

4차 산업혁명과 안전보건

스마트
공장에서
안전보건
확보





서론

4차 산업혁명의 힘은 현실화되고 있다. 스마트 공장은 플랫폼을 통해 산업 전 분야에 IT 기술을 접목하고, 산업구조를 혁신하여 산업 경쟁력을 끌어올리고 있다. 제조 과정을 자동화하면 보다 빠르고 유연한 생산 프로세스, 더 높은 재료 효율성(greater efficiency of material)이 가능해지고, 복잡성 및 다운 타임(complexity and downtime)을 줄일 수 있다.

이러한 스마트 공장은 실물 세계와 가상 세계를 연결하는 통합 스토리지, 통신 모듈, 전파 센서 외에도 지능형 소프트웨어 시스템을 하나로 아우르는 디지털 플랫폼과 사물 인터넷 기술의 개발과 확산을 통해 확대되고 있다. 제조업 가치사슬 전반에 걸쳐 ICT 기술을 접목하여 새로운 개념의 제조업 및 서비스업 개념을 도입함으로써, 사물인터넷(IoT), 사이버물리시스템(CPS: Cyber Physical System), 센서기술 등을 기반으로 사물의 지능화를 꾀하며, 이를 통해 생산성을 높이하고자 한다.

사이버물리시스템(CPS)을 통해 스마트 공장과 사물인터넷(IoT) 세상을 연결하고, 제품의 생애주기(PLC) 관리를 수행한다. 실시간 제품 정보가 출하에서 폐기 단계까지 공유되고 저장된 모든 정보가 생산 과정에 환류되어 자원 효



김수근

의학박사
직업환경의학 전문의

율의 극대화에 기여한다.¹⁾

스마트 공장은 공장 내의 생산 과정뿐 아니라 제품 개발부터 소비와 폐기에 이르는 과정도 포함하고, 소비자와의 소통을 통해 소품종 다량 생산에서 맞춤형 다품종 소량 생산으로 전환하며, 이를 통해 새로운 서비스업을 등장시키고 있다.

새로운 시대의 산업은 변화무쌍한 고객의 요구사항에 즉각적으로 대처하는 등 사업장을 적응력이 뛰어난 공간으로 변모시키고 있다. 즉, 스마트 공장은 현재의 작업환경을 새로운 작업환경으로 바꾸고 있는 것이다. 생성되고 저장되는 정보를 기반으로 개별 생산 라인의 작업을 간단하고 효과적으로 변형하는 것이 용이해지는 것이다.

‘스마트 공장에서 어떻게 하면 노동자의 안전과 건강에 대한 보장을 최적화할 수 있는가?’에 대한 논의가 필요하다.

스마트 제조(Smart Manufacturing)의 필수 기능

스마트 제조를 통해 4차 산업혁명의 실현이 앞당겨질 것이다. 이미 많은, 기계·건설업체와 제조업체는 스마트 제조 시스템 구현에 적극적으로 임하고 있다. 보쉬(Bosch)는 자신의 공장에서 시범사업을 한 경험을 바탕으로 스마트 공장의 업그레이드를 위한 7가지 필수적 특징을 다음과 같이 제시하고 있다.²⁾

1. 핵심 플레이어로서의 사람(PEOPLE AS KEY PLAYERS)

스마트 공장에서 생성되고 저장되는 정보를 기반으로 개별 생산 라인은 작업을 간단하고 효과적으로 변형하는 데 도움을 받을 수 있다. 스마트 공장의 자동화된 생산공정에서 작업자들은 각자가 핵심 플레이어(Key player)로서, 역할이 서로 중복되지 않는다. IT의 통합과 함께 인간과 기계 간의 연결성은 스마트 공장의 성공을 위한 기본 요소이다.

디지털 도우미 기능(Digital assistant functions)과 지능형 작업 공간 설계(intelligent workplace design)를 통해 생산 관련 정보와 개선된 인체공학으로 작업자를 지원하여 작업환경의 개인화 수준을 높인다. 스마트 공장에 적용되는 수많은 하드웨어와 소프트웨어 솔루션으로 작업자를 자동으로 식별하고, 작업자들에게 개별적으로 맞춤형된 작업환경을 만들 수 있다. 스마트 공장에서는 작업자에게 작업지침(workers instructions)을 보여주고, 스마트 조립 도

스마트 공장은
소비자와의 소통을
통해 소품종 다량
생산에서 맞춤형
다품종 소량
생산으로 전환하며,
이를 통해 새로운
서비스업을
등장시키고 있다.

구와 장치(smart assembly tools and devices)를 제공한다.

결과적으로 스마트 공장은 개별 작업자들을 대상으로 '맞춤형 작업환경을 구축하는 방향'으로 발전할 것이다.

