

본선 최종 산출물

스마트 제조

AI Agent

해커톤 2025

Team DataWizardd

Project SafeGuard-AI

Member 박재홍



RE
F:
20
25-
HA
CK
AT
HO
N-
MV
P
//
V1.
0

1. Summary

02 / 23

Team / Member

DataWizardd / 박재홍

Project Name

SafeGuard-AI

Topic

제조 현장 작업 허가 자동화 및 지능형 위험성 평가 에이전트 개발

"안전 규정은 RAG로 꼼꼼하게,
서류 작업은 에이전트가 신속하게"

제조 현장의 행정 업무를 90% 줄이고 무재해를 실현하는 Multi-Agent 시스템

2. 문제 정의 (Problem Definition)

1) 제조 현장의 문제점

03 / 23

"중대재해처벌법 시행 이후에도
정체된 사고 감소세와 2025년의 경고등"

598명

2023년 산업재해 사망자 수
(감소세 정체)

+14명

2025년 3분기 누적 사망자
(전년 동기 대비 증가)

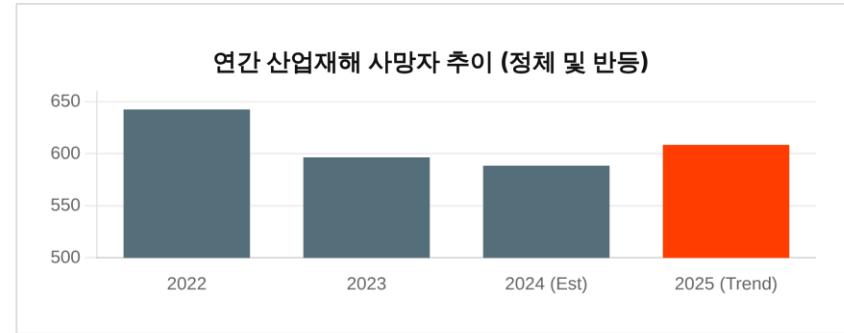


FIG 2.1: COMMON WORKPLACE HAZARDS



2. 문제 정의 (Problem Definition)

04 / 23

2) 해결 대상

형식적인 작업 허가 및 위험성 평가 프로세스



행정 과부하

안전관리자 업무 60% 이상이 서류 작성, 현장 점검 시간 부족



형식적 관행

중대재해 89%가 사전 위험성평가 부실로 지적됨



위험성평가 부실

복사·붙여넣기식 작성, 실제 개선 미미, 근로자 참여 부족

3) 문제의 중요성

"형식적 안전 관리에서

데이터 기반의 실질적 예방으로의 전환 시급

휴먼 에러의 구조적 원인: 기존 분석 방식(Bow-Tie 등)은 현장 적용이 어렵고 행정 부담이 큼

시스템 부재의 위험: 과도한 서류 업무로 인해 정작 중요한 사고 예방 활동은 뒷전으로 밀림

2. 문제 정의 (Problem Definition)

05 / 23

4) KPI 및 해결 후 기대되는 변화

"행정은 AI가 자동화하고, 사람은 현장의 위험을 봅니다"

구분	KPI 지표	현재 수준 (AS-IS)	목표 수준 (TO-BE)
효율성	서류 작업 소요 시간 비중	전체 업무의 60% 이상	10% 미만 (AI 자동 생성)
정확성	위험성 평가 오류율	수기 입력 시 3~5%	0% (RAG 기반 규정 매핑)
예방성	위험 요인 도출 커버리지	주관적 판단 의존	가중치 기반 정량 평가 적용
실효성	형식적 평가 (복불) 비율	다수 현장 만연	원천 차단 (실시간 반영)

3. 제안 솔루션 개요 (Solution Overview)

1) 제안 시스템: "SafeGuard-AI"

