4차 산업혁명과 스마트 제조

KICEM

김선재 한국과학기술기획평가원 부연구위원

Ⅰ. 4차 산업혁명과 생산 혁신

'16년 세계 경제포럼에서 논의의 중심으로 등장한 이래 '4차 산업혁명'(The Fourth Industrial Revolution) 은 정보통신기술(ICT)의 발전 이후 인류가 경험하게 될 새로운 사회에 대한 키워드로 부상하게 되었다. 산업혁명의 본질은 기술의 혁신이 사회, 경제, 문화로 파급되어 문명 변화의 원동력이 되는 변혁이다. 우리 사회는 '기계 혁명'이라 불리는 제1차 산업혁명,'대량생산체계'를 중심으로 하는 제2차 산업혁명, 그리고 '디지털 혁명'이라 불리는 제3차 산업혁명을 경험하였고 현재도 그 영향 아래 살고 있다. 특히 제3차 산업혁명은 정보화, 자동화로 대변되며 이는 사람과 사람, 디바이스, 사회를 본격적으로 연결시켜주었다. 그리고 우리가 오늘날 경험하는 신기술들은 그 연장선 상에 있다.

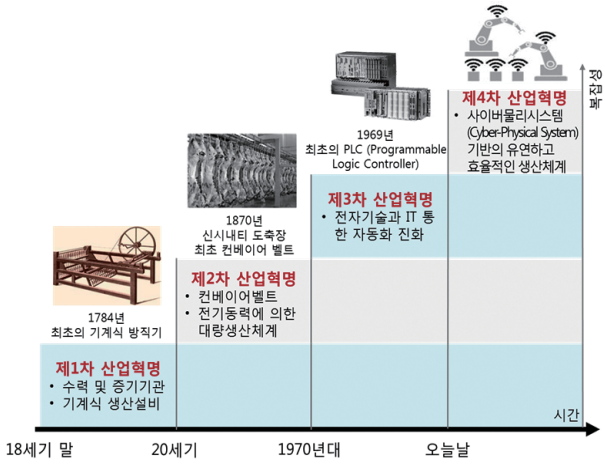

그림 1. 기술 변화에 따른 산업혁명의 4단계
(출처: NIA, 2014(독일인공지능센터DFKI자료 재구성))

4차 산업혁명은 이러한 정보화와 자동화가 극대화된 지점에서 발생되는 연결성의 혁신에 그 단초가 있다고 할 수 있다. 아직 4차 산업혁명에 대해 명확한 정의나 예상되는 파급효과에 대한 청사진이 구체화되었다고 할 수는 없으나, 그것이 지능정보(Intelligent Information) 중심의 신기술, 산업간 경계 붕괴와 그로 인한 이종 기술간 융·복합 등 새로운 산업적 기회(Industrial Opportunity) 를 발생시켜 전 산업과 비즈니스 모델에 급진적 변화를 초래할 것이라는 데에는 큰 이견이 없다.

그간의 산업혁명들이 증기기관(제1차), 전기장비(제2차), 전자회로(제3차) 등에 의해 생산성을 혁신해왔듯 4차 산업혁명 역시 그 출발점은 생산의 혁신에 있다. 이는 4차 산업혁명의 대두와 비슷한 시기에 등장한 OECD의 신 생산혁명(The Next Production Revolution)과 궤를 함께 한다. 이러한 글로벌 제조혁신은 독일의 인더스트리 4.0 (Industrie 4.0) 전략을 선두로 구체화되고 있는데, 그 핵심은 IoT (사물인터넷), CPS (사이버물리시스템), 인공지능, 센서 등 ICT를 바탕으로 생산, 관리, 물류, 서비스를 통합 관리하는 스마트 공장 (Smart Factory) 의 구현을 목표로 한다. 미국의 '산업 인터넷 (Industrial Internet)'과 일본의 '로봇 신 전략(Robot Strategy)' 역시 각국의 강점 분야를 중심으로 하는 스마트 제조 고도화를 목표로 제시하고 있다. 지능정보 사회의 도래는 단순히 연산속도의 증가나 처리 데이터 양의 팽창을 넘어 기계간의 연결, 인공지능의 확대, 로봇의 지식노동을 가능케 한다. 이러한 스마트 제조방식은 제조업의 혁신을 넘어 ICT 융합을 통한 '디지털화'와 '서비스화'라는 관점에서 전 산업부문과 교류하며 혁신을 주도하게 될 것이다.

