

지능형 홈을 위한 사용자 식별 및 출입 감지 시스템

User Identification and Entrance/Exit Detection System for Smart Home

이 선 우*

(Seon-Woo Lee)

Abstract : This paper presents a sensing system for smart home which can detect an location transition events such as entrance/exit of a member and identify the user in a group at the same time. The proposed system is compose of two sub-systems; a wireless sensor network system and a database server system. The wireless sensing system is designed as a star network where each of sensing modules with ultrasonic sensors and a Bluetooth RF module connect to a central receiver called Bluetooth access point. We propose a method to discriminate a user by measuring the height of the user. The differences in the height of users is a key feature for discrimination. At the same time, the each sensing module can recognize whether the user goes into or out a room by using two ultrasonic sensors. The server subsystem is a sort of data logging system which read the detected event from the access point and then write it into a database system. The database system could provide the location transition information to wide range of context-aware applications for smart home easily and conveniently. We evaluate the developed method with experiments for three subjects in a family with the installation of the developed system into a real house.

Keywords : location transition, exit/entering detection, ultrasonic sensors, user identification, daily activity detection, bluetooth-based wireless network

I. 서론

우리나라를 비롯한 대부분의 선진국들에서 출산율 저하와 평균 수명 증대에 따른 고령화 문제는 향후 도래할 가장 큰 국가적 어려움의 하나로 인식되어 많은 분야에서 이를 해결하기 위해 연구가 진행되고 있는 실정이다. 더욱이 우리나라는 세계 최저 수준의 출산율(2002년 1.17)로 인해 세계에서 가장 빠르게 노령화되고 있다. 이미 2000년에 65세 이상 인구가 전체의 7%를 넘어서는 고령화 사회를 지났으며, 이와 같은 추세라면 2019년에 고령 사회(65세 이상 14%), 2026년에 초고령 사회 (65세 이상 20%)에 진입할 것으로 예측되고 있다[1].

노인 인구의 증가는 노동 인구의 감소에 따른 경제성장률의 둔화뿐만 아니라 높은 의료비 지출을 야기한다. 실제 2003년의 통계에 따르면 전체 인구에서 7.5%를 차지하는 65세 이상 노인이 지출한 총 진료비가 전체 연령대가 지출한 비용 대비 21.2%로 나타났으며, 2019년에는 노인 인구 14%가 전체 진료비의 약 40%를 지출할 것으로 예상되고 있다. 따라서 이 비용을 감소시키기 위한 여러 방법들에 대해 최근 여러 선진국을 중심으로 활발하게 연구가 진행되고 있다[2,3]. 이와 같은 연구 결과 등을 통해 알 수 있듯이 노인 부양 및 수발에 대한 비용을 감소시키는 효과적인 방법 중 하나가 현재 노인이 거주하는 주택에서의 재택 건강 지원 서비스생체 신호 모니터링 및 원격 진료, 일상

활동 감지, 응급 상황 감지 등-이다.

특히 더욱 큰 폭으로 그 수가 증가하게 될 독거 노인들의 경우에는 일상생활에서의 사고나 사망 등도 더불어 증가할 것이므로 이에 대한 효과적인 방지 방법이나 원격 감지 방법의 필요성이 높아질 것이다. 이를 위한 기초적인 원격 활동 감지 시스템들도 최근 연구 개발되었다[4,5]. 이런 연구에서 감지의 대상이 되는 일상 활동은 집안에서 발생하는 대부분의 일상적 활동을 의미하지만 대개의 경우 집안에서의 이동(locomotion)이 가장 주요한 정보로 활용가능하다. 이와 같이 주택 내에서의 현재 사용자의 위치를 감지하고 추적하는 기능은 지능형 주택에서 가장 중요한 필수요소라 할 수 있다.

따라서 최근 더욱 큰 관심 아래 다양한 실내 환경에서의 위치 인식 방법들이 연구, 개발되어 왔는데 대부분의 방법들이 크게 3가지 측정 원리-삼각측량법(triangulation/trilateration), 환경 분석법(scene analysis), 근접법(proximity)-를 이용한다[6]. 각 원리에 대한 대표적인 방법들로는 초음파 신호[7] 혹은 RF 신호[8]의 비행시간(time of flight) 측정에 기초한 삼각 측량 방법들과 적외선[9] 및 무게 센서[10] 등을 사용하는 근접법에 의한 위치 인식 방법들이 개발되었고, 최근에는 IEEE 802.11 기반[11] 및 휴대폰[12] 무선 통신 인프라를 활용하여 현재 위치에서의 수신 신호 강도의 특성을 이용하는 방법들이 보다 활발하게 연구되고 있다. 이러한 방법들의 경우 각각 장단점이 존재하나 대개 사용자가 신호 발신기 혹은 수신기를 휴대해야 한다는 제한 사항이 있다. 이와 같은 제한 사항을 극복하기 위해 사용자의 위치뿐만 아니라 그룹 내의 어떤 사람인지를 구별하는 smart floor 시스템[10]도 개발되었는데, 무게를 측정하는

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 5. 28., 채택확정 : 2008. 1. 2.