2. 분산형 인텔리전스(DISTRIBUTED INTELLIGENCE)

분산형 인텔리전스는 분산 논리(distributed logic)라고도 한다. 대형 시스템의 처리를 복수의 서브 시스템으로 분리하거나, 주 시스템에서 특정 처리 기능을 추출하여 별도의 기계에 배치하는 것을 말한다. 중앙 집중식 메인 프레임(centralized mainframes)에서 중앙 프로세서(central processor)의 부담을 완화하기 위해 화면 처리, 데이터 입력 유효성 검사 및 기타 사전 처리 단계를 메인 프레임에서 '지능형 터미널(intelligent terminals)'로 분산하는 것이다.³⁾

통합 소프트웨어를 갖춘 분산·지능형 자동화 부품은 상위 시스템의 사양에 따라 독립적으로 업무를 수행하고 자율적인 결정을 내린다. 이러한 예로 지능형 전자 드라이브와 유압 드라이브를 위한 동작 제어 기능 등과 같이 분산형 인텔리전스를 갖춘 제품이 있다.

분산형 인텔리전스는 변화하는 시장과 제조 상황에 스스로 적응하는 모듈식 기계와 유연한 설비의 기본 요건이다.

3. 빠른 통합 및 유연한 구성(FAST INTEGRATION AND FLEXIBLE CONFIGURATION)

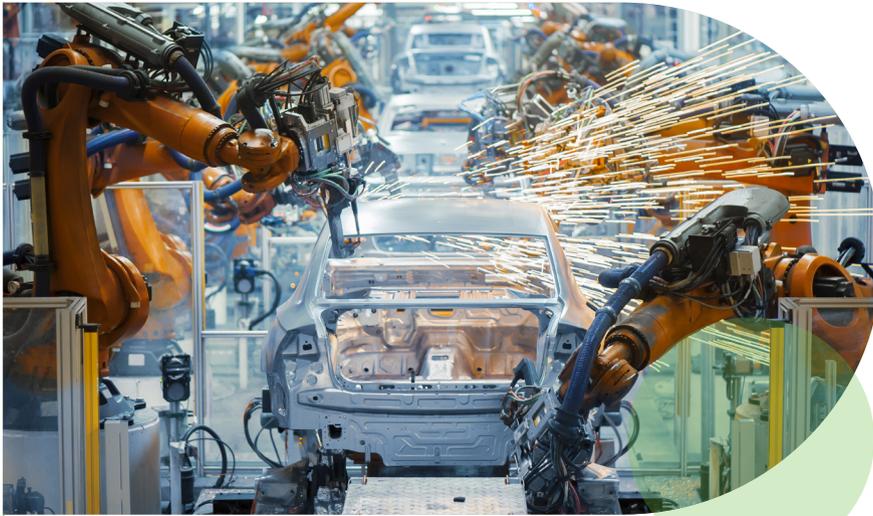
플러그 앤 프로듀스(Plug and Produce) 기능을 사용하면 사람, 기계, 프로세스 및 상품의 흐름이 임시적으로 네트워크화된다. 다양한 종류의 제품을 생산할 때, 가장 문제점으로 드러날 수 있는 것이 제품 종류가 바뀔 때 발생하는 제조 공정의 수정이며, 상당한 시간이 이 '체인지 오버' 과정에 소요된다.

이를 해소하기 위해 IT와 융합한 기계와 수만 개의 센서를 통해 얻어진 수천만 개 이상의 빅데이터를 실시간으로 분석하고, 의미 및 활용 방안을 도출한 후, 내장된 프로그램이 스스로 의사 결정을 하게 된다. 다시 말하면, 모든 부품과 제품에 바코드, RFID 등을 부착해 그 상태를 실시간으로 파악하고, 지능형 기계들이 M2M(Machine to Machine) 방식으로 상호 작용하는 일종의 '소셜 머신'을 형성하는 것이다. 즉 기계, 로봇, 툴이 생신품에 대해 상황에 따라 가변적으로 조정되는 플러그 앤 프로듀스(Plug & Produce) 프로세스가 구축된다.

소프트웨어 도구(Software tools)를 통해 커미셔닝(commissioning)¹⁾, 통합

스마트 공장은
개별 작업자들을
중심으로 하는
'맞춤형 작업환경을
구축하는 방향'으로
발전할 것이다.

1) 기계의 조립 및 배선이 바르게 되어 있으며 이상 없이 작동하는지를 확인하는 것



및 재구성이 가능해지고 모든 부품, 모듈 및 기계의 예방적 유지보수가 단순해지는 것이다.

효율적인 소프트웨어 엔지니어링 및 신속한 네트워킹을 위해 모든 소프트웨어 툴, 기능 툴킷(function toolkits) 및 개방형 표준(open standards) 등이 제시되어 있다. 소프트웨어 마법사 및 도구(software wizards and tools)는 엔지니어, 운영자 및 유지보수 기술자의 업무를 지원하고 복잡성을 줄인다. 사용자가 선호하는 개발 환경 및 IT 프로그래밍 언어를 활용하여 자동화 개발의 효율성과 다기능성(efficiency and versatility)을 극대화할 수 있도록 한다.

