

# 무선 센서 네트워크 환경에서 Non-Line-of-Sight 오류 감소 방안에 관한 연구

김우진\* · 강철규\* · 오창현\*

\*한국기술교육대학교

## A Study on the Non-Line-of-Sight Error Mitigation in Wireless Sensor Networks

Woo-Jin Kim\* · Chul-Gyu Kang\* · Chang-Heon OH\*

\*Korea University of Technology and Education

E-mail : highspd@samsung.com

### 요 약

센서 네트워크의 위치추정의 정밀도를 높이기 위해서는 NLOS신호의 제거가 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 위치추정의 정밀도를 높이는 방안으로 NLOS부터 수신한 신호로 추정된 좌표를 반복적으로 제거하는 알고리즘을 제안하였고 이를 시뮬레이션 하여 성능을 검증하였다. 제안한 알고리즘을 사용하였을 경우 10개의 LOS 신호로 추정된 좌표를 가지고 최대 약 3.5미터의 오차범위 내로 위치 추정을 할 수 있음을 확인하였고, NLOS 좌표의 감소에 따라서도 약 1.5미터의 위치추정 정밀도를 향상 시킬 수 있었다.

### ABSTRACT

In sensor network, the elimination of NLOS information is a necessity to improve the accuracy of the localization. For this reason, we proposed an algorithm iteratively eliminating the NLOS information to enhance the accuracy of the localization of a tag location, and simulated the proposed algorithm to confirm the performance. The proposed algorithm can estimate the location of the error distance within 3.5m when it has 10 LOS coordinates with LOS information. In addition, it can enhance the accuracy according to decreasing NLOS coordinates.

### 키워드

Cooperative Localization, Sensor Network, TDOA

### 1. 서 론

우리나라에서는 다가오는 USN 환경에 대한 대비와 정보통신 기술에 대한 제 2의 도약을 위해 IT839 전략을 추진하고 있으며, IT839 전략의 핵심 구성 요소 중 하나인 RFID 기술은 모든 사물에 전자태그 또는 센서를 부착하여 사물의 정보를 수집하고 네트워크를 통해 실시간 관리가 가능한 USN 환경의 기반 기술이라 할 수 있다 [1],[2]. USN 구현에 있어서 요구되는 여러 기술적, 기능적 요소들 가운데 중요한 요소로 다양한 센싱 기술들과 결합되어 사용자 및 서비스 대상에 대한 정보를 제공할 수 있는 포괄적 상황인식(context-aware)과 사물 및 서비스 대상에 대한 실시간 위치정보의 획득 및 추적을 위한 위치인

식이다. 특히, 서비스 대상에 대한 고정밀 위치정보의 획득 및 추적기술은 USN을 위한 기반 인프라 제공이라는 측면에서 우선시해야 할 핵심요소 기술로서, 이는 대상의 정확한 위치 정보가 확보되어야만, 대상에서 요구하거나 요구될 수 있는 사용자 친화적인 유비쿼터스 서비스가 제공될 수 있기 때문이다[3],[4].

하지만 무선 통신망의 비가시선 전파 환경(NLOS)에서는 기지국과 단말기간 무선 신호의 직접 경로가 차단되어 전파가 직접 경로보다 먼 거리를 진행하므로, 측정된 전파지연 시간은 실제 지연시간 보다 큰 바이어스 오차를 포함한다. 따라서 비가시선 전파(NLOS)는 무선통신망에서 전파 지연 시간 측정을 기반으로 하는 무선 측위 시스템의 측위 정확도를 제한하는 원천적인 오차

요인으로 작용한다[5],[6].

본 논문에서는 정확한 위치 추정을 위하여 이러한 비가시선 전파를 선택하여 제거하는 알고리즘을 제안하고 이를 시뮬레이션하여 제안한 알고리즘의 성능을 검증한다.

## II. 위치추정 알고리즘

위치추정 알고리즘은 이용하고자 하는 신호 정보들을 측정하는 부분과 측정된 신호 정보를 이용하여 위치를 추정하는 부분으로 구분할 수 있다. 이용 가능한 신호 정보에는 신호의 입사각, 신호의 도달시간이나 신호의 도달시간차, 수신 신호의 전력 등이 있으며, 신호 정보 측정 정확도는 위치추정 정확도에 직접적인 영향을 끼친다. 그러므로 위치추정 알고리즘은 이러한 신호 정보들을 독립적으로 이용하거나, 여러 개를 동시에 이용하여 위치추정의 정확도를 향상시킬 수 있다[7]-[9].