우리나라는 정부 R&D 예산의 중점 투자분야를 크게 경제혁신 선도, 국민행복 실현, 과학기술기반 혁신으로 나누었으며, 이 중 경제혁신 선도 분야에서 4차 산업혁명 대응이 대표적으

로 제시되고 있다. 4차 산업혁명의 핵심 ICT 요소 기술에 투입된 정부 R&D 금액은 '17년 기준 4,707억원으로 전년대비 49.6% 가 증가되었으며, 원천 경쟁력 확보 지원은 지속 강화되고 있다. 제조업의 혁신을 위한 스마트 제조의 경우 핵심 기술 개발에 투입되는 R&D 규모는 700억원 규모이며, 중소기업을 대상으로 하는 보급확산 사업도 병행 추진 중이다. 본문에서는 스마트 제조를 통한 생산 혁신의 개념과 구조 그리고 기술 요소에 대해 소개하고, 4차 산업혁명 시대에 미칠 영향에 대해 살펴본다.

II. 스마트 제조와 핵심 요소기술

1. 스마트 제조의 개념과 구조

1.1 스마트 제조의 개념

초연결, 초지능을 지향하는 4차 산업혁명에서 제조업은 기존의 단순 생산 프로세스 개선 및 최적화를 넘어 포괄적이고 편재적인 HMI(Human-Machine Interface)를 형성하게 된다. 설계, 생산, 유통 등 제조 전주기를 통합, 디지털화된 생산체계를 구현하며 고객맞춤형 제품 생산하게 된다.

4차 산업혁명의 특징은 CPS (사이버 물리 시스템) 구현으로 표현되곤 한다. 물리적 공간이 데이터화되고 네트워크로 연결되면서 물리적 세계와 사이버 세계가 결합되고, 이들을 분석하고 활용하고 제어하게 된다. 소비자 개인별 고유의 선호도가 제품 주문 및 생산 계획 단계에 반영되고 이에 따라 제조 방식 및 디자인이 즉각 변경되며 이를 위해서는 고객 니즈의 분석 저장, 설비부문과 생산방식간의 통신, 생산정보의 고객공유를 위한 통신 기술 및 시스템 구축이 요구된다. 고객은 맞춤화된 제품에 대해 추가 비용을 제공하고 제조업체는 이윤 창출 및 고부가가치화가 가능하게 된다.

1.2 스마트 제조의 구조

스마트 제조에서는 생산 · 재고 · 고객관리와 연결되는 맞춤형 생산 공정 · 인터페이스 · 운영의 최적화 기술, 다품종 복합 생산에 유연하게 대응하기 위한 조달 및 물류 기술, 기계와 인간의 협업을 위한 쾌적한 작업 환경 및 안전 기술 개발이 주요 이슈가 된다.

우선 스마트 공장에서 운영되는 모든 기기(컴퓨터, PLC/로봇/MC 등의 자동화기기, 제어기, 센서, 모터, 스마트기기 등)들이 표준화된 데이터 모델에 기반하여 실시간으로 공유되고, 상호 제어된다.

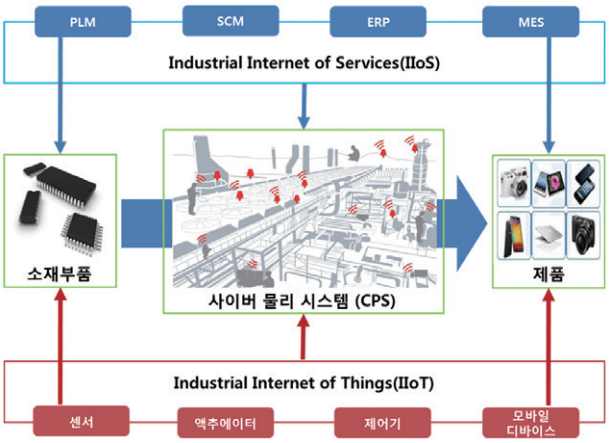

그림 2. 제조 전주기의 스마트화 개념도

실시간으로 수집된 데이터들은 수요 예측, 자원 관리, 예지보전, 문제 발생 회피, 통제 · 운영상의 문제 등을 분석된다. 수집된 데이터를 기반으로 가상의 공장 모델을 활용하여 모델링 및 시뮬레이션을 수행, 검증하여 공장에 반영 된다.

