

Design and Implementation of Walking Status Analysis System based on Multi-Sensors

Kwi-Bin Seo*, Seung-Hyun Lee**, Min Hong***

Abstract

Recently, the advanced development of smart devices has increased the interest in health-care, and many people are paying more attentions to disease prevention than disease treatment. Among these prevention methods, the bare body movement has received much attention, and especially walking exercise is attracting much attention because it is enjoyable without any restrictions on place and time. Walking exercise is generally divided into two types: walking on the ground and climbing the stairs. Walking up the stairs consumes much more calories compared to walking on the ground. These walking exercises have the advantage that they can be easily performed by male and female without special equipments or economic considerations. However, there is a lack of applications and systems that accurately determine such walking and stair walking and measure momentum according to stair walking. In this paper, we designed and implemented a real-time walking status analysis system using smartwatch's , pedometer, smartphone's barometer and beacons.

▶ Keyword: Walking Analysis, Gait Measurement, Multi Sensors, BLE Beacons, Floor detection

I. Introduction

평균 수명 연장에 따라 우리사회는 단순히 오래 사는 것보다 건강하게 오래 사는 것을 추구하고 있으며 헬스케어 패러다임 또한 기존의 “병 치료를 통한 기대수명 연장”(헬스케어 1.0 및 2.0)에서 “병과 관리를 통한 건강 수명 연장”(헬스케어 3.0)으로 변화하고 있다[1]. 특히 ICT 융복합 기술의 발전은 헬스케어 패러다임을 변화시킨 주 원인 중 하나이며 Figure 1은 최근 대한민국의 평균 수명 증가율과 예측을 보여주고 있다.

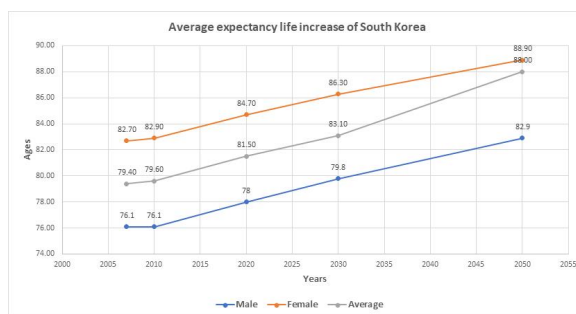


Fig. 1. Average expectancy life increase of South Korea (National Statistical Office)

- First Author: Kwi-Bin Seo, Corresponding Author: Min Hong
- *Kwi-Bin Seo (eirtjrnlqls@sch.ac.kr), Dept. of Computer Science, Soonchunhyang University
- **Seung-Hyun Lee (slee43@hongik.ac.kr), School of Architectural Engineering, College of Science&Technology, Hongik University
- ***Min Hong (mhong@sch.ac.kr), Dept. of Computer Software Engineering, Soonchunhyang University
- Received: 2018. 11. 22, Revised: 2018. 12. 15, Accepted: 2018. 12. 18.
- This research was supported by the MSIP(Ministry of Science, ICT and Future Planning), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program (IITP-2018-2014-1-00720) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion) and was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(No.2017R1A2B1011776)

현대사회에서 건강의 개념이 단순히 병이 없다는 소극적 관점에서 벗어나서 신체적, 감정적, 사회적, 지적, 정신적 요소가 균형을 이루어 질적으로 높은 존재 가치와 안녕을 갖는 적극적 관점으로 변화하고 있다[2-3]. 이에 따라 최근 우리사회는 웰니스(Wellness)적인 삶에 대한 관심이 매우 높아지고 있으며 삶의 질이 높아짐에 따라 건강에 대한 관심도 높아지고 있다. Wellness는 Well-being과 Happiness의 합성어로, 넓게는 건강, 미용, 의료, 문화, 관광 및 오락 등을 제공하는 관련제품과 서비스를 포괄하는 용어이다. Figure 2는 주제 별 Wellness 분류를 보여주고 있다.

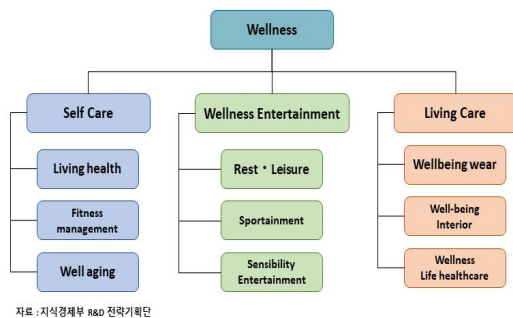


Fig. 2. Categories of Wellness

시간과 비용적 부담 문제로 인하여 여러 운동 중 간단히 할 수 있는 맨몸 운동이 많은 주목을 받고 있다. 그 중, 걷기 운동과 계단 오르기 운동은 시간적·공간적 부담 없이 할 수 있다는 장점을 가지고 있어 많은 관심을 받고 있다. 이러한 걷기 운동은 인간의 신체 움직임에 가장 기본이 되는 활동으로 낮은 체력수준을 가진 사용자도 쉽게 실시 할 수 있다. 걷기 운동은 신체 대근육군의 역동적이고 율동적인 움직임을 통해 이루어지는 운동으로, 특히 지나친 운동 강도로 인한 상해 가능성이 적을 뿐만 아니라 남녀노소 모두 특별한 장비나 경제적인 고려 없이 쉽게 수행할 수 있다는 장점이 있다[4-5].

