

2021 Fall Aalto EMBA

**전기 설비의 자동화와
빅데이터를 활용한 예지보전**

전 정 재

December 2022

2021 Fall Aalto EMBA

**Automation of Electrical Facilities
and Preservation of Foresight Using Big
Data**

Jeongjae JEON

December 2022

Executive Summary (Korean)

산업 제어 및 공장 자동화, Smart Factory가 국내 산업계에서 화두가 된 지도 10여 년이 된다. 제어, 자동화에 이어 Smart하게 변모하는 산업은 다양한 프로세스를 수행하는 과정의 수동 작업을 줄일 수 있는 자동화된 장비, 컴퓨터 및 IT 소프트웨어의 통합을 말한다. 이를 통해, 수동 작업에 의한 작업자의 실수를 줄이고, 제품의 생산성과 품질의 향상시키며, 작업의 정확성과 안전을 보장할 수 있다는 점은, 전반적으로 효율성을 향상시키는 것을 의미한다.

산업 자동화 시장은, 기술의 광범위한 사용, 인구 증가에 따른 소비 증가로 인한 양산의 필요성, 국가 주요 산업 및 새롭게 부상하는 산업에서의 자동화 공정 채택을 위한 정부의 계획 등으로 인해 성장을 촉진하고 있다. 4차 산업혁명이 가속화됨에 따라 인버터 역시 지금보다 더 스마트한 기기로서의 진화가 예상된다. 자동화 산업에서의 인버터(혹은, 드라이브)는 연결성, 효율성이 중요시되고 있다.

Smart한 자동화는 한 업체, 하나의 Solution, 하나의 Rule로는 구축할 수가 없다. OT(Operational Technology)와 IT(Information Technology)의 다양한 솔루션과 기술이 통합되어야만 완성이 될 수 있다. 따라서 Global Major 자동화 업체는 물론, OT에 특화된 기술력을 지닌 국내의 자동화 업체들이 협력관계를 이루어 자동화 생태계 구축에 역량을 집중하면서, 궁극적으로는 고객의 요구에 즉각적으로 대응할 수 있는 역량을 강화하는데 주력하고 있다.

국내 산업자동화 시장이 점차 고도화 단계로 진행되면서, 자체 기술력과 다양한 솔루션을 보유하고 있는 기업에 유리한 시장 상황이 전개될 것이며, Total 솔루션을 공급할 수 있는 기업이 산업 자동화 시장에서 선도적인 위치를 차지할 것이다. 아무리 뛰어난 IT를 보유하고 있어도, 모든 Data가 생성되는 OT가 빈약하다면, 고객이 원하는 자동화 시스템을 구축할 수 없다는 진리가 설득력을 얻는다. 우수한 OT를 기반으로 IT를 더해 생산의 효율성을 극대화하는데 초점을 맞추어야 한다.

글로벌 자동화 시장규모는 2022년까지 매년 9.3%씩 성장해, 2054억 달러의 규모가 형성될 것으로 전망된다. 특히, 한국의 시장규모는 2020년에는 78.3억 달러, 2022년까지는 127.6억 달러로, 연간 12.2%의 높은 성장률을 보이면서, 아시아 지역에서 중국에 이은 두 번째로 빠른 성장 속도를 보이고 있다.

IT가 접목되어 제공되는 AI 빅데이터 기반의 자동화는 제조 산업에서 생겨날 수 있는 다양한 문제들의 대안을 제시하고, 다양한 형태의 공장으로 변모하여 역동적인 산업체계가 구축될 것이라 전망된다. 최근 주요 인버터 생산 업체들은 하드웨어보다 소프트웨어 개발에 집중하고 있는 것으로 나타났다. 기존의 전력 변환 기술만이 아닌 각 생산 설비들 간의 연결을 통해 데이터들을 수집, 분석하고 효율적인 운영을 위한 기술들이 개발되고 있다.

Executive Summary (English)

It has been more than 10 years since industrial control, factory automation, and Smart Factory became a hot topic in the domestic industry. Following control and automation, the industry that is changing to smart refers to the integration of automated equipment, computers and IT software that can reduce manual tasks in the process of performing various processes. Through this, it is possible to reduce the error of the operator due to manual work, improve the productivity and quality of the product, and ensure the accuracy and safety of the work, which means improving the overall efficiency.

The industrial automation market is spurring growth due to widespread use of the technology, the need for mass production due to increasing consumption as a result of population growth, and government plans for adoption of automated processes in national key industries and emerging industries. As the 4th industrial revolution accelerates, inverters are also expected to evolve into smarter devices. In the automation industry, connectivity and efficiency are important for inverters (or drives).

Smart automation cannot be built with one company, one solution, and one rule. It can be completed only when various solutions and technologies of OT (Operational Technology) and IT (Information Technology) are integrated. Therefore, not only global major automation companies, but also domestic and foreign automation companies with OT-specialized technology form cooperative relationships to focus their capabilities on building an automation ecosystem, ultimately concentrating on strengthening their ability to respond immediately to customer needs.

As the domestic industrial automation market gradually progresses to the advanced stage, a favorable market situation will develop for companies that have their own technology and various solutions, and companies that can supply total solutions will occupy a leading position in the industrial automation market. Even if you have excellent IT, if the OT that generates all data is poor, the truth that you cannot build the automation system that customers want is convincing. It should focus on maximizing production efficiency by adding IT based on excellent OT.

The size of the global automation market is expected to grow at an annual rate of 9.3% until 2022, reaching \$205.4 billion. In particular, the market size of Korea is 7.83 billion dollars in 2020 and 12.76 billion dollars by 2022, showing a high annual growth rate of 12.2%, showing the second fastest growth rate in Asia after China.

AI big data-based automation provided by combining IT is expected to present an alternative to various problems that may arise in the manufacturing industry and to transform into various types of factories to build a dynamic industrial system. Recently, it has been shown that major inverter manufacturers are focusing on software development rather than hardware. In addition to the existing power conversion technology, technologies for data collection and analysis and efficient operation are being developed through connection with each production facility.

목차

I. 서론

- 1. 연구 배경 - 1 -
- 2. 연구 목적 - 3 -

II. 현황

- 1. 국내 산업자동화 시장에서의 인버터 적용 - 8 -
- 2. 빅데이터 활용 예지보전 시장 - 11 -

III. 사례 분석

- 1. 주요 산업 - 철강 산업 - 15 -
- 2. 주요 설비 - 크레인 - 20 -
- 3. 주요 산업/설비 예지보전 - 23 -

IV. 결론 및 시사점

- 1. 요약 및 결론 - 25 -
- 2. 시사점 - 26 -

참고문헌 - 27 -

그림 목차

그림 1. 피드백 제어	2 -
그림 2. 산업별 디지털화 단계	3 -
그림 3. AI 기반 설비 예지 보전 클라우드 시스템	4 -
그림 4. AI 및 디지털트윈 기반 설비 예지보전 허브 플랫폼	5 -
그림 5. 제조 프로세스 데이터 처리	7 -
그림 6. 산업자동화 및 스마트공장	8 -
그림 7. 2022년 국내 산업자동화 및 스마트공장 시장 전망	9 -
그림 8. 전년 대비 2022년 국내 산업자동화 성장률 기대(좌) 및 2022년 스마트공장 시장을 주도할 핵심 기술(우)	9 -
그림 9. 중소/중견 제조기업 스마트공장 도입률(좌) 및 스마트공장 시스템 도입 여부(우)	10 -
그림 10. 스마트공장 도입 만족도(좌) 및 스마트공장 도입 만족 이유(우)	10 -
그림 11. 스마트공장 구축 자부담금(좌) 및 스마트공장 고도화 위한 당면 과제(우)	11 -
그림 12. 글로벌 데이터 증가 추이 및 빅데이터 처리능력 향상	11 -
그림 13. Total PdM Market 규모와 성장 기대치	12 -
그림 14. 산업데이터플랫폼 트렌드	13 -
그림 15. 산업데이터플랫폼 구성	14 -
그림 16. 철강 산업 개요도	15 -
그림 17. 철강 생산 과정	16 -
그림 18. NETIS (National Emission Total Information System)	17 -
그림 19. Damper/Valve 제어와 인버터 제어 방식 비교	19 -
그림 20. 크레인의 종류 및 시장의 크기	20 -
그림 21. Crane의 구조 특성 및 제어	21 -
그림 22. 회생 제어 인버터의 구조	22 -
그림 23. Crane 설비에 적용된 Data 수집 구조	24 -

표 목차

표 1. 디지털 구분 및 용도	- 6 -
표 2. Total PdM Market 국내 규모	- 12 -
표 3. 철강산업 에너지 사용현황	- 17 -
표 4. AI 기술을 활용한 크레인 예지 보전 솔루션 구분	- 24 -
표 5. EU 탄소국경조정제도 대상품목 대비 EU 수출 현황	- 26 -

I. 서론

1. 연구 배경

자동화(Automation)란 개념은, 자동적(Automatic)과 조작(Operation)의 합성어로, 1947년 미국 Ford 자동차 회사가 시초라 할 수 있다. 당시의 자동화는, 사람이 실시해온 작업을 기계로 이루어지던 작업 공정이 자동으로 처리되는 생산 방식이며, 목적에 맞는 작업을 조작자없이 이루어져야 하기 때문에 자동 제어 기술이 반드시 뒷받침되어야 한다. 자동화 시스템의 구성 요소로는 다음과 같다.

■ 기계 장치(Mechanism)

자동화와 공정제어를 실현하기 위해서는 데이터를 수집하고 공정을 작동시키기 위해 필요한 신호를 내보내는 메커니즘을 구성해야 한다. 공정변수를 측정하기 위한 센서(sensor)와 전송기(Transducer)나 공정 Parameter를 가동하기 위한 Switch나 Motor 같은 전기 전자 장치(Actuator)가 사용된다. 센서는 측정한 공정변수를 제어기가 인식할 수 있도록 정해진 직선성을 갖는 Analog 신호(전압, 전류, 저항)로 변환하여 제어기로 전송하게 된다. 측정하고자 하는 제어 대상체의 공정변수로는 온도(Temperature), 습도(Humidity), 압력(Pressure), 유량(Flow), 레벨(Level)등이 있다.

■ 제어기(Controller)

제어 대상인 기계 장치를 제어하는데 사용되는 마이크로프로세서(Microprocessor)이다. 제어기, 지시경보계(Indicator), 기록계(Recorder), 데이터로거(Data Logger)등이 복합적으로 사용된다. 1차적으로 이상적인 공정제어를 목표로 제어기가 제어 기능을 수행하고 이외의 기기들은 공정제어가 제대로 수행되고 있는지를 감시(지시경보계)하고, 기록(기록계)하며 데이터를 저장(데이터로거)한다. 제어기의 입력부는 변환기로부터 전송받은 아날로그 신호를 샘플링하여 공정변수의 현재 값을 표시, 측정하게 된다. 측정 입력부에서 가장 중요한 역할을 하는 아날로그/디지털 변환기(A/D컨버터)이다.

■ 인터페이스(Interface)

기계장치와 제어기를 연결해주는 과정으로, 전체적인 기계장치 구성 후에 제어기인 전기 전자 장치와 제어가 될 수 있도록 연결해주는 것을 말한다. 현장 내의 공정변수 정보를 확인하고 일괄 연동제어(HMI, PLC)를 목적으로 하드웨어 통신 제어 시스템인 필드버스(Fieldbus=Field+Bus)가 사용되며, 기존의 시리얼통신(RS-232C, RS422, RS485)이 제약된 조건의 로컬 지역에서만 활용이 가능하여 원거리 원격에서의 모니터링에 어려운 단점이 있어서 이를 극복하고자 고속 필드버스와 산업용 Ethernet이 대중화되고 있다.

■ 제어기술

자동화 시스템을 사용자가 원하는 응답을 얻을 수 있도록 해주는 제어 알고리즘을 말하며, 시퀀스(Sequence)제어와 피드백(Feedback)제어로 구분할 수 있다. 시퀀스제어는 미리 정해진 순서에 따라 동작시키는 것을 의미하고, 피드백제어는 물리량(제어량)의 값을 목표치에 일치시키는 것을 의미한다. 한마디로, 자동화를 "제품 및 서비스의 생산 및 전달을 모니터링하고 제어하기 위한 기술의 생성 및 적용"으로 정의한다.



그림 1. 피드백 제어

자동화를 다음과 같은 관점에서 해석해 본다면, OT(Operational Technology)와 IT(Information Technology)의 융합이라고 보아야 한다. 기술 융합은 자동화가 오래전부터 언급된 것처럼, 새로운 아이디어가 아니다. 서로 다른 기술이 하나의 응집력 있는 시스템으로 효율적으로 통합 및 상호 운용되도록 함으로써 기업은 일반적으로 효율성을 개선하고 비용을 절감할 수 있으며, 오류를 줄여 안정성과 신뢰성을 향상시키고, 장비의 수명 연장으로 자본 지출을 감소시켜, 운영 위험을 개선하고, 경쟁 우위를 확보할 수 있다.

IT/OT 융합의 개념은 물리적(OT) 장비와 장치를 디지털(IT) 영역으로 가져오는 것이다. 이는 기계 간 통신과 같은 발전적 요소와 함께 물리적 장비에 장착할 수 있는 정교한 IoT 센서 및 Actuator의 도입으로 인해 가능하다. 이러한 장치는 표준화된 네트워킹 프로토콜을 응용한 무선 통신을 사용하여 모니터링 및 분석을 위해 각각의 물리적 시스템의 관련 데이터를 중앙 서버로 다시 전달할 수 있다. 그런 다음 해당 분석의 결과를 물리적 시스템으로 다시 전달하여 보다 자율적인 작동을 허용하고 정확도를 높이며 유지 관리에 이점을 제공하고 가동 시간을 개선할 수 있다.

