Ontology-based customized art curation system

Team 4 : 박건우, 박지현, 서동석, 황재훈

2025/10/14

Pohang University of Science and Technology (POSTECH)

POSTECH
POHANG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

문제 정의 – Problem Statement

- **획일적인 관람 경험**
  - 대표 소장품 Top 10과 같은 정형화된 추천은 개인의 관심사나 그날의 감성을 반영하지 못함
- **의미 연결의 부재**
  - 특정 주제나 스토리에 관심이 있어도, 그와 관련된 작품들이 어느 전시관에 흩어져 있는지 파악하고 연결하기 어려움
- **정보 과부화**
  - 방대한 소장품 앞에서 관람객이 관심 있는 주제를 선정하기 어려움

- **해결방안**
  - 사용자가 입력한 자유 텍스트(감상평, 특정 키워드 등)에 담긴 **의미와 맥락을 분석**하여 박물관의 소장품들을 하나의 **스토리텔링 코스로 엮어주는** 지능형 큐레이션 시스템을 제안
    - 이를 통해 관람객에게 개인적이고 몰입감 높은 예술 감상 경험을 제공

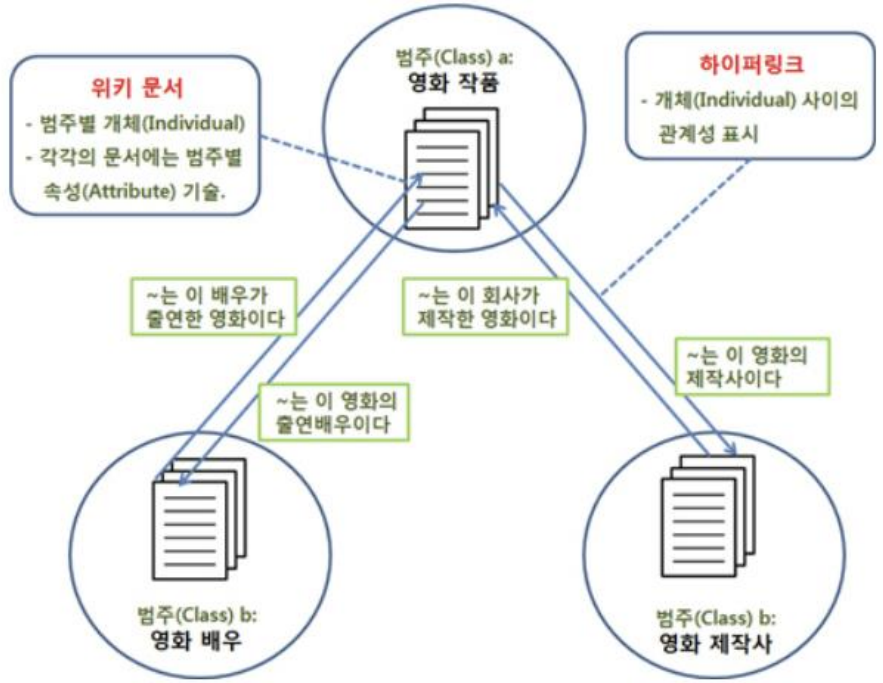
Ideation

- **핵심 아이디어**
  - 여러 출처의 이질적인 데이터를 융합하여, **'의미(Semantic)', '시각(Visual)', '관계(Relational)', 정보가 통합된 다층적 지식 그래프(Knowledge Graph)를 구축**
  - LLM이 작품을 단순한 데이터가 아닌 “맥락적 지식 단위”로 이해하여 사용자 감성·의도에 부합하는 **개인 맞춤형 예술 큐레이션**을 수행

- **서비스 개념**
  - 텍스트 입력만으로, 나만의 감성에 맞는 전시 코스를 자동 생성하는 지능형 큐레이터
  - **입력**: 사용자가 입력한 문장
  - **내부 처리**:
    - LLM이 문장에서 감정·스타일·사조 의도를 추출
    - 온톨로지 기반 SPARQL로 의미 검색
    - 벡터 검색으로 유사 작품 탐색
    - 결과 융합 및 경로 탐색
  - **출력**: 맞춤형 관람 코스 제안 + 각 작품의 ‘추천 이유’ 설명 생성 (RAG 기반)

