

스마트 기기와 Wi-Fi 인프라를 이용한 실내 측위 시스템

An Indoor Location Trace System using Smart Devices and Wi-Fi infrastructure

조익현*, 황태규*, 김대호*, 홍지만**

Eighyun Cho(ikhyun5538@gmail.com), Taegy Hwang(hwangtaegy89@gmail.com),
Daeho Kim(iamdaeho2@gmail.com), Jiman Hong(jiman@ssu.ac.kr)

요약

최근 다양한 스마트 기기가 보급화 됨에 따라 스마트 기기를 이용한 실내 위치추적 기술 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 하지만 실내 위치추적 기술은 GPS 센서 없이 실내의 위치를 추적해야 한다는 제약 사항이 있다. 본 논문에서는 별도의 인프라 구축이 필요 없고 오차범위가 작은 실내위치추적 기법을 제안한다. 제안 기법은 기존 실내 측위를 위한 기법 중 걸음검출, Wi-Fi 핑거프린팅 기법들의 장단점이 서로 상호보완적이라는 점에서 착안하였다. 제안하는 기법은 걸음검출을 통해 사용자의 변위를 측정하며 이를 보정하기 위해 Wi-Fi 핑거프린팅 기법을 혼합 형태로 사용한다. 본 논문에서는 실험을 통해 제안하는 기법의 유효성을 입증하고 실용화 가능성을 보인다.

■ 중심어 : 실내측위 ; 걸음검출 ; Wi-Fi 핑거프린팅

Abstract

Recently, research on indoor locating techniques using smart device sensors has been conducted actively, Owing to the exponential increase in the use of various smart devices. However, in order to develop indoor location techniques, there are limitations due to the requirement that the tracking system has to function without GPS. In this paper, we propose an accurate indoor locating system that does not require additional infrastructure. The proposed scheme is developed based on the idea that the advantages and disadvantages of "Wi-Fi Fingerprinting" and "Step Detection" techniques are complementary. In the proposed scheme, we track users with "Step Detection," and correct errors with "Wi-Fi Fingerprinting." In this paper, we demonstrate the effectiveness and feasibility of our proposed scheme through experiments.

■ keywords : Indoor location tracing, Step detection, Wi-Fi fingerprinting

I. 서론

민간에 개방된 이후 오차 범위 때문에 실제 사용이 어려웠던 GPS 기반 측위 기술은 현재 다양한 오차 보정 기술들을 통해 괄목할 만한 성장을 이루었다. 특히 최

근에는 자동차 내비게이션은 물론이고 오차 범위가 낮아야 서비스 가능한 실외 보행자 측위 서비스까지 실생활에서 볼 수 있게 되었다. 이렇듯 GPS는 다양한 분야에 걸쳐 실생활에 유용하게 사용되고 있으며 지역 마케팅 서비스 등 이를 활용한 새로운 서비스들 또한 개발

* 학생회원, 숭실대학교 컴퓨터학과

** 정회원, 숭실대학교 컴퓨터학부

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연협력 기술개발사업(산학연협력 기술개발사업(연구마을), 과제번호: 201413 201789)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

접수일자 : 2012년 03월 23일 (학회측 사용란)

수정일자 : 1차 2012년 03월 23일, 2차 2012년 04월 23일
(학회측 사용란)

게재확정일 : 2012년 03월 28일 (학회측 사용란)

교신저자 : 홍지만 e-mail : jiman@ssu.ac.kr

되어 출시되고 있다[7]. 하지만 이렇게 발전한 GPS 기반 측위 기술들은 GPS 신호의 특성상 실내에서 수신이 어렵기 때문에 실내 측위 서비스에는 적용이 어렵다는 한계점이 존재한다[2]. 때문에 실내 측위 서비스를 제공하기 위해서는 GPS를 없이 측위를 할 수 있는 추적 기술이 요구된다[15].

실내 측위 기술은 사용자의 길 안내는 물론 건물 내 매장 홍보, 유동인구 파악 등 다양한 형태로 활용 가능하다는 점에서 기술의 필요성이 대두되고 있다[12][1]. 하지만 실내 측위 기술은 일반적으로 보행자의 위치를 추적해야 하고 보행자의 위치를 추적하기 위해서는 이동거리단위가 작은 보행자를 정밀하게 추적해야 하는 문제점이 있다. 현재 연구되는 실내위치추적 기술들은 일반적으로 실제로 적용하기에는 오차범위가 크거나 오차 범위가 낮은 반면 인프라 구축비용이 많이 든다는 문제점들이 있다.

