

논문 2020-57-1-10

사용자 동작특성에 기반한 추측항법 보정시스템

(A Dead Reckoning Calibration Approach using Activity Recognition for Indoor Pedestrian Localization)

이 혁*, 김 준 성**

(Hyuck Yi and JunSeong Kim[©])

요 약

추측항법은 구성비용이 저렴하고 환경변화에 강인하다는 장점을 가져 위치과악서비스에 많이 사용된다. 하지만 추측항법은 오차가 누적된다는 치명적인 문제가 있다. 실내에서는 건물의 구조에 따른 교차점과 복도 등 사용자의 이동에 제약을 주는 공간이 존재하며, 이러한 공간에서 사용자는 회전이나 걸음 등 특정 동작을 수행한다. 본 논문에서는 실내공간에서 사용자의 동작특성을 파악함으로써 추측항법의 누적되는 오차를 보정하는 시스템을 제시한다. 건물의 구조를 반영하여 코너와 교차점, 복도와 계단 등 사용자의 특정 동작이 기대되는 공간을 특징점으로 정의하고 특징점 사이의 연결관계를 기술하는 간단한 특징점지도를 구성한다. 실내에서 사용자의 이동은 특징점사이의 이동으로 이해할 수 있으며, MEMS기반의 관성센서를 사용하여 사용자가 이동하면서 수행하는 동작을 파악하고, 특징점지도에서 대응되는 특징점을 찾아 사용자의 위치를 보정한다. ATmega328 프로세서를 이용한 데이터 수집단말을 만들고 사용자가 실내에서 이동하는 실험을 구성하여 제시하는 보정시스템의 유효성을 검증하였다. 실내에는 다수의 특징점이 존재하므로 추측항법의 누적되는 오차는 특징점 사이의 비교적 짧은 구간 안으로만 제한되며 실험에서는 157.5m 길이의 실험경로에 대한 누적오차 11.82m가 13개의 특징점에서 보정이 이루어져 각 구간별 최대 2.02m 이내로 제한됨을 확인하였다.

Abstract

Dead reckoning is widely used for localization services with the advantage of costs and toughness to environmental changes. However, it has a critical drawback on errors, which accumulate over time. Inside buildings, there are space that constrain user's movement. Depending on the structure of a building, users perform typical actions, such as turning at intersections and walking through corridors. In this paper, we present a dead reckoning calibration system for indoor pedestrian localization. Define feature-points, where users' specific behaviors are expected and construct a simple feature-point floor plan of a building. Using inertial sensors we can identify user's activity and can identify the user's position by searching its corresponding feature-point on the simple floor plan. We develop a data logger using ATmega328 processor to validate the calibration system. Participants carrying the device move along a predefined experimental route. Since there are, in general, many feature-points within a building, the error by dead reckoning can be limited to a relatively short interval between those feature-points. The experimental results show that the errors of 11.82m by dead reckoning through the 157.7m of experimental route is spread by 13 feature points and is limited to 2.02m between them.

Keywords : Pedestrian dead reckoning, Activity recognition, Feature-point floor plan, Indoor localization

*학생회원, **정회원, 중앙대학교 전자전기공학부
(School of Electrical and Electronics Engineering,
Chung-Ang University)

©Corresponding Author(E-mail : junkim@cau.ac.kr)

※ This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(grant number 2016R1D1A1B03933995). A preliminary version of this work was presented at the 13th KIISE and KBS Joint Symposium.

Received ; October 22, 2019 Revised ; November 28, 2019

Accepted ; December 19, 2019

I. 서 론

모바일 컴퓨팅이 발달하면서 주변 환경정보를 반영하는 다양한 서비스들이 개발되고 있으며, 특히 최근에는 위치에 기반한 서비스들이 주목받고 있다^[1, 2]. 사용자가 원하는 목적지까지 최적의 경로를 찾아주는 네비게이션 서비스, 사용자 편의를 위해 주변의 정보를 제공하는 증강현실 서비스 등은 다양한 위치과악 솔루션을 바탕으로 한다. GNSS(Global Navigation Satellite System)는 지구를

공전하는 수십 개의 위성에서 전세계에 신호를 송출하고, 사용자가 신호를 수신하여 위치를 파악한다^[3]. 대표적인 GNSS인 GPS(Global Positioning System)의 경우 군사적 목적에서 시작하여 현재는 항공, 농업, 재난 구호 등 많은 분야에서 사용되고 있으며 신호의 수신에 용이한 환경에서는 약 4.9m의 정확도를 제공한다. 하지만, 위성신호를 수신하기 어려운 실내에서는 서비스를 제공할 수 없다는 한계가 있다. 사람들은 대부분의 시간을 실내에서 보내기 때문에, 실내에서의 위치파악은 큰 효용을 가지므로, 이를 위한 연구 개발이 활발하다.