무선 센서 및 액추에이터 네트워크와 같은 센서 및 연결된 시스템이 수처리, 전력 및 공장과 같은 산업 환경 관리에 점점 더 통합 운영되고 있다. 산업 환경에서 자동화, 통신 및 네트워킹의 통합은 IoT의 필수적인 부분이며 인더스트리 4.0이라고 한다.

IoT는 특히 에지 컴퓨팅과 결합하여 IT/OT 융합의 IT 부분을 가능하게 한다. 중앙 클라우드 서버가 아니라 이용자의 단말기 주변(edge)이나 단말기 자체에서 데이터를 처리하는 기술로 기존 클라우드 컴퓨팅(중앙 서버가 모든 데이터를 처리)에 비해 인터넷을 통한 데이터 전송을 줄일 수 있어 보안성이 뛰어나다. 데이터 양이 많고 실시간 처리가 필요한 자율주행자동차, 스마트 공장, 사물인터넷(IoT) 등에서 대거 활용될 전망이다. 앞서 언급했듯이 OT 장치는 전통적으로 네트워크에 연결된 기술이 아니다. IoT 장치는 정의에 따라 데이터를 수집, 전송 및 분석할 수 있는 네트워크로 연결된 컴퓨팅 장치를 말한다. 예를 들어 센서와 같은 기존 OT 장치는 데이터를 수집할 수 있지만 대규모 네트워크를 통해 데이터를 전송하거나 해당 데이터에 대한 심층 분석을 수행할 수 없다.

2. 연구 목적

인버터란 모터(3상 유도 전동기)의 속도를 변화시키는 장치로 에너지 절약, 공장자동화 합리화에 필수불가결한 장치를 말한다. 인버터의 특징으로는 주파수와 전압을 가변하여 모터의 속도를 제어하는 방식으로 0.5HZ에서 60HZ까지 다양하게 변화시킬 수 있으며, 에너지 절약 분야, 전기자동차, 엘리베이터, 전철 등의 민생분야, 섬유기계, 공작기계, 반송기계, 공장프로세스라인 등의 공장자동화 분야 등에 쓰이고 있다.

이러한 인버터는 지난 1950년대 미국의 GE에서 사이리스터 방식으로 처음 개발되어 시장에 등장하였는데, 처음 공장자동화 분야를 중심으로 수요가 급속히 늘어나면서 이제는 가장 널리 사용되는 전동기 가변속기기가 됐다. 초기 인버터는 당시 속도변화가 용이한 유일한 전동기가 직류 전동기였으나 유지보수에 어려움이 많아 이를 대처하기 위해 유지보수에서 유리한 유도 전동기의 가변속 제어를 위해 주로 사용됐다. 국내에는 80년대 초반 생산성 및 품질 향상을 목적으로 공장자동화 기기를 대상으로 사용되다가 점차적으로 에너지 절약의 중요성이 부각되면서 생산성 및 품질향상 외에도 에너지 절약을 목적으로 사용되고 있다. 이와 같은 인버터 시장의 확대는 가격의 하락에 따른 시장의 확대와 소형 경량화, 성능 향상, 새로운 응용 부하에 대한 제조사의 적극적 노력 등에 의해 이뤄지고 있다

인버터는 사용용도에 따라 전용인버터와 범용인버터로 나뉘지는 경우가 대부분이며, 전용인버터의 경우 무정전전원장치, 유도가열장치, 용접기의 응용 등 산업구분 용도에 따라 제작되어 그 산업의 특성에 맞는 전용인버터를 제작, 사용하게 된다. 이에 반해 범용인버터의 경우 산업플랜트 등의 공장설비에서부터 공작기계, 가정용에 이르기까지 광범위하게 활용된다. 인버터를 적용하기 위해서는 사용자가 사용자 특성에 맞는 인버터를 선정하는 것이 상당히 중요한 과제다. 전용인버터는 특정한 특성을 위해 제작된 인버터로서 불특정 사용자 다수를 위해 제작되거나 필요산업에서 용도에 맞게 제작, 사용자에게 의해 공급자가 조정이 필요한 벡터제어형인버터, 대용량인 인버터(전압형GOT인버터, 용량이 400Kw 이상인 인버터) 등 용도별, 부하 특성별, 운전형태, 시스템 형태에 알맞게 설계, 적용되어지는 것을 전용인버터로 분류하고 있다.

인버터는 사용전원의 일정전압과 일정주파수를 입력으로 시스템에서 교류를 직류로 변환하고 다시 직류를 교류로 전압과 주파수를 가변하여 교류전동기의 가변속도 제어 및 전력을 가변속 할 수 있어 광범위한 산업분야에서 각광받고 있다.

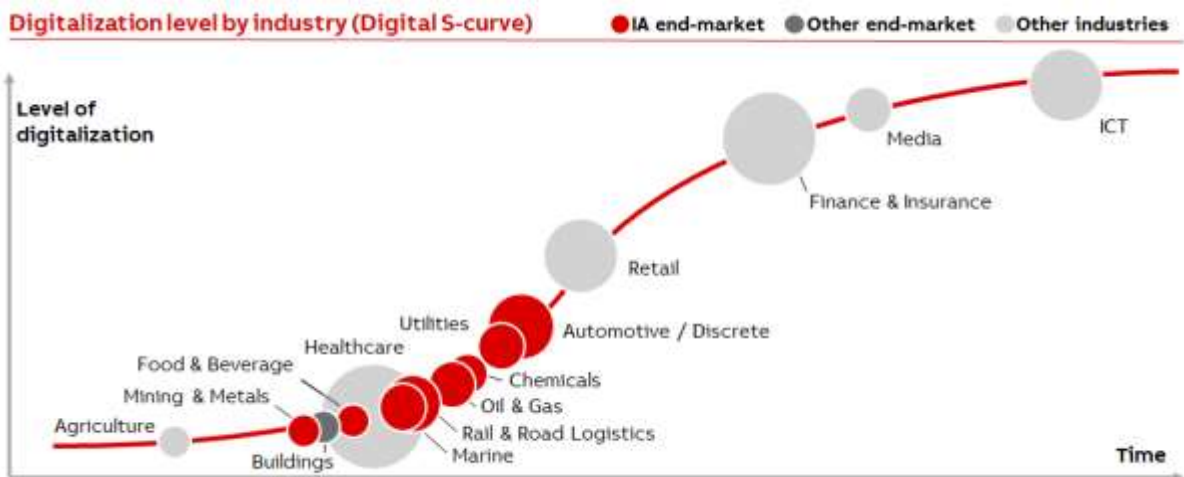


그림 2. 산업별 디지털화 단계

오늘날 "디지털화(Digitalization)"가 논의되는 방식은 사물 인터넷 기술(IoT)을 사용하여 더 빠르게 통신하고, 클라우드에서 데이터를 저장 및 처리하며, 원격 서비스를 제공하면서, 즉각적인

(금융) 거래를 수행하고, 모바일 방식으로 권한을 부여하는 것을 의미한다. 미디어 및 금융과 같은 일부 산업은 이러한 디지털화를 주도하지만 다른 산업은 최근에서야 디지털화 성숙도 곡선을 오르기 시작했다.

IA(Industrial Automation)가 주요 고객 산업으로, 디지털 자동화를 주도함으로써 기존 기술과 디지털 리더십을 적용하여 이러한 곡선을 타고 더 높은 가치를 달성하도록 해야 한다. 산업은 10년이 넘도록 산업의 자동화를 논하고 있지만, 아직 성숙하지 못한 Digitalization Level에서, 주목해야 한 산업 및 설비를 구분하고, 안정화된 기술력을 바탕으로 물리적 운영 장치를 우수하게 만들어야만 Data를 기반으로 하는 정보 기술 시스템과의 통합이 되었을 때, 산업 자동화 Level을 끌어올릴 수 있다.

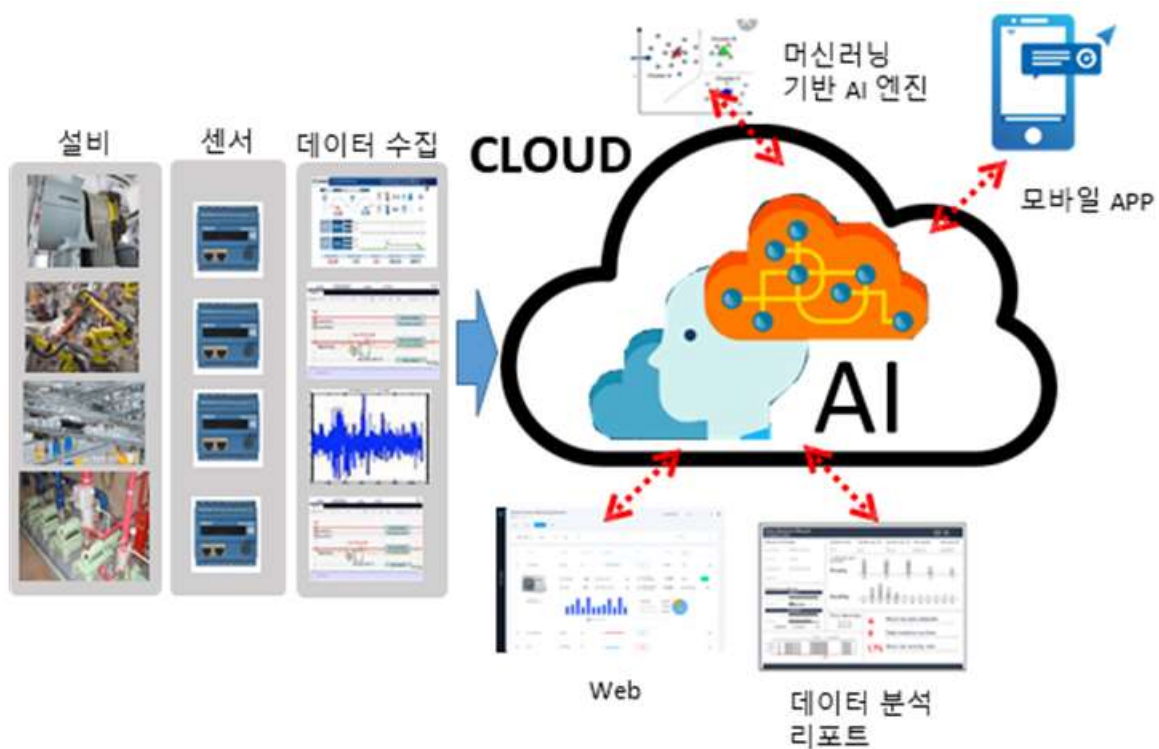


그림 3. AI 기반 설비 예지 보전 클라우드 시스템

최신 스마트 센서는 공장 현장과 같은 소스에서 데이터를 수집하고 IoT 허브 또는 게이트웨이로 전송할 수 있다. 그런 다음 해당 정보를 분석 애플리케이션 또는 통합할 수 있는 전사적 자원 관리 소프트웨어 플랫폼으로 전송한다. 조직의 통합된 비즈니스 운영 시스템으로 네트워크로 연결 되면 OT 장치는 IoT 장치로 작동한다. 공장 현장의 예에서 센서는 공장의 자재 또는 기계에 대한 작동 데이터를 수집하고 무선 네트워크를 통해 백엔드 시스템 애플리케이션으로 전송하여 해석하고 조치(예: 공장 장비 유지보수)를 할 수 있다.

AI 및 디지털트윈 기반 설비 예지보전 허브 플랫폼

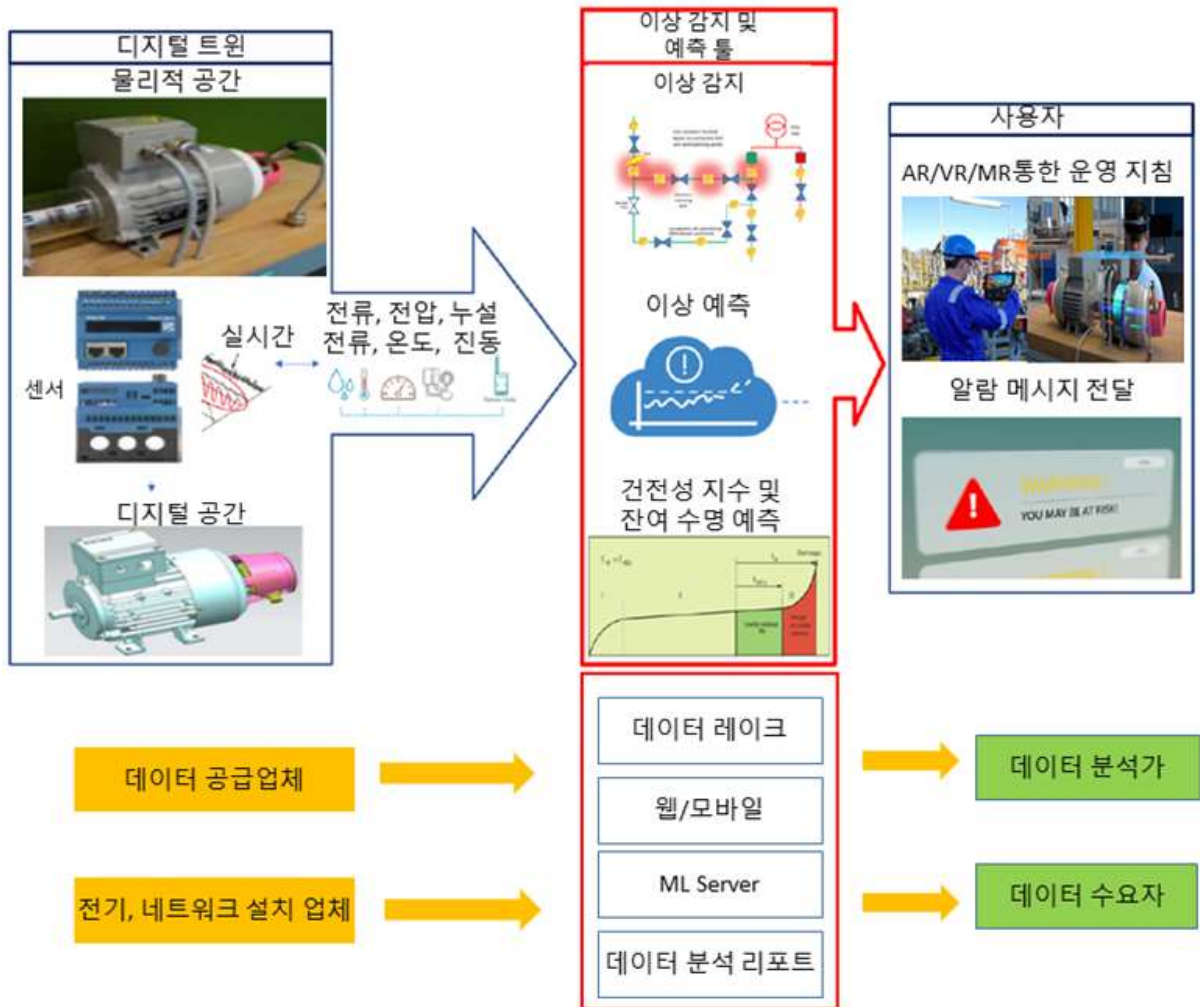


그림 4. AI 및 디지털트윈 기반 설비 예지보전 허브 플랫폼

실시간 데이터를 통해 가상에 구현된 디지털 트윈 기술을 토대로 회전기기 설비 상태 변화를 조기에 감지하고 설비의 고장 발생을 사전에 예측해 필요한 조치를 선제적으로 취하는 고도화된 설비 예지 보전 기술을 적용할 수 있다.

