4차 산업혁명에 관한 전문가그룹 분석: 제품수명주기관리의 관점에서

오 원 근* · 김 인 재**

목 차

요약
1. 연구의 배경과 목적
2. 4차 산업혁명과 제품수명주기관리
2.1 4차 산업혁명
2.2 제품수명주기관리
3. 전문가그룹 분석
3.1 자료 수집
3.2 자료 분석
4. 연구의 시사점 및 한계
참고문헌
Abstract

요약

4차 산업혁명의 중요한 축이 되는 것이 스마트 팩토리이다. 스마트 팩토리는 사물인터넷과 지능형 감지시스템을 사용하여 생산의 효율성과 효과성을 최대한 유도하는 체제이다. 스마트 팩토리에서 소비자의 요구사항을 적극적으로 반영하고 소비자의 사후 관리까지의 전 과정을 관리할 수 있는 방법이 제품수명주기관리 기법이다. 제품수명주기 관리에 대한 연구는 많았으나, 4차 산업혁명 시대를 대비하여 제품수명주기관리 지식영역을 어떻게 구성해야 하는 지에 대한 연구는 부족했다.

본 연구는 제품수명주기관리의 측면에서 4차 산업혁명을 대비하는 전문가 그룹의 의견을 분석했다. 제품수명주기관리의 세부 지식영역에 대해서 향후 4차 산업혁명의 영향을 조사하였다. 제품수명주기관리의 변화되는 내용을 전문가 그룹을 대상으로 정성적 자료 분석(Qualitative Data Analysis) 기법을 이용하였다. 전문가의 의견을 기반으로 총 30개의 세부 지식영역으로 구성된 제품수명주기관리에 대해서 4차 산업혁명에 대비해 보완하거나 대비해야 하는 내용을 정리하였다. 본 연구의 시사점은 제품수명주기관리의 지식영역을 재정립하고 4차 산업혁명을 대비한 제품수명주기 관리 지식영역의 변화를 살펴보았다. 본 연구는 기존의 정의된 제품수명주기관리의 지식영역에 대하여 4차 산업혁명을 대비한 제품수명주기관리의 변화를 조사한 것이다. 향후 연구에서는 4차 산업혁명 시대에 맞는 제품수명주기관리의 지식영역을 다시 정의하고 전문가의 인식을 조사할 필요가 있다. 4차 산업혁명의 사회문화, 기술적인 변화 요인을 고려하여 제품수명주기관리의 영역, 범위를 새롭게 정의할 수 있을 것이다.

표제어: 4차 산업혁명, 제품수명주기관리, 스마트 팩토리, 전문가그룹 분석, 정성적 자료 분석

접수일(2020년 05월 12일), 수정일(1차:2020년 11월 25일), 게재확정일 (2020년 12월 21일)

* 주저자, 동국대학교 일반대학원 경영정보학 박사, 호서대학교 벤처대학원 교수, vipwgo@naver.com
** 교신저자, 동국대학교 경영대학 경영정보학과 교수, ijkim@dongguk.edu

1. 연구의 배경과 목적

본 연구는 4차 산업혁명 시대에 스마트 제조 인력이 갖춰야 할 역량 중에서 제품수명주기관리의 지식영역을 분석하였다. 향후 4차 산업혁명 시대에 도래하여 변화될 제품수명주기관리에 대한 전문가 인식을 심층 조사함으로써 4차 산업혁명의 파고에 대비하고 향후 제품수명주기관리에 대한 시사점을 얻는 것이 본 연구의 목적이다.

3차 산업혁명 시대의 제조업의 패러다임은 소품종 대량생산, 효율성을 기반으로 한 제조업을 이끌어 가는데 초점이 맞춰져 있었다. 그러한 패러다임에 맞게 제조업 프로세스가 만들어졌지만, 4차 산업혁명 시대의 제조업은 과거 제조업의 장점이었던 효율성을 그대로 유지하면서 고객의 가치를 최우선으로 하여 효과성을 강화하는 스마트 제조 패러다임이 변화할 것으로 예상된다. 4차 산업혁명에 대비하고 변화하는 제조 패러다임에 맞춰서 스마트 제조 인력의 지식영역을 점검하고 관련된 기량을 향상시킬 필요가 있다.

본 연구에서는 스마트 제조 영역 중에서 기존의 생산, 제조에 집중된 하드웨어 영역보다 향후 그 중요도가 커질 것으로 예상되는 제품수명주기관리에 집중한다. 본 연구는 4차 산업혁명 시대에 스마트 제조 인력이 갖춰야 할 지식 중에서 제품수명주기관리의 지식영역을 재정립하고, 각 지식영역에 대한 전문가의 인식을 조사하였다. 문헌 연구를 기반으로 도출된 제품수명주기관리의 8개의 지식영역과 총 30개의 세부 지식영역에 대해서 4차 산업혁명의 영향력을 조사하고 시사점을 도출하였다. 전문가 인식 분석의 주된 관점은 3차 산업혁명을 기반으로 만들어진 제품수명주기관리의 각 지식영역이 4차 산업혁명으로 어떠한 영향을 받는지, 그리고 영향을 받는다면 4차 산업혁명에 어떻게 대비해야하는가이다.

