

31 물류창고에서 이동체 위치 추적을 위한 BLE Zoning 시스템 개발

소속 정보컴퓨터공학부

분과 C

팀명 전주부산제주

참여학생 이정현, 김지명, 강중헌

지도교수 정상화

과제 개요

과제 목표

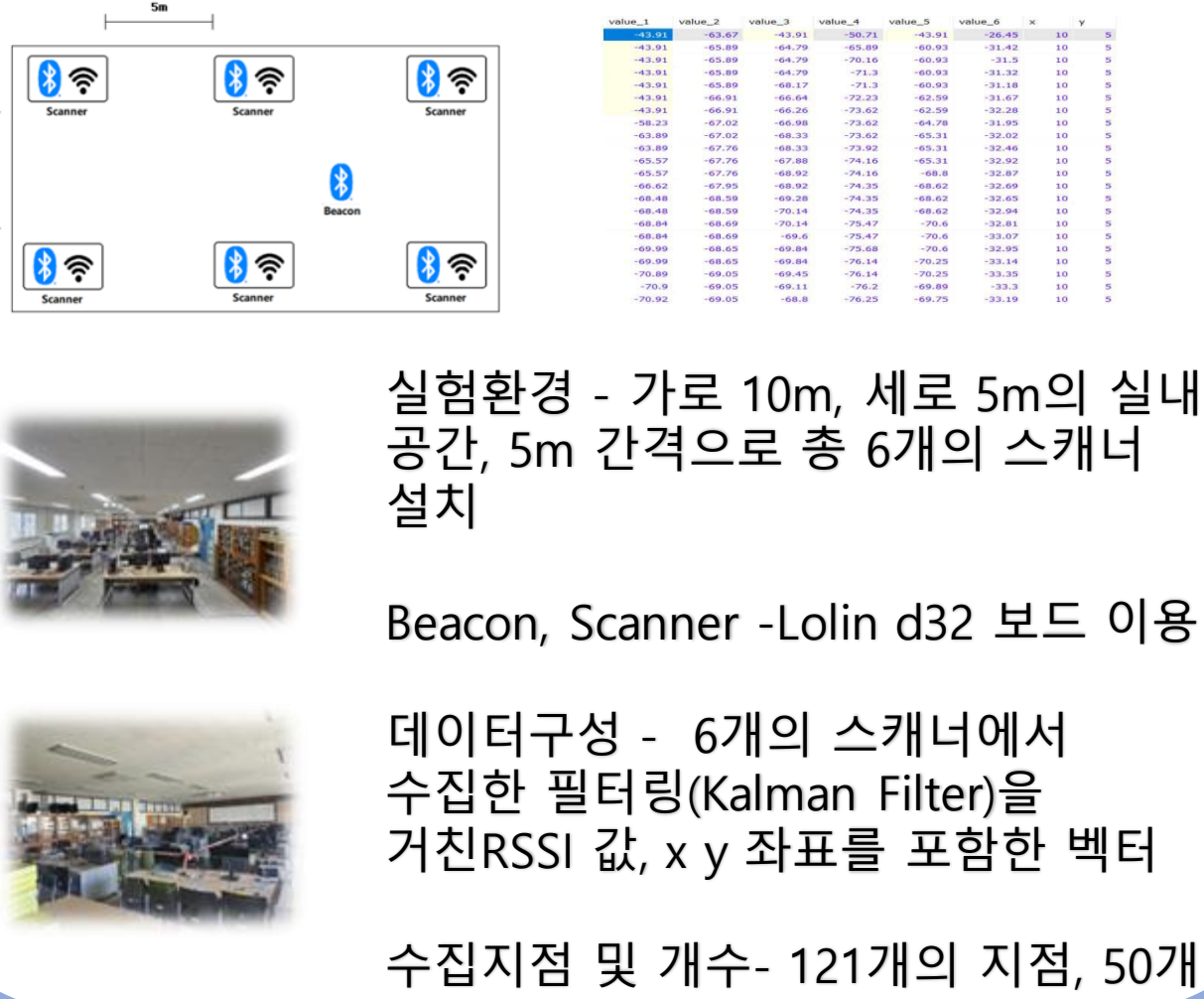
- 물류창고에서의 자재 이동과 근로자의 움직임을 효율적으로 추적
- BLE(Bluetooth Low Energy) 기술을 기반
- 지도학습, GAN을 통한 데이터 증강(data augmentation with GAN), 핑거프린트(Fingerprint) 방식을 조합
- BLE Zoning 기술을 활용 실시간 이동 추정 기술 구현 및 분석

