



스마트공장을 위한 현장 실태와 진화 모델



김용운
한국전자통신연구원
표준연구센터



임정일
한국전자통신연구원
표준연구센터



정지석
한국건설정보서비스협회



김용진
나우앤피처

I. 서론

최근 정부는 제조업 진흥을 위해 “제조업 혁신 3.0”이란 기치 아래 4대 추진방향, 13대 세부 추진과제를 시행 중에 있다. 이를 통해 2020년까지 스마트공장 1만개 확산을 통해 중소·중견기업 공장(20인 이상)의 약 1/3을 IT기반 생산관리 이상 수준으로 스마트화 시키고자 하며, 스마트공장 고도화와 융합 신제품에 필수적인 IoT 등 8대 스마트 제조 기술에 2017년까지 1조원 규모의 민관 R&D를 추진하고, 2015년에 300억원 규모의 제조-IoT 투자 펀드 조성 등을 통해 상용화를 촉진하고자 하고 있다.

이러한 노력의 일환으로 국내 제조 현장에 대한 실태조사 및 요구사항 분석을 위해 ICT 및 기계/소재 관련 중소·중견 제조업체를 각각 30개사를 선정하여 대면조사를 시행하였다. 파악된 현상 일부를 소개 하도록 하고, 이를 바탕으로 현재의 스마트공장의 다양한 업무들에 대한 단계적 진화 모델을 제시하고자 한다.



이수형
한국전자통신연구원
임베디드소프트웨어연구부



차석근
에이시에스 부사장

II. 제조 현장 실태조사 결과

총 50문항의 구조화된 설문지를 갖고 2015년 7월에 총 60개사의 60명 관계자를 대상으로 1:1 대면 조사를 시행하였다. 업종, 매출 규

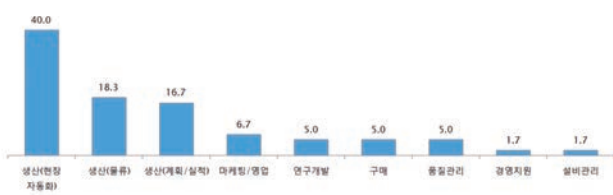


(그림 1) 스마트공장 이용 실태

모, 회사의 외부 경영환경, 매출 규모 변화 등과 같은 일반 현황; 생산정보화, 스마트공장 도입 장애요인, 개선 필요 공정 등과 같은 생산 현장 분석; 우선적인 스마트공장 추진 대상 업무, 환경규제 사항, 위험 업무, 기술별 중요도 등과 같은 기업 요구사항; 기술별 개선 필요 정도, 스마트공장의 가치사슬 부문별 파급력, 전문인력 양성을 위한 정책 등과 같은 스마트 공장 구현 후 기대 및 파급효과로 설문 문항이 구성되었다.

총 60개사 가운데 6개사가 스마트공장의 일부 기능이 구축되어 있는 것으로 나타났고, 90%에 이르는 대부분은 아직 도입하지 않은 상태로 있다. 도입되어 있는 회사들은 자동차부품, 반도체 칩, 3D 스캐너 제조업체 등 선진 생산 및 제조 기술이 필요한 첨단 업종에 해당하고 있다.

스마트공장 도입 필요성에 대한 질문에 대해서는 44.4%가 필요성에 동의를 하였고, 38.9%는 보통으로 응답하였고, 16.7%는 도입 필요성이 없다고 응답하였다. 도입 필요성이 없다고 응답한 16.7% 기업의 직원 수는 141.3명 수준으로 전체 평균 229.7에 비해 낮는데, 소규모 업체에서 스마트공장에 대한 필요성을 낮게 느끼는 것으로 판단된다. 스마트공장 도입에 대한 장애 요인으로 높은 시스템 구축 비용이 53.7%로 가장 높게 응답하였고, 스마트공장 인지도 및 홍보 부족이 46.3%, 스마트공장 관련 기술의 현장 도입 어려움이 42.6%로 다음으로 이었다.