4. 개방형 표준(OPEN STANDARDS)

전체 제조업체로 확장되며 플랫폼에 독립적인 개방형 표준은 수평적, 수직적 통합과 가치 창출 네트워크(value-creation networks)의 원활한 정보 교환을 위한 기초를 형성한다.

SERCOS(Serial Real-time Communications System), IEC 61131-3, PLCopen 또는 OPC UA와 같은 개방형 표준이 있다.

SERCOS는 모션 제어(IEC 61491)를 위해 국제적으로 승인된 통신 표준이다. 이 통신 네트워크는, 노이즈 내성 광섬유 케이블을 사용하는 표준화된 폐쇄형 루프 데이터(closed-loop data)의 고속 직렬 통신을 위해 설계되었다. SERCOS 인터페이스는 수치 제어 시스템을 위한 모션 제어기와 드라이브,

전체 제조업체로 확장되며 플랫폼에 독립적인 개방형 표준은 수평적, 수직적 통합과 가치 창출 네트워크의 원활한 정보 교환을 위한 기초를 형성한다.



입·출력장치, 액추에이터, 센서를 상호 연결하는 개방형 디지털 모션 제어용 버스이며 1995년 IEC(국제전기기술위원회)에 의해 개방형 국제 표준 디지털 인터페이스(IEC 61491)로 승인됐다.

IEC 61131-3은 PLC, 임베디드 컨트롤 및 산업용 PC의 프로그래밍 언어를 정의하는 표준이다. IEC 61131-3은 광범위하게 인정받는 프로그래밍 표준이며, 많은 산업용 소프트웨어와 하드웨어 회사들은 이 표준에 근거한 제품을 제공하며, 많은 다른 기계와 다른 응용 분야에서도 사용된다.

PLCopen은 사용자의 요구에 따라 산업 자동화의 효율성을 제공하는 독립적인 조직이다. PLCopen은 세계적인 프로그래밍 표준인 IEC 61131-3이 발표된 직후인 1992년에 설립되었다.

OPC UA는 Open Platform Communications Unified Architecture의 준말로 산업용 표준 프로토콜을 뜻한다. OPC Foundation에서 개발한 표준으로 OPC(산업 자동화 공간 및 기타 산업에서 안전하고 신뢰성 있는 데이터 교환을 위한 상호 운용성 표준)에서 더 발전한 개념이다. OPC UA는 미래 지향적이고 확장성이 뛰어나며, 풍부한 기술 개방형 플랫폼 아키텍처라는 장점이 있다. 현재 스마트 공장의 망 간, 망 내 솔루션 등의 보안 구축에 적극 활용하고 있다. 산업용 현장에서 기계나 장비, 통신 신호 간 호환성을 해결해 안정적인 연결을 도와줄 OPC UA 기술의 활약이 앞으로 더욱 기대된다.

5. 가상 실시간 표현(VIRTUAL REAL-TIME REPRESENTATION)

모든 구성 요소와 개체가 전체 가치 창출 프로세스(entire value creation process)에서 가상 표현으로 실시간으로 제시되는 것을 의미한다. 여기에서 가상 요소(virtual elements)는 물리적 요소(physical counterparts)와 밀접하게 연결되어 실시간으로 지속적인 프로세스 개선을 위한 컨텍스트 정보(in-context information)를 제공한다. 컨텍스트는 엔티티(entity)의 상황을 특성화하는 데 사용되는 모든 정보이다. 엔티티란 사용자와 응용 프로그램 자체를 포함하여 사용자와 응용 프로그램 간의 상호 작용과 관련이 있는 사람, 장소 또는 개체이다. 스마트 공간에서는 상황에 맞는 정보를 사용하여 사용자에게 개인화된 서비스를 제공할 수 있다.

자동화 부품 및 시스템은 자체 소프트웨어 기능과 센서를 사용하여 모든 관련 데이터를 기록하고 이를 멀티-이더넷²⁾ 인터페이스(multi-Ethernet interfaces)를 통해 교환한다. Active Cockpit(대화형 통신 플랫폼)과 같은 솔루션은 관련 데이터를 평가하여 실시간으로 표시한다. 이를 통해 운영자와 관리자는 생산이 진행됨에 따라 신속한 프로세스 개선을 위한 확실한 기반 정보를 제공한다.

6. 디지털 라이프 사이클 관리(DIGITAL LIFE-CYCLE MANAGEMENT)

상호 연결된 디지털 기술의 잠재력을 최대한 활용하기 위해, 제조업체는 제품의 전체 라이프 사이클(초기 설계 및 프로토타입 제작부터 본격적인 생산, 그리고 서비스 등)을 고려해야 한다.