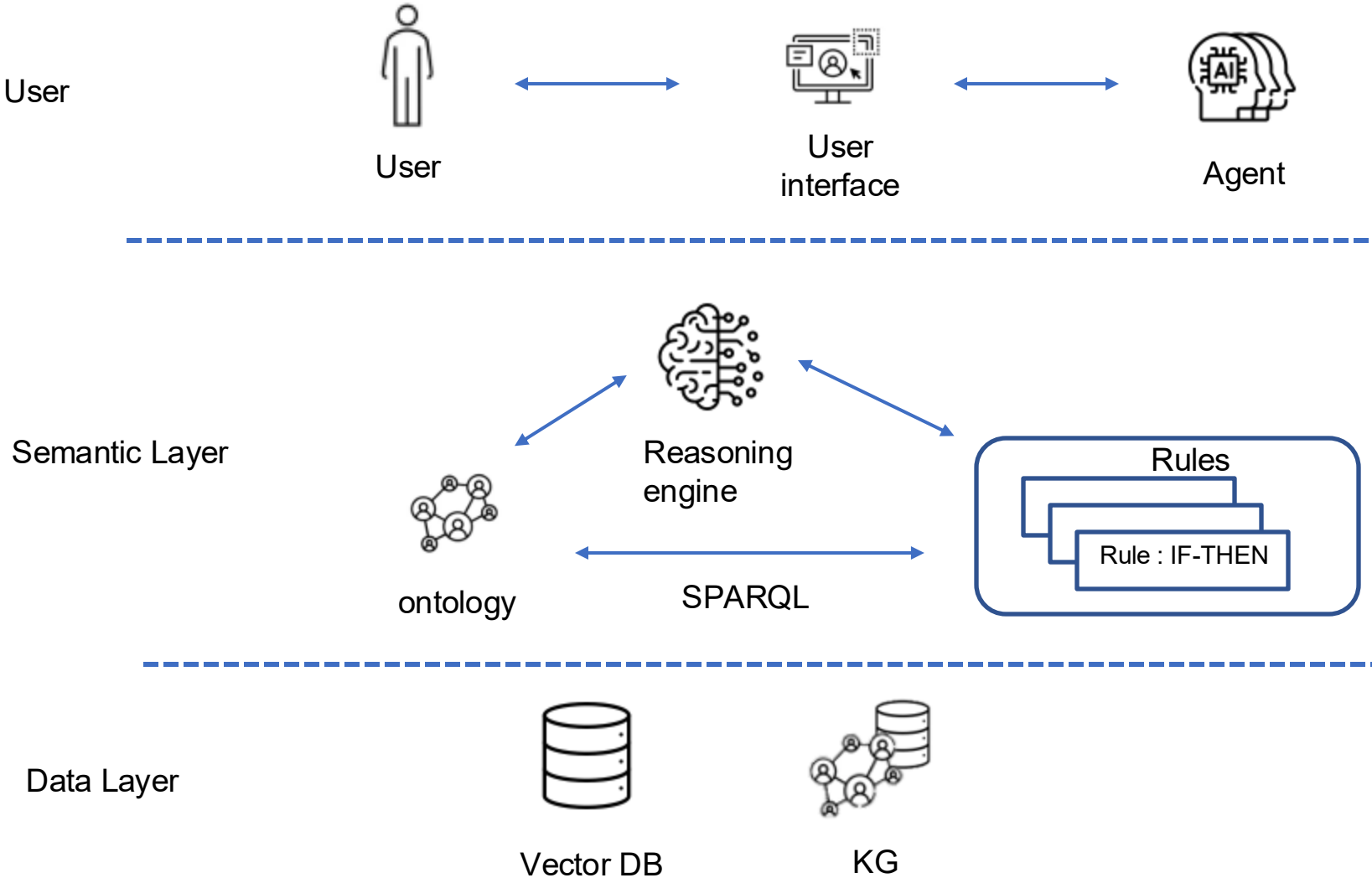
Ontology

- **Definition**
  - 컴퓨터 과학과 정보학에서 특정 도메인의 개념과 이들 간의 관계를 체계적으로 정의하는 방식
- **Property**
  - 대상 자원을 class로 범주화하고 각 class 내에 속하는 개체들이 공통의 속성을 가짐
  - 개체가 다른 개체와 맺는 relation을 하이퍼링크로 명시적으로 기술



