케이블 도면 내 객체 인식을 이용한 안전정지케이블 경로분석 자동화 방법

2026. 10. 29.

손 지 호

|주|스탠더드시험연구소
STANDARD TESTING & ENGINEERING INC.

목 차

1 연구 배경

2 케이블 경로분석 개요

3 케이블 경로분석 방법

4 자동화 방법

5 적용 사례

6 결론 및 고찰

1. 연구 배경

1 연구 배경

FHA의 핵심 자료: 케이블 경로 DB(방화지역 공존 판단)

경로분석 방법 A

기초 DB의 격실 정보 사용

- 바로 분석에 사용 가능
- 간단, 신속

한계

- 격실 정보 누락 및 오기입 존재
- 데이터 검증 불가

경로분석 방법 B

전기 도면 판독하여 격실 판단

- 케이블이 지나는 전선관로 검토
- 신뢰성은 증가하나, 장시간 소요

한계

- 약 10만 개의 전선관로 물량 판단
- 인적 오류 발생 위험

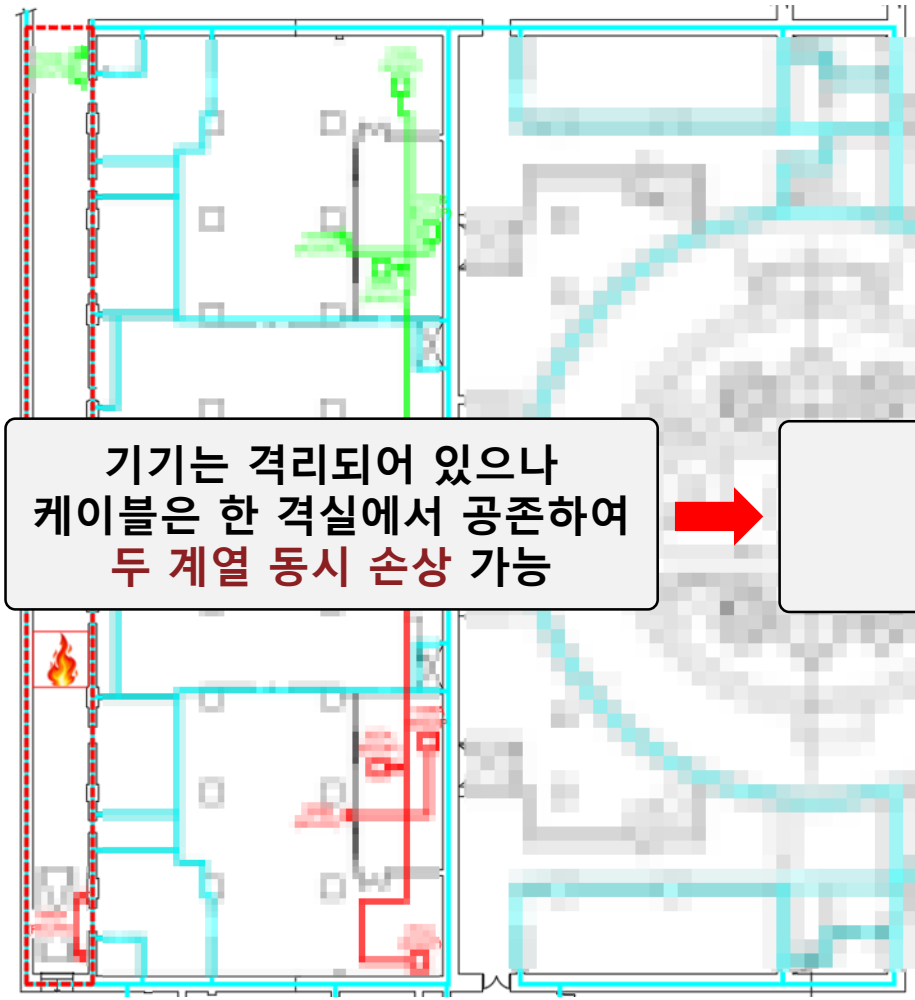
데이터 신뢰성은 증가하지만 업무량 과다 → 자동화 방법 구상

1 연구 배경

» 케이블 경로분석의 중요성

› 다중계열이 공존하는 방화지역 파악을 위한 기초 자료

방화지역 경계
A계열 기기 위치
A계열 케이블 경로
B계열 기기 위치
B계열 케이블 경로



기기는 격리되어 있으나
케이블은 한 격실에서 공존하여
두 계열 동시 손상 가능

케이블이 지나는
방화지역 파악 중요

2. 케이블 경로분석 개요

2 케이블 경로분석 개요

안전정지분석 흐름도

Figure 3-1
Deterministic Guidance Methodology Overview

Section 2.0
Establish Appendix R Requirements
Regulatory Requirements
Regulatory Guidance on Associated Circuits of concern
Regulatory Interpretation on Loss of Offsite Power