Finger-printing 방식은 실내의 각 위치에서 나타나는 자기장 혹은 통신신호의 세기 등 특성을 지도화하여 사용자의 위치를 파악한다^[4-6]. 이 방식은 위치특성을 지도화하는 과정이 필요하기 때문에 환경 변화에 대응하기 어렵다는 한계가 있다. 환경이 변하면 위치의 특성이 영향을 받게 되고 이는 곧 시간과 비용이 드는 지도화과정을 다시 수행해야 함을 의미한다. Bluetooth나 WiFi, 가시광선 등 AP(Access Point)의 위치를 기준으로 삼각측량을 이용하여 위치를 파악하는 방법도 개발되어있다^[7]. Finger-printing 방식과는 다르게 지도화과정이 필요 없지만, AP의 설치를 위한 인프라 구축과 통신 단말이 필요하기 때문에 초기비용이 크며, 가구나 전자기기 등에 따른 전파의 간섭에 민감하다. 외부 참조를 하지 않고 위치를 파악하는 추측항법 방식도 있다^[8,9]. 추측항법은 기존에 알고 있는 위치로부터 이동방향과 이동거리를 반영하여 현재의 위치를 추정한다. 사용자의 변위를 파악하기 위한 장비 외에 다른 외부 기기나 지도화과정이 필요하지 않으므로, 초기 구축비용 측면에서 큰 장점을 가지며 환경변화에도 강인하다. 하지만 기존의 위치로부터의 상대위치를 추정하는 과정에서 오차가 계속해서 누적되며 절대위치를 파악할 수 없다는 한계를 갖는다.

실내공간은 크게 업무나 휴식 등 특별한 목적을 수행하기 위한 공간과 이동을 위한 공간으로 나눌 수 있다. 이동을 위한 실내공간에서 사용자의 이동은 실외공간과 달리 복도, 교차점 등 건물의 구조에 따라 제약을 받는다. 이들 공간은 건물 고유의 특성으로 일반적인 상황에서 그 위치가 변하지 않으며, 사용자는 이들 공간을 경유할 때 걸음, 회전 등 특정한 동작을 수행한다. 본 논문에서는 사용자의 특정 동작과 대응되면서 사용자의 이동에 제약을 주는 공간에 주목하여 사용자의 동작특성을 반영한 추측항법 보정시스템을 제시한다. 실내공간 중 코너와 교차점, 계단, 복도 공간을 특징점으로 정의하고, 각 특징점의 절대위치를 바탕으로 간단한 특징

점지도를 구성한다. 실내에서 사용자의 이동은 특징점 사이의 이동으로 이해할 수 있으며, 사용자가 이동하면서 수행하는 동작에 따라 대응되는 특징점을 찾아 사용자의 위치를 보정한다. 실내에는 다수의 특징점이 존재하기 때문에 추측항법이 가지는 누적되는 오차는 특징점과 특징점 사이의 상대적으로 짧은 구간으로 제한된다. 제시하는 보정시스템의 유효성은 사용자가 실내에서 센서를 소지하고 이동하는 실험을 구성하여 그 정확도와 실효성을 검증하였다.

II. 추측항법을 이용한 사용자 위치 추정

1. 추측항법

추측항법은 과거 선박이나 항공기, 미사일 등의 항해에 사용되던 방법이다^[8]. 현재의 위치(x_n, y_n)를 파악하기 위해서 이동방향 θ 와 이동거리 d 를 측정하고, 기존의 위치(x_{n-1}, y_{n-1})를 업데이트한다.

$$(x_n, y_n) = (x_{n-1} + d * \cos \theta, y_{n-1} + d * \sin \theta) \quad (1)$$

이동거리와 이동방향을 구하기 위해 자이로스코프와 가속도센서 등 IMU(Inertial Measurement Unit)센서가 사용된다. 특히 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기반의 센서는 저렴한 가격과 작은 크기로 제공되어 스마트폰이나 웨어러블 디바이스 등에서 다양하게 활용된다. 하지만 MEMS IMU 센서는 무시할 수 없는 오차가 있고 측정된 가속도와 각속도 값을 이동거리와 이동방향으로 직접 변환하기 위해 적분을 수행하는 과정에서 오차가 시간의 제곱에 비례하여 누적된다^[9]. 추측항법은 상대적인 위치변화를 이용하여 현재 위치를 파악하는 방식이기 때문에 긴 시간동안 특별한 보정과정 없이 적용하면 작은 오차도 누적되어 결과적으로 추정하는 위치와 실제위치 사이에 큰 차이를 보일 수 있다.