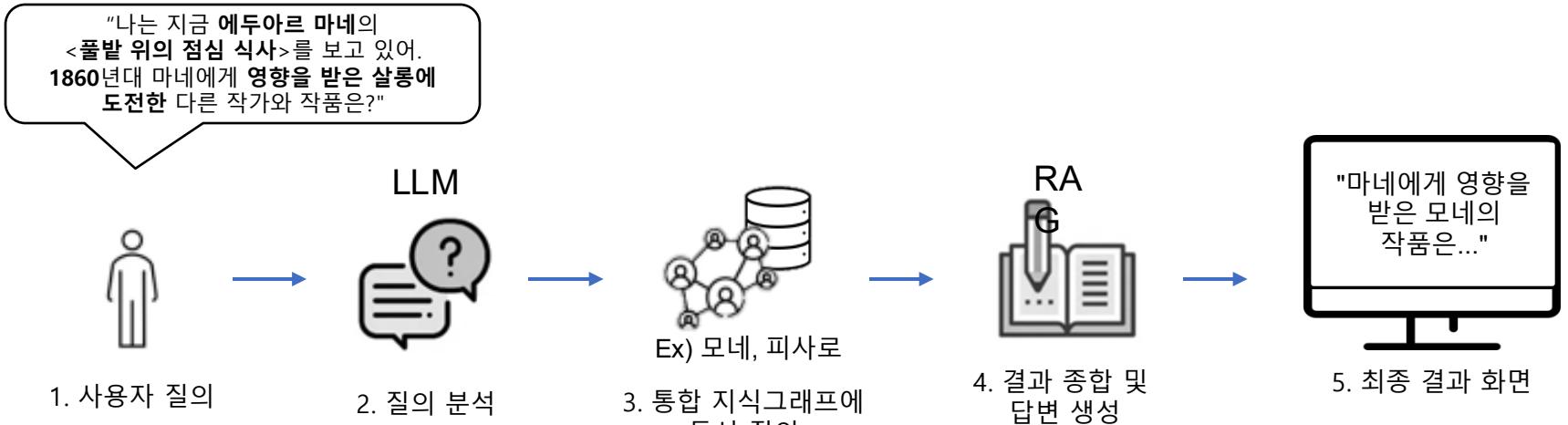
Framework

- 온톨로지 기반 Graph RAG 검색 시스템 구현 : RAG X 온톨로지

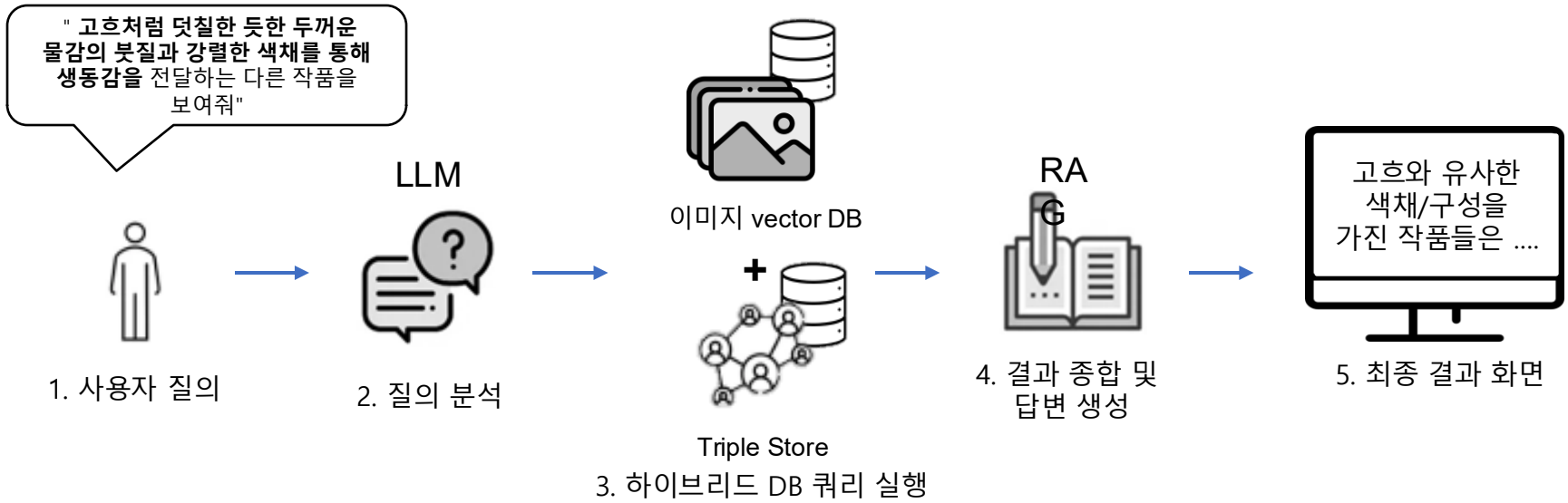


데모 시나리오

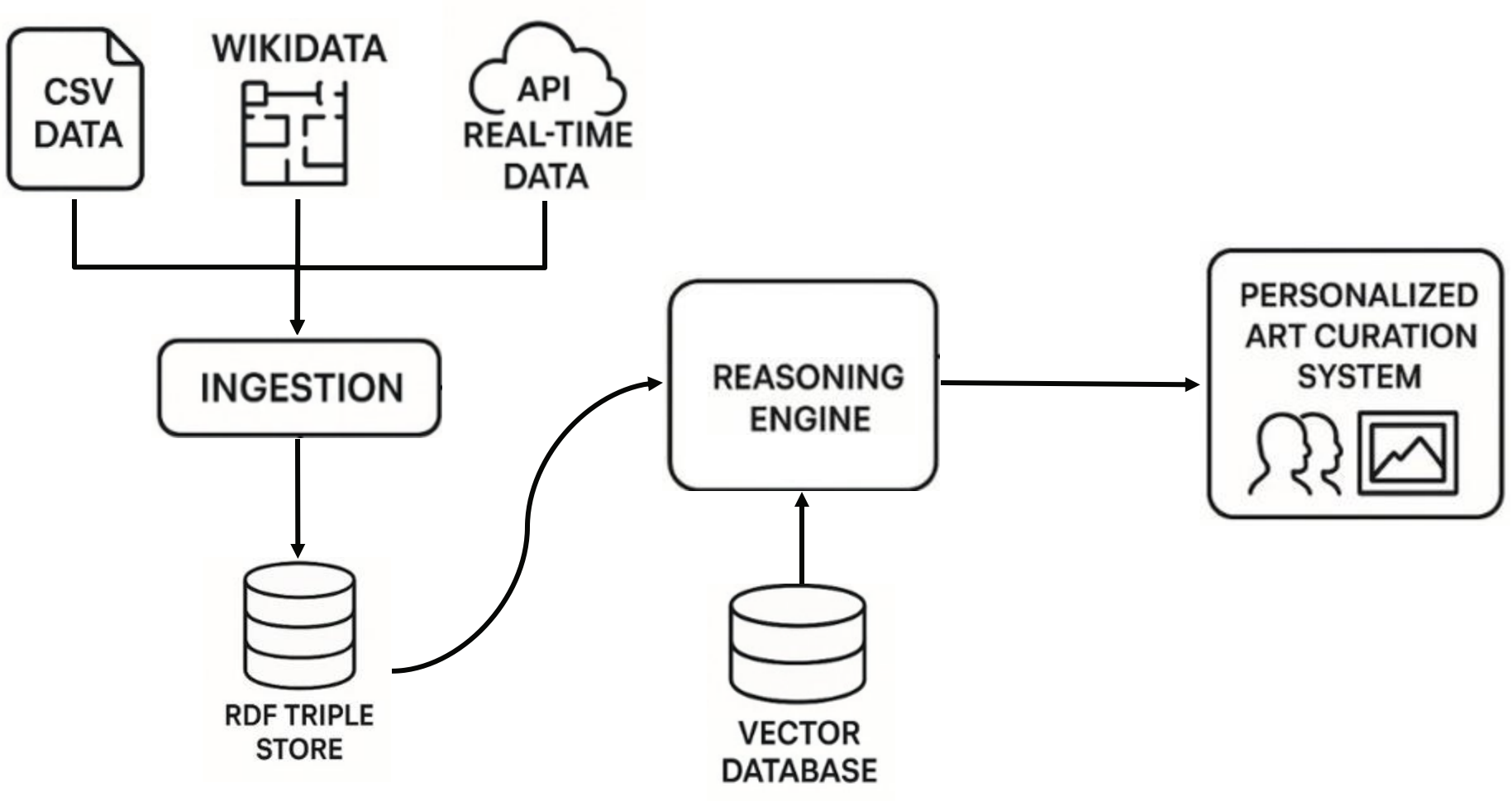
- ## 시대적 배경



- ## 색채 및 화풍



데이터 파이프라인 아키텍처



데이터 수집 및 전처리 – 이미지 벡터 DB 구축

1. 작품 id 목록 수집 (Metropolitan Museum 공식 API)

https://collectionapi.metmuseum.org/public/collection/v1/search

2. 각 작품 id 별 세부 데이터 수집

https://collectionapi.metmuseum.org/public/collection/v1/objects/{object_id}

objectID	isHighlight	accessionNumber	accessionYear	primaryImage	department	title
437881	TRUE	89.15.21	1889	https://images.metmuseum.org/CRDImages/ep/original/DP353257.jpg	European Paintings	Young Woman with a Water Pitcher

artistDisplayName	artistDisplayBio	artistNationality	artistBeginDate	artistEndDate	artistWikidata_URL	objectBeginDate	objectEndDate	medium	dimensions
Johannes Vermeer	Dutch, Delft 1632–1675 Delft	Dutch	1632	1675	https://www.wikidata.org/wiki/Q41264	1657	1667	Oil on canvas	18 x 16 in. (45.7 x 40.6 cm)

creditLine	classification	repository	objectURL	objectWikidata_URL	GalleryNumber
Marquand Collection, Gift of Henry G. Marquand, 1889	Paintings	Metropolitan Museum of Art, New York, NY	https://www.metmuseum.org/art/collection/search/437881	https://www.wikidata.org/wiki/Q386453	614

3. 작품 이미지 다운로드



Id: 437881
Young Woman with a Water Pitcher
(Johannes Vermeer, 1667)

그림을 가능한한 풍부하게 묘사해줘.

