

는 소프트웨어 관련 기술과 CPS가 적용 가능한 응용 분야를 중점적으로 다루고 있다. 2019년 현재 CPS PG는 다음과 같은 영역의 업무를 가지고 표준 개발, 워크숍 및 학술 활동을 지속적으로 추진하고 있다.

1. CPS 기술 분야 표준화

- 1.1. CPS 모델링 및 시뮬레이션
- 1.2. CPS 통신 미들웨어
- 1.3. CPS 자율제어
- 1.4. CPS 서비스(제조, 국방, 조선/해양 등)

2. CPS 기술 분야 표준적합/상호운용/품질 평가 및 시험 표준화

3. CPS 기술 분야 국제표준화 협력

- 3.1. OMG, ITU-T, ISO, IEC, oneM2M, IETF 등과 CPS 기술 및 서비스 분야 협력

4. CPS 기술 분야 표준 유지보수

2.2 주요개발 표준

프로젝트 그룹 설립 초기 CPS PG의 표준화 활동은 CPS 핵심기술 개발에 따른 '기술 선도 표준' 제정이 우선이었으나, 2015년 이후 CPS 기술이 다양한 산업 도메인에 적용됨에 따라 제조, 자동차, 에너지, 건설, 조선 등 민간 산업 분야에서의 기술 개발과 연계한 '수요자 중심 표준'의 지속적인 발굴 및 제정이 이뤄지고 있다. 특히, 최근 4차 산업혁명으로 산업 패러다임이 변화함에 따라 CPS 기술을 접목한 ICT융합 분야인 스마트 공장에서의 표준화 활동이 강화되고 있다.

2019년에는 CPS기술의 대표적인 사례인 스마트 공장뿐만 아니라 스마트시티, 무인자동차, 드론, 조선, 에지 컴퓨팅 등 타 산업 분야에서의 지속적인 표

<표 1> CPS PG의 표준제정 현황

구분	표준번호	표준명
업종별 스마트 팩토리 기술 표준	TTAK.KO-11.0254	조선업종 스마트 생산계획시스템(APS) 참조모델
	TTAK.KO-10.1051-Part1	기계부품 조립 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제1부: 참조 모델
	TTAK.KO-10.1052-Part1	열처리 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제1부: 참조 모델
	TTAK.KO-10.1048-Part3	정밀가공 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제3부: 정보 모델
	TTAK.KO-10.1050-Part2	금형 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제2부: 정보 교환 인터페이스
	TTAK.KO-10.1051-Part2	기계부품 조립 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제2부: 정보 교환 인터페이스
	TTAK.KO-10.1048-Part1	정밀가공 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제1부: 참조 모델
	TTAK.KO-10.1049-Part1	표면처리 업종 스마트 공장 적용지침 - 제1부: 참조 모델
	TTAK.KO-10.1048-Part2	정밀가공 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제2부: 정보 교환 인터페이스
	TTAK.KO-10.1050-Part3	금형 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제3부: 정보 모델
	TTAK.KO-10.1050-Part1	금형 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제1부: 참조 모델
	TTAK.KO-10.1053-Part3	주조 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제3부: 정보 모델
	TTAK.KO-10.1052-Part3	열처리 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제3부: 정보 모델
	TTAK.KO-10.1051-Part3	기계부품 조립 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제3부: 정보 모델
	TTAK.KO-10.1049-Part2	표면처리 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제2부: 정보 교환 인터페이스
	TTAK.KO-10.1049-Part3	표면처리 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제3부: 정보 모델
	TTAK.KO-10.1052-Part2	열처리 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제2부: 정보 교환 인터페이스
	TTAK.KO-10.1053-Part1	주조 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제1부: 참조 모델
	TTAK.KO-10.1053-Part2	주조 업종 스마트 공장 적용 지침 - 제2부: 정보 교환 인터페이스
	TTAK.KO-11.0226-Part2	전기전자 부품 및 조립 업종 스마트 팩토리 적용 지침 - 제2부 : 시스템 참조구조

