

# AI 시대의 제조업, 글로벌 등대공장 네트워크

4차 산업혁명은 디지털 기술의 급격한 발전과 이에 따른 사회, 경제, 산업의 변화를 의미한다. 하지만 4차 산업혁명 기술을 적용해 산업의 전반적인 혁신이 이루어지는 서비스 분야와 달리 제조업에서는 아직 기업 간 격차가 크다. 이를 해소하기 위한 대표적 노력의 하나인 '글로벌 등대공장 네트워크(Global Lighthouse Network)'에 대해 살펴보자.

1차 산업혁명은 증기기관의 발전으로 인한 기계화, 2차 산업혁명은 전기의 발전으로 인한 대량 생산, 3차 산업혁명은 컴퓨터의 발전으로 인한 자동화로 통칭할 수 있다. 그리고 4차 산업혁명은 디지털 기술이 주도적인 역할을 한다. 즉 인공지능(AI), 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 사물인터넷(IoT), 3D 프린팅, 가상현실(VR)·증강현실(AR), 블록체인 등의 기술이 상호 연결되고 융합되어 혁신적인 방법으로 생활 방식을 변화시키고 있다.

이러한 4차 산업혁명을 통한 변화는 개인 맞춤형 서비스의 확대, 데이터 중심의 의사결정, 새로운 비즈니스 모델의 등장 등 다양한 영역에서 나타나고 있다. 예를 들어 금융 분야에서는 블록

체인 기술을 활용한 안전하고 효율적인 금융 거래 시스템 구축과 인공지능 분석 및 예측을 통한 금융 서비스의 혁신이 가능하다.

교통 및 물류 분야에서는 자율주행 차량과 드론을 활용한 배송 시스템 등이 혁신 사례(Use Case)를 창출하고 있으며 교육 분야에서는 인공지능 기반의 맞춤형 학습 플랫폼과 VR·AR을 활용한 교육 프로그램 등이 교육의 효율성을 향상시키고 있다. 의료 분야에서는 정밀 의학(Precision Medicine) 같은 인공지능을 활용한 의료 진단 및 치료법, 사용자 개개인을 위한 건강 모니터링 장치, 의료 로봇들이 개발되고 있다.

하지만 아직까지 제조업은 4차 산업혁명 기술의 적용에 뒤처지고 있다고 알려진다. 세계경제



포럼(WEF)에 따르면 인공지능 같은 4차 산업혁명 기술에 투자하는 글로벌 제조기업 중 70% 이상이 아직 초기 적용 단계에 그치고 있으며 일부만이 4차 산업혁명 기술을 통해 특정 생산 현장 혹은 가치사슬 전반에 걸쳐 새로운 가치와 고객 경험을 창출하고 있다. 제조기업 간의 이러한 격차를 줄이기 위한 노력 중 대표적인 사례가 WEF의 '글로벌 등대공장 네트워크'다.

### 세계경제포럼의 글로벌 등대공장 네트워크

WEF는 세계 경제, 정치, 사회 문제에 대한 대화와 협력을 촉진하는 것을 목표로 1971년 설립된 비영리 국제기구다. 대표적인 활동으로는 스위스의 다보스에서 매년 열리는 연차 총회, 이른바 다보스 포럼이 있다. 전 세계의 비즈니스 리더, 정치인, 언론인, 학자 등 다양한 분야의 전문가들이 다보스 포럼을 통해 전문가와 의사결정자 간의 대화를 촉진하고 글로벌 이슈에 대한 협력과 해결책을 모색한다.

WEF의 또 다른 대표적 활동이 바로 맥킨지&컴퍼니와 협력해 운영하고 있는 글로벌 등대공장 네트워크다. 이는 제조업에서 디지털 기술을 선도적으로 적용하는 기업들의 네트워크로 WEF는 이를 통해 제조업에서의 디지털 전환을 촉진하고 지원한다.

특히 WEF는 4차 산업혁명 기술을 활용해 세계 제조업의 미래를 혁신적으로 이끌고 있는 특정 제조기업들을 '등대공장(Lighthouse)'으로 매년 선정하며 그들의 혁신 사례와 정량적 효과를 대중에게 공개한다.

등대공장에 선정된 기업은 WEF가 관리하는 등대공장 네트워크를 통해 서로의 경험을 공유하고 협력한다. 등대공장은 4차 산업혁명 기술 적용을 통한 디지털 전환을 특정 생산 현장에서 이끌어낸 팩토리 등대공장(Factory Lighthouse)과 가치사슬 전반에서 이끌어낸 '엔드-투-엔드 등대공장(End-to-End Lighthouse)'으로 나뉜다.

