



Smart Cutting

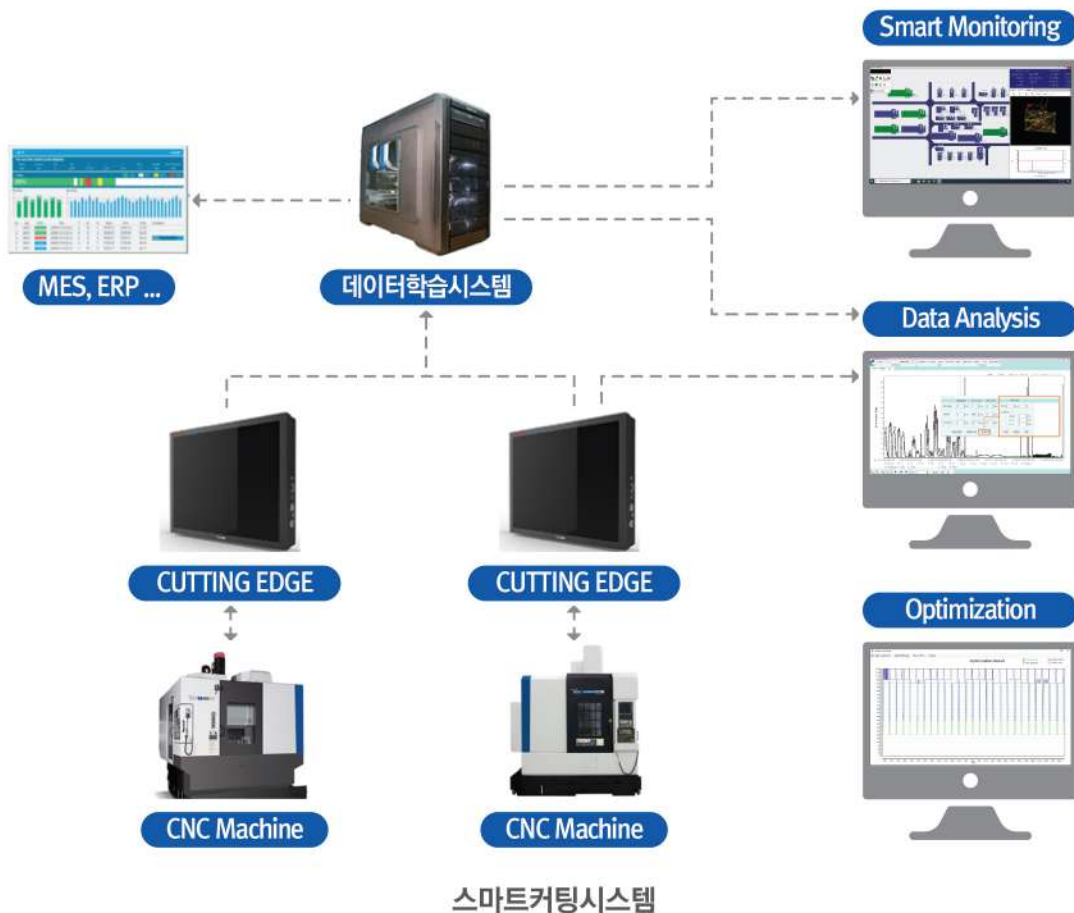
Smart Cutting makes the better works!

CNC기계 가공과 데이터가 융합한
Digital Transformation 솔루션

절삭가공기술의 혁신, 스마트커팅(Smart Cutting)

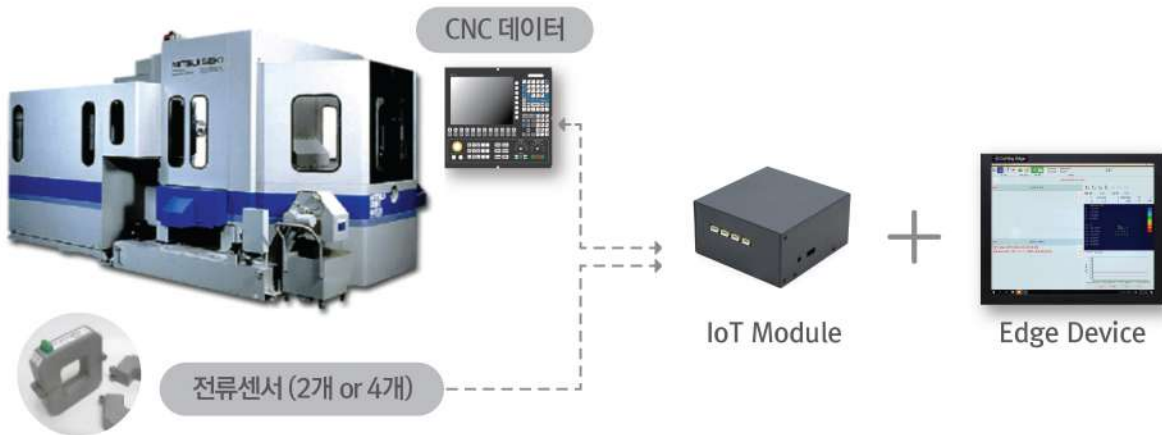
스마트커팅은 CNC기계 가공에서 생산성 혁신을 창출하는 Digital Transformation 솔루션입니다. 스마트커팅은 CNC공작기계로부터 가공조건 데이터 등과 IoT로 가공상태/장비 데이터를 모니터링하여 데이터분석/진단/최적화를 수행하고, 데이터학습을 통해서 최적작업을 수행하도록 장비와 공정조건을 제어할 수 있습니다.

