

# 실내 위치 추정에서의 비가시선(NLOS) 문제 해결 방안에 관한 연구

우성현<sup>o</sup> 전현식<sup>\*\*</sup> 박현주<sup>\*\*\*</sup>

한밭대학교 <sup>o</sup>정보통신공학과, <sup>\*\*</sup>전파공학과, <sup>\*\*\*</sup>정보통신컴퓨터공학부  
wsungh123<sup>o</sup>@naver.com, {hsjeon<sup>\*\*</sup>, ph<sup>\*\*\*</sup>}@hanbat.ac.kr

## A Study on NLOS Error Solution Method in Indoor Location Estimate

Sung-hyun Woo<sup>o</sup>, Hyun-sik Jeon<sup>\*\*</sup>, Hyun-ju Park<sup>\*\*\*</sup>

<sup>o</sup>Dept. of Information Communication Engineering, Hanbat National University

<sup>\*\*</sup>Dept. of Radio-Wave Engineering, Hanbat National University

<sup>\*\*\*</sup>Div. of Information Communication Computer Engineering, Hanbat National University

### 요약

실내 위치 환경에서 많이 사용되고 있는 삼각 측량 기법은 TOA(Time of Arrival) 신호를 사용하기 때문에 건물의 외벽이나 창 의 메탈 성분 같은 장애물로 인한 전파의 반사와 회절, 분산 등의 NLOS(Non-Line-Of-Sight) 환경으로 인하여 정확한 위치추적이 어렵다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문은 이러한 문제점을 줄이기 위해서 Anchor로부터 수신되는 TOA의 range measurement의 표준 편차를 측정하여 LOS와 NLOS를 구분하고, 발견된 NLOS를 보정하는 방법에 대하여 연구한다. 또한 위치 정확도를 높이기 위하여 칼만 필터를 수행하여 이동객체의 위치를 생성하는 실내 환경에서의 위치 추적 시스템을 설계한다.

필터를 수행하여 이동객체의 최종 위치를 생성한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 LOS와 NLOS 환경에서의 이해를 돕기 위해 TOA 기법을 활용한 삼각측량 기법을 설명하고 최종 보정된 데이터를 생성하기 위한 Kalman Filter에 대해서 기술한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 LOS와 NLOS를 구분하는 방법을 설명하고, NLOS 발견 시 LOS로 복원하는 방법을 설명하고, 이를 활용한 최적화된 실내 위치 추적 시스템의 구조를 설명한다. 그리고 마지막 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 삼각측량 기법

삼각 측량 기법이란, 신호원과 수신기 사이의 전파 도달 시간(TOA : Time of Arrival)을 측정하여 수신기와 신호원 간의 거리를 알게 되는 측위 방식이다[2].

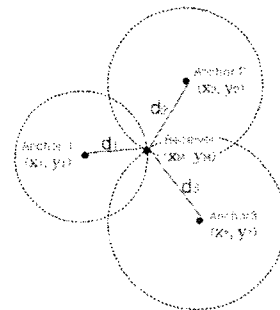


그림 1. 삼각 측량 기법 도시화

전파 전달 시간 측정은 이동객체(receiver)와 Anchor 사

## 1. 서론

컴퓨터화의 새로운 컴퓨팅 패러다임으로 등장한 유비쿼터스(Ubiquitous)는 물리공간에 보이지 않는 컴퓨터를 집어넣어 모든 사물을 지능화하고 이를 네트워크로 연결하여 정보를 주고받는 것으로, 이는 모든 컴퓨터가 서로 연결되고 이용자 눈에 보이지 않으면서도 언제 어디서나 사용이 가능하고 현실세계의 사물과 환경 속으로 스며들어 일상생활에 통합되는 것을 전제로 한다[1]. 현재 주목 받고 있는 홈네트워킹(Home Networking)이나 모바일 컴퓨팅(Mobile Computing) 같은 기술보다 한 단계 발전된 컴퓨팅 환경을 말하며, 특히 이를 매개로 언제 어디서나 사람 혹은 사물의 위치정보를 얻을 수 있고, 그에 적합한 정보를 제공할 수 있다. 실내 환경에서의 위치인식 기술은 유비쿼터스 시대에 주목받고 있는 가장 핵심이 되는 분야로 최근 부각되고 있다. 그 중 삼각 측량 기법을 사용한 위치 추적 시스템이 대표적이라 할 수 있다. 하지만 삼각 측량 기법은 TOA (Time of Arrival) 신호를 사용하기 때문에 건물의 외벽이나 창 의 메탈 성분 같은 장애물로 인한 전파의 반사와 회절, 분산 등의 NLOS(Non-Line-Of-Sight)로 인한 환경으로 인하여 심각한 오차 원인이 되며 이로 인하여 정확한 위치추적이 어렵다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문은 이러한 문제점을 줄이기 위해서 Base Station인 Anchor로부터 수신되는 TOA의 range measurement의 표준 편차를 측정하여 LOS(Line of sight)와 NLOS(Non Line of sight)를 구분하고, 발견된 NLOS를 보정하는 방법에 대하여 연구한다. 또한 위치 정확도를 높이기 위하여 칼만

