

해군 스마트 정비공장 구축 관련 적용 기술에 관한 연구

이승욱*, 이기원

LIG넥스원

A Study on Technology for A Building Naval Smart Maintenance Factory

Seung-Wook Lee*, Ki-Won Lee

Abstract : 4차 산업혁명의 선제적 대응으로, 해군 정비 분야에서도 디지털 스마트 기술을 적용한 새로운 정비 형태 및 방법으로 변화가 필요하며 그 중심에 있는 것이 바로 스마트팩토리이다. 스마트팩토리는 기존의 제조업 기술과 정보통신기술(ICT)이 융합하여 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, AI, 등의 기술을 통해서 공장 내의 장비, 장치 부품들이 서로 연결되고 상호 소통되는 체계이다.

본 연구에서는 스마트팩토리의 기반 기술이 되는 정보통신기술과 융합이 가능한 생산 제조기술들의 연구 동향을 조사해 봄으로써, 미래 해군 스마트 정비공장 구축을 위한 연구 개발 방향 및 전략 로드맵에 대하여 제안한다.

Key Words : Smart Factory, Industry 4.0, Factory Automation, Cyber-Physical Systems

1. 개 요

전 세계적으로 4차 산업혁명의 변화가 거세지고, 그 중심에 있는 것이 바로 스마트팩토리이다. 특히 4차 산업혁명은 생산·제조분야에서도 인더스트리 4.0의 모습으로 구체화 되어 나타나고 있다. 인더스트리 4.0은 기존의 공장과 정보통신기술(ICT)와의 융합을 통해 궁극적으로 스마트팩토리 구축을 지향(Fig.1)한다.

글로벌 제조 강국은 제조업 위상 강화, 고급인재 유치, 양질의 일자리 창출 등을 지향하며, 제품설계, 생산 공정, 조달물류, 서비스까지 통합을 목표로 하는 미래형공장 모델개발에 집중하고 있다. 우리나라 정부에서도 「제조업 3.0」 혁신정책에 따라 2020년까지 1만개의 스마트팩토리 구축을 목표로 하고 있다.

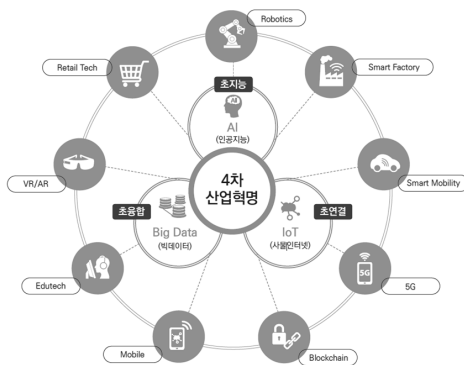


Fig. 1. The 4th Industrial revolution

4차 산업혁명의 선제적 대응으로, 해군 정비공장에도 스마트 기술을 적용한 변화가 필요하다. 따라서 미래 해군의 스마트 정비공장 구축을 위한 ‘무엇’을 ‘어떻게’ 해야 하는지에 대한 현실적인 개발 로드맵 전략이 필요하다. 본 연구의 목적은 현재 인더스트리 4.0을 연계한 스마트팩토리 관련 ICT기술 및 사례를 통해 미래 해군 스마트 정비공장 구축 로드맵 전략에 대해서 제안하고자 한다.

2. 4차 산업혁명의 중심, 스마트팩토리

2.1. 개념

스마트팩토리(Smart Factory)는 제품의 기획 · 설계, 생산, 유통 · 판매 등 전 과정이 하나의 공장처럼 실시간으로 연동 통합되어, 생산성 향상, 에너지 절감 및 인간중심의 작업환경이 구현되고, 개인 맞춤형 제도가 가능한 미래형 공장 모델로 논의되고 있다. 현재 스마트팩토리의 기술트렌드는 궁극적으로 센서, 액추에이터, 모바일 디바이스 등 물리적 세계의 사물이 사이버 물리시스템(CPS)이라는 매개체를 통해 인터넷상의 생산 및 재고관리, 고객관리 등의 서비스와 연결하는 스마트화로 진화 발전한 형태라고 말할 수 있다.

스마트팩토리는 해외 국가별, 기관, 기업 별로 개념과 기술이 정립되지 않아 정의를 달리하지만, 스마트팩토리의 추진 전략의 공통점을 종합하면, 아래 (Table 1.) 과 같이 광의 · 협의로 구분 하여 설명할 수 있다.

