

2023 전기 졸업과제 중간보고서

물류 창고에서 이동체 위치 추적을 위한 BLE

Zoning 시스템 개발

팀명	전주 부산 제주
분과	C(네트워크/시스템)
팀원	이정현 김지명 강중헌
지도교수	정상화

목차

1. 요구조건 및 제약사항 분석에 대한 수정사항

- 1.1 요구조건
- 1.2 제약사항 분석에 대한 수정사항

2. 설계 상세화 및 변경 내역

- 2.1 실험환경구성
- 2.2 모델구성
- 2.3 모델최적화
- 2.4 웹 서비스 구현
- 2.5 모델구성 진행상황

3. 갱신된 과제 추진 계획

4. 구성원별 진척도

5. 보고 시점까지의 과제 수행 내용 및 중간 결과

- 5.1 비콘 번호와 각 위치 별 데이터셋
- 5.2 초기모델 정확도

1. 요구조건 및 제약사항 분석에 대한 수정사항

1.1 요구조건

- BLE Zoning 기술을 활용하여, 물류 창고에서 자재와 근로자의 실시간 이동 추적 기술을 구현하고 분석해 볼 것.

● 네트워크 메트릭을 활용하여 ble 노드의 위치를 추정하는 학습기법 개발

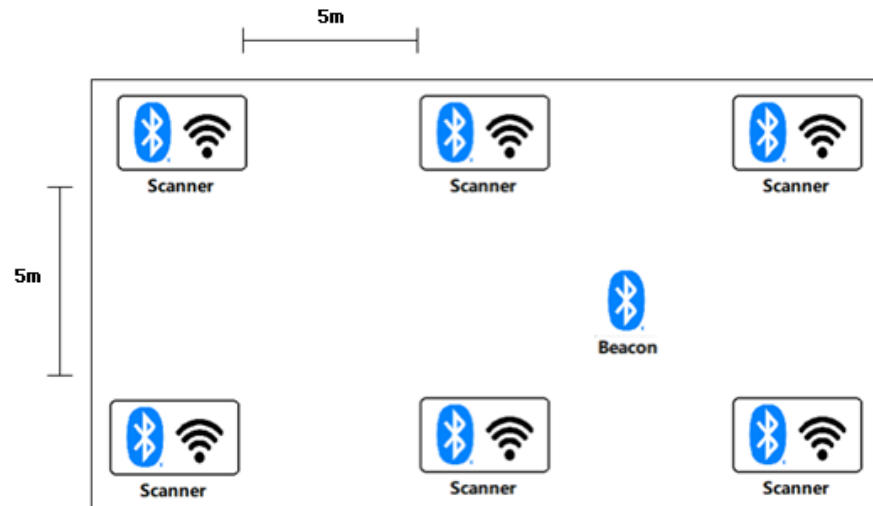
- 수집한 RSSI 값을 이용하여 지도학습 모델을 구성하고, 이를 활용하여 물체의 위치를 추정.

● 물류환경의 실시간 이동체 관리시스템 개발 및 추가적 서비스 도출

- 실시간으로 웹에서 이동하는 위치를 표시하는 맵을 나타내 BLE zoning 시스템을 구현.

1.2 제약사항 분석에 대한 수정사항

- 초기에 3m 간격의 비콘 설치



-초기에 3m 간격으로 설치된 비콘 간의 RSSI 패턴이 유의미한 차이를 보이지 않아, 비콘 간격을 5m 로 변경함.

- 이동체의 데이터 수집

-이동체 위치 추정을 위한 모델 개발을 목표로 하여 이동중에 데이터를 수집하려 했으나, 실제 좌표를 기록할 수 없는 제약사항으로 인해 고정된 위치에서 데이터를 수집하기로 함.

-해당 제약사항으로 인해 모델의 학습 데이터에 이동체의 다양한 경로와 조건에 대한 제한적인 정보가 반영될 수 있으므로, 이를 고려하여 모델의 성능을 평가할 예정.