특히 계단 걷기 운동은 몸의 균형을 유지하면서 수평이동과 수직상승을 동시에 하기 때문에 평지에서 수행하는 운동에 비해 더 많은 하지의 근력과 힘을 필요로 하며 혈액순환강화, 무릎관절 강화, 하체근력 강화 그리고 다이어트 효과 등이 있다[6-7]. 하지만 이러한 걷기 및 계단 걷기 운동을 정확하게 판단해주고 운동 상태에 따른 운동량을 측정해주는 애플리케이션과 시스템은 아직 많이 부족한 상태이다. 본 논문에서는 스마트 위치의 가속도 센서, 보습계, 스마트폰의 기압 센서 그리고 BLE Beacon들을 통한 다양한 센서 데이터를 이용하여 실내에서의 층 수 판단 및 사용자의 3가지 보행상태(계단 오르기, 계단 내려가기, 평지 걷기)를 판단하는 알고리즘과 애플리케이션을 설계 및 구현하였다.

II. Related Works

1. Behavior recognition

행동인식에 대한 연구는 많은 연구자들에 의해 활발히 진행되고 있다. 특히 가속도 센서를 신체에 고정시키고 미리 학습된 행동 패턴 데이터에 따라 행동을 결정하는 방법이 주로 연구되고 있다[8]. Ravi와 Bao는 가속도센서(Accelerometer)를 이용하여 사람의 행동 및 상황을 인식하고 분류하였으며, DeVal은 실시간 행동측정 애플리케이션을 개발하여 걷기, 뛰기, 서기 등과 같은 사용자의 상태를 인식하였다[9-10]. 또한 Krause는 암밴드를 착용하여 사용자의 행동 및 상태를 측정하는 방법을 연구하였으며, Kern은 몸에 센서를 부착하여 서비스를 제공하는 다중 센서 하드웨어 플랫폼을 구현하였다[11-12]. 또한 센서 뿐만 아니라 GPS와 카메라 또는 촬영된 영상으로 사람의 행동을 인식 및 분석하는 연구들도 진행되고 있다[13-14].

2. Positioning System

사용자의 현재 위치를 측정하는 대표적인 방법은 Wi-Fi, Geo-Magnetic, BLE Beacon 등이 있으며 본 장에서는 다양한 위치 측정 방법을 소개한다.

2.1 WI-FI Method

Wi-Fi 기반 측위 시스템은 위치 측정을 위해 가장 많이 알려진 측위 방법이며, 각 AP(Access Point)의 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값을 사용하여 사용자의 위치를 측정한다[15-17]. Cell-ID 방식, AoA(Arrival of Arrival), ToA(Time of Arrival), TDoA(Time Difference of Arrival), 지문 방식 등 다양한 방법을 적용 할 수 있다[18-19]. 하지만 Wi-Fi 기반 측위를 위해서는 AP가 설치되어야 한다는 단점이 있다.

2.2 Geo-Magnetic Field Method

기존 Radio Wave 기반의 측위 방법과 달리, Geo-Magnetic 기반의 위치 측정 시스템은 지구의 자기장(Magnetic Field)를 사용하기 때문에 다른 장비가 필요하지 않다는 장점이 있다. Geo-Magnetic은 장소와 위치에 따라 자기장의 강도와 방향의 차이를 이용하여 위치를 측정하며, 1~2m 정도의 정확도를 유지 할 수 있다. 하지만 Geo-Magnetic은 다양한 외부 요인으로 인하여 쉽게 교란이 올 수 있다는 단점이 있다[20].

2.3 BLE Beacons Method

블루투스 4.0의 BLE(Bluetooth Low Energy) 기술은 기존 방식과 다르게 전력 소모를 낮추고 사용자의 접근성을 높인 무선통신 기술이다[21]. BLE Beacon 기반의 측위 방식은 삼각측량 방식을 기본으로 다양한 알고리즘을 결합하여 사용한다. Wi-Fi와 마찬가지로 RSSI 값과 거리공식을 사용하여 BLE Beacon과 스마트 디바이스간의 거리를 계산한다. 하지만 BLE Beacon의 RSSI는 벽 또는 사물에 반사되어 많은 잡음을 발생

한다. 이에 따라 RSSI 노이즈를 보정할 수 있는 많은 연구가 수행되고 있다. Mori는 22개의 Beacon 들을 이용하여 템플릿 매칭 방법을 적용하여 평균 2.4m 오차로 실내 또는 실외에서 위치 측위를 하는 방법을 연구했으며, Ji는 거리에 따라 BLE 신호 감쇄와 Beacon간의 정확도를 분석하였다. 본 논문에서는 BLE Beacon의 RSSI 값을 수신 및 보정하여 사용자의 층수를 판단하였다[22-24].

III. The Proposed Scheme

본 논문에서는 안드로이드 기반의 스마트 위치의 가속도 센서, 보수계와 스마트폰의 기압 센서와 Beacon들을 이용하여 사용자의 보행 상태 및 위치를 측정하였다. 다음은 본 논문에서 제시하는 멀티센서 기반의 보행 상태 판단 알고리즘에 대하여 설명한다.

1. Configuration of Walking Status Analysis System

1.1 Walking status analysis algorithm based on Barometer

본 논문에서는 기압 센서의 노이즈를 보정하기 위하여 Window Size 7의 Sliding Window 알고리즘을 사용하여 수신되는 기압 센서 값을 보정하였다. Figure 3은 보정되기 전 기압 센서 값과 보정 후 값의 그래프이다.

