

논문 2010-47CI-4-14

실내 측위 시스템의 오차 보정을 위한 매핑 알고리즘

(Mapping algorithm for Error Compensation of Indoor Localization System)

김 태 겸*, 조 위 덕*

(Taekyum Kim and We-Duke Cho)

요 약

HSDPA, WiBro, 모바일 디바이스 등의 정보통신 기술의 발전으로 사용자가 컴퓨터나 네트워크를 의식하지 않고 언제 어디서나 네트워크에 접속할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 구현이 가능해졌다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 사용자의 위치에 따른 특정 정보를 제공하는 위치 기반 서비스(Location Based Service, LBS)의 중요성이 대두되고 있다^[1]. 본 논문에서는 관성 측정 장치(Inertial Measurement Unit, IMU)의 오차 보정을 위한 필터 및 알고리즘을 소개하고 실내 측위 보정을 위한 매핑 알고리즘을 제안한다. 제안하는 매핑 알고리즘은 지도를 자동으로 인식하여 교차로, 복도, 목적지로 분류하고 현재 위치를 인식하여 잘못된 매핑이 일어나지 않게 하고 사용자의 움직임 이벤트 발생 시 위치 검색의 효율을 높인다. 또한 유동적인 매핑계수를 두어 이동거리와 방향에 대한 오차 보정을 지속적으로 수행한다.

Abstract

With the advent of new technologies such as HSDPA, WiBro(Wireless Broadband) and personal devices, we can access various contents and services anytime and anywhere. A location based service(LBS) is essential for providing personalized services with individual location information in ubiquitous computing environment. In this paper, we propose mapping algorithm for error compensation of indoor localization system. Also we explain filter and indoor localization system. we have developed mapping algorithms composed of a map recognition method and a position compensation method. The map recognition method achieves physical space recognition and map element relation extraction. We improved the accuracy of position searching. In addition, we reduced position errors using a dynamic scale factor.

Keywords : dead reckoning, indoor localization, foot-mounted SDINS, inertial measurement unit, mapping.

I. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 위치기반서비스는 중요한 분야 중 하나이다. 최근 휴대폰, PDA 등의 모바일 디

바이스와 네트워크의 발달로 사용자에게 다양한 서비스를 제공할 수 있게 되었다. 특히 사용자의 현재 위치에 대한 정보는 개인에 특화된 서비스를 제공하기 위해 필수적인 요소이다. 위치기반서비스를 제공하기 위해 일반적으로 실외에서는 GPS를 이용하고, 실내에서는 관성센서나 수신신호세기 등을 이용한다. GPS를 이용한 기술의 경우 실내 측위에 한계가 있다. 기지국을 이용한 기술의 경우 지역 구분만을 측정할 수 있으므로 정확한 위치를 찾을 수 없고, 인프라 구성에 많은 비용이 든다. 따라서 인프라 구성이 필요 없는 관성 측정 장치(IMU)를 이용한 실내 측위 기술에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 관성 측정 장치는 가속도 센서와 각속도센서로 구성되어 있다. 여기서 얻어낸 정보로 자세,

정회원, 아주대학교 전자공학과 유비쿼터스 시스템 연구실

(Ubiquitous System Laboratory, Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University, Suwon, Korea)

* 본 연구는 지식경제부프론티어 기술개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스 컴퓨팅 및 네트워크 원천 기반 기술개발사업의 10C2-T3-10M과제로 지원된 것임

접수일자: 2009년12월21일, 수정완료일: 2010년7월7일

속도, 방향, 거리 등의 물리적인 움직임을 계산할 수 있다. 관성 측정 장치는 가속도 정보와 각속도 정보를 알아내어 자세 측정에 용이하나 여러 가지 오차가 존재해서 정확도가 떨어진다. 따라서 효과적인 오차 보정 방법이 필요하다.

본 논문에서는 관성 측정 장치의 오차 보정을 위한 매핑 알고리즘을 제안하고 지도 기반의 실내 측위 시스템을 소개한다. FIR(Finite Impulse Response) 필터, HPF(High Pass Filter), 고정 임계값을 통한 안정화 필터등을 소프트웨어적으로 구현하여 적용하여 순수 가속도 정보를 얻는다. 필터를 통해 얻어진 관성 데이터는 이동거리 및 방향 추정 연산을 통해 실제와 비슷한 위치 데이터로 변환된다. 추정된 경로의 오차는 매핑 알고리즘을 거쳐 정확한 위치로 보정된다. 매핑 알고리즘은 특정 건물 내의 지도를 자동으로 인식하여 교차로, 복도, 목적지를 구분하여 위치 정보를 그래프 형태로 저장하고 위치 검색의 효율을 높인다. 또한 실제 거리와 추정 거리간의 관계를 이용하여 매핑계수를 추출하고 이동거리와 방향에 대한 오차 보정의 지표로 활용하여 유동적인 오차 보정이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 실내 측위에 관련된 주요 관련 연구들을 소개하고, III장에서는 관성 측정 장치를 이용한 실내 측위 시스템의 알고리즘을 설명한다. IV장에서는 구현된 실내 측위 시스템에 대해 설명하고 V장에서는 실내 측위 실험 결과에 대해 서술하며 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

위치 기반 서비스(LBS) 산업은 유비쿼터스 환경에서 없어서는 안 될 중요한 기술요소로 평가되고 있으며 현재도 많은 연구가 이루어지고 있는 분야이다. 하지만 실내 측위 분야는 환경적인 요소로 인해 이렇다 할 솔루션이 많이 개발 되지 않았고 연구실 수준에서 그치는 실정이다.

