

박 형 욱 울산과학기술원 기계항공 및 원자력공학부 부교수

| e-mail : hwpark@unist.ac.kr

최근 주요 선진국에서는 기존의 생산제조기술들과 ICT기술 사이에 융합을 추구하고 있으며 이를 촉진시키기 위해서 스마트 팩토리 관련 연구 개발에 정부가 연구비를 막대하게 투자하고 있다. 이 글에서는 이에 대한 개략적인 소개 및 기술 개발 동향에 대해 소개하고자 한다.

최근 전 세계적으로 제조 혁신의 바람이 거세며 그 중심에 있는 것이 바로 스마트 팩토리 기술이다. 스마트 팩토리는 ICT(Information and Communication Technology)와 기존의 제조업 기술인 생산제조기술이 융합하여 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, CPS(Cyber-Physical System) 등의 기술 등을 통해서 공장 내의 장비, 장치 부품들이 서로 연결되고 상호 소통되는 생산 체계이다. 따라서 이러한 유연 생산 체계를 기반으로 하게 되면 개인에게 맞춤형 제품을 공급할 수 있게 되며 동시에 변종 변량에 유연하게 대처하고 다양한 형태의 소비자 주문에도 효율적으로 대응할 수 있게 된다. 변화하고 있는 제조업 트렌드를 맞추기 위해서는 이와 같은 유연성 기반 생산제조기술에 대한 연구개발이 필요한 시점이다.

제조업의 근간이 되어 왔던 생산제조기술은 고도의 엔지니어링 기술을 기반으로 하는 기술 집약도가 높은 고부가가치 산업이며 기계, 재료, 전자, IT, 화학 등의 다양한 기술들이 다학제적으로 융합된 기술로 지난 반세기 동안에 우리나라의 자동차, 조선, 반도체, 디스플레이 분야 등의 산업발전을 실질적으로 이끌어 온 원동력이었다.

하지만 최근 주요 산업들에서 요구되는 제품들에

대한 기능, 품질, 성능, 환경적 요구 등에 따라 경쟁력을 갖춘 제품 생산을 위한 기술적, 경제적 부담이 증가하고 있고, 국내외적 시장에서는 일본 엔화의 가격 경쟁력에 밀리며 기술적으로는 중국에 추월을 당하는 위기에 빠질 위험성이 점점 커지고 있다. 우리나라의 생산제조기술은 지금까지는 선진국 추격형으로써 생산구조를 노동집약에서 기술 집약, 지식기반으로 지속 발전시켜 왔으나, 기술적 창의성은 선진국에 비해 상대적으로 부족한 것이 현실이다. 또한 우리나라 생산제조시스템 산업은 자동차, 반도체, 디스플레이, 모바일 사업과 동반 급성장해오고 있으나, 선진국 대비 기술적 열위와 Mid-end 분야의 경쟁심화 속에 고객들의 변화하는 요구에 효율적으로 대응하는 역할을 충족시키기는 어려운 실정이다. 이에 따라 우리나라의 제조업 관련 산업의 경우 글로벌 경쟁심화, 인력난, 수요의 다양화로 인해서 총체적 난국 상태이다.

따라서 ICT 기반의 스마트 팩토리 구축뿐만 아니라 더 나아가서 초연결 사회 구현을 위해서는 핵심 요소 기술인 첨단 생산제조기술 및 센서 개발 경쟁력 강화가 가장 시급한 시점이다. 또한, 기술 교류 및 산학연관 협력 구심점을 구축하여 단순히 구호에 그치는 제조업 창조경제가 아니라 독일처럼 구체적인 리딩

기관 및 협업기관을 선정하여 정부 지원하에 강하게 추진하는 것이 필요하다.

