

무선 센서 네트워크 기반 사용자 구별 및 출입 감지 시스템

User Identification and Exit/Entering Detection System Based on Wireless Sensor Network

이선우, Seon-Woo Lee
한림대학교 정보통신공학부

요약 본 논문에서는 지능형 주택의 필수 요소 기술의 하나인 사용자 신원을 파악하며 또한 현재 사용자의 위치를 추정하는데 직접적으로 사용이 가능한 방으로의 들어오고 나감 (즉, 출입 행동)을 감지하는 효과적인 방법을 제안한다. 개발된 시스템은 [1]에 제안되었던 방법을 개선시킨 것으로 초음파 센서 및 PC 를 이용하여 만들어졌던 시스템을 8bit 마이크로 컨트롤러를 사용한 임베디드 시스템의 형태로 구현하였다. 이와 더불어 복수개의 센싱 시스템에서 감지한 신호를 블루투스에 기반한 무선 전송 채널을 통해 1 개의 중앙 컴퓨터로 전송하는 무선 센서 네트워크를 구성하였다. 이렇게 구성된 센서 네트워크를 통해 각 센싱 모듈이 검출한 사용자 인식 및 인식된 사용자의 출입 이벤트를 기록, 저장하는 시스템을 구현하였다. 개발된 시스템은 임베디드 시스템의 특성에 적합하도록 기존 PC 기반으로 개발된 알고리즘을 수정 개선하였고, 성능 검증을 위해 일반 가정집에 3 개의 센싱 모듈을 설치하여 3 명의 사용자를 대상으로 실험을 수행하였다.

핵심어: *Daily activity detection, ultrasonic sensors, exit/entering detection, user identification, Bluetooth-based wireless network.*

1. 서론

우리나라를 비롯한 대부분의 선진국들에서 출산율 저하와 평균 수명 증대에 따른 고령화 문제는 향후 도래할 가장 큰 국가적 어려움의 하나로 인식되고 있다. 더욱이 우리나라는 세계 최저 수준의 출산율로 인해 고령화 사회로의 변화 속도가 가장 빠르기에 정치, 경제, 사회를 포함하는 모든 면에서 해결하기 가장 어려운 문제가 될 것으로 예상된다. 향후 도래할 고령 사회에서 가장 절실하게 대두되는 문제는 사회 노령화에 따른 생산성 저하 및 부양에 대한 비용 증가인데 이는 국가가 부담하는 의료 비용의 기하급수적인 증가 문제를 야기한다. 따라서 이 비용을 감소시키기 위한 여러 방법들에 대해 최근 여러 선진국을 중심으로 활발하게 연구가 진행되고 있다[2]-[4]. 이와 같은 연구 결과 등을 통해 알 수 있듯이 부양 및 수발에 대한 비용을 감소시키는 효과적인 방법의 하나가 현재 노인이 거주하는 주택에서의 재택 건강 지원 서비스-생체 신호 모니터링 및 원격 진료, 일상 활동 감지, 응급 상황 감지 등-가 될 수 있다.

특히 더욱 큰 폭으로 그 수가 증가하게 될 독거 노인에 대해서는 일상 생활에서의 사고나 사망 등의 이상 감지가 사회복지적인 측면에서 중요하므로, 이들의 활동을 감지하는 효과적인 시스템의 필요성이 더욱 높아질 것이다. 여기서 대상이 되는 일상 활동은 대개 집안에서 발생하는 대부분의 일

상적 활동을 의미하지만 대개의 경우 집 안에서의 이동 (locomotion)이 가장 중요하다. 이 이동 행동은 결국 사용자의 현재 위치를 감지하는 것으로부터 유도될 수 있으며 이러한 현재 사용자의 위치 감지는 지능형 주택에 필수적 기능인 상황 인식(context-awareness)을 수행하는데 있어서도 가장 기초적인 정보가 되기도 한다.