(그림 2) 우선적으로 스마트공장이 도입되어야 할 업무



(그림 3) 스마트공장 활성화를 위한 기술별 중요도



(그림 4) 가치사슬 부문별로 스마트공장이 일으키는 파급력 수준

가장 최우선적으로 스마트공장이 도입되어야 할 부문은 '생산(현장 자동화)'로서 40%를 차지하였고, 이어서 물류 부문이 18.3%, 생산 계획 및 실적 관리 부문이 16.7% 순으로 나타났다.

스마트공장 활성화를 위해서는 공장 최적화를 위한 빅데이터 처리 기술과 네트워크 보안 시스템 기술에 대한 중요도 응답이 높았다. 이어서 여러 가지 생산 관련 업무 프로세스들을 통합 및 연계 운영할 수 있는 기술이 응답을 받았다. 클라우드 기술은 아직 생산 현장에서의 중요도가 높지 않은 것으로 나타났다.

스마트공장이 일으키는 파급효과는 생산관리, 재고관리, 구매관리, 물류/납기관리에서 크게 나타나는 것으로 응답하고 있으며 사람들이 일반적으로 생각하는 것과 부합하고 있다.

Ⅲ. 스마트공장 수준 총괄도

일반 소비자용 및 산업용 제품을 생산하는 공장은 경영, 영업/수주, 제품 기획, 설계, 개발, 원부자재 구매, 제조, 품질검사, 재고관리, 출하 등 다양한 사업 활동을 통해 운영된다. 하나의 제품을 제조하는 데에는 제품 원료가 되는 원부자재가 필요하고, 원부자재 제조 과정을 거슬러 올라가면 근본 물질을 만드는 과정부터 시작되는 후방산업군이 한 가지 제품 생산을 위해 뒷받침하게 된다.

또한, 생산된 제품이 유통망을 경유하여 최종 소비를



하는 고객에게 전달되고, 고장에 대한 수리 서비스, 사용 종료된 제품에 대한 폐기 또는 제품 속의 재생 가능한 자원에 대한 재활용 등 고객에 근접해 있는 주체들로 형성되는 전방산업군이 존재한다.

하나의 제품에 연결되는 후방산업 주체들과 전방산업 주체들이 같은 가치 사슬을 공유하게 되고 전체적인 산업 고도화와 지능화는 가치 사슬에 속한 각 주체들이 모두 지능화의 수준을 높여야 병목 현상이 일어나지 않게 된다. 가치사슬 전체의 지능화는 당사자들 간에 정보 생산, 정보 조직화, 정보 교환, 정보 가공 등의 수준에 의해 좌우된다.

정부가 바라보는 스마트공장은 공장 내의 지능화뿐만 아니라 가치사슬 전체에 대한 지능화를 목표로 하고 있다. 그러나, 한정된 자원에 대한 선택과 집중 측면에서 가치사슬 전체의 수평통합을 통한 지능화 목표보다는 공장 내 생산 운영에 대한 수직통합적 지능화 목표가 더 우선적으로 고려될 수밖에 없는 현실이 존재하고 있다. 따라서 중소·중견 제조 기업들에 대한 스마트공장 추진은 공장 내 제반 업무들에 대한 생산 정보화 및 사물인터넷, 증강현실, 빅데이터, CPS (Cyber Physical Systems) 등과 같은 ICT 기술을 접목하는 지능화로 이루어진다.

제품이 실제 생산되는 제조 공정에는 수많은 공작기계, 제조라인, 작업자 등이 움직이고 있고 구성 요소들 간에 ICT 기술로 연결되어 정보를 교환하여 생산 활동을 지원하고 있다. 제조 공정의 다양한 구성 요소에서부터 생산 관리, 품질 관리 등 제품 생산과 기획, 영업, 인력 등 경영에 이르기까지 정보 교환의 주체들 간에는 표준화 된 형태로 정보가 교환되고, ERP, MES, PLM 등 여러 가지 생산 지원 시스템들이 ICT 기술의 활용을 통해 정보를 연계, 통합, 가공을 거쳐 지능화를 달성하게 된다.