### 2-1 AOA(Angle Of Arrival)

DOA(Direction Of Arrival)라고 불리는 AOA 방식은 원하는 신호의 방향을 판단하는 어레이 안테나와 도래각 추정기술을 이용한다. 다수의 리더로부터 AOA 측정값은 삼각측량에 이용되며, 기지국의 위치추정은 AOA 직선의 교차점으로 결정된다.

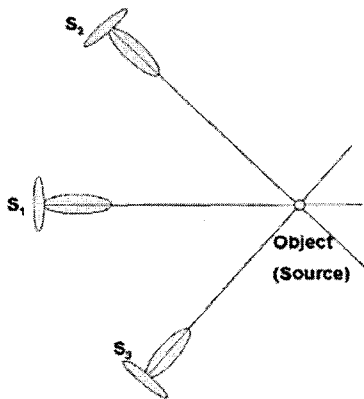


그림 1. AOA 방식

그림 1은 2차원의 방향탐지 위치추정 시스템을 표현한다. 방향탐지 위치추정 시스템에서 이론적으로는 두 개의 AOA 측정값만이 필요하지만 실제적으로 그 이상의 AOA 측정값을 하는 것이 정확도 증가를 위해서 필요하다. 그러나 AOA는 리더와 태그 사이의 채널 감쇠에 의한 영향을 받는다. 다중경로 요소에 의한 전파지연의 예측이 불가능한 방향탐지 시스템에서는 리더에 도달하는 신호

들 중에서 가장 큰 신호를 리더의 신호로 판단하게 된다. 또한 미세한 각도의 정확성을 제공하면서도 신뢰성 있는 위치추정을 위해서는 거리에 의한 위치추정이 추가적으로 필요하게 된다. 더욱이 실제적인 AOA 위치추정 시스템은 리더와 태그간에 직접파가 존재하는 환경에서도 지리적인 정보에 의존하여 정확도를 제공하기도 한다.

### 2-2 TOA(Angle Of Arrival)

TOA 위치추정 기법은 여러 개의 리더와 태그의 전파 도달시간을 측정된 값으로 정확한 거리를 측정한다. TOA 측정은 리더를 중심으로 구면 궤적을 추정한 일정한 거리와 관계된다. 위치를 알고 있는 여러 개의 기지국으로부터 일정한 거리가 측정되면 이러한 여러 개의 구면 궤적들의 교차점을 확인하여 단말기의 정확한 위치를 추정하게 된다.

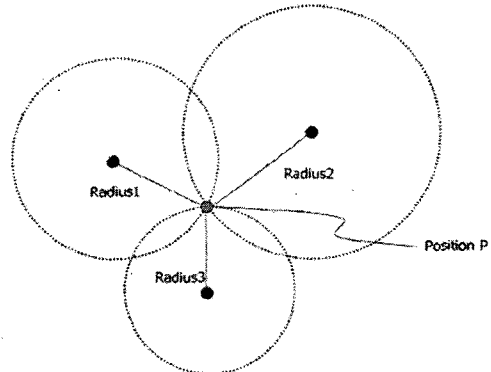


그림 2. TOA 방식

그림 2에서는 거리 추정 시스템의 3차원적인 위치추정을 표현한 것으로서 세 개의 리더들이 태그로부터 송신된 신호로 거리측정을 하였다.

### 2-3 TDOA(Time Differential of Arrival)

TDOA 위치추정 시스템은 태그와 셋 혹은 그 이상의 리더와의 거리차에 의한 쌍곡선의 교차점을 위치를 확인함으로써 단말기의 위치를 추정하게 된다. 시간 정보를 이용하는 또 다른 위치추정 알고리즘인 TDOA는 태그에서 송신된 신호의 수신 시간을 바탕으로 위치를 추정하는 알고리즘이다. TOA의 경우, 정확한 위치추정을 위해 태그와 리더간의 동기화가 반드시 필요하나, 태그와 리더간의 동기화가 필요치 않는 TDOA는 리더끼리만 동기화 되어도 수신시간의 차를 이용하여 위치추정이 가능하다. 그림 3은 TDOA 위치추정 알고리즘으로 리더는 태그가 전송한 신호의 도착 시간차를 이용하여 거리의 차가 일정한 점들의 궤적인 쌍곡선 방정식을 얻을 수 있으며, 두 쌍곡선의 교차점을 구하여 측정 대상의 위치를 추정할 수 있다.