SHS(Step and Heading System)는 상대위치를 파악하는 과정에서 이동거리와 이동방향을 간접적으로 계산하는 방식이다^[8]. IMU센서로 측정되는 값으로는 걸음과 회전이라는 동작을 파악하고, 걸음수에 보폭을 곱하여 이동거리로 변환한다^[10-12]. 걸음수는 시간에 비례하기 때문에 시간의 제곱에 비례하여 누적되는 오차를 시간에 비례하도록 줄일 수 있으며, 변환과정에서 센서의 노이즈 마진을 확보할 수도 있다. 하지만 추측항법 방식의 누적되는 오차가 여전히 남게 되므로 추가적인 보정 수단이 바람직하다.

2. 특징점을 이용한 추측항법 보정시스템

본 논문에서 제시하는 추측항법 보정시스템은 IMU 센서를 통해 파악된 사용자의 동작특성과 건물의 간단한 특징점지도를 이용한다. 실내의 각 공간과 사용자의 동작은 일련의 대응관계를 갖는다. 예를 들면, 고도가 변화하면서 걷는 동작이 파악된다면 사용자가 계단에서 이동 중이라고 판단할 수 있다. 이러한 특성을 나타내는 건물의 각 공간을 특징점으로 정의하며, 실험에서는 코너와 교차점, 계단, 복도를 중심으로 특징점지도를 구성한다. 그림 1은 실험을 진행한 중앙대학교 207관 건물의 6층과 7층의 특징점지도를 보여준다.

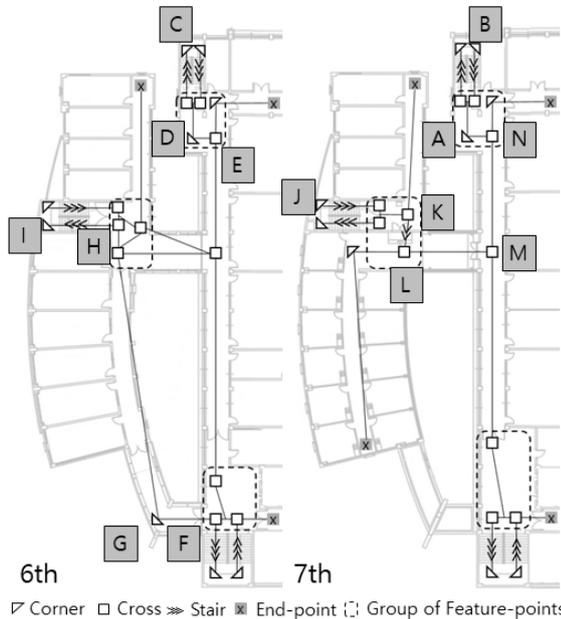


그림 1. 실험공간의 특징점지도와 실험경로
Fig. 1. Feature-point floor plan and a route for experiments.

- 코너와 교차점: 사용자가 이동할 때 회전이 발생하는 실내공간이다. 코너는 진입하는 경로와 나가는 경로가 일대일로 대응되며, 교차점은 일대다로 대응되는 공간으로 구분한다. 이 특징점의 속성으로 진출입 경로의 수와 진출입 경로 사이의 각도를 포함하며, 그림 1에서 코너는 삼각형, 교차점은 사각형으로 표시하였다.
- 계단: 실내에서 이동할 때 사용자의 고도변화가 나타나는 공간이다. 일반적으로 코너나 교차점에 비해 그 수가 적다. 이 특징점은 속성으로 계단의 수와 단너비, 단높이를 포함한다. 그림 1에서는 >>> 기호를 사용하여 뽕족한 방향의 고도가 더 높은 것으로 표시하였다.
- 복도: 사용자의 수평이동이 발생하는 통로 공간으로 그림 1에서는 서로 다른 특징점을 잇는 선분으로 표시하였다. 이 특징점의 속성은 복도의 너비와 길이를 포함한다.

- 특징점 그룹: 일부 특징점은 대응되는 동작이 발생하는 위치가 사용자의 습관이나 선호도에 따라 변할 수 있다. 또한 일정 구역에 밀집되어있는 특징점들은 상황에 따라 선택적으로 경유할 수도 있다. 그림 1에서 이러한 특징점들은 점선으로 묶어 표시하였다.

