

인간 적응형 냉난방기를 위한 ZigBee 위치 기반 신체활동량 추정 알고리즘

Estimation Algorithm of ZigBee Location-based Metabolic Rate for Human Adaptive Air-conditioner

*박은주¹, 김현희², #이경창¹, 이 석²

*E. J. Park¹, H. H. Kim², #K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr)¹, S. Lee³
¹ 부경대학교 제어계측공학과, ² 부산대학교 기계공학부

Key words : human adaptive appliance, indoor location awareness system, location-based service, metabolic rate, physical activity

1. 서론

최근 스마트 홈 기술은 거주자의 존재 여부나 생활 패턴, 건강 상태 등과 같은 다양한 정보를 바탕으로 보다 질 높은 지능형 서비스를 제공해 줄 수 있는 위치 기반 서비스(location-based service)에 대한 관심이 증대되고 있다.^{1,2} 즉, 스마트 홈에서 가전기기가 거주자의 존재 여부나 건강 상태를 자동으로 파악할 수 있다면, 가전기기가 보다 더 능동적으로 서비스를 수행할 뿐만 아니라, 거주자의 요구에 미리 대처할 수 있는 능력을 가지게 될 것이다. 예로, 거주자가 가정 내에서 가사 일을 하거나 독서를 할 때, 냉방 시스템이 거주자의 활동 상태나 건강 상태를 파악할 수 있다면, 거주자에게 보다 더 최적화된 온도나 환기 조건을 제공해 줄 수 있을 것이다. 즉, 전통적인 가전기기는 거주자의 조작에 의하여 수동적으로 동작되지만, 위치 기반 인간 적응형 가전기기(location-based human adaptive appliance)들은 거주자의 위치와 생활 패턴, 건강 상태 등을 스스로 파악하여 능동적으로 거주자에게 가장 적합한 생활 환경을 제공해 줄 수 있을 것이다.

본 논문에서는 위치 기반 인간 적응형 냉방기기(location-based human adaptive air-conditioner)를 개발하기 위하여, ZigBee 무선 단말기를 이용하여 거주자의 위치 정보를 인식하고, 이를 이용하여 신체 활동량(amount of physical activity or metabolic rate)³을 실시간으로 추정할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

본 논문은 서론을 포함하여 4 장으로 구성되어 있다. 2 장에서는 무선 ZigBee 위치 인식 시스템을 이용한 위치 기반 인간 적응형 냉방기기의 일반적인 구조에 대하여 설명하고, 3 장에서는 무선 ZigBee 위치 기반 인간 적응형 냉방기기를 위하여 거주자의 위치 정보를 이용한 위치 기반 신체 활동량 추정 방법에 대하여 설명한다. 마지막으로 4 장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대하여 서술한다.

2. 위치 기반 인간 적응형 냉난방기기의 구조

본 논문에서는 거주자 신체활동량을 이용한 지능형 서비스를 제공할 수 있는 그림 1 과 같은 무선 ZigBee 위치 인식 시스템을 이용한 위치 기반 인간 적응형 냉방기기의 구조를 제안한다. 그림 1 에서, 전체 시스템은 무선 ZigBee 위치 인식 시스템과 위치 기반 인간 적응형 냉방기기 제어기, 다양한 형태의 인간 적응형 가전기기로 구성되어 있다.

먼저, 거주자에게 지능형 서비스를 제공하기 위해서는 거주자의 위치 정보(resident's location)나 방의 온도(temperature), 습도(humidity), 공기 질(air quality) 등과 같은 생활 환경에 관한 정보가 수집되어야 한다. 수집된 정보는 홈 네트워크 시스템(home network system)을 통하여 위치 기반 인간 적응형 가전기기 제어기로 전송된다. 인간 적응형 가전기기 제어기는 수집된 정보를 통해 거주자의 위치와 생활 패턴, 건강 상태 등을 스스로 파악하여 거주자에게 가장 적합한 생활 환경을 결정하고, 냉방기거나 HVAC(heat, ventilation, air conditioning) 기기 등과 같은 다양한 인간 적

응형 가전기기를 능동적으로 제어하게 된다.

위치 기반 인간 적응형 냉방기기 제어기에서 지능형 서비스를 제공하기 위해 다음과 같은 4 가지 기능을 제공한다. 첫째, 거주자의 위치 정보를 이용하여 이동 궤적을 계산한다. 둘째, 거주자의 이동 궤적과 위치 등을 고려하여 현재 거주자가 어떤 활동을 하고 있는지를 추정한다. 셋째, 거주자의 이동 속도나 행위 등과 같은 정보를 이용하여 ISO 8996 신체 활동량 데이터베이스(metabolic rate DB)로부터 거주자의 신체 활동량을 추정한다. 넷째, 거주자에게 인간 친화적(human friendly)인 서비스를 제공하기 위하여, 냉방기거나 HVAC 기기 등을 위한 적절한 제어 값을 결정하게 되고 그 값은 홈 네트워크 시스템을 통해 인간 적응형 가전기기로 전달된다. 마지막으로, 인간 적응형 가전기기의 제어에 따라 변화되는 생활 환경 변화를 실시간으로 반영하여 보다 더 거주자에게 적합한 제어 값을 결정하게 된다.

