

선반에서 기계 학습을 통해 공구 마모 진단을 위한 빅데이터 수집 장치 개발

정석준(홍익대학교), 정승원(홍익대학교), 한태연(홍익대학교)

Keywords: Machine learning, Tool wear diagnosis, Sensor fusion, Piezo sensor, Microphone

연구 목적

- 공구 마모의 진단과 예측을 통한 적절한 시기의 교체는 가공의 생산 효율 향상과 직결됨
- 중소 가공 업체에서 진단 시스템의 적용은 비용적 부담과 기존에 사용 중인 선반과의 호환성의 문제가 있음
- 저비용의 장비를 이용하여 간편한 부착 방식의 데이터 수집 모듈을 제작하고, 기계 학습을 통해 자체적으로 공구 마모 진단이 가능한 장치를 개발

센서 선정

- 고성능의 가속도계와 마이크를 대신하여 저가의 피에조 센서와 마이크를 공구 마모 진단 장치 탑재용으로 사용

| | 고성능 | 저비용 |
|------------------|-----------|------------|
| Microphone | CRY333-T1 | GY-MAX9814 |
| Vibration sensor | AC214-1D | DFR0052 |

표1. 고성능, 저비용 센서 모델명

공구 마모 진단 가능성 검증

- FFT 분석 결과, 진동은 6kHz 부근에서, 소음은 10k~15kHz 에서 공구 상태에 따른 차이가 확인됨

센서 신뢰도 검증

| | Kurtosis | | Skewness | |
|----------|----------|------|----------|------|
| | Mean | Std | Mean | Std |
| ACC | 3.33 | 0.54 | 1.65 | 0.07 |
| Piezo | 2.31 | 1.14 | 1.14 | 0.31 |
| Mic High | 2.19 | 1.11 | 0.99 | 0.17 |
| Mic Low | 1.58 | 0.59 | 1.06 | 0.13 |

