

CONFIDENTIAL

AI를 이용한 승강기 예지보전 기술 소개

연구개발실

서상윤 부장(Ph.D.)

2025. 11. 11



Table of Contents

1. 서론
2. 승강기 유지보수 개념 및 종류
3. 승강기 고장분석
4. 승강기 예지보전 항목
5. AI(Artificial Intelligence, 인공지능)의 적용
6. 예지보전 장치(edge 시스템)의 구성
7. 예지보전 플랫폼의 구성
8. 승강기 예지보전 플랫폼
9. 결론
10. 향후 계획

1. 서론

1

승강기 이용자의 안전확보와 운행효율성 향상을 위해 승강기 유지보수 방식 변화 필요

- 고장나면 수리하는 사후보전과 주기적인 부품교체 위주의 예방보전을 탈피하여 상태감시를 통한 예지보전 도입 필요

2

승강기 고장예지를 위해서는 진동 및 전류, 고장패턴 등으로 고장 감지 가능

- 진동은 기계적인 고장을 감지하기 위한 가장 좋은 수단임
- 전기 및 제어 고장은 제어반 에러코드로 평가가 가능하나, 프로토콜은 제품별로 정의가 다르기 때문에 패턴별 감시 필요

3

인공지능을 이용한 전문지식 학습으로 승강기 안전확보 및 운행효율성 향상

- 전문가의 전문 지식을 인공지능을 이용하여 학습함으로써 고장을 사전 예방하여 갑작스런 고장으로 인한 이용자 안전확보 및 효율적인 운행 가능

2. 승강기 유지보수 개념 및 종류

1 사후 보전

- 승강기 유지보수는 유지보수 작업자가 원격지에 있어 일상점검 등의 행위가 불가능함
- 고장나면 수리하는 방식의 사후 보전 방식이 가장 많이 적용되고 있음

2 예방 보전

- 시간 기반의 주기적인 부품 교체로 열화되지 않은 부품 교체 시 유지보수 비용이 증가됨
- 누적 운행시간 및 부품별 동작시간 원격감시

3 예지보전

- 센서 데이터 등을 이용하여 고장 발생 전 점검 및 조치를 할 수 있는 상태 기반의 보전 방식
- ICT 기술의 급격한 발달에 따라 승강기 고장 특성을 센서 및 제어반 데이터를 이용하여 상태감시하고 인공지능을 이용하여 학습시켜 고장진단 및 수명예측
- 고장발생 시기 예측을 통한 선행 보전 활동 수행으로 보전활동 신뢰도 증가 및 경제성 개선 가능
- 승객의 안전확보와 운행시간 증가 가능

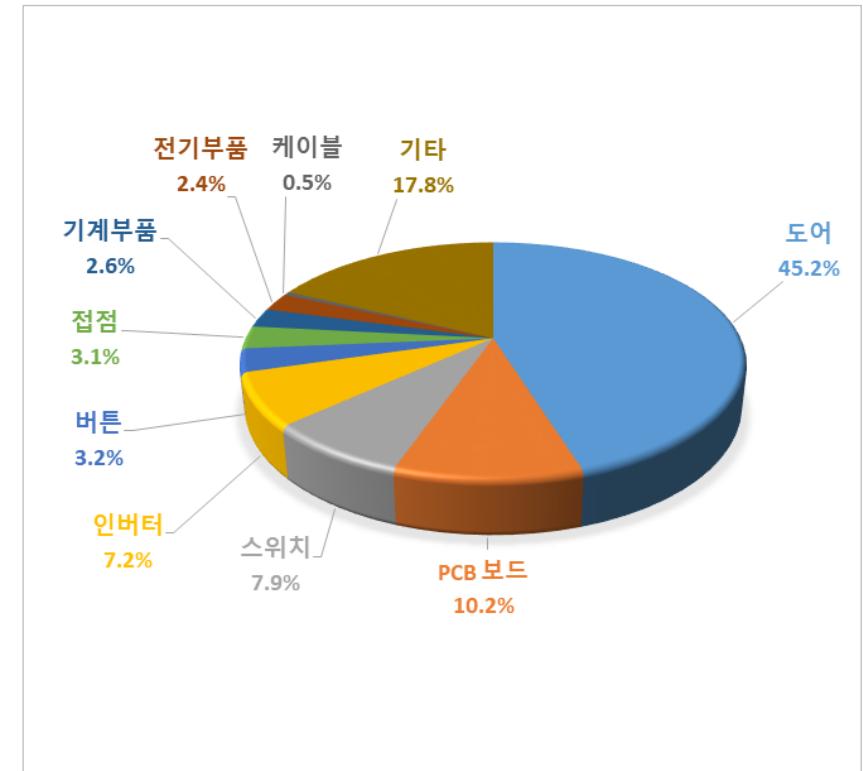
3. 승강기 고장분석

[고장분류 체계에 따른 부품별 고장 내역]

		대분류									전체
		기계 실	카내	카 도어	카 상부	승강 로	승장 도어	승장 버튼	피트	비상 용 기능	
가	빈도	495	348	675	88	69	683	505	50	1	2,914
	%	17	11.9	23.2	3	2.4	23.4	17.3	1.7	0	100
나	빈도	1,286	79	849	91	76	1,117	82	60	3	3,643
	%	35.3	2.2	23.3	2.5	2.1	30.7	2.3	1.6	0.1	100
전체	빈도	1,781	427	1,524	179	145	1,800	587	110	4	6,557
	%	27.2	6.5	23.2	2.7	2.2	27.5	9.0	1.7	0.1	100