실내 측위를 위한 기술 중 인프라 구축비용을 줄이고 정밀도를 높이기 위해 Wi-Fi AP 인프라를 활용한 기술들이 많이 연구 되고 있다. Wi-Fi AP 인프라를 이용한 측위방법 중 대표적인 기술로는 Wi-Fi 핑거프린팅, Wi-Fi 신호를 이용한 삼각측량이 있다. Wi-Fi 핑거프린팅은 특정 지역에서 수신되는 Wi-Fi 신호들의 정보를 벡터화하고 이를 고유 값으로 간주하여 기록 후 위치 추적 시 가장 유사한 벡터를 추정 후 그 벡터에 해당하는 위치를 현재 위치로 나타내는 기법으로 오차 범위가 크다는 단점이 있다[11]. Wi-Fi 삼각측량 기법은 AP의 위치정보와 신호 세기를 이용하여 삼각측량 후 위치를 계산하여 나타내는 방식이지만 AP의 정확한 위치를 알아야 하는 단점이 있다[5]. Wi-Fi AP 인프라를 활용한 측위 기법들은 별도의 인프라 구축이 필요 없다는 장점이 있지만 측정되는 Wi-Fi 신호 세기가 일정하지 않고 문의 열리고 닫히는 등 주변 사물 상태에 따라 변하는 신호의 세기 때문에 오차 범위가 크다는 단점이 있다.

별도의 인프라 없이 실내 위치를 추적할 수 있는 기술로는 기기의 여러 센서를 복합적으로 사용하여 별도의 인프라 구축 없이 사용자의 걸음과 방향을 검출하고 이를 통해 측위 하는 걸음검출 기법이 있다. 이 기법은 다양한 센서를 이용해 보행자의 변위를 측정하기 때문에 인프라가 필요 없다는 장점이 있지만 변위를 측정하는 기술의 특성상 보행자의 시작 위치를 자동으로 알 수 없다는 단점이 있다.

본 논문에서는 걸음검출과 Wi-Fi 핑거프린팅 기법을 혼용한 실내 측위 기법을 제안한다. 제안 기법은 각기

다른 두 기법이 서로의 단점을 상호 보완할 수 있다는 데에서 착안하였다. 때문에 실험을 통해 서로의 단점이 보완되었음을 입증하고 실제로 어느 정도의 오차를 보이는지 보인다.

II. 관련연구

1. 실내 지도 모델 및 좌표체계

사용자의 실내 측위 서비스는 다양하게 활용 가능하고 그 목적에 맞는 다양한 위치 모델(Location Model)이 존재한다. 이러한 위치모델은 실내 공간에서 특정 위치를 체계적으로 표현할 수 있도록 도와주며 각 기법에 따라 효율적으로 표현할 수 있는 특징들이 다르다. [8]

가. 지리 위치 모델

지리 위치 모델은 실제 지리 위치정보의 좌표 값(Geometry coordinates)을 기반으로 실내 지도정보를 모델링하는 기법이다[10]. 실내 지도에 실제 좌표 값이 포함돼 있기 때문에 좌표의 두 점을 통해 지도 내 거리 및 크기 연산이 필요한 경우 효율적이다. 또한 지리 좌표 값을 사용하는 실외 위치기반 서비스와 연동할 경우 같은 좌표계의 사용으로 연동이 용이하다는 장점이 있다. 하지만 접근 가능성(accessibility), 이웃관계(neighborhood)에 대한 표현이 어려워 경로와 관련된 연산이 어렵다는 단점 존재한다.

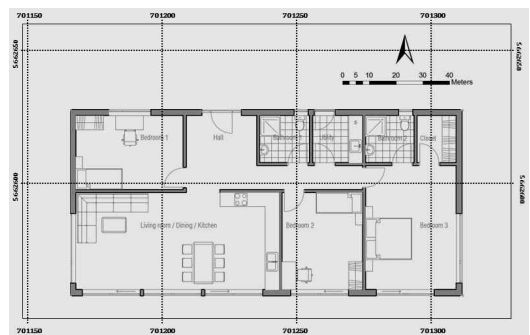


그림 2-1 지리적 위치모델을 이용한 실내지도 예

나. 기호 위치모델

기호 위치모델은 실내 공간에 대한 정보를 실제 지리

적 위치가 아닌 의미적 기호들을 이용하여 실내 공간의 위치를 모델링 하는 방법이다[8]. 기호에 어떠한 의미를 부여하는가에 따라 실내 공간의 구조를 쉽게 표현할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 기호로 이루어져 있는 지도의 특성상 지도정보를 이용하여 실내 공간의 거리 및 경로에 대한 연산이 어렵다는 단점이 있다. 기호적 위치모델은 사용 목적 및 구현 방법에 따라 여러 가지가 존재한다. 기호적 위치모델 기반 위치모델로는 집합 기반 위치모델, 그래프 기반 위치모델 및 하이브리드 위치모델이 대표적이다.

다. 집합 기반 위치모델

기호 좌표계에서 존재하는 실내공간의 기호들을 원소로 하여 기호들의 집합 간 관계표현이 가능한 모델링 기법이다[8]. 이 모델링 기법에서는 기호의 집합들이 특정 기호의 부분집합이 되는 것이 가능하다. 포함(Containment) 연산을 이용한 기호간 관계표현이 용이하다는 장점이 있는 반면 거리 및 경로 계산이 어렵다는 단점이 존재한다.

