4차 산업혁명과 안전보건

스마트 공장의 새로운 안전보건 개념

김수근
의학박사
직업환경의학 전문의

서론

4차 산업혁명으로 인해 스마트 공장에 혁신적 첨단기술이 도입되고 있고, 이러한 기술발전은 근로자들의 작업내용과 작업조건 및 작업환경에도 많은 영향을 미치고 있다. 전자정보통신기술(ICT) 분야의 역동적인 발전으로 전자부품 및 장치의 소형화, 컴퓨팅 시스템의 이동성 달성(achieving the mobility) 및 논리적으로 일관된 앙상블(logically coherent ensemble)에 연결될 때 함께 작동할 수 있는 무선 네트워크를 개발(developing wireless networks)하였다.

동시에 최근의 센서 기술(sensor technologies)의 발전으로 실제 물체 및 환경의 다양한 물리적, 화학적 또는 공간적 특성을 쉽게 신뢰할 수 있으

며 비교적 저렴한 비용으로 감지하고 측정할 수 있게 되었다. 뿐만 아니라 스마트 공장에 적용되는 첨단기술은 안전보건관리 자체에도 적용된다. 이에 따라서 앰비언트 인텔리전스(Ambient Intelligence, AmI), 스마트 환경(Smart Environment, SE), 사이버 물리 시스템(CPS), 유비쿼터스 컴퓨팅, 퍼베이시브 컴퓨팅(Pervasive Computing) 및 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 등의 용어와 새로운 개념이 등장했다. 이러한 것들은 4차 산업혁명과 스마트공장과 같은 새로운 제조 개념(manufacturing concepts)은 물론 다양한 방식으로 산업안전보건(OSH) 분야에도 적용되기 시작했다.

앰비언트 인텔리전스(AmI) 및 사물인터넷(IoT) 개념 등은 산업안전보건(OSH) 분야에서 혁신적인 ICT 애플리케이션을 적용하려는 시도가 있었다. 특히, 이는 새로운 스마트 재료(SM) 및 웨어러블 전자 장치(Wearable Electronics)로 무장한 고급 개인보호장비(PPE)인 소위 스마트 PPE를 통해서 건강과 생명에 직접적인 위험이 발생할 수 있는 상황으로부터 근로자 보호를 모색하는 것과 관련이 있다.

이런 상황은 일반적으로 열악한 환경(harsh environments) 또는 복잡한 위험(complex hazards)이 존재하는 작업장에서 수행되는 활동이 포함된다. 무엇보다도, 새로운 센서 기술(new sensor technologies)은 소음, 독성 화학물질에 대한 노출, 전리방사선 및 고온 또는 저온과 같은 위험한 요인을 실시간으로 모니터링 하여 산업안전보건(OSH)을 개선 할 수 있는 수많은 가능성을 제공한다.[1–2] 이와 같이 스마트 작업환경관리(smart working environment)를 위해서 스마트 공장에서 생성되는 다양한 작업환경자료들을 관계자들이 활용할 수 있도록 분석하고 평가할 수 있게 되었다.

그러나 아직까지 국내에서는 스마트 작업환경관리에 적용할 수 있는 첨단기술의 개념과 적용 가능영역 등에 대한 소개가 부족한 것으로 보인다. 따라서 4차 산업혁명의 첨단기술이 스마트 공장에 적용되고 있음에도 불구하고 이에 대한 이해도가 낮고, 스마트 작업환경관리를 뒷받침할 수 있는 역량이 부족한 한계점이 있다.

이에 스마트 안전보건관리를 실현하기 위한 첨단기술과 개념을 파악하고 이해하는 것이 필요하다.

4차 산업혁명의 첨단기술이 스마트 공장에 적용되고 있음에도 불구하고 이에 대한 이해도가 낮고, 스마트 작업환경관리를 뒷받침할 수 있는 역량이 부족한 한계점이 있다.

스마트 공장의 기능과 개념

스마트 공장은 '감지(Sensor)–판단(Controller)–수행(Actuator)'의 기능을 갖추고 있다. 생산과 관련된 환경정보를 감지하고, 감지된 정보에 의한 의사결정 판단 그리고, 판단된 결과가 생산현장에 반영되어 수행되는 3단계 기능으로 구성되어 있다.

〈그림 1〉 스마트공장의 기능요건 3가지

* 출처: 유연 생산 체계를 구현하는 Smart Factory, Deloitte Anjin Review[3)]

1. 센서(Sensor)

센서란, 어떤 대상의 정보를 수집하여, 기계가 취급할 수 있는 신호로 치환하는 소자 및 장치를 뜻한다.

센서(Sensor)는 자연계에 존재하는 물리량(온도, 거리)을 전기신호(2.7V, 0.31V)로 변환하는 전자부품을 의미한다. 센서(Sensor)란, 어떤 대상의 정보를 수집하여, 기계가 취급할 수 있는 신호로 치환하는 소자 및 장치를 뜻한다. 사람은 시각, 청각, 미각, 후각, 촉각 등을 통해 얻은 정보를 바탕으로 행동하지만, 기계도 이와 같이 센서로부터 얻은 정보를 바탕으로 제어 및 처리를 실행한다. 센서가 수집하여, 치환하는 신호(물리량)는 온도, 빛, 색, 압력, 자기, 속도, 가속도 등과 같은 물리적 신호들의 크기를 검출(detect)할 수 있다.