디지털 라이프 사이클 관리(DLM)는 제품 및 제조 공정에 대한 다원적 시물레이션과 상호 연결된 시스템의 개별 데이터를 통합하는 혁신적인 프레임 워크(transformative framework)를 제공한다. 이를 통해 작업 예측 및 규정화가 가능해져서, 생산 시스템에서 탄력적인 생산성 향상을 달성할 수 있다. 이를 위해서는 두 가지가 선결되어야 한다. 먼저 진행 중인 공정에 대한 모니터링이 가능해야 한다. 둘째, 분석 중심의 결함 식별(analytics-driven defect identification), 근본 원인 분석(root-cause analysis) 방법이 개발되고 이를 통해 공정 수정 및 에러 예방 조치가 가능해야 한다.

OPC UA는
미래 지향적이고
확장성이 뛰어나며,
풍부한 기술
개방형 플랫폼
아키텍처라는
장점이 있다.

2) 가장 대표적인 버스 구조 방식의 근거리통신망(LAN)

개발 생산에서 재활용에 이르기까지 모든 자동화 부품, 기계, 프로세스 및 제품 데이터의 종합적인 네트워킹을 통해 개발 시간이 단축되고 이에 따라 완전히 새로운 스마트 제조 라인 구축 및 플랫폼 업그레이드에 대한 개발 비용을 절감할 수 있다. 이는 모든 구성요소들의 어플리케이션 중심 설계를 가능하게 한다. 또한 모션 로직 시스템을 위한 모델 기반 시뮬레이션을 통해 디지털 라이프사이클 관리를 지원한다.

OEM³⁾ 방식을 통해 가상 시스템에서 병렬로 또는 기계 조립 전에 하드웨어와 소프트웨어 간의 상호작용을 검증하고 최적화할 수 있다. 이러한 방식은 생산 시간을 절약하고 새로운 디자인을 제품에 더 빨리 적용할 수 있다.

산업 4.0의 보안 및 안전(security and safety)은 기계 관련 위험으로부터 사람들을 보호하는 것 뿐만 아니라 생산 시설과 기업 IT를 주변 환경의 공격과 결합으로부터 보호하는 것을 포함한다. 여기에는 의도적인 오작동과 의도하지 않은 오작동을 방지하는 것 뿐만 아니라 민감한 데이터를 보호하는 것도 포함된다.

디지털 라이프 사이클 관리 접근 방식 및 솔루션의 장점은 새로운 신기술을 신속하게 전파하고 공정 중에도 품질을 개선할 수 있는 기회를 제공하는 것이다.

7. 안전한 가치 창출 네트워크(SECURE VALUE-CREATION NETWORKS)

스마트 공장은 보안을 위해 관련된 모든 표준을 활용하고 있으며, 최신 기술을 적용하고 있다. 지능형 구성 요소와 솔루션들은 위조 방지 디지털 식별인자(forgery-proof digital identity)를 포함하는 경우가 점점 증가하고 있는데, 이것은 안전한 가치 창출 네트워크를 구현하기 위한 중요한 전제 조건이다.

스마트 공장에서 안전보건의 확보

단일 제품을 제조하는 라인이나 셀로 구성된 생산 환경에서 작업하는 사람들의 안전보건은 일반적으로 모니터링하기 쉽다. 작업 설비에서 장비의 운전자

디지털 라이프 사이클 관리 접근 방식 및 솔루션의 장점은 새로운 신기술을 신속하게 배포하고 공정 중 품질을 개선할 수 있는 고유한 기회를 제공한다.

3) OEM(Original Equipment Manufacturer)은 다른 회사 제품의 구성 요소를 제조한다. OEM 구성 요소는 부품, 하위 시스템 또는 소프트웨어일 수 있다. 컴퓨터의 OS(운영 체제)와 마이크로프로세서 등을 예로 들 수 있다. 일반적으로 컴퓨터 제조업체는 마이크로프로세서와 OS를 만들지 않는다. 그 대신 다른 회사로부터 OEM 방식으로 이러한 구성 요소를 구매한다.



접점에 이르기까지 모든 작업 측면에 대한 위험성 평가는 해당 라인이 변경되거나 내부의 장비가 변경될 때까지 유효하다. 올바른 작업절차를 따르는 한 즉각적인 위험을 최소화할 수 있다.

