 사용한다. 통신과 전원을 동시에 구현하기 위하여 밸브제어기에서 DC 전원을 공급하고 DC 전원의 전압 레벨에 변화를 주어 통신한다.

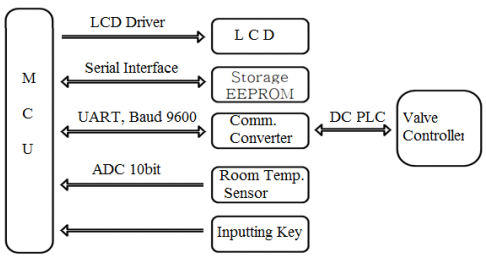

Fig. 2 Temperature controller blocks

EEPROM 부분은 전원이 차단되었을 경우를 대비하여 구현한 회로이다. 실내온도조절기에서 저장할 부분

은 크게 두 가지 부분으로 구성한다. 첫 번째는 실 사용자가 조작한 난방 기능과 설비 시 관리자가 설정한 초기 설정 값이다. 사용자가 조작한 난방 기능은 전원이 차단된 후 전원 인가되어 이 전의 난방 기능으로 복귀되어 이상한 동작을 미리 차단하는 기능을 가지게 된다.

초기 설정 값은 난방 위치 및 배관의 설정한 내용으로 난방을 하는 영역과 PC나 PC 컨버터에서 제어하고자 하는 곳의 설정하는 것으로 주로 난방 영역 번호를 설정하고, 배관의 설정은 배관의 길이 등을 설정하여 향후에 각 영역의 유량을 계산 시에 사용한다. 두 번째는 실내 온도 설정 값과 현재온도 값이다. 실내 온도 센서는 NTC 서미스터를 사용하여 현재 실내온도를 취득하는 부분이다. 서미스터는 온도에 따라 저항이 변화되는 특성을 갖는다.

이 센서의 데이터 쉬트 특성은 25℃의 실내온도에서 신뢰성과 작은 오차를 가져 온도를 취득하는데 적합한 부품이다. 버튼과 LCD 표시 부분은 실 사용자가 직접적으로 난방 기능을 설정하거나 현재의 설정 및 상태 값을 표시하는 부분이다. 서미스터의 변화에 따른 A/D (Analog/Digital)변환을 통해 취득한 현재 실내온도와 사용자가 버튼 조작에 의한 설정 실내온도 값을 비교하여 설정 실내온도가 현재 실내온도보다 높을 시 밸브제어기에 난방 가동 신호를 전송하고 설정 실내온도가 현재 실내온도보다 낮을 시에는 밸브제어기에 난방 정지 신호를 전송하여 영역별 난방을 조절한다.

온도조절기의 기능은 3부분으로 구분한다. 첫 번째는 밸브제어기와 통신을 수행하는 부분으로 UART 통신 방식을 적용한다. 통신은 밸브제어기와 일대일 폴링 방식으로 밸브제어기가 통신 송신하면 그에 대한 응답을 수행한다. 밸브제어기의 통신은 시작을 항시 감시할 수 있도록 MCU에서 인터럽트를 수행한다. 두 번째는 사용자의 버튼 조작을 감시하고 변경된 설정 값과 현재 값을 비교하여 난방을 결정하는 부분이다. 세 번째는 현재 실내온도를 확인하는 부분으로 온도센서에서 현재 온도에 따른 온도 센서의 저항 값을 A/D 변환시켜 현재 실내온도 값을 구한다. 이 부분은 수 [ms] 마다 버튼의 입력을 감지하여 여러 번 동일한 입력이 감지되었을 경우에만 버튼이 인식되도록 프로그램 한다. 이는 외부 노이즈에 의한 일회성 입력의 오동작을 없애기 위한 방법으로 사람에 의한 버튼 조작에 따른 입력 시간은 최소 수십 ms 이상이 되기 때문이다. 버튼 조작 인식된 후, 조작된 버튼에 따라 난방을 정지 또는 가동 시킬 수 있도록 난방 기능을 변경시키거나 설정 실내온도를 변경한다. 4초 이상 조작이 되지 않을 경우에는 버튼에 대한 조작이 완료되는 것으로 간주하여 변경된 설정 값에 대하여 EEPROM에 저장하고 그에 대하여 난방 정지나 가동을 판단하게 된다. 그림 2는 온도 센서의 A/D 변환 시키는 방식이다. 온도 센서의 A/D 변환 값은 한 번에 취득한 값을 사용하지 않고 100 ms마다 10회를 취득하여 최고값과 최저값을 제외한 평균값으로 변환하는데, 이는 실내 온도의 변화가 급작스럽게 바뀌지 않는 특징이 있고 노이즈에 의한 데이터 변형을 예방한다. 또한, A/D 변환 값이 실제로는 나타날 수 없는 극한 온도(온도 센서의 개폐)에 대하여는 온도 센서 에러로 처리하며 난방을 차단한다.