많은 고객사에서 스마트커팅을 제조현장에 적용함으로써 가공부하기반 이송속도 적응제어와 공구파손 인지 후 공구자동교환 등을 통해서 생산시간 단축과 함께 품질향상을 이루어 냈습니다. 또한 고객사가 기존에 구축한 PoP, MES, ERP 등과도 데이터 호환을 지원함으로써 제조업의 디지털 전환을 적극적으로 지원하고 있습니다.



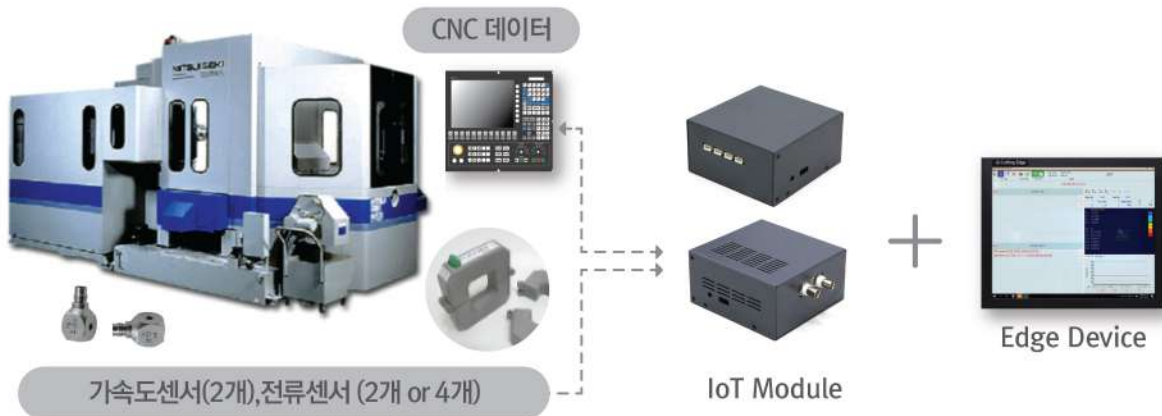
엣지 디바이스

■ Cutting Edge(Advance2/4)



- CNC데이터를 실시간 모니터링: 실제 이송속도, 실제 RPM 등
- 스피들모터, 이송서보모터 부하의 실시간 모니터링
- 이송속도 최적화를 위한 적응제어 (전류센서와 스피들로드 기반)
- 공구 파손 검출 및 진단: 전류센서 기반

■ Cutting Edge(Premium2/4)