ChatGPT

4. GPT API를 이용한 작품 이미지 description 생성

이 그림은 조용하고 절제된 빛의 세계 속에 한 여인이 서 있는 모습을 담고 있다. 그녀는 창문을 열며 부드럽게 들어오는 아침 햇살을 맞고 있고, 그 빛은 흰색 머릿수건과 파란색 치마, 그리고 검은색과 흰색이 교차된 상의의 주름마다 섬세하게 스며들어 있다.
손에는 금빛 주전자가 들려 있으며, 붉은색과 청색이 어우러진 자수가 놓인 두꺼운 양탄자 위에는 은빛 접시와 유리잔, 그리고 장식 상자가 놓여 있다.

text-embedding-ada-002

5. Description 임베딩 후 Vector DB에 저장

pgvector

Id: 437881 | Embed: [0.09 , 0.008 , … , 0.0045 , 0.235]

데이터 수집 및 전처리 – Ontology 기반 KG 구축

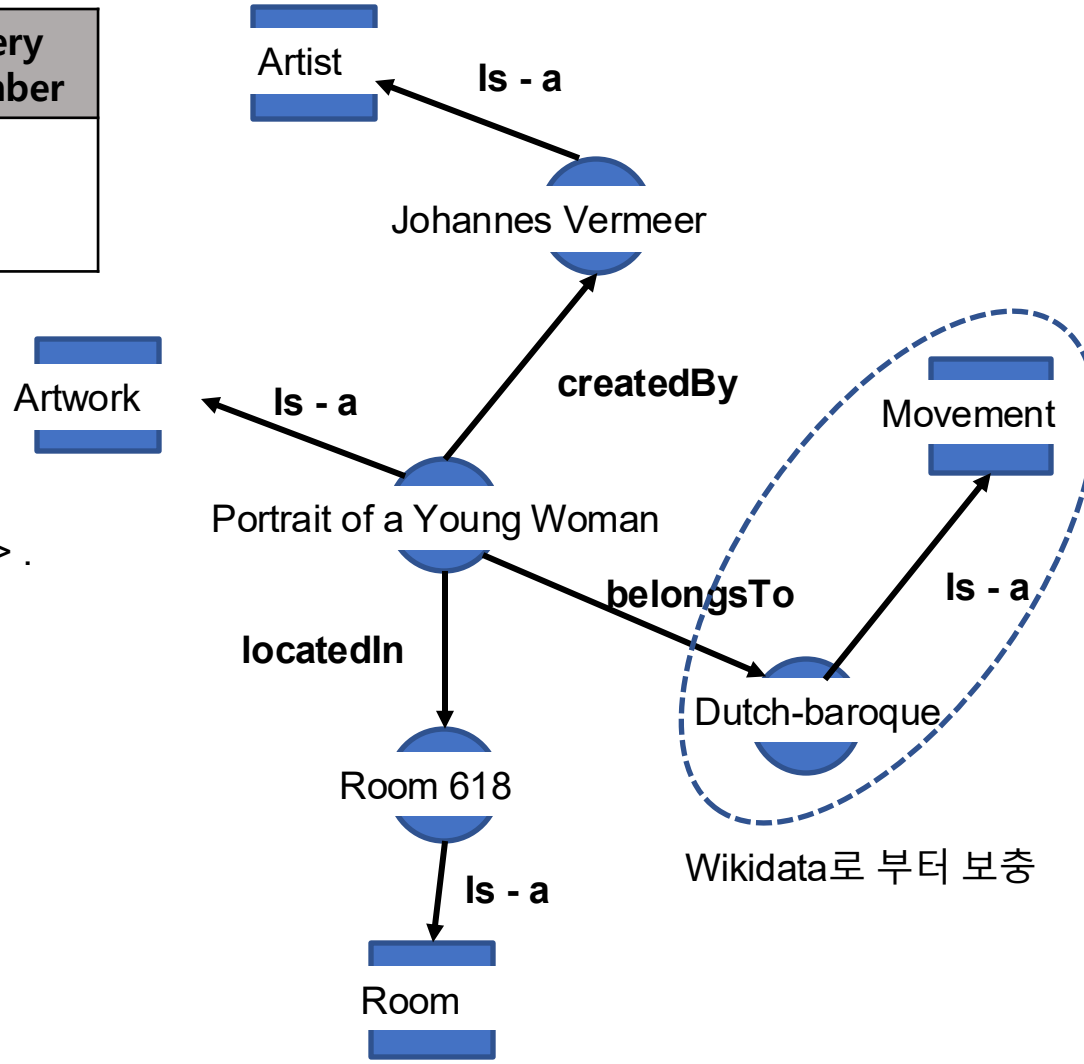
Source Data

Artwork id	Title	Artist	Gallery Number