\* 본 논문은 2006년도 정통부 기초기술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

이의 TOA를 측정하는 방법과 두개의 기지국으로부터의 TOA의 상대적인 차(TDOA : Time Difference of Arrival)를 측정값으로 이용하는 방법으로 나눌 수 있다. 일반적으로 본산된 많은 receiver들은 anchor에서 전송된 신호를 받는 데 사용되고, TOA나 TDOA(Time Difference of Arrival)의 정보를 활용하여 그림 1과 같이 receiver의 정확한 위치추정을 한다.

### 2.2 Kalman Filter

Kalman Filter는 프로세스의 상태를 추적하기 위해 오차를 최소화하는 방법으로 효율적인 계산 수단을 제공하는 수학적 방정식의 집합이다[3]. 이는 그림 2와 같이 피드백 제어(Feedback Control)를 통해 현재 객체의 위치를 추적한다.

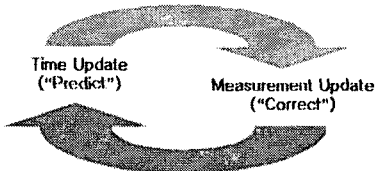


그림 2. Ongoing Kalman Filter Cycle

그림 2에서 살펴본 바와 같이 Ongoing Kalman Filter cycle의 'Time Update' 과정은 시간에 앞서 미리 현재 상태를 예측하는 단계로, 순방향으로 현재 상태 추정결과를 전달한다. 'Measurement Update' 과정은 해당 시간에 실제 측정에 의해 전달된 추정 상태 값들을 조정한다. 즉, 과거의 정보를 활용하여 현재의 위치를 추정하기 때문에 큰 오차가 발생하더라도 보정이 가능하다.

## 3. 제안하는 기법 및 실내 위치 추적 시스템의 구조

### 3.1 Measurement data의 오차 원인

M개의 anchor가 존재할 경우  $m^{\text{th}}$ 에서 range measurement의 값은 식 (1), (2), (3)과 같이 공식화 할 수 있다[4].

$$r_m(t_i) = L_m(t_i) + n_m(t_i) + NLOS_m(t_i) \quad (1)$$

$$m = 1, \dots, M \quad (2)$$

$$i = 0, \dots, K-1 \quad (3)$$

식 (2)에서 M은 기지국의 수를 나타내면, K는 측정 데이터의 개수를 나타낸다. 식 (1)에서  $L_m(t_i)$ 는 LOS range 값으로 식 (4)와 같이 공식화 된다.  $n_m(t_i)$ 는 measurement noise이다. 따라서 식 (1)에서 NLOS가 없을 경우,  $NLOS_m(t_i) \equiv 0$ 이 성립된다. 식 (1)을 통해 알 수 있듯이, 최종 range measurement data는 standard measurement noise인  $n_m(t_i)$ 와 NLOS error인  $NLOS_m(t_i)$ 의 두 가지 이유에 의해서 오차가 발생된다는 것을 알 수 있다. 따라서 실제 적선거리를 구하기 위하여 우선 환경에 따른 통계적 특성의 차이를 이용하

여 측정데이터가 NLOS 오차를 가지고 있는지를 확인하여야 한다.

