



# 교통 약자를 위한 실내 길찾기 솔루션 마그네비(MagNavi)

지구 자기장을 활용한 실내 네비게이션

AGILE

컴퓨터공학부 류효정 박윤호 염수민  
윤찬익 이재훈 이준규



개발 동기

손안의 AI가 논문까지 써주는 시대,  
왜 건물 안에서는 화장실 하나 찾기가 이렇게 어려울까요?

## 개발 동기

# 기존 기술 한계를 극복한 정확한 실내 정보를 제공

## PROBLEM

건물 내부에서 신호 수신이 어려워 정확도가 현저히 떨어지는 GPS

초기 설치 및 유지 보수 비용이 높은 비콘 등 설치형 인프라 기반 방식

물리적 손상이나 밀집된 환경의 전파 간섭으로 인한 오작동 가능성이 존재함

인프라가 구축되지 않은 곳에서는 사용이 불가능함

GPS 및 지자기를 활용한 실내외 길찾기 기능을 통해 복잡한 실내 공간에서 교통약자들이 자율적으로 이동할 수 있도록 돋는 통합 내비게이션 솔루션

## 지자기 패턴

실내 공간의 자기장 패턴을 데이터베이스화 하여 사용자의 현재 위치서 측정된 자기장 벡터( $X, Y, Z$ )와 비교

## PDR 기법

센서 데이터를 활용해 걸음 수, 보폭, 방향 정보를 PDR 기법으로 계산 후 이동 정보를 추가 피처로 사용

스마트폰 센서만으로 실내외에서 끊김 없는 위치 측정이 가능

인프라 구축 등의 비용 부담 없이 다양한 공간에 적용이 가능

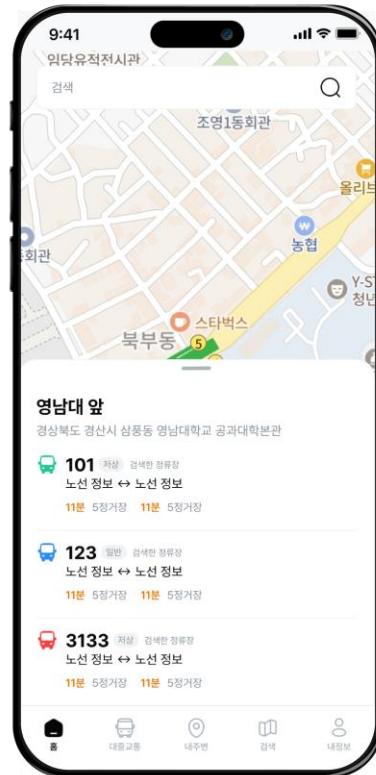
## 1 실내 네비게이션



## 2 시설 정보 안내



## 3 대중교통 정보



## 4 다양한 모드 지원



## 시스템 구조

# 지자기 센서를 활용한 실내 길찾기 시스템 구축

핵심 기술인 실내 길찾기 시스템의 경우  
스마트폰 내장 지자기 센서와 딥러닝 모델을 활용해  
적은 초기 비용으로 시스템을 구축할 수 있도록 함



## 실내 지자기 지도 구축

- 건물 내부를 이동하며 특정 위치의 지자기 센서 값( $x, y, z$ )을 수집
- 각 지점의 고유한 지자기 특성을 지문(fingerprint) 형태로 저장
- 이 데이터를 기반으로 지자기 기반 실내 지도(DB)를 생성

## 사용자 데이터 실시간 수집

- 사용자의 스마트폰 또는 웨어러블 기기의 지자기 센서 (Magnetometer)가 실시간으로 데이터를 측정
- 가속도계, 자이로스코프, 방향 센서 등과 센서 융합(Sensor Fusion)도 병행

## 사용자 현재 위치 추정

- 측정된 지자기 값과 사전 구축된 지자기 지문 데이터를 비교
- 지자기 지문 데이터를 바탕으로 학습한 딥러닝 모델을 서버에 구축
- 측정된 지자기 값을 서버로 전송 후 모델이 예측한 위치 값을 수신

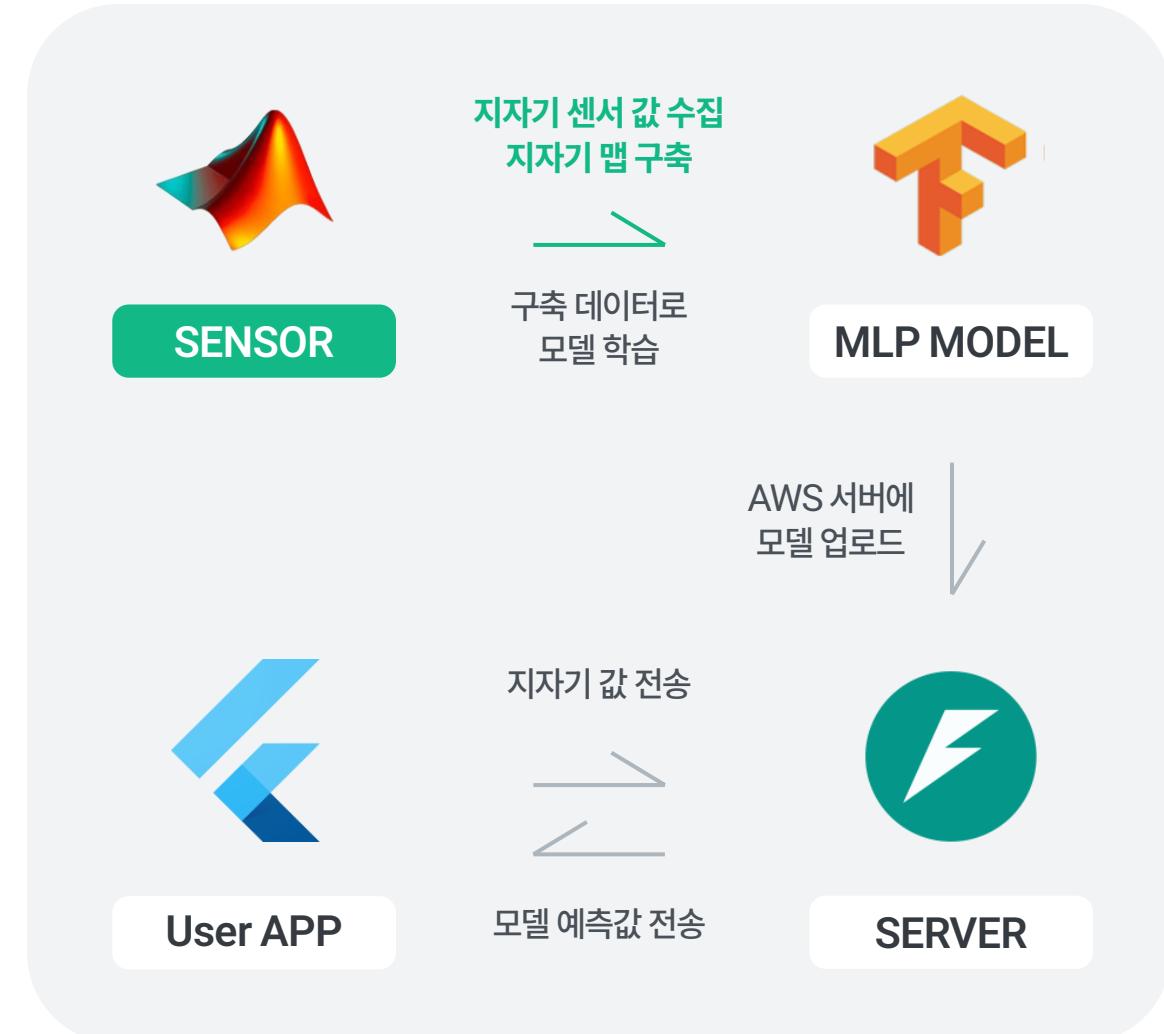
## 경로 안내 정보 제공

- 사용자의 현재 위치에서 목적지 까지의 최적 경로를 계산
- 장애물 회피, 훨체어 통과 가능 경로, 엘리베이터 유무 등을 반영해 맞춤형 안내 제공
- 음성/화면 등 다양한 방식으로 실시간 안내