제조업에 속한 생산 기업들의 정보화 및 지능화의 수준은 천차만별이다. 여전히 수작업이 정보처리의 핵심 수단인 기업도 있고, 정보의 입력은 수작업일지라도 저장, 연계 및 통합은 정보화되어 있는 기업도 있고, 정보 생산, 교환, 가공, 활용 등 제반 사항 모두가 정보화되어 있는 기업도 있다. 이에 따라 정부 정책 추진 과정에 <표 1>과 같은 스마트공장 수준 모델을 개발하여 활용하고 있다.

<표 1> 스마트공장 수준 총괄도 모델

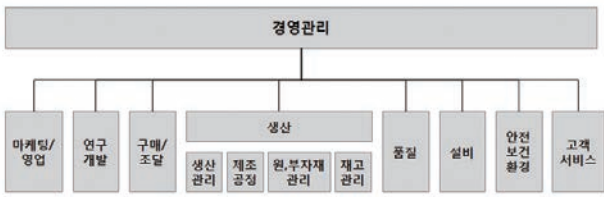
구분	현장 자동화	공장 운영	기업자원 관리	제품 개발	공급사슬 관리
고도화	IoT/loS 기반의 CPS화				
	IoT/loS화	IoT/loS(모듈)화 빅데이터 기반의 진단 및 운영		빅데이터/설계·개발 가상 시뮬레이션/3D프린팅	인터넷 공간 상의 비즈니스 CPS 네트워크 협업
중간수준 2	설비제어 자동화	실시간 공정제어	공장운영 통합	기준정보/기술정보 생성 및 연결 자동화	다품종 개발 협업
중간수준 1	설비데이터 자동 집계	실시간 의사결정	기능 간 통합	기준정보/기술정보 개발 운영	다품종 생산 협업
기초수준	실적집계 자동화	공정물류 관리 (POP)	관리기능 중심 기능 개별 운용	CAD 사용 프로젝트 관리	단일 모기업 의존
ICT 미적용	수작업	수작업	수작업	수작업	전화와 이메일 협업

<표 1>과 같은 수준 모델은 정부 정책 추진을 위한 제조업의 총괄적 모습을 단순화 시킨 모델로서 정책적 지향 방향을 제시하는 데는 효과적이지만 천차만별인 제조 공장의 지능화 대상 각각에 대해 다음 단계로의 진화를 위한 목표와 수단을 제시하는 목적으로는 부족한 단순 모델이란 한계가 있다. 단순 모델이란 한계 때문에 수준 총괄도에서 표시하는 수준별 범위가 너무 넓고 세부 기준의 분야별 경계를 일반 기업 담당자들이 이해하기 어려운 문제가 생긴다.

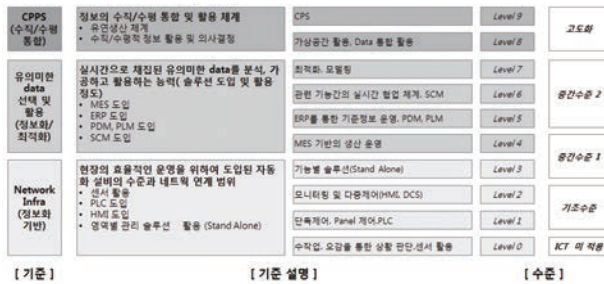
그러므로 제조 현장의 실정에 맞게 수준에 대한 단계를 좀 더 세분화 하고, 분야별 경계에 대해 현장 실무 중심적 기술 용어로 제시하는 진화 모델로 제시함으로써 수준 총괄도를 바탕으로 보다 현실적 진화 로드맵을 수립할 수 있도록 하고자 한다.