또한 검증 결과를 바탕으로 모델링과 시뮬레이션을 통해 최적의 생산 공정 확립을 위해 각 생산 시스템 및 기기들의 제어하게 된다.

결론적으로 스마트공장은 통합과 연동을 강화하여 사용된 모든 기기들을 연결하고, 생성된 데이터를 실시간 저장, 공유하여 최적 생산을 결정할 수 있도록 도와주는 제반 지원 시스템으로 CPS 기반 기술, IIoT(Industrial Internet of Things), IIoS(Industrial Internet of Service), 클라우드, 빅데이터, 보안 기술 등이 포함된다.

2. 스마트 제조의 기술 요소와 정부 R&D 지원 전략

2.1 스마트 제조의 기술 요소

스마트 제조의 기술 요소는 크게 디바이스 · 네트워크, 플랫폼, 애플리케이션으로 분류된다. 우선 디바이스 · 네트워크는 하드웨어 파트로서 로봇, 센서 및 네트워크 기술 등을 포함한다. 제조 시스템 및 공정 센싱 (Sensing) 및 데이터 플랫폼 전송을 담당하며, 주된 기술은 표준 네트워크 프로토콜 기반 통신 장치, 로봇 등 스마트 디바이스, 산업 네트워크 보안, 현장 제조 환경 특성 반영 데이터 수집/처리 · 산업용 게이트웨이 지능화 등이다.

플랫폼은 스마트 제조의 중위구조로서 디바이스 · 네트워크에서 발생한 정보를 분석하고 모델링 및 시뮬레이션을 통해 최적화한다. 각종 생산 프로세스를 제어/관리하여 상위 애플리케이션과 연계할 수 있는 시스템으로 구성되어있으며, 주된 기술

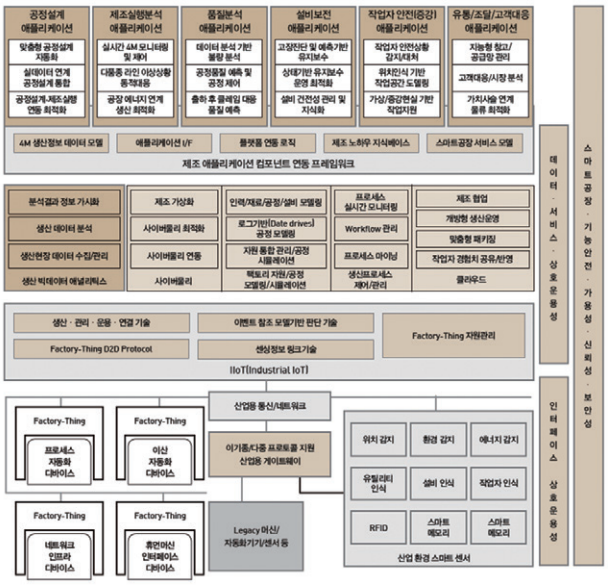

그림 3. 스마트 제조 핵심 기술 구조
(출처 : 스마트공장 R&D 로드맵, 산업부)

은 빅데이터 분석, CPS, 클라우드, 자원관리 등을 포함한다. 나아가 플랫폼은 산업 기기와 제조공정의 물리적 세계를 IT 공간에 재현시킴으로서 현재의 상태를 확인하고, 인공지능 기술의 발전과 함께 문제점에 대한 선제적 대응까지 가능케 하는 '디지털 트윈'(Digital Twin)으로 진화함으로써 스마트 제조의 중추적 역할을 하게 될 것이다.

