
실내 환경에서의 AOA 기반 위치 추정 알고리즘

정용진* · 전민호* · 오창현*

*한국기술교육대학교

Location Estimation Algorithm based on AOA in Indoor Environment

Yong-jin Jung* · Min-ho Jeon* · Chang-heon Oh*

*Korea University of Technology and Education

E-mail : jungyj0211@koreatech.ac.kr

요 약

기존의 위치 추정 기법인 AOA, TOA, TDOA는 실내 위치 추정 시 Wi-Fi와 Beacon을 이용한 기법보다 실내 사용자의 위치를 추정하기 부적합한 문제를 가지고 있다. 본 논문에서는 실내 위치 추정에 AOA 기법이 부적합한 문제를 해결하기 위해 하나의 AP에 4개의 방향성 안테나가 부착된 단일 AP를 기반으로 AOA 기법을 이용한 위치 추정 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 4개의 안테나에 수신된 각도만을 이용하여 각각의 신호에 대한 직선 방정식을 도출하고, 직선 방정식들 간의 교차점을 구함으로써 사용자의 위치를 추정한다.

ABSTRACT

A method for estimating position is AOA, TOA, TDOA, Wi-Fi, Beacon etc. A method for estimating the location in indoor environment is used mainly Wi-Fi, Beacon. The reason is that AOA, TOA and TDOA are unfit to estimate position in indoor environment. To address this problem, this paper presents a AOA algorithm based on AP having a four directional antenna. The algorithm uses only the angle received from the four antennas. This can draw linear equations for signal. And calculate the intersections of the lines. Intersections means the position of user.

키워드

Indoor Location Estimation, Angle of Arrival, Positioning Algorithm, Wireless Localization

I. 서 론

기존의 AOA(angle of arrival), TOA(time of arrival), TDOA(time difference of arrival), Wi-Fi와 Beacon의 RSSI(received signal strength indicator)를 이용한 기법 등이 있다. Wi-Fi나 Beacon을 이용한 기법들은 기존의 인프라를 활용하거나 인프라 구축이 간단하다는 장점으로 실내 위치 추정 시스템에 많이 사용되고 있다. 그러나 AOA, TOA, TDOA 기법은 신호를 받는 안테나의 간격과 동기화의 문제로 실내에서 사용자의 위치를 추정하기 적합하지 않다는 문제를 가지고 있어 실외 환경에서 많이 사용되고 있다[1][2]. 이러

한 문제로 실내 위치 추정 시스템에서는 Wi-Fi나 Beacon을 이용하여 사용자에게 위치기반의 서비스를 제공하고 있다. 본 논문에서는 실내 위치 추정에 AOA 기법이 부적합한 문제를 해결하기 위해 단일 AP기반의 AOA 기법을 이용한 실내 위치 추정 시스템을 제안한다. 제안하는 위치 추정 시스템의 단일 AP는 하나의 AP내부에 4개의 방향성 안테나가 부착되어 있으며, 단일 AP 기반으로 AOA 기법을 이용한 위치를 추정하는 시스템이다.

II. 단일 AP기반 위치 추정 시스템

단일 AP에서 AOA 기법을 이용하여 위치를 추정하기 위해서는 하나의 AP내부에 그림 1과 같이

다수의 방향성 안테나가 존재해야 하며, 안테나에 수신된 신호의 각도를 이용하여 위치를 추정한다.

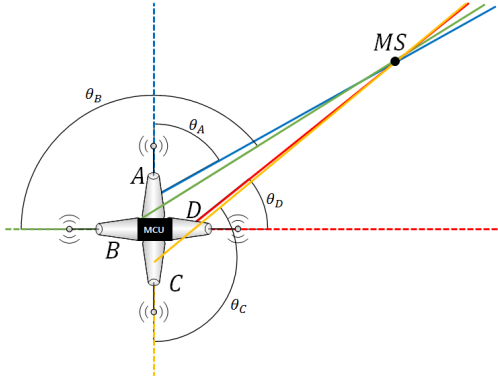


그림 1. 다수의 방향성 안테나를 가지는 AP 모듈

III. 단일 AP기반 위치 추정 알고리즘

AOA는 BS(base station)에 수신한 신호의 도달 각도를 측정하여 위치를 추정하는 방법으로, 지향성 안테나 또는 배열 안테나를 사용하여 수신된 입사각 신호를 측정함으로써 위치를 추정한다 [3][4]. AOA 기법은 타 기법과 마찬가지로 최소한 두 개의 알려진 reference 위치를 통해 입사각인 θ_1, θ_2 를 사용하여 2차원 상의 MS(mobile station)인 P의 위치를 추정한다[1]. 이때, θ_i 는 식 1을 사용하여 구할 수 있으며, n_θ 는 평균 0 및 σ_θ^2 의 분산을 가지는 백색 가우시안 잡음이다. 이후 식 2를 이용하여 P(x, y)의 좌표를 결정한다[4].