이선우 : 한림대학교 전자공학과(senu@hallym.ac.kr)

※ 본 논문은 2006년도 한림대학교 교비 학술연구비(HRF-2006-029)에 의하여 연구되었음.

센서(load cell)를 사용하여 얻어지는 지면 반발 특성이 사용자마다 다르다는 점에 착안하여 사용자를 식별한다.

본 논문에서는 이와 비슷하게 소수 구성원으로 구성된 특정 그룹 내의 사용자들을 구별하고 구별된 사용자가 특정 문을 들어왔는지 나갔는지를 감지하는 시스템에 대해 제안한다. 개발한 사용자 식별 및 출·입 감지 시스템의 측정 원리는 초음파 센서의 거리 측정 기능을 이용하여 사용자의 키를 감지하고 감지된 사용자 키에 기초하여 사용자를 구별하며, 또한 2개의 초음파 센서를 사용하여 감지되는 순서의 차이를 이용하여 출·입을 구별하는 것이다. 제안하는 방법은 [13]에서 처음 제안되었고 방법의 검증용 위해 PC 기반으로 센싱 시스템만을 구현하였다. 이후 후속 연구로 [14]에서는 PC 기반 시스템을 8-bit MCU 기반 무선 센싱 모듈의 개발 및 이를 이용한 감지 시스템을 제안하였으며, 본 논문에서는 최종적으로 개발된 무선 센싱 모듈의 결과를 데이터베이스로 저장하고, 저장된 센싱 데이터에 기초하여 각 사용자의 현재 위치를 추정하는 전체 시스템에 대해 설명하고자 한다.

본 논문에서 제안하는 센싱 시스템은 무선 센서 네트워크 시스템 및 데이터베이스 서버 시스템으로 구성되어 있다. 무선 센서 네트워크 시스템은 여러 개의 무선 센싱 모듈 및 하나의 중앙 수신 장치(블루투스 액세스 포인트라 칭함)로 구성된 별(star) 형 네트워크로 설계되었다. 개별 무선 센싱 모듈은 2개의 초음파 센서를 이용하여 사용자 식별 및 출·입 행동을 감지하고, 감지한 이벤트는 블루투스 무선 모듈을 이용하여 액세스 포인트로 전송된다. 데이터베이스 시스템은 이 액세스 포인트로 수신되는 감지 정보를 읽어 데이터베이스로 기록하는 클라이언트 프로그램 및 일반적인 관계형 데이터베이스 시스템으로 구성되어 있다. 데이터베이스로 구성한 이유는 지능형 주택의 여러 가지 다양한 상황 인지 응용 시스템에게 보다 편리하고 효율적으로 위치 정보 제공이 가능하기 때문이다. 개발한 감지 시스템의 성능 검증을 위해 실제 주택에 설치하여 3명의 사용자에 대해 실험을 수행하였다.

II. 감지 시스템 개요

개발한 감지 시스템의 전체 구조를 그림 1에 나타냈다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 시스템은 크게 무선 센서 네트워크 시스템 및 서버 시스템으로 구성되어 있으며 TCP 네트워크로 서로 연결되어 있다. 개발된 센서 네트워크 시스템은 8bit MCU와 초음파 센서, 블루투스 무선 모듈로 구성된 무선 센싱 모듈들과 중앙 허브 역할을 하는 블루투스 액세스 포인트(Parani-MSP100, Sena co.)로 구성되어 있다. 블루투스 액세스 포인트는 각 무선 센싱 모듈의 블루투스 모듈과 1:1로 연결하여 이들 각각의 모듈에 별도의 TCP 포트 번호를 부여하고 이 포트에 수신되는 데이터를 다른 클라이언트에게 전송하는 TCP 서버로 기능하도록 만들어져 있다.

또한 데이터베이스 서버 시스템은 블루투스 액세스 포인트로부터 데이터를 읽어 데이터베이스에 저장하는 클라이언트 프로그램(이하 LOG 프로그램)과 데이터베이스 시스

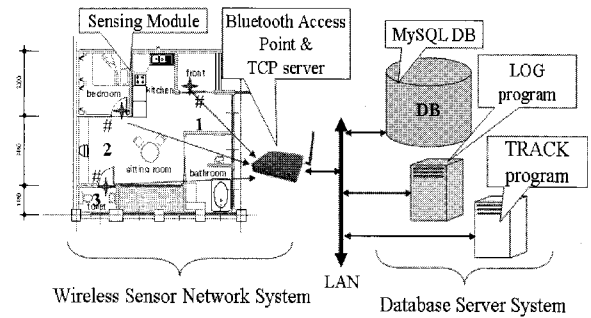


그림 1. 감지 시스템 구조.

Fig. 1. The structure of the sensing system.

