「정보시스템연구」 제26권 제4호
한국정보시스템학회
2017년 12월, pp. 63~85

http://dx.doi.org/10.5859/KAIS.2017.26.4.63

CPS(Cyber Physical System)와 MIS의 연구기회 탐색*

최무진** · 박종필***

〈목 차〉

Ⅰ. 연구의 필요성 및 목적
Ⅱ. 스마트팩토리와 MIS의 연결성
Ⅲ. CPS(Cyber-Physical System) 연구동향
3.1 CPS 개념과 출현배경
3.2 미국의 동향
3.3 CPS 자율제어기술
3.3.1 CPS용 지식베이스 생성
3.3.2 CPS용 자율제어관리자
Ⅳ. CPS 기술사례
4.1 플랫폼 개발
4.1.1 CPS 제어S/W 플랫폼 개발
4.1.2 (주)SK C&C SKALA 스마트팩토리 통합 솔루션
4.2 상황인지기술과 CPS
4.2.1 U-City 인프라
4.2.2 지능형 교통시스템 사례
4.2.3 의료 · 헬스케어 사례
4.3 프로토타입의 구현
4.4 국내 CPS의 현실과 한계
Ⅴ. MIS와의 관련성, 연구기회 및 교육
5.1 제조정보공유와 유관 소프트웨어 개발
5.2 제조(생산)지원시스템의 구현
5.3 MIS 교육 커리큘럼의 확대
참고문헌
<Abstract>

Ⅰ. 연구의 필요성 및 목적

MIS는 ICT를 활용한 혁신과 융합을 말하면서 정작 인더스트리 4.0 시대를 맞아 엄청난 변화의 파고(波高)를 예고하고 성장잠재력이 높은 생산 · 제조분야의 연구와 교육은 소홀히 하고 있다. 생산(生産, production)은 사람의 경제활동의 주된 활동이며 토지나 원재료 등(input)을 투입하여 사람의 요구를 충족하는 재화를 만드는 행위나 과정을 의미한다. 시장에서 교환되는 재화 (財貨)란 사용 또는 소비 등을 통해 소비자들의 효용을 증가시킬 수 있는 형태를 가진 모든 것을 의미하므로 물리적 공산품과 눈에 보이지 않는 물류 · 운송, 대중교통, 금융, 전자상거래, 공공서비스와 같은 다양한 서비스를 포함한다.

제조(manufacturing)를 흔히 생산과 동일시하지만 무형의 서비스의 생산을 제조에 포함하

* 이 연구결과물은 2017학년도 경남대학교 신진교수연구비 지원에 의한 것임.
** 계명대학교 경영정보학과, choimjin@kmu.ac.kr(주저자)
*** 경남대학교 경영정보학과, jpark@uok.ac.kr(교신저자)

지는 않는다. 제조는 원재료를 노동력, 기계 그리고 기타 여러 힘으로 가공하여 물리적 제품을 생산하는 행위로서 광업・건설업과 함께 2차 산업을 구성한다. 제조과정은 원자재, 기계 및 장비 그리고 사람의 상호작용이 긴밀하게 일어나며 빅데이터를 생성하는 현장이다(최종민, 2017). 제조부서는 제품을 설계하고 설계스펙을 기계에 입력한 후, 원자재를 가공하거나 조립하여 목표한 품질의 제품이 생산되도록 전 과정을 통제하고 관리한다. 특히 품질관리를 위해 설계된 스펙에 따라 원자재가 가공되고 조립되고 있는지 실시간으로 모니터링하고 문제가 있으면 즉시 통제활동을 하는 것이 제조현장관리의 주된 임무이다.

적절한 통제를 위해서는 센서를 통해 공정과정에서 발생하는 데이터를 수집해야 하며 연이은 데이터분석을 근거로 기계와 설비를 원격에서 조정해야 한다. 일반적으로 가공 및 조립용(assembly) 자동화 기계와 설비 등에는 엑추에이터(actuator)와 컨트롤러(controller)가 부착되어 있어 원격에서 이러한 기계와 장비를 조정할 수 있다. 이 엑추에이터와 컨트롤러의 작동방식은 i) 수동, ii) 반자동, iii) 자율로 이루어진다. 인더스트리 4.0시대의 스마트팩토리는 궁극적으로 자율방식을 지향한다.

제품을 가공하고 조립할 때 기계와 기계 그리고 기계와 작업자간의 상호작용은 민첩(responsiveness)하고 정밀(accuracy)하고 통제범위(span of control)가 넓을수록 바람직하다. 이를 위해 제조과정에서 기계, 장비, 제품 등에서 품질의 하자를 발견하거나 생산량, 원자재 투입물량 등을 산정하며 필요시 즉각 통제하는 일에 ICT의 접목이 매우 활성화되고 있다. 이를 위한 대표적인 제조관리시스템들로서 POP(Point of Production, 생산시점관리시스템)과 MES(Manufacturing Execution System, 통합생산관리시스템) 등이 있다. POP은 작업자에게 현장정보를 제공하기 위해 데이터 수집에 집중하는 시스템이다. MES는 POP을 통해 수집된 정보를 근거로 수주에서부터 생산, 조립, 품질검사, 출하에 이르기까지 전 프로세스를 통합 관리하는 자동화시스템이지만 여전히 전통적인 MIS(ERP, SCM, CRM 등)와의 단절이라는 한계를 극복하지 못하고 있다.

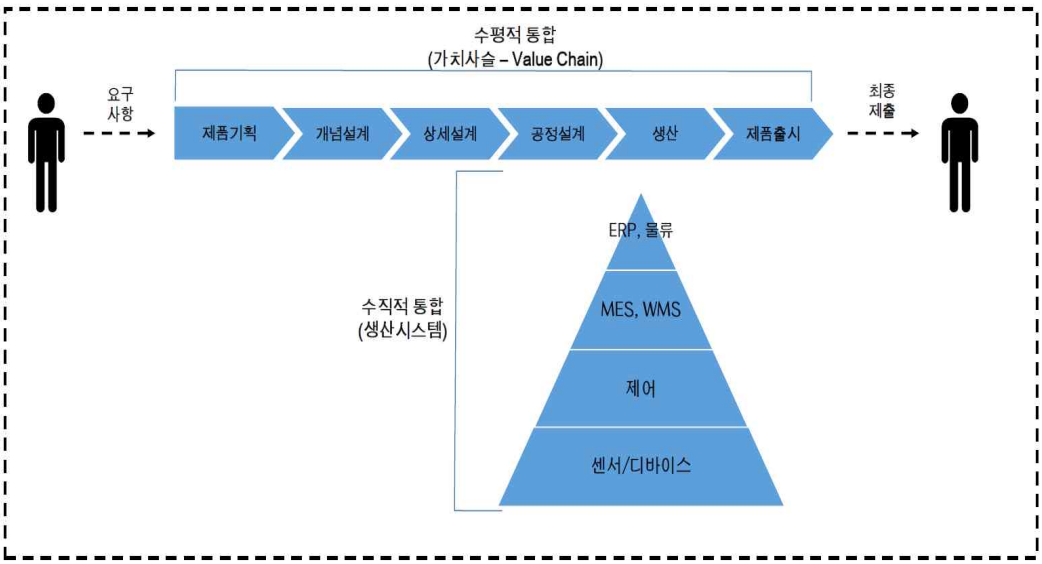
오늘날 제조 프로세스 전반에 대한 원격・자동・통제시스템의 개발을 향한 엔지니어의 꿈은 스마트팩토리(smart factory)라는 모습으로 새롭게 나타나고 있다. 그러나 사실 스마트팩토리는 제조설비와 생산품간 상호 소통체계를 구축하여 전체 생산 공정을 최적화, 효율화하고 제조공정의 유연성과 성능을 새로운 차원으로 업그레이드한 공장설비를 의미하므로 사실 기존의 MES와 크게 다르지 않다(KITA, 2016). 그러나 스마트팩토리는 CPS(Cyber-Physical System, 사이버물리시스템)라는 3D(dimension) 가상적 인터페이스를 가진 인지형 컨트롤 시스템을 가짐으로써 MES의 기능과 한계를 능가할 수 있다. 즉, POP-MES-CPS로 진화하면서 전통적인 MIS영역과 자동화제조시스템(automated manufacturing system) 사이에 존재했던 연결성 갭(connectivity gap)을 점차 줄일 수 있다는 기대감이 이 연구를 수행하게 된 결정적인 동기이다. 이 연구는 최근 공학계열(工學系列)에서 뜨거운 주제로 부각되고 있는 CPS에 초점을 맞추었으며 아울러 이것이 MIS영역에서 가능한 다양한 연구 및 교육적 기회들을 탐색하였다.

따라서 본 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 전통적 MIS(ERP, SCM, CRM 등)영역과 자동화제조시스템(automated manufacturing system) 사이에 존재하는 '연결성 갭'(connectivity gap)을 확인하고자 한다. 이 과정에서 CPS가 이 연결성 갭을 줄일 수 있는 결정적인 기술적 가교임을 제시하고자 한다. 둘째, 스마트팩토리의 핵심요소인 원격·자동·통제시스템의 가상화를 지향하는 CPS의 최근 연구동향과 기술사례를 광범위하게 제시하고자 한다. 끝으로 이러한 논의를 바탕으로 MIS 연구자들이 관심을 확대해야 할 연구 및 교육적 기회를 제안하고자 한다.