2. 4차 산업혁명과 제품수명주기관리

2.1 4차 산업혁명

4차 산업혁명은 말 그대로 1차, 2차, 3차 산업혁명 이후에 일어난 기술적 혁신과 이로 인한 사회, 경제, 문화적 급격한 변화를 의미한다. Park & Kim (2014)는 산업혁명에 대해서 다음과 같이 설명하고 있다. 1차 산업혁명은 증기기관의 발명으로 인해서 발생한 기계적 혁명을 의미하고, 2차 산업혁명은 전기 등의 에너지를 활용한 대량생산체계를 구축한 에너지 혁명을 의미한다. 3차 산업혁명은 컴퓨터, 인터넷 등의 정보기술 발전으로 발생한 정보기술 혁명이다. 설명에서 알 수 있듯이 산업혁명은 기술 발전으로 인한 급격한 생산성 향상에 초점이 맞춰져 있다. 하지만 4차 산업혁명은 ICT 기술과 과학기술의 융합으로 인하여 발생한 제조업의 혁신을 의미한다. 4차 산업혁명이 이전의 산업혁명과 다른 의미를 갖는 것은 디지털 영역과 물리적 영역 간의 경계가 없어지면서 기술이 융합되어 지금까지 인류가 경험하지 못한 시대를 경험할 것으로 예측되기 때문이다.

4차 산업혁명의 특징은 이전 산업혁명과 속도, 범위, 영향력에서 차별화된 초연결성(Hyper-Connected), 초지능화(Hyper-Intelligent)이다. 모든 것이 상호 연결되고 보다 지능화된 4차 산업혁명이 우리가 예측하기 어려운 미래 사회를 이끌어냄을 의미한다. Kim (2016)는 4차 산업혁명을 속도, 범위, 시스템의 영향 측면에서의 변화를 설명했다. 속도 측면에서는 획기적인 기술 진보가 지금까지 진행된 속도보다 빠르게 이루어지고 있고, 범위 측면에서는 파괴적인 기술로 인하여 전 산업에서 변혁이 이루어지며, 시스템의 영향 측면에서 기술 혁신이 산업뿐만 아니라 사회 문화 등을 포함한 전 시스템에 큰 변화를 이끌어낸다고 봤다(Kim, 2016)

4차 산업혁명의 특징인 초연결성과 초지능화는 기술 요소로 인해서 촉발된다. 2016년 다보스 포럼

의 'Top 10 Emerging Technologies of 2016'에서 소개한 정보통신기술을 포함한 인공지능, 로봇, 사물인터넷(IoT), 무인자동차, 3D 프린팅, 나노, 바이오공학 등의 기술은 4차 산업혁명을 이끄는 기술 요소라고 할 수 있다.

4차 산업혁명의 중요한 비중을 차지하고 있는 독일의 인더스트리 4.0은 자국의 제조업이 가지고 있는 노동력의 부족, 치열한 경쟁 등으로 인한 문제를 해결하고자 하는 자구책이었다. 해결하고자 했던 문제를 살펴보면, 먼저 인력 측면에서는 기존 제조업에 종사하는 숙련공이 고령화됨에 따라서 인력 수요 대비 공급이 부족해지고 있고, 인력으로 의존하는 산업 구조를 로봇이나 자동화 장비로 대체하고자 하는 사회적 요구가 있었다. 치열한 경쟁으로 시장 과열과 비용 절감의 압박이 고객 맞춤형의 제품개발을 하면서도 대량 생산할 수 있는 체계가 필요하지만, 자원 효율적이고 환경을 고려한 깨끗한 도심형 소규모 공장이 출현하게 되었다. 전반적으로 독일의 인더스트리 4.0은 제조업의 체제를 바꾸는 국가 정책인 것이다(Lee & Kim, 2014). 점차 제품의 수명주기가 짧아지고 고객의 요구사항이 다양해짐에 따라서 제품의 변동성이 증가하기 때문에 기존의 대량생산 체제에서는 이를 대응할 수 없게 되었다. 가치사슬 측면에서는 시장 경쟁이 과열되고 비용절감의 압박이 커지고 그에 따른 기존의 정적인 가치사슬이 동적으로 변화하고 있다(Lee & Kim, 2014).

2.2 제품수명주기관리

제품수명주기관리의 올바른 이해를 위해서는 제품정보관리에 대한 이해가 선행되어야 한다. 제품정보관리가 개념적, 기능적으로 확장되어서 제품수명주기관리가 되었기 때문이다(Do, 2014; Ameri and Dutta, 2005). CIMdata(1997)은 제품정보관리(Product Data Management, PDM)를 설계자를 비롯한 관련 부서의 제품개발 프로세스와 제품자료의 효과적 관리를 지원하는 도구이라고 정의하였다. PDM 시스템은 제품 설계, 생산 혹은 건설, 그리고 유지 보수에 필요한 자료나 정보를 관리하는 것이다.