## 시스템 구조

# 지자기 센서를 활용한 실내 길찾기 시스템 구축

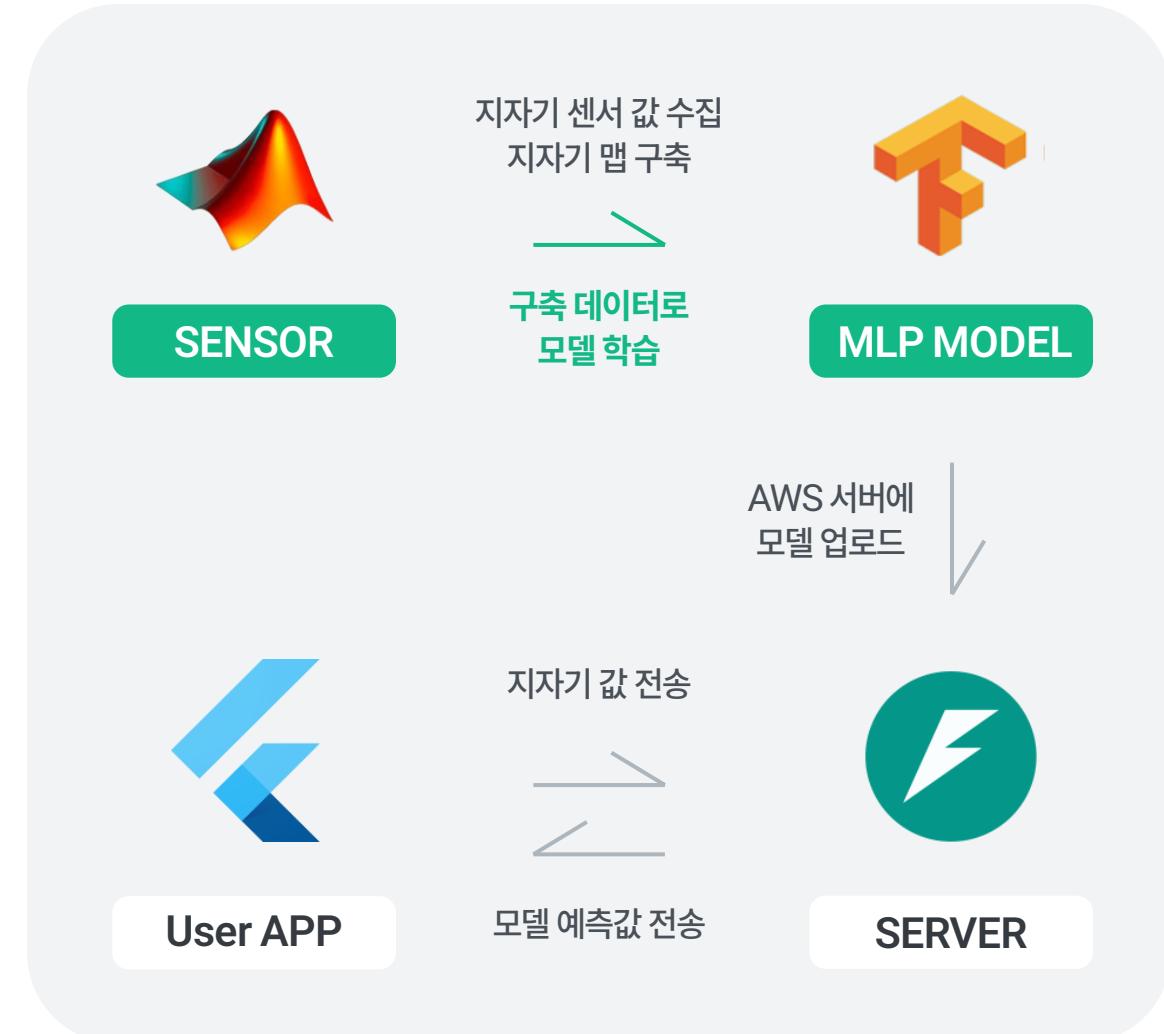
핵심 기술인 실내 길찾기 시스템의 경우  
스마트폰 내장 지자기 센서와 딥러닝 모델을 활용해  
적은 초기 비용으로 시스템을 구축할 수 있도록 함



## 시스템 구조

# 지자기 센서를 활용한 실내 길찾기 시스템 구축

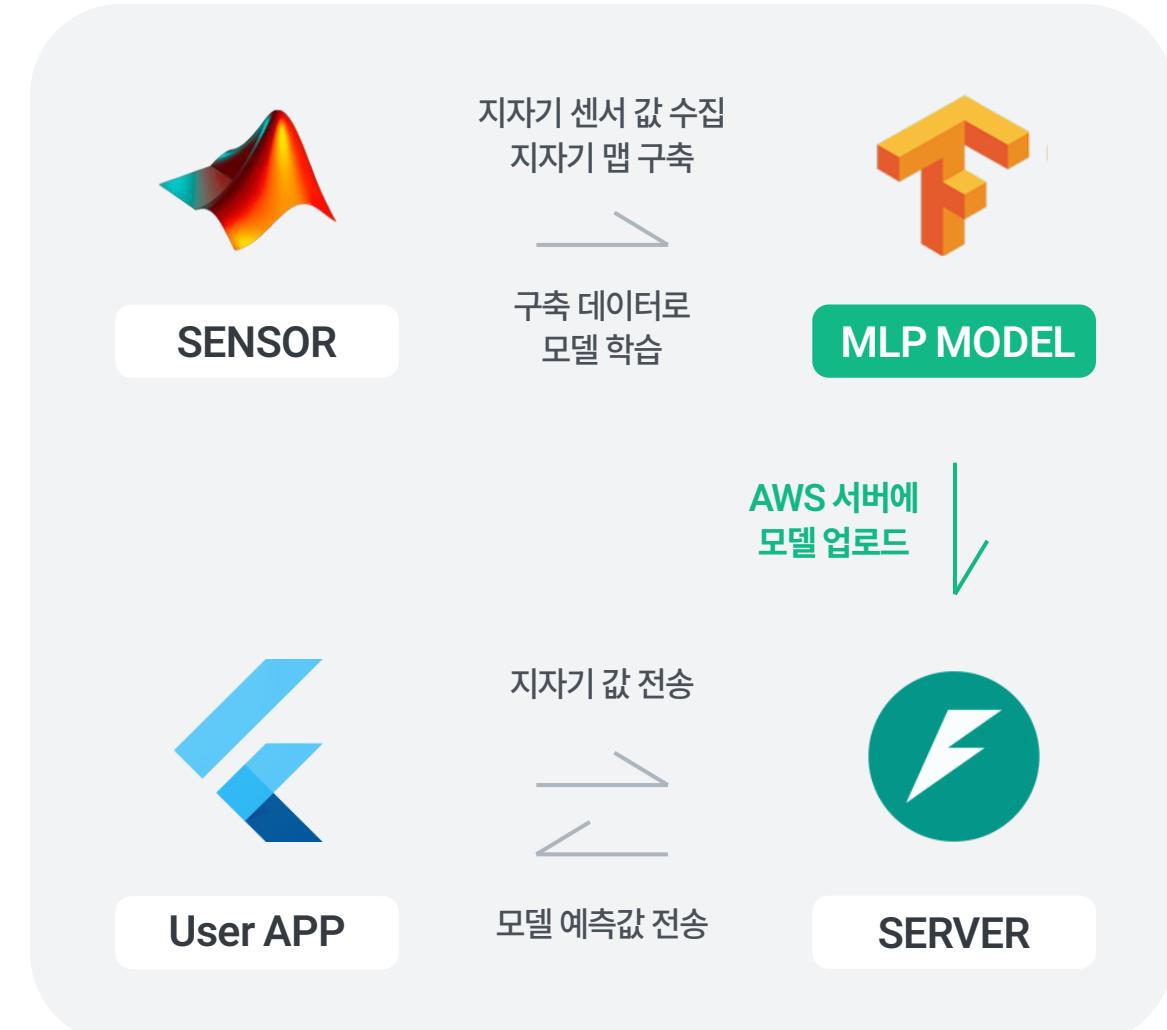
핵심 기술인 실내 길찾기 시스템의 경우  
스마트폰 내장 지자기 센서와 딥러닝 모델을 활용해  
적은 초기 비용으로 시스템을 구축할 수 있도록 함