Section 3.1
Determine SSD Functions, Systems & Paths
Reactivity Control, Pressure Control, Inventory Control, DHR, Process Monitoring, Supporting Functions

Include those that can defeat SSD
- RPV/RCS Loss of Inventory (*)
- Flow Diversion (*)/Blockage
- Inventory Makeup System being used for SSD in FA
- Decay Heat Removal being used for SSD in FA

* In excess of required makeup

Section 3.2
Select Safe Shutdown Equipment
Equipment that may perform or defeat SSD functions

Section 3.3
Select Safe Shutdown Cables
Identify cables required for operation or that can cause mal-operation of listed equipment including improperly coordinated power circuits
Associate cables to equipment
Locate cable raceway & endpoints by fire area
Join data & identify SSD cables & equipment by fire area

Section 3.4
Fire Area Assessment
Determine fire impact to equipment required for SSD functions and establish SSD path for each fire area.
Evaluate effects of a hot short, open circuit, & short to ground on each conductor for each cable. Refer to Section 3.5 for Circuit Analysis Criteria.

Develop Methods for Prevention or Mitigation
Required for Hot Shutdown Components:
1. Re-design or re-analyze the circuit or component to eliminate the concern
2. Reroute Cable of Concern
3. Protect Cable of Concern in accordance with III.G.2
4. Develop Exemption
5. Develop Deviation or LARs
6. Perform GL 86-10 Fire Hazards Evaluation
7. Enter Fire Protection Change Process
8. Identify other equipment to perform same function

Important to SSD Components:
1. Perform an operator manual action
2. Address using fire modeling.

Section 3.3 상세도

Figure 3-4
Safe Shutdown Cable Selection

케이블 회로분석

케이블 경로분석 (본 논문)

Step 1
Define safe shutdown equipment
Refer to Figure 3-3

Step 2
Identify circuits (power, control, instrumentation) required for the operation of each safe shutdown equipment. (*)

Step 3
Identify equipment whose spurious operation or mal-operation could affect safe shutdown

Step 4
Identify interlocked circuits and cables whose failure may cause spurious actuations. (*)

Step 5
Is power required for equipment operation?
Yes
No

Step 6
Identify closest upstream power supply and verify that it is on the safe shutdown list.

Refer to Step 5 in Figure 3-3

Step 7
Assign cables to equipment.

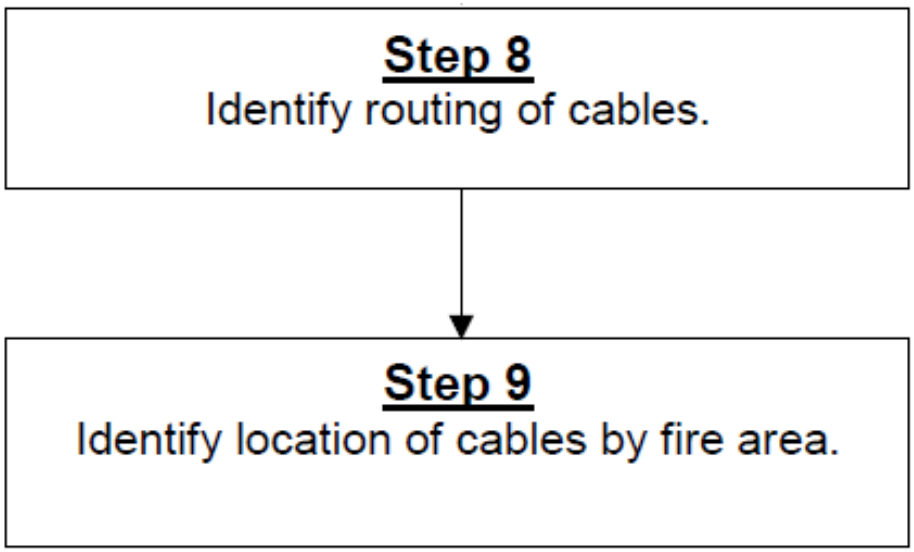
Step 8
Identify routing of cables.