06 / 23

SafeGuard-AI

RAG 기반 규정 해석

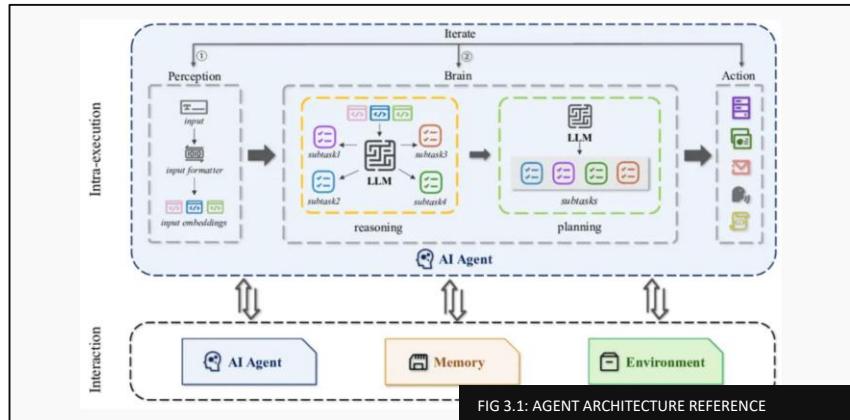
복잡한 안전 규정을 실시간 조회·해석하여 법적 근거 확보

Multi-Agent Automation

위험성 평가부터 작업허가서 발행까지 전 과정 자동 처리

Orchestrator Structure

모호한 작업 요청을 구조화하고 내용 검증까지 수행



System Process Flow



3. 제안 솔루션 개요 (Solution Overview)

07 / 23

2) 세부 에이전트 구성 및 역할

에이전트 명칭 (총괄 조정관)	역할 (Role) 사용자 의도 파악 및 업무 배분	주요 기능 및 기술 (Key Tech)
Main Coordinator (총괄 조정관)	사용자 의도 파악 및 업무 배분	<ul style="list-style-type: none">작업자의 자연어 요청 ("탱크 용접 할게")을 구조화된 데이터로 변환부족한 정보 (작업 시간, 도구 등) 역질문 수행하위 에이전트 간의 정보 흐름 제어 (LangGraph 활용)
Regulation Agent (규정 감시관)	관련 법령 및 가이드 검색 (RAG)	<ul style="list-style-type: none">KOSHA Guide, 산업안전보건법 DB 검색작업 공간 내 유해 물질 (MSDS) 정보 조회작업별 필수 안전 조치 사항 (PPE, 소화기 등) 추출
Risk Analyst Agent (위험 분석관)	위험도 계산 및 시나리오 도출	<ul style="list-style-type: none">빈도-강도 법 (Matrix Method) 및 가중치 알고리즘 적용규정 위반 시 예상되는 재해 형태 (폭발, 질식 등) 추론정량적 위험 점수 (Risk Score) 산출 및 판정
Admin Agent (행정 관리관)	서류 작성 및 승인 프로세스	<ul style="list-style-type: none">최종 판단된 데이터를 표준 작업 허가서 양식 (PDF)에 매핑누락된 안전 조치 사항 체크리스트 생성관리자 최종 확인란 생성

3. 제안 솔루션 개요 (Solution Overview)

08 / 23

3) 에이전트 상호작용 및 데이터 흐름

"단방향 처리가 아닌, 에이전트 간의 검증과 순환구조를 통해
할루시네이션을 방지하고 정확도를 높입니다"

01

Intent Parsing (의도 파악)

User: "오후 2시 B-Line 배관 교체 진행"

Coordinator: 작업 맥락 명확화를 위한 역질문 수행 (용접/밀폐공간 여부 등)

02

Retrieval & Mapping (규정 매핑)

Regulation Agent: KOSHA 가이드 및 물질 정보 조회

→ "벤젠 취급 인화성 구역, 화기작업 허가 및 불티 비산 방지 의무" 도출

03

Reasoning & Risk Scoring (위험성 평가)