스마트 팩토리의 경우 다양한 소비자 요구에 부응하기 위해서 다음과 같은 요소들은 필수적이다. 먼저 생산조건 변화, 재고 위치 변경과 같은 생산관련 변화를 감지하는 기능이 필요하며, 이러한 감지된 생산 현황 관련 변화에 대해서 자율적으로 판단해서 적절하게 조치가 이루어지도록 하는 제어관련 기능이 필수적이다. 마지막으로 위에서 결정된 조치 방안에 대해서 생산 공정을 변화시킬 수 있는 기능이 유기적으로 연결되어야만 스마트 팩토리가 적절하게 운영될 수 있다.

그렇지만 한국의 경우 그 동안 관련 기능들의 연구가 개별적으로만 이루어져 이러한 기능들을 유기적으로 결합시키는 관련 원천기술이 전무한 실정이다. 사실 우리나라가 그 동안 취해왔던 선진국 추격형 전략은, Bench Marking에 의해 특허를 피하기 위한 방법으로서 형상 및 구조 변경을 한 후 실험을 통한

trial-error에 의해 품질 기준치를 만드는 방식이었다. 따라서 기술적인 측면의 진화에 의해 제품 및 공정이 개발되지 않고 필요에 의한 즉흥적 대응으로 이루어져서 개발에 응용되었기에 원리 및 진화된 논리 등에 대한 체계적이고 및 논리적인 지식과 기술이 부족하여 선진국과의 기술개발 격차를 줄이지 못했다.

이는 소재와 기초연구 분야의 개발 능력의 부족에서 기인하는 문제가 아니다. 국내 대부분의 중견 및 중·소기업들이 이런 형식으로 제품을 개발해 왔으므로 실제로 축적된 know-how가 별로 없으며 다시 말해 임기응변식 대응이라고 해도 과언이 아니었다.

2008년 이후 금융위기를 겪은 유럽 국가 중 제조업이 강한 독일, 오스트리아 등은 빠른 경기 회복세를 보였으나, 반대로 제조업 비중이 낮은 그리스와 포르투갈, 스페인 등은 마이너스 성장을 보였다. 이 시점 이후부터 선진국들은 제조업의 경쟁력 강화의 중요성을 인식하기 시작했다.