### 3.2 제안하는 시스템에서의 NLOS 식별 및 LOS 복원방법

일반적으로 range measurement data 중 발생한 오차가 NLOS로 인하여 생성된 오차인지, measurement noise로부터 생성된 오차인지 미리 알 수는 없다. 따라서 NLOS를 식별하기 위해서는 measurement noise의 값에 대해 알고 있다는 가정이 필요하다. 따라서 런닝 모드에서는 실험을 통해 anchor에서의 TOA를 활용하여, range measurement data를 Kalman Filter를 사용하여 measurement noise의 오차가 최소화 될 수 있도록, 최적의 Q와 R을 설정한다. 이는 식 (1)에서 measurement noise인  $n_m(t_i)$ 의 값을 최소화시킴으로써, 이를 통해 시스템에서 발생하는 오차는 대부분 NLOS error임을 알 수 있다. NLOS의 LOS로의 복원 기법은 시스템에 실제 적용 전, 실험에 의해 생성된 샘플 통계의 표준편차와의 비교가 필요하다. 이를 위해 각 anchor로부터 range measurement는 Kalman Filter를 활용하여 smooth한다. Kalman Filter에 의해 smooth된 time instant  $t_i$ 에서 sample 표준 편차는 식 (4)를 통해 알 수 있다[4].

$$\hat{\sigma}_m = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{i=1}^K (r_m(t_i) - S_m(t_i))^2} \quad (5)$$

식 (4)에서  $r_m(t_i)$ 는 range measurement의 최초 smooth된 값이다. 그리고  $S_m(t_i)$ 는 다음으로 smooth된 measurement data이다. 식 (4)를 통해 m의 시간에 smooth된 값보다 큰 표준 편차를 가지는 range measurement data일 경우, NLOS로 간주할 수 있다. 즉 시스템에서 최적의 measurement noise를 설정한 후, 각 anchor로부터 생성된 TOA를 수차례 반복 수행 후 각 anchor 별로 발생하는 샘플 통계를 생성하고, 생성된 통계를 바탕으로 각 anchor로부터 LOS의 표준편차를 구한다. 그리고 생성된 표준편차의 통계를 바탕으로 LOS의 범위를 설정한다. 만약 실제 환경에서 anchor로부터 송신된 TOA 신호가 런닝 모드에서 설정된 해당 LOS의 범위를 넘어설 경우, NLOS로 간주한다. 그리고 NLOS 오차가 발생할 경우, 이를 LOS로 복원하기 위하여 런닝모드는 다음과 같은 과정을 수행한다. 먼저 각 anchor마다 생성된 TOA에서 NLOS를 수차례 인위적으로 발생시켜, 다른 하나의 샘플 통계를 생성한다. 이를 통해 평균적으로 NLOS일 경우, range measurement data가 어느 정도의 오차를 가지고 있는지 추정 가능하며, 추정된 값을 시스템에 setting한다. 따라서 실제 시스템에서 각 anchor에서 일정 순간 NLOS error가 발생할 경우, 런닝 모드에서 setting된 NLOS의 오차 값을 감소시킨 후 시스템에 적용한다.

### 3.3 제안하는 기법을 활용한 위치 추적 시스템의 구조

본 장에서는 제안하는 NLOS의 식별 기법과, LOS로의 복원 기법을 활용한 실내 위치 추적 시스템의 구조를 설명한다. 일반적인 실내 환경에서 각 receiver는 anchor들이 설치된 내부 환경에서 이동을 하고, 이동하는 동안

receiver는 anchor로부터 TOA를 수신한다. 하지만 각 방에 설치된 벽과 장애물들로 인하여 NLOS error가 발생하게 된다.

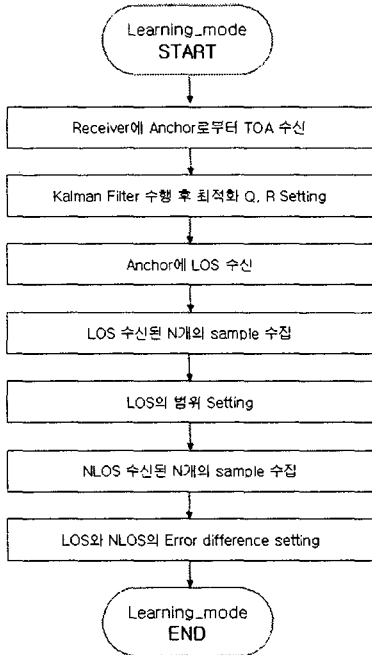


그림 3. Learning mode 흐름도

따라서 제안하는 실내 위치 추적 시스템은 앞에서 설명한 바와 같이 수신된 TOA 중 LOS와 NLOS를 식별하고, NLOS 발견 시 LOS로의 복원 작업을 수행한다.