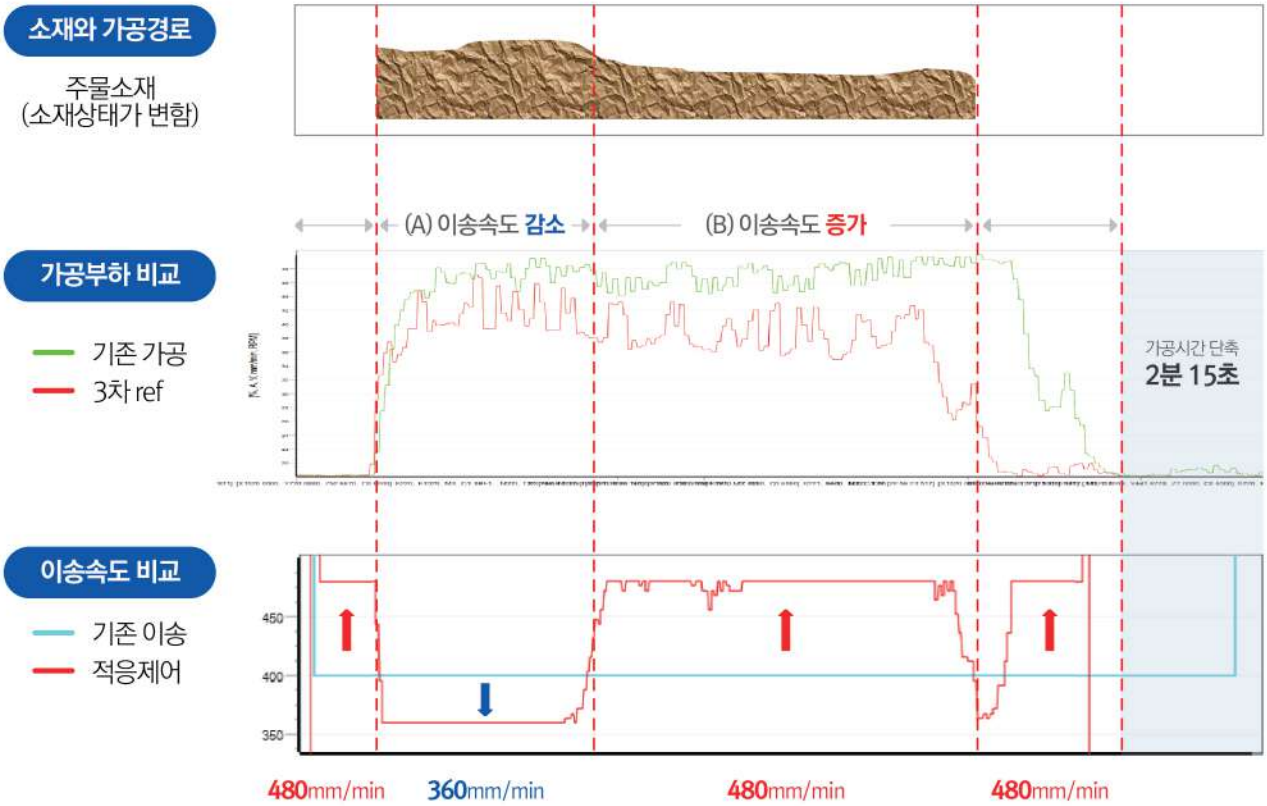
- CNC데이터를 실시간 모니터링: 실제 이송속도, 실제 RPM 등
- 스피들모터/이송모터 부하 및 가공상태의 실시간 모니터링
- 이송속도 최적화를 위한 적응제어, 채터 검출 및 제거
- 공구마모 진단(전류센서 기반) 및 소경공구 파손 검출(가속도센서 기반)

주요기능

■ 데이터학습을 통한 최적가공(이송속도 적응제어)

- 데이터학습 기반으로 개선된 레퍼런스데이터(Reference data)* 생성
 - 예) 소재가 불균일할 때 주물 덩살 등을 반영하여 이송속도를 제어
 - 덩살량이 많은 부위(A) → 이송속도 감소 → 과부하 방지, 가공품질 향상
 - 덩살량이 적은 부위(B) → 이송속도 증가 → 가공시간 단축, 생산성 향상
- 적용사례에서 레퍼런스데이터* 적용 후 가공시간 11.5% 단축, 가공부하 38.2% 감소, 이송속도 12.2% 향상

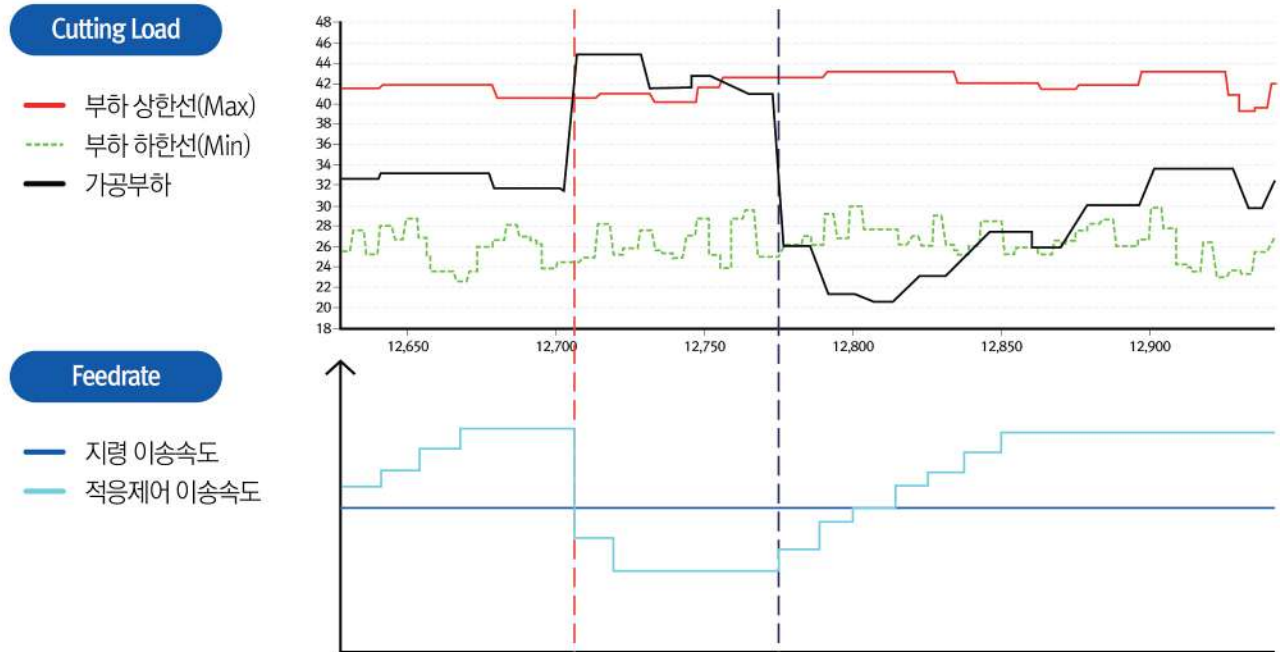
* 레퍼런스데이터 : 데이터학습을 통해 생성된 가공진단/제어에 대한 기준 데이터
가공경로