설비 점검 및 정비 활동 간 증강현실(AR) 혹은 혼합현실(MR) 기술도 점차 확대 활용되어 설비의 상태 정보를 현장에서 스마트폰 및 태블릿 PC 등과 같은 모바일 기기를 통해 실시간으로 확인 가능해질 것으로 전망된다.

설비 데이터 소유 및 제공하는 공급측면 참여자와 데이터를 소비 및 이용하는 수요측면 참여자를 비롯해 데이터 교환을 중개지원 하는 참여자들에게 서비스를 제공하여, 데이터 자체가 상품이 되는 데이터 시장에서 거래 교환이 되는 산업데이터플랫폼이 형성된다.

구분	용도	구분	용도
회전기기 설비	데이터 생성	RDB	집계 데이터 저장
센서 디바이스	데이터 수집	ML Server	AI 엔진
Gateway	데이터 수집/전송	APP Server	모바일 서버
DS Server	데이터 수집, 로컬 저장 전송	Web Server	웹 서버
유/무선 통신	데이터 전송	Digital Twin	디지털 트윈
API Server	데이터 송/수신	Smart Glass	혼합 현실
Kafka 클러스터	데이터 분산	Tablet	모니터링
InfluxDB	실시간 데이터 저장	Mobile	모니터링

표 1. 디지털 구분 및 용도

설비에서 전류, 전압, 지락, 유효전력, 온도, 습도, 진동 등의 데이터는 Edge Computing, Raw 데이터 전처리 및 알람 알고리즘으로 수집되어 네트워크 통신을 통해 현장에서도 설비 상태를 모니터링할 수 있고, 웹을 통해 전달되어 원격으로도 모니터링이 가능해지는 기술이 구현되어 있다. 웹을 통해 연결된 앱으로 Dashboard를 구성하고, 단순한 알람 기능부터 실시간 트렌드를 측정하여 건전성 지수 및 잔여 수명 등의 경제적 데이터를 추출할 수 있다. 추출된 데이터들은 자체 서버로 클라우드를 지원하고, 빅데이터, 머신러닝 기반의 AI 엔진을 활용한 분석 솔루션을 도입하여 자동으로 모델을 선정하고 최적화된 모델링을 할 수 있어, 데이터 낭비없이 순도 높은 데이터를 활용할 수 있다.

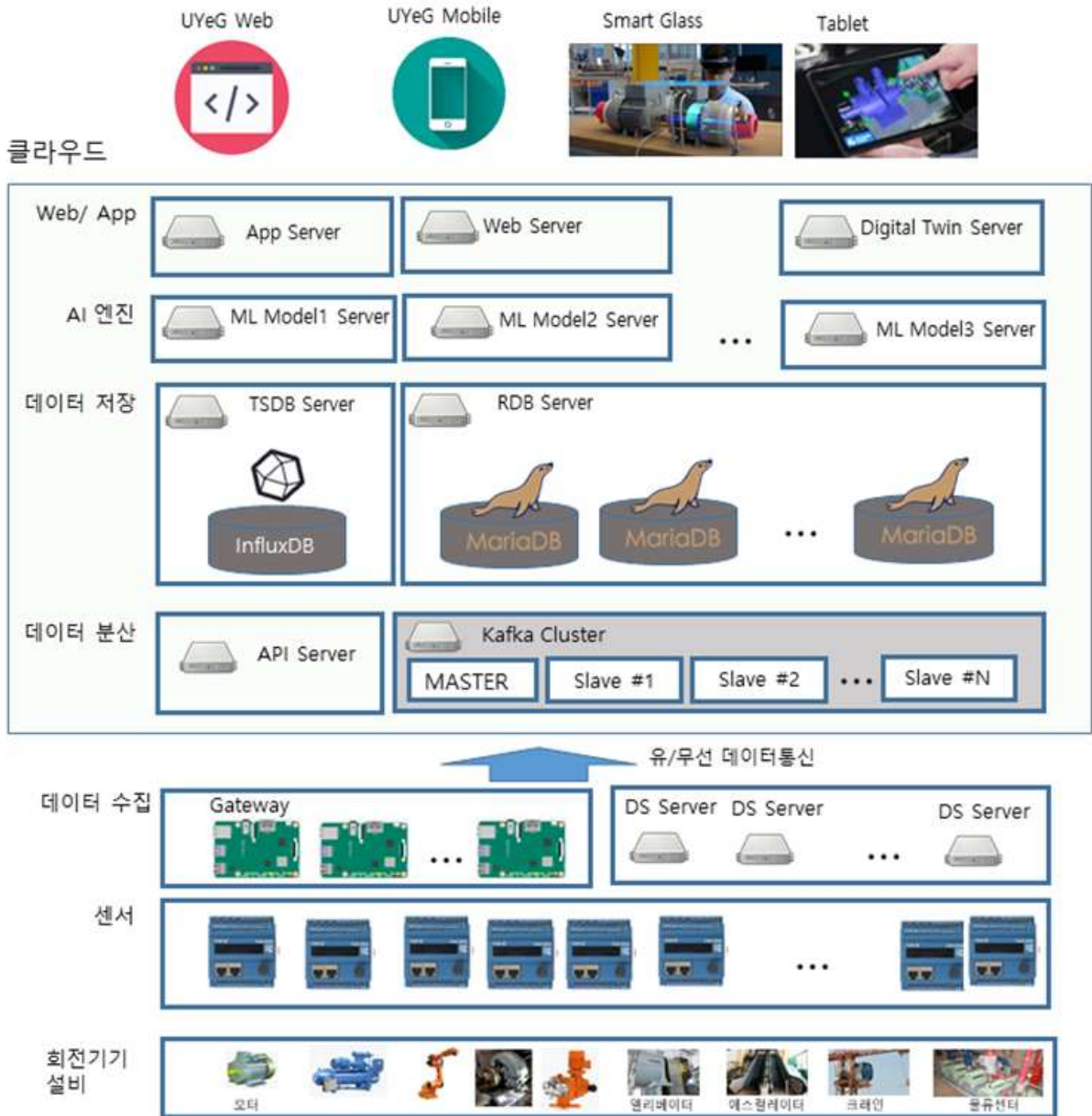


그림 5. 제조 산업 프로세스 데이터 처리

산업용 사물 인터넷(IIoT) 장치에 에지 컴퓨팅 기능을 추가하면 소스에 더 가까운 실시간 데이터 처리가 가능하다. IoT 장치는 데이터 처리를 목적으로 네트워크를 통해 중앙 위치로 데이터를 전송하는 대신 시간에 민감한 제조 프로세스 데이터를 분석하고 더이상 사용되지 않는 데이터를 직접 모니터링하기 위해 신속하게 반환할 수 있다. IoT 및 OT 장치는 종종 분산 네트워크 아키텍처의 일부이므로 중앙 처리 위치로의 전송이 어렵거나 불가능하기 때문에 이것이 중요하다. 이러한 장치는 또한 섯다운되거나 중단될 경우 심각한 결과를 초래할 수 있는 중요한 산업 시스템을 담당하기도 한다.

II. 현황

1. 국내 산업자동화 시장에서의 인버터 적용

국내 자동화 시장의 인버터 산업은 세계적으로 전기에너지에 대한 수요와 공급의 불균형으로 인해 에너지절약을 위한 인버터에 대한 수요가 급증하기 시작했다. 특히 1980년대부터 산업기계나 설비 구동원으로 에너지절약 효과를 높이기 위한 개발이 가속화됐다. 정부 역시 관련 기관과 연계해 에너지 절약 설비에서 가장 효과적인 장비로 인버터를 선정해 인버터확산 사업을 추진하기 위한 정책을 펼치고 있다.

국내 인버터 시장은 처음 도입된 1980년대부터 90년대까지는 매년 20~30%의 꾸준한 성장을 보여왔으나 최근 몇 년 동안은 성장세가 미미한 수준으로 주춤한 모습을 보이고 있다. 인버터는 과거에는 팬이나 펌프 등에 많이 사용돼 에너지 절감에 따른 효율성으로 산업 전반에 많은 영향을 줬다. 현재 국내 저압 인버터 시장 규모는 약 2500억원 수준으로 ESG경영 강화에 따른 탄소배출저감 트렌드와 정부의 스마트공장 보급, 최근에는 산업 기술의 발달이 급속도로 발전함에 따라 인버터의 중요성이 강조되고 있다. 우선 주요 인버터 업체들은 4차 산업혁명에 대비한 연결성을 강조하고 나섰다. 대부분의 제조 현장에서는 에너지절감, 생산효율을 위해 인버터를 사용하고 있어 기존과 같은 기술의 인버터로는 한계가 있기 때문이다.

2022년 국내 산업자동화 시장 키워드는, ‘제조혁신 10% 성장’, ‘스마트 공장 도입, 추진 절반 이상’이다. 업계는 올해 국내 산업자동화 시장이 성장할 것으로 전망했다. 중소·중견기업 제조혁신을 위한 스마트공장 보급 및 확산이 속도를 냄에 따라, 자동화 업계는 코로나 팬데믹과 글로벌 공급망 대란으로 경기가 여전히 불투명한 상황에서도 올해 10% 내외 성장을 점쳤다. 특히, 인공지능을 비롯해 IIoT, 협동로봇, 빅데이터, AR/VR, 메타버스, 5G, 3D프린팅 등 핵심기술이 제조 혁신을 주도하며 스마트공장을 실현을 한발 더 앞당길 것으로 내다봤다.

이 내용은 지난해 12월, (주)첨단이 2022년 국내 산업자동화 및 스마트공장 전망을 알아보기 위해 관련 기업 대상 500명을 대상으로 실시한 설문조사 결과에 따른 것이다. 그 내용을 분석하여 정리했다.



그림 6. 산업자동화 및 스마트공장

설문조사에 의하면 2022년 국내 산업자동화 전망에 대한 질문에 응답자의 97%가 ‘성장한다’ 고 답했다. 2021년 대비 성장률을 묻는 항목에서는 47.9%가 6~10%p, 36.8%가 5%p 이내를 점쳤다.

이 결과는 스마트공장 관련 정부의 제조혁신 정책이 크게 작용한 것으로 풀이된다. 정부는 올해 3,663억 원을 들여 스마트공장 5,000개 이상 추가 보급할 계획이며, 스마트공장의 효율성을 높일 수 있는 고도화도 집중 추진키로 했다.

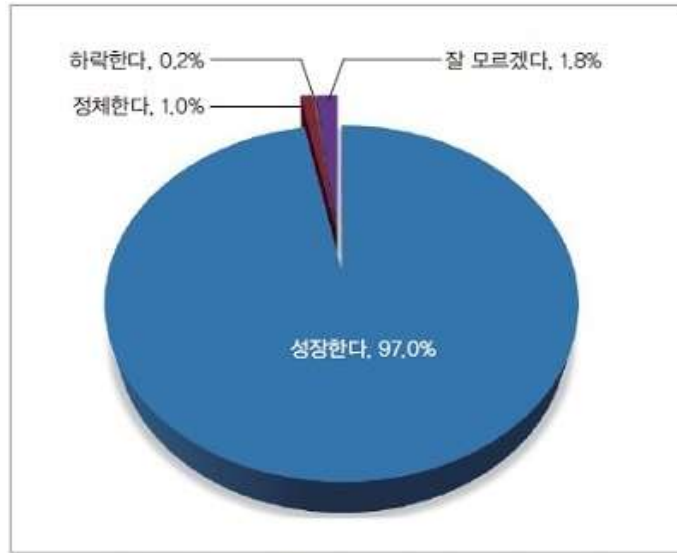


그림 7. 2022년 국내 산업자동화 및 스마트공장 시장 전망

또한, 인공지능, IIoT, 빅데이터, AR/VR 등 첨단 IT 기술이 자동화 시스템과 융합되면서 제조혁신을 주도할 것으로 보인다.

실제로 자동화 관련 업계 대상으로 산업자동화 및 스마트공장 시장을 주도할 것으로 생각하는 핵심 기술을 묻는 설문에서 ‘인공지능(AI)’이라는 응답자가 가장 많은 24.1%를 나타냈다. 그 뒤를 이어 산업용 사물인터넷(16.2%), 협동로봇(14.7%), 빅데이터(12.5%), AR/VR/XR(10.0%), 메타버스(8.0%), 5G(6.8%), 3D프린팅(6.7%) 등이 차지했다.