스마트 제조의 상위구조인 애플리케이션은 플랫폼으로부터 얻은 데이터를 기반으로 맞춤형공정, 품질고도화, 에너지절감 등 다양한 제조 실행을 담당하는 소프트웨어 시스템이다. 제조과정에서 수집된 데이터를 최종 분석하여 공정설계, 제조실행분석, 품질분석, 설비보전, 안전/증감작업, 유통/조달/고객대응 등을 실행하게 된다. 이를 통해 스마트 제조가 목표로 하는 가치사슬 연계(소비자–최종재–부품 · 소재), 가상 모델링, 실시간 데이터 기반 설계 · 생산 · 예측 · 최적화 등의 통합운영이 가능해진다.

2.2 정부의 스마트 제조 R&D 지원

정부는 제조업혁신 3.0 전략의 실행 대책으로 스마트 제조방식의 확산을 유도하는 한편 스마트 제조 R&D 의 공급산업인 IoT, 빅데이터, 3D 프린팅, 인공지능, CPS 등 핵심 스마트제조 기술 중심으로 R&D 지원을 강화하고 있으며 표준, 인력 등 기반에 대한 투자도 병행하고 있다.

우리나라 스마트 제조 정책의 목표는 보급 · 확산을 위한 고도화 기술개발로서 단기적으로 현장에 즉시 적용 가능한 기술과 장기적 고도화를 위한 핵심 기술을 병행 개발하며, 이를 적용하는 모델공장 구축을 통해 업계 전반으로의 확산을 도모하는 전략을 취하고 있다. 2~5차 벤더를 중간 수준까지 끌어 올린 후, 가치사슬에 연계하여 모기업–벤더에 대해 고도화 수준의 스마트공장 실현하게 된다.

현재까지 스마트 제조방식은 중소 · 중견기업 2,611개사('16.9월말, 누적)로 확산된 것으로 파악되며 이를 통해 불량률 감소(△51.4%), 원가 절감(△24.6%), 납기 단축(△11.8%), 유연생산을 통한 생산품목 다양화, 재고관리 효율화, 에너지 절감, 신규 판로개척 등의 성과가 있었다고 파악되고 있다. 우리나라의 보급확산 정책은 민간 중심으로 스마트 공장 고도화를 진행하되 국가에서 마케팅을 지원해주는 형태의 독일이나, 민간 주도 IT 솔루션 시스템 강화를 진행중인 미국 등 타 제조선진국에 비해 보다 적극적인 정부의 개입이 이루어진다는 점을 특징이라 할 수 있다.

그러나, 이러한 성과가 4차 산업혁명에서 궁극적으로 지향하는 자율 판단과 제어 그리고 디바이스간 초연결성에 기반한 고도화 수준에 이르렀다고 판단하기 이르며, 스마트 제조 핵심 기술에 대한 꾸준한 R&D 지원을 통하여 제조업의 경쟁력을 높여야 할 것이다.

표1. 공장의 IT기술 활용정도에 따른 스마트공장 수준 (출처 : 스마트공장 R&D 로드맵, 산업부)

단계	Software	Hardware
고도화	제어자동화 및 디지털식별이 결합된 IoT형 자동화	CPS, IoT, 빅데이터를 이용한 자가진단과 제어능력을 갖춘 지능형 생산
중간2	설비 제어 자동화	실시간 의사결정 및 설비 직접 제어
중간1	설비로부터 실시간 데이터 수집	설비로부터 집계된 실적 중심의 공장 운영 분석
기초	바코드/RFID를 기초적 물류정보수집 수준	공정물류 중심의 실적관리 수준

Ⅲ. 시사점

살펴본 바와 같이 4차 산업혁명의 핵심 요소인 인공지능, 빅데이터 등 ICT 발전에 의한 자동화, 기기 간 · 지역 간 연결성의 극대화는 제조업의 스마트화라는 형태로 가시화될 것이다. 스마트 제조의 핵심은 ICT 융 · 복합을 통한 생산 혁신이다. 생산 · 재고 · 고객관리와 연결되는 생산 공정 · 인터페이스 · 운영의 최적화 기술, 다품종 복합생산에 유연하게 대응하기 위한 물류 기술, 인간 친화적 작업 환경 및 안전 강화 등을 통해 전 단

계 엔지니어링의 효율성이 제고된다.