Ref 적용 결과		ref 적용 후 가공시간비교(초)	ref 적용 후 평균이송속도 비교 (mm/min)	ref 적용 후 평균가공부하비교[A]	
기준가공	19분 45초	기준가공	400	기준가공	29.99
1차 ref	19분 32초 (-1.1% ↓)	1차 ref	400.77 (0.2% ↑)	1차 ref	28.63 (-4.5% ↓)
2차 ref	18분 18초 (-6.3% ↓)	2차 ref	429.66 (7.2% ↑)	2차 ref	22.56 (-21.2% ↓)
3차 ref	17분 30초 (-11.5% ↓)	3차 ref	448.78 (12.2% ↑)	3차 ref	18.55 (-38.2% ↓)

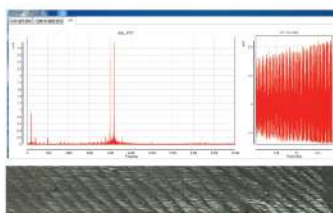
이송속도 적응제어

- 가공부하를 최적 범위 내에서 유지하도록 이송속도를 적응제어
- 과부하 구간에서 이송속도 감소를 통한 가공부하 저감 등 가공품질 향상
- 저부하 구간에서 이송속도 증가를 통한 가공시간 단축과 생산성 향상

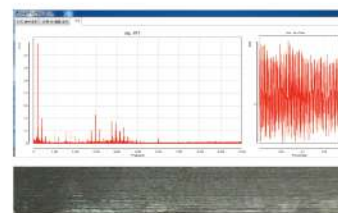


채터(Chatter) 진단 및 제거

- 가공 중에 채터가 발생할 때 진동데이터와 커팅다이내믹스 기반의 채터 진단과 최적RPM으로 제어하여 채터 제거 및 가공품질 향상



진동 발산	진동 감쇄
Chatter	No Chatter
6,000 RPM	5,936 RPM



스마트커팅(Smart Cutting)

■ 공구파손 검출

- 가공부하 데이터의 패턴 비교를 통해서 공구파손을 검출
- 가공부하가 정상가공부하 범위를 벗어나는 경우 공구파손 알람

정상공구: 공구파손 미검출



— 정상공구 가공부하 — 부하상한 - - - 부하하한

파손공구: 공구파손 검출

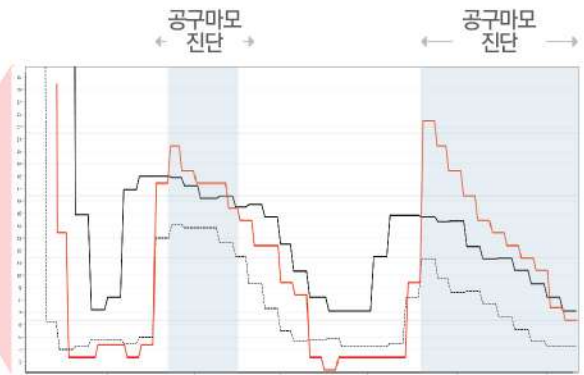
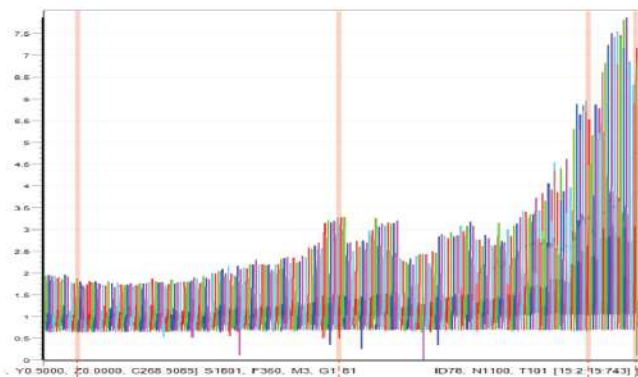


