

중소제조업 스마트공장 기술 동향과 이슈

박종만*

Technology and Issue on Embodiment of Smart Factory in Small-Medium Manufacturing Business

Jong-man Park*

요약

중소제조업 스마트공장 구현의 주요이슈는 기술개발 및 투자여력 부족에 대한 해결 방안 모색과 스마트공장 기술에 대한 정확한 구현 및 성공적 성과창출 여부이다. 제조혁신 3.0 패러다임의 실효적 추진을 위해서는 중소기업의 가치사슬 수준에 기반을 둔 기술정책 추진의 전문성과, 글로벌 기술동향 대비 핵심기술 개발의 우선순위에 의한 세부적 실천계획이 요구된다. 이 논문은 스마트공장 구현관련 IIoT와 CPS 기술에 대한 최신 기술 및 특허 동향분석과 대응전략 및 실천과제를 제시하여 기본적 제조혁신 3.0 기획구조하의 스마트공장 구현을 지원하는데 중점을 둔다.

Key Words : Smart Factory, IIoT, CPS, Technology Issue, Patent

ABSTRACT

Main issue for embodiment of smart factory in small-medium manufacturing business(SMMB) is to whether might be successful or not in achieving a goal, exact materializing for smart factory related technology, and in seeking possible solutions for limited capacity to invest and develop technology. It is required for effective driving of manufacturing innovation 3.0 paradigm that ensures expertise to push forward technology policy based on value chain level of SMMB, and ensures detailed action plans by investment priority and development of core technology against global trend. This paper focuses to suggest countermeasure strategy and task through analysis of advanced technology and patent trend about industrial IoT(IIoT) and cyber physical system(CPS), and support embodiment of smart factory in underlying manufacturing innovation 3.0 scheme

1. 서론

국내 제조업 혁신의 이슈로 스마트공장의 다양한 개념과 구성기술, 추진정책, 중소기업 스마트공장화 추진의 선연적 목표 제시 등 공급자적 드라이브와 대기업 중심의 자생적 추진노력이 있다. 반면 스마트공장의 공급자적 추진 의도와 수요자들 간에 그림 1.과 같이 공급자적 방향성과 타이밍에도 불구하고 기술 및 시

스템 개발의 시차와 투자 시점 및 규모의 차이가 존재할 수 있으며, 스마트공장 구현을 위한 현실적 배경은 기초적 전산화의 미 진입 수준에서 자율 제어의 고수준까지 다양한 상황이다. 이를 배경으로 중소기업 스마트공장 기술 수요자들의 핵심 이슈는 기술개발 및 투자여력 부족에 대한 해결 방안, 추진기술의 정확한 내용 인식과 성과창출에 대한 확신 여부로 요약 가능하다.

※ 이 논문은 미래창조과학부 과학기술진흥기금, 복원기금의 지원을 받아 KISTI ReSEAT 프로그램의 지원으로 수행된 연구결과임.
 * First and Corresponding Author : Korea Institute of Science and Technology Information, ReSEAT, Senior Research Fellow, jmp21c2008@reseat.re.kr(jmp21c2012@daum.net), 정회원
 논문번호 : KICS2015-09-320, Received September 26, 2015; Revised November 25, 2015; Accepted December 7, 2015

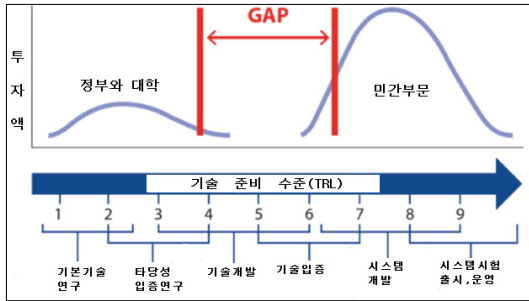


그림 1. 기술개발 추진과 상용화 시점의 차이
 Fig. 1. Gap between R&D Governance and Commercialization (Source:www.sme.org, sept. 2015)

제조혁신 3.0의 실효성을 위해서는 중소기업 가치사슬 수준에 기반을 둔 기술정책 추진의 전문성이 요구되며, 핵심 기술의 개발과 투자 우선순위에 의한 세부적 실행계획이 요구된다. 수년간 산업부문 사물인터넷(IoT) 추진의 투자대비 득실에 대한 반성과, 최근 사이버물리시스템(CPS)의 재부상에 대한 시각차와 투자효과의 시간차를 고려하는 실효적 추진이 필요하다. 이에 중소기업 입장에서 최신의 글로벌 기술동향 파악과 대응방안의 도출 및 실천이 중요한 상황이다. 논문은 스마트공장 관련 IIoT와 CPS에 대한 최신의 기술 이슈 및 특히 동향 분석과 대응전략 도출에 중점을 둔다.

II. 기술개요

2.1 기술배경과 이슈

국가별 제조경쟁력 혁신을 위해 Hightech Strategy 2020과 Industry 4.0(독일), Advanced Manufacturing 2.0(미국), Made in China 2025(중국), 제조혁신 3.0(한국), ESPRI(유럽), 지능적 제조시스템(일본)등 국가차원의 제조전략들이 적극 추진되고 있으며, 한국도 제조업 혁신전략과 중소기업 스마트공장화를 적극 추진하고 있다. 이러한 스마트공장화의 지향점은 핵심 기술인 IIoT(Industrial IoT)와 CPS(Cyber Physical System)기술을 기반으로 제조단계의 자동화, 정보화, 실시간 처리와 설비, 장치, 기기 등의 지능화, 모듈단위의 유연 제조와 분산 자율제어를 통한 가변적 생산 시스템의 연동체계 구축으로 요약된다.

최근 독일은 2년간의 인더스트리 4.0 추진의 저해요인이 IoT와 CPS 표준의 지연, 데이터 보안문제, 중소기업의 투자 부담이었음을 간파하고, 협업기반의 오픈 플랫폼 개발전략으로 전환하여 인더스트리 4.0을 재추진하고 있다. 특히 저해요인이 고객니즈에 의

한 시장 창출보다 기존 제품의 기술과 품질 개선 고수, 실질적 사업화 모델 창출보다 기술적 엔지니어링 연구 확산에 집중, 시장표준보다 사실표준 선도 집착, 협동적 연동 효율보다 폐쇄적 내부 공정효율 우선시에 있었음을 반성하고 대응 방안 수립과 실천 전략을 수정하고 있다¹⁾. 미국은 제조업 혁신을 위해 스마트 제조 구조 및 실증연구와 프로젝트, 이중 환경에서의 의사결정 및 조치를 위한 종합처리, 상황인식 데이터화, 모델링 지원, 불확정성의 처리, 동기화, 클라우드 실행 연동 앱, 데이터 유지 보안, 가상보안 프로토콜 제어기술 등의 개발을 추진하고 있으며²⁾, 정보시스템의 실시간성을 강조하고 있다.

한국의 추진 내역은 수준별로 기본적 제조정보 시스템의 구축, 설비정보 자동 획득 및 제어 기술, 개발 정보 공유 및 제조 운영최적화, IoT기반 스마트공장화 등을 위한 기술개발을 추진하고 있다. 산업부와 미래부는 스마트공장 고도화 및 연결성과 관련하여 다양한 기술과제 사업을 추진하고 있다. 최근 스마트공장 인증모델링 및 기술표준화 로드맵, 상호 호환성 센터 및 테스트베드의 추진, 스마트공장 추진단의 구성 등도 이슈가 되고 있다.

2.2 스마트공장 기술구성

스마트공장이 공장인터넷, 상호 운영적 통합제조, 유비쿼터스 제조, 디지털 공장, 자동화 및 자율기반 유연 제조시스템 등의 진화와 WSN(Wireless Sensor Network), MES(Manufacturing Execution System), M2M(Machine to Machine), WoT (Web of Things), IIoT, IoF(Internet of Factory Things), CPS등 기술 패러다임을 상속한 결과로 볼 때, 스마트공장의 최근 기술은 IIoT와 CPS 패러다임이라고 할 수 있다. IIoT의 IoT가 사물객체들의 인터넷 기반 연결이고 CPS는 가상과 현실세계 객체의 통합 연결 시스템이라면, 스마트공장은 공장 사물인 센서, 액추에이터, 설비 등 모든 현실세계 객체와 이들 간의 네트워크, 인터넷으로 연결 구성된 가상세계를 제어하고 관리하는 종합 시스템이 된다.