- **실사용 상황에서의 자원 소모 문제**

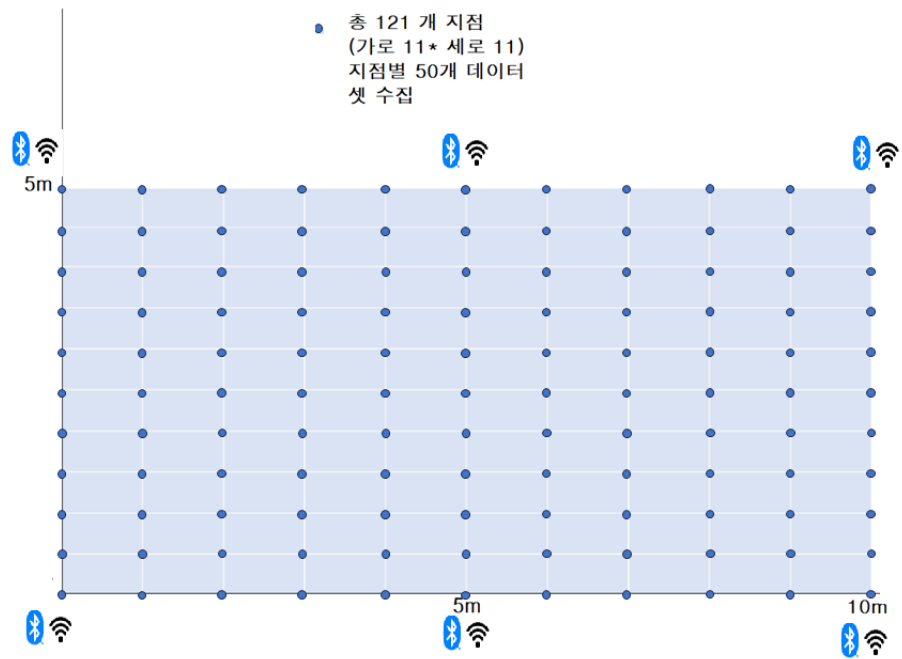
-데이터 수집 단위를 더 큰 단위로 확장하여 자원 효율성 극대화를 위한 최적 구간 탐구

- **학습 과 적합 가능성 인지**

-데이터 수집을 작은 단위로 측정하여 초기 학습 모델을 구성함에 따른 과적합의 잠재적 위협에 대응하기 위해서 커널 선택의 다양성 고려.

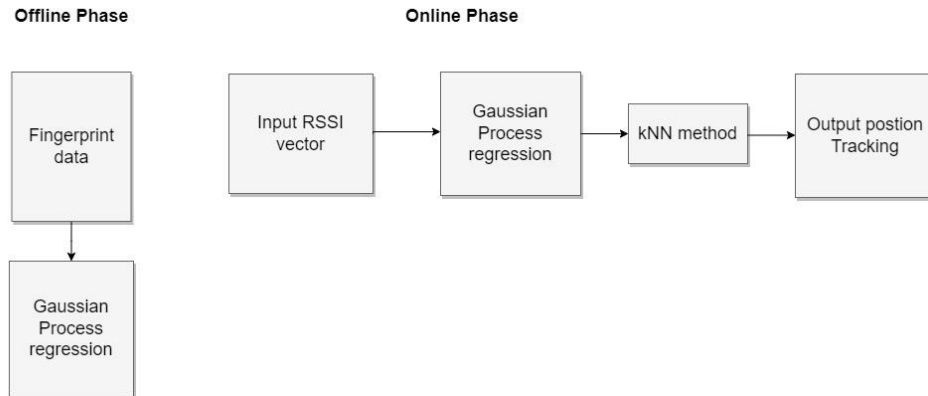
2. 설계 상세화 및 변경내역

2.1 실험환경 구축



- x축 y축 각각 11개로 나눠 11*11포인트에서 각 포인트 50개씩 측정 후,

2.2 모델구성



2.2.1 offline Phase

-오프라인 단계에서는 훈련 및 초기화 단계로, 미리 수집된 RSSI 지문(fingerprint)데이터로 모델을 학습, 훈련하고 최적의 모델을 찾는 과정.