라. 그래프 기반 위치모델

실내 공간을 그래프를 통해 표현하는 방법으로 공간의 인접관계를 링크집합으로 표현하는 모델링 방법이다. 그래프 기반 위치모델의 경우 실내 공간을 바라보는 의미에 따라 노드와 엣지가 표현하는 바가 다를 수 있다. 그래프 기반 위치모델이 최단경로 및 거리 연산 등을 지원하기 위해서는 노드 또는 엣지에 거리 정보를 별도로 저장해 두어야 한다는 단점이 존재한다. 하지만 한번 저장해 두면 상기 기호위치모델들보다 쉽게 거리 및 경로 연산 등 다양한 연산에 활용 가능하다는 장점 존재한다.

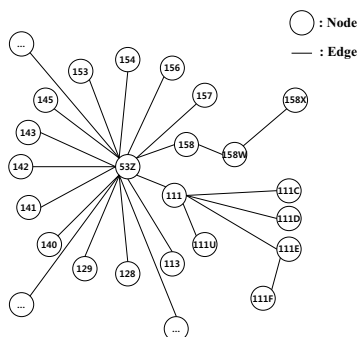


그림 2-2 실내공간을 그래프기반 모델로 표현한 예

마. 혼합 위치모델

상기 기술된 위치모델링 기법들을 혼합하여 동시에 사용하는 기법을 말한다. 혼합 위치모델링 기법은 주로 각 위치모델 기법들의 단점을 보완하고 다른 두 기법의 장점을 얻기 위해 사용된다[3].

2. 실내 공간 모델 정보

실내 공간 모델은 실내공간의 구조적 구성을 모델링 하는 기술이다. 실내 공간 모델은 목적에 따라 다양한 형태로 존재할 수 있는데 복층의 건물 및 건물의 구조가 2차원으로 나타내기 힘든 경우가 많기 때문에 이를 입체적으로 표현할 수 있는 기술이 요구된다. 또한 실내공간은 실외공간에 비해 설계된 목적이 분명하기 때문에 이러한 공간의 목적을 효율적으로 표현할 수 있는 기술들이 필요하다.

실내측위 기술을 효율적으로 사용하기 위해서 효과적인 실내 공간 모델 기술이 필요로 하고 있지만 아직까지 이를 실내공간을 효과적으로 모델링 할 수 있는 기법들은 미미한 수준이다. 비록 설계도를 이용하여 실내공간을 모델링할 수 있으나 설계도 자체가 모델링을 위한 것이 아니기 때문에 모델링하는데 어려움이 있고 설계도를 이용한 모델링은 많은 부분이 인력을 요하기 때문에 비용이 크다는 단점이 있다.

이러한 문제를 극복하기 위해 최근 건축물정보모델링(Building Information Modeling), CAD(Computer Aided Design) 도구들을 통해 설계도로부터 실내지도를 추출하는 방법이 연구가 진행 중에 있다[3].

3. 실내 측위 기술

미국이 GPS 정밀도를 제한하기 위해 도입했던 SA(Selective Availability)를 해제한 2000년부터 GPS 기반 측위 기술은 비약적인 발전을 이루었다. 현재 이러한 GPS 기반 측위 기술들은 다양한 오차보정기술들과 함께 매우 높은 정밀도를 보여주고 있다. 하지만 직진성이 강하고 회절, 반사가 잘 안 되는 GPS 신호의 특성상 실내에서 GPS 기반 측위 기술은 사용이 어렵다. 때문에 실내 측위를 위해서는 GPS 신호를 이용하지 않고 위치를 추적할 수 있는 별도의 실내 측위 기술이 필요하다.

실내 측위 기술은 아직까지 대중적으로 적용 및 사용되고 있는 기술이 없으며 현재 실내공간에서 정밀한 측

위를 위한 다양한 기술들이 연구되고 있는 상태이다. 본 장에서는 현재 연구되고 있는 다양한 실내 측위 기술 중 비중 있는 기술들을 간략히 소개한다.

4. 가속도 센서 기반 측위

가속도 센서 기반 측위 방법은 가속도 센서에 측정된 가속도를 이용해 위치를 추적하는 방법이다[6]. 이 방법은 센서에 측정된 가속도를 적분하여 변위를 계산해 사용자의 위치변화량을 추정하고 이를 통해 위치를 추적한다. 별도의 인프라 구축 없이 단일 가속도 센서만으로 위치를 추적할 수 있다는 장점이 있지만 초기위치를 알 수 없고 오차가 축적될 수 있기 때문에 주로 오차보정에 사용된다.

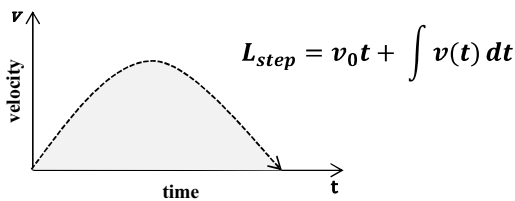


그림 2-3 속도의 변화량을 통한 이동거리 연산

5. 의사위성 기반 측위

의사위성 기반 측위방법은 GPS 신호가 닿지 못하는 실내 건축물에 인공위성을 대신할 수 있는 의사위성을 설치하고 이를 통해 실내 위치를 추적하는 방법이다[9]. 신호가 닿지 못하는 실내 공간에서 기존 GPS기반 측위 기술을 그대로 이용할 수 있고 기존 시스템과 연동이 용이하다는 장점이 있다. 하지만 별도의 의사위성 인프라 구축 비용이 필요한 단점이 있다.