밸브제어기의 블록다이어그램은 그림3과 같이 온도조절기에 전원을 공급해 줌과 동시에 통신을 하여 온도조절기로부터 난방 가동 및 정지 제어 명령을 수신하며, 난방 상태에 따라 난방 영역으로의 난방 수의 유입 및 차단 목적으로 구동기를 제어한다. 구동기는 밸브제어기에서 릴레이를 제어하여 구동기를 개폐한다. 또한 환수와 공급수 온도를 측정하며 환수 온도와 공급수 온도는 A/D 변환으로 입력 받아 채널 별로 A/D 변환 값을 온도로 변환하되, 이 온도들은 난방 영역별 난방 열량을 계산하는 직접적인 요소가 되기 때문에 0.1℃ 단위로 세밀하게 측정하도록 구현한다.

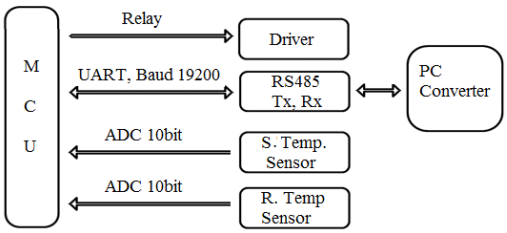

Fig. 3 Valve controller blocks

밸브제어기는 온도조절기와 PC컨버터의 중간에서 통신 중계 역할을 하면서 난방 영역을 온도조절기의 상태에 따라 실제로 난방 가동 및 정지를 수행하는 목적이며, 온도조절기의 상태와 밸브제어기가 측정한 공급수 온도와 환수온도 등 모든 정보를 PC컨버터에 전달하며, 온도조절기의 제어 값과 난방 열량 등을 전송한다.

PC 컨버터는 그림4와 같이 밸브제어기와의 RS485

통신으로 수신한 정보들을 취합하여 하나 이상의 온도조절기의 정보를 수집하며, 온도조절기의 제어 명령, 각 난방영역의 사용열량 등 PC에서 전송하는 데이터를 밸브제어기에 전송하며, 각 온도조절기의 현재 상태 및 각 난방영역별 실제 난방 정보를 전달해 주는 기능을 한다. 밸브제어기들로부터 난방 가동 신호가 수신되면, PC 컨버터는 히터를 가동시키고 전체 난방 배관에 유량이 흐르기 때문에 즉시 유량값을 측정한다.

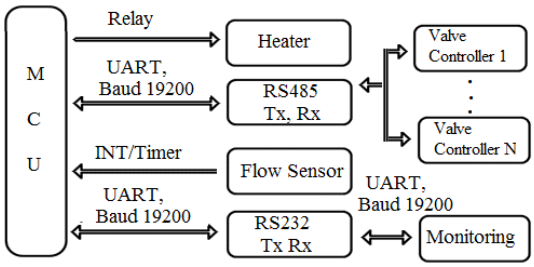

Fig. 4 PC controller blocks

전체 유량은 각 난방영역의 사용 열량을 계산하는데 필수적조건이다. 유량의 흐름을 방해하는 요소인 각 영역의 난방 배관의 길이가 동일하게 설치될 경우에는 유량이 거의 동일하게 흐른다. 따라서 각 영역의 난방 배관 길이, 즉 난방 면적이 동일한 경우에는 유량도 동일하게 흐른다. PC 컨버터의 주요 기능에 대한 흐름도가 그림5와 같이 각 난방영역의 난방제어 및 상태정보를 밸브 제어기로부터 수신 받고 다시 PC로 전송한다. 또한 현재 난방 중인 영역의 데이터를 취합하고 전체 유량을 취득하여 각 영역의 유량을 계산한다.