2.2.1.1 fingerprint data

- 데이터 수집 단계에서, 총 121 개지점에서 6 개의 수신점에 대해 각각 50 개의 RSSI 데이터를 수집.
- 50 개의 RSSI 데이터 중 불안정한 데이터 앞쪽 10 개를 제거.
- 수집된 원시 RSSI 데이터들은 잡음이 포함되어 큰 변동을 보이므로, 필터링 단계를 거쳐 가공.
- 실험 환경에서 원시 RSSI값에 칼만 필터(Kalman filter)를 적용한 결과가 평균 필터(mean filter) 적용 결과보다 표준 편차가 작음에 따른 **필터링 방식 변경**.

2.2.1.2 GPR(Gaussian Process Regression) Modeling

-GPR 은 평균 함수와 공분산 함수로 정의되는 Gaussian Process 로써 입력 데이터와 해당 데이터에 대한 출력 값을 기반으로 모델을 학습.

-GPR 은 예측 결과에 대한 신뢰도 정보를 제공하여, 예측결과의 불확실성 처리, 신뢰도 파악, 비선형 문제에 대한 유연한 모델링의 강점이 있음.

- 학습단계와 검증단계로 구분.

- RSSI 벡터 데이터를 불러와 전체 데이터의 70%를 학습용 데이터(training dataset), 나머지 30%를 검증용 데이터(Validation dataset)과 시험 데이터(Test dataset)로 분리.

학습단계

-GPR 모델을 생성하고 학습용데이터를 사용하여 x 와 y 좌표를 예측하는 두개의 GPR 모델을 학습시킴.

검증/시험단계

-나머지 30% 데이터를 검증데이터, 시험데이터로 1:1 비율로 나눔.

-학습된 x, y 두 모델을 새로운 입력데이터를 기반으로 x, y 좌표를 예측 후 출력.

2.2.2 Online Phase

-온라인단계에서는 미리 학습된 GPR 모델을 활용하여 실시간으로 수집된 RSSI 값을 기반으로 위치를 추정하는 단계.

-GPR 과 wkNN 을 결합하여 처리시간을 줄이고 정확도를 향상.

2.2.2.1 wkNN(w-weighted k-Nearest Neighbor) method

-wkNN 은 kNN 과 다르게, 가장 가까운 이웃의 수 k 개를 사용하여 예측하는 것이 아니라, k 개의 이웃의 가중평균을 사용하여 예측하는 방법.

-GPR 을 통해 추정된 위치 주변의 k 개의 최근접 이웃을 찾고, 이웃들의 거리에 대한 가중치를 부여하여 가중평균을 계산하여 추정위치 계산.

2.2.2.2 GPR wkNN 의 결합

-GPR 은 작은 데이터셋에도 높은 성능을 보이며, 계산속도가 빠르다는 장점.

-wkNN 은 대량의 데이터셋에 연산비용이 증가할 수 있음.

-GPR 을 통해 검색 영역을 예측 후, wkNN 을 수행하여 실시간 위치 추정할 때, 연산비용의 감소.

-GPR 은 불확실성을 고려하여 신뢰도 높은 예측 가능.

-거리에 따른 가중평균을 사용하는 wkNN 을 결합하여 보다 정확한 위치 추정가능.

-연산비용을 최소화하며 높은 정확도를 유지.

2.3 모델 최적화

2.3.1 데이터 셋 크기 간소화

-현재 학습에 사용된 데이터 셋은 총 5600 개이지만, 실제 사용 시 이 정도의 양의 데이터를 수집하기 어려울 것으로 예상.

-2000 개 정도로 데이터셋 간소화 후 학습진행예정.

2.3.2 다른 커널 사용

-GPR 학습에서 데이터에 알맞은 커널을 선택하는 것은 학습 결과에 직접적인 영향을 미침.

-다양한 커널을 비교하여 모델 성능을 측정, 최적의 커널을 선택하여 모델의 성능 최적화예정.

2.3.3 커널 파라미터 조절

-커널의 매개변수인 `length_scale`, `periodicity` 등을 현재 학습에 사용한 RSSI, 비콘의 `x`, `y` 데이터에 알맞게 조절하는 과정을 거치며, 이를 통해 모델의 성능향상 예정.