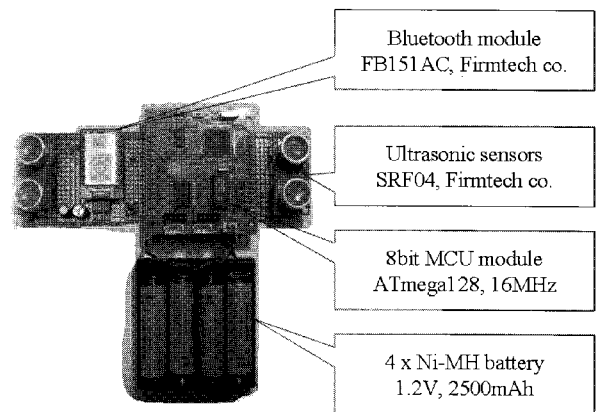


그림 2. 무선 센싱 모듈의 사진.

Fig. 2. Photo of wireless sensing module.

템, 그리고 저장된 데이터를 읽어 현재 위치를 표시하는 또 다른 프로그램(TRACK 프로그램)으로 구성되어 있다. 일반적인 관계형 데이터베이스 관리 시스템(RDBMS)을 이용하였다.

그림 2에 개별 노드로 작용하는 무선 센싱 모듈의 사진을 나타냈다. 그림과 같이 개별 센싱 모듈은 Atmel사의 ATmega128 8bit MCU (16MHz) 모듈과 2개의 초음파 센서 모듈(SRF04, Robot Electronics co.), 그리고 블루투스 무선 송수신 모듈 (FB151AC, Firmtech co.), 그리고 4개의 1.2V 니켈-수소 충전지로 구성되어 있다. 선행 연구에서 개발된 것과 동일하게 2개의 초음파 센서 모듈(이하 IN/OUT 센서라 칭함)은 약 14cm 정도 떨어져 장착되어 있다. 사용한 블루투스 모듈은 칩 안테나를 사용하여 약 100m까지 전송이 가능한 장거리형 무선 송수신 모듈로서 동작 전압 3.3V, 블루투스 버전 1.2를 지원하고, MCU와는 9600bps의 속도로 비동기 직렬 통신 방식으로 데이터를 교환한다. 개발된 모듈에서는 전원이 투입되면 별도 설정 없이 미리 정해진 액세스 포인트에 연결되도록 동작시켰다. 개별 센싱 모듈은 매 50msec (즉, 샘플링 주파수는 20Hz) 마다 2개 초음파 모듈을 이용하여 거리 측정을 수행하고, 얻어진 거리 정보에 대해 신호 처리를 하여 출·입 행동을 찾고 또 동시에 사용자를 구별한다. 만약 적합한 출·입 행동을 찾았다면 이 정보를 블루투스 송수신 모듈을 통해 액세스 포인트로 전송한다.

III. 사용자 식별 및 출·입 감지 방법

본 장에서는 개별 무선 센싱 모듈에서 수행되는 사용자 식별 및 출·입 행동 감지 방법에 대해 설명한다. 먼저 사용자를 구별하는 방법의 원리를 설명한다. 신원을 파악하고자 하는 대상 집단의 구성원들의 키가 일정 크기 이상 차이가 있다면 이를 초음파 센서의 거리 측정 능력을 이용하여 검출하고 이를 통해 사용자를 인식하는 것이다. 따라서 개별 무선 센싱 모듈은 그림 3에 나타낸 바와 같이 각 문들의 상단 부분에 설치된다. 이 상태에서 2개 초음파 센서는 아래쪽으로 음파 펄스를 방출하며 실제 사용자가 문을 통해 출입할 경우 초음파 센서로부터 사용자의 머리 위 부분까지의 거리를 측정할 수 있다. 이 측정값을 통해 사용자의 키를 구별할 수 있다. 여기서 이 원리를 통해 실질적으로 사용자를 식별하기 위해서는 이동 시 사용자 머리의 흔들림이나 감지 위치 등에 의한 오차가 사용자 사이의 키의 차이 보다 작아야 한다는 가정이 필요하다. 본 논문에서는 실제 주택에서의 실험을 통해 이와 같은 가정이 실제 환경에서 어느 정도 만족된다는 것을 보여준다.

그림 4에 사용자가 출·입 행동을 할 때 얻어진 IN, OUT 센서 데이터를 나타냈다. 그림에서 볼 수 있듯이 최저 피크값을 측정하여 센서로부터 사용자 머리까지의 거리를 감지할 수 있다. 실제 그림에서 이 피크들은 빨간색 '+' 기호와 파란색 '*' 기호로 표시되어 있다. 이 피크값은 일정한 크기의 이동 윈도우를 도입하여 안정적으로 찾을 수 있다. 각 문에 대해 모든 사용자가 여러 차례 출·입 행동을 하며 얻은 값의 평균값을 사용자를 구별하는 키 특징값(이하 중심값으로 지칭)으로 결정하여 사용한다. 개발된 센싱 모듈은 이와 같은 중심값을 자동으로 검출하기 위한 훈련 모드를 별도로 가지며, 이를 통해 개별 센싱 모듈의 장착 높이에 상관없이 훈련 모드를 통해 각 사용자의 중심값을 찾고 이를 EEPROM에 기록한다.

