

# 앵커 조합 기반 실시간 실내 측위 및 LOS 감지

한규원, 김성륜, \*고승우  
연세대학교, \*인하대학교

[kwhan@ramo.yonsei.ac.kr](mailto:kwhan@ramo.yonsei.ac.kr), [slkim@ramo.yonsei.ac.kr](mailto:slkim@ramo.yonsei.ac.kr), [\\*swko@inha.ac.kr](mailto:*swko@inha.ac.kr)

## Real-time indoor positioning and line-of-sight detection via combinatorial anchor selection

Kyuwon Han, Seong-Lyun Kim, \*Seung-Woo Ko  
Yonsei Univ., Inha Univ.

### 요약

본 논문은 실내 환경에서 Access point 을 조합 선택하는 CDA 기법을 활용하여 실시간으로 LOS 여부를 감지하여 예러가 적은 신호들을 분류하는 기법을 제안하고, 그 성능을 실제 지하주차장 환경에서 실험하여 그 성능을 보인다.

### I. 서론

GPS 를 통해 위치 측위가 가능한 실외와 달리, 실내 환경에서의 위치 측위는 GPS 가 왜곡되므로 GPS 가 아닌 다른 방법을 통해 수행되어야 한다. WiFi 나 UWB 를 통한 라디오 신호 기반 실내 위치 측위는 가장 널리 사용되고 있는 기술들 중 하나이며, 주로 라디오 신호를 통해 거리를 측정하면 이를 통해 삼각측량이나 삼변측량 같은 GPS 에서 사용하는 위치 측위 기술을 활용하여 위치를 추정할 수 있다.

실내 환경은 좁은 공간과 복잡한 가구 환경으로 인해 다양한 간섭 상황에 존재한다. 특히, Line-of-sight (LOS) 가 차단되는 환경에서는 라디오 기반 거리 측정이 상당한 오차를 발생하게 된다. 따라서 미터 레벨 이하로 위치를 추정하기 위해서는 LOS 를 추정해야 할 뿐만 아니라, LOS 여부도 간섭 상황으로 인해 오차가 큰 신호들을 분류해야 할 필요가 있다. 기존에는 평균이나 분산을 활용한 통계적인 방법을 통해 LOS 여부를 감지하는 경우가 많았지만 [1], 통계 데이터의 경우 이를 습득하기까지 시간이 필요하므로 시간 지연 문제가 발생한다. 본 논문에서는 Combination data augmentation (CDA) 기법을 활용한 실시간 LOS 감지 기법을 제안하고, 그 성능을 실제 실험 데이터를 통해 증명한다.

### II. 본론

본 논문에서는 Access Point (AP)와 단말 간 ranging measurements 와 실제 ground-truth range 의 차이가 threshold 미만인 측정들을 clean measurements 라고 다음과 같이 정의한다.

$$|\hat{d} - d| \leq \Delta$$

[2] 논문에서 제안한 CDA 기법은 AP 의 개수가  $n$  개이고, 위치 추정에 사용할 Anchor 의 수가  $k$  이면, 조합 선택

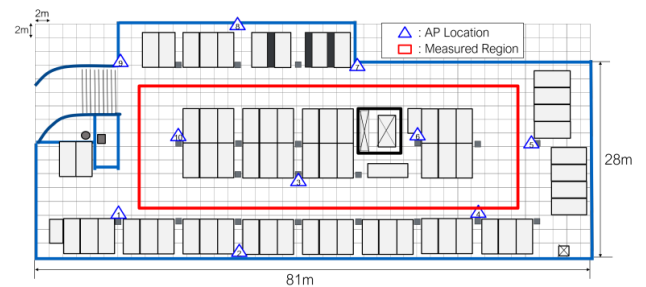


그림 1 지하주차장에서의 실험 환경과 측정 위치

택을 통해  $\binom{n}{k}$  개의 예비 추정 결과를 얻고, 아래의 두 개의 필터를 적용시켜 최종적인 위치 추정값을 얻을 수 있다.

1) Residual error (RE) filter

$$\sum_k (p_i^* - AP_{i,k})^2 - d_{i,k}^2$$

2) RTT sum (RS) filter

$$\sum_k d_{i,k}$$

이 때,  $p_i^*, i \in [1: \binom{n}{k}]$  은 조합 선택을 통한 각각의 위치 추정 결과이며, AP 의 위치는  $AP_{i,k}$  이다. RE/RS filter 를 통과한 예비 추정 결과들이 존재할 때, 해당 예비 추정 결과를 획득하는데 사용한 AP 들을 본 논문에서는 clean measurements 라고 가정한다.