스마트공장 구현의 핵심은 제조 IoT기술을 기반으로 공장 내 외부 관리 자원을 연결하고 제조 및 서비스 최적화를 위한 플랫폼의 구성이다. 플랫폼의 기술 구성은 생산 데이터의 실시간 수집, 생산 빅데이터의 분석 및 응용이 기본이다. 생산 데이터의 실시간 수집 기술은 수집기와 미들웨어에 의해 수행되며, 빅데이터의 분석 및 응용기술은 공정성능 및 품질변수 검증, 설비신뢰도 분석 및 예측, 시뮬레이션 및 스케줄링 분

석을 수반한다. 생산 자원 모니터링 및 분석 등의 통합관리는 플랫폼 OS와 관련도플 들에 의해 수행된다.

스마트공장의 구현 기술은 공장 자동화, 유연 및 통합 제조시스템, 상호 운영 컴퓨터기반 통합제조시스템(I-CIM), 지능적 제조시스템(IMS), 지능적 다기능 제어 기반의 전자적(e)제조시스템, M2M 자율통신과 지식기반의 유비쿼터스 제조시스템, 스마트공장 등으로 이어지는 구성기술에서 판단 가능하다. 최근 자율적 지식습득과 대화를 통한 지능적 제조설비와 인터넷기반의 통합적 설비관리 기술, 실시간 정보기반 통합생산 운영, 지능형 센서 네트워크 및 모니터링, 재구성 모듈러 시스템, 실시간 자율보정 및 가공 최적화 무인 제어 기술 등의 논의가 있다. 스마트공장은 기술융합 범위에 제한이 없으며 제조 운영관리에서 인터넷, 클라우드, 빅데이터, 모바일기술 등은 선택적이다. 한국의 경우 스마트센서, CPS, 3D프린팅, 에너지 절감기술과 IoT, 클라우드, 빅 데이터, 홀로그램 등의 8개 기술을 스마트제조 8대 핵심기술³⁾로 구성하고 있다. 스마트공장의 3대 요소기술 분야는 애플리케이션, 디바이스, 플랫폼 분야이며 그림 2.와 같이 통합 환경에서 엔지니어링과 제조, 즉 디지털 및 현실세계의 유기적인 협력과 기술요소의 선별 구성이 중요하다⁴⁾.

국내 과제의 RFP⁵⁾를 통해 본 스마트공장의 기술 요구분야는 주문맞춤형 유연생산을 위한 공정 최적설계 자동화, 실시간 공정데이터 기반 품질 고도화, 대용량 제조데이터 연동 스마트공장 애플리케이션 통합 운영, 제조환경 적응형 데이터 수집 및 처리 시스템과 스마트공장 실증모델, 제조 산업을 위한 개방형 IIoT 스마트공장 플랫폼 및 공장사물 하드웨어의 연결, 스마트공장 보급 및 확산적용을 위한 공통 산업표준 분

야 등이 있다. 최신 제조키워드인 IIoT에 비해 CPS의 언급이 아직 적은 반면 뿌리기업의 자동화와 첨단화, ICT융합 스마트공장 보급과 확산 지원 관련 사업은 MES, PLM, SCM 연계 솔루션을 주 대상으로 하고 있어 스마트공장의 맞춤형 기술구성이 요구된다.

2.2.1 IIoT 관련 기술구성

IIoT의 IoT는 개인, 공공, 산업 분야 IoT로 구분 가능하며, IIoT는 IoT 기술의 산업분야별 응용이며 기술 구성을 공유한다. ARC 자문단은 IEC/SG 8의 인터스트리 4.0을 IIoT의 중요한 서브 셋으로 고려하기도 한다. IEEE SA OP2413은 산업자동화에 대한 IIoT 프레임워크를 제시하며 IIoT시스템 구성의 4대 주요 부분은 지능 자산, 데이터통신 구조, 데이터 설명력을 갖기 위한 분석 및 응용, 연결강화와 정량화 의사결정이다⁶⁾. 지능자산은 센서, 프로세서, 메모리, 통신 능력을 가진 자산이나 기계를 의미하며 가치기술을 통한 데이터 생성과 정보를 공유하고 자가 인식과 자동 작동을 목표로 한다. 자산 및 객체간의 데이터 통신은 인터넷 이외에 다양한 통신기술 구조와 빅데이터 처리를 위한 클라우드 기술, 시스템 및 자산 최적화 및 비가동 시간 감소를 위한 분석도구와 SW 등을 기반으로 한다. IIoT 기술은 그림 3.과 같이 별도 축으로 진행된 WSN과 IoT(M2M)의 진화선상에서 CPS를 축으로 융합기술을 공유하는 형태를 갖는다.

IIoT는 IoT 발전의 3단계인 디바이스 연결, 인프라 구축, 산업별 혁신적 솔루션 개발 단계⁷⁾를 공유한다. IIoT 개발의 1단계는 산업영역별 사물객체로부터 수집된 제한된 정보와 데이터를 실시간으로 조회하는 수준이며, 2단계는 연결 사물의 증가와 대량데이터의 수집분석을 위한 빅데이터 플랫폼, 예측 및 패턴분석, 미들웨어 등의 인프라기술이 개발되는 수준, 3단계는 사물의 자율 연결과 상호 운영성 기반의 솔루션과 서비스가 구현되는 수준이다. IIoT 구현 수준은 다양하나 핵심적 공통 기술은 센싱, 네트워크, 인터페이스 기술 등이다. IIoT의 핵심기술은 저 전력 네트워크 기술, 센서 데이터 최적화 및 관리 기술, 저 전력 임베디

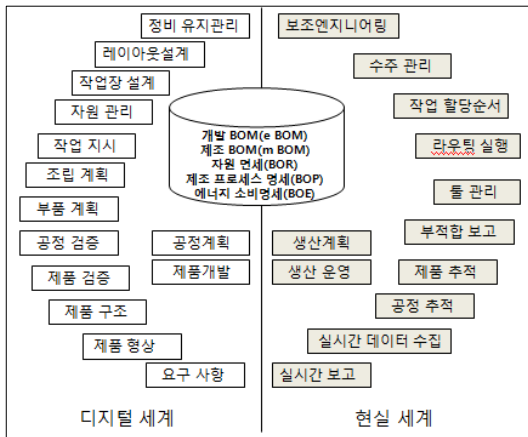


그림 2. 디지털 및 현실세계의 기술적 고려요소
Fig. 2. Technological factors in digital & physical world

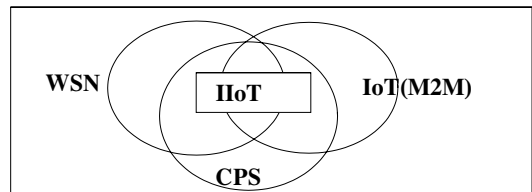


그림 3. 산업 사물인터넷(IIoT)의 자리매김
Fig. 3. Positioning of IIoT

드 OS 기술, 새로운 전력공급 및 저장 기술, 저 전력 프로세서 기술 등으로 구성된다. IIoT의 사업적 가치 사슬은 기기 부품, 네트워크, 플랫폼, 서비스 솔루션으로 구성되며 각 단계별 기술구성은 다양해 질수 있다. 스마트공장은 IIoT의 제조 응용분야이며, 산업부와 미래부의 스마트공장 로드맵 기술구성^[8]에서는 그림 4.와 같이 기기 및 네트워크, 플랫폼, 애플리케이션 3계층의 기술구성을 제시하고 있다.

