

팀 명 삼권

지도교수 김승운 교수님

팀 원 권도형, 권도혁, 권지석

개발동기 및 목적

Problem

비구조화된 종이이미지 도면:
설비 변경 이력 관리가 어렵고, 도면 열화/훼손 시 복구가 힘들.

비용·접근성 문제:

해외 P&ID 디지털화 솔루션은 라이선스 비용이 높고, 국내 규격 한국어 환경에 최적화되지 않아 현장의 '국산, 저비용, 맞춤형' 대안이 부족한 상황.

Solution

자동 디지털화 파이프라인:

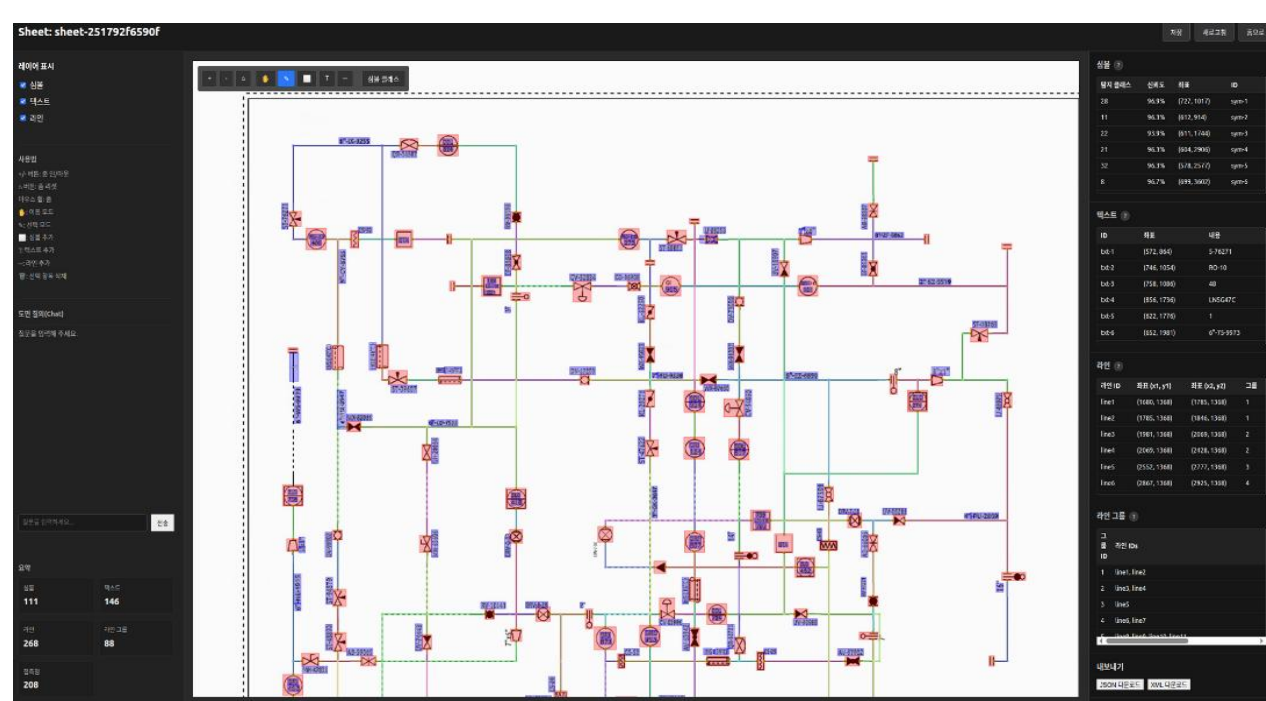
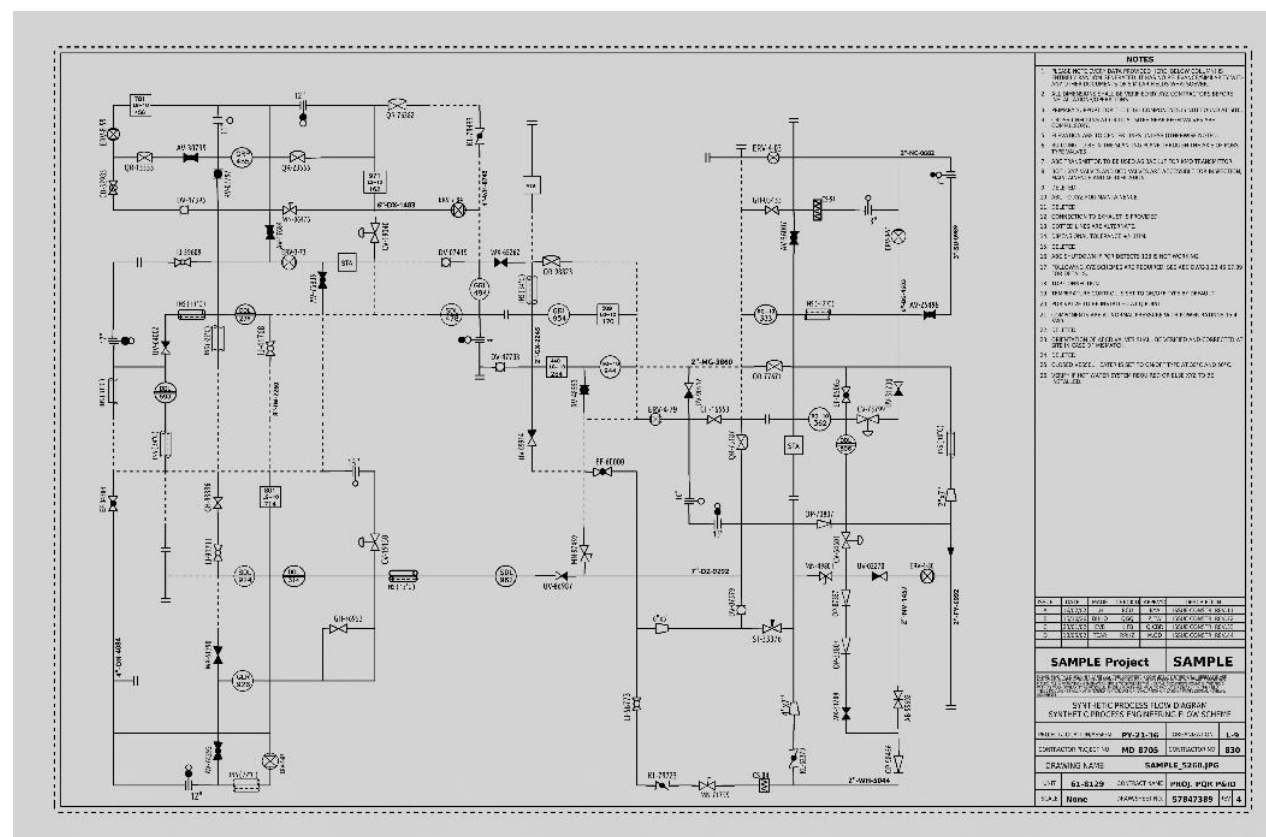
도면 업로드 → AI 인식 → 그래프 변환 → DB 저장까지 일괄 처리