## 시스템 구조

# 지자기 센서를 활용한 실내 길찾기 시스템 구축

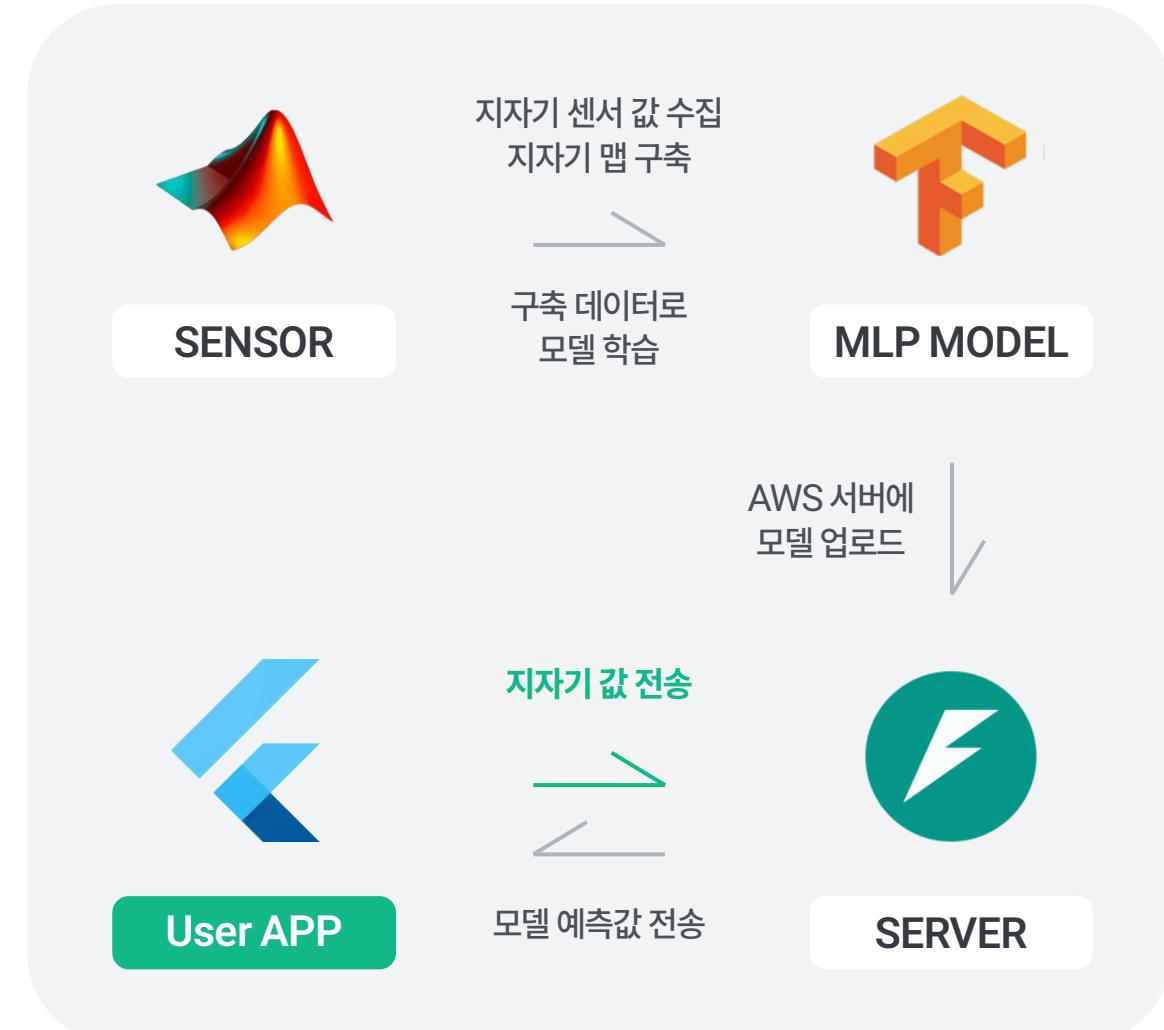
핵심 기술인 실내 길찾기 시스템의 경우  
스마트폰 내장 지자기 센서와 딥러닝 모델을 활용해  
적은 초기 비용으로 시스템을 구축할 수 있도록 함