구분	표준번호	표준명
	TTAK.KO-11.0226-Part1	전기전자 부품 및 조립 업종 스마트 팩토리 적용 지침 - 제1부 : 참조 모델
	TTAK.KO-11.0206	자동차 부품산업의 제조 공정 및 참조 아키텍처 모델
	TTAK.KO-11.0201-Part2	ICT 제조 융합 전개 시나리오 - 제2부 : 자동차 부품 업종
	TTAK.KO-11.0201-Part1	ICT 제조 융합 전개 시나리오 - 제1부 : 전기전자 조립 업종
산업별 CPS 기술 표준	TTAK.KO-11.0253	무인기 미션컴퓨터를 위한 응용소프트웨어 API
	TTAR-10.0092	CPS 시스템을 위한 비휘발성 컴퓨팅 시스템용 파워 관리 모듈(기술보고서)
	TTAR-11.0064	무인이동체 오토파일럿 소프트웨어용 통신 미들웨어(기술보고서)
	TTAK.KO-11.0186	실기동, 가상, 구성 통합모의체계 연동을 위한 통신 미들웨어에서 시간동기화 서비스
스마트 팩토리 공통 기술 표준	TTAK.KO-11.0255	스마트 팩토리 통합을 위한 제조 가상화 시스템 기능 요구사항
	TTAK.KO-10.1054	맞춤형 제품 제조 서비스 시나리오
	TTAK.KO-11.0227/R1-Part1	생산자원(4M1E) 기반 스마트 팩토리 정보 관리 - 제1부 : 참조 모델
	TTAK.KO-11.0242	스마트 팩토리 초저지연 서비스 제공을 위한 에지 시스템 참조 아키텍처
	TTAK.KO-11.0241	스마트 팩토리 설비 관리를 위한 MTConnect 기반의 모바일 모니터링 시스템 참조 구조
	TTAK.KO-11.0227-Part2	생산자원(4M1E) 기반 스마트 팩토리 정보관리 - 제2부: 상호연동지침
	TTAK.KO-11.0227-Part3	생산자원(4M1E) 기반 스마트 팩토리 정보관리 - 제3부: 상호연동을 위한 적합성 평가지침
	TTAK.KO-11.0205	스마트 팩토리를 위한 생산현장의 스마트화 요구사항
	TTAK.KO-11.0207	스마트 팩토리 용어
	TTAK.KO-11.0208	사이버-물리 생산 시스템 서비스 디렉토리 인터페이스 명세
	TTAK.KO-11.0209	사이버-물리 생산 시스템 게이트웨이 실행 모듈 인터페이스 정의
	TTAK.KO-11.0210	사이버-물리 생산 시스템 연동 미들웨어에서의 설비 제어서비스 제공 규격
	TTAK.KO-11.0211	사이버-물리 생산 시스템 연동 미들웨어 사용자 인터페이스
	TTAK.KO-11.0202	사이버-물리 생산 시스템 연동 미들웨어 명세 언어 정의
	TTAK.KO-11.0198	사이버-물리 생산 시스템 연동 미들웨어 인터페이스 요구사항
	TTAK.KO-11.0199	ICT 제조 융합 스마트 팩토리 참조 모델
	TTAK.KO-11.0200	ICT 제조 융합 전개 모델
CPS 핵심 기술 표준	TTAR-10.0093	사이버-물리 시스템의 어려움에 따른 프로그램 동적 실행 모드(기술보고서)
	TTAR-11.0065	분산 사이버 물리 시스템 시간 동기화 참조 모델(기술보고서)
	TTAK.KO-11.0229	데이터 분산 서비스(DDS) 기반 휴대 라우터 프레임워크 참조 모델
	TTAK.KO-11.0228	데이터 배포 서비스(DDS) 기반 시스템의 발간/구독 객체 자동배치서비스 인터페이스 정의
	TTAK.KO-11.0197	사이버-물리 시스템 애플리케이션 신뢰성 평가 지침
	TTAK.KO-11.0184	사이버-물리시스템(CPS) 모니터링 및 원격 제어를 위한 통신 미들웨어 확장 API
	TTAK.KO-11.0141/R1	사이버-물리 시스템(CPS) 모델 검증을 위한 분산형 정형 검증기 요구사항
	TTAK.KO-11.0170/R1	사이버-물리시스템(CPS) 통신 미들웨어 게이트웨이 참조 모델
	TTAK.KO-11.0146/R1	사이버-물리 시스템(CPS) 미들웨어 모니터링 참조 모델
	TTAK.KO-11.0185	데이터 분산 서비스(DDS)와 하이 레벨 아키텍처(HLA) 연동을 위한 서비스 품질 변환 구조
	TTAK.KO-11.0175/R1	사이버-물리 시스템(CPS) 하이브리드 모델링 언어표기 지침
	TTAK.KO-11.0174	사이버-물리 시스템(CPS)의 협업형 목표 모델링 요구 사항
	TTAK.KO-11.0172	사이버-물리 시스템(CPS) 통신 미들웨어 모듈화를 위한 모듈 구조
	TTAK.KO-11.0173	자율 제어 사이버-물리 시스템(CPS) 애플리케이션 개발 지침
	TTAK.KO-11.0171	사이버-물리 시스템(CPS) 통신 미들웨어의 정적 탐색 서비스 인터페이스
	TTAK.KO-11.0166	사용자 상호작용 시뮬레이션 제어 인터페이스 요구 사항