2.3.4 데이터 누락 및 이상치 확인

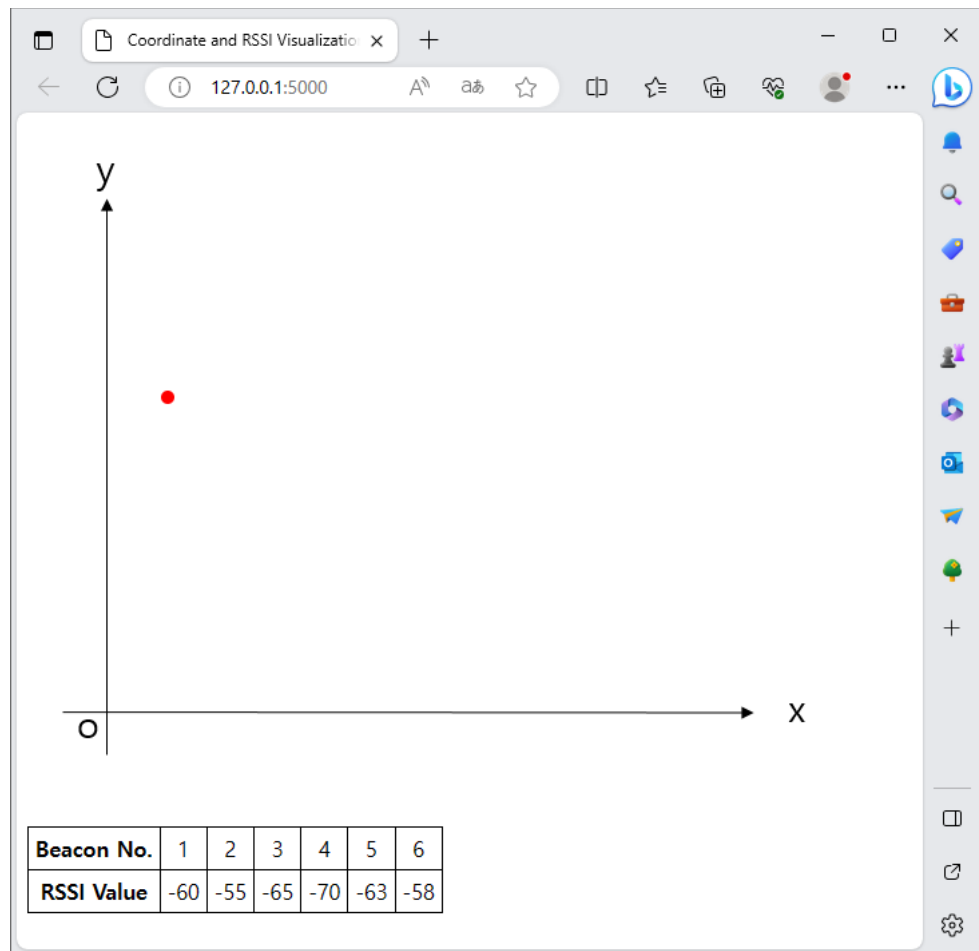
-학습에 사용한 데이터 누락 값이나 이상치가 존재할 경우, 데이터의 품질저하로 인해 학습결과에 영향.

누락 및 이상치를 확인하여 학습데이터 정제예정.

2.3.5 실시간 측위

-실시간 비콘 위치를 추정하는 과정에서 계산 횟수를 줄이기 위해 GPR 을 적용하여 검색영역을 예측한 후 예측된 영역에서 클러스터링 기법(k-means, DBSCAN, wkNN 등)을 적용하여 비콘 위치를 추정.

2.4 웹서비스 구현



- 실시간으로 웹에서 이동하는 Beacon 의 따른 Scanner 의 위치를 표시하는 맵을 나타내 BLE zoning 시스템을 구현.
- Scanner 의 x, y 좌표를 넘겨 javascript 를 통해 구현.