따라서 실내에서의 사용자의 현재 위치를 감지하는 방법으로는 먼저 삼각측량 원리를 이용한 것들로 크게 초음파를 매질로 사용하는 방법[5]과 RF 신호를 이용하는 방법[6] 등으로 제안되었으며, 또한 이미 위치를 알고 있는 곳과 가까이 있는지 여부를 판단하여 위치를 파악하는 근접법 (Proximity)에 기초한 방법들도 제안되었다. 또한 이미 설치되어 다른 용도로 이용하는 무선 통신 인프라를 활용하여 현재 위치의 신호 특성을 이용하는 환경 분석법(Scene analysis) 기법에 기초한 방법들[7]도 활발하게 연구 개발되고 있다. 이러한 방법들의 경우 각각 장단점이 존재하나 대개 사용자가 배지 형태의 신호 발신기 혹은 수신기를 착용해야 한다는 제한 사항이 있다. 이와 같은 제한 사항을 극복하기 위해 사용자의 위치뿐만이 아니라 그룹 내의 어떤 사람인지를 구별하는 사용자 식별 또한 동시에 진행되는 방법[8]도 연구, 개발되었다. 이 방법은 무게를 측정하는 센서 (load cell)를 사용하여 얻어지는 지면 반발 특성이 사용자 마다 다르다는 점에 착안하여 사용자를 식별하고 복수 개의 센서를

사용하여 위치를 추적한다. 즉, 이 방법은 사용자의 몸 무게를 사용자 구별을 위한 기본 정보로 이용하는 것이다.

이에 필자는 초음파 센서의 거리 측정 기능을 이용하여 문에 설치된 센서가 사용자의 키를 감지하고 감지된 사용자 키에 기초하여 사용자를 구별하며, 또한 2개의 초음파 센서를 사용하여 감지되는 순서의 차이를 이용하여 출/입을 구별하는 방법을 제안[1]하였는데, 본 논문에서는 제안된 이 방법을 개선 발전시킨 시스템에 대해 기술하고자 한다.

개발된 시스템은 기존의 시스템이 초음파 센싱 모듈 제어 및 거리 신호 검출을 위해 마이크로 컨트롤러를 사용하고 알고리즘은 PC를 사용한 복잡한 형태이었던 것에서 고성능의 마이크로 컨트롤러를 사용하여 모든 작업을 수행하는 임베디드 시스템으로 구현하였다. 또한 일반적인 주택에 여러 개의 방이 있음을 고려하여 복수개의 센싱 시스템으로부터 감지 신호를 얻을 수 있도록 블루투스 기반 무선 네트워크를 구현하였다. 출/입 감지를 위한 초음파와 거리 신호의 신호 처리 기법도 임베디드 시스템에 적합하게 보다 간단한 형태로 변경하였으며, 실제 사용 상의 편의를 위해 사용자의 키 정보를 학습에 의해 추출할 수 있는 기능도 구현하였다. 상용의 블루투스 무선 모듈과 수신 장치를 이용하여 별(star)형의 무선 네트워크를 구현하여 별도 PC (가정 내 gateway)가 출/입 이벤트 정보를 수집, 기록한다. 개발한 감지 시스템의 성능 검증을 위해 실제 주택 환경에서 3개 문에 센싱 모듈을 설치하여 3명의 대상자에 대한 일상 생활에서의 실험을 수행하였다.