제안하는 사용자 식별방법을 다음 식으로 나타냈다.

$$\text{IF } \min_{i=1, \dots, n} \overline{e^i(k)} < Th^U, \text{ THEN user is } i \quad (1)$$

여기서 n 은 전체 사용자 수를 나타내고, $\overline{e^i(k)} = 0.5 * ((x_o(k) - C_o^i) + (x_l(k) - C_l^i))$ 는 IN 및 OUT 초음파 센서로부터 얻어지는 2개 피크값 ($x_o(k)$:OUT 센서, $x_l(k)$:IN 센서)과

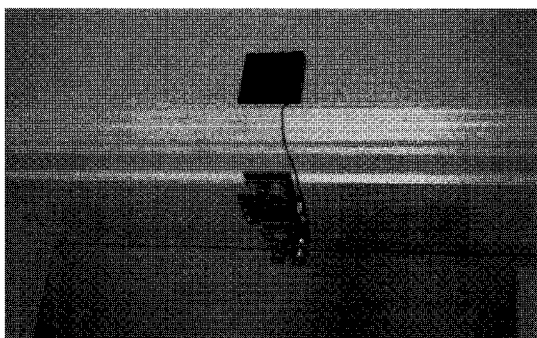


그림 3. 무선 센싱 모듈 장착 실시 예.
Fig. 3. Installation of an wireless sensing module.

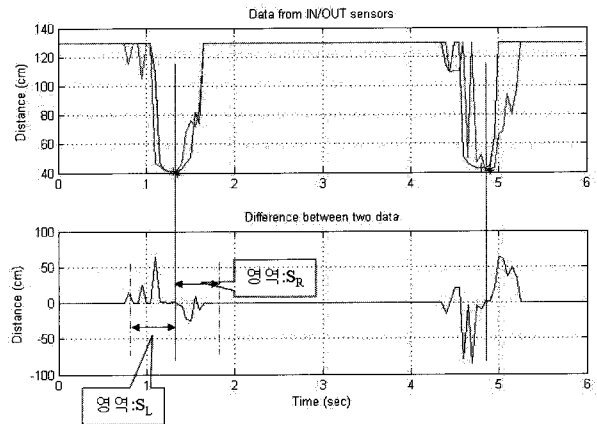


그림 4. 2개 초음파 센서의 출력 신호 파형: 원 신호(상단), 두 신호의 차(하단).
Fig. 4. Output of IN/OUT sensors: distance signals (upper graph), the difference between two signals (lower graph).

i 사용자의 중심값(C_o^i, C_l^i)과의 차이의 평균값을 의미하고, 이 값이 문턱 값(Th^U) 보다 작다면 현재 출·입 행동을 한 사용자로 i 를 결정하는 것이다.

출·입 행동 감지의 기본 원리는 2개 초음파 센서 감지 순서에 기초한다. 즉, 2개 초음파 센서의 장착 위치가 그림 3에 나타낸 바와 같이 사용자의 출입 방향과 동일한 방향으로 설치되어 있으므로, 사용자가 방으로 들어갈 경우 OUT 초음파 센서가 IN 센서보다 먼저 물체를 감지할 것이고 나올 경우에는 이와 반대로 동작한다는 사실에 기초한다. 이처럼 특정 문을 기준으로 방을 들어가고 나가는 것을 감지하고자 하는 이유는 대개의 실내 환경이 복수개의 방으로 이루어져 있으며 이러한 공간들을 구분하는 것이 문이고, 특정 문에서의 출·입을 감지하는 것만으로도 사용자가 현재 어느 방에 있는지를 파악할 수 있기 때문이다. 실제 많은 근접법에 의한 위치 감지 방법은 기본적으로 이와 동일한 아이디어에 기초하고 있다.

2개 초음파 신호의 감지 순서의 차이를 검출할 수 있는 방법에 대해 설명한다. 그림 4의 아래쪽 그래프는 IN/OUT 초음파 센서 신호의 차이를 보여주고 있다. 그림에 나타난 바와 같이 먼저 감지한 센서 신호가 나중에 감지하는 것보다 앞서서 나타나는 것 (그림에서는 양의 값)을 보여주고 있다.

보다 구체적으로 설명하면 먼저 2개 센서 신호의 차이 신호, $\Delta(k)$ 를 다음 수식과 같이 정의한다.

$$\Delta(k) = x_o(k) - x_l(k) \quad (2)$$

이 신호에 대해 들어갈 때와 나올 때의 차이점을 그림 4의 아래 그래프를 통해 설명한다. 그림에서와 같이 앞에서 설명한 2개 피크 점의 시간 축 인덱스 (즉 그림 4의 위 그래프에서 '+'와 '*' 기호로 표시된 부분의 시간 축 값)의 중간값 (그림에서는 빨간색 수직선으로 표시)을 기준으로 왼쪽과 오른쪽의 신호의 크기가 다른 것을 알 수 있다. 즉, 들어갈 때는 왼쪽이 오른쪽에 비해 양의 값을 가지는 경우가

많고 나올 때는 이 반대가 된다는 것이다. 따라서 제안하는 방법은 일정한 크기의 영역에서의 부분합을 계산하여 사용한다. 즉, 계산된 중간축을 기준으로 일정한 개수(N)의 차이 신호의 합을 다음 식과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} S_L &= \sum_{k=t-N}^t (x_o(k) - x_f(k)) \\ S_R &= \sum_{k=t+1}^{t+N} (x_o(k) - x_f(k)) \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 t 는 그림에서 빨간색 수직선으로 나타낸 것과 같은 중간축 위치를 나타낸다.