애플리케이션 계층	제조 애플리케이션 컴포넌트 연동 프레임 워크		
	제품 및 공정 설계, 제조실행, 품질분석, 설비보전, 제조안전, 공장작업, 유통조달		
플랫폼 계층	IIoT 공통 플랫폼		
	빅 데이터 플랫폼	가상현실 생산시스템(CPP) 플랫폼	Cloud 플랫폼
기기 및 네트워크 계층	이 기종 다중 프로토콜 지원 IIoT 게이트 웨이 스마트 디바이스 HMI/PLC		
	유 무선 팹토리 네트워크		
RFID/스마트메모리/스마트센서			

그림 4. 스마트공장 구성의 3계층
Fig. 4. 3 Layers for Smart Factory Components

2.2.2 CPS 관련 기술구성

ITU 정의에 따르면 WoT는 IoT 범주에서 웹 기술을 통해 구동 애플과 기기 응용을 쉽게 해주는 현실 및 가상 세계의 연결 구조를 의미한다. WoT에서 CPS는 스마트제조와 스마트공장 측면에서 가상 및 현실세계의 생산시스템을 의미한다. CPS 기술구성은 그림 5.와 같이 네트워크, 플랫폼, 공장 간의 연계조합으로 구성된다^[9].

연결성은 인터넷과 로컬 네트워크 비중에 따라 인터넷 혹은 인트라 넷 중심적 시스템으로 구분할 수 있으며, CPS는 시스템 제어중심이고 IIoT는 통신기반의 객체 연동중심 기술로 볼 수 있다. CPS의 기술요소는 현실세계와 가상세계에서 얻어진 실시간 데이터의 연결성과 가상세계에서의 지능적인 데이터 관리, 분석 및 계산능력이며, 과정은 스마트연결(CBM:상황기반

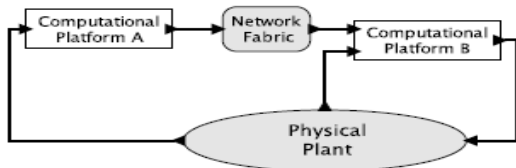


그림 5. CPS의 기본적 매핑
Fig. 5. Basic Mapping of CPS

모니터링), 데이터 정보변환(PHM:에비 진단 및 건강 관리), 가상화(CPS:사이버 물리시스템), 인식(DSS:의사결정시스템), 제어 설정(RCS:자율 재구성 제어 시스템)등의 기능과 속성으로 설명할 수 있다^[10]. CPS 기술구성으로 주문주식생산(P&P)과 제어영역네트워크(CAN)기반의 동기화 프로토콜과 메커니즘, 이더넷 기반의 자율 재구성 기능의 3단계 SW층으로 통합이 제시되기도 한다^[11]. 글로벌 규모의 CPS 구축 경우 보안 및 적시 공급이 어렵고 비용 때문에 기존 기술만으로 솔루션을 구성할 수 없어 효율적 미들웨어를 포함하는 가상 플랫폼 구성이 제시되기도 한다. 글로벌 규모의 CPS는 다양한 디바이스 지원, 무결성, 유비쿼터스 접속, 실시간 모니터링과 제어, 성능 최적화 이외에 통신 분리, 메시지 오버헤드 축소, 고성능 대역폭 할당기능 등이 추가 구성된다. CPS 플랫폼 가상화는 기존 노드 및 네트워크 가상화, 하이퍼바이저, 가상화 네트워크 매니저 및 인터페이스 카드, 가상머신, 가상 네트워크 분리, 층간 메시지 제어, 대역 제어, 성능최적화, 행위, 성능, 분리, 터널링 비용, 시나리오 등을 활용하기도 한다^[12]. 최근 CPS를 통해 장비의 운영 성능 데이터에 의한 설비상태 개선, 장비운영 최적화, 장비 원격제어 및 관리, 서비스 예측 및 시작, 현장서비스 원격진단 및 대체, 현장서비스 위임 및 최적화, 정보 및 데이터 기반의 서비스 등 서비스 분야별 구성이 제시되기도 한다^[13].

미국 SmartAmerica 도전 프로젝트에서 산업도메인의 CPS 상호연결망(CPSNETs)과 활동조직 기반의 연구 프로젝트^[14]와 같이 주요 CPS 추진 과제별로 스마트제조 분야의 연결망을 구성할 수도 있다. CPS는 무선 센서와 액추에이터로 분산 네트워크를 구성하고 적응적이고 예측 가능하며 지능적이고 실시간 처리가 가능한 제어시스템으로 설명되기도 한다. CPS의 세부적 기술은 모델링 및 시뮬레이션 기술, 네트워크 및 분산 컴퓨팅, 상황인지, 인공지능, 실시간 컴퓨팅 기반의 자율제어 기술, 이중 시스템을 위한 IIoT통신 미들웨어 기반의 통합 연동기술, SW 인증 및 검증 기반의 OS 및 플랫폼 기술 등으로 구성된다. CPS는 이중의 이산 혹은 연속 컴퓨팅의 복합 모델과 네트워킹, 상호운영성, 동기화에 대한 기능 명세와 모델링, 분석 등을 지원한다. 모듈화 구성과 통합수준에 따라 레거시 시스템과의 인터페이스를 통해 확장성과 복잡성 관리를 지원하며, 인증과 검증을 지원하는 디자인 방법론과 개선된 설계 도구로서의 기술을 포함하고 있다. 시스템의 운영 안전성, 실시간 오류 복구, 자율제어 등의 하이브리드 네트워크의 기술적 특성을 갖고 있고

시스템 복잡성에 의한 결함 가능성에 대한 도메인별 시험구조도 포함하고 있다. 물리시스템과 제어 SW간의 상호작용 관계를 설계 단계부터 단순화, 체계화하여 예측 가능한 신뢰성체계와 표준화된 인터페이스 구성 역시 CPS의 중요 요소이다.

III. 기술동향

3.1 IIoT관련 기술동향

2030년 IIoT의 규모가 10조 6천억 달러에 달할 것이라는 전망처럼 제조업 성장의 원천이 제품에서 플랫폼과 생태계로 천이되면서 IIoT 기술이 부상하고 있다. 글로벌 기업들은 IIoT를 제조분야 기술혁신의 핵심으로 보고 IIoT 플랫폼과 소프트웨어 개발 공급에 기술역량을 집중시키고 있다¹⁵⁾. 최근 그림 6.과 같이 IIoT 핵심기능은 기술성숙에 따라 가치를 높이는 방향에서 정의 SW, 스마트화, 자동화 등의 구현요소를 강조하고 있다¹⁶⁾. IIoT 서버 플랫폼은 클라우드 서비스와 센서기기의 간단한 통합을 위해 응용 미들웨어를 기기에 연결하는 게이트웨이, 기기와 클라우드 간 비동기적 메시징을 위한 메시지, 프락시 처리, 기기 식별관리를 위한 중단 관리, 모바일 기기 상의 응용 프로그램 및 소프트웨어 원격관리를 위한 기기 관리, 멀티테넌트와 내장 메모리에 데이터 저장관리를 위한 저장소, 기기 데이터의 전송과 메시지 변환을 위한 프레임워크인 메시지 전달, 실시간 필터링 및 상관 분석 처리 기능을 내장한 이벤트처리, 공동 관리 및 설정을 위한 웹기반 GUI 기능 등을 기본 기술로 구축해 가고 있다. 특히 그림 7.과 같이 기기 드라이버와 SDN(Software Defined Network)기반의 SW를 통해 응용 분야별로 데이터를 수집, 저장, 운영하며 기존 정보 데이터와의 통합 가상화¹⁶⁾와 통합 분석을 강조

