

측위 정확도 향상을 위한 복합 IPS 시스템 설계

이현섭¹ · 김진덕^{2*}

Design of complex IPS system to improve positioning accuracy

Hyoun-sup Lee¹ · Jin-deog Kim^{2*}

¹Department of Application Software Engineering, Dong-eui University, Pusan 47340, Korea

²Department of Computer Engineering, Dong-eui University, Pusan 47340, Korea

요 약

WPS는 현실세계에 산재한 무선 신호를 활용하여 측위를 수행한다. 측위 위치의 무선 신호 정보를 수집하여 radio map을 구성하는 구축단계, 구성된 정보와 수집된 무선 신호를 비교하는 측위 단계로 나누어진다. WPS는 측위 시 수집된 신호에 변화가 나타날 경우 측위 정확도의 하락을 가지고 온다. PDR은 관성 센서들을 활용하여 보행자의 걸음걸이 수, 이동거리, 방향을 분석하여 최종 이동지를 분석하는 시스템이다. WPS의 측위 결과가 두 개 이상의 위치로 나타날 경우 측위 정확도의 문제로 판단할 수 있다. 몇몇의 조건에서 문제가 발생하게 된다. 본 논문에서는 앞서 언급한 문제점이 발생하는 상황에 대하여 분석하고 이를 PDR을 통해서 보정하는 시스템에 대하여 제안한다. 이 복합측위를 적용할 경우 WPS에 문제가 발생할 경우에도 측위 정확도를 유지하거나 향상 시킬 수 있을 것으로 사료된다.

ABSTRACT

WPS(Wifi Positioning System) conducts positioning using wireless signals scattered in real world. This process is divided into two stages: Construction Stage that collects information on wireless signals for determining location and constructs a radio map and Positioning Stage that compares the constructed information with the collected information on wireless signals. WPS lowers the accuracy of positioning if changes occur to the collected signals during positioning. PDR have recently been studied. IPS is a system designed to find out the final destination by analyzing pedestrian's no. of gait, travel range, and direction through inertial sensors. If the positioning results of WPS appear in more than two locations, it can be thought as the problem of positioning accuracy. In some cases, problems occur. In this respect, this study analyzes the situations in which the problem as mentioned above occurs and proposes a system to solve this problem through PDR.

키워드 : 실외 측위, 실내 측위, 측위 정확도, 보행자 이동 패턴 예측, 측위 보정

Key word : OPS, IPS, PDR, Positioning accuracy, Positioning calibrated

Received 31 August 2017, Revised 01 September 2017, Accepted 25 September 2017

* Corresponding Author Jin-deog Kim(E-mail: jdk@deu.ac.kr, Tel:+82-51-890-1745)

Department of Computer Engineering, Dongeui University, Busan 47340, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.10.1917>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

IPS(Indoor Positioning System)는 실내 측위 시스템이다. GPS음영 지역인 실내 위치를 판단하기 위해서 특정 시스템을 활용하여 측위를 수행한다. 그 중 WPS(Wifi Positioning System)는 IEEE 802.xx 표준의 2.4GHz와 5.0GHz대역의 무선 신호를 활용한 측위 시스템으로 많이 사용되고 있는 IPS중 하나이다.

WPS는 산재한 무선 AP를 사용하거나 전용 AP를 설치하고 그 신호를 수집하여 radio map을 구성하는 1단계와 측위 과정에서 수집된 AP의 정보와 radio map을 비교 하여 현재 위치를 판단하는 2단계로 구성된다[1].

위치 판단을 위한 측위 알고리즘은 일반적으로 구축 radio map과 수집 정보 사이의 차이를 이용한 핑거프린트 방식을 주로 사용한다. 핑거프린트에 적용하는 알고리즘으로 TDOA, 유클리드 거리, max-min signal 비교 등을 사용한다[2-4].

