

# 동력구동밸브 성능/상태진단 기술 개발 현황

---

- 2025 추계원자력학회 -

김재형, 이상혁, 박기범, 김주환, 김경화

2025.10.29



# INDEX

1. 연구배경 및 필요성
2. 감시/진단 시스템 운영 개념
3. 연구 내용
4. 결론

# 1

## 연구배경 및 필요성

### 밸브 운전 조건 변화로 인한 작동 실패 사고

- 미국 Davis-Besse 원전 모터구동밸브 열림 동작 실패
- 현재의 성능과 운전조건에서의 성능 차이



미국 Davis-besse 원전  
주급수 MOV 작동실패로 인한  
모든 급수 상실 사고

### 관리 부실로 인한 경제적 손실 및 사고

- 성능저하, 상태변화
- 내부 누설/외부 누설 (유해가스 누출/폭발 사고)
- 부품/부속품 (스프링, 패킹, 제어기, 변환기) 고장



여수 화학공장 밸브 패킹 상태  
관리 부실로 인한 폭발사고

### 신규 기술기준 대응 (ASME 2017)

- 기존 관리 방법 미흡



미국 텍사스 정유공장 밸브 오작동  
및 인적실수에 따른 폭발사고

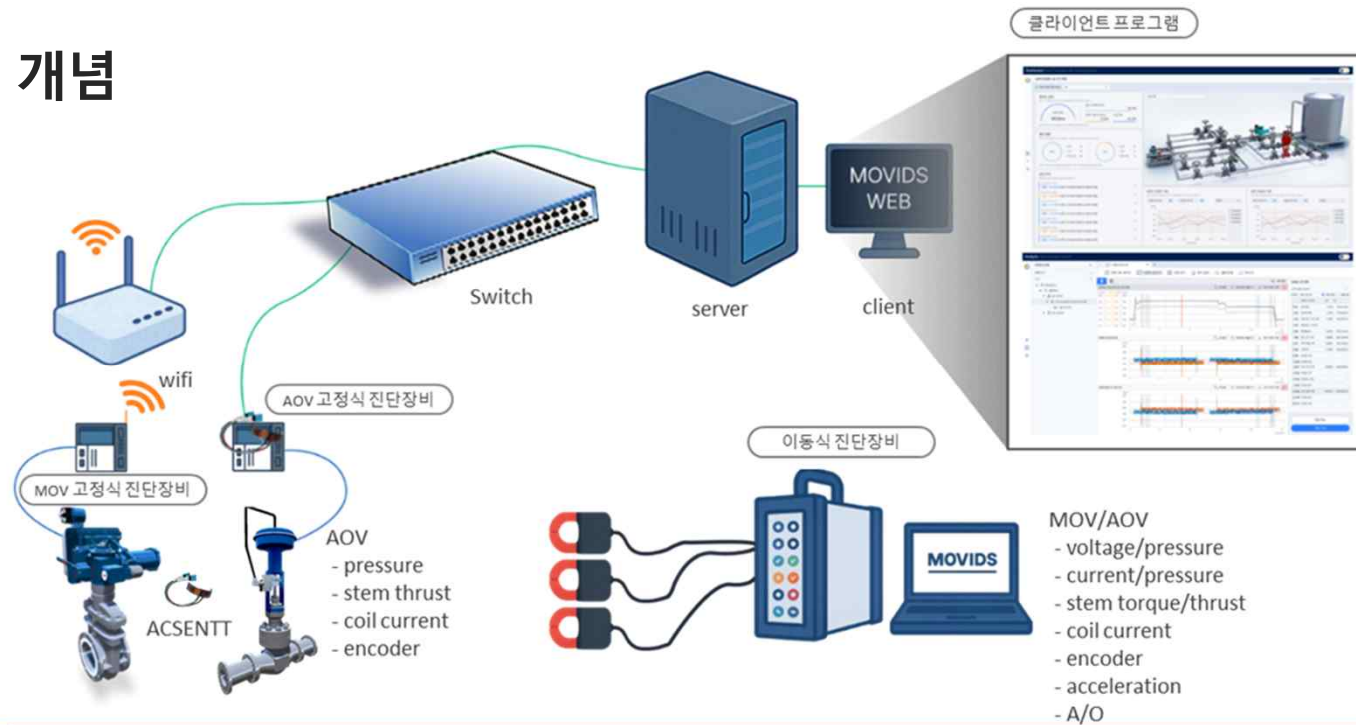
# 2 감시/진단 시스템 운영 개념

## I 감시/진단 시스템

“밸브 성능·상태·예측진단의 통합 지능형 플랫폼”