Do(2014)의 정의에 따르면 제품정보관리는 제품정보를 효과적으로 관리하는 부품 관리 및 분류, 설계 기술문서 관리, 제품 구성 및 구조 관리, 설계변경을 포함한 업무처리 프로세스 관리, 프로젝트 관리, 기업 기간 정보 시스템과의 인터페이스를 포함한 컴퓨터 기반 자료관리 활동을 의미한다. 제품정보관리가 제품수명주기관리의 핵심요소이기 때문에(Grieves, 2005), 제품수명주기관리의 지식영역을 정의하기 위해서는 제품정보관리가 가지고 있는 주요 기능을 파악하는 것이 필요하다. 제품정보관리가 가지고 있는 기능은 제품구성 관리, 문서 관리, 협업 관리, 프로젝트 관리, 사용자 기능, 유틸리티 기능으로 분류할 수 있다(Do, 2014; Stark, 2015; Stark, 2016). 제품정보관리의 사용자 기능은 자료 저장소 및 문서 관리, 워크플로우와 프로세스 관리, 제품구조 관리, 기준부품 분류, 프로그램 관리로 분류되며, 유틸리티 기능은 의사교환 및 통지, 자료전송 및 전환, 도면 서비스, 관리기능, 응용 프로그램 통합으로 분류된다(Do, 2014).

제품수명주기 관리는 제품수명의 모든 단계(제품의 설계, 생산, 출시, 유시보수, 폐기)에서 사람, 기술, 프로세스 및 활동으로 구성되는 통합적 정보 중심의 접근이다(Grieves, 2006; Grieves, 2005). 제품수명주기관리에 대한 개념을 살펴보기 전에 먼저 제품수명주기관리가 적용되는 범위부터 살펴보면 제품수명주기관리는 단순히 기업 내부의 조직들 간의 적용을 주요 범위에 두지 않는다(Stark, 2016). 기업 외부에 있는 이해관계자들, 즉 공급사와 고객사까지 포함하는 공급망 관리의 개념에 따라서 그 범위를 확장하여 생각해야 한다(Sudarsan et al, 2005).

문헌에 따른 제품수명주기관리의 정의는 다양하지만, CIMdata에서는 정의하고 있는 제품수명주기관리는 먼저 제품 정의 정보의 협업적 창조/관리/배포/활용/폐기를 지원하기 위한 일관된 비즈니스 솔루

션을 적용하기 위한 전략적 비즈니스 접근방법(Stark, 2016)이며, 고객, 설계 및 공급 파트너 등을 포함한 확장된 엔터프라이즈를 지원한다(Amann, 2002). 제품의 개념부터 제품의 폐기까지 확장하여 사람, 프로세스, 비즈니스 시스템, 그리고 정보를 통합한다(Amann, 2002). Amann(2002)는 제품수명주기관리의 핵심 개념을 (1) 제품정의 정보의 통일되고, 안전하고, 관리된 접근과 활용, (2) 제품 또는 공장의 수명주기 내내 제품정의와 관련된 정보의 무결성 유지, (3) 정보의 생성, 관리, 폐기, 공유에 활용되는 비즈니스 프로세스의 관리 및 유지라고 했다.

Jeon(2014)는 제품수명주기관리의 이점을 고객 요구 정보의 접근성, 혁신적인 아이디어 발굴, 개선된 판매 프로세스, 분산 개발환경의 활용, 향상된 사용자 지원, 제품 품질 개선, 제품의 폐기 및 부품의 효율적인 재사용, 서비스 및 유지보수를 위한 축적된 지식의 활용을 들었다. Ameri(2005)는 제품수명주기관리의 필요성을 내적인 면과 외적인 면으로 나누고 내적인 면은 혁신에 대한 필요성, 고객 친밀성 강화, 운영 효율성 추구로, 외적인 면은 글로벌화, 제품 복잡성 강화, 제품수명주기 단축, 공급의 다변화, 환경적 이슈를 제시하였다.

3. 전문가그룹 분석

3.1 자료 수집

본 연구는 제품수명주기관리의 경험이 있는 전문가를 대상으로 4차 산업혁명을 대비하여 제품수명주기관리의 지식영역에서 강조되거나 보완할 점을 질의하였다. 설문의 목적은 현재 4차 산업혁명 기반의 스마트 제조를 위한 제품수명주기 관리에 대한 전문가 인식을 알아보는 것이다. 본 연구의 설문은 일반인이 답변하기 어려운 수준의 전문성을 요구하기 때문에 연구의 목적에 맞는 전문가를 선정했다. 제품수명주기관리 분야에서 직무 경험이 있는 제품수명주기관리 전문가를 대상으로 하였고 전문가 설문조사 형식을 취했다.

5명의 전문가에게 사전 의견을 물어 주관식의 비정형 설문지(Unstructured Questionnaire)의 미비한 점을 보완하였다. 5명의 전문가(학계 3명, 산업계 2명)에게 사전에 설문지의 내용을 보여주고 제품수명주기관리의 지식영역에서의 설문내용의 타당성(Contents Validity), 설문의 난이도, 전문 용어 구사의 명확성, 설문 항목의 문제점 및 보완점, 그리고 설문의 오탈자 등을 검토하게 하였습니다. 5명의 전문가 중에서 3명의 전문가(학계 2명, 산업계 1명)가 검토 의견을 주었고 그 내용은 다음 Tab. 2-1과 같다.

전문가 그룹의 인식 조사방법은 설문지를 이용한 서베이(Survey) 방법을 따랐다. 설문대상을 선정한 후, 5명의 제품수명주기 관리 전문가를 무작위 샘플링하여 설문할 내용에 대한 파일롯 테스트를 진행했다. 설문 대상의 전문가 그룹은 제품수명주기관리와 관련된 전문가가 거의 포함되었으며 설문 항목을 보완하여 전문가들에게 배포했다.

