



2023-2 파란학기 최종 성과물

인공지능 기반 보일러 급수 펌프 진단

박용훈, 나하은, 이소정, 오환인

귀뚜라미같은



00. 목차

1. 개발 대상 기술 필요성
2. 핵심 도전과제 내용
3. 고장모사 시험 설계
4. 정상/고장 데이터 베이스 구축
5. 데이터 전처리
6. 변수 선택
7. 모델링

01. 개발 대상 기술 필요성



소방당국은 지하 2층에서 지상으로 석탄을 끌어 올리는 배관을 점검하는 과정에서 분진이 폭발하면서 생긴 것으로 추정하고 있다.



11일 오전 10시54분경 충남 서천화력발전소 본관 5층 보일러실에 서 배관이 폭발하는 사고가 발생했다.

배관 시스템 관련 대형 사고들이 지속적으로 발생

01. 개발 대상 기술 필요성



배관 시스템의 상태를 미리
예측 진단하는 기술
필요성 강조



인공지능 기반의 급수
펌프 진단 모델 개발이
목표



이를 통한 서비스 품질 및
신뢰성 향상

02. 핵심 도전과제 내용



1. 보일러 급수 펌프 모사 시스템 및 데이터 베이스 구축
: 고장 사례 분석 및 데이터 프레임 구축

2. 인공지능 기반 예측 진단 알고리즘 개발
: PHM 기술 개발과 머신러닝 알고리즘을 활용한 예측진단기술

3. 예측 진단
: 실시간 고장 분류 및 정량화를 위한 모델 개발, 성능 지표 확인 등

출처 : 한국PHM학회

03. 고장 모사 시험 설계



▲ 한국기계연구원 테스트베드



▲ 베어링 고장



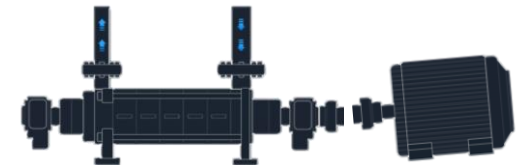
▲ Impeller 불량



▲ Cavitation



▲ Seal 마모



▲ Misalignment

한국기계연구원 테스트베드를 활용하여 정상과 함께 4가지 고장(Cavitation, Bearing 고장 등)에 대한 시험 진행
고장 유형 별로 발생 가능한 문제점 및 영향 분석

04. 정상/고장 데이터 베이스 구축



TimeData_20190916_095829	2019-09-16 오전 9:59	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_095928	2019-09-16 오전 10:00	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_100028	2019-09-16 오전 10:01	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_100128	2019-09-16 오전 10:02	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_100228	2019-09-16 오전 10:03	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_100328	2019-09-16 오전 10:04	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_100428	2019-09-16 오전 10:05	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_100529	2019-09-16 오전 10:06	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_100628	2019-09-16 오전 10:07	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_100728	2019-09-16 오전 10:08	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_100828	2019-09-16 오전 10:09	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_100928	2019-09-16 오전 10:10	TDMS 파일	66,197KB
TimeData_20190916_101029	2019-09-16 오전 10:11	TDMS 파일	66,197KB

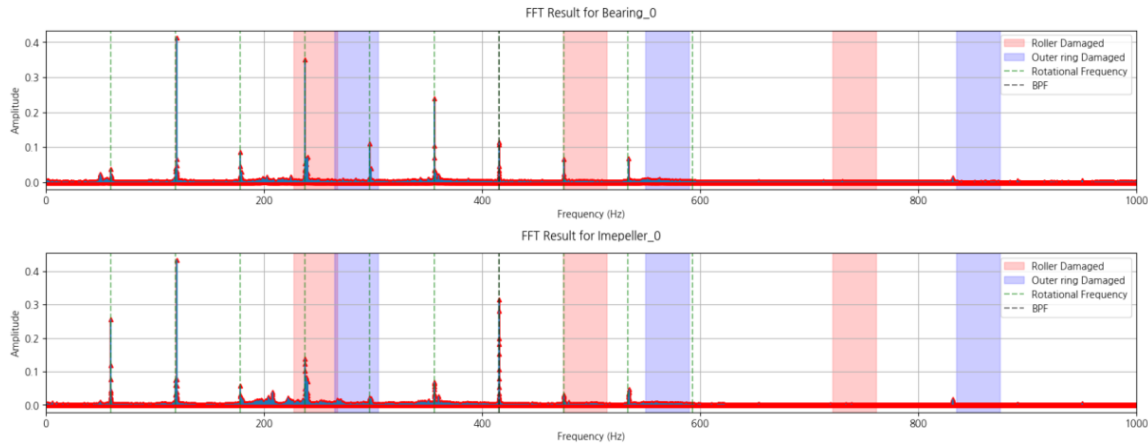
Data	진동 데이터
Number of Channel	7채널
Sampling Rate	12.8kHz