## I 운영 개념

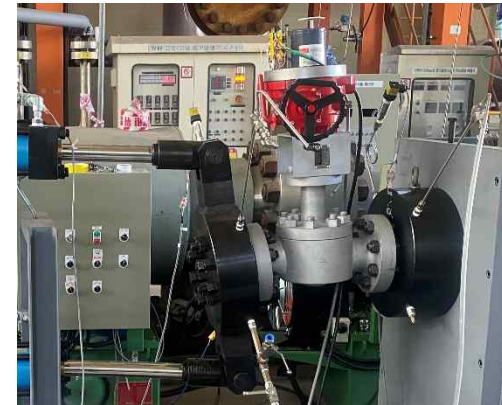


# 3

## 연구 내용 - 밸브 성능/상태 진단 시험

### 밸브 조립체 운전 환경 모사 시험설비

- 단부하중 부하 모사 설비
  - 밸브조립체에 연결된 배관에 의한 모멘트 부하 모사
- 내진하중 부하 모사 설비
  - 밸브 조립체에 작용하는 내진가속도에 의한 힘을 모사
- 유동하중 부하 모사 설비
  - 밸브내부에 흐르는 유동에 의한 힘을 모사
- 운전부하에 따른 성능 및 상태진단
  - 밸브를 구성하는 여러 부품이 적절한 시기에 적절하게 힘을 받아 움직여야 함
  - 부하에 의해 밸브 내부 부품에 가해지는 영향을 평가



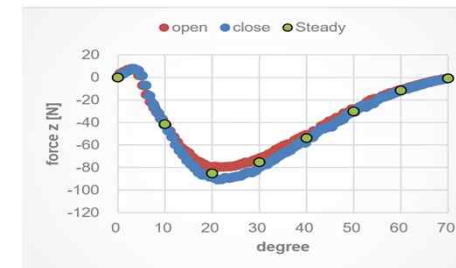
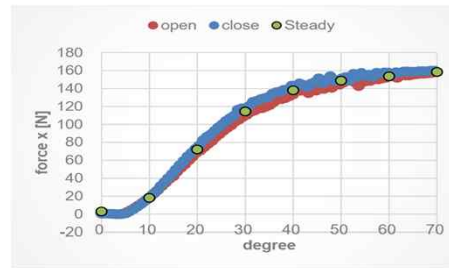
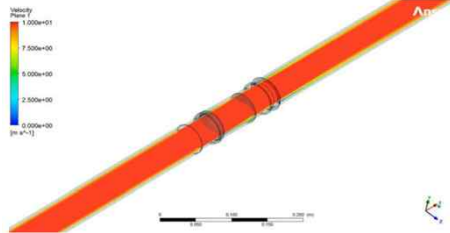
# 3

## 연구 내용 - 가상 센싱 모델

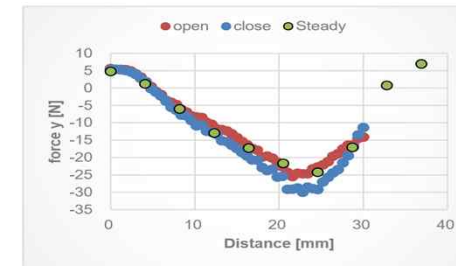
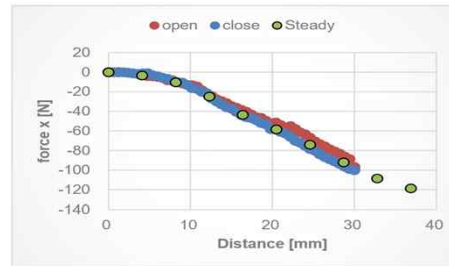
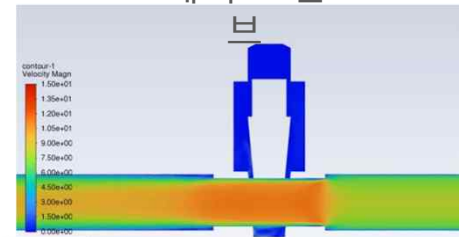
### 밸브 조립체 다중물리 해석