센서의 종류는 그 센서가 어떤 값을 측정하느냐에 따라 구분되며, 센서 유형에는 다음과 같은 것이 있다.[4]

음향, 소리, 진동	수진기, 하이드로폰, 레이스 센서, 마이크로폰, 지진계, 청음기
자동차 센서	홀 센서, 산소 센서
화학	음주측정기, 이산화탄소 센서, 산소 센서, 가스 센서, 연기 감지기
전류, 자기	검류계, 홀 센서, 자기저항효과, 금속 탐지기, 방향 탐지기
환경, 날씨, 수분, 습도	습도계, 우량계, 지진계, 설량계
흐름, 유속	풍속계, 양수기
이온화 방사선, 원자 구성입자	안개 상자, 가이거 계수기, 가이거–뮐러 계수관
탐험 기구	고도계, 자이로스코프, 관성항법장치, 나침반, 자기 유체 역학, 링 레이저 자이로스코프, 코리올리 진동 자이로스코프
위치, 각도, 거리, 속도, 가속도	정전식 감응, 가속도계, 코리올리 진동 자이로스코프, 경사계, 레이저 레이다, 경사계, 타코미터, 초광대역 레이다
빛, 이미징	전하결합소자, 불꽃감지기, 적외선 센서, 광섬유 센서, 광다이오드, 광전 증폭관 튜브, 광다이오드, 광전 증폭관, 광전관
압력	기압계, 피에조미터
힘, 밀도, 수준	점도계
열, 온도	바이메탈, 불꽃감지기, 저항 온도계, 온도계, 서미스터, 열전대, 온도계
근접도	도플러 레이다
센서 기술	바이오칩, 바이오센서, 패브리–페로 간섭현상, 이미지 센서, 랩온어칩, 레이다, 합성개구레이다, 소나, 휘트스톤 브리지, 무선 센서 네트워크
속도 센서	속도계, 피토 튜브, 레이저 레이다, 도플러 레이다
기타	자기공명영상, 광결맞음단층영상, 거짓말 탐지기, 양전자 방출 단층촬영, 푸시 브룸 스캐너, 양자화(정보 이론), 초전도 양자 간섭 장치, 초전도 양자 간섭 장치

사람은 시각, 청각, 미각, 후각, 촉각 등을 통해 얻은 정보를 바탕으로 행동하지만, 기계도 이와 같이 센서로부터 얻은 정보를 바탕으로 제어 및 처리를 실행한다.

스마트 공장에서 모든 사물이 인터넷을 통해 정보를 공유함으로써, 보다 편리하고 안심할 수 있는 안전한 사업장을 실현할 수 있다. 이러한 스마트 공장을 실현하기 위해 없어서는 안 되는 것이, 바로 상태를 검출하기 위해 필요한 '센서'이다.

센서 통신에는 BLE, Wifi, LoRa, SIGFOX, NBIoT, Zigbee 등의 통신망을 사용한다.

2. 컨트롤러(Controller)

컨트롤러(Controller)는 센서 장비 등을 통해 얻어진 공장 내 · 외부의 감지 결과의 이상 유무를 분석해 정상화 상태로 관리하는 기능을 갖춘 것을 말한다. 각종 센서로부터 신호를 받아 제어기에 신호를 보냄으로써 사람이 지정해둔 대로 로봇이 작동하도록 해주는 장치, 제어로직 프로그램을 실행할 수 있도록 고안된 시스템으로서 제어를 위한 입출력 장치를 포함하며, 프로그램 가능 논리 제어 장치(Programmable Logic Controller, PLC)라고 한다.

이것은 기존 공업용 전원 장치의 제어판(control panel) 상의 타이머, 카운터, 산술연산 등의 제어 기능을 트랜지스터 등의 반도체 소자로 대체한 소형 컴퓨터의 일종이다. 공장 등의 기계 자동화를 위한 순차제어를 위해 기존에는 릴레이 회로(relay circuit)가 사용되었지만 현장에서 기계에 연결하여 동작을 확인하는 과정에서 수정 및 변경 사항이 많았기 때문에, 반도

컨트롤러는 센서 장비 등을 통해 얻어진 공장 내 · 외부의 감지 결과의 이상 유무를 분석해 정상화 상태로 관리하는 기능을 갖춘 것을 말한다.

체 기술을 기반으로 프로그램 가능 논리 제어 장치를 개발한 것이다. 이제까지 사용되어온 릴레이 제어판의 각종 릴레이, 타이머, 카운터 등의 기능을 마이크로프로세서를 이용해 통합시킨 것이다. 여러 개의 입출력을 가지고 있어, 스위치 센서, 온도계, 위치 정보 등을 입력으로 받아들이고 출력을 통해 모터, 공기 실린더, 유압 실린더, 진동판 등을 구동시킨다.

