

퍼지 알고리즘을 기반으로 한 바닥복사 난방시스템의 외기보상제어

최종요¹, 백재호², 김은태², 이희진³, 박민용²

¹연세대학교 인지과학협동과정, ²연세대학교 전기전자공학과, ³환경대학교 정보제어공학과
e-mail : jongyo@yonsei.ac.kr, jhbaek97@yeics.yonsei.ac.kr
mignpark@yonsei.ac.kr

Outdoor Reset Control based on Fuzzy Algorithm for Radiant Floor Heating System

Jong-Yo Choi¹, Jaeho Baek², Euntai Kim², HeeJin Lee³, Mignon Park²

¹Graduate Program in Cognitive Science, Yonsei University

²Graduate School of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University

³Department of Information & Control Engineering, Hankyong National University

Abstract

This paper presents outdoor reset control based on fuzzy algorithm for radiant floor heating system. We construct fuzzy system under indoor temperature and outdoor temperature.

Simulation is based on TRNSYS with MATLAB. MATLAB is calculating and decide heat source using fuzzy system. Energy efficiency of Fuzzy algorithm is analyzed in term of indoor by TRNSYS System.

I. 서론

국내 대부분의 주거환경에서는 보편적으로 바닥 복사 난방 시스템을 사용하고 있다. 이 방법은 바닥의 열선에 일정온도의 물을 공급하여 난방을 하는 방식으로 열전도에 의한 복사난방과 대류난방을 겸하고 있다. 바닥 난방 시스템은 그동안 많은 구조적 발전을 이루어왔음에도 불구하고, 개폐식 뱅뱅 제어(On/off Bang-Bang Control)를 그대로 사용함으로써 설정온도 이상의 불필요한 열량이 공급되는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 기존에 개발 되어서 사용되고 있는

제어방식에 퍼지 알고리즘을 적용하여 열원의 온도를 유동적으로 조절하는 제어기를 구현한다. 열원의 온도는 외기온도와 실내온도를 퍼지 알고리즘을 통하여 산출된다. 이 방법의 장점은 열원의 온도를 조절함으로써 에너지 효율을 높일 수 있으며, 설정온도에 대한 오버슈트(overshoot)를 줄일 수 있다. 본 논문에서 퍼지 알고리즘의 구현과정을 논하고 제안된 제어기법을 TRNSYS를 통해서 성능평가 하였다.

II. 본론

2.1 Fuzzy Look-up Table 작성

실내외 온도를 고려하여 퍼지규칙에 의해 공급온도를 보상한다. 여기서 실내외온도에 따라 공급온도는 표1과 같이 설정된다.

표 1 Fuzzy Look-Up Table
(ff : 65°C, f : 60°C, m : 55°C, s : 45°C)

실외(°C) \ 실내(°C)		매우춡다 (O ₁)	춡다 (O ₂)	조금춡다 (O ₃)	적정하다 (O ₄)
		~ -15	-11.5 ~ -1.5	-4.5 ~ 6.5	10 ~
매우춡다(i ₁)	~5	ff	ff	f	m
춡다(i ₂)	5~15	ff	ff	f	m
조금춡다(i ₃)	10~20	f	f	m	s
적정하다(i ₄)	20~	m	m	s	s

2.2 Fuzzy Outdoor Reset Control Algorithm

- 실내온도를 고려한 Membership Function 설계

$$F_1^1 = \begin{cases} 1 & , x \leq 5 \\ 1 - 2\left(\frac{x}{10}\right)^2 & , 5 \leq x \leq 7.5 \\ 2\left(10 - \frac{x}{10}\right)^2 & , 7.5 \leq x \leq 10 \\ 0 & , x \geq 10 \end{cases} \quad (1)$$

$$F_1^2 = 1/e^{-(x-c_2)^2/2\sigma^2}$$

$$F_1^3 = 1/e^{-(x-c_3)^2/2\sigma^2}, F_1^4 = 1/(1 + e^{-2.5(x-17.5)})$$

- 실외온도를 고려한 Membership Function 설계

$$F_2^1 = \begin{cases} 1 & , x \leq -15 \\ 1 - 2\left(\frac{x}{10}\right)^2 & , -15 \leq x \leq -11.25 \\ 2\left(10 - \frac{x}{10}\right)^2 & , -11.25 \leq x \leq 10 \\ 0 & , x \geq 10 \end{cases} \quad (2)$$