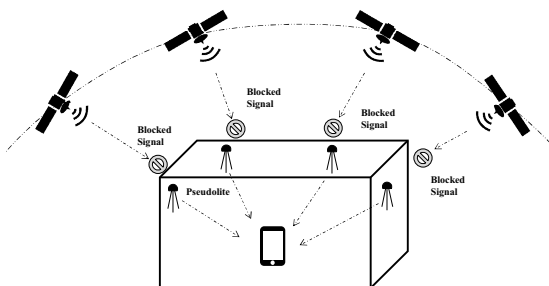


그림 2-4 의사위성을 이용한 측위 예

6. 자기 시스템 기반 측위

특정 위치에서 측정되는 자기장 정보를 바탕으로 실내공간의 자기장 맵을 구축 후 이를 기반으로 위치를 추적하는 방법이다[4]. 별도의 인프라 구축비용이 필요 없지만 자기장 맵을 구성하는데 시간과 비용이 많이 든다는 단점이 존재한다. 자성체를 갖은 물체의 이동이 정밀도에 큰 영향을 미칠 수 있다는 단점 또한 있다.

7. 광학 시스템 기반 측위

광학 시스템 기반 측위 기법은 실시간으로 입력되는 영상을 이용하여 위치를 추적하는 방법이다[4]. 현재 광학 시스템 기반 측위 기법은 마커를 활용한 측위 기법들이 대표적이다. 별도의 인프라 구축비용이 필요 없다는 장점이 있지만 이미지 처리에 대한 연산 오버헤드가 매우 크다는 단점이 있다.

Ⅲ. 실내 측위 기법

실내 측위를 위해 2장에서 언급한 기법들처럼 다양한 시도들이 있어왔다. 기존 실내위치추적 기술들은 대부분 실제로 적용하기에는 정확도가 부족하거나 정확도가 높은 반면 별도의 인프라 구축비용이 많이 든다는 한계점이 존재했다.

본 장에서는 별도의 인프라 구축 없이 스마트기기를 이용한 실내측위 기술을 소개한다. 소개하는 기술은 “걸음검출을 이용한 측위 기법”과 “Wi-Fi 핑거프린팅을 이용한 측위 기법”을 혼용한 기법으로 두 기법의 장단점이 상호 보완적이라는 점에서 착안하였다. 본 장에서는 제안한 기법의 구성과 작동 원리 그리고 어떻게 측위의 정밀도를 높였는지 설명한다.

1. Wi-Fi AP 핑거프린팅 지도 구축

Wi-Fi AP 핑거프린팅이란 실내 특정 지점에서 측정되는 Wi-Fi AP 들의 신호세기 고유벡터를 말한다. 또한 이렇게 측정된 AP 신호세기의 분포를 지도에 맵핑시켜 나타낸 것을 Wi-Fi AP 핑거프린팅 지도라 한다. 본 장에서는 제안한 기법에 이용되는 실내 지도의 제작 과정을 3단계로 나눠 설명한다.

가. 지도제작 1단계 : 실내지도 생성

정확한 실내 측위 및 지도 정보를 오차보정에 활용하기 위해서는 실제 건물의 실측정보가 반영된 지도가 필요하다. 하지만 이러한 지도 제작을 위해서는 실 설계도가 필요하고 실제 건물의 설계도를 구하는 것은 쉽지가 않다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서 본 논문에서는 기존 실외 측위 서비스의 지도정보를 이용한다.

현재 실용화된 실외 측위 서비스의 지도에는 건축물들의 실내 지도 및 정보는 없지만 해당 건축물의 지리적 위치 및 크기, 형태 정보를 포함한다. 이러한 건축물의 지리적 정보는 이를 토대로 지리 위치 모델을 제작하는데 충분한 정보를 제공한다. 때문에 본 논문에서는 실외 측위 서비스에 있는 지도정보에서 건물의 형태와 크기 정보를 얻고 이를 기반으로 실내 구조를 실측하여 실내 지리 위치모델을 제작하였다. 이러한 방법을 통해 제작한 지리적 모델은 본 논문에서 추가로 사용하는 그래프 위치 모델 제작 시 엣지에 입력할 거리와 방향정보를 측정에 편리를 제공한다.

나. 지도제작 2단계 : 엣지 생성

본 논문에서 제안한 기법은 실내 측위의 정밀도를 높이기 위해 도로정보를 사용한다. 도로 정보 이용해 정밀도를 높이기 위해서는 그래프내의 엣지가 정확한 도로의 방향 및 거리 정보를 가지고 있어야 한다. 이를 정확히 측정하기 위해 이전에 제작한 실내 지도 정보를 활용한다. 제작한 실내 지도 자체가 위치와 실제 크기 정보를 가지고 있는 지리 위치 모델 이므로 지도위에 두 점을 찍어 그 위치의 차를 계산하면 쉽게 엣지의 방향과 거리정보를 얻을 수 있다. 이렇게 측정된 거리와 방향정보는 해당하는 엣지에 입력 된 후 실내 측위 시 오차 보정에 사용된다.