프로그램 가능 논리 제어 장치(PLC)는 기본적인 순차제어 기능에 연산 기능을 추가하였으며, 입력 값을 프로그램에 따라 순차적으로 처리하고 이에 따른 출력을 기반으로 제어 장치에 연결된 외부 기기들을 제어한다. 공장 등과 같은 산업현장에서 자동 기계제어뿐 아니라 산업용 로봇 제어, 하수 및 송배수 처리, 엘리베이터, 자동 도어, 보일러, 테마파크와 같은 여러 장소의 다양한 장치 및 기기에서 사용되고 있다.[5] PLC에 프로그램을 작성함으로써 시퀀스 제어(sequnce control)는 물론 산술 연산, 논리 연산, 함수 연산, 조절 연산 및 데이터 처리를 실행할 수 있다. PLC는 기존의 릴레이에 비해 제어 기능 신뢰성이 뛰어나고 제어 내용을 손쉽게 수정하고 변경할 수 있으며 릴레이에 비해 복잡한 제어 기능을 수행할 수 있는 등 많은 장점을 지니고 있다. PLC를 사용함으로써 얻게 되는 이점으로 프로그램 변경이 쉽고 시스템 확장이 간편해 작업 환경의 변화에 신속히 대응할 수 있다

PLC는 기존의 릴레이에 비해 제어 기능 신뢰성이 뛰어나고 제어 내용을 손쉽게 수정하고 변경할 수 있으며 릴레이에 비해 복잡한 제어 기능을 수행할 수 있는 등 많은 장점을 지니고 있다.

액추에이터는 제어 기기에서 출력된 신호를 바탕으로 대상에 물리적인 움직임을 주는 기기이다. 제어의 목적을 달성하도록 조작량을 변화시킬 수 있는 구조가 필요해진다.

는 점과, 유지 보수가 쉽고 신뢰성이 높아 고장을 줄여줌으로써 설비의 가동률이 향상되며 네트워크 기능과 고속의 데이터 처리 기능 및 충분한 용량의 데이터 기억 기능을 갖춰 향후 CIM 구축에 의한 전사 관리가 가능한 점 등을 들 수 있다.[6]

PLC는 스마트팩토리 내 각종 센서로부터 신호를 받아 제어기에 신호를 보냄으로써 운용자가 지정해둔 대로 작동하도록 해주는 기기이다.

3. 액추에이터(Actuator)

액추에이터(Actuator)는 제어 기기에서 출력된 신호를 바탕으로 대상에 물리적인 움직임을 주는 기기이다. 제어의 목적을 달성하도록 조작량을 변화시킬 수 있는 구조가 필요해진다. 이것이 액추에이터라고 불리는 것이다. 예를 들면, 양동이에 물을 채울 경우 액추에이터는 수도 밸브이다. 쿨러에 의한 실내 온도 제어의 예에서는 쿨러가 액추에이터이다.

자동차의 경우 속도 제어를 위한 액추에이터는 엔진과 브레이크이며, 진행 방향 제어를 위한 액추에이터는 핸들에서 앞바퀴 각도를 바꾸는 키잡이 장치이다. 자전거의 경우는 페달을 밟고 운전하는 사람의 다리와 브레이크를 쥔 손이 속도를 제어하는 액추에이터이다. 또 핸들을 돌리는 팔이 진행 방향을 제어하기 위한 액추에이터이다. 또한 허리를 중심으로 좌우로 흔드는 상체가 자세를 제어하는 액추에이터이다.[7]

액추에이터에는 제어의 목적대로 조작량을 변화시키기 위한 신호를 가해야 한다. 이것을 제어 신호라고 한다. 즉, 액추에이터는 제어 신호를 받아서 조작량을 가감하는 것이다. 예를 들면 밸브는 유량을 가감하기 위한 액추에이터이지만, 유량은 밸브의 핸들을 어느 정도 돌리는가에 따라 결정된다. 이 밸브의 각도를 얼마로 하느냐의 지령이 제어 신호이다.

액추에이터(작동기, 작동장치)는 시스템을 움직이거나 제어하는 데 쓰이는 기계 장치이다. 다시 말해 전기나 유압, 압축 공기 등을 이용하는 원동 구동장치를 두루 일컫는 용어이다. 전기나 공압, 유압 등과 같은 각종 신호 에너지를 이용하여 구체적인 동작(기계적 에너지)으로 변환하는 소자를 말한다. 일반적으로 전류, 작동유압, 기력압 형태로 된 에너지원으로 작동하

며 이 에너지를 어떠한 종류의 움직임으로 변환한다. 구동 에너지에 따라 액추에이터는 다음과 같이 분류한다.

- 전기기계 : 릴레이, 솔레노이드, 교류 모터, 직류 모터, 서보 모터, 스태핑 모터
- 공기압계 : 공압 모터, 공압실린더
- 유압계 : 유압 모터, 유압 펌프, 유압 실린더

스마트 공장의 환경 개념

스마트 공장의 작업환경을 이해하는 데 필요한 기본 개념들은 다음과 같다.

1. 앰비언트 인텔리전스(Ambient Intelligence, AmI)

앰비언트 인텔리전스(Ambient Intelligence, AmI)라는 용어는 1998년 Palo Alto Ventures의 필립스 회사 전문가 및 컨설턴트가 처음 사용했다.[8] Augusto[9]에 의해 제안된 합성 정의에 따르면, AmI는 '일상 생활에서 사람들을 적극적으로 민감하게 지원하는 디지털 환경'이다.