Risk Analyst Agent: 위험도 계산 및 시나리오 분석

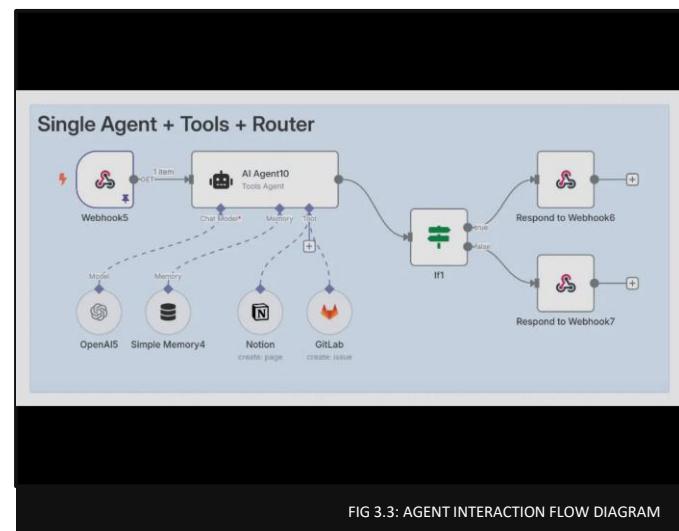
→ "용접 시 위험도 15(매우 높음) → 안전조치 시 6(허용 가능)으로 경감"

04

Generation (문서 생성)

Admin Agent: 위험도 기반 작업허가서 초안 자동 생성

→ 작업 전 체크리스트 포함



Tank-03

Maintenance

Operation

Worker Profile

입사 1년 차 (초급)

Location

화학 공장 저장 탱크 (Tank-03)

Task

그라인더 녹 제거 (화기 작업)

3. 제안 솔루션 개요 (Solution Overview)

09 / 23

4) 전체 시나리오 요약

● 신청 작업 요청 (Initiation)

작업자가 LLM에게 “3번 탱크 녹 제거 작업 하려고 함” 입력

● 탐지 규정 및 위험 탐지 (Detection)

Regulation Agent: 3번 탱크 = '톨루엔(인화성)' 저장소 식별
→ 그라인더 작업 = '화기 작업'으로 분류

● 경고 위험성 평가 및 경고 (Warning)

Risk Analyst Agent: "유증기 잔존 시 폭발 가능성 90%"
→ 위험 등급 'Red (작업 불가)' 판정

● 피드백 안전 조치 안내 (Feedback)

Coordinator: “현재 작업 불가. ‘가스 농도 측정’ 및 ‘방폭 환기팬 설치’ 후 재심사 요청” 안내

● 승인 최종 승인 (Approval)

작업자 조치 후 재검증 요청 → Agent가 [화기작업 하가서] 자동 발급 및 관리자 알림

4. 주요 기능 정의 (Key Features)

1) 주요 기능 상세

📍 지능형 안전 문진 및 상황 인식

작업자가 자연어로 입력하면 Coordinator Agent가 누락된 정보를 파악하고 역질문하여 도구·장소·물질 등 정확한 작업 상황을 자동 확정

🔍 RAG 기반 실시간 규정·MSDS 매핑

Regulation Agent가 KOSHA Guide·MSDS를 벡터 검색해 해당 작업에 필요한 법적 준수사항을 즉시 추출

▣ 데이터 기반 정량적 위험성 평가

Risk Analyst Agent가 빈도-강도 매트릭스와 Fine-Kinney 가중치 알고리즘을 적용해 위험도를 숫자로 정량 평가

🖨️ 전자 작업 허가서 자동 생성 및 승인

분석 결과를 기반으로 표준 작업 허가서(PDF)를 자동 생성하고 관리자에게 승인 요청 발송, 작업자에게 필수 PPE 체크리스트 제공

10 / 23



FIG 4.1: ESSENTIAL SAFETY EQUIPMENT & PPE

4. 주요 기능 정의 (Key Features)

11 / 23

2) 차별화 요소

① 기존 안전 관리 시스템 vs. SafeGuard-AI

구분	기존 시스템	SafeGuard-AI
규정 조회	수기 검색 또는 PDF 열람	RAG 기반 실시간 검색·해석
위험성 평가	주관적 판단, 복불식 문서	정량적 알고리즘 (빈도-강도법)
작업 허가	관리자가 수기 작성 (30분~1시간)	AI 자동 생성 (5분 이내)
현장 반영	형식적 절차, 사후 점검	실시간 피드백 및 조건부 승인