Table 1. Definition of Smart Factory

구분	설 명
광의적 정의	제품의 기획 · 설계, 생산, 유통 · 판매 등 전 과정을 IT 기술로 통합, 최소비용 · 시간으로 고객맞춤형 제품을 생산하는 공장으로써 궁극적으로는 IoT, CPS를 기반으로 제조 단계가 자동화 · 정보화(디지털화)되고 가치사슬 전체가 하나의 공장처럼 실시간 연동되는 생산체계
협의적 정의	생산정보(4M1E)를 활용한 지능화된 공장운영시스템

※ 4M1E : MAN, Machine, Material, Method, Energy

2.2. 구성 요소

스마트팩토리는 생산성 향상, 맞춤형 생산 및 품질예측, 에너지 저감을 위한 장비/디바이스, 첨단기술-시스템융합, 수직-수평 통합 표준을 통한 제조 생태계의 성공적인 구축이다. 세부 요소기술 영역은 (Fig.2)과 같이 애플리케이션, 플랫폼, 장비·디바이스로 구분되고, 이들



Fig. 2. Components of Smart Factory

간의 통합 표준화가 추진 중에 있다.

1) 애플리케이션

- 스마트제조 IT 솔루션의 최상위 소프트웨어 시스템으로 MES, ERP, PLM, SCM 등 플랫폼 상에서 각종 제조 실행을 수행하는 애플리케이션으로 공정설계, 제조실행분석, 품질분석, 설비보전, 안전/증감작업, 유통/조달/고객대응 등이 있다.

2) 플랫폼 : 하위 장비·디바이스에서 입수한 표준화된 정보를 최상위 애플리케이션에 전달하는 역할을 수행하는 미들웨어 수준의 기술들로 정보 실시간 취합, 처리, 분류 등을 포함한 상위 애플리케이션과 연계할 수 있는 빅데이터 수집/분석, 사이버 물리 기술, 클라우드 기술 등이 있다.

3) 장비·디바이스 : 최하위 하드웨어 중심의 시스템으로 주력산업, 신산업과 관련된 공정·장비를 위한 컴포넌트인 컨트롤러, 로봇, 센서 등 다양한 요소로 구성되며, 장비에 내장되는 지능형 임베디드 소프트웨어 영역을 포함하고 있다.

2.3. 기능 요건

지능적인 스마트팩토리를 구축하기 위한 4차 산업혁명의 6가지 설계원리를 고려한다.

1) 상호운영성(interoperability) : 상호운영성은 4차 산업혁명의 중요한 설계 원리이며, 다양한 제조업체의 CPS사이 에 통신을 위해서는 표준이 중요한 성공요인 될 것이다.

2) 가상화(virtualization) : 가상화는 CPS가 물리적인 프로세스를 모니터링 할 수 있는 것을 의미한다. 제조현장의 센서 데이터가 가상 플랜트 모델과 시뮬레이션 모델에 연결되어 물리적 세계의 복사본이 만들어진다.

3) 분산화(decentralization): 개별 제품에 대한 수요가 증가함에 따라 시스템을 중앙에서 제어하기가 점점 더 어려워지고 있으며, 임베디드 컴퓨터를 사용하면 CPS가 스스로 결정을 내릴 수 있게 된다. 결과적으로, 중앙에서의 계획과 통제는 더 이상 필요로 하지 않게 된다.

4) 실시간 능력(real-time capability): 실시간 능력은 유기적인 작업을 위해서는 실시간으로 데이터를 수집하고 분석해야함을 의미한다.

5) 서비스 지향(service orientation): 기업, CPS 그리고 인간의 서비스는 IoS(Intenet of service)를 통해 제공되며, 다른 참여자가 활용할 수 있다.

6) 모듈러화(modularity): 모듈형 시스템은 개별 모듈을 교체하거나 확장함으로써 변화하는 요구사항에 유연하게 적응할 수 있다. 따라서 계절적 변동이나 제품 특성의 변화가 있을 경우, 모듈형 시스템은 쉽게 조정이 가능하게 된다.

2.4 수준 진단 모델

스마트팩토리의 수직-수평 통합 표준을 구축하기 위한 단계적 전략을 수립할 필요가 있다. 전략 수립의 우선 과제는 현 정비공장의 스마트화 수준을 진단하는 것이다. 스마트팩토리 수준을 진단해야만, 미래 해군 정비공장의 발전 방향 및 중장기 로드맵 전략을 구체화할 수 있다.

공장의 자동화/스마트화 수준을 확인하는 잣대로 5 단계로 구분 할 수 있으며, 수준별 플랫폼의 형태는 Fig. 3와 같이 구분할 수 있다.

