

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.4.131>

JIIBC 2018-4-19

연결형 산업단지(CIPs): 한국의 스마트공장 구축을 위한 연결형 산업단지 아키텍처

Connected-IPs: A Novel Connected Industrial Parks Architecture for Building Smart Factory in Korea

양영철*, 정종필**

Young-Chuel Yang*, Jongpil Jeong**

요 약 한국에서 지난 50여년간 산업단지는 국가주력산업의 집적지로 경제성장에 있어 중요한 역할을 담당하였으나 이러한 노후산업단지가 가지고 있는 다양한 문제점으로 인하여 경쟁력 약화 요인으로 작용하고 있다 산업단지 유형·특성별 발전계획, 관리계획, 지원계획 등으로 구분하여 융복합 첨단산업단지로의 관리·육성을 위한 모델로 전환될 필요가 있다 이를 위하여 IoT를 기반으로 하는 클라우드 컴퓨팅, RFID, WSN, CPS, 빅데이터 분석 등의 신기술을 활용한 CIPs(Connected-Industrial parks)를 제안한다 이것은 각 CIP가 연결되어 확장된 개념으로서 물리적 자산을 소유, 운용하면서 운송, 창고, 제조 영역에서 다양한 서비스를 지원하는 허브라고 할 수 있다 이러한 CIPs를 통해서 네트워크형 협업 제조가 가능하고 지능형 물류 혁신으로 원가 절감, 납기단축, 품질향상 등을 달성하여 국가경쟁력의 혁신을 이룰 수 있을 것이다.

Abstract In Korea, for the past 50 years, industrial parks have played an important role in economic growth as a cluster of national key industries. However, due to various problems of these old industrial parks, they are weakening competitiveness. It is necessary to be converted into a model for the management and fostering of high-tech industrial complex park by classifying them into development plans, management plans, and support plans according to types and characteristics of industrial parks. For this purpose, we propose CIPs (Connected-Industrial parks) using new technologies such as Cloud Computing, RFID, WSN, CPS, and Big Data analysis based on IoT. It is a hub that supports various services in transportation, warehousing and manufacturing fields while possessing and operating physical assets as concept. each CIP (Connected-Industrial park) is connected and expanded Through such CIPs, network-type collaborative manufacturing and intelligent logistics innovation enables cost reduction, delivery shortening, quality improvement.

Key Words : Connected-Industrial Parks, Industrial parks, IoT, CMfg, CPS

*정희원, 성균관대학교 스마트팩토리융합학과

**정희원, 성균관대학교 스마트팩토리융합학과(교신저자)

접수일자: 2018년 7월 10일, 수정완료: 2018년 8월 8일

게재확정일자: 2018년 8월 10일

Received: 10 July, 2018 / Revised: 8 August, 2018

Accepted: 10 August, 2018

**Corresponding Author: jpjeong@skku.edu

Department of Smart Factory Convergence, Sungkyunkwan University, Korea

I. 서 론

최근에 Industrial Park의 Supply Hub (SHIP)에 대한 연구가 물류 부문을 중심으로 다양하게 논의되고 있다. SHIP는 산업 단지 내에 위치한 제조 기업을 위한 창고 및 운송 서비스의 공공 공급자로 정의된다.^[1] 이러한 SHIP는 IoT의 기술의 발전과 더불어 회원기업이 물리적 자산과 서비스를 공유함으로써 공급망에 다양한 이점을 제공하면서 많은 관심을 갖게 되었다. 하지만, 주로 최근의 연구가 창고 및 운송 운영 프로세스, 실시간 모니터링을 통한 차량상태, 참가자간 실시간 정보공유 등 물류부문의 최적화를 중심으로 범위가 제한이 되어 있었다. IoT, RFID, 클라우드 컴퓨팅, 빅 데이터, CPS 등 신기술의 발전으로 인해 운송, 창고 영역뿐만 아니라 제조 영역에서도 공동 협업을 통한 제조사회화의 영역으로 연구의 범위가 확장되고 있다.

한국에서 지난 50여년간 산업단지는 국가주력산업의 집적지로 경제성장에 있어 중요한 역할을 담당하였으나 변화하는 산업 환경에 대한 대응이 필요한 시점에 와 있다. 20년이 경과한 노후산업이 가지고 있는 다양한 문제점이 경쟁력 약화요인으로 작용함에 따라 정부는 노후산업단지 리모델링 사업을 추진하면서 구조고도화 사업을 진행하고 있다. 이러한 노후화에 대한 효율적 대응 부재 시 기업 이전, 생산성 저하를 유발하여 산업단지로서의 기능을 할 수 없게 될 가능성이 증가되고 있다. 산업단지의 공공재적 성격으로 인해 토지이용의 고도화, 합리화가 요구되고 있으며 이에 따라 산업단지의 물류 부문뿐만 아니라 제조, 조달 등의 생산 전반의 효율적인 시스템의 도입이 이런 문제를 해결할 수 있는 대안으로 제안될 수 있다.

IoT는 물리적 자산의 실시간 추적을 가능하게 하고 각 파트너에게 실시간 가시성 및 통신을 제공함으로써 산업단지의 이점을 완전히 실현하고 문제를 완화하는 효과적인 접근 방식이 될 수 있다. 또한, IoT를 기반으로 하여 클라우드 컴퓨팅, 빅 데이터, CPS와 같은 새로운 IT 기술의 발전은 더 큰 제조 기술의 발전을 촉진한다.^[2] 새로운 IT 기술이 주도하는 제조 산업의 특징은 제조 산업이 점차 서비스화가 되고 있다는 것이다. CMfg는 Maft-as-a-Service(MaaS)의 개념을 포함하는 클라우드 기반의 서비스 지향적 제조 모델로서 제조 자원 및 기능 공유와 협력을 편리한 지불 방식으로 가능하게 한다.^[3]

이러한 서비스는 상호운용성과 플랫폼 독립성의 특징을 가지고 있기 때문에 대규모 엔터프라이즈 협업을 위한 길을 열어 제조 사회화로 이어진다.^[4] 복잡한 제조 작업은 여러 회사의 여러 서비스를 통해 공동으로 수행할 수 있다.^[5] 이와 같은 신기술로 각 기업과 산업단지의 실시간 정보를 연결하고 지능화하여 복잡한 문제를 해결할 수 있는 토대가 되고 있다.

한국에서 IP(Industrial Park)의 공공재적 성격으로 인해 토지이용의 고도화, 합리화가 요구되고 있으며 이에 따라 IPs(Industrial Parks)의 운송 및 창고와 같은 물류 부문뿐만 아니라 제조 영역에서 생산 전반의 효율적인 시스템의 도입이 이런 문제를 해결할 수 있는 대안으로 제안될 수 있다. 새로운 IT 기술로 인해 IPs내의 기업뿐만 아니라 IPs간에도 연결이 가능하게 되면서 운송, 창고, 제조 등 다양한 분야에서 응용 할 수 있는 길이 열리게 되었다. 이러한 연결형 산업단지는 공동으로 운송 및 창고 서비스를 공유함으로써 비용과 시간을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 기업 및 IPs 간의 협업을 통하여 복잡한 제조 작업을 공동으로 수행함으로써 원가절감, 제품 경쟁력 등을 향상시킬 수 있는 대안을 제시할 수 있게 되었다. 이는 이러한 서비스가 필요한 기업들의 노후산업 단지에 대한 입주 수요가 늘어나게 될 것이고 산업단지의 구조도 고도화되어 갈 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 위와 같은 새로운 IoT 기술을 활용하여 한국에서의 노후산업단지의 현재의 문제점을 해결하기 위하여 구조 고도화 사업에 적절한 연결형 산업단지의 아키텍처를 제안한다.