② 타 AI 솔루션 대비 차별점

Grounding (근거 기반 생성)	Multi-Agent 협업	현장 맞춤형 설계
단순 생성 AI가 아닌, 법령·MSDS를 Source로 명시하여 신뢰성 확보	단일 모델이 아닌, 역할별 전문 에이전트가 상호 검증 하며 정확도 향상	제조 현장의 실무 프로세스 (작업 허가·위험성 평가)에 특화된 워크플로우

5. 활용 데이터 및 기술

12 / 23

1) 활용 데이터 및 출처

데이터 유형	출처 (Source)	활용 목적
안전 규정 및 가이드	<ul style="list-style-type: none">KOSHA Guide (산업안전포탈)산업안전보건법(국가법령정보센터)중대재해처벌법 해설서(고용노동부)	RAG 기반 규정 검색 및 법적 준수사항 추출
물질 안전 정보 (MSDS)	<ul style="list-style-type: none">MSDS 정보(안전보건공단 화학물질 정보) *벤젠, 톨루엔	유해·위험 물질 특성 파악 및 필수 안전 조치 도출
사고 통계 및 사례	<ul style="list-style-type: none">고용노동부 산업재해 현황(고용노동부)산업재해 고위험요인 목록(공공데이터포탈)	위험도 가중치 설정 및 시나리오 기반 학습
작업 표준 및 절차	<ul style="list-style-type: none">기업 내부 규정(가상 데이터)	현장 맞춤형 작업 허가 조건 설정

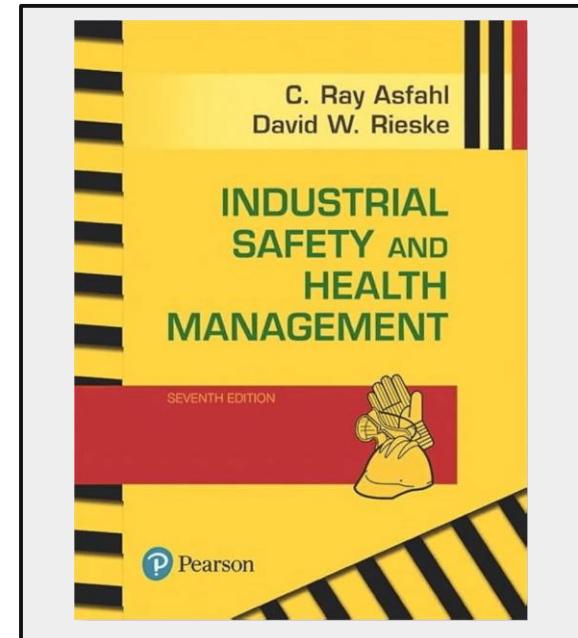


FIG 5.1: REFERENCE MATERIAL - SAFETY MANAGEMENT

5. 활용 데이터 및 기술

2) 핵심 기술 스택

13 / 23

Large Language Model (LLM)

GPT-4o-mini

자연어 이해 및 생성, 작업자 의도 파악 및 문서 작성

Retrieval-Augmented Generation (RAG)

LangChain, FAISS

KOSHA Guide 등 외부 문서 검색 및 규정 기반 답변 생성 (Grounding)