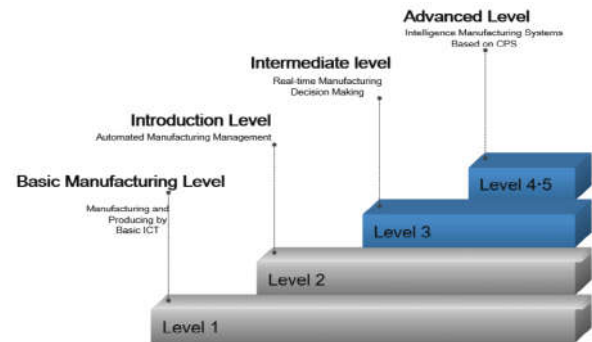


Fig. 3. Level of Smart Factory

1) 기초 (Basic) Level 1

아날로그 수준의 생산데이터를 디지털화하는 단계

2) 중간1 (Introduction) Level 2

디지털정보가 실시간으로 수집·분석되어 그 결과가 제품개발, 생산, 유통, 물류 각 단계에 공유되는 수준

3) 중간2 (Intermediate) Level 3

수집분석된 정보를 통해 문제원인과 수습책을 스스로 판단하고 실시간으로 제어가 가능한 수준으로 공장에서 협력사까지 공유되는 수준

4) 고도화 (Advanced) Level 4-5

사물 인터넷과 CPS를 기반으로 한 완전한 지능형 공장으로써 미래에 구현되는 기술

3. 지능적인 스마트팩토리 주요 기술

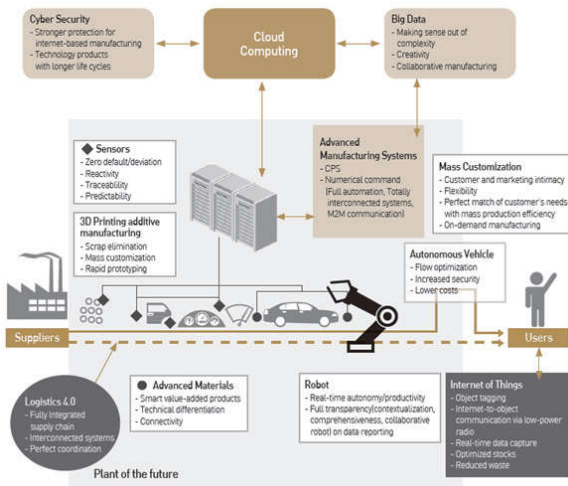


Fig. 4. Core Technology of Smart Factory

3.1. 가상기반기술 (Cyber Based Technology)

가상 기반 기술들은 물리적 실체를 가지고 있지 않은 추상적인 부분으로서, 컴퓨터 상에만 구축/표현되는 가상의 객체와 관련된 기술이다. 가상 기반 기술들은 상호간 인터페이스를 통해 데이터를 주고 받을 수 있어야 하며, 실제의 물리적 객체들과 IoT를 통해 연결되어 있다. 제조시스템을 관리하고 평가하고 제어하고 계획하는데 사용되는 모든 모델과 지표 및 의사결정 과정들이 가상 기반 기술에 포함된다. 실제 세계의 객체들을 얼마나 정확하게 표현하고 분석할 수 있는가 하는 점이 중요하다. 스마트 제조시스템을 위한 주요 기술 요소들은 IoT, AI 및 기계학습, Big Data 및 분석 기술, 디지털 트윈, Cyber Security 등이 있다.

○ 애플리케이션 프로그램 (Application Softwares)

애플리케이션 프로그램은 가상기반 기술의 한 종류로서, 주로 제조시스템의 특정한 기능들을 담당하는 역할을 수행한다. 특정한 기능들은 예를 들면, 제품 설계, 제조 명령 수행, 제조 관리, 설비 제어, 기업 자원관리 등이다. 스마트 제조시스템에서는 개별적인 어플리케이션들 사이의 인터페이스 표준화를 통한 통합과 협업능력이 중요해진다. 스마트 제조시스템을 위한 주요 기술 요소들은 Digital Twin, CAX(Simulation 포함), PLM, MES, SCADA, PLC, DCS, ERP, SCM, APS 등이 있다.

3.2 물리기반기술(Physical Based Technology)

제조시스템을 구성하는 구체적인 객체들을 의미한다. 넓은 의미의 제조시스템에서는, 제품, 원자재, 자원, 설비, 시설, 고객 등 기업의 가치창출 사슬에 관련된 모든 객체를 포함한다. 좁은 의미에서는 제조 현장에 설치되어 있는 가공 설비, 조립 설비, 포장 설비, 창고 등의 시설, 치공구, 물류 설비 등을 포함한다.