IV. 스마트 공장 진화 모델 총괄도

기업은 제품 생산의 업무를 수행하는 과정은 제품과 업무 특성, 기업 문화, 인력 구조, 가치사슬에서의 위치, 자금력, 생산성, 기술력, 경영진의 기업 철학 등 다양한 요소에 의해 달라질 수 있다. 같은 제품을 생산하는 기업 간



〈그림 5〉 기업의 제품 생산에 대한 업무 기능 구성도



〈그림 6〉 스마트 공장 제조 공정 대상 10단계 세부 진화 모델 기준

에도 이러한 요소들에 의해 제품 생산의 업무 과정이 부분적으로 달라질 수 있다. 하지만 대부분의 기업들에는 제품 생산에 따르는 본질적 기능들은 존재하기 마련이다. 제품 생산에 대한 본질적 업무 기능들을 〈그림 5〉에 그려 놓았다.

각각의 업무 기능들을 지능화 시키는 진화 단계는 업무 속성에 따라 달라질 수밖에 없다. 예를 들어, 마케팅/영업의 진화 단계와 제조 공정의 진화 단계는 다를 수밖에 없는 것이고, 필요로 하는 ICT 기술도 다를 수밖에 없다. 이에 따라, 여러 업무 기능들 가운데 ICT 기술의 활용을 통한 지능화 측면에서 분류 기준이 명확하고 가장 세분화할 수 있는 제조 공정 영역을 기준으로 〈그림 6〉과 같이 총 10단계의 수준 세분화 모델을 구성하였다.

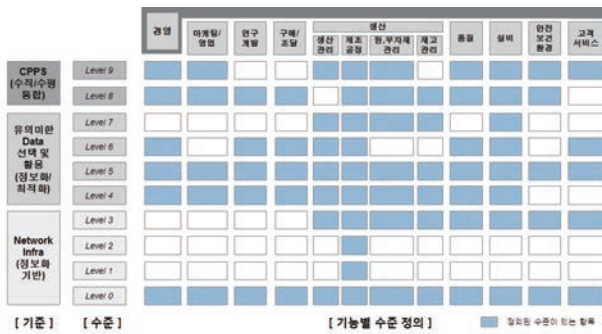
〈그림 6〉에 있는 세부 진화 모델의 기준들은 다음과 같다.

- Level 0 : 각 기능들이 수작업으로 기록, 관리하거나 작업자의 경험에 의존하여 공정을 운영하거나 측정 수준의 센서를 활용하는 수준
- Level 1 : 제조 현장의 설비들을 단독으로 제어하거나 판넬을 활용하여 몇 개의 설비들을 수동으로 제어하는 수준
- Level 2 : 각 설비들의 현황을 실시간으로 모니터링 하고, 몇 개의 설비들이 서로 연계되어 한 곳에서 제