사람이 원하는 위치, 시간에 적절하고 정확한 정보를 제공하는 네트워크 기반 서비스를 앰비언트 서비스라고 하며, 이러한 서비스는 모두 앰비언트 인텔리전스(Ambient Intelligence)를 기반으로 하고 있다. 이 환경에서는 모든 사물의 상태 정보 등을 실시간으로 서로 공유하며, 모든 장소와 사물들이 센서를 내장하고 있어 사람과 유사하게 스스로 의사 결정 등의 지능적인 활동을 한다. 장소와 사물에 센서가 내장되고 고성능의 컴퓨터 네트워크로 연결되어, 사람들이 언제 어디서나 원하는 정보를 원하는 시간에 제공받게 되는 것이다. 이러한 환경은 식물 공장의 환경을 관리하는 시스템, 농작물 제어 시스템, 스마트 캠퍼스, 헬스케어 모니터링 시스템, 스마트 홈, 도로 기상 정보 시스템 등 매우 다양한 분야에 접목되어 발전하고 있다.[10]

AmI

일상 생활에서 사람들을 적극적으로 민감하게 지원하는 디지털 환경

앰비언트 인텔리전스의 기능은 기본 기능과 관련하여 5가지 영역인 감지(Sensing), 추론(Reasoning), 행동(Acting), 인간-컴퓨터 상호 작용

(Human－Computer Interaction), 보안 및 개인 정보 보호(Security and Privacy)로 할당 될 수 있는 상호 관련 기술을 사용할 수 있는 능력을 기반으로 한다.[11]

2. 스마트 환경(Smart Environment, SE)

스마트 환경(Smart Environment, SE)은 컴퓨터 및 기타 스마트 장치를 일상적인 설정 및 작업에 연결한다. 센서와 컴퓨터는 사람들의 일상생활에 통합되어 있으며 네트워크를 통해 연결되어 있다. 스마트 환경은 광범위한 컴퓨팅의 확장이다. 스마트 환경에는 스마트 홈, 스마트 도시 및 스마트 제조가 포함된다.

스마트 환경은 주로 구체적 공간(concrete spaces)과 그 공간에 위치한 물리적 객체를 지칭(physical objects)한다. 앰비언트 인텔리전스 시스템은 스마트 환경을 가능한 실시간 사용자(인간 참여자와 기술적 대상 모두를 의미함)의 특정한 요구와 경험에 적응시키기 위한 목표를 가지고 의도적인 행동(intentional actions)을 한다.

스마트 환경의 매개 변수는 기본 컴퓨터 응용 프로그램에 의해 모니터링되고 처리되며, 반응 방식(responsive manner)을 통해서 환경에 영향을 줄 수 있다.[12]

스마트 환경의 개념은 앰비언트 인텔리전스 기술을 최초로 실제 적용한 것이 스마트 리빙(smart living) 또는 스마트 홈(smart homes) 분야여

서 이와 관련된 문헌에서 자주 사용된다. 그러나 '스마트 작업 환경'(Smart Working Environment, SWE)이라는 용어는 사업장의 지리적 위치(geographical location of a workplace) 및 복잡한 주변 조건(complex of surrounding conditions)과 관련하여 근로자들이 작업 관련 직무(work-related tasks)를 수행하고 환경 매개 변수(environmental parameters)를 모니터링 하는 복잡한 조건과 관련하여 사용된다. 작업자와 물리적 객체(예 : 기계, 작업 도구, 안전장치, 개인보호구) 간의 상호 작용은 각 앰비언트 인텔리전스 기술에 의해 지원된다.

스마트 환경은 위험한 작업, 육체노동 및 반복 작업을 자동화된 에이전트로 대체하여 모든 환경의 개인 경험을 만족시키는 것을 목표로 한다.

스마트 환경을 구축하려면 다음과 같은 기술이 필요하다.

- 무선 통신(Wireless communication)
- 알고리즘 디자인, 신호 예측 및 분류, 정보 이론 (Algorithm design, signal prediction & classification, information theory)
- Multilayered 소프트웨어 아키텍처, Corba, 미들웨어 (Multilayered software architecture, Corba, middleware)
- 음성 인식(Speech recognition)
- 이미지 처리, 이미지 인식(Image processing, image recognition)
- 센서 디자인, 교정, 동작 감지, 온도, 압력 센서, 가속도계 (Sensors design, calibration, motion detection, temperature, pressure sensors, accelerometers)
- 시맨틱 웹 및 지식 그래프(Semantic Web and knowledge graphs)
- Adaptive 제어, 칼만 필터(Adaptive control, Kalman filters)
- 컴퓨터 네트워킹(Computer networking)
- 병렬 처리(Parallel processing)
- 운영 체제(Operating systems)

스마트 환경은 사물인터넷(IoT)을 이용하여 환경매개변수에 대한 정보

스마트 환경은 사용자에게 관련 정보를 제공함으로써 쾌적하고 편리한 환경에서 생활할 수 있도록 한다.

등을 수집하여 관리 시스템의 게이트웨이 및 클라우드 서버에서 정보를 분석하고, 사용자에게 관련 정보를 제공함으로써 쾌적하고 편리한 환경에서 생활할 수 있도록 한다.

스마트 환경은 센서 및 액추에이터(sensor and actuator)가 장착된 실내 또는 공간이다. 내장형 네트워크 컴퓨터 시스템(Embedded networked computer systems)은 실내의 물리적 상태와 활동(physical state and activties)을 감지한다. 스마트 환경에서 사용자 루틴(user routines)과 정보 프로세스(information processes)는 서로 원활하게 상호 작용할 수 있다.