물리기반기술은 작업자의 노동력을 대체하거나 보조하여 생산성을 높이고, 반복작업의 품질을 균일하게 하고, 오류 가능성을 낮추는 방향으로 발전하고 있다. 스마트 제조시스템을 위한 주요 기술 요소들에는 Smart Sensor, Robotics/자율협동로봇/Exoskeletons, 3D

Printing, AR/VR/MR, Smart Machine, Mobile Devices, AGV, Motion Controller, CNC, RFID/NFC, Machine Vision 등이 있다.

3.3 플랫폼 기술(Platform technology)

플랫폼 기술은 다른 스마트 제조 기술이 도입될 수 있는 기반을 이루는 기술들이며, 4차 산업혁명에서는 종래의 생산기반기술 외에 주로 ICT 신기술분야를 의미한다. 플랫폼은 모듈들을 담아내는 틀의 역할을 하며, 이 모듈들이 수평적 네트워킹을 통해 상호작용하도록 한다. 플랫폼 기술 중에 가장 핵심적인 것은 사이버 혹은 물리적 객체들 사이의 인터페이스를 가능하게 해주는 유무선 통신기술로서, 이것을 통해 IoT에 기반한 디지털 제조시스템 구축이 가능해진다. 스마트 제조시스템을 위한 주요 기술 요소들에는 5G/광대역인터넷, Cloud Computing, 무선통신, CPS, HMI/UI/UX, Energy System 등이 있다.



Fig. 5. Technology of Smart Factory

4. 해군 스마트정비공장 전략 로드맵

해군 정비공장은 무기체계 정비시설로 일반적인 제조공장과는 그 목적이 다르기 때문에 스마트팩토리 구축 형태와 전략 로드맵에 차이가 있다. 따라서 예측되는 정비 시나리오를 기반으로 스마트팩토리 요구사항을 도출하고, 그에 대한 대응방안을 수립하여, 현장 맞춤형 스마트팩토리 구축 전략 및 로드맵을 수립한다.

① 우선, 해군 정비대상 무기체계 특성 상 부품이 다 품종 소량인 경우가 많고, 함정 정수량이나 야전에 적재되지 않는 부품은 조달기간에 따른 무기체계 비가동 시간이 늘어난다.

따라서 함정 및 잠수함에 탑재되는 무기체계에 대한 예방/고장정비 시 소요 부품의 신속한 조달이 가능하도록 ICT기술을 활용한 프로세스 유연성이 필요하다.

