

2018년 10월 4일 제2018-3호

산업분석	연구위원	이주완
산업분석	수석연구원	황규완
산업분석	수석연구원	김유진
산업분석	연구위원	안혜영
산업분석	수석연구원	김동한

산업융합시리즈 3호

- 스마트 팩토리: 4차 산업혁명의 아이콘

심층 이슈 분석

- 1** **스마트 팩토리, 제조업과 ICT가 결합된 제조공정의 융합** 이주완
- 스마트 팩토리는 제조업에 ICT가 융합된 4차 산업혁명의 아이콘과 같은 존재이며 연속공정 대신 모듈공정이 도입되고 IoT, CPS, AI, 빅데이터 등의 활용을 통해 맞춤형 유연 생산이 가능
 - 국내에서는 정부의 주도 하에 중소·중견 기업을 대상으로 스마트 팩토리 전환을 서두르고 있으나 스마트 팩토리 관련 국내 기술 수준은 선진국에 크게 못 미치고 시장점유율도 낮은 형편
 - 현재와 같이 낮은 레벨의 스마트 팩토리를 양산하기 보다는 핵심 기술을 확보해 자립도를 높이는 동시에 고도화 단계의 스마트 팩토리를 구축하며 노하우를 축적하는 것이 더 중요

Hot 이슈 추적

- 2** **스마트 빌딩, 건축 및 부동산 투자시장의 새로운 혁명** 황규완
- ICT/IoT 기술 발달로 입주자의 만족도를 향상시키고, 관리·운영비용을 최소화할 수 있는 스마트빌딩에 대한 관심이 높아지고 있음
 - 비용 대비 효용이 지속적으로 개선되고 있어 기존 건물의 스마트화도 꾸준히 증가할 것으로 예상되어 글로벌 대형 ICT 기업들의 진출이 활발해지고 있음
- 3** **철강 업계, 리딩 기업 중심으로 스마트 팩토리 도입에 박차** 김유진
- 철강산업은 최근 다양한 구조적인 문제(공급과잉, 환경, 인건비 등의 비용구조)를 해결할 수 있는 신성장 동력으로 스마트 팩토리에 주목
 - 국내 리딩기업인 POSCO가 자체 스마트 팩토리 플랫폼인 "PosFrame" 개발에 성공하고 공급사슬 전반에 걸쳐 확대 적용 중이며, 최근 중국 중대형 업체도 스마트 팩토리 도입에 가세
- 4** **정유·화학 산업에서의 스마트 팩토리 활용 사례** 안혜영
- 정유·화학 산업은 공정 자동화가 구축된 특성 상 기술 융합에 제약이 있었으나 ICT기술 진보로 정유·화학 공정에 통합이 가능해지자 생산성 개선, 리스크 경감 등을 위해 스마트 팩토리 도입 시작
 - 독일 BASF는 벨류체인 전반에 스마트 팩토리를 도입하였고 현재 이로 인한 효율성 향상 및 비용 절감 효과가 가시화 되었으며, 중국 Sinopec과 한국 SK는 현재 시험단계에 있으며 부문별로 성과를 확인
- 5** **자동차 기업들의 혁신을 위한 스마트 팩토리 추진 사례** 김동한
- 글로벌 선두 자동차기업들을 중심으로 생존과 성장을 위해 자동차 제조공정에 스마트 팩토리 기술을 적용하는 사례가 점차 증가하고 있음
 - 인공지능, 사물인터넷, 센서 등의 기술이 발전하는 가운데, 저성장과 경쟁 심화 기조로 스마트 팩토리를 통해 제조 프로세스의 혁신에 대한 필요성이 높아지고 있음

심층 이슈 분석

스마트 팩토리, 제조업과 ICT가 결합된 제조공정의 융합

스마트 팩토리, 제조업과 ICT가 결합된 제조공정의 융합

스마트 팩토리는 제조업에 ICT가 융합된 4차 산업혁명의 아이콘과 같은 존재이며 한국도 정부 주도로 확산을 꾀하고 있다. 그러나 스마트 팩토리 관련 국내 기술 수준은 선진국에 크게 못 미치고 시장점유율도 낮아 스마트 팩토리 구축 시 핵심 요소 대부분을 외국에 의존해야 하는 상황이다. 핵심 기술을 외국에 의존할 경우 자칫 생산 공정상 기밀들이 외부로 유출될 가능성도 있다. 따라서 현재와 같이 낮은 레벨의 스마트 팩토리를 양산하기 보다는 핵심 기술을 확보해 자립도를 높이는 동시에 고도화 단계(레벨 4)의 스마트 팩토리를 구축하고 그 과정에서 노하우를 축적하는 것이 더 중요하다.

스마트 팩토리의 개념과 사례

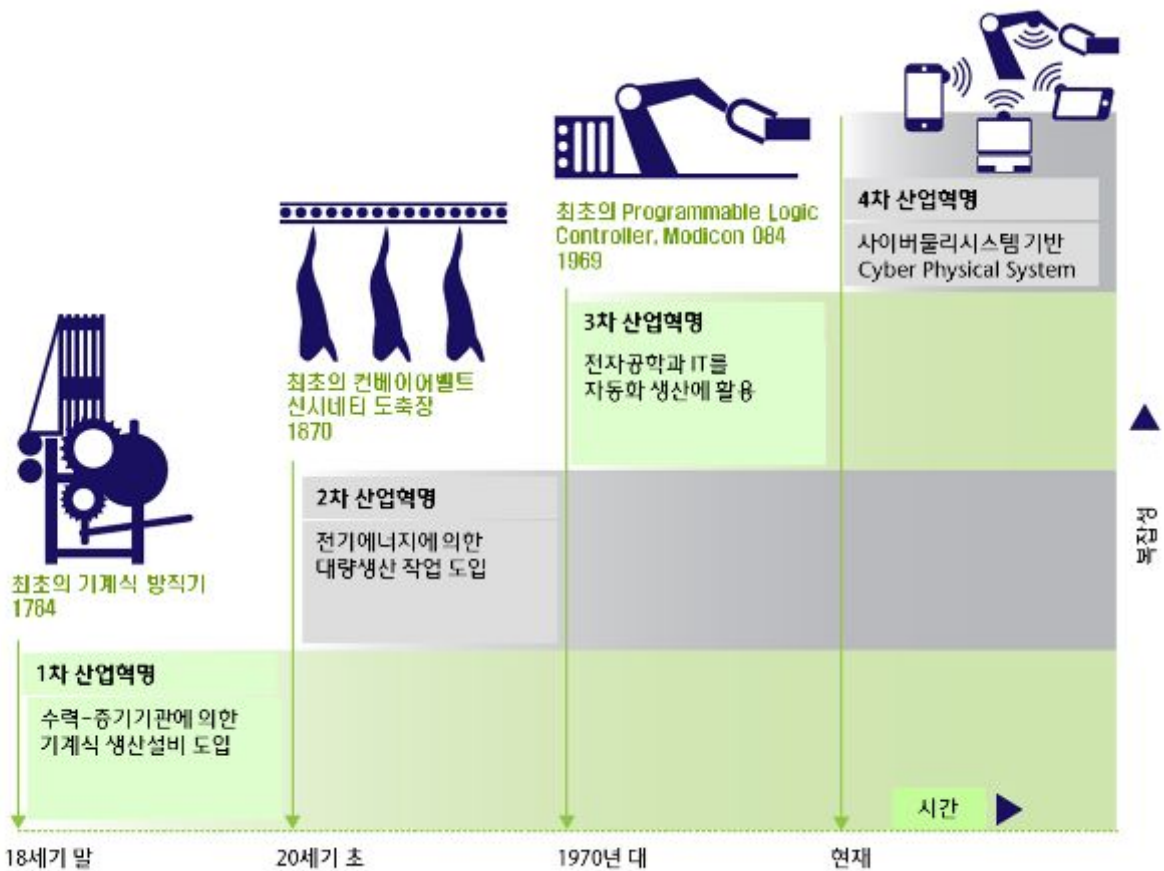
■ 4차 산업혁명 시대의 정의에 대한 이견이 있으나 새로운 변화는 거스를 수 없는 흐름

- 독일 연방교육연구부가 2014년 발표한 ‘new High-Tech Strategy’에 Industry 4.0이라는 용어가 등장하며 (최초 등장은 2011년) 나라별로 유사한 정책을 추진 중
 - Advanced Manufacturing(美), 재흥전략 및 로봇 신전략(日), 중국제조 2025(中), High Value Manufacturing Strategy(英), Smart Industry(네덜란드)
- 2016년 1월, 다보스 포럼에서 ‘4차 산업혁명’이 주된 의제로 등장함에 따라 세계 각국의 정부와 언론을 통해 4차 산업혁명 관련 열풍이 확산되기 시작
- 경제학적으로 ‘산업혁명’이란 표현은 인류의 생산성이 크게 향상되는 시점, 즉 글로벌 GDP-Time 곡선의 변곡점에 사용되는데 2~4차 산업혁명은 변곡점이 뚜렷하지 않음
 - 1차 산업혁명 당시에는 증기기관이 발명되어 기계가 사람과 말의 노동력을 대체하며 생산성이 비약적으로 높아졌으나 그 이후에는 연속적이고 점진적인 발전이 진행되고 있음
- 또한 4차 산업혁명의 초기 사례들과 수혜 분야 등을 분석해보면 독일, 미국 등 일부 국가의 기술력과 경쟁력이 높은 영역이어서 다분히 정책적, 상업적 의도가 엿보임
 - 데이터 산업, 제조업의 플랫폼, 제조와 서비스의 연계, 인공지능 등
 - 4차 산업혁명을 가장 먼저 제창한 것도 독일이며 유럽과 미국 기업들이 선도하고 있음
- 그럼에도 불구하고, ICT 기술이 한 단계 진화함에 따라 산업 간의 융합이 활발해지고 경제학적 패러다임이 변하고 있다는 것은 부정할 수 없기에 이에 대한 대응이 필요
- 4차 산업혁명을 규정짓는 다양한 정의들이 등장하고 있지만 산업혁명의 핵심은 생산방식의 변화이며 생산 방식의 변화가 과급되어 사회, 문화적인 변화로 확대됨
 - 현 시점에서 생산방식의 변화를 대표할 수 있는 것이 스마트 팩토리라 할 수 있음

■ 4차 산업혁명의 핵심은 사이버물리시스템에 기반을 둔 유연한 생산 활동

- 현재의 생산 활동은 IT가 자동화설비에 접목된 형태로서 다소 진보되긴 했으나 큰 틀에서는 2차 산업혁명 시기에 도입된 연속 일관 공정 시스템이 유지되고 있는 상황
 - RFID와 무선통신 그리고 일부 로봇이 도입된 것 등이 큰 변화라 할 수 있음
- 그러나 4차 산업혁명 (Industry 4.0) 시대에는 사이버물리시스템이 본격적으로 도입되어 부품, 장비 간 형성된 긴밀한 네트워크를 통해 유연한 생산 활동이 가능
 - ※ 사이버물리시스템(CPS: Cyber Physical System): 실제 공간과 인터넷, 무형의 서비스 등 가상의 공간을 S/W, 센서, 정보처리장치 등을 활용해 실시간 통합하는 시스템
- 사이버물리시스템의 완성을 위해서는 현재 도입 초기에 있는 IoT(Internet of Things)와 IoS(Internet of Services) 생태계가 먼저 구축되어야 함
 - 능동적인 사물 간 통신을 통해 중앙집중식에서 분산 형태로, 획일적인 생산에서 다양화되고 고객 맞춤형 생산으로 변모되는 것이 큰 차이

그림3 | 산업혁명 변천사



Quelle: DFKI 2011

자료 : DFKI (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, 독일 인공지능연구소)

■ 스마트 팩토리는 사이버물리시스템(CPS)이 구축된 신개념의 생산 시설

- 4차 산업혁명 시대의 생산 활동을 주도하게 될 스마트 팩토리는 기본적으로 IoT 생태계를 구축하고 있으며 여기서 더 나아가 사이버물리시스템 환경을 갖추어야 함
 - 스마트 팩토리를 기반으로 서비스와의 융합, 소비자 참여 등 전반적인 변화 진행
- IoT(사물인터넷)가 근거리 통신을 사용해 사물간의 긴밀한 데이터 교환을 가능하게 해 준다면 CPS는 가상공간과 실제공간을 하나의 생태계로 구성하는 역할을 수행
 - 유무선 통신과 IoT, IoS(Internet of Services) 등의 인프라가 선결 조건

■ 수평적, 수직적 네트워크 도입으로 능동적인 모듈 기반의 생산체제로 전환

- 스마트 팩토리와 기존 자동화 공장 사이의 가장 큰 차이는 양방향 통신을 기반으로 작업 명령과 피드백이 가능해지고 스스로 생각하며 공정이 진행된다는 점
 - 기존의 자동화 공장은 입력된 명령과 정해진 순서에 따라 단순 반복하도록 설계
- 즉, 컨베이어 시스템 기반의 연속 일관 공정 대신 인공지능을 탑재한 각 제품/반제품이 스스로 판단해 최적화된 다음 공정 모듈을 찾아 이동하며 생산이 진행되는 구조
 - 동일 기능의 복수 모듈들이 작동하고 실시간 정보 교환으로 대기 시간 최소화
- 공정이 진행 중인 제품/반제품이 탑재된 스마트 카트는 수시로 중앙관제센터 및 각 공정 모듈과 정보를 교환하며 유기적이고 능동적으로 공정을 진행
 - 모든 완제품 혹은 부품의 공정 이력이 축적되어 빅데이터 분석에 활용됨