과제 내용

- RSSI 핑거프린트(Radio Signal Strength Indicator Fingerprint)데이터 활용.
- Kalman filter를 이용한 RSSI 데이터 전처리.
- GAN을 통한 데이터 증강(data augmentation with GAN) ->비용 절감.
- 지도학습 모델을 개발, 물체의 위치를 정확하게 추정.
- 웹에서 실시간으로 이동하는 위치를 표시하는 맵을 생성, BLE Zoning 시스템 구현.

과제 구성

데이터 수집 및 전처리



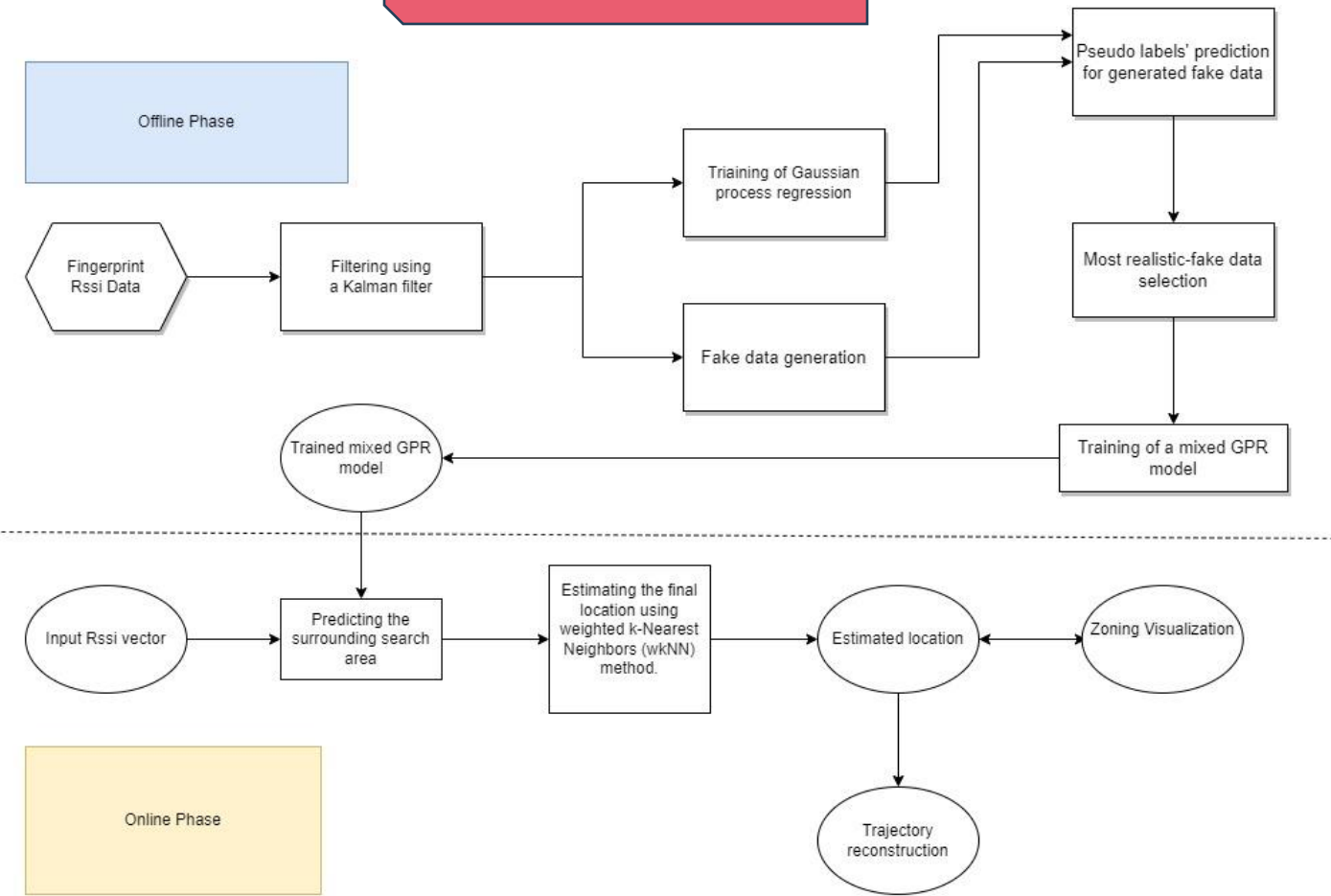
실험환경 - 가로 10m, 세로 5m의 실내 공간, 5m 간격으로 총 6개의 스캐너 설치