복도와 계단에서는 이동방향을 유지하면서 수평 혹은 수직이동만이 발생하고, 코너와 교차점에서는 이동거리와 무관하게 이동방향만이 변하는 것으로 가정한다. 실내에서는 건물의 구조에 따라 사용자가 이동하면서 수행하는 일련의 동작들로 이루어지는 시나리오가 제한된다. 추측항법이 가진 누적되는 오차문제는 이미 충분한 오차를 포함하고 있는 위치를 기준으로삼아 현재의 위치를 추정하는데서 기인한다. 따라서 기준이 되는 위치가 가진 오차를 제거한다면 누적되는 오차를 최소화할 수 있다. 특징점지도를 이용하면 사용자의 이동을 특징점사이의 연결관계로 재구성할 수 있으며, 회전이 감지되는 경우, 특징점지도를 이용하여 추측항법으로 추정되는 위치와 가장 가까운 코너와 교차점을 찾아 사용자의 위치를 해당 특징점의 절대위치로 갱신한다. 이동거리에서 발생하는 오차는 특징점의 절대위치를 이용하여 보정하고, 이동방향에서 발생하는 오차는 코너와 교차점이 가진 속성을 이용하여 보정한다. 본 논문에서 제시하는 보정시스템을 이용하면 회전 여부와 이동거리, 계단경유 등 사용자가 수행하는 일련의 동작정보를 분석함으로써 시작점을 유추할 수도 있다. 특정 특징점을 지목하기 위해서는 사용자의 동작정보가 충분히 누적되어야 하지만, 상대위치 파악 시스템인 추측항법의 한계를 극복할 수 있다는 이점도 갖는다.

III. 실험 및 실험 결과

1. 실험 장치 및 환경

실험을 위하여 MEMS기반의 IMU센서 모듈 GY-89을 ATmega328 프로세서에 I2C방식으로 연결하여 데이터 수집단말을 구성하였다. GY-89모듈은 STMicroelectronics사의 L3GD20 각속도센서, LSM303D 가속도와 지자기센서, 그리고 BOSCH사의 BMP180 기압센서를 포함한다. 가속도센서는 사용자의 걸음 여부를 파악하기 위해, 각속도센서는 사용자의 회전 여부와 회전 방향을 파악하기 위해, 기압센서는 사용자가 위치한 고도의 변화를 파악하기 위해 사용한다. L3GD20 센서의 측정범위는 ±250dps로, LSM303D 센서의 경우 ±2g로 설정하였

으며, 데이터의 수집은 파악하려는 사용자의 동작이 발생하는 빈도, 데이터를 처리하는데 소요되는 시간과 프로세서의 연산능력을 고려하여 0.04초(25Hz)의 주기로 측정하였다. 실험 참가자는 데이터 수집단말을 가방에 소지하고 그림 1의 특징점지도에 표시된 실험경로를 이동한다. A에서 시작하여 알파벳 순서대로 진행하고 다시 시작점 A로 돌아오는 경로이며, 7번의 좌회전과 6번의 우회전을 포함하는 총 길이 157.5m의 계단과 복도로 구성된다.

MEMS 기반의 IMU 센서는 비교적 큰 노이즈를 갖는다. 실험에서는 센서의 측정값으로부터 노이즈를 줄이면서 사용자 동작의 특성을 효과적으로 추출해 낼 수 있도록 이동평균 필터를 사용하였다.

$$filtered_i = \frac{1}{k} \sum_{j=i-k}^i data_j \quad (2)$$

이는 측정 시점을 기준으로 앞서 측정된 k개의 값을 평탄화하는 동작을 수행하며 필터링 구간 k는 데이터의 측정주기와 사용자 동작의 발생 빈도를 고려하여 설정한다. 구간이 작은 경우 노이즈의 영향이 상대적으로 크게 미치게 되며, 구간이 큰 경우 측정값과 노이즈가 같이 평탄화될 수 있다.

2. 사용자의 동작 파악

본 논문에서 제안하는 추측항법 보정시스템을 위해 우선 사용자의 동작을 파악하는 과정이 필요하다. 설정된 특징점을 고려할 때 요구되는 동작특성으로 걸음과 회전, 그리고 고도변화를 차례대로 확인한다.

그림 2는 가속도센서로 수집된 원시데이터이며 주기적인 패턴을 볼 수 있지만, 많은 노이즈가 포함되어있다. 사용자의 동작은 여러 관절들의 복합적인 운동이며 센서의 위치가 달라질 경우 같은 동작이라도 수집되는 데이터는 다른 성격을 보인다^[13]. 실험에서는 센서의 위치나 방향에 따른 영향을 줄이기 위하여 서로 수직인 3축에서 수집되는 데이터를 에너지화하였다. 그림 3은 그림 2의 원시데이터에 노이즈를 줄이기 위하여 이동평균필터를 적용하고 에너지화한 가속도 값을 보여준다. 반복적인 실험을 통해 필터의 구간 k=6로 설정하였다.

$$E_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \quad (3)$$

걸음은 한쪽 발이 앞으로 나아가는 swing phase와 두 발이 모두 지면에 착지하는 stance phase의 두 단계로 구성된다^[14, 15]. Swing phase는 사용자의 운동에너지가