논문은 다음과 같이 구성한다. 2절에서는, 최근 IoT 연구동향, 기존 SHIP 연구내용, 한국의 노후산업단지에 대해서 설명하고 3절에서는 CIPs의 구조를 설명하고 이를 운송, 창고, 제조 영역으로 구분하여 구체적 서비스 내용을 제안한다. 4절에서는 향후 연구과제에 대한 제안을 하고 마지막 5절에서는 결론을 맺는다.

II. Related Work

1. IoT-enabled New Technology

CIPs에서 사용되는 가장 핵심적인 역할을 하고 있는 IoT에서 세 가지 핵심 기술이 있으며 제조 업계에 엄청난 혜택을 줄 수 있다.^[6]

첫째로, RFID는 전자기장을 사용하여 객체에 부착된 태그의 자동식별 및 추적을 위해 데이터를 전송한다. RFID의 기술은 식별에 효율적이지만 RFID 태그 정보는 RFID 태그의 리더 간의 무선 통신을 통해 자동으로 읽고 쓸 수 있기 때문에 실수가 적고 식별 효율이 높다.^[7] 분산 제조환경에서 생산 모니터링 및 스케줄링을 위한 RFID 기반 지능형 의사 결정 지원 시스템을 연구했다.^[8] 사회적 제조환경에서 기업 간 모니터링과 통합 생산 및 운송 업무를 처리하기 위해 RFID 사용 가능 사회 제조 시스템 플랫폼(RFID-SMS)을 제안하고 의사결정 지원 서비스 패키지에서 IPTD(Integrated Production and Transport Task Dispatching) 모듈에 대해 논의하고 총생산 비용과 운송비용을 최소화하기 위해 Traversal 알고리즘과 TLBO(teaching-learning-based optimization) 방법을 통합한 3단계 최적화 기법을 소개한다.^[9]

둘째로, 무선 센서 네트워크(WSN)는 환경을 감지하고 계산을 수행하며 다른 노드와 통신할 수 있는 공간적으로 분산된 자율 노드로 구성된다.^[10] RFID와 WSN은 두 가지 상보적 기술을 대표한다. RFID는 기존의 센서 기술을 사용하여 쉽게 사용할 수 있지만 대상의 상태를 모니터링 하는 데는 사용할 수 없다. WSN은 객체 및 환경의 상태를 모니터링 할뿐만 아니라 멀티 홉 무선 통신도 지원한다.

셋째로, 클라우드 컴퓨팅(CC)은 가상화 기술과 SOA(Service Oriented Architecture)를 기반으로 하여 최소한의 관리로도 신속하게 프로비저닝 및 릴리스 할 수 있는 구성 가능한 컴퓨팅 리소스(예 : 네트워크, 서버 및 스토리지)의 매우 큰 공유 풀을 효율적으로 관리 할 수 있다.^[11] 온 디맨드 액세스, 리소스 풀링 (멀티 테넌트), 신속한 탄력성, 측정 서비스 (pay-as-you-go 비즈니스 모델)와 같은 필수적인 특징이 있다. CC는 제조 부문의 혁신에 중요한 역할을 할 수 있다.^[12] 클라우드 기반 디자인 및 제조는 컴퓨팅 아키텍처, 디자인 커뮤니케이션, 소싱 프로세스, 정보 및 통신 인프라, 프로그래밍 모델, 데이터 저장소 및 비즈니스 모델의 관점에서 웹 및 에이전트 기반 방식과 구별된다.^[13] SoSM 프레임 워크는 물리적 세계와 사이버 세계를 통합하여 스마트 한 제조를 촉진하기 위해 제안 되었다.^[14] 클라우드 생산 및 사이버 물리적 시스템의 새로운 가능성에 의해 제공되는 분산 제조 시스템의 컨텍스트와 이러한 시스템 및 기술을 기반으로 하는 새로운 비즈니스 모델 아키텍처에 대한 개

발 평가에서 고려해야 할 기준을 소개하고 시장에서 채택의 매력을 보여 준다.^[15] 제안 된 서비스 캡슐화 및 가상화 액세스 모델을 제조 기계에 구현함으로써 기계의 기능을 능동적으로 인식 할 수 있고 생산 프로세스가 투명 해지고 적시에 방문 할 수 있으며 가상화 된 시스템을 '플러그 앤 플레이'방식과 같은 느슨한 결합을 통해 CMfg 플랫폼에 액세스 할 수 있으며 제안 된 모델 및 방법은 CMfg 환경에서 대규모 제조 리소스의 최적 구성 및 스케줄링을 위한 실시간, 정확하고 부가가치 있는 유용한 제조 정보를 제공한다.^[16] 포그 컴퓨팅은 CC 패러다임을 보완하고 네트워크의 가장자리까지 확장시켜 낮은 대기 시간, 위치 인식 및 스트리밍 및 실시간 애플리케이션의 강력한 존재와 같은 특성을 의미한다. 가상화 된 포그 노드 환경을 통해 유연하고 프로그래밍 가능한 CPS를 실현함으로써 제조 프로세스의 새로운 영역을 제시 할 수 있음을 보여준다.^[17]

CPS는 IoT를 통해 구현되는 핵심 기술이다 CPS는 물리적 개체와 밀접히 연관된 사이버 공간에서 가상화되어 표시되는 트윈 모델로 물리적인 물체의 기능을 추상화한다. CPPS는 프로세스에서 기계, 생산 및 물류 네트워크에 이르기까지 모든 수준의 생산 단계에 걸쳐 상황에 따라 서로 연결되는 자율적이고 협조적인 요소와 하위 시스템으로 구성된다.^[18] CPPS의 연결을 가능하게 하는 실현하는 미니 공장 실험실에서 개념적 프레임 워크를 구현하고 유선 IP 100BASE-TX 이더넷 네트워크에서 근접식 및 액세스 네트워크를 실현함으로써 구현이 되었다.^[19] 구조화되고 통합 된 부문 간 제조 CPS 프레임 워크를 구축하려면 산학 협력 및 연계를 통한 통합 CPS 체계 수립, 다양한 CPS 이해 관계자 간의 협력 모델 제시 및 의견 조정을 할 수 있는 전문가 그룹을 구성하는 것이 중요하다.^[20]