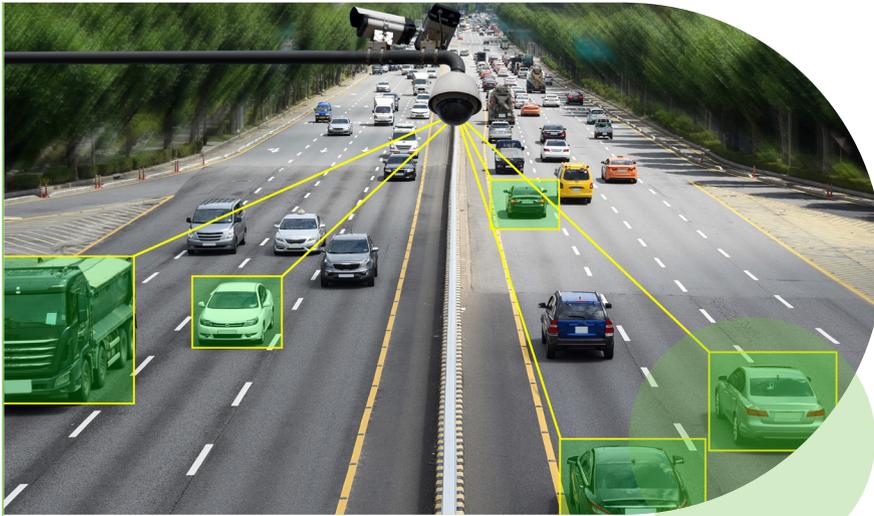
그러나 스마트 공장은 매우 다르며 더 복잡한 안전보건 상의 도전 과제(challenges)를 제시한다. 다품종 소량 생산이 가능한 스마트 공장에서는, 단기간에 툴링의 빠른 변경(rapid changes of tooling)과 장비의 물리적 이동을 수반하는 생산 구역 재구성(reconfiguration of production areas)으로 인하여 다양한 안전보건 문제가 발생할 수 있다. 맞춤형 생산에 따른 생산구역의 빈번한 변경으로 각각에 대해 별도의 위험성 평가(separate risk assessment)를 해야 한다.

다행히도 이러한 문제에 대처하기 위해 이용할 수 있는 다양한 해결방안이 있다. 스마트 공장에서는 실시간으로 데이터를 수집한 다음 잠재적 위험(potential hazard)이 실제 발생하기 전에 대응할 수 있는 능력을 갖출 수 있기 때문에, 안전보건을 더욱 향상시킬 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 예를 들어, 위험을 초래할 수 있는 운전자 행동(operator behaviour)을 감지하고 보고할 수 있도록 장비에 다양한 장치를 장착하는 것이다.

이러한 장치는 여러 가지 형태를 취할 수 있다. 가장 일반적인 것 중에는 디지털 이미지나 영상을 수집하여 이를 중앙제어실로 전달하는 지능형 카메라(intelligent cameras)가 있다. 지능형 카메라는 단순히 영상정보를 획득하고 획득한 영상정보를 저장하는 기존의 카메라 기능에서 벗어나, 미리 정해진

스마트 공장에서는 실시간으로 데이터를 수집한 다음 잠재적 위험이 실제 발생하기 전에 대응할 수 있는 능력을 갖출 수 있기 때문에 안전보건을 더욱 향상시킬 수 있는 기회를 제공할 수 있다.





여러가지 필요한 작업을 수행하는 비전시스템으로 정의할 수 있다. 특히, 최근 들어 마이크로프로세서의 기능이 확대되면서 카메라 내부에서 지능형 영상처리나 패턴인식 알고리즘을 수행할 수 있게 되었으며, 이러한 기술을 이용해서 스마트 카메라는 움직임 감지, 오브젝트 측정, 차량의 번호판 인식뿐만 아니라 인간의 행동까지도 인식할 수 있게 되었다.

이러한 기능을 활용하여 제한 구역 진입과 같은 비정상적인 동작을 자동으로 감지하고 경고신호를 보낼 수 있다. 또한 기계에 안전 감지 장치를 장착하여 작업자가 안전하지 않은 지역으로 이동했거나 특정 공장의 지점에 너무 가까이 위치했는지 즉시 감지할 수 있다. 이러한 경우 기본 대응은, 일반적으로 기계의 전원을 끄거나 협업 로봇(collaborative robot)의 경우 안전한 속도로 느리게 하여 위험에서 멀어지도록 하는 것이다.

센서(Sensor) 기술, 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI) 등으로 작업환경관리를 하는 것을 스마트작업환경이라고 할 수 있다. 예를 들어서 'Sensor 기술이 작업환경측정 대체 → 빅데이터 추출 → 노출 패턴 추출 및 모델링'을 제시하는 것이다. 스마트작업환경은 센서를 통한 모니터링으로 중앙관리가 가능하고 인간과 사물이 연결된 건강관리 체계를 구축할 수 있으며, 빅데이터 활용에 의한 디지털 관리가 가능한 작업환경을 구축할 수 있다.

앞으로도 스마트 공장의 안전보건 확보를 위하여 다음과 같은 분야에서 스

마트 재료, 스마트 개인보호장비(PPE) 및 기타 산업안전보건(OSH) 관련 ICT 솔루션(OSH- related ICT solutions)들이 지속적으로 연구 개발되어 현장에 적용될 것이다.

- 개인보호장비에 포함된 스마트 소재(Smart materials embedded into PPE)
- 개인보호장비 착용 시 적용 가능한 전자제품(Wearable electronics in PPE applications)
- 스마트 네트워크 시스템(Smart networked systems)
- 산업안전보건 위험도 평가 전용 ICT 애플리케이션(CT applications devoted to OSH risk assessment)

특히, 무선기기, 저비용 센서, 빅데이터, 그리고 클라우드 소싱의 통합이 작업장에서 위험성을 평가하는 방식에 큰 변화를 가져올 것이다.