2. 감지 시스템

구성한 전체 시스템을 그림 1에 나타냈다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 구현한 센서 네트워크는 8bit MCU와 초음파 센서, 블루투스 무선 모듈을 장착하고 있는 센싱 모듈이 하나의 노드로 작동하며, 개별 센싱 모듈에서 감지된 사용자 출/입 이벤트는 블루투스 기반의 무선 채널을 통해 수신기(Sena co., Parani-MSP100, 블루투스 액세스 포인트)로 전송되고, 전송된 정보는 수신기가 제공하는 TCP 서버를 통해 클라이언트 PC에서 정보를 수신, 저장하는 형태로 구성되어 있다. 즉, 각 센싱 모듈에 장착된 블루투스 모듈 각각이 수신기의 모듈과 1:1로 연결되어 있는 별(star)형 네트워크 형태로 구성된다. 사용한 수신기(블루투스 액세스 포인트)는 각각의 센서에 따라 별도 TCP 포트에 연결되어 데이터를 전송하는 방식으로 동작한다. 따라서 클라이언트 PC에서는 복수개의 소켓으로부터 각 개별 센서 정보를 얻어와 저장하는 형태로 동작한다. 클라이언트 프로그램은 Python을 이용하여 구현하였다.

그림 2에 개발한 센싱 모듈 사진을 보였다. 그림에 나타낸 바와 같이 개별 센싱 모듈은 Atmel사의 ATmega128 8bit MCU (16MHz)와 2개의 초음파 센서 모듈(SRF 04), 그리고 블루투스 무선 송수신 모듈(Firmtech co.의 FB151AC), 그리고 4개의 1.2V 니켈-수소 충전지로서 구성되어 있다. 기존에 개발된 것과 동일하게 2개의 초음파 센서 모듈(이하 IN/OUT 센서라 칭함)은 약 14cm의 간격을 가지도록 기판에 고정되어 있다. 사용한 블루투스 모듈은 칩 안테나를 사용하여 약 100m까지의 동작 범위를 가지는 장거리형 무선 송수신기로 동작 전압 3.3V, 블루투스 버전 1.2를 지원하고,

MCU와는 9600 bps의 속도로 비동기 직렬 통신 방식으로 데이터를 교환한다. 실험에서는 전원이 투입되면 별도 설정 없이 미리 정해진 상대 모듈(수신기 모듈)에 연결되는 방식으로 동작시켰고 MCU에서는 일반 UART 출력을 블루투스 모듈의 입력에 직접 연결하는 것만으로 데이터를 무선 전송할 수 있다.

다음 장에서 설명할 사용자 구별 방법 및 출/입 감지를 위해 개별 센싱 모듈은 매 50msec(즉, 샘플링 주파수는 20Hz)마다 2개 초음파 모듈을 이용하여 거리 측정을 수행하고, 얻어진 거리 정보에 대해 신호 처리를 하여 사용자 구별 및 출/입 행동을 찾는다. 만약 검출된 알고리즘에 의해 출/입 행동을 찾으면 이후 얻어진 거리 정보를 이용하여 미리 저장되어 있는 사용자 거리 값과의 차이를 통해 사용자를 구별하고, 이 정보를 무선 송수신 모듈을 통해 수신기로 발송한다. 수신기는 수신된 이 정보를 별도 TCP 포트를 통해 수신 대기 상태에 있는 클라이언트 프로그램에게 전송하여 파일로 기록된다.