Ⅱ. 스마트팩토리와 MIS의 연결성

인더스트리 4.0은 ICT와 제조업의 융합을 통해 궁극적으로 스마트팩토리를 지향한다. <그림 1>과 같이 스마트팩토리는 고객의 요구사항에 대한 제품 개발을 위해 제조공정에 대한 가치사슬 (value chain)을 기반으로 하는 수평적 통합과 생산설비를 시스템으로 구현하기 위한 수직적 통합을 지향한다(KEIT, 2015; Deloitte, 2015).

수평적 가치사슬 통합은 고객이 요구하는 시장조사 와 제품기획 단계를 거쳐, 고객요구사항을 통해 제품개발 단계와 최종적으로 고객요구사항을 고객에게 전달하는 과정까지를 포함한다. 수직적 생산시스템 통합은 제품이 완성되는 다양한 설비로부터 센서 및 디바이스를 통해 신호를 획득하고, PLC(Programmable Logic Controller) 및 HMI (Human Machine Interface) 등의 제어기술을 바탕으로 설비를 제어하며, 생산 프로세스 관리를 위해 MES (Manufacturing Execution System)와 창고관리



<그림 1> 스마트 팩토리의 범위(자료원: KEIT, 2015)

<표 1> 스마트팩토리 수준별 플랫폼 단계(KEIT, 2015)

	현장자동화	공장운영	기업자원 관리	제품개발	공급사슬 관리
고도화	IoT/IoS 기반의 CPS화				인터넷 공간상의 비즈니스 CPS네트워크 협업
	IoT/IoS 화	IoT/IoS(모듈)화 빅데이터 기반의 진단 및 운영		빅데이터/ 설계·개발 가상 시뮬레이션/ 3D프린팅	
중간수준2	설비제어 자동화	실시간 공장제어	공장운영 통합	기준정보/기술정보 생성 및 연결 자동화	다품종 개발 협업
중간수준1	설비데이터 자동집계	실시간 의사결정	기능 간 통합	기준정보/기술정보개발 운영	다품종 개발 협업
기초수준	실적집계 자동화	공정물류 관리(COP)	관리 기능 중심기능 개발 운용	CAD 사용 프로젝트 관리	단일 모기업 의존
ICP 미적용	수작업	수작업	수작업	수작업	전화와 이메일 협업

고도화: 사물/서비스/비즈니스 모듈 간 실시간 대화 체제 구축, 사이버 공간상에서 비즈니스 실현

중간수준1: 다양한 ICT를 활용한 설비정도 자동 획득, 협력사와 고 신뢰성 정보를 공유하여 기업운영 자동화 지향

중간수준2: 협력사와 공급사슬 및 엔지니어링 정보 공요, 제어자동화 기방 공정 운영 최적화, 실시간 의사결정

기초수준: 기초적 ICT를 활용한 정보수집 및 이를 활용한 생산관리 구현

를 위한 WMS (Warehouse Management System)를 거쳐 최상단에 위치한 ERP (Enterprise Resource Planning)까지 연동하는 개념이다.

사실 지금까지의 공장자동화의 개념은 수직적 통합으로 공장과 제조에 한정되었으나 최근 고객중심경영이 심화됨에 따라 수평적 통합으로 'Smart'의 범위는 제품출시 이후에까지 확장되고 있다. 고객이 객장에서 매니저에게 던지는 불평, 공식게시판에 올리는 의견, 개인 블로그에 남기는 글들이 모두 분석된 후 제품기획 단계, 생산단계에 다시 피드백으로 반영될 수 있는 기술적 인프라를 많은 수의 기업들이 갖추고 있다.

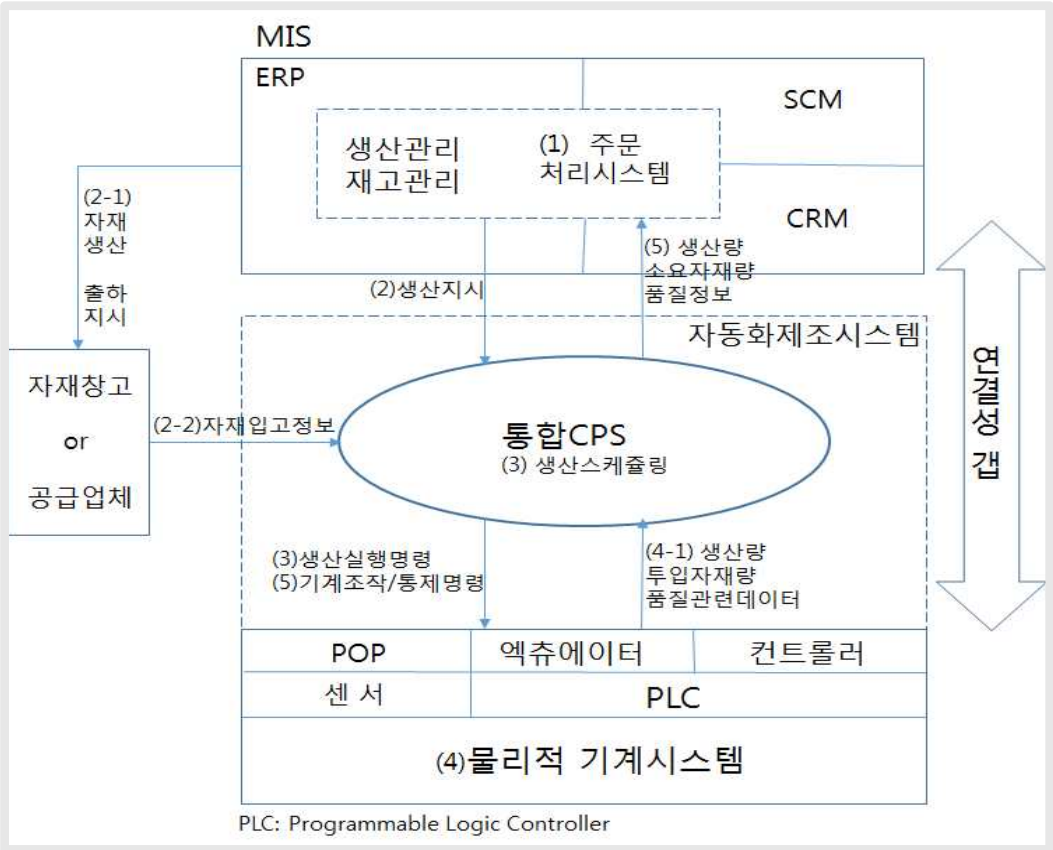
스마트팩토리는 현재 진행형이므로 다양한 수준으로 설명될 수 있다. KIET(2015)는 <표 1>과 같이 표준플랫폼을 기준으로 스마트팩토리를 다섯(5) 수준으로 구분하여 나누어 설명하였다. 이러한 스마트팩토리의 표준플랫폼은 궁극적으로 스마트팩토리의 진화방향에 대한 전체 맵을 제공하기 때문에 중요한 의미를 가진다. 스마트팩토리 구축 표준플랫폼을 살펴보면, 오른쪽으로 갈수록 수평적 통합이 확대되며, 위쪽으로 갈수록 기초수준에서 고도화되어 첨단 ICT와 생산자동화기술들의 고차원적 융합이 요구된다.

한편 <그림 1>에 의하면 ERP와 물류를 수평적 통합의 정점에 있는 어플리케이션으로 표현되어 있지만 구체적인 통합의 범위, 과제, 기술적 이슈는 분명하게 규명되어 있지 않다. 이 점

에서 수평적 통합 요소인 MIS(ERP, SCM, CRM 등)영역과 수직적 통합 요소인 자동화제조시스템(automated manufacturing system, 센서, 디바이스, 제어, MES) 사이에 존재하는 연결성 갭을 확인할 수 있으며, 이 갭을 이어줄 기술적 가교인 CPS(Cyber Physical System)의 필요성과 기능에 대한 이해가 필요하다.

CPS의 개념과 기능을 이해하기 위해 주문생산을 하는 전형적 제조기업의 가상 운영시나리오를 <그림 2>에 요약하였다. 결론적으로 CPS는 물리적 기계시스템과 전통적 MIS를 연결해주는 기술적 가교 같은 확장형 가상시스템(extended virtual system)이라 할 수 있다. 그럼에도 MIS분야는 이 연결부분에 관심을 확대하지 않고 있으며, ICT분야는 센서, 액추에이터, 컨트롤러를 가지는 물리적 요소와 통신기술, 응용 소프트웨어 그리고 시스템 소프트웨어 기술을 이용하여 실시간으로 이 물리적 요소들을 제어하는 생산자동화시스템에 관심을 한정하고 있는 것이 현실이다.

<그림 2> MIS-자동화제조시스템 연결성 갭



[스마트팩토리 가상 운영시나리오]

다음은 <그림 2>를 바탕으로 구성한 CPS 시스템을 구축한 스마트팩토리 가상 운영 시나리오이다.