WPS는 radio map을 구축할 때 수집된 신호 세기와 측위 수행시점에 수집된 특정 위치의 무선 신호 세기의 차이가 거의 없을 경우 비교적 정확한 측위를 수행한다. 그러나 현실세계에서 빈번하게 발생하는 radio map에 등록된 AP기기의 고장, 장애물 발생, 채널 간섭 등의 신호 변동 정보와 개방형 및 특별한 구조의 건물 내에서는 층별 신호 구분이 쉽지 않은 경우도 있어 측위 정확도의 하락이 종종 발생한다. 특히 WPS의 측위 오류가 같은 고도에서 전후 차이가 아닌 서로 다른 고도 즉, 개방형 건물에서 층과 층사이의 신호를 정확하게 판단 못하여 발생하는 오차는 심각한 정확도 오류라고 할 수 있다[5].

PDR(Pedestrian Dead-Reckoning)은 보행자 위치 추정 방법으로 보행자의 걸음걸이, 보폭 수, 이동 방향 정보를 통해 이동 위치를 추적하는 시스템이다. 일반적으로 관성 센서들에서 발생한 정보를 활용하며 최근에는 스마트폰 내부에 있는 관성 센서의 정밀도 및 정보 수집의 용이함으로 인해 많이 사용되어 지고 있다.

보행자의 보폭의 경우 매번 일정하게 유지 되는 것이 아니라 타 보행자로 인한 보폭 제약, 손에 쥐고 있거나 가방, 주머니 등의 관성센서 위치에 따른 오차 정보 등이 발생하게 된다. 특히 시간의 흐름에 따라 누적오차는 더욱 커지게 되고 이로 인해 보행자의 위치 추정

에 대한 정확도는 PDR 실행 시간 대비 급격하게 떨어지게 된다[6,7].

본 논문에서는 앞서 언급한 두 가지의 측위 시스템을 활용한 복합 IPS 측위 시스템에 대하여 제안한다. 제안된 기법은 WPS의 정확도 단점을 PDR로 보정하고 PDR의 누적 오차를 WPS를 통해 제거하여 실내 측위 정확도를 높이는 시스템이다.

II. 복합 IPS 측위 시스템

본 장에서는 IPS 복합 측위 시스템의 구조에 대하여 설명하고 제안된 시스템의 특징을 설명한다.

2.1. 복합 IPS 측위 시스템 구조

그림 1은 실외에서 실내로 진입할 때 복합 IPS 측위의 실행 구조이다.

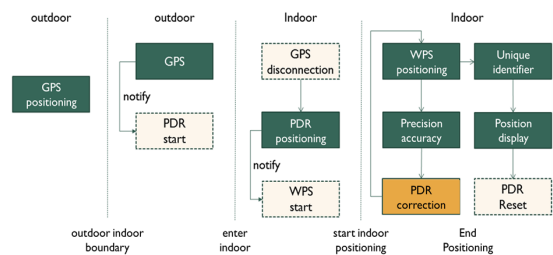


Fig. 1 Complex IPS positioning system structure

GPS를 통한 실외 측위, WPS를 활용한 실내 측위, PDR 정보를 활용한 GPS, WPS 보정 등의 기능을 수행하며 각각의 전환은 인위적인 수행이 아닌 자연 전환 형태를 가진다.

실외의 경우 GPS정보로 위치를 판단하고 실내로 진입하면 WPS를 실행 시키며 PDR을 구성하는 관성 센서들을 동작 시킨다.

측위 수행 시점에서 WPS의 측위 결과가 두 개 이상의 포인트를 나타낼 경우 표 1과 같이 PDR테스크에서 수집된 센서 정보들을 분석하여 보정 측위를 수행한다.

보정 측위 수행 이후 현재 위치를 PDR의 출발 지점으로 리셋하며 기존 수집된 관성 센서 정보들은 시스템에서 삭제하고 향후 측위를 준비한다.