- 동적상태 밸브 유동 해석
- 측정이 어려운 변수에 대한 DB 구축

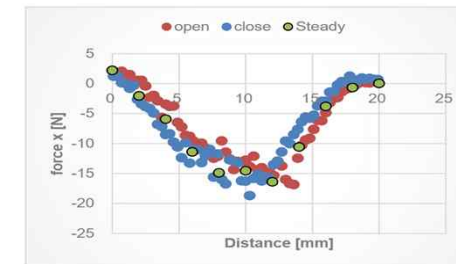
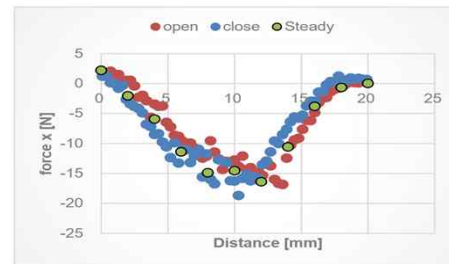
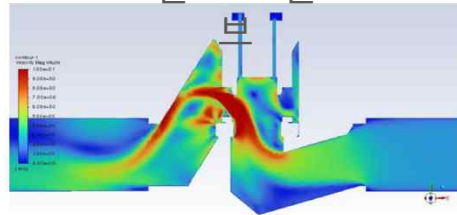
볼 밸브



