

2015.5.12 (제6호)
ICT 융합 Issue Report

인더스트리 4.0 구현을 위한 Cyber Physical System (CPS)

김은

인더스트리 4.0 구현을 위한 Cyber Physical System (CPS)

ICT 융합 Issue Report (통권 제6호)
2015.5.12. (2015년 제2호)

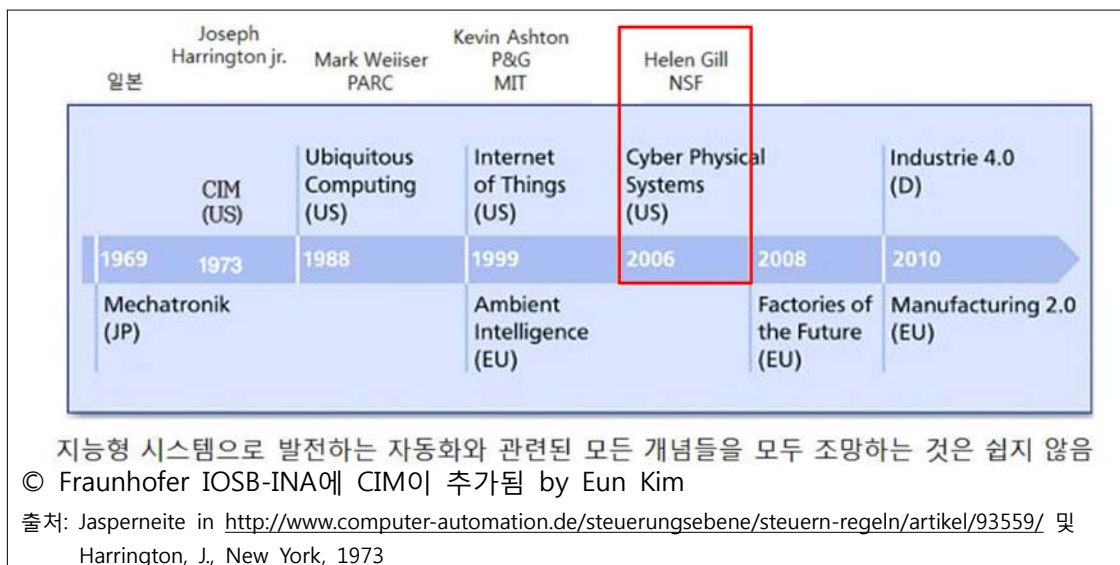
1. 서론
2. 인더스트리 4.0의 기술적인 측면에서
본 구성요소
3. CPS의 구성요소
4. CPS 기능 및 관련 기관
5. 결론

김 은

(사) 한국ICT융합네트워크

머 리 말

Cyber Physical System(CPS, 사이버 물리 시스템)라는 용어는 미국 NSF(National Science Foundation, 미과학재단)의 Helen Gill이 2006년도에 최초로 사용한 이후 (그림 참조), 미국에서 CPS는 2007년 8월에 CISE (Computer and Information Science and Engineering) 분야와 Engineering 분야 NSF 이사회에서 연구 지원 프로그램으로 채택되었다. (김원태 등, 2010 참조; 원전 출처: www.nitrd.gov/pubs/).



이는 CPS 자체의 과학기술적 중요성 뿐만 아니라 미국의 안전과 경쟁력을 유지시키는 주요 분야(국방, 항공우주, 자동차, 화학, 도시기반, 에너지, 국민건강, 제조업, 재료 및 교통 분야 등)에 끼치는 엄청난 파급효과가 고려되었으며, 미국 대통령과 학정책자문위원회 (the President's Council of Advisors on Science and Technology: PCAST) 리포트인 “Leadership Under Challenge: Information Technology R&D in a

Competitive World” 권고에 따른 것이다 (김원태 등, 2010 참조). “NSF CPS 프로그램의 궁극적 목표는 앞서 언급한 모든 응용 도메인에서 컴퓨팅 요소와 물리 요소의 결합을 지원하는 공통 기반 기술을 찾아내는 것이다. 즉, 미국에서는 CPS를 학제 간 (Interdisciplinary) 연구를 필요로 하는 범국가적인 핵심 연구 대상으로 파악한 것이다.” (김원태 등, 2010).

CPS와 관련해서는 이미 많은 자료가 존재한다. 예를 들어 amazon.com에서 “Cyber Physical System”으로 검색하면 2015년4월20일 현재 954권의 책이 검색된다. 물론 이 책들이 모두 CPS를 주제로 CPS만을 집중적으로 다룬 책은 아니다.

CPS 개념을 이해하기 위해 비 전문가들이 많은 량의 문서를 읽는 것은 쉽지 않다. 그러나 어려운 개념을 쉽고 적은 문서로 이해하는 것도 용이하지 않으며 적절한 책을 찾는 것은 더욱 어렵다.

본 Issue Report는 연구보고서가 아니라 동향보고서로 CPS에 대한 문서를 새로 작성하기 보다는 기존에 작성된 문서를 번역·인용하는 형태¹⁾로 활용하여 비 전문가들의 CPS에 대한 이해를 돕고자 발간되는 것이다.

미국에서 만들어진 새로운 개념들이 어느 정도 시간이 지난 후 독일에서 후발주자들이 보다 쉽게 이해할 수 있도록 잘 요약·정리되는 경우가 있다.

1) 본 Issue Report에서 번역·인용한 문서는 별도의 인용 표시 (“...”) 없이 Box 안에 고딕체로 표기하였음

독일 amazon.de에서는 Cyber Physical Systems의 독일어인 “Cyber Physische Systeme”으로 검색할 경우 2015년4월20일 현재 amazon.com에서 검색되는 숫자보다는 훨씬 적은 26권의 책만이 검색된다. 또한 이 책들은 모두 CPS만을 주제로 집중적으로 다룬 것도 아니다.

amazon.de에서 검색되지는 않으나 인터넷 검색에서 찾을 수 있는 특히 주목할 만한 책 가운데 하나로 acatech POSITION; Cyber Physical Systems(acatech, 2011)을 들 수 있다.

acatech POSITION은 CPS에 대해 국가차원에서 독일에서는 CPS를 어떻게 보아야 할 것인가를 분석한 보고서이다. acatech POSITION에는 다음과 같은 내용이 정리되어 있다:

- CPS의 잠재력,
- CPS와 관련된 독일의 과제,
- 독일에서의 CPS 개발과 관련된 명제,
- 향후 추진 과제 등에 대한 내용이 정리되어 있다.

그리고 acatech POSITION에서는 Mobility (이동), Medicine/Living, Smart Grid (에너지), Factory (공장) 등 네 개 분야에서 CPS 활용을 중점적으로 다루고 있다.

이후 2012년에는 독일 연방 정부의 지원 하에 독일에서 향후 CPS에 대해 어떻게 해야 하는 지를 다룬 약 300페이지에 달하는 연구보고서인 agendaCPS - Integrierte Forschungsagenda (통합된 연구 아젠다) Cyber-Physical Systems (Geisberger/Broy, 2012)가 발간되었다.

원래 국가차원에서 CPS에 대해 다루기 위해서는 독일에서 다룬 방식과 유사하게 아래와 같은 분석이 필요하다:

- CPS가 무엇이며, CPS의 주요 적용 분야는 어디인가?
- CPS가 우리에게 왜 중요한가, 즉 CPS가 국가차원에서 우리에게 미치는 파급효과 및 CPS가 우리에게 주는 의미는?

본 Issue Report에서는 최근에 독일에서 발표한 이후에 전 세계적으로 많은 관심을 끌고 있는 미래형 공장, 즉 인더스트리 4.0 구현을 위해 필요한 CPS의 활용에 대해서만 간략하게 다룬다.

ICT 융합을 통해 새로운 제품과 서비스 창출이 점점 더 중요해지는 상황에서 향후에 국내에서도 임베디드 시스템에서 한 단계 더 발전한 CPS에 대해 많은 전문가들이 보다 많은 관심을 가지고 다양하고 포괄적으로 다룬 자료가 발간되어 CPS의 잠재력이 이해되고 활용되기를 바란다.

2015.5

(사)한국ICT융합네트워크
상근부회장 김 은

요 약 문

- Cyber Physical Systems(CPS, 사이버 물리 시스템)는 물리적인 실제 시스템과 사이버 공간의 소프트웨어 및 주변 환경을 실시간으로 통합하는 시스템을 일컫는 용어로 기존 임베디드시스템의 미래 지향적이고 발전적인 형태이며 다양한 분야에서 활용될 수 있음.
- CPS의 적용 대상 분야는 국방, 자동차 (Smart Car 및 Autonomous Vehicle), 항공우주, 의료, 주거 (Smart Home), 공공기초 시설, 교통/운송 시스템 (Logistics 4.0), 에너지 (Smart Grid), 수자원관리시스템, 공장 (Smart Factory) 등 복잡한 핵심 인프라 모두가 대상이 됨
- 여기에서는 인더스트리 4.0 및 스마트 팩토리 구현에 필요한 내용을 중심으로 다룸

- 인더스트리 4.0 구현을 위한 구성요소를 기술적인 측면에서 분류하면 ① 임베디드 시스템들, 지능형 객체들 및 CPS ② 스마트 팩토리 ③ 강력한 네트워크 ④ 클라우드 컴퓨팅 ⑤ IT 보안 등으로 분류됨

- 스마트 팩토리 구현을 위한 주요 기술에는 스마트 센서, 기능들, 스마트 액츄에이터, 정보처리 기능, 사용자 인터페이스 (인간 기계 인터페이스), 통신 인터페이스 등이 있음

- 인더스트리 4.0과 스마트 팩토리 구축과 관련하여 CPS 구현을 위한 공급 기관으로는 스마트 센서 공급업체, 스마트 액츄에이터 공급업체, 사용자 인터페이스 공급업체, 통신 인터

페이스 공급업체, 관련 SW 공급업체, CPS Integrator 등이 있으며, 이러한 관련 기관의 확인은 국내 관련 기업들에게 새로운 사업 기회를 알려줌

- 전 세계적으로 관련 기술의 활용이 향후 지속적으로 확대될 것으로 예상되는 CPS의 잠재력을 국내에서도 활용하기 위해서는 국가차원의 전략 수립이 시급히 필요함

목 차

1. 서론	1
2. 인더스트리 4.0의 기술적인 측면에서 본 구성요소	5
2.1 임베디드 시스템, 지능형 객체 및 CPS	6
2.2 Smart Factory	8
2.3 강력한 네트워크	9
2.4 Cloud Computing	10
2.5 IT 보안	11
3. CPS의 구성요소	12
3.1 CPS의 정의 및 역할	12
3.2 별첨: 메카트로닉스 시스템	13
3.3 Cyber Physical System의 구조	15
331 Cyber Physical System의 새로운 기능 및 특성	17
332 스마트 센서	19
333 기능	22
334 스마트 액츄에이터	24
335 User Interface (Human Machine Interfaces)	26
336 Communication Interface	27
337 CPS Integrator에 대한 요구사항	29
338 Business Model	30
4. CPS 기능 및 관련 기관	34
5. 결론	36
약어모음	37
참고자료	38

그림 목차

[그림 2-1] 인더스트리 4.0에서 고려되어야 할 기술 분야	5
[그림 2-2] 인더스트리 4.0 기술 분야	5
[그림 21-1] 임베디드 시스템으로부터 CPS로의 진화	6
[그림 32-1] 메카트로닉스의 기본 구조	14
[그림 33-1] Cyber Physical System의 구조	15
[그림 33-2] 규모에 따른 CPS의 분산화 (Decentralization)	17
[그림 332-1] 측정 체인	20
[그림 332-2] 스마트 센서들 및 센서 NW	21
[그림 334-1] 액츄에이터 구조도	25
[그림 338-1] 제품 및 서비스 발전에 있어서 패러다임의 변화	31
[그림 338-2] 제조 수단의 생산 및 거기서 도출된 비즈니스 모델에 대한 전략	32
[그림 4-1] 기술 중심의 공급자 유형 분류	34

표 목차

[표 336-1] 데이터 전송 기술	28
---------------------------	----

1. 서론

- 최근 독일에서 ICT 융합의 일환으로 추진한 인더스트리 4.0이 발표된 이후 전 세계적으로 많은 주목을 받고 있음
- “인더스트리 4.0” 개념에 대해서는 「[별첨] 인더스트리 4.0 - 개념적 접근」에서 언급된 바와 같이 독일에서도 많이 논의되고 있음. 그러나 아직은 모두에게 수용 가능한 인더스트리 4.0의 개념 및 정의는 존재하지 않음

[별첨] 인더스트리 4.0 - 개념적 접근 (BITKOM/Fraunhofer IAO, 2014, 18)

인더스트리 4.0 개념은 최근에 많이 논의되고 있음. Fraunhofer IAO (2014) 보고서 작성을 위한 연구에서 조사된 인더스트리 4.0에 대한 목표 방향 및 관찰 분야에 있어서 104개의 특징들, 설명들 및 정의들은 매우 다름. 인더스트리 4.0에 대해 하나의 명확하고 모두에게 일반적으로 수용되는 설명은 아직까지는 존재하지 않음.

상기한 연구를 위한 인더스트리 4.0 정의는 『Platform Industrie 4.0』에서 정의한 내용을 활용함:

》인더스트리 4.0의 중심에는 복잡한 시스템의 역동적인 관리를 위한 사람들, 기계들, 객체들 그리고 ICT 시스템들의 실시간 가능하며, 지능적이며, 수평적이고 수직적인 네트워킹이 있음.《

이러한 정의를 기반으로 인더스트리 4.0에게 기술적으로 영향을 미치는 분야는 해결됨. 이러한 분야에는 기술 분야가 정의되며, 이러한 분야는 특히 강력하게 인더스트리 4.0 기술에 의해 영향을 받음. 모든 인더스트리 4.0 기술에 대한 특징은 사람들, 기계들, 객체들 및 ICT시스템들의 지능적인 네트워킹을 가능하게 하는 것임. 기술 분야들을 정하기 위한 추가 기준은 첫 번째 프로토타입형 인더스트리 4.0 응용이 존재하는 것임. 인더스트리 4.0에 대한 기술 분야 및 영향을 미치는 분야의 명확한 경계는 불가

능함. 그러나 선정된 기술 분야는 이러한 기술이 가치창출사슬에 미치는 파급효과를 추정할 수 있는 하나의 플랫폼이 됨. 이러한 기술이 가치사슬에 미치는 파급효과는 산업별로 다름. 따라서 6개 분야에 대한 파급효과와 잠재력이 조사되었음.