Table. 1 WPS, PDR algorithm

```

WPS task start, PDR task start
start point setting;
while(until positioning point){
PDR collect sensor information();}
start positioning{
if(WPS positioning result = 1){
start point setting;
PDR task reset;
return position;}
else{
PDR start;
sensor data analysis;
positioning result compensation;
return position;}}
    
```

2.2. 복합 IPS 측위 시스템 맵 구조

제안된 시스템의 경우 WPS의 radio map만 사용할 경우 IPS 측위 보정의 결과를 효과적으로 사용할 수 없으며 계속 누적되는 센서 데이터의 리셋 시점을 지정하기 쉽지 않다. 따라서 PDR을 활용하기 위한 별도의 sensor map을 구성해야 한다.

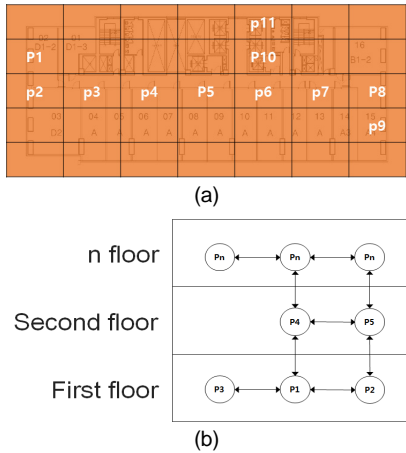


Fig. 2 (a) WPS radio map (b) PDR sensor map

그림 2의 (a)는 WPS맵 구조이며 (b)는 PDR맵 구조를 나타낸다. WPS radio map은 그리드 타입으로 AP의 신호에 따라 구분지어지며 기존의 radio map과 동일한 타입을 가진다.

PDR의 sensor map은 그래프 구조로 구성되어 실내의 모든 위치를 연결한다. 기존 그래프는 노드와 노드 사이에 비용 값만을 가지지만 본 시스템의 경우 노드와 노드 사이에 이동 가능한 패턴 정보를 추가로 가진다.

Table. 2 PDR sensor map structure

Position	Next Position	Path Cost	Move Pattern
p1	p2	3	right turn
p1	p3	3	left turn
p1	p4	3	climb stairs

표 2와 같이 sensor map 표현을 위한 DB 구조 중 Move pattern 속성을 활용하여 현재 노드에서 다음 노드를 진행할 때 수집된 PDR 센서 정보를 Move pattern 속성과 비교하여 이동 가능한 노드를 구분하게 된다.

예를 들어 p1의 포지션에서 수집된 PDR 센서 정보에 계단 오르기 패턴이 있을 경우 p4로의 진입만 검색되게 한다. 따라서 수집된 정보의 보행자 특성을 정확하게 파악할 경우 이동 방향 및 이동 가능 구간을 판단할 수 있고 이 정보를 활용하면 WPS 정확도가 낮을 경우 효과적으로 보정할 수 있다.

III. 복합 IPS 측위 시스템의 연계 처리

3.1. 복합 IPS 측위 알고리즘의 연계 기법

PDR의 정확도는 짧은 시간 내에 보행자의 모든 정보를 추출해야 하는데 진입과 동시에 계단을 오르는 정보나 회전 정보가 GPS의 단절로 인한 측위 시스템 변환 전에 이루어져 수집되지 않을 경우 IPS 측위에 심각한 영향을 줄 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 심리스 로딩(Seamless Loading) 방식을 활용하여 OPS와 IPS의 연계를 실행 한다.

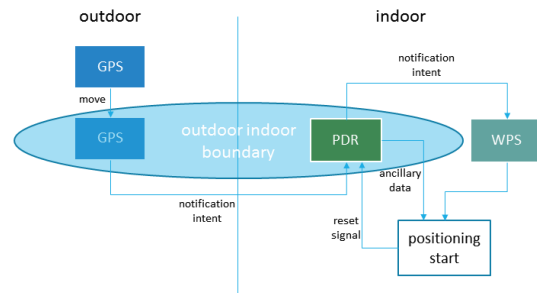


Fig. 3 Linked positioning structure

그림 3과 같이 이동 객체가 출입구 영역으로 진입하면 내부적으로 GPS의 이전 정보를 저장하고 PDR을 실

행하여 센서 정보를 수집하여 자연스럽게 OPS와 IPS를 연계한다. 본 논문에서 제안하는 실내 측위는 이와 같이 측위 알고리즘 간의 연계가 주기적으로 실행되어 복합 IPS 측위를 수행하게 된다.