실내 위치 인식 기술의 대부분은 무선통신 기반 기술인데 WLAN(Wireless LAN), UWB(Ultra Wide Band), RFID(Radio-Frequency IDentification)등의 기술이 존재한다. 이런 무선통신 기반 기술의 경우 인프라가 필요해서 초기 설치비용이 높고 문제 발생 시 보수가 어렵다. 또한 신호 간섭의 문제, 위치 정확도, 인식 거리등의 문제가 있어 정확한 위치 측정에 한계가 있다^[2]. 적

외선 기반^[3], 초음파^[4], 자기장^[5]등을 이용한 시스템 또한 간섭에 약하고 인프라 설치 시 주변 환경에 영향을 많이 받는 단점이 있다.

위치를 측정하는 다른 방법으로는 컴퓨터 비전을 이용한 방법이 있다^[6-7]. 카메라로 전송받은 이미지를 미리 저장되어있던 데이터와 비교하여 위치 정보를 계산하게 된다. 비전 기반 시스템의 경우 따로 주변 환경을 바꿀 필요가 없는 장점을 가지고 있으나 매우 방대한 데이터베이스가 필요하다는 단점이 존재한다^[7]. SLAM(Simultaneous Location and Mapping) 방법의 경우 데이터를 미리 저장하지 않아도 되지만 역광이나 좁은 시야 등의 문제로 인해 신뢰도가 낮다.

여러 연구 결과들이 외부 도움이 필요 없는 몇몇 접근 방안을 제시하고 있는데 가장 간단한 것이 보수계(計步器), 즉 걸음 수를 이용하는 것이다. DRM(Dead Reckoning Module)^[8]은 걸음 수를 이용하여 PNS(Personal Navigation System)을 가능케 했다. DRM은 가속도 센서를 이용하여 걸음 수를 검출하고 지자기 센서를 이용하여 방향을 검출하여 2D 위치를 추정한다. 하지만 보폭이 일정하게 정해져 있어서 높은 정확도를 얻기 위해서는 움직임에 제약이 따른다.

SDINS^[9](Strap-down Inertial Navigation System)를 이용한 위치 측정 기술은 사용자의 자세와 움직임 정보를 모두 사용함으로써 사용자의 위치를 높은 정확도로 추정한다. 하지만 추측 항법의 특성으로 인해 추정된 위치의 정확도가 100%가 아니므로 증가하는 오차를 막을 수 있는 새로운 방법이 필요하다.

본 논문에서는 실내의 모든 지점에서 보정을 하는 매핑 알고리즘을 제안한다. 초기 위치 이후로 실제 위치가 업데이트 되지 않는 추측 항법의 단점을 없애기 위해 지도상의 모든 교차로에서 위치 보정을 수행한다. 따라서 시간이 지남에 따라 증가하는 오차를 지속적으로 제거해 주고 정확한 위치를 제공 가능하다.

III. 알고리즘

1. 전체 시스템

구현된 실내 측위 시스템의 알고리즘은 관성 측정 장치의 필터, 위치 추정 알고리즘, 매핑 알고리즘으로 구성되어 있다. 그림 1은 구현된 전체 시스템의 알고리즘이다.

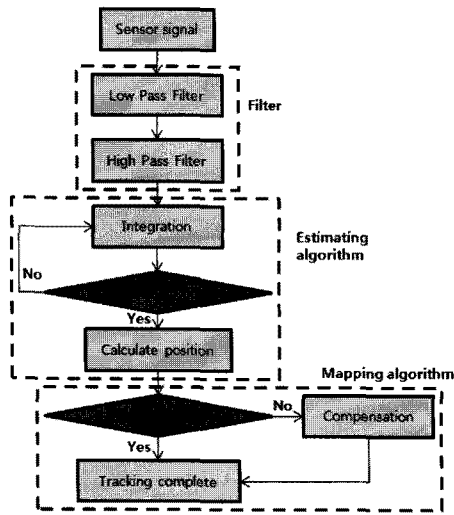


그림 1. 실내 측위 시스템의 전체 알고리즘
Fig. 1. Whole algorithm of indoor localization system.

2. 필터

관성 측정 장치는 가속도 정보와 각가속도 정보를 알아내어 자세 측정에 용이하나 드리프트 오차가 존재한다. 이는 저가형 MEMS(Microelectromechanical Systems) 관성 측정 장치일수록 더욱 심하여 자세 측정마저 불가능하다. 때문에 실내 위치 추적을 위해 여러 가지 필터링 과정이 필요하다. 이를 위해 고정 임계값, 고주파필터(High Pass Filter), 저주파필터(Low Pass Filter) 또는 유한 충격 응답(Finite Impulse Response)을 통한 안정화 필터 등을 소프트웨어적으로 구현하여 적용하였다. 필터를 통해 얻어진 관성 데이터는 이동거리 및 방향 연산을 통해 실제와 비슷한 위치 데이터로 변환된다. 저가형 MEMS 관성 측정 장치일수록 잡음과 오차가 심하기 때문에 필터링이 필요하다.