[그림 2-1]에 명기된 기술 분야는 파급효과 및 잠재력 분석을 위해 설명됨 (BITKOM/Fraunhofer IAO, 2014, 18ff.)

- 현재 인더스트리 4.0에 대해 가장 많이 활용되고 있는 개념은 『**Plattform Industrie 4.0**』 (<http://www.plattform-i40.de/>)에서 내린 정의임 (“인더스트리 4.0” 개념 및 비전은 「[별첨] 인더스트리 4.0의 정의」 참조)

[별첨] 인더스트리 4.0의 정의

인더스트리 4.0이 (우리에게) 무엇인가:

<http://www.plattform-i40.de/blog/was-industrie-40-f%C3%BCr-uns-ist>

공표: 2013.7.5.

인더스트리 4.0 플랫폼¹⁾ 조정위원회는 2013년7월4일 인더스트리 4.0 개념과 비전을 확정했음:

인더스트리 4.0 개념은 제4차 산업혁명을 말하며, 제품 라이프 사이클 전반에 걸친 가치 창출 사슬 조직 및 관리에 대한 새로운 형태를 말함. 이러한 라이프 사이클은 점점 더 고객 개인별 요구사항에 맞추고, 아이디어에서부터 주문, 개발, 생산, 배송, 재활용까지 관련됨. 이는 또한 제품과 관련된 서비스를 포함함.

기반은 가치창출에 관련된 모든 조직의 네트워킹을 통해 모든 중요한 정보를 실시간으로 사용 가능한 것과 데이터로부터 항상 최적의 가치창출 흐름을 도출 할 수 있는 능력임. 사람, 객체 및 시스템의 연계를 통해 역

동적이고, 실시간으로 최적화되고, 스스로 조직하는 범 기업적인 가치창출 네트워크가 창출되며, 이는 예를 들어 원가, 사용가능성 및 자원 사용 등과 같은 다양한 기준에 있어서 최적화될 수 있음.

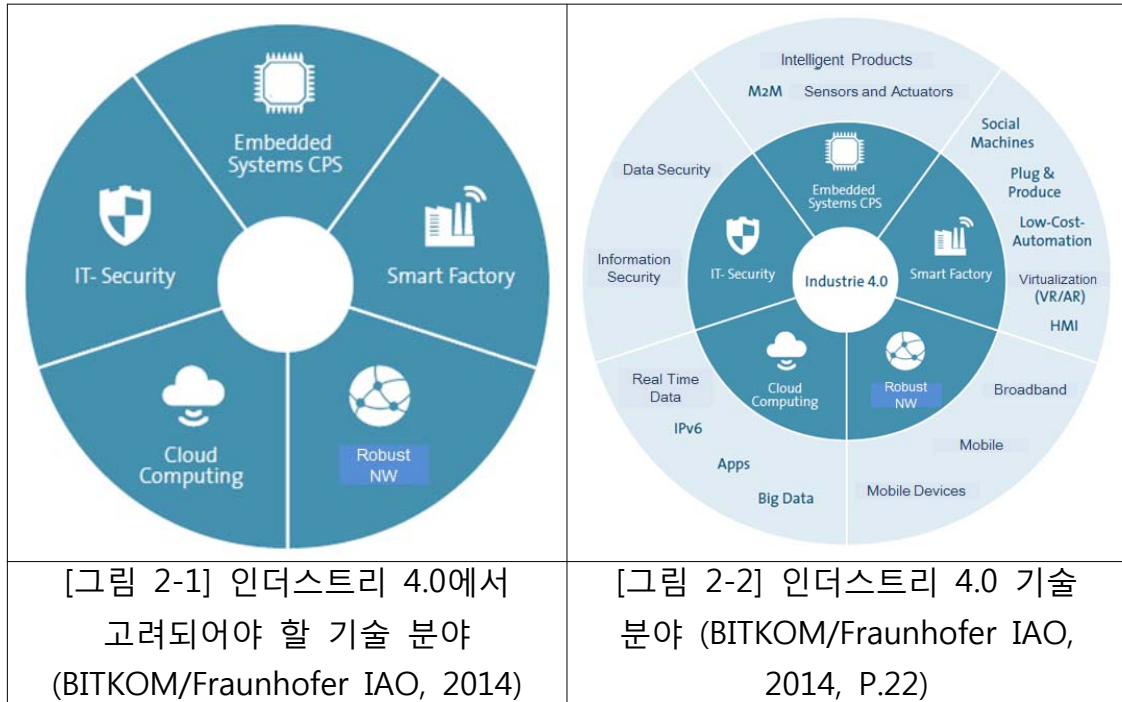
- 상기한 정의에서 인더스트리 4.0에 대한 주요 기술을 설명하기 위해 아래와 같은 내용을 발췌하여 활용함: “인더스트리 4.0의 중심에는 **복잡한 시스템의 역동적인 관리를 위한 사람, 기계, 객체 그리고 ICT 시스템의 실시간 가능하며, 지능적이며, 수평적이고 수직적인 네트워킹**이 있음.” (BITKOM/Fraunhofer IAO (2014) 참조)
- 상기한 내용을 기반으로 BITKOM/Fraunhofer IAO (2014)에서는 인더스트리 4.0에 미치는 기술적인 내용에 대한 이해가 가능하다고 봄
 - BITKOM/Fraunhofer IAO (2014)에서 인더스트리 4.0 기술의 특징은 “**사람, 기계, 객체 및 ICT 시스템의 지능적인 네트워킹을 가능하게 하는 것**”이라고 정리하고 있음
 - 인더스트리 4.0과 관련된 기술 분야들을 정하기 위한 추가 조건은 “**프로토타입형 인더스트리 4.0 응용**”임
 - 인더스트리 4.0에 대한 기술 분야 및 영향을 미치는 분야의 명확한 경계는 불가능하지만 **선정된 기술 분야**([그림 2-1] 참조)는 이러한 기술이 가치창출사슬에 미치는 파급효과를 추정할 수 있는 하나의 플랫폼이 됨
 - 이러한 기술이 가치사슬에 미치는 파급효과는 산업별로 다르므로 6개 분야에 대한 파급효과와 잠재력이 조사되어야 한다고 주장 ([별첨] 인더스트리 4.0 - 개념적 접근」 참조)

1) 인더스트리 4.0 플랫폼은 독일의 대형 산업 협회인 BITKOM, VDMA 및 ZVEI에 의해 설립되었으며 독일 정부의 첨단 기술 전략(Hightech-Strategie)의 미래 프로젝트의 지속적인 발전과 구현을 위한 공동 프로젝트임. (http://de.wikipedia.org/wiki/Plattform_Industrie_4.0)

- BITKOM/Fraunhofer IAO (2014)에 따르면 [그림 2-1]에 명기된 기술 분야는 인더스트리 4.0의 파급효과 및 잠재력 분석을 위해 이해가 필요함

- 본 Issue Report에서는
 - 먼저 인더스트리 4.0의 기술적인 측면에서 본 구성요소(2장)를 간단히 소개함. 그리고
 - CPS의 구성요소(3장)에 대해 상세히 살펴본 후
 - CPS 기능 및 관련자(4장)에 대해 간략하게 살펴봄

2. 인더스트리 4.0의 기술적인 측면에서 본 구성요소 (Fraunhofer IAO, 2014)

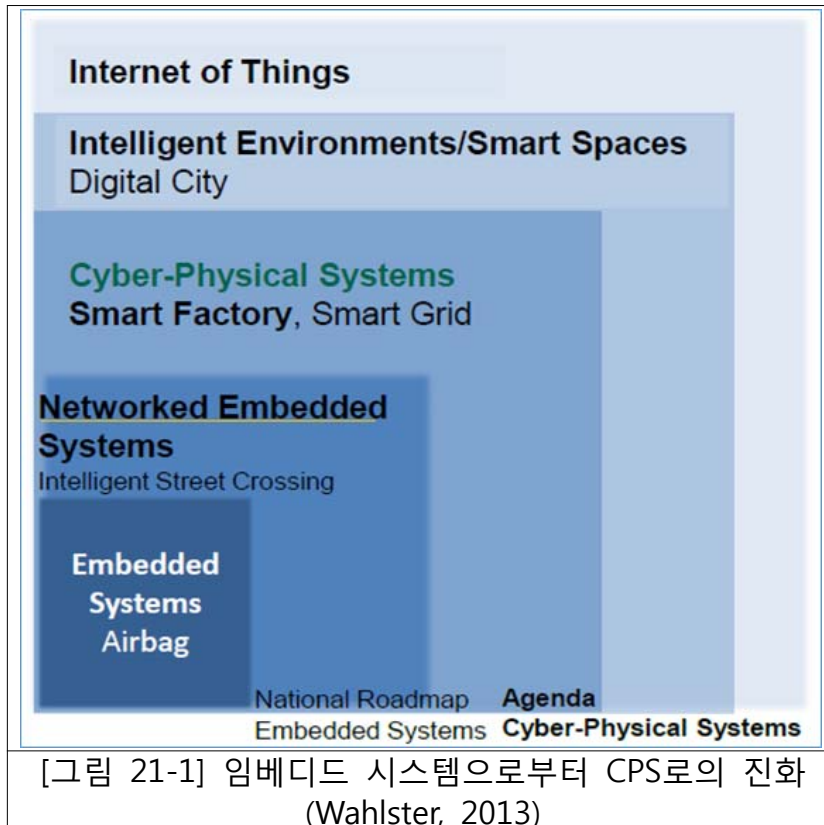


- 인더스트리 4.0구현에 필요한 기술 분야는 BITKOM/Fraunhofer IAO (2014)를 따르면 [그림 2-1]과 같이 다섯 가지로 분류할 수 있음:
 - 임베디드 시스템, 지능형 객체 및 CPS
 - Smart Factory
 - 강력한 네트워크
 - Cloud Computing
 - IT 보안

- 본 Issue Report에서는 BITKOM/Fraunhofer IAO (2014) 자료를 이용해 먼저 상기한 다섯 가지를 간략히 소개함

2.1 임베디드 시스템, 지능형 객체 및 CPS (BITKOM/ Fraunhofer IAO, 2014, 19)

○ 임베디드 시스템, CPS, IoT의 상관관계는 [그림 21-1] 참조



[그림 21-1] 임베디드 시스템으로부터 CPS로의 진화
(Wahlster, 2013)

지능형 네트워킹의 기반은 마이크로 컨트롤러, 통신 시스템, 식별장치, 센서 및 액추에이터 등 현재까지는 수동형 객체로 구성된 장비이며, 이들은 또한 임베디드 시스템으로 칭함.

- 통신 시스템은 무선 및 유선 기반 네트워크와의 상호작용을 보장함.
- 센서는 객체의 직접적인 환경에 대한 데이터를 제공함.
- 식별장치는 객체의 명확한 확인을 지원하며, 바코드 혹은 RFID 트랜스폰더는 식별장치의 예임.
- 액추에이터는 객체 구성요소를 작동시키는 것뿐만 아니라 시각적 및 음향적 정보를 사람들에게 전달하는 것 또한 지원함.
- 마이크로 컨트롤러는 임베디드 시스템의 기본 지능이며 수신된 데이터를

분석하며, 객체의 상태를 규정하고, 의사결정을 준비하며, 이를 실행함.

제조 및 물류에서 **지능형 객체**의 예는 지능형 용기, 공구, 부품 운반기, 적재 지원 도구 혹은 부품임.

- 지능형 용기는 RFID 트랜스폰더를 통해 명확하게 식별할 수 있을 뿐만 아니라 언제나 그것의 위치와 내용 정보를 제공할 수 있음. 위치의 확인을 위해 지능형 용기는 실내·외에서 사용 가능한 위치 측정 및 위치 확인 Positioning 시스템을 사용할 수 있으며, 지능형 용기는 장착된 식별 시스템을 통해 저장되어 있는 객체의 식별장치를 읽을 수 있음. 이 데이터는 WLAN 혹은 휴대전화를 통해 용기 관리자에게 보내짐.

가능한 **인더스트리 4.0 시대의 비전**은 전체 가치창출 프로세스와 제품 라이프 사이클에 있어서 **끊임 없는 지능적인 네트워킹**임.

- **지능형 객체**는 그들의 상태 및 주변 환경에 대해 지속적으로 데이터를 파악함. 제품의 제조 단계 동안 이러한 능력은 주문 흐름, 재료 흐름 및 정보 흐름이 분산되어 스스로 조직화된 self-organised 조율coordination을 위해 사용됨. 사용 단계에서는 수집된 데이터가 예를 들어 검사, 정비 및 수리의 조율을 위해 사용됨. 저장되어 있는 제품 정보는 수명 종료 시에 제품 및 제품 구성요소의 적합한 리사이클링 채널을 선택하기 위해 사용됨.

제조분야의 CPS인 Cyber Physical Production System(CPPS)의 추가 구성 요소는 **지능형 기계**이며, 이것들은 조작자와 상호작용할 뿐만이 아니라 직접 다른 기계, 객체 및 다른 ICT 시스템과 통신할 수 있음. 다른 기계 및 객체와의 직접적인 상호작용은 주문 흐름, 재료 흐름, 정보 흐름의 조율 및 상태 정보의 전달 그리고 검사, 정비 및 수리의 조율을 지원함. 이때에 지능형 객체 및 제품과 비슷한 **지능형 기계**는 자신의 시스템 상태와 진행 중인 프로세스에 관한 데이터를 지속적으로 수집함. 이러한 방법으로 자세한 시스템 도면이 창출되며, 이는 수리를 위해서 뿐만이 아니라 무엇보다도 먼저 기계 제작자(Constructor)가 최적화를 위해 사용함.