(1) SCM 또는 CRM과 연계된 주문처리시스템이 고객사로부터 주문을 받는다.
(2) ERP의 생산관리(재고관리) 모듈은 생산계획을 수립한 후 생산지시를 CPS로 보낸다.
(2-1) 동시에 자재창고에 자재출하지시를 하거나 공급업체에 주문서를 보낸다.
(2-2) 자재가 생산현장에 도착하면 입고데이터를 CPS로 보낸다.
(3) CPS는 공장의 생산여건(기계, 장비, 자재 등)을 고려하여 생산스케줄을 수립한 후, 물리적 기계시스템에 실행명령을 보낸다.
(4) 물리적 기계시스템이 수주한 제품을 생산한다.
(4-1) POP은 센서를 통해 제조과정에서 수집한 각종 데이터를 CPS로 보낸다. 예를 들면, 생산량, 투입자재량, 품질관련 데이터 등이다.
(5) CPS는 수령한 데이터를 수집·가공·분석하여 ERP의 생산관리모듈로 보낸다(예. 생산량, 품질정보, 소요자재량, 각종 생산계획에 필요한 데이터). 아울러 CPS는 데이터를 분석하여 필요할 경우 엑추에이터와 컨트롤러에 기계조작 및 통제에 필요한 명령어를 보낸다.
(6) 명령(피드백)을 받은 물리적 기계시스템은 생산을 계속하며, 생산이 완료되면 관련 데이터를 CPS로 보내며 CPS는 이 정보를 ERP의 생산관리 모듈과 SCM 그리고 CRM을 통한 고객사와 공유한다.

Ⅲ. CPS(Cyber-Physical System) 연구동향

3.1 CPS 개념과 출현배경

일반적으로 가공 및 조립용(assembly) 자동화 기계와 설비 등에는 엑추에이터(actuator)와 컨트롤러(controller)가 부착되어 있어 원격에서 이러한 기계와 장비를 조정할 수 있다. 이들의 작동방식은 i) 수동, ii) 반자동, iii) 자율로 이루어진다. 수동방식은 작업자가 직접 상황정보를 파악한 후 엑추에이터와 컨트롤러를 조작하는 것으로 가장 초보적인 수준이다. 반자동은 작업자가 컴퓨터시스템(디스플레이 포함)이 제공하는 정보나 도움기능을 통해 엑추에이터와 컨트롤러를 직접 조작하는 수준을 말한다. 끝으로 자율수준은 센서가 제공하는 정보를 컴퓨터와 소프트웨어가 해석하고 필요시 직접 엑추에이터와 컨트롤러를 통제하는데 필요한 명령어를 실행하는 최첨단 방식이다. 스마트팩토리는 마지막 자율수준을 지향하되, CPS는 모든 수준에서 작업자를 돕거나 자율적으로 운영되는 시스템이다.

CPS(Cyber-Physical System)는 스마트팩토리의 핵심구성요소로서 최근에 발전하고 있는 개념이다. CPS는 세 가지 핵심 요소: 통신(communication), 연산(computation), 조작(control)으로 구성된다. CPS는 대규모 센서·

액추에이터를 가지는 물리적인 요소와 통신기술, 응용 소프트웨어, 그리고 시스템 소프트웨어 기술을 이용하여 실시간으로 물리적 요소들을 제어하는 복합시스템(System of Systems)으로 정의할 수 있다(박정민 등, 2013). 즉 CPS는 물리적 세계에서 진행되는 일들을 가상의 세계로 미러링(mirroring)하여 사전검증, 실시간 관리, 사후분석을 가능하게 해준다.

이를 위해 CPS는 다양한 센서를 통하여 물리개체들로부터 필요한 정보를 수집, 분석하고 가공된 정보를 컨트롤러, 엑추에어터 등과 공유함으로써 기존의 개별 전자기기를 위한 센싱, 엑추에이팅 기반 임베디드 시스템과는 근본적으로 차별화되는 복잡한 시스템들의 시스템(System of Systems)이라 할 수 있다. 즉, 사이버 세계의 정보처리 기능과 물리적 세계가 서로 긴밀하게 상호작용하고, 협력하는 인지형 컨트롤 시스템이다(원명규 등, 2014).

또한 기존의 중앙제어장치의 명령을 통해 생산기기가 소재를 가공하던 단방향 서비스 로직에서 소재와 반제품에 RFID 등 스마트 메모리의 부착을 통해 지능화된 생산기기와 통신의 연계를 통해 경로를 결정하는 분산제어체계 및 모듈단위 생산체계로 인해 제품의 변경이나 고객주문에 따라 수시로 생산 레이아웃의 변경이 가능하고 교체 즉시 가동하는 Plug & Produce가 가능한 시스템이다(김대근, 박만곤, 2014).

CPS는 임베디드시스템의 복잡성이 급속도로 증대함에 따라, 물리적 세계의 인터랙션을 위한 고품질의 신뢰할 수 있는 그리고 기존의 것과 다른 설계 기법이 필요하여 출현한 측면이 있다. 아울러 센서 기술 등 복잡한 CPS를 가능하게 하는 요소기술이 급속히 발전하면서 물리세계의 데이터를 쉽게 ICT 세계에 구현할 수 있게 되었고 축적된 대량 데이터의 분석능력이 향상된 것도 CPS의 또 다른 출현배경이라 할 수 있다. 한편 ICT가 환경, 에너지, 교통, 경제, 안전, 의료 등 복잡한 사회시스템의 기반이 되면서, 더욱 안전적이고 효율적으로 사회시스템을 설계, 운용, 보수하기 위한 필요성도 또 다른 CPS의 출현배경이라 할 수 있다.

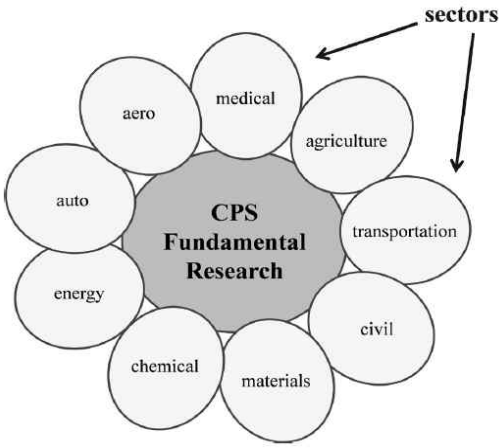
3.2 미국의 동향

현재 미국은 CPS 연구에 가장 앞서 나가고 있는 국가이다. 미국은 이미 2007년에 미국 대통령 과학기술 자문위원회(President's Council of Advisors on Science and Technology, PCAST)가 CPS를 국가과학기술 투자의 최우선순위로 추천하였다. 따라서 미국과학재단(National Science Foundation, NSF)은 2009년부터 매년 약 3천만 불 규모의 CPS 프로그램을 운영해 왔다. 이 재단은 생산공정, 교통, 전력, 헬스케어, 홈·빌딩, 국방, 재해대응을 핵심응용분야로 정하고 스마트화함으로써 다음과 같은 문제들을 해결하고자 설립되었다(Research and Markets, 2016).

- 문제들의 예
  - 정전이 일어나지 않는 발전 및 송전
  - 차량 사고의 완벽한 방지 및 교통혼잡의 획기적 감소
  - 물리적 위치에 무관한 세계수준의 의료서비스
  - 제로에너지(zero net energy) 건물 및 도시
  - 재난상황에서 피해자가 발생하지 않는 안

전하고 신속한 대피
- 노약자에 대한 끊김 없는 실시간 보조

미국과학재단(NSF)의 CPS 프로그램은 CPS 원천이론연구를 중심에 두고 이러한 이론을 다양한 핵심 응용분야로 확장하여 적용해 나가는 연구형태를 택하고 있다. 구체적으로 <그림 3>와 같이 꽃모양 모델(flower model)은 섹터(sector)라고 칭해지는 각 핵심응용분야에서 원대한 도전(grand challenge)이라고 명명된 문제들에 집중하여 연구비를 투자하고 있다.



<그림 3> CPS Research Sector Flower 모델

미국과학재단(NSF)은 CPS 응용분야를 체계적으로 개념화함으로써 사이버시스템과 물리시스템을 통합 가능하게 하는 융합 원천기술을 찾아내는 것을 목표로 한다. CPS의 구현을 촉진하기 위해 하드웨어 및 소프트웨어 구성요소, 구현방법론 및 구현도구의 개발에 관한 연구를 지원하고 있다. CPS 관련 학계의 조기 활성화를 촉진하기 위하여 사이버물리시스템 가상 조직(CPS Virtual Organization, http://www.cps-vo.org) 이라는 연구 포털사이트도 운영하고 있다.

3.3 CPS 자율제어기술

자율제어기술은 스마트팩토리와 CPS가 지향하는 궁극적인 목표이다. 자율제어기술을 위해서 선제적으로 필요한 것이 지식베이스의 구축이다.

3.3.1 CPS용 지식베이스 생성

지식베이스는 다음과 같이 오류분석, 오류이벤트정의, 오류모델링, 오류상태해석, 전략결정 등으로 구성된다(김대근, 박만곤, 2014).

1) 오류분석(Fault Analysis) 단계: 시스템의 정상 동작을 알고 있는 오류 모델은 정상동작을 분석하여 발생 가능한 오류들을 추출하고, 추출된 오류들은 발생위치에 따라 구분되어 '오류 테이블'을 산출한다.

2) 오류 이벤트 정의 (Fault Event Definition) 단계: 이전단계의 '오류 테이블'을 기반으로 발생 '원인', '오류이벤트' 및 '결과' 관계를 정의한 '오류 이벤트 테이블(Fault Event Table)'을 산출할 수 있다.

3) 오류 모델링(Fault Modeling) 단계: 직전단계에서 수행된 '오류 이벤트 테이블'을 통해 오류의 '원인', '이벤트', '결과'를 연계시킨 오류 트리를 모델링 한다. 오류 트리를 바탕으로 다양한 인공지능 기법들을 통해 오류 이벤트가 새롭게 추가 되고, 트리가 확장될 수 있다.