IV. 실험결과 및 고찰

표 3은 복합 IPS 측위 알고리즘과 전통적 방식의 WPS, 저준위 WPS 알고리즘의 성능 및 정확도를 비교하기 위한 테스트 환경이다.

Table. 3 Test environment

	Test 1	Test 2
Environment	Distance between points : 20m sample data : 100 Exceptions : none	Distance between points : 5m sample data : 100 Exceptions : real time data
result	Positioning accuracy(%)	

테스트를 위한 측위 시스템은 삼성 전자의 안드로이드 기반 (마시멜로 버전) 갤럭시 노트 5 환경에서 수행하였으며 radio map 및 PDR sensor map은 SQLite, 알고리즘 실행 언어는 java 1.8 jdk 기반으로 구현되었다.



Fig. 4 Test-bed a) Common building

또한 각각의 테스트는 일반적인 건물 공간과 내부가 오픈되어 있는 공간에서 수행되었으며 일반적인 건물 타입은 그림 4의(동의대학교 산학협력관)을 테스트 환경으로 수행했으며 실내가 오픈되어 있는 건물 타입은 그림 5(김해 봉황동 신세계 백화점)을 테스트 환경으로 수행하였다.



Fig. 5 Test-bed b) Open building

그림 6-(a)는 테스트 1의 정확도 결과이다. 신호 세기에 영향을 주는 요소를 없애기 위해 사람 및 사물의 움직임이 거의 없는 야간 및 개장 직후 시간을 활용하여 테스트를 수행하였으며 radio map의 구축 기간과 측위 시점 사이의 시간 흐름이 작아 핑거프린트 radio map을 활용하는 WPS의 문제점인 시간 변동에 따른 구축 radio map 신호의 변동이 적어 정확도는 매우 높게 나타났다.

신호 변동이 없기 때문에 측위 정확도는 3개의 알고리즘 모두 매우 높은 정확도를 나타내었으며 1~5개의 오류는 현실세계에서 발생한 AP 신호의 단절 및 스마트폰의 오작동(안드로이드 OS의 경우 시스템 핵심 하드웨어가 아닐 경우 사소한 오류는 무시함)에서 기인한 것으로 사료된다. 그림 6-(b)의 결과는 오픈 환경의 측위 정확도 결과로 일반 구조 환경과 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 특이할 점은 통합 측위에서 층간 구분만 PDR이 수행할 경우 정확도에 영향을 주지는 않지

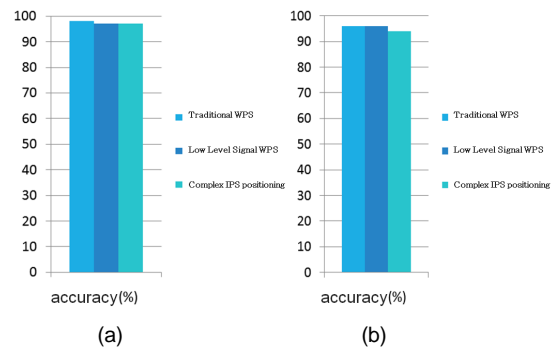


Fig. 6 Test1 result

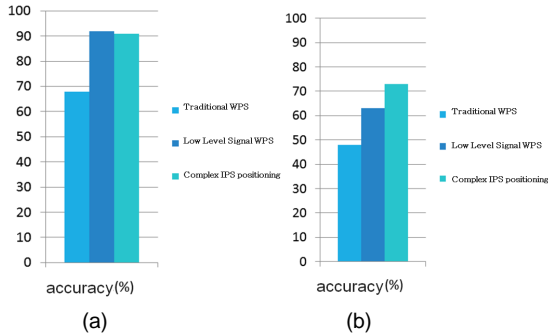


Fig. 7 Test2 result

만 같은 층 내에서 WPS 탐색 성능을 높이기 위해 영역을 구분할 때는 최소 40도 이상의 회전 정보를 가지고 수행해야 한다. 즉, 층간 이동 정보의 이벤트는 PDR 연산으로 쉽게 구분하지만 회전 정보를 구분하기 위해서는 정확한 회전 정보를 인식해야 하는데 현재 진행 환경에서 38도 이하로는 진행 정보와의 큰 차이점이 나타나지 않는 경우가 발생하기 때문에 영역 구분에서 보행자의 회전 정보가 어느 정도 발생할지를 고려하여 WPS 맵 분할을 수행해야 한다.