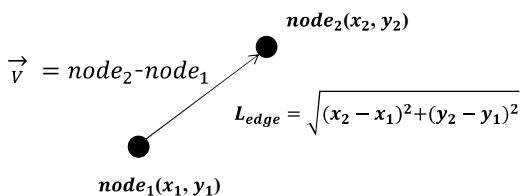


그림 3-1 노드 간 방향과 길이 계산 식

다. 지도제작 3단계 : 노드 생성

본 논문에서 제안한 기법은 거리에 대한 오차보정을 Wi-Fi 핑거프린팅을 이용해 하게 된다. Wi-Fi 핑거프린

팅 정보는 그래프 위치 모델의 구현의 편의상 노드에 입력되게 되며 사용자가 직접 노드가 위치한 지점에서 Wi-Fi 핑거프린팅 정보를 수집 및 노드에 맵핑하는 방법으로 정보를 기록한다. 노드간 거리가 너무 근접하면 실시간으로 변하는 Wi-Fi AP 신호로 인해 두 노드를 구분하기 어렵기 때문에 약 5미터 간격으로 노드를 두어 Wi-Fi 핑거프린팅 값을 맵핑시킨다.

2. 실내 측위

본 논문에서 제안하는 실내 측위 기법은 상기 제작방법을 설명한 지도를 기반으로 걸음검출 기법과 Wi-Fi 핑거프린팅 기법을 혼용하여 단말의 실내 위치를 추적한다. 제안하는 기법은 단 구간에 대해서 걸음검출을 통해 위치를 추적한다. 이후 일정 구간에 위치한 노드를 지날 때마다 Wi-Fi 핑거프린팅 값을 검사하여 걸음검출로 누적된 오차를 보정한다.

가. 초기위치 탐지

걸음검출의 단점 중 하나는 거리와 방향 정보만을 측정할 수 있다는 것이다. 즉 걸음검출만으로는 시점으로부터의 상대위치만 알 수 있으며 상대위치를 통해 최종 위치를 알기 위해서는 초기위치 값이 필요하다. 때문에 걸음검출을 통해 사용자의 위치를 추적하기 위해서는 측위 시작 시 초기위치 탐지 단계가 필수적이며 이를 위해 제안한 기법에서는 Wi-Fi 핑거프린팅 기법을 이용해 초기위치를 탐지한다.

나. 방향, 보폭, 걸음 검출

초기위치 탐지 이후 제안 기법은 실시간으로 이동 중인 사용자의 변위를 측정하고 이를 통해 위치를 추적한다. 이러한 변위측정은 사용자의 걸음의 방향과 보폭을 측정함으로써 측정가능하다. 우선 걸음의 방향은 스마트 기기의 나침반 센서 이용해 탐지한다. 하지만 보폭의 경우 스마트 기기의 센서를 이용해 측정이 어렵다. 이론적으로는 가속도센서를 통해 보폭 측정이 가능하지만 센서의 오차로 인해 직접적으로는 이용이 어렵다. 또한 카메라 등을 이용한 보폭측정은 사용의 불편과 이미지 처리로 인한 오버헤드가 매우 크기 때문에 사용이 어렵다. 때문에 제안하는 기법에서는 키에 따른 보폭의 평균값을 아래 식과 같이 계산하여 추정한다.

남성의 보폭 : $W_m = \text{신장}(cm) * 0.415$ (3-1)

여성의 보폭 : $W_w = \text{신장}(cm) * 0.413$ (3-2)

방향과 보폭이 모두 측정되면 이후 걸음이 실제로 발생하였는지를 센서를 통해 검출해야 한다. 걸음을 검출하기 위해서 제안기법에서는 스마트 기기의 가속도센서를 이용한다. 사용자가 스마트 기기를 들고 걸으면 (그림)과 같이 Z축의 변화가 일어난다.

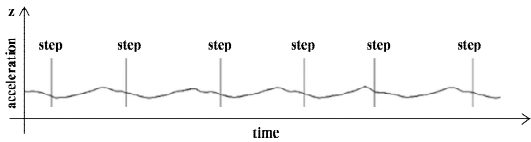


그림 3-2. Z 축 변화에 따른 걸음검출

사용자가 걸음을 걸으면 발을 디을 때 Z축의 + 방향의 가속도가 발생하고 이후 착지 시 때 반대 방향의 가속도가 발생하게 된다. 제안기법에서는 이러한 가속도 변화를 걸음의 가속도 변화 패턴으로 정의하고 가속도 센서의 측정값 중 해당 패턴이 발생하면 걸음이 발생한 것으로 간주하여 걸음을 검출한다.

다. 사용자 실내 측위

사용자의 초기위치, 이동방향, 보폭 값을 측정하고 걸음을 검출하면 사용자의 실내 측위가 가능하게 된다. 이러한 측정값을 이용하여 사용자의 실내 위치를 추적하는 과정은 다음 순서도와 같다.