표2. 고성능, 저비용 센서의 4회 실험에 대한 점도와 왜도의 평균과 표준편차

데이터 수집

공구 마모 진단 장치 개발

- 탈부착이 용이하도록 자석을 이용, 가공 과정에 영향을 미치지 않는 Tool Slide에 위치 시킴

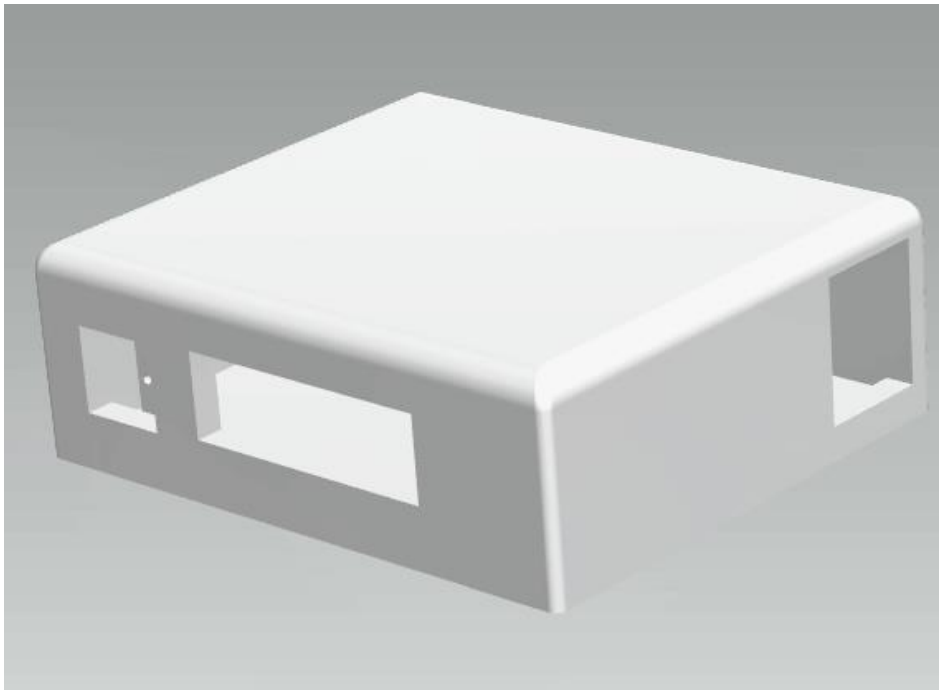


그림1 라즈베리 파이와 저비용 센서를 이용한 기기

