
RSSI기반에서 다양한 삼변측량 위치인식 기법들의 성능평가

김선관* · 김태훈** · 탁성우***

Performance Evaluation of RSSI-based Trilateration Localization Methods

Sungwan Kim* · Taehoon Kim** · Sungwoo Tak***

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음

요 약

현재 무선 통신기술의 발전으로 위치기반 서비스 및 위치 인식의 중요성이 증가하는 추세이다. 여러 위치 인식 기법 중에서 삼변측량 기법이 대표적이다. 그러나 삼변측량 기법에서는 장애물이나 실내 주변 환경의 변화로 인하여 거리 오차가 발생하면 정확한 위치 인식을 할 수 없다. 위치 인식을 향상시키는 기존 삼변측량 인식 기법에 대한 연구가 많이 있었지만, 삼변측량 위치인식 기법에 대한 체계적인 분석을 하지 않았다. 본 논문에서는 기존의 삼변측량 위치인식 기법들을 분석하고, 거리오차로 인해 위치 인식의 오차를 줄이는 기법들을 평가하였다.

ABSTRACT

Currently, the importance of location-based services and location awareness has been grown due to the advancement of wireless communication technologies. Among several localization techniques, the trilateration localization is one of major localization techniques. However, distance estimation errors caused by obstacles and indoor environment changes lead to inaccurate localization. Although there are existing trilateration localization methods, they have focused on addressing a few problems of trilateration location approaches without detailed analysis. This paper analyzes existing trilateration location methods and evaluate their performance.

키워드

삼변측량, 위치인식, 위치 서비스, 무선 통신

Key word

Trilateration, Location-awareness, Location-based Service, Wireless Communication

* 준회원 : 부산대학교 컴퓨터공학과
** 정회원 : 부산대학교 컴퓨터공학과
*** 종신회원 : 부산대학교 컴퓨터공학과 (교신저자, swtak@pusan.ac.kr)

접수일자 : 2011. 10. 28
심사완료일자 : 2011. 10. 28

I. 서론

현재 무선 통신기술의 발전으로 위치기반 서비스에 관심이 높아지고 있으며 이로 인해, 위치 인식의 중요성이 증가하고 있는 추세이다. 위치 인식 방식은 다음과 같이 두 가지로 분류된다. 첫 번째 방식은 비컨 노드와 자신의 위치를 알고자 하는 단말 노드 사이의 거리를 직접 계산하지 않고 위치를 추정하는 방법으로 거리정보에 기반을 두지 않는 위치 인식 (**Range-free**) 방식이다. 두 번째 방식은 비컨 노드와 단말 노드간의 거리를 측정하는 거리정보 기반의 위치 인식 (**Range-based**) 방식이다.

비컨 노드와 단말 노드간의 거리 측정 기법에는 **RSSI** (**Received Signal Strength Indication**) 기법 [1], **ToA** (**Time of Arrival**) 기법 [2-3], **AoA** (**Angle of Arrival**) 기법, 그리고 **TDoA** (**Time Difference of Arrival**) [4] 기법이 있다. **RSSI** 기법은 수신된 무선 신호의 세기를 의미한다. 무선 신호가 전달되는 거리가 길어질수록 **RSSI** 값이 작아지는 것을 이용하여 **RSSI**값을 거리로 변환할 수 있다, **TOA** 기법은 전파의 도달시간을 이용하여 거리를 계산한다. **TDOA** 기법은 신호의 도착시간 차이를 이용하여 거리를 계산한다. 마지막으로 **AOA** 기법은 무선 신호가 수신되는 각도를 이용하여 거리를 측정한다.

지금까지 설명한 기법으로 측정된 거리를 이용한 위치 기법 중에서 대표적인 위치 인식 기법으로 삼변측량 위치인식 (**Trilateration Localization**) 기법이 있다. 삼변측량 위치인식 기법은 비컨 노드와 단말 노드간의 거리 정보를 이용하여 위치를 계산한다. 그러나 비컨 노드와 단말 노드 간에 존재하는 장애물이나 주변 환경에 의해 추정된 거리에 오차가 발생하면, 삼변측량 기반의 위치 인식 기법에서 정확한 위치 정보를 생성할 수 없다. 여러 위치 인식 기법 중에서 삼변측량 기법이 대표적이다. 그러나 삼변측량 기법에서는 장애물이나 실내 주변 환경의 변화로 인하여 거리 오차가 발생하면 정확한 위치 인식을 할 수 없다. 위치 인식을 향상시키는 기존 삼변측량 인식 기법에 대한 연구가 많이 있었지만, 삼변측량 위치인식 기법에 대한 체계적인 분석을 하지 않았다.