— 파손공구 가공부하 — 부하상한 - - - 부하하한

■ 공구마모 진단

- 가공부하 데이터 학습을 통해서 공구마모를 진단
- 공구별 수명 상한 레퍼런스를 산출 및 공구수명 예측
- 공구별 적절한 공구교환 시점을 제공

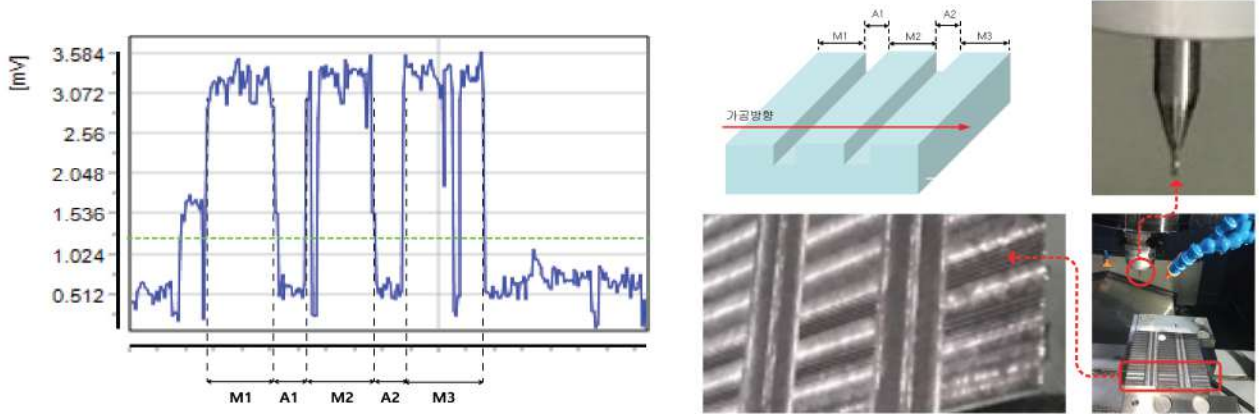
공구마모에 따른 가공부하 추이



— 마모공구 가공부하 — 부하상한 - - - 부하하한

■ 소경공구 파손 검출

- 소경공구($\phi 1\text{mm}$ 이하)의 파손을 실시간 검출하여 알람 및 자동 Feed-hold를 하며, 파손 위치를 기억하여 재가공 시 공구의 가공위치 셋팅을 지원함



■ NC코드 최적화

- 가공이력데이터를 분석하여 가공이력데이터 내에 있는 채터와 과부하 등의 불량작업의 원인이 된 가공조건의 수정 및 가공시간 단축을 위해 절삭조건 최적화를 수행하는 NC코드를 생성