Step 9
Identify location of cables by fire area.

(*) For electrical distribution equipment including power supplies, identify circuits whose failure may cause a coordination concern for the bus under evaluation.

2 케이블 경로분석 개요

케이블 경로분석 흐름도



Step 8

- 전기도면(Cable Tray, Conduit) 판독
- 케이블이 지나는 전선관로의 격실 파악

Step 9

- 전선관로 격실 ↔ 방화지역 매핑
- 케이블이 지나는 방화지역 산출



기기명	케이블명	종류	계열	시작기기	종료기기	전선관로	격실	방화지역
521-VMS-0178	3521CMS01H	KBE	B	3742JPA03JB-2	3741JPM07J	3742JPA03JB	144-P02B	3-144-P02B
521-VMS-0178	3521CMS01H	KBE	B	3742JPA03JB-2	3741JPM07J	3325TSBA47	144-P02B	3-144-P02B
521-VMS-0178	3521CMS01H	KBE	B	3742JPA03JB-2	3741JPM07J	3325TSBA27	144-P02B	3-144-P02B
521-VMS-0178	3521CMS01H	KBE	B	3742JPA03JB-2	3741JPM07J	3325TSBA28	144-P01	3-144-PACR
521-VMS-0178	3521CMS01H	KBE	B	3742JPA03JB-2	3741JPM07J	3325TSBA31	144-P01	3-144-PACR

Step 8 + Step 9

- 안전정지케이블 DB 작성
- 기기, 케이블, 전선관로, 격실, 방화지역

3. 케이블 경로분석 방법

3 케이블 경로분석 방법

경로분석 방법 A) 기초 DB의 격실 정보 사용

① 기초 DB 인용

- 케이블의 **격실 정보** 인용

cable_no	raceway_no	sequence	room
3451CCVE7A	3324RSAA30		-125P01A
3451CCVE7A	3324TSAA16		-125P01A
3451CCVE7A	3324TSAA18		-125P01A
3451CCVE7A	3324TSAA17		-125P01A
3451CCVE7A	3324RSAA26		-125P01A
3451CCVE7A	3324RSAA27		-125P01A
3451CCVE7A	3323RSAA02		-100P01A
3451CCVE7A	3322RSAA02		-077P02A
3451CCVE7A	3322TSAA19		-077P04A
3451CCVE7A	3322RSAA03		-077P04A
3451CCVE7A	3322TSAA17		-077P04A
3451CCVE7A	3322TSAA31		-077P04A
3451CCVE7A	3322RSAA04		-077P04A

② 누락 데이터 발생

- 격실 정보 누락 케이블 다수
  → 방화지역 누락

cable_no	raceway_no	sequence	room
3451CCVE7A	3322TSAA15	26	3-077P13A
3451CCVE7A	3322TSAA16	27	3-077P13A
3451CCVE7A	3340TSAA02	28	3-077F04
3451CCVE7A	3341K01SA002	29	3-077F02
3451CCVE7A	3341K01SA002	29	3-077F04
3451CCVE7A	3341B01SA003	30	
3451CCVE7A	3341K01SA005	31	3-100F07
3451CCVE7A	3341B01SA001	32	
3451CCVE7A	3341K02SA005	33	3-100F07
3451CCVE7A	3341B02SA002	34	
3451CCVE7A	3341K02SA001	35	3-100F12
3451CCVE7A	3341B02SA001	36	
3451CCVE7A	3341K02SA003	37	3-100F12

③ 도면 판독

- 격실 파악
- ※ 병목 구간

도면 판독 수행하지 않음

④ 경로 DB 작성

- 방화지역 매핑

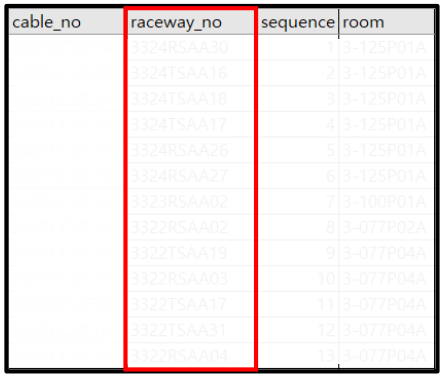
cable_no	raceway_no	sequence	room
3451CCVE7A	3322TSAA15	26	3-077P13A
3451CCVE7A	3322TSAA16	27	3-077P13A
3451CCVE7A	3340TSAA02	28	3-077F04
3451CCVE7A	3341K01SA002	29	3-077F02
3451CCVE7A	3341K01SA002	29	3-077F04
3451CCVE7A	3341B01SA003	30	
3451CCVE7A	3341K01SA005	31	3-100F07
3451CCVE7A	3341B01SA001	32	
3451CCVE7A	3341K02SA005	33	3-100F07
3451CCVE7A	3341B02SA002	34	
3451CCVE7A	3341K02SA001	35	3-100F12
3451CCVE7A	3341B02SA001	36	
3451CCVE7A	3341K02SA003	37	3-100F12