그림 7-(a)는 일반구조와 개방 구조 환경에서의 테스트 2 결과를 나타내고 있다. 일반구조의 경우 유클리드 WPS의 성능 저하가 나타났는데 그 이유는 측위 지점 사이의 거리가 5m로 줄어 인근 측위 지점과 현재 측위 지점에서 공통으로 수집되는 무선 신호가 증가하였기 때문이다. 저준위 비교 방식의 WPS와 통합 측위 알고리즘의 경우 정확도는 테스트 1의 결과와 유사함을 보이고 있다. 반면에 그림 7-(b) 개방 구조에서의 정확도는 모든 연산 알고리즘이 하락하였는데 모든 조건을 비교할 수는 없었지만 유클리드의 경우 50% 이하로 하락하였으며 저준위 비교 방식의 WPS 또한 60%에 머물렀다. 통합 측위 알고리즘은 약 75%의 정확도를 보였는데 이 또한 개방 구조로 인한 여러 층에 걸친 특정 AP의 신호 수집 및 신호 감쇄, 교란 등의 영향이 사람이 많은 백화점이어서 크게 나타난 것 때문이라고 분석할 수 있다. 또한 통합 측위 알고리즘의 정확도 하락폭이 낮은 이유는 이전 성능 결과에서도 설명한 것과 마찬가지로 현재 비교 대상을 PDR을 통해 큰 폭으로 제거하고 나머지의 측위 대상 또한 PDR의 특징(위아래 층간 구분, 큰 폭의 회전 등)을 통해 중복된 WPS의 측위 결과를 구별해 주기 때문이다.

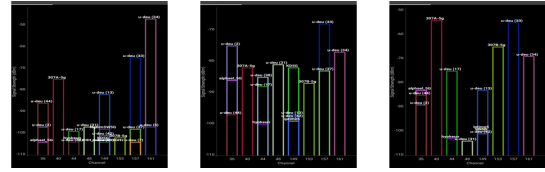


Fig. 8 Wireless signals detected in common buildings

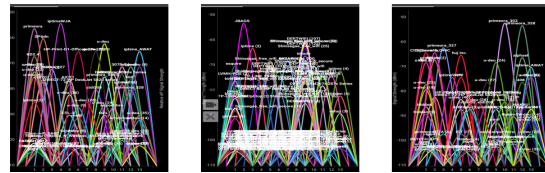


Fig. 9 Wireless signals detected in open buildings

최근에 건설된 많은 건물들은 미관 및 구조 편의상 개방구조가 대부분이며 상용건물의 경우 일반구조의 건물에 비해 유동 인구가 밀집되어 여러 가지 서비스를 위해 매우 많은 AP가 존재한다.

과거 WPS의 경우 이러한 AP의 증가, 유동인구 밀집 등의 영향으로 측위 정확도와 연산 성능이 문제가 되었으나 저준위비교, 채널 간섭을 피하기 위한 radio map 구축 등 다방면의 연구로 인해 이러한 문제점을 해결하게 되었다. 그러나 그림 8과 같은 일반 건물 구조 환경에서의 AP 신호 특징에 비해 그림 9와 같은 개방 구조 환경에서의 AP 신호 특징은 기존의 WPS 연산 성능 및 정확도를 크게 하락시키는 구조를 보인다.