본 논문에서는 기존의 삼변측량 위치인식 기법들을 분석하고, 거리오차로 인해 위치 인식의 오차를 줄이는 기법들을 비교평가 하였다.

II. 삼변측량 위치인식 기법에 대한 분석

이 장에서는 삼변측량 위치인식 기법의 기본 동작 원리에 대해 기술을 하였다. 거리 측정 오차가 발생하는 경우 거리 측정 오차를 줄이기 위해 제안되고 있는 삼변측량 기반 위치인식 기법들이 있다. 기존 연구들을 분석한 결과, 삼변측량 기반 위치인식 기법의 성능을 향상시키기 위해 제안된 기법들은 확률을 이용한 삼변측량 위치인식 기법과 지역 유사성을 이용한 삼변측량 위치인식 기법, 그리고 토폴로지를 이용한 삼변측량 위치인식 기법으로 분류할 수 있다.

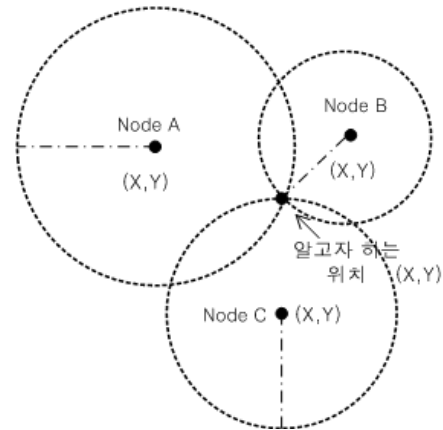


그림 1. 삼변측량 위치인식 기법
Fig. 1 Trilateration localization

그림 1은 삼변측량 위치인식 기법을 보여준다. 비컨 노드와 단말 노드 간의 측정된 거리 정보를 기반으로 하여 위치를 측정하는 삼변측량 위치인식 기법은 직접적인 거리 측정 기술이 발전하면서 최근 **GPS**를 포함한 다양한 위치 서비스에서 사용되고 있다. 삼변측량은 세 개의 비컨 노드와 자신의 위치를 알고자 하는 단말 노드간의 개별 측정 거리를 이용하여 단말 노드의 위치를 계산한다. 삼변측량은 간단한 수학적 계산에 기초하고 있다. 그림 1에서 두 점 **A**와 **B**에 존재하는 비컨 노드에서부터 단말 노드 간의 거리가 얼마인지 알고 있다면 무선 신호의 세기에 의해 형성되는 두 원의 교점으로 부터 2개의 교점을 알 수 있다. 추가로 점 **C**에 존재하는 비컨 노드와 단말 노드간의 거리를 측정할 수 있다

면, 2개의 교점 중 1개를 제거하여 단말 노드의 위치를 추정할 수 있다.

확률을 이용한 삼변측량 위치인식은 조건부 확률에서 사전 정보를 더하면 사후 확률을 얻을 수 있는 베이즈 추론을 사용한다 [5]. 단말 노드와 비컨 노드 간의 RSSI 값이 P 이고, r 은 단말 노드와 비컨 노드 간의 거리에 해당한다. 수식 (1)에서 보여주는 조건부 확률은 RSSI 값이 주어졌을 때 그에 해당하는 거리가 나타날 확률을 나타낸다. 사전 정보는 단위 거리에 따른 측정된 RSSI 값의 분포를 나타내며, 개별 위치에서 측정될 수 있는 거리 확률이다. 이러한 사전 정보를 사용하여 측정된 RSSI 값에 대한 거리를 추정하여 무선 신호 감쇠에 따른 거리 오차를 줄인다 [6].

$$p(r|P) \propto p(P|r) * p(r) \tag{1}$$

지역 유사성을 이용한 삼변측량 위치인식 기법은 위치를 알고자 하는 단말 노드가 주어진 무선 신호 범위 내에 도달 가능한 1홉 내의 이웃 비컨 노드들을 이용하여 위치를 측정한다 [7]. 위치를 알고자 하는 단말 노드의 1홉 내에 있는 비컨 노드와 RSSI 값을 서로 주고 받는다.