3 케이블 경로분석 방법

경로분석 방법 B) 도면 판독하여 격실 파악

① 기초 DB 인용

- 케이블의 **전선 관로 정보** 인용



② 누락 데이터 발생

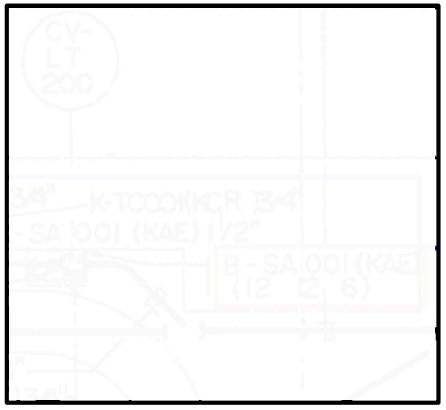
- 격실 정보 누락 케이블 다수
  → 방화지역 누락

누락 데이터 발생하지 않음

③ 도면 판독

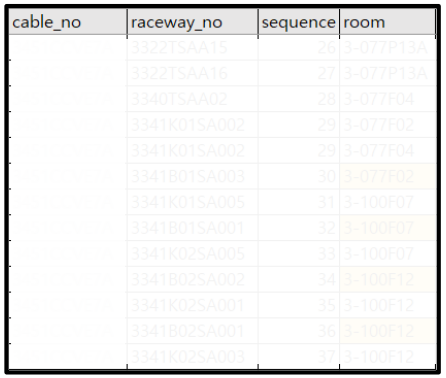
- 격실 파악

※ 병목 구간



④ 경로 DB 작성

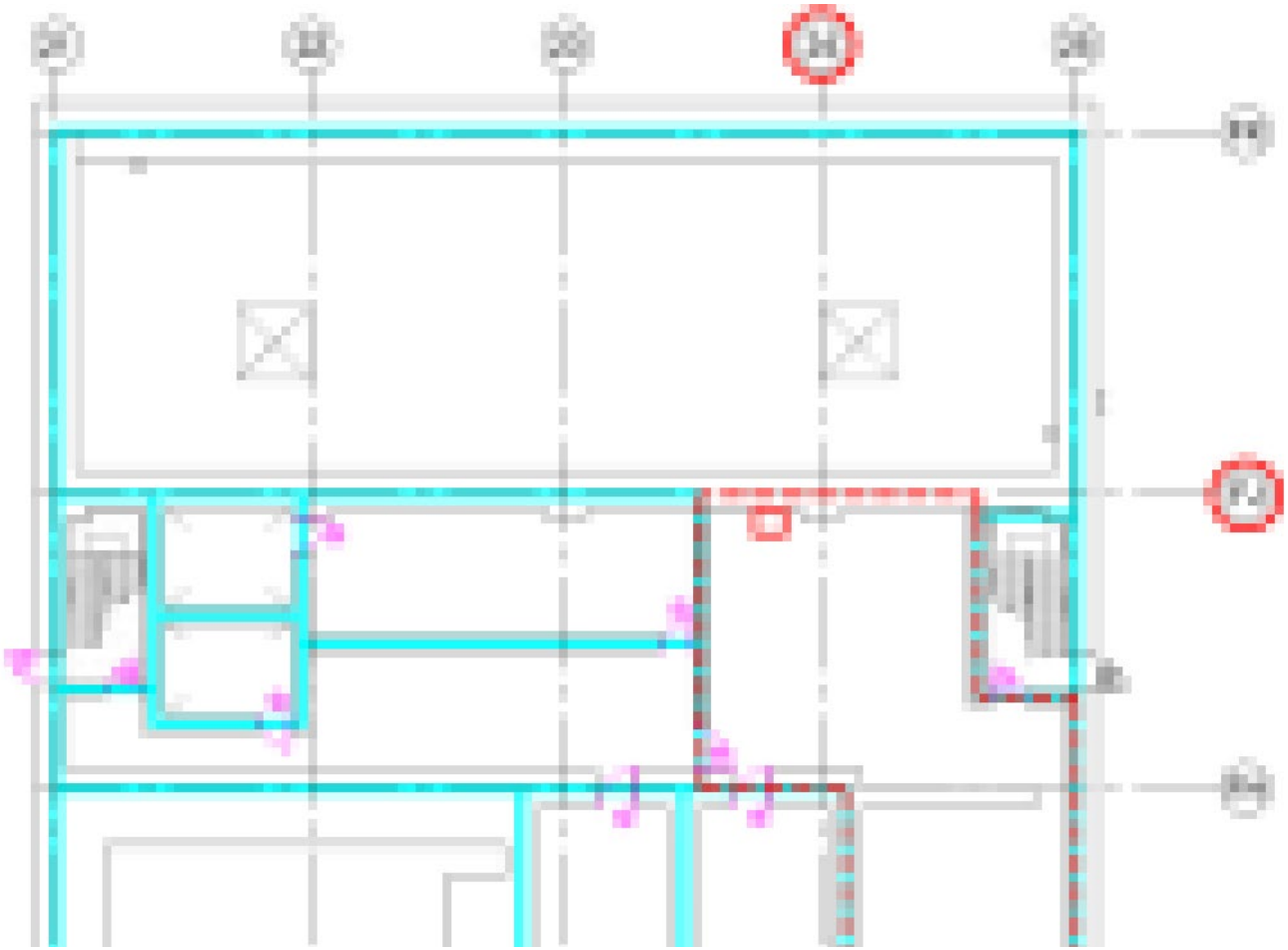
- 격실 정보 보완 및 방화지역 매핑



3 케이블 경로분석 방법

도면 판독 방법(병목 구간)