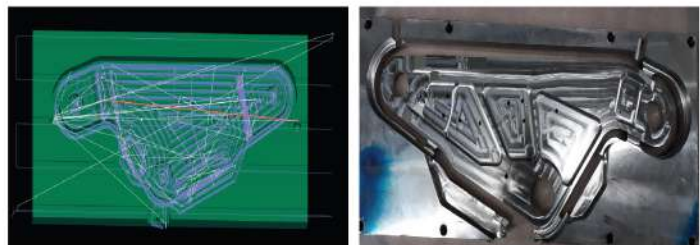
가공이력데이터 분석



최적화된 NC코드 생성



가공시간 단축

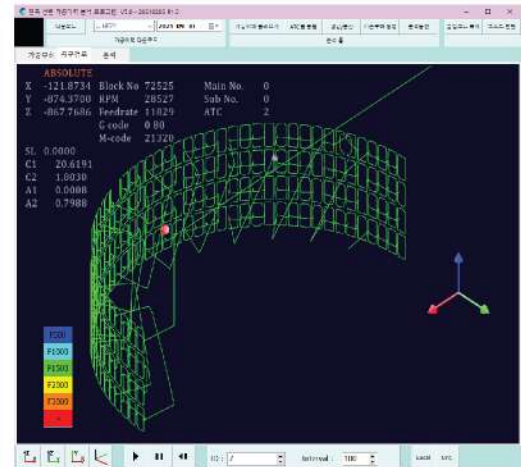
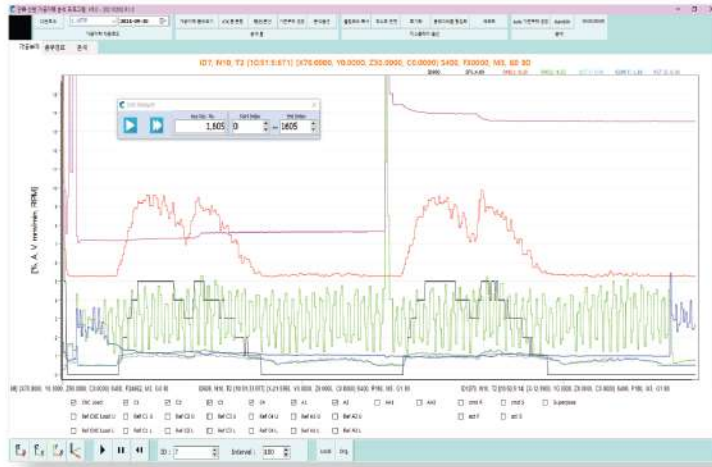


적용사례

스마트커팅(Smart Cutting)

Data Analysis

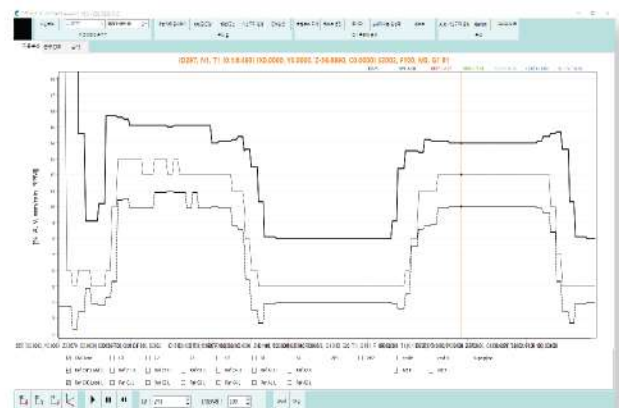
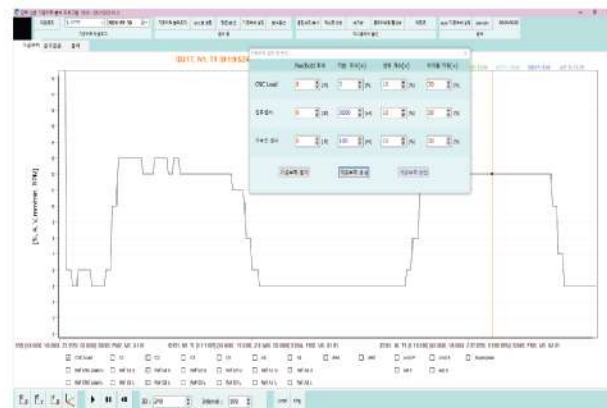
- 가공이력데이터를 분석하여 불량발생 위치와 원인 등을 분석
 - 품질 불량이 발생한 가공위치, 가공조건, 가공부하 데이터의 상관관계에 기반한 정상상태/이상상태 등을 추출
 - 공구수명 전주기 동안 시계열에 따른 가공부하 패턴 및 톨카운트 추출