사람, 기계, 제품, 객체 및 ICT 시스템의 **지능형 네트워킹**을 통해 만들어진 시스템을 **Cyber Physical System**으로 칭함. 이러한 네트워크 위에서 지능형 시스템은 함께 임무를 수행하거나 함께 목표를 달성하기 위해서 일정

기간 동안 협력함. 지능형 시스템들 사이의 상호작용은 표준화된 인터페이스를 통해 정의된 프로토콜에 따라 진행됨. 표준화된 인터페이스와 모듈의 고정적으로 정의된 상호작용 프로토콜의 사용은 자유로운 교환 가능성과 함께 CPS의 단기적 변화 가능성을 보장함.

2.2 Smart Factory (BITKOM/Fraunhofer IAO, 2014, 20)

지능형 시스템으로 구성된 CPS로서의 제조와 물류 시스템 구축은 스마트 팩토리의 직접적이고 라이프 사이클 동기화를 목표로 하는 관리를 위한 기반을 제공함.

Cyber Physical Production System은 또한 소셜 머신의 네트워크로 이해할 수 있음. 인터넷에서의 소셜 네트워크와 유사하게 지능적인 소셜 머신들은 상호간에 그리고 지능형 객체들과 배경_{context}을 고려하고 포괄적으로 주문과 상태에 대한 정보를 교환하는데 이는 공동으로 흐름과 시간을 조율하기 위한 것임. 기계와 객체로 구성된 소셜 네트워크의 목표는 작업 시간, 품질 및 활용과 관련해 전체적으로 최적의 상황에 도달하는 것임.

기계와 구성요소_{Components}의 빠르고 간편한 교환 가능성은 Plug & Produce를 통해 이루어짐. 표준화된 인터페이스와 상호작용 프로토콜의 기반 위에 기계와 구성요소는 간편하게 교환하고 구성/설정_{Configuration}될 수 있음. 지능적인 기계와 구성요소의 구성/설정은 다른 기계 및 구성요소의 통신을 통해 이루어짐. 구성/설정 방법_{configuration pattern}의 체계적인 파악/확보를 위한 기본 구성들과 절차는 기계에 있음. 수행되어야 하는 업무에 따라 구성 방법이 선택되고 매개변수가 정해짐.

스마트 팩토리에는 또한 사람들도 일함. 부담을 줄이기 위해 사람들은 비용이 저렴한 자동화를 통해 지원될 수 있음. 여기에서는 복잡하지 않고 간단한 자동화를 말하며, 이는 예를 들어 조립 및 처리 어시스턴트를 통해 무겁거나 부피가 큰 부분의 처리를 간단하게 함.

증강/가상현실_{Augmented Reality}을 이용해 복잡한 시스템의 활용 혹은 작업 과

정의 처리가 크게 간소화될 수 있음. 이러한 목적을 위해 스마트 팩토리의 가상 도면에서 나온 정보가 데이터 필터(Datenbrille)를 통해 공장의 실제 도면에 삽입됨.

스마트 팩토리에서 지능적인 객체, 제품 및 기계와 사람 사이의 상호작용에서 사람 기계 인터페이스(HMI – Human-Machine-Interaction 사람 기계 상호작용)의 구성이 특별한 역할을 수행함. 직관적으로 조작 가능한 인터페이스의 개발과 시험은 기계와 장비의 안전한 조작에 크게 기여함. 이는 인더스트리 4.0 기술의 수용성과 직원의 동기부여를 상승시킴.

2.3 강력한 네트워크 (BITKOM/Fraunhofer IAO, 2014, P.21)

스마트 팩토리에서 지능적인 네트워킹의 중심에는 가용성이 높고 실시간 가능한 유무선 지원을 통한 통신 네트워크가 있음.

인터넷을 통해 알려진 광대역 네트워크는 공장에서 인더스트리 4.0 응용을 위한 기반을 만듦. 거기에 더하여 광대역 네트워크는 가용성과 안전성이 높아야 할 뿐만 아니라 제조업 분야에서 대용량 데이터 사용 시 전송 속도가 높아야 함. 추가적으로 광대역 네트워크에는 실시간 기능이 있어야 함.

유선 기반 네트워크 이외에 다이내믹한 제조 및 물류 환경에서 무선 기반 네트워크는 중요한 역할을 함. 기업 내부 영역에서 무엇보다도 Wireless LAN(WLAN)이 사용되는 반면 기업 외부 영역에서는 현존하는 모바일 네트워크가 사용될 수 있음. 두 가지 경우 모두 무선 네트워크가 제조업 분야에서 사용되기 위해서는 계속해서 개발되어야 함. 이는 광대역 이외에 무엇보다도 먼저 안정성, 가용성 및 안전과도 관련됨.

무선 기반 통신과 관련해서 예를 들어 스마트폰 혹은 테블릿 PC와 같은 모바일 단말기의 사용을 생각할 수 있으며, 이는 스마트 팩토리의 통신 네트워크에 사람의 직접적인 연결을 가능하게 함.

2.4 Cloud Computing: 유연하고 분산된 소프트웨어의 사용 (BITKOM/Fraunhofer IAO, 2014, P.21)

Cloud Computing은 데이터들의 저장, 어플리케이션들(어플리케이션들 혹은 앱들)의 제공 및 인트라넷과 인터넷에서 어플리케이션들의 실행을 위한 플랫폼을 만듦. 지능적인 객체들, 제품들, 기계들과 내부의 ICT 시스템은 통신 네트워크를 통해 클라우드와 연결되어 있음.

Cloud Computing 솔루션 범주 내에서 매우 큰 데이터 양이 전통적인 기업 내부의 서버 솔루션에서와 같이 처리될 수 있음. 이는 시스템 기획자와 운영자에게 스마트 팩토리의 분석, 기획, 조정 및 최적화를 위해 새로운 방법들을 개발하고 사용할 수 있는 가능성을 제공하며, 이러한 가능성은 예를 들어 솔루션을 찾는데 있어서 공장의 실시간 도면의 개발 이력을 기반으로 그리고 이를 시간의 흐름에 따른 다른 상태와 비교할 수 있음. 이 방법들은 "Big Data" 개념에 잘 나타나 있음.

Cloud Computing의 다른 응용 가능성은 공장을 위한 각각의 어플리케이션들을 준비하는 것임. 이 방법으로 어플리케이션들은 중앙에서 관리되고 보호_{pfliegen}됨. 따라서 모든 사람들은 새로 개발된 방법, 알고리즘 및 앱에 접근할 수 있고, 이는 최신 어플리케이션에만 적응하고 새로 개발해서는 안됨.

6세대 인터넷 프로토콜(IPv6)은 인더스트리 4.0 기술들의 개발과 구현을 위한 기반임. 이는 이전 버전들과는 달리 모든 지능형 객체들에게도 명확하게 주소를 부여하기 위해 충분한 분량의 주소를 제공함.

스마트 팩토리를 위한 새로운 방법들의 개발을 위한 기반은 장비의 실시간 도면임. 이 "실시간 도면"은 직접적인 프로세스 제어와 의사결정을 가능하게 함.

2.5 IT 보안 (BITKOM/Fraunhofer IAO, 2014, P.22)

인더스트리 4.0 기술에 있어서 정보통신시스템 보안은 (바로 산업 스파이에 대한 최신 토론과 관련하여) 시스템들의 구축에 있어서 중요한 요소임. 이때에 한 가지는 직원, 회사 및 파트너의 데이터 보안이 보장되어야 하고, 다른 한 가지는 산업용 인터넷 접근이 가능한 안전해야 함. 시스템의 태업은 어떠한 상황에서도 방지되어야 함. 네트워킹된 지능적인 공장 시스템 조작성은 확인하고 수정이 가능해야 함. 인더스트리 4.0 기술의 개발 및 도입에 있어서 직원의 의사결정에 참여할 수 있는 권한이 고려되어야 함.

- 기술 측면에서 본 인더스트리 4.0 구성요소 별 주요 기술은 [그림 2-2]과 같음

3. CPS의 구성요소 (Fraunhofer IPA, 2014, 10ff.)

- 여기에서는 2장 인더스트리 4.0 구성요소에서 설명한 CPS를 포함해 그 구성요소에 대해 보다 상세하게 설명함

3.1 CPS의 정의 및 역할

○ CPS 정의

- Cyber Physical Systems(CPS, 사이버 물리 시스템)는 물리적인 실제 시스템과 사이버 공간의 소프트웨어 및 주변 환경을 실시간으로 통합하는 시스템을 일컫는 용어로 기존 임베디드시스템의 미래지향적이고 발전적인 형태임
- CPS의 적용 대상 분야는 국방, 자동차 (Smart Car 및 Autonomous Vehicle), 항공우주, 의료, 주거 (Smart Home), 공공기초 시설, 교통/운송 시스템 (Logistics 4.0), 에너지 (Smart Grid), 수자원관리시스템, 공장 (Smart Factory) 등 복잡한 핵심인프라 모두가 대상에 해당됨 (한경경제용어사전 가상 물리 시스템 참조)

CPS는 임베디드 시스템, 즉 기기, 건물, 운송 수단 및 의료기기, 그리고 또한 물류, 조율/조정 그리고 경영/관리 프로세스 및 인터넷 서비스 등을 포함하는데, 그러한 것들은

- 센서를 통해 직접적으로 물리적인/실제 현실 세계의 데이터를 확보하고 액추에이터를 통해 물리적인/실제 현실 세계에 행동에 영향을 줌
- 데이터를 분석/평가하고 저장하고 이를 기반으로 능동적으로 혹은 반응하여 물리적인 (현실) 그리고 디지털 (가상) 세계와 함께 상호작용함
- 디지털 네트워크를 통해 무선 및 유선으로 그리고 지역 및 글로벌로 서로 연결됨
- 전 세계에서 활용 가능한 데이터 및 서비스를 활용함

- *multi-modal²⁾ 인간 기계 인터페이스*를 통해 사용 가능함. 즉, 통신 및 제어를 위해 그리고 예를 들어 언어나 제스처와 같이 사전에 정의된 가능성을 위해 준비함 (Geisberger/Broy, 2012, 22)

○ CPS의 역할

CPS는 제4차 산업 혁명의 기술적인 기반임. CPS는 우리를 둘러싸고 있는 물리/실제 세계와 디지털/가상 세계 사이의 연결고리를 의미하며, 정보 기술이 우리 일상에 파고든 결과임. 미래 프로젝트인 인더스트리 4.0 구현 제안에서 플랫폼 인더스트리 4.0은 Cyber Physical System을 정의하고 있음.

현재 Cyber-Physical System은 실무에서 어떻게 구현되고 있는가?

이러한 물음에 답하기 위해서는 지금까지의 논의보다 훨씬 더 심도 있는 논의가 필요함. 따라서 아래에서는 먼저 메카트로닉스와 메카트로닉스 시스템 구조에 대한 논함. 그리고 사물(들의) 인터넷 (IoT, Internet of Things), 서비스(들의) 인터넷 (IoS, Internet of Services) 및 CPS에 대해 설명함. 그러한 시스템에 대한 구조 및 기능에 대해 개괄적으로 설명한 이후에는 각각의 구성요소에 대해 상세하게 소개함. 설명은 센서에서 시작해서 정보의 흐름에 따라 기능, 액추에이터, 사용자 인터페이스 및 통신 인터페이스 순으로 진행됨.

3.2 별첨: 메카트로닉스 시스템 (Fraunhofer IPA, 2014, P. 11)

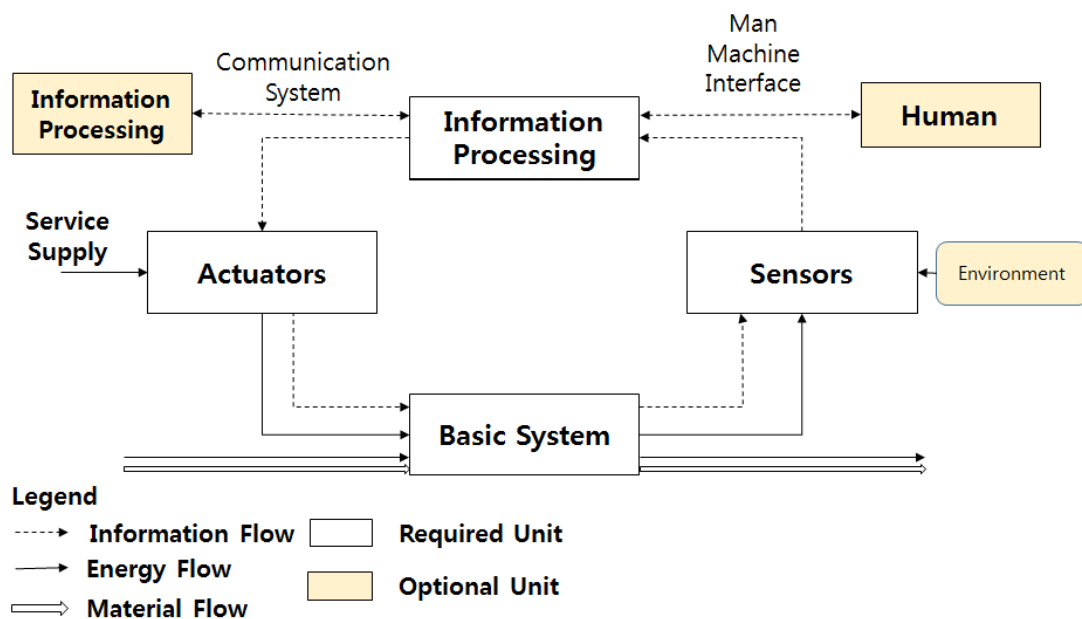
○ 개요

메카트로닉스 분야는 기계공학, 전자공학, 정보기술로 구성되어 있음. 이

2) 역자 주: multi-modal 인터페이스: 현대 기술은 자판과 마우스를 이용한 전통적인 방식의 조정을 넘어서는 상호작용을 허용함. Multimodality(다양한 조작방식)는 예를 들어 자동차 운전 중에 음성을 통한 조정과 같이 특히 조작이 어려운 상황에서 기술의 활용을 현저하게 용이하게 할 수 있음. (자동차 운전 중에 (기계) 조작은 비로소 음성을 통해서 가능해졌음.) 시스템 개발에서 다양한 조작 방식은 사용자가 그러한 조작 방식을 어떻게 사용하는 지에 대한 활용 가능성 및 사용 방식에 대한 지식을 요구함. 출처: <http://www.human-factors-academy.de/kursangebote/gebrauchstauglichkeit/25-multimodale-schnittstellen.html>

러한 범학제적인 공학은 다양한 기술 분야들의 시너지를 창출하고, 그것을 통해 최적화된 제조 프로세스 및 제품을 활용하기 위해서임. 메카트로닉스 시스템은 (다양한 물리적인 시스템을 묘사할 수 있는) 실무에서 사용 가능한 시스템에서 상기한 원칙들의 상호작용을 설명해줌. 여기에서 대부분은 기계적, 전자-기계적 (electro mechanical), 유압적 (hydraulic) 및 공압적 (pneumatic) 구조에 대한 것임.