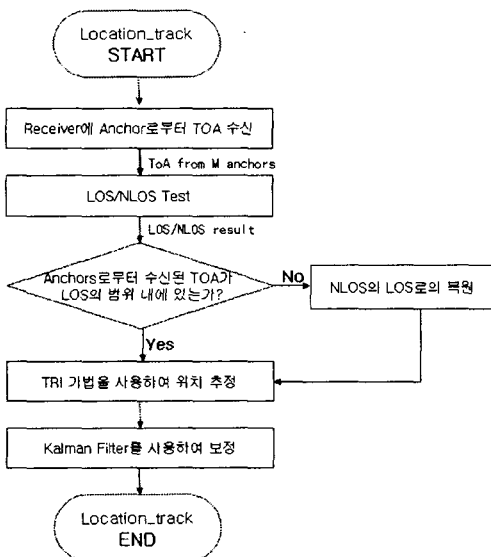


그림 4. Location Track 흐름도

그림 3은 LOS와 NLOS를 식별하기 위한 런닝 모드의 흐름을 나타낸다. 그림 3을 보면 알 수 있듯이, 런닝 모드에서는 Receiver에서 Anchor로부터 계속적으로 TOA를 수신 받은 후, Kalman Filter를 활용하여 최적화된 measurement noise를 찾는다. 그리고 LOS와 NLOS를 식별하기 위하여 Anchor로부터 인위적으로 LOS를 생성한 후 수 차례 반복 수행함으로써, N개의 LOS sample data를 수집하고 이를 활용하여 LOS의 범위를 설정한다. 그리고 NLOS도 LOS와 같은 작업을 수행하여, NLOS와 LOS의 range measurement의 차를 설정한다. 런닝 모드 수행 후, 이를 통해 생성된 정보를 활용하여 실제 위치 추적 시스템을 실행한다. 그림 4는 실제 시스템에서 적용되는 Location Track의 흐름을 나타낸다. 그림 4를 보면 알 수 있듯이, LOS/NLOS Test를 실시함으로써 런닝모드에서 설정된 LOS와 NLOS의 범위 설정 정보를 활용하여 NLOS를 식별하고 이를 LOS로 복원하는 과정을 수행한다. 그리고 복원된 LOS와 기존의 LOS data를 활용하여 삼각 측량 기법을 실시하고, 이를 통해 receiver의 위치를 추정한다. 하지만 더 높은 이동 객체의 위치 정확도를 위해 제안하는 위치 추적 시스템은 삼각측량 기법을 통해 생성된 위치 데이터에 Kalman Filter 알고리즘을 수행한다. 따라서 두 번의 보정 과정을 수행하므로 정확한 위치 추적이 가능하다.

#### 4. 결론

실내 환경에서의 삼각 측량 기법은 TOA(Time of Arrival) 신호를 사용하기 때문에 NLOS(Non-Line-Of-Sight)로 인한 환경으로 인하여 정확한 위치추적이 어렵다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문은 이러한 문제점을 줄이기 위해서 Anchor로부터 수신되는 TOA의 range measurement의 표준 편차를 측정하여 LOS와 NLOS를 구분하고, 발견된 NLOS를 보정하는 방법에 대하여 연구했다. 또한 위치 정확도를 높이기 위하여 칼만 필터를 수행하여 이동 객체의 최종 위치를 생성하므로 보다 더 정확한 위치 추적이 가능케한다.

#### 5. 참고문헌

- [1] 박옥선, 정광렬, 김성희, "유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 위치인식 기술 및 시스템", ETRI 주간 기술동향 1098호, 2003
- [2] Xin Wang, Zongxin Wang, "A TOA-Based Location Algorithm Reducing the Errors due to Non-Line-Of-Sight (NLOS) Propagation", IEEE, pp. 97-100, 2001
- [3] Greg Welch and Gary Bishop, "An Introduction to the Kalman Filter", UNC-Chapel Hill, TR 95-141, 2004.
- [4] M.Wylie and J.Holtzman, "The Non-Line of Sight Problem in Mobile Location Estimation", IEEE ICUPC, PP.827-831, 1996