

2023 전기 졸업과제 착수보고서

물류 창고에서 이동체 위치 추적을 위한 BLE

Zoning 시스템 개발

팀명 : 전주 부산 제주

이정현

김지명

강중헌

목차

1. 과제 배경 및 목표

2. 진행 방안

2.1 실험 환경 구성

2.2 데이터 수집

2.3 모델 구성

2.3.1 Offline Phase

2.3.2 Online Phase

2.4 웹 서비스 구현

3. 유의 사항

4. 개발 일정 및 역할 분담

4.1 개발 일정

4.2 역할 분담

1 과제 배경 및 목표

1.1 과제 배경

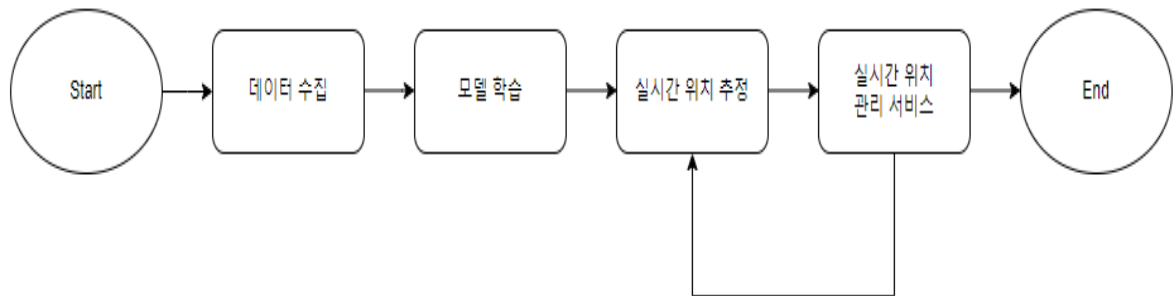
물류 창고에서 자재 및 근로자의 움직임을 효율적으로 관리하고 추적하는 것은 운영 최적화와 생산성 향상에 중요합니다. 기존 방식들의 한계점을 극복하기 위해, 최근에는 BLE 기술을 활용하여 물류 창고 환경에서 실시간 추적을 위한 관심이 증가하고 있다.

방식	한계점
수동 스캐닝	실시간 업데이트 한계점 정확성 한계점
RFID 시스템	제한된 동작 범위 다중 태그 인식 문제 전자기 잡음과 간섭 비용적 측면 개인 정보 보호
GPS 기술	실내 및 밀폐된 공간에서 제한 다중 경로 효과 시간 싱크 및 신호 지연 신호 간섭 정확성과 정밀도의 한계
센서 네트워크	네트워크 확장성 유지 보수의 한계 에너지 소비와 배터리 수명