Data	운전 데이터
Number of Channel	압력 : 6채널 유량 : 1채널 온도 : 11채널 (유체 및 베어링 온도) 회전속도 : 1채널 (모터) 전류신호 : 3채널 (R, S, T) (모터) 전압신호 : 3채널 (R, S, T)
Sampling Rate	1Hz

Data	성능지표
Channel	Net Pressure Suction Head Total Head Water Horsepower Shaft Power Efficiency
Sampling Rate	1Hz

RPM	3560
Class	Normal : 정상 Cavitation : 유체 내 기포 발생 Misalignment : 축정렬 불량 Impeller : Impeller 불량 Bearing : 베어링 외륜 고장

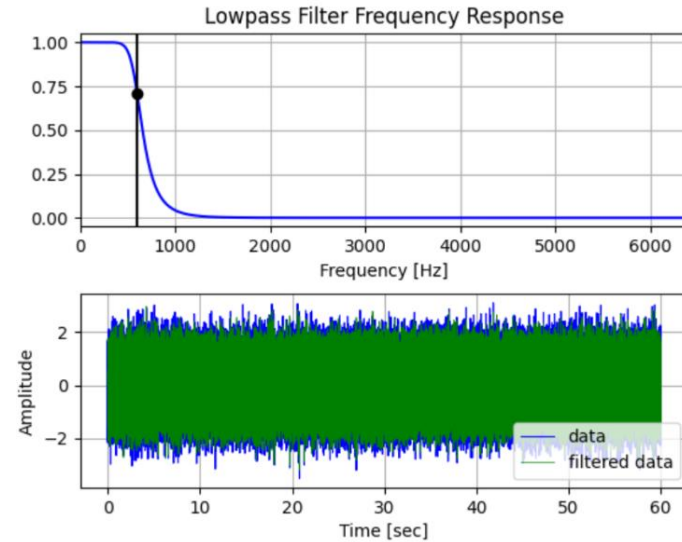
5. 데이터 전처리



<Fast Fourier Transform(FFT)>

FFT는 디지털 신호 처리에서 중요한 도구이다.

시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환하여, 신호의 주파수 구성 요소를 분석하는 데 사용된다. FFT는 복잡한 신호를 간단한 주파수로 분해한다. 진동신호 분석에 있어, 기계적 결함이나 이상 징후를 탐지하는 데 중요한 역할을 한다.



<Low-pass filter>

특정한 절단 주파수 아래의 신호는 통과시키고, 그 이상의 주파수를 가진 신호는 차단하는 필터이다. 디지털 신호에서 불필요한 고주파 잡음을 제거하여 신호의 품질을 개선하는 데 사용된다. 로우패스 필터는 간섭이나 노이즈로 인한 신호 왜곡을 줄이는 데 중요한 역할을 하며, 이를 통해 더 깨끗하고 정확한 데이터 전송이 가능해진다.