## 시스템 구조

# 지자기 센서를 활용한 실내 길찾기 시스템 구축

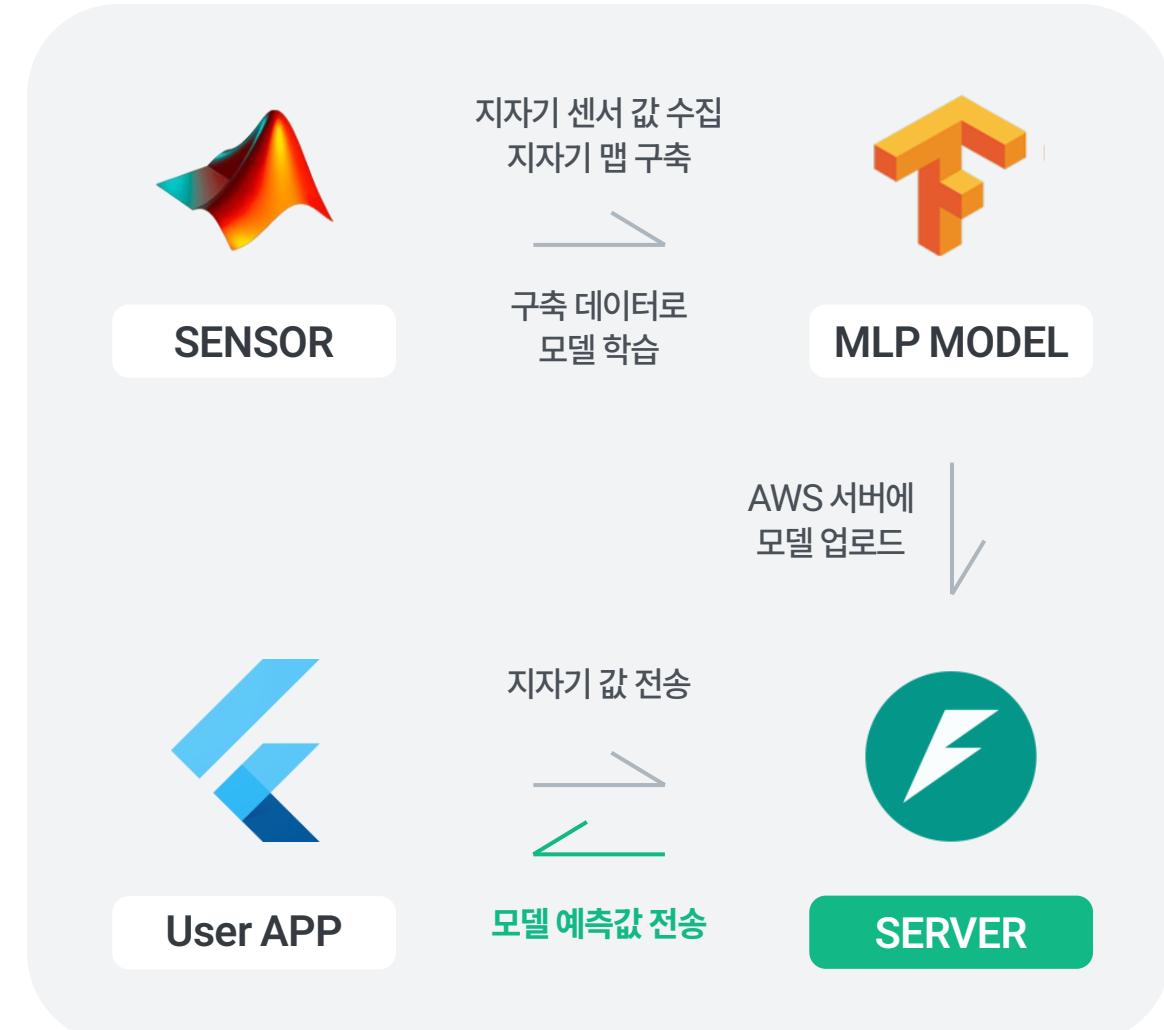
핵심 기술인 실내 길찾기 시스템의 경우  
스마트폰 내장 지자기 센서와 딥러닝 모델을 활용해  
적은 초기 비용으로 시스템을 구축할 수 있도록 함



## 시스템 구조

# 지자기 센서를 활용한 실내 길찾기 시스템 구축

핵심 기술인 실내 길찾기 시스템의 경우  
스마트폰 내장 지자기 센서와 딥러닝 모델을 활용해  
적은 초기 비용으로 시스템을 구축할 수 있도록 함



자기장	<input checked="" type="checkbox"/>
10 Hz	
X μT	-21.281
Y μT	-17.625
Z μT	-10.763
방향	<input checked="" type="checkbox"/>
10 Hz	
방위각 °	-128.197
피치 °	-12.222
롤 °	1.335
각속도	<input checked="" type="checkbox"/>
10 Hz	
X rad/s	0.218
Y rad/s	0.084
Z rad/s	0.015
<b>시작</b>	



MATLAB Drive > 7월 22일 테스트용 측정

all_merged_data.csv	25/7/22 오후 11:36	633KB
75.mat	25/7/22 오후 11:00	33KB
72.mat	25/7/22 오후 11:00	34KB
68.mat	25/7/22 오후 10:59	32KB
54.mat	25/7/22 오후 10:58	33KB
50.mat	25/7/22 오후 10:58	32KB
48.mat	25/7/22 오후 10:57	32KB
66.mat	25/7/22 오후 10:49	32KB
63.mat	25/7/22 오후 10:48	31KB
60.mat	25/7/22 오후 10:48	32KB
42.mat		



수집한 센서 데이터 통해 모델 학습

학습시킨 모델을 .pkl 파일로 로드

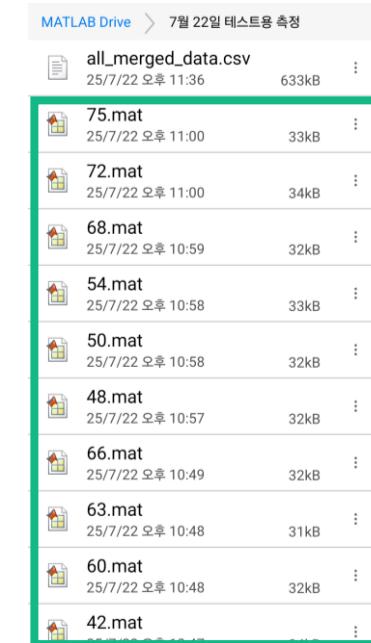


predict 함수로 모델에 데이터 입력

예측 결과 지점을 응답으로 받음

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Timestamp	Mag_X	Mag_Y	Mag_Z	Ori_X	Ori_Y	Ori_Z	Position
	날짜/시간	숫자	숫자	숫자	숫자	숫자	숫자	숫자
41518	2025-07-26 00:01:07.957	-3.1313	35.8875	-9.675	-9.9212	7.9399	-61.8691	9
41519	2025-07-26 00:01:04.627	-30.0188	18.825	-15.5625	-3.4941	-47.1604	-64.7902	9
41520	2025-07-26 00:01:06.747	-35.0625	-12.6188	-4.8563	-104.9858	-26.5527	-147.2625	9
41521	2025-07-26 00:01:01.397	-34.0875	-1.8	-18.9	-58.7633	-65.1469	-109.1535	9
41522	2025-07-26 00:00:59.117	31.9313	-7.0125	-17.7375	-69.5491	-45.3725	2.4812	9

자기장	<input checked="" type="checkbox"/>
10 Hz	
X μT	-21.281
Y μT	-17.625
Z μT	-10.763
방향	<input checked="" type="checkbox"/>
10 Hz	
방위각 °	-128.197
피치 °	-12.222
롤 °	1.335
각속도	<input checked="" type="checkbox"/>
10 Hz	
X rad/s	0.218
Y rad/s	0.084
Z rad/s	0.015
<b>시작</b>	



	A	B	C	D	E	F	G	H
	Timestamp	Mag_X	Mag_Y	Mag_Z	Ori_X	Ori_Y	Ori_Z	Position
	날짜/시간	숫자	숫자	숫자	숫자	숫자	숫자	숫자
41518	2025-07-26 00:01:07.957	-3.1313	35.8875	-9.675	-9.9212	7.9399	-61.8691	9
41519	2025-07-26 00:01:04.627	-30.0188	18.825	-15.5625	-3.4941	-47.1604	-64.7902	9
41520	2025-07-26 00:01:06.747	-35.0625	-12.6188	-4.8563	-104.9858	-26.5527	-147.2625	9
41521	2025-07-26 00:01:01.397	-34.0875	-1.8	-18.9	-58.7633	-65.1469	-109.1535	9
41522	2025-07-26 00:00:59.117	31.9313	-7.0125	-17.7375	-69.5491	-45.3725	2.4812	9



수집한 센서 데이터 통해 모델 학습

학습시킨 모델을 .pkl 파일로 로드



predict 함수로 모델에 데이터 입력

예측 결과 지점을 응답으로 받음

POST /predict Predict

Parameters

No parameters

Request body **required**

application/json

Example Value Schema

```
{"Mag_X": 0, "Mag_Y": 0, "Mag_Z": 0, "Ori_X": 0, "Ori_Y": 0, "Ori_Z": 0}
```

200 Successful Response

No links

Media type

application/json

Controls Accept header.