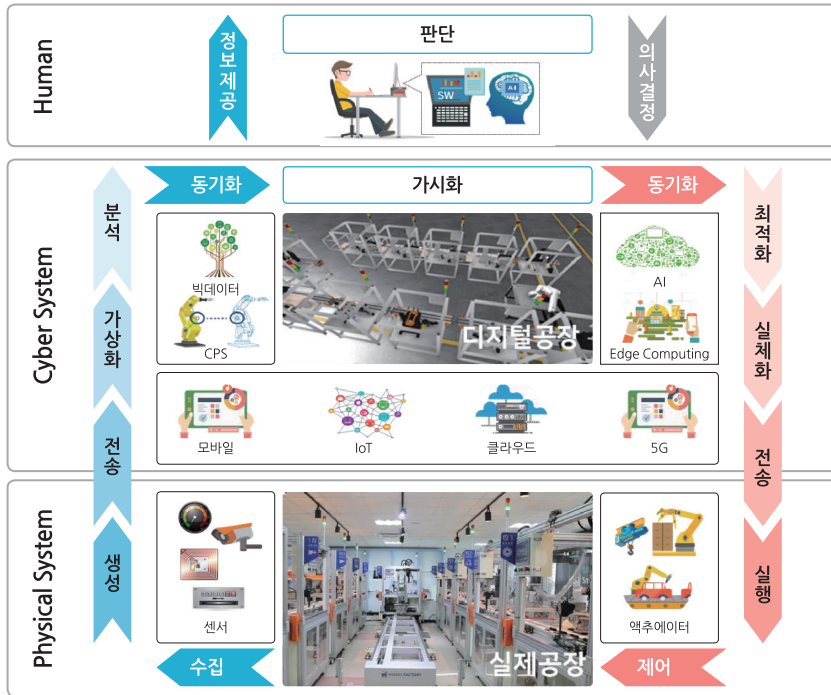
구분	표준번호	표준명
	TTAK.KO-11.0167	사이버-물리 시스템(CPS) 통신 미들웨어를 위한 토폴로지 인터페이스
	TTAK.KO-11.0168	사이버-물리 시스템(CPS) 통신 미들웨어에서 UML 기반 QoS 프로파일 참조 모델
	TTAK.KO-11.0169	다중 네트워크 도메인을 지원하는 대규모 사이버-물리 시스템(CPS) 통신 개체 탐색 참조 모델
	TTAK.KO-11.0148	대규모 사이버-물리 시스템(CPS) 미들웨어 서비스 품질 정책 관계 정의 지침
	TTAK.KO-11.0147	대규모 사이버-물리 시스템(CPS)을 위한 통신 개체 탐색 참조 모델
	TTAK.KO-11.0145	사이버-물리 시스템(CPS) 통신 미들웨어 구조 분석을 위한 참조 모델
	TTAK.KO-11.0144	대규모 사이버-물리 시스템(CPS) 응용의 통신 미들웨어 상호 운용성 시험 지침
	TTAK.KO-11.0143	사이버-물리 시스템(CPS) 모델링을 위한 합성 환경 데이터 표현 지침
	TTAK.KO-11.0142	사이버-물리 시스템(CPS) 하드웨어 검증을 위한 HILS 제어 인터페이스 요구 사항
	TTAK.KO-11.0139	사이버-물리 시스템(CPS) 결함 및 이상 상태 기술 지침
	TTAK.KO-11.0140	사이버-물리 시스템(CPS) 목표 모델링 요구 사항
	TTAK.KO-11.0138	사이버-물리 시스템(CPS) MILS 지원 시뮬레이터 참조 모델
	TTAK.KO-11.0152	대규모 사이버-물리 시스템(CPS)을 위한 저전력 저지연 무선 MAC 프로토콜 참조 모델
	TTAK.KO-11.0151	대규모 사이버-물리 시스템(CPS)의 무선 멀티홉 데이터 통신 요구 사항
	TTAK.KO-11.0150	무선 메시 네트워크에서 사이버-물리 시스템(CPS) 그룹 관리를 위한 시그널링 참조 모델
	TTAK.KO-11.0149	대규모 사이버-물리 시스템(CPS) 미들웨어 보안 요구 사항
	TTAK.KO-11.0121	분산 CPS 시스템을 위한 통신 미들웨어의 서비스 품질 관리 모델
	TTAK.KO-11.0120	실시간 CPS 응용을 위한 통신 개체 탐색 참조 모델
	TTAK.KO-11.0119	CPS 모델 검증을 위한 시뮬레이션 엔진 요구사항
	TTAK.KO-11.0118	CPS 시스템의 연동 시뮬레이션을 위한 객체 모델 지침
	TTAK.KO-11.0117	CPS 시스템의 모델 검사기 참조 모델
	TTAK.KO-11.0116	CPS 시스템을 위한 메타모델링 언어 개발 지침
	TTAK.KO-11.0115	CPS를 위한 통신 미들웨어의 신뢰성 프로토콜
	TTAK.KO-11.0122	CPS에서 QoS를 보장하는 멀티캐스트 모델