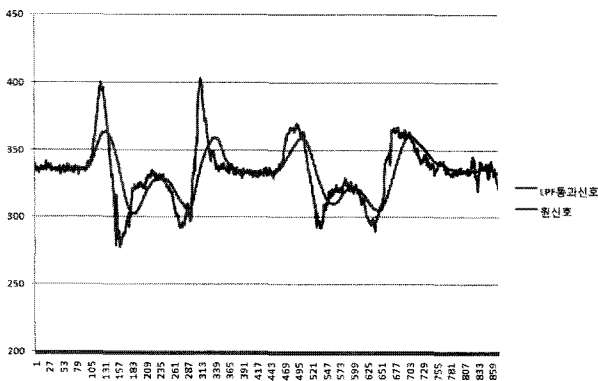


그림 2. LPF 통과 신호
Fig. 2. Changed signal by low pass filter.

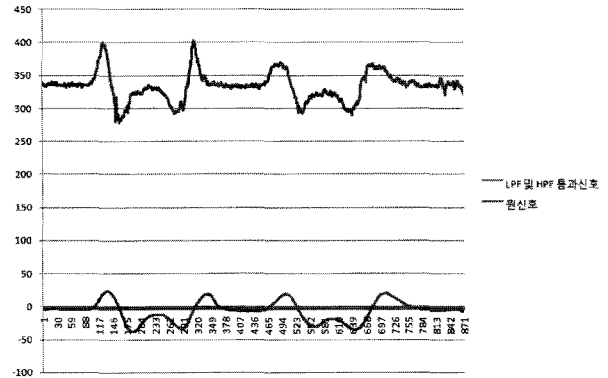


그림 3. HPF를 이용한 바이어스 오차 제거
Fig. 3. Bias error reducing using high pass filter.

가속도 센서와 각속도 센서의 잡음을 줄이기 위해 LPF 나 FIR필터를 이용할 수 있다. 그림 2는 LPF나 FIR필터를 통과한 측정 신호가 가공되기 전의 원 신호에서 잡음을 제거하여 보다 부드러운 신호로 바뀜을 보여준다. 또한 가속도 센서와 각속도 센서로부터 출력되는 신호는 레퍼런스 전압으로 인해 바이어스 오차가 생긴다. 이 바이어스 오차를 없애 주기 위해 HPF를 통과시켜 저주파 특성을 없앤다. 이는 자세에 상관없이 각 축의 가속도 데이터를 측정할 수 있다. 그림 3은 원신호가 LPF와 HPF를 거쳐 순수한 가속도 데이터만을 얻어낸 것을 나타낸다.

3. 위치 추정 알고리즘

관성 측정 장치 필터링을 통해 추출된 관성 데이터는 이동거리 및 방향 연산 알고리즘을 통해 실제 위치 변화와 비슷한 위치 데이터를 생성한다. 이동거리와 방향은 관성 데이터의 적분을 통해 구할 수 있다. 하지만 관성 측정 장치의 드리프트 오차로 인해 위치 데이터의 오차는 시간이 지날수록 기하급수적으로 늘어난다. 이를 방지하기 위하여 기존의 ZUPT(Zero velocity UPdaTe) 알고리즘을 구현하였다. ZUPT 알고리즘은 걸음과 걸음 사이에 0속도의 존재를 이용한 알고리즘으로 한 걸음이 끝나면 속도를 0으로 임의적으로 갱신하여 적분오차를 없앤다. 이는 한 걸음 동안의 오차는 생길 수 있으나 지속적인 오차를 방지할 수 있다.

ZUPT 알고리즘 적용을 위해서는 걸음 수 검출이 필요하다. 걸음 수 검출은 가속도 데이터로부터 에너지를 계산하여 검출한다. 에너지는 걸음과 걸음 사이의 구간에서는 움직이지 않으므로 0이 된다. 에너지 E는 각 축의 가속도 값 Ax, Ay, Az의 제곱을 더한 값의 양의 제

좁은이다.

$$E = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \tag{1}$$

걸음 수가 검출이 되면 걸음이 끝날 때마다 속도를 0으로 초기화시켜 드리프트 오차를 제거한다.

관성측정장치로부터 얻어진 관성 데이터를 이용해 속도와 이동거리 연산을 한다. 속도 V는 가속도 값 A를 적분한 것이고 다시 속도 V를 적분하면 이동거리 D가 계산된다.

$$\begin{pmatrix} V_{(x,y,z)} = \int_{\nabla t} A_{(x,y,z)} dt \\ D_{(x,y,z)} = \int_{\nabla t} V_{(x,y,z)} dt \end{pmatrix} \tag{2}$$

생성된 이동거리(d)와 방향(ϕ) 데이터를 이용하여 기준 위치로부터의 실제와 비슷한 이동 경로를 추정할 수 있다.

$$x_{i+1} = x_i + d \cos(\theta_i) \tag{3}$$

$$y_{i+1} = y_i + d \sin(\theta_i) \tag{4}$$

$$\theta_i = \theta_{i-1} + \phi \tag{5}$$

4. 매핑 알고리즘

위치 추정 알고리즘을 통해 추정된 이동 경로는 실제와 비슷하지만 추측 항법의 특성으로 인해 정확한 위치와는 오차가 있다. 이 오차는 시간이 지날수록 증가하여 실제 위치와는 많은 차이가 난다. 이렇게 증가하는 오차를 지속적으로 없애주기 위해 매핑 알고리즘을 제안한다. 매핑 알고리즘은 지도 상의 모든 교차로, 복도, 목적지에서 움직임에 대한 보정 업데이트가 이루어져 계속해서 늘어나는 오차를 보정한다. 매핑 알고리즘은 맵 인식 알고리즘과 위치 보정 알고리즘으로 크게 두 부분으로 나뉘어진다.