6. 변수 선택

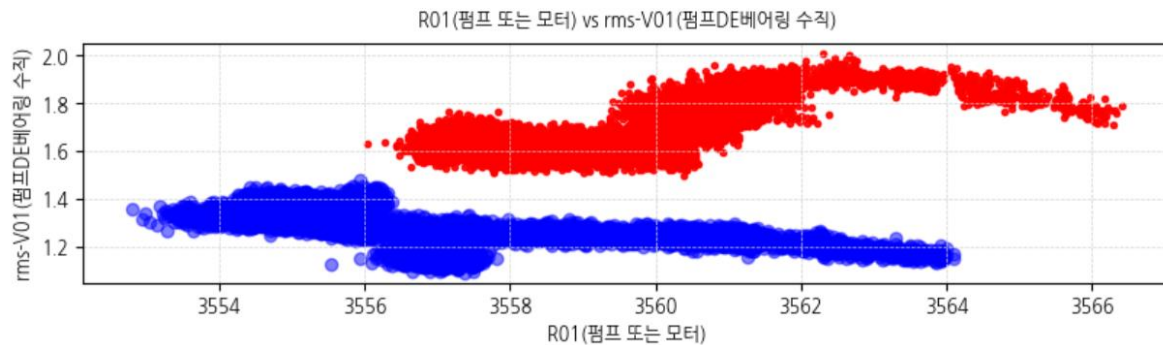


	Date	P01(탱크 압력)	P02(펌프 입구 배관)	P03(펌프 출구 배관)	P04(펌프 입구 출구 사이)	P05(냉각수 입구 배관)	P06(냉각수 출구 배관)	T01(펌프 입구 배관)	T02(펌프 출구 배관)	T03(냉각수 입구 배관)	T04(냉각수 출구 배관)
0	20190916095829	0.0	1.119407	21.382313	20.278993	3.364807	2.150671	31.944987	32.257506	24.405661	26.927404
1	20190916095830	0.0	1.119381	21.388480	20.286784	3.365890	2.151392	31.948571	32.265231	24.402161	26.928405
2	20190916095831	0.0	1.118123	21.370597	20.269674	3.363169	2.150479	31.944356	32.262963	24.399574	26.929959
3	20190916095832	0.0	1.117405	21.387472	20.286971	3.362868	2.150997	31.934217	32.251984	24.399532	26.928613
4	20190916095833	0.0	1.119176	21.397726	20.295703	3.361686	2.148746	31.928286	32.246763	24.396258	26.927818
5	20190916095834	0.0	1.119965	21.384433	20.282625	3.364409	2.150419	31.931911	32.248506	24.396049	26.927741
6	20190916095835	0.0	1.119064	21.376766	20.275279	3.364084	2.150806	31.940772	32.252827	24.397347	26.925273
7	20190916095836	0.0	1.119158	21.385444	20.285259	3.363904	2.150380	31.951911	32.265406	24.397796	26.924809
8	20190916095837	0.0	1.119402	21.377155	20.276131	3.363471	2.150338	31.958315	32.272652	24.399283	26.923163
9	20190916095838	0.0	1.119910	21.387296	20.285814	3.365008	2.150366	31.957824	32.275077	24.401706	26.923475
10	20190916095839	0.0	1.119402	21.377335	20.274134	3.365282	2.151020	31.955930	32.271085	24.403785	26.922522
11	20190916095840	0.0	1.119125	21.376792	20.274097	3.364847	2.151203	31.956289	32.270369	24.408607	26.922524
12	20190916095841	0.0	1.118584	21.380016	20.276555	3.364066	2.150945	31.957051	32.273012	24.416254	26.924868
13	20190916095842	0.0	1.118973	21.368879	20.267748	3.364382	2.150548	31.962992	32.277609	24.418027	26.928490
14	20190916095843	0.0	1.118447	21.388887	20.287319	3.364260	2.151498	31.966427	32.279626	24.422081	26.933156
15	20190916095844	0.0	1.117482	21.373674	20.272228	3.362192	2.149843	31.980528	32.291617	24.425278	26.937884
16	20190916095845	0.0	1.119233	21.381309	20.278595	3.364533	2.150572	31.993779	32.304590	24.425671	26.943225
17	20190916095846	0.0	1.119110	21.382934	20.281234	3.362363	2.150336	31.996938	32.312933	24.424940	26.948130
18	20190916095847	0.0	1.119659	21.388506	20.285668	3.363323	2.149925	31.991400	32.310217	24.424060	26.951983
19	20190916095848	0.0	1.117713	21.382122	20.281650	3.363299	2.149636	31.983065	32.299941	24.422348	26.958295
20	20190916095849	0.0	1.118730	21.384388	20.282423	3.365403	2.150517	31.974079	32.292711	24.418898	26.961995
21	20190916095850	0.0	1.120140	21.374141	20.270503	3.364228	2.151273	31.966600	32.285741	24.413608	26.965146
22	20190916095851	0.0	1.119295	21.386002	20.283406	3.364465	2.151382	31.968054	32.284913	24.409898	26.968035
23	20190916095852	0.0	1.118770	21.374180	20.271874	3.363220	2.149522	31.969887	32.288532	24.406730	26.973114
24	20190916095853	0.0	1.119263	21.377482	20.275128	3.364057	2.150640	31.972897	32.290109	24.403047	26.974187
25	20190916095854	0.0	1.118849	21.374373	20.271274	3.364577	2.151208	31.975300	32.290363	24.402501	26.978221

