

# PMV 를 이용한 거주자 위치 기반 냉난방 제어 알고리즘 Location-based service control algorithm of air-conditioning using PMV

\*고효진<sup>1</sup>, 이호기<sup>1</sup>, 김현희<sup>2</sup>, 이경창<sup>3</sup>, 이석<sup>4</sup>

\*H. J. Ko(freeginy@pnu.edu)<sup>1</sup>, H. K. Lee(mulguwin@pnu.edu)<sup>1</sup>, H. H. Kim(cjssus48@pnu.edu)<sup>2</sup>,  
K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)<sup>3</sup>, S. Lee(slee@pnu.edu)<sup>4</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 기계공학부 대학원, <sup>2</sup>부산대학교 지능기계공학과 대학원,  
<sup>3</sup>부경대학교 제어계측공학과, <sup>4</sup>부산대학교 기계공학부

Key words : smart home, predicted mean vote, location-based service, pyroelectric infrared sensor-based indoor location-aware system

## 1. 서론

최근 초고속 통신망의 급격한 발달과 인터넷 사용 인구의 증가로 인하여 네트워크 기반의 스마트 홈(smart home)에 대한 관심과 수요가 증대되고 있다[1]. 스마트 홈이란 유무선 네트워크를 이용하여 가정 내 가전기기 및 장치를 연결하여 시간과 장소에 제약 없이 가정의 보안, 장치 제어, 에너지 관리 등의 기능을 제공함으로써 거주자에게 안전한 삶, 편리한 삶, 건강한 삶을 보장하는 생활공간이라 할 수 있다. 특히, 최근에는 거주자의 존재 여부나 생활 패턴, 건강 상태, 감정 상태 등과 같은 다양한 정보를 바탕으로 보다 질 높은 서비스를 제공하기 위하여 위치 기반 서비스에 관한 관심이 증대되고 있다[2].

스마트 홈의 다양한 위치 기반 지능형 서비스를 제공하기 위하여, PIR 센서 기반 실내 거주자 위치 인식 시스템(PIR sensor-based Indoor Location-Aware Systems, PILAS)이 제안된 바 있다[3]. 본 논문에서는 거주자의 위치와 주위환경, 거주자의 활동량을 주요 상황인자로 정의하고, 거주자의 위치 정보에 환경정보인 온·습도와 기류속도를 이용하여 PMV 를 이용한 거주자 위치 기반 냉난방 제어 알고리즘을 제안하고자 한다.

## 2. PI

PILAS 는 실내 위치 인식 시스템과 위치 기반 서비스를 위하여 다수의 PIR 센서, 온·습도 센서, 룸 터미널, 스마트 홈 서버와 제어 대상이 되는 가전 기기 등이 홈 네트워크를 통하여 연결되어 있다.

먼저, 본 시스템은 방을 하나의 셀로 간주하며, 각 셀에는 거주자의 위치를 인식하기 위한 PIR 센서와 거주자의 환경 상황정보를 알려주기 위한 온·습도 센서 모듈이 그림 1 과 같이 천정에 설치된다. 그리고, 각 PIR 센서 모듈은 거주자 감지 알고리즘을 이용하여 PIR 센서의 센싱 영역 내에 거주자가 위치하는지를 판단하고, 온·습도 센서 모듈은 거주자가 위치한 곳의 온·습도 측정 값을 측정한다. 이런 거주자 감지 정보와 온·습도 값은 홈 네트워크를 이용하여 각 셀의 룸 터미널로 전송하게 된다. 룸 터미널에서는 각 PIR 센서들로부터 수신된 거주자 감지 영역을 융합하고 베이지안 분류기를 이용하여 거주자가 위치해 있는 영역을 설정한다. 그 결과는 스마트 홈 서버로 전송하

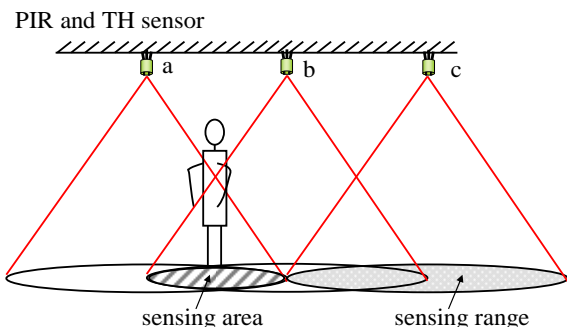


Fig. 1. The location-recognition algorithm for PIR and TH sensors.

게 된다. 스마트 홈 서버는 가상 맵 생성기, 거주자 이동 패턴 예측기와 거주자의 편의를 위한 홈 가전기기 제어기로 구성된다.