가. 지도 인식 알고리즘

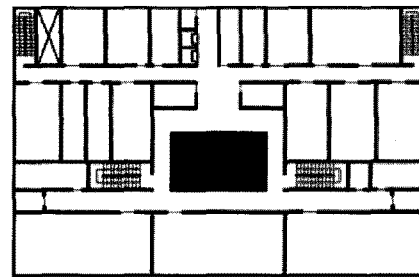
맵 인식 알고리즘은 실제 지도의 간소화된 지도를 입력하면 자동으로 인식하여 지도상의 구성요소인 교차점, 복도, 목적지를 분류한다(Algorithm 1).

Algorithm 1 구성요소 분류 알고리즘

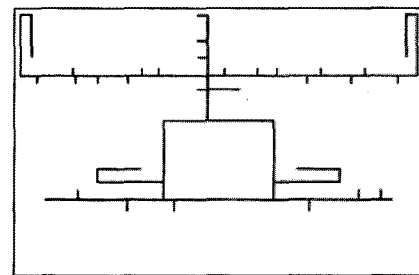
```

for from (0,0) to the size of map
if DotColor(i,j) = black then
for from(i-1,j-1) to the(i+1,j+1)
count black dot
end for
if count=2 then
mapinfo(i,j) ← destination
else if count=3 then
ifDotColor(i-1,j)=DotColor(i+1,j)then
mapinfo(i,j) ← line
else
mapinfo(i,j) ← intersection
endif
else
mapinfo(i,j) ← intersection
endif
else
mapinfo(i,j) ← blank
end if
end for
    
```

맵 인식 알고리즘에 적용하기 위한 간소화된 지도는 선으로 그려진 2차원 그림이다(그림 4).



A) 실제 지도



B) 간소화된 지도

그림 4. A) 실제 지도, B) 간소화된 지도
Fig. 4. A) Real map, B) Minimized map.

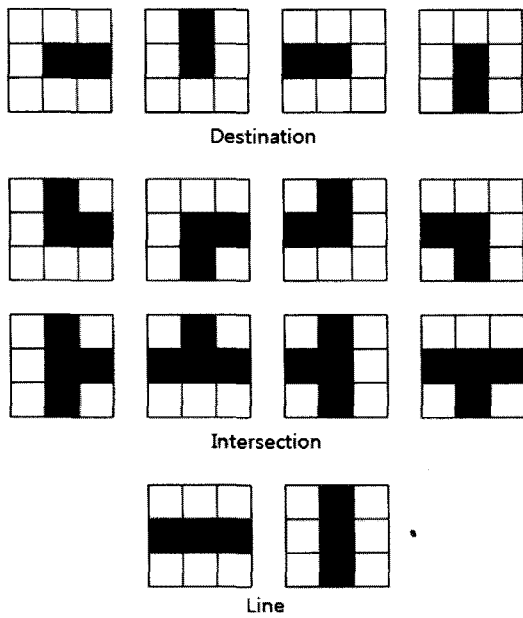


그림 5. 도트 구조 분류
Fig. 5. Classification of dot formation.

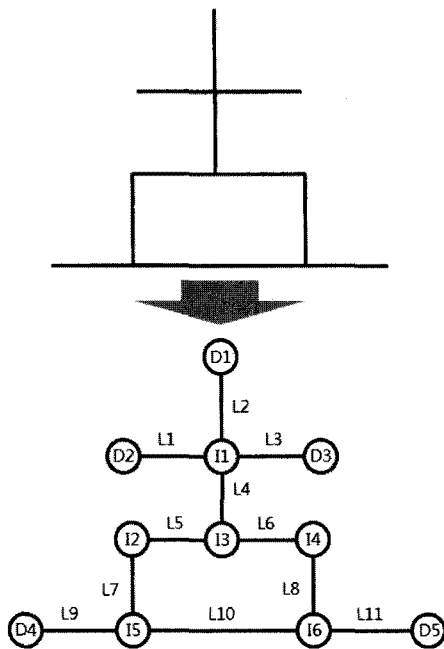


그림 6. 구성요소 간 연결 관계의 그래프
Fig. 6. Map element relation graph.

지도에서 정보를 분류하기 위해 지도의 모든 부분을 검색하여 특징을 추출하여 구조를 인식한다. 지도 파일의 모든 도트(dot)를 검색하여 주변 도트 8개의 구조(그림 5)를 통해 해당 도트가 무엇인지 정의한다.

목적지, 교차로, 복도로 정의된 도트 정보는 주변 도트 정보의 일치 여부 판별을 통해 통합되고 지도상의 각 구성요소간의 연결 관계를 그래프 형태(그림 6)로

저장한다.

나. 위치 보정 알고리즘

위치 보정 알고리즘은 위치 추정 알고리즘을 통해 계산된 위치 정보를 사용자의 움직임 이벤트 발생 시 인근 구성요소로 매핑하여 오차를 줄인다. 매핑된 위치와 이전 위치간의 맵 정보가 다를 경우 해당 구역을 벗어났다고 판단하여 위치 보정을 한다. 인근 구성요소 간 연결 관계 정보 검색을 통해 인근 구성요소로 매핑을 하여 위치의 점프를 방지한다.

위치 보정 시 실제 이동거리와 추정 이동거리를 이용하여 스케일 팩터(a)를 구할 수 있다.