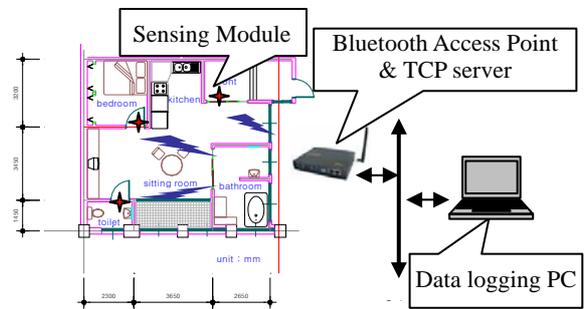


그림 1. 전체 시스템 구성도

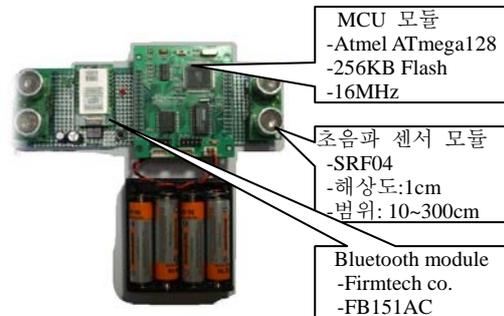


그림 2. 개별 센싱 모듈 사진

3. 사용자 구별 방법

본 논문에서는 [1]에 제안했었던 것과 동일한 아이디어를 이용하여 사용자를 구별한다. 즉 초음파 센서의 거리 측정 능력에 기초하여 얻을 수 있는 사용자의 키를 구별 특성 신호로 이용하는 것이다. 신원을 파악하고자 하는 대상 집단에서의 소수 구성원의 키가 일정 크기 이상 차이가 있다면 이를 초음파 센서를 이용하여 검출하고 이를 기초로 구별하여 인식하고자 하는 것이다.

이를 실현하기 위해 그림 3에 나타낸 바와 같이 센싱 모듈을 각각의 문들의 천장부분에 설치한다. 이와 같이 설치하여 2개 초음파 센서는 아래쪽으로 음파 펄스를 방출하며

실제 사용자가 문을 통해 출입할 경우 사용자의 머리 위 부분이 주로 반사되어 쉽게 사용자의 키 정보를 검출할 수 있다. 일정한 높이에 장착된 센서로부터 사용자 머리 윗 부분까지의 거리가 사용자의 키와 반비례의 관계를 가진다는 사실을 이용한다.



그림 3. 센싱 모듈 장착 실시 예

초음파 센서를 사용한 사용자 키 정보 감지는 다음과 같이 얻어진다. 기존의 방법은 2개 초음파 모듈을 통해 얻어진 신호를 PC에서 1Hz의 cutoff 주파수를 가지는 2차의 Butterworth 디지털 IIR 필터를 이용하여 Low Pass Filter(LPF)를 구현하여 필터링을 수행하였으나, 이러한 IIR 필터를 8bit MCU에서 구현하여 시험한 결과 정확한 피크(실제 사용자의 키 정보)를 검출하는데 문제가 발생하여 본 시스템에서는 필터링을 사용하지 않았다. 실제 이와 같이 필터링을 하지 않은 2개 센서 신호를 그림 4의 위쪽 그래프에 나타냈다. 그림에 나타난 바와 같이 다소 잡음으로 보이는 신호가 나타나지만 원하는 피크의 값(그림에서 빨간색 '+' 기호와 파란색 '*' 기호로 표시되어 있음)을 정확하게 찾을 수 있음을 알 수 있다. 이와 같은 피크의 값은 일정한 크기의 이동 윈도우를 도입하여 이 윈도우 내에서의 최소 신호 값을 이용하여 안정적으로 찾을 수 있다. 2개 센서에서 얻은 피크 값의 평균값을 계산하고 계산된 값을 미리 저장되어 있는 사용자 키 정보(이하 중심값으로 지칭)와 비교하여 최소의 값을 찾고 이 값이 일정한 범위(이를 사용자 구별 최대 허용값으로 지칭하며 Th^U 로 표시함) 이내라면 사용자를 결정하게 된다. 즉, 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$if \min_{i=1, \dots, n} \{ | \bar{x} - c(i) | \} < Th^U, \text{ then user is } i \quad (1)$$

여기서 $\bar{x} = 0.5 * (x_o(k) - x_i(k))$ 는 2개 피크값의 평균값을 나타내며, $c(i)$ 는 n 명의 사용자에 대한 중심값을 나타낸다.