다양한 산업 4.0의 호환 기술들은 그 자체에 안전보건 기능을 내장하고 있다. 산업 4.0 환경에서 보편화된 전용 안전 프로토콜(dedicated safety protocol)인데, openSAFETY, SERCOS 및 ProfiNet 등이다.

openSAFETY는 Modbus TCP, SERCOS III, EtherNet/IP, POWERLINK 등 모든 산업용 이더넷 솔루션에서 사용할 수 있는 통일된 안전 표준이다. 안전 관련 기술이 매우 비용 집약적이며 투자 위험이 크기 때문에, 자동화 업계는 오래 전부터 표준화된 안전 시스템 기술을 필요로 해왔다.

이 요구에 부응하여 EPSG(Ethernet POWERLINK Standardization Group)는 openSAFETY를 통해 최초로 자동화의 모든 영역에 걸친 완전 개방형 안전 관련 데이터 커뮤니케이션 프로토콜을 구성했다.⁴⁾ 독립적이고, 안전하며, 사용이 편리한 openSAFETY는 독립적인 버스 구조를 가지고 있기 때문에, 모든 필드버스 시스템이나 산업용 이더넷 시스템에 사용할 수 있다.

openSAFETY의 결정적 장점은 안전 관련 제동 거리의 감소다. 제동 거리의 감소는 안전 한계(Safety Margin)의 범위를 이상적으로 설정할 수 있게 하며, 기계 작동 주기를 증가시킬 수 있게 한다.

SERCOS 인터페이스는 세계에서 처음으로 IEC에 의해 정해진 개방형 인터페이스의 표준이다. 독일에 본부를 둔 SERCOS협회는 1990년 설립됐고, 보쉬, 로크웰 오토메이션, Beckhoff, 야스카와, 대나허모션, 웨스토, ABB, 파카 등 전 세계 모션 전문기업들을 대표하는 100여 개의 기업들이 회원으로 있다. 산업용 자동화 시스템에서 제어 컴포넌트, 액추에이터, 센서의 증가는 제어 네트워크

스마트 공장의 안전보건 확보를 위하여 다음과 같은 분야에서 스마트 재료, 스마트 개인보호장비(PPE) 및 기타 산업안전 보건 관련 ICT 솔루션들이 지속적으로 연구 개발되어 현장에 적용될 것이다.





크를 더욱 복잡하게 만든다. 때문에 산업용 통신의 미래는 이러한 자동화 컴포넌트를 이더넷 네트워크에서 합리적인 비용으로 통합시키고, 산업용 자동화의 요구에 맞춰 운영하는 것이다.

SERCOS III는, 2세대인 SERCOS II의 입증된 메커니즘과 고속이면서 저비용인 산업용 이더넷을 결합하여 개방형 모션 제어 통신 인터페이스로 발전하였다. SERCOS III는 SERCOS의 입증된 리얼 타임 특성과 산업용 이더넷의 장점을 통합한 SERCOS의 3세대 인터페이스다.⁵⁾ SERCOS I/II와 SERCOS III는 OSI(Open Systems Interconnection Reference Model)의 Physical Layer는 서로 다르지만 공통의 표준화된 파라미터 세트를 공유한다. SERCOS 솔루션은 표준 이더넷 TCP/IP를 모션 버스 제어 하에 놓아 SERCOS의 리얼타임 모션 제어를 유지하며, 저비용의 이더넷 하드웨어를 사용하도록 한 것이다.

EtherNet/IP™은 2001년 처음 소개되어, 오늘날에는 공장 자동화에 주로 이용되고 있는 산업용 이더넷 네트워크 솔루션이다. EtherNet/IP는 그 상위 계층에 있는 Common Industrial Protocol(CIP™)을 실행하는 네트워크의 한 조직이다. CIP는 제어(control), 안전(safety), 동기화(synchronization), 모션(motion), 환경설정(configuration), 정보를 포함한 다양한 공장 자동화 어플리케이션을 위해 종합적인 메시지와 서비스를 포함한다.

산업용 통신의
미래는 자동화
컴포넌트를 이더넷
네트워크에서
합리적인 비용으로
통합시키고, 산업용
자동화의 요구에
맞춰 운영하는
것이다.



PROFINET은 자동화 기술에서 산업용 이더넷을 위한 혁신적인 공개 표준이다. PROFINET 표준은 PI(PROFIBUS & PROFINET International)에 의해 지정되고 발표되었다. PROFINET은 처리 자동화, 공장 자동화와 모션 제어를 위한 해법을 제공한다. PROFINET은 공개 이더넷 기반 네트워크에 PROFIBUS, Interbus, DeviceNet과 같은 기존의 필드버스 시스템의 통합을 가능하게 한다. PROFINET은 네트워크에서의 통신, 구성과 진단을 위한 프로토콜로 TCP, UDP, IP와 더불어 이더넷 표준을 사용한다. 안전 관련 애플리케이션들을 위해, PROFINET과 PROFIBUS DP 시스템을 위한 PROFIsafe 프로파일이 정의되어 있다.