특히, 독일 및 일본 등 제조 선진국들은 제조업의

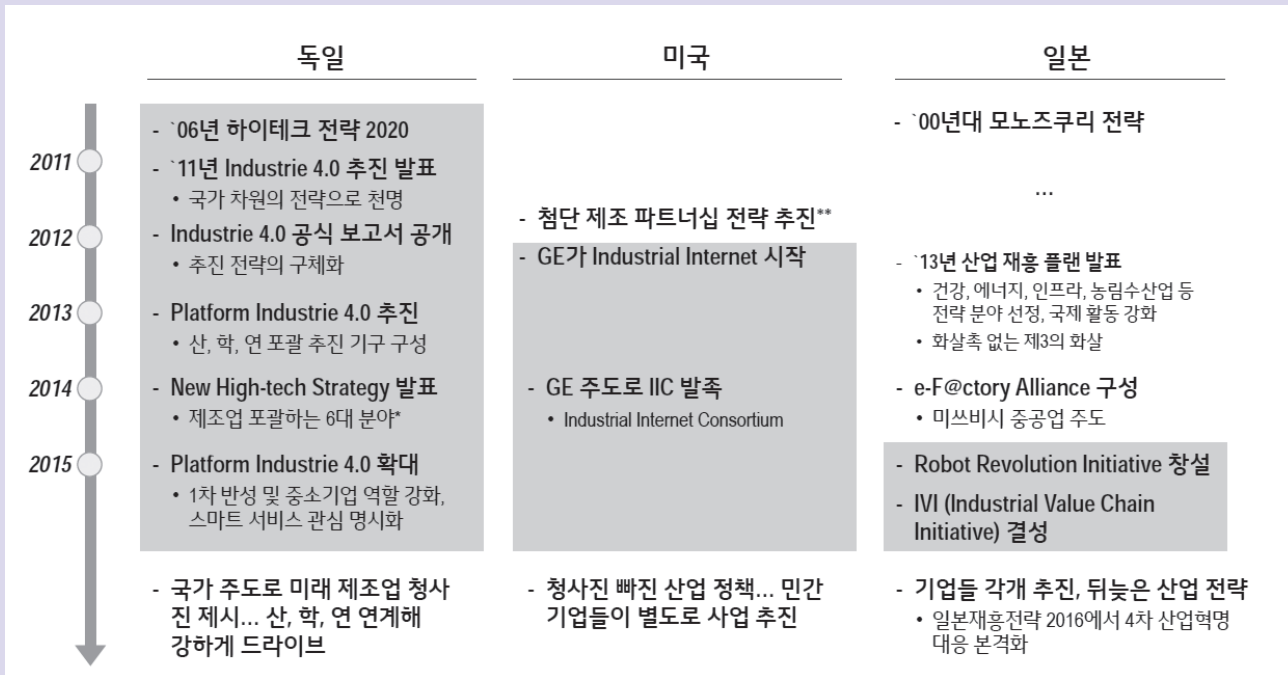


그림 1 주요 선진국의 스마트 팩토리 산업 육성 전략(출처: LG 경제연구원 스마트 팩토리 현황)

경쟁력은 생산성 및 품질 향상에 의존한다고 믿고 이들을 위한 전략, 방법론 및 툴들의 개발에 치중하고 있다. 즉, 높은 임금 및 고정비용을 상쇄할 수 있는 방안들을 개발하여 혁신역량을 갖추어 추격하고자 하는 후발주자들을 압도하면서 격차를 지속적으로 유지하겠다는 야심 찬 계획이다. 그러한 계획 중의 하나인 독일의 인더스트리 4.0은 제조업에 정보통신기술(ICT)을 적용하여 모든 생산기계·공장·물류·서비스 시스템을 통합 관리하는 새로운 산업생산 시스템이며 사물인터넷(IoT: Internet of Thing) 기술 활용의 기본이 된다. 이를 기반으로 해서 스마트 팩토리에 대한 보급을 추진하고 있다.

미 연방정부에서는 제조업 부흥의 확산 전개를 목표로, 첨단 제조(Advanced Manufacturing) 혹은 스마트 제조(Smart Manufacturing)라 일컬어지는 제조업의 하이테크화를 위한 연구 및 개발(R&D) 예산 확충과 프로그램 시행을 적극적으로 추진하고 있다. 구체적으로 백악관에서는 첨단 제조 파트너십(Advanced Manufacturing Partnership) 프로그램을 재가동하고, 관련 연구기관을 45개로 확대하였다. 스마트 팩토리 및 관련 있는 첨단 제조기술 컨소시엄 프로그램(Advanced Manufacturing Technology Consortia Program) 및 미 표준기술연구소의 제조 확대 파트너십(Manufacturing Extension Partnership) 프로그램의 연구개발 예산은 증가하였다.

또한, 스마트 팩토리 일컬어지는 혁신적인 제조 환경 변화에 적극적으로 대응하기 위하여 미국의 제조 관련 연구 개발 프로그램은 사물인터넷, 빅데이터, 데이터 애널리틱스, 가상-실세계 시스템, 시스템 통합, 지속가능 생산 및 적층 가공 등을 주요 핵심 기술 개발 과제로 초점을 두고 있다.

스마트 팩토리를 바라보는 시각은 다양하지만 우리 정부 정책에서는 제품의 기획·설계와 생산, 유통, 판



 미국	Advanced Manufacturing Partnership 2.0 ● 산업계 중심 SMLC(Smart Manufacturing Leadership Coalition) 발족 ● 국가적 캠페인으로 메이킹 인 아메리카 추진
 일본	Strategic Innovation Promotion Program ● 차세대 생산인프라구축 ● 핵심기술 선정해 기초연구에서 실용화, 사업화까지 연계되는 로드맵 구성 ● 최근 일본기계학회 중심으로 '이어지는 공장' 실현 위한 IV(industrial value chain initiative) 발족
 독일	Industry 4.0 ● 2012년부터 시작해 산업계 중심 인더스트리 4.0 플랫폼 발족, 최근 정부 주도로 전환 ● 스마트 공장 개발 구축에 2억유로 투자 ● '고도기술전략 2020 실행 계획' 국가 전략 일환
 중국	Made in China 2025 ● 제조업과 IT융합으로 제조강국 업그레이드 ● 자동차산업 기술혁신, 구조조정, 정보화를 통한 산업 간 시너지 효과로 촉진제 역할