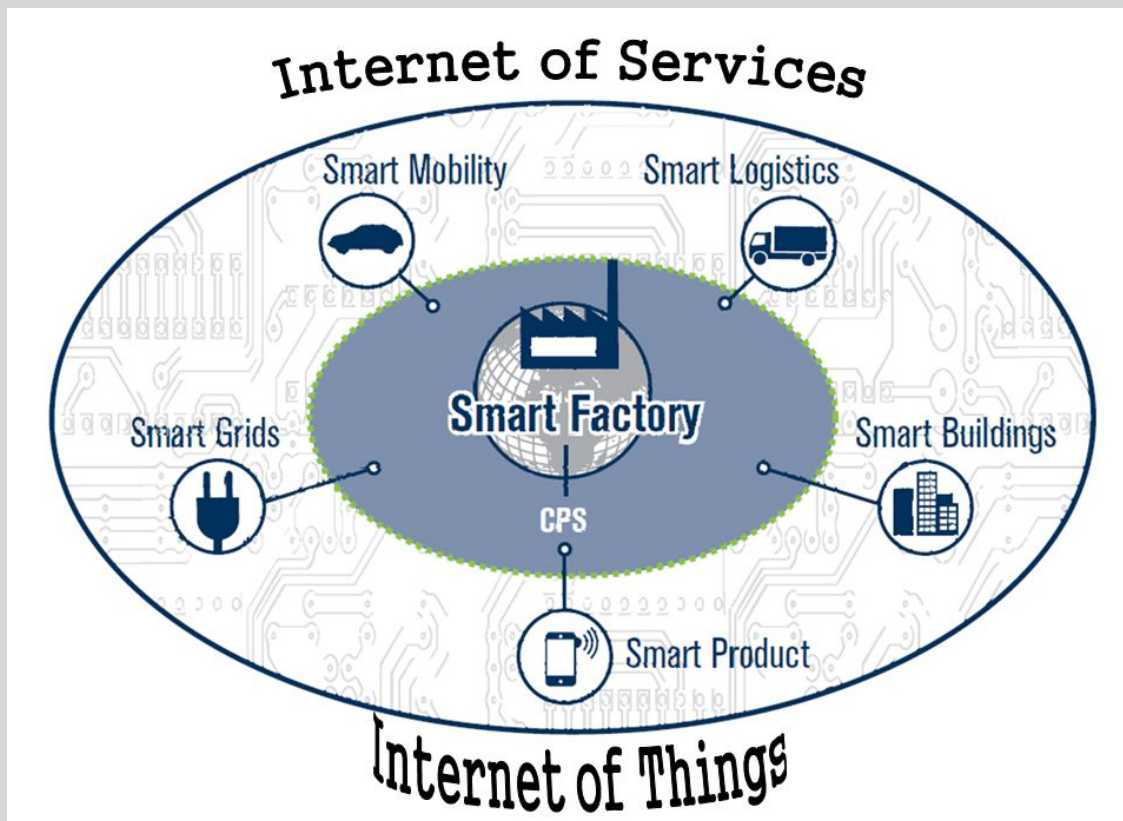
표1 | 스마트 팩토리와 기존의 자동화 공장 비교

	자동화 공장	스마트 팩토리	비고
공정단위	연속적 (컨베이어벨트)	모듈별 진행	수평적/수직적 공정 네트워크 도입
공정진행	정해진 Sequence	대기시간, 선·후 공정을 고려한 최적 모듈로 이동·진행	모듈과 카트 간의 정보 교환
부품품 이동	수동적 정해진 Route에서 Go/Stop	능동적 최적 공정 모듈을 찾아 이동	스마트 카트로 이동
유지·보수	엔지니어가 진단, 조치 전체 공정 라인 Stop	자체 진단 / 원격 제어 문제 발생 모듈만 Stop	문제 발생 전 예비 경보 중앙관제센터에서 조치
생산품목	획일적인 디자인과 규격	Customized Product	공정 진행 직전에도 디자인, 규격 등 변경 가능

자료 : 하나금융경영연구소

< 스마트 팩토리 >

- **생산 공정에 관련된 모든 요소들이 긴밀한 네트워크를 형성**
 - 제품(반제품)의 공장 내 이동, 전력 사용, 공작 기계의 작동, 원거리 이동(물류) 등 모든 요소들을 센서, 인공지능, IoT, 원격 제어 방식에 의해 통제
 - 모듈별 독립 제어가 가능해 예상치 않은 상황 발생 시 전체 공정 흐름에 영향을 주지 않으며 디자인, 기능 등 제조 내용을 순발력 있게 변경하는 것이 가능
- **제품이 스스로 인식, 판단해 다음 공정으로 이동하며 공정을 진행**
 - Smart Product(Intelligent Product)의 개념을 지닌 제품/반제품은 사전에 인지된 공정 순서와 공정 조건을 조합해 대기 시간이 가장 짧은 모듈로 스스로 이동
 - 이러한 공정 진행을 가능케 하는 것이 Smart Cart이며 각 제품별로 독립된 Smart Cart에 탑재되어 있으므로 외형적으로는 제품이 스스로를 조립하는 효과
 - 한편, 스마트 팩토리는 친환경에너지를 활용해 에너지를 자급하고, 물류 시스템에 스마트 Logistics를 도입하는 등 인프라 시설 및 방식도 크게 변화하는 추세



자료 : DFKI (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, 독일 인공지능연구소)

< 사례 1 : 지멘스의 Amberg 스마트 팩토리¹⁾ >

■ PLM과 SIMATIC MES를 사용해 다품종 생산 자동화 공장 구축

- 제품수명 주기관리(Product Lifecycle Management, PLM) 등을 활용한 제품개발 및 '가상 생산'과 각종 센서, 디바이스, 제어, 생산관리시스템 등을 연동
- PLC(Programmable Logic Controller) 등 산업용 자동화 관련 기기와 S/W를 주로 생산하는 Amberg 공장은 1,000개 이상의 제품을 연간 1,200만개 이상 생산
- 자체 개발한 자동화 장비들, 로봇 및 SIMATIC MES 소프트웨어가 적용되어 하루 5천만 개의 개별 공정을 관리해 자동화율 75%, 불량률 0.00115%(11.5ppm) 유지

■ ICT 융합, 센서, 빅데이터 분석 등을 통해 Loss Time 최소화

- Amberg 공장과 같이 다양한 제품을 생산할 경우 제품 종류가 바뀔 때 발생하는 제조 공정의 수정(체인지오버, changeover)에 상당한 시간이 낭비됨
- Amberg 공장은 IT와 융합된 기계 및 센서들을 통해 생성된 방대한 빅데이터를 실시간 분석하고 스스로 의사 결정을 함으로써 체인지오버를 해결
 - 수만 개의 제품과 설비에 부착된 개별 바코드들이 기계 이상과 불량품 등을 감지하는 센서와 스캐너를 통해 매일 5천만 개의 데이터를 생성
- 이러한 일들이 가능한 것은 모든 부품에 바코드 혹은 RFID를 부착하고 지능형 설비들은 제품과 M2M(Machine to Machine) 네트워킹을 지속적으로 수행하기 때문
- 중앙관제센터에 해당하는 SIMATIC IT 플랫폼에 근무하는 엔지니어들이 현장의 모든 상황을 파악하고 공정 진행을 모니터링



1) LGCNS, Hellot.net

< 사례 2 : 완성차 메이커들의 스마트 팩토리2) >

- **폭스바겐: RFID가 장착된 자동차 플랫폼이 능동적으로 공정을 진행**
 - 생산 정보가 입력된 RFID 칩을 장착한 자동차 플랫폼이 생산 라인을 이동하며 능동적으로 자신이 받아야 할 가공 작업을 기계들에게 요청
 - 차체 플랫폼은 인도에 위치한 공장에서 로봇과 레이저 용접 등을 통해 별도로 제작해 공급하며 원거리 설비들은 가상 공장을 통해 원격으로 운영, 관리
- **다임러 벤츠: 모듈형 플랫폼과 클라우드를 활용해 맞춤형 제품 생산**
 - 모듈화된 플랫폼과 주문 생산 방식을 통해 엔진, 인테리어, 인포테인먼트 시스템, 색상 등을 능동적으로 조합해 고객별 customized된 제품을 생산
 - SAP HANA 플랫폼 등 클라우드 기반의 ERP와 지멘스의 제품수명 주기관리(PLM)를 함께 사용하여 모듈, 부품 공급 업체들과 긴밀한 정보 공유 및 협력
 - 20개 이상의 개발센터와 공급업체가 동일한 플랫폼을 사용하여 통일화 및 규격화된 공급망 관리를 통해 납기 준수율과 만족도를 동시에 달성
- **BMW: 에너지를 자급하고 자율형 무인 카트와 협업 로봇을 이용해 유연한 공정 전환 추구**
 - 탄소 섬유 복합재, 고탄성 내열 플라스틱, 알루미늄 드라이브 모듈 등의 신소재와 연료 전지, 자체 광산, 풍력 발전기를 통해 자원과 에너지를 자급
 - 신소재를 통해 금형 프레스, 페인트 공정이 사라지고, 조립 시 컨베이어벨트 대신 자율형 무인 스마트 카트와 협업 로봇(Cobot)을 사용해 유연한 공정 전환이 가능



2) LGCNS

< 사례 3 : GE의 Brilliant Factory³⁾ >

■ 모든 데이터를 인터넷, 인공지능, 클라우드를 활용해 각 기계 설비 간 공유

- GE는 인도 뭄바이 푸네 지역에 건설한 약 8.2만평 규모 생산시설에서 1,500여명의 직원들이 생산라인, 생산지원, 3D레이저 검사 등을 진행
- GE의 첫 번째 생각하는 공장인 이곳에서 항공, 파워, 오일&가스, 운송 등 4대 사업 분야의 다양한 제품들을 동일 공장, 동일 인력, 동일 설비를 이용해 생산, 가공
- 산업인터넷, 데이터 처리능력, 인공지능 기술을 결합하여 공장 내 설비와 기계에서 생성되는 모든 데이터를 클라우드로 연결해 각 기계 설비 간 공유

■ 푸네 공장을 테스트베드로 삼아 완전 무인공장을 추구

- 공장 곳곳에는 센서가 설치되어 있어 공정상황이 실시간 파악 가능하며 현장에서 문제 발생 시, 학습된 인공지능이 처리
- 궁극적으로는 공장 내 완전 무인화를 목표로 하고 있으며 향후 대형 주문형 제품까지 공장에서 자동 생산함으로써 가격 경쟁력을 강화시킬 계획
- 다만, 완전한 ‘생각하는 공장’을 구현하기 위해서는 대부분의 의사결정을 하는 인공지능의 잘못된 판단을 방지할 수 있어야 하며 이를 위해 다양한 시나리오 상황을 설정하여 테스트 중



3) SERICEO

스마트 팩토리의 핵심 요소와 유망 분야

- Perception(인지): 센서, 바이오칩, Analog 반도체, Wearable Device
 - 스마트 팩토리의 실현을 위한 일차적인 요구조건은 인지(perception)로서 어떠한 동작이 이루어지기 전 반응을 야기하는 input 혹은 trigger에 해당
 - 인지 단계에서 필요한 것은 각종 센서들, 광학기구, Bio-chip, Analog 반도체 등이며 제품 출하 후 소비자의 Feedback 단계에서는 Wearable Device가 추가로 포함됨
 - 센서의 종류: 광센서, 소리센서, 압력센서, 속도센서, 온도센서, 고도센서, 방향센서 등

- Communication(통신): NFC, 블루투스 등 IoT를 구현하는 근거리 통신 tool
 - 스마트 팩토리의 핵심이라 할 수 있는 IoT는 근거리 통신에 의해 구현되는데 대표적인 근거리 통신 방식으로는 RFIF, NFC, 블루투스(Beacon) 등을 들 수 있음
 - 비콘(beacon)은 블루투스의 일종으로서 전력소모가 작은 것이 특징
 - NFC(near field communication)는 넓은 의미에서 RFID의 한 형태이며 특히 모바일에 특화된 고주파(13.56MHz) 영역의 통신 방식
 - 일반적인 RFID가 저장된 태그의 정보를 리더가 읽는 일방적인 통신만 가능한 데 비해 NFC는 읽기/쓰기 기능이 모두 가능한 양방향 통신 방식
 - NFC와 마찬가지로 양방향 통신이 가능한 무선 통신 방식으로는 블루투스가 있는데 블루투스는 인식 거리가 길고 통신 속도가 빠르다는 장점을 지님
 - 인식 거리는 NFC의 600배에 달하고 통신 속도는 60배 빠름
 - 한편 NFC의 짧은 인식 거리는 약점이자 동시에 장점으로 작용하는데 인식 거리가 10cm 이내로 짧기 때문에 원천적으로 해킹 가능성이 거의 없음
 - 블루투스는 도달거리가 긴 장점이 있으나 보안성이 낮고 셋업시간이 긴 단점 존재

표2 | 단거리 무선 통신 방식의 특성 비교

구분	RFID	NFC	Blue Tooth / Beacon
주파수 대역	135kHz, 13.56MHz, 908.5~914MHz	13.56MHz	2.4GHz
인식 거리	~3m	~10cm	~60m
셋업 시간	~0.1sec	~0.1sec	~6sec
통신 속도	-	424kbps	~24.4Mbps
양방향 통신	불가능	가능	가능