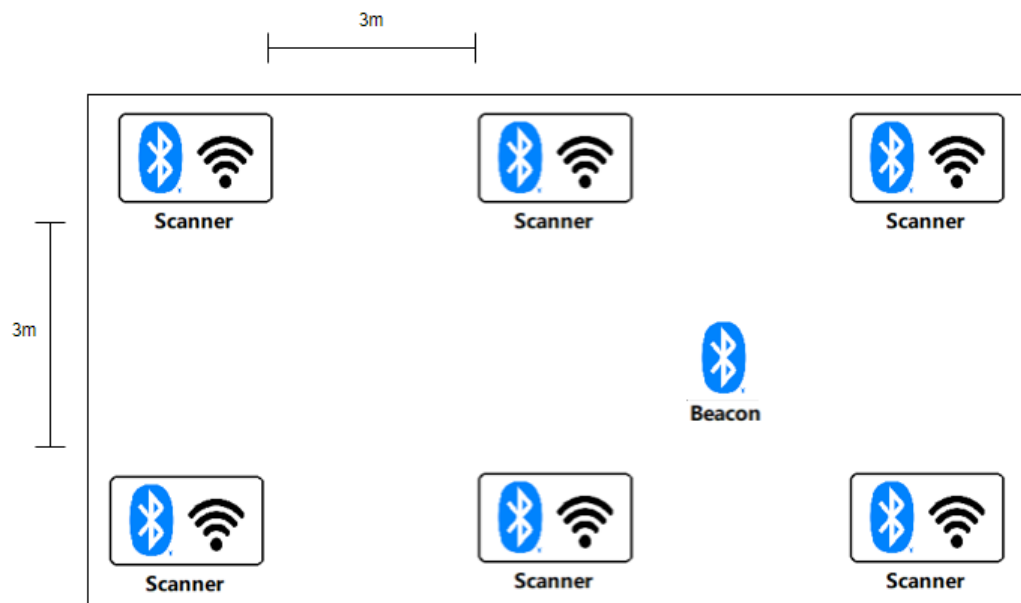
1.2 과제 목표

본 과제에서는 위 방식들의 한계점을 극복하기 위한 BLE Zoning 기술을 활용하여 물류 창고에서 자재와 근로자의 실시간 이동 추적 기술을 구현하고 분석해 볼 것이다.

2 진행 방안

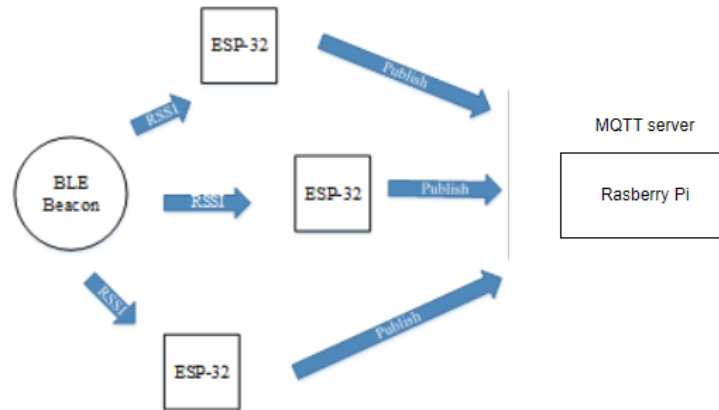


2.1 실험 환경 구성



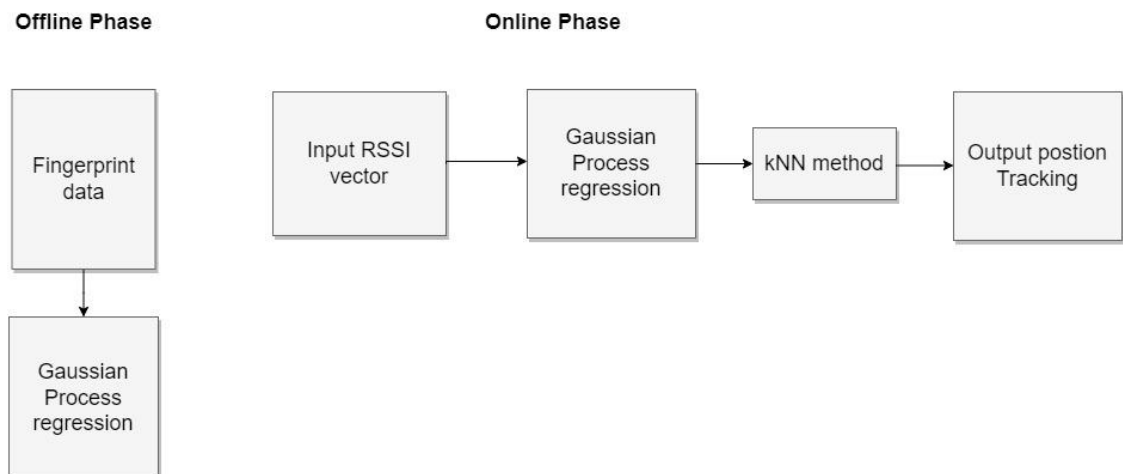
실험환경 구성은 위 그림과 같이 가로, 세로 3m 간격으로 고정된 Scanner를 같은 높이로 설치하고, BLE Beacon을 이동해 가며 신호를 수집할 것이다. 각 스캐너와 BLE Beacon은 Raspberry Pi, ESP32 dk로 구성된다.