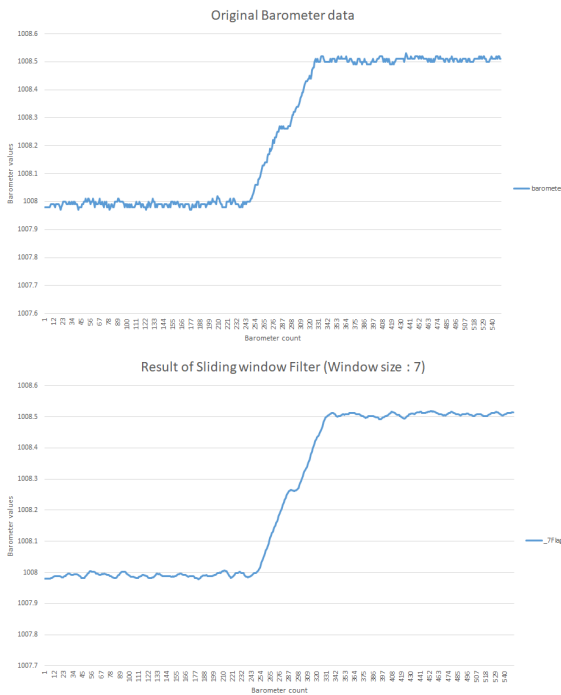


Fig. 3. Result of calibration before/after barometer values

Figure 4는 본 논문에서 구현한 측정된 보행 상태 별 데이터셋의 구성 방법을 나타낸다. 5개 단위로 기압 데이터를 수집 및 기압 데이터의 증가, 감소 여부를 판단하여 증가 시, +1 감소 시, -1 값을 누적한다. 그 후, 판단된 10개의 값을 이용하여 누적 값 기준 -6 이하는 계단 내려가기, 6 이상은 계단 올라가기로 판단하며, 그 이외의 값은 평지 보행 상태로 판단한다. 또한, 현재보행 상태를 측정된 후, 다음 상태 값이 입력되면 가장 먼저 들어온 상태 값을 지우고 다음 상태 값을 추가하여 보행 상태를 분석한다. Figure 5는 알고리즘을 사용하여 계단 내려가기와 평지 걷기를 반복한 복합 보행상태(Multiple walking), 계단 올라가기(Up stairs), 평지 보행(Walking), 계단 내려가기(Down stairs) 별 기압데이터 변화량 측정 결과이며, 각 보행 상태 별 기압데이터 변화량을 확인할 수 있다.

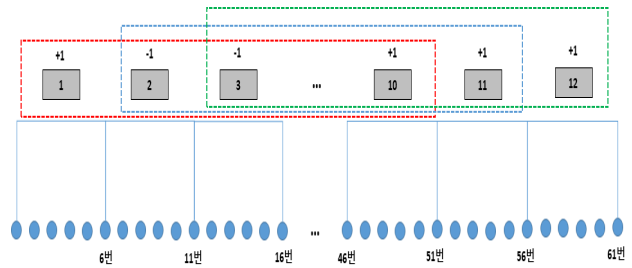


Fig. 4. Configure walking status analysis dataset

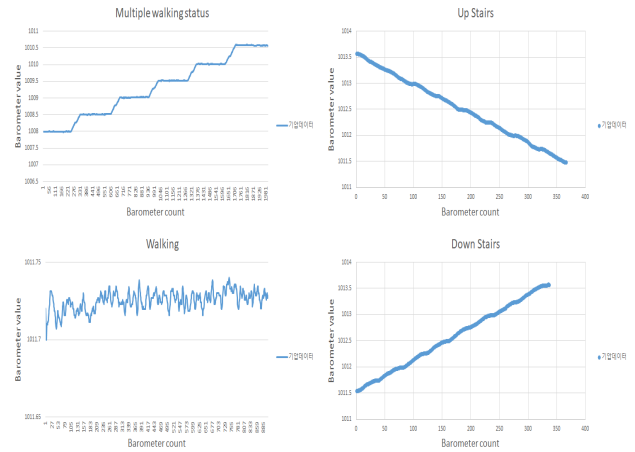


Fig. 5. Barometer values during walking

Figure 6은 본 논문에서 제안하는 기압 센서를 이용한 계단 올라가기, 평지 보행, 계단 내려가기 3가지 보행상태 분석 알고리즘이다. 사용자는 스마트폰에서 수집된 기압 데이터를 Sliding Window(Size : 7) 알고리즘을 이용하여 보정한다. 그 후, 앞서 설명했던 보행 분석 알고리즘을 적용하여 보행 상태를 판단한다.