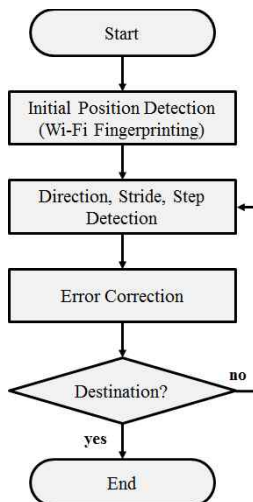


그림 3-3. 실내 측위 순서도

3. 실내 측위 정확도 개선

Wi-Fi 핑거프린팅을 이용하여 초기위치를 탐지하고 걸음검출을 통해 사용자의 실내위치를 추적하는 본 논문의 제안기법은 추적 중 두 가지의 오차를 발생시킬 수 있다. 본 장에서는 제안한 기법에서 발생할 수 있는 두 가지 오차를 어떻게 보정하여 측위의 정밀도를 어떻게 높이는지 설명한다.

표 3-1 .제안 기법의 발생가능 오차의 종류와 원인

오차의 종류	원인
방향오차	걸음의 방향 검출 시 사용되는 나침반 센서는 외부 자성을 가지고 있는 기계 장치들에 의해 영향을 받아 오차 발생
거리오차	보폭 평균치와 실제 보폭의 차이로 인해 걸음마다 오차가 발생 개인마다 다른 걸음 특성으로 인해 걸음검출을 못하고 이로 인해 보폭오차 발생

가. 엣지를 통한 방향보정

실내 측위 중 이동방향을 나침반 센서를 이용해 측정할 경우 센서의 근본적인 오차를 포함해 외부 자성을 가진 물체의 영향 등 다양한 원인에 의해 잘못된 값을 측정할 수 있다. 이러한 오차를 보정하기 위해서 제안한 기법에서는 사용자가 도로의 방향과 유사한 방향으로 이동 한다 가정하고 도로의 방향정보를 방향오차 보정에 활용한다.

상기 기술된 지도 그래프의 엣지 안에는 실제 실내 지도상의 존재하는 직선 도로의 방향 및 거리 정보를 가지고 있다. 제안 기법은 이중 방향정보를 활용하여 엣지 위를 걷고 있는 사용자가 엣지와 다른 방향을 걷고 있는 경우 무효한 걸음으로 판단하고 이를 무시한다. 단 사용자의 방향과 측정된 사용자의 방향이 정확히 일치하기는 어렵기 때문에 도로의 방향을 기준으로 사용자의 걸음 방향이 +45도 범위 내에 있다면 유효한 걸음으로 인식하고 사용자 위치를 이동시킨다.

나. Wi-Fi 핑거프린팅을 활용한 오차보정

걸음검출 기법은 방향, 보폭, 걸음검출을 통해 사람의 걸음을 추적하게 된다. 이러한 과정에서 방향, 걸음

검출은 센서를 통해 측정 가능하지만 보폭은 센서로 측정이 어렵기 때문에 제안 기법에서는 신장에 비례한 보폭의 평균치를 사용한다. 보폭 측정 시 신장에 비례한 보폭의 평균치 사용은 보폭측정에 필요한 연산오버헤드를 줄여주고 가속도 센서를 사용하여 측정하는 기법보다 낮은 오차를 갖는 이점이 있다.

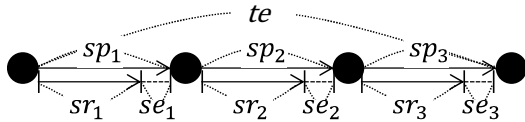


그림 3-4. 걸음검출의 오차발생 예

하지만 평균치를 사용하는 기법의 특성상 그림과 같이 걸음마다 평균치와 개인의 실제 걸음의 차만큼 오차가 발생하게 된다. 걸음마다 발생하는 오차가 매우 작다 하더라도 걸음의 수가 증가할수록 축적되어 만들기 때문에 보폭 오차는 보정할 필요가 있다

$$se_k = sp_k - sr_k \quad (sp_k: \text{보폭 추정치}, sr_k: \text{실제 보폭})$$

$$te = \sum se_k$$

제안 기법에서는 이렇게 축적된 보폭오차를 보정하기 위해 지속적으로 현재 위치의 Wi-Fi 핑거프린팅 값을 수집하고 각 노드에 매핑된 Wi-Fi 핑거프린팅 값과 수집된 현재 위치의 Wi-Fi 핑거프린팅 값이 일정이상 일치할 경우 사용자의 위치를 노드로 초기화 하여 보폭으로 인해 생긴 오차를 보정한다. 위치를 보정한 이후 걸음검출을 통한 측위를 재개한다. 이러한 방식은 무한대로 증가할 수 있는 오차를 Wi-Fi 핑거프린팅의 오차 범위로 제한할 수 있다는 장점을 갖는다.