그러나 생산 자동화 · 효율화를 통한 속도향상과 비용저감은 3차 산업혁명 시대에도 존재해온 기조이며, 4차 산업혁명의 생산 혁신은 단지 생산의 최적화에 한정된 개념이 아니다. 스마트 제조의 궁극적 지향점은 장비의 지능화, 소재–공정의 소통, 기계–인간의 협업을 통한 고객 중심의 제품 혁신과 기업의 부가가치 혁신이며, 이러한 혁신이 4차 산업혁명 시대에서 우리나라 글로벌 기업 경쟁력 확보의 기반이 될 것이다.

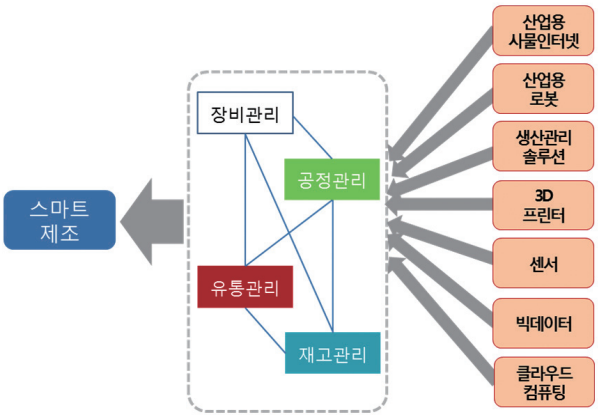

그림 4. 새로운 제품으로서의 스마트 제조

또한 스마트 제조는 생산 혁신 시스템 자체를 공급하는 제품인 동시에 ICT 신기술의 수요를 소화하는 두 가지 효과가 가능하다. 즉 ICT 분야의 신기술을 각각 활용되는 개별 산업 분야가 아닌 제조업이라는 대형 기술 수요처가 나타남으로써 4차 산업혁명의 핵심 · 기반 기술 확보로 이어지며 새로운 부가가치 창출을 하는 역할을 하게 될 것이다.

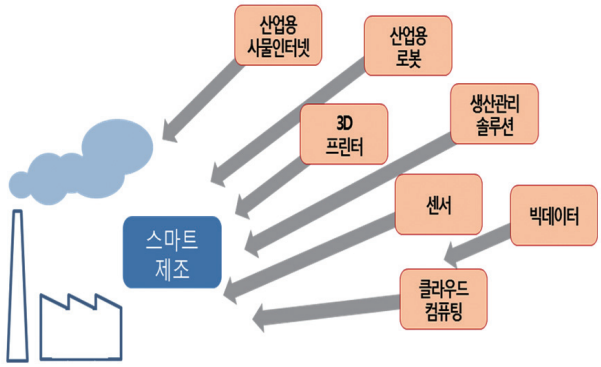

그림 5. ICT 신기술 수요처로서의 스마트 제조

따라서 스마트 제조 고도화의 혜택과 파급효과는 제조업에 한정되어있지 않으며 나노 소재, 바이오, 스마트 시티, 자율주행차 등 타 산업분야와 융복합 시너지를 이루는 기반이 될 수 있다. 현재까지 진행되어온 산업혁명이 그래왔듯 4차 산업혁명은 생산성 혁신이라는 1차적 효과를 넘어서 사회 경제적 새로운 기회요인을 제공할 것이며, 환경, 에너지, 교통 등 사회 인프라와 ICT 융 · 복합을 통한 삶의 질 향상을 궁극적으로 가능케 할 것이다.

참고문헌

OECD, “Enabling the next production revolution”, 2016

‘18년도 정부 연구개발 투자방향, 2017

산업기술평가관리원, “스마트공장 R&D 로드맵 소개”, 2016

KISTEP, “제조업 스마트화를 위한 국가 R&D 전략”, 2016

STEPI, “4차 산업혁명시대 산업트렌드와 제조업의 대응전략”, 2016

KISTEP, “4차 산업혁명 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색”, 2016

산업통상자원부 보도자료, “스마트공장, 지난 2년간의 성과 점검 및 재도약 다짐”, 2016

■ 김선재 e-mail: sjkim@kistep.re.kr