

고정밀 BLE·PDR 융합 실내 내비게이션

| 비콘 위치 최적화 알고리즘을 통한 저비용·고효율 인프라 구축

3조 | 213325 이준영, 213053 정영훈, 235814 전석훈

전남대학교 건축학부 공학전공



Abstract

GPS 신호가 도달하지 않는 지하 및 대형 실내 공간의 위치 파악 문제 해결이 필요.

본 연구는 AutoCAD 도면 분석을 통해 비콘을 자동 배치하는 환경을 구축하고, BLE 비콘과 PDR(보행자 추측 항법) 데이터를 칼만 필터로 융합하여 정밀한 실내 위치를 추정한 뒤, 최종적으로 A* 알고리즘을 활용한 실내 내비게이션 시스템을 구현하는 것을 목표로 함.

System Implementation



단층이동

- Vector to Raster (도면 데이터 수치화)
- A* 알고리즘 (Raster 기반 경로 탐색)

다층이동

- 게이트 생성 (현재 층과 다음 층 연결)
- 다익스트라 (층 변환 시 도면 호출)

Navigation Process

- A* → 게이트 → 다익스트라 → A*

Methods



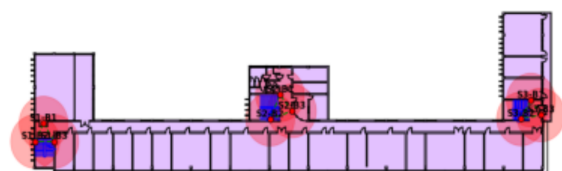
1. 건물 내·외부 영역 분리

· 형태학적 닫기 · Floodfill



2. 순수 실내 가용 영역 추출

· 버퍼 연산 · 차집합 연산



3. 삼변측량을 위한 비콘 배치

· 벽면 흡착 · 중심 인입

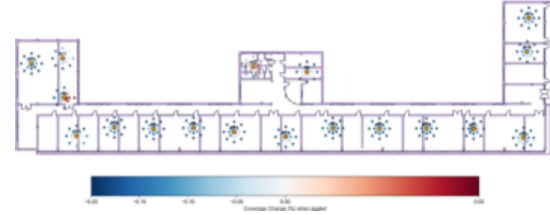


4. 단일 비콘 추가 배치 및 최적화

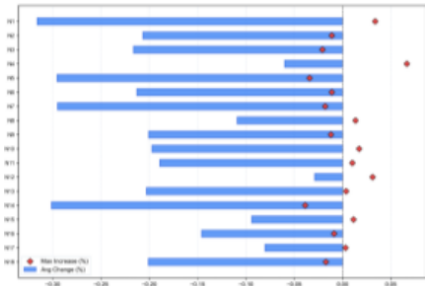
· 보로노이/로이드(CVT) 알고리즘

Verification

• 비콘 배치 적정성 검증

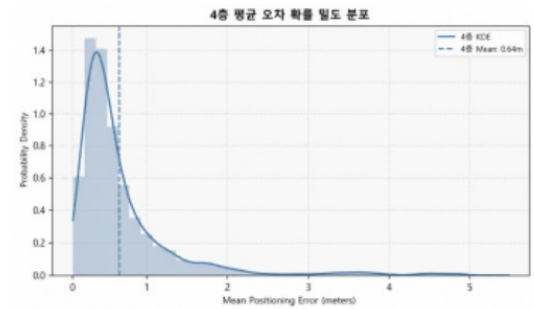


- 비콘 신호 도달 측정 (목표 90%↑)
- 각 비콘을 8방향으로 미세 이동



- 막대 지표: 비콘 이동에 따른 커버리지 평균 변화량 (0에 근접 시 최적)
- 마커 지표: 비콘 이동에 따른 커버리지 최대 증가치 (0에 근접 시 최적)

• 위치 추정 정확도 검증



성능 지표	1층	2층	3층	4층	PDR 단위
평균 위치 오차	0.95 m	0.72 m	0.90 m	0.64 m	3.54 m
평균 최대 오차	18.44 m	11.32 m	12.60 m	5.38 m	14.27 m
KPI (< 2.0 m) 확률	90.16%	94.20%	91.31%	95.86%	29.33%
KPI (< 1.0 m) 확률	75.72%	82.34%	75.98%	84.24%	10.95%
Shapiro-Wilk p-val	2.21e-65	2.74e-79	1.84e-80	1.15e-76	7.78e-21

- 장소: 전남대 공대 2호관 1~4층
- 비콘 개수: 108개 설치
- 측위 정확도: 평균 오차 0.64~0.9m
- 측정 방법: 각 층을 1000회 자동 순회

Conclusions



측위 정확도

평균 측위 오차 0.64~0.9m



자동화

비콘 자동 배치 및 맵 생성



비용 절감

최소 비용으로 UWB급 성능