자료 : 하나금융경영연구소 정리

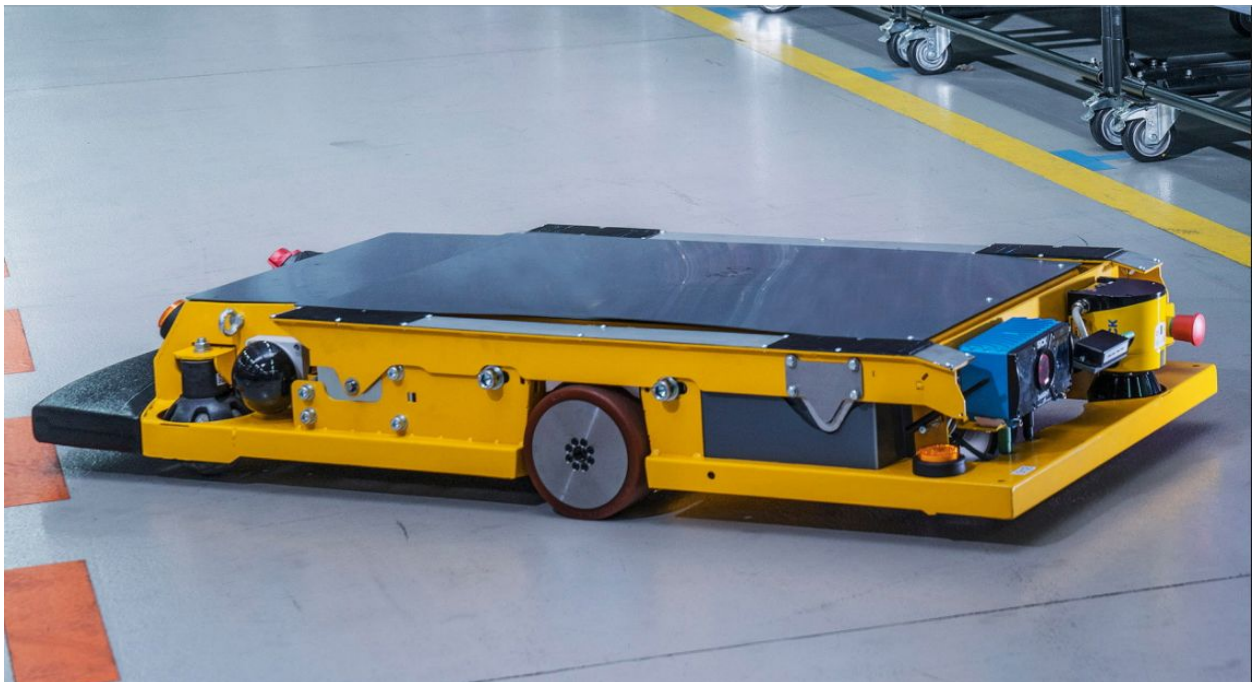
■ Mobility(이동): 스마트 cart, 로봇, 드론, 자율주행차, 자기부상열차 등

- 이동은 근거리 이동과 원거리 이동으로 구분할 수 있는데 근거리 이동은 스마트 cart와 로봇 등이, 원거리 이동은 자율주행차, 드론, 자기부상열차 등이 유망
 - 근거리 이동은 공장 내, 원거리 이동은 공장과 공장 혹은 물류창고나 매장 간의 이동
- 근거리 이동은 주로 생산 단계에서 많이 발생하고 원거리 이동은 물류 단계에 해당하는데 로봇의 경우 근거리 이동 수단이며 동시에 공작(조립) 수단으로도 활용됨
 - 자기부상열차의 경우 스마트 팩토리 초기 단계에서는 근거리 이동에서 출발

■ Analysis(분석): AI, Big Data, SSD, ADC(Analog-Digital Converter), ITS

- 공정을 제어하고 사고, 불량 등 돌발 상황에 대처하는 등 두뇌 역할을 하는 파트에서는 인공지능(AI)과 Big Data 등이 필수이며 방대한 데이터 저장을 위해 SSD도 필요
- 또한, 대부분의 센서들이 인지하는 정보가 아날로그 형태이기 때문이 아날로그 데이터를 디지털로 전환해 주는 ADC 역시 수요가 크게 확대될 전망
- 한편, 자동화 공장 설계의 바탕이 되는 산업공학(Industrial Engineering)과 스마트물류의 핵심이라 할 수 있는 ITS(Intelligent Transport System) 역시 유망 분야
 - ITS는 주로 원거리 이동에 필요한 시스템

그림4 | BMW의 스마트 운송 로봇 (Smart Transport Robot)



자료 : BMW

■ Energy(동력): Solar Panel, Wind-Mill, ESS(에너지 저장 시스템), 스마트 그리드

- 스마트 팩토리의 특징 중 하나는 전력 등 에너지의 자급자족으로서 공장 내의 다양한 시설에 태양광이나 풍력 발전 시설을 설치하고 그린에너지를 활용
 - BMW의 스마트 팩토리는 이미 에너지 자급화를 구현
- 그린에너지를 활용한 전력망을 구축할 경우 24시간 전기 공급이 가능하려면 ESS 설비를 갖추어야 하고 전력의 효율적인 배분을 위해 스마트 그리드를 구축해야 함
 - 공장 단위의 소규모 스마트 그리드는 비교적 빠른 시일 내에 상용화 가능

■ Manufacturing(제조): 3D Printer, 로봇

- 현재는 3D 프린터가 비교적 단순한 제품을 생산할 때 주로 사용되지만 점차 정밀성과 재료의 다양성이 향상되고 대형화가 진행됨에 따라 크고 복잡한 제품 생산도 가능
 - 이미 자동차나 주택을 건설한 사례가 있음
- 3D 프린터를 제외할 경우 대부분의 제조 공정은 AI의 지시를 받는 로봇이 담당하게 되므로 로봇산업이 빠르게 성장하는 것은 필연적
 - 스마트 팩토리에 필요한 것은 휴머노이드 계열이 아닌 산업용 로봇

표3 | 부문별 성장 가능성이 높은 분야 및 업종

	Production (생산)	Logistics (물류)	Service (파생 비즈니스)
Perception (인지)	Sensor / Optics / Bio-Chip Analog Semiconductor	Sensor	Sensor / Optics / Bio-Chip Analog Semiconductor / Wearable Device
Communication (통신)	IoT / RFID / Beacon NFC / Bluetooth	IoT / RFID Beacon / GPS	IoT / GPS
Mobility (이동)	Smart Cart / Robot	Dron / Self-Driving-Car Magnetic-Levitation-Train	
Analysis (분석)	IE (Industrial Engineering) AI, Big Data	ITS (Intelligent Transport System)	Big Data / SSD / ADC / AI
Energy (동력)	Solar Panel / Wind-Mill ESS / Smart-Grid	Solar Panel / Fuel Cell Ion Battery / Battery Charger	Bio-Battery / Solar Panel
Manufacturing (제조, 공작)	3D Printing (Polymer/Metal) Robot		

자료 : 하나금융경영연구소

국내 스마트 팩토리 도입 현황과 향후 과제

■ 스마트 팩토리는 고도화 수준에 따라 4단계로 구분

- 기존의 공장을 스마트 팩토리로 전환하는 것은 ICT 인프라, HW, SW, 인공지능 등 광범위한 변화를 수반하기 때문에 처음부터 완전한 수준의 기능과 형태를 갖출 수 없음
- 따라서 공장의 자동화 및 지능화 수준에 따라 스마트 팩토리를 기초, 중간 1, 중간 2, 고도화 등 4단계로 구분하는데 고도화 단계가 진정한 의미의 스마트 팩토리임
 - 고도화 단계: IoT, CPS 체계가 완벽히 갖춰지고 맞춤형 유연 생산이 가능한 수준
- 해외에서 1~3단계를 거치지 않고 고도화 단계의 스마트 팩토리를 시범 운영하는 경우도 있지만 이는 극히 제한적이며 일반적으로 점진적인 변화와 발전 과정을 거침
 - 단계별로 진화하며 문제를 해결하고 운영 체계를 고도화하는 것이 리스크를 낮춤

■ 삼성 SDI, SK C&C, LG CNS 등 SI 기업들, 스마트 팩토리 플랫폼 시장에 진출

- 성공적으로 스마트 팩토리를 구축하기 위해서는 HW보다 SW와 운영체제 및 플랫폼이 더욱 중요한 요소라 할 수 있는데 국내 SI 업체들도 최근 관련 솔루션을 출시
- 삼성 SDI, SK C&C, LG CNS 등 국내 대표적인 시스템 기업들은 경쟁적으로 스마트 팩토리 구축에 필요한 플랫폼을 개발, 출시했으며 포스코 ICT 등도 경쟁에 가세
 - 아직은 자사 계열사 위주로 단계별 솔루션을 공급하는데 그치고 있음

표4 | 스마트공장 수준별 단계 정의

레벨	정의	주요 내용
기초 단계	생산이력 추적 관리	생산설비, 물류 등 정보를 기초 ICT를 활용해 수집하고 이를 활용한 생산관리 구현
중간 1단계	광범위한 생산 정보 실시간 집계 및 모니터링	센서와 IoT, 빅데이터 등을 이용한 자동화 설비를 활용, 실시간 최적화된 체계 구축
중간 2단계	IT-SW 기반 실시간 자율 제어	
고도화 단계	IoT-CPS 기반 맞춤형 유연 생산	고도화된 ICT와 자동화 설비를 활용, 지능화한 완전한 생산체계 구축

자료 : 스마트공장 추진단

표5 | 국내 대표적인 스마트 팩토리 플랫폼 공급자

	삼성 SDI	SK C&C	LG CNS
플랫폼 명칭	넥스플랜트	스칼라, 에이브릴	팩토바
론칭 시기	2016	2016	2018

자료 : 언론 보도 정리

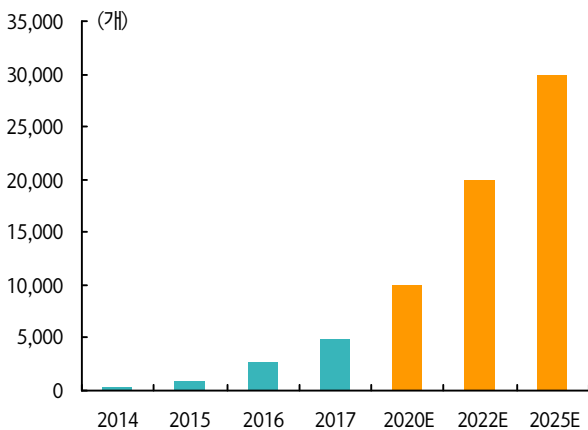
■ 정부의 적극적인 지원 하에 2017년 말 약 5,000개의 스마트 팩토리 구축 완료 및 진행

- 정부는 4차 산업혁명 경쟁력을 갖추기 위해 2014년 6월 「제조업 혁신 3.0 전략」을 발표하고 민관 합동으로 중소·중견 기업을 대상으로 스마트 공장 보급을 추진 중
- 산업통상자원부는 산하에 스마트공장 추진단을 설치하고 신용보증기금, 신한은행 등 금융기관과 ‘스마트공장 협약 보증 대출’을 신설하여 스마트공장 전환을 지원
 - 산업부, 신보, 신한은행간 「스마트공장 금융지원 협약」 체결(2016.9)
- 2017년 11월말 현재, 4,889개의 스마트 팩토리 구축을 추진해 3,984개를 완료했으며 905개는 현재 구축 중인데 2025년까지 스마트 팩토리 3만개를 구축하는 것이 목표
 - 스마트 팩토리 구축 목표(전망): 1만개(‘20) → 2만개(‘22) → 3만개(‘25)

■ 스마트 팩토리 도입 후 매출 증가, 불량 감소 등 가시적인 성과 도출

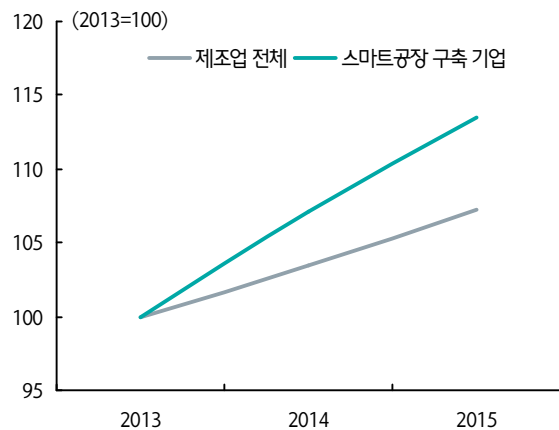
- 스마트 팩토리를 구축한 기업들의 경영 성과를 분석한 결과 제조업 전체와 비교할 때 매출증가율이 2배 정도 높은 것으로 나타났으며 생산성도 16% 향상되었음
 - 매출증가율 비교(2013~15): 스마트 팩토리 13.5%, 제조업 전체 7.2%
- 또한, 생산 과정에서 발생한 불량률이 2015년 30,000ppm에서 2018년 500ppm으로 1/60 수준으로 낮아졌으며 납품 후 발생 불량률 역시 120ppm에서 5ppm으로 하락
 - ppm(part per million): 백만 개 당 불량 발생 개수(빈도수)를 말하며 반도체 등 IT 산업에서는 ppb(part per billion) 단위로 공정을 관리함
- 뿐만 아니라 연평균 45억 원의 원가 절감 효과가 발생한 것으로 집계되어 스마트 팩토리 도입이 기업의 양적, 질적 성장 및 수익성 개선에 크게 기여한 것으로 나타남