이에 대한 대응방안으로 신속하고 실시간 부품 조달

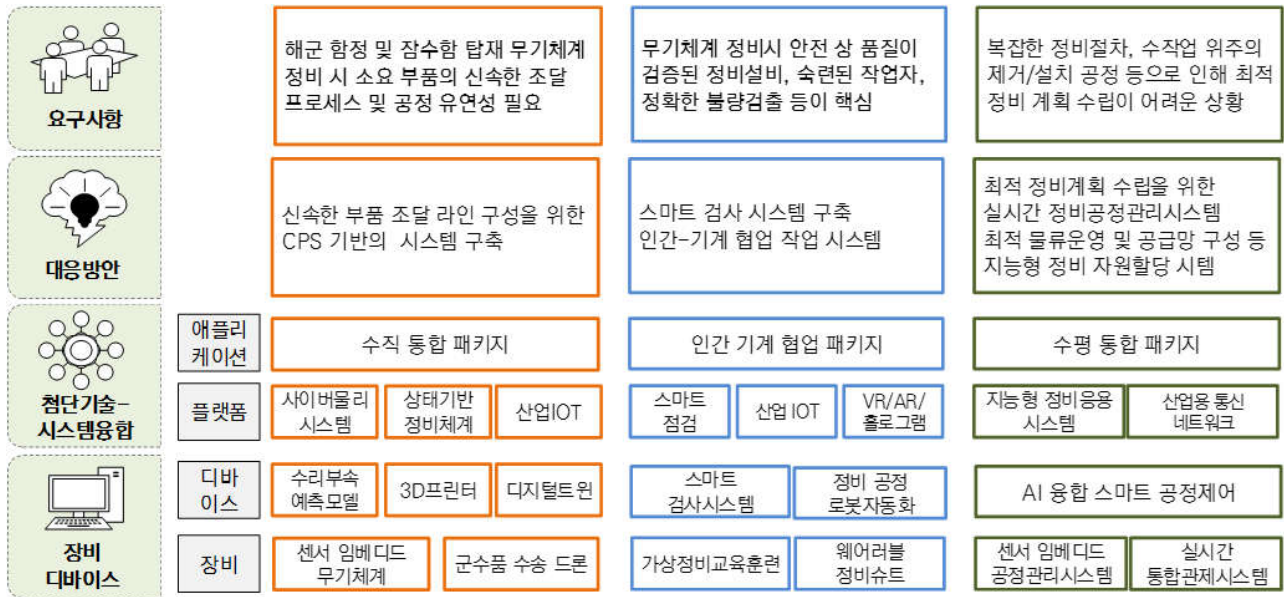


Fig. 6. Navy Smart Factory Strategy Roadmap

라인을 구성하기 위한 CPS 기반의 시스템 구축을 하고, IOT 센서로 수집된 상태정보를 바탕으로 상태기반 정비(CBM+: Condition Based Maintenance Plus) 체계를 구축한다. 첨단 무기체계에 각종 센서를 부착해 실시간으로 모니터링하고 데이터를 수집, 분석해 최적의 정비소요를 판단하여 선제 대응 한다. 또한 수리부속 수요 예측모델을 개발하고 3D프린팅을 활용한 직접 부품생산체계를 도입한다. 그리고 해상과 도서 기지에 군수품을 신속하게 수송할 수 있는 군수품 수송용 드론을 도입한다.

② 무기체계 정비 시 장비 및 작업자 안전과 관련된 품질 특성이 검증된 정비설비 구축, 숙련된 작업자에 대한 교육, 정확한 불량검출 등이 중요하다.

이에 대한 대응방안으로 스마트검사 시스템 및 장비를 개발 도입하여 신속하고 정확한 고장배제가 가능하게 한다. 또한 인간-기계 협업 작업을 증강하고, 자동화 설비를 확대하나, 정비작업자를 도와주는 웨어러블 슈트와 정비로봇을 도입한다. 또한 정비자를 대상으로 VR/AR을 활용한 가상 정비교육훈련을 구성하여, 정비 숙달 교육을 실시한다.

③ 무기체계의 복잡한 정비절차, 수작업 위주의 정비(제거/설치) 공정 등으로 인하여 최적 정비 계획 수립이 어려운 실태이다.

이에 대한 대응방안으로 최적 생산계획 수립을 위한 최적 물류운영 및 공급망 구성 등 지능형 제조 자원 할당 및 운영기술 도입하는 것이다. 예를 들어 스마트 물류센터를 구축하여 해군 정비공장을 지능형 생산공장으로 발전시킨다. 정비현황을 실시간으로 모니터링하는 공정관리시스템과 사물 인터넷기반의 통합관리시스템을 도입한다.

5. 결론

최근 제4차 산업혁명에 대한 시대적 조류 속에서 해군은 스마트해군(SMART NAVY)을 통해 첨단기술 집약형 강군으로 거듭나려는 노력 중이며, 그 일환으로 정비 분야에는 스마트팩토리 구축이 필요하다.

본 연구는 스마트팩토리 개념과 이와 연관된 생산제조기술에 대해 살펴보고, 미래 스마트팩토리 구축을 위해 단계적으로 '무엇을' '어떠한' 방향으로 준비해야 하는지에 대한 전략 로드맵을 제시한다.

해군 스마트 정비공장 구축의 성패는 선도기업의 솔루션이나 기술을 도입하기 전에 장기적인 관점으로 먼저 무엇을 해야 할지 그 운용 목적을 구체화에 있다. 정비 현장을 중심으로 스마트공장을 보지 않고서는 결코 어느 것도 성공할 수 없다.

스마트팩토리는 시작은 있지만, 끝은 없다고 한다. 도입 이후 운용을 통해 작업자와 관리자가 적극 활용할 수 있도록 하고, 궁극적으로 인간중심의 지능형 공장으로 발전해야 한다. 작업자 중심의 스마트팩토리로 전환은 보다 안전하고, 신속하며, 지속가능한 정비공장으로써 정비 효율이 극대화 할 것으로 기대한다.

후기

본 연구에서 제시한 스마트정비공장 로드맵은 저자가 정비환경을 예상하여 제시한 것으로 향후, 실제 정비공장의 현장 요구사항을 수렴하여 맞춤형 로드맵 개발이 필요하다.

참고문헌

- 1) Jongpil Park. (2018), "Designing and Utilizing a Smart Factory Roadmap for CEOs", Journal of The Korean Society of Industry Convergence 21(6), 2018.12, 285-299
- 2) Ministry of Trade, Industry and Energy, "Smart Manufacturing R&D Roadmap, 4th Industrial Revolution Era, Realizing Global Manufacturing Powers", 2019.3
- 3) Smart Manufacturing Innovation Strategy, "Innovation in manufacturing systems for innovative product production", Issue 3 2019 Smart Manufacturing