기존에 개발된 시스템의 경우는 복수 사용자에 대한 중심값을 얻기 위해서는 사전 실험을 통해 찾은 평균값을 수동으로 입력하는 방법을 사용하였으나, 이 경우 문 틀의 높이가 다른 경우 매 센싱 모듈에 대해 별도 실험을 통해 값을 얻고 이 값을 수동으로 설정해야 하는 불편함이 있었다. 이를 해결하기 위해 개발된 시스템은 훈련 모드를 별도로 가지도록

프로그램하였고, 이를 통해 개별 센싱 모듈의 장착 위치에 상관없이 훈련 모드를 통해 복수 사용자가 몇 번의 출입 행동을 하는 것만으로 중심값을 찾고 이를 MCU 주변 장치인 EEPROM에 기록하여 전원 여부에 상관없이 저장되도록 하였다.

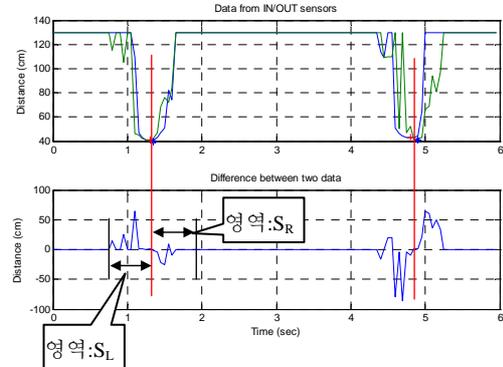


그림 4. 2개 초음파 센서 신호 파형: 원 신호, 두 신호의 차

4. 출입 행동 감지 방법

출입 행동 감지의 아이디어 또한 기존 제한된 방법과 동일하게 2개 초음파 센서에의 감지 순서를 이용한다. 이와 같이 특정 문을 기준으로 방을 들어가고 나가는 것을 감지하고자 하는 이유는 대개의 실내 환경이 복수개의 방으로 이루어져 있으며 이러한 방들을 구분하는 것이 문이고, 특정 문에서의 출입을 감지하는 것만으로도 사용자가 현재 어느 방에 있는지를 파악할 수 있기 때문이다. 실제 많은 근접법에 의한 위치 감지 방법은 기본적으로 이와 동일한 아이디어에 기초하고 있다.

제안하는 출입 감지 방법의 기본 원리는 [1]에 제안했던 것과 동일하게 2개 초음파 센서 감지 순서에 기초한다. 즉, 2개 초음파 센서의 장착 위치가 그림 3에 나타난 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.

실제 이런 사실은 실험을 통해 얻어진 초음파 센서 신호를 통해서 나타나는데, 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.

$$\Delta(k) = fx_o(k) - fx_i(k) \quad (2)$$

여기서 $fx_o(k)$, $fx_i(k)$ 는 각각 OUT 센서, IN 센서의 신호를 나타낸다. 이 신호에 대해 들어갈 때와 나올 때의 차이는 그림에 나타난 바와 같이 앞 절에서 설명한 사용자 식별에 사용되는 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 점이다. 즉, 들어갈 때는 왼쪽

이 오른쪽에 비해 양의 값을 가지는 경우가 많고 나올 때는 이 반대가 된다는 것이다. 실제 기존 방법에서는 이 특성을 추출하기 위해 일정한 크기의 영역에서의 부분합을 사용했고 본 시스템도 동일한 방법을 이용한다.

즉, 계산된 중간축을 기준으로 일정한 개수(M)의 차이 신호의 합을 다음 식과 같이 계산한다.

$$S_L = \sum_{k=-l}^l (fx_o(k) - fx_l(k)), S_R = \sum_{k=l}^{l+N} (fx_o(k) - fx_l(k)) \quad (2)$$

여기서 l 는 그림에서 나타난 것과 같은 중간축 위치를 나타낸다.

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

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

이와 같은 특성 규칙은 기존에 제안했던 두 부분합의 부호 차이를 이용하는 방법과 다르다. 그 이유는 실제 필터를 거치지 않은 원 신호를 이용하기 때문에 차이 신호의 부분합의 부호가 기존과 같이 정확하게 얻어지지 못했기 때문이다. 그러나 본 연구에서 제안하는 특성값 S_L 과 S_R 크기 차이를 이용한 출입 감지는 보다 안정적인 감지 성능을 보여주고 있다.