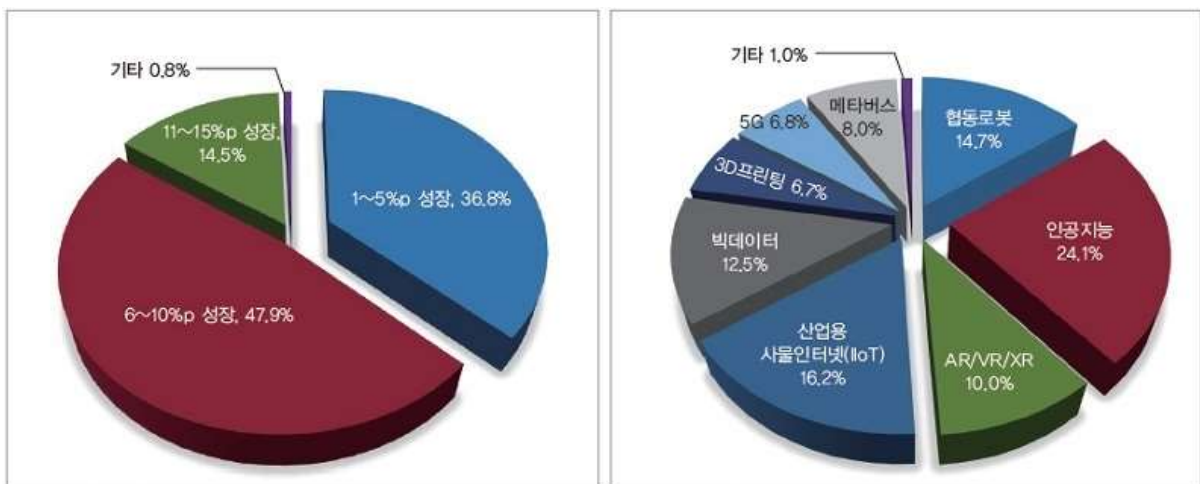


그림 8. 전년 대비 2022년 국내 산업자동화 성장률 기대(좌)

및 2022년 스마트공장 시장을 주도할 핵심 기술(우)

한편, 2022년 산업자동화 시장이 ‘정체할 것’이라는 응답도 1.0%였으며, ‘하락한다’는 0.2%를 나타냈다. 이 응답자들은 ‘정체’ 또는 ‘하락’ 요인으로 글로벌 공급망 대란과 원자재 가격 고공행진에 따른 경기 회복 둔화, 전문인력 부족, 도입비용 부담, 정부 지원 미흡, 스마트공장 이해 부족 등을 원인으로 꼽았다.

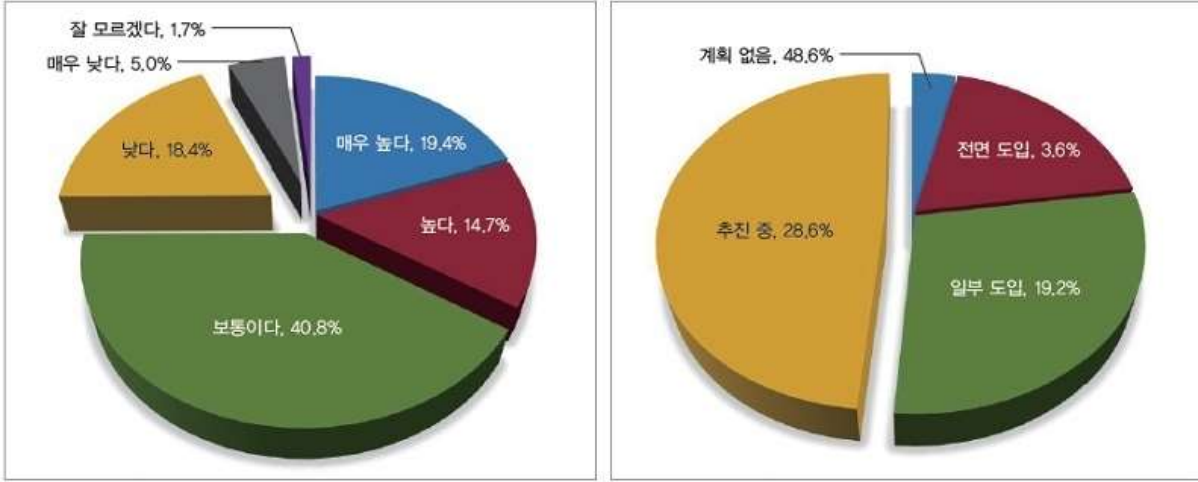


그림 9. 중소/중견 제조기업 스마트공장 도입률(좌) 및 스마트공장 시스템 도입 여부(우)

국내 스마트공장 도입률을 묻는 항목에서는 조사 대상의 34.1%가 ‘매우 높다’ 또는 ‘높다’ 고 응답했다. 반면, ‘낮다’는 18.4%, ‘매우 낮다’는 5.0%로 나타났다. 스마트공장 도입률이 낮은 이유로는 스마트공장에 대한 관심은 높지만 값비싼 장비로 인해 초기 투자비용의 부담이 너무 크고, 투자하더라도 정량적인 수익 성과에 대한 확신이 없기 때문이라는 응답자가 많았다. 이어서 ‘전문 인력 부족’, ‘유지보수 어려움’, ‘기존 설비와의 연결 문제’, ‘정부 지원 규모 미흡’ 등을 꼽았다.

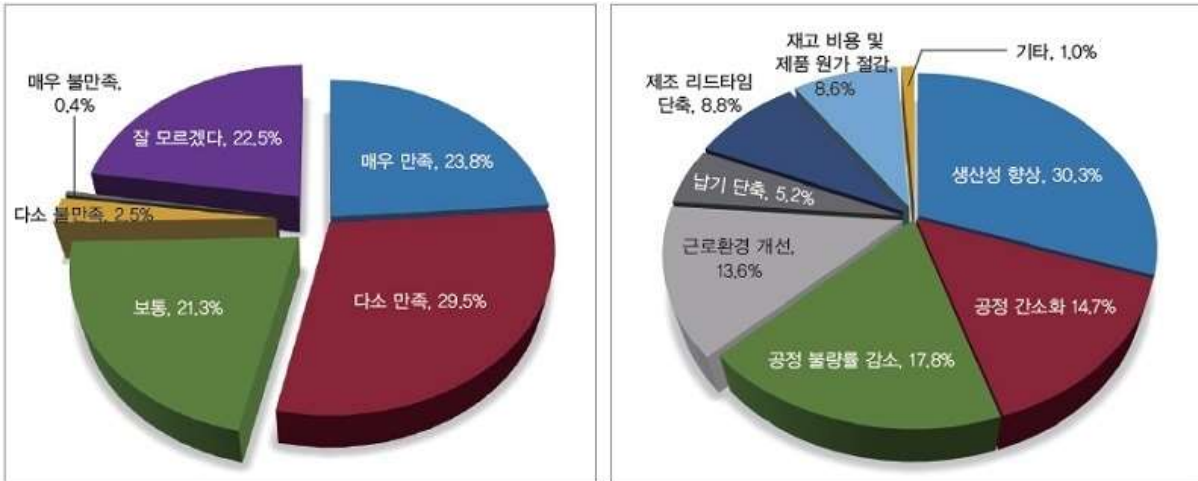


그림 10. 스마트공장 도입 만족도(좌) 및 스마트공장 도입 만족 이유(우)

또한, 스마트공장 시스템 도입 여부를 묻는 설문에서는 스마트공장을 도입했거나 추진 중이라는 응답자가 절반을 넘었다. 조사 결과를 보면, ‘전면 도입했다’ 3.6%, ‘일부 도입했다’ 19.2%, ‘추진 중이다’ 28.6%를 보였으며, 아직 ‘계획이 없다’는 48.6%를 나타냈다. 투자비용이 적은 기초 수준 공장이 많이 보급되고 있지만, 스마트제조 저변 확대를 위해서는 정부의 지속적인 지원과 스마트공장 고도화 집중 추진이 필요한 것으로 분석된다.



그림 11. 스마트공장 구축 자부담금(좌) 및 스마트공장 고도화 위한 당면 과제(우)

스마트공장 구축 결과의 만족도에 대한 조사에서는 53.3%가 ‘만족하다’고 응답했으며, 만족 이유로는 생산성 향상(30.3%), 공정 불량률 감소(17.8%), 공정 가소화(14.7%), 근로환경 개선(13.6%), 제조 리드타임 단축(8.8%), 재고 비용 및 제품 원가 절감(8.6%), 납기 단축(5.2%) 순이었다. 또한, 스마트공장을 구축하는데 들어간 자부담금은 2,000만 원 이하였다는 응답자가 28.5%로 가장 많았다.

한편, 스마트공장 고도화를 위한 당면과제로는 정부 지원금 확대(25.0%), 교육 및 전문인력 양성(19.3%), 업체 시스템과의 호환성(14.5%), 유지보수 및 사후관리 개선(13.2%), 단계별 사업지원 지속(12.2%), 지원사업 참여 간소화(8.9%), 공급기업 정보 부족(6.7%) 등이었으며, 이에 대한 추가적인 제도 보완이 필요한 것으로 나타났다.

2. 빅데이터 활용 예지보전 시장

■ 실시간 데이터 시장 전망

향후 산업에 IIoT(Industrial Internet of Things) 확산되어, 빅데이터 처리능력이 향상되고, AI의 비약적 성장 등 기술 여건이 성숙되어 산업 데이터 활용 중심으로 이동될 전망이다. 2025년까지 기업이 전체 빅데이터의 약 60%를 소유하고, 실시간 데이터(Real time data)의 90%가 제조현장 자동화 디바이스(IIoT) 등에서 생성될 전망이다. (Data Age 2025, IDC, 2018)

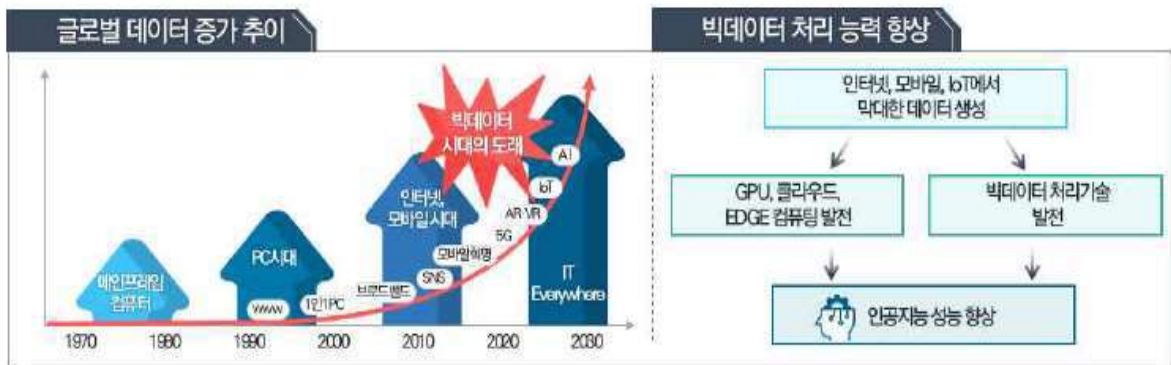


그림 12. 글로벌 데이터 증가 추이 및 빅데이터 처리능력 향상

세계 주요국들도 산업 데이터의 중요성을 인식하고, 산업 경쟁력 강화를 위한 주도권 확보를 위한 정책을 추진 중이다.

미국의 글로벌 기업들은 ICT 플랫폼을 기반으로 타산업과 지능화 융합을 통해 글로벌 산업 혁신을 주도하고 있다.

(2018년 세계 클라우드 시장: AWS(47.8%)와 MS Azure(15.5%)만 합해도 63.3%(Gartner, 19) 아마존의 Alexa는 가전 업계와 지능형 IoT 가전 구현, 구글은 자율차 시장 선도)

EU는, 2011년부터 독일을 중심으로 산업 데이터 기반 제조혁신(Industry 4.0)을 추진하고 있으며, 최근 EU 차원의 '데이터-AI 전략' 을 발표했다. (' 20. 2)

일본은 산업 데이터를 가치 창출의 원천이자 차세대 산업으로 인식하고, 산업 데이터 활용 법령을 정비하며, 예산*세제*금융 등을 적극 지원한다.

■ 예지보전 시장

IoT Analytics Research에 따르면 예지 보전 기술은 2018년 33억 달러 규모의 세계 시장이 연평균 39% 성장할 것으로 예상하고 있으며, 2024년에는 235.4억 달러가 될 것으로 전망하고 있다.