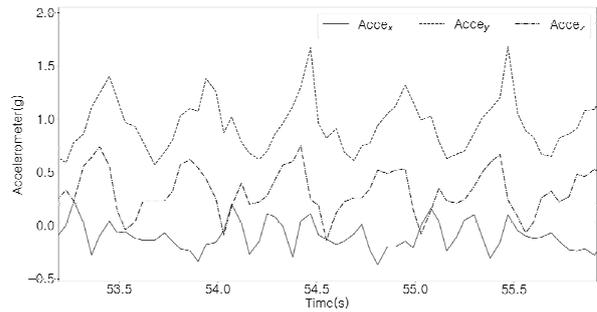


그림 2. LSM303D 3축 가속도센서의 측정값
Fig. 2. Raw data by the LSM303D 3-axis accelerometer.

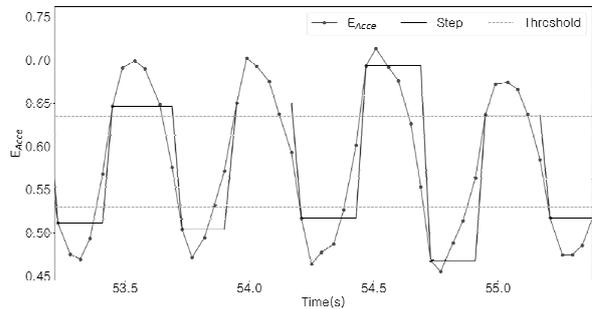


그림 3. 이동평균필터와 에너지화 과정을 거친 가속도 데이터와 사용자의 걸음 검출
Fig. 3. Detection of walks with the accelerometer data.

증가하는 구간이고, stance phase는 운동에너지가 줄어드는 구간으로 실험에서는 두 개의 문턱값을 적용하여 걸음을 파악한다. 에너지화된 파형의 상승구간에서 큰 문턱값을 넘고 연속해서 하강구간에서 작은 문턱값을 넘는 현상이 관찰되면 사용자가 한 걸음 걸은 것으로 판단한다. 실험에서 사용한 큰 문턱값과 작은 문턱값은 각각 0.63와 0.53으로 설정하였으며 그림 3에서는 4걸음이 검출되는 것을 보여준다.

그림 4는 각속도센서를 통하여 측정된 원시데이터이며, 파악하고자하는 회전동작과 함께 많은 노이즈가 수집되는 것을 볼 수 있다. 그림 5는 가속도센서의 경우와 마찬가지로 이동평균필터를 적용하고 에너지화한 각속도 값을 보여준다. 회전은 걸음의 경우와 달리 그 발생빈도는 현저히 적으며 연속된 회전의 발생 간격은 상대적으로 길다. 따라서 걸음보다 긴 구간의 데이터를 평탄화하여 노이즈를 줄일 수 있으며 실험에서는 필터링 구간 k=10으로 설정하였다. 회전의 경우 단일한 동작으로 나타나기 때문에 하나의 문턱값을 설정하고 그 문턱값을 넘는 현상이 관찰되면 사용자가 회전한 것으로 판단한다.

회전여부와 함께 회전방향에 대한 정보는 사용자의 위치파악에 도움이 된다. 특히 실내에서의 회전은 건물의

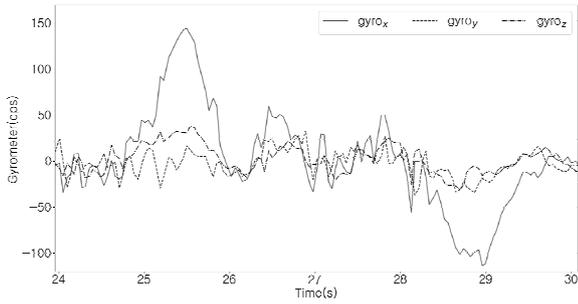


그림 4. L3GD20 3축 각속도센서의 측정값
Fig. 4. Raw data by the L3GD20 3-axis gyrometer.

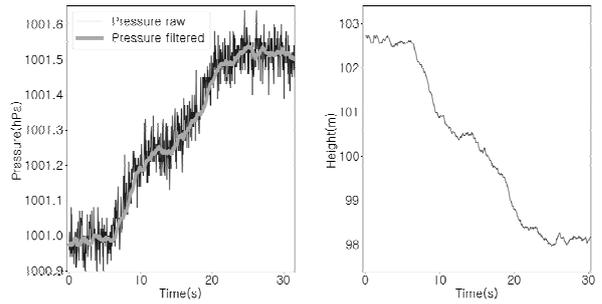


그림 6. BMP180 기압센서의 측정값과 고도데이터
Fig. 6. Raw and filtered data by the BMP180 barometer and its corresponding height.