[그림 32-1]은 메카트로닉스 시스템의 전형적인 구조를 보여줌.

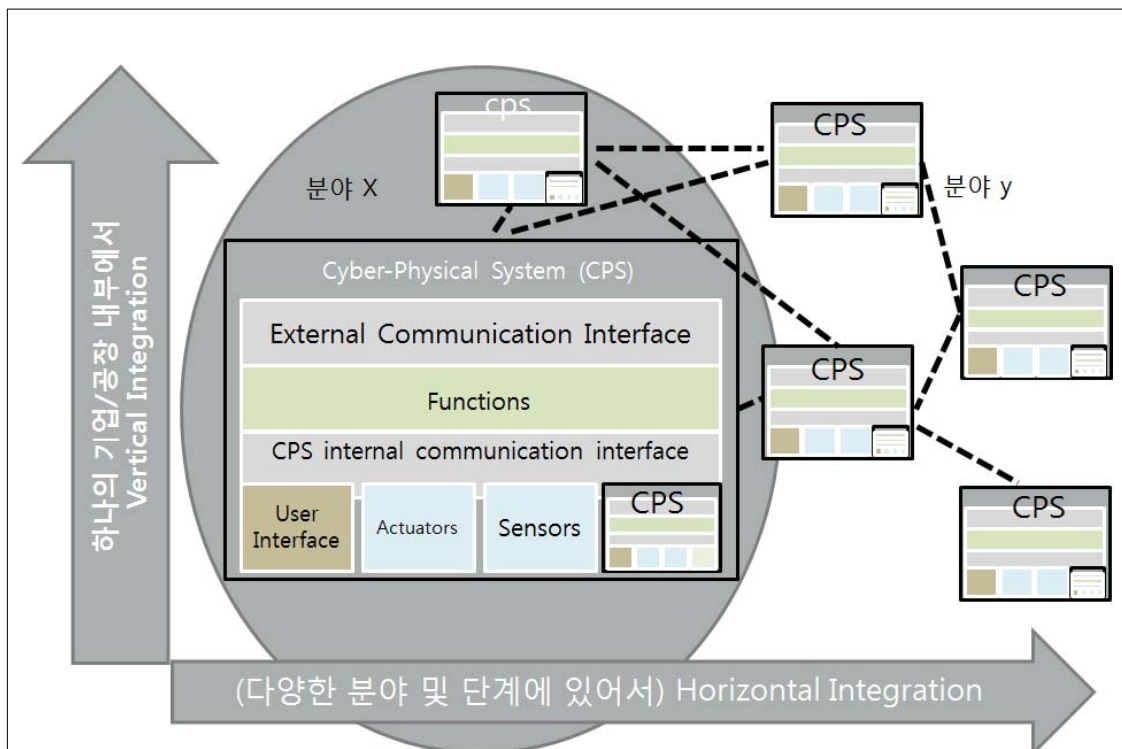


[그림 32-1] 메카트로닉스의 기본 구조 (VDI 2206³⁾ 참조)

[그림 32-1]에서는 예를 들어 기계(Mechanics)에서와 같이 기본 시스템 (Basic System)을 볼 수 있음.⁴⁾ 센서를 통해 이러한 기본 시스템 혹은 주변 환경(Environment)이 주는 변화를 파악할 수 있으며, 이러한 변화는 정보처리(Information Processing) Unit에 전달될 수 있음. 이러한 마이크로프로세서는 사전에 정의된 프로그램의 도움을 받아 신호를 이해하고 취해야 할 조치를 도출함. 그 결과는 액추에이터에게 전달됨. 이러한 구성요소들의 임무는 정보처리 결과에 맞춰 물리/현실 세계를 변화시킴. 이를 위해서는 보조 에너지가 필요함. 여기서는 예를 들어 에너지원의 도움을 받아 입력 신호에 맞게 작동되는 전자 모터를 말함. 생산자 고유의 인터페이스를 이

용해 시스템은 수집된 정보를 사람이나 또는 다른 메카트로닉스 시스템에 전달할 수 있음.

3.3 CPS의 구조 (Fraunhofer IPA, 2014, P. 13)



[그림 33-1] Cyber Physical System의 구조

Cyber Physical System은 메카트로닉스 시스템의 기본 구조와 매우 유사함. 이는 센서, 액추에이터, 사용자 인터페이스 그리고 소위 기능 (Functions)을 가지며, 이러한 기능은 데이터를 넘겨받아 처리해 내놓는 모든 업무를 수행함. 센서와 액추에이터는 메카트로닉스 시스템과 다르게

3) 2004-06: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme.

4) 아주 간단한 메카트로닉스 시스템의 예로 자동 온도 조절 에어컨 시스템을 들 수 있음. 예를 들어 에어컨을 적정 온도에 설정해 놓았을 경우 에어컨 내부에 있는 센서는 지속적으로 외부의 온도를 감지하고 정보처리 파트에서는 지속적으로 설정해 놓은 적정 온도와 센서에서 제공하는 외부 온도를 비교하다가 외부 온도가 이미 설정해 놓은 적정 온도 이상으로 감지되면 액추에이터(구동장치 혹은 스위치, 즉 에어컨의 ON 스위치)를 작동시키며 (켜며), 액추에이터(스위치)가 켜지면 찬바람이 송출되는 Basic System이 작동하는 것과 같다.

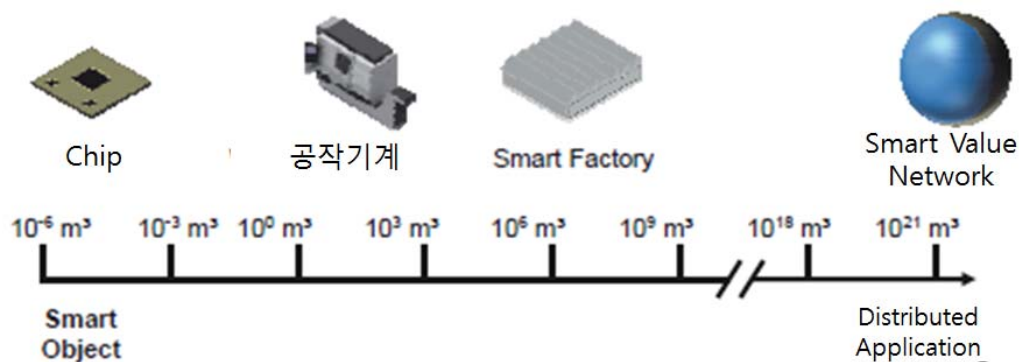
스마트한 CPS에 내장되어있는 시스템임. 이것들은 센서 및 액추에이터의 기본 기능 이외에도 예를 들어 신호처리나 혹은 조절을 위한 가치가 높은 기능 및 예를 들어 네트워킹을 위한 Ethernet과 같은 IP를 사용할 수 있는 통신 인터페이스들을 가지고 있음. 이러한 구성요소에 대한 정확한 정보는 스마트 센서 및 스마트 액추에이터를 다루는 부분에서 볼 수 있음.

Cyber Physical System의 구성요소들이 정보처리와 연결하고 지속적으로 네트워킹하는 것은 일반적인 메카트로닉스 시스템에서도 이루어짐. 여기서 특히 새로운 것은 인터넷과 소프트웨어 서비스를 사용하는 것과 개방형 글로벌 표준을 사용하는데 있음. 이러한 것들은 다양한 어플리케이션에 대한 정보를 다양한 조직과 다양한 영역의 접점에서 사용 가능하도록 함. [그림 33-1]에서 명확해지는 것과 같이 하나의 CPS는 양방향으로 네트워킹됨. 수평적으로 CPS는 CPS와 동일한 계층에서 통신함. 이때 예를 들어 다음 생산 단계가 고려되거나 제품의 실제 처리 상태에 대한 데이터가 교환됨. 그러나 수평적인 통신은 예를 들어 제조와 조립 사이와 같은 조직 영역들 사이에서도 일어날 수 있음. 수직적인 방향으로 CPS는 상위 및 하위 시스템들과 통신함. 이러한 구조는 분산된 지능의 핵심 사상을 반영한 것임. 제조는 더 이상 중앙 조직(Instance)이 아니라 많은 작은 Unit에 의해 제어됨. 분산된 결정을 통해 필요한 통신망이 절감될 뿐만이 아니라 전체 시스템 제어의 복잡성이 감소함. 이러한 것들은 분산된 Unit에서 마이크로프로세서의 통합을 통해 점점 더 큰 지능을 사용할 수 있음. 이를 통해 개별 Unit들은 작업 과정에서 스스로 결정함.

Cyber Physical System 도입을 통해 간단히 장착된 임베디드 시스템은 Ethernet과 같은 최신 통신 인터페이스와 함께 확대됨. 이러한 연결의 출발점은 지능형 임베디드 시스템의 성능 향상임. 이를 통해 이미 현재 복잡한 프로세스는 분산 제어 및 조절될 수 있음. 이러한 시스템은 점점 더 강력하게 네트워킹 되는 것을 경험하며, 이는 처음에는 서로 그리고 나중에는 인터넷을 통해 일어남. 이는 한편으로는 원격보수와 같은 서비스가 중요해지는 것을 의미함. 또 다른 한편으로는 기업용 소프트웨어가 점점 더 강력하게 클라우드로 이관됨 (Geisberger/Broy, 2012 참조; 원전 Ref. 참조).

Cyber Physical System 설명을 위한 추가 특징은 그들 구조에 있어서 분

권화의 정도임. 이는 [그림 33-2]에서 볼 수 있는 바와 같이 개별 CPS의 공간 규모에 따라 결정함. 최신 마이크로 시스템 기술을 통해 하나의 CPS는 원칙적으로 한 개의 칩에 담길 수 있음. 이러한 시스템은 많은 센서와 작업을 위한 마이크로 프로세서를 사용할 수 있음. 더 큰 시스템은 공장 기계의 형태로 구현될 수 있음. 기계는 다시 스스로 상위 수준의 CPS 공장의 일부분이 될 수 있음. 극단적인 경우에는 하나의 CPS가 전 세계에 퍼져 있을 수 있음. 최상위 수준에서는 CPS가 예를 들어 하나의 기업이나 가치창출사슬이 될 수 있음. 하나의 구체적인 예는 텔레서비스 플랫폼이며, 이러한 것들은 인터넷을 통해 기계와 연결되어 있음.



[그림 33-2] 규모에 따른 CPS의 분산화 (Decentralization)

331 Cyber Physical System의 새로운 기능 및 특성

향상된 하드웨어와 네트워킹으로 인해 Cyber Physical System은 새로운 능력을 가지게 되었음. 이에 대한 내용은 아래에서 간략히 설명됨.

CPS의 특징은 스마트 센서와 액추에이터를 사용한 대용량 데이터의 확보 및 처리 능력임. 그 다음에는 물리적 세계를 더 자세히 그리고 "live"로 표현할 수 있고, 이를 통해 물리적 프로세스를 아주 정확하게 관리할 수 있음. 이것은 디지털 세계와 물리 세계를 병합(merge)함 (Geisberger/Broy, 2012 참조; 원전 Ref. 참조). 이는 IP(Internet Protocol)가 가능하고 (예를 들어 센서 네트워크 측정 데이터에서 상호 비교할 수 있는) smarter smarter 센서를 통해서 가능함. 이때 지원 도구는 제품에서 RFID 칩에 있는

데이터를 직접 분산 저장하는 장치임. 이러한 방법으로 상태와 위치를 확보 할 뿐만이 아니라 이력 정보와 필요한 제조 단계 또한 저장할 수 있음 (Karagiannis/Rieger, 2006 참조; 원전 Ref. 참조). 확인된 데이터는 강력한 기능의 프로세서와 적합한 프로그램을 사용해 CPS에서 분산 해석됨. 여기서 도출된 조치는 로컬에서 혹은 인터넷으로 연결된 액추에이터를 통해 실행될 수 있음. 비전은 CPS가 스마트 시스템 연결을 통해 완전하고 지속적으로 환경을 이해하고 평가하며 스스로의 상황을 전체 혹은 부분 자율적으로 다루고 스스로 새로운 상황에 적응하는 것임. CPS는 중앙 통제 방식이 아니라 CPS, 서비스 및 사람들 등과 같은 다른 활동의 주체와 함께 상호작용과 조정을 통해 작동함 (Geisberger/Broy 2012 참조; 원전 Ref. 참조).

CPS의 다른 중요한 능력은 (객체들 간의) 상호 네트워킹이며, 이러한 네트워킹은 시스템들이 서로 정보 교환을 가능하게 함. 이러한 것들의 최대한의 모습은 시간적으로 제한이 있는 공간을 위해 조립된 시스템(System of Systems)이 창출되는 것임. 서로 완전히 알 수 없는 시스템들은 예를 들어 각기 다른 시스템의 자원을 인식할 수 있고, 자신의 임무를 위해 자원의 활용을 평가하고 경우에 따라 그것을 활용할 수 있음 (Geisberger/Broy 2012 참조; 원전 Ref. 참조). 이러한 구현은 표준화된 프로토콜을 통해 상호 신호를 보내는 기계의 능력이 필요로 함. 이를 통해 서로 알지 못하는 기계들이 사전에 연결하는 것이 가능함. 이러한 컨셉은 Plug & Produce로도 표현됨.