Example Value Schema

```
{"prediction": 0}
```



수집한 센서 데이터 통해 모델 학습

학습시킨 모델을 .pkl 파일로 로드



predict 함수로 모델에 데이터 입력

예측 결과 지점을 응답으로 받음

POST /predict Predict

Parameters

No parameters

Request body **required**

application/json

Example Value | Schema

```
{  
    "Mag_X": 0,  
    "Mag_Y": 0,  
    "Mag_Z": 0,  
    "Ori_X": 0,  
    "Ori_Y": 0,  
    "Ori_Z": 0  
}
```



200 Successful Response

No links

Media type

application/json

Controls Accept header.

Example Value | Schema

```
{  
    "prediction": 0  
}
```



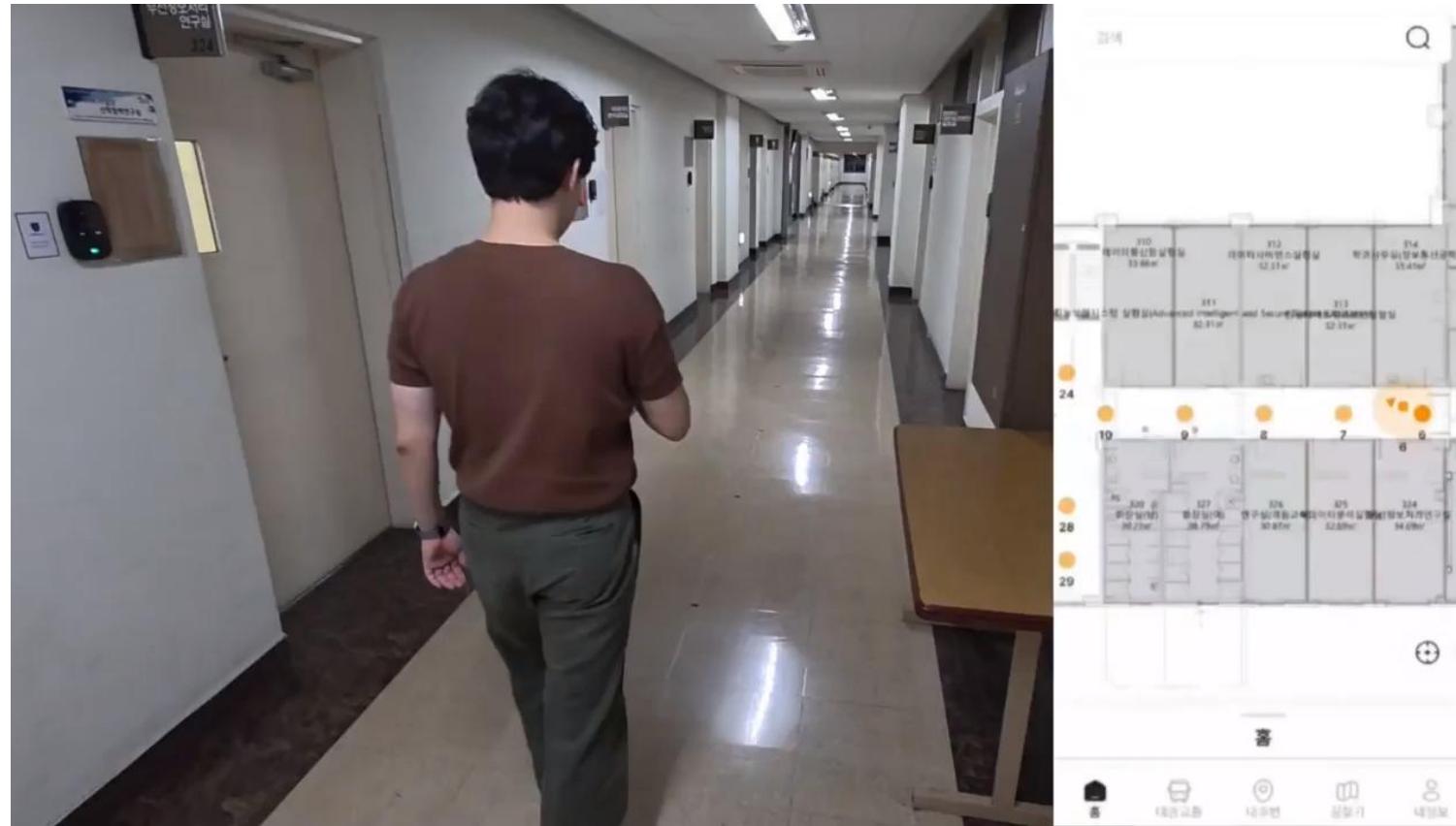
수집한 센서 데이터 통해 모델 학습

학습시킨 모델을 .pkl 파일로 로드



predict 함수로 모델에 데이터 입력

예측 결과 지점을 응답으로 받음



## 수집한 센서 데이터 통해 모델 학습

학습시킨 모델을 .pkl 파일로 로드



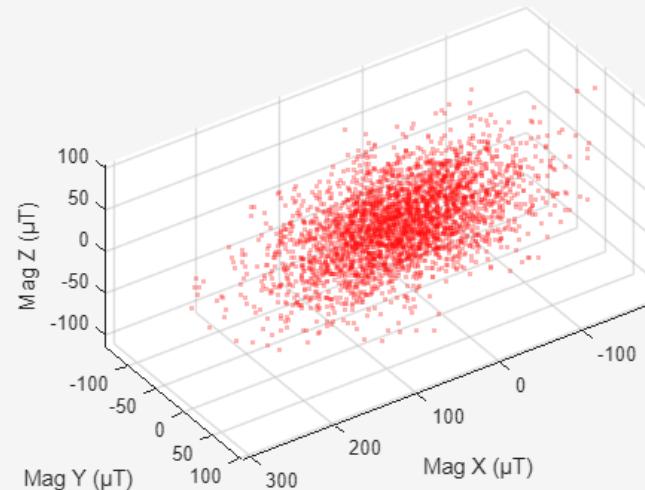
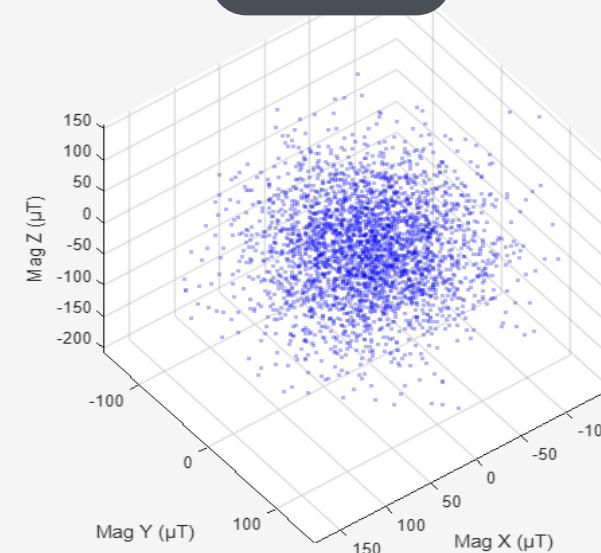
### **predict** 함수로 모델에 데이터 입력