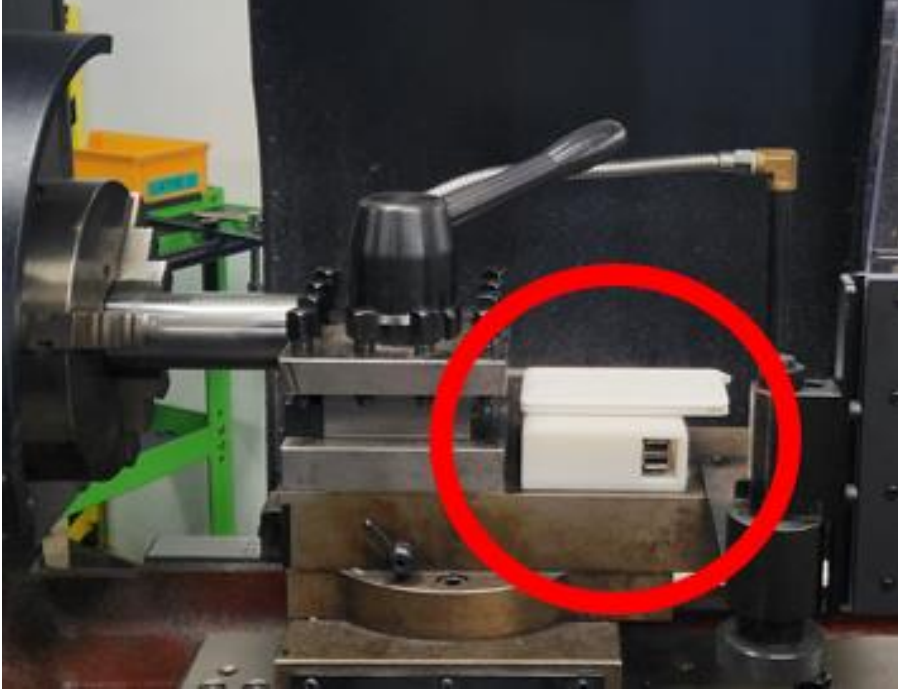


그림2. Tool Slide에 부착한 데이터 수집 실험 사진

시퀀스 설계

- 현업의 가공 실태를 고려하여, 서로 다른 가공 조건의 공정을 합친 일련의 공정 시퀀스 설계

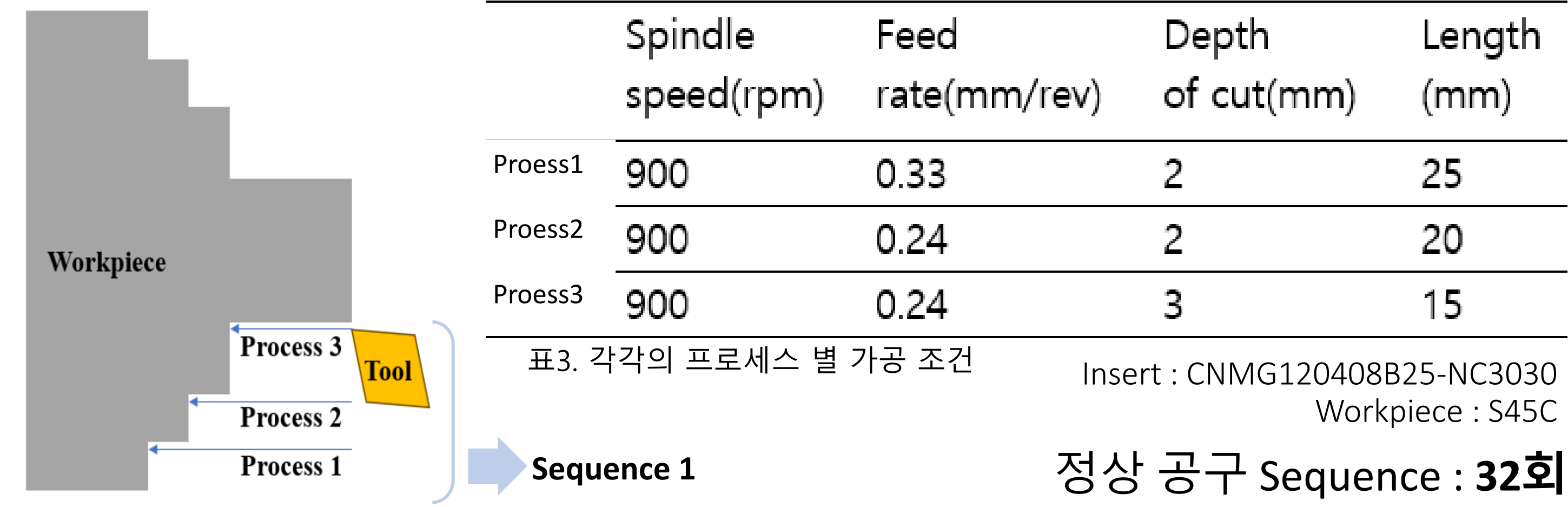


그림3. 세개의 프로세스를 통한 1개의 시퀀스 설계

데이터 분석 및 학습

데이터 전처리과정