스마트 공장에서 위험평가(Risk assessment)

스마트 공장에서 안전보건관리는 스마트 작업환경(SWE)에서의 위험성평가와 관리가 이루어지는 것을 지향한다고 할 수 있다. 스마트 작업환경(smart work environment, SWE)에서 산업안전보건(OSH) 위험 모니터링 시스템(OSH risk monitoring system)을 개발하려는 초기 시도는 프로젝트 FASyS 내에서 이루어졌다. 이 프로젝트의 결과는 소위 센싱 엔터프라이즈(sensing enterprise)에서 개인화된 위험 관리(personalised risk management)에 대한 이론적 근거를 이끌어냈으며,⁶⁾ 산업 환경에서 모바일 센서를 연결하는 무선 네트워크(wireless networks) 운영을 목표로 하는 ICT 기반 플랫폼의 참조 아키텍처(reference architecture) 제안을 이끌어내었다.⁷⁾

4차 산업혁명으로 칭해지는 신기술의 기본 골격을 정확히 짚어 산업안전보건 부문에 적용하는 것이 필요하다. 소음/광도/풍속 계측기, 진동/먼지 감지기, (유해물질) 표본추출 및 기상측정 장비 등 산업안전보건 관련 기기 및 솔루션을 개발하고 생산하여 현장에 적용하면서 진화하고 있다.

사물인터넷(IoT) 기반 무선 네트워크와 지능형 데이터 가공 시스템으로 작업장을 수시로 모니터링하는 지능형 센서를 통해 화재나 폭발, 질식, 낙상, 전복 등의 산업재해를 예측하고 예방할 수 있다. 노동자가 작업하기 전 센서가 먼저 작업 현장을 체크하기 때문에 산재사고를 그만큼 줄일 수 있다.

스마트 공장에서는 작업장에 투입되는 모든 노동자들이 스마트 헬멧과 각종 웨어러블 센서들을 착용하여 안전보건을 확보할 수 있다. 아울러, 작업자들의

4차 산업혁명으로
칭해지는 신기술의
기본 골격을 정확히
짚어 산업안전보건
부문에 적용하는
것이 필요하다.

몸상태와 작업장의 환경 관련 다양한 정보들이 인공지능에 해당하는 중앙 관계 플랫폼으로 실시간 전송될 수 있다. 이러한 시스템에는 수집되는 정보를 실시간으로 감시, 분석 후 대응 조치까지 취할 수 있는 산업안전보건 관리자들과 해당 솔루션을 개별 작업장에 최적화하는 데 필요한 전문 인력 등이 고용되어 있어야 한다.

노동자가 작업장에 투입되기 전에, 작업장 내 주요 시설 및 기계 등에 설치된 센서나 드론에 장착된 센서를 통해 화재나 폭발, 질식, 낙상, 전복 등의 산재 발생요인들을 수시로 모니터링하여 미리 예방 조치를 취할 수 있도록 설계할 수도 있다.

이러한 특징들은 유익하지만, 건전한 건강과 안전 실천(sound health & safety practice)이라는 기본 원칙은 여전히 지켜져야 한다는 것을 기억해야 한다. 발생할 가능성이 있는 모든 시나리오(선택할 수 있는 모든 기계 구성)에 대한 위험성 평가를 수행해야 하며, 요원들은 이러한 환경에서 효과적으로 작업하는 데 필요한 교육을 받아야 한다.

주변에서 항상 물리적 보호(physical guards)가 필요했던 어플리케이션은 동일한 수준의 보호가 계속 필요하다. 즉, 제조 환경(manufacturing environment)에서 가장 예측 불가능하고 취약한 측면은 항상 그 안에서 일하는 개별적인 사람들이었으며 제조에 채택된 과정(manufacturing processes adopted)과 관계없이 보호에 노력을 아끼지 말아야 한다.

개별 시스템 구성요소(individual system components)는 각각 '안전'하다고 간주될 수 있지만, 조합하여 사용할 경우 매우 다른 상황이 될 수가 있다. 이를 해결하기 위해 산업 4.0 환경을 적용하는 한 가지 예로, 시설 주변의 경로에서 장애물을 맞닥뜨리는 자율 장비 또는 로봇 장비에 대해 대체 경로를 프로그래밍하기 위해 추가 요건을 적용하는 경우를 들 수 있다. 이러한 경우 예상할 수 있는 고려사항은 전통적인 생산 환경을 넘어서는 것으로 보일 수 있다. 그것은 보건 및 안전 요원이 산업 4.0의 윤리기준 및 효능(ethos and capabilities)을 진정으로 이해하는 데 필요한 교육을 받아야 한다는 것을 의미한다.