4) 오류상태해석(Faulty State Interpretation) 단계: 자율제어 시스템이 오류상태를 확인할 수 있도록 조건들을 정의하고 제약 조건을 생성하여 '제약조건 테이블'을 산출된다.

5) 전략 결정(Maneuver Decision) 단계: 오류 상태에 대한 적응행위자 및 전략을 미리 정의 하고, '전략 테이블'이 산출된다.

3.3.2 CPS용 자율제어관리자

자율제어관리자는 CPS에서 지식베이스를 활용하여 기계·설비 등 모든 하드웨어를 관리하고 수행이 필요한 프로세스를 지시하는 소프트웨어이다. 관리대상자원의 상태(데이터)를 획득하기 위한 센서와 필요한 프로세스 작동에 필요한 액추에이터가 필요하다. 자율제어관리를 구성하는 기술은 다음과 같다(김대근, 박만곤, 2014).

1) 모니터(Monitor) 단계: 지식베이스에 정의된 규칙기반과 시스템의 실제적 행위 사이에 불일치를 체크함으로써 CPS의 내·외부 이상상태를 감지하고 관련된 분석 정보를 제공하며 시스템의 행위나 운영 환경을 관찰할 수 있어야 한다.

2) 분석(Analyze) 단계: 모니터 단계에서 추출된 상황정보와 실행기록을 분석하여, 하드웨어(관리자원)의 규칙에서 벗어난 예외적 상황(오류)을 보고한다.

3) 계획(Plan) 단계: 분석단계에서 발생한 오류에 대한 연관성을 분류하고 이 오류를 수정하는데 필요한 자율제어 전략을 계획한다.

4) 실행(Execute) 단계: 계획단계에서 결정된 사항들을 관리자원에 적용하여 문제를 해결한다.

5) 학습(Learning) 단계: 이전 단계에서 수행한 결과를 정량적으로 분석한 새로운 지식으로 '지식베이스'를 업데이트한다.

Ⅳ. CPS 기술사례

본 연구는 CPS의 연구동향과 이와 관련된 MIS의 연구 및 교육적 기회를 제안하기 위해 광범위한 추적을 통한 CPS 관련 기술사례를 찾아 분석하였다. CPS는 공학분야에서 주로 논의되어 왔던 최신 첨단기술 트렌드여서 문헌만을 통해 필요한 자료들을 획득하기 어려워 다음과 같이 다양한 방법들을 적극 활용하였다. 첫째, CPS가 공학분야에서 시작된 만큼, 공학분야를 중심으로 광범위한 문헌조사를 통해 자료를 수집하였다. 둘째, 유튜브(Youtube) 등을 적극 활용하여 CPS와 관련한 최신 기술사례를 수집하였다. 셋째, IT 융복합 엑스포 등 최신 기술 컨벤션 행사에 참가하여 관련 업체들을 대상으로 최신 자료를 수집하였다. 이러한 방법은 전통적인 MIS 연구방법론(예: 설문조사, 실험조사 등)에만 머물지 않고, MIS 밖으로 눈을 돌리는 '통섭'(通涉)적 목적을 추구하기에 적절한 방법들이라 할 수 있다.

수집한 다수의 사례들의 목적과 내용을 분석한 결과 i) 플랫폼 개발, ii) 상황인지기술, iii) 프로토타입 구현으로 나누어 상술하였다.

4.1 플랫폼 개발

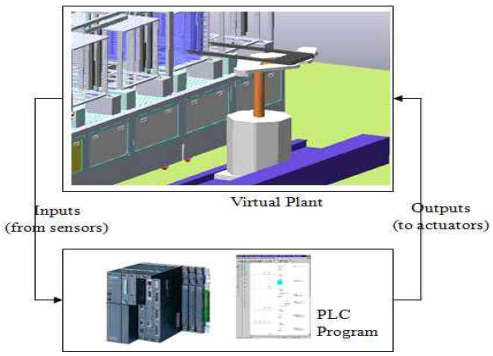
4.1.1 CPS 제어S/W 플랫폼 개발

박호철 등(2014)은 스마트팩토리 구현을 위해 IoT(Internet of Things)와 CPS(Cyber Physical System) 기술을 활용하고 공정 Life-Cycle(설계-시운전-운영-유지보수)을 효율화하는 장비, 공정, 공장 임베디드 S/W 시뮬레이터 및 운영 가능한 협업용 3D 통합플랫폼을 제안하였다. 이들의 CPPS(Cyber Physical Production System)는 전 공정과정에서 최적의 공정 운영환경을 찾기 위한 시뮬레이션을 할 수 있다. 즉 자동화설비를 사전에 시뮬레이션해 봄으로써 초기 공정 설계의 결함으로 생기는 비효율성과 공정환경에 맞지 않는 운영 시스템의 어려움을 찾아 이를 실시간으로 반영해 미리 문제점을 파악한 후 보다 효율적인 운영방안을 제시할 수 있는 3D 플랫폼이다. 이 플랫폼의 핵심구성요소는 Hardware-in-the Loop Simulator(HILS)와 Software-in-the Loop Simulator(SILS)이다.

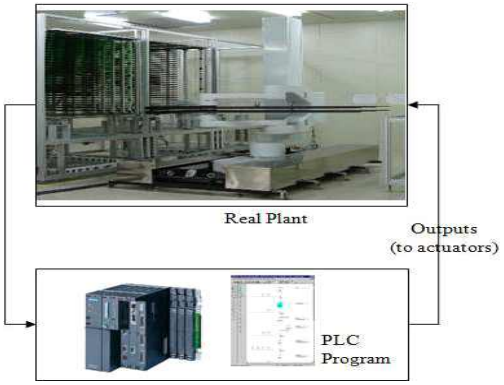
HILS (Hardware-in-the Loop Simulator)는 PLC(Programmable Logic Controller)를 통해 물리적 설비와 가상 설비를 동기화하는 미들웨어이다. <그림 4>과 <그림 5>을 보면 작업자는 3D 가상공장의 인터페이스를 통하여 설비 제어에 필요한 명령들을 PLC에 보내어 물리적 설비를 제어하기도 하고 아울러 물리적 설비의 센서를 통해 PLC에 입력되는 데이터를 3D 가상공장의 인터페이스를 통해 작업자에게 제공한다. 즉 3D 인터페이스를 통해 설비와 제품의 상태를 모니터링할 수 있을 뿐만 아니라 PLC를 통한 공정제어도 가능하다.

개별 설비의 HILS는 공정단위의 HILS로 확장되고 이는 각종 기계간의 IoT통신과 공정을 제어하는 PLC를 기반으로 확장되며, 궁극적으로 <그림 6>과 같이 각종 센서, 엑추에이터, 컨트롤러가 실시간으로 PLC에 반영되어 제어되는 네트워킹 HILS Simulator인 CPPS를 구성한다.

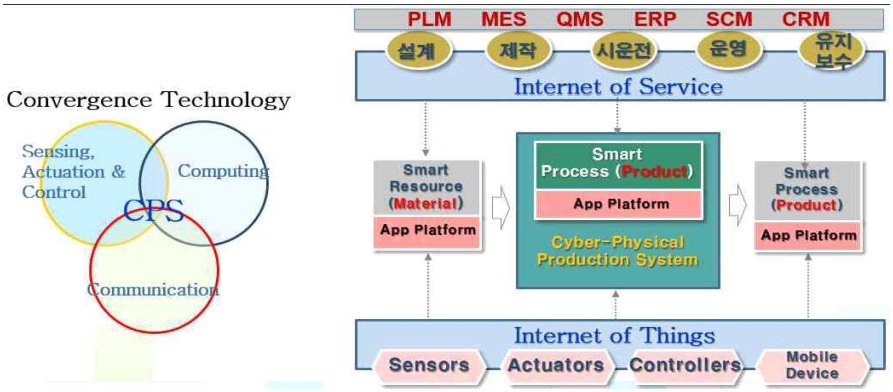
<그림 6>은 단위설비(Equipment Level)가 프로세스, 전체 공장수준으로 통합·확대되는 스마트팩토리의 구성과정을 보여준다. HILS 모델은 시운전 단계에서 PLC에 탑재될 제어프로그램을 사전 시뮬레이션을 통해 검증하고 생산라인을 3D 가상시뮬레이터로 시운전해 본 후 그 결과를 보고 실행할 수 있다.



