

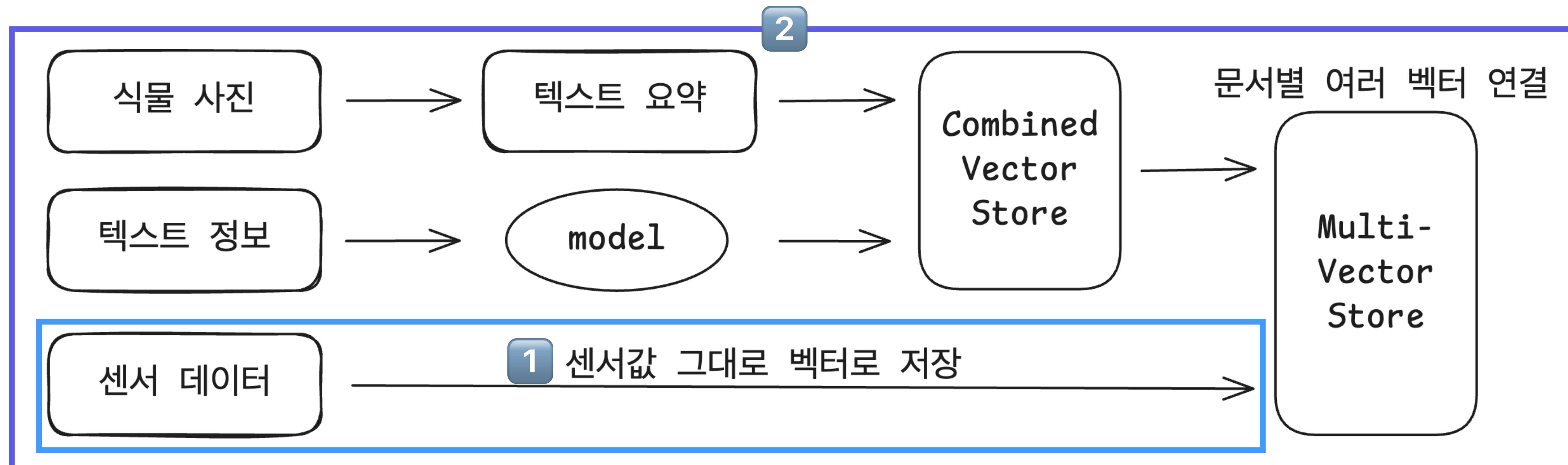
2025-2 졸업프로젝트

멀티모달 *RAG*와 성과 기반 분석을 활용한 식물 성장 분석 연구

2025.10.29.

2021104417 우다현

이미지 캡션 생성 및 combined vector 저장



1 센서값 저장

- 사용한 센서 필드

```
sensor_fields = [  
    "AirTemperature",      # 기온  
    "AirHumidity",         # 습도  
    "Co2",                 # CO2 농도  
    "Quantum",              # 일사량  
    "HighSoilTemp",         # 화분 흙 상단 온도  
    "HighSoilHumi",         # 화분 흙 상단 습도  
    "LowSoilTemp",          # 화분 흙 하단 온도  
    "LowSoilHumi"           # 화분 흙 하단 습도  
]
```

2 멀티 벡터 저장

```
fields = [
    FieldSchema(name="id", dtype=DataType.INT64, is_primary=True, auto_id=True),
    FieldSchema(name="text_vector", dtype=DataType.FLOAT_VECTOR, dim=1024),
    FieldSchema(name="sensor_vector", dtype=DataType.FLOAT_VECTOR, dim=8),
    FieldSchema(name="plant_name", dtype=DataType.VARCHAR, max_length=50),
    FieldSchema(name="growth_level", dtype=DataType.VARCHAR, max_length=10),
    FieldSchema(name="place", dtype=DataType.VARCHAR, max_length=20),
    FieldSchema(name="image_name", dtype=DataType.VARCHAR, max_length=100),
]
```

2 멀티 벡터 저장

plant_multi_vector

Collection ID: 461645815217364121



Status

Ready to load

Description

Plant multi-vector collection (text + sensor)

Field Count

7

Replica

Shards Number

1

Approx Count

1,429

Field	Type	Nullable	Default	Indexes
id PK	Int64	✗	--	Scalar Index
text_vector	FloatVector(1024)	✗	--	text_vector IVF_FLAT(COSINE)
sensor_vector	FloatVector(8)	✗	--	sensor_vector FLAT(L2)
plant_name	VarChar(50)	✗	--	Scalar Index
growth_level	VarChar(10)	✗	--	Scalar Index
place	VarChar(20)	✗	--	Scalar Index
image_name	VarChar(100)	✗	--	Scalar Index

2 멀티 벡터 저장

필드	차원	주 사용 목적	인덱스 타입	거리 측정
text_vector	1024	주요 검색 기준 (유사도 검색)	IVF_FLAT	COSINE (텍스트 유사성)
sensor_vector	8	데이터 제공 (필터 후 추출)	FLAT	L2 (수치적 거리)