CPS는 사람과 사람-기계 인터페이스(Human Machine Interfaces – HMI)를 통해 쌍방향이고 협력적인 통신이 가능함. 장기적인 목표는 이용자가 더 이상 사람과 기계 사이를 구분하지 않고 아주 자연스럽게 통신하는 것임. 가능한 시도는 multimodal 통신임. 여기서는 (예를 들어 언어 및 동작 등의) 다양한 입력 수단 및 출력 수단을 통해 동시에 통신하는 것을 말함. 네트워크에 연결되어 있는 고정된 그리고 모바일 단말기 (PCs, Smartphones, Tablets)를 통해 위치와 상관없이 통신이 가능함. 그러나 기본 조건은 네트워크에 연결되어 있는 고정된 그리고 모바일 단말기들 사이의 최적의 상호작용임. 추가로 중요한 특성은 학습 능력, 정확하지 않거나 오류에 대한 오차를 수용하는 것임. 이 시스템들은 인간과 상호작용하며 계속해서 향상된 사용자 경험을 만들어 내기 위해 지속적으로 개발되

어야 함 (Geisberger und Broy 2012 참조; 원전 Ref. 참조). 모두 새로운 유형의 능력과 특성을 보유한 CPS 개발은 다양한 전공 분야에서 높은 역량을 필요로 함. 기능들의 개수와 복잡함 및 구성요소의 형태에 따라 CPS의 다양한 개발 단계가 도출될 수 있음. 하위 계층의 CPS가 (예를 들어 인식력 보유와 같은) 수동적 능력만을 가지는 반면 발전될 경우 능동적 센서와 액추에이터는 통합됨. 다음 단계에서는 지능형 네트워킹 능력을 가진 시스템들이 나타나며, 이러한 시스템들은 앞서 기술된 System of Systems를 만들기 위한 최종 개발 단계의 능력이 있음. 그러나 이러한 매우 복잡하고 포괄적인 시스템들의 도입은 아직 수년의 시간이 필요함. 광범위한 범 학제성은 제품 개발 프로세스의 구조 변화를 필요로 하며, 기계적이고 전자적이고 소프트웨어 기술적 기능들이 동일한 수준으로 반영되어야 함. 이때 CPS의 복잡함은 많은 개발 단계를 거침 (Bauernhansl 2014; 원전 Ref. 참조).

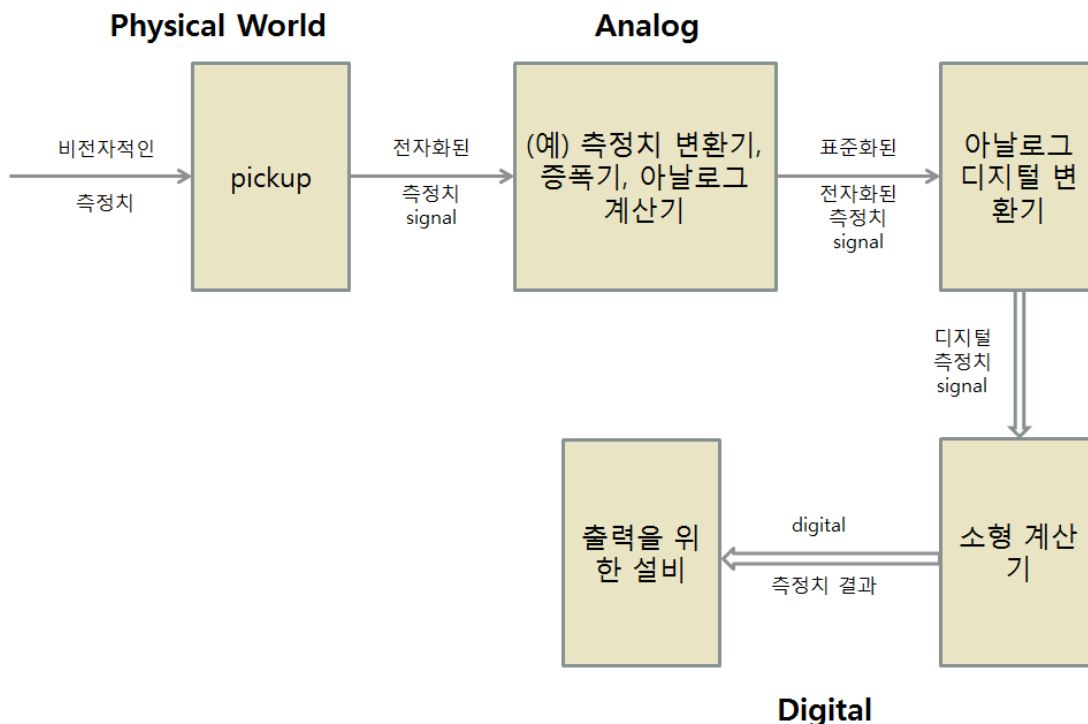
332 스마트 센서

스마트 센서는 본 연구에서는 주변 환경으로부터 물리적으로 측정된 값을 확보하여 디지털 측정치로 변환하고 준비한 후 적절한 통신 인터페이스를 통해 다른 시스템과 공유할 수 있는 시스템으로 정의됨.

센서에서는 “기술적 부품이 중요하며, 이는 특정 물리적 혹은 화학적 특성을 질적으로 혹은 측정치를 양적으로 파악할 수 있음” (Kagermann, 2013). 스마트 센서들은 추가로 파악된 신호를 디지털 데이터 형태로 변환하고 전달할 수 있음. 스마트 센서들은 또한 전체 측정 체인을 만들고 (VDI 2206 참조) IP 능력이 있는 통신 인터페이스를 활용할 수 있음.

센서에서는 기술적 부품이 중요하며, 그 부품의 임무는 주변 환경으로부터 정보를 확보하는 것임. 계측 장비 안에서 부품은 좁게 정의할 경우 (정보) 확보의 기능을 가지고 있음. 이는 (예를 들어 온도와 같은) 전자적이 아닌 측정치를 물리적인 효과나 혹은 화학적인 연계를 통해 전자적인 측정 신호로 변환함 (Hesse/Schnell 2011 참조; 원전 Ref. 참조).

소위 측정 체인 내에서 센서는 아날로그 측정치의 확보로부터 시작해 디지털 출력 신호의 전달로 끝나는 전체 작업 단계의 일부분임. [그림 332-1]은 이러한 상관관계를 측정 체인의 형태로 표현하고 있음. 센서는 Cyber Physical System 내에서 하나의 중심이 되는 구성요소를 표현함. 먼저 센서를 통해 물리/실제 세계에서 디지털 세계로의 정보 흐름이 가능함 (Kagermann, 2013 참조).

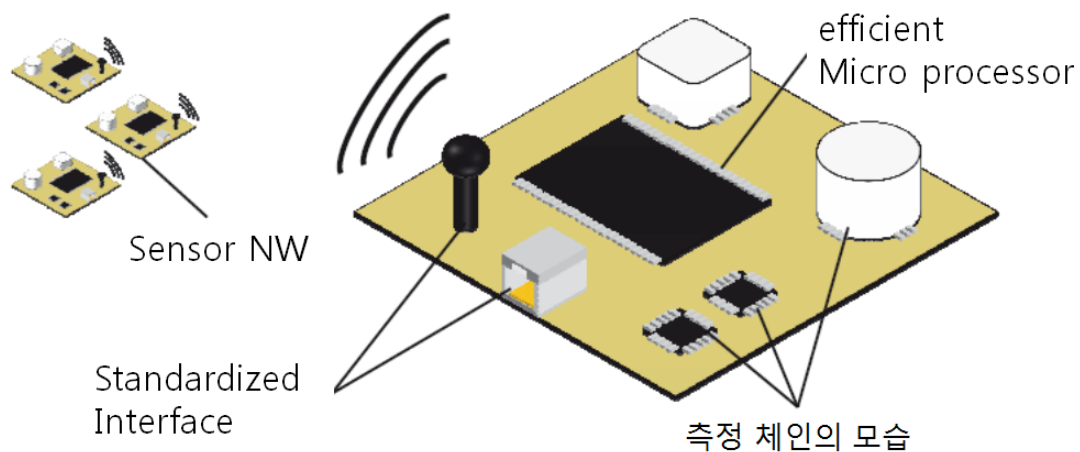


[그림 332-1] 측정 체인

스마트 센서에서는 임베디드 시스템이 중요하며, 이러한 시스템은 전체 측정 체인을 하나의 Box에 구현함 (Meijer, 2008 참조; 원전 Ref. 참조). 이는 센서가 물리적인 측정치를 전자 신호로만 전환하는 것이 아니라 직접 처리도 가능하다는 것을 의미함 (Hesse/Schnell 2011; 원전 Ref. 참조). 스마트 센서에 성능이 좋은 전자 장치의 장착을 통해 스마트 센서가 복잡한 의사결정을 할 수 있게 됨. 이는 센서가 확인된 측정치를 내부적으로 평가할 수 있다는 의미임. 결과적으로 시스템은 센서에서 허용 범위를 초과한 측정치일 경우에만 신호를 전달받음. 이를 통해 필요한 통신 폭이 현저하게 줄어듦. 장애 감지뿐만 아니라 패턴 및 오류까지도 센서에서 확인 가능함 (Lass und Henning 2012; 원전 Ref. 참조).

미래에는 센서가 더 오랫동안 정보처리를 할뿐만이 아니라 전체 시스템의 센서 네트워크 내에서 독립적으로 상호 통신하게 됨. 이때에 무엇보다도 반도체 기반 스마트 센서의 낮은 제조 비용이 역할을 함. 이를 통해 많은 센서 사용이 가능하게 됨. 상호 통신을 통해 측정치가 보정될 수 있고 장애가 확실히 감지될 수 있음. 정보 전송은 이때에 무선을 선호해 이루어짐. 그 이유는 센서가 이러한 방법으로 아주 간단하게 직접 접촉할 수 있기 때문임. 결과적으로 완전히 새로운 어플리케이션 영역이 개발됨. 예를 들어 센서는 전체 건축물 감시에 사용될 수 있음. 제조업 분야에서 매우 포괄적인 데이터가 제조 과정에서 확보될 수 있음 (Mattern 2007 참조; 원전 Ref. 참조).

인더스트리 4.0의 중요한 목표는 모든 시스템의 강력한 네트워킹임. 따라서 센서가 통합된 전자 장비를 통해서 사용되어야 하는 것은 아님. 오히려 충분한 네트워킹 기반 시설을 통해 사용되도록 센서 네트워크를 만들어야 함. 이는 센서의 IP 사용 능력에 반영됨. 이는 센서에서 예를 들어 산업용 Ethernet과 같은 인터페이스를 통해 명확하게 접속될 수 있다는 것을 의미함. [그림 332-2]은 이러한 상관관계를 다시 한 번 전체적으로 볼 수 있도록 설명함.



[그림 332-2] 스마트 센서들 및 센서 NW

333 기능

기능은 본 연구에서 “장치, 컴퓨터, 프로그램 혹은 유사한 다른 것으로 부터 수행되어야 하는 제공해야 하는 결과” (Duden, 2013)로 이해됨.

CPS 기능은 프로그램을 통해 펌웨어 Firmware 혹은 소프트웨어 형태로 변환됨. 이것은 공간적으로 다르게 통합되거나 분산될 수 있음 (예: 지역적으로 센서 및 액추에이터와 함께 임베디드 시스템에 통합되거나 클라우드에 서비스로 분산됨). 구조화를 위해 다음과 같은 카테고리로 분류될 수 있음:

- **데이터 수신 및 데이터 준비:** 데이터 수신과 데이터 준비를 위한 기능들은 복잡도에 따라 프로세싱을 위해 사전에 처리된 데이터 수신을 위한 독립적인 프로그램 혹은 부분 프로그램으로써 다른 CPS 기능에서 변환됨. 처리된 데이터는 센서와 다른 IT 시스템에서 온 것임. 수신을 위한 기반은 예를 들면 웹 서비스, API들 혹은 데이터 뱅크 인터페이스들과 같은 통신 인터페이스를 만듦. 이 카테고리의 추가 기능은 데이터의 준비와 형태의 변화를 포함함. 이는 예를 들어 데이터의 필터링, 수정 및 통합 기능들 그리고 서로 다른 데이터 포맷의 형태 변화를 포함함.
- **데이터 관리:** 데이터 관리의 주요 업무들은 제품 및 제조에 중요한 데이터의 조직과 저장임. 이 업무들은 예를 들어 DB, 데이터 서버, NW드 라이브러, 로컬 드라이버와 같은 데이터 관리를 위한 시스템 도움을 받아 변환됨. 여기서 복잡한 예는 제품을 위한 소위 Product-Life-cycle-Management (PLM) 시스템임. 데이터 관리에 배정된 기능들은 실제 시스템과 상위 계층 소프트웨어의 접근을 분리함. 여기서 기반은 역시 통신 인터페이스를 구축하는 것임. 이러한 분리의 장점은 특정 하드웨어 및 소프트웨어 버전으로부터의 독립성임. 기본 기능은 데이터의 읽기, 생성, 변경, 삭제 및 저장을 포함함. 추가 기능은 예를 들어 사용자와 그들의 액세스 권한 관리를 해결함.
- **생성, 처리:** 이 카테고리에는 제품, 제조 및 After Sales와 관련된 모델, 프로그램 및 데이터 세트의 생성과 처리를 위한 기능이 그룹지어 짐.

그러한 기능은 대부분 Computer Aided Design (CAD) 프로그램, Computer Aided Engineering (CAE) 프로그램 그리고 Computer Aided Manufacturing (CAM) 프로그램 및 Enterprise Resource Planning (ERP) 시스템의 구성요소임. 이러한 스펙트럼은 여기서 간단한 텍스트 편집, 주문 생성과 주문 계획을 위한 양식에서부터 3D 기하학적 모델을 위한 복잡한 모델링 환경에 이르기까지 미침.