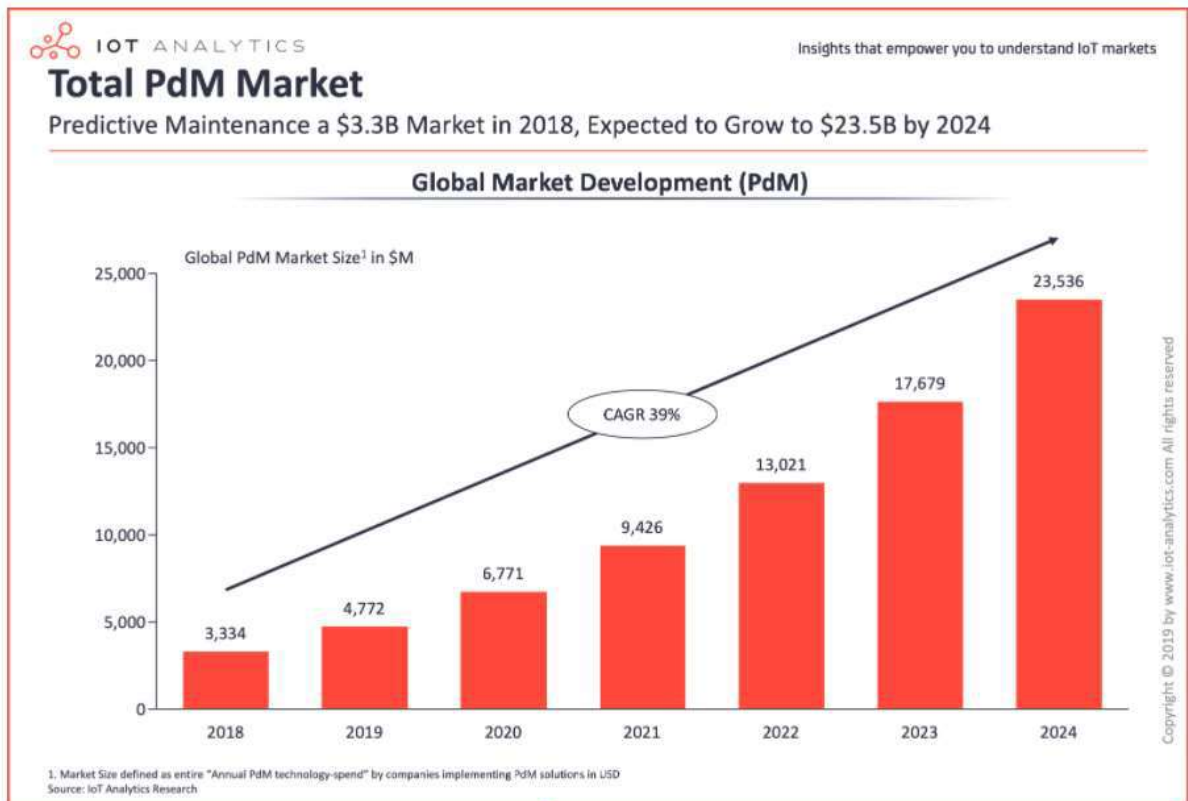


그림 13. Total PdM Market 규모와 성장 기대치

(단위 : 백만 달러, 억 원, %)

구분	'19	'20	'21	'22	'23	'24	CAGR('19~'24)
국내시장	2,760	3,024	3,348	3,672	4,056	4,706	10.27

* 출처 : MarketsandMarkets 자료 (Insights into the 2020 Enterprise Asset Management Software Market)에서 APAC 비중을 기준으로 재산정

표 2. Total PdM Market 국내 규모

■ 국내 인공지능 시장 전망[단위: 십억]

국내 인공지능(AI) 시장이 향후 5년 간 연평균 17.8% 성장하여 2023년 6천 4백억원 이상의 규모가 예측된다. 업무 프로세스 효율화 및 비즈니스 자동화를 위한 AI 애플리케이션 및 플랫폼 구현 사업이 크게 증가하여 서비스와 소프트웨어 시장 모두 향후 5년간 연평균 성장률 30%이상의 본격적인 성장을 전망한다.

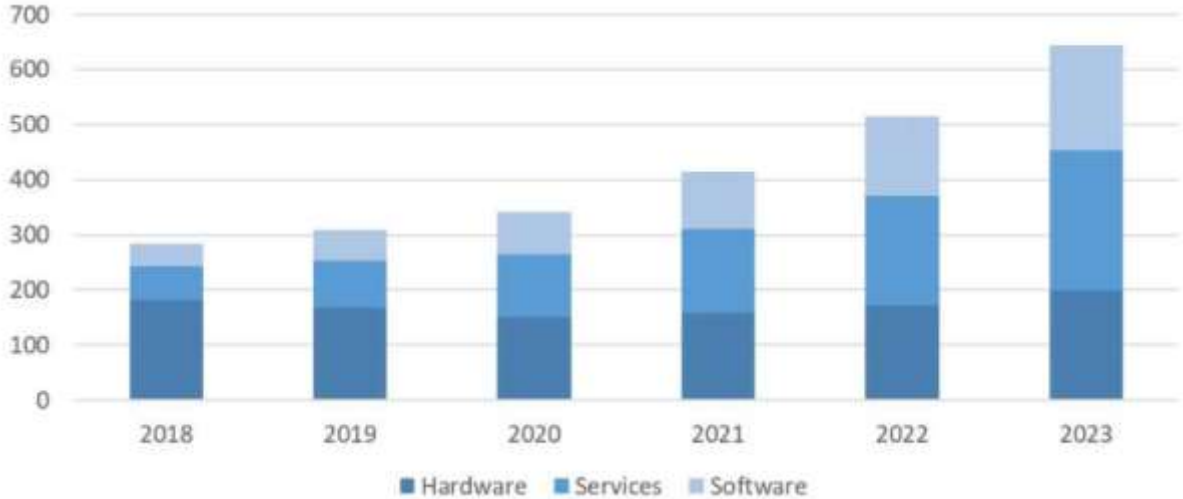


그림 14. 산업데이터플랫폼 트렌드

디지털 기반 산업 시장의 성장의 배경에는, 4차 산업혁명 확산, 비대면 경제 활성화 등으로 산업 전반에 디지털 전환(Digital Transformation)이 진행중이며, 최근 5G·IIoT·빅데이터·AI 등 디지털 기술의 성숙으로 기업경쟁방식변화(유연생산)에 따라 제조업 등 산업 분야에서 디지털 중요성이 급증하여, 아마존, 구글 등 글로벌 플랫폼 기업 중심으로 산업 데이터를 활용한 산업 경쟁력 강화를 추진하고 있다.

산업용 사물인터넷(IIoT) 시장의 성장으로 최근 제조업계가 4차 산업혁명시대의 경쟁력 강화를 위한 방안으로 IIoT기술을 기반으로 기계, 사람, 데이터를 서로 연결시켜 설비운영의 효율화, 비용절감, 새로운 제품과 서비스 제공을 가능하게 하는 산업인터넷이 제조혁신의 핵심이 되었다. 2025년에는 1조개가 연결되면서 1인당 보유하는 연결기기 수가 120개를 초과할 전망이어서, 산업인터넷 시장은 제조업 분야를 중심으로 크게 확대되고 향후에도 소프트웨어 플랫폼, 어플리케이션, 센서, 빅데이터, 클라우드 서비스 등 다양한 요소로 결합해 고성장 예상된다.

기계학습(머신러닝, Machine Learning)은 인공지능의 한 분야로 컴퓨터가 학습할 수도 있도록 알고리즘과 기술을 개발하는 분야이다. 다양한 분야의 전문가들이 Data Initiative(데이터로 상황판단), Business Intelligence(데이터로 분석으로 의사결정) 등을 위해 기계학습을 적극적으로 사용 아마존, 애플, 구글, 테슬라, 마이크로소프트 등은 이미 기계학습을 응용해 이윤을 창출하고 있다.

설비예지보전 기술의 핵심은 ‘중대한 사고나 문제 발생 전에 설비의 초기 결함을 자동으로 진단 가능한지 여부 및 해당 결함에 대한 명확한 해결책 제시가 가능한지 여부이다. 딥러닝 기반 AI 분석 플랫폼은 제조공정성 문제가 발생할 경우, 일시적 문제인지 혹은 앞으로 이어질 문제 인지를 수 개월에 걸쳐 데이터를 분석하고, 정확한 원인을 파악할 수 있어야 한다. 따라서, 딥러닝 알고리즘은 기보유 데이터가 많아질수록 전문가 개개인이 인지할 수 있는 영역을 넘어서는 통합적인 인사이트 도출에 더욱 강점을 보유해야 한다. 산업데이터 플랫폼은 디지털 경제로의 대전환과 생태계를 구축할 수 있는 배경이 되며, 중소 기업도 적은 비용으로 글로벌 수준의 AI기반 설비예지보전 서비스를 지원할 수 있게 되고, 클라우드 환경을 활용하여 기업 사용자들이 의사 결정에 도움이 되는 자동화를 구축할 수 있게 된다.

데이터 수집	서비스 활용
(제조업체) 설비 데이터 (모터, 송풍기, 로봇) (빌딩) 엘리베이터, 에스컬레이터 (도시) 상하수도 펌프	(제품) 설비 데이터를 분석하여 사용자 맞춤형 제품 및 서비스 개발 (서비스) 설비 데이터 수집/제공, 데이터 분석가 및 데이터 사이언티스트 중개, 정비 서비스 제공

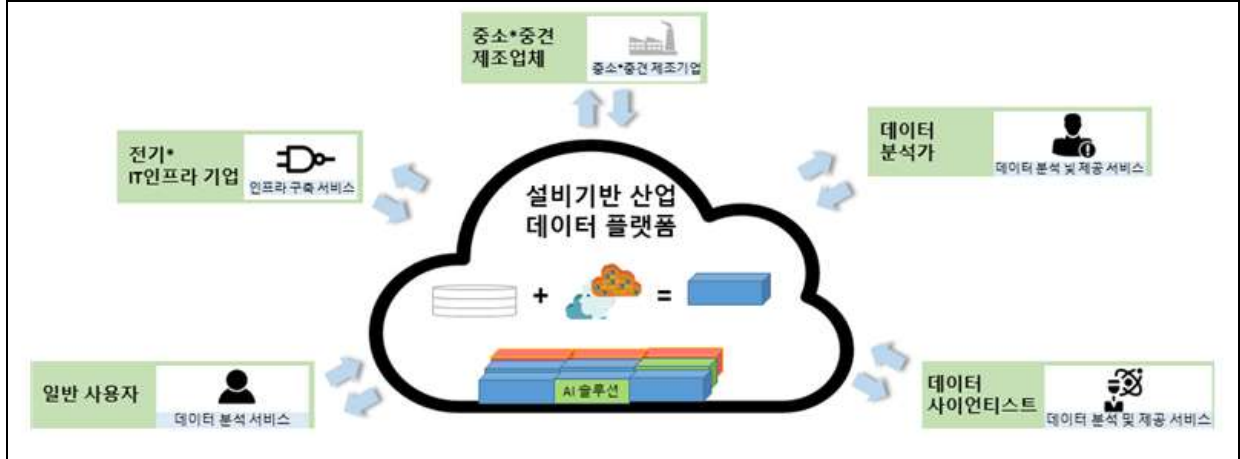


그림 15. 산업데이터플랫폼 구성

■ 국내시장 동향

한국은 그간 엄격한 개인정보 보호와 서비스 규제로 데이터*AI 활용 인프라 기술 경험 모두 취약하다. 국내 데이터 산업 규모는 15.2조원으로 전세계의 4.5%, 미국대비 7.7% 수준이다.

* 한국데이터 산업(조원, 2018): 데이터 서비스(7.2), 데이터 구축컨설팅(6.2), 데이터 솔루션(1.8)

* 세계 데이터 산업(조원, 2017): 전체(315.7), 미국(185.2), EU(87.6), 일본(35.3), 한국(14.3)

분야별 빅데이터 도입률(%): 금융(32.9), 공공(16.0), 통신(13.4), 제조(12.6), 유통(12.2), 의료(4.5) 등으로 국내 기업의 빅데이터(인프라/솔루션/서비스) 도입율은 9.5%로 금융, 공공, 통신 분야 중심으로 활용 중이다.

■ 국외시장 동향

미국 ICT 기업들은 글로벌 플랫폼을 기반으로 방대한 데이터 수집 활용과 융복합, 개방형 혁신을 통해 최근 폭발적으로 성장하고 있다.

* 글로벌 플랫폼 -> 개인정보 수집 -> AICBM 기술 + 타 산업 -> 세계 시장 선도

* AICBM: AI + IOT + Cloud + Big Data + Mobile = Digitalization

EU*일본 등 제조기업들도 IoT에서 발생하는 빅데이터를 활용하여 공급가치사슬 최적화 및 제조기반 새로운 서비스 창출을 추진중이다.

III. 사례

1. 주요 산업-철강 산업

철강산업은 자동차, 조선, 기계 및 건설을 비롯한 전 산업에 필요한 기초소재를 제공하는 국가 기간 산업이며, 규모의 경제가 큰 대규모 자본 집약적 장치산업이다. 금속산업에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 철강 산업은 자동차, 조선, 기계, 건설 및 방위산업을 비롯한 전 산업에 기초 소재를 공급하는 산업으로, 원자재(철광석, 철 스크랩 등)를 이용하여 봉, 형강, 판재, 강관 등의 철강제품을 생산하는 산업 활동을 의미하며, 제철 및 제강업, 철강 압연, 압출 및 연신제품 제조업, 철강관 제조업, 표면처리 및 절단제품 제조업 등을 포함하고 있는 산업이다.



그림 16. 철강 산업 개요도

철강 산업은 대규모 자본집약적 장치산업으로, 생산규모가 확대될수록 비용이 감소하는 규모의 경제가 큰 산업이다. 즉, 원자재 산업, 에너지 산업, 건설업 등의 후방산업과 자동차, 조선, 기계, 가전 등의 전방산업 사이에서 기초 소재를 제공하는 산업이기 때문에 전후방 연관 효과가 매우 높다는 특성을 지니고 있다. 상기 사항뿐만 아니라, 철강 산업은 제선, 제강, 연속주조 등 핵심 공정기술의 활용에 따라 주도권이 바뀔 수 있는 산업으로 공정기술 혁신이 조업도 향상, 생산 공정의 단축, 생산 고도화의 결과를 불러올 수 있는 산업이다.

최근 국내 철강산업은 중국 철강 가격과 연동하고 있는 국내 철강재 가격이 높은 수준을 유지했지만, 국내 철강 수요는 마이너스 성장을 기록하면서, 철강 가격과 철강 내수가 동조화 하지 않는 디커플링(decoupling) 현상이 진행되고 있다.

철강 산업은 대표적 에너지 다소비 산업으로 산업 부문 에너지 소비의 21.4%, 전체 최종에너지 소비의 13.2%를 차지할 정도로, 국내 에너지 소비에 미치는 영향이 막대하다고 할 수 있다.