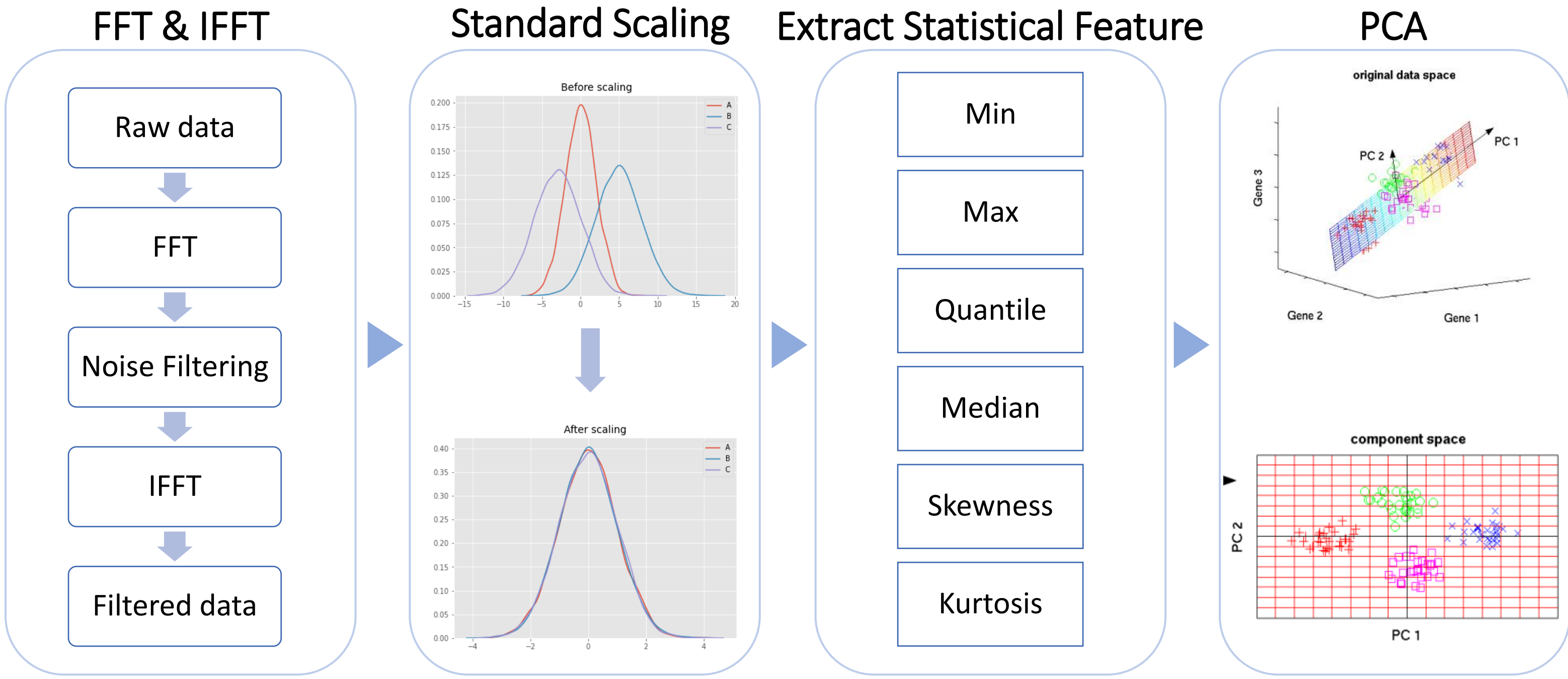


그림4. 데이터 전처리 과정

머신러닝 알고리즘 모델 선정

- 정밀도가 가장 좋은 XGBoost를 공구 마모 진단 장치 탑재용 알고리즘으로 선정



그림5. 머신러닝 알고리즘 별 정밀도 비교

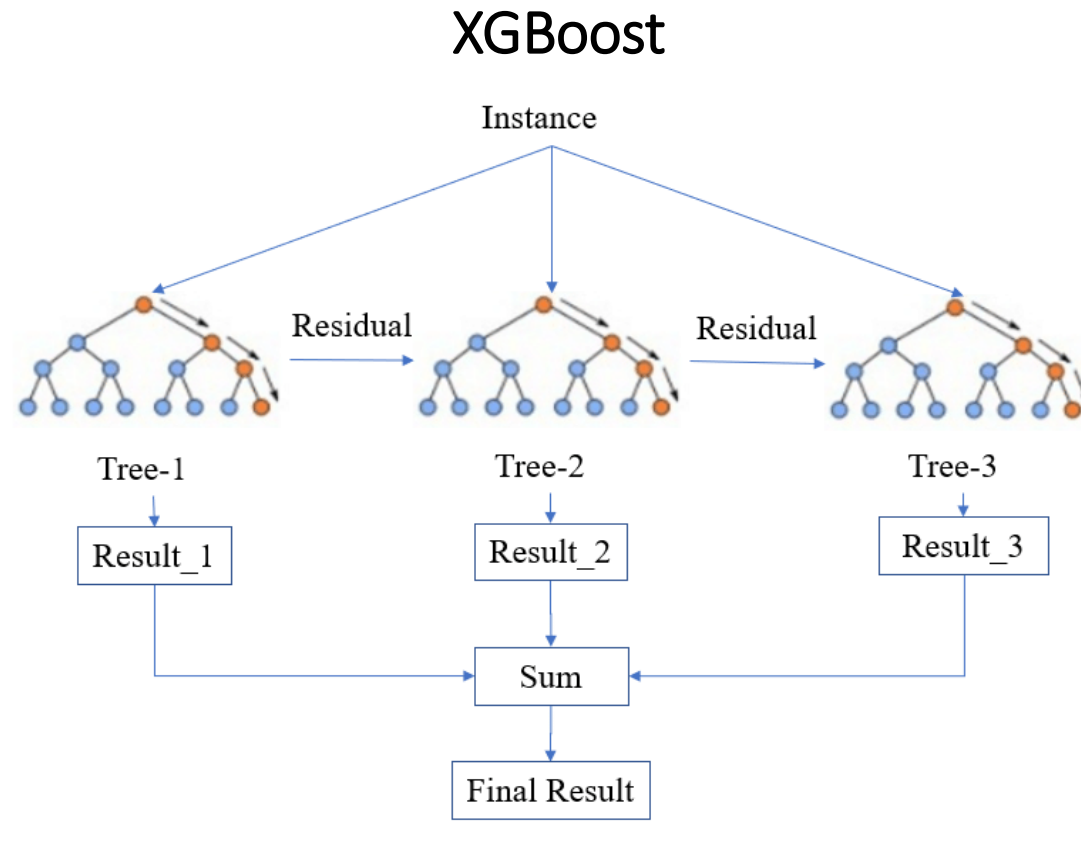


그림6. XGBoost 알고리즘 모델 원리

