



Received: 2023/11/30
Revised: 2023/12/09
Accepted: 2023/12/27
Published: 2023/12/31

***Corresponding Author:**

Kyoung Haing Lee

Tel: +82-43-830-8682

Fax: +82-43-830-8115

E-mail: onego778888@jwu.ac.kr

한국해군 함정에서의 디지털 트윈과 MR 기술 적용방안: CBM 수행을 중심으로

Abstract

4차 산업혁명의 대표 신기술 중 하나로 손꼽히는 디지털 트윈은 전 세계적인 디지털 전환 경쟁 가속 속에서 주목받는 분야이다. 2021년 9월 대한민국 정부는 공공에서의 디지털 트윈 적용방안에 대한 내용을 포함하여 '핵심 디지털 트윈 활성화 전략'을 발표하였다. 또한 방위사업청에서도 국방 디지털 트윈 적용을 위해 '무기체계 특성을 고려한 디지털 트윈 적용 방안'을 연구 중에 있다. 하지만 연구개발비와 무기체계 적용 기술 난이도 기준으로 적용방안을 분석하고 있어 무기체계 플랫폼 자체 적용 방안에 대한 연구가 필요한 실정이다. 이에 본 연구에서는 무기체계 중 함정 무기체계 플랫폼에 대하여 함정의 작전운용상 환경 등을 고려하여 CBM 수행을 위한 디지털 트윈과 MR 기술 적용방안을 제시한다.

Digital Twin, one of the representative new technologies of the Fourth Industrial Revolution, is a technical factor in global digital transformation accelerated. On Sep. 2021, the Republic of Korean government announced the "Strategy to Facilitate Digital Twin," what is including information on how to apply the digital twin in the public sector. In addition, DAPA (Defense Acquisition Program Administration) is also studying the "Application of Digital Twin Considering the Characteristics of Weapon Systems" for the application of the Defense Digital Twin. However, DAPA's study is focused on the R&D (research and development) expenditure and the technical difficulty of weapon system for the application of digital twins, so it is necessary to study the application for weapon system platform. Therefore, this study proposes a digital twin and mixed reality (MR) technology application for condition based maintenance (CBM) for ship weapon system platforms in consideration of the ship's characteristics and operational environment.

Keywords

디지털 트윈(Digital Twin),
혼합/융합현실(Mixed/merged Reality),
4차 산업혁명(Fourth Industrial Revolution),
해군함정(Naval Ship),
상태기반정비(Condition Based Maintenance)

Acknowledgement

이 논문은 2023년도 한국해군과학기술학회 동계학술대회 발표 논문임.

A Study on the Development Direction of the Republic of Korean Navy Ships Using Digital Twin and Mixed Reality: Focusing on the Implementation of CBM

김종훈¹, 이경행^{2*}

¹해군 소령/중원대학교대학원 국가안보융합학과 박사과정

²중원대학교대학원 국가안보융합학과 교수

Jong Hun Kim¹, Kyoung Haing Lee^{2*}

¹LCDR, ROK Navy/Ph.D. candidate, Dept. of Integrated National Security, Graduate School of Jungwon University

Director, Defence Research Center, GDL System

²Professor, Dept. of Integrated National Security, Graduate School of Jungwon University

1. 서론

전 세계적으로 스마트폰 보급과 고속화되는 네트워크 환경은 4차 산업혁명의 본격화를 알리는 신호탄이 되었다. 거기에 더해 2016년 독일 다보스에서 열린 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)에서 당시 포럼 의장이었던 클라우스 슈바프(Klaus Schwab)의 4차 산업혁명에 대한 언급과[1], 2017년 롤랜드 버거(Roland Berger)의 저서 '4차 산업혁명: 이미 와있는 미래'에 2030년 4차 산업혁명이 가져다주는 미래에 대한 기록[2]은 4차 산업혁명의 가속화가 시작되었음을 알려준다.