SCA(supply chain analytics)는 물류공급망(LSCM) 내 빅 데이터 분석(BDBA)과 적용에 관한 연구로 정의 할 수 있다. 산업단지 내 참여기업이 SHIP의 이용에 따른 이점을 분석하기 위해서 빅 데이터(BD)와 비즈니스 분석(BA)이 필요하다. 특히, 물류 및 공급망 관리(LSCM)에서 BDBA는 보다 나은 전반적인 비즈니스 성과를 향상시키는데 중요한 역할을 하기 때문에 주목을 받고 있다. LSCM은 선적 지연, 연료비 상승, 공급 업체 불일치, 끊임없이 증가하는 고객 기대 등과 같이 공급망에서 비효율성과 낭비를 초래할 수 있는 가장 중대한 과

제에 직면 해 있다. 기업들은 물류 및 공급망 운영에서 BDBA를 활용하여 글로벌 공급망 및 물류 프로세스의 가시성, 유연성 및 통합을 개선하고, 수요 변동성을 효과적으로 관리하고 비용 변동을 처리 할 수 있을 것으로 기대한다.^[21]

2. Related Research of industrial parks

IPs에 대한 연구는 주로 운송과 창고 부문에서 주로 공유모드의 형태로 제안이 되었다. 특히, 이에 대한 별도의 운영주체로서의 Industrial Park (SHIP)의 Supply Hub는 초기에 산업 단지의 토지 자원 부족 문제를 해결하기 위한 유망한 접근 방법으로 제안 되었다. SHIP의 채택은 일련의 이점을 가져올 수 있다. 첫째, 분배를 책임지고 있는 SHIP는 소량의 선적을 제조업체 및 외부 고객에게 한 번의 부하로 통합하여 규모의 경제로 인한 단위 운송비용을 저렴하게 한다.^[1] 둘째, SHIP는 회원사에 따라 스토리지 공간을 연속적으로 사용한다. 이러한 방식으로 원래의 유휴 공간은 계절별 패턴이 다른 부산물을 사용한다. 따라서 수요 변동이 완화되고 공간 활용도가 개선된다.^[22] 셋째, SHIP의 물류 서비스를 통해 회원사는 자본 투자를 줄이고 재고 보유 및 관리에 많은 비용을 절감 할 수 있습니다.^[23] 넷째, SHIP과 제조사 간의 근접성으로 인해 제품은 생산 라인에 직접 배치되는 작은 배치로 자주 전달된다. JIT 제공은 공급망의 대응 성과 유연성을 향상시킨다.^[24]

IoT 가능 SHIP의 운영 모드를 지원하기 위한 Physical Asset Service System(PASS)이라는 새로운 비즈니스 모델을 소개하고 IoT의 유전 계층 아키텍처를 기반으로 정보 인프라를 제안함으로써 IoT 가능 SHIP의 개요를 제시했다.^[25] 실시간 의사 결정을 위한 의사 결정 지원 시스템인 PASS는 "공유" 접근 방식을 지원하는 최근 혁신적인 비즈니스 모델인 제품 서비스 시스템(Product Service Systems, PSS)개념^[26]에서 확장되었다. SHIP의 창고 부문에서 동적 스토리지 가격 책정 전략을 처음으로 논의하고 저장소 가격 책정/배달 문제를 연구하기 위해 2수준 분석 모델을 제시한다.^[27] 또한, 운송부문에서는 제조업체가 공급업체로부터 긴 보충주기 시간을 채택하도록 유도하는 저가 및 고빈도의 우유운송 서비스를 제공 함으로서 운송서비스의 공유가 SHIP 및 제조업체 모두에게 이익을 가져다 줄 수 있음을 증명하였다.^[28]

IoT 시스템에서 얻은 동적 정보 캡처를 사용하여 내부 / 외부 PL 시스템의 작동을 분석하고, IoT 시스템에 대한 정량 분석을 수행하여 IoT의 경제적 타당성을 토대로 시스템의 정량 분석 및 평가 방법을 제공한다. IoT 환경 하에서의 생산 물류 시스템 연구에 중점을 두어 내부 / 외부 PL 시스템의 시뮬레이션을 분석하여 독립적으로 최상의 IoT 솔루션을 제공함과 동시에 PL 시스템의 시뮬레이션을 내부 / 외부 PL 시스템으로 분석하고 관리자를 위해 다른 SC 모델의 최상의 솔루션을 제공한다.^[29]

3. 한국산업단지 현황

지난 50여년간 산업단지는 국가주력산업의 집적지로 경제성장에 있어 중요한 역할을 담당하였으나 변화하는 산업 환경에 대한 대응이 필요한 시점이 되었다. 노후 산업단지는 전체 산업단지에서 큰 비중을 차지하고 있다.

표 1. 유형별 산업단지에서 노후산업단지 비중(2016년 말 기준)
Table 1. The proportion of old industrial complexes in industrial complexes by type (As of the end of 2016)

구분	단지수	면적	업체수	고용	생산	수출
국가	66.7%	91.4%	95.0%	96.2%	97.1%	98.1%
일반	17.5%	27.4%	64.8%	57.6%	50.6%	39.6%
농공	58.5%	56.9%	72.7%	74.3%	72.6%	74.3%

표 1에서와 같이 착공 후 20년 이상의 국가 및 일반 노후 산업단지는 2016년 말 기준 412개로 지정면적은 910km²에 이른다. 유형별로는 국가산업단지 28개(722km²), 일반산업단지 110개(145km²), 농공단지 274개 (43km²)이다. 특히 구조고도화사업 대상에 해당하는 국가·일반 노후산업단지는 138개로, 이러한 추세라면 2025년에는 200개를 넘을 것으로 예상된다. 노후 산업단지의 생산액은 2016년 말 기준 약 764조 9천억 원으로 전국(국가 및 일반) 산업단지의 74%를 차지하고, 수출액도 전국의 69%를 차지하고 있다. 노후 산업단지의 입주업체 수는 7만 5천개사이며, 업체당 생산액은 전국 산업단지의 95.5% 수준이다. 노후단지의 열악한 기반시설과 근로·정주여건으로 인해 청년층의 취업기피 현상은 계속되고 있으며, 경쟁력 또한 약화되고 있는 것이다. 인프라 노후화, 편의시설 부족 등의 문제는 산업단지가 해결해야 할 주요 이슈로 떠오

르고 있으며, 노후 산업단지의 입지경쟁력 제고를 통한 생산성 향상 도모가 절실한 시점이다.

스마트 산업단지의 조성과 더불어 중요한 것은 산업 환경의 패러다임 변화가 반영된 관리 모델을 제시하는 것이다. 제조업, 용도구역 관리, 입주관리, 업종별 배치계획 등 규제와 제한 중심에서 융·복합, 지원중심의 관리방안을 도출해야 한다. 구체적으로는 산업단지 유형·특성별 발전계획, 관리계획, 지원계획 등으로 구분하여 융복합 첨단산업단지로의 관리·육성을 위한 모델로 전환될 필요가 있다. 산업단지 내 입주한 중소기업의 스마트화를 위해서는 중소기업 보급형 및 네트워크형 스마트 공장 모델을 제시하는 것이 중요하다. 기업 특성별·수준별 스마트 공장의 도입 효과, 조건 등 수준진단과 함께 보급형 모델을 구축하고 이를 확산해 나갈 필요가 있다. 노후 거점 산단을 중심으로 업종고도화(구조고도화) 스마트공장추진단과 연계한 산단 내 스마트공장 도입 추진과 함께 미니클러스터를 활용한 네트워크형 스마트공장 도입 지원이 필요하다.