IV. 실험 및 결과

제안하는 실내 측위 기법은 걸음검출을 이용하여 실내 위치를 추적하고 축적된 오차를 Wi-Fi 핑거프린팅 기법을 통해 보정함으로써 정밀도를 높였다. 이러한 과정에서 제안 기법은 두 가지 오차를 발생시킬 수 있다. 첫 째로 Wi-Fi 핑거프린팅 기법을 이용하여 걸음검출로 축적된 오차 보정 시 Wi-Fi 핑거프린팅 값을 잘못된 Wi-Fi 핑거프린팅 값을 인식하여 보정하는 경우이다. 두 번째 오차는 노드와 노드사이에서 걸음검출을 통한 측위

시 잘못된 걸음을 검출하여 잘못된 변위가 연산되는 경우이다. 본 장에서는 제안 기법에서 발생할 수 있는 두 가지 오차의 범위를 실험을 알아보고 실생활에 이용가능한 수준의 오차를 가짐을 보인다.

1. 실험 환경

실험에 사용된 스마트 기기는 Asus에서 제작한 Nexus 7으로 자세한 스펙은 다음 표와 같다. 실험에 사용된 기기가 많은 장치를 보유하고 있지만 제안 기법에 필요한 장치들은 가속도 센서, 나침반센서, Wi-Fi 모듈로 거의 모든 스마트기기 환경에서 존재하는 장치들만을 사용한다.

표 4-1. Nexus 7 상세 스펙

Platform	Android 4.3 (Jelly Bean)
CPU	1.51 GHz quad-core Krait 300
Memory	2 GB DDR3L RAM
Sensors	Gyroscope
	Accelerometer
	GPS
	Magnetometer
	Dual Microphone
	Light Sensor
	Hall Sensor
Proximity Sensor	

2. Wi-Fi 핑거프린팅 오차 분석

제안 기법은 걸음검출로 축적된 오차를 Wi-Fi 핑거프린팅으로 보정하기 때문에 걸음검출의 축적될 수 있는 최대 오차는 Wi-Fi 핑거프린팅 오차범위에 제한된다. 또한 Wi-Fi 핑거프린팅으로 측정된 위치정보는 걸음검출로 측정된 위치정보 보다 우선 시 되기 때문에 제안 기법에서 발생할 수 있는 최대 오차가 된다. 때문에 본 논문에서는 Wi-Fi 핑거프린팅 기법 실험을 통해 제안 기법에서 발생할 수 있는 최대 오차를 측정하였다. 제안 기법에서 Wi-Fi 핑거프린팅이 맵핑된 노드는 약 5m 간격으로 존재하며 이에 대한 오차를 알아보기 위해 20m 구간에 대해 4개의 노드를 설치하고 15회 실험하였다.

표 4-2. Wi-Fi 핑거프린팅 기법 실험 결과

실험번호	해당 지점에서 인식한 노드번호			
	Node1	Node2	Node3	Node4
1	1	2	3	4
2	1	2	3	4
3	1	2	4(5m오차)	4
4	1	2	3	4
5	1	2	3	4
6	1	3(5m오차)	3	4
7	1	2	3	4
8	1	2	3	4
9	1	2	3	4
10	1	2	3	4
11	1	2	3	4
12	1	2	3	4
13	1	2	3	4
14	2(5m오차)	2	3	3(5m오차)
15	1	2	3	4

15회 실험결과 Wi-Fi 핑거프린팅을 잘못 인식한 경우는 약 4회로 각각 5m 간격에 있는 인접 노드로 잘못 인식하였고 이를 거리로 계산하면 300m 이동거리에 대해 20m의 오차가 발생하였다. 실험결과를 대대로 계산한 Wi-Fi 핑거프린팅 오차율은 전체 이동거리의 약 6.67%로 매우 낮은 오차율을 보임을 확인하였다.

3. 걸음검출 오차 분석

걸음검출에 대한 오차는 발생하였다 하더라도 약 5m 마다 설치된 노드를 지날 때 마다 Wi-Fi 핑거프린팅 기법에 의해 지속적으로 보정된다. 때문에 제안기법에서 걸음검출에 대한 오차는 발생한다 하더라도 오차범위에 큰 영향을 미치지 않는다. 하지만 Wi-Fi AP 인프라가 없는 경우 제안 기법은 걸음검출로만 위치를 추적해야 되기 때문에 걸음검출의 오차 또한 중요하고 할 수 있다. 걸음검출 기법의 오차율을 알아 보기위해 성인 남성 5명을 대상으로 20m 구간에 대해 걸음검출 기법만을 이용하여 10회 이동 후 발생하는 오차를 측정하고 오차에 대한 평균을 구하여 표시하였다.

표 4-3. 걸음검출 기법을 통한 측위 실험결과

실험자 번호	걸음검출 기법을 이용한 측위 시 발생 오차 (20m 이동시 발생 오차 ,10회 평균)
1	2.3 m
2	1.7 m
3	1.9 m
4	2.1 m
5	1.4 m

5명의 성인남성에 대해 실험결과 20m 구간에 대해 걸음검출 기법의 발생오차는 약 1.4m ~ 2.3m로 평균 1.9m의 오차를 발생시켰다. 이는 성인남성 기준 두 걸음 정도의 거리로 걸음검출을 통한 측위가 매우 낮은 오차범위를 보임을 실험을 통해 확인하였다.