그래프, Q&A 기반 활용:

"P-101과 T-301 연결 여부?" 같은 질문을 하면 그래프 탐색+화면 하이라이트로 즉시 응답.

국산, 저비용 플랫폼 지향:

MongoDB, Neo4j, FastAPI, React 기반으로 확장성과 유지보수성을 확보하고, 국내에 디지털 전환 기반 기술을 제공.



- Neo4j (그래프 데이터베이스 - LPG 저장)
- MongoDB(NoSQL-문서/메타데이터 저장)
- React (프론트엔드 UI)

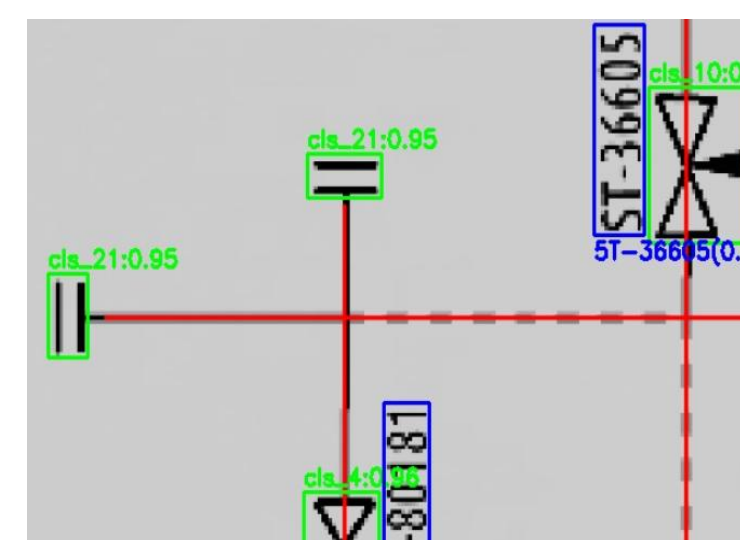
주요기술

1) YOLO 심볼 인식



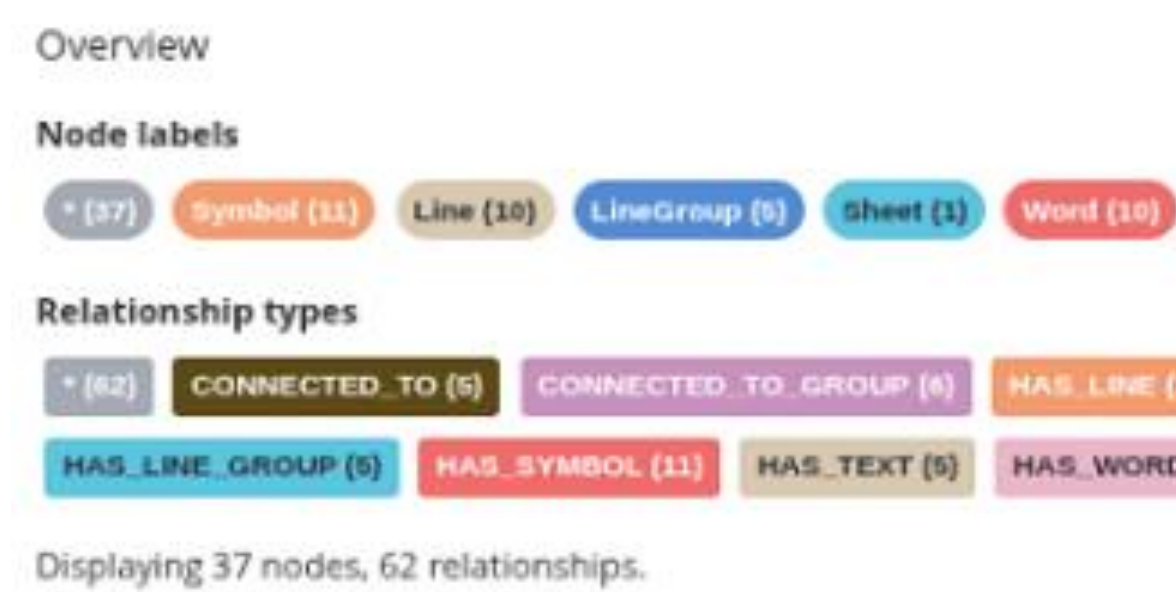
밸브, 펌프, 탱크 기호 YOLO 기반 객체검출