2.2. 공간분할 및 영역열량 측정

공간은 4난방영역으로 분할된다. 각각의 열량과 유량의 측정은 일반적인 열량을 구하는 방법으로 질량의 단위에 따라 Kcal로 결정된다. 여기서, 각 난방공간영역의 Δt는 밸브제어기에서 취득한 값으로 알 수 있기 때문에 각 난방영역의 열량을 구하기 위해서는 각 유량 값을 구한다. 난방을 가동하고 있는 영역의 유량을 구하기 위한 식으로 난방을 가동하고 있는 영역의 수량으로 전체 유량을 나누면 각 난방 영역에 대한 유량 값을 구할 수 있다. 각 난방 영역별 유량(Mz)을 식 (1)의 유량에 대입하여 각 각의 열량을 계산할 수가 있으며, 위 조건은 동일 부하이기 때문에 실 주거환경에서의 외부적인 요소도 동일하다고 가정한다면, 유량 값과 열량 값은 동일하다.

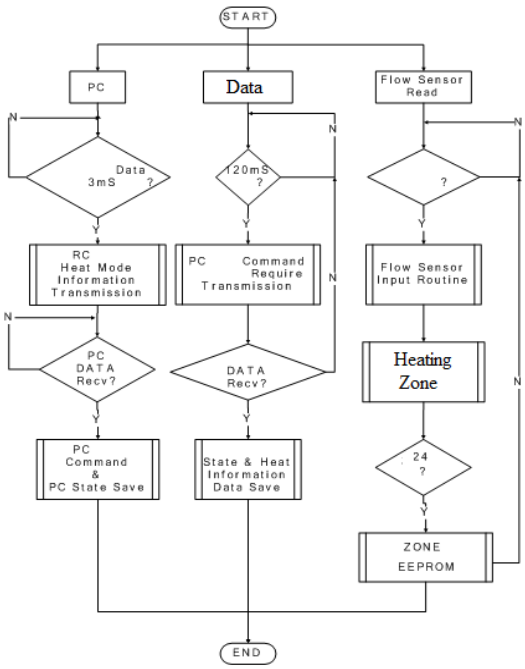

Fig. 5 PC controller flow

각 난방공간영역의 부하가 동일하지 않을 경우에는 각 영역에 난방배관의 길이가 다름으로 각 영역에 흐르는 난방 유량 값도 동일하지 않다. 난방 부하의 차이가 클 경우에는 단순히 미세 유량조절 밸브로 유량을 조절하여 온도조절기에서 난방면적 (배관의 코일길이) 입력을 통해 각 난방공간별로 난방영역에 따라 차별된 유량 계산 방법을 이용하여 난방영역의 열량을 계산하고 이에 따른 각각의 영역에 대한 난방사용량을 계산한다.

각 난방 부하가 동일하도록 미세유량 조절 밸브를 사용하여 난방유량을 동일하게 조정할 경우에는 K_{ZONE}값을 1로 계산한다. 전체 유량은 열원에서 발생시키는 유량으로 난방 가동 시 열원의 용량에 따라 일정한 유량이 출력 되는 것으로 가정하며 유량계에서 측정한 값으로 분당 유량으로 계산한다.