### III. 실험 결과

본 논문의 clean RTT 분류 실험은 [3] 논문에서 수행된 지하 주차장 데이터를 사용하여 본 논문의 알고리즘의 성능을 검증한다. 해당 실험은 그림 1 과 같은 환경에서 10 개의 AP 들이 설치되어 있다. 모든 AP 들의

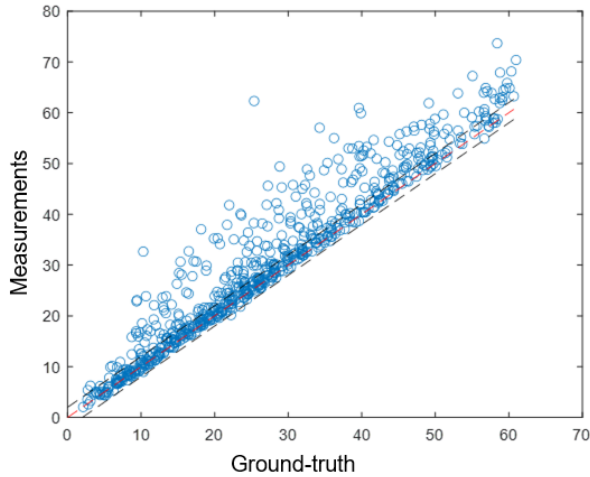


그림 2 실험 환경에서의 measurements.

ranging measurements 는 그림 2 와 같다. 그림 2 에서는 threshold 를 1 이라 가정할 경우, 검정 점선 안에 있는 측정치들이 clean measurements 라고 분류되고, 전체 신호들 중 약 48%의 신호들이 여기에 속한다. 이 때, threshold 를 1 과 2 로 두었을 때의 분류 성능은 표 1 과 표 2 에 나타난다.

		실제 정답	
		True	False
분류 정답	True	231	88
	False	111	270

표 1 Threshold 1 일때의 분류 성능

		실제 정답	
		True	False
분류 정답	True	284	126
	False	48	232

표 2 Threshold 2 일때의 분류 성능

Threshold 에 따른 Precision/Recall/Accuracy/F1 score 는 그림 3 과 같이 나타낼 수 있다. 그림 3 을 보면, Threshold 가 커질수록 Recall 의 성능은 증가하지만, 그 외의 성능은 감소하는 것을 확인할 수 있다.

## VI. 결론

본 논문은 CDA 기법을 활용한 실시간 LOS 감지 기법의 성능을 실제 실험 데이터를 통해 보인다. 본 논문의 LOS 감지 기법은 조합 선택을 통해 실시간으로 동작하는 것이 가장 큰 특징으로, Simultaneous localization and mapping (SLAM)에 활용하여 실내 환경에서 로봇 및 사람의 네비게이션 및 이동 경로 추정에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-00347, 6G 통신을 위한 Post MAC)

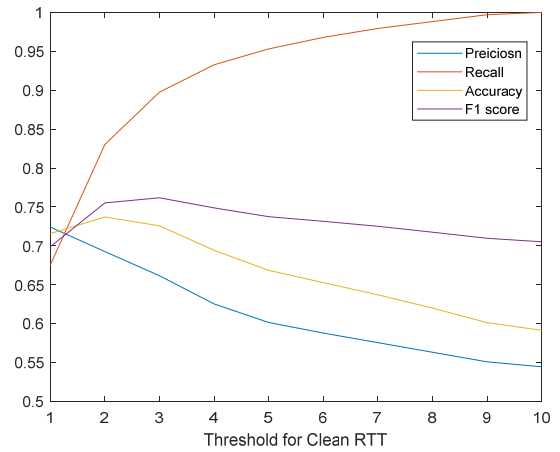


그림 3 Threshold 에 따른 분류 성능

## 참 고 문 헌

- [1] K. Han, S. Yu, and S.-L. Kim, "Smartphone-based indoor localization using Wi-Fi fine timing measurement," in Proc. the 10th International conference on Indoor
- [2] S. M. Yu, J. Park and S. -W. Ko, "Combinatorial Data Augmentation for Real-Time Indoor Positioning: Concepts and Experiments," 2022 IEEE 95th Vehicular Technology Conference: (VTC2022-Spring), 2022
- [3] K. Han, S. M. Yu, S. -L. Kim and S. -W. Ko, "Exploiting User Mobility for WiFi RTT Positioning: A Geometric Approach," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 8, no. 19, pp. 14589-14606, 1 Oct.1, 2021.