그림5 | 국내 스마트 팩토리 도입 현황 및 전망



자료 : 스마트공장 추진단

그림6 | 스마트공장 구축 기업과 일반 기업의 매출 추이



자료 : 스마트공장 추진단

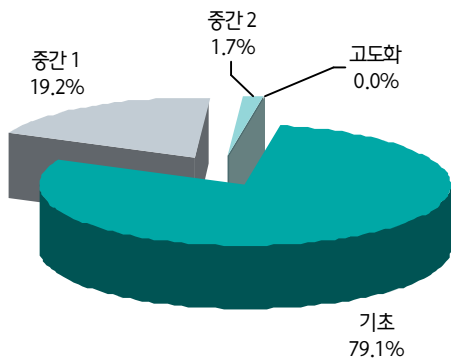
■ 국내 스마트 팩토리 대부분은 아직 기초 단계 레벨에서 벗어나지 못한 상태

- 최근 2~3년간 중소·중견 기업 위주로 스마트 팩토리를 구축한 기업이 빠르게 증가하고 있지만 대부분의 기업은 아직 걸음마 단계에 머물고 있는 것으로 나타남
- 2016년 말 현재 스마트 팩토리를 구축한 2,800개 기업을 대상으로 조사한 결과 전체 기업의 79.1%는 레벨 1인 기초 단계이고 19.2%는 레벨 2인 중간 1 단계
- 레벨 1과 레벨 2의 경우 생산이력을 추적하고 생산 정보를 실시간 집계 및 모니터링 하는 수준으로서 일반적인 의미에서 스마트 팩토리라고 부르기에는 크게 미흡
 - 레벨 3인 중간 2단계 비중은 1.7%, 레벨 4인 고도화 단계는 전무한 상황

■ 스마트 팩토리가 도입되면 단순 작업 인력은 축소되고 시스템, SW 인력 수요는 증가

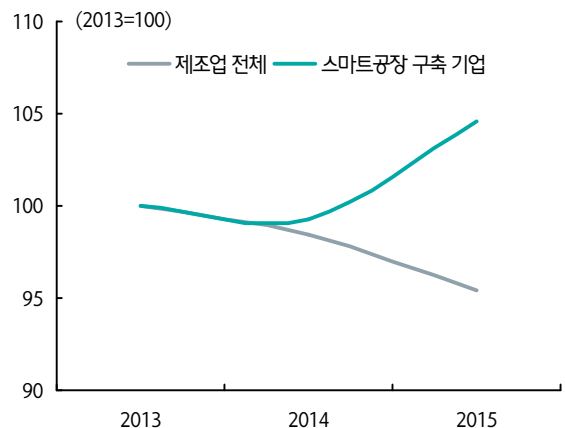
- 스마트 팩토리의 특징 가운데 하나가 ICT, 센서, 로봇, 인공지능 등을 활용한 공정 자동화이므로 단순 작업 근로자의 수가 감소할 것이라는 예상이 지배적
- 그러나 최근 조사 결과에 의하면 스마트 팩토리를 도입한 기업의 고용 증가율이 제조업 전체보다 높은 것으로 나타나 스마트 팩토리가 오히려 고용을 촉진시킴
- 이러한 예상 밖의 결과가 나타난 이유는 대부분의 스마트 팩토리가 아직 기초 단계 레벨에 머물고 있어 실질적인 공정 자동화가 이루어지지 않았기 때문인 것으로 판단
 - 레벨 4인 고도화 단계에 진입해야 IoT·CPS 기반 맞춤형 유연 생산이 가능해짐
- 향후 스마트 팩토리가 고도화 단계에 진입하게 되면 단순 작업자의 수는 크게 감소할 수밖에 없으나 플랫폼 운영, 자동 제어 등 시스템과 SW 전문가 수요는 크게 증가
 - 제조와 관리·운영 근로자의 구성비에 큰 변화가 예상됨

그림7 | 국내 스마트공장 구축 기업의 스마트화 수준



자료 : 스마트공장 추진단

그림8 | 스마트공장 구축 기업과 일반 기업의 고용 추이



자료 : 스마트공장 추진단

■ 전 세계 스마트 팩토리 관련 HW, SW 시장은 외국 기업들이 독식

- 정부 주도로 단기간 내 스마트 팩토리 확산을 위해 노력하고 있지만 스마트 팩토리에 대한 기업들의 이해가 부족하고 역사가 짧기 때문에 아직 한국의 경쟁력은 매우 낮음
- 고도화 단계의 스마트 팩토리에 대한 기업들의 수요 자체가 미미한 수준이고 스마트 팩토리를 구축하기 위한 HW, SW를 공급할 수 있는 역량을 갖춘 기업도 부족
 - SI 업체들이 스마트 팩토리 플랫폼을 출시했으나 이제 막 태동 단계
- 이러한 현실이 반영되어 세계 스마트 팩토리 기기 및 SW 시장은 지멘스(독일), 록웰(미국), ABB(스위스), 에머슨(미국), 미츠비시(일본) 등 외국 기업들이 주도
 - 상위 5개 기업의 시장점유율이 53%에 달함

■ 스마트 팩토리를 구성하는 요소들의 해외의존도가 높아 핵심 기밀 유출 등의 리스크 존재


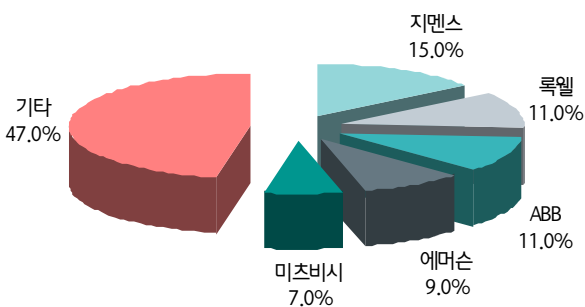
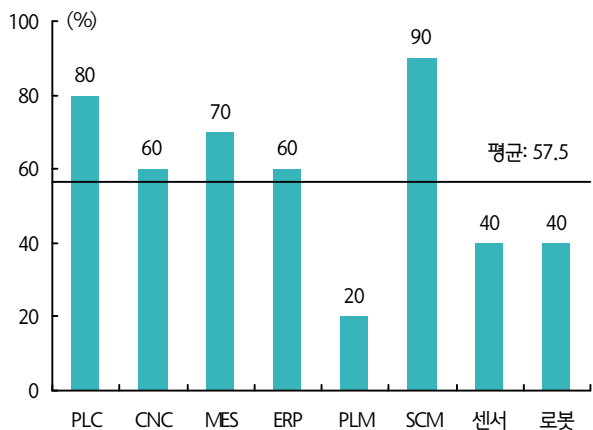
- 스마트 팩토리를 구성하는 대부분의 요소들에 대해 국내의 기술수준이 선진국에 비해 크게 뒤진 것으로 나타나 스마트 팩토리 구축 시 해외의존도가 높다는 우려 존재
 - 스마트 팩토리 관련 8개 핵심 항목의 국내 기술수준은 선진국의 60% 수준
- 스마트 팩토리 구축 시 발생하는 외화 유출 등의 단순한 재정 문제가 아니라 데이터 수집 및 분석, 자동 제어, 진단 및 해결 등 생산의 핵심 데이터에 대한 보안 이슈 발생
 - 무선통신의 사례에서 보듯이 핵심기술이 외국에 예속되면 유무형의 리스크에 노출
- 따라서 낮은 레벨의 스마트 팩토리 양산보다는 핵심 기술을 확보해 자립도를 높이는 동시에 고도화 단계의 스마트 팩토리를 구축하며 노하우를 축적하는 것이 더 중요 

그림9 | 세계 스마트 팩토리 기기 및 SW 시장점유율



자료 : Markets and Markets, 산업은행

그림10 | 스마트 팩토리 분야별 국내 기술 수준



자료 : 산업부

Hot 이슈 추적

1. 스마트 빌딩, 건축 및 부동산 투자시장의 새로운 혁명
2. 철강 업계, 리딩 기업 중심으로 스마트 팩토리 도입에 박차
3. 정유·화학 산업에서의 스마트 팩토리 활용 사례
4. 자동차 기업들의 혁신을 위한 스마트 팩토리 추진 사례

스마트빌딩, 건축 및 부동산 투자시장의 새로운 혁명

ICT/IoT 기술이 발전하고 마찰 없는 경제가 확산되면서 스마트빌딩이 재조명 받고 있음. 특히 센서류 등 스마트빌딩 구축비용이 빠르게 하락하면서 비용 대비 효율성이 개선되고, 통합관제시스템이 발달함에 따라 에너지 절약을 통한 비용 절감 효과가 속속 입증되면서 스마트빌딩에 대한 관심이 더욱 높아지고 있음. 또한, 업역 간 장벽이 낮아지고 산업 간 융합이 확대되면서 업무공간의 유연성이 중요해짐에 따라 최종 수요자 측면에서도 스마트빌딩의 선호도는 높아질 전망. 스마트빌딩 시장 확대에 대비해 글로벌 유수의 ICT 기업이 진출하고 있으며 국내 대형 ICT 업체들 역시 적극적으로 시장에 참여하고 있음

■ 스마트빌딩은 입주자 효율 및 관리 효율을 극대화하는 건축물

- 스마트빌딩(인텔리전트빌딩)이란 빌딩 거주자에게 생산적이고, 저비용-고효율 환경을 제공하는 것을 목적으로 다양한 설비를 통합된 시스템을 통해 효율적으로 관리·운영하는 건축물을 의미함
 - ※ 스마트빌딩(인텔리전트빌딩)과 유사한 개념으로 그린빌딩이 있는데 그린빌딩은 관리, 운영 시점의 에너지 절약 뿐만 아니라 건축 시점에서 저탄소 발자국 자재의 사용, 환경 오염을 방지하는 공법의 적용 등 건축물 라이프 사이클 전반의 환경보호를 강조
- 스마트빌딩은 통상 세 가지 측면을 극대화하는 것을 목적으로 하는데 ① 거주자 안전, ② 에너지 및 운영 비용 감축, ③ 변화에 대응하는 유연성 등임
- 스마트빌딩 시대가 본격화되면서 향후 상업용 부동산 건축 및 투자시장의 패러다임 시프트가 예상되며 스마트빌딩관리시스템(IBMS) 적용 여부가 빌딩 가치에 직접적인 영향을 줄 것으로 기대됨

그림11 | 스마트빌딩의 시스템 구성



자료 : ITU(2015), 'Intelligent sustainable building for smart sustainable cities'

표6 | 상업용 부동산의 패러다임 시프트

구 분	2000년 이전	2000년 이후
가격 (비용)	사용시간 별 부담 (사후 정산)	실시간 정산
측정	기간 부하 (사후 측정)	시간(30분)단위 부하 (실시간)
고객 관여	사용명령/통제 (일방향)	쌍방향 시장
수요 대응	축소, 단절형 직접 통제	수요경쟁, 위험관리, 자동통제
트렌드	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 선택 축소 ▪ 비용 증가 ▪ 제한적 통제 ▪ 고객 외면 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 선택 확대 ▪ 비용 변동성 ▪ 정보의 가치

자료 : Ron Zimmer(2003), 'Intelligent Building - Meter Reading and Energy management'

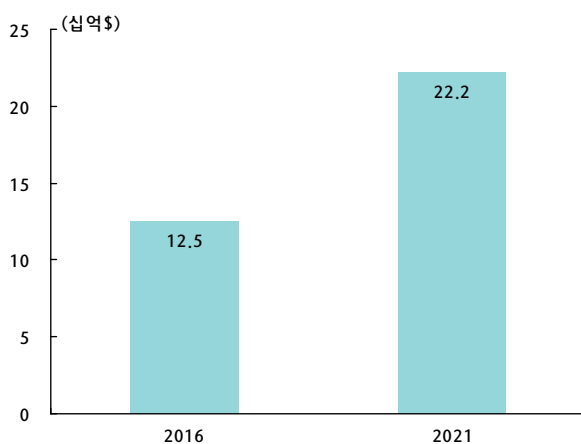
■ 스마트빌딩 시장 규모는 '21년 225억불까지 확대될 전망

- 글로벌 스마트빌딩 시장규모는 '16년 현재 125억불 수준이며 향후 연평균 12%씩 성장해 '21년에는 225.1억불, 이 가운데 HW 시장은 107.2억불까지 확대될 전망
 - 상업용부동산 중 스마트빌딩의 비중은 37%까지 확대될 전망(technavio, 2018)
- 시장 규모 확대의 주요 요인은 스마트빌딩 시스템 도입으로 인한 시장의 선호 증가, 에너지 세이빙 및 관리비용 절감, 높은 비용 대비 효율성 등이 꼽힘

