

스마트 제조 실행을 위한 인더스트리 4.0

1. 서언

산업은 고도로 기계화되고 자동화된 제품을 생산하는 경제의 일부이다. Industry 4.0은 2011년도에 독일 정부의 하이테크 전략 중 제조업의 전산화를 촉진시키는 프로젝트로부터 유래된 용어로, 복잡한 물리적 기계와 장치를 상호 연결된 센서 및 소프트웨어와 통합하여 비즈니스 및 사회적 성과를 예측, 제어 및 계획하는 새로운 수준의 가치 사슬 조직 및 관리이다.

Industry 4.0의 목표는 고도의 자동화를 통해 고도의 운영 효율 및 생산성을 달성하는 것으로, 공장은 모니터링 및 고장 진단 기능 이외에 자가 인식 및 자기 예측성을 확보한 시스템을 통해 공장 상태 및 제조 전반에 관한 명확한 정보를 제공 받을 수 있다.

Industry 4.0의 다섯 가지 주요 특징은 1) 생산의 디지털화, 최적화 및 커스터마이징, 2) 자동화 및 적응, 3) 인간과 기계의 상호 작용, 4) 부가가치 서비스 및 비즈니스, 5) 자동 데이터 교환 및 커뮤니케이션이다.

2. 산업혁명으로의 접근

초기 물과 증기를 이용한 기계화인 1차 산업혁명부터, 전기를 이용한 대량 생산 및 조립라인을 갖춘 2차 산업혁명에 비해, 4차 산업혁명인 Industry 4.0은 기계화 및 자동화, 디지털화, 네트워크링, 스마트 및 자율시스템의 소형화를 포함한 광범위한 개념과 직면하며, 물리적 기본 시스템과 소프트웨어 시스템을 타 분야 및 경제 부문과 통합시키는 것과 관련하여 동적가치 창출 네트워크의 통합에 중점을 둔다.



3. 인더스트리 4.0의 필요성

Industry 4.0은 새로운 기술이나 비즈니스 규율이 아니라 실제로 수년전에는 불가능했던 결과를 달성하기 위한 새로운 접근방식으로, 일반 기계들을 자체 인식 및 자체 학습기계로 변환하여 연속적인 상호작용으로 전반적인 성능 및 유지 관리를 진행하는 것을 목표로 한다.

Industry 4.0의 핵심인 스마트공장은 실시간 데이터 모니터링, 제품 상태 및 위치추적 이외에 생산 공정제어 지침을 준수함으로써, 공급사슬 및 생산라인에서의 진화를 위해 향상된 정보통신기술을 적용한다.

4. 기술 발전의 9가지 기초

Industry 4.0과 함께, 9가지 기술의 발전은 고립되고 셀 단위로 최적화된 생산을 완전히 통합되고, 자동화되며 최적화된 생산 흐름으로 전환시키는데, 이는

공급사슬 네트워크(공급자, 생산자 및 고객) 이외에 인간과 기계사이의 전통적인 생산관계에 있어서 효율성과 변화를 증가시킨다.



〈그림 2〉 Industry 4.0의 9가지 기초기술

(1) 빅 데이터 및 분석

최근 대용량 데이터 세트를 기반으로 한 분석, 생산 품질의 최적화, 에너지 절약 및 장비 서비스의 개선이 시행되었다. 실시간 의사 결정을 지원하기 위해 데이터의 공급 및 포괄적인 평가는 I4의 맥락으로부터 표준이 될 것이다. Forrester의 정의에 따르면, 빅 데이터는 데이터의 양, 데이터의 다양성, 새로운 정보의 생성 속도 및 가치라는 네 가지 요소를 다룬다. 이전에 기록된 데이터를 분석함으로써, 산업 초반의 서로 다른 생산 공정에서 발생한 위협을 찾아 낼 수 있으며, 이러한 분석을 통해 발생할 수 있는 문제를 예측하고, 산업에서 반복해서 발생하지 않도록 적합한 해결책을 제공할 수 있다.

(2) 자율 로봇

로봇은 점점 더 자율적이고 유연하며, 협조적으로 전환되고 있다. 자율 로봇은 정밀한 자율 생산 방법을 수행하며 작업자가 제한된 공간에서도 시간 내에 안전하게 작업을 수행 하도록 돕는다. 고성능 센서와 제어 유닛은 인간과의 밀접한 협업을 가능하게 한다.