4. 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 나타난 바와 같이 일반 아파트의 3개 방 (화장실 포함)의 문 틀에 3개 센싱 모듈을 장착하였다. 각 모듈은 3명 사용자에게 대해 혼란 모드를 통해 출입 각각 3개씩의 평균값으로 중심값을 계산 저장하였고 출입 감지에 사용되는 부분합 계산을 위한 데이터의 개수는 10개 (0.5초)로 결정하여 사용하였다. 사용자 구별 최대 허용값 (Th^U)은 가변하여 사용하였다. 실제 이 값은 사용자 식별 인식률을 결정짓는 주요한 시스템 파라미터로써 이 값이 커질수록 동일 사용자에게 허용 오차가 커지는 것을 의미한다. 이는 실제 그룹 구성원들의 키 차이가 클 경우에는 이 값을 크게 하여 보다 강한 사용자 구별 성능을 얻을 수 있으나 구성원간의 최소 키 차이보다는 커야 한다는 제한이 있다. 실제 과거 연구에서도 파악된 사실이지만 동일 사용자가 자연스럽게 걸어가는 경우에 머리 위 부분의 높이 변화가 약 3cm 정도 변화하는 것이 일반적이므로 실제 제안된 방법을 통한 사용자 구별 능력은 최소 4cm 이상 키 차이가 있는 구성원들만을 구별할 수 있다고 판단된다.

먼저 개발된 시스템의 소비 전력에 대해 조사하였다. 실제 동작 조건에서 4개의 니켈-수소 충전지를 사용하여 시험하였다. 시험 결과는 연속 동작 가능 시간은 27.4시간이다. 이와 같이 다소 짧은 구동 시간의 원인은 사용한 초음파 센서 모듈에서 초음파 발생 트랜스듀서에서 이용되는 고압 발생을 위한 전압 승압기 (step-up converter)의 소비 전력이 크기

때문이고 감지 원리 상 저전력 상태에서 외부 이벤트 감지에 의한 wake-up 등의 메커니즘을 사용할 수 없고 연속적으로 동작시켜야 한다는 것 때문으로 판단된다. 실제 이와 같은 높은 전력 소비 문제는 초음파 센서를 사용하는 시스템의 경우 해결하기 어려운 문제이지만 FET 등의 스위칭 소자를 이용하여 초음파 발생 회로 (step-up converter 및 초음파 발생 트랜스듀서 관련 회로)에 투입되는 전원을 ON/OFF 하는 방식을 통해 전력 소비를 줄이는 방법도 사용되고 있으므로 향후 초음파 센서 부분의 회로 개선을 통해 소비 전력 문제를 해결할 필요가 있다.