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n AD_i}{\sum_{i=1}^n MD_i} \tag{6}$$

AD는 실제 이동거리로 이전의 보정된 위치로부터 새로 보정된 위치까지의 거리이고 MD는 측정된 거리를 의미한다. 스케일 팩터는 매 위치 보정마다 유동적으로 변하여 센서의 위치변화나 움직임의 패턴에 영향을 받지 않고 정확한 위치 보정을 할 수 있다. 구해진 스케일 팩터값은 위치 추정 알고리즘으로 피드백 되어 추정 위치의 오차를 보정한다.

$$x_{i+1} = \alpha \times (x_i + d \cos(\theta_i)) \tag{7}$$

$$y_{i+1} = \alpha \times (y_i + d \cos(\theta_i)) \tag{8}$$

IV. 실내 측위 시스템

실내 측위 시스템은 크게 관성 측정 모듈과 모바일 디바이스로 구성된다(그림 7). 관성 측정 모듈은 가속도 센서와 각속도 센서의 출력을 받아 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 모바일 디바이스로 측정데이터(raw data)를 전송하는 역할을 한다. 모바일 디바이스는 필터, 위치 추정 알고리즘, 매핑 알고리즘을 통해 관성 측정 모듈로부터 전송받은 측정데이터를 처리, 연산하고 보정된 위치를 디스플레이하여 사용자에게 보여준다.

관성 측정 모듈은 가속도 센서, 각속도 센서, 마이크로컨트롤러 (Microcontroller Unit)로 구성된다(그림 8).

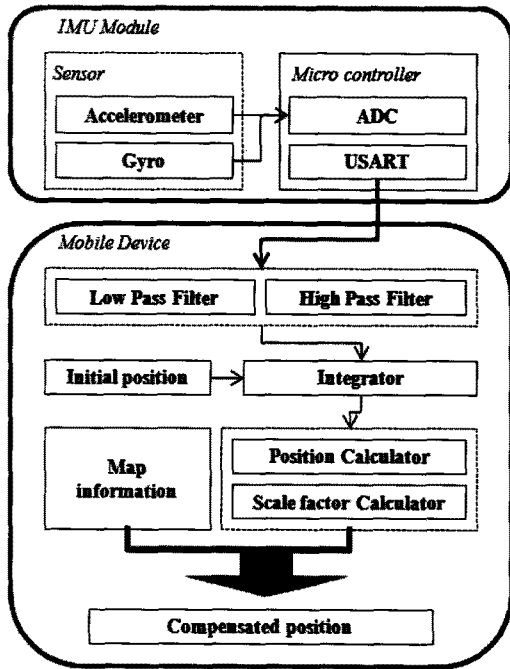


그림 7. 실내 측위 시스템 구조도
Fig. 7. Block diagram of indoor localization system.

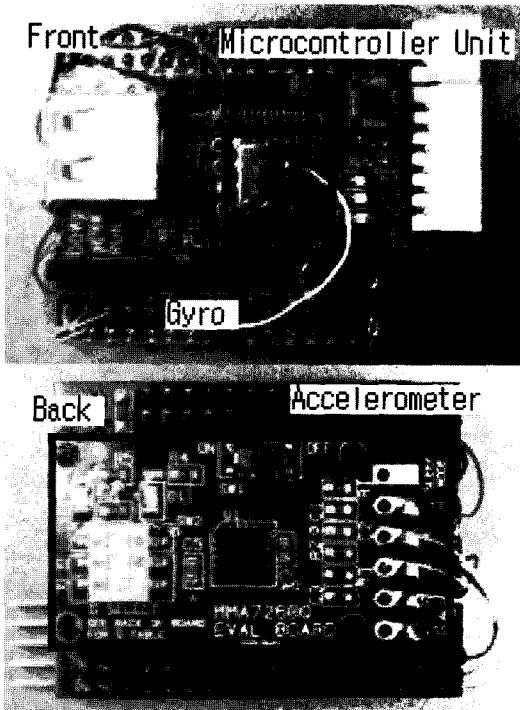


그림 8. 관성 측정 장치
Fig. 8. IMU.

관성 측정 모듈은 가속도 센서는 Freescale사의 KIT3109MMA7260Q 3축 가속도 센서 보드를 사용하였고 각속도 센서는 MURATA사의 ENC-03RD 1축 자이로 센서를 사용하였다. 가속도 센서와 각속도 센서에서

출력되는 신호는 8bit MCU인 Atmega128의 ADC (Analog Digital Converter)를 거쳐 디지털 신호로 변환되고 USART 시리얼 통신을 이용해서 모바일 디바이스로 전송된다.

MMA7260Q 가속도 센서는 800mV/g의 sensitivity를 가지고 1.5g~6g까지의 가속도를 측정 가능하다. 가속도 센서와 자이로 센서의 출력 신호는 10bit ADC를 거쳐 디지털 신호로 변환된다. 이때 관성 정보를 얻기 위한 샘플링 주파수는 약 80Hz이다.

관성 측정 장치에서 가속도 정보와 각속도 정보를 얻기 위해 Foot-mounted SDINS(Strap-down Inertial Navigation system)를 구현하였다(그림 9). 관성 측정 장치는 신발에 부착되어 사용자의 발의 움직임에 대한 관성 정보를 얻을 수 있다.