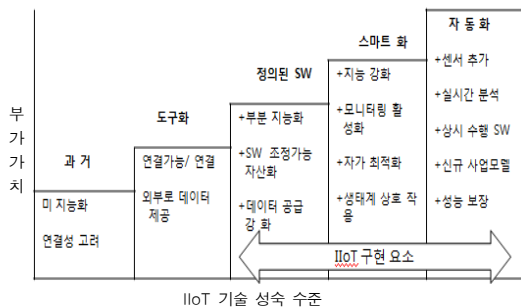


그림 6. IIoT의 성숙단계별 구현요소
Fig. 6. Enhanced Factors in evolving Phase of IIoT Technology

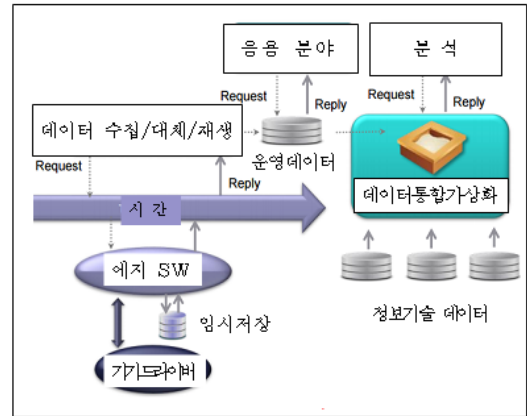


그림 7. IIoT 운영 및 입출력 데이터의 패턴 분석
Fig. 7. Pattern Analysis on Mixed OT/IT Data

하는 경향도 나타나고 있다.

프로세스 제어와 제조 산업에서 IIoT 진화를 무선 센서 기술이 주도하며, 솔루션 설계 시 이질적 디바이스의 연결성과 확보관리를 위해 센서 클라우드 서비스, 네트워크 구조, 게이트웨이 등 IIoT의 핵심적 구성 요소들에 대한 소프트웨어 정의가 필수적으로 검토되고 있다. 소프트웨어 정의 기반의 IIoT는 그림 8과 같이 IIoT용 FD(현장기기),GW(게이트웨이), SC(센서 클라우드)로 표현 가능하다. IIoT FD는 CoAP 기반 제어인터페이스, 프로토콜, 센서로 구성되며, IIoT SC와 GW는 컨트롤러와 데이터매니저 모듈을 기본으로 구성된다. IIoT 시스템의 신뢰성, 보안성, 확장성, 서비스 질(QoS) 같은 문제를 해결하기 위해 소프트웨어 정의 기반의 IIoT(SD-IIoT)와, WirelessHART, WebSocket, 제한적 응용프로토콜(CoAP), SDN같은 네트워킹기술을 기반으로 새로운 IIoT 시스템의 구조와 QoS 이슈를 해결하기 위한 새로운 구조가 제시되고 있다¹⁷⁾. 게이트웨이(GW)는 미들웨어 안에서 원격 구성능력으로 현장기기(FD)와 GW 간, GW와 SC 간의 연결을 제공하는 구조적 요소이다. 다양한 IIoT 미들웨어 프레임에서 공동 객체요청 중계구조(CORBA)의 적용이 가능하다, 분산시스템의 HTTP 기반 웹서비스 기술대비 실행이 복잡하다. 프로세스 제어를 위

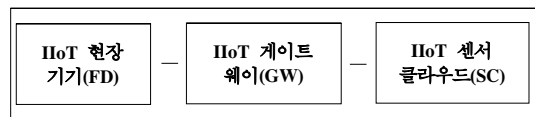


그림 8. SW 정의 기반의 IIoT 연계 구조
Fig. 8. IIoT Networking Structure based on Software Definition

한 통신 플랫폼 통합구조(OPC-UA)는 프로그램 로직 제어기(PLC)와 분산제어시스템(DCS), 고수준 웹서비스 등과 전송제어 프로토콜(TCP)기반의 연결성을 제공할 수 있으며, GW와 SC간의 실시간 데이터전송 능력은 FD와 SC간과 같이 새로운 HTML5 웹 소켓이나 CoAP 프로토콜에서 생성될 수 있다. 이런 구조에서 소프트웨어 정의 능력 기반의 IIoT 기술구성 요소의 추가가 가능하다. IIoT와 M2M 등에 ZigBee, 6LoWPAN, IETF 6tisch, Wireless-HART, ISA100.11a 같은 저 전력소비 현장기기 기술이 사용 가능하고, IIoT 시스템은 단일 기술로만 구성될 수는 없다. 프로세스 제어와 제조에서는 주로 시분할 다중 접속(TDMA) 통신과 채널 호핑 구조의 Wireless HART, ISA100.11이 사용된다. 공정 중 과정에서는 저 지연 확정 네트워크(LLDNs)를 위해 개선된 IEEE 802.15.4e MAC 하부 층에 타임슬롯채널호핑(TSCH)을 인식하는 IETF 6tisch가 사용된다. 분산된 센서기기의 연결성을 제공하는 다양한 SC 서비스는 데이터의 저장소, 가시화, 연결성, 분석을 제공한다. 대표적 솔루션으로 SensorCloud와 ThingWorx의 간편 API 같은 클라우드 서비스와 RESTful 인터페이스에 의한 데이터 업로드, Amazon Kinesis의 스트리밍 데이터 클라우드 서비스와 IBM Bluemix의 클라우드 및 분석 서비스 등이 제시되고 있다. 그러나 산업현장에서 실제 IoT 기기와 서비스간의 데이터 서비스는 엄밀히 실시간 기반이 아니며 SC가 직접적으로 자동화 제조를 지원하지 않는 경우가 많아 현장기들 간 정보처리를 위한 메시지 교환 프로토콜 기반의 미들웨어를 포함한 게이트웨이의 기술 개발이 증가하고 있다. 이 질적인 FD, GW, SC간의 상호운영을 위해, HTML5, 웹 소켓, CoAP, 메시지 교환 프로토콜인 MQTT-S 등의 방법이 많이 사용되고 있으며, 웹 소켓은 FD와 IoT 미들웨어 간의 양방향 연결을 제공하는 TCP기반의 HTTP가 사용되고 있다. MQTT-S는 휴먼 센서 네트워크를 위한 사용자 데이터그램 프로토콜(UDP)의 양방향 연결성을 제공한다. CoAP는 웹서비스 지향구조로 MQTT-S 이상의 부가적 서비스를 제공하는 IETF 표준으로 ARM Sensinode와 같은 개방형 소스와 Californium CoAP와 같은 상용 소스들이 있다. IIoT 시스템의 제어능력은 현장 WSN, 내 외부 백본 네트워크 구조, SW 애플리케이션 및 네트워크 프로토콜의 제어가 핵심이다. 라우터와 스위치 관련 처리 및 대기 지연은 SDN기술을 통해 최적화 할 수 있다. 스마트공장 관련 기술로 산업 공정 측정, 제어, 자동화(IEC TC65), 자동화시스템 및 통합(ISO TC 184),

스마트머신, 빅데이터, IoT, 클라우드 컴퓨팅(ISO/IEC), 자동화(ISA), 제조기업 솔루션(MESA), 스마트제조(IEC SMB)분야의 표준화가 진행되고 있다. IIoT 적용을 위한 OSI 층에 따른 ISA100(IEC 62734)관련 기술은 표 1.과 같다.