Multi-Agent Framework

LangGraph

에이전트 간 상태 관리, 워크플로우 제어 및 순환 검증 구조 구현

Risk Assessment Algorithm

Frequency-Severity Matrix

빈도-강도법 및 Fine-Kinney 가중치 모델을 통한 정량적 위험도 계산

Document Generation

ReportLab

표준 작업 허가서(PDF) 자동 생성 및 체크리스트 매핑

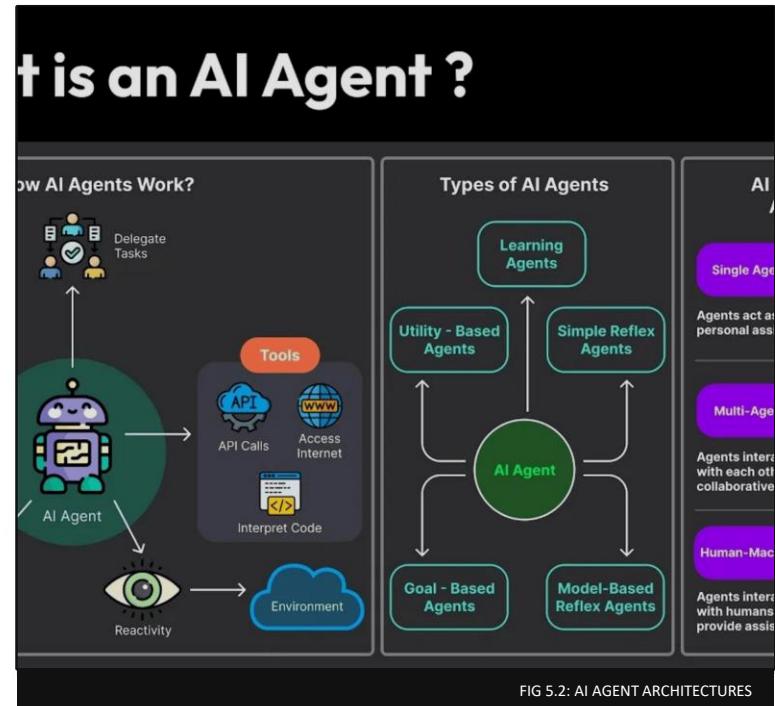


FIG 5.2: AI AGENT ARCHITECTURES

5. 활용 데이터 및 기술

3) 시스템 아키텍처

14 / 23

Streamlit 기본 UI

사용자 친화적 웹 인터페이스로 작업자가 자연어로 작업 정보를 입력하고 결과를 실시간으로 확인할 수 있습니다.

시스템 흐름

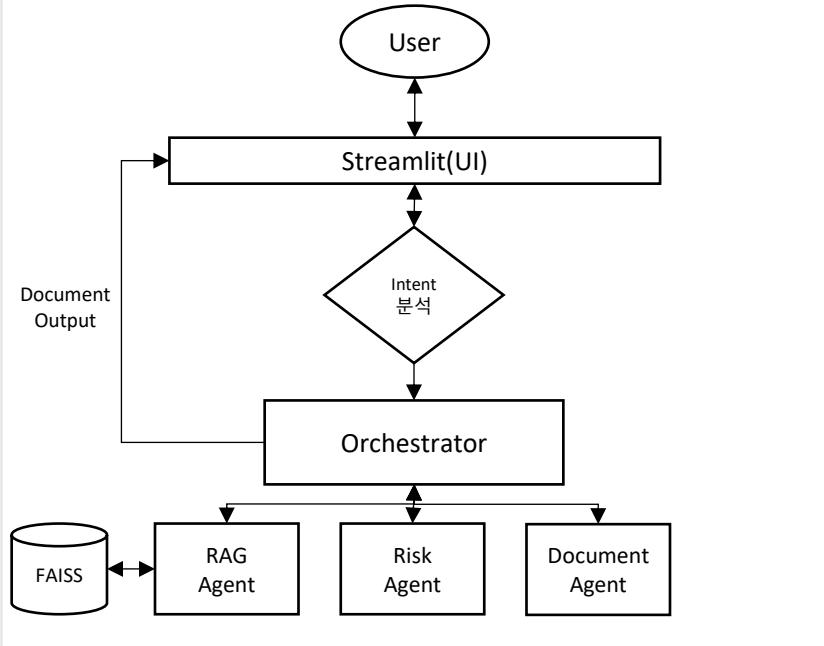
USER → Intent 분석 → Orchestrator → RAG 규정 Agent, 위험 요인 Agent, 문서생성 Agent → Document Output

RAG/Storage 구조

FAISS에 산업안전보건법, KOSHA Guide, MSDS 정보 등을 벡터화하여 저장하고, 실시간 검색을 통해 규정 기반 답변을 생성합니다.