준화 활동이 예상된다. 특히 CPS의 개념을 산업적으로 구현한 사례인 디지털 트윈에 대한 수요가 폭발적으로 증가할 것이며, 이를 위한 표준화가 시급하게 요구될 것으로 예측된다. CPS PG에서는 다음과 같은 기술에 대한 표준화를 추진할 계획이며, 빠른 시일 내에 추가적인 신규 표준화 아이টে에 관한 수요를 파악하여 구체적인 추진계획을 수립할 예정이다.

- 디지털 트윈 기술을 이용한 제조 - 요구사항, 유스케이스
- 무인이동체 미션컴퓨터의 Mavlink 메시지 전달 기술 참조모델
- 디지털 트윈 기반 사이버-물리 시스템(CPS) - 제1부 : 정의 및 시스템 구조

- 초저지연 스마트 공장 서비스를 위한 에지 시스템 성능요소 평가 지침
- 사이버-물리 시스템(CPS)의 안전·신뢰성 확보를 위한 요구사항
- 디지털 트윈을 위한 에지CPS 연동 기술 요구사항

CPS PG의 2019년 핵심 표준화 아이টে 중 하나인 디지털 트윈은 현실세계에 존재하는 실제 사물의 디지털 버전을 지칭하는 개념이다. 가트너는 2020년까지 글로벌 2,000대 기업의 30%가 운영 프로세스를 고도화된 디지털 트윈 모델로 구현할 것이라 예상하고 있으며, 이를 통해 기업 조직의 수평화와 지식 근로자의 생산성 제고를 가져올 것이라 예측하고 있다[2].