4차 산업혁명은 현실세계와 사이버상의 가상세계 간의 정보통신 기술의 융합으로 이루어지는 차세대 산업혁명으로 초연결, 초지능 및 초융합으로 대표된다. 4차 산업혁명을 대표하는 기술인 IoT (Internet of things, 사물인터넷), AI(artificial intelligence; 인공지능), 블록체인, AR(augmented reality; 증강현실)/MR(mixed or merged reality; 혼합 또는 융합 현실), 빅데이터 등은 급격한 기술개발로 인하여 산업 전반에 적용되고 있으며, 4차 산업혁명을 대표하

는 분야 중 하나로 손꼽히는 디지털 트윈(digital twin)은 위에서 언급한 4차 산업혁명의 대표기술을 융합하는 기술로 전 세계적인 디지털 전환(digital transformation) 경쟁이 가속되는 가운데 주목받는 분야이다.

전세계적인 4차 산업혁명 가속화 흐름 속에서 2021년 9월 대한민국 정부는 철강·건설·공장 및 물류 등 민간 분야에서 발전을 가속하고 있는 디지털 트윈에 대한 공공에서의 적용방안을 포함한 ‘디지털 트윈 활성화 전략’을 발표하였다[3]. 국방분야에서도 국방혁신 4.0을 통한 첨단과학기술 강군육성의 일환으로 디지털 트윈 적용방안을 강구하고 있으며, 방위사업청에서도 국방 디지털 트윈 적용을 위해 ‘무기체계 특성을 고려한 디지털 트윈 적용 방안’을 연구 중에 있다[4].

하지만 방위사업청에서 연구 중인 디지털 트윈 적용 방법은 연구개발비 분야와 체계적용 기술적 난이도 분야를 기준으로 적용방안을 분석하고 있어 무기체계 플랫폼 자체의 적용방안에 대한 연구가 필요한 실정이다. 이에 본 연구에서는 무기체계 중 함정 무기체계 플랫폼에 대하여 함정의 작전운용상 환경 등을 고려하여 CBM(condition based maintenance; 상태기반정비) 수행을 위한 디지털 트윈과 MR 기술 적용방안을 제시한다. 또한 디지털 트윈에 대한 함정 적용을 위해 향후 정책방향에 대해서도 함께 제시한다.

2. 디지털 트윈 동향

2.1 4차 산업혁명과 디지털 트윈

4차 산업혁명을 대표하는 기술에 대한 정의는 관련

기관 및 연구자마다 조금씩 다르다. 정보통신기술진흥센터에서 작성하고 과학기술정보통신부에서 2018년 2월 발표한 ‘4차 산업혁명을 선도하는 주요기술 대상 기술수준평가 및 기술수준향상방안’ 연구보고서에서는 4차 산업혁명 주요기술에 대해 전문가 회의체 내에서 문헌 조사, 뉴스키워드 분석 결과를 기반으로 논의하여 AI, IoT, 빅데이터·클라우드, 지능형로봇, 3D 프린팅을 선정하였다[5]. 교육부에서 2021년 1월 카드뉴스로 배포한 ‘4차산업혁명 핵심기술 TOP6’에는 4차 산업혁명 핵심기술을 IoT, 빅데이터, 블록체인, 3D 프린팅, 스마트 모빌리티, AI로 지정하고 있다[6]. 또한 김승연 등(2016)은 주요 국가 및 기관의 4차 산업혁명 제시 기술을 종합하여 3D 프린팅, AI·로봇, 빅데이터·클라우드, IoT, 센서·배터리, 의료·바이오로 핵심기술을 도출하였으며[7], 천기우 등(2017)은 OECD 보고서(The Next Production Revolution, 2017)를 바탕으로 AI, 빅데이터, IoT, 클라우드 컴퓨팅, 3D 프린팅을 주요 플랫폼 기술로 선별하였다[8].