제4차 산업혁명에 대응한 제조업의 혁신은 핵심기술의 적용과 다량의 데이터를 확보, 분석, 활용하는 데 있다. 따라서 산업단지 중심의 빅 데이터 플랫폼을 구축해야 할 필요성도 이러한 이유에서 비롯된다. 산업단지 및 입주기업과 관련한 내부정보와 외부정보를 취합하여 빅 데이터를 생성, 수요기반의 데이터 분석 및 맞춤형 서비스를 제공하는 빅 데이터 플랫폼을 구축해야 할 것이다. 향후 산업단지의 지속가능한 성장을 위해서는 산업단지 에 대한 관리기관으로서 명백하고 공고한 역할을 수행해 나갈 필요가 있다. 이를 위해 산업단지에 대한 사업을 플랫폼화 하는 것이 중요하며, 플랫폼 구축을 위한 방법론을 도출하고 조속한 추진을 해 나가는 것이 필요하다. 이는 앞서 계속해서 강조되었듯이, 제4차 산업혁명 시대에는 가상공간을 활용한 생산 방식 및 공간의 변화가 일고 있기 때문이다.

III. CIPs의 아키텍처 및 서비스

1. Architecture of CIPs

그림 1에 보는 바와 같이 산업단지별 IoT 가능 SHIP의 개념을 서비스 영역을 확장하여 CIP(Connected Industrial Park)라 하고 각 산업단지별간 상호 연결된 형

태의 지역적인 확장 형태는 CIPs(Connected Industrial Parks)라고 정의한다. 물리적 자산 및 서비스를 용이하게 하기 위한 비즈니스 모델인 PASS(Physical Asset Service System)의 개념은 CIP와 CIPs에도 동일하게 적용되지만 한국 노후산업단지의 활성화를 위한 공공적인 성격을 감안한다면 다양한 정책을 활용할 수 있다. 회원 기업의 공동투자방식이 주를 이루는 PASS는 각 이해관계를 조정하고 공평한 가격 정책이 중요한 사항이 되지만 CIP에서는 공공적인 시각에서 입주기업의 경쟁력을 확보한다는 서비스적인 관점에서 업무가 이루어진다는 점에서 다르기 때문이다.

또한, SHIP에서 PASS는 공간적인 측면에서 물리적 자산을 이용한 창고와 운송의 측면에서 서비스가 주를 이루었다면 CIP에서 창고에서는 디자인, 구매, 조달, 생산 공정, 물류 등 SCM의 프로세스 측면과 같은 제조에서의 협업적인 플랫폼의 솔루션과 같은 소프트웨어적인 면이 강조된다.

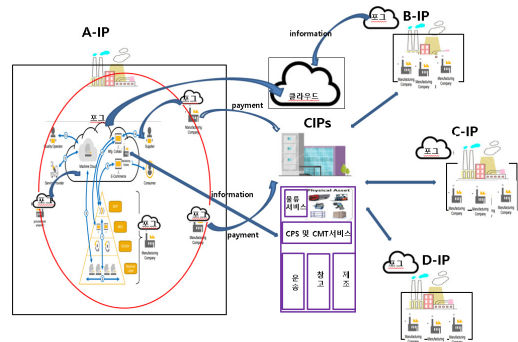


그림 1. CIPs의 Architecture
 Fig. 1. Architecture of CIPs

각 IP에서 개별 기업은 CIP를 통해서 ① 현장 데이터에서부터 상위 정보시스템과의 수직적인 통합, ② 설비간의 자율적인 연결, ③ 온라인상의 소비자와의 직접적인 연결 통합, ④ 제조과정에서의 타 제조업체와의 협업, ⑤ 설비관리의 클라우드 예방보전 서비스와 같은 다양한 서비스를 받게 된다.

CIP의 비즈니스 모델은 각 산업단지별로 창고, 운송, 제조 등 3가지 분야에서 서비스가 이루어진다. 각 서비스는 IoT, 빅 데이터, 클라우드, 모바일 인터넷, CPS 및 기타 기술 등을 통해 다양한 데이터를 수집하고 이를 클라우드로 지속적으로 수렴할 수 있다. 클라우드 컴퓨팅과

빅 데이터 기술은 이러한 원본 데이터를 정렬, 분류, 분석 및 기타 작업과 함께 처리한다. 그리고 이러한 데이터는 각 서비스에 캡슐화 된다. 이러한 서비스를 통하여 해당 소프트웨어와 결합하여 빅 데이터를 생산하면 생산량, 품질 기록, 제조 요소의 건강상태, 에너지 효율성 등의 실제 정보로 변환된다. 이 정보는 제조업체가 상태를 더 잘 판단하고 이해할 수 있도록 도와준다. 물리적 세계와 사이버 세계 사이의 상호 연결 및 상호 운용성은 CPS로 발전하게 된다.

CIPs에서의 창고, 운송, 제조에서의 각 서비스 부분은 상호 운용성과 플랫폼 독립성의 특징을 가지고 있어 회원기업 간에 공동 협업을 위한 길을 열어 제조 사회화로 이어진다. 복잡한 제조 작업은 여러 회사의 여러 서비스를 통해 공동으로 수행 할 수 있다. 또한, CMtg를 통하여 디자인 설계에서부터 각 제조공정을 공동 협업화하여 다양한 요구 조건을 즉각적으로 수용할 수 있는 유연한 생산체계를 만들 수 있으며 원격 모니터링 및 진단, 예측 유지 관리, 운영 분석 및 제품 사용(예: 교육, 지원 및 상호 작용)과 같은 많은 스마트 운용 프로그램이 서비스에 의해 가능하다.

각 부문별 서비스는 독립적으로도 작용하지만 상호 연결되어 결국 CPS의 가상 사이버 공간에 정보가 통합 된다. IoT의 진전으로 디지털 데이터를 수집, 추적 및 분석하고 사이버 공간에서 분석 결과를 실제 세계로 피드백 함으로써 현실 세계와 상호 관계를 형성하고 사이버 세계에 대한 정보를 제공한다. 지금까지 인터넷은 인간과 인간을 연결하는 데 주로 사용되었지만 미래에는 다양한 센서에서 얻은 정보가 인터넷에 직접 연결될 것으로 예상된다. 인간 개입 없이 인터넷에 직접 연결하는 IoT는 실제 세계를 중심으로 한 견해이며 인터넷에 연결하는 데 중점을 둔다. 그러나 CPS는 실제 세계와 사이버 세계를 연결하고, 연결 후 실제 세계와 사이버 세계의 정보를 통합 및 분석하고 분석 데이터를 실제 세계에 피드백 하는 데 중점을 둔다. 그림 2와 같이 CPS를 CIPs내에서 참여기업 간에 개별적, 통합적으로 구축함으로써 지역별, 업종별 특성에 맞는 시스템을 구현한다. 우선 각 CIP에 맞는 최적의 CPS 서비스가 이루어지고 CIPs에서는 각 CPS가 연결되어 통합 CPS를 구현하고 각 CIP를 조정, 통합하는 형식으로 서비스가 이루어진다.