공구 마모 진단 결과 도출 과정

- 센서 별 알고리즘의 결과를 종합하여 진단 결과 도출

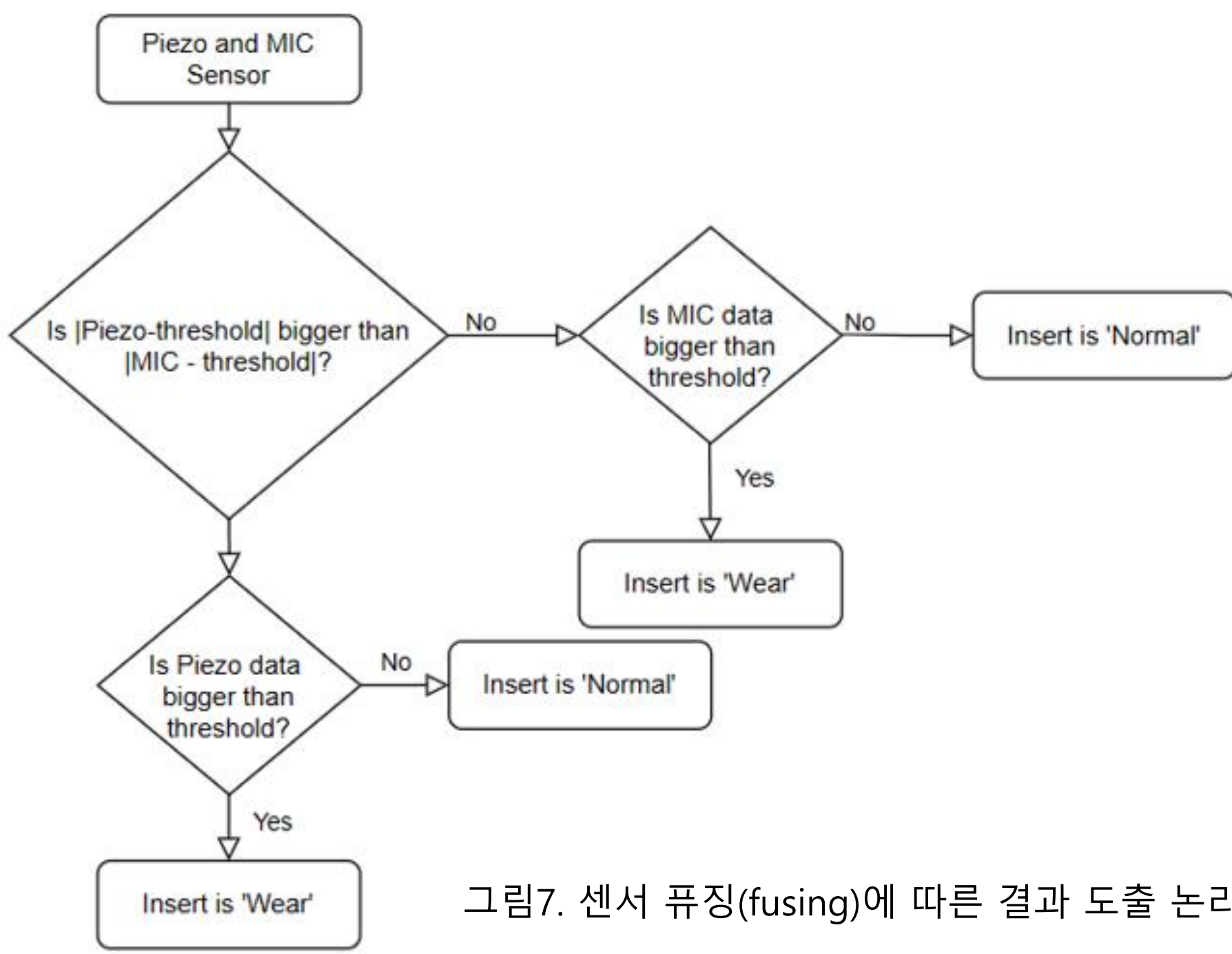


그림7. 센서 퓨징(fusing)에 따른 결과 도출 논리 구조

공구 마모 진단 장치 성능 검증

- 임의의 공구를 이용한 시퀀스 실험 결과 공구 마모 진단 정확성 95.8% 달성