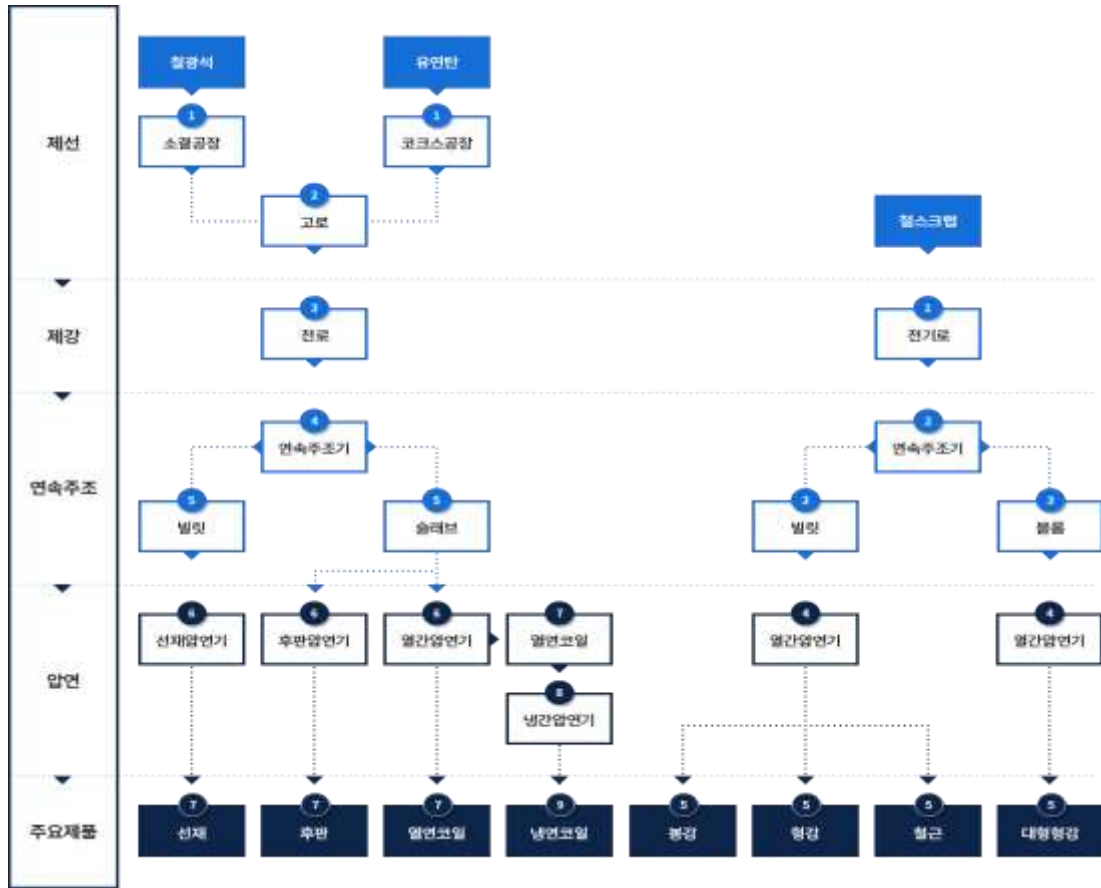


그림 17. 철강 생산 과정

세계에서 가장 많이 사용 중인 철은 생산 공정 중 탄소가 대량으로 배출되는 대표적인 탄소 집약적 제품으로 세계 철강산업 온실가스 배출량은 전체의 7%, 산업 부문에서는 25%에 육박하며, 국내 철강산업 온실가스 배출량은 전체의 16.7%, 산업 부문에서는 30%를 차지하는 대표적인 탄소배출 산업이다. 이러한 가운데 세계 각국은 탄소중립을 잇따라 선언하고, 국가별 온실가스 감축 목표도 대폭 상향하고 있는 가운데, 유럽탄소 국경세의 본격적인 시행이 다가옴에 따라 탄소 집약도가 높은 산업의 탄소중립은 더 이상 미룰 수 없는 상황에 직면해 있다.

철강 생산 공정에서 석탄을 연료로 사용할 때, 코크스를 환원제로 사용해서 철광석과 반응하여 철을 생산하는 과정에서 탄소가 대량으로 배출되므로 탄소 감축이 반드시 필요하다. 친환경 철강은 가격 프리미엄이 필요하지만 2050년에는 수소 및 전기분해 기반 철강 생산 공정이 석탄 또는 가스 기반 생산보다 저렴한 가격이 될 것으로 전망되고, 철강 산업의 재활용, 수소 환원, 탄소포집 및 활용, 저장, 전기화 및 청정 전력, 대체 제선 공정, 탄소 상쇄를 적용하는 등의 기술 발전 또한 탈탄소화를 위한 노력이 절대적으로 필요하다.

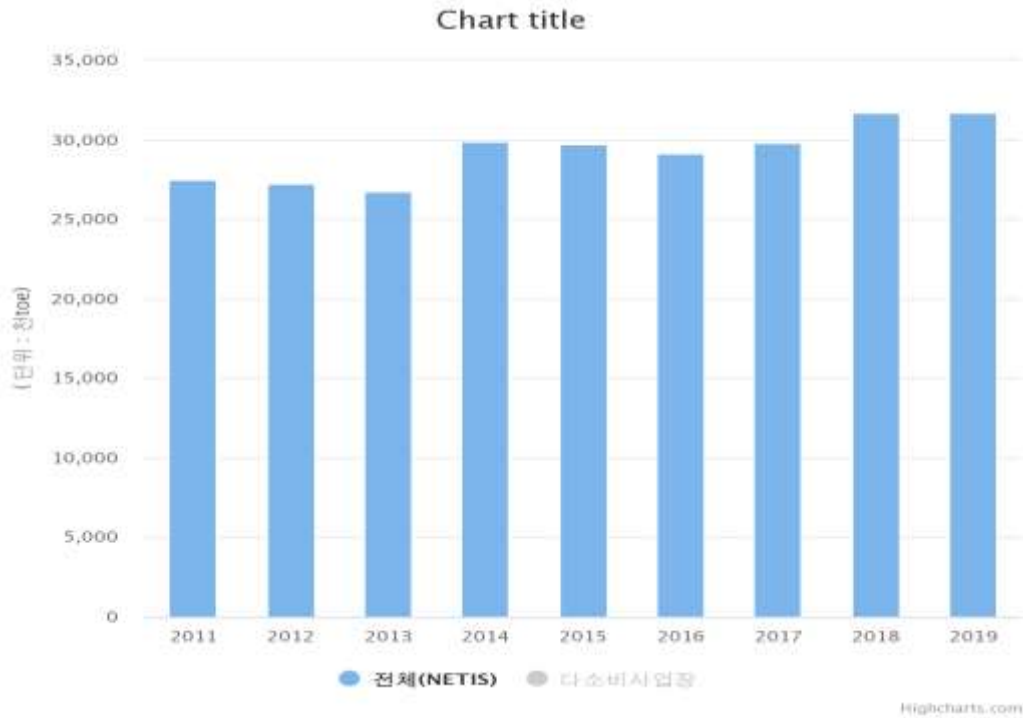


그림 18. NETIS (National Emission Total Information System)

국내 조강 생산량은 2020년 기준 약 671십만 톤으로, 2005년 약 478십만 톤에서 연평균 2.3%씩 증가하였다. 이는 세부적으로 전로 생산량의 연평균 증가율에 따른 것으로 보인다. 국내 전로 생산량은 2005년 약 267십만 톤이었으나, 2020년 약 463십만 톤으로 매년 평균 3.7%씩 증가하였다. 반면, 전기로의 경우는 2005년 약 211십만 톤 대비 2020년 약 208십만 톤으로 연평균 증가율이 ?0.1%로 전로에 비해서는 미미하게 감소하였다. 2021년 1~6월 기준 국내 조강 생산량은 약 352십만 톤, 전로 생산량은 약 237십만 톤, 전기로 생산량은 약 115십만 톤이다.

● 전체(NETIS)

연도	업종	업체 수(개)	에너지사용현황(천toe)						
			석탄류	석유류	가스류	전력	열	기타	계
2011	철강/ 비철금속	3,443	21,847.69	202.11	2,154.10	3,294.46	6.39	0.00	27,504.74
2012		3,664	21,504.08	117.83	2,266.58	3,317.44	13.35	0.00	27,219.29
2013		3,990	20,717.92	97.36	2,286.92	3,599.24	15.43	0.15	26,717.02
2014		3,096	23,985.54	83.26	2,193.97	3,614.41	19.18	0.18	29,896.54
2015		3,307	24,069.65	55.10	2,219.17	3,376.06	18.99	0.23	29,739.21
2016		3,166	23,596.83	84.83	2,300.23	3,179.04	19.15	0.00	29,180.09
2017		2,898	24,087.00	122.35	2,299.87	3,250.64	21.96	0.44	29,782.25
2018		1,671	25,942.14	120.38	2,268.44	3,240.24	154.97	10.32	31,736.48
2019		2,719	26,181.18	77.37	2,292.28	2,984.00	150.29	0.07	31,685.18

표 3. 철강산업 에너지 사용현황

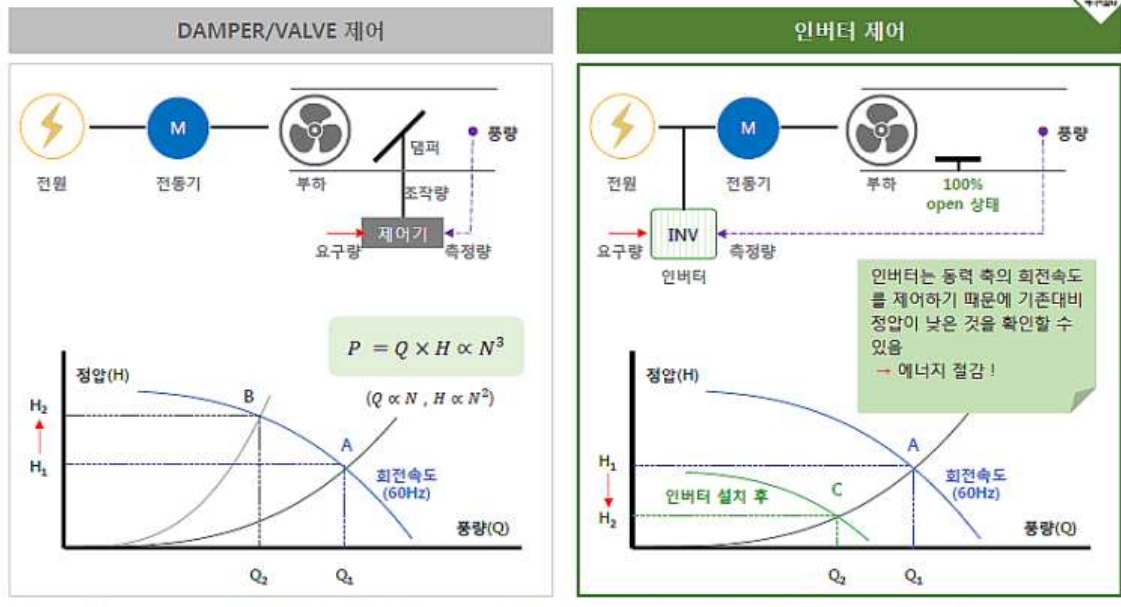
에너지 절감기술로 인버터를 적용하는 기술과 방법을 기술해 보고자 한다.

코크스 공장에서 만들어진 COG 수송을 위한 압축기에 VSD를 설치하여 에너지를 절감한다. 코크스 오븐에서 나오는 COG는 저압상태에서 발생되므로 소내 가스 공급망에 수송하기 위해서 가압이 되어야 한다. 코크스화 반응에 따라 발생하는 COG는 그 흐름이 시간에 따라 변하므로 COG 압축기에 인버터를 설치하여 저압의 COG 가스를 압축하는데 필요한 에너지를 줄일 수 있다.

가열로 급기팬에 인버터를 설치하여 흡입풍량을 조절하고 있지만,, 급기팬 전단 댐퍼를 55% 정도 개방하여 사용하고 있어 댐퍼 교축에 의한 팬의 동력손실이 발생되고 있다. 급기팬 후단 댐퍼를 100%로 개방하거나, 제거하고, 인버터만으로 주파수를 조정하여 댐퍼사용에 의한 전력 손실을 절감할 수 있다. 인버터 주파수를 댐퍼가 55% 개방일때의 조건을 맞추도록 회전수와 현장 작업조건에 맞게 조정한다. (절감양: 48toe/년, 온실가스 절감: 26.8tC/년)

R/O수를 공급하기 위해 펌프가 설치되어 있으나, 펌프토출밸브가 잠겨있어, 교축손실이 발생되고 밸브 교축으로 인해 현재 펌프 종합효율은 51.5%, 시스템 종합효율은 28.9%로 낮게 운전되고 있어 운전동력이 증가되고 있다. 토출밸브를 100% 오픈시 과유량으로 인해 동력 증가의 우려가 있으므로 인버터를 설치하여 밸브교축에 의한 운전동력을 절감시킨다. (절감량 76.6toe/년, 투자비 회수기간: 0.8년)

가열로 FD Fan의 경우 댐퍼 개도율이 높고 정격풍량에 동등한 공기를 공급하는 것으로 보이나, 흡입측의 자동댐퍼밸브 등의 영향으로 유량의 변화가 크게 발생되고 서징현상이 발생하는 것으로 현장조사를 통해 알수 있었으며, FD Fan의 고양정의 압력으로 설계되어 있으나 배관의 확대 등으로 저양정의 형태로 운전되고 있다. 흡입측 유량조절 밸브손실 및 열교환기의 누설 등의 영향, 가열로의 배기측 ID Fan의 소비전력은 로내의 압력이 유지되어 전력의 변화는 크게 발생되지 않으나 FD Fan의 경우 버너의 운전과 정지에 의해 과풍량인 상태에서 전력변화가 나타난다. 버너의 부하에 의해 소요풍량이 변화되는 송풍 Fan은 초기 가동시에는 버너부하가 커서 많은 풍량이 요구되지만 연속가동 시에는 버너부하가 줄어들어 그만큼 풍량도 감소되어 교축손실 및 효율저하가 발생되므로 에너지 절약을 위해서는 회전수 제어로 풍량을 조절하는 방안으로 인버터를 적용한다. 이로 인해, Fan의 회전수제어 시스템을 도입하여 댐퍼를 100%가깝게 개방하여 운전함으로써 댐퍼에 의한 교축손실 방지로 전동기의 소비전력을 절감할 수 있으며, 회전수제어 방법으로는 현재 토출 댐퍼의 개도율을 조절하는 방법과 같이 토출풍압 일정하게 유지하도록 회전수를 제어하도록 한다. (투자비회수기간: 1.5년)



전동기의 축 동력은 유량, 압력과의 비례식으로 표현할 수 있으며, 인버터 적용 시 절감효과가 매우 큼

그림 19. Damper/Valve 제어와 인버터 제어 방식 비교

현재 인버터는 예전과 달리 모터 구동에 있어서 많이 보편화돼 여러 다양한 목적을 갖고 설치되고 있다. 이는 인버터를 사용한 생산성의 확대, 제어성 증대, 구동시스템의 스트레스 완화, 그리고 에너지 절감 등이 그 목적이라고 볼 수 있다. 모터 구동을 통한 전기에너지의 기계에너지로의 전환은 산업계에서 필수적인 것이며 이를 효율적으로 제어하는 인버터의 채용은 지속적으로 이어질 수밖에 없다.