예측 결과 지점을 응답으로 받음

**시행 착오**

# 데이터 전처리를 통한 위치 인식 정확도 향상

스마트폰 방향에 따라 측정값이 달라지는 문제 존재  
실제 환경에서의 데이터 왜곡에 대응하기 위해  
데이터 보정을 통한 방향 차이 무시를 유도

**회전 보정 적용****하드 아이언 보정(Hard Iron Correction)****소프트 아이언 보정(Soft Iron Correction)****제로 센터링(zero-centering)****회전 보정을 대체하는 방향 불변적 특징 학습****입력 정규화를 통한 MLP 성능 안정화 및 향상****신규 보정 적용**

**시행 착오**

# PDR 기법을 통한 위치 인식 정확도 향상

스마트폰 방향에 따라 측정값이 달라지는 문제 존재  
실제 환경에서의 데이터 왜곡에 대응하기 위해  
데이터 보정을 통한 방향 차이 무시를 유도

**PDR 적용전**

가속도계를 통해 걸음 수, 보폭 계산

자이로/자기센서를 통해 방향 계산

이전 좌표 +  $\Delta$ 거리· $\Delta$ 방향으로 현재 좌표 추정

추정한 좌표 정보를 모델의 추가 피처로 활용

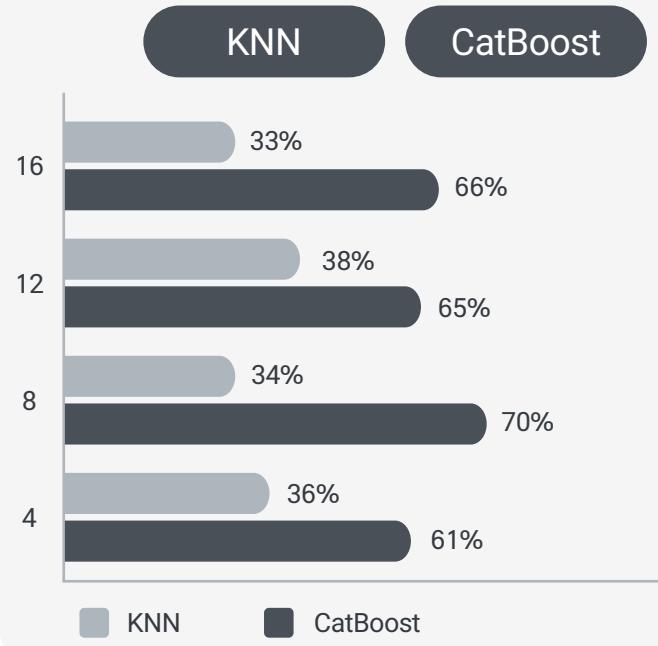
최근 이동량을 동시에 고려해 위치 틈 현상 완화

**PDR 적용후**

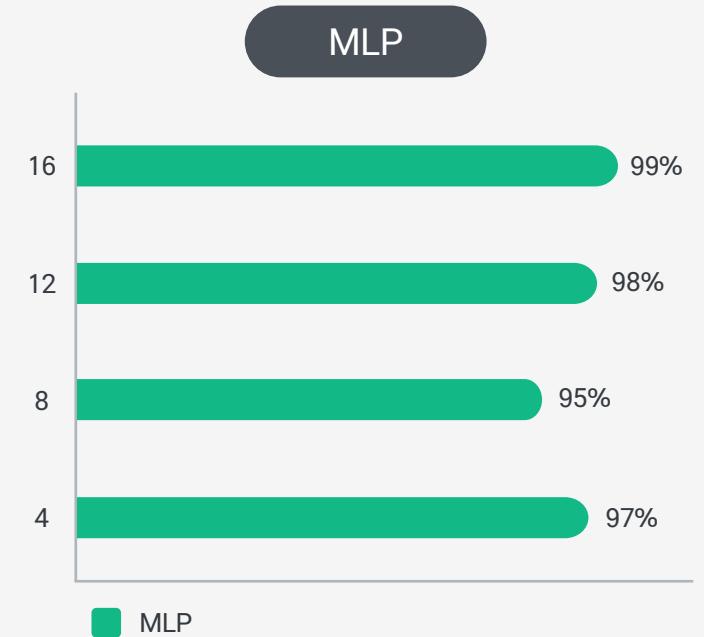
## 시행착오

# 딥러닝 모델 변경을 통한 위치 인식 정확도 향상

KNN, CatBoost, 결정트리 등 머신러닝 모델은  
자기장 노이즈와 스마트폰 방향 변화에 민감  
비선형 특성을 충분히 표현하지 못해 정확도 한계



- 128, 64개의 뉴런을 가진 은닉층 구성
- ReLU 활성화 함수, L2 정규화 적용 ( $1e-4$ )
- MATLAB 상의 fitcnet 프레임워크 사용
- 비선형 패턴 학습에 강한 신경망 구조
- 입력 정규화 및 딥러닝으로 방향 변화에 강건



**시행 착오**

# 이전 입력값 고려를 통한 위치 인식 정확도 향상

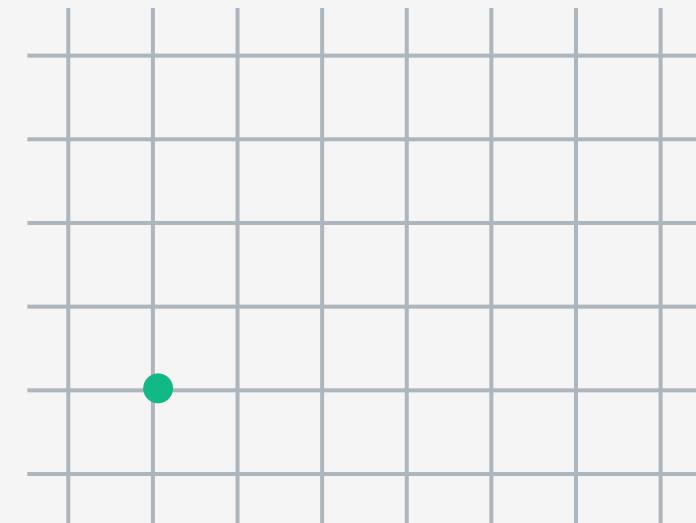
사람의 이동은 연속적이며 이전 위치의 영향을 받음  
Top-K 및 PDR을 반영한 결과값 보정을 통해  
이동 연속성을 반영한 안정적인 예측을 수행