10247	Portrait of a Young Woman	Johannes Vermeer	618

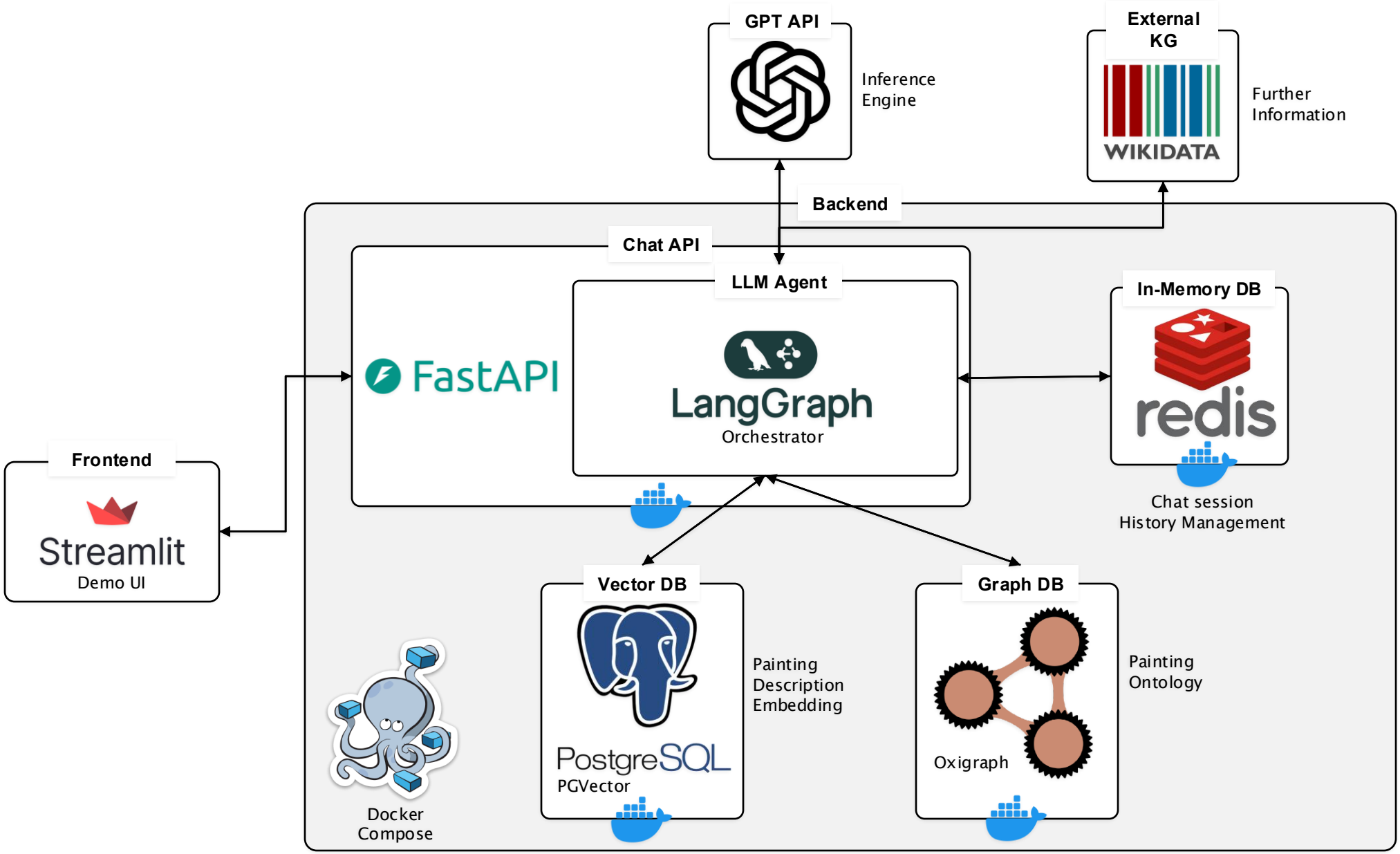
Triple

```
@prefix ex: <https://example.org/museum/> .
@prefix dct: <http://purl.org/dc/terms/> .
@prefix schema: <http://schema.org/> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .

ex:artwork/10247 a ex:Artwork ;
  dct:title " Portrait of a Young Woman"@en ;
  schema:creator ex:artist/ Johannes Vermeer ;
  ex:belongsTo ex:movement/movement-unknown ;
  ex:locatedIn ex:room/618.
```