총 80명에게 설문을 실시하였고 그 중에서 설문에 응한 전문가는 39명(응답률은 39/80=48.8%)이었다. 비정형화된 설문이고 응답의 어려움 때문에 응답률은 48.8%로 높지는 않았지만 제품수명주기관리의 전문가의 의미가 있는 의견을 도출할 수 있었다. Software

Tab. 2-1 Feedback of Pilot Test

직군(응답자 수)	피드백
교육기관(2)	지식영역 및 세부지식영역의 내용을 도표로 제시, PLM 용어의 영문표기 병기
컨설턴트(1)	8개의 지식영역에 관한 전반적인 설명을 추가
일반 제조사(1)	4차 산업혁명에 대비한 지식영역의 중복된 질의항목인'시급도'를 삭제

Policy & Research Institute(2017) 분류에 의한 직군은 모두 4개의 그룹으로, (1)교육기관: 제품설계 및 개발, 기술 경영을 연구하는 교육기관 종사자; (2)컨설턴트: 제품수명주기 관리 프로젝트를 수행한 경험자; (3) 솔루션 벤더: 제품수명주기 관리 시스템을 구축한 경험자; (4) 일반 제조사 응답자: 제품수명주기 관리 요소기술 전문가, 제품수명주기 관리 시스템을 운영하는 기업체 근무자이다. 경력으로 구분한 응답자 수는 5년 이하 13명, 6~9년 이하 7명, 10~14년 이하 8명, 15~19년 이하 6명, 20년 이상 5명 등으로 총 39명이다(Tab. 2-2 참고).

3.2 자료 분석

본 연구에서는 Zancul(2012)의 제품수명주기관리의 영역과 모듈을 기본으로 이 분야의 전문가 의견을 분석하였다. 제품수명주기관리의 상세 지식영역은 Cho & Ryu(2008), Oh & Kim(2018)가 제시한 제품수명주기관리의 기능을 참고했다.

제품수명주기관리의 8개의 지식영역에서 도출된 30개의 세부 역역은 다음과 같다. 프로젝트/프로그램 관리(Project/Program Management), 프로세스 관리(Process Management), 포트폴리오 관리(Portfolio Management), 제품설계 도구(Product Design Tools), 가시화(Visualization), CAD 상호운용성(CAD Interoperability), 요구사항관리(Requirement Management), 서비스 피드백(Service Feedback), 분석(Analytics), 제품 구성 및 사양관리(Product Configurator), 고객 제안 관리(RFx Management), 부품 공급사 관리(Components and Supplier Management), 제품구조 관리(Product Structure Management), CAD 통합(CAD Integration), 변경 관리(Engineering Change Management), 구성 관리(Configuration Management), 엔지니어링 문서 관리(Engineering Document Management), 제조 관련 통합모델 수립(Bill of Process), 제품 정보데이터 통합모델 수립(Bill of Information), 제품설계 지원(Product Design Support), 가상생산(Virtual Manufacturing), 제조 데이터 관리(Manufacturing Data Management), 엔지니어링 지식관리(Engineering Knowledge Management), R&D 보안(R&D Security), R&D 포탈(R&D Portal), 협업 채널(Collaboration Channel), 신제품 개발(New Product Development), 제품개발기법(Product Development Method), 시스템 엔지니어링(System Engineering), 데이터 기반의 신제품 개발(PLM Data Analytics) 등이다.

제품수명주기관리의 8개 지식영역의 총 30개의 세부 영역에 대해 전문가 의견을 비정형화 된 설문지를 이용하여 수집 및 분석하였다. 제품수명주기관리의 8개 지식영역 및 30개 세부 지식영역에 대해서는 설문에 충분히 설명하였고, 주관식 질의 관점은 4차 산업혁명을 대비하여 현재 제품수명주기관리(Product Lifecycle Management)가 강화되거나 보완되어야 할 점이다. 다음은 응답에 참여한 80명의 전문가 중에서 주관식 의견을 피력한 39명의 의견을 정리하면 다음과 같다.

Tab. 2-2 Demographic Data

직군	응답자 수(명)	경력	응답자 수(명)
교육기관	7	5년 이하	13
컨설턴트	13	6년~9년 이하	7
솔루션 벤더	8	10년~14년 이하	8
일반 제조사	11	15년~19년 이하	6
		20년 이상	5
총계	39	총계	39

3.2.1 지식 영역 전반에 관한 견해

(1) 제품수명주기관리에서 활용되는 데이터 확보 필요

참여 전문가는 데이터 확보의 중요성을 언급했다. 4차 산업혁명을 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI) 및 스마트 제조라고 본다고 하면 사물인터넷(IoT)을 이용하기 위한 체계적인 디지털 데이터 수집 및 관리가 중요하다고 답변했다. 이를 위해 기획/설계/생산/서비스의 디지털 데이터 수집체계를 확보해야 된다고 봤다. 인공지능을 위해서는 다양한 아이디어가 활용되어야 하는데, 예를 들어 품질 데이터를 활용한 딥 러닝 기반의 품질 문제 예측 및 개발 기간을 단축하기 위해서는 먼저 데이터를 확보하는 것이 필요하다고 답변했다.