이렇게 구해진 특성값 S_L 과 S_R 을 이용하여 다음과 같은 간단한 규칙을 적용하여 출·입 행동을 결정한다.

- IF $S_L > S_R$, THEN Entering
- IF $S_L < S_R$, THEN Exiting

IV. 데이터베이스 서버 시스템

본 장에서는 센서 네트워크 시스템에서 감지되어 전송된 출·입 행동 데이터를 데이터베이스로 구축하는 서버 시스템에 대해 설명한다. 개발한 데이터베이스 시스템은 리눅스 운영체제 (Ubuntu 6.10 배포판 사용)가 실행되는 PC를 사용하여 구현되었다. 서버 시스템은 LOG 프로그램과 데이터베이스 시스템, 그리고 상위 지능형 주택의 응용 프로그램에 각 사용자의 현재 위치 정보를 제공할 수 있는 TRACK 프로그램으로 구성되어 있다. 각각의 클라이언트 프로그램 및 데이터베이스 시스템은 TCP/IP 네트워크로 연결된 어떤 컴퓨터에서도 실행될 수 있다.

먼저 LOG 프로그램에 대해 설명한다. 센서 네트워크 시스템의 중앙 허브 역할을 하는 블루투스 액세스 포인트는 각 무선 센싱 모듈과 항상 연결 상태를 유지하며 각각에 대해 별도의 포트 번호로 TCP 서버 역할을 수행한다. 따라서 Python 언어로 작성된 LOG 프로그램은 멀티 쓰레드 방식으로 동작하며 각 개별 포트에 접속하여 새로운 출·입 이벤트가 있는지를 감시하고 있다면 이를 해석하여 데이터베이스에 저장한다.

사용한 데이터베이스 시스템은 MySQL DBMS (v5.0.24)를 사용하였고, 다음 표1에 정리되어 있는 것처럼 2개의 테이블에 모두 12개의 필드를 가진다. 표에 정리한 것처럼 데이터베이스는 출·입 행동을 기록하는 event 테이블과 개별 센싱 모듈의 다양한 메시지를 저장하는 log table로 설계되어 있다. event 테이블에서 정의된 필드의 사용은 다음과 같다. event_datetime 날짜와 시간에 event_user가 node_id 문을 event_state (출·입)하였다. log 테이블은 개별 센싱 모듈에서의 모드 변환이나 훈련 결과 등을 메시지 형태로 저장하기 위해 사용된다.

이와 같이 데이터베이스에 저장된 출·입 행동 데이터를 이용하면 비록 제한적이긴 하지만 각 사용자가 현재 어디에 있는지를 간접적으로 추정할 수 있다. 앞서 서론에서 기술한 것처럼 독거노인의 활동 감지 서비스의 경우 이와 같은 정도의 방 단위의 정밀도만으로도 여러 다양한 정보를

표 1. 데이터베이스 구조.

Table 1. Structure of the database.

필드 이름	데이터 타입	설명
event_id	int	각 레코드 구분용
event_datetime	datetime	행동 발생 일시 정보
event_tick	int	위의 날짜 정보 유닉스 톱
node_id	tinyint(1)	개별 모듈 ID (즉, 문 ID)
node_eventCount	int	개별 모듈에서의 이벤트
event_user	tinyint(1)	식별된 사용자 ID
event_state	tinyint(1)	감지 결과 상태바이트
event_err	int	평균 오차값

(a) Event table 필드 설명

필드 이름	데이터 타입	설명
log_id	int	각 레코드 구분용
log_datetime	datetime	로그 발생 일시 정보
node_id	tinyint(1)	로그 발생 모듈 ID
message	varchar	로그 메시지

(b) Log table 필드 설명

유추할 수 있음을 알 수 있다. 개발한 위치 추정 TRACK 프로그램 또한 Python으로 구현되었으며, 데이터베이스에 접속하여 정해진 사용자에게 대한 데이터를 현 시점을 기준으로 주어진 시간 간격 동안의 위치 변동 내역을 표시하는 기능을 한다. 현재는 출·입 감지 결과만을 사용하는 단순한 형태로 만들어져 있으나 향후 확률적 모델을 이용하여 출·입 행동에서의 오인식에 대해서도 강인한 특성을 가지도록 연구를 진행할 예정이다.

V. 실험 결과

제안된 시스템의 성능 검증을 위해 3명(A,B,C)의 구성원으로 이루어진 소규모 그룹을 대상으로 실험을 실시하였다. 실제 환경에서의 성능 검증을 위해 그림 5에 나타낸 바와 같이 일반 아파트의 3개 방 (화장실 포함)의 문 틀에 3개 센싱 모듈을 장착하였다. 맥내 PC에서 실행되는 LOG 프로그램을 통해 액세스 포인트에서 제공하는 감지 데이터를 원격지의 데이터베이스에 저장하고, TRACK 프로그램으로 각 사용자의 위치를 추정할 수 있다.