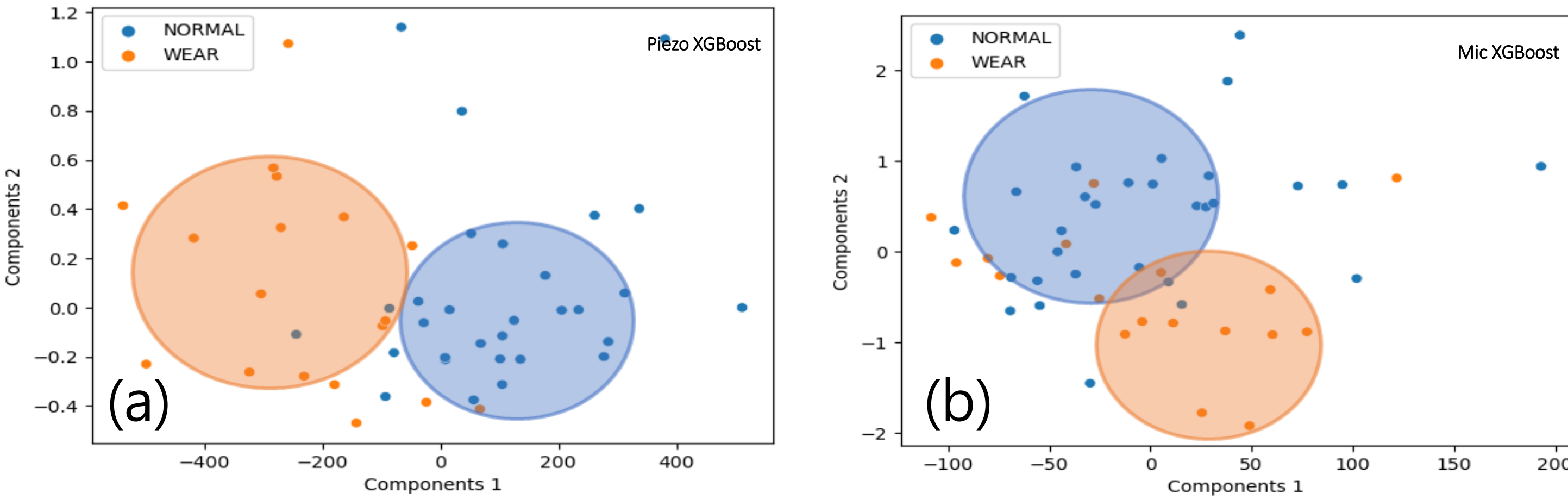


그림8. XGBoost 실험 결과 Scatter plot (a)Piezo Sensor (b) Microphone

- 고성능 장비에 비해 97.6% 비용 감축 (8,046,680₩ -> 189,770₩)

향후 계획

- 전용 부품 사용을 통한 소형화와 데이터 수집 성능 향상
- 저가형 공구 마모 진단 장치 보급화의 가능성 시사