에이전트 간 상태 관리

LangGraph를 활용하여 에이전트 간의 상태를 관리하고, 순환 검증 구조를 통해 정확도를 높입니다.



6. 시연

15 / 23

1) High Risk

상황:

"1시 30분, 벤젠 탱크에서 아크 용접"

AI 동작:

벤젠(인화성) + 용접(점화원) = 폭발 위험 감지

💡 결과: 즉시 반려 (High Risk)

빨간색 경고 PDF 생성 및 작업 불가 통보

중대재해 위험은 타협 없이 차단

작업 허가 반려 통보서 (High Risk)

SafeGuard-AI | CRITICAL RISK ALERT

■ 발행 정보

발행 일시: 2025-12-10 19:21
신청 작업: 13:30 3번 벤젠 탱크에서 아크 용접 배관 보수

1. 정량적 위험성 평가 결과 (Fine-Kinney)

종합 위험 점수: 200점 | 판정 등급: High

2. AI 상세 분석 및 필수 안전 조치

1. 사내 규정 위반 여부: 작업 요청 시간인 13:30에 3번 벤젠 탱크에서 아크 용접을 수행하는 것은 사내 규정에 위배될 수 있음. 특히, 벤젠 탱크는 인화성 물질이 존재할 가능성이 높아, 작업 전 내부의 인화성 물질 제거 및 가스 누수 등도 축정이 필수적임.

2. 화학물질의 화제/목적 위험성: 벤젠은 인화성 및 폭발성이 높은 물질로, 아크 용접 시 발생하는 불꽃이나 스팍크로 의해 화재나 폭발이 발생할 위험이 큽니다. 따라서, 작업 전 MSDS를 통해 벤젠의 위험성을 충분히 인지하고 적절한 예방 조치를 취해야 됨.

3. 안전 수칙 미준수: 작업 중 금시안 배지 및 소화기 구비자가 필수적이며, 또한, 유통불티 비산 방지를 위한 달개 설치와 같은 기연 제거가 필요함. 작업자는 내열성 장갑, 암치마, 안전모, 보안경 등의 보호구를 착용해야 함.

2) Medium Risk

상황:

"톨루엔 탱크 청소" (도구 미기재)

AI 동작:

오케스트레이터: "도구는 뭐 쓰나요?" (역질문) → 사용자: "고압세척기"

💡 결과: 조건부 승인(Medium Risk)

추가 안전 조치 포함 작업 허가서 발급

무조건 막는 것이 아니라 작업을 안전하게 수행할 수 있도록 가이드함

조건부 작업 허가서 (Medium Risk)

SafeGuard-AI | CONDITIONAL APPROVAL REQUIRED

■ 발행 정보

발행 일시: 2025-12-10 19:34

신청 작업: 14:00 톨루엔 저장 탱크 내부 고압 세척 청소 (안전조치: 환기, 감시인 배치, 보호구 착용)

1. 정량적 위험성 평가 결과 (Fine-Kinney)

종합 위험 점수: 120점 | 판정 등급: Medium

2. AI 상세 분석 및 필수 안전 조치

1. 사내 규정 위반 여부: 작업 전 작업허가서를 작성하여 안전관리팀에 제출해야 함. 해당 작업에 일때금간 작업에 해당하므로, 작업허가서와 필수 청부 서류(현장 사진, TBM 실시 사진 등)가 제출되었는지 확인 필요요.

2. 화물질의 화학/독성 위험성: 톨루엔은 인화성 물질로, 화재 및 폭발 위험이 있음. Fine-Kinney 위험성 평가 결과에 따르면, 화학/독성의 최종 위험도가 120점으로 중간 수준의 위험을 나타냄.