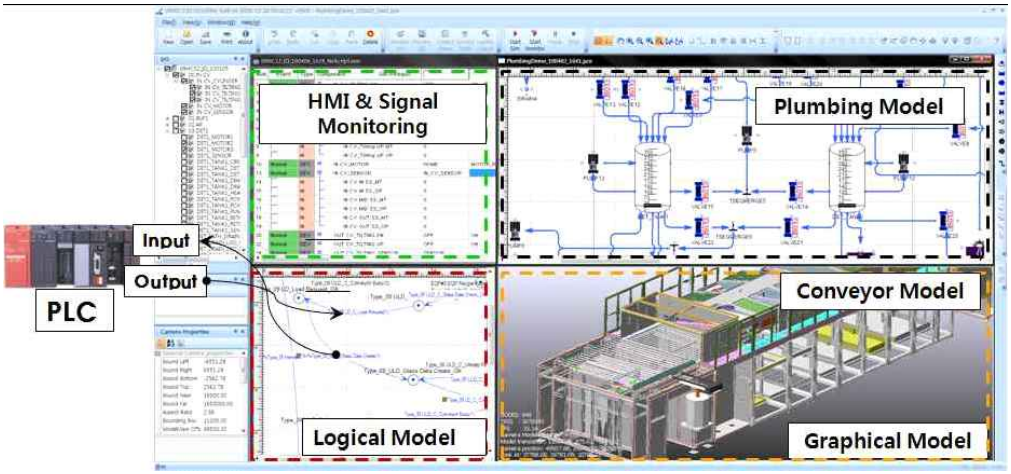
<그림 4> 제어기에 의해 제어되는 3D가상설비(공장)



<그림 5> 제어기에 의해 제어되는 물리적 설비



<그림 6> CPS와 주변 시스템들과의 구성도



<그림 7> 범용 SILS의 구현화면

시운전 시뮬레이터의 결과는 운영 중인 제어 프로그램(PLC)에 반영되고 출력되는 Log데이터는 시운전 시뮬레이터에 다시 반영되는 순환 구조의 모델을 구성할 수 있다. 이 과정에서 생성되는 시맨틱 지식(Semantic Knowledge)을 지속적으로 추출하여 향후 프로세스 개선과 유지보수에 활용하는 것은 물론 이상상황을 예측하기 위한 빅데이터로 활용할 수 있다.

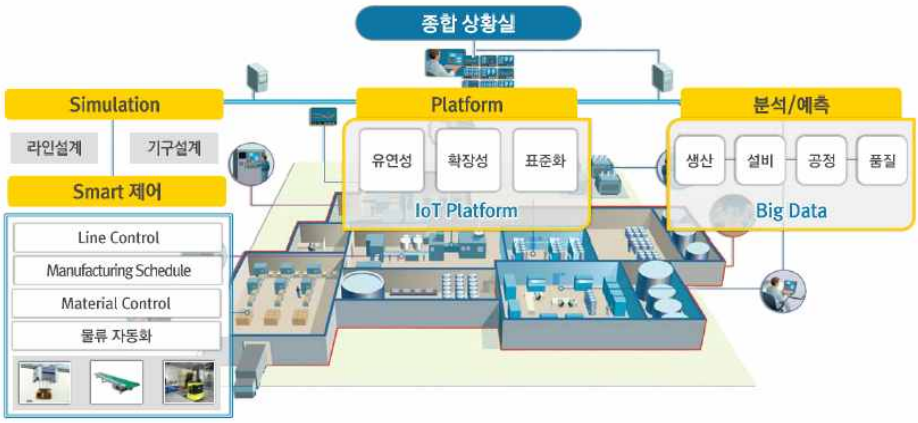
공정운영, 고장진단, 예방활동의 통합·자동화를 위해 기계와 설비 등에 다차원적 프레임워크 지식모델인 범용 SILS (Software-in-the-Loop Simulator)를 연동할 수 있다. 범용 SILS를 이용하면 하드웨어 제어기를 가상공장에서 3D 모니터링을 할 수 있는 소프트웨어 제어기를 쉽게 구현할 수 있다. SILS는 설계 샘플, 시운전 모델, 상황 모니터링 모델, 통합 최적화 모델을 지속적으로 연동함으로써 가상 공정 및 제품설계를 최적화할 수 있다. 즉 가상운영모델에 공정과정에서 추출하였던 현상데이터를 입력하여 시뮬레이션 해본 후, 최적의 공정 및 제

품설계를 가능하게 제어프로그램을 보완할 수 있을 것이다. <그림 7>은 범용 SILS를 구현한 것이다. 기계와 설비의 2D, 3D 화면을 보면서 동시에 PLC코드를 통제할 수 있다.

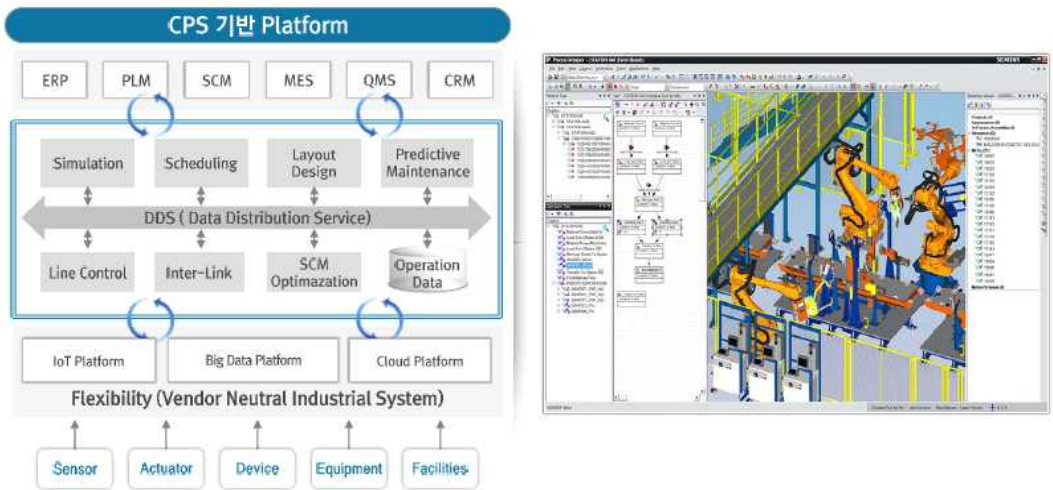
4.1.2 (주)SK C&C SKALA 스마트팩토리 통합 솔루션

SKALA는 ㈜SK C&C가 개발한 스마트팩토리 통합 솔루션이다. <그림 8>과 같이 SKALA는 상호운영성, 유연성, 확장성을 바탕으로 고객의 기존 시스템들과 연동이 가능하며, 특정벤더에 의존하지 않고 다양한 장비와 솔루션들을 통합하며, 다양한 산업공정에 적용가능하다.

SKALA의 CPS기반 플랫폼의 주된 특징으로는 <그림 9>와 같이, CPS기반 IoT, 빅데이터, 클라우드 플랫폼을 기반으로 생산설비/장비 등을 연계·분석하여 직접 제어 및 통제가 가능한 플랫폼을 제공하고 있다. 즉, 생산현장에 있는 설비, 장비, 도구, 엑추에이터, 센서의 종류에 구애받지 않고 데이터를 주고받을 수 있



<그림 8> SKALA 종합구성도



<그림 9> SKALA CPS 기반 Platform

는 호환성을 확보하며, 애플리케이션 층(ERP, PLM, SCM 등)과 상호호환이 가능한 개방형 플랫폼을 제공함으로써 연결성갭 문제를 해결하고 있다. SKALA는 생산・제조 시뮬레이션, 분석 및 예측(Analytics/Predictive), Smart 제어, 그리고 안전한 환경관리를 가능하게 한다(SKC&C Blog, 2016).

4.2 상황인지기술과 CPS

CPS의 실현을 위해서는 상황(또는 맥락, 콘텍스트)을 인지하는 센서기술과 이와 연관된 첨단기술들의 이해가 필요하다. 여기에서는 U-City에서 연구되고 있는 상황인지 및 모니터링 기술, 지능형 교통 시스템(Intelligent Transportation System)의 차량 간 통신 기술(Connected Vehicle Technology, CV), 의료・헬스케어 시스템의 센서기술을 소개하고자 한다. 이 기술들은 모두 CPS의 구현을 통해 인간-기계의 상호작용, 시스템의 통제력과 효과성을 극대화할 수 있는 영역들이다.

4.2.1 U-City 인프라

조재혁(2010)은 지능적 U-City의 구현에 필요한 상황인지 및 모니터링 기술을 제안하였다. U-City가 지향하는 스며드는 컴퓨팅(pervasive computing) 환경은 다양한 기능・기기들이 지능형 IoT를 기반으로 주변 상황을 실시간으로 인식하고 상황인지 서비스를 제공할 수 있어야 한다. 이를 위해 모든 기기간의 기본 정보, 사용자 정보, 환경 정보 등을 공유해야 하며 사용자의 상태 및 환경 등을 인식할 수 있어야 한다. 초기 유비쿼터스 컴퓨팅에서는 단순히 센서가 입수한 데이터, 즉 한 종류의 데이터와 연관되어 있었지만 최근 센서 기술이 발전되면서 매우 다양해진 데이터를 정의하고 표현하는데 필요한 온톨로지(ontology)가 필요해졌다(김성아, 김갑득, 2009; 조재혁, 2010).

OWL(Web Ontology Language)을 사용한 온톨로지는 U-City의 네트워크에 연결된 센서나 장비에서의 원시정보를 구조화하고 각 기능간의 상호 연계성 정보를 표현하는데 매우 유용하다. 이 기술은 제조현장의 상황을 인지하고 모니터링하여 기계, 설비 그리고 제품에 관련된 상황정보를 CPS에 보내고 이를 기반으로 필요한 통제활동의 구성을 도울 수 있다.

상황(콘텍스트) 인지는 작업자(또는 CPS)와 물리적 기계가 긴밀하게 상호작용을 통해 적절한 통제방안을 예측해야할 때 필요하다. 상황예측은 기계, 설비 그리고 제품(가공 중인 것 포함)의 상태가 설정한 통제의 범위를 벗어나는지를 실시간으로 모니터링하고 대응하는데 필요하다. 경험에 의한 학습과 상황 적응과정에 대해 콘텍스트 활용도 평가 정보는 측정된 콘텍스트 패턴으로부터 추출할 수 있다. 콘텍스트 예측은 다양하고 계층적인 데이터 추상화 수준의 콘텍스트 정보에 대해 적용할 수 있다. 또한 데이터의 추상화(abstraction) 수준은 콘텍스트 학습의 정확성뿐만 아니라 문맥예측정밀도에도 영향을 준다.