게이트 밸브



글로브 밸브





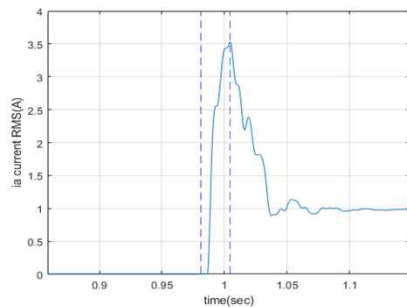
# 3

## 연구 내용 - 성능·상태 진단 알고리즘

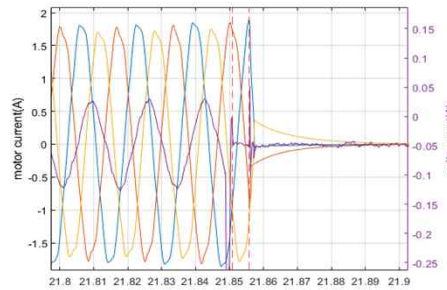
### I 자동 이벤트점 탐지

- 이벤트점 검출 자동화
- 자동 검출 알고리즘 개발

MOV

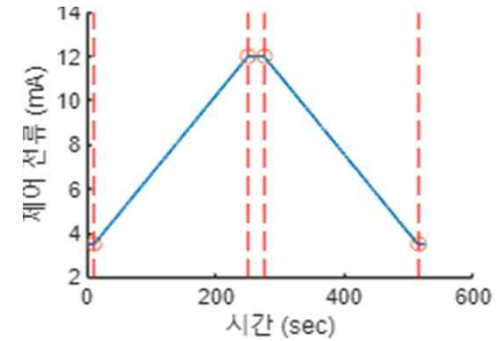


모터 기동점, 인러쉬 최대점

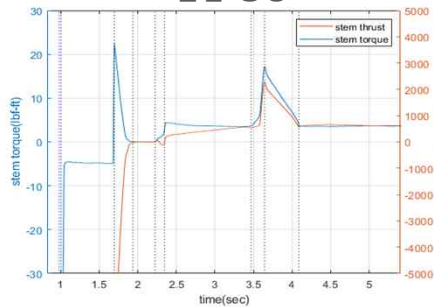


트립점, 모터 꺼짐점

AOV

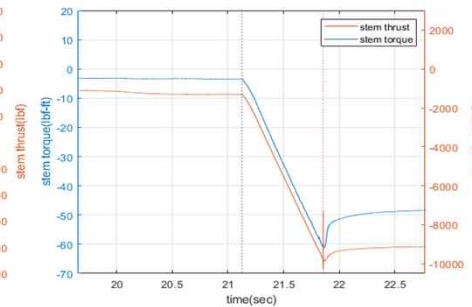


열림 행정

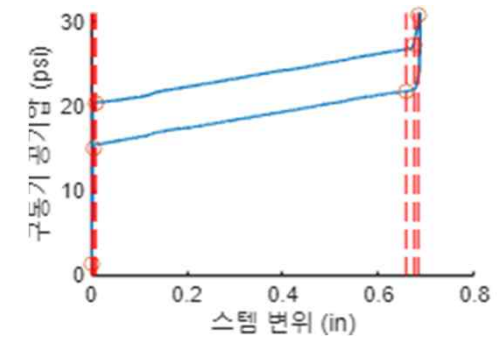


해머블로우점, 0점 구간, 인게이지점, 언시팅점

닫힘 행정



시팅 시작점



열림, 닫힘 러닝 시작/끝점, 중단점

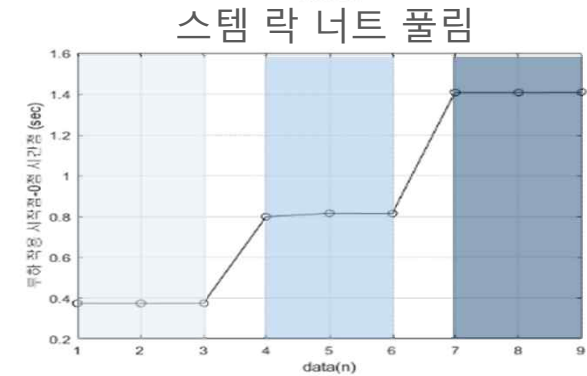
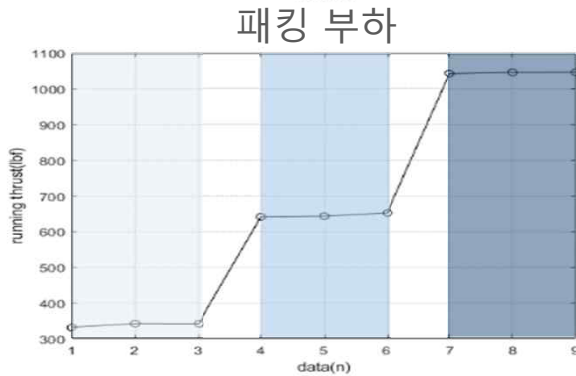
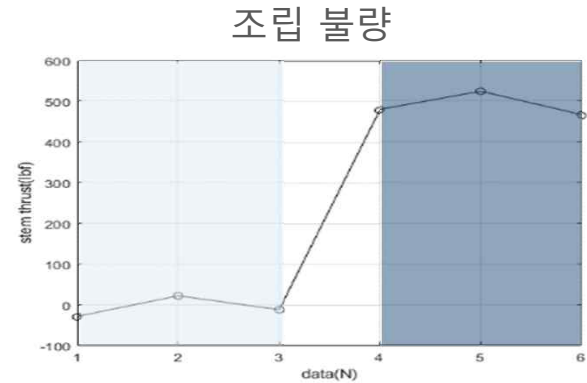
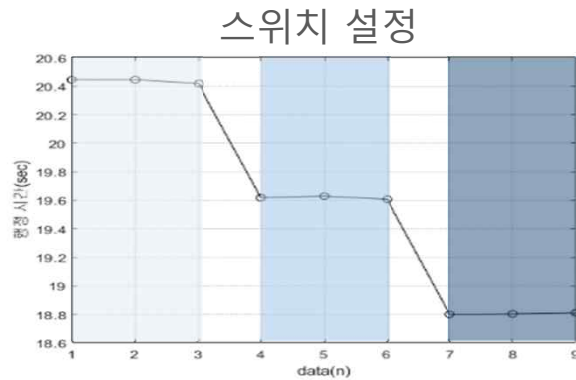
# 3