## 3. 예상온열감 PMV

PMV(Predicted Mean Vote)는 온열감 척도에 대한 많은 사람들의 의사 표시의 평균치를 예측한 것으로 +3(hot), +2( slightly warm), +1(warm), 0(neutral), -1(cool), -2( slightly cool), -3(cold)의 7 단계를 가진다. 아래의 PMV 계산식[식(1)~(4)]은 ISO standard 7730 에서 규정하고 있다[4].

$$M = (0.303 \cdot t_{a,c}^{-0.036M} + 0.028)(M - t_{a,c}) - 0.305 \times 10^{-3} \times [5733 - 6.99(M - t_{a,c}) - a_c] - 0.42 \times [(M - t_{a,c}) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - a_c) - 0.0014 M (34 - a_c) - 3.96 \times 10^{-8} f_{c,c} \times [(t_{a,c} + 273)^4 - (t_{a,c} + 273)^4] - f_{c,c} (t_{a,c} - a_c) \quad (1)$$

$$t_{a,c} = 35.7 - 0.028(M - t_{a,c}) - \{3.96 \times 10^{-8} f_{c,c} \times [(t_{a,c} + 273)^4 - (t_{a,c} + 273)^4] + f_{c,c} (t_{a,c} - a_c)\} \quad (2)$$

$$t_{a,c} = 2.38(t_{a,c} - a_c)^{0.25} f_{c,c} \quad 2.38(t_{a,c} - a_c)^{0.25} 12.1 \sqrt{a_c} \quad (3)$$

$$f_{c,c} = 1.00 + 1.290 t_{a,c} f_{c,c} \quad f_{c,c} (0.078 m^2 / \quad (4)$$

여기서, M 은 체표면적 당 신진대사량으로 활동량이라고 하고, 열적으로 쾌적한 상태에서 의자에 앉아 안정을 취하고 있을 때의 활동량을 기준으로 1 met = 58.2 W / m<sup>2</sup> 이다.

- c : 외부 일( W / m<sup>2</sup>)
- a : 의복의 단열값(m<sup>2</sup> K / W)
- t : 온도( °C)
- t : 평균 복사온도( °C)
- a : 상대 기류속도(m/s)
- a : 수증기 분압( asca s)
- c : 대류 열전달 계수( W / m<sup>2</sup> )
- c : 의복의 표면온도( °C)

PMV 계산은 거주자의 활동량, 착의량, 착의량, 온도, 평균 복사 온도, 기류속도, 습도를 조합하여 식 (1)을 이용하여 계산할 수 있다. 본 논문에서는 PMV 계산을 위하여, 온도와 습도는 방안 12 개의 센서에서 직접적으로 측정된 값을 사용하고, 기류속도는 기류센서를 이용하여 측정한다. 또한, 거주자의 활동량은 거주자 위치 인식 시스템을 이용해 실제 거

Table 1. Metabolic rates

Activity (Walking on level ground)	Metabolic rate	
	W / m <sup>2</sup>	met
2 km/h	110	1.9
3 km/h	140	2.4
4 km/h	165	2.8
5 km/h	200	3.4

주자의 이동속도를 계산할 수 있다. 표 1 은 거주자의 이동 속도에 따른 활동량을 ISO 8996 에서 제시한 것이다[5].

예상불만족도(predicted percentage of dissatisfied, PDD) 지표는 많은 사람들 중 열적으로 불쾌하게 느끼는 사람들의 비율을 예측하는 것이다. 본 논문은 ISO 7730 의 권장 쾌적 열환경 조건을 따라 PDD 가 10%이하일 것을 목적으로 두며 그에 따라 PMV 가 ±0.5 사이의 범위에 있을 때 거주자가 안정된 온열감을 느낀다고 판단한다.

#### 4. 거주자 활동량 기반 PMV 알고리즘

본 논문에서는 거주자 활동량에 기반한 PMV 알고리즘을 제안하고자 한다. 거주자 위치 인식 시스템을 이용하여 실제 거주자가 이동하는 경로를 계산하고, 이를 바탕으로 거주자의 이동속도에 따른 거주자 활동량을 계산하고자 한다.

거주자의 활동량을 계산하기 위해서는 거주자의 이동 거리가 중요한 변수이며, PILAS 의 베이지안 기반 거주자 위치 인식은 30cm 내외의 높은 위치 인식율을 가지고 있다 [6]. PIR 센서 기반 거주자 위치 인식 방법은 그림 1 과 같이 센싱 영역 넓이의 도심(centroid)을 따라 거주자가 이동한 것으로 판단하여, 거주자의 이동경로는 각 센싱 영역의 도심 좌표를 연결한 직선 경로로 표현된다. 본 논문에서는 거주자 직선 이동 경로의 정밀도 향상을 위하여, 이동 평균법(moving average method)을 이용하여 거주자의 이동 경로를 재설정하였다.

그림 2 는 거주자의 활동량에 따른 PMV 알고리즘을 나타내고 있다. 우선, 룸 터미널로부터 거주자의 위치 정보를 받아 저장한다. 그리고, 거주자가 위치한 곳의 PMV 를 계산하기 위하여 거주자가 위치한 곳의 온·습도 값을 측정한다. 이동 평균법을 적용하기 위하여 5 번의 경로를 저장하여 거주자의 위치를 재설정한다. 거주자의 활동량은 표 1 에서와 같이 거주자의 이동 속도에 따라 설정이 가능하며, 거주자의 이동속도는 일정 시간과 그 시간 동안의 이동거리로 계산할 수 있다.