Beacon, Scanner -Lolin d32 보드 이용

데이터구성 - 6개의 스캐너에서 수집한 필터링(Kalman Filter)을 거친RSSI 값, x y 좌표를 포함한 벡터

수집지점 및 개수- 121개의 지점, 50개

시스템 구성도



웹 서비스 구현

사용자에게 현재 위치를 여러 영역 또는 "Zone"으로 구분하여 시각적으로 제공

Python Flask 라이브러리 pymysql 라이브러리를 사용하여 실시간 RSSI 값을 가져오고, 학습된 Gaussian Process Regression (GPR) 모델에 적용하여 얻은 XY 좌표 Weighted k-Nearest Neighbors (wkNN) 알고리즘을 이용해 추정

XY 좌표와 해당하는 6개의 Zone을 매핑하여 웹 페이지 상에서 동적으로 업데이트

3가지의 경로를 만들어 Estimated, Reconstructed Path 를 시각적으로 비교

Reconstructed Path 는 RSSI 값들의 신뢰성을 평가 추정된 위치를 가중평균을 통해 최적화

위치들을 기반으로 경로를 선형 보간

모델 구성

<offline Phase>

GPR(Gaussian Process regression)을 활용하여 데이터를 확장fake data를 생성

지도학습(GPR)을 통해 좌표를 할당, 데이터를 정제

정제된 데이터 세트로 지도학습 모델을 학습, 훈련, 최적화.

<online Phase>

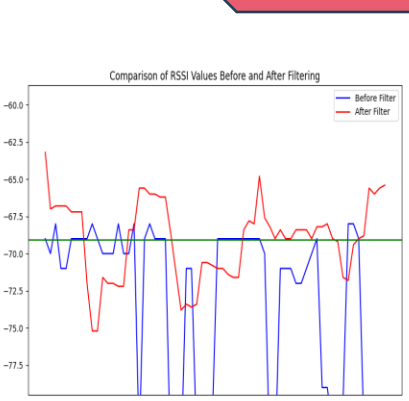
새로운 데이터 입력(실시간)

GPR 모델 검색 영역을 예측-> wkNN (Weighted k-Nearest Neighbors algorithm) 최종 위치를 추정

결과를 사용자에게 반환하거나 다른 응용 프로그램에 전달.

과제 결과

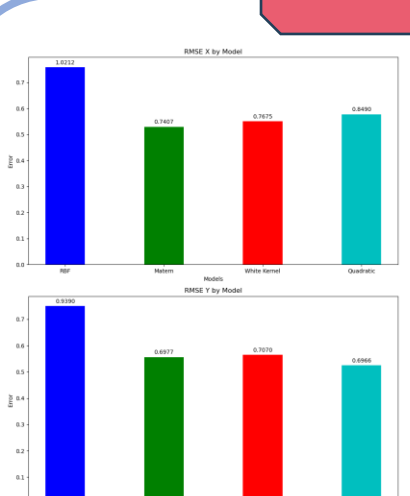
Kalman filter before vs after



칼만 필터(kalman filter) 적용 결과, 표준편차 5.99 -> 2.66 으로 현저히 감소

데이터의 불안정성이 크게 감소

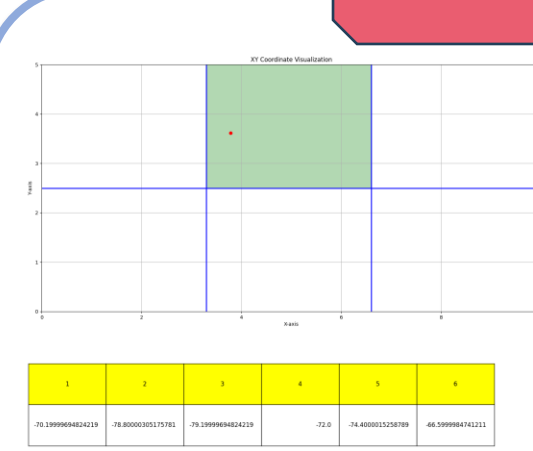
커널 선택



Model x Matern 커널 가장 작은 RMSE 값(RMSE: 0.7407) 을 보임.