각각의 무선 센싱 모듈은 3명 사용자에게 대해 훈련 모드를 통해 출·입 각각 3개씩의 평균값으로 중심값을 계산 저장하였다. 사용한 시스템 파라미터들은 다음과 같다.

- 피크 검출을 위한 윈도우 샘플 개수=41 (2초 시간 분)
- 부분합 계산을 위한 데이터의 개수=10개

사용자 구별 최대 허용값 (Th^U)은 가변하여 사용하였다. 실제 이 값은 사용자 식별 인식률을 결정짓는 주요한 시스템 파라미터로서 이 값이 커질수록 동일 사용자에게 대해 허용 오차가 커지는 것을 의미한다. 이는 실제 그룹 구성원들의 키 차이가 클 경우에는 이 값을 크게 하여 보다 강인한 사용자 구별 성능을 얻을 수 있으나 구성원간의 최소 키

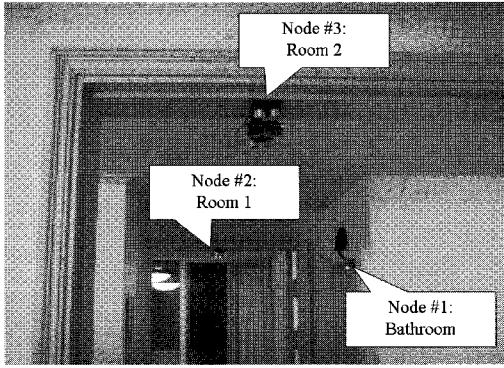


그림 5. 실험 환경: 3개 센싱 모듈 설치 위치.
Fig. 5. Experimental setup: installation of three wireless sensing modules.

차이보다는 커야 한다는 제한이 있다.

먼저 무선 센싱 모듈의 소비 전력에 대해 조사하였다. 센싱 모듈의 주요한 모듈별로 소비 전류를 조사하였다. MCU 보드만은 약 50mA를 소비하고, 2개의 초음파 센서를 더했을 경우는 65mA정도 소비한다. 가장 많은 소비 전력을 소비하는 것은 블루투스 모듈로 최초 액세스 포인트와 연결하기 위해 찾는 동작에서는 전체 모듈이 약 140mA를 소비한다. 액세스 포인트와 연결된 상태에서는 약 90mA를 소비하나 출·입 행동을 감지하여 데이터를 전송할 때는 약 100mA를 소비한다. 4개의 니켈-수소 충전지를 사용하여 실제 동작 시간을 조사하였다. 시험 결과는 적은 데이터 전송율(2번/시간)의 가정 하에 최대 약 21시간 정도로 측정되었다. 이 결과는 현재의 하드웨어로는 거의 매일 배터리를 교체해야 한다는 비현실적인 요구 조건임을 알 수 있다. 이와 같은 짧은 동작 시간의 원인은 개별 센싱 모듈의 각 모듈의 요구되는 소비 전력이 크기도 하지만 감지 원리 상 저전력 상태(sleep 상태)에서 외부 이벤트 감지에 의한 wake-up 등의 메커니즘을 사용할 수 없어 연속적으로 동작시켜야 한다는 것 때문으로 판단된다. 따라서 향후 다른 무선 전송 방식 및 초음파 센서 부분의 회로 개선을 통해 소비 전력 문제를 해결할 필요가 있다.

다음으로 사용자 구별 성능에 대해 조사했다. 대상 사용자 3명은 각각의 키 차이가 약 10cm 정도가 되므로, 다른 사람으로 인식하는 경우는 존재하지 않았다. 따라서 사용자 식별 성능은 100%인 결과를 얻었다. 그러나 이와 같은 결과는 각각의 그룹 구성원간의 키 차이가 출·입 행동을 판별하는 최대 허용 오차($Th^U=500$, 약4.3cm)보다 크기 때문에 출·입 감지 단계에서 걸러지게 되었기 때문이다. 즉, 보행 중의 머리의 흔들림이나 혹은 머리 윗부분이 아닌 어깨 등의 검출 등의 여러 오차 원인에 의해 실제 출입이 일어났는데도 이를 감지하지 못한다. 따라서 대상 그룹의 사용자들 간의 키 차이에 대한 최소값을 Th^U 로 설정해야만 하며, 이럴 경우 본 실험 대상과 같이 사용자간 키 차이가 클 경우 허용되는 오차의 크기가 커져서 높은 인식 성능을 얻을 수 있다. 반면 키 차이가 상대적으로 적은 그룹에 대해서는 최대 허용 오차 크기를 작게 설정할 수밖에 없고

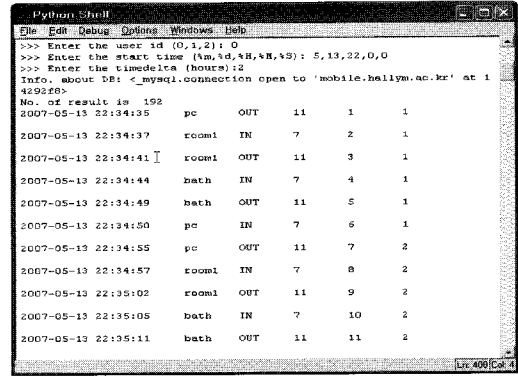


그림 6. TRACK 프로그램 결과.
Fig. 6. Result of TRACK program.