3. 임베디드 시스템(Embedded Systems)

임베디드 시스템(Embedded System)은 어떤 제품이나 솔루션에 추가로 탑재되어 그 제품 안에서 특정한 작업을 수행하도록 하는 솔루션을 말한다. 예를 들어 주된 용도가 전화인 휴대폰에 텔레비전 기능이 들어가 있다면, 텔레비전 기능(시스템)이 바로 임베디드 시스템이다. 곧, 본 시스템에 끼워 넣은 시스템이라는 뜻이다.

첨단 기능이 들어 있는 컴퓨터, 가전제품, 공장자동화 시스템, 엘리베이터, 휴대폰 등 현대의 각종 전자 · 정보 · 통신 기기는 대부분 임베디드 시스템을 갖추고 있다. 대개의 경우 그 자체로 작동할 수도 있지만, 다른 제품과 결합해 부수적인 기능을 수행할 때에 한해 임베디드 시스템이라고 한다.

컴퓨터의 경우에는 전용 동작을 수행하거나 특정 임베디드 소프트웨어 응용 프로그램과 함께 사용되도록 디자인된 특정 컴퓨터 시스템 또는 컴퓨팅 장치를 일컫는다. 일반적으로 범용 컴퓨터 또는 장치를 상업적으로 대체해 사용할 수는 없기 때문에, 특정한 임베디드 라이선스 제품에서 허용되는 사무자동화 및 개인 컴퓨터 기능은 사용이 제한된다. 그러나 임베디드 리눅스와 같은 프로그램은 일반 퍼스널컴퓨터와도 연동이 가능하다.

컴퓨터 외에 휴대용 개인정보 단말기(PDA)에 들어 있는 음성솔루션, 텔레비전 · 전기밥솥 · 냉장고 · 자동차 등에 내장되어 있는 웹기능 등도 모두 임베디드 시스템이다.[13]

4. 사이버 물리 시스템(Cyber Physical Systems)

사이버 시스템과 물리적 시스템을 통칭하는 시스템을 의미한다. 융합연

구의 발전으로 새롭게 이목을 끌고 있는 시스템으로, 일반적으로는 다양한 컴퓨터 기능들이 물리세계의 일반적인 사물들과 융합된 시스템을 의미한다. 기존의 실시간 임베디드 시스템이 확장된 개념이라고 볼 수 있으며, 의료, 항공, 공장, 에너지 등에서 광범위하게 사용되는 인공지능 시스템을 모두 포함하는 시스템이라 볼 수 있다.

특히나 개별적으로 동작하는 기존의 임베디드 시스템과는 다르게 우리가 살아가는 실제적인 물리 세계와의 상호작용을 강조하는 시스템이라 할 수 있다. 사이버 물리 시스템은 연산(Computation), 조작(Control), 통신(Communication)의 세 가지 요소를 핵심 개념으로 구축되며, 주로 통신 기술을 활용하여 물리적인 현상을 관찰하거나, 계산을 하거나, 조작을 하는 등 각 시스템 개체들 간의 협력적인 관계로 이루어져 있다.[14]

가상세계와 물리적 실체가 연동된 시스템을 말하며, 가상의 영역에 속하는 컴퓨팅, 통신, 제어를 실제 물리적 세계와 통합한다. 스마트 공장은 사이버물리시스템 기술이 전면적으로 도입된 미래의 공장으로 사이버물리시스템이 없는 공장은 스마트 공장이라고 할 수 없다.[15]

스마트 공장은 사이버물리시스템 기술이 전면적으로 도입된 미래의 공장으로 사이버물리시스템이 없는 공장은 스마트 공장이라고 할 수 없다.

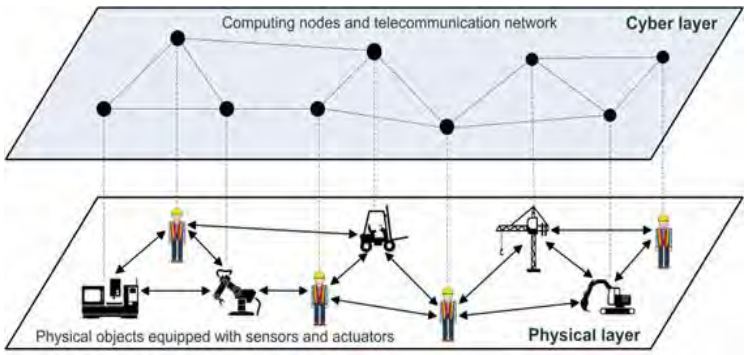
센서 네트워크(sensor networks), 사이버네틱스(cybernetics) 및 메카트로닉스(mechatronics) 시스템을 결합 설계한, 즉 임베디드 시스템(embedded systems)이 진화되고 있는 시스템을 의미한다. 현실 세계의 다양한 물리, 화학 및 기계공학적 시스템(physical systems)을 컴퓨터와 네트워크(cyber systems)를 통해 자율적, 지능적으로 제어하기 위해 등장하였다.