- **시뮬레이션:** 이러한 카테고리에서 시뮬레이션을 위한 기능은 제품 개발, 제조 및 After Sales 영역에 그룹지어짐. 이러한 기능은 예를 들어 진행되는 프로세스, 운동역학 *kinematics* 혹은 물류를 디자인하고 최적화하는 것을 가능하게 함. 여기서 기본은 생성 기능과 처리 기능을 사용해 생성 및 변경된 모델을 만드는 것임 (Roddeck 2012; 원전 Ref. 참조). 변환되는 것은 시뮬레이션 프로그램을 통한 기능이며, 여기에서는 제품 개발 및 제조 과정에 초점을 맞춤. 일반적인 시뮬레이션의 예는 제품, 기계, 공장 혹은 제조 네트워크의 기계적 (고정 및 흔들림), 운동학적, 장애 기술적, 열역학적, 전기적 혹은 물류적 양상의 분석임.
- **감시, 모니터링:** 기술적 감시 (또는 모니터링) 기능은 관찰, 이면에 존재하는 규칙 혹은 센서 데이터 혹은 기타 제품에 중요한 데이터의 경계 영역과의 비교 그리고 차이가 발생한 경우 사전에 정해진 역할의 통보를 포함함. 여기서 역할은 예를 들어 전문가, 마이스터, 디자이너, 기계 혹은 다른 CPS 기능일 수 있음. 실현되는 것은 매우 다양한 형태의 이러한 기능임. 제품 개발에서 예를 들어 프로젝트 참여자들은 PLM 시스템을 통해 모델 부품의 변경을 통보할 수도 있음. 완료 후 전달 프로세스 역시 이를 통해 제어됨. 제조 단계에서 상태 감시 시스템은 예를 들어 공작 기계 모니터링 기능을 통해 변환/구현됨.
- **분석, 평가:** 분석과 평가 기능은 예를 들어 시뮬레이션 결과, 센서 데이터 혹은 주문 데이터와 같은 데이터의 조사와 준비를 위한 프로그램을 포함함. 예는 CAQ 프로그램, 간단한 데이터 뱅크 보고서 생성기로부터 (Big Data라는 키워드 아래 시장에 내놓는) 대용량이며 매우 다양한 종류의 데이터를 위한 평가 도구까지의 평가 구성요소임.
- **시각화:** 시각화 기능들은 데이터와 실제 상황을 그래픽 형태로 처리 및

디스플레이를 포함함 (VDI 3633 참조). 시각화 형식들은 다이어그램과 애니메이션을 포함함.

- **조절, 조치 도입:** 처리와 조치 도입을 위한 기능들은 조절기 및 디지털 세계에서 필요한 규정 값 혹은 조치의 의사결정 논리와 생성을 포함함. 이는 액추에이터 혹은 사용자 인터페이스에 제공되며, 이는 이러한 것들이 물리적 세계에서 액추에이터와 사람을 통해 수행되도록 하기 위한 것임. 이에 대한 예는 작업 명령임.

334 스마트 액추에이터

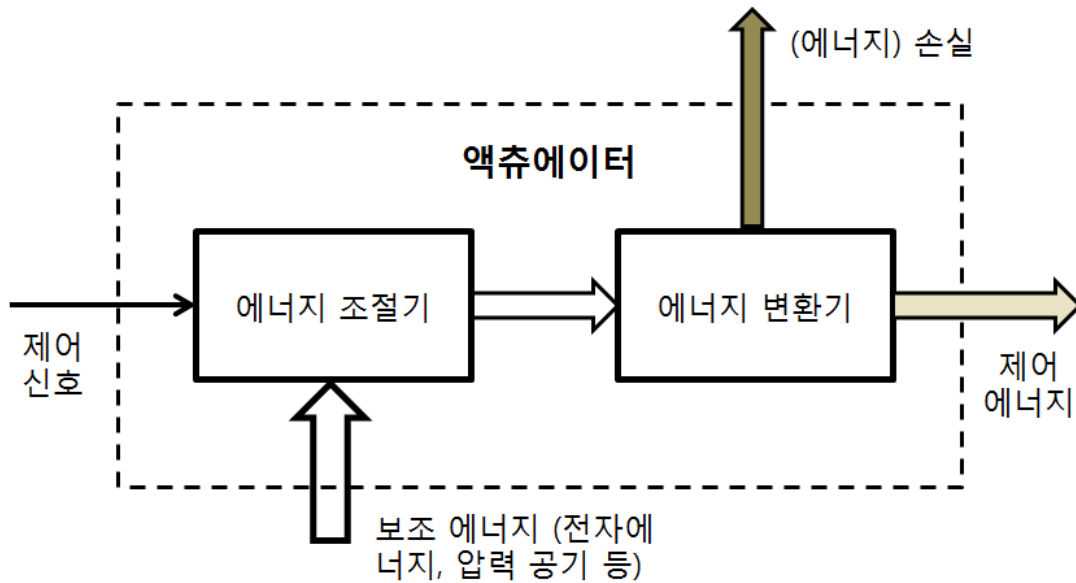
스마트 액추에이터는 에너지 조절기(Energiesteller)와 에너지 변환기로 구성됨. 에너지 조절기는 에너지 변환기에 컨트롤 신호를 전달하고 변환기는 보조 에너지를 통해 작업을 수행함. 디지털/아날로그 변환기, 증폭 조절기 및 마이크로 프로세서의 통합을 통해 기능들의 디지털 데이터가 직접 처리될 수 있음 (VDI 2206 참조). 이러한 unit는 거기에 더하여 내장형 센서와 IP 가능한 통신 인터페이스를 통해 사용가능함.

액추에이터는 물리적 세계에 영향을 미치기 위한 구성요소임. 그러나 액추에이터는 순수한 작동보다 훨씬 많은 것을 포함함 (Roddeck 2012 참조). 프로그램, 전자 기술 및 메카트로닉스로 구성된 시스템이 훨씬 중요하며, 이는 정보처리를 통한 전기 신호를 움직임, 동력 그리고 운동량으로 변환함 (Kagermann, 2013 참조).

액추에이터의 도움을 받아 컨트롤러는 시스템의 영향을 미침. 센서와 비슷하게 액추에이터 타입은 어플리케이션에크게 영향을 받음. 기계적 움직임은 스프링, 유압, 공압, 자성, 전자식 드라이브, 밸브 혹은 온도 에너지를 통해 발생됨 (Nof 2009 참조; 원전 Ref. 참조).

[그림 334-1] 설명과 같이 액추에이터는 제어 unit에서 제어 신호를 수신함. 이러한 신호는 먼저 소위 에너지 조절기에 도달함. 이는 예를 들어 중계기 relay 혹은 전환 밸브 switching valve 일 수 있음. 이 unit은 또한 속도 조

절기가 장착된 반도체로 작동할 수 있음. 신호 자체는 커다란 흐름이 아니라 단지 한 개의 정보만을 전송함. 실제 에너지는 [그림 334-1]에 설명되어 있는 보조 에너지에서 나옴. 이 에너지는 압축 공기, 전기 에너지 혹은 유압 등과 같이 아주 다른 형태로 전달됨. 에너지 조절기는 신호의 요구에 맞추어 보조 에너지를 조절하고 에너지를 에너지 변환기에 전달함.



[그림 334-1] 액추에이터 구조도 (Roddeck, 2012; 원전 Ref. 참조)

이는 본연의 업무를 수행하며, 이는 조절 에너지로 표시됨. 움직임 혹은 동력 가동 이외에 이 위치에서 대부분 열 형태로 나타나는 손실이 발생함 (Roddeck 2012 참조; 원전 Ref. 참조).

스마트 액추에이터는 그 이외에도 예를 들어 아날로그/디지털 변환기와 적응 혹은 증폭 회로와 같은 추가적인 통합 기능들을 수행할 수 있음 (VDI 2206 참조). 포함되어 있는 센서와 마이크로 프로세서를 통해 시스템은 분산되어 능동적으로 작동할 수 있음. 추가로 스마트 액추에이터는 자신의 IP 능력을 이용해 다른 CPS를 통해 제어될 수 있음. 이와 함께 엄밀하게 말하면 자체적인 작은 CPS가 중요하며, 이는 본 연구에서 보다 개선된 용어 사용을 위해 그러나 스마트 액추에이터로 표현되어야 함. 이러한 정리의 장점은 CPS 기능에서 낮은 컴퓨팅 파워에 대한 요구 및 임베디드 시스템의 도입을 통한 낮은 제조비용에 있음.

335 User Interface (Human Machine Interfaces)

인간 기계 인터페이스는 “정보와 제어 요소를 사용할 수 있는 상호작용하는 (소프트웨어와 하드웨어로 구성된) 시스템의 구성요소이며, 이는 상호작용하는 시스템과 함께 특정 업무 수행을 위해 사용자에게 필요한 것임 (DIN EN ISO 9241-210 참조).

네트워킹과 CPS에도 불구하고 미래에도 많은 의사결정들이 사람을 통해 이루어짐. 사용자 인터페이스는 이를 위해 사람과 기계 사이를 연결함. 사용자 인터페이스의 의미는 과소평가되어서는 안 되며, 사용자 인터페이스는 시스템과의 작업에 상당한 영향을 미침. 사람들에게는 CPS의 복잡한 프로세스들이 더 이상 이해할 수 없음. 사람들에게는 기술이나 작동방식이 아니라 오히려 효용이 결정적임. HMI는 이때에 절차를 이해하고 제어에 있어서 올바른 의사결정을 할 수 있도록 도움을 줌 (Schenk und Rigoll 2010 참조; 원전 Ref. 참조).

CPS와의 상호작용을 위해 현재 많은 기술이 사용될 수 있음. 입력은 대부분 키보드, (마우스, 터치스크린 등) 가르키는 기기 혹은 언어로 진행됨. 출력 기술로는 디스플레이가 활용됨. 현재 거의 사용되지 않는 것은 언어 출력임. 지난 몇 년간 거기에 더하여 터치 스크린 방향으로 트렌드가 나타났으며, 이는 경험이 없는 사람에게도 간단한 상호작용을 가능하게 했음. 멀티 터치 스크린 도입을 통해 그러한 가능성이 좀 더 확대되었음. 객체들은 현재 동작을 사용해 조작되고 있음 (Zühlke, 2012 참조; 원전 Ref. 참조).

미래에는 사람과 기계 사이의 상호작용이 Multimodality를 통해 보다 더 자연스러워질 것임. Multimodality는 많은 입출력 채널을 통한 통신임. 예를 들어 몸짓과 언어의 조합을 통한 통신은 보다 더 분명하고 직관적이 됨. 목표는 사람이 컴퓨터를 장치 제어의 요소보다 더 적게 인식하는 것임. 결과적으로는 컴퓨터와의 상호작용이 점점 더 이면에서 작동하는 상황이 됨 (Zühlke 2012 참조; 원전 Ref. 참조). 업무수행은 사람과 기계의 협력으로 발전함. 이는 기계가 사람에게 상황에 맞추어 작업에 있어서 도움을 주는 것이고, 이때에 Ubiquitous Computing Vision이 구현됨. 기계를 조작하는 사람은 기계 상태에 대한 정보를 받으나 자신의 행위에 계속

해서 집중할 수 있음. 컴퓨터는 더 이상 중심에 위치하지 않음. 이 목표의 구현을 위해 완전히 새로운 사용자 인터페이스가 개발될 것임. 예를 들어 안경, 시계, 장갑 혹은 의상 전체를 생각할 수 있음 (Weiser, 1991 참조; 원전 Ref. 참조). 중심이 되는 사고는 사람이 모든 상태에서 컴퓨터에 둘러싸인다는 것임. 이 방향으로의 첫 번째 단계는 바로 보다 능률적이고 작은 모바일 단말기(스마트폰, 테블릿)들이 소비자 영역에서 개발되는 것임. 그러나 또한 제조업 영역에는 이러한 멀티 기능이 네트워킹을 위한 능력과 많은 통합된 센서를 통해서 예를 들어 모바일 어시스턴트 혹은 운영 데이터 수집의 통신 인터페이스 등과 같이 다양하게 사용됨.

또 다른 흥미로운 발전은 증강현실(Augmented Reality)임. 여기서 현실은 추가적인 데이터의 삽입을 통해 보완됨. 실제 객체에 대해서는 예를 들어 특수 안경을 통해 가상 상황에 따른 객체들이 virtual, contextual Objects 추가 정보들과 함께 나타남. 이상적인 경우에는 가상 세계와 현실 세계가 결합됨. 이러한 방식으로 이용자에게는 자신의 환경을 이해하는 것이 보다 쉬워짐 (Zühlke 2012 참조; 원전 Ref. 참조).

336 Communication Interface

통신 인터페이스는 본 연구에서 “데이터 처리 시스템과 데이터 전송 시스템의 기능 유닛들 사이의 연결점이며, 거기에서 데이터 혹은 제어 신호의 교환이 이루어짐”으로 정의됨 (Duden, 2013 참조).

하나의 CPS 내에서 그리고 서로 알지 못하는 시스템들 사이의 통신을 위해 중요한 요소는 인터페이스의 선택임. 따라서 본 chapter에서는 산업 설비의 네트워킹을 위해 가장 중요 인터페이스들과 기술들이 소개됨. 데이터 전송 기술들은 그것의 도달 거리에 따라 영역별로 그룹지어짐 (표 336-1) (Friedewald 2010 참조; 원전 Ref. 참조).