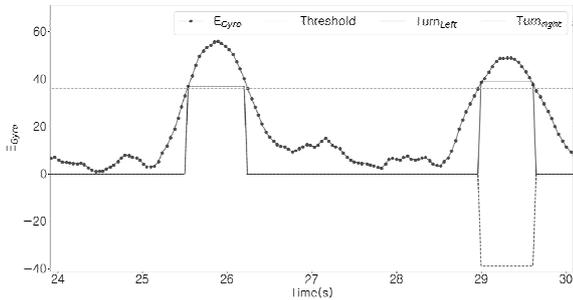


그림 5. 이동평균필터와 에너지화 과정을 거친 각속도 데이터와 파악된 사용자의 회전검출
Fig. 5. Detection of turns with the gyrometer data.

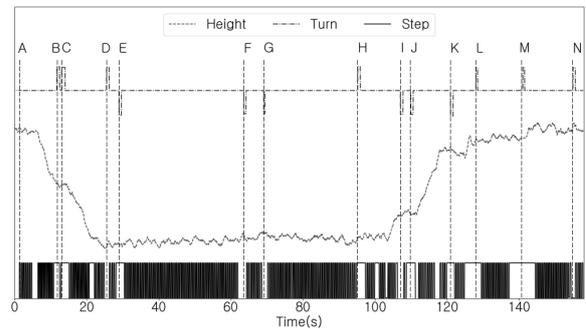


그림 7. 실험경로를 이동하면서 파악된 회전, 고도, 걸음
Fig. 7. Detection of turns, altitude, and walks through the experimental route.

구조에 따라 그 방향이 제한적으로 발생하므로 코너와 교차점에서 왼쪽 혹은 오른쪽으로 방향이 한정된다고 가정한다. 회전방향을 결정하기 위해 우선 그림 2의 각속도 센서의 원시데이터를 참고하여 중력가속도성분이 나타나는 축을 기준으로 센서가 지면을 향하는 방향을 파악한다. 다음으로 그림 4 각속도센서의 원시데이터를 확인하여 가장 큰 변화량을 보이는 축의 부호를 이용하여 회전방향을 결정한다. 실험에 사용한 GY-89모듈의 설정과 그림 2와 같이 y축이 지면을 향하고 있는 센서의 방향을 기준으로하면 양의 부호가 좌회전을, 음의 부호가 우회전을 나타낸다. 그림 5에서는 25.6초에 좌회전이, 29.0초에 우회전이 발생한 것을 확인할 수 있다.

그림 6은 사용자가 7층에서 6층으로 이동하는 과정에서 측정된 기압과 변환식을 적용하여 계산된 고도 데이터를 보여준다. 기압센서의 데이터는 특히 많은 노이즈를 포함하고 있어 정확한 고도를 파악하기보다 고도변화의 경향을 확인하는데 사용한다. 다른 IMU센서와 마찬가지로 이동평균필터를 적용하며 필터링 구간을 크게 설정하여 노이즈를 줄여준다. 실험에서는 k=25로 설정하였다. 실험을 수행한 건물의 계단은 중간에 계단참을 갖는 ‘ㄷ’자 형태이며, 두 단계에 걸쳐 기압이 증가하고, 그에 따라 사용자의 고도가 두 단계로 나누어져 낮아지는 것을 확인할 수 있다.

3. 사용자의 위치 파악

데이터 수집단말을 이용하여 파악한 사용자의 걸음과 회전, 고도변화를 이동거리와 이동방향으로 변환함으로써 사용자의 상대적인 위치를 도출해낼 수 있다. 이동거리는 파악된 걸음수에 보폭을 곱하여 변환하고, 이동방향은 회전이 파악되었을 때 대응되는 특징점의 속성을 이용하여 변환한다. 복도에서의 보폭은 실험 참가자의 키나 발 크기, 이동속도 등 여러 가지 요인에 영향을 받으며 실험에서는 간단한 계산을 위해 일반인의 평균인 0.74m 상수로 설정하였다^[14, 15]. 계단에서의 보폭은 실험 환경의 속성 중 계단의 단너비를 반영하여 역시 0.3m 상수로 설정하였다.