2.2 데이터 수집



각 ESP32는 추적해야 할 BLE 장치의 MAC 주소로 하드 코딩 되어 연결된 BLE Beacon을 계속해서 스캔하여 RSSI를 수집한다. ESP32는 MQTT Protocol을 통해 Raspberry Pi에 해당하는 MAC 주소로 연결되어 ESP32는 MQTT Protocol을 사용하여 Raspberry Pi로 자신의 RSSI 값과 MAC 주소를 페이로드로 전송된다.

2.3 모델 구성



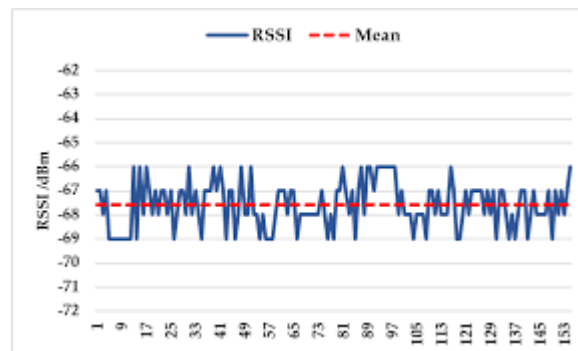
2.3.1 Offline Phase

오프라인 단계는 훈련 및 초기화 단계로, 미리 수집된 RSSI 지문 데이터를 사용하여 모델을 훈련하고 최적의 모델을 찾는 과정이다.

- Fingerprint Filtering

실험 환경에서 수신자 스테이션은 $AP_1, AP_2 \sim \dots \sim AP_n$ 으로 표시되며 AP로부터 수집된 정보는 해당 장치의 RSSI 값과 MAC 주소이다. 수집된 RSSI는 잡음이 포함되어 있어 원시 RSSI값은 큰 변동을 보인다. 학습에서 신뢰 있는 데이터를 사용하기 위해서 RSSI의 필터링 단계를 거쳐 데이터를 가공해야 한다.

o mean filter



mean filter는 주변 샘플들의 평균값을 계산하여 신호의 변동성을 완화하는 필터링 방법이다. 이를 통해 신호에서 잡음이나 불규칙한 변동을 완화하여 부드러운 신호를 생성하는 데 도움을 준다.

- Gaussian Process Regression(GPR)

Gaussian Process Regression은 평균 함수와 공분산 함수로 정의되는 Gaussian Process로써 입력 데이터와 해당 데이터에 대한 출력 값을 기반으로 모델을 학습시킨다. GPR은 SVM이나 Linear Regression에 비해 불확실성, 비선형성을 모델링하는데 강점이 있어 본 실험에서 사용하고자 한다. 실험에서 입력 데이터로는 RSSI vector를 사용하고 출력 데이터로는 2차원 위치 좌표를 사용하여 GPR 모델을 학습시키고자 한다. 이때 입력

데이터의 참조 지점의 개수 설정은 실험을 통해 최적의 결과를 내는 것으로 선정할 것이다.

- 검증 단계

커널 함수는 입력 데이터의 유사도를 계산하여 관측된 데이터 사이의 상관관계를 모델링한다. 이를 통해 예측 값을 생성하고 불확실성을 추정하는 데 사용한다.

RSSI 핑거프린트 데이터 중 검증 세트를 사용하여 커널 함수와 매개 변수를 평가하고, 이를 바탕으로 가장 적은 오차를 가지는 최적의 GPR 모델을 선택하도록 실험을 진행한다.

이때 출력 데이터 X , Y 축에 대하여 각각의 커널 함수를 적용하여 GPR을 별도로 적용한다.

2.3.2 Online Phase

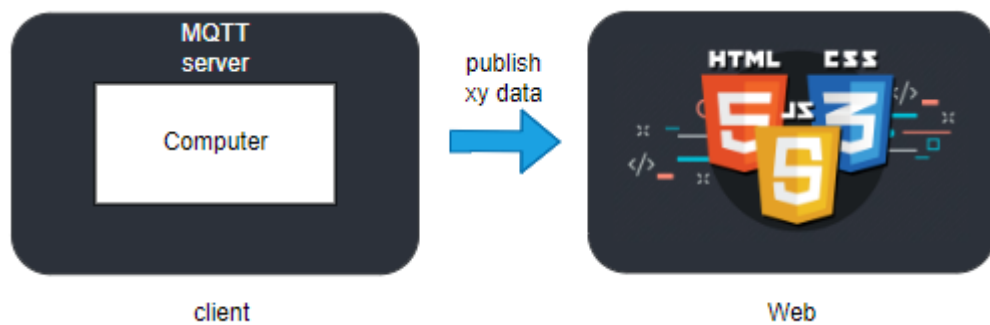
온라인 단계에서는 알려지지 않은 위치(UP)의 RSSI 벡터를 사용하여 실시간 현재 위치를 추정한다. 이때 채택한 알고리즘은 GPR과 wkNN의 혼합이다. RSSI 벡터는 GRP로 초기 보정, kNN을 통해 위치에 대한 추정 보정이 된다.