- 예시: B-SA001 전선관로 격실 파악



3 케이블 경로분석 방법

문제 해결을 위한 자동화 아이디어

경로분석 방법 B

업무량 과다
- 방대한 도면 판독 과정

경로 DB 검증의 한계
- 수작업 전수 검증 불가

인적 오류 발생 가능성
- 전 과정 수작업

자동화 아이디어

도면 내 객체 인식
- 전선관로 ↔ 격실 자동 매핑

객체 기반 경로 DB 생성
- DB 무결성 확보

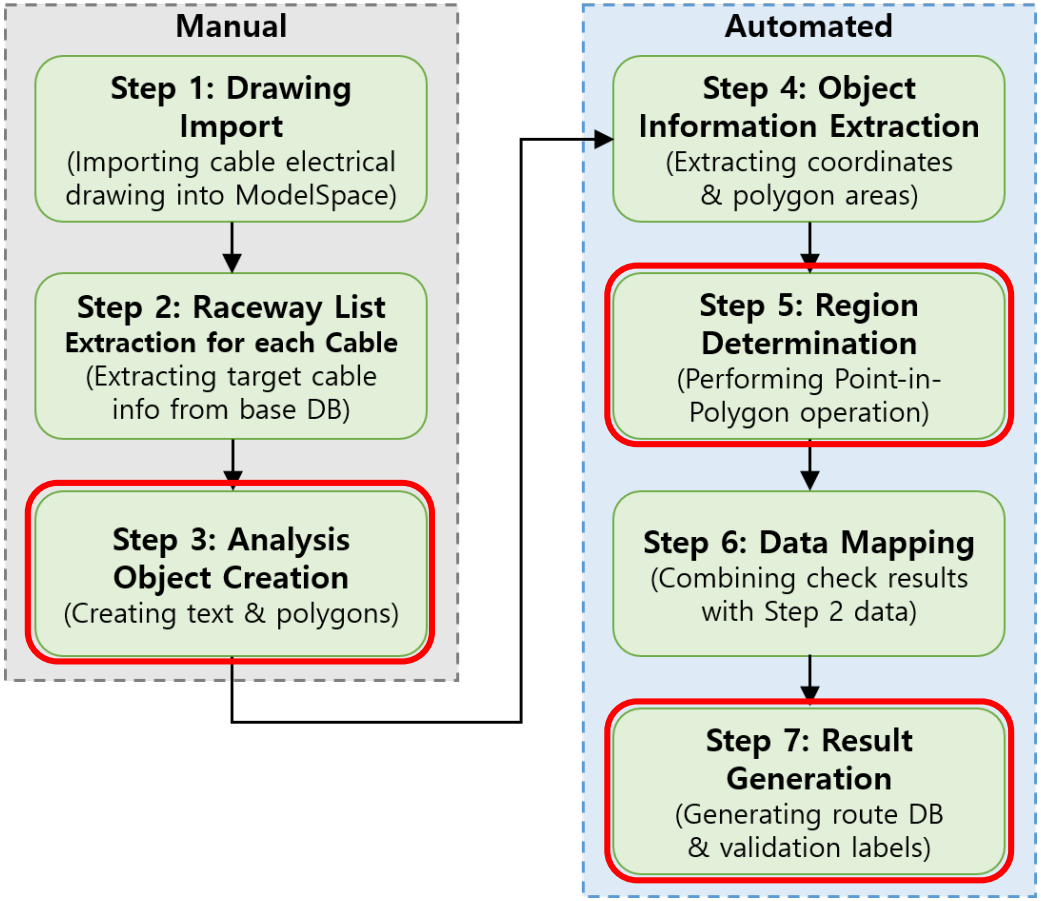
인적 오류 최소화
- 도면 판독 이후 과정 자동화