가공이력데이터 분석

Data Reference

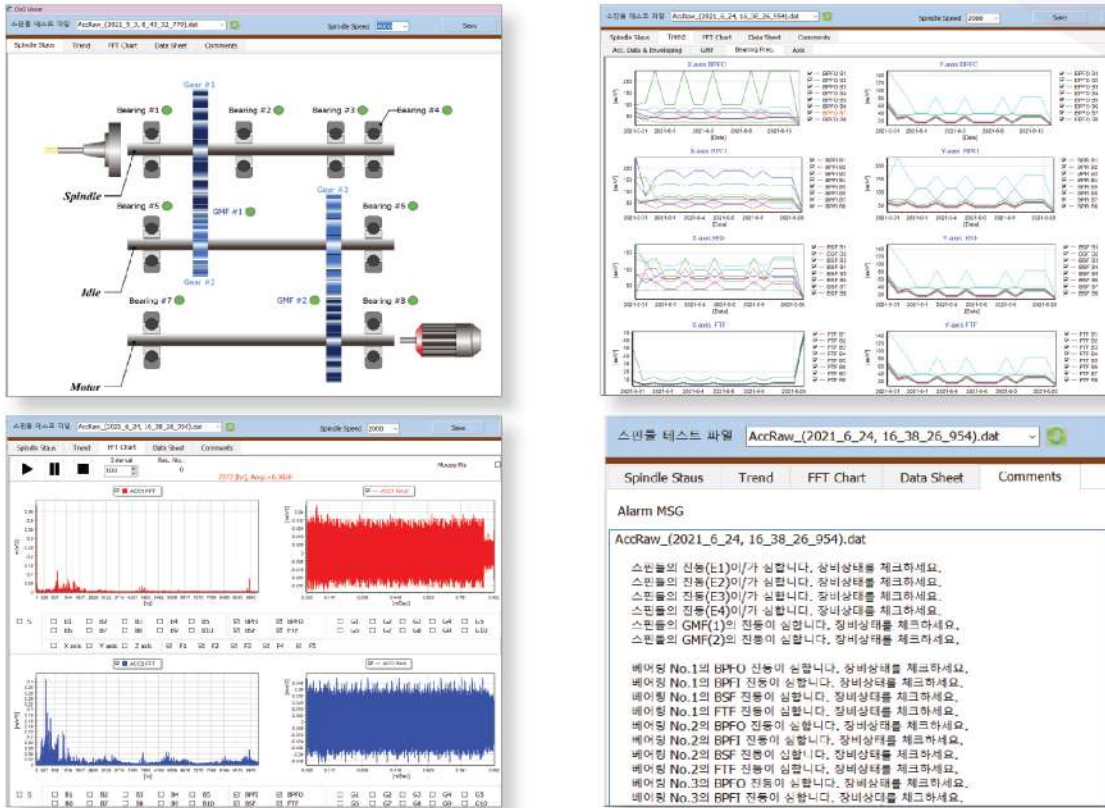
- 적응제어, 공구마모/파손 진단을 위한 reference data 생성
- 가공상태/공구상태 진단을 위한 reference data 생성
- 이송속도 적응제어와 공구상태 진단을 동시에 수행하는 최적 reference 생성



reference 생성

스핀들 상태진단

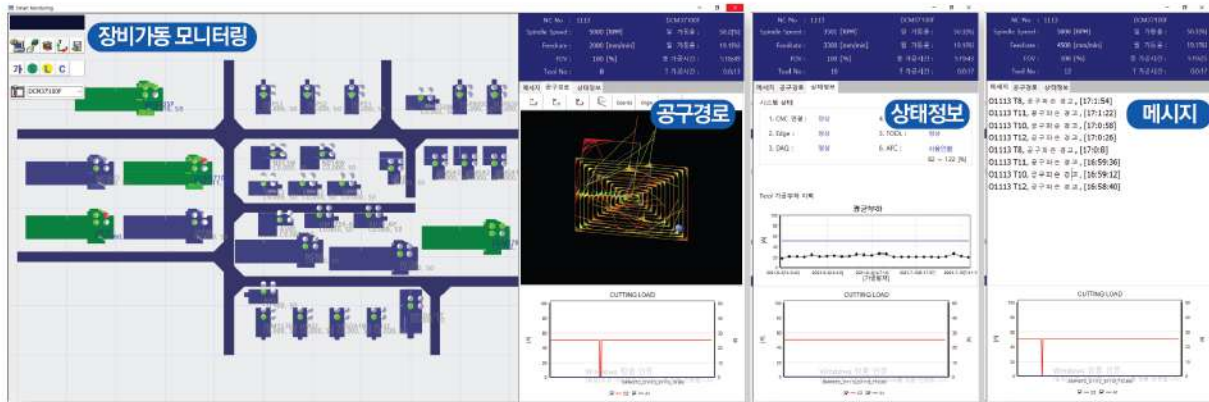
- 스팀들 모듈의 모터, 베어링, 기어 등의 진동 데이터를 분석하여 스팀들 상태를 실시간으로 모니터링하고 장비의 고장 및 이상상태를 조기에 감지