- 도어결함 전체 결함의 약 50%

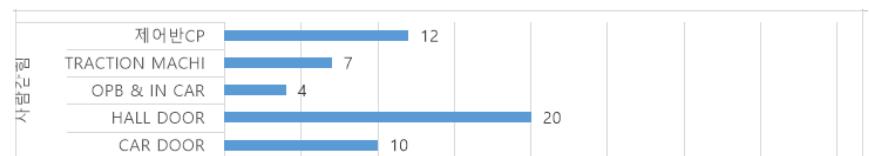
[엘리베이터 부품별 고장 비율]



[감힘 고장 원인 분석]

• 감힘 고장 원인

- 제어반(23%), 권상기(13%), 도어(57%), OPB & IN CAR(8%)



4. 승강기 예지보전 항목

1

기계적인 결함 예측

- 간힘고장 관련
 - 권상기(기어드 탑) : 불평형, 정렬불량, 편심 등
 - 권상기(동기전동기) : 불평형, 정렬불량, 공극불평형, 자속결함 등
 - 도어결함
- 품질관련
 - 가이드롤러, 레일
 - 로프텐션, 공진 문제 등
- 승차감 크기변화를 통한 상태 관리

2

전기적인 결함 예측

- 현재: 에러코드 기반 에러표시
- 향후:
 - 시간 기반, 운행 기반의 전자부품류 열화 주기 및 고장빈도 점검 후 고장 예측 가능
(동일기종, 동일부품)
 - 에러코드 누적으로 연관되는 결함 예측 가능
 - 초기단계로 관련 메뉴 작성 후 추진 예정

5. AI(Artificial Intelligence, 인공지능)의 적용

[기술별 분류]

• 규칙기반 AI(Rule-based AI)

- 미리 정해진 규칙과 알고리즘에 따라 동작하는 초기 형태의 AI
- 예) 간단한 챗봇, 공장 자동화 시스템

• 머신러닝(Machine Learning)

- 데이터를 학습하여 패턴을 인식하고 예측하는 AI 기술
- 예) 스팸 필터, 음성변환 시스템

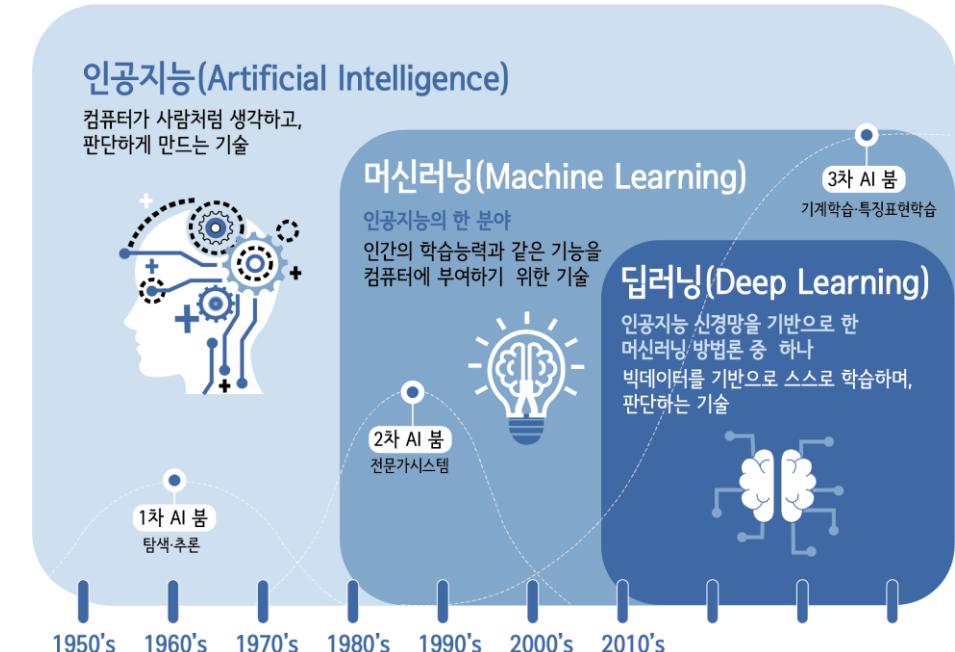
• 딥러닝(Deep Learning)

- 인공 신경망을 사용해 더 깊고 복잡한 데이터 패턴을 학습하는 기술
- 예) 자율주행차, 이미지 생성 AI

• 자연어 처리(Natural Language Processing, NLP)

- 언어 데이터를 분석하고 이해하는 데 특화된 AI기술
- 예) 번역기, 챗봇, 문서 요약 시스템

[인공지능 발전단계]



[규칙기반 AI 적용 이유]