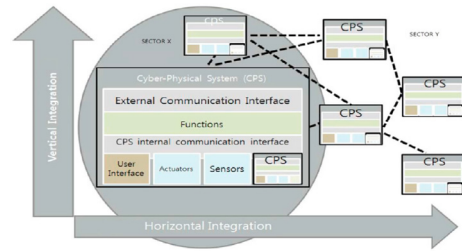


Fig. 1. CPS Technology Architecture [1]

그림 2. CIPs에서의 CPS 체계도
Fig. 2. CPS scheme in CIPs

2. CIPs의 Service

가. Transportation

CIP에서 운송 서비스의 영역은 물리적 자산으로서 운송수단의 공유방식과 이를 효율적으로 운용하기 위한 운용관리모드의 두 가지로 구분할 수 있다. 그림 3에서 CIPs는 CIP의 확장된 개념으로서 서비스가 이루어지지만 주로 운용관리모드로서의 지원의 비중이 더 많다 할 수 있다.

첫째, 운송 수단 공유 방식을 개발하는 것으로서 이는 차량 배달 서비스를 제공하는데 필수적이다 이에 따라 밀크운송, 직접운송, 온-콜 운송과 같이 세 가지 운송 공유 모드를 고려할 수 있다. 이 중에 밀크운송은 CIP내에 여러 회사를 순환하는 차량을 정기적으로 교환하는 공유 운송의 한 유형이다. 작은 운송물을 단일 차량의 여러 위치에 통합하는 밀크 운송 전략은 운송 경제 규모를 획득할 수 있다. 다양한 사례를 통해 밀크 운송 전략은 운송 비용을 크게 줄이고 소매점으로 가는 아웃바운드 빈도를 증가 시킨다.

둘째, 운용관리모드는 CIP내의 회원기업들이 설치된 IoT나 RFID와 같은 장비를 통해 수집된 빅 데이터를 분석하여 다양한 기능들을 애플리케이션으로 실시간으로 보여 줄 수 있다. 물류는 화주, 물류 서비스 제공 업체 및 운송 업체가 물류 운영을 관리하기 때문에 엄청난 양의 데이터를 생성한다. RFID 태그, 모바일 장치 및 EDI 트랜잭션에서 비롯된 이러한 빅 데이터는 물류 계획 목적으로 활용할 수 있다. 이는 중간 저장 노드 (예 : 유통 센터)를 통해 공급 지점 (즉, 생산 시설 또는 창고)에서 수요 지점 (예 : 소매 업체 사이트)으로의 제품 유통을 다룬다. 물류 계획 문제는 네트워크 흐름 문제로 공식화 할 수 있다.

물류 데이터는 운송비용, 공급 업체의 설비에서의 공급 능력에 대한 예측, 수요 지점의 수요 예측 및 네트워크 용량과 같은 유통 네트워크의 다양한 소스에서 생성된다. 공급 중단과 수요 불확실성 때문에 예측 분석 도구는 물류 운영에 공급망 유연성을 설계하는데 필수적이다. 물류 계획에서 승무원 및 장비 라우팅을 최적화하는 것이 중요하다. 차량 경로 지정 문제는 소포 배달 트럭, 반품 수거 트럭 또는 두 가지와 같은 경로에서 방문한 노드의 순서를 최적화하려고 시도한다. 최적의 순서는 각 쌍의 노드, 예상 교통량, 좌회전 및 배달 및 픽업 시간 창과 같은 경로에 배치된다. 기타 제약 사이의 거리를 분석 방법론과 기법은 운송비용과 마진의 균형을 맞추기 위해 화물, 차량 및 승무원의 경로를 최적화하는 데 사용된다.

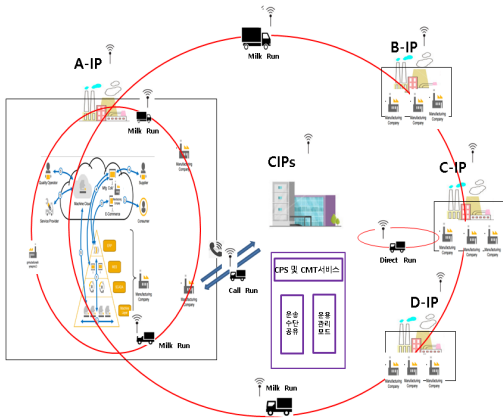


그림 3. CIPs의 서비스(운송)
 Fig. 3. Services of CIPs (Transportation)

나. Warehouse

그림 4에서 보는 바와 같이 CIP에서의 창고서비스의 영역은 물리적 공간의 공유방식에 대한 모드와 이를 효율적으로 운용하는 관리모드의 두 가지로 구분한다.

첫 번째, 창고의 관점에서 스토리지 공간 모드는 공간 활용뿐만 아니라 운영 성능에도 영향을 미치므로 고려되어야 한다. IoT 측면에서 저장 공간이 변화하는 요구에 따라 각 회원사에 임대되는 동적 저장 공간 공유 모드를 적용할 수 있어야 한다. 이는 최적의 스토리지 가격 책정, 원자재 보충 일정 및 완제품의 납기 일정을 결정하기 위하여 역동적인 스토리지 가격 책정이 필요하다는 의미이다. 하지만, CIPs의 공공적인 성격을 감안할 때 보충적으로 다양한 정책이 나올 수 있을 것이다.

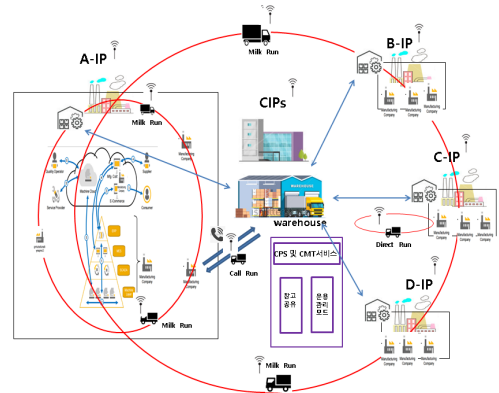


그림 4. CIPs의 서비스(창고)
 Fig. 4. Services of CIPs (Warehouse)

두 번째, 관리모드의 관점에서 조달, 자재의 SCM 측면에서 유사한 업종 기업 간의 긴급 결품 관리, C급 자재에 대한 공동 창고 관리, 공동 구매를 통한 조달 등의 요구사항을 통해 다양한 플랫폼을 개발할 수 있다. 특히, 조달의 관점에서 빅 데이터의 분석을 통해 공급 위험 관리 및 공급 업체 성과 관리 부문에서 다양한 솔루션이 나올 수 있다. 공급 위험 관리 부문에서 회원기업에게 공급 업체 또는 특정 소싱 시장과 관련된 공개된 뉴스나 소셜 미디어 채널을 모니터링을 통해 식별 동향 및 이벤트에 의해 위험을 구별할 수 있는 기능을 제공할 수 있다. 또한, 성과관리의 영역에서 회원기업이 공급 업체의 성과를 측정, 분석 및 관리하여 보다 나은 소싱을 수행할 수 있도록 지원할 수 있다. 재고 관리에서는 가장 복잡한 소매, 도매 및 다중 채널 문제를 처리하는 데 필요한 최신 재고 최적화 시스템을 잘 설계할 수 있도록 도와줄 수 있고 통계적 예측 기술을 활용하여 재고 요구를 정확하게 예측하고 변화하는 고객 요구에 대응하고 재고 비용을 획기적으로 줄이는 데에도 도움이 될 수 있다.