**단일 입력값**

사람의 이동 단위는 걸음 단위로 연속적

다음 위치는 이전 위치와 가까운 곳일 확률 ↑

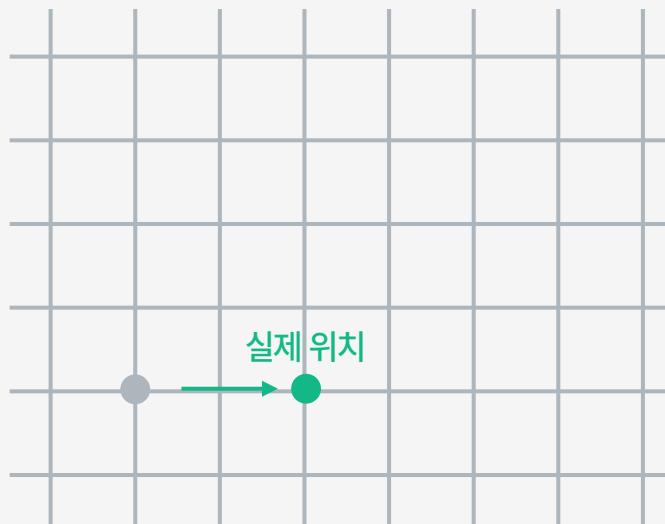
연속된 자기장 시퀀스를 입력값으로 학습

**보행 패턴 반영 가능, 팀 현상 완화 효과****시간에 따라 변하는 방향 및 맥락 기반 판단 가능****시퀀스 입력값**

**시행 착오**

# 이전 입력값 고려를 통한 위치 인식 정확도 향상

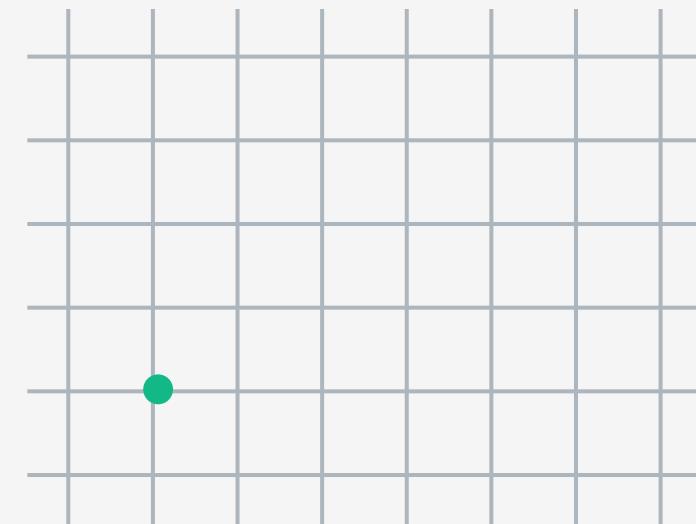
사람의 이동은 연속적이며 이전 위치의 영향을 받음  
Top-K 및 PDR을 반영한 결과값 보정을 통해  
이동 연속성을 반영한 안정적인 예측을 수행

**단일 입력값**

사람의 이동 단위는 걸음 단위로 연속적

다음 위치는 이전 위치와 가까운 곳일 확률 ↑

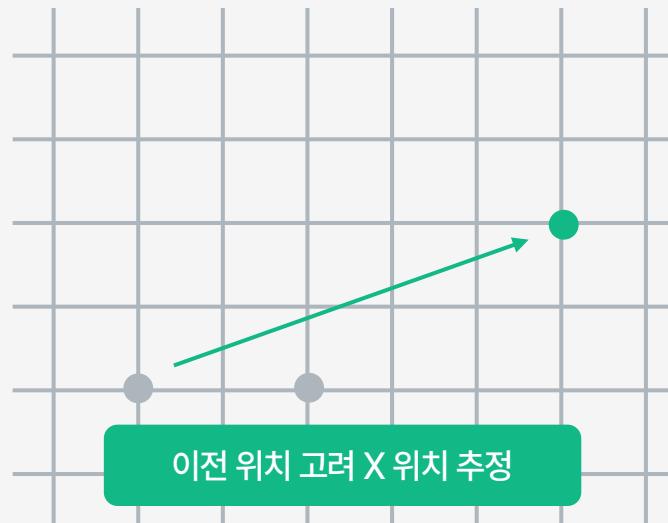
연속된 자기장 시퀀스를 입력값으로 학습

**보행 패턴 반영 가능, 팀 현상 완화 효과****시간에 따라 변하는 방향 및 맥락 기반 판단 가능****시퀀스 입력값**

**시행 착오**

# 이전 입력값 고려를 통한 위치 인식 정확도 향상

사람의 이동은 연속적이며 이전 위치의 영향을 받음  
Top-K 및 PDR을 반영한 결과값 보정을 통해  
이동 연속성을 반영한 안정적인 예측을 수행

**단일 입력값**

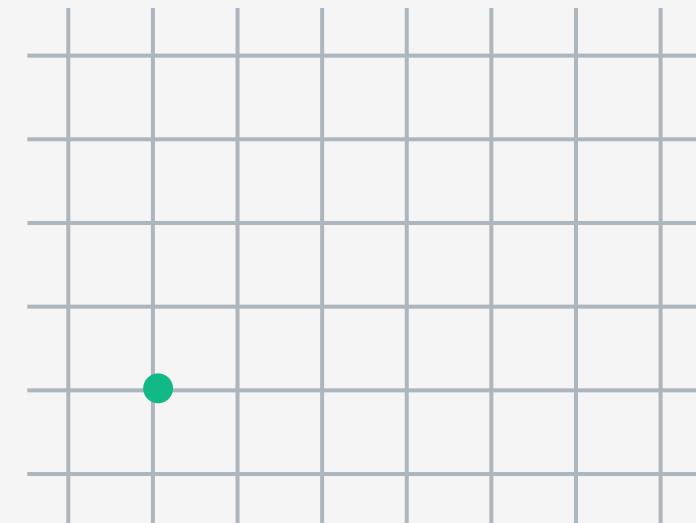
사람의 이동 단위는 걸음 단위로 연속적

다음 위치는 이전 위치와 가까운 곳일 확률 ↑

연속된 자기장 시퀀스를 입력값으로 학습

보행 패턴 반영 가능, 팀 현상 완화 효과

시간에 따라 변하는 방향 및 맥락 기반 판단 가능

**시퀀스 입력값**

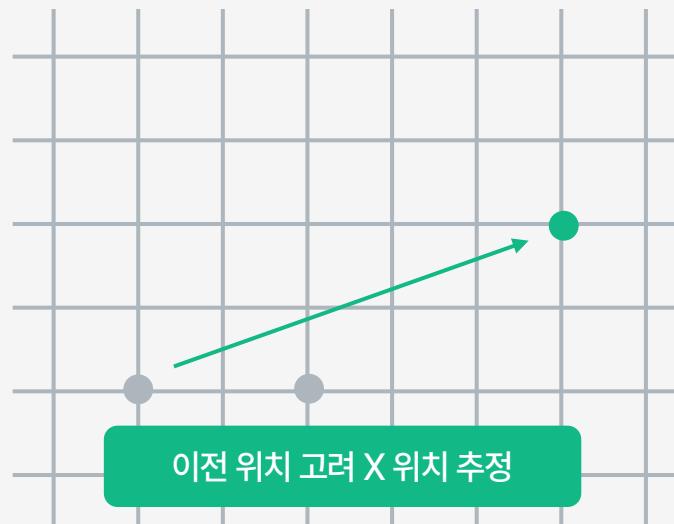
시행 착오

# 이전 입력값 고려를 통한 위치 인식 정확도 향상

사람의 이동은 연속적이며 이전 위치의 영향을 받음  
Top-K 및 PDR을 반영한 결과값 보정을 통해  
이동 연속성을 반영한 안정적인 예측을 수행