그림 2 주요 국가별 스마트 공장 연구개발 현황(출처: 산업기술평가원 스마트 공장 R&D 로드맵)

매 등 전(全) 과정을 IT로 통합해 최소 비용·시간으로 고객맞춤형 제품을 생산하는 공장으로 정의하고 있으며, IoT와 CPS 등을 기반으로 제조 전단계가 자동화·정보화되고 가치사슬 전체가 하나의 공장처럼 실시간 연동되는 체계다. 현재 대표적인 스마트 공장 모델로 꼽히는 독일 지멘스 암벡공장과 같이 미래 기술을 총 집약해 초고도화된 공장뿐만 아니라 업종별·공장 수준별 특성에 따라 다양한 형태로 나타날 수 있다.

현재 정부는 지난 해부터 제조업 혁신 3.0사업 일환으로 한국형 스마트공장 기술개발과 모델 공장 구축에 본격적으로 나서고 있으며, 2020년까지 1만 개 공장을 스마트화할 계획으로 올해 상반기까지 약 300 개 사에 자동화 설비와 IT솔루션 등을 지원해 품질개선 33%, 비용절감 23%, 납기단축 20% 등의 핵심지표 성과를 달성하고 있다.

스마트 팩토리를 구성하는 요소기술은 크게 현장 작업자가 직접 접하는 애플리케이션단과 각종 스마트센서, 자동화기기 등으로 이뤄진 디바이스 분야, 애플리케이션과 디바이스를 이어주는 플랫폼 기술로 나뉜다. 각 분야에는 ERP, MES 등 기존 정보화기술부터 CPS, 산업용 사물인터넷과 같이 최근 부각되는

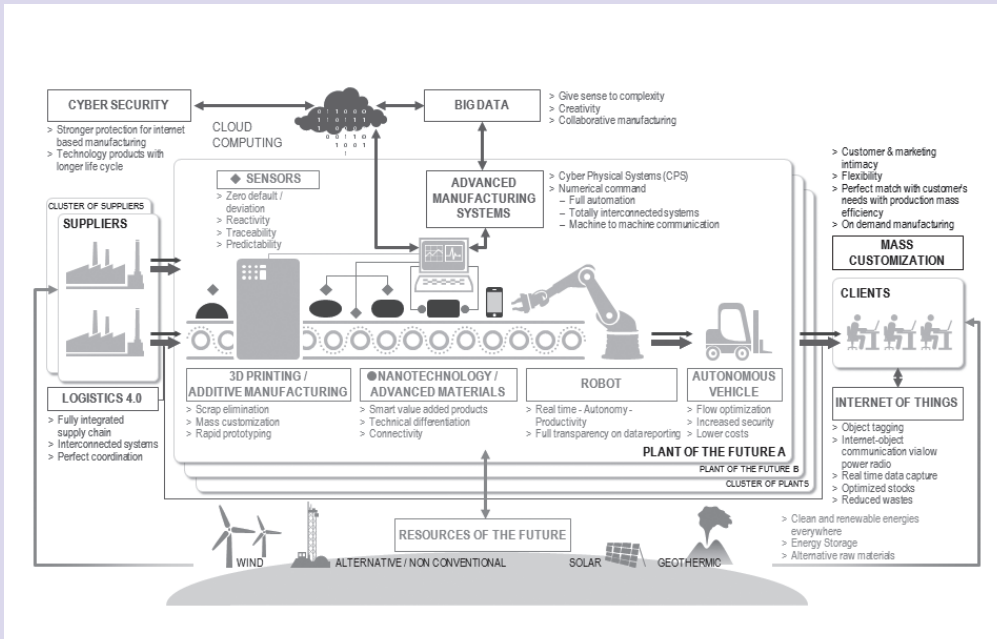


그림 3 미래 스마트 팩토리 모습과 수요 시장관련 연계성 예시(출처: Roland Berger Strategy Consultants, Industry 4.0 ecosystem)