2.5 모델 구성 진행상황

offline Phase			Online Phase	웹 서비스 구현
fingerprint data	GPR			
-데이터 수집 (완료) -RSSI 값 필터 선택(kalman) 및 필터링 (완료)	-학습/검증/시험 모델링 (완료)	최적화		
		-데이터 셋 크기 조정 (진행 예정)		
		-데이터 누락 및 이상치 확인 (진행 중)		
		-커널 비교 및 선택 (진행 예정)		
-커널 파라미터 조절 (진행 중)				
			-GPR과 클러스터링 기법 기반 모델 구성 (진행 중)	-웹 구성 (진행 중) -웹 서비스 구현 (진행 예정)

3. 갱신된 과제 추진 계획

6월	7월				8월				9월			
4주차	1주차	2주차	3주차	4주차	1주차	2주차	3주차	4주차	1주차	2주차	3주차	4주차
데이터 셋 확보												
	기본 모델 작성											
			중간 보고서 작성									
					모델 최적화 및 수정/예외 처리							
						웹서비스 구현						
										최종 보고서 작성 및 발표 준비		

	완료사항
	진행중
	진행예정

4. 구성원 별 진척도

이름	역할
이정현	RSSI 데이터 수집 실험 환경 구축 완료 칼만 필터를 활용한 RSSI 데이터 전처리 완료 모델 결과 분석 및 검증 진행 중
김지명	RSSI 데이터 수집 실험 환경 구축 완료 초기 GPR 학습 모델 구성 완료 모델 최적화 진행 중 모델 결과 분석 및 검증 진행 중
강중헌	RSSI 데이터 수집 실험 환경 구축 완료 학습에 필요한 MySQL 데이터베이스 구축 완료 실시간 위치 정보 웹 서비스 진행 중 모델 결과 분석 및 검증 진행 중

5. 보고 시점까지의 과제 수행 내용 및 중간 결과

5.1 비콘 번호와 각 위치 별 데이터셋

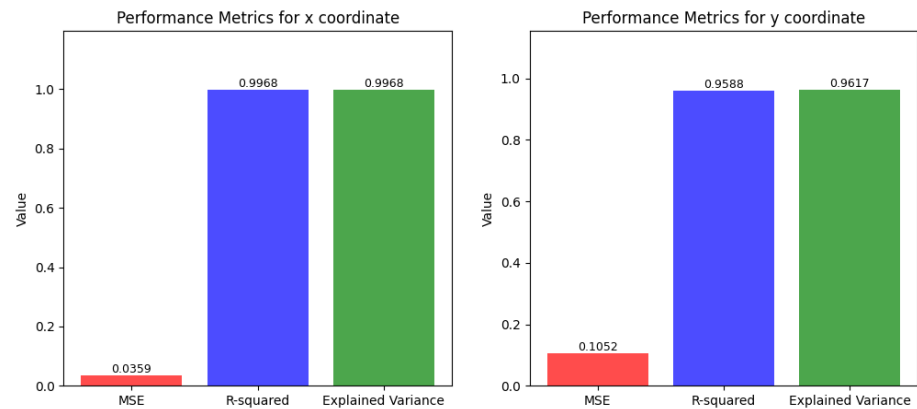
value_1	value_2	value_3	value_4	value_5	value_6	x	y
-43.91	-63.67	-43.91	-50.71	-43.91	-26.45	10	5
-43.91	-65.89	-64.79	-65.89	-60.93	-31.42	10	5
-43.91	-65.89	-64.79	-70.16	-60.93	-31.5	10	5
-43.91	-65.89	-64.79	-71.3	-60.93	-31.32	10	5
-43.91	-65.89	-68.17	-71.3	-60.93	-31.18	10	5
-43.91	-66.91	-66.64	-72.23	-62.59	-31.67	10	5
-43.91	-66.91	-66.26	-73.62	-62.59	-32.28	10	5
-58.23	-67.02	-66.98	-73.62	-64.78	-31.95	10	5
-63.89	-67.02	-68.33	-73.62	-65.31	-32.02	10	5
-63.89	-67.76	-68.33	-73.92	-65.31	-32.46	10	5
-65.57	-67.76	-67.88	-74.16	-65.31	-32.92	10	5
-65.57	-67.76	-68.92	-74.16	-68.8	-32.87	10	5
-66.62	-67.95	-68.92	-74.35	-68.62	-32.69	10	5
-68.48	-68.59	-69.28	-74.35	-68.62	-32.65	10	5
-68.48	-68.59	-70.14	-74.35	-68.62	-32.94	10	5
-68.84	-68.69	-70.14	-75.47	-70.6	-32.81	10	5
-68.84	-68.69	-69.6	-75.47	-70.6	-33.07	10	5
-69.99	-68.65	-69.84	-75.68	-70.6	-32.95	10	5
-69.99	-68.65	-69.84	-76.14	-70.25	-33.14	10	5
-70.89	-69.05	-69.45	-76.14	-70.25	-33.35	10	5
-70.9	-69.05	-69.11	-76.2	-69.89	-33.3	10	5
-70.92	-69.05	-68.8	-76.25	-69.75	-33.19	10	5
-70.92	-69.11	-68.8	-76.24	-69.75	-33.15	10	5
-70.92	-69.16	-69.04	-76.69	-69.75	-33.05	10	5
-71.47	-69.44	-69.58	-77.09	-69.98	-33.17	10	5
-71.47	-69.47	-69.58	-77.03	-69.78	-33.37	10	5
-72.03	-69.49	-70.07	-77.43	-70.04	-33.27	10	5
-71.95	-69.49	-70.57	-77.36	-70.27	-33.63	10	5
-71.89	-69.73	-70.57	-77.36	-69.98	-33.8	10	5
-71.9	-70	-70.57	-77.3	-69.98	-33.84	10	5
-71.9	-70.51	-70.57	-77.29	-70.18	-33.82	10	5
-71.85	-70.41	-70.57	-77.27	-70.08	-33.77	10	5