CPS 내 예측(추론) 시스템은 필요한 통제행위를 구성(추론)하는 것을 목표로 하므로 기계, 설비, 제품, 작업자의 콘텍스트를 실시간으로 센서가 인식해야 하며 우선순위별 대안적 통제행위들을 제공할 수 있어야 한다. 미래에 수행할 통제행위를 결정하는 것은 계획 인지 문제

에 해당된다. 계획 인지 기법은 추론 요소들이 분산처리환경에서 센서 데이터를 이용하여 추론하는데 다양한 추상화 수준에서 다른 요소의 콘텍스트 정보를 결합하고 재해석하는 과정을 반복한다.

최근 심각한 지진으로부터 더 이상 자유롭지 않은 우리나라도 지진계측기를 활용한 상황인지, 대용량 데이터 수집과 적절한 통제명령을 전달할 수 있는 지능형 IoT, 수집된 빅데이터의 분석역량, 정밀한 지질 및 지형DB를 통해 재난관리자가 상호작용할 수 있는 CPS의 구현이 요구되며 이는 U-City의 중요한 인프라의 한 요소가 될 수 있을 것이다.

4.2.2 지능형 교통시스템 사례

U-City에서 지능형 교통 시스템(Intelligent Transportation System)은 꼭 필요한 핵심 기술이다. DGIST(대구경북과학기술원)의 CPS글로벌센터는 다른 유관기관들과 협력하여 CPS(사이버물리시스템) 기술을 도로 교통 시스템에 적용하여 안전성, 효율성, 보안성을 앞당기는 지능형교통시스템을 연구하고 있다(원명규 등, 2014).

도로교통의 안전성과 효율성을 획기적으로 향상시킬 기술로서 차량 간 통신 기술(Connected Vehicle Technology, CV)을 들 수 있다. 특히 교통상황개선을 위한 통신 프로토콜과 알고리즘의 개발은 자율 주행 자동차와 기존의 차량이 공존하는 복잡한 교통 상황에서 차량 흐름을 효율적으로 통제하는데 매우 필요하다. 예를 들어 Cumulati`e Travel-time Responsive(CTR) 실시간 알고리즘은 각 차량의 누적 이동시간을 차량이 교차로와 접하는 도로 구간에 진입한 시점부터 현재 위치하는 곳에서의 시점까지 시간으로 정의하여 각 도로 구간별 전체 누적 이동시간을 구하고 그 중 최대값에 대응하여 신호등 주기를 자동조절 할 수 있다. 이를 위한 CPS를 구현할 경우, 교통경찰관이 교차로 내 여러 방향의 신호시간에 다양한 값을 설정한 후 교통량을 시뮬레이션한 후 최종 설정 변경을 할 수 있을 것이다.

한편 차량과 차량 간의 통신은 다양한 크기의 차량이 밀집된 지역에서는 통신 효율이 떨어질 확률이 매우 높으며, 통신 에러율이 상승함으로써 치명적인 사고로 이어질 수 있으므로 통신환경의 개선에 필요한 연구도 필요하다. CPS글로벌센터는 방향성을 가진 안테나를 사용하고 해당 안테나의 송신 출력을 효율적으로 조절함으로써 데이터 충돌을 최소화하는 방안을 연구하였다.

DGIST의 CPS글로벌센터는 카네기 멜론 대학이 개발한 차량 간 통신 및 다양한 차량 간 인터렉션 분석을 가능하게 하는 차량 시뮬레이터인 AutoSim과 실제 주행 운전자 환경을 보여주는 Open Driving Simulator(OpenDS)를 연동하는 기술을 개발하였다. 특히 AutoSim은 다양한 차량 이동 모델(Mobility Model)이 적용 가능하며 Dedicated Short-Range Communications (DRSC)를 구현하여 차량 간 통신의 정확한 실험이 가능하다. 연구용으로 개발된 OpenDS는 드라이빙 시뮬레이터로써 다양한 각도에서 운전자의 반응을 기록하고 분석할 수 있고, 여러 가지 차량용 경고 기능 탑재와 다양한 날씨 상황을 표현할 수 있다. 이러한 연구들은 앞서 언급한 상황인지기술과 연결되며 더 나아가 제조현장에서 기계, 설비, 제품 그리고 작업자들 간

에 이루어지는 상호작용(통신) 관리에도 적용될 수 있다.

현재 다수의 자동차제조 관련 기업연구소들(예: 포항 소재 ㈜ 바이엠텍 등)은 차량에 장착할 목적으로 HUD(Head- Up Display)를 연구하고 있다. 운전자의 전방 데시보드에 설치될 HUD는 운행 중인 차량의 실시간 운행상황(예: 인근 차량의 위치, 앞차간 거리 등)을 보여줄 수 있다. 이러한 디스플레이 기술이 제조현장의 CPS의 구현에 적용한다면 기계, 설비, 제품, 작업환경 등을 보다 편리하게 모니터링하고 통제할 수 있을 것이다.

4.2.3 의료・헬스케어 사례

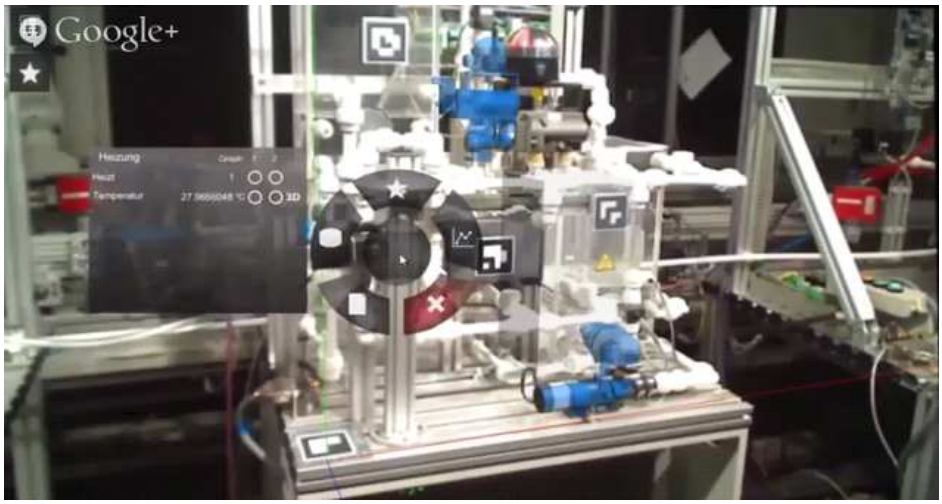
고령화 시대에 진입한 우리나라에 첨단 의료・헬스케어 시스템의 중요성은 날로 증가하고 있다. DGIST의 CPS글로벌센터는 미래의 헬스케어 시스템이라 할 수 있는 '킨텐스(Kintense)'를 개발하였다(원명규 등, 2013). '킨텐스(Kintense)'는 독거노인이나 치매환자의 낙상 사고를 보호하는 시스템이다. 지금까지는 낙상 사고 후 대처하는데 초점을 맞추어왔다면 앞으로는 낙상 사고를 사전에 대비하는 일에 중점을 두고 있다.

모션 디텍션(motion detection)을 위한 키넥트(Kinect) 센서는 독거노인이나 치매환자의 위험한 행동을 미리 예측하고 위험 상황 발생 시 IoT로 연결된 다른 기기의 센서들과 교신하여 상황을 신속하게 전달함으로써 신속하게 사후 대처를 할 수 있도록 돕는다. 특히 낙상사고의 경우, 사전적 위험 상황 판별의 정확도가 매우 중요하므로(사고 후 상황 판단을 잘못할 경우 비용과 인력의 낭비를 초래함) 정확한 위험 상황 분석을 위해 키넥트 센서를 통해 얻는 정보에 기계학습과 추론시스템을 적용하는 지식기반 시스템이 필요하다. CPS글로벌센터는 미국 버지니아대학(University of Virginia)과 공동으로 실제 가정에서 키넥트 센서들을 배치하여 실험과 테스트를 수행하였으며, 현재는 위험 상황 감지정확도를 높이기 위해 다양한 기계학습 알고리즘들을 개발하고 있다.

CPS글로벌센터는 여기에서 한 걸음 더 나아가 노인 및 치매환자들에게 잠재적 위험물이 될 수 있는 상황과 물체들, 예를 들어 바닥의 물, 바나나 껍질 등의 이미지 정보를 처리하여 이것들의 크기, 위치, 거리 정보를 추출하여 환자나 간병인에게 제공함으로써 보다 안전한 생활을 할 수 있도록 돕는다.