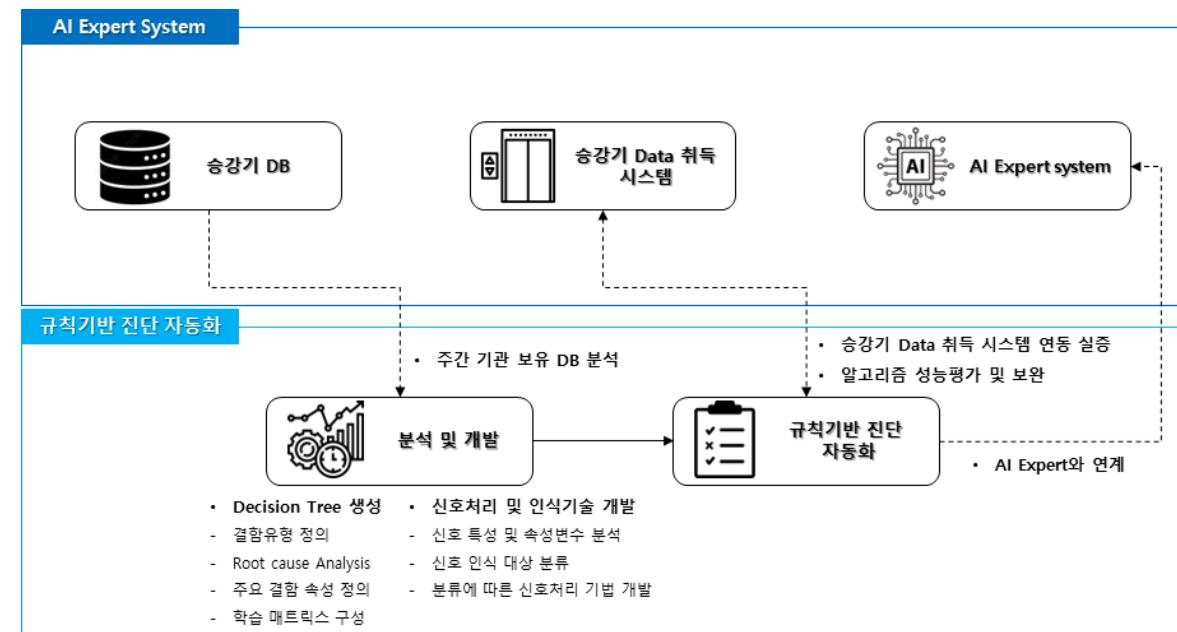
- 승강기 결함은 구성 부품과 부품별 결함 패턴이 정해져 있어 전문가의 지식에 따라 결함 분석 가능
- 결함데이터가 많지 않기 때문에 전문가가 진단 방식에 따라 진단을 할 수 있도록 구성하였음

5-1. 승차감 결합 진단 방법

[규칙기반 진단 자동화 알고리즘]

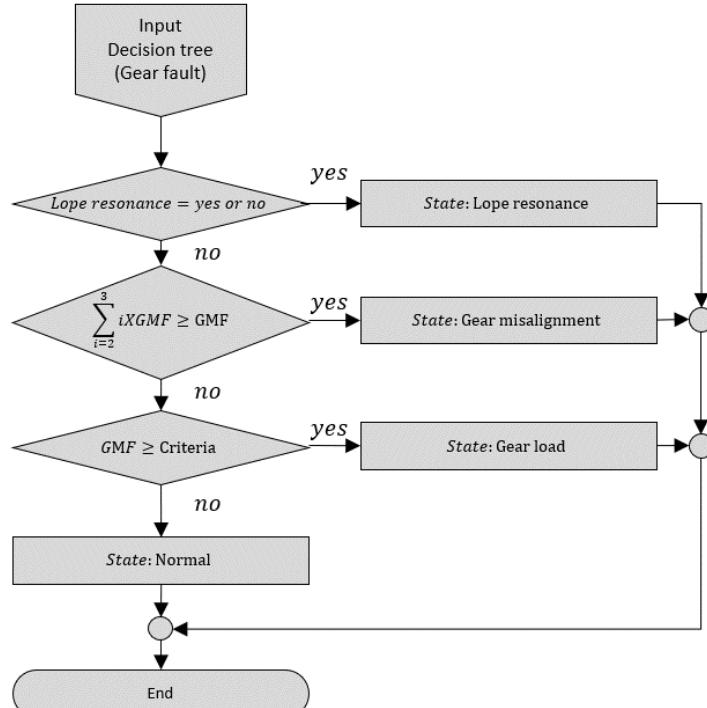


[규칙기반 진단 자동화 방안]

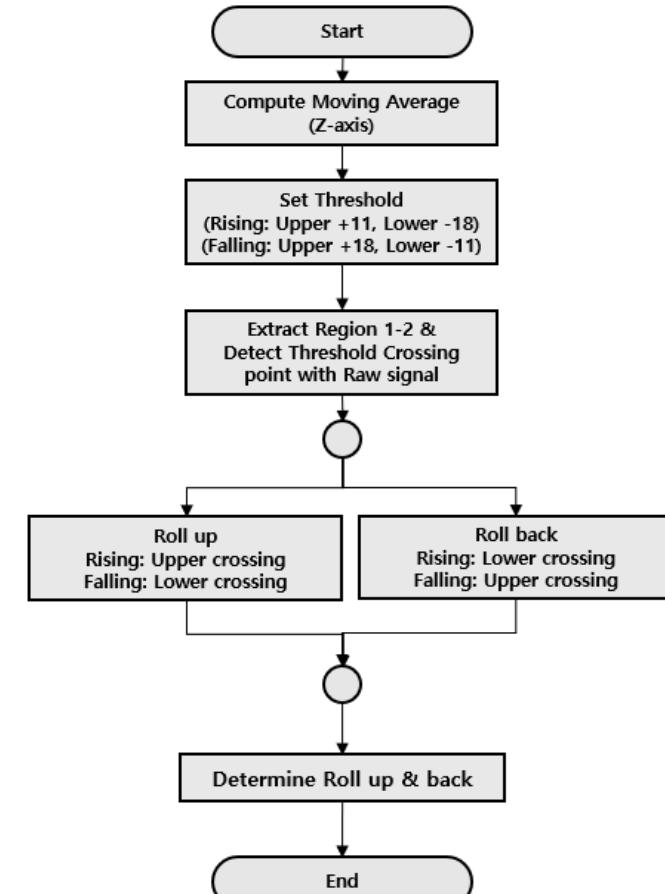


5-2. 규칙기반 결합진단 알고리즘의 예

[기어 결합 진단 알고리즘]