3) 라인 검출



Blackhat + Adaptive-Thresholding Skeletonizing

5) LPG 구조 변환

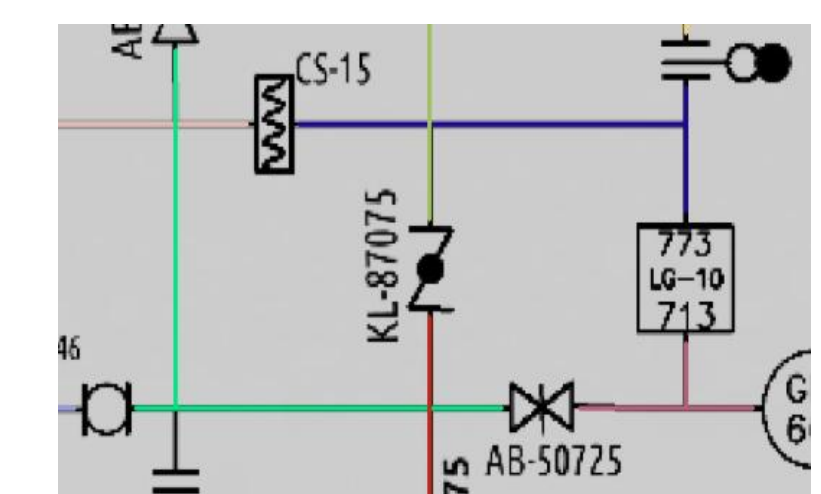


2) OCR 파이프라인

QR-52567 DV-35566
6"-PJ-8840 ST-24833
(RO-10) 5"-JL-7789

CRAFT 기반 텍스트 검출 + DTRB Recognition + Lexicon

4) 라인 세그멘테이션



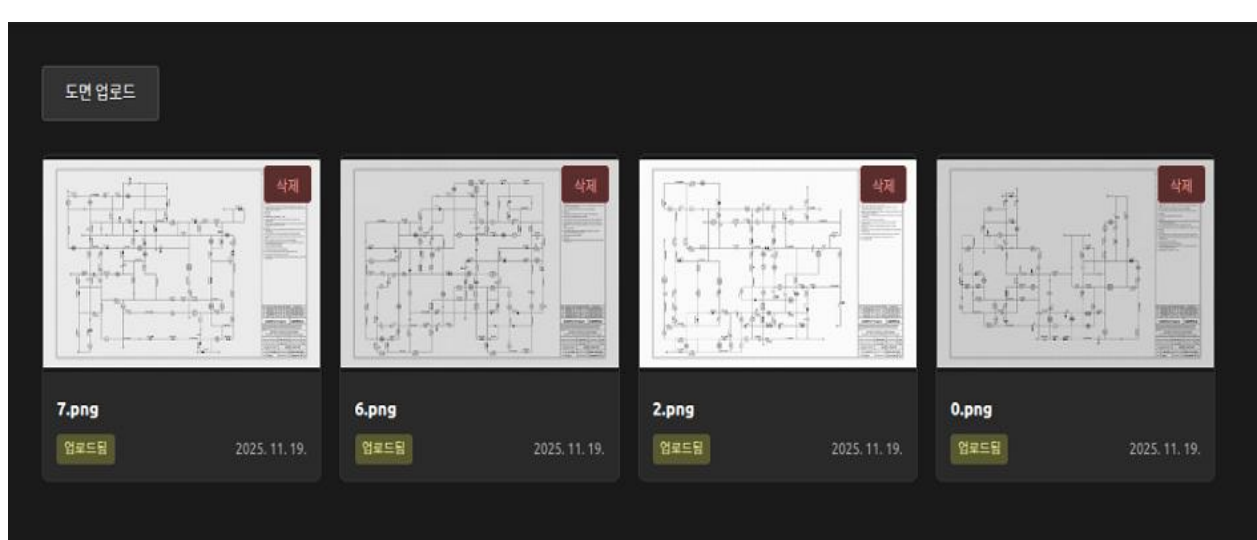
Corner Snap + Intersection Merge + Segment Consolidation

6) LLM (Gemini API)