■ 최종 수요자 : 마찰 없는 경제(friction-free economy) 확대에 따른 선호 증대

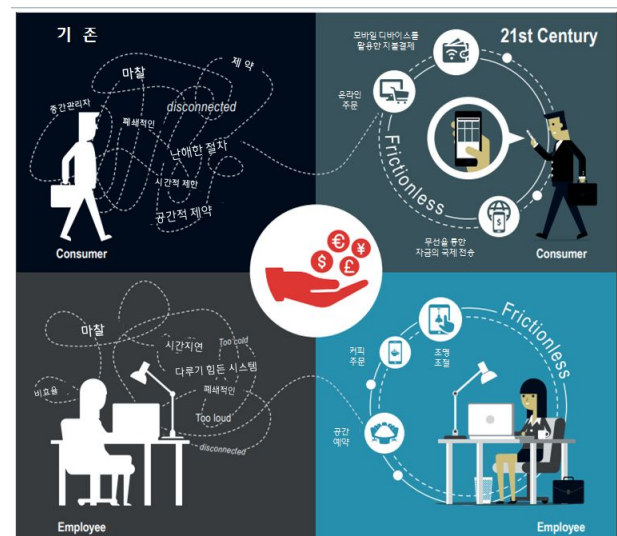
- 시장 내의 상호 연결성이 강화되고 비즈니스의 협업이 강조되는 등 전통적인 업무 영역 간 장벽이 낮아지면서 공간 활용의 유연성 확보가 중요해짐
 - 근무자 등은 자신의 업무에 기준해 좌석을 결정(Hoteling)하고 업무 공간의 조도, 온도 등 근무환경을 스마트폰 앱 등을 통해 최적화해 생산성을 극대화할 수 있음
- 스마트빌딩은 근무환경과 관련한 사용자의 선택권을 확대함으로써 사용자의 만족도와 생산성 향상에 크게 기여할 것으로 기대됨
 - Dell(2016)에 따르면 밀레니얼세대의 82%는 직장을 선택할 때 첨단 근무환경에서 근무할 수 있는지의 여부를 고려한다고 응답
- 스마트빌딩에 대한 최종 수요자의 선호가 확대됨에 따라 보다 우수한 직원을 채용해 보다 높은 생산성을 추구하는 기업 임차고객이 확대될 것으로 예상됨

그림12 | 스마트빌딩 시장 규모



자료 : technavio(2018), 'Global Integrated Building Management System Market 2017-2021'

그림13 | 마찰 없는 경제(Friction-Free Economy)



자료 : JLL(2016), 'Are Smart Building Smart for Business?'

■ 운영자 : 효율적인 시설 관리를 위한 체계적인 업무 환경 확보

- 센서, IoT, 통합관리시스템 등이 연계되어 각종 센서가 이용자 유무를 판단하거나 실내 온도 및 조도, 공기의 질 등을 실시간으로 수집·제어함으로써 에너지 효율성 향상
 - 스마트 빌딩은 공조비용을 24~32% 감소(고효율 유리를 활용할 경우 추가적으로 20% 감소)시키며 광열비용도 50~75% 절감 가능
- 빌딩에서 사용된 에너지를 빅데이터화해 분석함으로써 실시간 건물 관리 전략의 수립이 가능해져 관리의 효율화와 비용 절감이 가능
 - 원격 관리와 예방 관리를 통해 빌딩 관리 효율 극대화 및 관리 비용 최소화

■ 투자자 : 빌딩 투자수익 극대화 추구

- 최종 소비자(근로자)의 높은 만족도, 업무 효율성 증대, 에너지 절약 등으로 임차인의 선호가 높아 임대료 및 공실관리 측면에서 유리하며 추가적인 자본 이득도 기대 가능
 - 스마트 빌딩은 타 빌딩에 비해 8~35% 높은 임대료, 9~18% 더 낮은 공실을 보이며 매매 가격도 상대적으로 2~17% 높은 것으로 알려짐
- 센서가격 등 스마트시스템 구축에 소요되는 비용이 지속적으로 하락하고 있어 기존 빌딩의 스마트 빌딩으로 전환도 증가할 것으로 예상
 - 스마트 빌딩 시스템 구축 여부가 자산가치에 직접적인 영향을 미칠 전망

그림14 | 빌딩 ICT 동향



자료 : 삼성SDS

■ The Edge, 세계에서 가장 스마트한 빌딩

- 암스테르담에 위치한 Deloitte사의 오피스빌딩인 'The Edge'는 현재까지 세계에서 가장 스마트한 빌딩으로 손꼽힘
- The Edge는 센서가 번호판을 인식하여 주차공간을 배정하고, 근로자의 상당수가 정해진 자리가 없는 유연좌석제를 채택하고 있는 등 업역 간 교류·협력이 강조되는 최신 업무 트렌드를 지원하도록 공간이 설계되어 있음
 - 좌석은 근로자의 프로파일, 일정, 업무 유형을 기반으로 할당됨
- 또한, 에너지 절약 차원에서도 세계 Top 수준으로 평가받고 있는데 2만 8천개의 센서가 직원 수 및 실내외 온도, 냉난방 상황, 조명 등을 실시간으로 수집하며, 이를 기반으로 통합 관리시스템이 적극적으로 에너지 절약에 관여함
 - The Edge의 에너지 사용량은 같은 규모의 건물 대비 30% 수준에 불과

■ Pennzoil Place, 40년 된 낡은 빌딩이 스마트 빌딩으로 환골탈태

- Pennzoil Place는 1975년에 준공된 휴스턴에 위치한 오피스 빌딩으로 Cisco사의 시스템을 도입해 스마트빌딩으로 변화
- 10만개 이상의 센서를 설치해 실시간으로 에너지 사용량을 분석하여 자동 제어함으로써 에너지 사용 효율을 극대화
 - '12년 에너지 사용량을 51% 감소시킨 후 '13년에는 추가로 11% 감소, 화장실 내 물 사용 30% 감소, 보일러의 에너지 효율도 25% 개선
- Pennzoil Place의 사례는 기존 건물을 얼마든지 스마트 빌딩으로 변화시킬 수 있음을 의미함

그림15 | Deloitte 'The Edge' 빌딩



자료 : schneider-electric

그림16 | Pennzoil Place 빌딩



자료 : Pennzoil Place

■ IBMS은 글로벌 IT업계의 새로운 먹거리

- 스마트 빌딩의 핵심은 건물의 구조 보다는 IBMS(Integrated Building Management System)으로 불리는 자동화 관리 시스템에 있음
 - 신축 건물의 경우 IBMS에 맞추어 설비나 공간 설계를 할 수 있어 효율성이 더욱 높으나 Pennzoil Place와 같이 기존 건물도 얼마든지 스마트빌딩으로 변화 가능
- Cisco, Hitachi, Honeywell, IBM 등 대형 IT 기업을 중심으로 스마트빌딩의 핵심이라 할 수 있는 IBMS 시스템 플랫폼을 론칭하고 있음
 - IBMS는 IoT 기술 기반의 에너지 절약에 집중되어 건설사보다는 IT업계의 영역임
- 스마트빌딩의 경우 각종 HW와 IBMS를 설치하는 것도 중요하지만 완공 후 지속적인 유지 관리가 필수적인 관계로 중소기업보다는 대기업의 영역으로 인식

■ 국내 유수의 ICT 기업 역시 IBMS 사업에 진출


- 국내에서는 SKT, KT, U+ 등 통신기업 외에도 삼성전자, 삼성SDS, LG CNS, 포스코 ICT 등 대형 ICT기업 중심으로 IBMS 사업에 진출
 - 초기에는 공조시스템 중심으로 대형 에어컨 기업이 주도했으나 기술 발전으로 ICT의 중요도가 커짐에 따라 주도권이 넘어감
- 국내 스마트빌딩은 주로 에너지 절약에 집중되어 있으며 업무 공간의 유연성은 제한적으로 활용되고 있으나 향후 잠재적 수요는 확산될 것으로 기대
 - 공조, 조명 등 에너지 절약에 대한 니즈는 높은 반면 수직적 기업문화 등으로 업무공간의 스마트화는 회의실 예약 등 제한적으로만 적용 

표7 | 글로벌 주요 IBMS 업체

구 분	특 징
Cisco	브랜드 'Digital Ceiling' 론칭, LED조명회사와 협업 등 IBMS 플랫폼의 외연 확장 중
Hitachi	Microgrid에 특화, 스마트빌딩 외 커넥티드 카 등 IoT 전반에 진출, 브랜드 'Lumada' 론칭
Honeywell	모바일 앱을 활용, 센서와 입주자의 feed-back을 활용한 IBMS 구축
IBM	글로벌 시설관리업체인 ISS, IBM Watson에 기반한 건물관리시스템 활용
Schneider Electronic	Microgrid에 특화, 스마트시티 플랫폼과 더불어 스마트 빌딩 플랫폼 'EcoStruxure' 론칭

자료 : 언론 기사 등 발췌, 하나금융경영연구소

표8 | 국내 주요 스마트빌딩 사례

구 분	특 징
여의도 IFC몰	빙축열 시스템 적용, 공간별 공조시스템 실시간 모니터링
나주 한전본사	지중축냉 및 지열 활용 냉난방, 소수력·태양광·풍력 발전 활용 에너지 자급
부산 국제금융센터	통합 출입통제, 빌딩 안내 및 주차관제, 전력·조명제어, 원격감침, 누수감지 시스템
송도 트리플스트리트	건물통합관제, 스마트주차관리시스템, 스마트 키오스크, 긴급 비상벨 솔루션
반얀트리 클럽 앤 스파 인 서울	객실관리, 주차관제, 통합 SI&FMS, 전력 및 조명제어

자료 : 언론 기사 등 발췌, 하나금융경영연구소

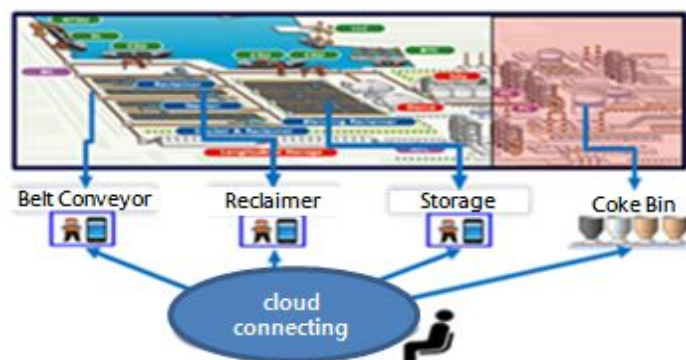
철강 업계, 리딩 기업 중심으로 스마트 팩토리 도입에 박차

최근 철강업계는 다양한 구조적인 문제(공급과잉, 환경, 인건비 등의 비용구조)를 해결할 수 있는 신성장 동력으로 스마트 팩토리에 주목. 국내 리딩기업인 POSCO는 미국의 GE와 손잡고 선도적으로 스마트 제조 시스템으로의 전환을 시도. POSCO는 2016년 광양 제철소 시범사업의 성공을 바탕으로 자체 스마트 팩토리 플랫폼인 “PosFrame” 개발에 성공하고, 공급사슬 전반에 걸쳐 확대 적용 중. 한편 최근 중국 국영 철강기업인 Baowu Steel이 新일체양익 전략 하에 스마트 제조 혁신을 추진하는 등 중대형 중국 철강기업을 중심으로 스마트 팩토리 도입에 박차를 가하고 있어 국내 업계의 발 빠른 대처가 필요

■ 향후 철강산업의 질적 성장을 위한 신성장 방안으로 고려되는 스마트 팩토리

- 4차 산업혁명 시대, 철강업계는 다양한 구조적인 문제(공급과잉, 환경, 인건비 등의 비용구조)를 해결할 수 있는 신성장 방안으로 스마트 팩토리에 관심
- 스마트 팩토리 체제 하에서는 연속공정 내 IoT 및 인공지능 기술을 적용함으로써 제품의 불량률을 최소화하고, GPS를 통해 효율적인 물류 관리가 가능
 - IoT 센서를 통해 현장의 데이터를 수집·분석·예측하며, 인공지능(AI) 기술을 바탕으로 자동으로 제어·관리
- 연속적인 제철공정의 특성 상 철강산업은 제조설비의 자동화를 중요하게 인식하여 왔으며, 최근 대기업을 중심으로 ICT 기술을 접목한 스마트 제조 시스템 구현에 집중
- 국내 리딩기업인 POSCO가 미국의 GE와 손잡고 선도적으로 스마트 팩토리 투자에 집중하고 있는 가운데, 최근 중국 철강기업이 정부의 인더스트리 4.0 정책 기조 하에 스마트 제조 혁신에 관심을 가지고 추격 중