또한 선정된 등대공장 중 4차 산업혁명 기술 적용을 통해 탄소 및 폐기물 배출량 감소와 같



자료: 세계경제포럼(WEF)

은 지속가능성의 변화도 함께 이끌어낸 경우에는 '지속가능 등대공장(Sustainability Lighthouse)'에도 추가로 선정하고 있다.

WEF는 전 세계 공장들을 대상으로 2018년부터 매년 1월과 7월 두 차례에 걸쳐 등대공장을 선정하고 공개해 왔다. 등대공장은 2018년 선정 첫해 지멘스와 존슨&존슨을 포함한 16개에서 2024년 5월 현재 153개까지 꾸준히 늘고 있다. 99개의 팩토리 등대공장과 54개의 엔드-투-엔



드 등대공장이 선정됐으며 그 중 17개의 등대공장은 지속가능 등대공장에도 선정됐다.

국내에서는 2019년 포스코(포항)가 처음으로 등대공장에 선정됐고 이후 2021년 LS일렉트릭(청주), 2022년 LG전자(창원), 2023년 한국수자원공사(화성)와 아모레퍼시픽(오산)이 선정되어 현재 총 5개의 등대공장이 있다.

선정된 153개의 등대공장은 인공지능, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 사물인터넷 같은 4차 산업혁명 기술을 현장에 적용해 생산성, 공급망 탄력성 그리고 지속가능성을 향상시킨 것이 특징이다.

한편 153개의 등대공장에서 공개한 700개 이상의 혁신 사례는 다음 5가지 기술을 기반으로 하고 있다. 첫째는 생산 현장 내의 장비와 데이터를 연결할 수 있는 5G와 같은 통신 기술이며 둘째는 제조 실행 시스템(MES), 고객 관계 관리(CRM), 제품 수명주기 관리(PLM) 같은 디지털 기반의 계획·관리 기술이다.

셋째는 인간과 기계 간 상호작용을 개선하고 작업자에게 통찰력을 부여하기 위한 대시보드, 웨어러블, VR·AR 관련 기술이며 넷째는 제품 제조 방식을 재구성하기 위한 3D 프린팅, 무인 운송 차량(AGV)·자율주행 로봇(AMR) 같은 생산 로봇틱스 및 자동화 기술이다.

마지막 다섯째는 예측 및 최적화를 위한 인공

지능 기술이다. 특히 인공지능 기술은 제조업에서 필요로 하는 4차 산업혁명 기술 중 핵심이다. 앞의 4가지 기술을 특정 생산 현장 혹은 가치사슬 전반에서 효율적으로 사용하기 위해서는 인공지능을 바탕으로 한 예측 및 최적화 작업이 필요하다.

### 아모레 뷰티 파크의 등대공장 선정

경기도 오산에 위치한 아모레퍼시픽의 '아모레 뷰티 파크'는 설화수와 라네즈 등 아모레퍼시픽의 대표 브랜드를 생산하는 한국 최대의 화장품 공장이다. 경기도 수원시의 스킨케어 사업장과 경북 김천의 메이크업 사업장 그리고 각 지역의 5개 물류센터를 통합해 축구장의 약 30배에 달하는 부지에 2012년 준공했다.

아모레 뷰티 파크는 전체 발생 폐기물량 4292톤 중 4043톤을 순환 자원화한다. 즉 재활용 전환율 94%를 달성해 2022년 폐기물 매립 제로 검증(ZWTL) 실버 등급을 받았고 사업장 RE100을 달성하는 등 생산성뿐 아니라 지속가능성에도 앞장서고 있다.

특히 아모레 뷰티 파크는 2023년 국내에서 네 번째로 등대공장에 선정됐다. 인공지능과 3D 프린팅을 비롯한 4차 산업혁명 기술을 공장에 적용해 제조 공정을 최적화하고 신제품 도입을 가속화했으며 공정의 유연성을 향상했기 때문이다.



실제로 신제품 출시 기간을 50% 이상, 공정 결함률을 54% 이상 감축한 것으로 알려진다.