그림 7은 사용자가 실험경로를 따라 이동하는 동안 파악된 회전, 고도변화와 걸음을 나타낸다. 우선, 실험 경로를 따라 발생하는 13회의 회전과 그 방향이 모두 성공적으로 검출되는 것을 확인할 수 있다. 이는 보정에 사용되는 코너와 교차점이 완전하게 파악됨을 의미한다. 다음으로, 고도변화를 바탕으로 사용자의 이동을 크게 네 구간으로 나누어 볼 수 있다. A-D구간은 7층에서 6층으로, H-K구간은 6층에서 다시 7층으로 이동하는 계단을 포함하는 공간이다. 중간에 변화정도가 감

소하는 B-C구간과 I-J구간은 계단 중간에 위치한 계단 참에 대응한다. D-H구간은 6층 복도에서, K-A구간은 7층 복도에서 이동하는 공간이다. 7층 복도 중 K-L구간에서 보이는 고도변화는 두 단으로 이루어진 작은 계단에 해당한다. 마지막으로, 회전이 발생한 특징점 사이에서 파악된 걸음을 바탕으로 사용자의 수평이동을 확인한다.

표 1. 실험경로의 구간별 실제 이동거리와 유추된 이동거리 비교

Table 1. Comparison of actual and estimated distance through the experimental route.

Feature points	Measured	Attribute	Error
	#Step / Turn / Distance(m)	#Stair / Turn / Distance(m)	
A-B	17 / L / 8.18	11 / L / 9.0	0.82 m
B-C	2 / L / 1.48	0 / L / 1.5	0.02 m
C-D	18 / L / 8.48	11 / L / 9.0	0.52 m
D-E	4 / R / 2.96	0 / R / 3.0	0.04 m
E-F	63 / R / 46.62	0 / R / 45.0	1.62 m
F-G	8 / R / 5.92	0 / R / 6.0	0.08 m
G-H	48 / L / 34.50	0 / L / 36.0	1.50 m
H-I	15 / R / 7.58	10 / R / 9.0	1.42 m
I-J	2 / R / 1.48	0 / R / 1.5	0.02 m
J-K	13 / R / 6.10	10 / R / 7.5	1.40 m
K-L	6 / L / 3.56	2 / L / 4.5	0.94 m
L-M	16 / L / 11.84	0 / L / 10.5	1.34 m
M-N	19 / L / 14.06	0 / L / 12.0	2.02 m
N-A	4 / - / 2.96	0 / - / 3.0	0.04 m
Total	235 steps with 7 left and 6 right turns	157.5 m distance with 22 up and 22 down stairs	11.82 m

표 1은 실험경로의 각 구간에서 파악된 걸음수와 추정되는 이동거리, 그리고 실제거리를 보여준다. 이동거리에서 발생하는 오차는 계단이 포함된 구간(H-I, J-K)과 수평이동이 긴 구간(E-F, G-H, M-N, L-M)에서 크게 나타난다. 이동거리의 오차는 우선, 실험에서 상수로 가정한 보폭과 실제 실험 참가자의 보폭의 차이로부터 발생한다. 특히, 계단의 경우 상수 0.3m의 보폭이 실제로 측정되는 단너비 0.28m, 0.39m와 차이가 있음을 확인하였다. 다음으로는, 걸음수를 파악하는 과정에서 발생하는 오류가 이동거리의 오차로 나타나는 경우이다. 특히, 특징점 사이의 거리가 길거나 특징점 그룹이 포함된 구간에서 한 두 걸음내외의 수평이동 오차를 확인할 수 있다. 하지만 이동경로 157.5m에서 발생한 11.82m의 오차는 제안하

는 추측항법 보정방식을 적용하면 14개의 소구간으로 나뉘어지므로 쉽게 수정될 수 있는 수준이 된다. 추측항법만을 사용한 경우, 각 구간에서 발생한 오차는 지속적으로 누적되어 다음 구간에서 위치를 파악할 때 영향을 준다. 이동거리가 길어질수록 이동방향이나 이동거리의 오차가 누적되며 결과적으로 큰 차이를 보일 것이다. 하지만 사용자의 전체 이동경로를 특징점과 특징점을 잇는 소구간으로 나누고, 회전이 발생하는 코너와 교차점에서는 대응되는 절대위치로 기준점을 보정함으로써 기존에 누적되는 오차를 초기화함으로써 오차가 특징점사이의 상대적으로 짧은 구간으로 한정된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 추측항법에서 누적되는 오차문제를 해결하기 위하여 실내의 특정 공간과 사용자가 수행하는 동작의 대응관계를 이용한 보정시스템을 제시하였다. 실내에는 사용자의 동작을 제한하는 코너와 교차점, 복도, 계단 등이 있으며 이들 공간에서는 사용자가 회전이나 걸음, 고도변화 등 특정한 동작을 수행한다. 이러한 공간을 특징점으로 정의하고 각 특징점의 속성과 절대위치를 지도화한다. 특징점지도는 사용자가 특정 동작을 수행하는 공간과 그 위치정보만 있으면 일상의 이동경로를 바탕으로 쉽게 구성할 수 있으며, 일반적으로 변하지 않는 건물의 구조를 이용하므로 환경변화에도 강인하다. 사용자가 이동하면서 측정되는 가속도와 각속도, 기압데이터를 이용하여 사용자의 걸음과 회전, 고도변화를 파악함으로써 각 동작에 대응되는 특징점의 절대위치로 사용자의 위치를 보정한다. 제안하는 보정시스템은 실내 곳곳에 존재하는 특징점 사이의 비교적 짧은 구간에서만 오차가 누적되도록 제한하므로 추측항법이 가진 누적되는 오차를 일정 수준 이하로 유지할 수 있다. 특징점지도는 실내공간의 일반적인 특성을 이용하기 때문에 그 구성이 용이하며, 특징점을 이용한 보정시스템은 lifelog 응용, 보행자 안내 등 실내 이동공간에서 한두걸음내외의 오차 수준이 허용되는 다양한 위치파악솔루션에 효과적으로 활용될 수 있다.