2. 주요 설비 - 크레인

크레인 설비에서 부하는 4상한(정전, 역전, 역행, 회생)의 다이내믹한 운전을 필요로 하고, 빈번한 가감속 운전을 실행하기 위해서 높은 기동 토크를 필요로 한다. 연속적으로 광범위하게 가변속 운전이 가능해야 하기 때문에, 모터 등의 전기설비와 기구부는 견고하고, 내환경성이 우수한 특징을 갖고 있다. Soft Start/Stop이 가능하고, 위치 결정이 용이하며, 임의에 가감속의 시간을 조정 가능해야 한다. 수직 부하 제어의 특징으로 전기적 제동(회생제동)이 이용 가능해야 하며, 높은 운전 효율 등의 이점이 있다.

크레인에 필요한 인버터의 각종 기능을 살펴본다면 다음과 같이 정리가 될 수 있다.

- 브레이크 논리 제어: 영속에서의 토크를 보장
- 고속 권상: 무부하 상태의 운전 필요
- 마스터/슬레이브: 연동 운전 실현
- 부하 감지 장치(외부)
- 리미트 스위치에 따른 제어: 별도의 PLC를 제거
- 로드 웨어링: 부하 밸런싱(Balancing)

전동기 제어에서 권상 운전의 경우 클로즈 루프(Closed Loop) 벡터 제어를 적용할 것을 추천한다. 이는 영속에서의 토크를 보장하기 때문에 슬립(Slip) 현상으로 발생할 수 있는 사고에 대응하여 정확한 운전을 지원할 수 있다. 또한 크레인의 사고는 인명 사고와 직결되기 때문에, 이를 예방하는 차원에서 다음과 같은 각종 안전 기능이 요구되고 있다.

- 과속 및 회전 방향 역전 감지
- 브레이크 점점 피드백
- 브레이크 고장 시 자유낙하 방지: 브레이크 회로 구성의 필요
- 추가적인 선택 사양: 제동 저항을 사용한 슬립(Slip) 및 역 기전력에 대응

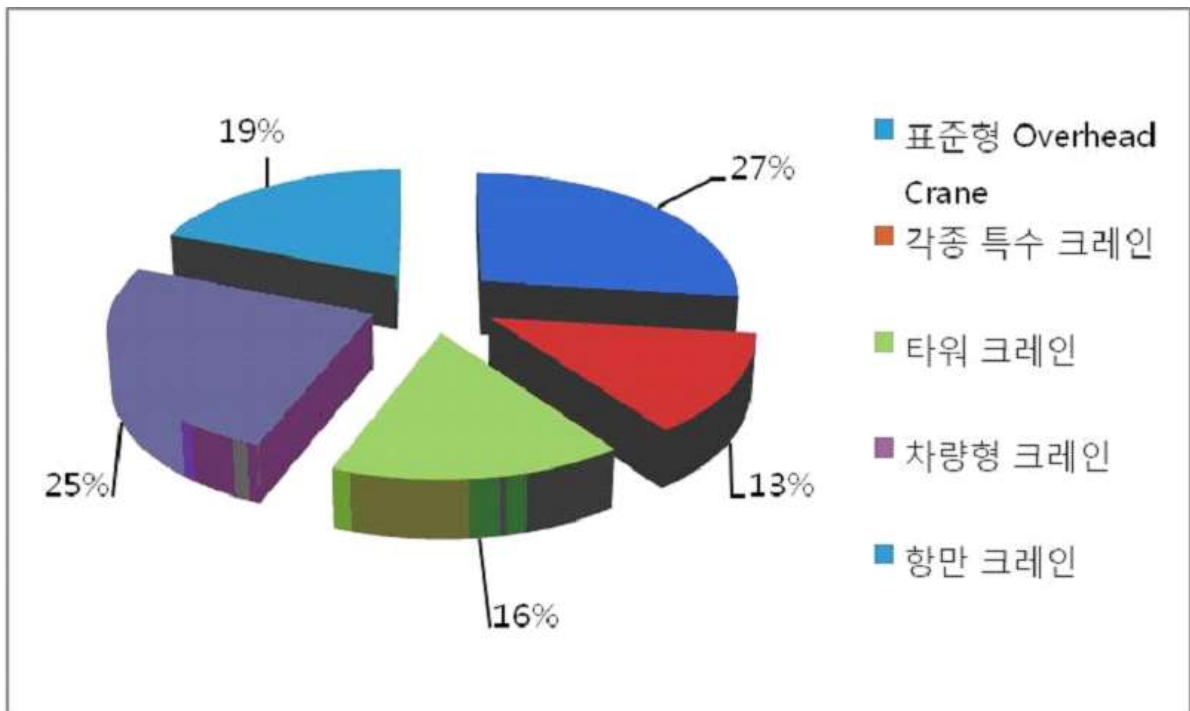






그림 20. 크레인의 종류 및 시장의 크기

가장 많은 요구가 있는 호이스트의 종류는 표준형 Overhead Crane 및 차량형 크레인으로 볼 수가 있다. 각 크레인의 특성은 다음과 같다.



그림 21. Crane의 구조 특성 및 제어

- 표준형 Overhead Crane: 간단한 운전 특성 및 다양한 적응 요구
- 각종 특수 크레인: 특수 기능 내장(프로그래밍 등) 및 자동화/안전성
- 타워 크레인: 토크 제어의 원활성과 제어의 속응성
- 차량형 크레인: 특수 환경(옥외 운전, 진동 등) 적응 능력
- 항만 크레인: 각종 자동화 및 복합적인 기능, 주변 기기와의 전기, 기구적인 조합 등이 요구

Hoisting units		Trolley travel	
	<ul style="list-style-type: none"> - 동기화 제어 - 마스터/팔로워 - 포지셔닝 - 호이스트 제한 - 부하 모니터링 		<ul style="list-style-type: none"> - 동기화 제어 - 마스터/팔로워 - 속도 제어 포지셔닝 - 횡행 운전 제한
Travelling gear		Swing	
	<ul style="list-style-type: none"> - 동기화 제어 - 마스터/팔로워 - 속도 제어 포지셔닝 - 주행 운전 제한 		<ul style="list-style-type: none"> - 속도 제어 포지셔닝

전기적 제동의 특징은, 아래 그림과 같은 구성으로 전원이 인가되는 부분에 양방향 소자를 적용, 인버터 제어의 최근 기술을 응용하여, 모터의 제동으로 생겨난 회생 에너지를 상용 전원으로 재사용이 가능하도록 함으로써, 에너지 절감 효과를 배가시킬 수 있다.

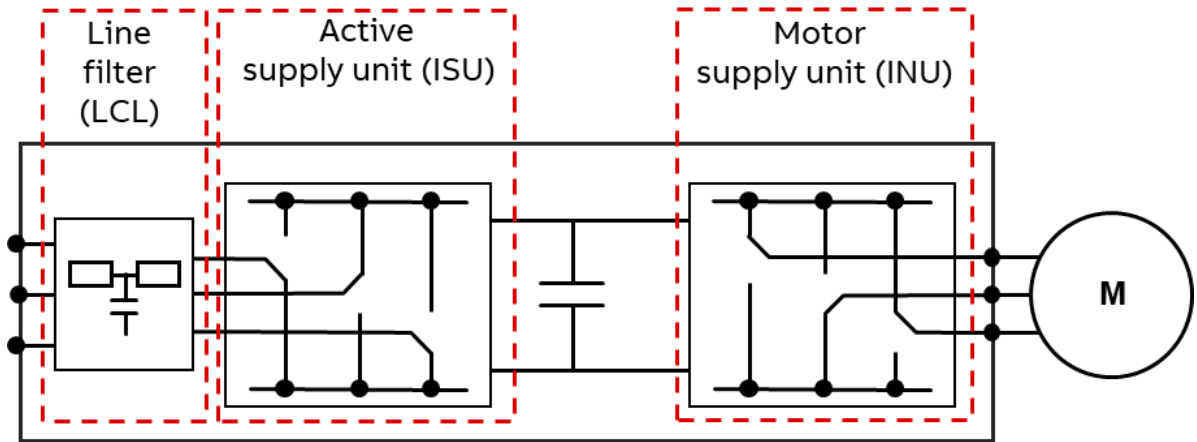


그림 22. 회생 제어 인버터의 구조

주요 산업과 설비를 예로 들어, 자동화를 위한 최소한의 단계로 인버터를 적용함으로써, 효율적인 제어를 하고 실제 장비로부터 정보를 수집하는데 필요한 I/O 기술을 적용할 수 있다. 인버터라는 액추에이터와 센서 등을 연결해 서로간 커뮤니케이션을 할 수 있도록 지원하고 여기에서 나오는 각종 상태 진단 정보를 상위 단계로 전달할 수 있는 통신 프로토콜을 구성한다. 기존 센서의 경우는 단순히 온/오프만을 나타내는 경우가 대부분이어서 문제 발생시 해당 설비가 사용할 수 없을 정도가 되어야 사용자가 고장 사실을 알 수 있었다. 하지만 I/O기술이 적용되면서 공장/설비에서 발생하는 다양한 정보를 효과적으로 수집할 수 있어 오작동 가능성을 사전에 파악하고 유지보수 시기를 보다 효율적으로 예측할 수 있게 된다.

효율적인 하드웨어 구성으로 정보를 수집하는 소프트웨어까지 연결이 되어, 양질의 데이터 축적이 가능해진다. 즉, 공장 설비가 기업의 생산관리, 제조실행, 물류 및 전사적 경영계획과 긴밀하게 연결될 수 있는 OT와 IT를 구성할 수 있게 된 것이다.

산업용 인터넷(IIoT)을 사용해 디지털 방식으로 연결된 장치 및 시스템, 서비스를 제작해 생산성을 대폭 향상시키고 유지관리 비용을 크게 절감하며 디지털 시대에 최대 1/3의 에너지 소비를 절감하는 디지털 솔루션으로 구성된다. 플랜트 및 시스템에 의존하는 산업을 위한 성능관리 솔루션, 프로세스 산업을 위한 제어시스템, 모터 및 기계의 원격 모니터링 서비스, 전기자동차 관련 충전 인프라와 함께 건물 및 해양 플랫폼 관련 제어 솔루션으로 구성된다.

3. 주요 산업/설비 예지보전

i. 철강산업

설비마다 고장 진단을 구현하기 위한 감시 시스템을 구축하여 설비 고장 시간의 최소화로 생산성 및 품질 향상을 목적으로 한다. 모터의 이상을 사전에 인식하여 모터를 사전에 정비 및 교체를 진행함으로써 생산 제품의 품질을 향상하는 효과와 모터 고장으로 인한 돌발 정지 사고를 방지하여, Down Time 최소화로 생산 원가를 절감하는 효과를 가져올 수 있다.

ii. 항공우주 산업

정밀 가공설비 (Tap Drill Machine)를 전류형의 예지보전으로 구동부 탭 마모 및 불량을 사전에 감지해서 양질의 제품을 생산하는데 기여할 수 있다. 가공중인 알루미늄(비행기 날개)를 정확한 사이즈, 펀치, 탭, 드릴 가공으로 불량품없이 양질의 제품을 생산하는 효과와 가공(탭) 시, 설비 불량으로 인하여 자재 소모를 줄일 수 있고, 예지보전 센서 설치로 문제 발생 이전에 알람으로 담당자에게 통보되어 사전 조치를 통해 원가 절감 효과를 가져올 수 있다.

iii. 자동차 산업

생산 현장이 대부분 연속 가공 및 조립 라인으로 형성되어 사고 발생 시 막대한 손실이 예상되기 때문에, 사전에 이상유무를 모니터링하여 손실 방지에 주력할 수 있는 대책에 필요하다. 각 공정(프레스, 차체, 도장, 의장) 주요 설비에 적용하여 실질적으로 많은 효과를 얻어 전세계 신설공장으로 확대 진행하여, 국내외 가동중인 공장에도 모델 교체 시에 신규 관벨 제작과 함께 설치하여 돌발 사고를 미연에 방지해 생산성 향상에 기여할 수 있다.

iv. 자동차 부품 산업

생산설비 구동부에 전류 예지보전 센서로 수집된 구동부 사용량에 따른 보수계획을 구동부별 전기사용량으로 점검할 수 있다. Compressor의 운전 시간 및 사용량을 모니터링을 통해 예지보전이 가능하다. 가공 설비의 세부 전류 파형의 변화로 이상 현상을 조기에 파악이 가능해지며, 구동부의 이상 알람을 자체 시스템과 연동하여 모바일 기기 확인 등으로 현장 담당자의 빠른 대응이 가능해진다.

v. 건설자재 설비 산업

생산설비 구동부의 전류 예지보전으로 전기사용량을 점검, 누적 데이터로 활용할 수 있다. 믹서 설비 각각의 전력량을 비교하여, 공회전시 모터 및 기기의 베어링 소모상태를 확인 조치(교환)으로 정상 운전이 가능하도록 한다. 옥외 설비의 누설전류를 감지하여, 모터입력선의 소손을 사전에 교체하여 감전사고를 예방하는 효과를 가져올 수 있다.