## 연구 내용 - 성능·상태 진단 알고리즘

### 정성적 상태판별 기술

- 상태 판별을 위한 진단 변수 도출 및 알고리즘 개발
- 실험 데이터 검증

정상
  결함 1
  결함 2



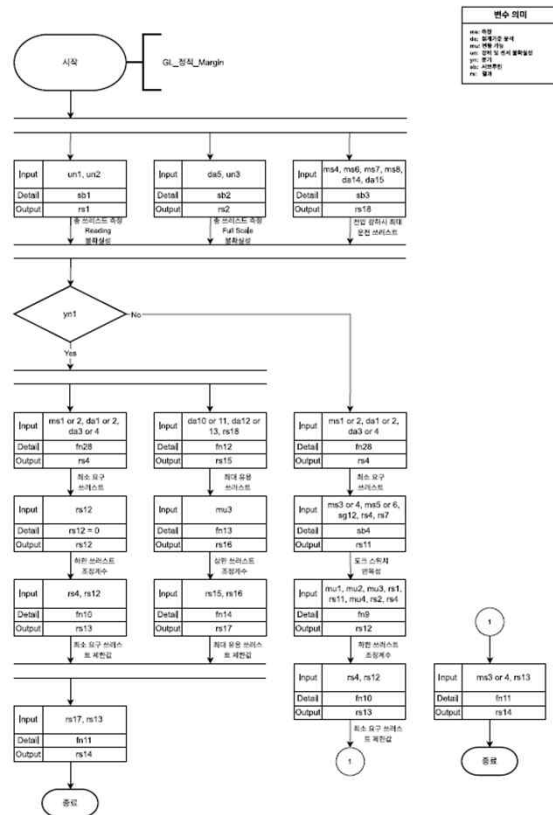
# 3

## 연구 내용 - 성능·상태 진단 알고리즘

### 정량적 성능평가 기술

- 정량적 성능 계산 방법 개발
- MOV/AOV 평가 절차서 프로그래밍

성능 여유도 계산 플로우 차트



CORE-GPT

**MOVIDS AI**  
 AI 분석 기반의 진단 기능과 함께 다양한 입력 조건에 따라 데이터를 분석하고 결과를 제공합니다.

[별보 상태 알려줘](#)

MOV1은 모터구동방식의 게이트 별보입니다.  
 2025-09-15 16:07 동작 신호를 분석한 결과, '별보 및 구동기의 상태는 정상이며 여유도는 30% 입니다.  
 이벤트 점 분석 결과를 보여 드릴까요?

[이벤트 점 분석 결과 보여줘](#)

이벤트 점 자동 추출 결과입니다.

이벤트 점을 수정하시겠습니까?

[▶](#)

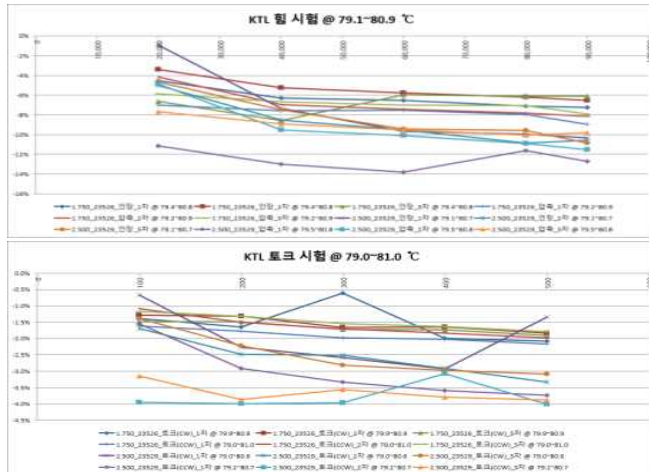
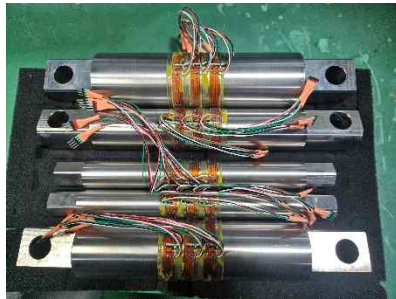
# 3