표 1. 노드 간의 RSSI 값 매트릭스
Table. 1 A matrix of RSSI values

$$R_{n \times n} =$$

R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{1n}
R_{21}	R_{22}	R_{23}	R_{2n}
R_{31}	R_{32}	R_{33}	R_{3n}
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
R_{n1}	R_{n2}	R_{n3}	R_{nn}

표 1은 각 노드 간 교환하는 RSSI 값을 매트릭스로 표현한 것이다. R_{ij} 는 노드 i 에서 노드 j 간의 RSSI 값을 나타낸다. 측정된 RSSI 값을 사용하여 지역 유사성이 큰 노드들의 집합을 구성하여 삼변측량 위치인식을 수행한다 [7].

참조 논문 [8]에 의하면, 토폴로지를 이용한 삼변측량 위치인식 기법은 비컨 노드와 단말 노드간의 배치가 정

삼각형에 가까울수록 정확한 위치 정보를 추정할 수 있다. 삼변측량을 통해 계산된 위치는 그림 2에서 보는 바와 같이 가중치 w 를 부여하여 계산된 예상 거리 오차를 감소시킨다. 첫 번째 가중치는 비컨 노드 간의 각이 60도에 가까울수록 가중치를 작게 부여한다. 두 번째 가중치는 비컨 노드 간의 거리가 같으면 같을수록 가중치를 작게 부여한다. 마지막으로, 세 번째 가중치는 세 개의 비컨 노드 간에 예상 위치가 무게중심에 가까울수록 가중치를 작게 부여한다 [9].

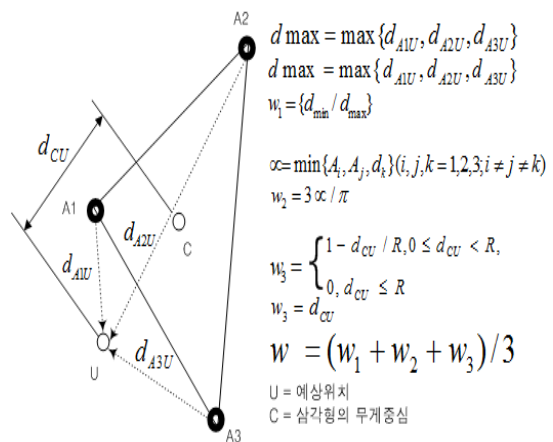


그림 2. 토폴로지를 이용한 삼변측량 위치인식 기법
Fig. 2 Trilateration localization exploiting topology information

III. 실험 및 평가

II장에서 기술한 삼변측량 위치 인식 기법들은 시뮬레이션을 통해 실험 및 성능 평가를 수행하였다. 가상의 공간 100m x 100m 환경에서 각 비컨노드를 10m 간격으로 배치하고 하나의 실제 위치를 랜덤하게 주어진다. 실제 위치에서는 어느 위치에 있더라도 3개 이상의 비컨 노드로부터 수신할 수 있도록 하였다. 실제 위치와 비컨 노드간의 거리를 구한 다음 거리에 가우시안 분포가 적용된 오차를 강제로 부여하였다. 오차가 주어진 거리에 대하여 삼변측량을 100번 반복한다. 그림 3은 삼변측량을 통해 얻어진 예상 위치와 실제 위치간의 거리오차를 보여준다.

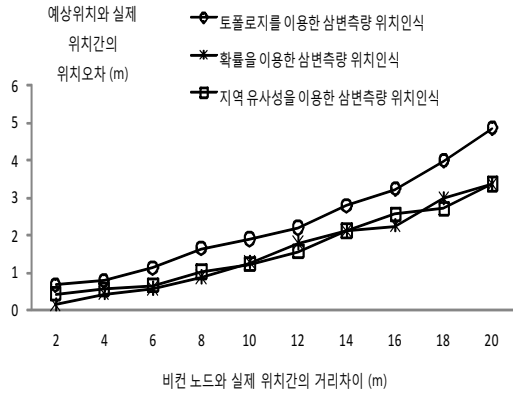


그림 3. 토폴로지를 이용한 삼변측량 위치인식 기법
Fig. 3 Trilateration localization exploiting topology information

실제 위치와 비컨 노드 간의 거리에 30% 오차가 부여되는 가우시안 분포를 적용한 상황에서는 확률을 이용한 삼변측량 위치인식 기법이 가장 적은 거리 오차를 보여 주었다. 40% 이상 오차가 부여되는 가우시안 분포를 적용한 상황에서는 토폴로지를 이용한 삼변측량 위치인식 기법이 가장 적은 오차를 보여 주었다. 지역 유사성을 이용한 삼변측량 위치인식 기법은 30% 이하 오차가 부여되는 가우시안 분포를 적용한 상황에서 확률을 이용한 삼변측량 위치인식 기법과 비슷한 성능을 보여 주었지만 40% 이상 오차가 부여되는 가우시안 분포를 적용한 상황에서는 좋지 못한 성능을 보여 주었다.

