



# Internet of Things(IoT) 기반 실시간 실내 위치 추정 시스템 설계 및 구현

한혜주\*, 오영우\*, 박민수\*, 전광명\*\*, 임채준\*\*, 최우열\*

\* 조선대학교, \*\* Intflow Inc.

# CONTENTS

- 01 연구배경  
Introduction
- 02 시스템 설계 및 구현  
System design & implementation
- 03 시스템 성능 비교 및 분석  
System performance comparison & analysis
- 04 결론  
Conclusion

# 1-1 연구 배경 실시간 실내 위치추정 시스템

## 01 IoT (Internet of Things) 기술의 발전 및 활용

- IoT, ICT 기술의 확산으로 인한 스마트 서비스 활용 사례 증가
- 특히, 실내 위치 분석 및 측위 기술에 대한 연구가 확산

## 02 주요 측위 기술 분석

- GPS 기반 실내 추정의 경우, 실내 공간에서의 가시선이 도달하지 못해 추정 정확도가 크게 저하됨
- UWB(Ultra WideBand) 기반 측위 기술의 경우, 높은 추정 정확도를 제공하나, 타 무선 통신 시스템에 간섭을 초래함

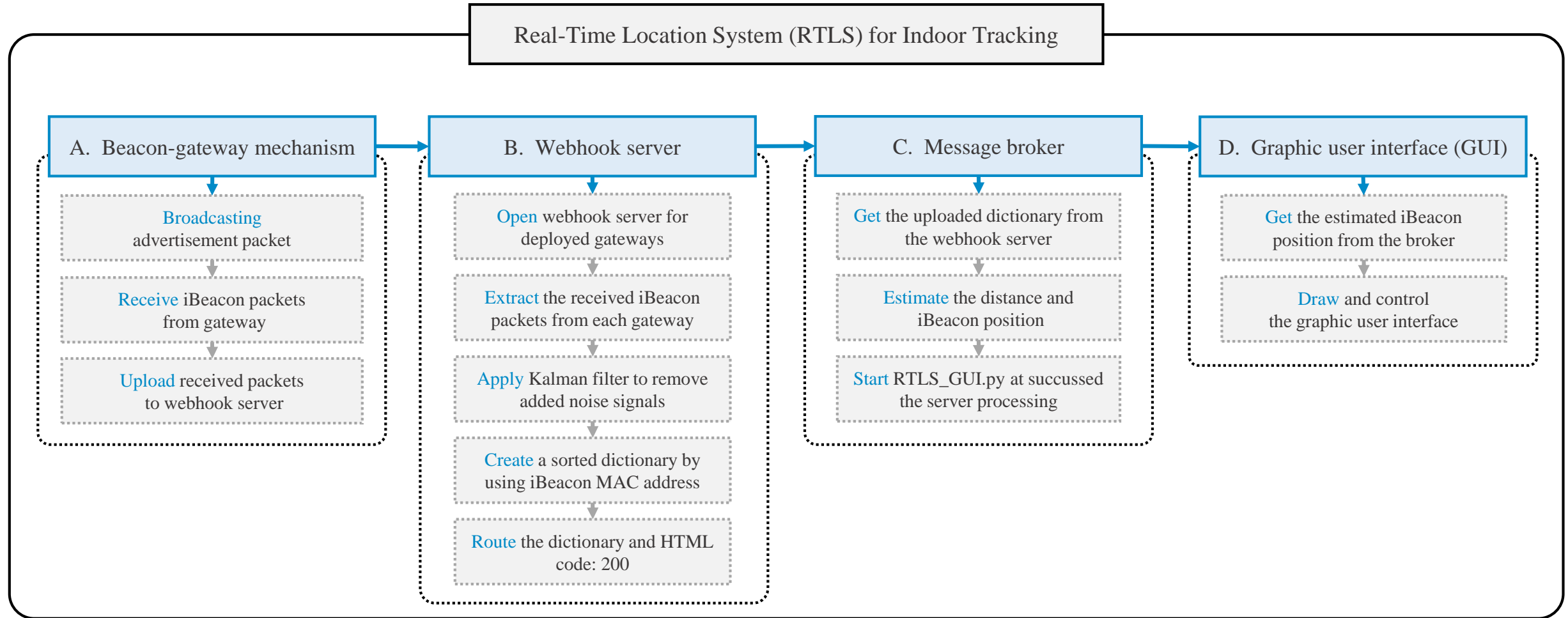
## 03 BLE(Bluetooth Low Energy) 기반의 iBeacon을 활용한 실내 측위 기술