REFERENCES

[1] Rajalakshmi, K., and Mukta Goyal. "Location-Based Services: Current State of The Art and Future

- Prospects”, Optical and Wireless Technologies. Springer, pp. 625-632, 2018.
- [2] Huang, Haosheng, et al. “Location based services: ongoing evolution and research agenda”, Journal of Location Based Services Vol. 12, no. 2, pp. 63-93, 2018
- [3] Zhu, Ni, et al. “GNSS position integrity in urban environments: A review of literature”, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems Vol. 19, no. 9, pp. 2762-2778, 2018.
- [4] J, Lee, et al. “KNN/ANN Hybrid Location Determination Algorithm for Indoor Location Base Service”, The Institute of Electronics Engineers of Korea - Signal Processing Vol. 48, no. 2, pp. 109-115, 2011.
- [5] Subbu, Kalyan Pathapati, Brandon Gozick, and Ram Dantu. “LocateMe: Magnetic-fields-based indoor localization using smartphones”, ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST) Vol. 4, no. 4, pp. 73, 2013
- [6] Faragher, Ramsey, and Robert Harle. “Location fingerprinting with bluetooth low energy beacons”, IEEE journal on Selected Areas in Communications Vol. 33, no. 11, pp. 2418-2428, 2015.
- [7] S. Park, Y. Kwak, C. Lee, “A Lookup Table-based Triangulation Method Using RSRP Data in Outdoor Environment”, Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers Vol. 55, no. 4, pp.3-9, 2018.
- [8] Harle, Robert. “A survey of indoor inertial positioning systems for pedestrians”, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 15, no. 3, pp. 1281-1293, 2013.
- [9] Marron, Juan Jose, et al. “Multi sensor system for pedestrian tracking and activity recognition in indoor environments”, International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, Vol. 23, no. 1/2, pp. 3-26, 2016.
- [10] Trong Bui, Duong, Nhan Nguyen, and Gu-Min Jeong. “A robust step detection algorithm and walking distance estimation based on daily wrist activity recognition using a smart band.” Sensors Vol. 18, no. 2034, 2018.
- [11] Wang, Boyuan, et al. “Pedestrian dead reckoning based on motion mode recognition using a smartphone.” Sensors Vol. 18, no. 1811, 2018.
- [12] Lu, Jiazhen, et al. “Hybrid Navigation Method of INS/PDR Based on Action Recognition.” IEEE Sensors Journal Vol. 18, no.20, pp. 8541-8548, 2018.
- [13] Tian, Qinglin, et al. “A multi-mode dead reckoning system for pedestrian tracking using smartphones”, IEEE Sensors Journal, Vol. 16, no. 7, pp. 2079-2093, 2015.
- [14] Chen, Shanshan, et al. “Toward pervasive gait analysis with wearable sensors: a systematic review”, IEEE journal of biomedical and health informatics Vol. 20, no. 6, pp. 1521-1537, 2016.
- [15] Cappellini, Germana, et al. “Motor patterns in human walking and running”, Journal of neurophysiology, Vol. 95, no. 6, pp. 3426-3437, 2006.

 저 자 소 개



이 혁(학생회원)
 2019년 중앙대학교 전자전기공학부
 학사 졸업.
 2019년~현재 중앙대학교 전자전
 기공학과 석사과정.
 <주관심분야: 컴퓨터구조, 고성능
 컴퓨팅>



김 준 성(정회원)
 1991년 중앙대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1993년 중앙대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1998년 미네소타대학교 전기공학과
 박사 졸업.
 2002년~현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수
 <주관심분야: 컴퓨터구조, 고성능 컴퓨팅, 지능형
 시스템, 임베디드시스템 설계>