모바일 디바이스로 전송된 관성 측정 장치의 측정 데이터는 필터와 보정 알고리즘을 거쳐 연산된다. 모바일 디바이스에 올려진 실내측위 시스템 어플리케이션은 최종적으로 보정된 위치를 지도상에 매핑시켜 실시간으로 표시한다(그림 10).



그림 9. 신발 부착 관성 항법 장치
Fig. 9. Foot-mounted SDINS.

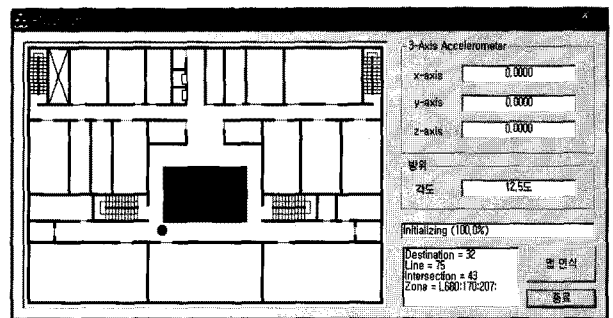


그림 10. 실내 측위 시스템 어플리케이션
Fig. 10. Indoor localization system application.

또한 x,y,z 3축의 가속도 정보를 표시하고 맵 인식 알고리즘을 통해 지도상의 교차로, 복도, 목적지의 수와 현재 위치의 정보를 표시한다.

V. 실험 결과

관성 측정 장치를 통해 얻어진 관성 데이터를 위치 추정 알고리즘을 통해 분석을 하였다. 먼저 위치 추정 알고리즘 실험을 위해 보폭을 50cm, 70cm, 90cm로 15 걸음을 걸어서 측정하였다. 위치 추정 알고리즘을 사용하지 않고 순수 가속도 데이터의 적분만으로 이동거리를 추정할 경우 센서의 드리프트로 인해 오차가 기하급수적으로 늘어나서 일정 보폭으로 걸었음에도 불구하고 추정 거리가 비선형적임을 확인할 수 있다(그림 9).

위치 추정 알고리즘을 사용하여 드리프트 오차를 보정했을 때 이동거리 데이터가 선형성을 띄고 있음을 알 수 있다(그림 12). 그림 12의 우측 그래프는 실제 측정된 관성 데이터이고 좌측 그래프는 관성 데이터로부터 얻어진 걸음 수 및 이동거리이다. 위치 추정 알고리즘을 이용하여 이동거리를 계산한 결과 15걸음 동안 평균 6.8%의 누적 오차가 발생했다.

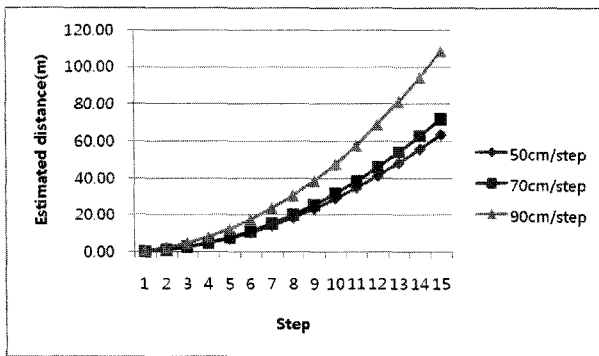


그림 11. 드리프트 오차로 인한 비선형적 추정 거리 특성
 Fig. 11. Nonlinear estimated distance feature caused by drift error.

표 1. 위치 추정 알고리즘을 이용한 추정 거리 및 누적 오차(15 걸음)
 Table 1. Estimated distance and cumulative error using position estimating algorithm.

보폭	추정 거리(m)	실제 거리(m)	누적 오차(%)
50cm	7.88	7.5	5.1
70cm	9.26	10.5	11.8
90cm	13.99	13.5	3.63

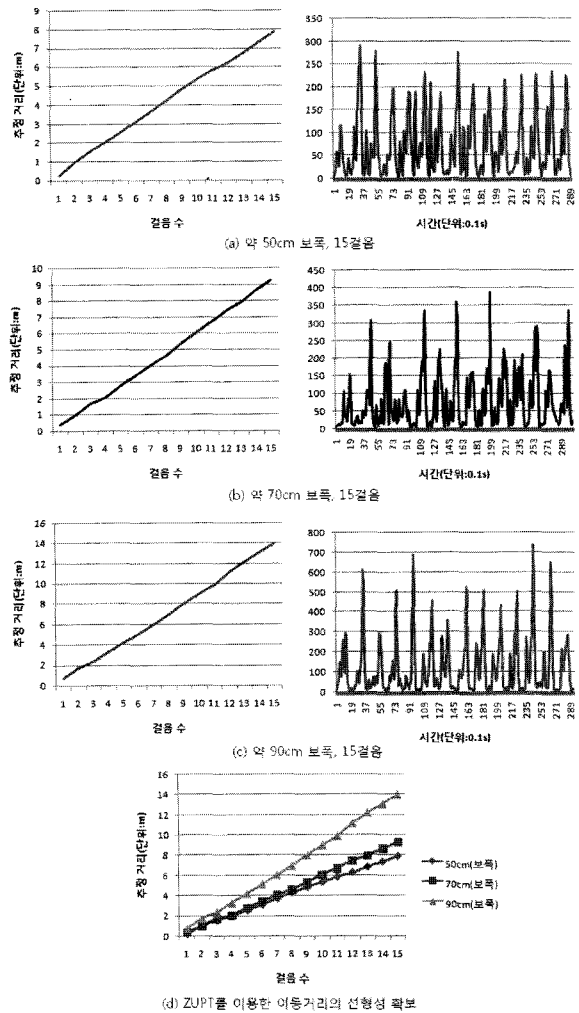


그림 12. 추정 거리의 선형성
 Fig. 12. linearity of estimated distance.