다. Design & Manufacturing

그림 5에서 보는 바와 같이 클라우드 컴퓨팅 기술의 발전으로 인해 CIPs내 설계와 제조에서 회원기업 간에 협업이 가능해졌다. 이러한 클라우드 기반 설계 및 제조(CBDM)은 클라우드 컴퓨팅, 소셜 미디어, IoT 및 SOA와 같은 구현 기술을 기반으로 하는 분산되고 네트워크화된 설계 및 제조 모델이다. CBDM은 프로토타입 제작비용을 줄이고 제조 가능성을 높이기 위한 설계를 향상시키고 디지털 제조 생산성을 높이며 전통적인 협업 설계 분산 제조와 비교하여 제조 용량 확장성을 가능케

할 수 있도록 설계 혁신을 향상시키고 설계 효율을 높일 수 있는 가능성을 보여 준다

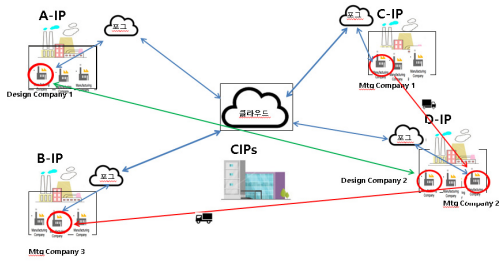


그림 5. CIPs에서의 서비스(디자인 및 제조)
Fig. 5. Services in CIPs (design and manufacturing)

디자인의 관점에서 CIPs내 회원기업들은 가상화 및 멀티 테넌시의 사용으로 컴퓨터 지원 설계, 엔지니어링 분석 및 제조 도구에서 동시에 작업을 수행할 수 있다. 이는 교차 부서 설계 팀의 사용자가 제품 모델의 설계 기능을 동시에 작성하고 수정할 수 있다 경쟁 우위를 확보하고 시장 점유율을 확보하고 수익성을 개선하려면 기업의 제품이 높은 품질과 신뢰성을 보장해야 한다. 따라서 기업은 차별화 된 저비용 제품을 생산할 수 있는 역량을 강화해야 한다. 비용과 품질 간의 중요하지만 극도로 어려운 절충안 결정과는 별도로 시장 출시 압력은 새로운 수익 창출 제품 출시의 효율성과 적시성을 보장하기 위해 제품 설계 및 개발을 필요로 한다. 따라서 사용 가능한 리소스에서 프로세스 병목 현상과 적절하게 분산된 작업 부하를 확인하는 것이 기업에게 중요하다. CIPs의 의사결정지원 시스템은 제품 절충을 최적화하여 고품질의 경쟁력 있는 가격의 제품을 생산하고 판매 수익을 높일 수 있도록 도와준다. 또한 기업은 이러한 시장 기회를 최대한 활용하여 경쟁 업체보다 우수한 성과를 낼 수 있다. 회원 기업들은 클라우드 기반 소싱 플랫폼을 통해 설계 및 제조 서비스를 제공하는 공인 서비스 제공업체를 쉽고 빠르게 찾을 수 있다.

IoT, 스마트 센서, RFID 등을 사용하여 실시간으로 설계 및 제조 관련 데이터를 수집함으로써 예측, 사전 예방적 유지 관리 및 자동화를 위해 대용량 데이터 분석을 적용할 수 있다. 병렬프로그램 모델인 MapReduce를 활용하여 설계 및 제조과정에서 생성된 빅 데이터를 처리할 수 있다. 웹 서비스 API 또는 웹 브라우저를 통해 네트워크 서버에 저장된 광범위한 데이터에 대한 유비쿼터스 액세스를 사용자에게 제공한다. 이는 셀프 서비스 방식으로 필요에 따라 쉽게 확장 및 축소할 수 있다. 이에 대

한 서비스는 최소한의 초기 비용으로 정기 가입 또는 이용 요금을 지불할 수 있다. 제품 설계 및 개발에 대한 시간 압박감을 고려하면 쉽게 접근 할 수 있는 데이터는 신속한 설계 및 개발 프로세스를 가능하게 한다. 기업은 내부 프로세스 및 공급 업체의 실시간 데이터를 사용하여 제공된 구성 요소의 물질을 모니터링하고 분석한다. 따라서 공급 업체의 구성 요소가 품질 기준, 정부 규정 및 고객 및 성능 요구 사항을 준수하는지 확인하기가 쉽기 때문에 규정을 준수하지 않거나 선적 중단으로 인한 지연을 피할 수 있다.

CIPs내 의사결정 지원시스템은 공급망 분석을 통해 회원기업은 관련된 다양한 생산 비용과 수익에 미치는 영향을 이해할 수 있다. 이것은 생산 능력 수준에 관한 유용한 통찰력을 제공하고 생산성을 극대화하기 위해 어떤 개선이 필요한지 관리자 / 의사 결정자에게 알릴 수 있다. 또한 여러 제품의 제조업체가 적절한 생산 믹스가 적절한 생산 라인에 할당되도록 생산을 조정하도록 도울 수 있다. 혼합 선형 프로그래밍 문제로 공식화 될 수 있는 작업 스케줄링 문제와 관련된 문제에 대한 유용한 통찰력을 제공한다.

IV. Research Challenges and Issues

1. 제조방식에 따른 분류

CIPs에 입주하고 있는 업체가 다양한 산업군과 업종으로 구성되어 있어 특성에 맞는 구조를 설계해야 한다. 각 산업단지 내의 주력업종에 따라서 CIP가 제공해야 하는 서비스가 달라질 것이다. 가장 효과적인 방법으로 고객의 주문에 따라 대응하는 방식으로서 생산방식에 의한 분류를 하는 것을 생각해 볼 수 있다. 그림 6과 같이 이 네 가지 방식으로 분류할 수 있는데 (1) MTS 방식 (2) MTO 방식 (3) ATO 방식 (4) ETO 방식 이다.

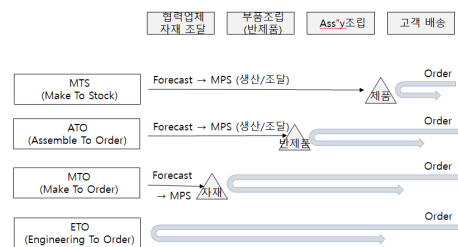


그림 6. 생산방식에 따른 분류
Fig. 6. Classification according to production method

우선 MTS 방식은 소비재를 생산하는 기업이 주로 이에 해당하며 고객의 수요에 신속히 대처하기 위해 상당량의 재고를 보유한다. 직접적인 고객주문은 거의 없으며 고객 수요는 재고에서 충당된다. 재고주문방식으로서 고객의 수요에 대응하기 위하여 재고를 일정부분 확보하여 대응하여야 하는데 이를 위해서 CIPs가 제공해야 할 서비스로 중요한 것은 재고 관리의 효율화인데 공급망의 관점에서 수요의 변동성을 최소화하여 재고효과를 낮춰 회원기업의 경영의 현금흐름을 양호하게 하는 가이다.