데이터 전송을 위한 물리적 인터페이스 이외에도 데이터 수신과 데이터 출력을 위한 디지털 인터페이스 역시 프로그램에서 고려되어야 함. 여기에서는 세 가지 유형으로 구분될 수 있음:

- 데이터 기반 통합,
- 로컬, 컴퓨터 내부 프로그래밍 인터페이스 (local Application Programming Interface – API)를 통한 통합 혹은
- 웹 기반 프로그래밍 인터페이스 (웹 기반 API), ODBC, 웹 서비스 등을 통한 통합

영역	설명	산업 범위의 예
"Body Area Networks" (BAN)	통신 가능 범위가 약 1m인 무선 네트워크 (Friedewald 2010 참조).	근거리 통신 (NFC), EnOcean, ANT+ 혹은 Bluetooth Low Energy, Bluetooth 4.0
"Personal Area Networks" (PAN)	통신 가능 범위가 약 10m인 모바일 단말기용 무선 네트워크 (Friedewald 2010 참조).	(Industrial) Wireless Local Area Network (WLAN), Bluetooth 혹은 Zigbee
"Local Area Networks" (LAN)	통신 가능 범위가 약 300m인 유무선 네트워크 (Friedewald 2010 참조).	Ethernet, 산업용 Ethernet 혹은 특수 필드 버스 시스템. 필드 버스 시스템은 보장 받은 실시간 기능을 사용할 수 있으며, 예를 들어 전자파 장애, 먼지 혹은 습도와 같은 환경적 영향에 민감하지 않음. 유선 표준: Ethernet/IP, Profibus, Profinet, SERCOS, CAN-Open 혹은 M-Bus. 무선 네트워크는 PAN 참조
"Wide Area Networks" (WAN)	수백 km 거리의 데이터 전송	General Packet Radio Service (GPRS), Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) 및 Long Term Evolution (LTE)와 같은 모바일 통신 표준

[표 336-1] 데이터 전송 기술 (Fraunhofer IPA, 2014, P. 22)

중요한 새로운 것은 웹 서비스임. 이를 통해 이미 존재하는 데이터와 알지 못하는 어플리케이션을 위한 기능이 사용될 수 있게 되었음. 기존의 어플리케이션 정보들은 인터넷을 통해 불러올 수 있음. 웹 사용을 통해 서비스를 플랫폼과 무관하게 사용할 수 있게 됨. 동일한 서비스를 많은 서로 다른 어플리케이션에서 사용할 수 있게 되었으며, 이는 서비스가 서로 다른 구조와 다른 프로그램 언어 환경에서도 사용 가능함. 그러므로 동일한 서비스가 많은 다양한 단말기 예들 들어 스마트폰과 테블릿 등에서도 사용

될 수 있음 (Finger und Zeppenfeld, 2009 참조; 원전 Ref. 참조).

필드 버스 시스템은 제조업 분야의 어플리케이션을 위해 가장 중요한 인터페이스임. 사무 영역에서는 비용을 이유로 Ethernet이 사용됨. 동시에 거기에 더하여 무선 통신이 점점 더 발전함. 이러한 트렌드를 통해 사무용 어플리케이션과 제조업 분야의 어플리케이션들이 점점 더 동반하여 함께 성장함 (Nof, 2009 참조; 원전 Ref. 참조). 특히 명확해지는 것은 이러한 트렌드가 예를 들어 제조 분야에서 테블릿과 스마트폰과 같은 모바일 단말기의 지속적으로 확대될 때 임. 이러한 기기들은 대부분 Wireless LAN 혹은 드문 경우 Ethernet을 통해 통신함.

337 CPS Integrator에 대한 요구사항

이미 "331 CPS의 새로운 능력" chapter에서 암시한 바와 같이 Cyber Physical System에는 다양한 요구사항들이 생겨남. 이것들은 이미 개발에서 고려되었어야 함. CPS를 생산할 수 있게 하기 위한 첫 번째 단계는 CPS 내부의 복잡한 상호작용의 극복임. 지능적인 센서, 액추에이터 및 상응하는 프로그램은 이때에 원칙적으로 글로벌 통신 능력이 있는 스마트 시스템을 구축함. 이는 로컬 네트워크 및 인터넷을 통한 다른 CPS와의 통신뿐만 아니라 인간 기계 인터페이스를 통한 사람과의 상호작용까지도 포함함. Machine to Machine (M2M) 인터페이스에서 CPS 인터페이스 표준화 작업의 주요 부분이 있음. 사람들 사이의 통신은 비록 현재 이미 가능하지만 아직 아주 초보적인 수준에 있음. 여기에서 적응은 multimodal 통신까지를 필요함. 다른 중요 주제는 분산된 시스템에서의 기능들의 통합임. CPS는 자신의 환경 변화에 유연하게 대응할 수 있어야 함. 특히 사람들과의 업무처리/통신에서는 학습이 가능해야 함. 마지막으로 무시되지 말아야 할 것은 안전에 관한 문제임. CPS는 상호 그리고 새로운 서비스들과 큰 비용이 들지 않고 통신할 수 있어야 함. CPS는 거기에 더하여 공간적으로 커다란 확대되는 것을 가정할 수 있으며 동일한 시나 심지어는 도의 다른 끝에 있는 액추에이터를 제어할 수 있음. 바로 이러한 포괄적인 네트워킹은 수많은 공격 가능성을 제공하며 이러한 가능성에 대비해 시스템은 준비되어 있어야 함.

이번 chapter에서 분명한 바와 같이 CPS 개발 시 이러한 요구사항들이 무시되어서는 안 됨. 특히 CPS 구성요소의 Integrator는 메카트로닉스, 전자 기술 및 소프트웨어에 대한 깊은 지식을 필요로 함.

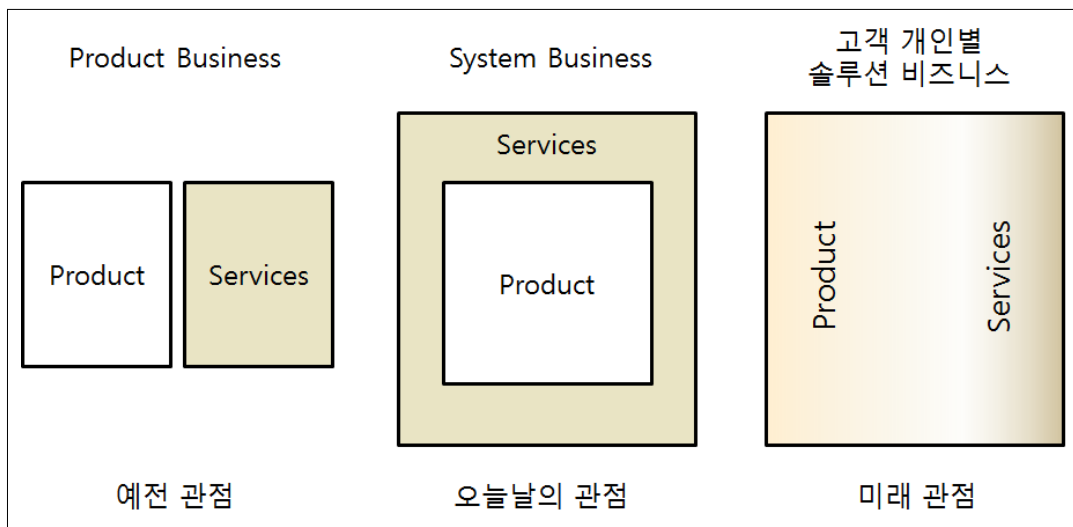
지금까지의 제조 도구들과는 반대로 정보 기술은 매우 중요한 역할을 담당함. 개발을 위해 이는 먼저 어플리케이션에 있어서 필요한 기능들이 기술 중립적으로 정의되어야 한다는 것을 의미함. 두 번째 단계에서는 기능에 가능한 기술이 배당되고 평가되고 선정됨. 이어지는 구현에서는 프로그램, 전자 기술 및 메카트로닉스의 동일한 수준의 개발이 동기화되어야 함. 제품 개발에 있어서 이러한 절차와 비중은 지금까지의 제품과 크게 다르며 프로세스의 리스트럭처링이 필요함 (Bauernhansl, 2014 참조; 원전 Ref. 참조).

요약하자면 Cyber Physical System에서는 스마트 임베디드 시스템이 중요하며, 이러한 시스템은 글로벌 네트워킹을 통해 상호 간에 상호 작용을 위한 그리고 사람과 협상 및 협력을 할 수 있는 능력이 있음. cyber physical 개념은 이 시스템들이 센서와 액추에이터를 통한 물리적 세계 뿐만 아니라 표준화된 인터페이스를 통한 디지털 세계와도 상호 작용한다는 것을 명확하게 함.

338 Business Model

하나의 “비즈니스 모델은 어떻게 하나의 조직이 가치를 창출하는가와 같은 기본 논리를 설명함. 이때에 비즈니스 모델은 고객을 위한 가치로 무엇을 제공하는지, 어떻게 가치가 조직이라는 시스템에서 창출되는지, 어떻게 창출된 가치가 고객에게 소통해 전달되는지, 어떻게 창출된 가치가 회사를 통해 수익 형태로 “포착”되는지, 어떻게 가치가 조직과 투자자들에게 분배되는지 그리고 비즈니스 모델의 지속성을 확보하기 위해 어떻게 가치 창출의 기본 논리가 계속해서 발전되는지를 결정함 (Bieger et al. 2011; 원전 Ref. 참조).”

제4차 산업 혁명은 기업에 많은 변화를 가져옴. 정보 기술의 강력한 발전과 전체 제품 라이프 사이클의 고찰을 통해 공급자가 가치 창출을 목표하는 종류와 방법이 변경됨. 이는 새로운 혁신적 비즈니스 모델의 개발과 변환을 위한 가능성을 제공함. 동시에 그러나 또한 추가로 나타나는 도전들도 고려되어야 함. 인더스트리 4.0의 도입과 함께 지금까지의 제품들과 비즈니스 모델들은 많이 변화되거나 심지어는 없어지기까지 했음. 그렇기 때문에 이러한 사업적인 위협과 이에 따른 결과는 사전에 전문가에 의해 구조적으로 분석되고 평가되어야 함 (Kagermann, 2013 참조).

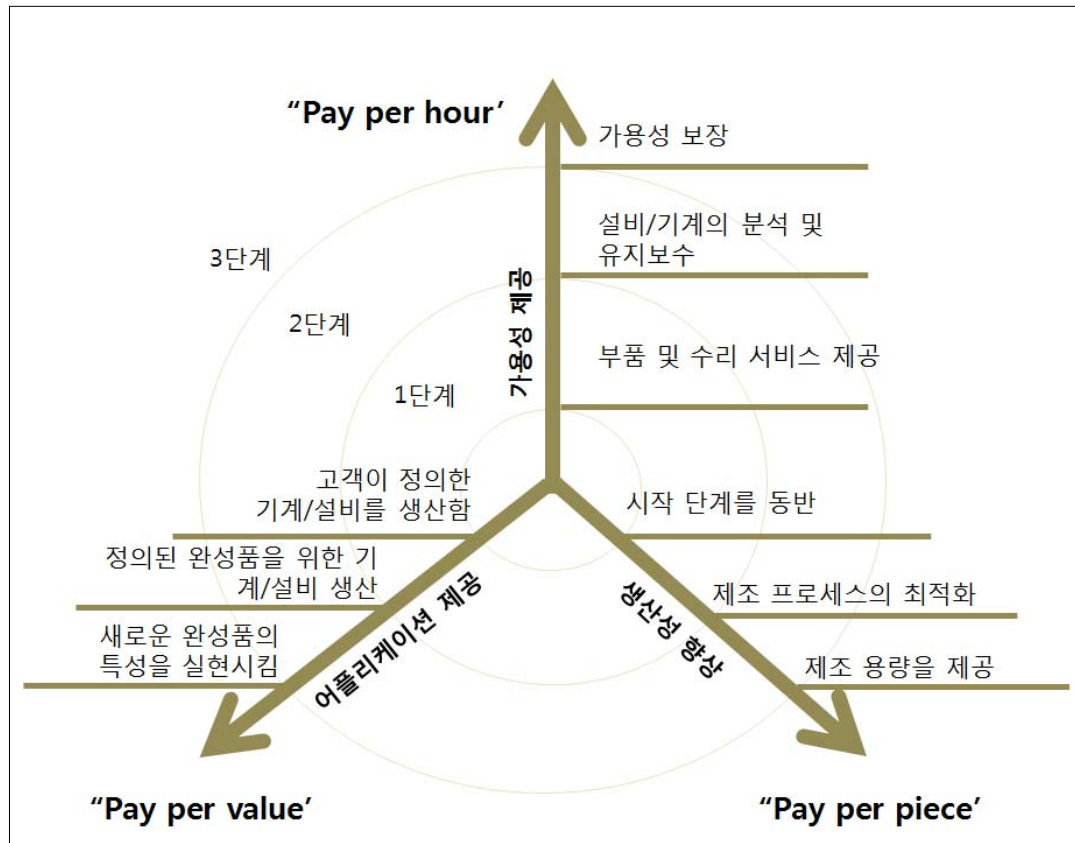


[그림 338-1] 제품 및 서비스 발전에 있어서 패러다임의 변화

명확하게 인지할 수 있는 트렌드는 서비스와 제품의 동반 성장임. 고객들은 점점 더 총체적인 문제 해결을 기대함. [그림 338-1]는 이러한 변화를 아주 간단한 형태로 설명함. 과거에는 제품과 서비스를 분리해서 보고 부분적으로 다양한 곳에서 제공받았던 반면, 오늘날에는 보완된 시각이 존재함. 제품 이외에도 이제는 예를 들어 자문 서비스와 같은 서비스를 제공받음 (Bullinger et al. 2006 참조; 원전 Ref. 참조). 이는 대부분 판매 촉진을 지원함. 미래에는 제품과 서비스가 라이프 사이클 전체를 포괄하는 접근 방법에 맞게 강력하게 서로 통합될 것임. 더 이상 제품만이 아니라 성과 및 효용이 제공됨. 제4차 산업 혁명의 Cyber Physical System 기능과 연계하여 잘 알려진 서비스의 효용은 새로운 소프트웨어 제공을 통해 보완되고 향상될 수 있음.

이 통합적 관점으로 향하는 길에서 세 가지 전략적 방향이 확인될 수 있음.