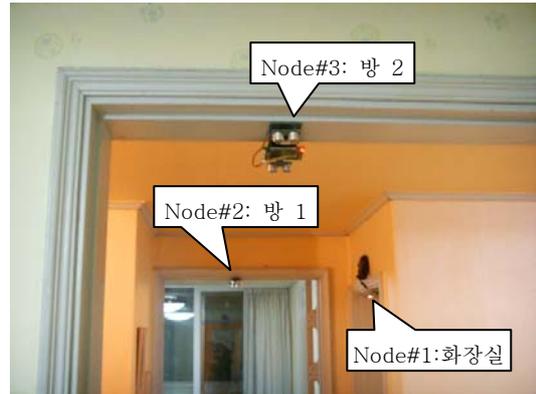


그림 5. 실험 환경: 3개 센싱 모듈 설치 위치

다음으로 사용자 구별 성능에 대해 조사했다. 대상 사용자 3명은 각각의 키 차이가 약 10cm 정도가 되므로, 다른 사람으로 잘 못 인식하는 경우는 존재하지 않았다. 따라서 사용자 구별 성능은 100%인 결과를 얻었다. 그러나 이와 같은 결과는 각각의 그룹 구성원간의 키 차이가 출입 행동을 판별하는 최대 허용 오차보다 크기 때문에 사용자를 구별하는 단계까지 가기 전에 출입 감지 단계에서 걸리지게 되었기 때문이다. 즉, 보행 중의 머리 위치의 위아래 흔들림이나 혹은 머리 윗부분이 아닌 어깨 등의 검출 등의 여러 원인에 의해 발생하는 오차는 실제 출입이 일어났는데도 이를 감지하지 못하는 결과를 가져온다. 즉, 사용자의 구별에 앞서 출입 감지 단계에서 허용 오차를 벗어나 감지하지 못한다. 따라서 대상 그룹의 사용자들간의 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.

이와 같은 사실은 실험 결과를 통해 알 수 있다. 그림 5의 노드 #1(화장실)과 노드 #2(방 1)에 설치된 2개 센싱 모듈에 대해 3명의 사용자에게 대해 반복적으로 들어가고 나가는 실험을 실시한 결과를 표 1에 나타냈다. 표에 나타난 바와 같이 최대 허용 오차값 ($Th^U=250$, 약 2.2cm)을 가지고 얻은 결과는 평균 인식률 69.3%라는 낮은 인식 성능을 얻었다. 특히 사용자 B의 OUT과 C의 IN 동작에서는 60%에도 못 미치는 성능을 보여주고 있다. 이와 같은 큰 오차의 가장 큰 원인은 실제 사용자의 걸음 특성에서 기인하며 실제 걷는 동작에서 위아래로의 흔들림이 커서 검출된 거리 값과 혼란 시 얻어진 중심값과의 차이가 최대 허용 오차보다 커져서 인식을 하지 않았기 (즉, Miss로 인식) 때문이다. 앞서 설명한 바와 같이 주요한 시스템 파라미터인 Th^U 값의 크기에 따라 출입 행동 검출 특성이 달라지는데 동일한 실험 결과로부터 Th^U 를 500 (약 4.3cm)로 설정했을 경우 얻을 수 있는 인식 결과를 표 2

에 나타났다. 표 2에 정리된 것처럼 평균 인식률이 94.6%로 상승된 것을 알 수 있다. 즉, 문제가 됐던 사용자 B의 OUT 및 C의 IN의 상당히 많은 부분이 최대 허용 오차보다는 크고 사용자간의 키 차이보다 작다는 것을 알 수 있다. 이는 앞서 사용자 구별 결과에서 설명한 바와 같이 대상 그룹의 사용자들의 키 차이가 본 실험과 같이 클 경우 개별 사용자간 키 차이의 최소값을 최대 허용 오차로 설정하면 좋은 결과를 얻을 수 있다는 사실을 보여준다. 반면 키 차이가 상대적으로 적은 그룹에 대해서는 최대 허용 오차 크기를 작게 설정할 수 밖에 없고 이 경우 사용자의 걸음 동작 시 위아래로의 흔들림이 다소 클 경우에는 낮은 출/입 감지 성능을 기대할 수 밖에 없다는 제안된 방법의 태생적 한계점을 나타내기도 한다.

전체적인 출/입 감지 방법의 성능을 표3에 나타났다. 실험 결과 출/입 행동에 대한 평균 인식률은 약 98.5%로 매우 정확한 출/입 행동의 구별이 가능하였다. 제안된 부분합의 크기 비교에 의한 출/입 감지 방법이 별도의 신호 처리 없이도 안정된 인식 결과를 보여주는 것을 알 수 있다.