## 연구 내용 - 센서 및 계측 모듈


### 추력/토크 센서 고온 환경 대응 설계

- 고온용 (200도) 부품 적용 추력/토크 센서 제작
- 온도 보상 시스템 설계(특허 출원 : 스트레인 게이지 온도 보상 시스템)

고온용 추력/토크 센서



특허(10-2023-0157572)

 (19) 대한민국특허청(KR)	(11) 공개번호 10-2025-0071033
(12) 공개특허공보(A)	(43) 공개일자 2025년05월21일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G01L 1/22 (2006.01) G01K 1/14 (2021.01) G01L 25/00 (2006.01)	(71) 출원인 주식회사 엠앤디 서울특별시 서초구 효령로34길 4.2층 202호 (반배동, 프린스호텔빌딩)
(52) CPC특허분류 G01L 1/2281 (2013.01) G01K 1/14 (2021.01)	(72) 발명자 최현우 경기도 수원시 영통구 태장로82번길 32, 108동 907호 (양포동, 동수원자이1차)
(21) 출원번호 10-2023-0157572	김옥철 경기도 화성시 영통로27번길 53, 205동 1905호 (반왕동, 신영동 현대타운)
(22) 출원일자 2023년11월14일	김태환 부산광역시 기장군 장안읍 좌원2길 15-9, 302호 (스마트밸리스)
심사청구일자 2023년11월14일	(74) 대리인 특이법인 무한

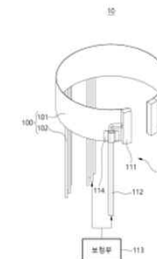
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 스트레인 게이지 온도 보상 시스템

(57) 요약

스트레인 게이지 온도 보상 시스템은 대상체에 고정되어 변형도를 측정하는 스트레인 게이지 및 상기 스트레인 게이지가 측정된 변형도 값을 온도 보상하는 온도 보상부를 포함하고, 상기 온도 보상부는 상기 스트레인 게이지의 베이스 표면에 구비되어 상기 스트레인 게이지로부터 열을 전달받고, 상기 베이스와의 접촉면 중 일부가 개방된 형상인 몸체를 갖는 복수의 열 전도부, 상기 열 전도부의 홈에 수용되어 온도를 측정하는 복수의 온도 센서 및 상기 스트레인 게이지가 측정된 변형도 값을 수신하고 상기 온도 센서의 측정 온도에 따라 상기 변형도 값을 보정하는 보정부를 포함하여 구성된다.

대표도 - 도1



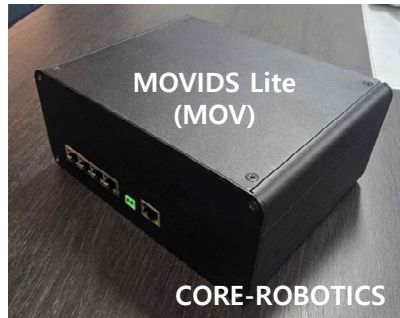
# 3

## 연구 내용 - 센서 및 계측 모듈

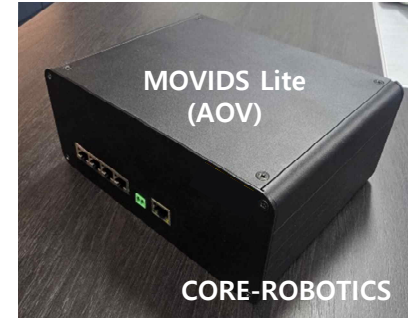
### I 고정식 데이터 측정·전송 모듈

- MCU 기반 데이터 수집/전송 모듈 개발
  - MOV 측정 신호 : 모터 전압, 모터 전류, 제어 전류, 스템 쓰러스트/토크, 온도
  - AOV 측정 신호 : 제어 전류, 스템 쓰러스트, 압력, 행정 거리, 온도
  - 채널 수 : 12 채널
  - 샘플링율 : 20 kHz