#### 거주자 위치 기반 PMV 냉난방 제어 알고리즘

스마트 홈을 위한 거주자 위치 기반 지능형 서비스를 제공하기 위하여, 거주자 위치 기반 PMV 냉난방 제어 알고리즘을 제안하고자 한다. 4 장에서 제시한 거주자 활동량 기반 PMV 알고리즘을 이용하여, 거주자의 활동량에 따른 냉난방 서비스를 거주자의 현재 위치에 집중적으로 제공하

고자 한다. 냉난방 제어는 거주자가 쾌적함을 느낄 수 있는 -0.5 에서 +0.5 사이의 PMV 지표 값이 유지될 수 있도록 제어하고자 한다.

거주자 위치에 따른 PMV 냉난방 제어를 위하여, 에어컨 바람의 방향, 풍속을 함께 제어하고자 한다. 바람의 방향은 거주자의 위치에 따라 변화하여야 하며, 풍속은 PMV 지표가 쾌적 상태를 유지할 수 있도록 제어되어야 한다.

#### · 결론

본 논문에서는 거주자의 활동량 기반 PMV 알고리즘을 제안하였고, 거주자의 이동 경로 정밀도 향상을 위하여 이동 평균법을 이용하였다. 또한, 거주자 위치 기반 PMV 냉난방 제어 알고리즘을 제안하였다. 이는 방 전체의 냉난방 제어에서 좀 더 나아가 거주자의 유/무 또는 위치에 따른 거주자 중심의 냉난방 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

향후, 거주자가 느끼는 온열감 변화의 측정 정확도를 높이기 위한 센서의 추가설치 및 설치위치 변경과 그에 따른 추가 실험이 요구된다.

#### 참고문헌

1. B. Rose, "Home networks: A standards perspective," IEEE Communications Magazine, Vol. 39, No. 12, pp. 78-85, Dec. 2001.
2. M. Hazas, J. Scott, and J. Krumm, "Location-aware computing comes of age," Computer, Vol. 37, No. 2, pp. 95-97, Feb. 2004.
3. Suk Lee, Kyoung Nam Ha, Kyung Chang Lee, "A Pyroelectric Infrared Sensor-based Indoor Location-Aware System for the Smart Home," IEEE Transaction on Consumer Electronics, vol. 52, no. 4, pp. 1311-1317, November. 2006.
4. ISO 7730:2005(E), Ergonomics of the thermal environment- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
5. ISO 8996:2004(E), Ergonomics of the thermal environment- Determination of metabolic rate.
6. Hyun Hee Kim, Kyoung Nam Ha, Suk Lee, Kyung Chang Lee, "Development of PIR Sensor based Indoor Location-Aware System using Bayesian Classifier," ISIS 2007, pp.641-646, 5-8 September, Kensington Hotel Sokcho-City Korea.

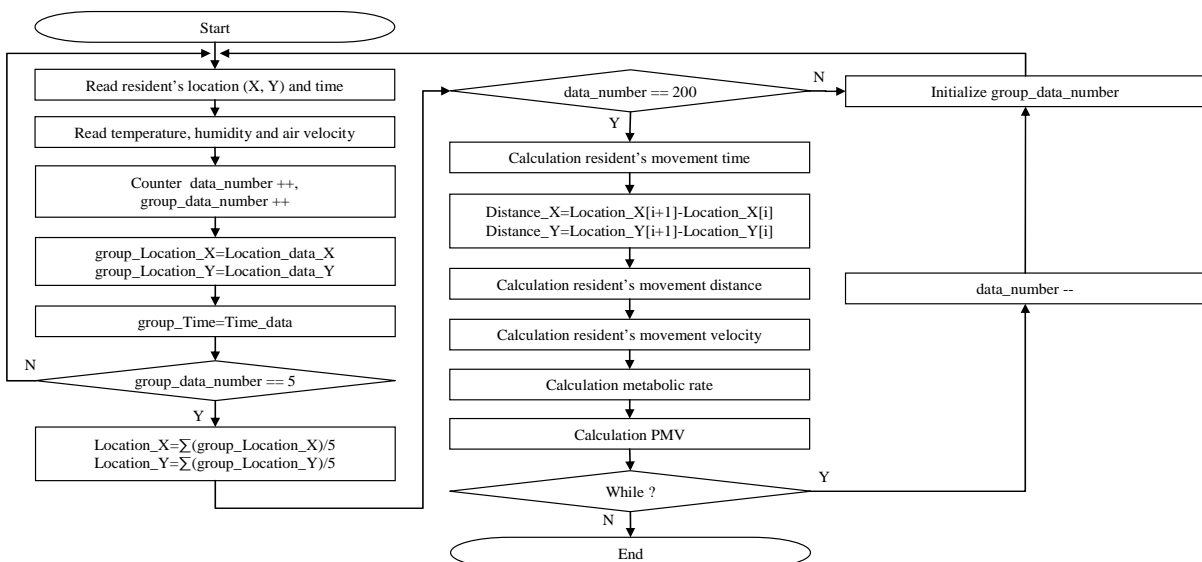


Fig. 2. PMV algorithm using resident's activity.