둘째, ATO 방식은 자동차조립과 같이 다수의 기본부품과 반제품을 조립하여 다양한 제품을 만드는 경우 최종제품에 대한 생산계획을 수립하기보다는 엔진, 기어, 차체 등과 같이 중요부품에 대해서만 생산계획을 작성하고, 최종 작업과정인 자동차 조립은 최종조립계획을 통해 별도로 운영한다. MTS와 MTO의 중간의 생산방식으로 일정부분에 공용화가 가능한 구조여서 주로 반제품 관리를 통해 대응하는 경우가 많다. CIPs에서 제공해야 할 서비스로는 수요관리를 통해 자재와 반제품 재고관리와 회원기업 간에 공유할 수 반제품에 들어가는 부품의 공용화, 표준화 작업을 통한 신속한 납기대응력 강화, 재고관리의 공유화 등이 이슈가 된다고 볼 수 있다.

셋째, MTO방식은 대개 완제품 재고를 가지고 있지 않으며 고객의 주문이 확정되어야만 생산에 들어 간다 납기를 준수할 수 있도록 고객의 주문을 관리, 통제하는 일이 주된 업무 중 하나이다. 주문자 제작방식으로서 입주업체가 주로 설계위주의 기획개발을 하는 회사로서 자재와 상품의 공용화, 표준화가 어렵고 납기대응, 자재관리 등이 중요한 방식이다. 이는 기획, 설계에서 신속한 대응이 중요하므로 CIPs에서 제공해야 하는 중요 서비스로 설계, 제조에서 공유 플랫폼의 지원과 자재관리를 위한 긴급 결품 관리가 중요하다고 할 수 있다.

넷째, ETO방식은 대표적인 기획 제작 방식으로서 기획단계에서부터 업체가 진행하는 방식으로서 단지 내에서 제조 부문에 공유가 어려운 생산방식이다. 이는 CIPs에서는 설계에 대한 공용플랫폼 개발 지원과 생산에서는 모니터링을 통한 협업을 생각할 수 있다

2. 오픈 소스 플랫폼(Mobius)의 활용

Mobius 플랫폼은 IoT 서비스 제공을 목적으로 다양한 Device들을 관리하고 공통서비스를 제공하여 손쉽게 빠르게 IoT 서비스의 구현이 가능하도록 하기 위한 플랫

폼이다. Mobius 플랫폼은 oneM2M 기반의 표준 플랫폼으로 오픈소스로 다양한 프로토콜과 Open API를 제공한다. 구현된 센서 네트워크를 기반으로 하는 어플리케이션 서비스와 IoT 센서의 구현은 개발일정을 단축시킬 수 있음을 확인하였고, 무엇보다도 시장에서 구매했던 상용품을 변경개발 없이 수용이 가능함을 확인하였다. 이러한 신속성과 개방성은 다양한 서비스의 요구에 부응할 수 있도록 하여, 서비스 확대 및 신규 시장 창출에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.^[30]

CIPs의 서비스를 구현하기 위해 공용화, 표준화가 된 오픈소스 플랫폼에 대한 연구가 필요하다 한국 산업단지의 적용을 위해서 산업별, 업종별 특수성을 고려하여 이에 맞는 개별적인 플랫폼이 필요하며 이것이 전체 플랫폼에 플러그인이 될 것이다. CIPs의 공공적인 성격으로 이와 같은 플랫폼에 대한 연구단체도 공공성을 갖추는 것이 적합하므로 전자부품연구원이 주관하는 Mobius와 &Cube 플랫폼이 이에 대한 대안이 될 수 있을 것이다.

V. 결 론

CIP는 IoT를 기반으로 하는 시스템 운용 주체로서 물리적 자산과 창고 공간을 소유하고 회원기업 간의 다양한 서비스를 제공한다. 복수의 IPs간에도 원격 연결이 가능하며 필요한 서비스 제공을 위하여 별도의 CIPs의 기관을 두어 운영 관리한다. CIP의 플랫폼은 각 회원기업의 IoT를 기반으로 하여 CPS로 연결이 이루어지며 CIPs는 각 IP의 CPS가 연결이 되어 서비스가 이루어지는 구조이다. CIPs의 가능한 서비스로서 운송, 창고, 제조의 세 가지로 구분하여 제안하였다. 첫째, 운송서비스는 물리적 자산의 공유와 운용관리모드로 구분하였고 둘째, 창고는 공간적 공유와 운용관리모드로 구매, 조달 등의 공급망 프로세스와 연결해서 제안하였다. 셋째, 제조는 클라우드 컴퓨팅으로 비즈니스 상호 연결을 통하여 공급체인의 다양한 파트너 및 고객과 비즈니스 공동협업의 관점에서 제안하였다. 향후 CIPs의 연구과제로서 생산방식에 따라 각각의 플랫폼 구성의 필요성을 제기하였고 한국적인 현실에 맞는 표준화, 공용화된 오픈소스 플랫폼의 개발의 필요성으로 이에 Mobius에 대한 소개를 하고 방향성을 제안하였다.