크게 연산(computation), 통신(communication), 제어(control) 기술로 구성되며, 대규모 융·복합 시스템(system of systems) 구축을 위한 여러 전문 분야가 관련된 다학제적(多學際的, multidisciplinary and interdisciplinary)이다. 스마트 공장(smart factory), 스마트 그리드(smart grid), 자동차, 항공, 국방 등 광범위한 분야에 응용된다.[16]

사이버-물리 시스템(Cyber-Physical Systems, CPS)이라는 개념은 상호 연결되고 상호 의존적이며 협업적이며, 자율적이며, 다양한 애플리케이션에서 물리적 구성 요소, 프로세스의 모니터링, 제어, 컴퓨팅 및 통

신을 제공하는 임베디드 지능형 ICT 시스템(embedded intelligent ICT systems)을 의미한다.[17] 의미론적 측면에서 사이버-물리 시스템은 컴퓨팅 기능을 구현하고 통신, 모니터링 및 제어를 보장하는 스마트 환경에서 일종의 '엔진'이므로 특정 환경이 '스마트 모드(smart mode)'에서 작동할 수 있다. 일반적으로 사이버-물리 시스템의 개념은 물리적 계층(physical layer)과 사이버 계층(cyber layer)으로 분리 할 수 없는 두 개의 계층으로 구성된 추상화 인프라로 설명할 수 있다〈그림 2〉.

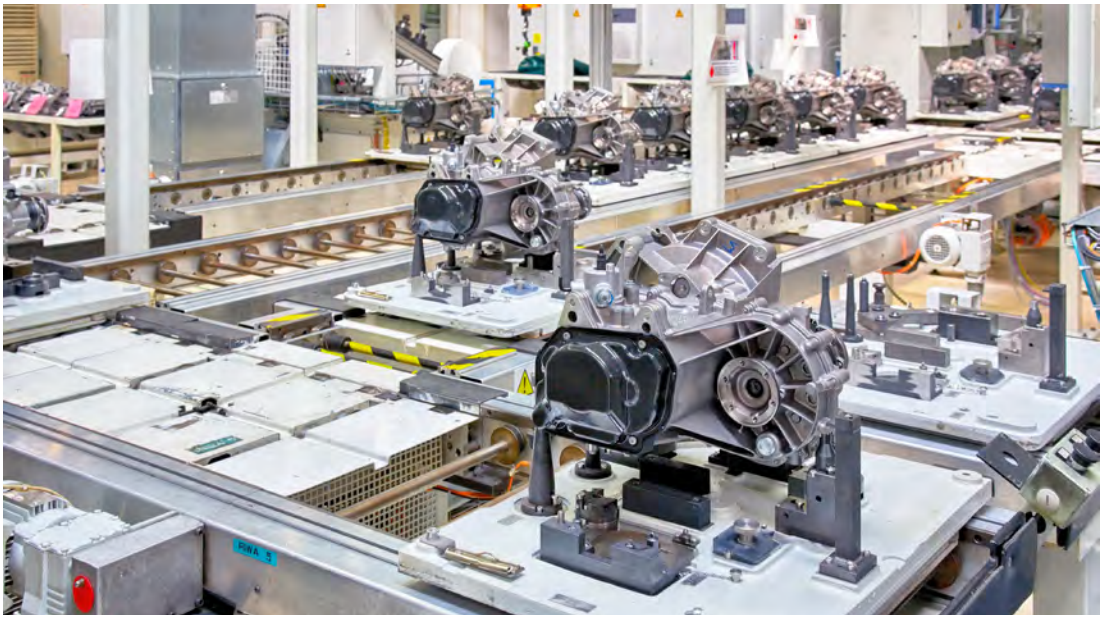
〈그림 2〉 작업장의 사이버 물리 시스템의 두 계층의 시각화



물리적 계층(physical layer)은 실제 3D 공간에 위치하고 특정 작업을 수행하며 서로 상호 작용하는 물리적 개체로 구성된다. 이들 물체에는 적절한 센서 및 액추에이터가 장착 될 수 있거나, 그 자체가 그러한 센서 및 액추에이터를 구성 할 수 있 다. 〈그림 2〉에 상징적으로 표시된 물리적 계층의 개체의 예는 특정 스마트 작업 환경에서 서로 상호 작용할 수 있는 작업자 및 다양한 시스템이며, 사이버 계층은 공간적으로 분산된 컴퓨팅 및 통신 노드의 네트워크로 구성된다.

5. 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)

유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)이란 기본적으로 언제, 어디서나, 누구나 상호 접속의 컴퓨팅이 이루어지는 것을 의미한다. 여기에서 '언제'와 '어디서나'라는 단어의 의미는 일반적으로 사용하는 경우와 크게



다를 바가 없다. 그런데 '누구나'의 의미는 사람만을 의미하는 것이 아니다. '누구나'는 사물까지도 포함하는 단어이다. 유비쿼터스 컴퓨팅은 사물 인터넷(Internet of Things, IoT)과도 연결되는 개념이다. 나아가 유비쿼터스 컴퓨팅은 기술적인 정의에 머무르지 않고 서비스 및 문화적인 영역에 까지 확대되는 개념을 지니고 있다.