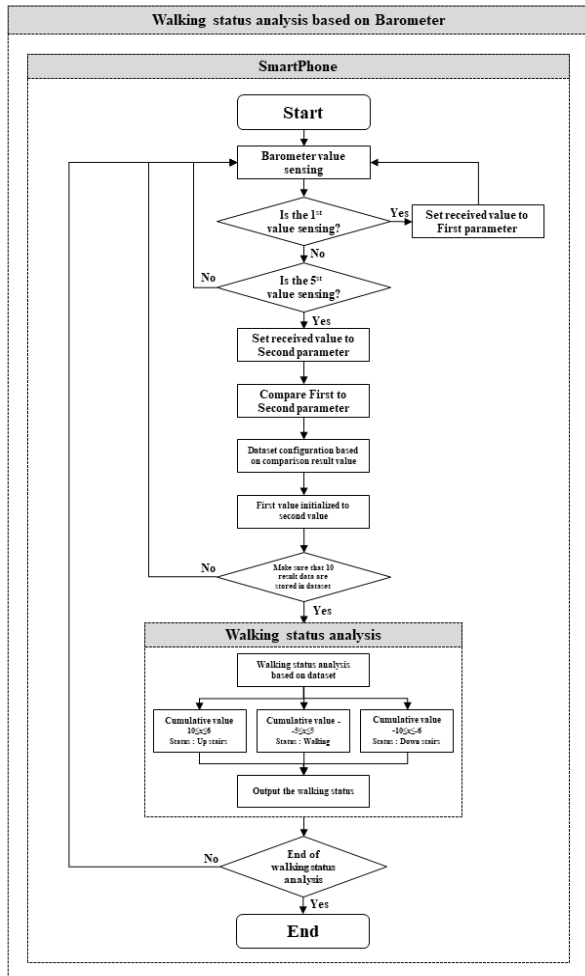


Fig. 6. Flowchart of Walking Status Analysis based on Barometer

1.2 Walking status analysis algorithm based on Accelerometer

본 논문에서는 스마트 위치의 3축 가속도센서를 이용하여 사용자의 보행상태 별 3축 가속도 값을 수집하고 weka의 J48 알고리즘을 사용하여 학습모델을 생성하였다. 아래 공식은 수집된 스마트 위치의 가속도 센서 값을 이용하여 수직성분 (Vertical Component), 수평성분(Horizontal Component), SVM(Signal Vector Machine)의 계산 공식이다. a_i 와 평균 벡터 v 를 계산 한 후, 가속도 벡터 a_i 에서 평균 벡터 v 를 뺀 d_i 를 계산한다. 그 후, 수직성분 p_i 와 수평성분 h_i 를 계산한다. 또한 SVM(Signal Vector Machine)을 계산하여 벡터의 크기를 얻어 내고, 얻어낸 결과 값을 기반으로 학습모델에서 보행 상태를 검출한다.

$$\begin{aligned}
 a_i &= (x_i, y_i, z_i), (i = 1, 2, 3, \dots, N) \\
 v &= (m_x, m_y, m_z) \\
 d_i &= a_i - v, \\
 d_i &= (x_i - m_x, y_i - m_y, z_i - m_z)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 p_i &= \left(\frac{d_i \cdot v}{v \cdot v} \right) v, \\
 h_i &= d_i - p_i
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$SVM_i = \sqrt{|x_i|^2 + |y_i|^2 + |z_i|^2}
 \tag{3}$$

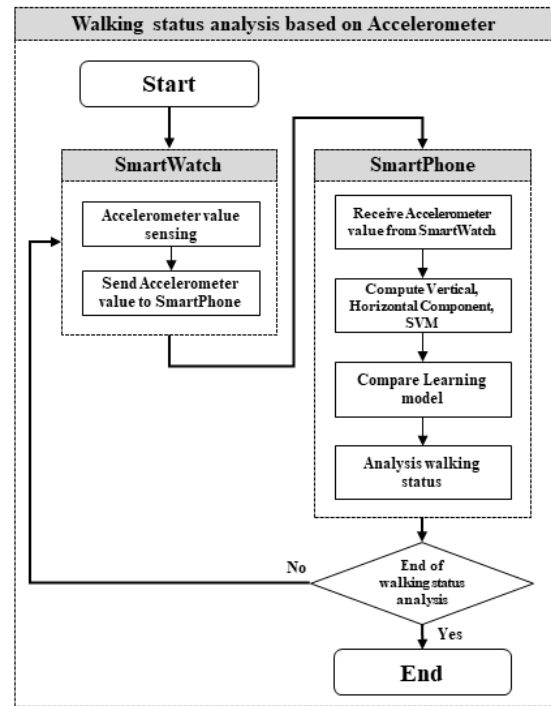


Fig. 7. Flowchart of Walking Status Analysis based on Accelerometer

Figure 7는 본 논문에서 제안하는 가속도 센서를 이용한 보행상태 분석 알고리즘이다. 스마트 위치에서 센싱된 3축 가속도센서 값(x, y, z)을 스마트 폰으로 전송한다. 스마트폰에서 가속도 센서 값을 수신하면, 수신된 값을 수직성분, 수평성분, SVM으로 계산한 후, 계산 결과를 학습모델과 비교하여 사용자 보행 상태를 검출한다.

1.3 Indoor location detection algorithm based on BLE Beacons

본 논문에서는 BLE Beacon들의 RSSI값을 이용하여 보행시 층 수를 판단하였다. 또한 수집된 BLE Beacon의 RSSI 값의 노이즈를 보정하기 위해 Kalman filter를 적용하여 노이즈를 보정하였다. Kalman filter는 차량 위치, 탐색, 이미지 처리 등과 같은 다양한 영역에서 정확한 데이터를 추정하기 위한 전처리 과정에 적용된다. 센서 관련 데이터는 노이즈에 의한 오류가 발생할 수 있으며 이러한 오류는 Kalman filter와 같은 알고리즘을 이용하여 내부 상태를 추정함으로써 보정 할 수 있다. 수신 된 RSSI 값에 (6)번 공식을 이용하여 보정된 RSSI값을 계산하고, (4)번 공식에 표시된 값으로 Q, R, P, X값을 초기화 한