스핀들상태 진단화면

가공공정관리 모니터링

- 장비 가동상태의 정보와 장비별 가공횟수, 가공상태, 가공중단 등을 가시화하며, MES에서 상기 정보를 사용할 수 있도록 데이터 호환을 지원



가공공정관리 모니터링

제품군

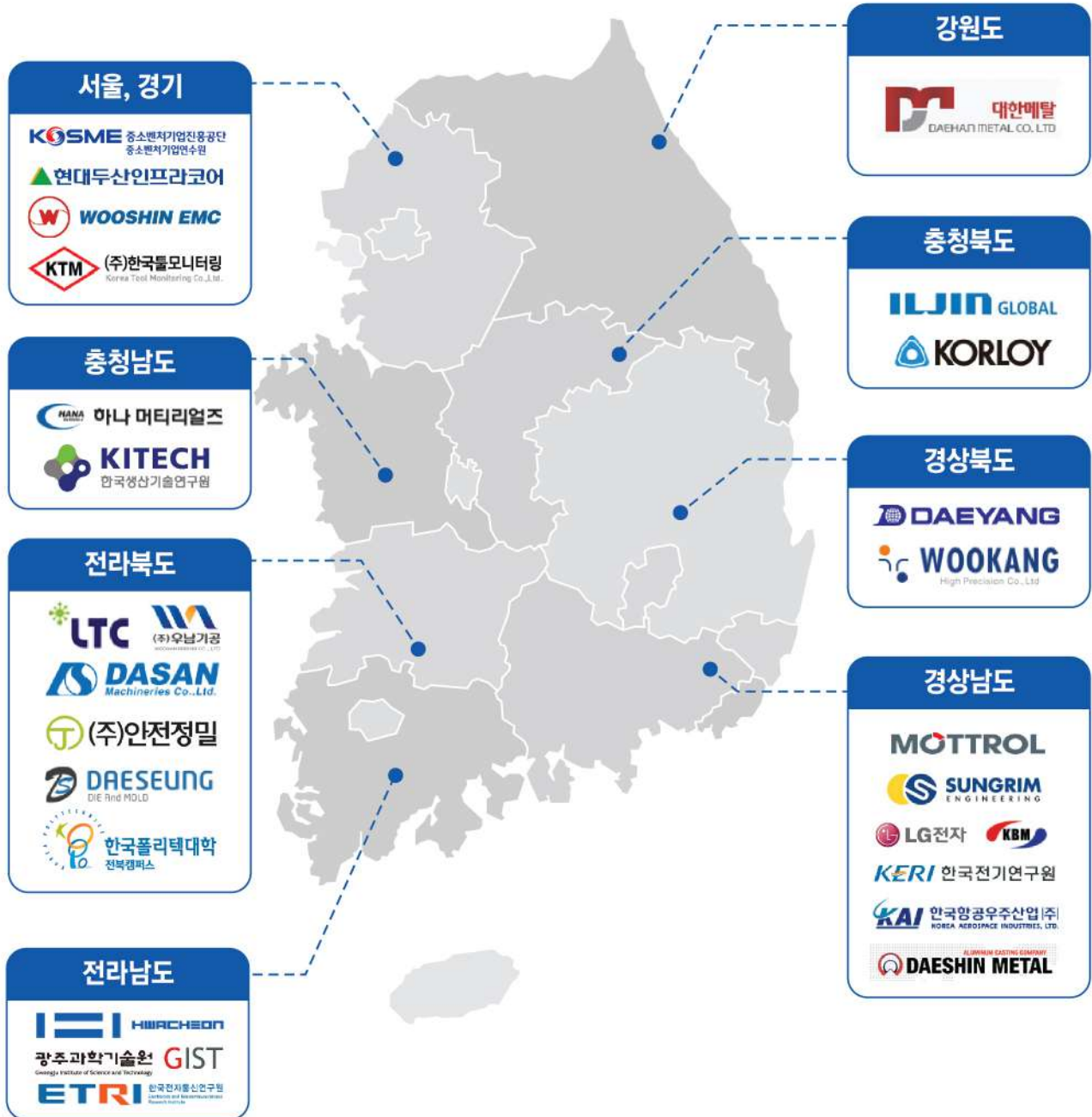
■ Cutting Edge

기능	CUTTING EDGE ADVANCE2	CUTTING EDGE ADVANCE4	CUTTING EDGE PREMIUM2	CUTTING EDGE PREMIUM4
실시간 모니터링	●	●	●	●
다축스핀들 실시간모니터링		●		●
이송속도적응제어	●	●	●	●
채터 진단 및 제거			●	●
공구파손 검출	●	●	●	●
공구마모 진단(학습 연계)	●	●	●	●
공구파손감지자동공구교환	●	●	●	●
소경공구 파손 검출			●	●
IoT 모듈	ADC(1)	ADC(1)	ADC(1), DAQ(1)	ADC(1), DAQ(1)
IoT 센서	전류센서(2)	전류센서(4)	전류센서(2),가속도센서(2)	전류센서(4),가속도센서(2)

■ 학습시스템 & 데이터활용 SW

기능	학습시스템		데이터활용 SW		
	Lite	Premium	Optimization	Data Analysis /Reference	Smart Monitoring
PoP	●	●			
옛지관리	●	●			
가공공정관리모니터링	●	●			●
NC코드 최적화			●		
가공이력데이터분석 /레퍼런스 생성		●		●	
스핀들상태진단		●			
레퍼런스 학습		●			

고객사



EDIM

Edge & **D**ata
Innovate
Manufacture