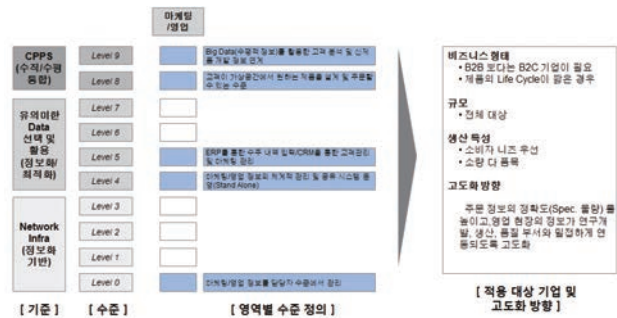
어할 수 있는 수준

- Level 3 : 각 기능별로 독립적으로 운영되는 시스템을 갖추고 있으나 각 기능들이 통합적으로는 운영되지 않는 수준(ex. 영업정보 시스템이 구축되어 있어 영업 정보, 수주 정보, 영업 이익률 등은 관리 되고 있으나, 이러한 정보들이 생산, 구매 등의 시스템과 연계되지 않고 단독으로 운영되는 수준)
- Level 4 : 센서, PLC, HMI 등이 생산 실행 시스템 (MES)와 연계되어 생산 계획, 실적 집계뿐만 아니라 각 설비 관리, 품질 관리 등이 연계되어 운영되는 수준
- Level 5 : 구축되어 있는 MES와 ERP와의 인터페이스를 통하여 ERP에서 생성된 생산 계획이 MES로 자동으로 연계되고, MES 실적이 ERP로 연계되어 실적이 자동으로 집계되어, 이를 근간으로 재무적 측면의 집계 시간을 단축시키는 수준. 연구개발 기능의 경우 PDM(Product Data Management)을 제품 개발에 활용하는 수준
- Level 6 : 각 기능 간 유기적인 정보 공유가 솔루션을 통하여 자동으로 연계되는 수준. 대기업 및 부품 제조 업체 간의 생산 및 재고 정보 공유가 가능한 수준
- Level 7 : 각 기능별 솔루션에서 실시간으로 전송되는 정보들을 활용하여 최적화된 의사결정이 가능한 수준
- Level 8 : 가상화 솔루션을 활용하여 가상공간의 제품개발, 작업자 안전을 위한 가상 작업 솔루션을 활용하는 수준
- Level 9 : 수직/수평적 정보 통합 개념의 Big Data의 분석을 통한 전략 수립 및 실행 수준

〈그림 6〉의 진화 모델 기준을 바탕으로 스마트 공장의 제품 생산에 대해 상호 업무 연계와 정보 연동이 이루어지는 업무 기능들에 대해 진화 및 수준 모델을 〈그림 7〉에 제시하였다. 업무 기능별 진화 모델과 수준 설명은 다음 3장에서 다루도록 한다.



〈그림 7〉 스마트 공장 생산 업무 기능별 수준 정의



〈그림 9〉 마케팅/영업 업무 기능에 대한 진화 모델 및 수준 정의

V. 스마트 공장 생산 업무 기능별 진화 모델

5.1. 경영

경영의 경우에 종합적인 회사의 운영 현황에 대해 실시간 접근 여부와 의사 결정을 위하여 정제된 정보의 제공 수준으로 분류하였다. 경영 영역의 고도화는 B2B보다는 B2C 기업이 필요할 것으로 예상되며, 특히 협력 업체와의 정보 공유 및 협업이 필요한 기업이 주요 대상으로 고려할 수 있다. 소량 다품종 제품을 생산하는 기업의 경우에 더욱 효과적으로 활용할 수 있는 진화 모델이다. 스마트 공장으로서의 고도화를 위해 기술 솔루션 도입이 불가능한 소규모 기업의 경우에는 현장 자동화를 통한 생산 정보화에 주력하고, 별도의 소규모 의사 결정 지원 시스템을 구축하는 것이 적절한 방향이라 할 수 있다.

5.2. 마케팅/영업

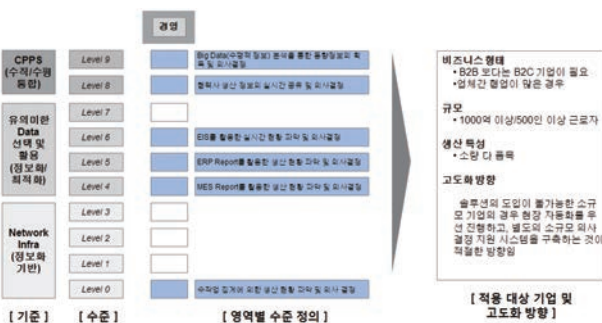
마케팅/영업 기능의 경우에 시장 분석, 소비자 및 제품 동향 등의 정보를 획득하여 연관 기능(연구개발, 생산, 품

질 등)과의 관련 정보를 공유하는 수준으로 분류하였다.