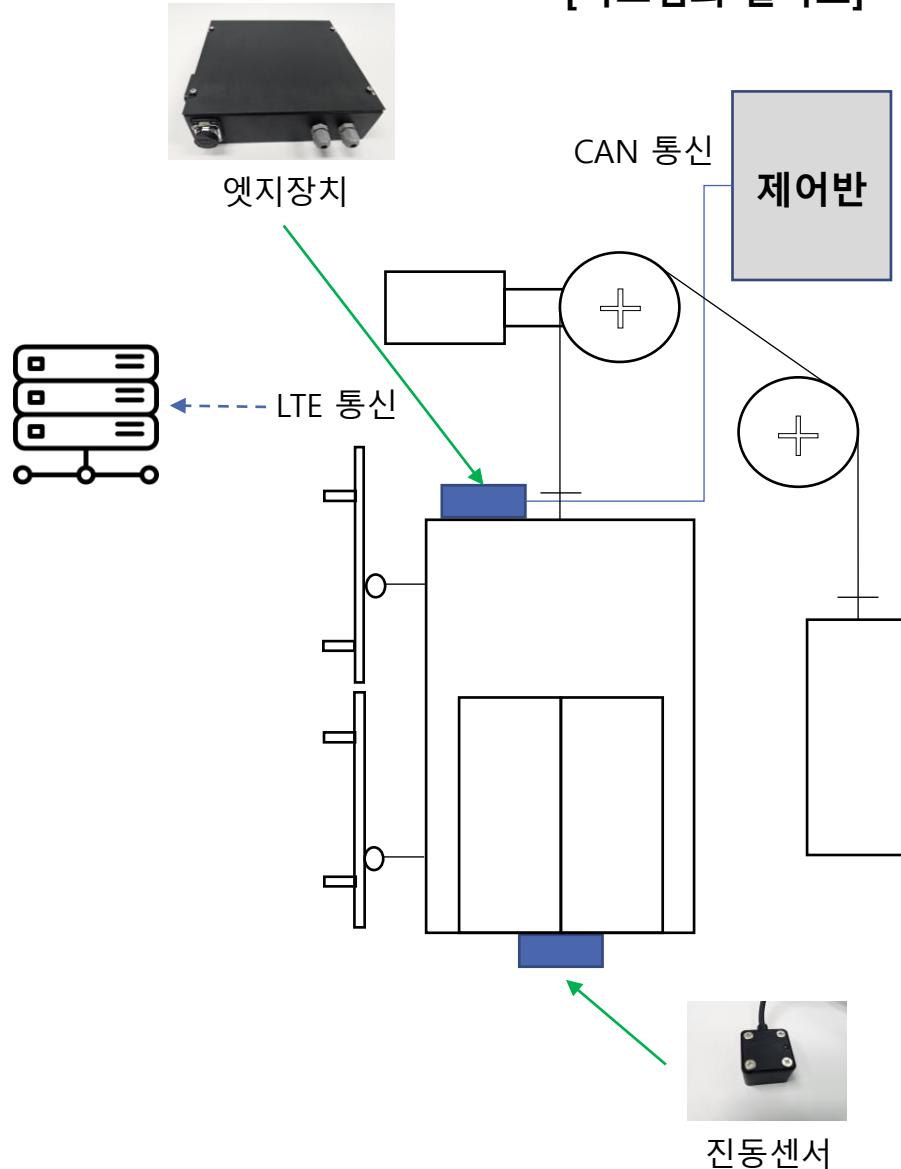


[롤백인식 알고리즘]



6. 예지보전 장치(edge 시스템)의 구성

[시스템의 설치도]



[시스템 사양]

항목	사양		비고
Main Processor (SOM:System On Module)	<ul style="list-style-type: none">-Arm Cortex quad core 1.5GHz-Linux-RAM: 1GB이상-Storage: 8GB이상		
측정항목	<ul style="list-style-type: none">-승강기 승차감 진동-승강기 도어개폐모터의 전류		
센서	승차감	<ul style="list-style-type: none">-X/Y/Z 3축 MEMS 진동-6G이상-설치위치 및 수량 : 카하부 1EA-Sample Rate : 최대 1024 / sec	
	도어전류	<ul style="list-style-type: none">-Max. 20A측정범위-센서 모델 : (설치 현장 상황에 따라 선택)-신호출력 : 전압DC0-5V 또는 4-20mA-Sample Rate : 최대 1024 / sec-설치위치 및 수량 : 카상부 1EA	
통신방식	<ul style="list-style-type: none">-서버연결: LAN-제어반연결: RS422/RS485/CAN/LAN (선택)		
설치위치	<ul style="list-style-type: none">-승강기 카 상부		
전원	<ul style="list-style-type: none">-POE 또는 DC Adaptor(전원의 형태는 설치현장조건에 따라 다름)-소비전력 : 최대 15W		
케이스	<ul style="list-style-type: none">-철제(금속제)제작이며 설치현장 조건에 따라 최적의 크기로 변경될 수 있음.		
크기 및 무게	<ul style="list-style-type: none">200 x 200 x 50 – 1.3kg (금속케이스, 모뎀내장형)설치현장 조건에 따라 변경될 수 있음.		