- iBeacon은 설치에 제약이 없어 음영지역에 의해 발생하는 문제에 자유로움
- RSSI(Received Signal Strength Indicator)를 활용한 측량 기법들을 통해 실내 위치추정 가능



- 실내 환경에서 간섭 및 신호 감쇠를 고려한 실시간 실내 위치 추정 시스템 설계 및 구현
- 다만, BLE 기반 실내 측위 기술 역시 무선 신호의 특성상 간섭 및 감쇠에 따른 정확도의 편차가 나타남으로 이를 개선하기 위한 후속 연구가 요구됨

# 2-1 시스템 설계 및 구현 프로세스 다이어그램

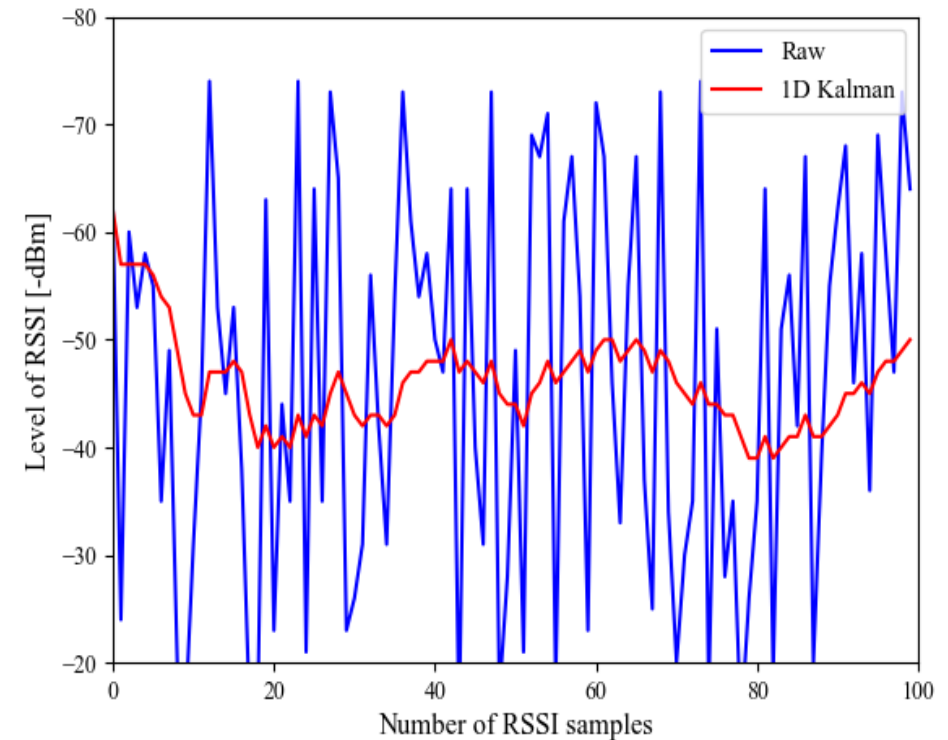
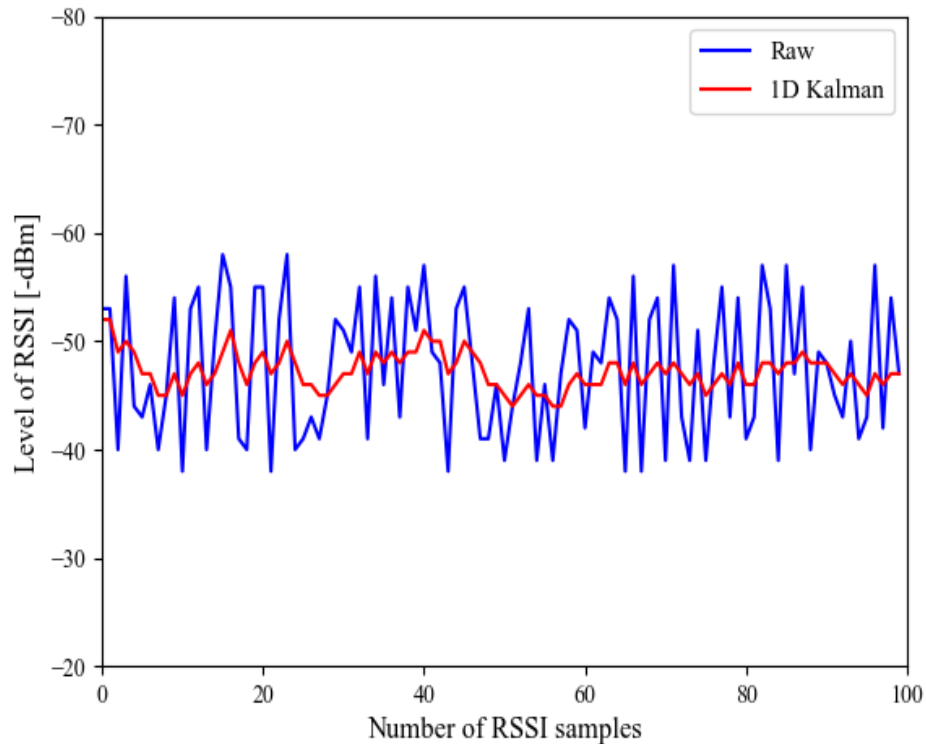