- w-weighted k-Nearest Neighbor(wkNN)

wkNN은 kNN에서 가장 가까운 이웃의 수 k 개를 사용하여 예측하는 것이 아니라, k 개의 이웃의 가중 평균을 사용하여 예측하는 방법(일반적인 kNN은 모든 이웃 간의 거리를 동등하게 처리함). 이 가중치는 거리 함수를 기반으로 계산되며, 일반적으로 가까운 이웃일수록 높은 가중치를 부여한다. 이러한 방법은 kNN의 예측 성능 대비 향상된 결과를 얻을 수 있다.

GPR을 통해 추정된 위치를 중심으로 반지름 r 인 원 영역에 있는 k 개의 최근접 이웃을 찾는다. 이때 최근접 이웃은 RSSI 값이 유사한 위치를 의미한다. 이러한 최근접 이웃은 건물 내부의 실제 위치를 나타내는 참조 지점으로 사용된다. k 개의 최근접 이웃 각각의 거리에 가중치를 부여하여 거리가 가까울수록 높은 가중치를 준다. 가중치가 부여된 k 개의 최근접 이웃의 위치를 가중 평균하여 추정 위치를 얻게 된다. 이를 통해 이웃 간의 거리에 따른 가중치를 고려하여, 보다 정확한 위치 추정이 가능해진다.

2.4 웹 서비스 구현



실시간으로 웹에서 이동하는 Beacon의 따른 Scanner의 위치를 표시하는 맵을 나타내 BLE zoning 시스템을 구현할 것이다. 이때 오버헤드를 최소화하기 위해서 Scanner의 x, y 좌표를 넘겨 javascript를 통해 구현한다.

3 유의 사항

예상되는 문제점이 여럿이 있다. 첫 번째로, 데이터 수집 과정에서 데이터를 송수신하는 시간차를 고려해야 한다. 실시간으로 추론을 해야 하는데 송수신이 느려진다면, 추론의 지연으로 이어지기 때문이다. 두 번째로, 변동성이 강한 신호 세기를 데이터로 다루기 때문에 이를 처리할 수 있는 필터링 과정이 필수적이다. 이 때, 필터링 과정에서의 파라미터의 변화에 따라 결과가 변할 수 있으므로, 이 과정에서 유의가 필요하다. 세 번째로, 직접 데이터를 수집하기 때문에, 데이터의 오류가 생길 수 있으므로, 데이터를 검증할 수 있어야 한다. 네 번째로, 데이터 수집에 쓰이는 장치인 esp32 dk 모듈이 데이터 수집과 송신이 동시 동작이 불가능 할 수도 있다. 이 경우에는 Wi-Fi Dongle을 추가로 장착하여 해결할 예정이다.

4 개발 일정 및 역할 분담

4.1 개발 일정

6월				7월				8월				9월			
1주 차	2주 차	3주 차	4주 차	1주 차	2주 차	3주 차	4주 차	1주 차	2주 차	3주 차	4주 차	1주 차	2주 차	3주 차	4주 차
데이터셋 확보															
	기본 모델 작성														
			모델 최적화												
					중간 보고서 작성										
							예외 처리 및 모델 수정								
													최종 보고서 작성 및 발표준비		

4.2 역할 분담

이름	역할
이정현	- 모델 학습 및 검증
김지명	- 결과 분석 및 모델 최적화
강중헌	- 학습 데이터 수집 및 전 처리
공통	- 필요한 지식 습득 - 보고서 작성 - 발표 및 시연 준비