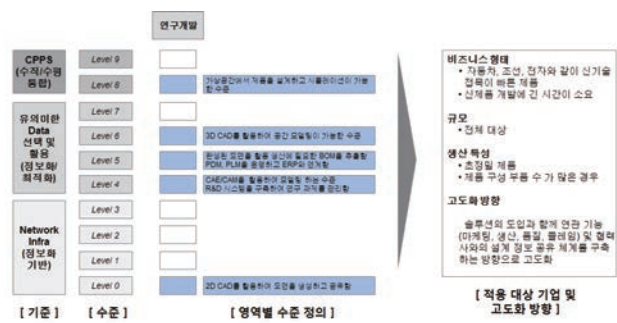
마케팅/영업 기능의 고도화가 필요한 기업은 최종 소비자 제품 제조하는 기업으로 파악되었으며, 규모에 관계없이 관련 기업의 경우 고도화를 통하여 최종 소비자들의 Needs가 제품 개발에 반영될 수 있는 체계로의 고도화가 필요하다.

5.3. 연구개발

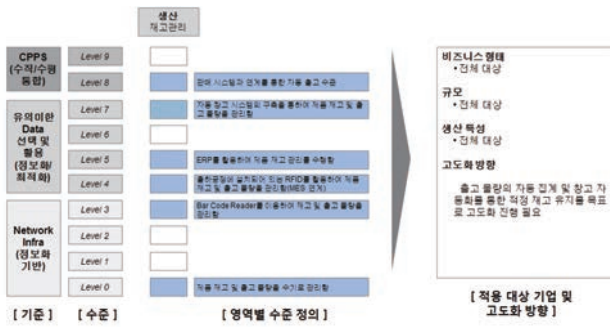
연구개발의 경우에 도면 작성을 위하여 사용되는 솔루션의 기능 수준과 연관 기능(마케팅, 생산, 품질, 클레임 등)과의 협업 정도로 분류하였다. 특히, 연구개발의 경우에 신기술의 접목이 빠른 산업군과 제품 개발에 긴 시간이 요구되는 기업들이 고도화에 적합하고, 규모와는 관계없이 초정밀 제품을 생산하거나 제품을 구성하는 부품 수가 많은 기업의 경우에도 고도화가 필요하다. 또한, 연관 기능과의 협업이 많이 요구되는 기업도 고도화 대상으로 파악할 수 있다.



〈그림 8〉 경영 업무 기능에 대한 진화 모델 및 수준 정의



〈그림 10〉 연구개발 업무 기능에 대한 진화 모델 및 수준 정의

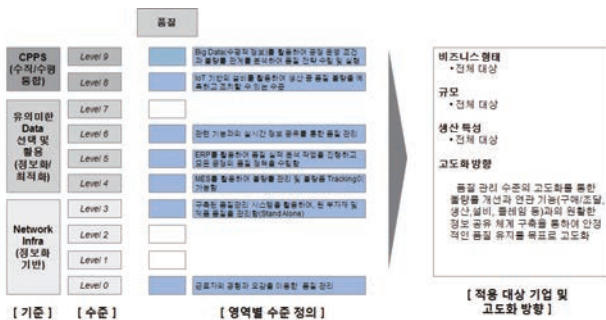


〈그림 15〉 재고관리 업무 기능에 대한 진화 모델 및 수준 정의

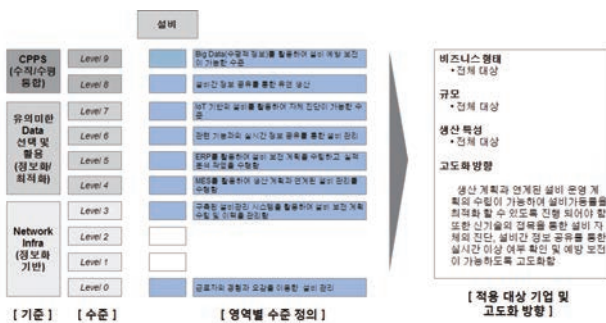
우에도 비즈니스 형태/규모/생산 특성과 관계없이 고도화하여야 하는 영역으로 파악되었으며, 영업 쪽의 수주 및 납품 계획에 따른 제품 재고관리가 필요하다.