위의 방법으로 계산된 각 난방영역의 유량, 밸브제어기에서 측정하여 PC컨버터로 전송하는 공급/회수의 온도차를 이용하여 실제적으로 요금 계산을 할 수 있는 각 난방 영역의 사용 열량을 산출한다. 사용열량은 사용 유량에 Δt를 취하는 방식이며 난방을 시작시 Δt가 최고

점에 도달한다. 난방을 계속 진행하면 온돌이 데워져 △t가 점차 감소되며 실내온도가 상승한다. PC컨버터는 밸브제어기에서 전송해 주는 공급 온도와 환수 온도를 수신하여 1분 간격으로 각 난방 영역의 사용 열량을 계산하여 누적하며, PC에 전송 시에는 분당 누적 열량은 분당 누적 열량을 시간당 누적 열량으로 변환하여 전송한다.

각 영역의 난방배관의 길이가 동일하게 설치될 경우에는 유량이 거의 동일하다. 각 영역의 난방배관 길이, 즉 난방면적이 동일한 경우에는 유량도 동일하게 흐를 경우 식 (1)으로 일반적 열량을 산출한다. 각 난방영역의 △t는 밸브제어기에서 획득한 값으로 알 수 있기 때문에 각 난방영역의 열량 값을 계산한다.

$$Q_{ZONE} = M_{ZONE} \cdot C \cdot \Delta t \tag{1}$$

Q_{ZONE}: 각 난방공간영역의 열량,

M_{ZONE}: 각 난방영역의 유량,

C: 비열, △t: 공급/회수 온도 차

각 난방영역별 유량(Mzone)은 식(2)로 각각의 열량을 계산하며, 위 조건은 동일 부하이기 때문에 실 주거 환경에서 외부적인 요소도 동일하다고 가정하면, 유량 값과 열량 값은 동일하다, 소비자의 난방 생활패턴에 따라서 계산된 열량 값의 차이는 있을 수 있다.

$$M_{Zone} = M_T / N \tag{2}$$

M_{Zone}: 각 난방영역의 유량

M_T: 시스템의 전체 유량

N: 난방을 가동하는 영역의 수량

난방 사용량 계량은 온도조절기에서 난방면적 입력을 통해 각 난방영역별로 난방 면적에 따라 차별된 유량 계산 방법을 이용하여 난방영역의 열량을 계산하고 각각의 영역에 대한 난방사용량을 다음 식 (3)으로 계산한다.

$$M_{ZONE} = K_{ZONE} \cdot M_T / N \tag{3}$$

M_{ZONE}: 각 난방영역의 유량

K_{ZONE}: 난방영역 배관부하/가동 배관부하 평균

M_T :전체 유량, N: 난방을 가동하는 영역의 수량

Ⅲ. 실험 및 고찰

실험방법은 공급수 주 배관에 유량계와 공급수 온도를 측정할 수 있는 온도 센서를 PC컨버터에 연결하고, 각 난방 영역에 환수 온도 센서를 밸브제어기에 연결 후 실험 장치에 연결된 각 유량계와 열량계의 값과 본 논문에서 제시한 계산 값이 얼마나 정확한가를 실험한다. 실험 장치는 난방 공간을 4 영역으로 분할하며, 각 난방영역의 코일은 별도의 공간에 구성하고 코일은 수조에 넣어 물을 채워 실제 환경과 유사하게 만들었다. 이 실험 장치는 시스템 전체의 유량과 난방영역별로 환수온도와 실내온도 그리고 누적유량, 누적 열량 등을 측정할 수 있으며, 실험이 종료되면 실험 장치와 연결된 PC에서 시험결과가 출력된다. 고 부하에서 유량조절밸브를 조절하여 실험장치에서 출력한 열량값과 제시한 열량 계산 방법을 비교한다.

4개의 난방공간영역은 표1과 같이 코일길이가 70m, 110m, 50m, 50m로 구별하며, 코일이 설치된 수조 위에는 난방 영역의 환수온도와 유량 및 열량을 측정할 수 있는 장치들이 설치되어 있으며, 취득한 데이터들은 PC와 연결하여 모니터로 확인이 가능하여 실험 결과 값과 비교한다.