참여 전문가는 또한 제품수명주기관리가 제품정보를 관리하는 것이 핵심이지만 현재는 데이터 활용이 제한적이라고 응답하였다. 센서 기술과 인공지능을 통해서 사람이 직접 데이터를 수집하지 않아도 제품 수명주기 상에서 자동으로 수집된 데이터를 활용하고 분석하여 현업 실무자와 경영진에게 빠른 의사결정을 할 수 있는 기반을 제공해야 한다고 답변했다.

(2) 제품수명주기관리에서 활용되는 데이터 정확도 제고 및 검증 필요

4차 산업혁명 시대에는 데이터를 단순하게 업무를 보조하고 참고하는 수준에서 데이터를 적극적으로 활용하여 제품의 기획부터 제품의 폐기까지 이루어진다. 기존에 버려졌던 데이터에서 유의미한 경영 정보를 찾아내는 데이터 마이닝 기술과 끊임없이 쏟아지는 빅데이터를 처리하는 기술까지 확보됨에 따라서 데이터 기반의 기업 경영이 이루어질 것이다(KPMG, 2016). 참여 전문가들은 이에 대한 전제 조건은 활용되는 데이터의 정확도와 검증 프로세스 확보라고 답변했다.

참여 전문가는 현재 문서 중심으로 관리되고 있는 데이터에 대한 문제점을 언급하였다. 문서 중심이 아닌 데이터의 관리와 문서와 데이터의 정합성 확보가 필요하며, 서로 다른 관점의 현업 데이터 관리 부합성을 위한 통합 연계 기술이 필요하다고 피력하였다.

참여 전문가는 직접적으로 데이터 정확도를 확보를 위한 구체적인 방안을 제시하기도 했다. 스마트 제조를 위해서는 기획/설계/생산준비/생산/서비스를 위한 마스터 데이터(Master Data, BOM/CAD 등)의 일관된 형상관리 체계 확보가 중요하고, 기획부터 BOM과 3D 데이터의 흐름을 파악해야 한다고 강조하였다.

(3) 제품 정보의 생산 현장과의 연계 필요

제품의 기획부터 개발, 개발 이후의 과정에서 생성, 변경되는 정보들이 생산 현장에 연계가 되어야 생산에서 효율적으로 제품을 생산할 수 있다(Biahmou et al., 2016). 먼저 데이터 정확도를 확보했다면 이를 제품수명주기 과정에 연계하도록 가상현실/증강현실 기술, 어낼리틱스, 로봇, 인공지능 기술 등이 활용되고 결과물은 스마트 팩토리의 기반이 될 것이다.

참여 전문가는 양산 가능성과 양산 시 발생하는 위험을 조기에 검증하는 것이 필요하다고 하였다. 기반 시스템 측면에서 먼저 제품수명주기관리 시스템을 통해서 전사 시스템 데이터와 연계하고 데이터 마이닝을 위한 기법 개발을 강조하였다. 또한 생산 과정의 데이터 연계와 함께 제품설계 변경 정보에 대한 체계적인 관리가 필요하다는 것도 강조했다.

(4) 고객사용 경험 개선을 위한 제품 정보 활용 필요

참여 전문가는 기업 내부 데이터의 연계도 중요하지만 고객사용 경험 개선을 위한 제품 정보 활용이라는 외부 데이터 연계도 강조하였다. 소셜 미디어 기반의 고객 소리(VoC: Voice of Customer) 분석 및 해석을 통해서 얻어지는 필요한 제품 정보를 확보하고, 제품 정보의 시각화와 데이터 분석 기술을 언급하였다. 고객이 제품을 사용함에 있어서 얻는 경험을 개

선하고 제품개발에 활용할 필요가 있다는 것이다.

(5) 스마트 제조의 엔드 투 엔드를 유기적으로 관리/실행할 수 있는 통합 시스템의 구축

스마트 제조의 엔드 투 엔드 통합을 지원하는 통합관리 시스템 구축의 필요성이다. 참여 전문가는 4차 산업혁명 시대의 제조업의 변화를 공장 자동화 중심이 아니라 비즈니스 최적화 측면(기획-개발-생산-판매의 전 과정의 최적화)으로 접근할 필요가 있다고 언급하였다.

(6) 4차 산업혁명 실현을 위한 기술 확보 필요

참여 전문가는 4차 산업혁명과 관련된 기술 확보를 직접 언급하였다. 가상화(Virtualization) 및 시뮬레이션(Simulation) 융합을 이용한 가상현실이 필요하다고 언급하였다. Virtual Engineering/Manufacturing 개념의 적용과 Product Lifecycle E2E(Enterprise to Enterprise)에서 발생하는 정형/비정형 Big Data 활용 강화의 노력이 필요하다고 하였다. 4차 산업혁명이 완전히 새로운 체계는 아니라 이종 영역/데이터/관리 체계 통합에 논리적/기술적인 제약을 새로운 IT 기술 적용으로 해결해 나갈 수 있을 것으로 판단된다.