[그림 1] 디지털 트윈 기반 사이버물리시스템 개념[1]

디지털 트윈은 [그림 1]과 같이 다양한 핵심기술을 활용하여 구현되는 기술로써 실제 물리적인 자산의 가상화를 위한 정보(information)의 수집, 생성, 전송, 가상화, 분석, 동기화로 이루어지는 ‘물리시스템의 가상화’와 가상시스템의 실세계 제어를 위한 결정(decision)의 동기화, 최적화, 실체화, 전송, 실행, 제어로 이루어지는 ‘가상시스템의 실체화’로 구분할 수 있다. 또한 물리시스템의 가상화와 가상시스템의 실체화 사이에서 디지털 트윈을 활용하여 인간의 의사결정이 이루어지는 ‘판단의 구체화’가 포함된다. CPS PG에서는 디지털 트윈의 핵심 원천 기술에 대한 표준화를 진행할 계획이나 타 PG와 중첩되는 분야는 표준제정 단계에서 해당 PG와의 밀접한 협의를 통해 진행할 계획이다. 또한 반복되는 인간 행위를 대신하거나 인간의 판단 오류를 제거하여 최적의 의사결정을 지원하는 AI-CPS에 대한 기술 표준화와 산

업도메인에서 발생하는 대규모 데이터를 활용하는 디지털 트윈 구축을 위해 필요한 에지CPS 기술 표준화도 추가적으로 진행할 예정이다. 에지CPS는 최종 사용자가 사용하는 디바이스나 사용자 주변에 존재하는 엔드포인트 시스템에 위치하는 CPS로서 중앙 CPS와 연동하여 AI알고리즘 등을 실행하여 자율적인 제어 또는 인간과의 협업을 수행하는 데 사용될 것이다.

2.3 CPS기반 스마트 공장 표준화 활동

CPS적용 산업도메인 중 스마트 공장은 최근 국가 경쟁력 확보를 위한 4차 산업혁명의 핵심분야로 주목받으며 가장 활발한 표준화가 진행되는 분야이다. 스마트 공장은 TTA에서 발간하는 ICT표준화전략맵에 2017년, 2018년에 연속으로 선정되는 등 국가 경쟁력 확보 차원에서 매우 중요한 분야로 부상



[그림 2] 스마트 공장 표준화 분야[3]

하고 있다. 스마트 공장은 제품 기획·설계, 생산, 유통, 서비스 등 제품수명 주기의 전 과정을 ICT기술로 통합하여 고객 맞춤형 제품을 최소의 비용·시간으로 생산하는 미래형 공장으로 정의된다. 특히, 제조의 모든 단계가 자동화·정보화되고 가치사슬 전체가 하나의 공장처럼 연동되어 자율적으로 최적의 솔루션을 제안하는 CPS기반 지능형 팩토리로 정의되며, 소비자의 제품에 대한 요구를 실시간으로 제품 설계 및 생산 공정에 반영하여 다품종 소량생산을 가능하게 하는 지능적이고 유연한 생산체계를 지향한다. CPS PG에서는 스마트 공장을 위해 2015년부터 전통적인 OT(운영기술)와 IT(정보기술)의 융합을 고려한 표준을 개발해오고 있다. 현재까지 제정한 표준들은 기존에 서로 다른 영역에서 존재하던 시스템들을 수직 또는 수평적으로 통합하여 생산 시스템의 효율적인 운영 개선을 추구하고 새로운 제조 패러

다임을 반영한 시스템을 구축하는 데 초점을 맞추고 있다. 2019년부터는 ‘디지털 트윈을 이용한 제조 시스템’에 대한 표준을 개발할 예정이며, ISO의 Digital Twin Manufacturing Framework로 제안할 계획이다. 또한 스마트 공장 운영시스템 표준으로서 제조 가상화 시스템 기능 요구사항, 상태기반 설비 이상 징후 분류, 제조설비 자가 재구성 및 스마트 공장 통합·연동 모델 등의 표준을 개발할 계획이며, 이를 통해 공장과 근접한 지점에 에지 컴퓨팅 인프라를 구축하여 가상화된 제조 응용 및 서비스를 배포하고 실행하는 표준화된 아키텍처와 방법론을 제시할 것으로 예상된다.