첨단 기술까지 다양한 기술이 유기적으로 작용한다. 국내 스마트공장 관련 주요 핵심 요소제품 기술 수준은 글로벌 기업 대비 상당히 부족하다는 평가다. 네트워크와 프로그램로직컨트롤러(PLC)가 그나마 각각 90%, 80% 수준에 있고 CAD와 센서, 전자태그(RFID) 등은 각각 20%, 30%, 40% 수준에 불과하다. 스마트공장 구축과 함께 관련 기술개발이 시급한 이유다.

또한, ICT기술과 자동화기술의 융합을 통해 생산 효율 극대화를 추구하는 독일에 주창된 Industry 4.0의 기반 기술은 IoT와 CPS이다. CPS란 실세계와 IT가 긴밀하게 결합된 시스템으로 임베디드 시스템의 복잡성이 급속하게 증대하면서, 기존의 기법과 다르게 SW와 물리세계의 인터랙션을 위한 좋은 품질과 신뢰할 수 있는 설계 기법이 요구되기에 CPS가 다시 주목 받고 있다. 이들을 통해 고임금 국가인 독일과 같은 제조혁신을 통한 글로벌 경쟁력을 갖겠다는 것이 핵심 목표이다.

임베디드 디지털 스마트 가공물이 적은 수량의 다양한 품목을 가장 경제적인 비용으로 가공될 수 있도록 스마트 팩토리 내에서 가공 흐름을 제어한다. 아울러 수많은 센서들로부터 수집된 빅데이터의 기반에서 공정 파라미터들의 최적 값을 선정하여 최상의 품질이 얻어지도록 한다.

이에 따라 스마트 팩토리는 스마트 그리드, 스마트 교통체계, 스마트 빌딩과 연동되고 재료와 제품의 생애 전주기 관리시스템을 구축하게 되며, 실시간 제품 정보가 출하에서 폐기 단계까지 공유되고 저장된 모든 정보가 생산 과정에 공유되어 자원 효율의 극대화에 기여하게 된다.

한편, 미국에서 제조업의 증흥을 주도적으로 추진하고 있는 적층 제조의 측정과학(Measurement science for additive manufacturing) 프로그램은 적층 가공 및 시스템을 위한 소재 특성화, 가공 중 측정/모니터링/최적화, 소재/가공/제품의 성능 검증, 디지털화를 통하여 신속 설계-제품화하는 것을 전략

CPS 기반 스마트 팩토리의 경우 분산된 지능은 시스템 네트워크 안에서 가상 세계와 실세계와의 상호 교류를 통해 객체를 지능화시켜 생산 프로세스가 스마트하게 진행되도록 한다. 이것은 생산장비가 단순히 프로그램된 공정을 수행하는 것이 아니라 가공물과 상호 정보 교류를 통해 무엇을 해야 할지를 스스로 결정하도록 하게 되며,