3. 안전 수칙 미준수: 작업 시 환기, 감시인 배치, 보호구 착용 등의 안전 조치가 필수적임. 특히, 일때금간 작업으로 선소 걸림 및 유해가스 누적에 대한 주의적인 안전조치가 필요함.

6. 시연

17 / 23

3) Low Risk

상황:

“제어실 형광등 교체 (2인 1조)”

🎉 결과: 즉시 승인

작업 허가서 자동 발급

안전한 일상 작업은 Fast-Track으로 처리하여 행정 효율 극대화

일반 작업 허가서 (Low Risk)

SafeGuard-AI | STANDARD WORK PERMIT

■ 발행 정보

발행 일시: 2025-12-10 19:36
신청 직업: 제어실 내부의 형광등 교체 작업 (안전조치: 사다리 사용, 2인 1조 작업)

1. 정량적 위험성 평가 결과 (Fine-Kinney)

종합 위험 점수: 20점 | 판정 등급: Low

2. AI 상세 분석 및 필수 안전 조치

- 사내 규정 위반 여부: 작업허가서 미제출 가능성 있음. 형광등 교체 작업이 일회용간 작업이나 회기작업에 해당하지 않더라도, 사내 규정에 따라 작업허가서 제출이 필요할 수 있음.
- 안전 수칙 미준수: 사다리 사용 시 주워 위험 존제방: Fine-Kinney 위험성 평가 결과에 따르면 주워 위험성이 있으므로, 사다리 사용 시 적절한 안전 조치가 필요함.
- 안전 수칙 미준수: 2인 1조 작업 시 감시인 부재 가능성 있음. 작업 중 안전을 위해 감시인이 필요할 수 있으며, 이를 미준수할 경우 추가적인 위험이 발생할 수 있음.

6. 시연 (Demonstration)

18 / 23

4) 체크리스트

단순 텍스트 요약이 아닙니다. 현장에서 작업자가 바로 쓸 수 있도록 필수 보호구(PPE) 체크리스트
와 관리자 서명란이 포함된 표준 작업 허가서를 자동 발급합니다.

핵심 특징:

- 작업자가 현장에서 즉시 활용 가능한 실용적 형식
- 필수 안전 보호구 체크리스트 자동 생성
- 관리자 최종 확인 및 서명란 포함
- 작업별 맞춤형 안전 조치 사항 반영

3. 필수 안전 보호구 및 현장 확인 (작업자 기재)

안전모 (턱끈 체결)

보안경 / 보안면

안전화

방독/방진 마스크

안전장갑 (작업용)

기타 ()

현장 안전 감독자: _____

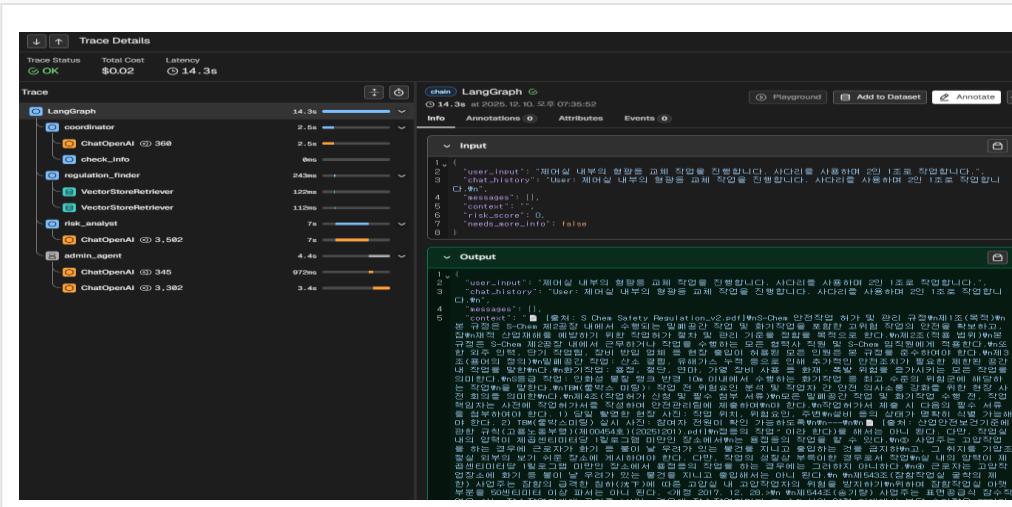
본 문서는 SafeGuard-AI 지능형 안전 시스템에 의해 생성되었으며, 관리자 서명 후 효력이 발생합니다.