즉, 개방 건물에서는 인접 층간 동일 AP 신호의 탐색 확률이 크게 증가하여 WPS 연산 과정에 심각한 영향을 주기 때문에 이를 해결하기 위한 여러 가지 방안을 고려해야 한다. 본 논문에서 제시한 복합 IPS 측위 시스템의 경우 이 문제를 해결하기 위한 방안 중 하나로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

V. 결론

WPS는 IPS 시스템 중 현재 가장 많이 사용되고 있는 시스템이다. 측위 방식에 따라 별도의 구축비용 소모가 없고 측위 알고리즘의 구현도 많이 개발되어 있고 정확도도 비교적 높은 편이다. 그러나 건물의 주변 AP들이 서로 영향을 많이 주고 받는 대규모 오픈 구조나 굴곡 및 교차점 등이 많은 구조의 건물에서는 신호 왜곡으로

인한 측위 정확도의 문제가 아직까지도 이슈로 다루어진다. PDR은 보행자의 보행 패턴을 분석하는 시스템으로 특정 구간(계단, 굴곡, 엘리베이터 등)의 정보를 비교적 정확하게 관성센서를 통해 수집하여 분석할 수 있다. 본 논문에서는 WPS의 단점을 해결하기 위해 PDR과의 복합 IPS 측위 시스템에 대하여 제안하였다.

제안된 시스템은 WPS측위의 결과에 PDR 정보를 적용하여 측위의 정확도를 높일 수 있도록 설계되었다. 또한 PDR의 문제점인 정보 수집의 장기화로 인한 보행 패턴 분석 정확도의 하락 문제와 높은 정확도를 위해 별도로 PDR 전용 sensor map을 구축하는 방안에도 제안하였다. 본 시스템을 적용할 경우 기존 WPS에 비하여 고도 차이의 측위 정확도 문제는 거의 해결될 것으로 사료되며 같은 고도의 위치 오차도 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGMENTS

This Work was supported by Dong-eui University Foundation Grant(2016)

REFERENCES

[1] S. H. Jeong, and H. S. Shin, "The Trend of WPS(WiFi

Positioning System & Service)", *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol.6, no.3, pp.433- 438, Jan. 2011.

[2] K. W. Cho, E. Y. Chang, and C. H. Oh, "Radial Reference Map-Based Location Fingerprinting Technique," *Journal of information and communication convergence engineering*. vol.14, no.4, pp. 207-214, Dec. 2016.

[3] J.H.Kim, and S.Y.Kang, "Hybrid Algorithmic Framework Using IMU and WPS for Smart Phone Positioning Systems," *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*. vol.38, no.8, pp.663-673, 2013.

[4] J.L. Lu, F. Valois, B. Widrow, and S. D. Stearns, "Performance evaluation of 802.11 WLAN in a real indoor environment," *Wireless and Mobile Computing Networking and Communications, IEEE International Conference*, pp. 140-147, Jun. 2006.

[5] H. S. Lee, and J. D. Kim, "Construction of a Radio map for WPS Resistant to Signal Strength Fluctuation," *Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.18, no.11, pp.2685~2690, Nov. 2014.

[6] D. Y. Kim, and L. Choi, "Correction Algorithm for PDR Performance Improvement through Smartphone Motion Sensors," *KIISE Transactions on Computing Practices*. vol.23, no.3, pp.148-155, Mar. 2017.

[7] H. Yin, H. Guo, X. Deng, M. Yu, and J. Xiong, "Pedestrian Dead Reckoning Indoor Positioning with Step Detection Based on Foot-mounted IMU," *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL TECHNICAL MEETING-INSTITUTE OF NAVIGATION*. vol.2014, pp.186-192, 2014.



이현섭(Hyoun-Sup Lee)

2017년 8월 : 동의대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
2014년 4월 ~ 현재 : 동의대학교 응용소프트웨어 공학과 조교수
※관심분야 : IPS, 데이터베이스, 스마트 애플리케이션, 모바일 웹



김진덕(Jin-deog Kim)

2000년 8월 : 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
2001년 ~ 현재 : 동의대학교 컴퓨터공학과 교수
※관심분야 : 데이터베이스, GIS, 모바일 시스템, LBS