V. 결론

본 논문은 기존 걸음검출 기법과 Wi-Fi 핑거프린팅 기법이 상호 보완적이라는 점에 기반 하여 두 기법을 활용한 실내 측위 기법을 제안하였다. 제안 기법에는 초기위치를 탐지하지 못하고 오차가 쌓이는 걸음검출의 단점을 Wi-Fi 핑거프린팅 기법을 이용해서 보완하였다. 또한 단 구간에서 오차가 큰 Wi-Fi 핑거프린팅 기법의 단점을 걸음검출 기법을 통해 보완하여 정밀도를 높였다.

제안 기법의 유효성을 알아보기 위해서 발생할 수 있는 두 가지 오차에 대해 실험한 결과 5m 간격으로 Wi-Fi 핑거프린팅을 이용한 오차 보정 시 이동거리 대비 약 5%의 낮은 오차율 보임을 확인하였다. 또한 Wi-Fi 인프라 없이도 20m구간에 대해 걸음검출만으로 실험하였을 때의 오차율은 약 9.5%로 Wi-Fi 인프라가 없는 최악의 상황에서도 낮은 오차율을 가짐을 확인하였다.

본 논문에서는 제안 기법을 통한 측위가 실내 도로에 대해서 매우 낮은 오차율을 보임을 확인하였다. 향후 본 연구를 기반으로 특정 공간을 효과적인 그래프 위치 모델로 전환할 수 있는 기법에 대해 연구를 진행할 예정이다.

REFERENCES

[1] 김병국, 이종민, "LBS 의 활용현황과 전망", *대한토목*

- 학회지, 제50권, 제4호, pp. 24-30, 2002년
- [2] 박세진, 김민구, “802.11 무선 신호 학습 기법을 이용한 실내 위치 인식 시스템의 구현”, *한국정보과학회 학술발표논문집*, 제34권, 제1C호, 361-365
- [3] 유재준, “실내 위치기반 서비스 기술 및 서비스 개발 동향”, 2013년 8월
- [4] 정구인, 전재훈, 이강휘, 송민선, “광학적 분석방법을 이용한 보폭측정”, *전기학회논문지*, 제57권, 제6호, pp. 1116-1122, 2008년
- [5] 정승혁, 신현식, “WPS (WiFi Positioning System & Service) 동향”, *한국전자통신학회논문지*, 제6권, 제3호, 2011년
- [6] 정필환, 이선우, 송창근, 김대영, 스마트폰의 관성 센서를 이용한 걸음 수 및 장치 방향/위치 감지, *정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터*, 제19권, 제1호, pp. 46-50, 2013년
- [7] 조형민, 이정우, “외부 GPS 모바일 단말기를 이용한 실내 위치 추적 기법”, 제6권, 제8호, 2010년
- [8] Becker, Christian, and Frank D, “On location models for ubiquitous computing”, *Personal and Ubiquitous Computing*, vol 9, no 1, pp. 20-31, 2005.
- [9] Cobb, H. Stewart, “GPS pseudolites: Theory, design, and applications”, *Diss. Stanford University*, 1997.
- [10] Gallier, Jean H, “Curves and surfaces in geometric modeling: theory and algorithms, Morgan Kaufmann”, 2000.
- [11] Kaemarungsi, Kamol, “Efficient design of indoor positioning systems based on location fingerprinting”, *Wireless Networks, Communications and Mobile Computing*, 2005 International Conference on, vol 1, 2005.
- [12] Li, Dandan, and Dik Lun Lee, “A topology-based semantic location model for indoor applications”, *Proceedings of the 16th ACM SIGSPATIAL international conference on Advances in geographic information systems*, 2008.
- [13] Mirzaei, Reza Shanbehbazari, “Spatio-Temporal Databases for Indoor Positioning Systems”, 2005
- [14] Şahin, Güvenç, and Haldun Süral, “A review of hierarchical facility location models”, *Computers & Operations Research*, vol 38, no 9, pp. 2310-2331, 2007.

- [15] Spiekermann, Sarah, “General Aspects of Location-based services”, 2004.9.

— 저 자 소 개 —

조익현(학생 회원)



2013년 : 송실대학교 컴퓨터학부 학사 졸업.

2015년 : 송실대학교 컴퓨터학과 석사 졸업.

〈주관심분야 : 시스템소프트웨어, 시스템 보안〉

황태규(학생 회원)



2014년 : 송실대학교 컴퓨터학부 학사 졸업.

2014년 ~ 현재 : 송실대학교 컴퓨터학과 석사과정.

〈주관심분야 : 시스템소프트웨어, 임베디드시스템, 시스템 보안〉

김대호(학생 회원)



2013년 : 송실대학교 컴퓨터학부 학사 졸업.

2015년 : 송실대학교 컴퓨터학과 석사 졸업.

〈주관심분야 : 시스템소프트웨어, 임베디드시스템, 시스템 보안〉

홍지만(정 회원)



2003년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 박사 졸업.

2003년 ~ 2007년 : 광운대학교 컴퓨터공학부 조교수

2007년 ~ 현재 : 송실대학교, 컴퓨터학과 교수

2013년 ~ 현재 : ACM SIGAPP 회장

〈주관심분야 : 운영체제, 시스템소프트웨어, 임베디드시스템〉