IIoT와 IoT 기술은 기기 및 플랫폼 중심으로 확산되고 있다. OS는 인터넷과 웹기반의 데이터 수집 및 전송 기능의 내장 형태이며 사업모델 의존적이다. 다양한 오픈 플랫폼과 센서 관리계층이나 가상머신들이 개발되고 있다. 관련 무선통신 및 네트워크기술은 WPAN (IEEE 802.15xx), 블루투스4.0, ANT+, IPv6 및 UDP 공개표준, 주파수 호핑(ISA 100.11a), IEC62591-1, 동기화, 메시 구조, 채널호핑(WirelessHART), GHz Wi-Fi (IEEE802.11), 광범위 대량센서통신(ITU-RM.2002,2224), 초저전력의 장거리 통신(Weightless), MAC/PHY 저 전력 양방향 통

표 1. OSI 층에 따른 IIoT 적용 기술
Table 1. IIoT Technology by OSI Layer

OSI	기술
7-AI	ISA100 기본프로토콜, Fieldbus(Ethernet- IP, EtherCAT, CC-link, Profinet/ 객체 매핑, 터널링 프로토콜/Profibus, Modbus, Hart, Wi-Fi 및 레거시 프로토콜 지원 확대
6-PL	AES128 bit기반 보안키, 네트워크 ID, 단대 단 보안, PKI 기반/휴대용, 단대단 보안/ 반복 공격
5-SL	UDP, IPv6/백본라우팅, IPv6접속/6LoWPAN
4-TL/3-NL	Mesh 네트워크/AES 128보안/복합 설정/백본 통신링크/ 다중채널 호핑/ TDMA, CSMA, HYBRID/무선전단 확장/채널 재고/라우팅 및 비 라우팅 I/O 디바이스
2-DLL	IEEE 802.15.4 e/k/g
1-PHY	

표 2. IoT 네트워크와 플랫폼 로드맵
Table 2. Roadmap for IoT Network & Platform

기술구분	2014~2015	2016~2017	2018~2020
IIoT 플랫폼	서비스 단일개방, 분산개방 연동	복수영역 연동개방 임무수행	자율지능협업, 대규모 임무
	이종연합 복수플랫폼 정보 식별연동	상황인식 연동, 협업 제어	복수영역분산 지능자율협업
	분산개방 현실, 가상객체 식별 연동	분산서버 협력 상황인식 제어	상황 자율 인식과 제어
IoT 네트워크	고신뢰 현실가상객체 인식률 향상	현실가상 객체 연동미들웨어	실시간제어와 오류자율보정
	서비스 산연용 WPAN/GW	자원제약 하의 접속, 지원	자율연결 시스템
	연동GW	이종 디바이스 접속과 서비스 연동을 위한 GW	
네트워크	상황적응 자원제약과 비대칭적 네트워크 제어 관리		SDN연결 신뢰 향상
	자율 실시간기반 신뢰성제공 WLAN		모바일 연동

신(Z-Wave), Zigbee, LoWPAN, 저 전력 저 손실 라우팅(ROLL) 표준 등의 관련 규격이 있다. 표 2.와 같이 IoT의 네트워크와 플랫폼 동향은 로드맵¹⁸⁾상에서도 추출 가능하다.

3.2 CPS관련 기술동향

미국은 CPS-VO, CyberMech, Medical CPS, ActionWebs 등의 프로젝트¹⁹⁾가 2015년까지 종료 예정이며, CPS 분야별로 구축 되어 있는 CPS 테스트베드와 데이터 센터를 기반으로 통합된 CPS 프레임워크를 구축하고 혁신 전문가가 참여한 공동 프로젝트를 수행하고 있다. 독일은 CPS 기반 제조생산 플랫폼에서 제조정보를 수집 관리하고 전체 생산과정을 통제하여 제조 공정의 최적화를 실현하고자 하고 있다. 2017년까지 M2M, 빅데이터, 스마트 로봇 등의 ICT 기술과 CPS 기술을 접목해 PLM기반의 스마트공장을 구축하려고 한다. 2015년 현재 CPS 운용방식과 도구 개발(CyPros), CPS기반 FMS구축(KapaflexCy), 인공지능과 지능센서 기반 생산관리(ProSense)과제가 종료되고 상황감지 스마트 툴(Autonomik)등의 프로젝트가 진행되고 있다. EU는 ARTEMIS 과제인 ALMARVI, DEWI, EMC2, R5-COP 등 다양한 프로젝트를 수행하고 있다²¹⁾. 한국은 ETRI와 일부대학의 R&D과제로 설계이론 및 제어커널 개발, 실시간 자율복원시스템 기초연구, 고 신뢰 자율제어 SW 개발, 생산설비 연동 미들웨어 개발, 고성능 멀티코어 이중OS 개발, 안전우선 SW 플랫폼 등이 있으며¹⁹⁾, SW 기반의 시스템수준의 오류 탐지 및 복구기술, 신뢰성 기반의 설계모델 검증기술 개발을 추진하고, 통신기반 기술로 SW중심의 유연 네트워크 제공 기술, 미들웨어, 원격검색, 매쉬 업, 고 신뢰 연결, QoS 지원 네트워크 기술 개발을 추진하고 있다. 자율제어 기술로 상태변화에 대한 자율인식 및 상황인지와 인지모델 기반 실시간 자율제어 기술을 내장한 CPS 소프트웨어 플랫폼 기술개발을 추진하고 있다. 일본은 효율적 사회서비스에 대한 CPS 통합플랫폼²⁰⁾기술을 추진하고 있다. CPS 추진의 주도적 국가인 미국의 포트폴리오는 표 3.과 같으며 IoT와 CPS 병합 방향성이 특징적이다. 미국 NSF의 CPS 조직(CPS-VO)사이트에서 2015년 현재 최근 수년 간 CPS 도메인별 국가 지원 Topic 수는 교통 및 운송(20%), 에너지(16%), 핵심인프라 구조(14%), 헬스케어(12%), 로봇(5%), 국방(3%), 통신(2%), 제조(1%)등의 비중이다²²⁾. CPS추진에 대한 국가적 우선순위는 에너지, 헬스케어, 교통 및 운송, 제조, 교육 순이나 실제응용분야는 로봇 및 자동화분야,

표 3. 미국의 CPS 포트폴리오
Table 3. CPS Portfolio in America

년도	CPS 연구와 기술 개발 분야
2009	- 센서네트워크 시스템, 확률적 복합 시스템, 복합적 안전 및 효율제어
2010	- 의료기기 안전 및 보안과 신뢰성의 설계, 실행, 인증 기술, 상호 운영성 - 센서 혼합, 안전강화 신속 입증 자동화 - 복잡 시스템 설계 및 구성, 툴과 구조
2013	- 에너지 분야 CPS 복구 및 인센티브 - 로봇, 운송제어 SW 통합 설계 및 수정
2014	- 다수 도메인의 동기화 및 시간의 질
2015 ~	- 시스템 안전 및 보안설계와 검증 - 빅데이터 처리와 클라우드 실시간 제어 - 가상제조기술 속도조절, 스마트시티, 음식, 에너지, 수자원, IoT와 CPS 병합

에너지, 교통 및 운송 등에 중점을 두고 있다. 연구 분야는 센싱 및 제어, 안전 및 검증, 데이터분석 분야 순으로 제시되고 있다²³⁾. CPS에 대한 자율제어, 통합연동 미들웨어, 산업용네트워크, 모델링 및 시뮬레이션, 임베디드 시스템, 설비 연결 표준화 통신, OS 및 플랫폼관련 기술 개발이 활발하다. SOA기반 통신 장비, DB 서버, 응용프로그램 등과 같은 시스템 컴포넌트의 돌발 문제에 자율적 대응 가능한 방법(IBM), Columbia대학의 HW와 SW 통신신호 조합에 의한 정상여부를 판단하는 방법, ASF (Cisco)²⁴⁾에 의한 감시, 로그 변환, 필터링, 분석, 진단 및 복구, 피드백의 6단계 자율제어 프로세스 방법 등이 제시되고 있다. CPS의 고 신뢰도를 확보하기 위해 오류 분석 모델링에 의한 지식베이스를 생성하고 자율제어 활용방법과 자율관리자를 이용하는 네트워크기반 자율제어기술 연구도 진행 중이다. 자율적이고 효율적인 데이터 통신을 위한 미들웨어 기술로, 분산객체 상호연동을 위한 CORBRA, 메시지기반 API인 JMS, XML기반으로 WSDL, SOAP, UDDI를 통한 웹서비스, 분산데이터의 효율적 전송을 위한DDS 기술기반 제품들이 개선되고 출시되고 있다. CPS 분산 환경의 시스템 간 실시간 제어를 위해 시뮬레이션의 시간 동기화 알고리즘 설계와 시뮬레이터를 개발하여 검증하는 방법들도 개발되고 있다. CPS 자율제어 지능화를 위한 기존 솔루션은 해외의존도가 높고 상용화 SW개발 역시 초기 개발단계에 있다. CPS 통합 연동기술인 DDS 미들웨어 기술개발은 RTI, Prism-tech, OCI 등 미국업체가 선두 주자이다.