References

- [1] Xuan Qiu, George Q. Huang, "Supply Hub in Industrial Park (SHIP): The value of freight consolidation", *Computer & Industrial Engineering*, Vol 65, No. 1, pp. 16-27, May 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2012.06.016>
- [2] J. Davis, T. Edgar, J. Porter, J. Bernaden, and M. Sari, "Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance" *Computer Chemical Engineering*, Vol. 47, No. 12, pp. 145 - 156, Dec. 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2012.06.037>
- [3] L. Bo-hu, Z. Lin et al., "Cloud manufacturing: A new service-oriented net-worked manufacturing model," *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 16, No. 1, pp. 1 - 7, Jan 2010.
- [4] X. Yang, G. Shi, and Z. Zhang, "Collaboration of large equipment complete service under cloud manufacturing model," *International Journal of Production Research*, Vol. 52, No. 2, pp. 326 - 336, Jan. 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.825383>
- [5] F. Tao et al., "SDMSim: A manufacturing service supply - demand matching simulator under cloud environment", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 45, pp. 34 - 46, Jun. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2016.07.001>
- [6] Chen Yang, Weiming Shen, Xianbin Wang, "Application of internet of things in manufacturing", *Computer Supported Cooperative Work in Design(CSCWD)*, Sep 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1109/CSCWD.2016.7566069>
- [7] Kai Ding, Pingyu Jiang, Peilu Sun, Chuang Wang, "RFID-Enabled Physical Object Tracking in Process Flow Based on an Enhanced Graphical Deduction Modeling Method", *IEEE Transactions on systems*, Vol 47, No 11, pp. 3006-3018, May 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TSMC.2016.2558104>
- [8] Z.X.Guo, Xuedong Liang, "An RFID-based intelligent decision support system architecture for production monitoring and scheduling in a distributed manufacturing environment", *International Journal of Production Economics*, Vol 159, pp. 16-28, Jan 2015
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.004>
- [9] Kai Ding, Pingyu Jiang, Shilong Su, "RFID-enabled social manufacturing system for inter-enterprise monitoring and dispatching of integrated production and transportation tasks", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 49, pp. 120-133, Feb 2018
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2017.06.009>
- [10] J. Yick, B. Mukherjee, D. Ghosal, "Wireless sensor network survey," *Computer Networks*, Vol 52, No 12, pp. 2292-2330, Aug 2008
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2008.04.002>
- [11] P. Mell , T. Grance, "Perspectives on cloud and standards" *National Institute of Standards and Technology Information Technology Laboratory*, 2009.
- [12] W. He, L. Xu, "A state-of-the-art survey of cloud manufacturing", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol 28, No 3, pp. 239-250, Feb 2014.
DOI : <https://doi.org/10.1080/0951192X2013.874595>
- [13] Erwin Rauch, Sven Seidenstricker, Partick Dallasega, Robert Hammerl, "Collaborative Cloud Manufacturing: Design of Business Model Innovations Enabled by Cyber physical Systems in Distributed Manufacturing Systems", *Journal of Engineering*, Volume 2016, Article ID 1308639, 12 pages, Sep 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1308639>
- [14] Fei Tao, Qinglin Qi, "New IT Driven Service-Oriented Smart Manufacturing : Framework and Characteristics", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, Volume PP, No 99, pp. 1-11, July 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TSMC.2017.2723764>
- [15] Dazhong Wu, David W. Rosen, Lihui Wang, Dirk Schaefer, "Cloud-based design and manufacturing : A new paradigm in digital manufacturing and design innovation", *Computer-Aided Design*, Vol.

- 59, pp. 1-14, Feb 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cad.2014.07.006>
- [16] Yingfeng Zhang, Geng Zhang, Yang Liu, Di Hu, "Research on services encapsulation and virtualization access model of machine for cloud manufacturing", *Journal of Intelligence Manufacturing*, Vol 28, No 5, pp. 1109-1123, March 2015.
DOI : <https://doi.org/10.1007/s10845-105-1064-2>
- [17] M.S. de Brito, S. Hoque, R. Steinke, A. Willner, T. Magedanz "Application of the Fog computing paradigm to Smart Factories and cyber-physical systems", *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, Vol 29, No. 4, May 2017.
DOI : <https://doi.org/10.1002/ett.3184>
- [18] Laszlo Monostori, "Cyber-physical production systems: roots from manufacturing science and technology", *At-Atomisierungstechnik*, Vol. 63, pp. 766-776, Oct 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1515/auto-2015-0066>
- [19] Rafael A. Rojas, Erwin Rauch, Renato Vidoni, Dominik T. Matt, "Enabling Connectivity of Cyber-Physical Production Systems : A Conceptual Framework", *Procedia Manufacturing*, Vol. 11, pp. 822-829, July 2017
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.184>
- [20] SungHyun Kim, Sungbum Park, "CPS(Cyber Physical System) based Manufacturing System Optimization", *Procedia Computer Science*, Vol. 122, pp. 518-524, Nov 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.401>
- [21] Gang Wang, Angappa Gunasekaran, Eric W.T. Ngai, Thnos Papadopoulos, "Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications", *International Journal of .Production Economics*, Vol. 176, pp. 98-110, June 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.03.014>
- [22] Qiu, Xuan, Huang, George Q., "On storage capacity pooling through the supply hub in industrial park (SHIP): the impact of demand uncertainty", 2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Dec 2011
DOI : <https://doi.org/10.1109/IEEM.2011.6118215>
- [23] Selviaridis, Konstantinos, "Third party logistics: a literature review and research agenda", *International Journal of Logistics Management*, Vol 18, No 1, pp. 125-150, 2007
DOI : <https://doi.org/10.1108/09574090710748207>
- [24] Waters-Fuller, Niall, "The benefits and costs of JIT sourcing : A study of Scottish suppliers", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol 26, No 4, pp. 35-50, 1996
DOI : <https://doi.org/10.1108/09600039610116503>
- [25] Xuan Qiu, Hao Luo, Gangyan Xu, Runyang Zhong, George Q Huang, "Physical assets and service sharing for IoT-enabled Supply Hub in Industrial Park (SHIP)", *International Journal of Production Economics*, Vol. 159, pp. 4-15, January 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.001>
- [26] George Q. Huang, T. Qu, R. Y. Zhong, Z. Li, H. D. Yang, "Establishing production service system and information collaboration platform for mold and die products", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol 52, No. 9-12, pp. 1149-1160, Feb 2011
DOI : <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2762-8>
- [27] Xuan Qiu, George Q Huang, Jasmine Siu Lee Lam, "A Bilevel Analytical Model for Dynamic Storage Pricing in a Supply Hub In Industrial Park(SHIP)", *IEEE Transaction on Automation Science and Engineering*, Vol. 12, No. 3, pp. 1017-1032, July 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TASE.2014.2301838>
- [28] Xuan Qiu, George Q Huang, "Transportation service sharing and replenishment/delivery scheduling in Supply Hub in Industrial Park(SHIP)", *International Journal of Production Economics*, Vol. 175, pp. 109-120, May 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.02.002>
- [29] Ting Qu, Matthias Thuer, Junhao Wang, Zongzhong Wang, Huan Fu, Congdong Li, "System dynamics analysis for an Internet-of Things-enabled

production logistics system", International Journal of Production Research, Vol. 55, No. 9, pp. 2622-2649, May 2017.

DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1173738>

[30] Woo Young Chang, Yong Cheol Lee, Jeong Jin Kang, "Implementation of IoT Sensors Network Using Mobius Platform", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 17, No. 2, pp.211-218, Apr 2017.

DOI : <https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.2.211>

저자 소개

양 영 철(정회원)



- 2017.3 ~ 성균관대학교 스마트팩토리 융합학과 석사과정 재학중
- 2016.1 ~ 중소기업창업부 경영지도사
- 2016.5 ~ (주)엔에프시에스시엠 지사장
<주관심분야 : 클라우드 컴퓨팅, 산업 단지 스마트팩토리, RFID, Mobius Platform, OPC UA, SCM >

정 중 필(정회원)



- 2008년 ~ 2009년 : 성균관대학교 컨버전스연구소 연구교수
- 2015년 ~ 현재 : 전자부품연구원 IoT 융합연구센터 전문연구위원
- 2010년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신대학 겸 산학협력단 교수
- 2016년 ~ 현재 : 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 사업총괄책임자

<주관심분야 : 스마트팩토리, 모바일융합컴퓨팅, 센서 네트워크, 차량 모바일 네트워크, 네트워크 보안, IT융합, 인터랙션사이언스, 스마트 헬스케어, IoT/M2M, 웨어러블 컴퓨팅 등>

※This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2016R1D1A1B03933828).

※This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2018-08-01417) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion).

Corresponding author: Prof. Jongpil Jeong.