6. 시연 (Demonstration)

19 / 23

4) Phoenix Tracing

"AI가 왜 그런 판단을 했는지 Phoenix를 통해 투명하게 추적합니다. 어떤 문서를 참조했고, 몇 점을 주었는지 관리자가 모두 모니터링할 수 있습니다."



7. 기대 효과 및 향후 확장성 (Expected Impact)

20 / 23

1) 도입 기대 효과

90%

행정 업무 감소

Time Saving:

작업 허가서 작성 시간
60분 → 5분 이내 단축

ZERO

휴먼 에러 방지

Accuracy:

AI 교차 검증을 통해
필수 안전 조치 누락 0건 달성

100%

법적 준수율

Compliance:

최신 개정 법령 및 가이드
실시간 반영 및 적용

⟳ 안전 문화의 전환 (Paradigm Shift)

형식적인 서류 작업 중심의 안전 관리에서 벗어나,
현장의 실질적인 위험 요인을 제거하는 '행동 중심 예방'으로 변화

➊ 안전 데이터 자산화 (Data Asset)

작업자의 경험과 노하우, 사고 사례를 휘발성 정보가 아닌
'구조화된 데이터'로 축적하여 향후 예측 모델 고도화에 활용

7. 기대 효과 및 향후 확장성 (Expected Impact)

21 / 23

2) 확장성 및 연동 계획 (Scalability & Integration)

▣ 도메인 확장 (Domain Expansion)

제조업 (Manufacturing)



화학, 반도체, 철강 등 고위험 공정 보유 산업군
(현재 타겟 시장)

건설업 (Construction)



이동형 작업 허가 및 일일 장비 점검 자동화
(모바일 중심 확장)

물류/운송 (Logistics)



물류 창고 내 적재 작업 및 지게차 운행 관리
(실시간 모니터링 연계)

▣ 시스템 연동 (System Integration)

ERP / MES 연동



생산 계획(Work Order)과 안전 허가서(Permit) 자동 매칭 및 데이터 동기화

IoT Sensor & CCTV



실시간 가스 농도, 온도 데이터 수신 및 Vision AI를 통한 불안전 행동 감지

Digital Twin



3D 공장 모델링에 위험 구역 및 작업 현황 시각화 (관제실 모니터링용)

8. 참고문헌

22 / 23

법령 및 가이드

- 산업안전보건법 - 대한민국 국가법령정보센터 (www.law.go.kr)
- 중대재해처벌법 해설서 - 고용노동부 (www.molit.go.kr)
- KOSHA Guide (산업안전보건 가이드)
- 물질안전보건자료(MSDS) 정보

기술 및 알고리즘

- Fine-Kinney 위험도 평가 방법 - 산업안전 위험성 평가 표준
- Retrieval-Augmented Generation (RAG)
- LangGraph 멀티-에이전트 프레임워크 - LangChain 공식 문서
- Large Language Model (LLM) 응용 - OpenAI GPT-4o 기술 문서

안전 통계 및 데이터

- 산업재해 현황 분석 - 고용노동부 (2023-2024년 통계)
- 산업재해 고위험요인 목록 - 공공데이터포탈 (www.data.go.kr)
- 중대재해 사례 분석 - 산업안전보건공단 중대재해 DB

학술 자료

- AI 기반 안전 관리 시스템 연구 - 산업안전보건 학술지 (2023-2024)
- 자연어 처리를 이용한 규정 해석 연구 - 관련 학술 논문 및 컨퍼런스 자료

SafeGuard-AI

Thank You

박재홍

Smart Manufacturing AI Agent Hackathon 2025

Q & A