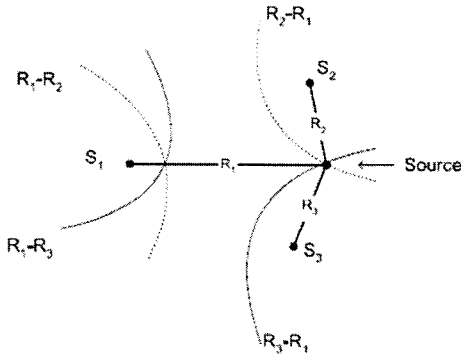


그림 3. TDOA 방식

### III. 시스템 모델

추정된 태그 위치들은 여러 요인들에 의해 영향을 받는다. 이 가운데 비 가시거리 환경으로부터 들어오는 신호들은 정확한 위치를 추정하는데 아주 큰 오차의 영향을 준다. 따라서 정확한 위치 추정을 위해서는 비 가시거리 환경으로부터 들어오는 신호들의 제거가 필수적이다.

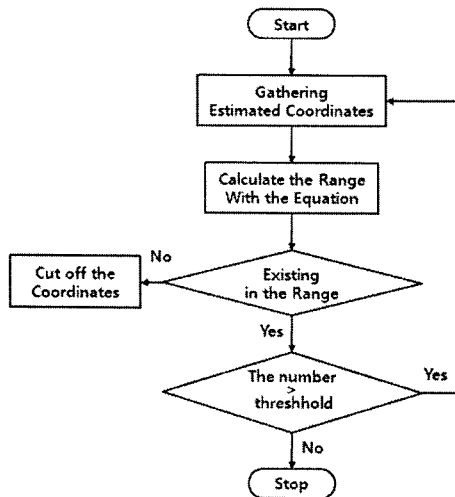


그림 4. 시스템 알고리즘

비 가시거리에 있는 태그의 위치에 대한 어떠한 정보도 없을 때 그림 4와 같은 방법으로 리더들은 비 가시거리에 위치한 태그로부터 들어온 시간 정보를 제거한다. 각각의 리더들로부터 들어온 태그의 시간 정보를 이용하여 서버는 태그의 위치를 추정한다. 추정된 위치 정보를 사용하여 어떠한 위치 정보가 비 가시거리 환경(NLOS)을 통하여 들어온 신호인지를 비교하기 위하여 서버는 식 (1)과 같은 방법으로 추정 위치

의 중심점을 계산 한다.

$$\tilde{x} = \arg \min \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} (\|x_i - x_j\|)^2 \quad (1)$$

- $\|\cdot\|$  : 신호 벡터들 사이의 norm
- S : 추정 위치들의 전체 집합
- $x_i$  : 태그의 i번째 추정 위치
- $x_j$  : 태그의 j번째 추정 위치
- $\tilde{x}$  : 추정 위치 벡터

중심점을 찾은 서버는 중심점으로부터 어느 범위까지 들어온 신호가 LOS 신호인지를 결정하는 범위를 식 (2)와 같이 계산한다. 식 (2)의 범위를 넘어선 좌표들은 NLOS 정보로 여기고 다음 계산에서 제외된다.

$$\tilde{r} = \tilde{x} + \frac{\arg \min \sqrt{\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} (\|x_i - x_j\|)^2}}{\text{The number of Coordinates}} \quad (2)$$

이러한 범위 계산은 적정한 임계값 까지 반복적으로 수행된다.

### IV. 시뮬레이션 및 결과

이 절에서는 제안한 알고리즘을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 실험한다.

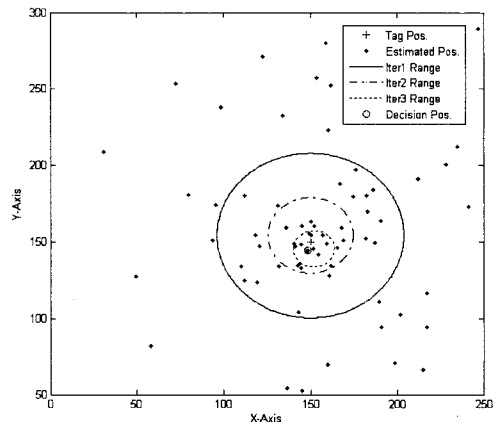


그림 5. NLOS 신호의 범위 결정

실험 환경은 300×300의 필드를 가정하였으며, 리더는 최대 8개를 사용하였다. 또한, 리더와 태그 사이에는 장애물이 부분 존재하여 리더는 태그로부터 LOS, NLOS 신호 모두를 수신한다고 가정하였다.