도면 내 객체 기반 자동 매핑 구현 → 경로 DB 신뢰성 확보 및 작업 효율 향상

4. 자동화 방법

4 자동화 방법

자동화 경로분석 흐름도



1 - 3 단계 수작업

1단계: 설계 프로그램에 전기도면 삽입

2단계: 케이블별 전선관로 목록 추출

3단계: 분석용 객체 작성

4 - 7 단계 자동화

4단계: 객체 정보 추출

5단계: 객체 인식 및 공간 판정

6단계: 데이터 결합

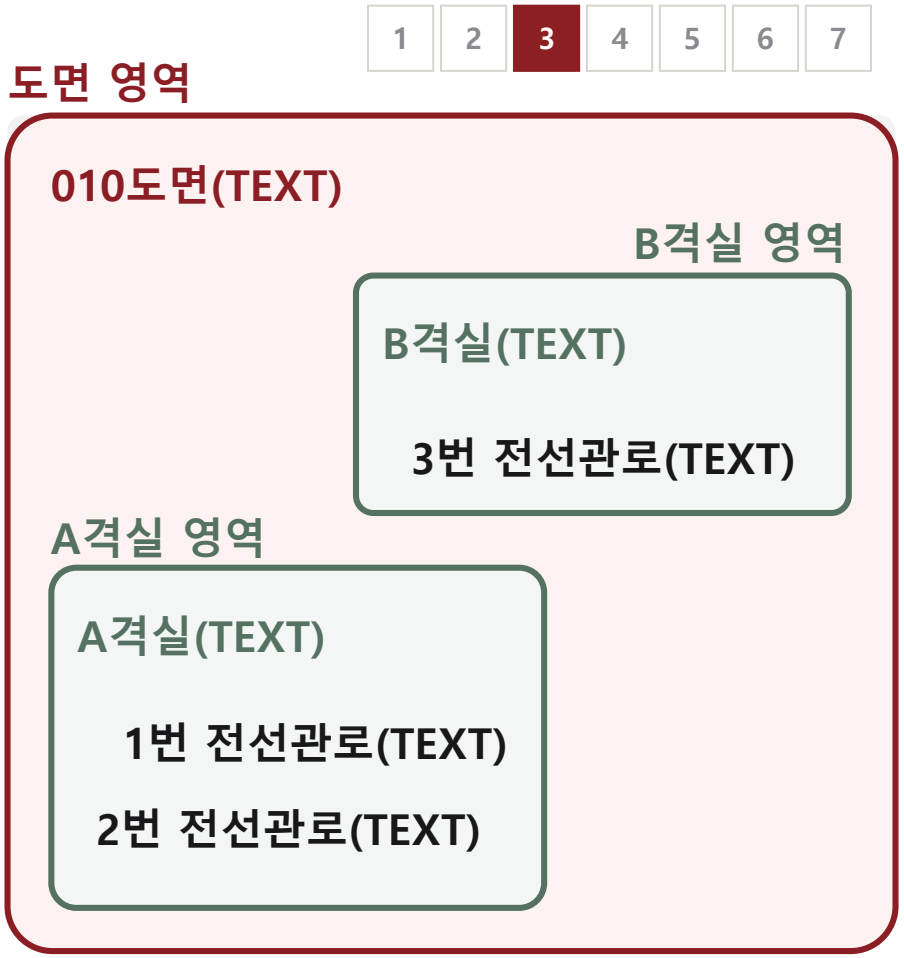
7단계: 결과물 출력
(경로 DB+검증용 라벨)