- 비콘 번호와 RSSI 값을 토픽으로 하여 데이터베이스(DB)에 수집하고 동기화하여 피벗 테이블 구성하여 저장.

5.2 초기 모델 정확도

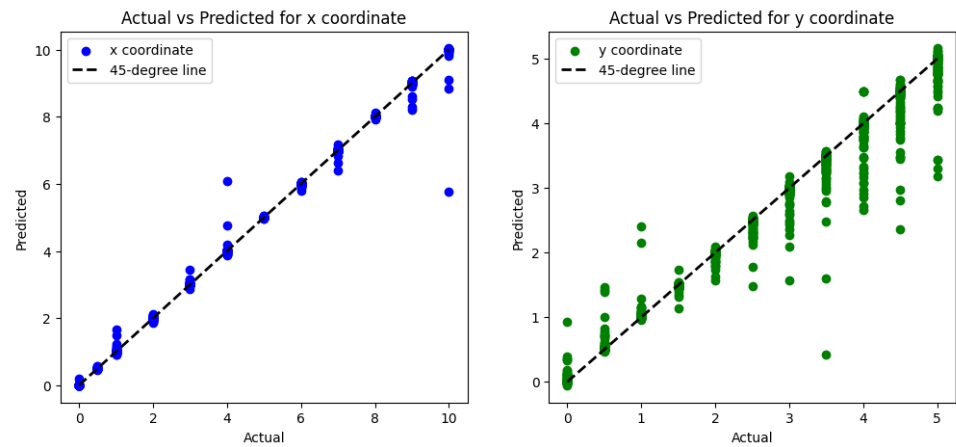
x 좌표의 평균 제곱 오차: 0.035870271826123096
y 좌표의 평균 제곱 오차: 0.10520107279160844
R-squared for x coordinate: 0.9968124023726769
R-squared for y coordinate: 0.9588298431720987
Explained variance score for x coordinate: 0.9968152646709545
Explained variance score for y coordinate: 0.9617340258399238

5.2.1 각 좌표 별 성능 지표



- 모델의 성능을 평가하기 위한 MSE, R-Squared, EVS를 계산.
- MSE 값은 0에 수렴할 수록, R-Squared, EVS는 1에 수렴할 수록 좋은 성능을 나타냄.
- x 좌표에 대한 모델은 3가지 평가에서 모두 좋은 결과를 보여주고 있음. 반면 y 모델에서는 상대적으로 낮은 R-Squared값을 가지는 것으로 나타남.

5.2.2 각 좌표에 대한 실제 값과 예측 값 비교



- 위 두 도표는 RSSI 값에 따른 예측 x, y 좌표와 실제 x, y 좌표 간의 관계를 보여줌.
- 45 ° 선은 예측 값과 실제 값이 일치하는 경우를 나타냄.
- x 좌표의 경우 예측이 잘 이루어진 반면, y 좌표의 경우 약간의 편차가 발생함.
- y 좌표의 성능 향상을 위해 모델의 수정이 필요함이 보여 짐.