4차산업을 대표하는 플랫폼 기술은 다양한 종류의 시스템이나 서비스를 제공하기 위해 공통적, 반복적으로 사용하는 기반 모듈이 되는 기술로 정의하거나, 4차 산업혁명 속에서 발생하는 기술동향을 기반으로 분류[8]하는 등 다양한 분류 방법을 적용하고 있어 4차 산업혁명을 구성하는 플랫폼 기술이 무엇인가에 대한 시각은 기관이나 단체마다 다를 수 있으며, 본 논문에서는 Fig. 1과 같이 AR/MR 기술을 포함하여 언급하고자 한다. 참고로 본 논문에서는 현실세계를 기반으로 가상세계를 혼합 또는 융합한 확장세계에 관하여 언급하고 있으므로 XR(extended reality, 확장현실)과 MR을 같은 의미로 혼용하여 사용할 것이다.

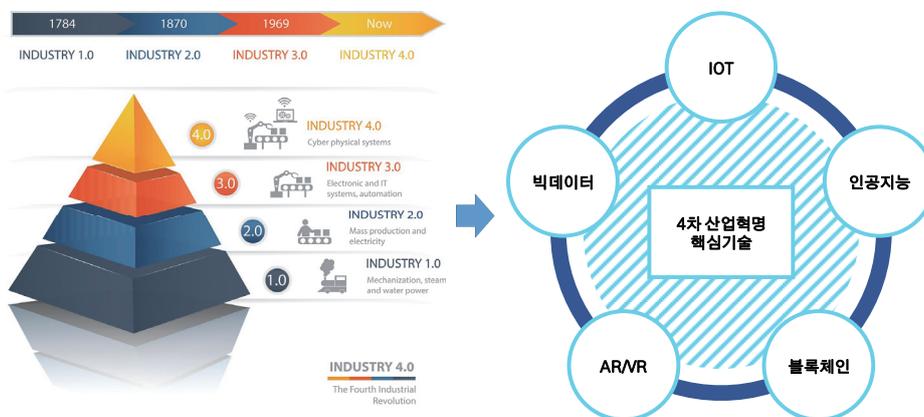


Fig. 1. 1~4차 산업혁명 및 4차 산업혁명 핵심기술[9]

디지털 트윈에 대한 개념은 1991년 데이비드 지런터(David Gelernter)의 저서인 “미러 월드(Mirror Worlds)”에서 처음 언급되었지만[9], 2002년 미시건 대학교(University of Michigan) 교수인 마이클 그리브스(Michael Grieves) 박사가 처음으로 제조공정 간의 디지털 트윈 개념을 적용하였고, 디지털 트윈의 개념을 가진 소프트웨어를 공식 발표하였다[11]. 이후 2010년 미 NASA(National Aeronautics and Space Administration; 항공우주청) 소속 존 바이커스(John Vickers)가 로드맵 보고서에서 ‘디지털 트윈’이라는 용어를 사용하였다[12]. 이후 미 GE(General Electric) 사(社)에서 IoT 기술 등을 활용해 현실세계의 실제 사물(physical things)을 가상화하여 가상 사물(virtual things)로 변환시키고, 실제 사물과 가상 사물을 실시간으로 연동한 뒤, 현실에서 발생할 수 있는 상황을 가상 환경을 통해 컴퓨터로 시뮬레이션하면서 더욱 널리 알려지게 되었다[13].

디지털 트윈에 적용되는 주요 기술은 4차 산업혁명에 대한 주요 기술 정의와 마찬가지로 주요 글로벌 기업 국내외 정부기관 등 사회 각 계층에서 디지털 트윈을 활용하는 분야에 따라 조금씩 다르지만, Fig. 2의 디지털 트윈 구조를 고려하여 정보통신기획평가원과 한국전자통신연구원에서는 디지털 트윈 주요 기술에 대해 (1) 물리적 객체의 실시간 데이터 수집과 물리-가상 객체 간 데이터의 원활하고 정확한 양방향 전송을 촉진하는 “IoT”, (2) 새로운 데이터로부터 학습을 촉진하고 예측 모델을 지속적으로 개선하는 “AI”, (3) 패턴 유추 및 유용한 정보 발굴을 위한 양적 데이터를 제공하는 “빅데이터”, (4) 센서 및 다양한 플랫폼