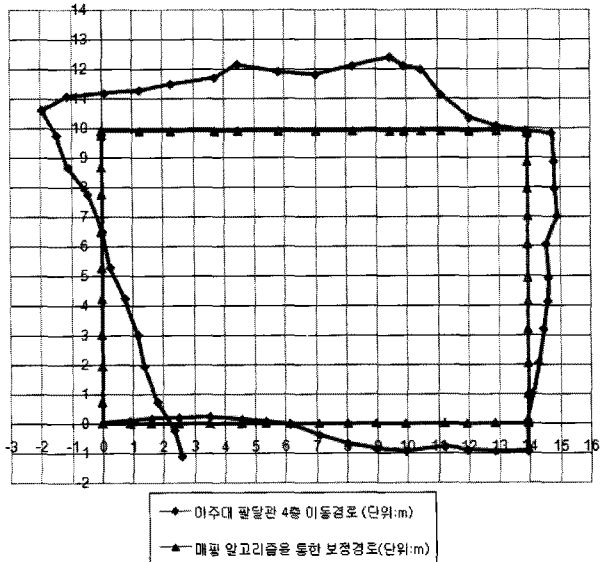


그림 13. 추정 경로와 보정 경로
 Fig. 13. Estimated route and compensated route.

표 2. 지도 인식 정보 테이블
Table 2. The table of map recognition information.

구성요소 정보	구성요소 연결 관계
I1:L66:L1:	I1:7:7:
L1:I1:I2:	L1:7:8:7:9:7:10: ... :7:72:
I2:L67:L1::	I2:7:73:
L66:I1:I3:	L66:8:7:9:7:10:7: ... :18:7:
L67:I2:I4:	L67:8:73:9:73:10:73: ... :24:73:
I3:L88:L66:	I3:19:7:19:7:
L88:I3:D1:	L88:19:8:19:9:19:10: ... :19:51:
D1:L88:	D1:19:52:19:52:
:	:

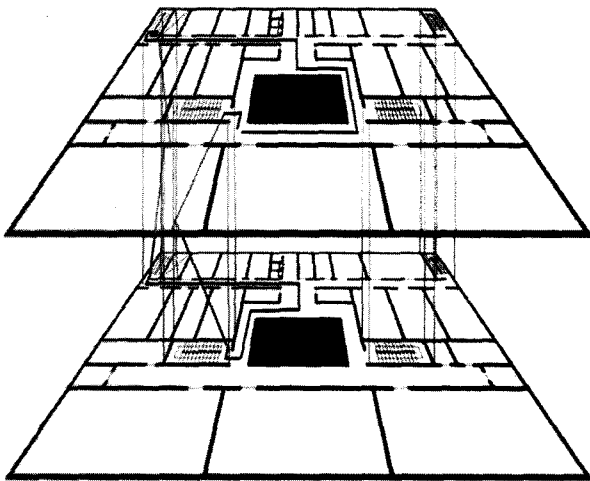


그림 14. 매핑 알고리즘을 통한 실내 위치 인식
Fig. 14. Indoor localization using mapping algorithm.

표 3. 추정 거리 및 보정 거리 오차
Table 3. Error of estimated distance and compensated distance.

횟수	1	2	3
실제 거리(m)	127.5	255	382.5
추정 거리(m)	137.9	273.6	403.5
보정 거리(m)	130.1	256.1	377.8
추정 거리 누적 오차	8.2%	7.3%	5.5%
보정 거리 누적 오차	2.1%	0.4%	1.2%
누적 오차 감소율	-6.1%	-6.9%	-4.3%
추정 거리 평균 오차	10.3%	18.5%	9.2%
보정 거리 평균 오차	8.1%	13.8%	8.0%
평균 오차 감소율	-2.2%	-4.7%	-1.2%

위치 추정 알고리즘을 통해 얻어진 추정 위치를 실험하기 위해 아주대학교 팔달관의 로비를 실험 장소로 설정했다. 직사각형 구간의 가로는 14m, 세로는 10m이고 총 이동거리는 48m이다. 이동 속도는 1m/sec이다.

오차가 있는 추정 위치는 매핑 알고리즘을 통해 지도 상에 보정 후 매핑된다(그림 13). 추정 위치가 실제 이동과 비슷하나 정확하지 않음을 알 수 있다.

맵 인식 알고리즘을 이용해 간소화된 지도의 구성요소를 인식하게 되면 구성요소의 정보와 각 구성요소들의 연결 관계가 저장된다(표 2). I1의 경우 Intersection, 즉 교차로이고 지도 구성요소 연결 관계에 따라 L66, L1, 즉 복도66과 복도1이 인근 구성요소이고 지도 구성요소 정보에 따라 (7,7) 지점에 위치하고 있다. L1의 경우 I1,I2가 인근 구성요소이므로 교차로1과 교차로2가 연결 되어있고 L1은 (7,8)부터 (7,72)까지 이어짐을 알 수 있다.