5.9. 품질관리

품질의 경우에 불량률, 품질 관리 수준과 연관 기능(구매/조달, 생산, 설비, 클레임 등)과의 정보 공유 수준으로 분류하였다. 이 영역의 경우에도 비즈니스 형태/규모/생산 특성과 관계없이 고도화하여야 하는 대상이다. 품질 불량에 따른 클레임 등의 정보가 접수 되었을 때 이를 연



〈그림 16〉 품질관리 업무 기능에 대한 진화 모델 및 수준 정의



〈그림 17〉 설비관리 업무 기능에 대한 진화 모델 및 수준 정의

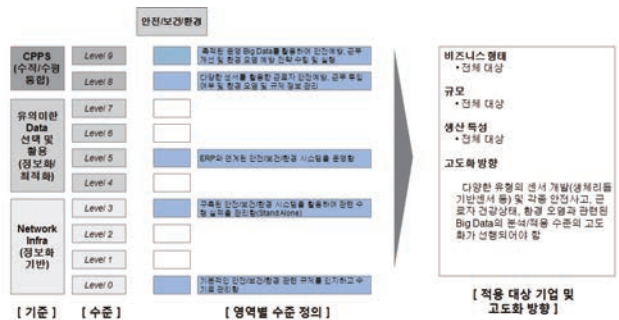
관 기능과의 정보 공유를 통하여 불량률을 개선하거나 해당 불량품을 추적하여 선제적으로 소비자에게 공지하는 방향으로 고도화하는 것이 필요하다.

5.10. 설비관리

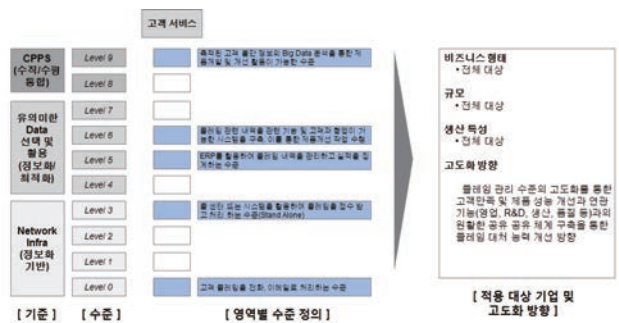
설비의 경우에 설비 보전 방식과 생산 계획과의 최적화 여부를 수준으로 분류하였다. 이 영역의 경우에도 비즈니스 형태/규모/생산 특성과 관계없이 고도화하여야 하는 대상이다. 특히, 신규 IoT 기술의 접목을 통하여 가장 고도화가 빠르게 진행될 수 있는 영역으로서 설비 자체의 진단 및 설비 간 통신을 통한 정보 공유, 그리고 의사 결정 수준까지 고도화될 가능성이 높은 영역이다.

5.11. 안전/보건/환경관리

안전/보건/환경의 경우에 생산 현장에서 각 영역별로 관리되고 있는 수준과 미래에 개발될 다양한 유형의 센서 활용 정도를 수준으로 분류하였다. 이 영역의 경우에도 비즈니스 형태/규모/생산 특성과 관계없이 고도화하여야 하는 대상이다. 다양한 유형의 센서 개발 및 가상화 기반의



〈그림 18〉 안전/보건/환경 관리 업무 기능에 대한 진화 모델 및 수준 정의



〈그림 19〉 고객 서비스 업무 기능에 대한 진화 모델 및 수준 정의

작업 환경 도입에 따라 열악한 작업 환경으로부터 작업자의 안전을 확보하는 방향으로 고도화가 진행될 수 있다.

5.12. 고객 서비스

고객 서비스의 경우에 고객 불만의 접수 및 처리 수준과 연관 기능(영업, R&D, 생산, 품질 등)과의 정보 공유 수준으로 분류하였다.

터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.R0101-15-0307, 사이버-물리 생산 시스템 (CPPS: Cyber-Physical Production Systems) 구현을 위한 생산설비 연동 미들웨어 개발)과 2015년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임(No.10052927, 제조 혁신을 지원하는 센서연동 모바일 앱 개발 플랫폼)

VI. 결론

중소·중견 제조업체들은 스마트공장의 필요성에 대해 절반 정도가 공감을 표시하였으며, 나머지는 스마트공장에 대한 이해 부족이 이유일 수가 있어서 향후 필요성 요구가 높아질 수 있다. 스마트공장은 제조 현장의 공정 지능화에 가장 우선 순위의 적용 필요성을 응답하였다.