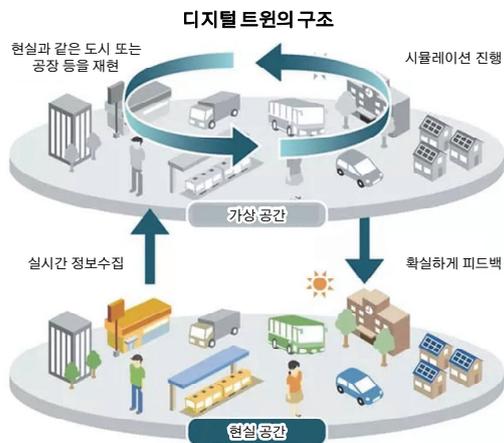
으로부터 오는 엄청난 양의 데이터를 담아 유연성 및 확장성을 지원하는 “클라우드”, (5) 시간 정보 전송 능력으로 디지털 트윈의 반응성을 향상시키는 “5세대 통신”, (6) 실제 물리적 환경과 함께 가상환경의 디지털 트윈 인식을 지원하는 “AR/MR”, (7) 제품, 공정, 시스템 등의 형상을 가상공간에 구현하는 “모델링” 등 총 7가지로 정의하였다[15,16].

디지털 트윈은 현실세계의 장비·설비·공간에서 실시간 정보를 수집하여 현실과 같은 가상의 세계에 재현하고 가상세계의 시뮬레이션 진행 결과에 대해 현실세계로 피드백하는 구조인 점을 고려할 때, 디지털 트윈을 구성하는 주요 기술은 디지털 트윈이 활용되는 분야마다 차이는 있겠지만, IoT, AR/VR/VR(virtual reality, 가상현실), AI 등이 활용되며, 4차 산업혁명의 핵심기술 대다수를 활용하는 것이 특징이라 할 수 있다.

2.2 디지털 트윈의 정의

IT 시장조사 전문기관인 가트너(Gartner)에서 2018년 발표한 하이프 사이클(Hype Cycle)에서는 디지털 트윈을 “기대정점” 기술로 발표하였고(Fig. 3 참조), 가트너의 ‘임팩트 레이더 2023(Impact Radar for 2023)’ 보고서에는 디지털 트윈을 늦어도 3년 내에 대중화될 것으로 예견되는 기술로 선정하였다.

디지털 트윈에 대한 정의는 주요 글로벌 기업 국내외 정부기관 등 사회 각 분야마다 조금씩 다르나, 일반적으로 “디지털 환경에서 현실을 똑같이 재현하고 이를 바탕으로 현실을 제어, 예측하는 기술”을 의미한다.