- 서버는 단순히 데이터 전달만을 위해 사용되지 않고, Kalman 필터 기반 노이즈 제거 및 주소 값을 활용한 데이터 정렬을 수행
- Flask 기반의 Webhook 서버와 Broker 역할을 수행하는 python 코드를 통해, RTLS 프로세스를 자동화 처리

## 2-2 시스템 설계 및 구현

### 1D Kalman filter

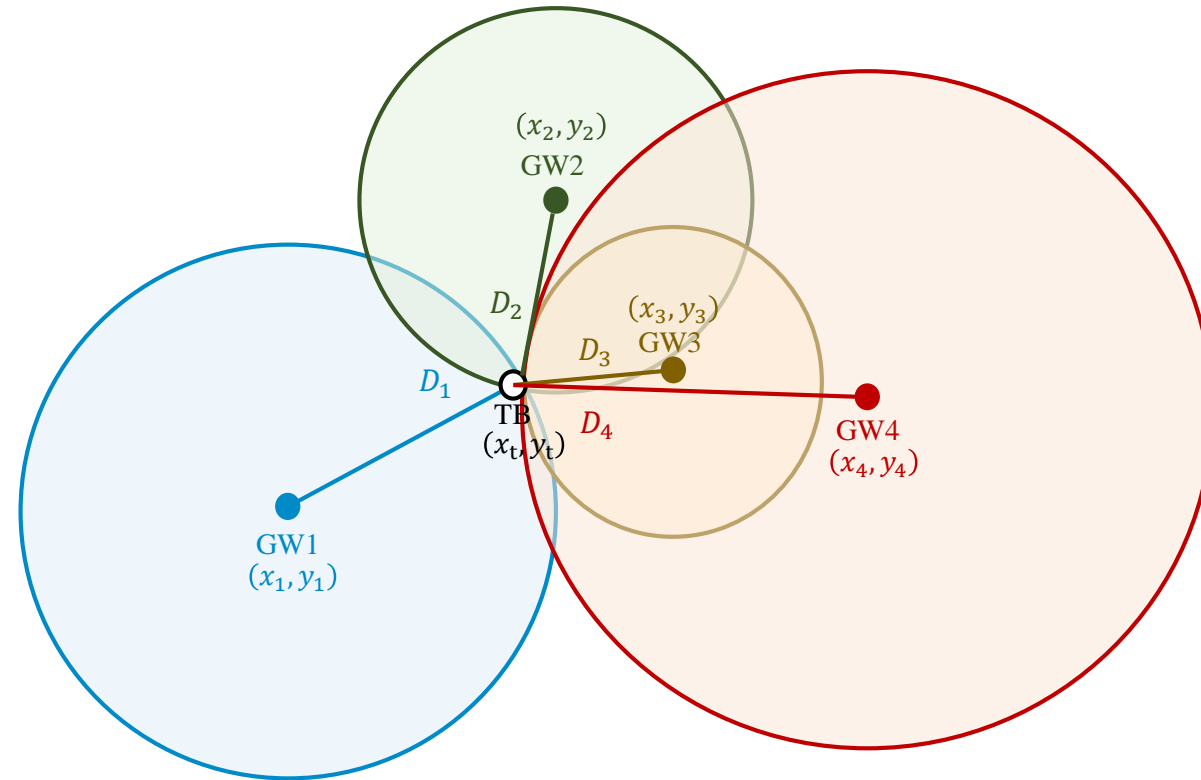
- 01 좌측의 figure는 수신 감도의 변화가 -20dBm, 우측 figure의 경우, RSSI 품질의 변화가 -60dBm 때, 필터 성능을 나타냄
- 02 필터의 성능을 점검하기 위해 랜덤으로 생성하여, Kalman filter에 대한 성능 분석을 수행