표 1. 사용자별 출/입 행동 검출 인식 결과 (Th=250)

사용자		IN	OUT	Miss	인식률 (%)
A	IN	48	0	20	70.6
	OUT	1	48	7	85.7
B	IN	21	2	4	77.8
	OUT	1	15	10	57.7
C	IN	47	1	35	56.6
	OUT	0	54	26	67.5

표 2. 사용자별 출/입 행동 검출 인식 결과 (Th=500)

사용자		IN	OUT	Miss	인식률 (%)
A	IN	63	0	5	92.6
	OUT	1	53	2	94.6
B	IN	25	2	0	92.6
	OUT	1	25	0	96.2
C	IN	79	1	3	95.2
	OUT	0	77	3	96.3

표 3. 출/입 행동 검출 인식률

	IN	OUT	Ratio(%)
IN	167	3	98.2
OUT	2	155	98.7

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 2개의 초음파 센서와 블루투스 기반 무선 송수신 모듈을 이용하여 키 차이가 있는 사용자 그룹에 대해 사용자의 신원을 구별, 파악하고 출/입을 감지하는 기능을 가지는 무선 센서 네트워크 시스템을 개발하였다. 개발된 센싱

모듈은 기존의 PC를 사용했던 것에서 8-bit MCU만을 이용하여 모든 알고리즘을 수행하도록 구현하였고, 블루투스 기반 무선 네트워크를 형성하여 설치가 간편한 시스템으로 구현하였다.

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 최소 5cm 이상이 되는 사용자 그룹에서 100%의 구별 성능을 얻을 수 있었다.

2개 초음파 센서의 감지 순서에 의한 출/입 행동 검출 방법은 기존의 방법보다 보다 강인한 특성을 가지는 부분합의 차이에 의한 방법으로 개선, 제안했으며 실험 결과 평균 약 95% 정도의 인식률을 얻을 수 있었다. 제안된 방법은 기존의 신호 수/발신기 등의 소지 의무 없이도 사용자의 현재 위치를 추적할 수 있는 기능을 제공한다.

향후 과제로는 실험 결과에서 드러난 많은 전력을 소비하는 문제를 해결해야 할 것으로 판단된다. 실제 시스템 특성상 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. 따라서 이를 위해 상용의 초음파 센서 모듈을 사용하는 것이 아니라 별도 하드웨어 설계를 통해 저전력화를 도모하고자 한다.

또한 사용한 무선 네트워크는 블루투스를 기반으로 하는 별(star) 형 네트워크로 구성하였으나 이 방법은 개별 센서 모듈이 수신기와 1:1로 연결되어야 하는 조건이 필요하다. 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.

마지막으로 본 시스템에서 제공하는 사용자 인식 및 출/입 행동 감지 정보의 데이터베이스로의 저장 및 이 데이터를 가공하여 사용자의 실시간 위치 추적이 가능한 소프트웨어의 개발도 진행할 예정이다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술부, 한국과학재단 지정 생체계측 신기술 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] 이선우, 김종완, “초음파 센서를 사용한 사용자 식별 및 출입 감지 시스템”, in Proc. HCI 2006, KISS, 평창, pp. 660-665, February, 2006.
- [2] E. Dishman, “Inventing Wellness Systems for Aging in Place”, *IEEE Computer Magazine*, pp.34-41, May 2004.

- [2] M. Drugges, J. Hallberg, P. Parnes, and K. Synnes, "Wearable Systems in Nursing Home Care: Prototyping Experience," *IEEE Pervasive Computing*, pp. 86-91, January-March 2006.
- [3] K.-S. Park, J. Choi, B. Hwang, "Unobtrusive Activity Monitoring Based on the Multi-Modal Sensors," in *Proc. of World Congress on Medical Physics and Biomedical Eng.*, August, Seoul, 2006.
- [4] 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.
- [5] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, J. Gibbons, "The active badge location system", *ACM Trans. on Information Systems*, 10(1), pp.91-102, Jan. 1992.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] R. J. Orr and G.D. Abowd, "The smart floor: a mechanism for natural user identification and tracking" *Proc. of the 2000 Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI2000)*, April 2000.