7. 예지보전 플랫폼의 구성

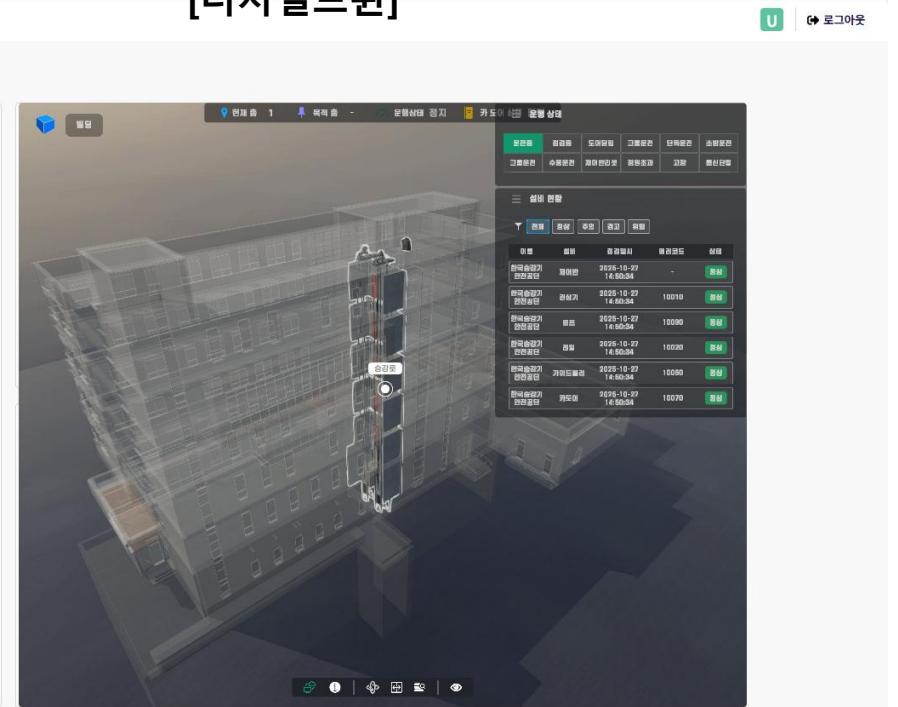
[스마트글래스]



[플랫폼 구성]

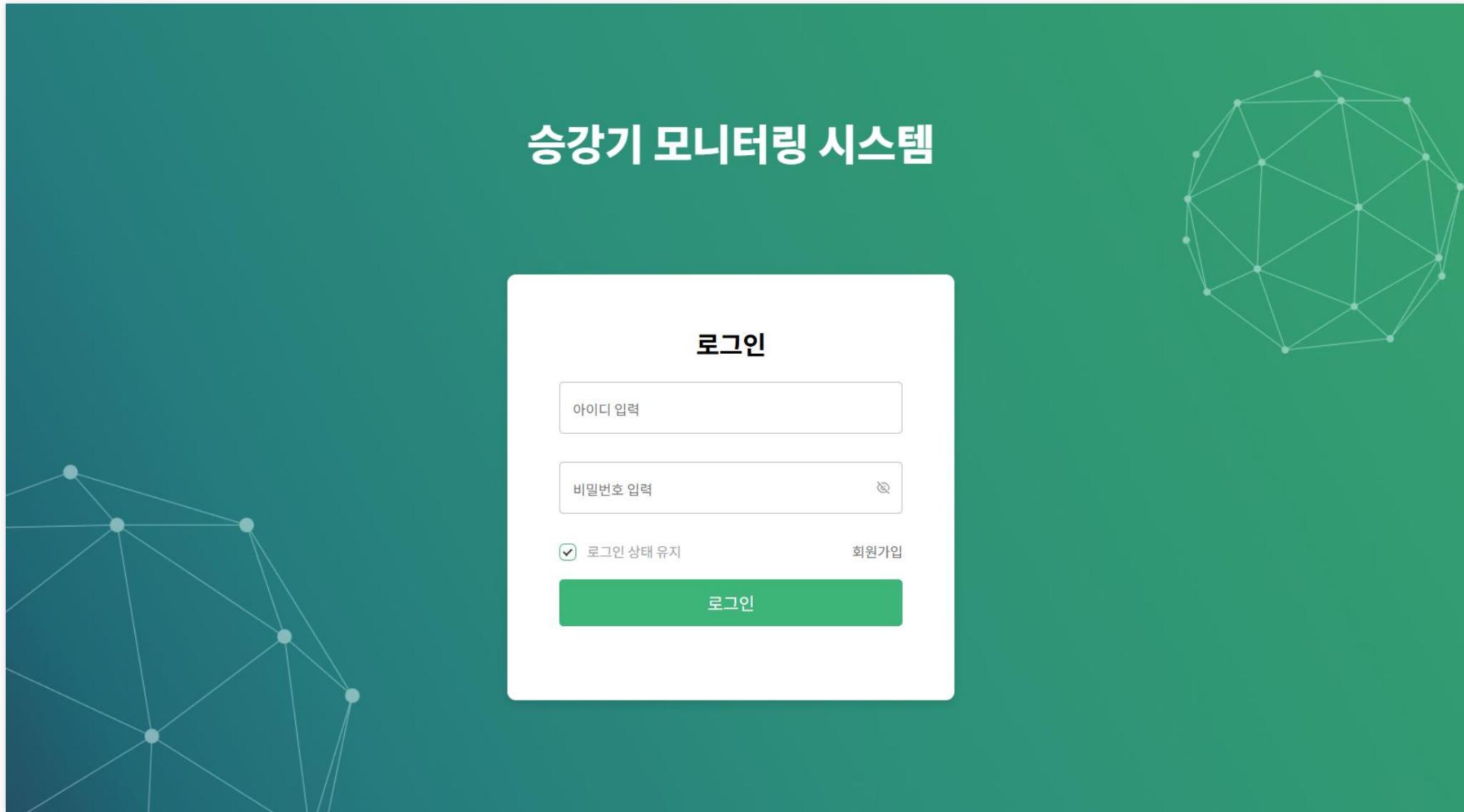


[디지털트윈]