그림17 | 철강산업의 스마트 팩토리 개요

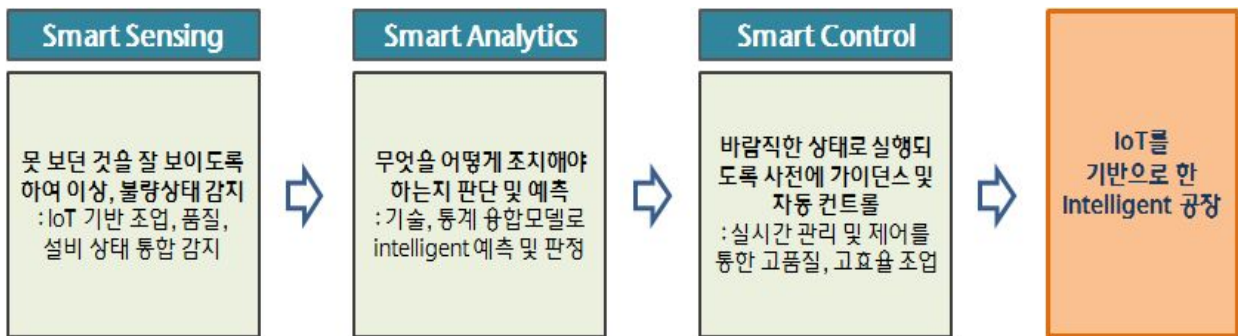


자료 : 포스텍

POSCO의 스마트 팩토리 적용 사례

- 2016년 광양 제철소 시범사업의 성공을 바탕으로 “PosFrame” 개발과 함께 스마트 팩토리 적용 확대 중
 - 글로벌 철강기업 중 적극적으로 ICT를 활용하는 대표적인 업체인 POSCO는 사물인터넷을 기반으로 생산에서 물류에 이르는 전 과정에 걸쳐 혁신을 추구
 - 2015년부터 광양 제철소 후판 공정 대상 빅데이터, 인공지능 적용 시범사업 진행
 - 후판공장은 제강, 연주, 압연과 같은 제철 공장의 대표적인 공정을 포함하고 있기 때문에 스마트공장 시범사업 대상으로 적합했다는 평가를 받고 있음
 - 빅데이터 및 인공지능(AI) 적용이 요구되는 과제(70건)를 현장 전문가가 도출하고, 그 중 20건의 과제를 최종 선정하여 추진한 결과, 연간 160억 원 정도의 원가절감에 성공
 - Scarfing 공정의 머신비전 검사 및 에어나이프 제어를 통한 원가 절감이 핵심
 - Scarfing 공정의 양품 판정도(슬래브 결함 여부 선별) 향상으로 공정 내 병목현상이 해결되었고, 머신러닝 분석을 바탕으로 강판 도금 시 에어나이프가 최적으로 제어되면서 원료사용이 절약되는 결과를 도출
 - ※ Scarfing: 슬래브 표면의 미세한 균열이나 이물질 등의 결함을 제거하는 공정
 - POSCO는 2016년 광양 제철소 후판 공정의 스마트화 성공을 바탕으로 데이터 수집 및 분석 플랫폼인 “PosFrame”을 개발하고 손제철소로 확대 적용 중
 - PosFrame은 철강제품의 생산과정에서 발생하는 대량의 데이터를 수집·정렬·저장하고, 스마트 기술(데이터분석기술, AI)을 통해 분석하는 스마트 팩토리 플랫폼

그림18 | POSCO의 스마트 팩토리 추진 방향

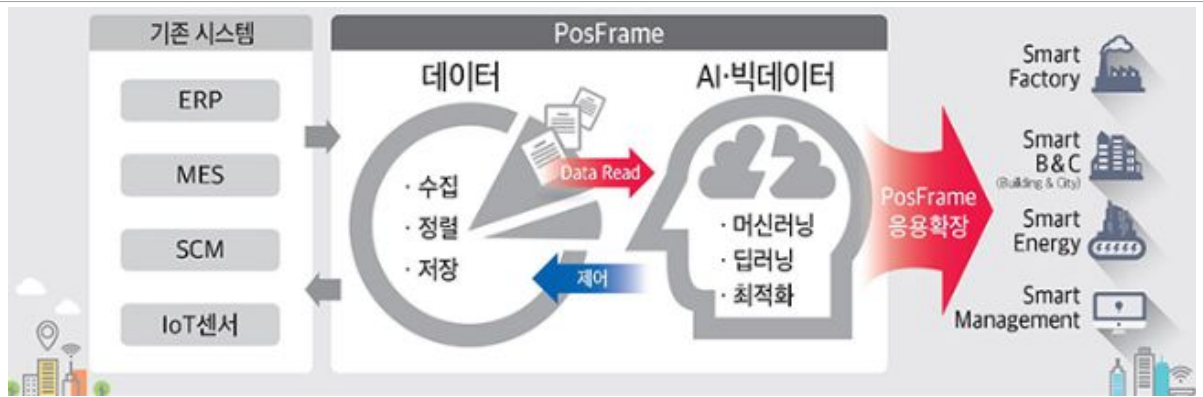


자료 : POSCO, 삼성 KPMG 자료 재인용

■ 공급사슬 전반에 걸쳐 확대 적용될 것으로 기대되는 POSCO의 “PosFrame”

- 최근 POSCO는 휴스틸과 등과 같은 협력 기업에게 PosFrame을 제공하는 등 공급사슬 전반에 걸쳐 스마트 팩토리 플랫폼을 공동 구축하고, 실시간으로 정보를 공유함으로써 업무 시너지를 제고하기 위해 노력
 - 포스코건설은 3D 가상 건설 기술을 통해 시공에서 발생할 수 있는 설계오류나 안전문제 등의 위험을 예측
 - 포스코에너지는 빅데이터를 활용해 수증기를 냉각시켜 물로 환원하는 복수기의 성능 저하 요인을 파악
- 향후 POSCO는 인공지능 기술을 공정에 접목해 자동화 수준을 높이고, 자사가 개발한 스마트 팩토리 플랫폼인 “PosFrame”을 중소기업 맞춤형으로 제공할 계획
- 뿐만 아니라 자사의 모든 임직원들을 대상으로 머신러닝 알고리즘 교육과 훈련을 병행함으로써 조직 내 혁신 기술에 대한 이해도 향상을 도모
 - 2017년 포스텍과 공동으로 AI 전문가 육성 과정을 개발하여 전 직원 단기 교육 과정을 운영하였고, 2018년부터는 10개월 과정으로 확대 개편

그림19 | POSCO의 스마트 팩토리 플랫폼 “PosFrame”



자료 : POSCO

표9 | POSCO의 주요 계열사별 스마트 기술 도입 현황

	주요 내용
POSCO	<ul style="list-style-type: none"> ■ 광양제철소 후판공장 : IoT 센서, 카메라를 통해 데이터 수집, 압력과 온도 실시간 분석으로 불량률 하락 ■ 포항제철소 제3용광로 : 스마트 센서를 활용한 스마트 고로 구축, 투입 원료와 온도 등을 데이터로 수집
포스코건설	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3D 가상 건설 기술을 통해 시공에서 발생할 수 있는 설계오류나 안전문제 등의 위험을 예측
포스코에너지	<ul style="list-style-type: none"> ■ 빅데이터를 활용해 수증기를 냉각시켜 물로 환원하는 복수기의 성능저하 요인을 파악

자료 : 삼성KPMG 자료 재인용

중국 철강 회사들의 스마트 팩토리 적용 사례

■ 중국 철강산업, 질적 성장에 초점으로 두고 스마트 팩토리 도입에 적극적

- 2000년대 양적 성장을 시현한 중국 철강산업은 최근 정부 차원에서 친환경, 설비 효율화, 고부가가치 제품 비중 확대 등에 관심을 두는 질적 성장 정책으로 이동하면서 Baowu Steel 외 다수 기업에서 스마트 팩토리에 관심을 두고 노력
 - 강소성의 사강, 산시성의 첩방, 광시의 유주강철 등은 전사적 차원에서 2~3년 전부터 스마트 팩토리 관련 전략을 수립하고 투자 중
- 철강사 간의 제조 기반 및 기술 격차 등으로 중국 철강산업 내 스마트 팩토리 도입은 선택과 집중을 통해 단계적으로 추진되고 있는 것으로 파악
- 스마트 팩토리 수준별 구현 형태를 살펴보면 선도적 중견 철강사들은 센서 등을 활용한 설비 관리, 실시간 생산 정보수집 및 관리에 집중
- 대형 철강사는 PLC 등을 통한 실시간 시스템 연동 및 실시간 공장 자동제어 등에 관심을 두고 있으며, 일부 초대형 철강사는 다기능 지능화, AI와 시스템 간 유무선 통신, 설비 및 시스템의 자율생산 등의 목적 하에 투자
 - ※ PLC(Programmable Logic Controller) : 공장의 자동 제어 및 모니터링을 위한 제어 장치
- 현재 정부의 인더스트리 4.0 기조 하에 스마트 팩토리가 중국 철강산업 내 가시적인 영향을 시현하기까지는 시간, 경험, 기술 개발 등의 추가적인 노력이 필요한 것으로 평가
- 다만 현재 정부 정책 및 주요 업체의 동향을 살펴볼 때 스마트 제조, 물류, 서비스로의 방향성은 정해진 것으로 판단

표10 | 중국 철강기업의 스마트 팩토리 투자 현황 및 계획

기업	주요 내용
Baowu Steel	<ul style="list-style-type: none"> ■ [단기] : 중국 공신부에서 지정한 스마트 제조 시범 사업으로 1580 열연 스마트 공장을 완성 ■ [장기] : 전공정을 스마트 제조화한 후 산업 내·외부 네트워크를 통해 철강제조 4.0 모델을 보급
강소성 사강	<ul style="list-style-type: none"> ■ 향후 5년(2017~2021)동안 인더스트리 4.0 및 스마트 팩토리에 12억 위안을 투자할 계획 ■ 세부 내용은 2016년부터 추진되고 있는 로봇 프로젝트를 확대 적용하여 2020년에는 1,000~1,500개 로봇으로 공정 내 인간의 노동력을 대체한다는 것
산시성 첩방	<ul style="list-style-type: none"> ■ 스마트 팩토리 도입을 통해 “5+1+1” 온라인 모델을 구축하고 운영 중 ■ 5는 스마트 재고, 스마트 물류, 스마트 구입, 스마트 판매, 스마트 recycle을 의미하며, 1은 각각 스마트 제조와 스마트 금융
광시 유주강철	<ul style="list-style-type: none"> ■ 스마트 팩토리 전략을 수립하고, 2015년부터 MES(Manufacturing Execution System) 프로젝트를 가동
철강 전자상거래 업체	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기존 판매 중심의 인터넷 활용에서 조달, 생산, 판매 모두 인터넷과 연결하는 방향으로 사업 모델을 변경

자료 : 언론자료 종합

■ Baowu Steel, 新일체양익 전략 하에 중국 철강산업의 스마트 제조를 선도


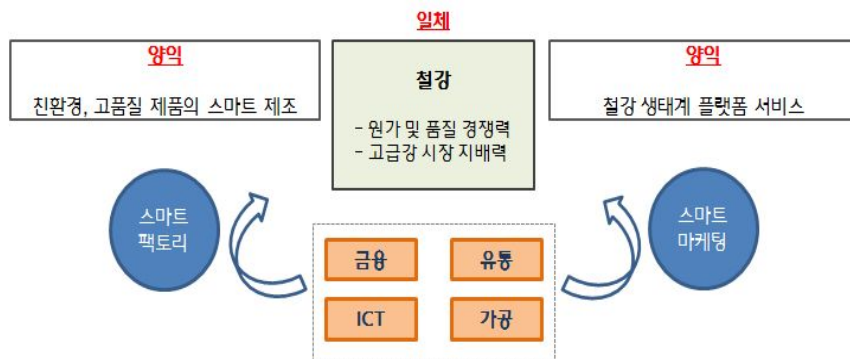
- 중국 최대 철강사인 Baowu Steel은 중국-독일의 인더스트리 4.0이라는 국가 간 프로젝트의 일환으로 지멘스(독) 등과 공동으로 철강산업 4.0(2015~2020)을 추진 중
- 생산에서 판매 중심으로 이동하는 철강산업의 패러다임을 주도하기 위해 Baowu Steel은 스마트 제조와 플랫폼 서비스로 혁신을 더한 新일체양익 스마트사업 전략을 선택
 - 일체양익은 철강을 본체로 하고, 양 날개를 달아 도약을 꾀한다는 의미로 과거 “철강 + ICT, 전자상거래”에서 최근 “철강 + 스마트 제조, 플랫폼 서비스”로 전략을 전환
- Baowu Steel의 스마트 팩토리 진행 현황을 살펴보면 열연 1580 공장의 스마트화 시범 사업 추진 후 이를 기반으로 2017년까지 철강제조 4.0을 설계하고, 산업 내·외부 네트워크를 구축하여 철강제조 4.0 모델을 보급 및 판매(2018년~)할 계획
- 열연 1580 공장의 스마트화는 既완료된 상태(2017.6.30)로 보산그룹 내 다른 공장에 대해 성과 적용을 준비 중이며, 향후 에너지 소비 및 원가, 노동생산성 개선이 확대될 전망
 - 열연 1580 시범 공장은 스마트화(로봇 활용, 무인 창고 운영)를 통해 에너지 소비 5% 절감, 주문 외품 발생 10% 감소, 원가 20% 절감, 노동생산성 10% 개선 등의 효과를 실현
- 철강 제조 4.0 모델은 3(스마트 설비, 스마트 팩토리, 스마트 마케팅) + 1(스마트 인프라 설계) 전략으로 개발 진행 중이며, 2018년 6월까지 기본 설계를 완성
- 스마트 팩토리는 스마트 제조 인프라를 기반으로 실시간 수집된 데이터를 IoT를 통해 현장에서 즉각 반영함으로써 실시간 공정 최적화를 지원할 것으로 기대
- 더 나아가 보산강철은 강철협회, 국가통계국 등 외부기관과 그룹사, 종업원, 전후방 관계사 등과 연계한 가상연결망을 통해 다양한 외부정보를 수집하고, 운용에 반영할 계획
 - 산업 내·외부 네트워크를 구축하여 철강제조 4.0 모델을 보급하고 판매할 계획 