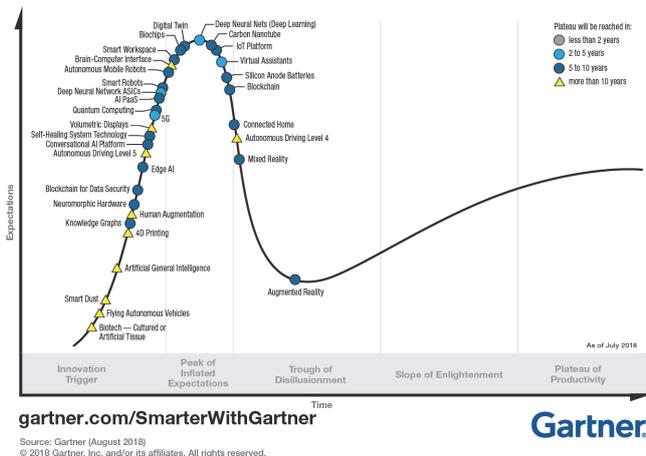
디지털 트윈을 구성하는 주요 기술

- IOT** 물리적 객체의 실시간 데이터 학습과 물리-가상 객체 간 양방향 전송 촉진
- 인공지능** 새로운 데이터로부터 학습을 촉진하고, 예측 모델을 지속 개선
- 빅데이터** 패턴 유추와 유용한 정보 발굴 위한 양적 데이터 제공
- 클라우드** 센서와 플랫폼에서 수집한 데이터를 담아 유연성과 확장성 지원
- 5G** 실시간 정보 전송 능력으로 디지털 트윈의 반응성 향상
- VR/AR** 실제 물리적 환경과 함께 가상환경의 디지털 트윈 인식 지원
- 모델링** 제품, 공정, 시스템 등의 형상을 가상공간에 구현

(자료: 한국전자통신연구원)

Fig. 2. 디지털 트윈의 구조 및 디지털 트윈을 구성하는 주요 기술[14]

Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018



Impact Radar for 2023

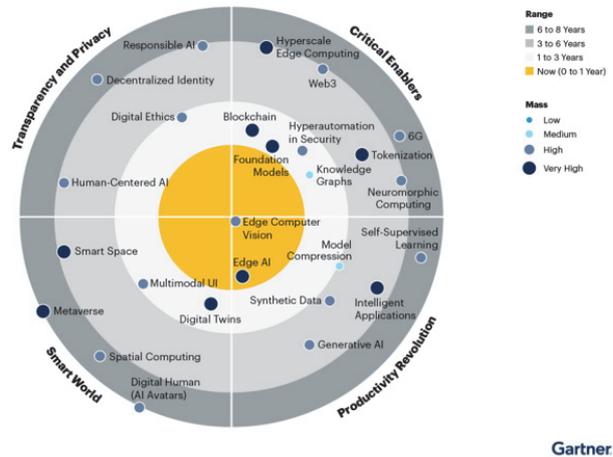


Fig. 3. 2018 가트너 하이프 사이클(왼쪽) 및 2023 가트너 임팩트 레이더(오른쪽)[17]

다시 말해, 현실세계의 물리적 자산에서 발생하는 각종 실제 데이터가 디지털 가상 세계로 전달되면 가상 세계에서 이를 활용하여 예측·시뮬레이션 등을 통해 분석이 이루어지고, 그 결과로 도출된 정보를 이용하여 현실의 물리적 자산에 대해 정보제공·제어 및 관리 제어 등의 일련의 과정을 표현하는 개념으로 설명할 수 있다[5].

해외 글로벌 기업에서 정의하는 디지털 트윈 개념에 대해 살펴보면, GE사는 “비즈니스 가치를 제공하기 위해 실시간 분석을 통해 감지, 예방, 예측 및 최적화하도록 설계된 물리적 자산, 시스템 또는 프로세스의 소프트웨어 표현”, IBM은 “물리적 객체 또는 시스템의 생애주기 전반을 가상화하여 실시간 데이터 및 각종 정보를 활용한 의사결정을 지원하는 기술”로 정의하고 있다. 또한 PWC는 “IoT 센서 등을 통해 정보를 수집하고 고급분석, 기계학습, 인공지능을 적용해 성능, 운영 및 생산성에 대한 실시간 통찰력을 제공하는 물리적 자산의 디지털 모델”로 정의하고 있다. 각 기업별 정의에 다소 차이는 있으나 현실세계에서의 장비·설비·공간의 정보를 실시간으로 분석하고 현실세계에 적절한 정보를 피드백한다는 기본개념을 공유하고 있으며, 3D 객체 및 데이터 기반의 실시간 시뮬레이션을 공통 필수 요소로 인식하고 정의하고 있다.