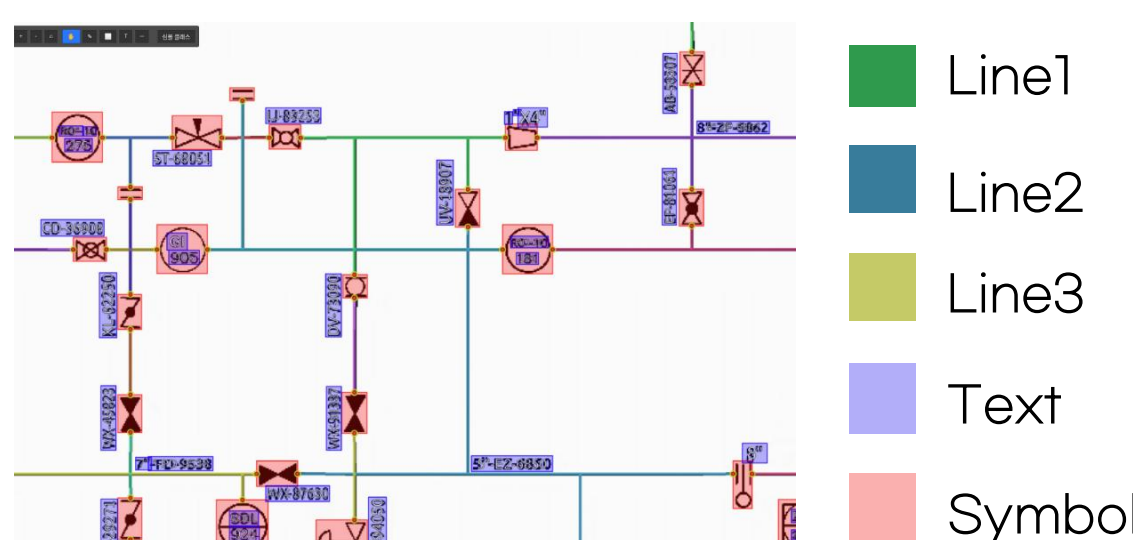
개발내용

1) 도면 업로드 및 전처리



사용자가 업로드 한 P&ID 도면은 분석 정확도를 높이기 위해 밝기 보정, 영역 분할 등 자동 전처리 과정을 수행

2) AI 기반 도면 요소 인식



YOLO 모델로 심볼 검출, OCR로 텍스트 인식, Skeleton 기반 라인 검출로 전체 도면 요소 인식

3) 도면 데이터 저장

```

1 <sheet id="sheet-0001">
2   <symbols>
3     <symbol id="sym-1">
4       <class 3 />
5       <bbox>
6         <x1>100</x1> <y1>200</y1> <x2>240</x2> <y2>240</y2>
7       </bbox>
8     </symbol>
9   </symbols>
10
11 <words>
12   <word id="word_1">
13     <text>AV-12345</text>
14     <bbox>
15       <x1>160</x1> <y1>180</y1> <x2>240</x2> <y2>195</y2>
16     </bbox>
17     <rotation>0</rotation>
18   </word>
19 </words>
20
21 <lines>
22   <line id="line_88_1">
23     <points>

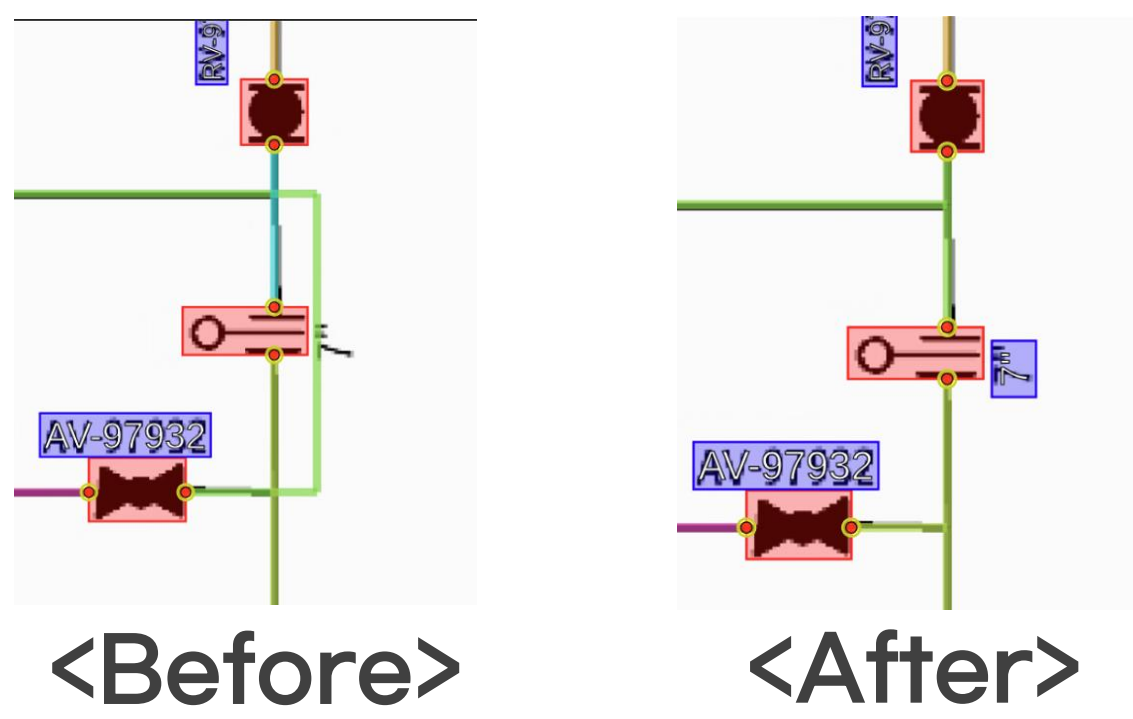
```