Table. 1 Flow rate of heating zones

	Zone1	Zone2	Zone3	Zone4	MT	Ave rage
Coil[m]	70	110	50	50	14 L/m	70 m
KZONE	1.0	1.6	0.7	0.7		
MZONE	3.5	5.5	2.5	2.5		
N	4					

실험 장치에서 실험 장비(열량계, 유량계, 온도계 등)들과 연결된 PLC 장비로부터 각 난방영역 별로 누적된 사용열량, 사용유량, 전체 사용유량, 총 사용열량 등이 화면에 출력된다. 실험값 주 배관의 공급수 온도는 60℃로 고정이며, 분당 데이터를 획득하며, 각 난방영역의 환수온도, 유량, 열량을 측정된다.

열량분석은 실험 장치에서 유량 조절밸브를 조절하여 각 코일마다의 유량을 다르게 설정한 후 전체 난방 후 일정시간 실험한다. 구현한 시스템에서도 동일한 조건에서 실험하며, 열량 분석 시스템에서 PC컨버터에서는 열원에서의 전체 유량을 측정하고, 밸브제어기에서

는 각 난방영역의 공급수와 환수온도를 획득하여 온도차를 계산하고 전송한다.

PC컨버터에서는 밸브제어기로부터 공급수와 환수온도의 차를 수신하여 각 난방 영역의 실제 사용열량을 계산하고 실험 장치에서 계측기로 직접 측정하여 출력된 실제 값과 비교한다. 계산에 필요한 각 난방 영역의 △t는 밸브제어기에서 계산하는데 공급하는 공급수의 온도가 60℃로 일정하게 측정되었고 이를 측정한 난방 영역의 환수 온도를 공급수 온도에서 차감하여 계산한다. PC컨버터와 통신으로 사용열량을 모니터링 한다. 각 난방영역의 열량을 구하기 위해서는 난방영역의 유량이 필요하므로 각 난방공간영역별 유량을 산출한다.

실험결과 난방공간분할 4개의 영역을 모두 난방 조건으로 만들었기 때문에 식(3)의 현재 가동 중인 배관부하의 평균은 70m가 된다. K_{ZONE}은 계산할 영역을 부하의 평균으로 나눈 값이므로 각 난방 영역의 코일길이를 부하 평균값인 70으로 나누면 각 난방 영역의 K_{ZONE} 을 구할 수 있으며 이에 따른 각 난방 영역의 계산 유량인 M_{ZONE} 측정된다. 각 난방영역은 면적이 서로 다르지만 영역3과 영역4는 면적이 동일하게 구성되어 있다.

유량누적과 열량누적 값을 비교한 결과 면적이 큰 영역에서는 상대적으로 유량이 많고 면적이 작은 영역에서는 유량이 작게 나타났으며, 동일 면적에서는 동일한 유량 값이 측정된다. 누적열량을 비교 하면 동일 면적에도 영역3과 4의 열량이 다르다. 열량 자체는 난방 환경까지 고려되어 측정되는 것으로 영역3의 경우에는 영역2와 4의 중간에 있는 영역으로 모든 영역이 동시에 난방을 할 경우 영역4와 동일한 유량을 사용해도 주변 난방 환경에 의해 열량을 더 소모하지 않는다. 영역4의 경우에는 건물의 외벽에 위치한 환경으로 난방 영역3에 비해 외기 환경에 의해 열량을 더 소비한다.

Table. 2 System comparisons

	Cumulative calories [Kcal]		Heating rate [%]	
System	Equipment	Proposed	Equipment	Proposed
Zone1	1370.5	1433.3	23.5	40.0
Zone2	2334.3	2290.8	24.4	39.0
Zone3	1030.4	1047.3	17.7	17.8
Zone4	1094.6	1106.0	18.8	18.8
Sum	5829.8	5877.4	100	100