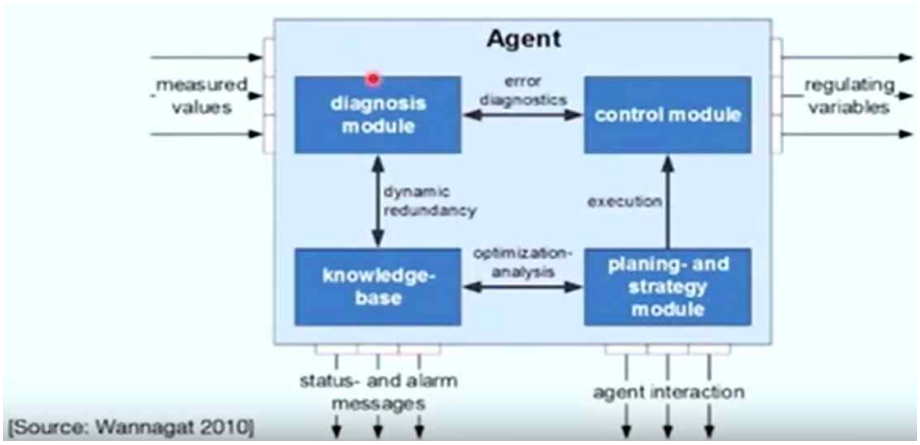
4.3 프로토타입의 구현

독일 요구르트/초콜렛 제조공정 CPS는 흔하지 않은 CPS 프로토타입을 구현한 사례이다(-Ing, 2015). 본 사례는 실험용 요구르트/초콜릿 제조공정에 CPS를 실제 구현하였다는데 의미가 있다. <그림 10, 11>과 같이 모바일 디바이스에서 증강현실로 구현된 컨트롤 패널을 통해 상황데이터를 확인할 수 있고 필요시 통제에 필요한 명령을 내릴 수 있는 소프트웨어 에이전트를 구현하였다. 이 소프트웨어 에이전트는 구체적인 목적을 가진 캡슐화(하드웨어/소프트웨어 통합)된 개체로써 주변 환경과 다른 에이전트들과 자동화모드로 상호작용할 수 있으며, <그림 12>와 같이 CPS의 핵심기술인 자율제어기술이 담긴 4개(진단모듈, 통제모듈, 계획전략모듈, 지식베이스)의 모듈로 구성된다.



<그림 10> 가상공장 컨트롤 패널 화면 (1)

<그림 11> 가상공장 컨트롤 패널 화면 (2)



<그림 12> 소프트웨어 에이전트(지능형 통제 소프트웨어) 개요

• Source: https://www.youtube.com/watch?v=YiJGP9H36Ao&t=1054s

이 가상공장은 여러 개의 제조 사이트의 생산공정들을 하나로 묶는데 사용된다. 사용자는 UML(Unified Modeling Language) 다이어그램에 있는 지시사항에 근거하여 설비를 조작하는 소프트웨어 에이전트에게 필요한 알고리즘을 조작하는 메시지를 보낼 수 있다. UML 다이어그램은 시스템 개발자가 자신의 비전을 구축하고 반영하는데 있어 표준적이고 이해하기 쉬운 방법으로 할 수 있도록 도와주며, 자신의 설계 결과물을 다른 사람과 효과적으로 주고받으며 공유할 수 있는 메커니즘을 제공하는 도구이다. 즉 사용자는 메시지처리 알고리즘을 통하여 멀티 에이전트 시스템과 소통함으로써 물리적 공장을 원격에서 제어할 수 있다. 이 알고리즘은 보내온 메시지를 처리할 수 있고 공장의 상태를 조사한 후 그 메시지에 적절하게 대응할 수 있도록 한다.

이 사례는 CPS 구현에 관한 최신 방법론과 접근방법을 소개하고 있다. 실험실 공장 구현을 통해 엄청난 양의 센서 데이터를 처리하는 일, 실시간 요구사항에 대응하는 일, 분산생산시스템의 유연성을 확보하는 일 등의 주제를 다뤘다. 그렇지만 PLC(Programmable Logic Controller)와 같은 자동화 기술의 한계와 인간의 지적능력을 넘는 복잡한 시스템이 최신 접근방법의 실현을 가로막고 있다. 이러한 도전을 극복하기 위해서는 정보학(informatics)으로부터 나온 다양한 기술들을 공장자동화에 적용해야 한다. 이 사례에서 소개된 소프트웨어 에이전트는 물리적 시스템(physical system)에 대응하는 지능형 사이버시스템(cyber system) 기능을 수행하며, 이를 통해 자율적 의사결정, 협업과 소통 그리고 데이터마이닝에 기반한 진단 서비스를 제공할 수 있다.

4.4 국내 CPS의 현실과 한계

전 세계 CPS 시장은 연평균 21.8% 성장하여 2020년에는 약 1.2조 달러로 전망되며, 국내는 연평균 32.8% 성장으로 약17.1조원 규모로 성장할 것으로 전망되고 있다. 그러나 이러한 현실에도 불구하고 우리나라 중소기업의 스마트팩토리에 대한 인식은 매우 낮은 수준에 머물러 있다(중소기업중앙회, 2014). 응답기업의 62%는 정부의 스마트 공장 관련 정책을 인지하지 못하고 있으며, 79%는 스마트 공장의 도입 의사가 없다고 응답하였다. 실제적으로 중소기업의 82.3%는 아날로그 생산데이터를 디지털화하는 기초적 단계에 머물러 있지만 정부가 제시하고 있는 제조업 혁신 플랫폼의 수준은 지나치게 높아 현실과 정책 간에 큰 괴리가 존재하고 있는 것 같다.

CPS의 구현에 필요한 첨단 기술과 이론 그리고 기술사례들이 상당히 있음에도 이를 활용하여 스마트팩토리를 추구하고자 하는 중소기업들의 동기와 역량 그리고 학계의 노력은 많이 부족해 보인다. 아울러 대기업을 중심으로 도입되고 있는 스마트팩토리 솔루션은 CPS기능을 추구하지만 아직 사물 간 통신(IoT)기술이 원숙하지 못하여 실시간 최적화가 미흡하고 중앙통제시스템의 지능화 속도가 느려 휴먼 에러의 위험이 여전히 상존하고 있다. 현재 중앙통제센터에 전문기술 및 관리 인력이 배치되어 화면의 신호 또는 모바일로 전송된 정보를 통해 생산현장을 모니터링하고 있지만 아직 실시간으로 지능화된 대응체제를 구현하는 단계에

는 이르지 못하고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 학계와 산업계의 지속적인 연구가 필요한 실정이다.

Ⅴ. MIS와의 관련성, 연구기회 및 교육

앞서 전통적인 MIS(ERP, SCM, CRM 등)분야와 자동화제조시스템(automated manufacturing system) 사이에 존재하는 연결성 갭과 이 갭을 이어줄 CPS(Cyber Physical System)의 가능성을 설명하였다. 지금까지 ICT분야 전문가들은 스마트팩토리를 가능하게 하는 원격·자동·통제시스템의 일환으로 CPS에 접근해 왔기에 전통적인 MIS분야와 연계될 수 있는 부분에 대해서는 거의 관심을 두지 않았다. 따라서 지금부터라도 MIS 전문가들은 다음과 같은 방향으로 연구주제를 확장할 필요가 있다.

5.1 제조정보공유와 유관 소프트웨어 개발

CPS를 통해 수집되는 물리적 기계시스템에 대한 데이터를 경영자가 참조할 수 있는 핵심성과지표(KPI, key performance indicator) 또는 핵심성공요인(CSF, critical success factor) 정보로 가공하는데 필요한 비즈니스 어플리케이션들을 기획·개발하고 현업사용자, 특히 경영자들을 위한 데이터의 시각화 전략을 수립할 필요가 있다. 예를 들어, 3D PI(process innovation)시스템을 구축하여 작업자가 생산관련 정보를 실시간으로 모니터링하고 생산스케줄링, 제조현황, 품질정보, 출하정보 등을 마케팅부서(영업사원), 공급업체, 고객들과 공유할 수 있는 아키텍처와 플랫폼 연구를 할 필요가 있다. 이를 위해 기존의 SCM, CRM, 인터넷 전자상거래 인프라와의 연동이 필요하며, 통합 CPS를 통해 축적되는 데이터를 MIS(ERP, SCM, CRM 등) 애플리케이션들이 활용할 수 있도록 돕는 미들웨어와 임베디드 S/W의 개발이 필요하다. CPS와 생산관리시스템(MES) 간 통신미들웨어관리시스템, 빅데이터 미들웨어, CPS용 통신망 기반 제어시스템들을 예로 들 수 있다(임명성, 2016).

한편, 사내 현업사용자와 사외 이해관계자와 공유함으로써 가치를 제고할 수 있는 데이터와 데이터분석 내용을 열거하면 다음과 같다.

1) 설비 제어: 실시간 설비 모니터링, 장비의 원격 제어, 제조일정 지연 통보 및 대응책 마련, 이상 징후 예측 및 대응방안 생성 등

2) 에너지 효율화: 에너지 소비량 파악, 환경오염도 파악 및 원격검침, 공장환경 영향 평가 및 환경이상 원인 분석, 에너지 사용실적 집계 및 패턴 분석 등

3) 물류 효율화: RFID 기반 재고 수량 정보의 자동 전송, 공정별 재고 진행사항 추적 및 적정 재고량 분석, 3D 디지털 맵 기반으로 최적 이동 경로 안내 등

5.2 제조(생산)지원시스템의 구현

CPS를 통해 다음과 같은 제조(생산) 현장 지원시스템 구현과 관련한 연구들을 수행할 수 있다.