서비스 구조


GPT API
Inference Engine
External KG
WIKIDATA
Further Information
Backend
Chat API
LLM Agent
FastAPI
LangGraph
Orchestrator
In-Memory DB
redis
Chat session History Management
Frontend
Streamlit
Demo UI
Vector DB
PostgreSQL
PGVector
Painting Description Embedding
Graph DB
Oxigraph
Painting Ontology
Docker Compose

Roadmap

- **Phase 1 : 기반 구축 및 DB Management**
  - **Phase1-1. 통합 온톨로지 설계**
  - **Phase1-2. DB Management – Dual Database Architecture**
- **Phase 2 : 핵심 엔진 개발**
- **Phase 3 : 애플리케이션 및 최종 결과물**

Roadmap

- **Phase 1 : 기반 구축 및 DB Management**
  - **Phase1-1. 통합 온톨로지 설계**
    - 목표: 텍스트 – 관계 - 공간 정보를 모두 아우르는 통합 온톨로지 스키마를 설계
    - 도구: Oxigraph
    - 주요 클래스 예시: Artwork, Artist, Room, Exhibition, Style, Emotion
    - 관계 예시
      - ✓ createdBy(Artwork→Artist)
      - ✓ locatedIn(Artwork→Room)
      - ✓ belongsTo(Artwork→Style)
    - 결과: 각 작품과 작가, 전시 공간의 관계가 그래프 형태로 명시화 되어 LLM이 그 의미를 이해 가능

Roadmap

- **Phase 1 : 기반 구축 및 DB Management**
  - **Phase1-2. DB Management – Dual Database Architecture**
    - **Triple Store**
      - ✓ 역할: 온톨로지 스키마와 RDF 트리플 데이터를 저장하고 SPARQL 쿼리를 처리
      - ✓ 사용 기술: Oxigraph
      - ✓ RDF 트리플 변환 예시
        - <The_Starry_Night> <createdBy> <Van_Gogh>
        - <The_Starry_Night> <locatedIn> <Room_501>
    - **Vector DB**
      - ✓ 역할: 텍스트와 이미지 임베딩 벡터를 저장하고 유사도 검색을 담당
      - ✓ 사용 기술: pgvector
      - ✓ 이미지 임베딩 과정:
        - 작품 이미지를 LLM의 input으로 text description을 생성
        - LLM의 text embedding function으로 text description의 임베딩 벡터를 생성
    - **기대 성과**
      - ✓ 비정형 데이터의 벡터화로 유사도 기반 질의 가능
      - ✓ 지식 그래프, 벡터 표현이 결합된 통합 데이터 레이어 구축 가능

Roadmap

- **Phase 2 : 핵심 엔진 개발**
  - **하이브리드 추론 엔진 개발:** 사용자의 의도를 SPARQL(정확한 의미/관계 검색)과 벡터 검색(유사한 느낌/스타일 검색)을 조합하여 사실적이고 명확한 추천 결과 제시
  - **스토리 텔링:** 단순히 사용자 니즈에 맞는 작품을 추천할 뿐 아니라 작품 간의 스토리가 연계되어 자연스러운 흐름을 만들 수 있도록 작품 관람 순서를 제안

- **Phase 3 : 애플리케이션 및 최종 결과물**
  - **LLM 기반 설명 생성 (RAG):** 추천된 코스와 작품에 대해 "왜 추천되었는지"에 대한 근거를 Wikidata, 작품 설명 등을 참조하여 LLM이 자연스러운 문장으로 생성하는 기능을 구현
  - **UI/UX 개발:** 사용자가 텍스트를 입력하고, 관람 순서를 확인할 수 있는 웹 애플리케이션을 개발

기대 효과 및 결론

- **심화된 예술 교감 증진**
  - 관람객과 예술작품 사이의 의미 있는 연결을 통해 더욱 깊이 있고 기억에 남는 박물과 경험 제공
- **초개인화 지식 큐레이션의 확장**
  - 온톨로지와 지식 그래프 기술을 활용한 큐레이션 모델의 다양한 교육 문화기관으로의 확장 가능성
- **기술 혁신 모델 확립**
  - 이질적 데이터 소스의 통합과 하이브리드 추론 엔진을 통한 문화 데이터 엔지니어링의 혁신 사례 구축
- **확장 가능성**
  - 향후 미술관뿐 아니라 도서관, 전시, 교육 컨텐츠 등으로 확장 가능