최근의 연구중점은 과거의 WSN을 더 신뢰적이고 쉽게 수행하기 위해 CPS 구축 환경의 시너지효과에 따른 이익 구현으로 전환되어 가고 있다. 신뢰도 개선

을 위해 가상 및 현실의 센서네트워크(CPSN) 응용분야와 다양한 센싱 정보의 가상공간 연결 방법, CPSN 구조 설계이슈 등이 제시되고 있다. 센싱 설계 중점은 센싱, 데이터 검색, 이벤트처리, 통신, 프로토콜 등이며 가상설계 중점은 지능화와 상호작용에 두고 있다. CPSN의 관리요소로 영역별 센서관련 데이터, 모바일 내장 센싱기술과 응용, 융합적 컴퓨팅 및 저장관련 기술과 보안기술을 제시하고 있다²⁵⁾. 인더스트리 4.0 기반의 CPS와 생산관리 시스템간의 미들웨어 구축을 통한 수평적 통합방법으로 지식베이스의 생성, 자율제어관리자, 미들웨어 엔진, 통신미들웨어 관리자를 통합하는 개념으로 실험하기도 한다. CPS, Middleware, MES 간의 수평적 통합으로 연계할 수 있는 방법론도 제시되고 있다²⁶⁾. CPS 응용층과 가상 머신 간의 미들웨어를 그림 9.와 같이 메시지관리, 디바이스 관리, 물류서비스 관리 모듈로 구성하기도 한다²⁷⁾. 표준화와 관련하여 국제표준화기구의 스마트제조 관련 표준화 활동은 산업데이터, 산업기기 및 시스템 등 표준 간 상호 운용성 확보에 초점을 두고 있다¹⁾. 주요표준화

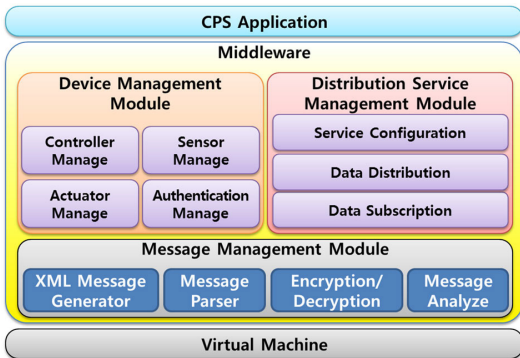


그림 9. 대규모 CPS 네트워크 용 미들웨어
Fig. 9. Global Scale Middleware for CPS Network

표 4. 표준화 동향
Table 4. Standardization Trend

IEC SG8	스마트제조 국제표준, 로드맵과 구조 제안, 데이터 모델, 산업설비 주파수
IEC TC 65	공정 측정, 제어 및 자동화: 시스템, 측정제어 디바이스, 네트워크, 제조프로세스 통합 (IEC 62264), 디지털공장, PLM
ISO TC 184	산업데이터, 자동화 시스템 및 통합: 개방형시스템, SW호환성 프레임, 도메인 인터페이스, 서비스 및 망 표준화와 공정자원 통합구조
oneM2M	IoT 서비스 플랫폼
IEEE P2413	IoT 프레임, 휴과 산업시스템 상호운용성 보장 프레임, 공유객체 변환.
ISO/IEC	IoT, 빅데이터

동향은 아래 표 4.와 같다. 국내 경우 공장 자동화를 위해 IEEE 802.3 Ethernet 표준의 확장과 타이밍 제어, 분산 클럭 동기화 등 고도의 운영제어를 이용한 산업용 네트워크가 넓게 산포하고 있다. 스마트공장과 제조혁신을 위한 세부 기술표준이 기존과 혼재된 상황이며 지배적 표준에 대한 추종과 선도의 적응이 쉽지 않은 상황이다.

IV. 특허동향

4.1 IIoT 관련 특허동향

스마트공장의 핵심기술의 실제적 동향 파악을 위해 IoT관련 전체기술과 핵심기술인 플랫폼과 네트워크, M2M기술을 중심으로 IIoT의 특허동향을 파악한다. IIoT 키워드는 유의미하지 않아 IoT를 main 키워드로 하여 기타 키워드를 조합 사용한다. 2015년 9월 기준으로 과거 10년 동안, 'IoT'를 키워드로 한 국별 출원건수는 총 3656건이다. 2010년 이후 급격한 증가추세이나 2015년 현재 작년 동기대비 소폭 감소한 상태이다. 중국 3085건(84%), PCT 세계특허 224건(6%), 미국 200건(6%), 한국 51건(1.4%), 유럽42건, 캐나다 24건, 일본 13건, 영국 12건 등으로 나타나 중국의 출원건수가 압도적인 것으로 나타나 국가별 IoT기술 개발의 관심도를 파악할 수 있다. 액센추어의 글로벌 IoT 역량평가에서 미국 1위, 한국 12위, 중국 14위는 상반된 결과와 차이가 있다. PCT 출원 주요업체는 ZTE, Qualcomm, Convida, Google, Huawei, Alcatel Lucent 등이며, 건수는 중국과 미국이 비슷하다. PCT 기반의 중점 기술개발 분야는 그림 10.과 같은 HO4L(전송채널에서 데이터 획득을 보호하는 데이터 스위칭 네트워크), HO4W(무선통신 네트워크에 적합한 서비스와 설비), GO6F(디지털 데이터 프로세싱)기술 순

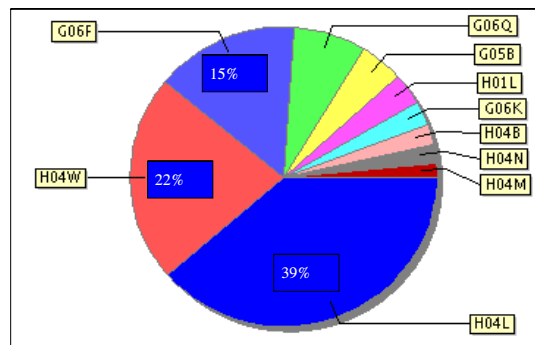


그림 10. IoT 특허기술 내역의 비중
Fig. 10. Weight in IoT IPC

이다. 한국은 2005년 이후 인터넷 인프라 성능과 IoT 개발 투자에도 불구하고 기술개발 지표인 특허실적은 상대적으로 취약한 편이다. 국내 주요 출원자는 KAIST, KETI, ETRI, SK 등 대학, 출연연구소, 이동통신사 등이며, 기술분야는 G06F, H04L, G06Q(관리 측면에서의 데이터프로세싱 시스템과 방법)순으로 데이터 프로세싱에 중점을 두고 있다. 상세분석을 위해 IoT 관련 결합 키워드로 시스템, 플랫폼, 네트워크, 디바이스, 서비스, 미들웨어, 응용분야, 모델링, 시뮬레이션, 공장, 빅데이터, 클라우드 등을 추가하여 검색한 결과 역시, 출원 건수 면에서 중국이 압도적이다. 복합키워드에 의한 조사에서 한국의 출원 분야가 없거나 극히 적은 분야는 미들웨어, 빅데이터, 팩토리, 클라우드, 시뮬레이션, 모델링 분야 등으로 조사되어 기술 취약 분야로 파악된다. IIoT의 단일 키워드에 의한 특화된 검색과 IoT 전후방에 산업, 공장, 제조 등의 키워드를 추가한 검색도 유의미한 결과를 산출하지 못했다. IoT 유사개념으로 미주에서 사용빈도가 많았던 WoT를 키워드로 할 경우는 IoT 검색결과와 유사하므로 포괄하여 해석될 수 있다. 필자의 보고서^[28]에 검색결과가 제시된다.