그림20 | 중국 Baowu Steel의 新일체양익 전략 개요



자료 : 보산강철, POSRI 자료 재인용

정유·화학 산업에서의 스마트 팩토리 활용 사례

정유·화학 산업은 산업 특성상 기술 융합에 제약이 있었으나 최근 ICT기술 진보로 정유·화학 공정에 통합이 가능해지면서 수요 예측, 생산성 개선, 리스크 경감을 목적으로 스마트 팩토리를 도입. BASF(獨)는 정유·화학 기업 중 가장 적극적으로 스마트 팩토리를 도입하고 있으며, 에너지 절감, 수요 예측, 원료 운송 등에 적용하여 실제 효율성 개선 효과가 나타남. 한편 Sinopec(中)은 화웨이 등 IC기업과 협력하여 스마트 제조 플랫폼을 구축하여 3단계 스마트 생산을 추진 중이며, SK이노베이션(韓)은 공정 안전성 제고, 생산 효율성 향상을 목적으로 스마트 팩토리 파일럿 프로그램을 운영 중

- 정유·화학 산업에서도 생산성 개선, 리스크 경감, 부가 수익창출을 위해 스마트 팩토리를 도입
 - 정유·화학 산업은 대표적인 장치 산업으로서 이미 대부분의 생산시설에 공정 자동화가 구축되어 있다는 특성으로 인해 첨단 ICT 기술 융합이 어려운 분야로 알려져 있음
 - 그러나 최근 사물인터넷, 빅데이터, AI, 3D프린팅 등의 기술은 화학 산업의 핵심 공정에 통합 가능할 만큼 진보하면서 정유·화학 산업에서도 스마트 팩토리가 도입되기 시작
 - 정유·화학 산업에 애널리틱스 및 디지털 기술이 적용됨에 따라 에너지 관리, 공정 통제 운영비용 절감 등이 가능해지면서 생산성 개선 및 리스크 경감 효과가 기대됨
 - 화학기업들은 그동안 정기적 또는 대응적 보수를 통해 생산 리스크에 대응했으나 최근에는 애널리틱스 모델 등을 통해 예측적 관리 방식을 적용
 - 또한 기업의 과거 데이터와 경제 데이터를 결합한 예측 모델을 적용하여 정유·화학 산업 수요 패턴을 예측하고 공장의 생산 및 운영 계획을 조정
 - 정유·화학 산업이 전통적인 공급자 중심에서 수요자 중심으로 변화하면서 수요 예측이 더욱 중요
 - 한편 정유·화학 기업들은 3D프린팅과 빅데이터 기반 고급 애널리틱스를 적용하여 R&D를 진행 중이며, 이를 통해 기존 제품의 개선과 신제품 개발을 추진 중
 - 데이터 저장 비용 감소, 고성능 컴퓨팅, 고급 애널리틱스의 발전으로 가용 소재와 속성에 대한 데이터베이스구축이 가능해져 원하는 신소재의 조합이 디지털 상에서 가능해 짐

표11 | 화학산업에서 스마트 제조 기술 활용

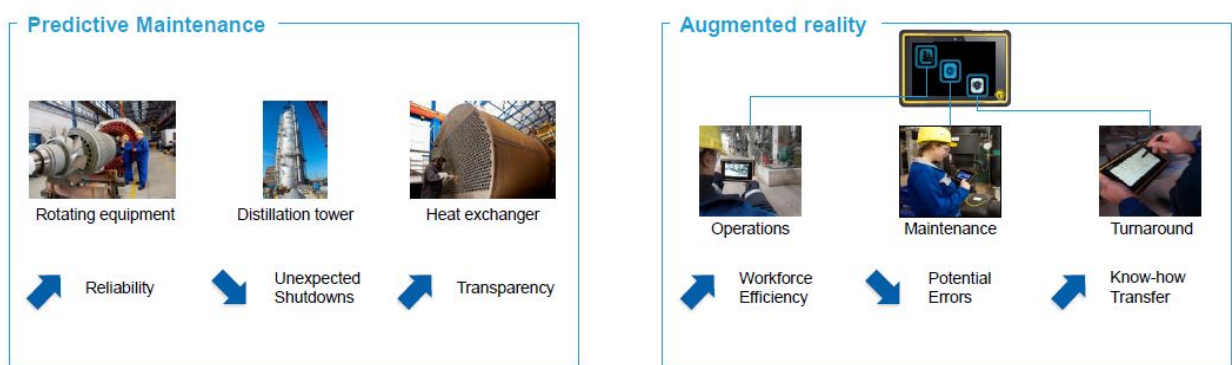
구분	주요 목표	적용 영역
사업운영	생산성 개선	예측적 자산관리, 공정관리 및 통계, 에너지 관리 등
	리스크 경감	안전관리, 제조 시뮬레이션, 수요 예측
사업성장	부가수익 추가	R&D-수익확대를 위한 신제품 개발, 제품의 지능화와 새로운 데이터 서비스의 창출
	새로운 수익 창출	고객의 운영 공정 중 전방 부분에서의 통합으로 새로운 수익 모델 창출

자료 : Deloitte

■ 독일 BASF 사례: 스마트 팩토리 도입에 따른 효율성 향상 및 비용 절감 효과 가시화

- 정밀화학, 석유화학 등의 분야에서 제품과 솔루션을 제공하는 글로벌 기업 BASF는 화학 기업 중 전 벨류체인에서 가장 적극적으로 스마트 팩토리를 도입한 사례로 손꼽힘
 - 페어분트 시스템(에너지 효율과 물류 시스템을 융합하는 것)은 바스프의 기업정신을 대표
- BASF는 에너지 수급에 대한 정확한 계산이 가능한 빅데이터 기반의 새로운 통계 모델을 도입하여 에너지 수요 예측을 최대 60%까지 향상
 - 공장 부지의 3개 발전소에서 적정량의 에너지만 생산하도록 시스템을 구축하였으며, 공장의 에너지 수급에 대한 예측을 통해 전기를 적기에 매도하여 이익을 극대화
- BASF는 수요 예측을 위해 자사의 과거 데이터와 경제 데이터를 결합해 수요 예측 애널리틱스 접근법을 구현했고 이를 통해 수요 변화에 따라 공장 운영을 계획하고 조정
 - BASF의 예측 모델은 계절 효과와 고객이 속한 산업에 대한 전국적, 지역적 거시경제 데이터와 같은 외부적 요인들과 BASF의 사업 전략과 같은 내부적 요인들을 고려
- 또한 원료 운송에 있어서 더 우선적으로 필요한 공장으로 운송하는 방법을 연구하는 AGV⁴⁾ 프로젝트를 진행하여 운송 시간 단축 및 비용 절감 효과를 기대
 - AGV 시스템 이용 시 22시간이 걸리는 원료 운송 과정을 2시간으로 대폭 축소
- BASF는 현재 파일럿 형태의 샴푸 및 액체 비누 스마트 공장을 운영 중이며 사용자가 온라인에서 맞춤 비누를 주문하면 저장용기에 부착된 RFID 태그가 생산 라인에 있는 제조설비와 커뮤니케이션 하여 사람의 개입 없이 대량의 맞춤 제조를 구현
- 2017년 1분기 BASF 그룹의 직원 수는 2016년 말 대비 1,601명(1.4%) 감소하였는데 BASF CEO는 이를 디지털화에 따른 기술 진보 및 스마트 팩토리 도입에 따른 것이라 밝힘

그림21 | BASF의 스마트 제조에 따른 효율성 개선 효과



자료 : BASF "Smart Manufacturing in the Chemical Sector -BASF's Digital Path"

4) AGV(Automated Guided Vehicle): 마그네틱 선이나 레이저·센서 등으로 유도해 공장에서 사람 없이 물류를 나르는 장치로 반도체, 디스플레이 등 첨단산업에 먼저 도입되었으며 스마트공장 추세에 따라 다양한 산업 영역으로 확대

- 중국 Sinopec 사례: ICT 기업과 협력하여 스마트 제조 플랫폼을 구축한 후 스마트 생산 추진 중
 - 중국의 석유화학산업은 규모는 크지만 고부가가치 제품의 자급률이 낮으며, 에너지 소비가 크고 안전 및 환경에 대해 엄격한 규제가 적용되고 있어 효율성이 떨어짐
 - 중국 최대 석유화학 기업 Sinopec은 효율적이고 환경 친화적인 프로세스 중심의 석유화학산업 실현을 위해 화웨이 등의 ICT 기업과 협력하여 스마트 제조 플랫폼 PCITC를 구축한 후 3단계의 스마트 생산을 추진 중
 - 2003~11년: 사내에서 개발된 MES(Manufacturing Execution System) 구축을 통해 디지털 네트워크 기반 지능형 석유화학 산업의 기초 마련
 - 2012~15년: Sinopec 4개 자회사에 배치된 파일럿 응용프로그램을 포함하여 'Smart Factory 1.0'의 전체 계획 및 설계를 완료
 - 2016년~현재 진행 중: 'Smart Factory 2.0' 구축 시작, Huawei와 협력하여 ProMACE 2.0을 구축하면서 Smart Factory 프로그램 업그레이드
 - Sinopec은 스마트 팩토리 구축 프로그램을 통해 디지털 변환을 촉진하고 제품 품질과 생산 효율성을 향상시키는 디지털화 된 네트워크 기반의 운영을 가능하게 함
 - Sinopec은 스마트 팩토리 구축으로 평균 노동 생산성이 10% 이상 상승하고 생산 데이터의 자동 수집 속도가 95% 이상 개선된 것으로 나타남
 - 'Smart Factory 1.0'에서 'Smart Factory 2.0'으로 업그레이드하는 과정에서 Sinopec은 4G 무선 네트워크 구축을 통한 생산과 운영의 협업, 빅데이터 기반의 위험 알림, 일일 이익 분석, 장치 상태 및 안정성 관리 등 다양한 긍정적인 변화를 기대

그림12 | ProMACE Smart Factory Solution의 적용에 따른 SINOPEC의 변화

변화	기대 효과
생산 운영 간 협업	• 업계 최초로 4G 무선 네트워크를 구축하여, 내부 및 외부 운영 간의 지능형 검사 및 협업을 구현하고 현장 처리 효율성을 향상시킴
빅데이터 기반의 위험 통지	• 촉매 장치의 과거 데이터 분석 및 장비 파기에 대한 경고 규칙을 기반으로 업데이트 된 경고 모델 수립. 위험 경보는 오류 발생 전 1-2 시간 전에 보고되어 생산 위험을 피할 수 있는 조치가 가능
일일 이익 분석	• 심층 학습 알고리즘은 지능형 스케줄링 및 동적 생산 최적화를 구현하여 이전에 수행한 월별 분석 대신 일일 이익 분석이 가능해 짐
디지털 물류 창고	• IoT 기술은 실시간 재고 추적 및 자재의 지능형 배포를 구현하여 기업이 자재 처리 효율을 향상시켜 연간 780만 달러의 재고 비용을 절감할 가능케 함
장치 상태 및 안정성 관리	• 빅데이터 기술을 활용하여 장치의 실행 상태를 평가하고 예측 장치 유지 관리 및 예기치 않은 중단 시간 감소를 위한 지능형 진단을 수행
에너지 흐름의 온라인 최적화	• 보일러, 증기 터빈 및 열교환기 등 장치의 작동 개선을 위해 발전소 전체에 증기 생산 및 출력의 최적화 모델이 구축되었으며 이를 통해 에너지 절감, 배출 가스 저감, 비용 절감 및 효율 개선을 촉진
비상 사태 명령 조정	• 사건 보고, 사건 접수 및 사건 처리가 체계적으로 연결되어 신속한 대응을 보장
환경 보호를 위한 온라인 관리	• 오염 물질 배출(화학적 산소 요구량, 암모니아, 이산화황 및 휘발성 유기 화합물)은 환경 보호지도에 따라 실시간으로 모니터링되며 모든 비정상적인 정보는 해당 당사자에게 전달

자료 : Huawei

■ SK이노베이션 사례: 생산 효율성 향상 및 공정 안정성 제고를 목적으로 국내 공정에 적용 가능한 스마트 플랜트를 도입하여 현재 파일럿 프로그램 운영 중


- SK이노베이션은 국내 최초로 에너지·화학 분야에 ICT 기술이 융합된 스마트 플랜트를 도입하여 생산 효율성을 높이고 공정 안정성 제고에 나서고 있음
 - 독일을 중심으로 한 스마트 팩토리의 경우 기업 규모와 성격에 따라 구축 방식이 상이하여 국내에 적용하기에는 한계가 있어 SK는 스마트 팩토리와 차별화된 스마트 플랜트를 도입
- SK는 스마트 플랜트 구축을 위해 2016년 초 TF를 구성, 스마트 플랜트 적용이 가능한 분야의 4개 과제를 선정하여 ICT 기술 융합을 추진하였고 현재 파일럿 프로그램 운영 중
 - ① 유해가스 실시간 감지: 작업 중 유해가스가 감지되었을 경우 설비 내 부착한 기기를 통해 밀폐 공간 내 유해가스 여부를 실시간으로 측정할 수 있어 빠르게 작업을 중단하거나 대피가 가능
 - ② 회전 기계 위험 예지: 진동과 온도에 민감한 압축기의 운전 상태를 실시간 모니터링하고 기존 사고 사례를 학습하는 머신러닝 기술을 접목해 압축기 이상으로 인한 공정 중단 등 사고를 방지
 - ③ 스마트 공정 운영 프로그램: 과거의 사고 사례, 대응방안, 노하우 등을 강화하고 이를 분석하여 공장 전체 차원에서 공정 및 설비의 이상 징후를 사전 예측하고 대응
 - ④ 스마트워크 퍼밋 : 작업 허가서를 온라인화 하여 발급시간을 단축하고, 허가서 내용을 데이터화 하여 인력, 장비, 자재 등을 실시간 체크하여 업무효율성 개선
- SK이노베이션은 주력 사업장인 울산공장에서 진행한 4개 과제 중 유해가스 실시간 감지 시스템과 스마트워크 퍼밋의 성과를 확인하고 모든 사업장에 적용하도록 결정
 - 현재 파일럿 설비 구축을 통해 운영 중인 나머지 과제들도 2019년까지 점진적으로 전 사업장에 확대 적용할 예정 