1) 문제 진단 및 사전대응 시스템의 개발: 방대한 모니터링 데이터를 빅데이터로 축적하여 공정·품질관리에서 발생할 수 있는 문제를 사전에 인지하여 예방할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다. 분석한 데이터를 근거로 사전에 문제를 인지하기 위해서는 판단에 필요한 지식기반(knowledge base)이 조성될 필요가 있다. 구체적으로 문제유형에 따른 사전대응방안(시나리오)을 작성·제시할 수 있는 연구와 빅데이터, Analytics, 클라우드, AI기술의 적용과 관련한 연구가 필요하다(장영재, 2015). 예를 들어, 유한킴블리는 기저귀 생산공정에서 발생하는 불량의 원인(예측요인)을 찾기 위해 공정과정의 센서가 축적한 빅데이터를 활용하는 프로젝트를 한 대학의 연구소와 공동으로 진행하고 있다.

2) 시뮬레이션 모델링: 운영시스템(예: 제조설비 및 물류설비)을 2D 또는 3D로 모델링하고, 기업이 제공하는 실제 운영값을 모델의 파라미터(parameter)로 지정한 후, 문제해결에 필요한 대안들(예: 기계배치, 설비종류 등)의 성과를 미리 측정해 봄으로써 최적의 성과를 내는 대안을 선택할 수 있도록 돕는 의사결정 및 계획지원 연구도 가능하다. 구체적으로 2D, 3D 계획용 시뮬레이션 모델을 구축하기 위해서는 모델을 구성하는 각종 상수 및 변수에게 운영값이 필요하다. 이때 실시간 모니터링을 통해 수집한 운영데이터(상황정보)와 이것의 분석결과 값을 활용할 수 있다. 또한 일정 시점에서 다수의 주문들을 모아 최적의 생산(납기준수, 원가최소화 등) 스케줄링을 짜주는 시스템, 주문을 생산하는데 필요한 최적 공정(프로세스)의 설계를 지원하는 연구도 필요하다.

3) 생산실행검증시스템의 개발: 생산실행(manufacturing execution) 전에 요구되는 여러 요건들(자재준비, 기계 및 장비 준비 등)을 검증한 후 자동으로 생산실행에 필요한 명령어를 생성하는 시스템의 개발도 필요하다.

5.3 MIS 교육 커리큘럼의 확대

우리나라 제조업의 생산성(45/100)은 OECD 평균(90/100)의 반에 미치지 못할 정도로 낮다. 이는 생산성 향상을 위해 제조공정에 ICT의 융복합과 혁신을 위한 노력이 더욱 요구된다는 것을 의미한다. 뿐만 아니라 제조부분의 R&D 활동비율과 4개 분야 혁신활동(제품, 공정, 조직, 마케팅)이 차지하는 백분율도 각기 22.3%, 30.9%(2011~13년 활동에 참여한 기업의 수를 전체 기업수로 나눈 값)이다(OECD, 2016). 그럼에도 MIS 전공 및 학과(학부와 대학원)가 생산·제조부문의 자동화 및 지능화와 관련된 ICT 그리고 전통적인 MIS와의 연계성 제고를 위한 첨단기술교육을 체계적으로 하지 않을 경우, 우리 경제의 큰 부분을 차지하고 있는 제조분야의 R&D 및 혁신활동에서 MIS 전공자가 기여할 수 있는 적지 않은 기회를 놓치게 된다. 이에 ERP, SCM, CRM, 인터넷전자상거래 등으로 구성된 전사적 시스템(Enterprise Systems)을 제조(생산)시스템의 자동화, 지능화, 스마트화와 연계한 ICT융복합 주제를 MIS 커리큘럼에 녹여 넣을 필요가 있다. 현재 일부 대학들이 「기술경영」, 「생산운영관리」라는 과목을 개설하고 있지만 지나치게 R&D 기획, 생산 및 혁신전략과 같은 이론 중심이어서 제조

(생산) 부문의 자동화기술 및 ICT융복합에 대한 내용은 충분치 않은 실정이다.

참고문헌

Deloitte, 딜로이트, 안진회계법인, “인더스트리 4.0”, 2015.1.5.

KEIT, 이규택, 이건재, 임채덕, KEIT, “CPS (Cyber-Physical System)”, 한국산업연구원, 2015.

KEIT, “미래 제조혁신을 위한 스마트공장의 이슈와 과제”, 한국산업연구원, 제620호, 2015.10.30.

KITA, “중소・중견 제조기업의 스마트팩토리 구축을 위한 제언”, 국제무역연구원, 제2호, 2016.5.

김대근, 박만곤, “인더스트리4.0 기반 사이버물리시스템과 생산관리시스템간의 미들웨어 구축을 통한 수평적 통합”, Journal of Korea Multimedia Society, 제17호, 제12권, 2015 Dec., pp. 1484-1493.

김성아, 김갑득, “도시공간정보와 통합된 에너지모니터링 가시화 환경연구,” 대한건축학회지-계획계, 제25권, 제7호, 2009, pp. 99-106.

박경준, 강미선, 손성화, “사이버물리시스템의 개요 및 통신망 관련 이슈 분석”, 한국통신학회지(정보와통신), 제29권, 제5호, 2012, pp. 98-105.

박정민, 강성주, 전인걸, 김원태, “네트워크 기반 자율제어 CPS(Cyber-Physical Systems) 기술”, 한국통신학회지(정보와 통신), 제30권, 제10호, 2013, pp. 86-92.

박호철, 김기형, 이주연, 왕지남, 김광석, 손태식, “스마트 팩토리를 위한 CPPS (Cyber Physical Production System)”, 한국정보과학회, 2014.

원명규, 정덕우, 강정훈, 박태준, 손상혁, “사이버물리시스템 기반의 스마트 시티 기술”, 한국통신학회지(정보와 통신), 제31권, 제8호, 2014, pp. 45-53.

원명규, 박태준, 손상혁, “사이버물리시스템의 현재와 미래 : 응용 어플리케이션 관점에서의 접근”, 한국통신학회지(정보와 통신), 제30권, 제10호, 2013, pp. 62-69.

임명성, “제조업과 정보통신기술의 융합: 스마트 팩토리 4.0에 기반한 한국 제조업 3.0 성공전략,” 디지털연구, 2016.3., pp. 53-71.

장영재, “빅데이터, 비즈니스 애널리틱스, IoT: 경영의 새로운 도전과 기회,” 정보시스템연구, 제24권, 제4호, 2015, pp. 139-152.

조재혁, “U-City에서 상황인지 및 예측을 위한 모니터링 시스템에 관한연구,” 한국정보기술학회논문지, 제8권, 제4호, 2010, pp. 81-90.

최종민, “생산기술 첨단화에 따른 관리회계정보시스템 전략적 연계가 생산성과에 미치는 영향,” 정보시스템연구, 제26권, 제2호, 2017, pp. 25-42.

Birgit Vogel-Heuser, CPS Workshop, available at https://www.youtube.com/

watch?v=YiJGP9H36Ao (뮌헨기술대학교 자동화/정보시스템학과) 발표자료, 2015.6.30.

Research and Markets, “Global Machine Condition Monitoring Market Outlook 2020”, 2016.

SKC&C blog, 2016, available at http://skccblog.tistory.com/2914.

최 무 진 (Choi, Moo-Jin)

고려대학교 경제학과에서 학사를 마쳤으며, Georgia State University에서 경영학으로 석사 및 박사학위를 취득하였다. 현재 계명대학교 경영대학 경영정보학 전공 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 의사결정지원, 생산정보기술, 기술경영 등이다.

박 종 필 (Park, Jong-Pil)

연세대학교 정보시스템 전공으로 박사학위를 취득하였으며, 현재 경남대학교 경영대학 경영정보학과 조교수로 재직하고 있다. 주요 관심 연구분야는 제4차 산업혁명, 스마트팩토리, 미래트렌드 예측 및 미래경영 전략기획 등이다.

<Abstract>

CPS(Cyber Physical System) & Research Opportunities for MIS

Choi, Moo-Jin · Park, Jong-Pil

Purpose

Recently, much attention in building smart factory has dramatically increased with an emergence of the Industry 4.0. As we noted a connectivity gap between main concerns of MIS and the automated manufacturing systems such as POP and MES, it is recommended that CPS (Cyber-Physical System) can be an important building block for the smart factory and enrich the depth of MIS knowledge. Therefore, first, this study attempted to identify the connectivity gap between the traditional field of MIS (ERP, SCM, CRM, etc.) and the automated manufacturing systems, and then recommended CPS as a technical bridge to fill the gap. Secondly, we studied concepts and research trend of CPS that is believed to be a virtual mechanism to manage manufacturing systems in an integrated manner. Finally, we suggested research and educational opportunities in MIS based on the CPS perspectives.

Design/methodology/approach

Since this paper introduced relatively new idea of CPS originally discussed in the field of engineering, traditional MIS research method such as survey and experiment may not fit well. Therefore this research collected technical cases through literature survey in engineering fields, video clips from Youtube, and field references from various ICT Exhibitions and Conventions. Then we analyzed and reorganized them to highlight the necessity of CPS and draw some insight to share with MIS academia.

Findings

This paper introduced CPS to bridge the connectivity gap between the traditional MIS and automated manufacturing system (smart factory), a concern far away from the MIS academia. Further, this paper suggested future research subjects of MIS such as developing software to share big production data and systems to support manufacturing decisions, and innovating MIS curricula

including smart and intelligent manufacturing technology within the context of traditional enterprise systems.

Keyword: Smart Factory, Cyber-Physical System (CPS), Factory Automation, simulation

* 이 논문은 2017년 9월 19일 접수, 2017년 11월 13일 1차 심사, 2017년 12월 3일 게재 확정되었습니다.