표 2. 사용자별 출·입 행동 검출 인식률.

Table 2. Detection ratio of entrance/exit behavior of each user.

사용자		IN (회 / %)	OUT (회 / %)	Miss (회 / %)
A	IN	86 / 89.6	5 / 5.2	5 / 5.2
	OUT	6 / 6.3	90 / 93.8	0 / 0
B	IN	65 / 86.7	3 / 4.0	7 / 9.3
	OUT	5 / 6.7	67 / 89.3	3 / 4.0
C	IN	51 / 75.4	12 / 17.4	5 / 7.2
	OUT	7 / 10.1	61 / 88.4	1 / 1.4
Total	IN	203 / 84.6	20 / 8.3	17 / 7.1
	OUT	18 / 7.5	218 / 90.8	4 / 1.7

이 경우 낮은 출·입 감지 성능을 기대할 수 밖에 없다. 이와 같은 제한이 개발된 방법의 태생적 한계점이다.

다음으로 출·입 감지 방법의 성능에 대해 알아보자. 실험을 위해 그림 5에 나타난 것과 같이 일반적인 아파트형 주택의 3개 방(일반 방 2개 및 화장실)에서 3명의 피험자가 다음과 같은 경로로 움직이는 것으로 실험을 실시하였다.

경로: Room 1 → Room 2 → Bathroom → Room 1 즉, N2 OUT→N3 IN→N3 OUT→N1 IN→N1 OUT→N2 IN과 같은 6개의 출·입 이벤트가 발생하게 된다. 이와 같은 출·입 행동은 개별 센싱 모듈에 의해 감지되어 액세스 포인트로 전송되고, LOG 프로그램에 의해 데이터베이스에 기록된다. 이후 TRACK 프로그램은 이 기록된 데이터베이스로부터 특정 사용자에 대한 출·입 기록을 추출하여 사용자에게 보여준다. 그림 6에 이 결과를 나타냈다. 그림 6의 첫 상단 부분에서 볼 수 있는 것처럼 위의 6개의 출·입 이벤트가 시간별로 감지되었음을 알 수 있다.

이와 같은 TRACK 프로그램을 통해 얻은 감지 결과를 표 2에 정리했다. 표에서 A,B,C 각 사용자가 3개 문에 대한 들어가고(in) 나가는데(out) 행동에 대한 올바른 결과 및 잘못된 결과와 감지하지 못한(miss) 이벤트의 수의 합과 이 값의 전체에 대한 비율(%)을 표시하였고, 마지막 열에 전체적인 합을 표시하였다. 결과에서 알 수 있듯이 각 사용자 별로 인식률이 다소간의 차이를 보이며 이는 각 사용자의 걸음 행동에 기인하는 것으로 판단된다. 전체적인 평균 인식

률은 약 87.7%로 나타났다. 전체 평균 오차 12.3%에 대해서는 출·입 행동을 감지하지 못하는 것(전체 평균 4.4%)과 출·입 행동을 반대로 인식하는 것(7.9%)으로 나누어 고려할 수 있다. 다소 주목할 점은 miss에 대한 오차보다 출·입을 반대로 인식하는 오차가 매우 크다는 점으로, 이는 향후 현재 제안된 출·입 인식 방법의 인식률 개선을 통해 더욱 큰 성능 향상을 기대할 수 있다는 것을 의미한다.

VI. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 지능형 주택에서의 다양한 위치 기반 서비스에 필수 요소인 태내 구성원의 위치를 추정할 수 있는 감지 시스템에 대해 기술하였다. 제안된 시스템은 2개의 초음파 센서와 블루투스 기반 무선모듈로 구성된 무선 센싱 모듈 및 액세스 포인트로 구성된 별 형 무선 센싱 네트워크 시스템 및 감지된 데이터를 데이터베이스로 구축하는 데이터베이스 서버 시스템으로 이루어져 있다.

사용자 구성원들 간에 키 차이가 있다는 가정 아래 초음파 센서의 거리 측정 능력을 이용하여 문 틀 상단에 장착된 센싱 모듈로부터 사용자의 머리까지의 거리 데이터에 기초하여 사용자를 구별하는 방법을 제안하였고, 제안된 방법을 실험에 의해 검증하였다. 실험 결과 키 차이가 5cm 이상이 되는 사용자 그룹에서는 100%의 구별 성능을 얻을 수 있었다. 기존의 신호 수/발신기 등의 소지 없이도 사용자의 현재 위치를 추정할 수 있는 주요한 문에서의 출·입 행동을 감지하는 기능은 2개 초음파 센서의 감지 순서 검출에 기반한 방법을 제안하였고, 실제 아파트 환경에서 3명 가족 구성원에 대한 실험을 통해 평균 약 88%의 인식 성능을 얻었다.