표13 | SK이노베이션의 스마트 플랜트 도입 현황

추진과제	부문	주요내용	
		도입 전	도입 후
유해가스 실시간 감지	SHE (Safety, Health, Environment) 분야	<ul style="list-style-type: none"> • 관리 감독자가 시간대별로 현장에서 직접 측정 	<ul style="list-style-type: none"> • IoT를 활용한 실시간 유해가스 감지 • 필요시 작업 중단, 대피 가능 • 작업자들의 안전 보호 수준 개선
회전 기계 위험 예지	공정안전운전 분야	<ul style="list-style-type: none"> • 엔지니어가 직접 데이터를 수집 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 압축기 이상 징후를 실시간으로 모니터링 • 과거 사고 이력을 시머신러닝을 통해 학습시켜 위험 예측 • 압축기 이상으로 인한 공정 가동중단 사고를 미리 방지
스마트 공정 운영 프로그램		<ul style="list-style-type: none"> • 공정 및 설비상태 실시간 확인 불가 	<ul style="list-style-type: none"> • 공정과 설비의 이상 징후를 사전에 예측 • 과거 사고 사례 등을 빅데이터화해 공정 및 설비 이상 징후 사전 예측 및 신속 대응하여 인적, 물적 피해 예방
스마트워크 퍼밋	일하는 방식의 혁신 분야	<ul style="list-style-type: none"> • 서면 작업 허가서 사용 • 허가서 발급까지 평균 1시간 이상 소모 	<ul style="list-style-type: none"> • 작업 허가서를 모바일과 전자서명 등으로 온라인화 • 허가 발급시간 단축, 허가서 내용을 데이터화하여 분석 • 인력, 장비, 자재, 작업 실적, 비용 등을 실시간 체크 가능

자료 : SK Innovation

자동차 기업들의 혁신을 위한 스마트 팩토리 추진 사례

자동차산업에서도 생존과 성장을 위해 자동차 제조 프로세스에 스마트 팩토리 기술을 적용하는 사례가 점차 증가하고 있다. AI, IoT, 센서 등 기술이 발전하는 가운데 저성장, 경쟁 심화 기조로 스마트 팩토리를 통해 제조 프로세스 혁신에 대한 필요성이 높아지고 있는 것이다. 글로벌 자동차 기업들은 이러한 필요성을 체감하고, 비용 절감을 통한 비즈니스 경쟁력 확보를 위해 스마트한 제조 공정 구축에 박차를 가하고 있다. 미국은 IoT 기반 민간 기업 주도, 독일은 정부 주도 산·학 연계, 일본은 시와 로봇 등 특정 분야, 한국은 대기업 주도로 시장을 개척하고 있다.

■ 글로벌 자동차 회사들은 제조 프로세스의 혁신을 위해 노력 중

- 우리나라 자동차산업의 위기는 기술우위와 비용우위의 제조 강국에 기여 제품에 대한 가격경쟁력이 약화에 기인
 - 반면 도요타, 폭스바겐, 상하이기차, 제일기차, 지리기차 등은 제품 경쟁력을 제고
- 산업구조가 고도화되면서 제조업 비중이 감소하는 탈산업화 현상이 나타나고 있지만, 자동차산업의 전후방 연관효과가 크고, 경제 전체에 미치는 영향은 여전히 높음
- 미국 발 금융위기 당시 동반된 자동차산업의 위기가 경제에 큰 영향을 주면서, 세계 각국은 자동차산업의 중요성을 깨닫고 각종 지원 정책을 시행
 - 금융위기를 겪으면서, GM은 파산을 하였고, 크라이슬러는 다임러그룹에 매각되었으며, 도요타는 대규모 과잉생산, 대량 리콜 등으로 2010년 대규모 적자를 기록
- 최근 자국의 일자리 창출, ICT 기술의 발전 등으로 자동차 제조업의 스마트화에 대한 관심이 고조되면서, 제조 프로세스의 혁신이 가속화되고 있음

■ 자동차 제조의 스마트화 핵심은 제조 공정 프로세스의 자동화 5)

- 통상 자동차의 제조 프로세스는 프레스, 차체, 도장, 의장 등 4개 단계로 구분되며, 이러한 단계는 전 세계 모든 자동차 제조회사에서 통용되는 프로세스
- 프레스 공정은 철판을 변형시켜 패널을 제작하는 과정이고, 차체 공정은 제작된 패널을 조립하여 차의 골격을 만드는 과정이며, 도장 공정은 전처리, 전착, 도포, 상도 공정이 진행되며, 의장 공정은 실내외 부품을 조립 및 장착하는 공정

5) "스마트 공장 적용에 영향을 끼치는 요인에 관한 연구", 임준홍, 2017.05.27

- 자동차 조립 공정은 낮은 자동화율 때문에 스마트 팩토리 적용 시 가장 효과가 클 것으로 예상되기에 전 세계 자동차 회사들이 적극적으로 투자를 모색 중
 - 특히, 의장 공정은 대부분의 작업이 볼트 및 너트와 관련이 있어 자동차 공정 가운데 자동화율이 가장 낮으며, 근로자의 수가 많은 공정

■ 폭스바겐, 볼보, 테슬라, 보쉬 등이 스마트 팩토리를 주도

- 플랫폼과 모바일의 발달은 온라인 기반 온디맨드 비즈니스를 전파하였고, 그에 따라 소비자 니즈에 부합하고, 생산성도 개선시킬 수 있는 스마트 팩토리에 대한 관심 고조
- 미국은 사물인터넷 기반 민간 기업이 주도, 독일 정부 주도하에 산학 연계, 일본은 로봇, AI 등 특정 분야에 집중적인 관심을 가지고 있음
- 유럽 최대 자동차 제조/판매 회사 폭스바겐은 지멘스의 테크노메틱스(Tecnomatix) 솔루션을 도입하여 실제 생산에 돌입했을 때 발생하는 문제와 비용을 절감 6)
 - 테크노메틱스는 소위 디지털 매뉴팩처링(Digital manufacturing) : DM) 솔루션
- 관계자의 전언에 따르면 상기 플랫폼을 통해 인력 충원없이 여러 개의 프로젝트를 보다 짧은 시간에 처리할 수 있고, 동시에 품질 개선 모색이 가능함
- 볼보는 주문 제작 방식을 통해 완성차를 판매하기 때문에 시간 관리가 중요했고 생산 공정 최적화를 위해 SCADA 업그레이드를 통해 생산 속도 및 수익성을 제고 7)
- SCADA 업그레이드를 통해 차체 공장의 자동화를 유지하고, 생산 공정에서 발생 가능한 문제점들과 병목 현상들을 신속하게 해결할 수 있게 됨

표14 | 테슬라의 기가팩토리 개요

위치	미 네바다주 리노시 인근
생산품	리튬이온전지 (전기차, 노트북PC, 스마트폰용)
투자액	5조 6,800억원 (파나소닉 2조원 투자)
생산량	전기차용 배터리 50만대, 생산 가능 (2020년), 최대 생산량 150만대
특징	소재부터 조립까지 최첨단 일관생산체제

자료 : "CPU처럼 공장 자동가동 '스마트 팩토리' 2020년 50만대 생산...삼성·LG 파장 촉각", 매일경제, 2016.08.01

그림23 | 기가팩토리의 산업용 로봇



화낙(Fanuc)의 로봇




어덱트(Adept)의 이송로봇

자료 : 로봇신문

- 2014년 테슬라는 파나소닉과 함께 전기차, ESS 등에 필요한 배터리 수요를 위해 6조 원을 투자하여 글로벌 최대 규모의 기가팩토리 건설에 착수 8)
 - 엘론 머스크는 기가팩토리를 컴퓨터의 CPU에 비유
- 기가팩토리는 배터리 원료 → 제조 → 조립까지 일관 생산체제를 갖출 예정이고, 산업용 로봇과 자동화시스템을 기반으로 비용 절감을 모색
 - 이렇게 절감한 비용들을 통해 배터리 및 전기차의 가격 하락을 모색

■ 현대차그룹, 세계 최초로 모든 자동차 생산 공정을 컨트롤하는 「스마트태그」를 개발

- 스마트태그는 현대차그룹에서 2015년부터 개발해온 시스템으로 각 공장에서 생산 중인 차량에 부착된 스마트태그를 통해 차량 위치의 실시간 추적이 가능하고, 설비 및 공구 등에 작업 지시가 가능할 뿐만 아니라 조립과 검사 정보의 저장이 가능
 - 스마트태그는 메모리, 무선통신 칩, 위치추적 센서 등으로 구성되며 자석이 내장됨
- 특히 작업 지시 프로세스는 차종, 판매 국가, 입고 순서 등을 스마트 커넥터로 전달하고, 스마트 커넥터는 다시 전달받은 차량 정보에 따른 부품 체결 명령을 생산설비에 전달하는 방식
- 주목표는 실시간 무선통신 자동 제어를 통해 불량률 0%를 실현하는 것이며, 현재 국내 일부 공장에 적용 중인데 향후 글로벌 공장으로 확대 적용될 계획
- 한편 현재 소하리 공장의 생산방식은 공정별 자동화, 통합 모니터링 수준에 머무르고 있는데, 향후 ICT 기술을 융합하고, 생산 공정의 스마트화를 고도화 단계까지 구현할 계획 9)
- 이를 위해 기아차는 2년 동안 250억원을 투입하여 설비 예지보전, 도장 에너지 공정 모니터링, 빅데이터 AI 기반 품질 향상, 부품 추적성 확보, IoT 플랫폼, 스마트 스캐닝 글러브, 자동운전 지게차, 협동 로봇, 웨어러블 로봇 등에 사용할 계획
 - 2021년 손익분기점이 예상되며, 이후 2024년까지 연평균 수익이 최저 300억원 예상 

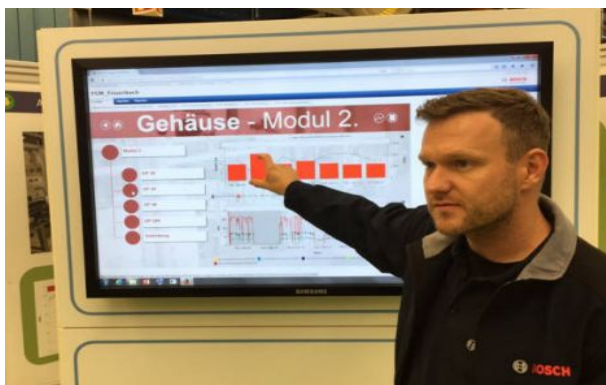
8) "4차 산업혁명과 제조업혁신", 과학기술정책연구원, 2018.07.06

9) "기아차 소하리공장, 250억원 투입 '스마트 팩토리'로 탈바꿈", 아주경제, 2018.09.10

<보쉬, 포이어바흐 공장을 스마트 팩토리화 모색¹⁰⁾ 11)>

- 보쉬는 생산 공정 제어를 위해 액티브 콕핏(Active Cockpit) 솔루션, 인공지능 로봇 아파스(Apas) 등을 도입하여 포이어바흐(Feuerbach) 공장을 스마트 팩토리화
 - 1909년 건설된 포이어바흐 공장은 액티브 콕핏 솔루션과 아파스 등을 도입하여 독일이 추진하는 'Industry 4.0'을 대표하는 스마트 팩토리로 진화
 - 액티브 콕핏 솔루션은 시스템과 기계를 IoT로 연결하여 데이터를 실시간 수집·관리하는 장비로 에너지 관리, 유지보수 지원 등 공장 현황을 한 눈에 파악 가능
 - 이를 통해 공장 현황 파악에 소요되는 시간이 월 380시간에서 월 34시간으로 단축
 - 아파스는 인공지능 협동 로봇으로 인간과의 거리·접촉 정도에 따라 스스로 작업 속도를 늦추거나 멈추며, 무거운 것은 아파스가 옮기고, 근로자는 조립만 하는 방식
 - 아파스 도입으로 장애인을 고용하는 것도 가능해짐
 - 한편 보쉬는 스마트 팩토리 구축에 따른 일자리 감소를 우려하는 근로자들의 인식을 변화시키기 위해 교육에 대한 투자 및 전직을 적극 지원 중
 - 보쉬의 매출액은 706억 유로(15') → 731억 유로(16') → 780억 유로(17')으로 증가

그림24 | 보쉬의 인공지능 시스템, 액티브 콕핏 솔루션



자료 : 전자신문

그림25 | 보쉬의 인공지능 협동 로봇, 아파스



자료 : 전자신문

10) "獨 스마트 팩토리 모범사례 '보쉬 포이어바흐 공장'을 가다", 전자신문, 2017.09.24

11) "스마트공장 구축 사례 및 시사점", 산업은행, 2018.02