Appendix

Data Collection

- **핵심 데이터 (The MET CSV)**
  - Github의 MetObjects.csv 파일을 통해 약 50만 점의 작품 메타데이터를 초기 대량 수집하여 프로젝트의 기본 데이터 베이스 구축
  - https://github.com/metmuseum/openaccess
- **실시간/상세 데이터**
  - Collection API를 활용하여 CSV 데이터에 누락되 상세정보 보강하고 사용자 요청시 최신 데이터를 실시간으로 조회하여 정보의 정확성과 현행성 확보
- **외부 컨텍스트 데이터 (Wikidata)**
  - Wikidata의 SPARQL 엔드포인트를 통해 작가의 사제관계, 사조의 영향 등 The MET 데이터만으로는 알 수 없는 배경지식 수집하여 데이터의 관계성 확장
- **공간 데이터 (Museum Floor Plan)**
  - The MET 공식 웹사이트에서 제공하는 박물관 평면도를 수집하여 전시실 간의 물리적 연결관계를 추출하기 위한 원천 데이터로 사용

Data Interpretation & Preprocessing

- **텍스트 데이터 가공**
  - 수집된 메타데이터의 결측치를 처리, NLP 기술을 활용해 작품 설명에서 핵심 **주제어**와 **개체명**을 추출
  - Wikidata 라벨을 기준으로 사조, 재료 등의 용어를 표준화
- **이미지 데이터 가공**
  - 작품 이미지를 사전 훈련된 컴퓨터 비전(CV) 모델로 분석하여 **객체, 색상 팔레트, 분위기** 등 정성적인 시각 정보를 정량적인 **태그(Tag)** 데이터로 변환
- **데이터 융합 및 변환**
  - 모든 데이터(텍스트, 이미지 태그, 외부 지식, 공간 정보)를 융합(Fusion)
  - 최종적으로 온톨로지 스키마에 맞춰 RDF 트리플(Triples)과 **임베딩 벡터(Vectors)** 형태로 변환

Data Schema

- **작품(Artwork)**
  - Artwork_id
  - Title, year, period
  - Movement/style
  - Genre/subject, medium/technique
  - Dimensions, culture/country
  - Image_url
  - Description
  - On_view, gallery/room, floor
  - (파생) dominant_colors, image_embedding, text_embedding

- **작가(Artist)**
  - Artist_id, name, birth/death, nationality, gender
  - Influenced_by, member_of_movement

Data Schema

- **전시, 장소(Exhibition / Room)**
  - Room_id, floor, cords, accessibility
  - Neighbors, distance_matrix/edge_cost
  - (option) crowd_score, open_hours

- **관계(온톨로지 트리플)**
  - createdBy(Artwork -> Artist)
  - belongsTo(Artwork -> Movement)
  - locatedIn(Artwork -> Room)
  - part of(Artwork->Exhibition)
  - Near(Room<->Room)

수집,해석,가공 details

- **수집**
  - 오픈 API/CSV에서 작품·작가 메타데이터를 수집(대량 페이지네이션)
  - 이미지는 URL 수집 후 비동기 다운로드(권리·크레딧 저장)
  - 전시실 평면도(PDF/PNG)에서 방 번호/좌표를 수작업/반자동으로 추출

- **정제/표준화(optional)**
  - 사조/재료 **동의어 매핑**(예: “Oil on canvas” ↔ “유화”) → Getty AAT / Wikidata 라벨로 표준화
  - 결측 처리(연도 범위, 미상 → 추정기간)

- **피처링/임베딩**
  - **이미지**: CLIP(SigLIP 등) 임베딩 + **dominant palette**
  - **텍스트**: SBERT 등 문장 임베딩, 키워드(사조/소재/감정) 추출

수집,해석,가공 details

- **저장/관리**
  - **Triple store**: Jena Fuseki(온톨로지·관계), SPARQL 엔드포인트
  - **Vector DB**: pgvector/qdrant(텍스트·이미지 임베딩)

- **추천/코스 생성(핵심 로직)**
  - NL → 의도추출(LLM) → SPARQL 템플릿으로 1차 후보 쿼리
  - 후보 랭킹: 시맨틱(사조/주제) + 임베딩 유사도 + 인기/혼잡 패널티
  - 설명생성(LLM+RAG): 코스/작품별 추천 근거(사조·색감·거리)와 출처 표기