3.2.2 지식 영역 별 견해

참여 전문가의 제품수명주기관리의 지식 영역 별 의견을 정리한 것이다. 프로젝트 포트폴리오 관리 지식영역은 다양한 고객의 요구사항이 반영될 수 있도록 부분적인 개선이 필요하다고 답변했으며, 협업 설계 지식영역은 집단 지성 활용에 대한 보완이 필요하다고 답변했다. 고객 요구사항 관리 지식영역에서는 다양한 고객 피드백이 반영될 수 있도록 프로세스 개선이 필요하다고 답변했다. 또한 다양한 정보를 이용한 제품정보관리가 필요하며, 디지털 개발 및 생산 지식영역에서는 고객 요구사항의 추적성 관리가 필요하다고 답변했다. 마지막으로 데이터 기반, 고객사용 경험기반, 소프트웨어 기반, 서비스 중심의 피드백을 반영할 수 있는 신제품 개발 프로세스가

Tab. 3-1 Expert Group's Opinions for PLM Knowledge Domains

구 분		주요 내용
지식영역 전반		·제품수명주기관리에 필요한 데이터의 확보, 정확도 제고 ·제품정보와 생산의 연계 ·고객 만족도를 위한 제품 정보 활용 ·스마트 제조의 앤드 투 엔드를 지원하는 통합 시스템 구축 ·4차 산업혁명을 구현하기 위한 기반 기술 확보
8개 지식영역	프로젝트 포트폴리오 관리	·다양한 고객의 요구사항을 효과적으로 반영
	협업 설계	·통합된 설계와 설계 관리 툴의 필요 ·협업 설계의 생태계 구축
	고객 요구사항 관리	·소비자의 피드백을 효과적으로 반영할 수 있는 프로세스 개선 ·미래의 잠재 고객의 중요성
	제품 정보 관리	·제품개발 정보의 통합관리 ·4차 산업혁명을 대비한 제품정보 통합 모델 및 프로세스 구축
	디지털 개발 및 생산	·가상생산의 품질 문제 해결 ·고객의 요구사항 변경의 추적성 확보
	연구개발 지원	·연구개발 자료에 대한 보안성 확보 ·협업에 의한 동시 개발의 중요성
	신제품 개발	·실시간 고객 요구사항을 반영할 수 있는 신제품개발 프로세스
	공급/구매 관리	·기업 내부와 외부 프로세스의 연계

필수적이라고 답변했고, 고객/구매 관리 영역에서는 기업의 내부 프로세스뿐 만아니라 외부 프로세스의 통합적 관리가 필요하다고 응답했다.

(1) 프로젝트 포트폴리오 관리

현재 수준으로 프로젝트 관리와 포트폴리오 관리 수준을 유지하되, 예전보다 다양한 고객의 요구사항이 효과적으로 반영될 수 있도록 부분적인 개선이 필요하다.

(2) 협업 설계

과거의 기구, 하드웨어, 소프트웨어 단일 영역에서의 설계 툴에서 현재의 기구, 하드웨어, 소프트웨어가 통합된 설계 툴, 설계 관리 툴이 필요하며, 과거 도면 작성 및 관리 중심에서 글로벌 표준 제정, 오픈소스를 활용한 제품 개발 요소가 반영되어야 한다. 그와 동시에 생태계 구축을 통해 집단 지성을 활용한 협업 설계 방향으로의 보완이 필요하다.

(3) 고객 요구사항 관리

고객 현장에서 발생하는 문제 해결이나 고객의 요구사항이 반영되는 리드타임이 줄어야 하며, 다양한 소비자의 피드백이 효과적으로 제품에 반영될 수 있도록 요구사항 관리와 프로세스 개선이 필요하다. 고객 분석은 현재 사용자뿐만 아니라, 간접 고객과 미래 잠재 고객의 요구사항이 분석될 수 있어야 한다.

(4) 제품 정보 관리

현재의 BOM 중심의 데이터 체계가 크게 바뀌지 않겠지만, 제품개발에서 발생되는 다양한 정보에 대한 통합 관리가 필요할 것이다. 4차 산업혁명의 대응을 위한 기본 조건이 제품정보 통합 모델과 관련 프로세스의 확보라고 생각한다.

(5) 디지털 개발 및 생산

VR(Virtual Reality)/AR(Augmented Reality)을 기반을 둔 가상 생산은 제품개발 시간 및 비용을 절감한다. 가상생산의 경우 품질문제나, 고객의 요구사항 변경 시 추적성의 확보가 필요하다.

(6) 연구개발 지원

보안의 경우 생체정보를 활용하여 간편하게 필요한 시스템에 접속되어야 하며, 제품 개발의 제약을 최소화해야 한다. 협업은 시스템 엔지니어링 관점에서 동시에 제품을 개발해야 한다. 동시 개발은 보안과 상쇄효과의 관계로 제품개발 정보를 다양한 사람들에게 오픈해야 하지만 클라우드 환경을 통하여 데이터 유출 위험을 최소화해야 한다.

(7) 신제품 개발

기본적으로 제품정보 관리체계 구축이 필요하다. 이를 기반으로 효과적인 협업이 가능하며, 고객요구사항을 실시간 반영한 디지털 개발과 품질관리를 할 수 있는 신제품 개발 체계가 필요하다. 데이터 기반, 고객사용 경험기반, 소프트웨어 기반, 서비스 중심의 피드백을 반영할 수 있는 신제품 개발 프로세스가 필수적이다.

(8) 공급/구매 관리

기업 내부의 프로세스와 외부 프로세스의 효과적인 연계와 검증이 필요하다. 현재에도 비교적 효율적인 시스템이 운영되고 있으나 프로세스의 통합적인 측면에서 보완이 필요하다. 응답에 참여한 전문가들의 의견을 제품수명주기관리의 지식영역 전반과 8개의 지식영역 별로 정리하면 다음 Tab. 3-1과 같다.