$$\theta_i(r) = \tan^{-1} \frac{y_i - y}{x_i - x} + n_\theta = \hat{\theta}(r) + n_\theta \quad (1)$$

$$x = \frac{(y_2 - y_1 - x_1 \tan \alpha_1 - x_1 \tan(\pi - \alpha_2))}{(\tan \alpha_1 - \tan(\pi - \alpha_2))} \quad (2)$$

$$y = y_1 + (x - x_1) \tan \alpha_1$$

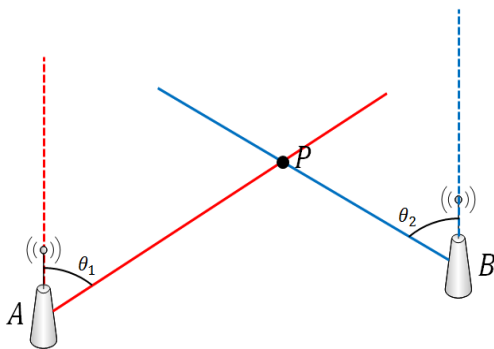


그림 2. Angle of Arrival(AOA) 기법

위에서 설명한 AOA 기법을 지향성 안테나가 다수 달려있는 AP에 적용하여 위치를 추정하게

될 경우 각 방향에 대한 각도는 측정이 가능하지만 AP들의 위치인 $x_i - x, y_i - y$ 들의 거리는 0에 근접하게 되어 θ_i 는 n_θ 가 출력된다. 따라서 단일 AP를 이용하여 위치를 추정하기 위해서는 방향을 중심으로 새로운 알고리즘을 개발해야 한다. 표 1은 AP 아래에서 4방향으로 측정된 신호의 수신세기로 안테나가 방향을 가질 경우 수신되는 신호의 세기는 모두 다르며, 이를 이용하여 안테나에 수신된 신호의 각도를 추정할 수 있다[5].

표 1. AP 아래에서 측정된 RSSI 값

Direction	RSSI
Front	-35
Right	-29
Back	-41
Left	-23

4개의 안테나에서 수신한 신호의 각도를 이용하여 2차원 평면상에서 직선을 생성할 경우 그림 1과 같이 4개의 직선이 발생 된다. 직선의 길이를 알 경우 각도와 직선의 길이를 이용하여 MS위 위치를 삼각함수로 구할 수 있으나, 본 논문에서 제안하는 시스템에서는 직선의 길이는 알지 못하기 때문에 각도를 이용하여 3차 다항식을 추출해야 한다. 3차 다항식을 추출하기 위해 그림 3과 같이 (0, 0)의 좌표를 지나는 직선이 존재한다고 가정할 경우 선의 각도에 따라 y축의 길이는 y_a, y_b, y_c 로 변하게 된다. 이러한 성질을 이용하여 x축의 길이가 1 ~ n까지 늘어난다고 가정하고 식 3에 대입할 경우 x축의 길이에 따른 y축의 값을 추정할 수 있다.

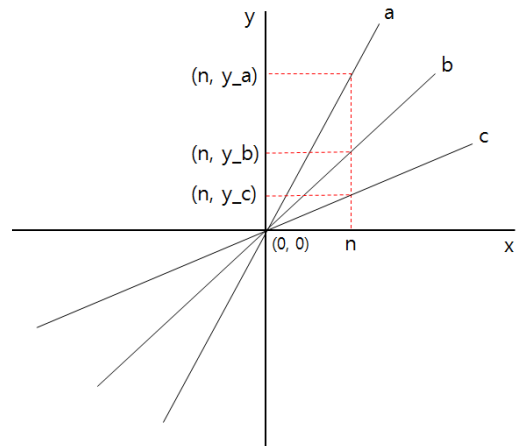


그림 3. 각도 변화에 따른 y축의 길이 변화

$$y = x \times \tan \theta \quad (3)$$

2차원 평면에서의 x축 좌표와 y축 좌표의 값을 알게 될 경우 $\tan \theta$ 의 기울기를 가지는 직선의 방

정식을 추출할 수 있다. 추출된 직선의 방정식에 AP 중심으로부터 떨어진 안테나의 거리 c 를 적용할 경우 그림 1과 같이 안테나를 기준으로한 직선의 방정식을 식 4와 같이 추출할 수 있다.

$$y = \tan\theta \times x + c \quad (4)$$

이와 같은 과정으로 추출된 각각의 안테나에 대한 직선의 방정식을 이용하여 교차점을 구할 경우 최종적인 위치를 추정할 수 있게 된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 실내 환경에서 위치를 추정하기 위한 단일 AP의 AOA 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 각 안테나에 수신된 각도와 삼각함수, 안테나와 AP중심의 거리를 이용하여 각각의 직선의 방정식을 추출하고, 추출한 직선의 방정식을 이용하여 최종 위치인 교차점을 찾는 방식이다. 향후 제안한 알고리즘을 적용하기 위해 Matlab과 같은 도구를 이용한 검증의 단계를 거쳐 보완 후 단일 AP에 적용할 것이다. 제안한 알고리즘이 적용된 단일 AP는 기존 Wi-Fi의 전파신호를 이용한 실내 위치 추정 시스템과 더불어 실내 환경의 위치기반 서비스 제공의 질을 높일 것이다.

참고문헌

- [1] 조경우, “건물의 소비전력 절감을 위한 위치 기반 전원제어 시스템 연구,” 학위논문(석사), 한국기술교육대학교, 2015. 02.
- [2] 박익현, “다중 안테나 시스템 기반 위상차이를 이용한 AOA 측위 기법,” 학위논문(석사), 영남대학교, 2012. 06.
- [3] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee and J. Liu, “Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 37, no. 6, pp. 1067-1080, 2007.
- [4] 김홍근, “WSN 환경에서 전파 강도비와 AOA를 이용한 위치인식 알고리즘 연구,” 학위논문(석사), 순천대학교, 2012. 12.
- [5] G. Y. Park, M. H. Jeon and C. H. Oh, “Indoor Wireless Localization Using Kalman Filtering in Fingerprinting-based Location Estimation System,” *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, vol. 8, no. 1, pp. 235-246, 2014. 01.