8. 승강기 예지보전 플랫폼

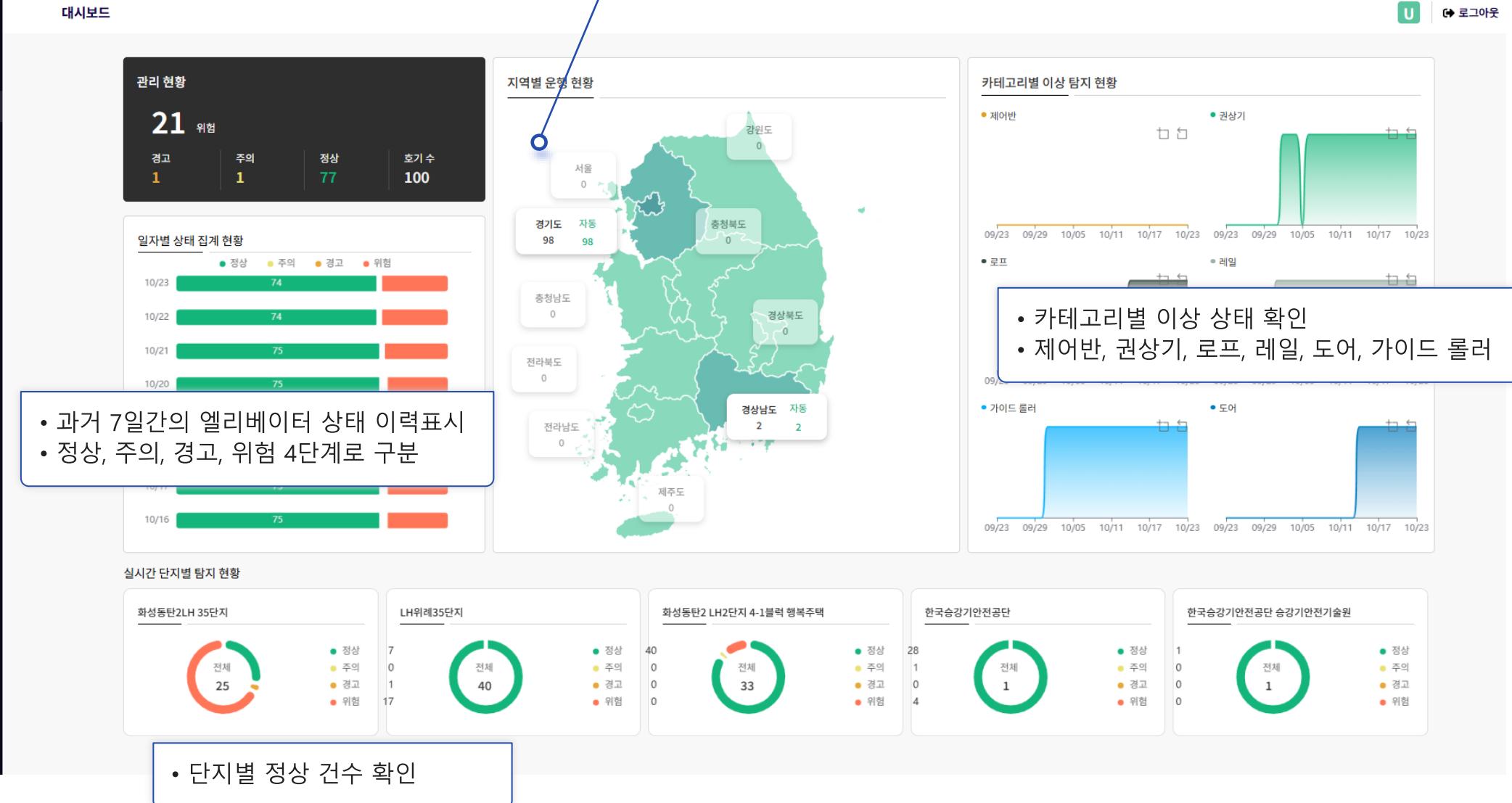
[접속화면]



8. 승강기 예지보전 플랫폼

[대시보드]

- 관리 대상 지역과 지역별 운행 상태 표시



8. 승강기 예지보전 플랫폼

[지도관제]

The screenshot displays the 'Elevator Monitoring Platform' interface, featuring a map of a residential complex with several buildings labeled (e.g., 3501, 3502, 3503, 3504) and green spaces. A legend on the left shows icons for '지도 관제' (Map Control), '주소, 위치 검색' (Address, Location Search), '전체 리스트' (Full List), and '최근 탐지 리포트' (Recent Detection Report). A search bar at the top right contains the text '경기도 화성시 동탄순환대로 10길 30-23... 상태: 점검'.

- 지역 검색에 따른 설치 주소 및 위치 표시
- 선택 엘리베이터 위치 확인
- 고장 발생 엘리베이터 표시
- 단지내 포함된 엘리베이터들의 상태 현황 표시
- 현재 승강기 상태 및 승차감 분석 화면 이동
- 선택된 엘리베이터의 과거 7일간의 고장 이력 확인

Callout details:

- 지역 검색에 따른 설치 주소 및 위치 표시: Points to a callout for '화성동탄2 LH 35단지 3501동 2호기' with address and status information.
- 선택 엘리베이터 위치 확인: Points to a callout for '화성동탄2 LH 35단지 3501동 2호기' with address and status information.
- 고장 발생 엘리베이터 표시: Points to a red circle on the map indicating a faulty elevator location.
- 단지내 포함된 엘리베이터들의 상태 현황 표시: Points to a summary box showing elevator status counts: 전체 25, 자동 20, 점검 2, 그 외 1.
- 현재 승강기 상태 및 승차감 분석 화면 이동: Points to a detailed status box for '가산1동주민센터 3호기' with operating status and location.
- 선택된 엘리베이터의 과거 7일간의 고장 이력 확인: Points to a callout for the '최근 탐지 리포트' table.