4. 연구의 시사점 및 한계

본 연구는 스마트 제조 인력에게 필요한 제품수명주기관리에 초점을 맞추고 4차 산업혁명에 대비하여 제품수명주기관리의 미비한 점이나 보완해야 할

점에 대하여 전문가의 의견을 수집하였다. 문헌연구를 기반으로 제품수명주기관리의 8개의 지식영역의 총 30개의 세부 지식영역 정리하였고, 총 30개의 세부 지식영역에 대해서 전문가의 인식을 분석하고 정리하였다.

전문가는 4차 산업혁명에 대비하여 디지털 개발 및 생산, 신제품 개발 영역의 변화를 예측했다. 이러한 사실은 4차 산업혁명의 기술요소들이 제품을 개발하고 생산하는 프로세스와 활동에 대해서 직접적인 변화를 일으킬 것으로 예상했기 때문이다. 그 외에 4차 산업혁명을 대비하여 필요한 요소들은 데이터를 확보하고, 정확도를 제고하고 검증하는 것과 수집된 데이터를 내부적으로 운영프로세스와 연계하고, 고객과 연계하여 엔드-투-엔드 통합을 구축하는 것이 필요하고 4차 산업혁명의 기술 요소들을 기업 내 활동과 연결하는 것도 필요하다고 응답했다.

전문가는 빅 데이터, 가상환경, 소셜 미디어, 모바일 등의 기술을 활용하여 기업 내부 효율성 강화하거나, 다양한 경로로 데이터를 수집하여 고객과의 제품개발 프로세스를 연계하는 프로세스를 강조했다. 최신 기술 요소로 인해서 업무가 변화하는 것을 주목하고 변화하는 프로세스, 활동, 조직에 대비해야 한다는 것을 의미한다. 전문가들은 미래에 보완해야 할 영역으로 데이터 확보/검증, 4차 산업혁명의 기술 요소를 기업 운영에 적용, 그리고 엔드-투-엔드 통합을 관리할 수 있는 통합 시스템 구축이 필요하다고 했다. 기업 운영과 고객 연계를 위해서 필요한 데이터를 확보하고 데이터의 정확도를 제고하고 검증할 수 있어야 한다.

본 연구는 4차 산업혁명 시대를 대비한 제품수명주기관리에 대한 시사점을 얻고자 시작되었다. 제품수명주기 관리에 대한 연구는 많았으나, 4차 산업혁명 시대를 대비하여 제품수명주기관리 지식영역을 어떻게 구성해야 하는 지에 대한 연구는 부족했다. 정부 주도의 스마트 공장 로드맵의 기술 중 하나로 제품수명주기관리가 제시되었으나, 기획부터 생산까지 일반적인 분류를 나열한 수준이다. 이러한 관점에서 본 연구의 시사점은 제품수명주기관리의 지식영역을 재정립하였고, 4차 산업혁명을 대비한 제품수명주기 관리 지식영역의 변화와 그 의미를 도출하였다는 점이다.

본 연구는 4차 산업혁명 시대를 대비한 제품수명주기관리에 대한 전문가의 인식을 파악하는 것이 주된 목적이었다. 4차 산업혁명을 대비한 스마트 제조의 한 영역으로 제품수명주기관리를 대상으로 했기 때문에 다른 영역에 대한 인식을 파악하지 못했다는 한계가 존재한다. 제품수명주기관리는 제품기획부터 개발, 생산까지 포함되어 있으나 제품 개발 측면에 집중되는 경향이 있었다. 향후 연구에서는 제품수명주기관리뿐만 아니라 스마트 제조의 전 영역을 대상으로 연구를 진행할 필요가 있다.

본 연구는 기존의 정의된 제품수명주기관리의 지식영역을 기초로 4차 산업혁명을 대비한 제품수명주기관리에 대한 전문가 인식을 조사한 것이다. 향후 연구에서는 4차 산업혁명 시대에 맞는 제품수명주기관리의 지식영역을 다시 정의하고 전문가의 인식을 조사할 필요가 있다. 향후에는 4차 산업혁명의 사회문화, 기술적인 변화요인을 고려하여 제품수명주기관리의 영역, 범위를 새롭게 정의하고 이를 기준으로 전문가의 견해를 평가할 수 있을 것이다.

Reference

[1] Amann, K. (2002). Product Lifecycle Management: Empowering the Future of Business, CIMData, Inc.

[2] Ameri, F. and Dutta, D. (2005). Product Lifecycle Management: Closing the Knowledge Loops, Computer-Aided Design and Applications, 2(5), 577-590.

[3] Biahmou A., Emmer, C., Pfouga A., Stjepandic J. (2016). Digital Master as an Enabler for Industry

4.0., ISPE TE.

[4] Cho, H. S. and Ryu, Y. H., PLM Knowledge, BB Media, 2008. (조형식, 류용효, PLM 지식, 비비미디어, 2008)

[5] CIMdata (1997). The Definition, CIMdata Report.

[6] Do, N. (2014). PLM Understanding and Application, Life and Power Press. (도남철 (2014). PLM 이해와 응용, 생능출판사)

[7] Grieves, M. (2005). Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking, McGraw Hill Professional.