그림 5는 식(2)를 이용한 NLOS 신호의 반복적인 제거에 대하여 나타난 것이다. Iter 1 범위 밖의 신호들은 NLOS 신호로 판별되어 다음번 범위 결정을 위한 좌표에서 제외되게 된다.

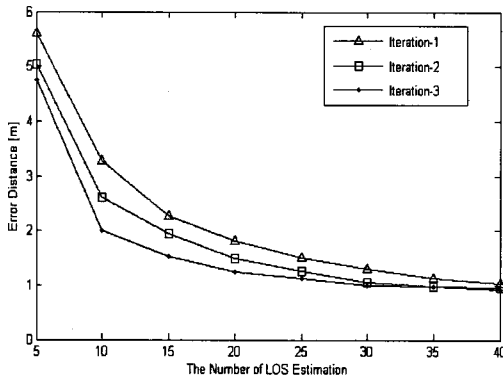


그림 6. LOS 신호로 추정된 좌표 수와 반복적 NLOS 신호 제거에 따른 거리 오차

그림 6은 LOS 신호로 추정된 좌표 수와 반복적 NLOS 신호 좌표 제거에 따른 거리 오차이다. 여기서 전체 70개의 위치추정 좌표를 사용하였다. 그림에서 보는 것과 같이 LOS 위치추정 좌표의 수가 증가와 NLOS신호의 제거 회수에 증가에 따라 신호의 거리 오차가 감소됨을 보인다. 3번의 NLOS 좌표 제거와 LOS 신호로 추정된 좌표의 수가 5개일 경우 오차가 약 5미터 정도 발생함을 볼 수 있다. 또한 동일한 수의 LOS 추정 좌표(10회)에서 NLOS 좌표의 3번 제거가 1번 제거보다 약 1.5미터 정교함을 보였다.

## V. 결 론

센서 네트워크의 위치추정의 정밀도를 높이기 위해서는 NLOS신호의 제거가 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 위치추정의 정밀도를 높이는 방안으로 NLOS부터 수신한 신호로 추정된 좌표를 반복적으로 제거하는 알고리즘을 제안하였고 이를 시뮬레이션 하여 성능을 검증하였다.

제안한 알고리즘을 사용하였을 경우 10개의 LOS 신호로 추정된 좌표를 가지고 최대 약 3.5미터의 오차범위 내로 위치 추정을 할 수 있음을 확인하였고, NLOS 좌표의 반복적 제거에 의해서 또한 동일한 환경에서 약 1.5미터의 위치추정 정밀도를 향상시킬 수 있었다.

이 결과를 통해 NLOS와 LOS 신호로 추정된 좌표를 사용하는 시스템에서 위치추정의 정밀도를 향상시키기 위해 본 알고리즘의 적용이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] 서홍석, "RFID 서비스 기반 USN 구축 정책 추진 방향," 한국통신학회지 (정보통신) 제21권 6호, pp. 13-21, 2004. 6.
- [2] 장병준, 안선일, 이윤덕, "RFID/USN 기술 개발 동향," 정보과학회지 제23권 제2호, pp. 83-87, 2005. 2.
- [3] 정보통신부, 한국전산원, 한국USN센터, u-센서네트워크(USN) 구축기본계획, 2004. 2.
- [4] T. G. Kanter, "Attaching context-aware services to moving locations," IEEE Internet Computing, vol. 7, Iss. 2, Mar.-Apr. 2003.
- [5] 정민화, "RFID 표준화 동향," 한국전자과학기술 전자파기술 제15권 2호, pp. 12-20, 2004. 4.
- [6] 송석현, 신상철, "RFID/USN 표준화 동향 및 이슈," 정보과학회지, 제22권 제12호, pp. 67-74, 2004. 12.
- [7] J. J. Caffery, Jr. and G.Stuber, "Subscriber location in CDMA Cellular Networks," IEEE Trans. on VT, vol 47, pp 406-416, May 1998.
- [8] B. T. Fang, "Simple solutions for hyperbolic and related position fixes," IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 26, no. 5, Sep. 1990.
- [9] G. Yost and S. Panchapakesan, "Automatic location identification using a hybrid technique," Proc. of IEEE VTC 1998, pp. 267-276, 1998.