MOV 고정식 데이터 측정·전송 모듈



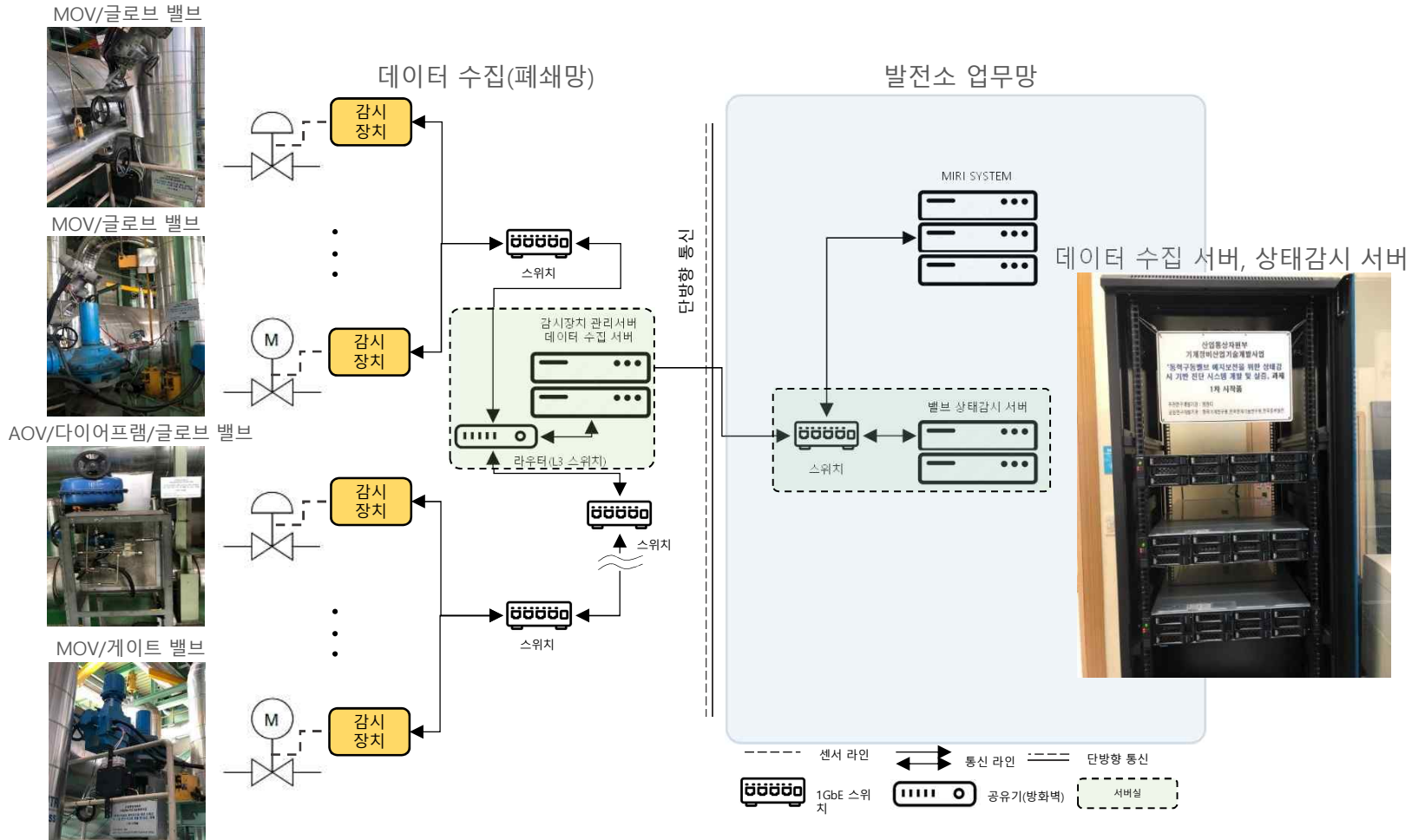
AOV 고정식 데이터 측정·전송 모듈



# 3 연구 내용 - 현장 실증

## 발전소 현장 테스트

- MOV 5대, AOV 3대 테스트 진행

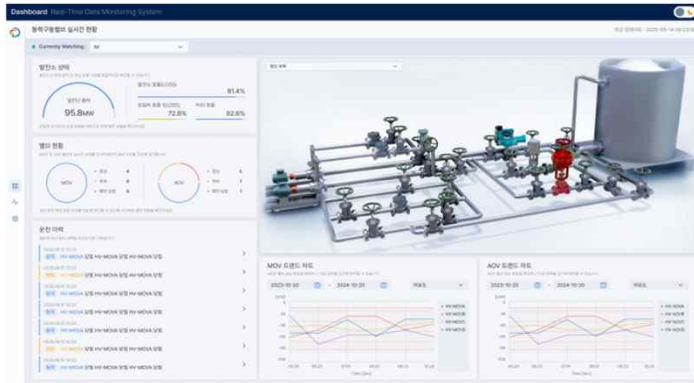


# 3 연구 내용 - 클라이언트 프로그램

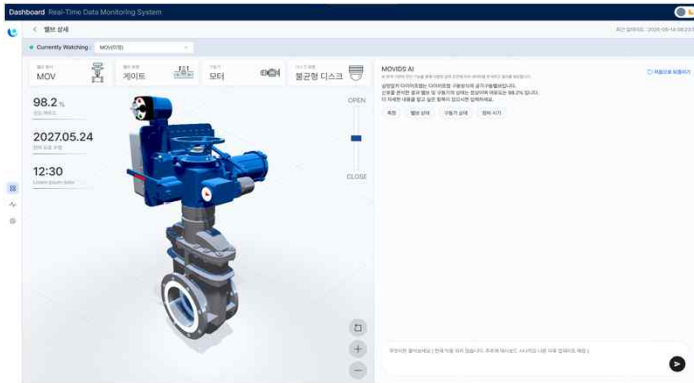
## I 구현 프로그램

- 데이터 수집, 저장/관리
- 실시간 감시/진단

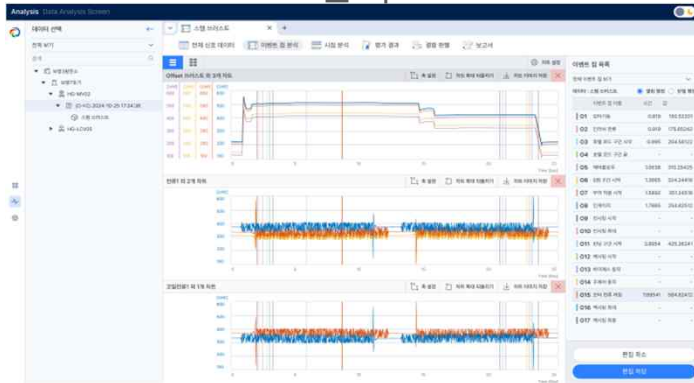
대시보드



밸브 상세 진단(CORE-GPT)



분석



보고서



### | 성능·상태 진단 알고리즘

- 정량적 성능 진단
  - MOV 성능 평가 절차 프로그래밍
- 정량적 상태 판별
  - 리밋 스위치 상태 외 7종 결함에 대한 검증 수행

### | 센서 및 하드웨어

- 고온용 추력/토크 센서 설계/개발
- MOV/AOV 고정식 데이터 측정·전송 모듈 개발

### | 현장 실증

- 현장 밸브 MOV/AOV 대상으로 시스템 시험 중

# 감사합니다.

본 발표 논문은 산업통상자원부 기계장비산업기술개발사업  
(동력구동밸브 예지보전을 위한 상태감시 기반 진단 시스템  
개발 및 실증)의 지원으로 수행되었습니다.