〈표 1〉 다양한 산업에서 자율 로봇의 응용

순서	모델명	제조사	주요 특징
1	Kuka LBR iiwa	Kuka	정밀 작업 수행을 위한 경량형 로봇
2	Baxter	Rethink Robotics	포장 단계에서 인간과의 상호 협업이 가능한 로봇
3	BioRob Arm	Bionic robotics	작업자와 초근접 거리에서 사용이 가능한 로봇
4	Roberta	Gomtec	유연하고 효율적인 자동화를 위해 사용되는 6축 산업용 로봇

(3) 시뮬레이션

제품, 재료 및 생산 공정관련 시뮬레이션은 이미 사용되고 있지만, 향후에는 공장 운영에 있어서 이러한 광범위한 응용기술이 실시간 데이터를 활용해 물리적 세계를 가상 모델로 반영하도록 렌더링될 것이다. 시설 운영자는 필요한 물리적 전환 수행 이전에 다음 제품을 위한 기계 설정의 검토 및 최적화를 가상 세계에서 할 수 있다. 결과적으로 가동 중지 시간이 단축되고 초기 단계에서 생산 실패를 감소시킬 수 있다.

(4) 수평 및 수직 시스템 통합

통합 및 자율 최적화(self optimization)는 많은 산업 군에서 가치를 두는 두 개의 주요 관심사이다.

수평 통합은 공급업체로부터 내부 프로세스로, 유통업체 및 소비자로 재료, 에너지 및 정보의 흐름이 발생하는 모든 가치 및 공급사슬에 대한 디지털화와 관련이 있다.

반면, 수직 통합은 현장 수준(센서 및 액추에이터를 통한 생산 프로세스와의 상호작용), 제어 수준(기계 및 시스템에 대한 규제), 생산 라인 또는 실제 생산 공정 수준(모니터링 및 제어), 운영 수준(생산계획 및 품질관리) 및 기업계획 수준(주문관리 및 처리)과 같이 다양한 계층적 생산 및 제조 수준에서의 IT 시스템의 통합과 관련된 모든 것을 의미하며, 이들은 하나의 포괄적인 솔루션으로 통합된다.

이러한 수직 통합과 관련된 대표적인 솔루션과 기술은 관리수준을 위한 PLC(제조 공정 제어), SCADA(다양한 생산 공정 수준에서 감독 작업 가능), MES(제조 실행 시스템)와 기업 수준을 위한 ERP가 있다.

(5) 산업 사물 인터넷

사물 인터넷(IoT)은 임베디드 컴퓨팅이 풍부하고 표준 기술을 통해 상호 연결되어 특정 목적을 위해 데이터를 감지, 수집 및 전송 할 수 있는 일정한 형식의 주소를 부여받은 객체들의 세계적인 네트워크를 의미한다. 이를 통해 필드 장치들은 서로 통신하고 상호 작용할 뿐만 아니라, 필요에 따라 중앙 집중식 컨트롤러와 통신할 수 있으며, 목적에 따라 이동, 위치, 가스의 유무, 온도를 비롯한 많은 데이터를 수집할 수 있다. IoE로도 알려져 있는 사물 인터넷(IoT)은 임베디드 시스템, IoS(Internet of Service), IoMs(Internet of Manufacturing service), IoP(Internet of People)와 정보통신기술이 병합된 ICT(Integration of Information and Communication)로 구성되어 있다.

(6) 사이버 보안 및 가상 물리시스템

Industry 4.0은 연결성이 증대되고 표준 통신 프로토콜을 사용하기 때문에, 사이버보안 위협으로부터 중요한 산업 시스템과 제조라인을 보호하는 것이 중요하다. 따라서 안전하고, 보안성이 좋으며, 신뢰할 수 있는 통신 방법뿐만 아니라 기계 및 사용자의 정교한 신원 및 접근 관리가 중요하다.

가상 물리시스템(CPS)은 지능형 물리적 구성요소, 객체 및 시스템을 임베디드 컴퓨팅 및 저장기능과 밀접하게 통합하여 네트워크를 통해 연결되며, 사물 인터넷에서 Industry 4.0의 스마트공장 개념을 시행할 책임이 있다.

CPS는 생산 공정에서의 분권화 및 자율적 행동을 특징으로 한다. 클라우드 시스템을 통해 CPS를 지능적으로 연결함으로써 데이터를 실시간으로 교환할 수 있으며, 고장 진단, 수리 조치 이외에 적정 센서를 사용함으로써 작업 주기시간의 도움으로 개별 워크스테이션의 최적 활용이 결정 될 수 있다. 물리적 서비스 및 디지털 세계가 잘 구축되어 있으면 제조 시스템의 계획, 최적화 및 운영에 필요한 정보의 품질이 향상될 수 있다.

(7) 클라우드

Industry 4.0과 보조를 맞추기 위해 조직은 현장 및 회사 간 데이터 공유를 확대하여 생산을 수행할 필요가 있다. 디지털 생산(Digital production)은 서로 정보를 공유하기 위해 동일한 클라우드에 서로 다른 장치들을 다양하게 연결시키는 현상으로 개별 장치에서 공장 전체에 이르는 기계까지 확장 될 수 있다.