다. Q는 프로세스 잡음 공분산(Process Noise Covariance), R은 측정 잡음 공분산(Measurement Noise Covariance), P는 추정 오차 공분산(Estimate Error Covariance)이다. X는 추정된 RSSI 값이며, 처음 수신된 RSSI 값으로 초기화 된다.

$$\begin{aligned} Q &= 0.00001 \\ R &= 0.001 \\ P &= 1 \\ X &= InitRSSI \end{aligned} \quad (4)$$

$$K = \frac{P + Q}{P + Q + R} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} P &= R * \frac{P + Q}{R + P + Q} \\ X &= X + (RSSI - X) * K \end{aligned} \quad (6)$$

(5)번 공식의 K는 칼만 이득 값, (6)번 공식의 P는 (5)번 공식에서 갱신된 추정 오차 공분산이다. 또한 (6)번 공식에 의하여 X값이 갱신된다. Figure 8은 1m 거리의 Beacon의 RSSI값을 수신한 후, Kalman filter 적용 전과 후 결과를 비교한 그래프이다. 파란색 그래프는 로우 데이터를 의미하며, 주황색 데이터는 Kalman filter를 적용한 이후의 데이터를 의미한다. Table 1은 비교한 RSSI값의 최대값, 최소값 범위를 보여준다.

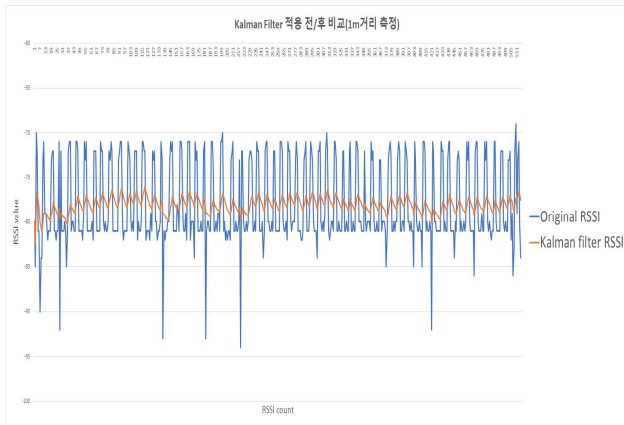


Fig. 8. Comparison before/after applying RSSI Kalman filter

Table 1. Result of Kalman filter calibration

List	Calibration	Before Calibration	After Calibration
Max		-69	-75.9596
Min		-94	-82.4714
Average		-77.9961165	-78.02993714
Error Range		25	6.511

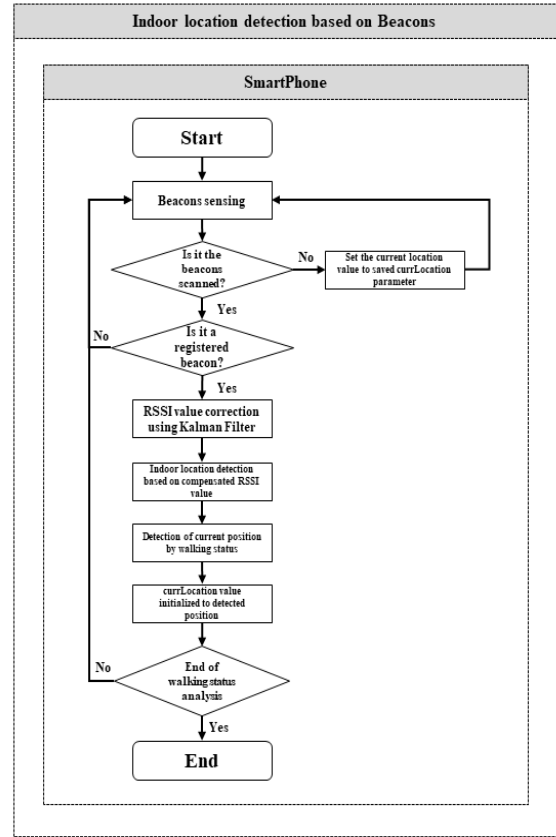


Fig. 9. Flowchart of Indoor location detection based on Beacons

Figure 9는 본 논문에서 제안하는 멀티센서 기반 보행 상태 분석 알고리즘 중 BLE Beacon Scan 흐름도이다. 수신된 Beacon들의 정보 중, 등록된 Beacon들만 검출하여 RSSI값을 보정한다. 또한, RSSI 값이 가장 큰 Beacon을 검출하여 현재 사용자의 실내 층수를 판단한다. 또한 스캔된 Beacon 값을 저장하여 Beacon이 스캔되지 않을 시, 저장된 Beacons 값으로 현재 위치를 추정하며, 기존 스캔된 Beacons이 3초 이내에 재스캔 되지 않을 시, 현재 리스트에서 초기화 하여 검출 속도를 향상시켰다.

1.4 Walking status analysis algorithm based on Multi-Sensors

Figure 10은 본 논문에서 제안하는 멀티센서 기반의 보행 상태 분석 시스템 전체 알고리즘이다. 스마트 위치의 보수계에서 보행 스텝을 검출한 후, 수집된 스마트폰의 기압 센서, BLE Beacon 정보를 보행 스텝 별로 매핑하여 보행 정보를 구성한다.