유비쿼터스 컴퓨팅과 혼동할 수 있는 개념 중의 하나는 모바일 컴퓨팅(mobile computing)이다. 모바일 컴퓨팅이란 사용자가 이동 중에도 자유롭게 이용할 수 있는 컴퓨팅 환경을 의미한다. 유비쿼터스 컴퓨팅이 언제, 어디서나 컴퓨팅이 가능해야 한다는 점에서는 모바일 컴퓨팅과 유사하다고 할 것이다. 그러나 '누구나' 상호접속이 가능해야 한다는 점에서 보면 모바일 컴퓨팅은 항상 적어도 한 쪽의 통신주체는 사람을 의미하고 있으므로 이 점에서 차이가 있다고 할 것이다.

6. 퍼베이시브 컴퓨팅(Pervasive Computing)

퍼베이시브 컴퓨팅(Pervasive Computing)이라는 개념도 있다. 사람 주변에 존재하는 사물들에 컴퓨터가 장착되어 인간에게 필요한 동작을 하는

유비쿼터스 컴퓨팅은 기술적인 정의에 머무르지 않고 서비스 및 문화적인 영역에 까지 확대되는 개념을 지니고 있다.

시스템 또는 그 환경을 말한다.'퍼베이시브'란 단어는 '만연하는', '구석구석 스며드는'이라는 의미가 있다. 컴퓨터들이 세상 구석구석에 스며들어서 동작하는 개념을 의미하는 것이다.

따라서 사물들에 컴퓨터가 장치되어 인간이 원하는 동작을 하는 시스템을 의미한다고 보면 된다. 때문에 퍼베이시브 컴퓨팅은 유비쿼터스 컴퓨팅과 유사한 의미로 종종 쓰이고 있다.

하지만 퍼베이시브 컴퓨팅은 개념적으로 볼 때 반드시 인간과 인터페이스를 가질 필요는 없다. 뿐만 아니라 이동성을 제공할 필요도 없다. 하지만 두 가지 모두 유비쿼터스 컴퓨팅에는 매우 중요한 요소들이다.

퍼베이시브 컴퓨팅의 비전을 홍보하려는 IBM의 노력의 결과로 인기를 얻었다.[18] 이 개념은 기본적으로 동일한 의미를 지니고 있으며,[19] 가정, 자동차, 도구, 기계, 의류 및 기계류 등 매일 인간을 둘러싸고 있는 물체에, 심지어 인체에도 마이크로프로세서 및 기타 지능형 칩을 내장하는 경향을 나타낸다.

7. 웨어러블 전자장치(Wearable Electronics)

웨어러블 전자장치(Wearable Electronics)는 옷, 안경, 시계 등과 같이 사용자의 신체에 착용하여 언제 어디서나 컴퓨팅이 가능한 전자장치를 의미한다. '센서 디바이스 + 서버역할의 단말기'로 구성된다.

헬스케어 · 의료기능 웨어러블 디바이스는 착용하고 있는 전자기기가 신체상황을 측정하여 환자 및 의사에게 전달하는 것으로, 예를 들면 운동 중에 웨어러블 디바이스로 수집된 데이터들을 활용하여 자신이 뛰었던 거리, 속도, 소모된 칼로리 등의 운동량을 체크하는 것이 가능하다.

웨어러블 디바이스 활용 작업환경 분석 및 예측 장치가 제시되고 있다. 작업자가 웨어러블 디바이스(AR, VR 포함)를 이용하여 작업할 수 있는 자동화, 디지털화된 스마트 공장 환경시스템으로 작업자가 안전하게 작업할 수 있으며 시뮬레이션 기능으로 제조환경의 현황을 분석하고 결과를 예측할 수 있는 시스템을 의미한다. VR은 컴퓨터가 생성한 가상의 공간에서 생성된 오감을 인간이 체험하는 반면 AR은 현실공간에서 가상의 컴퓨터가 생성한 물체를 인간이 다루는 개념에 해당된다. 가상현실(VR)은 컴퓨터로 생성된 가상의 공간에서 사용자가 상호작용할 수 있도록 해주는 인간-컴퓨

터 인터페이스(HCI) 기술이다.

VR 체험을 위해서는 HMD(Head Mounted Display), 제스처 · 모션인식 장치 등이 필요하며, 가상공간에서의 모의 훈련, 여행 등의 어플리케이션 개발이 가능하다.

증강현실(AR)은 사용자가 눈으로 보는 현실세계에 가상의 사물이나 정보를 합성하여 보여주는 컴퓨터 그래픽 기술이며 현실시야가 주로 되고 가상정보는 이를 보조하는 수단으로 활용된다. 작업자는 투과형 HMD를 착용하고 기술적으로 영상이 실제 사물 위에 정확히 투영되어 보이도록 보정 작업이 필요하다.

현재 상용화된 가상현실 기기들은 대부분 게임, 영상 등의 엔터테인먼트 산업에 집중되어 있으나, 가상현실은 단순히 재미를 위한 도구를 넘어서 다양한 산업분야와 결합하여 새로운 가치를 창출할 것으로 예상되고 있다. 제조공정에 가상현실을 활용하는 것은 기술적으로 구현하기 어려운 측면이 있지만, 이를 극복하면 제조공장에서의 효율성을 크게 제고할 수 있다.

가상현실 활용 시, 가상현실에서 공정과 조립과정 등을 계획하고 시험해 봄으로써 효율적인 공정을 설계할 수 있으며 가상 공정계획은 여러 관계자들에게 조립공정의 청사진을 시각적으로 표현해 주며 미리 조립과정을 살펴보면서 여러 분야의 관계자들이 모여 생산성, 스케줄링 등의 요소들을 분석하고 부적절한 부분에 대해 수정할 수 있다.