- 본 논문에 활용된 Kalman 필터는 별도의 계수 값 없이, 이전 RSSI 정보만으로 강건한 평활화 성능을 제공
- 특히, 모바일 노드의 이동 및 장애물 발생에 따른 RSSI 신호 감쇠에 탁월한 보정효과를 달성할 수 있음

## 2-3 시스템 설계 및 구현 사변측량 알고리즘

Quadrilateration algorithm for RTLS

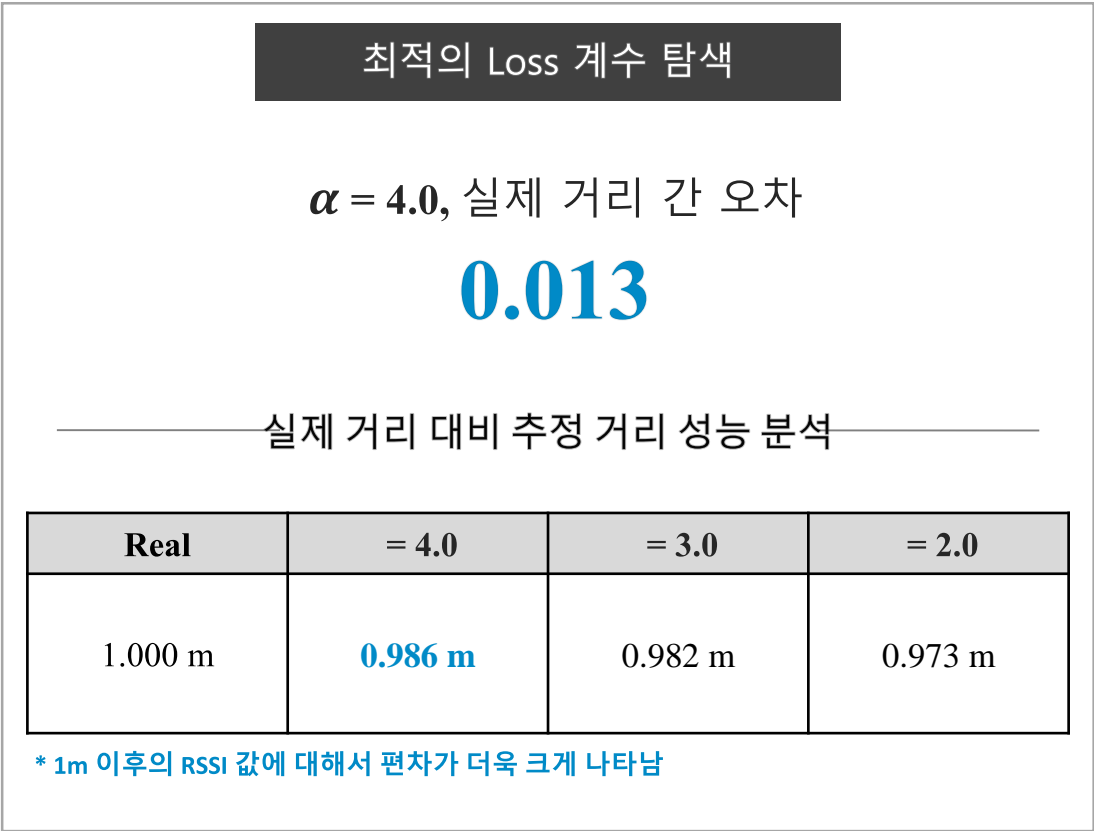
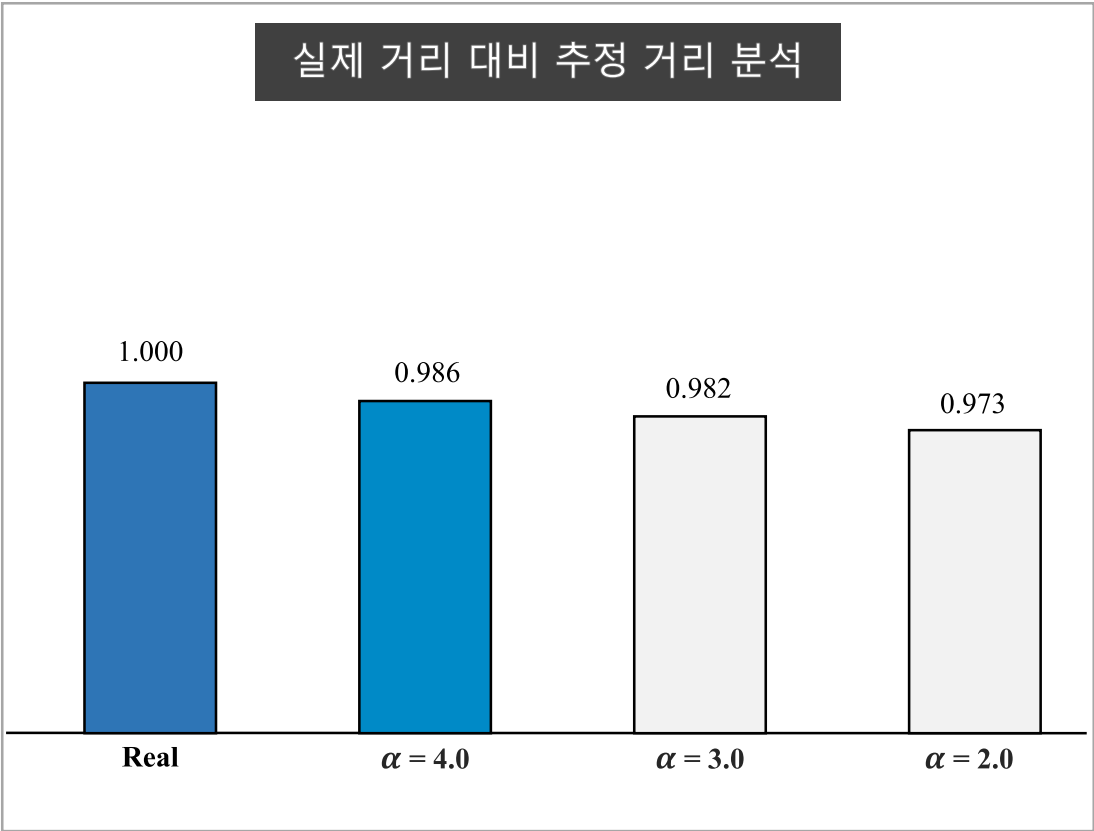