맵 인식 알고리즘과 위치 보정 알고리즘을 통해 실내 위치를 보정하였다(그림 14). 각 구성요소에서 지속적으로 위치 보정을 한 결과 두 개의 층을 둘러 오는 실험에서 시작점과 끝점의 차이가 없음을 확인할 수 있다.

표 3은 매핑 알고리즘을 이용하여 그림 14의 경로를 세 번 움직였을 때의 추정 거리 및 보정 거리의 오차를 얻은 결과 값이다.

매핑 알고리즘을 사용하여 실내 측위를 하였을 때 보정거리의 평균 누적 오차가 약 1.2%, 평균 오차가 10% 정도 나타남을 확인 할 수 있다. 또한 약 5.8% 정도의 누적 오차 감소가 나타났고 2.7% 정도의 평균 오차 감소가 나타났다.

VI. 결 론

본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서 위치 기반 서비스 제공을 위한 실내 위치 측정을 위해 관성 측정 장치의 오차 보정을 위한 매핑 알고리즘을 제안하고 지도 기반의 실내 측위 시스템을 구현하였다.

Foot-mounted SDINS를 이용하여 걸음 수 검출을 통한 드리프트 오차의 제거로 인해 이동거리의 선형성을 확보하였다. ZUPT 알고리즘을 통해 0속도의 존재를 기반으로 하여 매 걸음 검출 시 속도를 0으로 업데이트 한다. 이는 지속적인 적분요소를 임의로 제거하여 데이터가 발산하지 않고 수렴할 수 있게 한다.

매핑 알고리즘을 통해 Dead Reckoning 방식의 항법 시스템의 단점인 보정 지점(fixing point)의 부재를 해결함으로써 주기적인 위치 정보의 갱신을 가능케 했다. 또한 지도 상의 모든 교차로, 복도, 목적지에서 오차를 보정함으로써 추측 항법의 구간을 최소화하고 신뢰도를

높았다. 간소화된 지도를 자동으로 인식하여 지도 상의 모든 구성요소의 정보와 연결 관계를 구분, 저장한다. 이는 사용자의 움직임 이벤트가 발생했을 경우 인근 구성요소만을 검색함으로써 매핑 위치의 점프를 없애고 검색의 효율성을 높인다.

매핑 알고리즘을 사용하여 약 400m의 실내 측위를 하였을 때 매핑 알고리즘을 사용하지 않고 순수 IMU만을 이용하여 실내 측위를 했을 때 보다 5.8%의 누적 오차와 2.7%의 평균 오차가 낮음을 확인할 수 있었다.

또한 위치 추정 알고리즘과 매핑 알고리즘을 통해 구현된 실내 측위 시스템은 저가형 관성 측정 장치만을 이용하여 실내 측위가 가능함을 보였다.

참고 문헌

[1] 김태겸, 김석철, 김진형, 조위덕, “저가형 관성 측정 장치를 이용한 실내 측위 시스템 구현,” 대한전자공학회, 하계종합학술대회, 제32권, 제1호, pp. 720-721, 2009년 7월.

[2] 조영수, 조성윤, 김병두, 이성호, 김재철, 최완식, “실내의 연속측위 기술 동향,” 전자통신동향분석, 제22권, 제3호, 2007년 6월.

[3] A. Butz, J. Baus And A. Kruger, “Augmenting buildings with infrared information,” *Proc. Int. Symp. on Augmented Reality, IEEE Computer Society Press*, pp. 93-96, 2000.

[4] J. Newman, D. Ingram and A. Hopper “Augmented reality in a wide area sentient environment.” *Proc. IEEE and ACM Int. Symp. on Augmented Reality*, pp. 77-86, 2001.

[5] Y. Liu, Y. Wang, Y. Dayuan And Y. Zhou. “DPSD algorithm for AC magnetic tracking system.” *IEEE Symp. on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems*, pp. 101-106, 2004.

[6] M. Kouroggi and T. Kurata, “Personal positioning based on walking locomotion analysis with self-contained sensors and a wearable camera.” *Proc. 2 d IEEE and ACM Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality*, pp. 103-112. 2003.

[7] C. Galindo et al. “Vision SLAM in the measurement subspace.” *Proc. IEEE Int. Conf Robotics andAutomation*, Barcelona, Spain, pp. 30-35, 2005.

[8] PointResearch/Honeywell, 2009, <http://www.ssec.honeywell.com/magnetic/products.html>

[9] David H. Titterton and John L. Weston, *Strapdown Inertial Navigation Technology - 2nd Edition*, The Institution of Electrical Engineers, pp. 310-330, 2004.

저자 소개



김 태 겸(정회원)
2008년 아주대학교 전자공학부
학사 졸업.
2010년 아주대학교 전자공학과
석사 졸업.
<주관심분야 : 센서 신호 처리(필터 설계), 행동 인지, 실내 측위, 패턴 인식>



조 위 덕(정회원)
1987년 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학박사).
1983년~1991년 금성전기(현 LG전자) 기술연구소 DSP 연구 실장.
1991년~2003년 전자부품연구원(KETI) 시스템연구본부 본부장.
1993년 미국 TCSI/Berkeley PCG Group 공동개발연구원.
1994년 영국 TTP/Cambridge GSM Division 공동 개발연구원.
현 지식경제부 21세기프론티어사업 (재)유비쿼터스컴퓨팅(UCN)사업단장.
현 아주대학교 유비쿼터스시스템연구센터장.
현 아주대학교 전자공학부 교수.
<주관심분야 : 통신, 컴퓨터, 신호처리, 반도체>