검출된 배관 정보

- 심볼
- 텍스트
- 라인
- 교차점
- 텍스트링킹

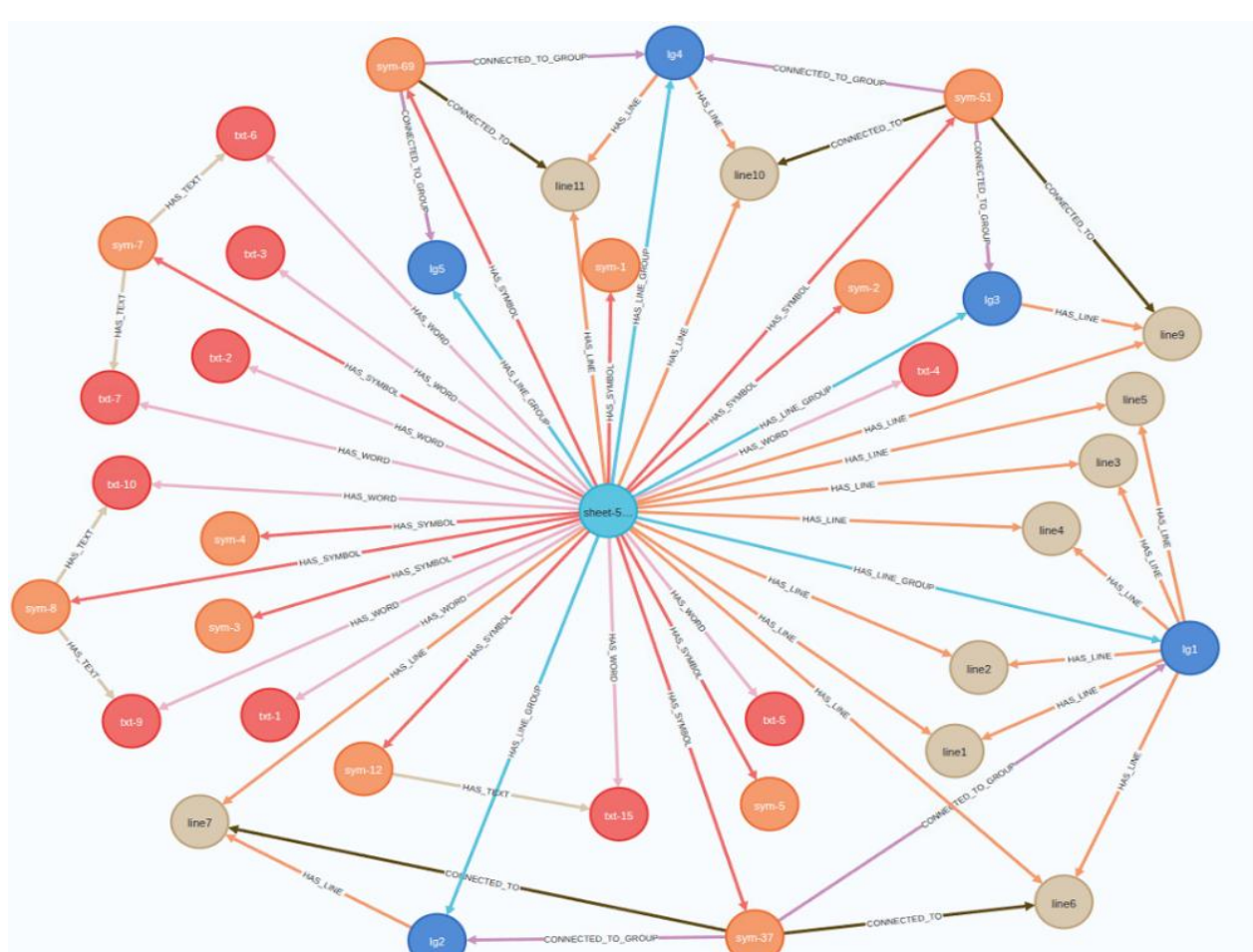
JSON/XML/DB 포맷으로 형식을 통일 및 정리하여 저장