인덱스 타입

- **IVF_FLAT**

- 전체 벡터 공간을 nlist(128)개의 클러스터로 나누어 검색 속도 향상
- 쿼리 시 해당 벡터가 속할 가능성이 높은 클러스터만 탐색
- → 100만 개 데이터 중 일부($\approx 1\%$)만 비교, 속도 10~50배 향상

- **FLAT (for sensor_vector)**

- 차원이 8로 매우 낮기 때문에 클러스터링보다 전체 비교가 더 효율적
- → 정확도 손실 없이 빠른 근거 추출 가능

3 Retrieval 접근 방식

목표:

사용자의 입력(식물명, 상태, 텍스트/이미지)을 기반으로
같은 식물 중 사용자보다 더 잘 자란(growth_level이 높은) 사례를 찾아,
그 사례의 환경(센서값)을 “추천 근거”로 제시하는 검색 전략.

검색 전략

- ① 사용자와 같은 식물이지만, 성장 수준이 더 높은 사례만 후보로 선정.
- ② 텍스트 기반 의미 검색
 - 사용자 입력(텍스트 + 이미지 캡션)을 BGE-m3-ko 임베딩으로 변환
 - Milvus text_vector와 cosine similarity 기반 검색.
- ③ 결과 수집 + 센서 데이터 추출
 - 검색된 상위 K개의 High 성장 사례에서 sensor_vector 추출

사용자 입력 (이미지 + 텍스트)

1 이미지 캡션 생성 (Gemini API)

└ 이미지에서 식물의 상태를 자연어로 요약 (ex. “잎 끝이 갈색이고 잎이 처져 있음”)

2 쿼리 구성

└ 사용자 텍스트 + 이미지 캡션 결합

예: “보스턴고사리 잎이 말라가요. (이미지: 잎 끝이 갈색이고 처져 있음)”

└ HuggingFace(BGE-m3-ko) 임베딩 → text_vector(1024D)

3 Milvus 검색 (텍스트 벡터 기반)

└ 컬렉션: `plant_multi_vector`

└ anns_field="text_vector"

└ filter: 같은 식물(`plant_name == 입력 식물명`)

└ filter: growth_level == "High"

└ 목표: 같은 식물 중 잘 자란(High 성장) 사례 찾기

4 검색 결과 반환

- Top K개의 “High 성장 사례” 문서

- 각 문서의 `sensor_vector` 포함

5 Reasoning (LLM)

LLM 입력 구성 요소:

① 사용자 입력 텍스트

② 이미지 캡션(Gemini로 생성된 현재 상태 설명)

③ 검색된 High 성장 사례들의 요약된 센서값

6 LLM 출력

└ “현재 상태 요약 + 잘 자란 환경 수치 근거 + 개선 조언” 생성

4 검색 정답 라벨 생성

검색 -> 사용자의 상태와 유사하지만 더 잘 자란 사례를 찾아 “비교 근거”로 제시

진단 -> 현재 상태가 좋은지/나쁜지/보통인지 판단하고, 개선 방향 제안

- 검색 정답 라벨 생성 방법: 정답인 Positive와 오답인 Negative로 구분

5 정확도 측정

검색을 통해 데이터 셋 확보 후

->

10개의 데이터로 시범 테스트 진행

```
=====
* 쿼리 텍스트: 보스턴고사리 잎이 시들고 색이 연해졌어요
* 식물 이름: 보스턴고사리
* 현재 성장 단계: Low
* 검색 필터: plant_name == '보스턴고사리' and (growth_level
=====
* 검색 결과 (Top-10):
1. 보스턴고사리 [High] @ 거실(L) | sim=0.323 | N50-A-3-08
2. 보스턴고사리 [High] @ 거실(L) | sim=0.343 | N50-A-3-08
3. 보스턴고사리 [High] @ 거실(L) | sim=0.344 | N50-A-3-08
4. 보스턴고사리 [High] @ 거실(L) | sim=0.344 | N50-A-3-08
5. 보스턴고사리 [High] @ 거실(L) | sim=0.347 | N50-A-3-08
6. 보스턴고사리 [High] @ 거실(L) | sim=0.347 | N50-A-3-08
7. 보스턴고사리 [High] @ 거실(L) | sim=0.348 | N50-A-3-08
8. 보스턴고사리 [High] @ 거실(L) | sim=0.349 | N50-A-3-08
9. 보스턴고사리 [High] @ 거실(L) | sim=0.349 | N50-A-3-08
10. 보스턴고사리 [High] @ 거실(L) | sim=0.349 | N50-A-3-08
```

✓ 평가 완료 (10개 쿼리)
{
 "precision@k": 0.7,
 "recall@k": 0.009572649572649574,
 "ndcg@k": 0.7,
 "mrr": 0.7
}

앞으로의 계획

- 인덱스 방법을 변경하는 등의 유사도를 올릴 수 있는 방법에 대해서 고민
- 프롬프트 작성하기