- 사변측량 알고리즘은 기존에 잘 알려진 삼변측량 알고리즘에 비해 정밀한 위치 추정 성능을 제공할 수 있음
- 노드 - 게이트웨이 간 거리 및 노드 개수는 list 형태로 자동으로 처리되며, 인덱싱에 의해 각각의 모바일 노드에 대한 좌표 추정을 수행

# 3-1 시스템 성능 비교 및 분석

## Loss 증가에 따른 추정 거리 변화 실험

- 01 거리 추정 함수의 정확도 개선을 위해 1m 거리에 따른 RSSI 값을 획득하였으나,  $\alpha$  (Loss) 값에 따른 오차가 크게 발생
- 02 따라서, 실제 실험 환경 (Area size, 게이트웨이 개수 등)에 따라서 실험적 통계를 바탕으로 처리해야 함
- 03  $\alpha = 4.0$  일 때, 실제 거리와 가장 근사한 추정 거리를 달성할 수 있음을 실험을 통해 확인하였음



# 3-2 시스템 성능 비교 및 분석 측량 알고리즘 테스트

- 01 사변 측량 알고리즘에서 발생하는 오차 값을 줄이기 위해 Least Square Method (LSM) 기법을 추가
- 02 실제 테스트베드 간 추정된 좌표는 다음과 같이 산출됨을 확인

| 비고                   | Gateway 1 | Gateway 2 | Gateway 3 | Gateway 4 |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 게이트웨이와<br>인접한 모바일 노드 | C         | B, 12     | F, D      | E, 13     |

03 Case1

| Gateway   | Node, RSSI |
|-----------|------------|
| 1         | B, -54.9   |
| 2         | B, -22.9   |
| 3         | B, -37.0   |
| 4         | B, -43.9   |
| X (3.525) | Y (3.966)  |

04 Case 2

| Gateway  | Node, RSSI |
|----------|------------|
| 1        | C, -33.9   |
| 2        | C, -50.9   |
| 3        | C, -54.0   |
| 4        | C, -44.0   |
| X(0.200) | Y (3.050)  |

05 Case 3

| Gateway   | Node, RSSI |
|-----------|------------|
| 1         | F, -59.9   |
| 2         | F, -48.0   |
| 3         | F, -38.0   |
| 4         | F, -62.0   |
| X (6.063) | Y (3.131)  |



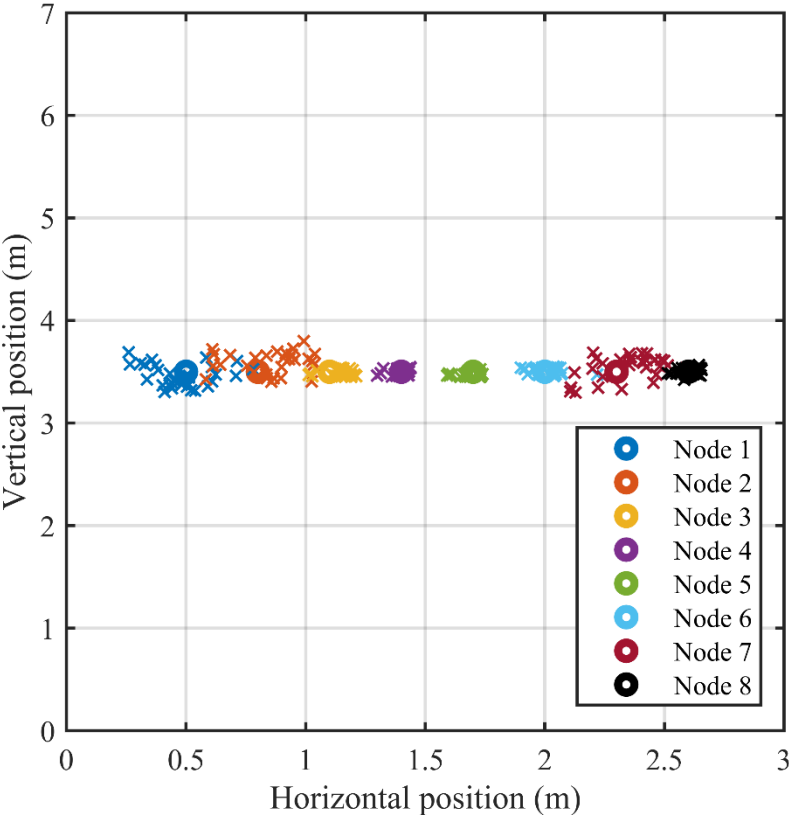
- 시뮬레이션을 통해, 다중 게이트웨이를 활용한 사변측량 알고리즘은 추정 정확도를 달성할 수 있음을 보임
- 그러나, 배치된 일부 모바일 노드의 경우, 인접한 벽에 의해 RSSI 값이 크게 열화되는 것을 확인할 수 있으며, 이는 시스템의 추정 정확도에 부정적 영향을 줌