날짜	작업자	내용
2025-09-02 08:33:18	D	제어반 101
2025-09-01 21:33:18	W	가이드풀러 101
2025-09-01 18:53:26	N	ALL -
2025-09-01 18:27:56	W	제어반 101
2025-09-01 12:51:45	C	제어반 101
2025-09-01 11:01:56	N	ALL -
2025-09-01 07:42:15	W	제어반 101
2025-09-01 02:11:08	C	제어반 101
2025-08-31 18:37:52	N	ALL -
2025-08-31 13:05:44	W	제어반 101

8. 승강기 예지보전 플랫폼

[실시간 모니터링]

The screenshot displays the 'Elevator Monitoring Platform' interface with several key features highlighted:

- 단지별 엘리베이터 조회** (Residentail Complex Elevator Inquiry): A search bar at the top left allows users to search by building name.
- 실시간 운행 형태** (Real-time Operation Mode): A summary statistics bar at the top right shows the total number of elevators (100), operating elevators (88), stopped elevators (7), and emergency cases (5).
- 실시간 도어 상태 및 층 표시** (Real-time Door Status and Floor Display): A large section on the left shows elevator status cards for various buildings and floors. A specific card for '3503동 1호기' is highlighted, showing its current floor (B1) and door status (Door Open).
- 제원정보 & 상세현황** (Specification Information and Detailed Status): A detailed analysis window on the right provides comprehensive data for a selected elevator. It includes:
 - 기본 정보**: Includes basic parameters like Edge ID (edge001), Edge 설치일 (2025-12-31), and Edge 인증일 (2025-12-31).
 - 상세 정보**: Includes detailed parameters like 최저하중 (1120 kg), 최대승인 (60명), and 운행구간 (B1 - 24).
 - 설비 정보**: Includes equipment details like 승강기 번호 (1234), 소재지 (화성동한2동 35단지 101동 1호기), and 제조업체 (삼성엘리베이터).
 - 운행 데이터**: Shows operational data such as 운행횟수 (25), 운행속도 (60 m/s), and 운행 계획 (예상).
 - 증정**: Includes checkboxes for various service types: 전면증 (전면증), 소방구조증 (소방구조증), 화재증 (화재증), and 자동차증 (자동차증).

8. 승강기 예지보전 플랫폼

[상세 모니터링]

상세 모니터링

내 승강기 관리

- 화성동탄2LH 35단지 지하주차장
- 관리사무소
- 3503동 1호기
- 3503동 2호기
- 3503동 3호기
- 3503동 4호기
- 3504동 1호기
- 3504동 2호기
- 3504동 3호기
- 3504동 4호기
- 3505동 1호기

운행 상태

↑ 8 AUTO

운행 현황 - 화성동탄2LH 35단지 지하주차장

2025-09-02 (화) 12:00

자동	점검	소방
지진	전용	파킹
화재	과중	미사용

최근 탐지 리포트

점검일시	위험도	유형	결함내역
2025-09-02 11:23:48	N	ALL	-
2025-09-02 10:35:24	N	ALL	-
2025-09-02 10:12:18	N	ALL	-
2025-09-02 09:55:42	N	ALL	-
2025-09-02 09:48:05	C	로프	101
2025-09-02 09:27:31	N	ALL	-
2025-09-02 09:05:14	W	레일	101
2025-09-02 08:56:09	C	가이드 롤러	101

제원 정보

승강기 번호	1234-567
단지명	화성동탄2LH 35단지 지하주차장
설치일	2023-11-16
제조업체	(주)대오정공
소재지	경기도 화성시 동탄영천로 108-21 (영천동)
종류	소방구조용, 장애인용, 승객화물용
적재하중	1000 kg

• 실시간 운행 상태 표시

• 실시간 9가지 운행 상태 확인

• 과거 승차감 데이터 확인
• 발생했던 결함내역 확인

8. 승강기 예지보전 플랫폼

[예측 이력]

The screenshot displays the Predictive Maintenance Platform interface. On the left, there's a vertical toolbar with icons for navigation and search. The main area has a header '예측정비' (Predictive Maintenance) and a sub-header '단지별 인시던트 조회' (Incident Inquiry by Community).

Top Right Area:

- User icon: 로그아웃
- Community ID: 1234-567

Left Side Panel:

- Date range: 2025-09-02 ~ 2025-09-02
- Location: 화성동탄2LH 35단지
- Action: 조회 (Search)

Central Incident Inquiry Table:

발생일자	위험도	유형	결함내역	단지명	승강기명
2025-09-02 11:23:12-	D	권상기	010	화성동탄2LH 35단지	3502동 호기
2025-09-02 11:15:48	N	ALL	-	화성동탄2LH 35단지	3502동 2호기
2025-09-02 10:58:30	N	ALL	-	화성동탄2LH 35단지	3502동 3호기

Callout 1 (Top Right): 기간/단지별 최신 승차감 히스토리 검색

Callout 2 (Bottom Left): 선택 엘리베이터의 과거 승차감 및 장애 데이터 이력 조회

Callout 3 (Bottom Right): 해당 기간으로부터의 승강기의 승차감 히스토리 검색

Right Side Panel:

화성동탄2 LH2단지 4-1 301동 1호기			
유형	위험도	유형	결함내역
가이드 롤러 정렬불량	경고	050	2025-09-02 10:35:24

History Inquiry Table:

발생일자	위험도	유형	결함내역
2025-09-02 10:34:57	C	가이드 롤러	050
2025-09-02 10:28:12	N	ALL	-
2025-09-02 10:11:36	N	ALL	-
2025-09-02 09:58:24	N	ALL	-
2025-09-02 09:43:52	N	ALL	-
2025-09-02 09:27:15	N	ALL	-
2025-09-02 09:12:02	N	ALL	-
2025-09-02 08:09:55	N	ALL	-
2025-09-02 07:52:21	N	ALL	-
2025-09-02 07:39:42	W	로프	030
2025-09-02 07:23:10	C	가이드 롤러	050
2025-09-02 07:05:28	N	ALL	-
2025-09-02 06:48:13	N	ALL	-

8. 승강기 예지보전 플랫폼

[디지털트윈 모니터링]

The screenshot displays the 'Digital Twin Monitoring' interface. On the left, a sidebar lists various elevator locations under '내 승강기 관리'. The main area shows a 3D model of an elevator system with a digital display showing '13' and 'AUTO'. To the right is a detailed view of a building facade with inspection results. A callout box points to the building view with the text '• 건물별/부품별 결함부위 확인' (Check for defect locations by building/part). Another callout box points to the 3D model with the text '• 디지털트윈 가능 호기' (Digital twin capable elevator).

• 건물별/부품별 결함부위 확인

• 디지털트윈 가능 호기

8. 승강기 예지보전 플랫폼

[스마트글래스를 이용한 협업 시스템]

The screenshot displays a comprehensive monitoring and collaboration platform for elevator maintenance.

Left Panel: Smart Glass Collaboration System

- Smart Glass 작업자 연결**: A video feed window showing two users. The IP address is listed as 222.112.209.235:8080.
- Smart Glass 헤드셋 이미지**: An image of a person wearing a Smart Glass device.
- Smart Glass 헤드셋 설정**: Includes a camera icon and a QR code.
- Smart Glass 헤드셋 주소**: Shows the IP address 222.112.209.235:8080.
- Smart Glass 헤드셋 연결 버튼**: A green "연결" (Connect) button.
- Smart Glass 헤드셋 해제 버튼**: A grey "취소" (Cancel) button.

Center Panel: 승차감 분석 (Vibration Analysis)

- 제어반 정상 주의 위험 주의 경고 정상**: A navigation bar with tabs for various sensor types.
- 팀지 현황 - 화성동탄2LH 35단지 101동 1호기**: Status summary for a specific building.
- Smart Glass**: A circular icon indicating active monitoring.
- 날짜 선택**: Date range selector from 10분 (10 minutes) to YYYY-MM-DD.
- 시작 시간**: Start time: 00:00 ~ 00:00.
- 종료 시간**: End time: 00:00 ~ 00:00.
- 조회**: Search button.
- 위험**, **경고**, **주의**, **정상**: Alert levels for different sensor types.
- 9/1 00:00 ~ 9/2 00:00**: Time range for the vibration graph.
- Legend**: Includes 권상기 (Green dot), 로프 (Black dot), 레일 (Blue dot), 가이드 롤러 (Orange dot), 도어 (Red dot), and 제어반 (Yellow dot).
- 선택 팀지 내역의 승차감 데이터 확인**: A callout pointing to the vibration graph.
- 2025-09-01 20:34:57**: Log entry timestamp.
- D**: Log entry status.
- 가이드 롤러**: Sensor type.
- 101**: Log ID.
- 2025-09-01 20:28:12**: Log entry timestamp.
- ALL**: Log entry status.
- 101**: Log ID.
- 2025-09-01 20:11:36**, **2025-09-01 19:58:24**, **2025-09-01 19:43:52**, **2025-09-01 19:27:15**, **2025-09-01 19:12:03**, **2025-09-01 18:55:48**: Log entries with various sensor types and IDs.

Right Panel: 승차감 그래프 (Vibration Graph)

- 속도 데이터**: Speed data graph showing a sharp peak at approximately 1.8 on the Y-axis around 00:00.
- 속도 / 거리 / FFT 데이터**: Callout for speed data.
- X ACC**: Acceleration data graph for the X-axis.
- Y ACC**: Acceleration data graph for the Y-axis.
- Z ACC**: Acceleration data graph for the Z-axis.
- X축, Y축, Z축 방향 진동 데이터**: Callout for acceleration data.

9. 결론

1

승강기 예지보전 플랫폼 개발

- 승강기 운행상태 관리
- 인공지능을 이용한 승강기 승차감 결함 분석 및 대책방안 제시
- 제어반 에러경보 및 대책 방안 제시
- 인공지능을 이용한 승강기 도어결함 분석 알고리즘 개발 및 검증

2

디지털트윈을 이용한 승강기 예지보전

- 승강기 주요부품의 열화상태 및 부품상태 확인
- 스마트글래스를 이용한 협업시스템 구축

10. 향후 계획

1

현장 실증을 통한 알고리즘 고도화

- LH현장 100대 구축 완료
- 추가 현장 100대 구축 예정(에스컬레이터, 엘리베이터)
- 제조사별 특징파악으로 맞춤형 예지보전 시스템 구축

2

디지털트윈을 이용한 승강기 예지보전

- 부품 구동방법 구현 고려
- 상세부품 표현방안 모색
- 부품도면 확인 방법 도입 등 추진 예정

경청해 주셔서 감사합니다!