3. 거주자의 위치 기반 신체 활동량 추정 알고리즘

3.1 ZigBee 기반 거주자 위치 인식 시스템

위치 기반 인간 적응형 냉방기기에서 자율적인 온도 제어를 위해서는 거주자의 신체 활동량이 추정되어야 한다. 본 논문에서는 ZigBee 기반 거주자 위치 인식 시스템을 구현하여 거주자의 위치와 이동 패턴을 파악하고, 이를 이용하여 신체 활동량을 추정하였다.

본 논문에서 사용된 무선 ZigBee 기반 거주자 위치 인식 시스템은 거주자의 위치 인식과 실내 온도 정보를 측정하기 위하여 다수의 ZigBee 기반 온도 센서가 설치되어 있다. 또한, 다양한 실내 환경 정보 분석을 위하여 ZigBee 기반 기류 센서, 가스(CO₂, CO 등) 센서 등이 설치되어 있다.

거주자 위치 인식 시스템은 거주자 단말기 모듈(resident's ID mobile), ZigBee 코디네이터 모듈(coordinator module), ZigBee 레퍼런스 모듈(reference module), 위치 인식 모니터링 프로그램으로 구성되어 있다. 또한, 본 논문에서는 실내를 거주자의 활동영역에 따라 구분하였다.

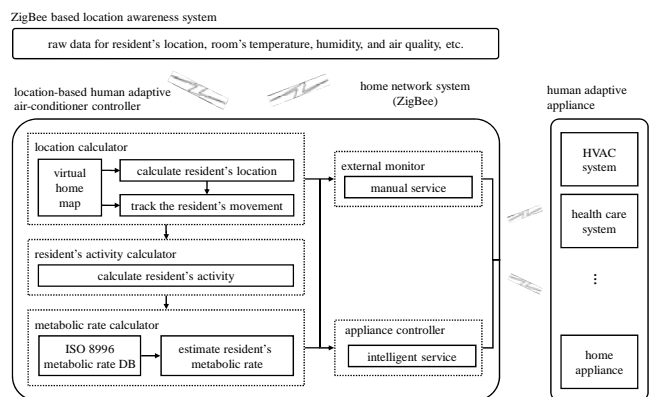


Fig. 1 General framework of location-based human adaptive air conditioner using indoor location awareness system.

ZigBee 위치 인식 시스템에서 거주자 위치 인식 방법은 거주자가 소지한 ZigBee 단말기(mobile node)와 다수의 레퍼런스 노드(reference node)를 이용하여 측정한다. 즉, 거주자 위치 인식을 위하여, ZigBee 단말기는 레퍼런스 노드로부터 초기 설정된 개별 노드의 위치 정보인 X, Y 좌표 값을 수신하고, 수신된 신호의 세기인 RSSI 값을 측정하여 노드 간 거리를 계산하게 된다. 여기서 RSSI(received signal strength indication)은 거리에 따른 수신 신호 세기 값으로 단위는 dBm 이며, 레퍼런스 노드가 전달한 데이터의 신호 전파 세기를 단말기 노드에서 측정된 값이다. 수신 신호의 세기는 거리가 멀어질수록 신호가 약해지는 것을 응용하여 다음 식(1)으로 나타낸다.

$$RSSI = -(10n \log_{10} d + A) \quad (1)$$

여기서, n = 신호 전파 상수 (거리에 따른 경로 손실 비율), d = 수신 거리, A = 1m 거리에서의 수신 신호 세기이다.

3.2 거주자 신체 활동량 추정

본 논문에서는 거주자의 신체 활동량을 추정하기 위하여 두 가지 방법을 병행하여 사용한다. 첫 번째는 거주자의 활동이 이루어지는 특정 위치를 이용한 신체 활동량 활동량 추정 방법이다. 특정 위치에서의 대표 활동이 설정되어 가상 홈 맵(virtual home map)에 기록된다면, 거주자의 활동이 추정될 수 있고 그에 따라 신체 활동량이 추정될 수 있을 것이다. 이 때, 거주자의 활동에 따른 신체 활동량 추정은 표 1 과 같이 ISO 8996 에서 제안하고 있는 신체 활동에 근거하여 이루어진다. 두 번째는 거주자의 이동 속도를 이용한 신체 활동량 추정 방법이다. 무선 ZigBee 기반 위치 인식 시스템을 이용하여 거주자가 현재 위치에서 얼마 동안 어느 정도의 속도를 가지고 이동했는지를 계산하고, 계산된 이동 속도에 따라 거주자의 신체 활동량을 추정한다. 이 때, 이동 속도에 따른 체 활동량은 표 1 의 이동 속도에 의한 신체 활동량 구간에 따라 선형 근사화시킨 식(2)에 의하여 추정된다.

$$M = \begin{cases} 30v + 50, & v \leq 3km/h \\ 25v + 65, & 3km/h < v \leq 4km/h \\ 35v + 25, & 4km/h < v \end{cases} \quad (2)$$

여기에서, V 는 거주자의 추정된 속도, M 은 추정된 신체 활동량이다.