# 3-3 시스템 성능 비교 및 분석

## 위치 추정 분포와 평균 추정 좌표 및 거리오차

- 01 3m X 7m 실내 환경에서의 4개의 게이트웨이, 8개의 모바일 노드를 활용
- 02 1, 2, 7번 node의 경우, 인접한 외벽 및 장애물에 의한 RSSI 신호 감쇠가 발생하여 추정 정밀도 성능이 저하됨
- 03 그러나, 일부 node를 제외한 실시간 위치추정 성능은 3cm의 평균 거리 오차를 지닌 높은 정확도를 달성할 수 있음을 확인



| Node | 배치 좌표        | 평균 추정 좌표     | 평균 거리 오차                    |
|------|--------------|--------------|-----------------------------|
| 1    | (0.50, 3.50) | (0.48, 3.46) | ( $\pm 0.11$ , $\pm 0.10$ ) |
| 2    | (0.80, 3.50) | (0.85, 3.58) | ( $\pm 0.12$ , $\pm 0.11$ ) |
| 3    | (1.10, 3.50) | (1.13, 3.48) | ( $\pm 0.05$ , $\pm 0.03$ ) |
| 4    | (1.40, 3.50) | (1.39, 3.51) | ( $\pm 0.03$ , $\pm 0.03$ ) |
| 5    | (1.70, 3.50) | (1.67, 3.47) | ( $\pm 0.03$ , $\pm 0.03$ ) |
| 6    | (2.00, 3.50) | (2.00, 3.50) | ( $\pm 0.04$ , $\pm 0.03$ ) |
| 7    | (2.30, 3.50) | (2.34, 3.54) | ( $\pm 0.12$ , $\pm 0.11$ ) |
| 8    | (2.60, 3.50) | (2.60, 3.50) | ( $\pm 0.03$ , $\pm 0.03$ ) |

# 4-1 결론

## 실험 요약 및 후속 연구 계획

### ▶ 연구 배경

- IoT 기술의 급속한 발전 및 활용으로 인한 다양한 위치 분석 및 측위 기술에 대한 연구 증가
- 그러나, 기존 측위 기술의 경우, 높은 정확도를 달성할 수 있으나 신호 간섭 혹은 정확도의 열화 등의 문제점이 존재

### ▶ 연구 과정

- 다중 게이트웨이 및 다중 모바일 노드의 데이터를 수집 및 처리하기 위한 Webhook 서버 설계 및 구축
- 신호 품질의 변화에 강건한 성능을 위한 Kalman Filter, 최소자승법, 사변측량법 등을 이용한 RTLS 설계 및 구현
- 구현된 RTLS 평가를 위한 3mX7m 실내 환경에서의 실시간 모바일 노드 위치 추정 실험 수행 및 검증

### ▶ 연구 결론

- 실험 결과를 통해, 외벽에 의한 감쇠로 인해 일부 node에 대한 추정 정밀도가 크게 열화되는 문제를 보임
- 그러나, 일부 모바일 노드를 제외한 대부분 배치 node에서 근접한 추정 정확도를 달성할 수 있음을 확인하였음

### ▶ 후속 연구 계획

- 해당 연구 결과를 기반으로 이동하는 객체에 대한 고정밀 실시간 위치추정 연구 수행 예정