물류관리에서도 증강현실 기술의 활용가치가 높으며, 증강현실 안경이 상품의 바코드를 인식하면 어디로 이동되어야 할 제품인지, 재고가 어느 정도 쌓여 있는지 등을 알려줘 관리가 수월해지고 제품을 찾기 위해 드는 조사비용이 감소하며, 필요한 자료는 자동으로 업데이트되어 증강현실 기기를 통해 사람들에게 실시간으로 전달된다.

복잡한 제조과정에서 안경과 같은 증강현실 웨어러블 기기를 착용하면 서류나 태블릿을 통해 따로 지시사항을 볼 필요 없이 증강현실을 이용하여 업무에 필요한 정보와 데이터의 즉각적인 확인을 할 수 있다.

물류관리에서도 증강현실 기술의 활용가치가 높으며, 관리가 수월해지고 제품을 찾기 위해 드는 조사비용이 감소하며, 필요한 자료는 자동으로 업데이트되어 증강현실 기기를 통해 사람들에게 실시간으로 전달된다.

공장의 경우 증강현실을 통해 분석된 데이터가 실시간으로 직원들에게 제공된다면 생산적인 면에서 획기적인 효과가 기대된다.

직원이 복잡한 조립과정을 진행 할 경우 조립순서와 조립방법에 대한 정보가 자동으로 눈과 귀를 통해 전달될 수 있으며, 작업이 필요한 사정이나 볼트를 조이는 정도 등 매순간 필요한 정보를 정확히 전달할 수 있다.

결론

스마트 공장에서 새롭게 제기되는 안전보건과제와 도전을 탐구하기 위하여 필요한 기본 개념들을 정리하고자 하였다. 다음 호에도 개념을 이해하기 위한 글을 개제하고자 한다.

참고문헌

1. European Agency for Safety and Health at Work (EUOSHA).Priorities for occupational safety and health research in Europe: 2013–2020. Bilbao: EU–OSHA; 2013.
2. PEROSH. Sustainable workplaces of the future – European research challenges for occupational safety and health. Brussels: PEROSH (Partnership for European Research on Occupational Safety and Health); 2012.
3. 김억, 김승택. Deloitte operational excellence services. 유연 생산 체계를 구현하는 Smart Factory: 생산 전략의 효과적 운용 방안.
   https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/insights/deloitte-anjin-review/04/kr_insights_deloitte-anjin-review-04_08.pdf
4. 위키페디아. https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%84%BC%EC%84%9C_%EB%AA%A9%EB%A1%9D#음향,_소리,_진동
5. [네이버 지식백과] 프로그램 가능 논리 제어 장치 [Programmable Logic Controller] (두산백과)
   https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3353652&cid=40942&categoryId=32351
6. [네이버 지식백과] 프로그램 가능 논리 제어 장치 [programmable logic controller] (컴퓨터인터넷IT용어대사전, 2011. 1. 20., 전산용어사전편찬위원회)
   https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=832882&cid=42344&categoryId=42344
7. http://www.aistudy.co.kr/control/base_kim.htm#_bookmark_178a6f8
8. Aarts E, Encarnacao J. Into ambient intelligence. In: Aarts E, Encarnacao J, editors. True visions: the emergence of ambient intelligence. Berlin: Springer; 2006. p. 1–16.
9. Augusto JC. Ambient intelligence: the confluence of ubiquitous/pervasive computing and artificial intelligence. In: Schuster AJ, editor. Intelligent computing everywhere. London: Springer; 2007. p. 213–234.

참고문헌

10. [네이버 지식백과] 앰비언트 인텔리전스 [Ambient Intelligence] (두산백과).
https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3389801&cid=40942&categoryId=32828.

11. Cook DJ, Augusto JC, Jakkula VR. Ambient intelligence: technologies, applications, and opportunities. Pervasive Mob Comput. 2009;5:277–298.

12. Nixon P, Lacey G, Dobson S. Managing interactions in smart environments. Paper presented at: Managing interactions in smart environments. 1st International Workshop; 1999 Dec 13–14; Dublin, Ireland.

13. [네이버 지식백과] 임베디드시스템 [embedded system] (두산백과)
https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1231733&cid=40942&categoryId=32828

14. [네이버 지식백과] 사이버 물리 시스템 [Cyber physical systems] (두산백과)
https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3440033&cid=40942&categoryId=32843

15. [네이버 지식백과] 사이버물리시스템 (한경 경제용어사전)
https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3654267&cid=42107&categoryId=42107

16. [네이버 지식백과] 사이버 물리 시스템 [Cyber-Physical Systems, -物理-] (IT용어사전, 한국정보통신기술협회)
https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2070864&cid=42346&categoryId=42346

17. Governing Board of ECSEL JU. ECSEL multi annual strategic plan 2016. Brussels: Governing Board of ECSEL JU; 2015.

18. Krill P. IBM research envisions pervasive computing. Computer World [Internet]. North Sydney: IDG Communications; 2000.
http://www.computerworld.com.au/article/77594/ibm_research_envisions_pervasive_computing/.

19. Satyanarayanan M. Pervasive computing: vision and challenges. IEEE Pers Commun. 2001;8:10–17. doi:10.1109/98.943998.