그림 2 는 ZigBee 위치 기반 신체 활동량 추정 알고리즘의 흐름도를 나타내고 있다. 먼저, 무선 ZigBee 기반 거주

Table 1. Metabolic rates of different activities (ISO 8996).

Physical activity	Metabolic rate	
	W/m ²	met
Reclining	46	0.8
Seated, relaxed	58	1.0
Sedentary activity (office, dwelling, school, laboratory)	70	1.2
Standing, light activity (shopping, laboratory, light industry)	95	1.6
Standing, medium activity (shop assistant, domestic work, machine work)	115	2.0
Walking on level ground:		
2 km/h	110	1.9
3 km/h	140	2.4
4 km/h	165	2.8
5 km/h	200	3.4

자 위치 인식 시스템 정보를 이용하여 주기적으로 위치 정보와 시간 정보를 이용하여 이동 시간, 이동 거리, 이동 속도를 계산한다. 추정된 이동 속도는 위치 인식 시스템의 위치 인식 오차가 포함되어 있기 때문에 편차를 가지게 된다. 따라서, 직전 k 개의 이동 속도를 이동 평균(moving average)하여 평균 이동 속도를 계산함으로써, 위치 인식 오차를 줄일 필요가 있다. 거주자의 위치와 이동성이 추정되고 나면, 가상 홈 맵을 이용하여 거주자의 행동이 수면이나 휴식과 같은 특정 활동인지, 아니면 특정 활동으로 판단하지 못하고 단지 이동 속도만을 고려해야 되는지를 판단한다. 마지막으로, ISO 8996 에 기반한 신체 활동량 추정 방법을 이용하여 거주자의 특정 활동이나 이동 속도에 따라 신체 활동량이 결정된다.

4. 결론

본 논문은 거주자의 위치와 생활 패턴, 건강 상태 등을 스스로 파악하여 능동적으로 거주자에게 가장 적합한 생활 환경을 제공해 줄 수 있는 ZigBee 위치 기반 인간 적응형 냉방기기에서 인간 친화적인 서비스를 제공하기 위한 거주자 위치 기반 신체 활동량 추정 방법을 제안하였다. 이를 위하여, 본 논문에서는 위치 기반 인간 적응형 냉방기기의 구조에 대하여 제안하였으며, 무선 ZigBee 기반 거주자 위치 인식 시스템을 이용하여 거주자의 신체 활동량을 추정할 수 있는 거주자 위치 기반 신체 활동량 추정 방법을 제안하였다.

향후에는 제안하는 시스템의 적용 가능성을 평가하기 위하여, ZigBee 위치기반 신체활동량 추정 알고리즘의 성능 평가를 수행하고자 한다. 또한, 인간 적응형 냉방기기를 위하여 위치 기반 PMV(Predict Mean Vote) 추정 방법과 PMV 기반 지능형 냉방기기 제어 알고리즘을 가진 위치 기반 인간 적응형 냉방기기에 대한 연구가 필요하다.

후기

본 연구는 지식경제부의 지역산업기술개발사업(지역연구기술개발사업)으로 수행된 연구결과임

참고문헌

1. B. Rose, "Home networks: A standards perspective," IEEE Communications Magazine, Vol. 39, No. 12, pp. 78-85, 2001
2. 김현희, 이석, 이경창, "스마트 홈에서 위치 기반 인간 적응형 냉방기기를 위한 신체 활동량 추정," 제어·로봇·시스템학회 논문지, Vol. 16, No.1, pp.83-89, 2009.01
3. C. Caspersen, K. Powell, and G. Christenson, "Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research," Public Health Reports, Vol. 100, No.2, pp.126-131, 1985.

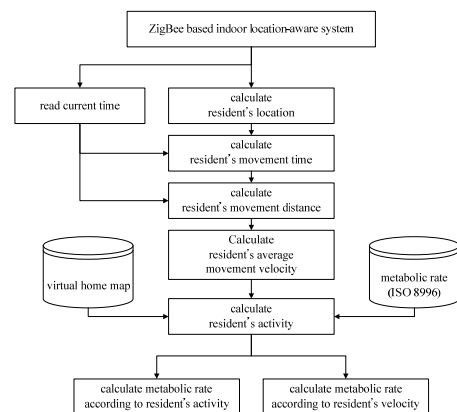


Fig. 2 Flowchart of location-based metabolic rate estimation algorithm.