동시에 1/1000초 또는 그 보다 빠른 반응시간을 획득하기 위해서 클라우드 기술의 성능은 향상될 것이다. 결론적으로 기계 데이터 및 기능이 점차 클라우드에 더 많이 설치되어 생산 시스템을 위한 더 많은 데이터 기반 서비스가 가능해질 수 있다.

(8) 적층 제조

Industry 4.0 회사에게는 가령, 복잡하고 가벼운 디자인의 건축상의 장점을 제안하는 고객 맞춤형 제품을 소량 생산하기 위해 적층 제조법을 광범위하게 사용할 수 있다. FDM(Fused Deposition Method), SLM(Selective Laser Melting), SLS(Selective Laser Sintering)는 생산을 신속하고 저렴하게 할 수 있는 적층 제조기술 중 일부이다.

분산형 고성능 적층 제조 시스템은 제품의 이송 거리를 단축시키고 재고를 감소시킬 수 있다. 빠르게 변화하는 고객의 요구에 대응하기 위해 많은 경쟁자들은 제품의 개별화를 증대시키고 제품의 출시 기간을 단축시켜야 한다는 위협에 직면해 있으며, 도전은 디지털화의 증가, IT 확산 및 제품 네트워킹, 제조 자원과 공정의 최적화를 포함한다.

제품 수명주기의 단축과 맞춤형 제품에 대한 요구 증가는 조직 구조로의 추가적인 전환을 추구하여 복잡성을 증가시킨다.

(9) 증강 현실

증강현실(AR)은 전자장치를 사용하여 가상 요소와 통합된 실제 물리 환경을 직간접적으로 볼 수 있도록 하는 일련의 기술을 포함한다.

산업체는 운영자에게 의사 결정 및 작업 절차를 개선하기 위한 실시간 정보를 제공하기 위하여 증강 현실을 채택할 수 있다.



〈그림 3〉 화학약품 주입 공정에서의 증강 현실 응용

작업자는 수리가 필요한 실제 시스템을 보면서 증강 현실 안경을 통해 특정 부품을 교체하는 방법에 대한 수리 지침을 받을 수 있다. 이 가상 세계에서 운영자는 기계와 상호 작용하는 법을 배울 수 있다. 또한 파라미터를 변경하고 운영 데이터 및 유지 보수 지시 사항을 검색 할 수 있다.

 서비스	 제조	 세일즈 및 마케팅
 설계	 운영	 훈련
매뉴얼 및 지시사항	품질 보증	제품 디스플레이 및 데모
서비스 검사 및 검증	유지관리 작업지침	물류 및 소매점 최적화
서비스 향상 및 셀프서비스	조립 작업지침	증강현실 기반 브랜드 체험 및 광고
협업 엔지니어링	디지털 제품 제어	직무별 훈련
디지털 프로토타입 검사	작업자 증강 매뉴얼	안전 및 보안 훈련
증강 인터페이스 및 오류진단	헤드-업 디스플레이	전문가 고칭

〈그림 4〉 수직적 통합이 진행된 제조 관리 소프트웨어 메뉴 구성 예시

5. 결론

경쟁 우위를 관리하기 위한 의류 제조의 최종 목표는 생산성 증가를 위해 최적의 자원을 사용하여 모든 제조 단계에서 사람의 간섭을 최소화 시키는 것이다.



〈그림 5〉 태블릿 PC를 활용한 직기의 제어

최근 파키스탄의 섬유 및 물류회사에서 종사하는 224명의 직원을 대상으로 생산 및 서비스 분야에서의 Industry 4.0의 역할에 대해 설문조사를 실시한 결과, Industry 4.0은 파키스탄의 섬유 및 물류 산업의 다양한 과제를 극복하는데 대단히 중요한 것으로 나타났다. 특히 Industry 4.0의 다섯 가지 요소인 빅데이터, 스마트 공장, 가상 물리시스템(CPS), 사물인터넷(IoT) 및 상호 운영성이 성능 향상을 위해 중요하다. 이러한 기본사항을 토대로, 최신 기술을 도입하면 주요 산업에서 다양한 작업을 향상 시킬 수 있다.

Industry 4.0의 도입은 여러 기계에 걸쳐 있는 데이터를 조합하고 분석함으로써 최소한의 비용으로 고품질의 제품을 생산할 수 있는 신속하고 유연하며 효율적인 프로세스를 가능하게 해준다. 이러한 제조 혁명은 의심할 여지없이 생산성을 높이고, 경제를 변화시키며, 산업 성장을 촉진시키고 노동력의 프로필을 재구성하여 결국, 회사와 지역의 경쟁력을 변화시킬 것이다.

♣ Textile Focus, 2019/6