한국 정부에서 내린 디지털 트윈에 대한 정의는 ‘한국판 뉴딜 2.0’과 ‘디지털 뉴딜 2.0’의 일환으로 디지털 전환을 추진하기 위해 수립한 디지털 트윈 관련 정부기관의 문서에서 확인할 수 있다. 2021년 9월 대한

민국 정부에서 발표한 ‘디지털 트윈 활성화 전략’에서는 디지털 트윈을 “가상세계(Digital)에 실제 사물의 물리적 특징을 동일하게 반영한 쌍둥이(Twin)를 3D 모델로 구현하고, 이를 실제 사물과 실시간으로 동기화한 시뮬레이션을 거쳐 관계·분석·예측 등 해당 사물에 대한 현실 의사결정에 활용하는 기술”로 정의하고 있다[3]. ‘디지털 트윈 활성화 전략’ 추진 일환으로 정보통신기술진흥센터에서 작성하고 과학기술정보통신부에서 2021년 12월 발표한 ‘디지털 트윈 기술 K-로드맵’에서는 “현실 세계를 3D 모델로 가상화하고 다양한 데이터를 연계·시각화하여 실시간 자동관계 및 시뮬레이션 기반 분석·예측·최적화를 구현하는 융합 기술”로 디지털 트윈을 정의하고 있다[19].

2.3 디지털 트윈 동향

국내외의 공공 및 민간 사회 전(全) 영역에 있어 디지털 전환을 달성하기 위해 디지털 트윈의 적용이 활발히 이루어지고 있다. 싱가포르의 경우 디지털 트윈의 잠재적 가치를 조기 인식하고 2015년부터 미래도시 계획 및 관리를 위한 ‘버추얼 싱가포르’를 추진하고 있고[16], 영국은 자국의 강점인 데이터 공학과 AI를 활용하여 전세계 디지털 혁신 중심지로 도약하기 위해 2018년부터 ‘국가 디지털 트윈’ 전략을 추진 중에 있다[20]. 또한 미국은 2020년 과학기술자문위원회(PCAST, President’s Council of Advisors on Science and Technology)를 중심으로 트윈을 미래공장의 핵

심요소로 인식하는 한편, 제조 경쟁력 강화를 위한 전략을 제시하고 있다[21]. 한편 글로벌 기업들은 기존 분야별 지식과 ICT 기술을 결합하여 “3D 시각화+정보연결+시뮬레이션(상호작용)+통합관리” 형태의 디지털 트윈 통합 솔루션 및 플랫폼을 개발하여 국내외 시장을 선점하려 노력중에 있다.

국내에서는 정부 시책으로 4차 산업혁명이 불러온 변화에 대응하기 위하여 D·N·A(Data·Network·AI) 등 정책 추진을 통해 산업 및 기술 경쟁력 강화를 도모하고 있다[3]. 우선 Data 분야에서는 2019년 1월 데이터·AI경제 활성화 계획 수립, 2020년 2월 데이터 3법 개정, 2021년 2월 데이터 119 프로젝트 발표 등을 통해 데이터 구축·개발·활용 체계를 마련하였다. Network 분야의 경우 2019년 4월 세계 최초 5G 상용화에 이어 같은 달 5G+전략을 수립하고, 세계 최고 수준 5G망 구축 및 2019년 5G 스마트폰 세계시장 점유율 1위를 달성하였다. AI 영역에서는 2019년 12월 ‘인공지능 국가전략’을 수립하여 전문기업·인재육성, 기술경쟁력 확보 및 신(新)서비스 활성화에 대한 미래비전을 제시하였고 XR(MR) 분야에서는 비대면 사회로의 급속한 전환에 대응하기 위해 2020년 12월 ‘가상융합경제 발전 전략’을 수립하고 XR 융합 확산, 인프라를 확충하고 있다.

국내 정부시책과 발맞추어 민수분야도 사회 여러 영역에서 디지털 트윈 적용 범위를 확대해 나가고 있다. 대부분의 대기업은 글로벌 선도기업의 솔루션을 구매·활용 중이며, 중소기업은 각 기술기업이 자사의 특화 역량을 활용해 디지털 트윈으로 비즈니스 영역을 확대 중이다. 2021년 기준 주요 분야별 대기업 디지털 트윈 추진 현황은 Table 1과 같다[3].