스마트공장 진화 모델은 스마트 공장의 핵심 영역인 현장 자동화와 공장 운영뿐만 아니라 모든 기업들이 공통적으로 가지고 있는 각 기능들의 역할 및 단계를 정의함으로써 기업 운영 관점에서의 전개 모델 수립에 그 의미가 있다. 또한, 본 모델의 검증에 위한 전개 시나리오와 연계를 통하여 모델의 고도화를 위한 기반 수립에 기여할 수 있을 것이다.

현재 도출된 스마트 공장 전개 모델은 ICT 관련 중견/중소 제조업 30개 기업과 기계/소재 관련 중견/중소 제조업 30개 기업을 대상으로 대면 면접으로 실태 조사를 거쳐 파악된 현황을 바탕으로 개발된 것으로서 이의 검증 및 고도화 작업이 추가적으로 진행되어야 한다. 이러한 검증 및 고도화 작업은 현재 진행 중에 있으며 2016년 하반기에 완성된 결과로 공개될 예정이다.

참고 문헌

- [1] ETRI, “스마트 팩토리 추진을 위한 제조현장 실태 조사 결과 보고서”, 2015. 9
- [2] ETRI, “스마트팩토리 전개모델”, 2015. 9

Acknowledgement(사사) : 이 연구 결과는 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센



김용운

- 1990년 2월 동아대학교 공학사
- 1995년 2월 포항공과대학교 공학석사
- 1995년 2월~2001년 4월 한국전자통신연구원 표준연구센터 선임연구원
- 2001년 5월~2002년 1월 ZTE퓨처텔(주)
- 2002년 2월~2004년 4월 (주)이니텍 CTO/보안기술연구소장
- 2004년 5월~현재 한국전자통신연구원 표준연구센터 실장/책임연구원

<관심분야>
사물인터넷, 그린 ICT, 스마트 팩토리



임정일

- 1998년 배재대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2007년 충남대학교 컴퓨터공학과 석사수료
- 1997년~1998년 신라정보통신(주)
- 1998년~1999년 (주)넥스맨시스템
- 1999년~현재 한국전자통신연구원 미래인프라표준연구팀 선임

<관심분야>
스마트 팩토리, 그린 ICT, 객체식별자



정지석

- 1996년 서강대학교 화학공학 학사, 석사, 박사
- 1999년 (주) 콘웰 공정설계 담당
- 2004년 액센츄어 컨설턴트
- 2008년 SK C&C 제조산업 컨설턴트
- 2014년 (주) 마르스 컨설팅 대표
- 현재 (사) 한국컨설팅 서비스 협회 컨설턴트

〈관심분야〉
스마트공장, 컨설팅 방법론, IT 솔루션



이수형

- 1993년 한양대학교 전자공학 석사
- 2013년 충남대학교 컴퓨터공학 박사
- 1993년~1999년 (주) 데이콤 선임연구원
- 1999년~2000년 (주) 아이필넷 연구개발 이사
- 2000년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원

〈관심분야〉
CPS, 미들웨어, 스마트팩토리, DDS



김용진

- 2002년 세종대학교 경영학과 학사
- 2005년 위기관리연구소 연구원
- 2007년 (주) 얼리어답터 과장
- 2012년~현재 나우앤피처 연구2팀장

〈관심분야〉
스마트 팩토리, ICT시장조사, 정보통신정책연구



차석근

- 1983년 메릴랜드 대학교 제어계측 석사
- 1980년 메릴랜드 대학교 전기공학 학사
- 1988년~현재 (주)에이시에스 부사장
- 1986년~1988년 (주)어플라이드 엔지니어링 사업부장
- 1984년~1985년 Sigma Central Lab. 연구원

〈관심분야〉
스마트 팩토리, MES, 생산정보화