$$F_2^2 = 1/e^{-(x-c_2)^2/2\sigma^2}$$

$$F_2^3 = 1/e^{-(x-c_3)^2/2\sigma^2}, F_2^4 = 1/(1 + e^{-2.5(x-4.25)})$$

실내외 온도를 공급온도를 보상하는 퍼지시스템은 다음과 같다.

$$f(x_1, x_2) = \frac{\sum_{x=1y=1}^4 \sum_{y=1}^4 g(o_i, i_j) F_1^i F_2^j}{\sum_{x=1y=1}^4 \sum_{y=1}^4 F_1^i F_2^j} \quad (3)$$

III. 시뮬레이션 및 에너지 효율

시뮬레이션에 사용된 프로그램은 TRNSYS를 사용하였다. 표2와 같은 건축물을 설계하여 설정온도 20°C로 하였으며, 퍼지 알고리즘은 MATLAB으로 프로그래밍하여 TRNSYS에 플러그인 형태로 적용하였다. 그림 1과 표3와 같이 Fuzzy Algorithm을 사용함으로써 약 7.2%의 에너지 절감효과를 보이고 있다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 기존의 제어시스템에 Fuzzy Algorithm을 기반으로 한 외기보상제거기법을 제안하고 에너지 성능 평가 실험을 수행하였다. 그 결과 상당한 에너지 절감을 거두었으나, Algorithm 특성상 높은 계산량을 필요로 한다. 실제 시스템에 이 방법을 적용하기 위해서는 높은 performance 시스템을 필요로 하며, 향후 경제성에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다.

표 2 시뮬레이션 건축물 조건

Zone Volume	75m ³	North Wall	15m ²
Capacitance	90KJ/K	South Wall	15m ² , 이중창3.0m ²
Ground	25m ² , Heating	East Wall	15m ²
Roof	25m ²	West Wall	15m ²
대한민국 기상정보 기준			

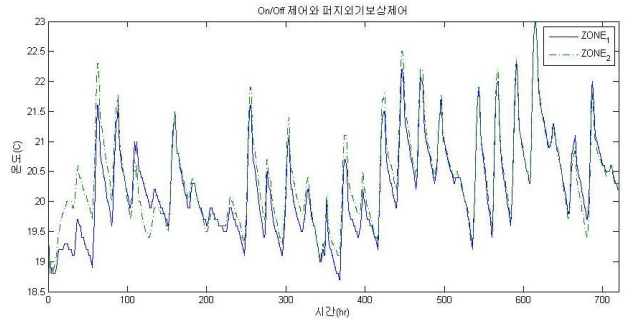


그림 1 On/Off 제어와 제안된 퍼지외기보상제어

표 3 시뮬레이션 된 에너지 소모량 결과 (겨울철 1~3월 데이터 기준)

Zone 타입	일간 소모량
Zone_1 (Fuzzy 적용)	989.12KJ
Zone_2 (Fuzzy 비적용)	1066.23KJ

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시개발사업의 연구비지원(06건설핵심B02)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 최원기, 장월상, 서승직, TRNSYS를 이용한 건물 에너지 해석, 도서출판 건기원, 2004.
- [2] Li-Xin Wang, A Course in Fuzzy Systems and Control, Prentice-Hall International, Inc, 1997.
- [3] 강용혁 외, "TRNSYS를 이용한 태양열 온수급탕 시스템의 년성능 평가연구", 태양에너지 Vol.14, No.3, 1994.
- [4] G. Hudson & C. P. Underwood, A SIMPLE BUILDING MODELLING PROCEDURE FOR MATLAB/SIMULINK, IBPSA, 1999.
- [5] 조성환, "온수분배기의 유량조절 및 밸런싱", 대한설비공학회지, Vol.34 No.8, August, 2008