Model y Quadratic 커널 가장 작은 RMSE(RMSE: 0.6966) 을 값을 보임.

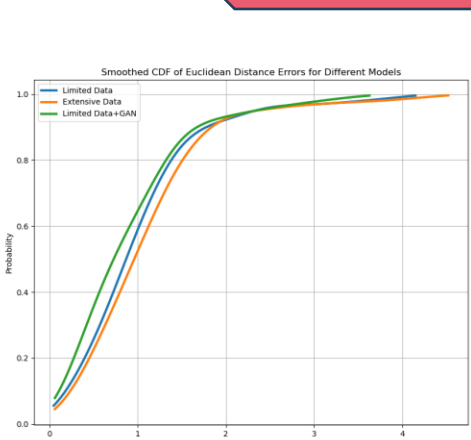
Zoning Visualization



실시간으로 수집된 RSSI 값을 기반으로 사용자의 현재 위치를 여러 영역"Zone"으로 구분하여 시각적으로 제공

사용자는 웹 페이지 상 이동체의 위치가 어떤 Zone에 속하는지 확인

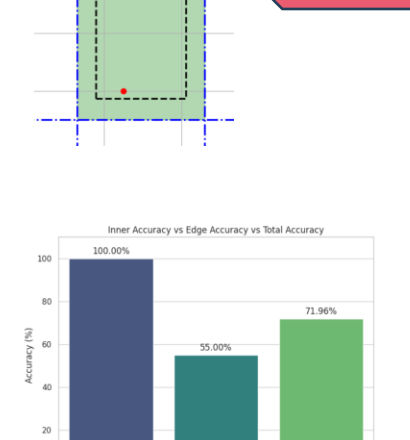
data augmentation with GAN 성능비교



fake data를 활용한 Limited Data+GAN 조건이 모델의 정확도, 예측 범위 측면에서 가장 우수한 결과.

GAN을 사용하여 데이터 다양성을 향상, 모델의 성능을 향상

Zoning Accuracy Total vs Inner vs Edge

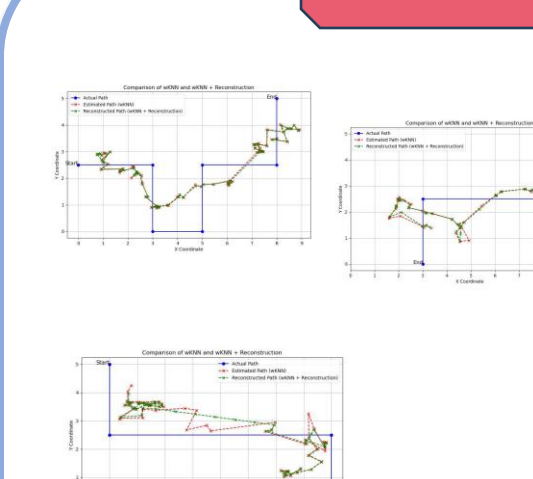


Total Accuracy 71.96%
Inner Accuracy 100.00%
Edge Accuracy 55.00%

Zone 내부에 위치한 데이터를 매우 정확하게 예측

Zone 가장자리 부분에 대해서는 정확도가 낮음

Trajectory reconstruction



Reconstructed Path는 실제 경로와 매우 유사하게 나타남

정확한 경로 추적이 있어서는 시각적으로 정확도가 부족.

결론

무선 신호를 활용한 위치 추정 시스템의 정확성과 신뢰성을 향상시키기 위한 다양한 방법론을 탐구. GPR의 불확실성 처리 능력과 wkNN의 정확도를 결합하여 실시간 위치 추정을 수행. Fake 데이터와 GAN을 활용한 데이터 증강 기법이 모델 성능 향상에 효과적임을 입증. Zoning 시스템은 이동체의 위치 추적을 시각적으로 표현 및 정확도 확인