3단계: 분석용 객체 작성

객체 작성 규칙

전선관로 레이어
- 전선관로 위치에 객체 작성

격실/도면 레이어
- 격실/도면 영역 다각형 작성
- 영역 내 격실/도면명 작성



각 객체는 공간 판정에 사용 → 추후 검색 가능, OCR 불가 도면에 적용 가능

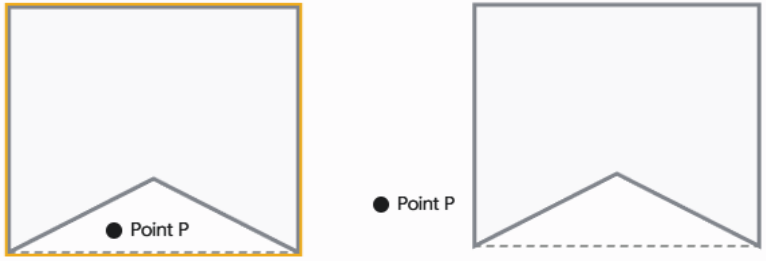
4 자동화 방법

5단계: 객체 인식 및 공간 판정

사전 선별(Bounding Box)

연산 후보군 설정

› 외접 사각형에 포함될 때만 연산 수행

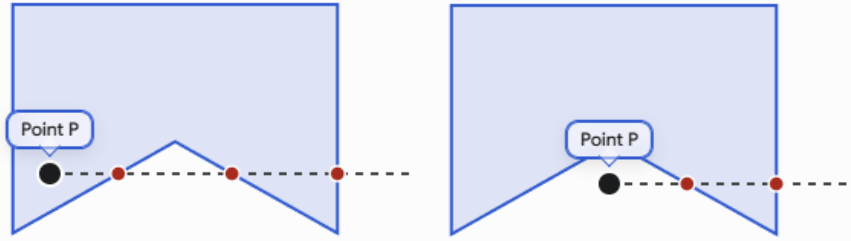


범위 안 → 연산　　범위 밖 → 제외

공간 판정(Point-in-Polygon)

객체가 위치한 다각형 판별

› 객체가 어떤 격실, 도면에 있는지 연산



교차 3회(홀수) → 내부　　교차 2회(짝수) → 외부

공간 판정 결과는 (전선관로명, 격실명, 도면명) 3중 키 형태로 저장

4 자동화 방법

7단계: 결과물 출력

경로 DB 생성

엑셀 시트 형태로 출력

- 케이블, 전선관로, 도면, 격실 정보 포함

케이블번호	케이블트레이	도면번호	구역명	순번	매립여부
4521CMS01H	4742JPA03JB	325-E145-020	144-P02B	1	
4521CMS01H	4325TSBA47	325-E145-020	144-P02B	2	
4521CMS01H	4325TSBA46	325-E145-020	144-P02B	3	
4521CMS01H	4325TSBA45	325-E145-020	144-P02B	4	
4521CMS01H	4325TSBA44	325-E145-020	144-P02B	5	
4521CMS01H	4325TSBA42	325-E145-020	144-P02B	6	
4521CMS01H	4325TSBA41	325-E145-050	144-P02B	7	
4521CMS01H	4325TSBA40	325-E145-050	144-P02B	8	
4521CMS01H	4325TSBA34	325-E145-050	144-P02B	9	
4521CMS01H	4325TSBA27	325-E145-050	144-P02B	10	
4521CMS01H	4325TSBA28	325-E145-050	144-P01	11	
4521CMS01H	4325TSBA29	325-E145-050	144-P01	12	
4521CMS01H	4325TSBA30	325-E145-050	144-P01	13	
4521CMS01H	4325TSBA31	325-E145-070	144-P01	14	
4521CMS01H	4325TSBA32	325-E145-070	144-P01	15	