[8] Grieves, M. (2006). Digital Manufacturing in PLM Environments, CIMdata.

[9] Jeon, H. B. (2014). Introduction to PLM, Korean Journal of Computational Design and Engineering, 20(1), 20-26. (전홍배(2014), PLM 개요, 한국 CAD/CAM 학회지 20(1), 20-26)

[10] Kim, J. H. (2016). In the Era of the 4th Industrial Revolution, Seeking a Strategic Response to Future Social Changes, KISTEP InI. 15(47). (김진하 (2016). 제4차 산업혁명 시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색. KISTEP InI. 15(47))

[11] KPMG (2016). The Factory of the Future, Technical Report.

[12] Lee, J. A. & Kim, Y. H. (2014). Industry 4.0 and Creative Economy Strategy for Manufacturing, National Information Society Agency, Technical Report. (이정아, 김영훈 (2014). 인더스트리 4.0과 제조업 창조경제 전략, 한국정보화진흥원 기술보고서)

[13] Oh, W. G. and Kim, I. (2018). The Effects of the 4th Industrial Revolution on the Capability of Smart Manufacturing, KIPS Transactions on Computer and Communication Systems. (오원근, 김인재 (2018). 4차 산업혁명이 스마트 제조 역량에 미치는 영향, 정보처리학회논문지 컴퓨터 및 통신 시스템, 7(5), 111-118)

[14] Park, H. G. and Kim, Y. H. (2014). Industry 4.0, Germany's Future Manufacturing Blueprint, POSCO Research Institute, POSRI Report. (박형근, 김영훈 (2014). 인더스트리 4.0, 독일의 미래 제조업 청사진, 포스코경영연구소, POSRI 보고서)

[15] Software Policy & Research Institute (2017). 2016 White Paper of Korea Software Industry. (소프트웨어정책연구소(2017). 2016 소프트웨어 산업 연간보고서)

[16] Stark, J. (2015). Product Lifecycle Management, Product Lifecycle Management(Volume 1), Springer, 1-29.

[17] Stark, J. (2016). Product Lifecycle Management, Product Lifecycle Management(Volume 2), Springer, 1-35.

[18] Sudarsan, R., Fenves, S. J, Sriram, R. D., Wang, F. (2005). A Product Information Modeling Framework for Product Lifecycle Management, Computer-aided Design, 37(13), 1399-1411.

[19] Zancul, E. (2012). PLM Reference Model: A Preliminary Proposal for Reference Model Evolution, 9th International Conference on Product Lifecycle Management, Springer.

Wongeun Oh (vipwgo@naver.com)

Wongeun Oh is a professor in Hoseo University, He got a PhD degree from Dongguk University with MIS major. From 2000 to 2011, he was the chairman of M-Page, Co, Ltd, and had much experiences in developing wireless internet solutions, multimedia contents, and mobile games. From 2013 to 2015, he helped the start-ups as a mentor in K-ICT Startup Center, and he won a Minister award from Ministry of Science, ICT and Future Planning in December 2014. His current research interests include Product Lifecycle Management, Smart Factory, and Internet of Things.

Injai Kim (ijkim@dongguk.edu)

Injai Kim is a professor in the Dongguk Business School in Seoul, Korea. He received his PhD from the University of Nebraska-Lincoln, an MS from Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) in Seoul, and a BA from Seoul National University. He has published several articles in Information & Management, Journal of MIS Research, and Journal of Information Systems Research. His current research focuses on the adoption process of information technologies in organizations, big data & social network analysis, IT mediated communication, U-wellness, and IT strategies.

Analyses of Expert Group on the 4th Industrial Revolution: The Perspective of Product Lifecycle Management

Wongeun Oh* · Injai Kim**

ABSTRACT

The smart factory is an important axis of the 4th industrial revolution. Smart factory is a system that induces the maximum efficiency and effectiveness of production using the IoT and intelligent sensing systems. The product lifecycle management technique is a method that can actively reflect the consumer's requirements in the smart factory and manage the entire process from the consumer to the post management. There have been many studies on product lifecycle management, but studies on how to organize product lifecycle management knowledge domains in preparation for the era of the 4th industrial revolution were insufficient.

This study analyzed the opinions of a group of experts preparing for the 4th industrial revolution in terms of product lifecycle management. The impact of the 4th industrial revolution on the detailed knowledge areas of product lifecycle management was investigated. The changes in product lifecycle management were summarized using a qualitative data analysis technique for a group of experts. Based on the opinions of experts, the product lifecycle management, which consists of a total of 30 detailed knowledge areas, was prepared to supplement or prepare for the 4th industrial revolution. This study investigates changes in product lifecycle management in preparation for the 4th industrial revolution in the knowledge domain of the existing defined product life cycle management. In future research, it is necessary to redefine the knowledge domain of product life cycle management suitable for the era of the 4th industrial revolution and investigate the perception of experts. Considering the social culture and technological change factors of the 4th industrial revolution, the scope and scope of product life cycle management can be newly defined.

Key words : 4th Industrial Revolution, Product Life Cycle Management, Smart Factory, Expert Group Analysis, Qualitative Data Analysis

* First Author, PhD from Dongguk University, Professor, Hoseo Graduate School of Venture
** Corresponding Author, Professor, College of Business Administration, Dongguk University