<파생변수화>

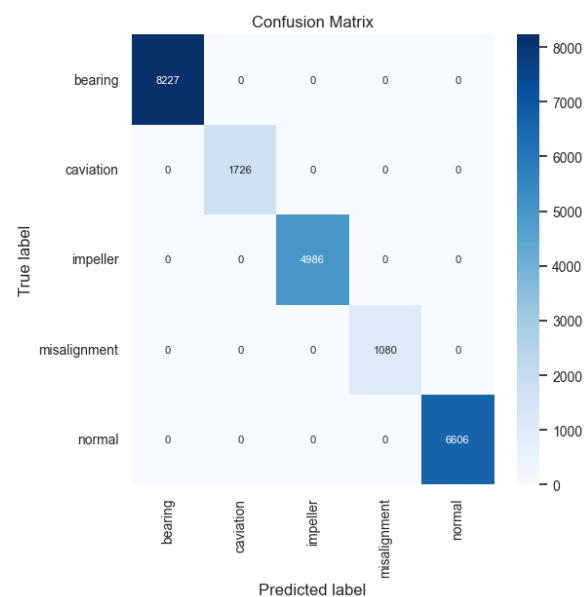
파생변수는 원래 데이터셋의 하나 이상의 변수로부터
계산되거나 생성된 새로운 변수다.
이들은 데이터 분석에서 추가적인 통찰을 제공하기 위해
만들어지며, 복잡한 관계나 패턴을 더
명확하게 드러내는 데 도움을 준다.
파생변수는 모델의 예측력을 향상시키거나,
데이터의 차원을 축소하는 데 유용하게 사용된다.

7. 모델링



<Important Scatter Plot Extraction>

Mahalanobis Distance 기반의 산점도 자동 추출 및
특성 인자 선택 알고리즘을 개발하여
이를 본 실험 데이터를 통해 검증하였다.
그 결과 10개의 feature를 추출했다.



	precision	recall	f1-score	support
bearing	1.00	1.00	1.00	8227
caviation	1.00	1.00	1.00	1726
impeller	1.00	1.00	1.00	4986
misalignment	1.00	1.00	1.00	1080
normal	1.00	1.00	1.00	6606
accuracy			1.00	22625
macro avg	1.00	1.00	1.00	22625
weighted avg	1.00	1.00	1.00	22625

<Confusion matrix>

높은 성능과 함께 강건한 특성 인자를 추출할
수 있음을 확인하였다.

이를 통해 데이터 분석 과정에서
효율적인 특성 인자를 추출할 수 있고,
특성 인자 선택에서 일관성과 정확성을 보장할 수 있다.
이는 실제 기계 시스템에서 관련된 이해관계자에게
가치 있는 통찰력을 제공할 수 있음을 의미한다.



Thank you

귀뚜라미같은
아주대학교 산업공학과