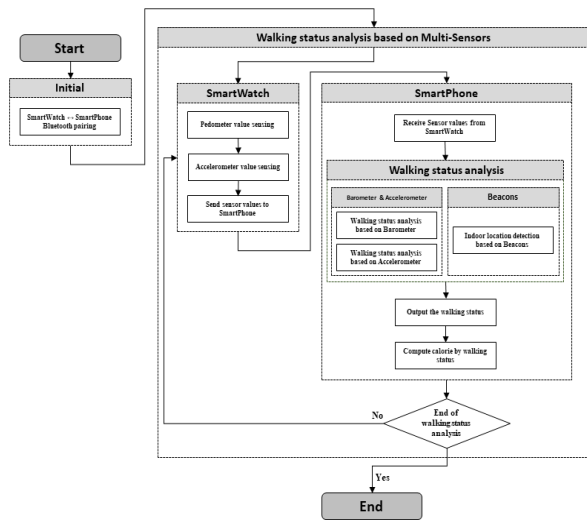


Fig. 10. Flowchart of Walking status analysis System based on Multi-Sensors

IV. Results

1. Result of Walking Status Analysis algorithm

본 챗터에서는 가속도 센서, 보수계, 기압 센서 그리고 Beacon들을 이용한 알고리즘 정확도 결과에 대하여 설명하며, 각 센서 별 알고리즘 정확도와 멀티센서 기반 보행상태 측정 정확도 결과를 보여준다.

1.1 Result of Walking Status Analysis algorithm based on each Sensors

본 논문에서는 기압 센서를 사용하여 3가지 보행상태(계단 올라가기, 평지 보행, 계단 내려가기)를 측정하였다. 알고리즘 정확도 검출을 위하여 총 20,991개의 Dataset을 구성하여 보행상태를 측정하였으며, 평균 94.19%의 정확도를 검출하였다. 또한 스마트 워치의 가속도 센서를 이용하여 수집된 보행상태 별 3축 가속도센서 데이터(x,y,z)기반 학습모델을 생성하였으며, 총 2,400개의 보행 데이터를 측정한 결과 평균 90.38%의 정확도를 검출하였다. 하지만 기압 센서와 가속도 센서를 이용하여 알고리즘은 3가지 보행상태(계단 올라가기, 평지 보행, 계단 내려가기)에 대한 상태만 측정이 가능하다는 특징이 있다. 따라서 본 논문에서는 Beacon을 사용하여 보행 시 실내 층수를 측정하였다. 각 층별 계단과 층과 층 사이 계단에 Beacon을 설치하여 알고리즘 정확도 검증을 수행하였다. 5층 건물에서 데이터를 수집하였으며, 총 21,000개 데이터를 수신하여 분석한 결과 평균 94.59%의 정확도를 얻어내었다.

1.2 Result of Walking Status Analysis algorithm based on Multi-Sensors

본 단락에서는 본 논문에서 제안한 멀티센서 기반 보행상태

판단 알고리즘에 대한 정확도 결과를 보여준다. 건강한 신체를 가지고 있는 15명(남성 10명, 여성 5명)을 대상으로 5층 건물을 왕복하였으며 그 결과 평균 91.14%의 정확도를 검출할 수 있었다. 사용자 왼쪽 손목에 스마트 워치를 착용하고 스마트폰을 오른쪽 주머니에 넣은 상태에서 테스트를 진행하였다. 또한, 각 층과 층과 층 사이에 BLE Beacon을 설치하여 실내 위치를 측정하였으며 설치된 BLE Beacon의 개수는 {층수+ (층수-1)} 로 구성되었다. Table 2는 실험 참여자에 대한 정보이며, Table 3은 본 논문에서 구현한 멀티센서 기반 보행상태 검출 시스템 테스트 환경이다.

Table 2. Experiment participation group information

Attribute	Number of participants	Ages	Height [cm]	Weight [kg]
Gender				
Male	10	24.5±4.5	176.5±6.5	80±20
Female	5	21±1	163.5±6.5	51±3

Table 3. List of test devices

Devices Specs	Lg Watch Urbane 2	Samsung Galaxy S7	Samsung Galaxy S8	LG G6
OS	Android Wear 2.5	Android 8.0	Android 8.0	Android 7.0
Processor	1.2 GHz Quad Core	2.3GHz + 1.6GHz Octa Core	2.5GHz + 1.7GHz Octa Core	2.34GHz + 2.19GHz Quad Core
Memory	768MB	4GB	4GB	4GB
Resolution	480 * 480	2560 * 1400 (QHD)	2960 * 1440 (QHD+)	2880*1440 (QHD)
Bluetooth	Bluetooth 4.1	Bluetooth 4.1	Bluetooth 5.0	Bluetooth 4.2

위의 Table 4는 본 논문에서 구현한 멀티센서 기반 보행상태 분석 시스템 테스트 결과이다. 총 21,000개의 보행 데이터를 수집하였으며, 정확도 측정 결과 평균 91.14%의 정확도를 검출하였다.