4) HITL 오류편집 인터페이스



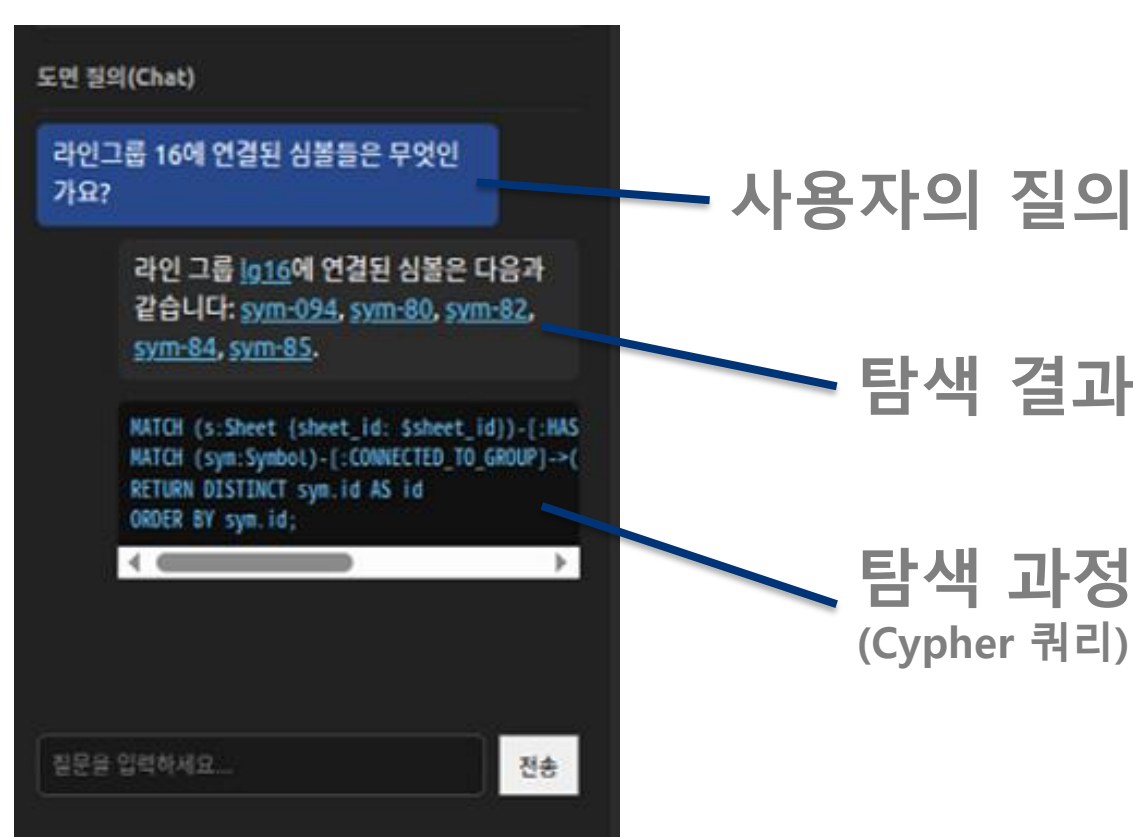
오검출 및 누락을 수정 하기 위해 웹 기반 HITL편집 도구를 제공. 수정 내용은 자동으로 그래프 구조에 반영.