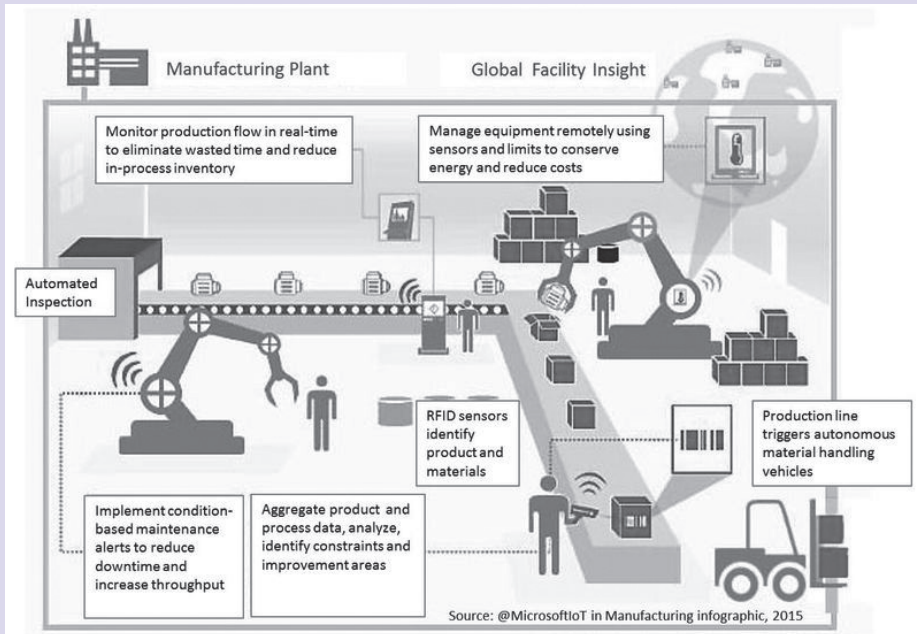


그림 4 인더스트리 4.0 기반 스마트 공장의 생산 공정 예시(출처: Microsoft IoT in Manufacturing infographic)

적인 방향으로 잡고 있으며 이는 신속하게 소비자의 요구 사항을 만족시키려는 스마트 팩토리와 그 방향성이 동일하다. 또한, 한국의 경우도 임의형상 적층 생산기술을 스마트 팩토리 기반 기술 중의 하나로 지정하고 있다.

주된 연구 동향 중의 하나인 적층 제조용 소재 특성화(Characterization of AM materials) 연구의 경우 적층 가공을 위해 소요되는 금속 파우더 및 부품의 속성(property) 항목을 특성화하고, 이를 기반으로 적층 가공 소재 데이터베이스를 개발하는 것을 목표로 하고 있다.

이 글에서는 요즈음 그 산업적인 파급력으로 인해서 주목 받고 있는 스마트 팩토리의 개념과 이와 연관된 생산제조기술의 연구 동향에 대해서 살펴보았다. 향후, 소비자 요구 및 산업계의 환경이 크게 달라짐에 따라서 미래의 제조는 생산품보다는 생산 방식의 중요성 및 필요성이 부각될 것으로 전망된다.

현재 우리나라의 경우 고부가가치 첨단제품은 선진국과 기술격차가 여전하고, 저가 범용시장은 중국, 인도 등 후발 공업국들의 추격에 직면하여 소위 Sandwich 위기상황에 직면해 있다. 또한 그 동안 성장을 주도했던 메모리 반도체, 자동차, 철강 등 주력산업들의 경쟁력 제고와 새로운 미래 성장동력 확보가 시급한 상황이다. 따라서 우리나라의 경우 스마트 팩토리의 기반이 되는 ICT기술 및 기존의 생산제조기술의 융합을 통해서 기존의

주력산업들의 고부가가치화와 스마트 팩토리 관련 신산업 창출이 필요하다.

특히, 주요 선진국들의 스마트 팩토리 관련 연구 개발에서는 민관 협력이 강조되었으며, 한국의 스마트 팩토리 관련 정책에서도 산학연의 긴밀한 협력이 필요하며, 스마트 팩토리 관련 산업의 체계적인 육성 및 이를 위한 스마트 팩토리 테스트베드 구축을 통해 국내 경쟁력 기반 마련과 실제 제조현장의 지속적인 요구사항을 정책에 반영하여 현장에서 실제로 사용될 수 있는 스마트 팩토리가 필요하다.

이를 위해서는 산학연 컨소시엄의 구성, 한국형 첨단 제조 혹은 스마트 제조 개념의 확립, 체계적인 로드맵 및 연구개발 항목 확정, 스마트 팩토리 연구 컨트롤 타워 설립, 산업체 적용 및 활용분야 확대, 스마트 팩토리 산업 및 인력의 확대 및 세제 지원 등이 필요하다.