IIoT 기술구성이 IoT의 개념과 WoT기술구성을 상속하고 기존 ERP나 MES에서 M2M의 연결속성을 포괄한다는 측면에서 M2M의 특허 동향 파악은 실질적 IIoT 기술동향과 가장 근접한 의미를 제공한다고 볼 수 있다. 이는 IIoT에서 IoT의 Things에 대비되는 M2M의 통신이나 연결이 제조업에서 새로운 개념이 아니고 상당기간 선행 이력과 프로파일을 기반으로 산업별 커넥티드 기기나 장치가 운용되어 왔기 때문이며, 국내 경우 아직 80%이상이 인터넷과 연결되어 있지 않다는 전문가들의 언급에서 M2M 기술동향 파악과 대응이 IIoT 구현의 실질적 선도점이 될 수 있다는 판단이기 때문이다. ‘Machine to Machine(M2M)’을 키워드로 한 분석에서 총 출원건수 추이는 2010년 이후 급격히 증가하여 2014년을 정점으로 2015년 포화 혹은 감소가 예상된다. PCT 출원건수 추이도 감소가 특징적이다. 정확한 국내 위상파악을 위해 진입 기술인 IIoT, CPS, Smart Factory 기술로의 친이관계 분석이 필요하다. 한국은 M2M기반 IoT 인프라서비스 사업을 이통사 및 가전업체들 중심으로 추진하고 있다. 2015년 M2M PCT 특허의 업체별 출원내역은 필자의 보고서^[28]에 있으며 가장최근의 실질적인 선도 기술수준과 동향을 제시한다. 해당특허의 벤치마킹 포인트를 찾는 것이 중요하다.

4.2 CPS 특허동향

키워드 “Cyber Physical System(CPS)”의 검색결과가 IIoT 대비 상대적으로 적은 것은 CPS에 의한 통합 제조 패러다임의 수용이 IIoT보다 늦기 때문으로 해석된다. PCT 경우 CPS중점 기술개발 분야는 IoT와 유사하게 G06F와 H04L 기술 등이며, 특히 G06F기술 중 디지털 데이터 프로세싱의 에러 감지, 수정, 모니터링, 프로그램제어와 H4L기술 중 디지털 정보전송 모니터링과 테스트에 대한 데이터 스위칭 네트워크에 중점이 있는 것으로 보아 고 신뢰의 플랫폼 및 네트워크 운영에 비중이 있다고 해석할 수 있다. 2015년 기준의 PCT와 미국 및 한국의 특허출원 내역은 표 5.와 같으며, 이를 CPS 기술의 최근 방향으로 해석할 수 있다. PCT 중 미국 3개 대학의 방법론 특허와 Siemens사와 Boeing사의 상용화 특허가 특징적이다. 한국의 경우 ETRI와 대학의 국내 및 미국 출원내용이 있으나 PCT내용은 미흡하다. PCT 내용에서 CPS 보안, 고 신뢰도 확보, 협력설계, 검증 관련 이슈와 미국 특허출원 내용에서 다양한 방법론 관련 이슈들은 국내에서 벤치마킹하여 증식시키거나 재창출할 필요

표 5. CPS에 대한 주요 출원 국별 내역(2015)
Table 5. Contents of CPS Patents Application by country (2015 present)

PCT	<ul style="list-style-type: none"> - CPS모델의 런타임 타당성 검증 - CPS 제어디바이스 - CPS PLC - CPS에 대한 동적 에너지 수확 - CPS통신의 단말 간 메시지 보호 방법 - 전력 헤킹방지시스템과 방법 - 하향식 CPS 협력 디자인 - 스마트그리드용 CPS 보안모델링과 시뮬레이션 방법
미국	<ul style="list-style-type: none"> - 공장보안평가시스템 및 방법 - 가상머신 모니터링 용 CPS와 방법 - 시스템설계 자동증강모델 확장 - 불안정 운전 자동결정 및 통지시스템 - 다중객체 안전 접속 스마트 기기 - 원격 모니터링, 보안, 진단 시스템 - CPS에 대한 동적 에너지 수확(pct) - 전력 헤킹방지시스템과 방법(pct) - CPS 동적 제어용 적응 확률적 제어 - CPS통신의 단말 간 메시지 보호방법(pct) - CPS모델의 상황기반 시뮬레이션 통합 - 현실 및 가상 데이터결합 보안방법 - 최적화 알고리즘을 통한 CPS 입증 - 스마트그리드용 CPS 보안모델링과 시뮬레이션 방법(pct) - 산업제어시스템의 가상변조 감소방법 - CPS 이슈해결 솔루션 및 검색 방법 - 양자 입증 및 검증 컴퓨터시스템 - 로봇 플랫폼 개발 - 사이버테러 바이러스 예방목적 컴퓨터 - CPS 문제갈로 피드백 시험 방법
한국	<ul style="list-style-type: none"> - 가상머신 모니터링 용 CPS와 방법(미국출원) - 복합시스템의 메타 모델 결정 및 구조세팅기기 - CPS 부하조정 동적 제어관리시스템과 지연 예방 제어 방법 - 고 신뢰 CPS 개발을 위한 시뮬레이션 시스템 - CPS 용 IPv6 기반 동적 제어관리시스템과 제어 기기

가 있다. 스마트공장의 추진과 관련된 최근 사용빈도가 높은 키워드로 2015년 PCT 특허동향을 조사한 결과의 요약은 필자의 보고서^[28]에 제시된다. 한국의 스마트공장 관련 기술 특허의 양적 순위는 이미 중국과 차이가 커 추월하기 어려운 정도이다. 현재 한국이 1위인 유비쿼터스 제조 시스템과 USN특허는 선진국에서 사용빈도가 적어 상세한 분석이 필요하다.

V. 대응전략 및 실천과제

스마트공장, IIoT, CPS 기술 관련 이슈와 동향 분석결과를 토대로 한국적 대응전략 구축과 실천과제는 아래와 같다.

1) 중소제조업을 위한 스마트공장화의 IIoT 및 CPS 기술에 대한 인식제고와 방향성 정립이 필요하며 생태계 활성화를 위한 촉진 조치가 필요하다. 니즈 시장, 사업화모델, 시장표준, 산업 연동효율의 창출 면에서 임팩트가 필요하다.

2) 국내 중소제조업의 스마트공장화를 위한 로드맵 수정과 마스터플랜의 재정립이 필요하다. ICT 미적용 단계와 기초단계, 고도화 준비단계, 고도화단계에서 중점 추진 단계와 내용의 재설정 필요하다.

3) IIoT 및 CPS기술 기반의 플랫폼 및 네트워크 기술 및 SW개발에 대한 국내 산학연의 창작 연구와 정부의 상용화 개발 촉진정책의 가속화와 추적이 필요하다.

4) 스마트공장 구축기술을 활용한 시범서비스 및 시범사업의 효율적 추진과 사후관리, 공정평가 실시 및 공개 피드백이 필요하다. 과제 선정시 응용과 순수 창작연구 영역의 구분과 기술과급효과와 산업유발효과 검증이 필요하다

5) IIoT 및 CPS기술 관련 표준규격, 포맷, 성능시험 방법, 보호 및 보안성 평가방법 등 관련 보안기술에 관한 국제표준화 선도와 주도권 유지활동이 필요하다.

6) IIoT 및 CPS 관련 표준 및 표준화 조직 간의 협력 채널 유지와 협력 활동 강화가 필요하다. 업체중심의 자발적 표준화를 위한 지원 전문가 양성과 지원책이 필요하다.

7) IIoT와 CPS의 성능시험 및 국제표준 규격에 준거한 상호연동과 국제표준 적합성 시험서비스 운영 활성화가 필요하다. 시장표준과 사실표준의 정확한 조사가 필요하다.

8) IIoT와 CPS기술을 이용한 신규 사업화와 공공부분의 포트폴리오 추진이 필요하다. 중소기업 IIoT와

CPS 기술 및 제품 상용화 기술개발을 위한 지원정책 전개 및 관련 과제의 확대가 필요하다.