지금까지 살펴본 바와 같이, 비컨 노드와 단말 노드 간의 거리 오차가 가장 적은 경우에는 삼변측량 위치인식 기법이 가장 좋은 성능을 생성하였다. 비컨 노드와 단말 노드간의 거리 오차가 큰 경우에는 토폴로지를 이용한 삼변측량 위치인식 기법이 좋은 성능을 생성하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 삼변측량 기반 위치인식 기법의 성능을 향상시키기 위해 제안한 확률을 이용한 삼변측량 위치인식 기법과 지역 유사성을 이용한 삼변측량 위치인식

식 기법, 그리고 토폴로지를 이용한 삼변측량 위치인식 기법들을 분석하고, 비교평가 하였다.

위치인식 기술은 서비스 측면에서 중요도가 매우 높아 많은 연구자들에 의해 활발히 연구되고 있다. 정확한 위치 인식과 관련된 다양한 방법들이 연구 개발되고 있으나, 아직까지 완벽한 기술은 개발되고 있지 않았다. 위치인식과 관련된 연구는 계속해서 진행될 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

- [1] P. Bahl and V.N. Padmanabhan, "RADAR: an In building RF based user location and tracking system," *IEEE INFOCOM 2000*, pp. 775-784, March 2000.
- [2] A. Boukerche, H.A.B. Oliveira, E.F Nalamura, and A.A.F. Loureiro, "Localization system for wireless sensor networks," *IEEE Wireless Communications*, Vol 14, No. 6, pp. 6-12, December 2007.
- [3] A.H. Sayed, A. Tarighat, and N. Khajehnouri, "Network-based wireless location: challenges faced in developing techniques for accurate wireless location information," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 22, No. 4, pp. 24-40, July 2005.
- [4] L. Zhu and J. Zhu, "A new model and its performance for TDOA estimation," *Vehicular Technology Conference*, pp. 2750-2753, October 2001.
- [5] S. Hara, D. Zhao, K. Yanagihara, J. Taketsugu, K. Fukui, S. Fuknaga, and K. Kitayama, "Propagation characteristics of IEEE 802.15.4 radio signal and their application for location estimation," *Vehicular Technology Conference*, pp. 97-101, May 2005.

- [6] D. Anzai and S. Hara, "An RSSI-based MAP localization method with channel parameters estimation in wireless sensor networks," Vehicular Technology Conference, pp. 26-29, April 2009.
- [7] G. He, L. Li, and L. Lao, "A Localization Algorithm Based on Geographical Similarity of RSSI in Wireless Sensor Networks," Computer Network and Multimedia Technology, pp. 1-5, January 2009.
- [8] V.P. Sadaphal and B. Jain, "Localization accuracy and threshold network density for tracking sensor network," International Conference on Personal Wireless Communications, pp. 408-412, January 2005.
- [9] Y. Yu, G. Wang, Z. Li, and C. Li, "Alternating combination trilateration for unknown nodes of sensor networks," International Conference on Control and Automation, pp. 1747 - 1751, May 2007.



탁성우(Sungwoo Tak)

1995년 2월 부산대학교 컴퓨터
공학과 학사
1997년 2월 부산대학교 컴퓨터
공학과 석사

2003년 2월 미국미주리주립대학교 Computer Science
박사

2004년~현재 부산대학교 정보컴퓨터공학부 부교수
※관심분야: 유무선 네트워크, 위치인식

저자소개



김선관(Sungwan Kim)

2010년 2월 부산외국어대학교
컴퓨터매니지먼트 컨설팅
공학사

2010년 3월~현재 부산대학교
컴퓨터공학과 석사과정

※관심분야: 위치인식, 유무선 네트워크



김태훈(Taehoon Kim)

2006년 2월 부산대학교
정보컴퓨터공학부 공학사

2008년 2월 부산대학교
컴퓨터공학과 공학석사

2008년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사
과정

※관심분야: 유무선 네트워크, P2P, 위치인식