시스템의 특성비교는 전용 측정 장비와 제안된 시스템 시스템에 의한 측정값을 표2와 같이 비교한다. 이 값은 22분간 동시에 난방을 했을 경우로, 각 영역별 난방소모비율[%]은 각 시스템별 누적열량[Kcal/h]의 합을 각 영역별 열량으로 나눠 계산된다. 큰 영역은 작은 영역 보다 열량 소비가 크다. 열량의 소모가 에너지 사용 요금부과의 기준으로 본다면 영역별 열량을 기준으로 요금을 부과 할 경우 18-19%, 동일시간 기준으로 부과 할 겨우 25%이므로 그 차이는 6-7%의 에너지 비용점감 효과로 본다. 시간이 동일할 경우 누적열량의 값의 차이는 실험장비에 연결한 열량계의 열량 측정 방식과 제시한 열량 측정 방식 또는 열량 취득 시간이 다르기 때문에 열량 값 자체가 상이하므로, 이 누적열량 값을 기준으로 난방 영역별로 사용한 난방 비율을 실험장비로 측정한 결과와 그 차이를 비교하면 오차가 최대 1% 이하이다.

Ⅳ. 결 론

하나의 열원을 사용하는 난방공간분할 및 영역별 열량측정에 의한 공평관리 자동난방운영시스템이다. 그 목적은 기존 공동주택의 난방사용량 계량 방식보다 적은 시설비용으로 공정성, 정확성과 편의성을 높이는데 있다. 이 시스템은 공동주택의 각 난방영역에 설치되어 있는 계량기 없이 설비 할 수 있다. 계량기 없이도 각 영역에 난방열량을 자동으로 계측이 가능하다. 기존 방식처럼 사용 유량이 아닌 난방 환경을 고려한 사용열량을 측정하여 실제 소비한 열량을 기준으로 정확한 사용량을 계량하기 때문에 산출이 공평하다.

실험 결과 난방환경에 따라 건물의 외측에 위치한 영역은 중간에 위치한 영역보다 약 6%의 열량 손실이 발생하여 난방 열량을 더 소비한 것으로 나타난다. 기존 유량에 의한 요금 부과 방식에 비해 열량을 더 많이 소비한 영역에 요금을 더 부과하는 방식이므로 정확성이 크게 향상된다. 또한 제안한 시스템의 계산 방식을 실험장치에서 열량을 측정한 값과 열량 계산 방식을 비교한 결과 오차가 1% 이하이며, 기존의 유량계를 이용한 난방 분할 방식과 비교하면 실험 환경에서 난방 에너지 사용 비용이 약 7% 절감되고 공평한 요금부과가의 효과가 있다. 이 결과를 향후에는 BEMS의 전기 및 상수도에 공동으로 연계하는 연구가 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

This Study was supported by Mokwon University of the research year in 2018. My thanks are extended to the relevant departments.

REFERENCES

[1] T. W. Lee, Y. K. Kim and H. S. Kwon "An Establishment of a Korean Standard for Building Energy Management System and a Standardization Strategy Hereafter", *The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, Proceeding of 2014 Summer*, pp.231-234, 2014.

[2] S. H Lee and J. M. Yun, "A Development for District Heating Thermal Energy System Based on IoT", *Magazine of the Korea Institute of Information and Communication Engineering* vol.16 no.02 pp.36-42, 2015.

[3] J. H. Yoo, K. H Lee, D. S. Yang and J. H. Lim, "A study on Effective Community Energy Supply System for Smarty Urban Development", Land and Housing Institute, Technical report 2017-134, 2017.

[4] S. C. Han, "Implementation of Automatic EMS by Calorie Analysis of Heating Zones", M.E., Mokwon Univ. 2013.

[5] H. J. Hur, "Study on the Optimal Flow Distribution of the Hot Water Distributing System for Radiant Floor Heating System in Apartments", M.E., Hanyang Univ. 2012.

[6] L.A. Hurtado, P. H. Nguyen, W. L. Kling and W. Zeiler, "Building Energy Management Systems -Optimization of Comfort and Energy Use", *IEEE conference, the Netherlands*, 2013.

[7] J. S. Oh, Y. M. Kang and J. H. Jang, "Development of Control and Monitoring Board for Building Energy Saving Valve", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering* vol.22 no.06 pp.895-902, Jun. 2018.

한상철(Han Sang Cheol)

목원대학교 대학원 전자공학과 석사

※ 관심분야 : IoT, IoE , Energy System

류광렬(Kwang Ryol Ryu)

목원대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : BME, DSP, Biometrics, Spiritual Science