V. Conclusions

본 논문에서는 3가지 보행상태(계단 올라가기, 평지 걷기, 계단 내려가기)를 측정하기 위하여 가속도 센서, 기압 센서, 보수계, BLE Beacons 기반의 멀티센서를 이용한 보행상태 측정 시스템을 설계 및 구현하였다. 웨카의 J48 알고리즘을 사용하여 스마트 워치의 가속도 센서 기반 학습모델을 생성하였으며, 스마트폰의 기압 센서를 이용한 기압 데이터 변화량 패턴을 분석하여 사용자의 보행 상태를 측정하였다. 또한 스마트폰에서 Kalman filter를 이용하여 수신된 Beacon의 RSSI값을 보정하여 위치를 측정하였으며 스마트 워치의 보수계를 이용하여 사용자의 보행 스텝을 검출 및 보행상태를 구분하였다. 본 알고리

Table 4. Result of Walking status analysis based on Multi-Sensors

		Predicted																
		1 Floor			2 Floor			3 Floor			4 Floor			5 Floor				
		Walki ng	Down Stairs	Up Stairs	Walki ng	Down Stairs	Up Stairs	Walki ng	Down Stairs	Up Stairs	Walki ng	Down Stairs	Up Stairs	Walki ng	Down Stairs	Up Stairs		
Actual	1	Walki ng	2,435/ 2,682	56/ 2,682	30/ 2,682	95/ 2,682	20/ 2,682	9/ 2,682	27/ 2,682	5/ 2,682	1/ 2,682	2/ 2,682	0	0	2/ 2,682	0	0	
		Down Stairs	43/ 341	283/ 341	0/341	4/341	11/34 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Up Stairs	98/ 558	0	426/ 558	12/ 558	0	12/55 8	3/558	0	4/558	2/558	0	0	1/558	0	0	0
	2	Walki ng	0	0	1/1,6 03	1,555/ 1,603	24/ 1,603	11/ 1,603	8/ 1,603	4/ 1,603	0	0	0	0	0	0	0	0
		Down Stairs	0	21/ 1,338	0	20/ 1,338	1,175/ 1,338	0	78/ 1,338	26/ 1,338	0	4/1,3 38	10/1, 338	0	4/ 1,338	0	0	0
		Up Stairs	0	0	15/ 1,128	13/ 1,128	0	1,060/ 1,128	33/ 1,128	0	7/1,1 28	0	0	0	0	0	0	0
	3	Walki ng	0	0	0	7/ 1,436	3/ 1,436	3/ 1,436	1,318/ 1,436	34/ 1,436	45/ 1,436	16/ 1,436	8/ 1,436	2/ 1,436	0	0	0	0
		Down Stairs	0	0	0	0	30/ 1,406	9/ 1,406	5/ 1,406	1,284/ 1,406	13/1, 406	0	52/ 1,406	3/ 1,406	0	10/ 1,406	0	0
		Up Stairs	0	0	0	0	0	25/ 1,350	8/ 1,350	0	1,260/ 1,350	3/ 1,350	0	32/ 1,350	0	0	0	22/ 1,350
	4	Walki ng	0	0	0	0	0	0	7/ 1,776	9/ 1,776	4/ 1,776	1,499/ 1,776	33/ 1,776	75/ 1,776	89/ 1,776	57/ 1,776	3/ 1,776	0
		Down Stairs	0	0	0	0	4/ 1,056	0	0	46/ 1,056	0	2/ 1,056	950/ 1,056	39/1, 056	0	14/ 1,056	1/ 1,056	0
		Up Stairs	0	0	0	0	0	0	0	20/ 1,314	20/ 1,314	0	0	1,250/ 1,314	15/1, 314	3/1,3 14	6/ 1,314	0
	5	Walki ng	0	0	0	0	0	0	9/3,2 20	0	3/ 3,220	65/ 3,220	0	9/ 3,220	2,977/ 3,220	20/ 3,220	137/ 3,220	0
		Down Stairs	0	0	0	1/810	0	0	0	0	0	0	21/ 810	7/810	29/ 810	752/ 810	0	0
		Up Stairs	0	0	0	0	0	5/982	0	0	0	0	0	61/ 982	1/982	0	915/ 982	0

증 검증을 위하여 건강한 신체를 가지고 있는 15명을 대상으로 5층으로 구성된 건물 안에서 보행상태를 측정하였으며, 그 결과 평균 91.14%의 정확도를 검출 하였다. 추후 각 보행 상태 별 운동량 측정 및 칼로리 계산을 위하여 MET 기반 운동량 측정 알고리즘을 적용하여 개인 보행상태 별 운동량 측정이 가능할 것으로 기대한다.

REFERENCES

[1] Sung Hoon Shin, "ICT convergence technology trends and prospects in the wellness field," Institute for Information & Communications Technology Promotion, 2016.

[2] Seung-Hun Park, and Dae-Geun Jang, "IT Convergence Trends in Wellness," Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol 31, No. 3, pp. 61-72, Mar. 2013.

[3] Alwan, and Majd, "Passive in-home health and wellness monitoring: Overview, value and examples," Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE, pp. 4307-4310, Sept. 2009.

[4] Jo Ug Son, and Ji Hyun Lee, "The Effect of the Walking Exercise on Physiological index, Physical Fitness, Self Esteem, Depression and Life Satisfaction in the Institutionalized Elderly Women," Journal of Korean Academy of Community Health Nursing, Vol 17, No. 1, pp. 5-16, Mar. 2006.

[5] Sun-Ha Choi, "The Effects of Exercise Program on Health of the Elderly in Senior Citizen's Center," Journal of Korean Public Health Nursing, Vol. 11, No. 2, pp. 38-56, Sept. 1997.

[6] Deog Young Kim, Chang-il Park, Yong Won Jang, and Sa Yun Park, "Kinematic and Kinetic Comparison between Stair Climbing and Level Walking," Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine, Vol 25, No. 6, pp. 1048-1058, Dec. 2001.

[7] Haines, Danell J., et al., "A pilot intervention to promote walking and wellness and to improve the health of college faculty and staff," Journal of American College Health, Vol 55, No. 4, pp. 219-225, Aug. 2007.