9) 스마트공장 구축관련 전문가에 의한 첨단기술 모니터링과 특허 내용분석에 따른 특허전략 수립과 지원, 전문적 내용분석이 필요하다. 특히 대중국 극복 및 대응 전략이 필수적이다.

10) 국내외 IIoT 및 CPS 구축 실패사례 연구 및 제조혁신 3.0의 실제 정책 반영과 수정조치가 필요하다. 특히 제조혁신 1.0과 2.0의 추진 저해요인 대비 실패도 인정하는 근본적 대책이 필요하다.

VI. 결 론

스마트공장 관련 IIoT와 CPS 기술에 대한 최신 기술 및 특허 동향분석과 대응전략을 제시하고 실천과제를 강조하여 실질적인 스마트공장 기술발전을 도모하고자 하였다. 해외 제조업 혁신의 모토와 내용에 대한 표제적 모방이 아니라 한국적 현실을 고려한 실질적 혁신방안 모색이 중요하다. 산업성장 유발효과 검증 없이 시범사업의 결과만으로 선진기술과의 갭 해소 주장이나, 해외 선도 기술 연구 및 정책 드라이브, 선도업체의 기술 마케팅에 의한 기술도입 적용 등으로 인한 기술향상의 착시현상을 경계해야 한다. 스마트공장 구축 확산을 위해 실행 우선순위는, 1)수요자 자율추진 및 개별기업단위 수준별 맞춤형 지원 전략에 대한 구체적 실천방안으로 현장진단 및 솔루션 제공 주체의 선정과 자금조달, 2)제조 응용계층에서 데이터의 실시간 취득과 활용의 기술체계, 운영최적화, 설계 및 품질고도화, SW 통합 연동운영, 3)서비스 플랫폼 계층에서 가상 및 현실제어 생산, 빅데이터 분석, 클라우드 서비스 플랫폼의 실질적 구축, 4)기기 및 네트워크 계층에서 센서 및 게이트웨이 연동과 데이터 수집처리 등을 위한 실천방안과 SW및 HW 개발 및 검증이 가장 중요하다. 관리적으로는 계획상 기술적, 경제적 파급효과 대비 중간 이행 평가의 정확성 향상과 피드백에 의한 즉각적 수정조치가 가장 중요하다. 제조혁신 3.0의 성공 기반은 중소 제조업에서의 공정중심 혁신만이 아니라 SW 중심의 융합서비스 플랫폼 전략에 달려있다. 스마트공장 SW 스타트업과 데이터 포털에 대한 투자활성화가 제조업의 생존전략을 넘어 산업성장 동인으로 작동할 것이다

References

[1] KSA, "Global trend for smart factory and

- countermeasure strategy for standardization in Korea,” *KSA Policy Study 012 Issue Paper 2015-3*, Jul. 2015.
- [2] J. Davis, “NIST workshop on open cloud architectures for smart manufacturing,” *UCLA & SMLC*(www.smartmanufacturingcoalition.org), May 2015.
- [3] Joint Ministries, *Policy to implement manufacturing innovation 3.0 strategy*, 7th meeting to promote trade and investment in Korea, Mar. 2015.
- [4] Z. Weissman, *Siemens PLM Connections Americas 2015*, Siemens, Dallas, Texas, Siemens AG Presentation Material, May 2015.
- [5] KEIT Imbedded Software PD Section, “2015 RFP for technology development project to improve with highly upgraded smart factory,” *KEIT Official Announcement*, Apr. 2015.
- [6] ARC Advisory Group, *Process automation and the IoT: Yokogawa’s vigilant plant approach to the connected industrial enterprise*, ARC White Paper, Feb. 2015.
- [7] S. Hong, “Main issue and status for IoT,” *Inst. Inf. & Commun. Technol. Promotion, Insight* 04, 2014.
- [8] G. T. Lee, “Technology development road map for smart factory(draft),” *Ministry of Trade, Industry & Energy, Smart Factory Team Publication Material*, Aug. 2015.
- [9] Edward A. Lee, “The past, present and future of cyber-physical systems: A focus on models,” *Sensors*, vol. 15, no. 3, pp. 4837-4869, 2015.
- [10] J. Lee, B. Bagheri, and H.-A. Kao, “A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems,” *Manufacturing Lett.*, vol. 3, pp. 18-23, Jan. 2015.
- [11] J. Jatzkowski and B. Kleinjohann, “Self-reconfiguration of real-time communication in cyber-physical systems,” *Procedia Technol.*, vol. 15, pp. 54-61, 2014.
- [12] S. W. Ahn, C. Yoo, S. H. Lee, H. S. Lee, and S. J. Kim, “Implementing virtual platform for global-scale cyber physical system networks,” *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 28, no. 13, pp. 1899-1920, Sept. 2015.
- [13] M. M. Herterich, F. Uebernickel, and W. Brenner, “The impact of cyber-physical systems on industrial services in manufacturing,” *Procedia CIRP*, vol. 30, pp. 323-328, 2015.
- [14] Cpspwwg, “Cyber-physical Systems Public Working Group Workshop,” *National Institute of Standards and Technology*, Apr. 2015.
- [15] IITP, *Expected effectiveness by introduction of industrial internet of things*, Inst. for Inf. & Commun. Technol. Promotion, Report for Overseas ICT R&D Policy Trend, Feb. 2015.
- [16] J. Green, B. McCarson, and M. Devine, “Building the Internet of Things,” *Internet of Things World Forum Hosted by Cisco*, Oct. 2014.
- [17] P. Hu, “A system architecture for software-defined industrial internet of things,” *arXiv:1507.08810[cs.NI] Submitted on Jul 2015 To be published by IEEE ICUBW-2015*, 2015
- [18] H. Park, “2015 R&D for IoT & Smart service,” *IITP*, Jan. 2015.
- [19] G. T. Lee, G. Lee, and C. D. Lim, *Current CPS analysis*, Keit PD Issue Report, vol. 15, no. 7, Jul. 2015.
- [20] Y. Tanaka, “Government initiatives on CPS in japan,” *Hokkaido University Meme Media Lab*. 2013.
- [21] H. K. Kim, “Super connectivity society and CPS,” *NIA IT & Future Strategy*, Jun. 2014.
- [22] [Http://cps-vo.org/file_browser](http://cps-vo.org/file_browser), Sept. 2015.
- [23] D. Corman, *Cyber physical systems-present and future*, National Science Foundation, 2015.
- [24] J. Park, et al., “Network based autonomous CPS technology,” *ETRI*, Oct. 2013.
- [25] S. Ali, et al., “Network challenges for cyber physical systems with tiny wireless devices: A case study on reliable pipeline condition monitoring,” *Sensors*, vol. 15, no. 4, pp. 7172-7205, 2015.
- [26] D.-G. Kim and M.-G. Park, “Horizontal integration between cyber physical system based on industry 4.0 and manufacture

execution systems through middleware building,” *J. Korea Multimedia Soc.*, vol. 17, no. 12, pp. 1484-1493, Dec. 2014.

- [27] S. O. Park, H. D. Tae, Y. S. Jeong, and S. J. Kim, “A dynamic control middle ware for cyber physical systems on an IPV6 based global network,” *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 26, no. 6, pp. 690-704, 2011.
- [28] J. Park, *Prospective and task in smart factory technology based on IoT*, Kisti Reseat Report For Emerging Technology, Dec. 2015(submitted).

박종만 (Jong-man Park)



1997년 2월 : 인하대학교 산업공학 박사

1987년 2월 : Lehigh Univ. I.E 공학 석사(박사수학)

1983년 8월 : 연세대학교 경영학 석사

1978년 2월 : 인하대학교 산업공학 학사

현재 : KISTI (ReSEAT ICT) 전문연구위원

<관심분야> IoT, CPS, 스마트 팩토리, FEMS, 생체 인식과 인증, 웨어러블 컴퓨팅, 스마트 기기, 빅데이터, RFID/USN,