향후 과제로는 현재의 다소 낮은 출·입 행동 인식률을 높이기 위한 오인식 문제를 해결해야 할 것이며, 또한 소비 전력 실험에서 드러난 매우 짧은 동작 시간 문제(과다 전력 소비 문제)를 해결하고자 한다. 실제 시스템 특성 상 문 틀에 고정 설치되는 고정형 시스템이므로 제작 설치 시 배터리가 아닌 전원을 이용하는 것도 가능하겠지만 설치 편의성을 고려하면 이동형으로 제작 개발해야 하므로 소비 전력을 낮추는 하드웨어 및 소프트웨어의 설계가 필요하다. 이를 위해 다른 종류의 센서 사용 등을 고려하고 있다.

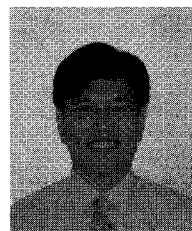
마지막으로 개발된 무선 네트워크는 블루투스를 기반으로 하는 별(star) 형 네트워크로 이루어져 있으나, 이 구조는 중앙 액세스 포인트가 고장 등으로 올바르게 동작하지 않는 경우 전체 시스템이 동작하지 않는다는 단점이 있다. 이를 해결하는 방법은 최근 많은 연구와 개발이 진행되고 있는 ad-hoc 네트워크로 구성하는 것이다. 따라서 본 시스템도 ad-hoc 네트워크 구성이 용이한 하드웨어 및 TinyOS 등과 같은 별도 OS를 사용하여 보다 다양한 환경에서 사용 가능하도록 개선 발전시키고자 한다.

참고문헌

- [1] 지경용 외 16인, "유비쿼터스 시대의 보건 의료," 진한 M&B, 2006.
- [2] E. Dishman, "Inventing wellness systems for aging in

place," *IEEE Computer Magazine*, pp.34-41, May 2004.

- [3] E. D. Mynatt, A.-S. Melenhorst, A. D. Fisk, and W. A. Rogers, "Aware technologies for aging in place: Understanding user needs and attitudes," *IEEE Pervasive Computing*, pp. 36-41, April-June 2004.
- [4] M.Ogawa, et. al., "Long-term remote behavior monitoring of the elderly using sensors installed in domestic houses," in *Proc. of the Second Joint EMBS/BMES Conference*, pp.1853-1854, Oct. 2002.
- [5] T. S. Barger, D. E. Brown, and M. Alwan, "Health-status monitoring through analysis of behavioral patterns," *IEEE Trans. on Sys. Man and Cyb.-Part A*, vol. 35, no. 1, pp. 22-27, Jan. 2005.
- [6] J. Hightower and G. Borriello, "Location systems for ubiquitous computing," *Computer*, vol. 34, no. 8, pp. 57-66, *IEEE Computer Society Press*, Aug. 2001.
- [7] A. Ward, A. Jones, A. Hopper, "A new location technique for the active office." *IEEE Personal Communications*, vol. 4, no. 5, pp. 42-47, October 1997.
- [8] Ubisense, <http://www.ubisense.net/>
- [9] 하경남, 이경창, 이 석, "스마트 홈을 위한 PIR 센서 기반 태내 위치 인식 시스템 개발," *Journal of Control, Automation, and System Eng.*, vol. 12, no. 9, pp. 905-911, September 2006.
- [10] R. J. Orr and G. D. Abowd, "The smart floor: a mechanism for natural user identification and Computing Systems (CHI2000)," April 2000.
- [11] P. Bahl and V. Padmanabhan, "RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system," *Proc. of IEEE INFOCOM*, pp. 775-784, March 2000.
- [12] V. Otason, A/Varshavsky, A. LaMarca, and E. Lara, "Accurate GSM Indoor Localization," The 7th Int'l Conf., *Ubiquitous Computing (UbiComp 2005)*, pp. 141-158, Sep. 2005.
- [13] 이선우, 김종완, "초음파 센서를 사용한 사용자 식별 및 출입 감지 시스템," in *Proc. HCI 2006, 한국정보과학회, 평창*, pp. 660-665, February 2006.
- [14] 이선우 "무선 센서 네트워크 기반 사용자 구별 및 출입 감지 시스템," in *Proc. HCI 2007, 한국정보과학회, 평창*, pp. 455-460, February 2007.



이 선 우

1990년 KAIST 전기 및 전자공학과 학사. 1992년 KAIST 전기 및 전자공학과 석사. 1996년 KAIST 전기 및 전자공학과 박사. 1996년~2000년 삼성전자 생활시스템 연구소 선임연구원. 2000년~2002년 일본 ATR Media Information Science Lab. 연구원. 2002년~현재 한림대학교 전자공학과 부교수. 관심분야는 실내 위치 인식 방법 및 응용, 무선 센서 네트워크 시스템, Gerontechnology.