또한 매장 내 제조가 가능한 맞춤형 화장품을 위한 새로운 비즈니스 모델을 구축해 80만 종 이상의 맞춤형 화장품을 고객에게 제공할 수 있게 됐다. 특히 600여 종의 베이스 메이크업 제품 선택지 중에서 자신의 피부 색상에 가장 잘 맞는 제품을 선택할 수 있는 맞춤형 화장품은 아모레 뷰티 파크의 대표적인 서비스 중 하나다. 인공지능을 활용한 색상 진단 알고리즘으로 개인의 얼굴 색상을 정밀하게 측정할 수 있으며 이 측정 결과를 기반으로 로봇이 주문 즉시 제품을 만들 수 있다.

#### 4차 산업혁명 제조 기술의 미래, 생성형 AI

현재 학계와 산업계 양쪽에서 많은 관심과 투자를 받는 대표적인 인공지능 기술은 생성형 인공지능이다. 생성형 인공지능은 주어진 입력 데이터를 기반으로 다양한 새로운 정보를 생성하는 기술로 챗GPT 같은 대화형 인공지능, 달리(DALL·E) 같은 이미지 생성형 인공지능이 대표적인 예다.

WEF에 따르면 생성형 인공지능은 글로벌 경제에 매년 2조 6000억 달러에서 4조 4000억 달러의 가치를 창출할 것으로 예상된다. 또 생성형 인공지능을 통한 생산성 향상은 다른 인공지능 기술의 활용과 비교해도 최대 50%의 추가적인 경제적 효과가 있을 것으로 예상된다. 반면 아직까지 제조업에서의 생성형 인공지능 활용은 상대적으로 제한적이다.

하지만 WEF에 따르면 향후 생성형 인공지능 시장의 4분의 1 이상은 제조업 및 공급망 관련 시장이 차지하는 등 생성형 인공지능이 제조업에도 활발하게 활용될 것으로 기대하고 있다. 제조업에 생성형 인공지능을 적용할 경우 최대 2배 정도의 생산성 향상이 가능할 것이고 그중 70%는 제품 개발, 구매 같은 작업의 자동화가 차지할 것으로 예상된다.

특히 제조업 내에서 상대적으로 데이터가 구

#### 아모레 뷰티 파크의 5가지 혁신 사례와 정량적 효과

- 01 인공지능 기반의 맞춤형 화장품 서비스(AI-based customized cosmetic service)**  
80만 종 이상의 맞춤형 화장품 제공 가능
- 02 인공지능 기반의 화장품 공정 설계 최적화(AI-based cosmetic process design optimization)**  
신제품 출시 기간 50% 이상 감축
- 03 인공지능 기반의 화장품 제조 공정 자가 진화 기술(Self-evolving cosmetic manufacturing)**  
공정 결함률 54% 이상 감축
- 04 포장 라인에서의 인공지능 기반 오류 감지(AI-powered fault detection in packaging lines)**  
포장 라인 생산성 34% 이상 증가
- 05 3D 프린팅을 적용한 유연 생산(3D printing packaging production)**  
부품 교체 시간 7% 이상 감축

자료: 세계경제포럼(WEF)

조화되어 있지 않은 분야에서 생성형 인공지능의 활용도가 더 높을 것으로 예상된다. 예를 들어 생산 현장 내에서 특정 작업 관련 표준 운영 절차(SOP)를 대화형 인공지능 서비스가 안내하거나 기술 자문을 제공하는 등 작업자의 생산성 향상에도 생성형 인공지능이 크게 기여할 수 있을 것이다.

최근 선정된 등대공장의 다수의 혁신 사례가 생성형 인공지능을 기반으로 하는 등 글로벌 등대공장 네트워크에서도 제조업에서의 생성형 인공지능의 중요성을 강조하고 있다. 이러한 제조업에서의 생성형 인공지능 적용과 투자는 제조업의 디지털 전환을 가속화할 것이다.

#### 국내 제조업이 직면한 디지털 전환 과제

유럽연합(EU) 등 제조업 선진국에서는 2020년을 기점으로 제조업에서의 4차 산업혁명 기술 활용을 전략적으로 추진하고 있다. 제조업에 적용된 4차 산업혁명 기술 관련 글로벌 시장의 연평균 성장률은 약 48%에 달하는 것으로 알려진다.

반면 국내 시장의 연평균 성장률은 15%에 그치고 있다. 국내 제조업의 디지털 전환 수준은 아직까지 선진국에 미치지 못하고 있다. 향후 생성형 인공지능을 포함한 4차 산업혁명 기술의 제조업 적용에 대한 많은 관심과 투자를 통해 국내 제조기업의 생산성 향상과 그에 따른 국가 경쟁력 확대를 기대한다. C

임성훈 울산과학기술원(UNIST) 산업공학과·인공지능대학원 부교수