- 가용성 제공의 향상
- 생산성 제공의 향상
- 어플리케이션 제공의 향상



[그림 338-2] 제조 수단의 생산 및 거기서 도출된 비즈니스 모델에 대한 전략 (Bauernhansl et al. 2002 참조; 원전 Ref. 참조)

이 세 가지 전략은 각각 많은 단계를 거쳐 활용됨. 최상위 단계에서는 각각의 비즈니스 모델이 도출됨. 가용성 제공의 증대는 기계의 이용 가능한 시간을 늘리는 목표를 가지고 있음. 이러한 전략의 틀 안에서 회사의 방향성은 고객 요구에 대한 반응에서부터 가용성 책임의 인계까지 "pay-per-hour" 모델의 형태로 변함. 생산성 향상의 제공은 품질 및 프로세스 안정성에 영향을 미치지 않고 기계 성능의 향상을 의미함. 기업들은 이러한 전략의 구현에서 더 이상 제조 도구의 제공만 국한되는 것이 아니라 제조 책임도 넘겨받음. 비즈니스 모델로 설명하자면 이는 판매하는 것은 더 이상 기계 자체뿐만이 아니라 기계에 의해 처리되는 각각의 부분에서 발생한다는 것을 의미함("pay-per-piece"). 세 번째 축에는 어플리케이션 제공의 증대에 있음. 이러한 접근법의 목표는 최종 고객의 효용 증대

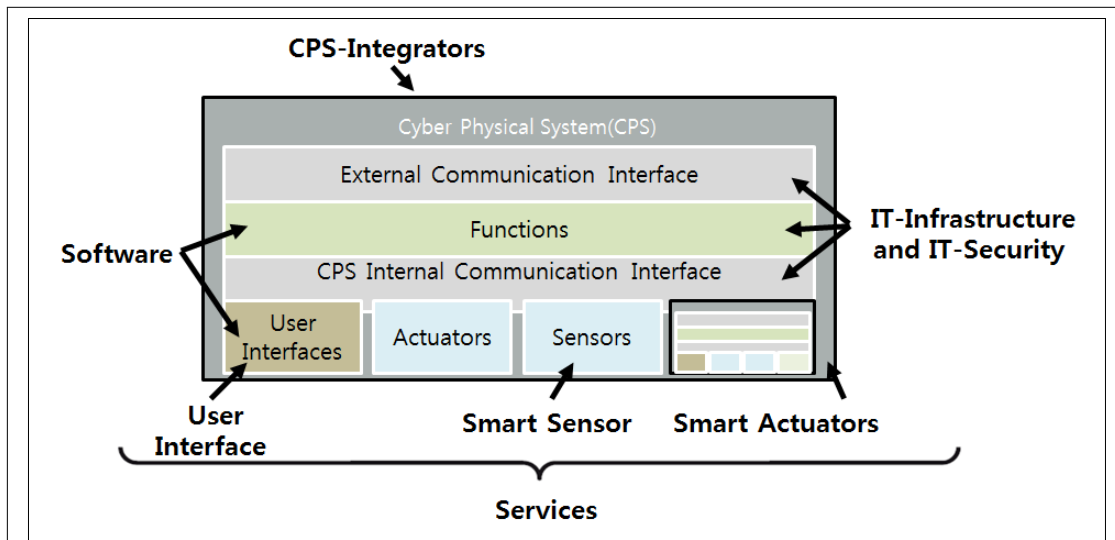
임. 결과적으로 기계의 사용자는 자신의 시장 위치를 강화할 수 있고, 새로운 시장에 진출할 수 있음. 이러한 접근법을 기반으로 “pay-per-value” 비즈니스 모델이 도출됨. 중요한 전제 조건은 가치 창출 사슬의 이해이며 특히 최종 고객의 요구의 이해임. 이 전략의 구현을 위해 자신의 제품은 실제 완제품에 대해 중요한 영향력을 가져야함 (Bauernhansl et al. 2002 참조). [그림 338-2]은 각각의 단계에 대한 개관을 제공함.

전략에 대한 접근법의 구현은 제4차 산업 혁명의 방향으로의 개발을 통해 혜택을 받음. 고객과 프로세스와의 네트워킹 강화 및 라이프 사이클 전반에 걸친 고찰을 통해 생산자와 운영자가 점점 더 강하게 통합됨. 그것의 결과로 나온 정보의 가용성은 특히 분리된 제조 구조와 글로벌 가치 창출 네트워크에서 중요하게 됨 (Bullinger et al., 2009 참조; 원전 Ref. 참조). 결과적으로 정보 교환이 증가하며, 이는 운영자의 어플리케이션 효용 증가를 위한 새로운 접근법이 가능하게 함.

기능적 관점의 강화를 통해 소프트웨어 영역에서 새로운 비즈니스 모델이 적용됨. 거기에는 더 이상 대규모 소프트웨어 패키지가 아니라 사용에 따라 계산되는 소규모의 개별적인 앱이 제공됨 (Bauernhansl 2013 참조). 이러한 발전은 점점 더 강한 네트워킹과 클라우드 저장을 통해 촉진됨. 이용이 상세해지고 실시간으로 모니터링이 가능해지면 그러한 비즈니스 모델에 따른 정산이 가능해짐 (Kagermann, 2013 참조). 그러한 비즈니스 모델의 기본 조건은 제3자의 공격에 대한 데이터 보안임. 그러므로 각각의 모델에는 상응하는 보안 개념이 포함됨.

4. CPS 기능 및 관련 기관 (BITKOM/Fraunhofer IAO, 2014)

○ 기술 중심의 공급자 유형 분류 (26ff.)



[그림 4-1] 기술 중심의 공급자 유형 분류 (Fraunhofer IPA, 2014, P. 27)

관련 기관과 능력에 대한 추가 분석을 위해 기술 지향적인 관점에서 카탈로그를 구성함. 이를 위해 CPS로부터 다음의 두 개의 등급이 정의됨 ([그림 4-1]).

[그림 4-1] 용어 설명

CPPS Integrators: 기계 및 설비 제조업자, 공작기계, 운송 기술, 기업 내부 물류

Software: Strategic Investment Planning, Research, Product Development, Process Planning & Development, Factory Planning, Production Planning, Supply Chain Management, Procurement, Purchase, Customer management, Marketing, Sales, Production, Mounting, Logistics, Stock, Shipping, Maintenance, After Sales, Services, IT Infrastructure, IT Security, Management, Administration, Training & Further education

IT Infrastructure and IT Security: Network and Communication

Supplier, Web-hoster, Cloud Supplier, IT Security

User Interface: Hardware, Special Software

Services: Research, Development, System Adaptation, Customizing, Consulting, Introduction and Commissioning, Production of Hardware, Preparing of IT Infrastructure

CPS 능력이 있는 것은 Sub-CPS 혹은 CPS 구성 요소에 초점을 맞춘 생산 업체와 서비스 제공업체임. 예는 여기에서 센서 및 액추에이터 생산자, 소프트웨어 기업 혹은 통신기술 생산업체임. 특징은 Sub-CPS가 대부분 인프라, 기계 혹은 설비의 부품이라는 것임. Sub-CPS 공급자는 CPS 구조에 따라 다음과 같이 추가로 분류될 수 있음:

- 스마트 센서
- 스마트 액추에이터
- 사용자 인터페이스
- 소프트웨어
- IT 인프라와 IT 보안

CPS Integrator들은 생산업체와 서비스 공급업체를 포함하며, 이들은 다수의 Sub-CPS들을 커다란 CPS로 통합하는데 특화했음. 예는 기계 및 설비 생산자, 특히 공작 기계 생산자와 운송 및 창고기술 생산업체임.

기업 이외에도 많은 대학과 연구기관이 상기한 인더스트리 4.0을 위해 중요한 분야에서 연구하고 있음. 본 연구보고서를 작성하는 시점에 전체적으로 약 400개의 대형 기관들이 확인되었음. 이러한 것들은 공공 프로젝트들, 새로운 시도 Initiative 혹은 주제 분야별로 특별한 능력들을 보유한 참여 기관 목록에 의해 확인되었음. 확인된 기관들은 부분적으로 많은 업무를 수행할 수 있음. (Fraunhofer IPA, 2014의) 다음 chapter (Chapter 3)에서는 Baden-Württemberg에서의 활동들이 다양한 기술 담당 분야를 위해 분석되고 주요 프로젝트와 새로운 시도가 설명될 것임. 소개된 기관에서는 예를 든 그러나 완전하지는 않은 카탈로그임. Baden-Württemberg 주의 역량을 가진 기관에 대한 지도(Competence Atlas)에서 많은 공급자들이 소개됨 (Web site Competence atlas: www.i40-bw.de).

5. 결론

- 본 Issue Report에서는 인더스트리 4.0, 특히 스마트 팩토리 구현에 필요한 CPS에 대해서만 집중적으로 다루었음
- 관련 산업정책 수립을 위해서는 관련 기관의 현황 파악이 선행되어야 함
 - 독일에서 관련 기관에 대한 분석은 특정 주를 대상으로 수행된 바 있음 (Fraunhofer IPA (2014) 참조)
 - 국내에서 관련 기관에 대한 분석은 준비 중에 있으며, 가을에는 1차 결과가 나올 것으로 예상됨
- CPS의 적용분야는 acatech Position (acatech, 2011) 및 acatech Studie(Geisberger/Broy, 2012)에서 볼 수 있는 바와 같이 스마트 팩토리 보다 훨씬 더 다양함
- CPS는 임베디드 시스템이 발전된 시스템으로 향후 ICT 융합을 통한 새로운 제품 및 서비스 개발에서 중요한 역할을 할 것으로 예상됨
- CPS에 대해서는 제조업과 ICT 활용에 대한 연구가 앞서 있는 우리나라에서도 향후 폭넓은 연구 및 IoT와 연계된 국가 차원의 전략 수립이 기대됨

약어모음

BAN	Body Area Networks
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Median e.V. 독일 정보경제, 통신 및 뉴 미디어 협회
CPS	Cyber Physical System
DIN	Deutsche Industrie Norm
HMI	Human Machine Interaction
IAO	Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (노동경제 및 조직 연구소)
ICT	Information Communication System
IPA	Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (생산기술 및 자동화 연구소)
ISO	International Standard Organization
IT	Information Technology
LAN	Local Area Networks
NW	Network
PAN	Personal Area Network
SW	Software
VDI	Verein Deutscher Ingenieure (독일 엔지니어 협회)
WAN	Wide Area Networks
WLAN	Wireless LAN

참고자료

- 김원태 등 (2010) 김원태; 전인결; 이수형; 박승민: CPS 기술 동향, 정보통신 산업진흥원, 주간기술동향 통권 1455호 2010.7.21., 포커스
- 박형근 (2014) 4차 산업혁명이 시작됐다 기계가 소통하는 사이버물리시스템 주목하라, DBR 2014 No. 166, P.52~59
- 한경 경제용어사전, 한국경제신문/한경닷컴; 가상물리시스템
<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2079991&cid=50305&categoryId=50305>
- acatech (2011) acatech POSITION: Cyber-Physical Systems - Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion, 2011.11
(영) acatech POSITION Paper; Cyber-Physical Systems - Driving force for innovation in mobility, health, energy and production, 2011.12
<http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/acatech/detail/artikel/cyber-physical-systems.html>
- BITKOM/Fraunhofer IAO (2014) Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland Studie (인더스트리 4.0 - 독일의 경제적 측면의 잠재력), 2014
- Broy, Manfred (2010) acatech diskutiert "Cyber Physical Systems - Innovation durch Software Intensive Eingebettete Systeme", 2010
- Fraunhofer IPA (2014) Herausgeber (발간인) Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Baden-Württemberg 주정부의 재무 및 경제/산업부), Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl, Michael Lickefett, 2014
- Geisberger, Eva/Broy, Manfred (2012) acatech STUDIE: agendaCPS - Integrierte Forschungsagenda Cyber Physical Systems, 2012
<http://www.acatech.de/de/publikationen/empfehlungen/acatech/detail/artikel/acatech-studie-agendacps-integrierte-forschungsagenda-cyber-physical-systems.html>

- Harrington, J. (1973) Computer Integrated Manufacturing, Industrial Press, New York, N.Y., USA
- Kagermann, H. (2013) Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 (제조업의 산업 입지로서 독일의 미래를 보장할 미래 프로젝트인 인더스트리 4.0으로의 전환 권유 인더스트리 4.0 작업반 결과보고서), 2013
- (영) Securing the future of German manufacturing industry **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0** Final report of the Industrie 4.0 Working Group
- Lee, Edward A. (2008) “Cyber Physical Systems: Design Challenges”, International Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), May, 2008
- Lee, Edward Ashford/Seshia, Sanjit Arunkumar (UC Berkeley) (Introduction to Embedded Systems - A Cyber-physical System Approach, 1st Ed., <http://LeeSeshia.org>, 2011
- Wahlster, Wolfgang (2013) Industry 4.0: The Semantic Product Memory as a Basis for Cyber-Physical Production Systems (SGAICO Forum: Recent Trends in Artificial Intelligence and Cognitive Science Zurich, 27 May 2013)

인터넷 Site

- <http://www.computer-automation.de/steuerungsebene/steuern-regeln/artikel/93559/>
- <http://www.computerwoche.de/a/us-hersteller-organisieren-sich-fuer-den-wachstumsmarkt-industrie-4-0,2556956>
- <http://www.plattform-i40.de/blog/was-industrie-40-f%C3%BCr-uns-ist>
- <http://www.plattform-i40.de/>
- http://de.wikipedia.org/wiki/Plattform_Industrie_4.0

ICT 융합 Issue Report 2015-02 (통권 제6호)

인더스트리 4.0 구현을 위한 Cyber Physical System (CPS)

2015년 5월 12일 인쇄

2015년 5월 12일 발행

발행인 (사) 한국ICT융합네트워크 회장

발행처 (사) 한국ICT융합네트워크

서울 강남구 강남대로 320 1312호

전화: 070-4119-6601

Homepage: www.kicon.org

사단법인
한국ICT융합네트워크
Korea ICT Convergence Network

회원가입문의

김은 010-4941-6601 | eunkim55@gmail.com
여찬기 010-8862-9930 | ckyeo0205@gmail.com
김재한 010-2287-8362 | jhk1434@hanmail.net
김도윤 010-2520-3905 | chic-hn@hanmail.net
www.kicon.org