개인화된 위험성 관리(personalised risk management)에 대한 아이디어와 관련하여, 개별 노동자 또는 작업에 대해 정량화된 위험성 평가 도구인 ORCA(Occupational Risk Calculator) 개발이 포함된 산업안전보건(OSH) 위협에 대한 개인화 평가 시도가 있었다.⁸⁻⁹⁾ ORCA는 WORM Metamorphosis

스마트 공장에서는 작업장에 투입되는 모든 노동자들이 스마트 헬멧과 각종 웨어러블 센서들을 착용하여 안전보건을 확보할 수 있다.





프로젝트의 일환으로 네덜란드에서 개발된 위험성 평가모델(occupational risk assessment model)을 기반으로 한다.¹⁰⁻¹¹⁾ 이 모델은 다양한 노동자의 업무, 활동 및 관련 위험을 고려한다. 그러나 이 방법은 노동자의 생리적 매개 변수 또는 환경적 요인(workers' physiological parameters or environmental factors)에 대한 모니터링은 다루지 않는다는 단점이 있다.

결론

고객들은 날이 갈수록 고객 중심적이고 저렴하면서도 양질인 상품을 요구하고 있으며, 이러한 요구를 충족하기 위해 제조업체들은 혁신적인 기술개발에 매진하고 있다. 또한 생산비용 절감에 대한 끊임없는 요구가 있지만 자원 부족, 생산 지연 등의 문제가 상품생산에 영향을 준다. 업체들은 변화에 빠르게 적응해야 하기 때문에 유연한 생산라인을 구축하고 있어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위한 스마트 공장은 산업혁명 4.0에서 개발된 기술과 능력이 작동하게 되는 현장이 되고 있다.

스마트 공장은 산업안전보건(OSH) 분야에서 스마트 개인보호장비(PPE) 솔루션 및 기타 ICT 기반 안전 애플리케이션 개발의 주요 방향을 보여준다. 제시



된 솔루션의 스마트 작업환경(SWE) 개념 적용에 대한 기여에도 불구하고, 그 활용은 일반적으로 여러 센서의 적용, 즉 비교적 간단한 규칙 기반 알고리즘의 한계 때문에 선택된 위험 요소 모니터링(monitored selected risk factors), 작업자 위치 감지(detecting location of workers) 및 고위험 구역에 접근하는 작업자에 대한 경고 생성(generating warnings for workers approaching high risk zones)으로 제한되고 있다.

스마트 공장은 노동 현장을 빠르게 변화시키고 있다. 스마트 공장이 제공하는 잠재력과 그것이 어떻게 근로 생활과 노동자의 안전과 건강에 영향을 미치고 있는지를 탐구해야 한다. 또한 스마트 공장과 관련된 산업안전보건(OSH)의 과제와 이러한 과제를 어떻게 해결하여 작업 조건 개선을 포함한 디지털 기술의 기회를 극대화할 수 있는지도 고려하여야 한다. 🍷

1. 인더스트리4.0. 위키백과.
https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%9D%B8%EB%8D%94%EC%8A%A4%ED%8A%B8%EB%A6%AC_4.0
2. Bosch Rexroth Company. Experience Industry 4.0 – Bosch Rexroth.
<https://www.boschrexroth.com/en/gb/trends-and-topics/industry-4-0/features-of-smart-manufacturing/features-of-smart-manufacturing>
3. Encyclopedia. PCMag Digital Group.
<https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/distributed-intelligence>
4. 세계 최초 통일 안전 표준 openSAFETY. 월간 FA저널, 2010.07.06.
<https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=93>
5. SERCOS III, 국제 표준 모션 네트워크 인터페이스. 월간 FA저널, 2010.05.01.
<https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=132>
6. Lazaro O, Moyano A, Uriarte M, et al. Integrated and personalised risk management in the sensing enterprise. In: Banaitiene N, editors, Risk management – current issues and challenges. Rijeka: InTech; 2012. p. 285 – 312.
7. Gisbert JR, Palau C, Uriarte M, et al. Integrated system for control and monitoring industrial wireless networks for labor risk prevention. J Netw Comput Appl. 2014;39:233 – 252.
8. Aneziris ON, Topali E, Papazoglou IA. Occupational risk of building construction. Reliab Eng Syst Saf. 2012;105:36 – 46.
9. Aneziris ON, Papazoglou IA, Psinias A. Occupational risk for wind farms. In: Steenbergen RDJM, van Gelder PHAJM, Miraglia S, et al., editors. Safety, reliability and risk analysis: beyond the horizon. Leiden: CRC Press/Balkema; 2014. p. 1489 – 1496.
10. Ale BJM, Baksteen H, Bellamy LJ, et al. Quantifying occupational risk: the development of an occupational risk model. Saf Sci. 2008;46:176 – 185.
11. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). The quantification of occupational risk. The development of a risk assessment model and software. Bilthoven: RIVM; 2008.