제조 ICT화를 위한 스마트 공장 표준화는 IEEE, ISO/IEC, MTConnect Institute, ISA, OMG(Object Management Group), oneM2M, IIC(Industrial Internet Consortium) 등 다양한 국제표준화기구

및 사실표준화기구에서 공장 현장에 IoT, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 보안, CPS, M2M 등과 같은 최신 ICT기술을 적용하기 위한 표준 개발이 이루어지고 있다. 이외에도 전통적인 제조 분야에 대한 표준은 ISO TC 184와 IEC TC 65에서 주로 다루어지고 있다. 또한 Industry 4.0을 제안한 독일에서는 Platform Industrie 4.0의 일환으로 VDI/VDE, BITKOM, ZVEI, VDMA 등이 RAMI 4.0(Reference Architecture Model for Industry 4.0)을 포함한 다양한 표준화를 진행하고 있으며, 특히 VDI/VDE의 GMA 7.20(측정 및 자동화 기술 - CPS전문위원회)에서 CPS기반의 참조 아키텍처를 다루고 있다. 스마트 공장을 위한 글로벌 표준화는 초기단계이나 최근 미국과 독일의 글로벌 제조설비 및 운영 솔루션 업체를 중심으로 기존 산업의 ICT화를 위해 CPS참조 아키텍처와 연동 표준을 구현한 상용 제품들이 등장하고 있다. GE, 지멘스, 락웰, 미쯔비시, SAP 등은 전통 공장의 제조인프라 자원을 클라우드 및 정보통신 인프라와 통합한 스마트 공장 운영 서비스를 제공하고 있으나, 국내에서는 아직 표준화 기획 및 초기 개발 단계에 그치고 있어 관련 표준의 신속한 개발과 실(實)데이터 확보를 위한 적극적인 노력이 필요한 시점이다.

3. 맺음말

최근 4차 산업혁명 시대로 진입함에 따라 다양한 산업에 ICT기술의 도입이 진행되고 있으나, 기존 SW 개발 및 활용 패러다임으로는 실질적인 적용이 쉽지 않은 상황이다. TTA CPS PG에서는 CPS핵심 기술과 이를 산업에 즉시 적용하기 위한 표준을 개발하고 있으며, 단순 표준 제정보다는 실용적인 활용을 위해서 주요 산업 분야의 복잡한 표준화 요구를 만

족시킬 수 있는 산·학·연 협업형 표준 연구체계를 구축하고 있다. 이를 통해 다양한 도메인에서 CPS 시스템 및 응용 서비스를 개발할 때 활용 가능한 공통되고 표준화된 방법 및 연동 기술을 제공함으로써 국내 CPS 유관 산업의 초기 시장 진입에 우호적 환경을 제공하고 산업 활성화를 달성할 수 있을 것으로 예상된다.

CPS는 국가SW인프라로 활용될 수 있는 핵심 원천 기술로써 해외 선진국들이 앞다투어 기술개발에 매진하고 있으며, 관련 파생 산업이 막대할 것으로 예상되는 기술이다. 따라서 국내에서 다학제적인 CPS 기술의 표준 개발을 효과적으로 주도할 수 있도록 각 분야의 전문가와 기업의 적극적인 표준화 활동 참여가 요구되는 시점이다. 

[참고문헌]

- [1] 전인걸 외, 제조산업용 디지털 트윈 구현을 위한 CPS기반 가상-실제조설비 연동형 모델링 및 시뮬레이션 기술, 대한전자공학회 하계종합학술대회, 2017.
- [2] 2019 IT전망보고서 - 가트너, 2018.
- [3] ICT표준화전략맵 ver. 2019 - 스마트 공장, TTA, 2018.