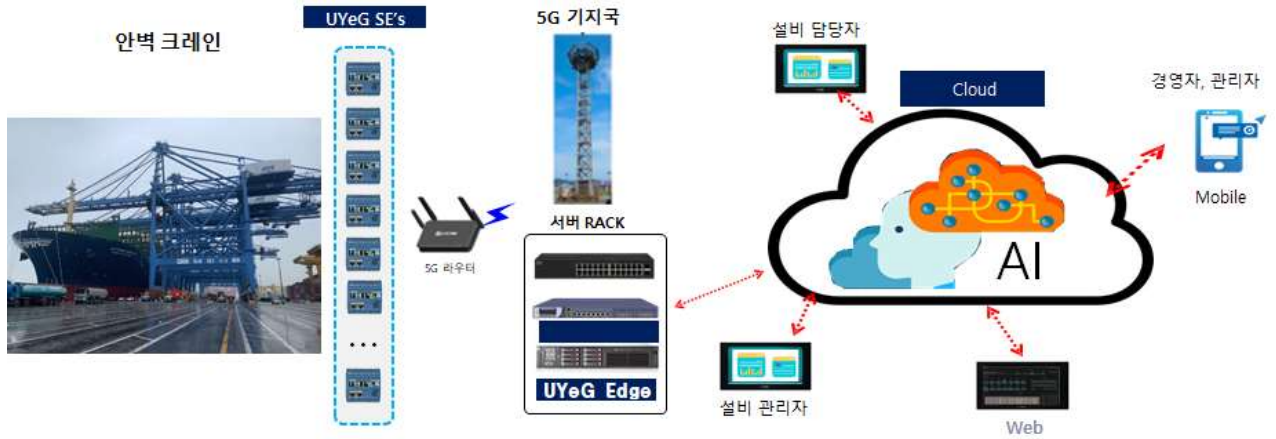


그림 23. Crane 설비에 적용된 Data 수집 구조

산업에 최적화된 IoT 기술을 이용한 센서 설비 및 센서 데이터를 실시간 수집 및 전송해, 단순한 정보 연결을 넘어 데이터 기반의 의사결정이 가능한 시스템을 제공한다. 실시간으로 흐르는 전체 설비들의 전류 흐름을 정밀하게 관찰함으로써 공장의 생산성과 가동율을 높일 뿐만 아니라, 예상치 못했던 설비의 고장, 화재, 폭발 사고를 사전에 예지한다.

빅데이터, 머신러닝 기술 기반으로 데이터 분석을 위해 전압, 전류, 전력, 온/습도, 지락, 외부 진동, 소음, 거리, 압력 등 유의미한 핵심 데이터 변이 값을 수집 후 이상원인 추출 정확도를 높여 최적화된 공장관리 제공한다. 다양한 데이터를 그래프 및 수치화해 관리요소를 가시화하고, 이벤트 발생시 즉각적인 대응을 할 수 있다.

공장과 설비의 효율성, 유지 및 사용도 제고 설비를 사전적으로 유지보수비용을 절감하고 공장의 다운타임 제로로 인한 생산성 향상이 가능하다. 설비에 구축된 센서를 통해 데이터 활용이 고도화되고 자동화되어 데이터 분석이 용이하여 플랫폼 이용비용을 절감해서 플랫폼 이용률이 높아져 참여자들의 수익이 높아지게 된다. 산업데이터 플랫폼에서 고차적인 비즈니스 기회에 신시장과 새로운 일자리 창출로 경제적 파급 효과를 누릴 수 있다.

목표 구분	최종목표	세부목표
AI 기술을 활용한 크레인 예지 보전 솔루션	정상/비정상 감지	<ul style="list-style-type: none"> 이상상태 감지 알고리즘 구축을 위한 기존 데이터 통합 선별된 비정상 감지 데이터중 고장원인에 따른 데이터 라벨링
	건전성 지수/잔여 수명 예측	<ul style="list-style-type: none"> 예지보전 알고리즘 적용을 위한 데이터 특징 모델링 수행 건전성 지수 /잔여 수명 예측
	데이터 시각화/경보	<ul style="list-style-type: none"> 크레인 상태 모니터링/데이터 분석/리포트 경고/위험 경보

표 4. AI 기술을 활용한 크레인 예지 보전 솔루션 구분

IV. 결론 및 시사점

1. 요약 및 결론

본 연구는 에너지 자원 대부분을 해외에 의존하는 국내 산업이 유가 등 에너지자원 변동에 따라서 원가 상승 및 물가상승으로 이어져 국제경쟁력이 약화되는 현실에서 각종 산업현장의 에너지 절감 및 자동화에 있어 전동기 가변속은 반드시 필요하기 때문에 인버터 적용은 필수적이고 중요한 역할을 하고 있으며, 효과적인 예지 보전을 제시함과 동시에, 이러한 액츄에이터를 통해 수집된 정보를 단순한 모니터링을 목적으로 하는 것에 그치지 않고, 산업 데이터로 축적하는 효율적인 방안을 제시한다. 반도체파워 소자(IGBT) 및 Soft의 눈부신 발전으로 인하여 인버터는 고성능, 고기능화 되고, 이로 인해 인버터 적용분야가 확대되고 있다. 또한 에너지 가격 불안이 지속되는 시대에 에너지 절감은 각종 산업에서 절대절명의 사명감이 되고 있다.

현재 인버터로 구동 가능한 3상 유도전동기는 전체 국가 전력의 40%, 제조업 현장 산업전력의 70%를 사용하고 있어 국가 전력 소비량이 큰 비중을 차지하고 있지만, 국내 인버터 도입 비율은 약 6%에 불과하다. 단, 에너지 절감 효과가 크기 때문에 수요는 계속 증가할 전망이다. 인버터는 전동기의 속도를 제어하여 에너지 절감 효과를 얻을 수 있고, 기동 전력 또한 줄일 수 있다. 그 뿐만 아니라 전동기에 인버터를 연결할 경우 역률 개선이 가능해 에너지 절감 효과가 뛰어나다. 특히 상하 운동을 반복하는 수직부하 혹은 회생이 많이 발생하는 부하에서 회생 유닛을 사용하게 된다면 에너지 절감의 효과는 더욱 커진다. 앞으로 인버터를 통한 에너지 절감이 과거보다 더 큰 이슈를 만들 것으로 예상된다.

인버터를 이용해서 에너지를 절감하는 방법은 속도 저감 외에도 여러 가지가 있다. 역률 개선, 기동 개선, 에너지 절약 운전, 회생 유닛 사용이 있으며, 전동기 자체도 고효율 전동기로 전환하면, 4~10% 절감이 되지만, 기존에 사용하던 전동기를 교체하지 않은 상태에서도 큰 에너지 절감 효과를 얻을 수 있다. 일본의 경우, 인버터 관련 에너지수급 구조개혁 투자촉진 세제 제도를 마련해 인버터 사용 비율이 20%를 넘어선 것으로 알려져 있다.

또한 최근 IoT가 새로운 트렌드가 되면서 디지털화된 정보교류가 중요해지고 있는데 이를 잘 활용하기 위해서는 제품의 디지털화(Digitalization)가 추구되어야 한다. 인버터를 프로세스에 적용할 경우 인버터는 기본적으로 모터의 상태를 모니터링하게 되며, 부하량과 시스템의 건전성 정도를 실시간으로 수치화해 모니터링 하게 된다. 또한 시스템에서 모니터링 해야 할 가치가 있는 각종 센서를 연결할 수 있는 연결성을 제공한다. 이러한 연결을 통해서 각종 센서에서 측정되는 시스템 변수는 수치화 되고, 이를 상위 시스템에 제공하는 것은 인버터에 채용된 여러 가지 통신 프로토콜을 통해 가능하게 된다. 최근 대두되는 IoT의 직접적인 활용은 인버터의 이더넷 통신을 구축할 경우 별도의 프로토콜 장비의 추가 없이도 인터넷 연결 및 여러 가지 인터넷 서비스의 활용이 가능하다.

인버터가 가진 디지털 기기로서의 능력을 통해 프로세스와 연관된 정보들을 수치화할 수 있고, 이를 시스템 레벨로 보고하는 것이 가능해진다. 이를 통해 프로세스의 많은 정보를 통합하여, 체계화할 경우 시스템에 IoT 개념을 적용할 수 있다. 에너지 사용 정보의 수집은 스마트 에너지 관리에 기여를 할 수 있으며, 시스템 변수의 모니터링을 통해서 시스템의 건전성 관리도 가능해진다.

2. 시사점

유럽연합(EU) 집행위원회가 ‘탄소국경조정제도(CBAM) 입법안’을 발표함에 따라 EU로 수입되는 제품의 탄소 함유량에 EU ETS(탄소배출권거래제)와 연계된 탄소가격을 부과해 징수하는 등, 국제사회는 지구 평균 온도 상승을 1.5°C 이내까지 제한하겠다는 파리협정 목표를 달성하기 위해 2030년 NDC 상향, 탄소중립 선언과 함께 COP26을 통해 기후대응을 공동으로 해결해야 한다는 확고한 의지를 표명하고 있다. 우선적으로 온실가스를 다배출하고 있는 철강, 알루미늄, 시멘트, 비료 및 전기에 탄소국경조정제도가 우선 적용된다. 탄소국경조정제도가 시행되면, 수입자가 품목별 탄소 함유량에 상응하는 양의 ‘인증서’를 의무적으로 구매해 탄소 가격이 부과된다. 탄소배출량이 많을수록 그만큼 많은 추가 비용이 부과된다.

(단위 : 백만불, 톤)

품목	2018		2019		2020	
	금액	물량	금액	물량	금액	물량
철·철강	2,485	2,946,121	2,124	2,783,801	1,523	2,213,680
알루미늄	110	30,652	155	46,892	186	52,658
비료	1	957	1	8,005	2	9,214
시멘트	0	73	0	24	0	80
전기	0	0	0	0	0	0

(출처 : 한국무역협회 통계자료, 2021년 기준)

표 5. EU 탄소국경조정제도 대상품목 대비 EU 수출 현황

해당 제도로 인해 이산화탄소 배출량이 많은 국가에 악재로 작용할 것이라는 의견이 지배적이다. 제조업 집약적인 산업 구조를 가진 대한민국 역시 이에 해당한다. 특히, 수출물량 측면에서 국내 철강산업 분야가 많은 영향을 받을 것으로 전망되고 있다. 전국경제인연합회는 EU의 탄소국경조정제도 도입안 발표 이후 단기적인 국내 주요 산업의 수출 감소와 장기적으로는 제조업 전반의 수출 환경 악화를 우려했다. 정부는 EU의 탄소국경조정제도가 국제무역규범의 원칙을 해치지 않도록 미국, 인도, 러시아, 일본, 중국 등 관련국과의 국제공조를 강화해야 한다며, 국내에서 운영 중인 탄소저감제도(탄소배출권거래제 등)를 근거로 EU 탄소국경제도 적용에서 제외될 수 있도록 노력할 필요가 있다고 발표함과 동시에, 장기적으로 탄소집약도가 높은 산업의 탄소배출이 감소될 수 있도록 관련 기술혁신에 대한 인센티브 지원 강화를 촉구했다.

제도적 관점에서 국가 간의 협의를 바탕으로 노력하는 방법은 정부 주도하에 이루어지면 된다. 다만, 산업의 주요 활동 구성원으로서의 역할을 고려해 본다면, 에너지 절감을 위한 노력은, 탄소배출저감으로 이어질 수 있다. 산업 시설의 모든 기계와 장비에서 안전, 건전성, 생산성을 고려한 에너지 절감 효율의 실시간 최적화 데이터를 수집하고, 수익성과 안정성, 지속가능성의 정보를 통해 최적의 운전 상태를 표준화하는 생산 공정의 발전이 가능하다고 사료된다.

위기를 기회로, 탄소중립에 대한 선제적 대응 필요

참고 문헌

국내 문헌

신정국 (2021.12) 생산자동화가 경제성장에 미치는 영향과 시사점

이영규, 윤혜진 (2020년), 스마트노멀

연구개발 특구 진행공단 (2018.01), 산업 제어 및 자동화 시장/연구개발특구기술 글로벌 시장동향 보고서

에너지경제연구원, 세계 에너지시장 인사이트 제21-15호, 2021.07.26

한국에너지기술연구원, 탄소중립 기술혁신 추진전략 10대 핵심기술 개발방향, 2021.09.13

한국에너지기술연구원, Decarbonizing steel, Technologies and Costs-2021.11

첨단정보통신융합산업기술원, 제조 엔지니어링 설계 기술 및 산업동향 보고서-2020.05

참고 사이트

냉동공조저널(<http://www.hvacrj.co.kr>)

동아비즈니스리뷰 https://dbr.donga.com/article/view/1203/article_no/8162/ac/magazine

모션컨트롤 <https://www.motioncontrol.co.kr/default/news/?nwsid=n3&uid=3853>

유진투자증권, “4차산업혁명: 스마트팩토리의 시대,” 2017.11.14

에너지온실가스종합정보

https://tips.energy.or.kr/overconsector/overconsector_view_03.do?code_num=MI&ch_code_num=MIO3#

인더스트리뉴스 <https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=5299>

<https://electric-tech.tistory.com/entry/대표적인-에너지-절약기기-‘인버터’-저전력화-고효율화-소형화로-거듭나야-한다>