[8] Yunyoung Nam, Yoo-Joo Choi and We-Duke Cho, "Human Activity Recognition using an Image Sensor and a 3-axis Accelerometer Sensor," Journal of Internet Computing and Services, Vol 11, No. 1, pp. 129-141, Feb. 2010.

[9] Bao, Ling and Stephen Intille, "Activity recognition from

- user-annotated acceleration data," *Pervasive computing*, pp. 1-17, Apr. 2004.
- [10] DeVaul, Richard W. and Steve Dunn, "Real-time motion classification for wearable computing applications," 2001 Project Paper, Dec. 2001.
- [11] Krause, A., Siewiorek, D. P., Smailagic, A., Farrington, J., "Unsupervised, Dynamic Identification of Physiological and Activity Context in Wearable Computing," *ISWC*, Vol. 3, pp. 88, Oct. 2003.
- [12] Kern, Nicky, Bernt Schiele, Albrecht Schmidt, "Multi-sensor activity context detection for wearable computing," *EUSAI*, pp. 220-232, 2003.
- [13] Nakata and Toru. "Recognizing human activities in video by multi-resolutional optical flows," *Intelligent Robots and Systems*, pp. 1793-1798, Nov. 2006.
- [14] Cho, Yong-Won, et al., "SmartPendant: An intelligent device for human activity recognition and location tracking." *Proceedings of the Korean Information Science Society Conference*, 2007.
- [15] S. Woo, S. Jeong, E. Mok, L. Xia, C. Changsu, M. W. Pyeon and J. Heo, "Application of WiFi-based indoor positioning system for labor tracking at construction sites: A case study in Guangzhou MTR," *Journal of Automation in Construction*, Vol. 20, No. 1, pp.3-13, Jan. 2011.
- [16] P. Bahl, and V. N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System," *Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, Vol. 2, pp. 775-784, Mar. 2000.
- [17] H. Y. Sun, L. J. Bi, X. Lu, Y. J. Guo and N. X. Xiong, "Wi-Fi Network-Based Fingerprinting Algorithm for Localization in Coal Mine Tunnel," *Journal of Internet Technology*, Vol. 99, No. 99, pp. 1-10, Nov. 2015.
- [18] W. Zhao, S. Han, W. Meng and D. Zou, "A Testbed of Performance Evaluation for Fingerprint Based WLAN Positioning System," *Journal of KSII Transactions on Internet and Information Systems*, Vol. 10, No. 6, pp. 2583-2605, Jun. 2016.
- [19] Y. S. Lu, CF. Lai, C. C. Hu, Y. M. Huang and X. H. Ge, "Path Loss Exponent Estimation for Indoor Wireless Sensor Positioning," *Journal of KSII Transactions on Internet and Information Systems*, Vol. 4, No. 3, pp. 243-257, Jun. 2010.
- [20] S. Hur, J. Song and Y. Park, "Indoor Position Technology in Geo-Magnetic Field," *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 31, No. 1, pp. 131-140, Jan. 2013.
- [21] Jun Hee Jung, Yu Min Hwang, Seung Gwan Hong, Tae Woo Kim, and Jin Young Kim. "Position Error Correction Algorithm for Improvement of Positioning Accuracy in BLE Beacon Systems," *Journal of Satellite, Information and Communications*, Vol. 11, No. 4, pp. 63-37, Dec. 2016.
- [22] T. Mori, S. Kajioka, T. Uchiya, I. Takumi and H. Matsuo, "Experiments of position estimation by BLE beacons on actual situations," *Consumer Electronics(GCCE), 2015 IEEE 4th Global Conference on IEEE*, pp. 683-684, Oct. 2015.
- [23] M. G. Ji, J. Y. Kim, and J. I. Jeon, "Analysis of positioning accuracy corresponding to the number of BLE beacons in indoor positioning system," *Journal of Advanced Communication Technology*, 17th International Conference on IEEE, pp. 92-95, Jul. 2015.
- [24] Wook Song, et al. "Implementation of Android Application for Indoor Positioning System with Estimote BLE Beacons," *Journal of Internet Technology* Vol. 19, No. 3, pp. 871-878, May 2018.

Authors



Kwi-Bin Seo received the B.S. degrees in Computer Software Engineering from Soonchunhyang University, Korea, in 2017. He is currently pursuing master's degree at the Department of Computer Science, Soonchunhyang University, Asan, Korea.

His current research interests include the areas of Bio Informatics and u-Healthcare Applications, etc.



Seung-Hyun Lee received the B.S. in 1996 at Inha University. He also received M.S. in 1999 at the University of Colorado at Boulder, Ph.D. in 2003 at the University of Florida at Gainesville. Prof. Lee joined the faculty of the Department of Institute of

Construction Engineering at hongik University, Sejong, Korea, in 2004. He is interested in Progress Simulation, Productivity, Safety, IoT, Sensing, Image Processing, and Automatic Data Acquisition.



Min Hong received the B.S. degrees in Computer Science from Soonchunhyang University, Korea, in 1995. He also received M.S. and Ph.D. degrees in Bio Informatics from the University of Colorado, United States of America, in 2001 and 2005. Prof.

Hong joined the faculty of the Department of Computer Software Engineering at Soonchunhyang University, Asan, Korea, in 2006. He is interested in Computer Graphics, Mobile Computing, Physically-based Modeling and Simulation, Bio Informatics Applications, and u-Healthcare Applications.