단일 입력값



사람의 이동 단위는 걸음 단위로 연속적

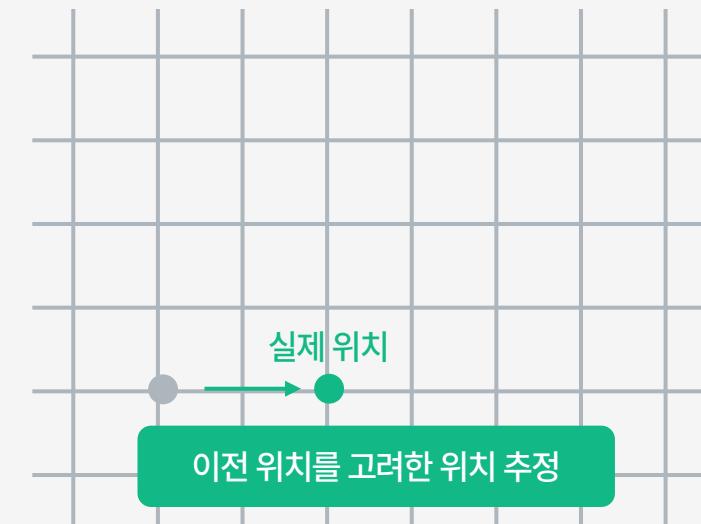
다음 위치는 이전 위치와 가까운 곳일 확률 ↑

연속된 자기장 시퀀스를 입력값으로 학습

보행 패턴 반영 가능, 팀 현상 완화 효과

시간에 따라 변하는 방향 및 맥락 기반 판단 가능

시퀀스 입력값



## 향후 발전

# 공간과 사람을 연결하는 통합 솔루션으로의 발돋움

실내 길찾기 기능의 고도화 및 안정화를 핵심 과제로 수행  
단순 실내 네비게이션에 그치는 것이 아닌  
다양한 분야의 적용 및 확장이 가능

01.



초개인화된  
사용자 경험 제공

정밀도를 기반으로  
AR 내비게이션 등  
가장 직관적인 안내 경험을 제공

02.



데이터 기반  
공간 컨설팅에 활용

공간 운영자는 동선 데이터를  
통해 운영을 효율화하고  
상업적 가치를 극대화

03.



## 향후 발전

# 공간과 사람을 연결하는 통합 솔루션으로의 발돋움

실내 길찾기 기능의 고도화 및 안정화를 핵심 과제로 수행  
단순 실내 네비게이션에 그치는 것이 아닌  
다양한 분야의 적용 및 확장이 가능

02.



데이터 기반  
공간 컨설팅에 활용

공간 운영자는 동선 데이터를  
통해 운영을 효율화하고  
상업적 가치를 극대화

03.



실내 위치 정보의  
표준 허브

PaaS로의 확장을 통해  
실내 자율주행 등 미래 서비스  
의 기반 인프라로 기능



## 향후 발전

# 공간과 사람을 연결하는 통합 솔루션으로의 발돋움

실내 길찾기 기능의 고도화 및 안정화를 핵심 과제로 수행  
단순 실내 네비게이션에 그치는 것이 아닌  
다양한 분야의 적용 및 확장이 가능

02.



데이터 기반  
공간 컨설팅에 활용

공간 운영자는 동선 데이터를  
통해 운영을 효율화하고  
상업적 가치를 극대화

03.



실내 위치 정보의  
표준 허브

PaaS로의 확장을 통해  
실내 자율주행 등 미래 서비스  
의 기반 인프라로 기능

## 향후 발전

# 공간과 사람을 연결하는 통합 솔루션으로의 발돋움

실내 길찾기 기능의 고도화 및 안정화를 핵심 과제로 수행  
단순 실내 네비게이션에 그치는 것이 아닌  
다양한 분야의 적용 및 확장이 가능

02.



데이터 기반  
공간 컨설팅에 활용

공간 운영자는 동선 데이터를  
통해 운영을 효율화하고  
상업적 가치를 극대화

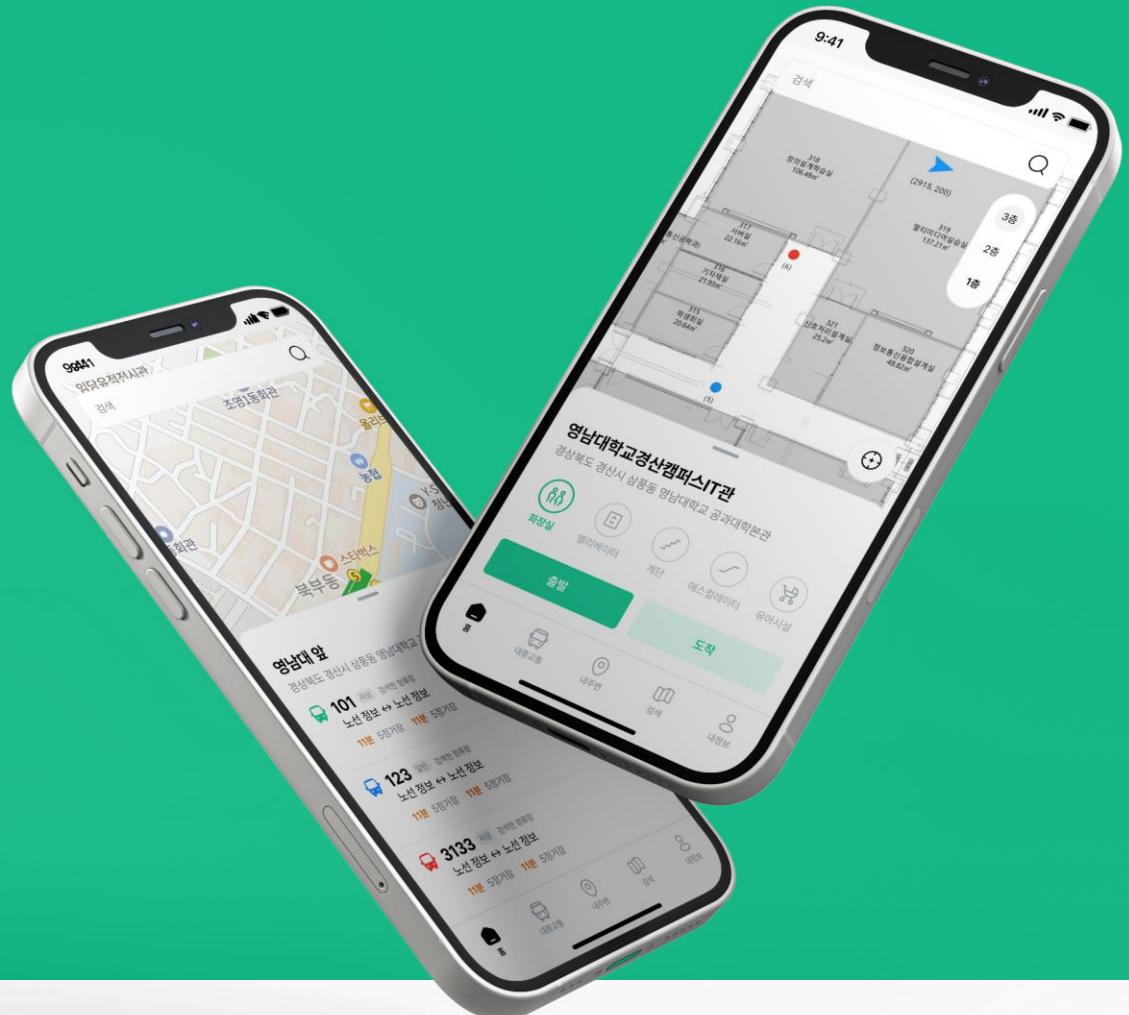
03.



실내 위치 정보의  
표준 허브

PaaS로의 확장을 통해  
실내 자율주행 등 미래 서비스  
의 기반 인프라로 기능





# 교통 약자를 위한 실내 길찾기 솔루션 마그네비(MagNavi)

지구 자기장을 활용한 실내 네비게이션

AGILE

컴퓨터공학부 류효정 박윤호 염수민  
윤찬익 이재훈 이준규