검증용 라벨 생성

전기도면 상에 생성

- "순번, 케이블명, 격실명" 라벨 생성

검증용 라벨은 별도의 레이어로 구분되어 일괄 삭제 가능

5. 적용 사례

5 적용 사례

OPR-1000 노형 적용 결과표

구분	항목	값	산정 기준
OPR-1000 노형	전체 케이블 수	약 3,000개	선정 케이블 합계
	전체 전선관로 수	약 121,000개	중복 제거 전 합계
	고유 전선관로 수	약 6,000개	중복 제거 후 합계
전산 프로그램 구동 시간 (4~7단계)	공간 판정(3중 키 생성)	약 800초	Point-in-Polygon 연산 시간
	데이터 결합	약 3초	전선관로 목록 & 3중 키 결합 시간
	경로 DB 출력	0.5초 미만	경로 DB 출력 시간
	검증용 라벨 생성	약 700초	라벨 생성 시간
	총 소요 시간	약 1,500초	전산 프로그램 총 실행 시간

95%의 중복 전선관로를 최초 1회 공간 판정하여 재사용 → 단순 판독 횟수 1/20 축소

5 적용 사례

생성된 경로 DB 신뢰성 검증 방법

1차 검증: 경로 연속성 검토

경로 DB 기반(Excel)

- 케이블 전 구간 경로 연속성 검토
- 격실, 도면 인접 여부

케이블번호	케이블트레이	도면번호	구역명	순번	매립여부
4521CMS01H	4742JPA03JB	325-E145-020	144-P02B	1	
4521CMS01H	4325TSBA47	325-E145-020	144-P02B	2	
4521CMS01H	4325TSBA46	325-E145-020	144-P02B	3	
4521CMS01H	4325TSBA45	325-E145-020	144-P02B	4	
4521CMS01H	4325TSBA44	325-E145-020	144-P02B	5	
4521CMS01H	4325TSBA42	325-E145-020	144-P02B	6	
4521CMS01H	4325TSBA41	325-E145-050	144-P02B	7	
4521CMS01H	4325TSBA40	325-E145-050	144-P02B	8	
4521CMS01H	4325TSBA34	325-E145-050	144-P02B	9	
4521CMS01H	4325TSBA27	325-E145-050	144-P02B	10	
4521CMS01H	4325TSBA28	325-E145-050	144-P01	11	
4521CMS01H	4325TSBA29	325-E145-050	144-P01	12	
4521CMS01H	4325TSBA30	325-E145-050	144-P01	13	
4521CMS01H	4325TSBA31	325-E145-070	144-P01	14	
4521CMS01H	4325TSBA32	325-E145-070	144-P01	15	
4521CMS01H	4741JPM07J	325-E145-070	144-P01	16	

2차 검증: 도면 작도 육안 검토

검증용 라벨 기반(설계 프로그램)

- 전기도면에 케이블 경로 작도
- A/B계열 색상 구분으로 공존 파악

총 두 차례의 보완 검토 수행 → 3단계(객체 작성 단계)의 인적 오류 최소화

5 적용 사례

오류 사례 1

전기도면 전선관로 경로 오기입

도면 전환 구간 경로 불일치

- 어떤 도면이 오류인지 파악 불가
  → 현장 확인

현장 확인 결과

- 하단 도면 오류, DB에서 해당 격실 삭제

5 적용 사례

오류 사례 2

› 기초 DB의 격실 정보 누락

케이블	전선관로	격실	방화지역	비고
*615CV****	*326***A09	165-P01B	A165-P01B	
*615CV****	*326***A10	165-P01B	A165-P01B	
*615CV****	*326***A11	165-P03B	A000-PABB	
*615CV****	*326***A12	165-P03B	A000-PABB	
*615CV****	*326***A13	165-P03B	A000-PABB	
*615CV****	*325****B015	165-P03B	A000-PABB	
*615CV****	*325****B015	144-P02B	A144-P02B	추가
*615CV****	*325****B015	144-P01	A144-PACR	

지나는 격실 1개 누락 → 방화지역 누락으로 이어질 수 있음

6. 결론 및 고찰

6 결론 및 고찰

자동화를 통해 전선관로 격실 정보 전량 재검토

성과

경로 DB 신뢰성 향상

- 격실 오류 보완 및 인적 오류 최소화

기초 DB 교차 검증 수행

- 자동화 경로 DB와 약 95% 일치 확인

간편한 경로 DB 최신화

- 수정사항 발생 시 자동화 프로그램 구동
  - [예시] 선정 케이블 변경

향후 기대효과

후속 분석 결과 신뢰성 향상

- **MSO분석**, 안전정지분석

결과물 질적 향상

- 단순 반복 업무 감소로, 핵심 분석 업무 집중

http://www.stdte.co.kr

감사합니다

Q&A



㈜스탠더드시험연구소

STANDARD TESTING & ENGINEERING INC.