5) Neo4j 그래프 엔진



정제된 그래프 데이터는 Neo4j에 저장되며, Cypher 쿼리를 통해 설비 간 연결, 배관 흐름, 계장 관계를 탐색

6) Q&A 도면 분석



사용자가 질문을 하면 LLM이 질문을 Cypher 쿼리로 변환하고 그래프 DB에서 탐색된 결과를 자연어로 변환하여 도면 위에 시각적으로 표시

결과 및 분석

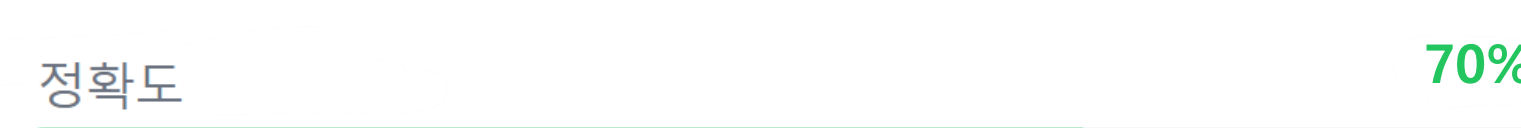
1) 심볼 검출



2) 라인 검출



3) 텍스트 정확도



4) LLM 성능



YOLO 심볼 인식은 P/R/F1 모두 1.000으로 매우 높은 정확도를 달성하였고, Skeleton 기반 라인 검출 역시 F1=0.940으로 배관 구조를 안정적으로 재현하였다. OCR은 정확도(0.70)를 기록했으나, HITL기반 개선 후대그 중심 분석에서는 실용적 성능을 확보하였다.

Segment 병합 및 Snap 기반 후처리 적용으로 심볼-배관 연결 정확도가 약 93% 수준으로 향상되었으며, 라인 단절로 인한 연결 누락도 유의미하게 감소하였다.

Text-to-GQL 변환 테스트에서 92% 정확도를 달성하였고, Neo4j 쿼리 응답은 평균 20ms 미만으로 실시간 탐색이 가능하였다.

전체 지식 추출 파이프라인의 처리 시간은 약 19.67초로, 1장 단위 도면의 자동 구조화 및 Q&A 질의 처리에 충분한 속도를 확보하였다.

활용방안 및 기대효과

활용방안

- 설비, 배관 연결 관계의 즉각적인 조회 및 검증 지원
- 도면 기반 공정, 설비 문서의 디지털 통합 관리
- 정비, 운전 교육을 위한 디지털 인터랙티브 뷰어 제공
- 자연어 기반 탐색 기능을 통한 엔지니어 의사결정 지원

기대효과

- 정보 접근성 향상으로 작업 효율 및 현장 대응력 증가
- 저비용 국산 솔루션 확보로 디지털 전환 부담 완화
- 디지털 트윈, 공정 시뮬레이션 연계 기반 확보
- 현장 엔지니어 교육 품질 향상 및 기술 전수 속도 증가

오픈소스 URL

<https://github.com/code-stroller/Chat-P-ID-Project>