Table 1. 분야별 대기업 트윈 추진 현황(2021년)

분야	주요 내용
제조	선박건조 설계 작업을 효율화하는 무도면 선박제조 프로젝트 추진 (삼성중공업)
에너지	화순풍력단지에 적용해 발전설비 가동상태 진단 및 고장예측 (한국서부발전)
건설	포항 및 광양제철소 가상시공으로 공기 지연 및 안전사고 예방 (포스코A&C)
물류	물류센터 설비 확장과 물량 변경에 디지털 트윈을 적용해 설비라인 최적화 (LG CNS)

민수분야에서 뿐만 아니라 공공분야에서도 디지털 트윈 도입은 시작되고 있다. Table 2와 같이 도시, 안전, 에너지 및 국방 등 공공분야 전반에 디지털 트윈이 확산세를 보이고 있으며, ‘디지털 트윈 활성화 전략’에서 국방분야의 경우 잠수함, 항공모함 등 주요 무기체계 운용 훈련에 활용하고 있는 미군의 사례처럼 우리군도 무기체계(전투기, 군함, 잠수함 등) 및 주요 군사 시설(비행장, GOP 등)을 통합관리하고 교육훈련할 수 있는 시뮬레이션 활용 디지털 트윈이 적용 가능할 것으로 예상하고 있다[3].

Table 2. 공공부문 디지털 트윈 도입 주요 현황

분야	주요 내용
도시	교통, 기상 데이터 등 분석 기반 도시건축 행정 및 관광, 홍보 서비스 지원을 위한 플랫폼 구축 (서울시 S-MAP)
안전	수자원 인프라의 디지털 트윈 기반 안전관리를 위한 요소기술 개발 및 디지털 플랫폼 시범 구축 (한국수자원공사)
에너지	화순풍력단지의 풍력발전기에 진동·온도·속도 데이터 분석 실시간 진단 및 고장예측 시스템 구축·실증 (한국서부발전)
국방	한국형 차세대 전투기 KF-21 개발을 위한 설계·엔지니어링·제조 과정에 디지털 트윈 플랫폼 활용 (항공우주산업)

3. 국방 디지털 트윈에 대한 연구

국내외 트렌드 및 정부 시책에 발맞추어 국방분야 역시 국방혁신 4.0을 통한 첨단과학기술 강군육성의 일환으로 디지털 트윈 적용방안을 강구하고 있다. 국외의 경우, 미 육군은 UH-60 블랙호크를 분해하여 약 20,000개로 구성된 개별부품에 대한 3D 스캔사업을 추진하여 VR훈련으로 확장하고 있으며, 미 공군은 Boeing-Saab ET-7 제트 신규 훈련기 제작에 적용, 엔진 설계 및 시험에 활용하여 엔진 프로토타입 제작 시간·비용 없이 초기 시험 수행에 성공한 사례가 있다. 또한 Lockheed Martin사는 공장 내 생산 공정 통제를 위해 공장 전체를 디지털 트윈으로 구축, 생산 지연요소들을 사전에 예측하고 방지하여 납품지연 등의 위험요소를 관리·예방하고 있다[18].

국내 국방분야에서도 디지털 트윈 적용을 위한 연구가 진행되고 있다. 육군은 유·무인 복합전투체계인

아미타이거 4.0 추진의 일환으로 XR 기반 지휘통제 체계, 전투차량체계, 전투기술훈련체계, 초실감 가상 전장체계로 구성된 미래형 통합전투훈련플랫폼에 디지털 트윈 적용을 연구하고 있으며[13], 공군은 한국형 차세대 전투기 KF-21 설계 엔지니어링 제조과정에 디지털 트윈 플랫폼을 적용하였다. 해군의 경우 해군 무기체계 전력발전업무 단계별 디지털 트윈 적용방안을 연구하고 있으며, 특히 함정의 전력화 지연 방지를 위해 가상환경에서 개략적인 성능을 보유한 디지털 모델을 제작하고, M&S 체계를 구축하고, 개발 간 제작된 시제품에 센서를 부착하여 현실 객체와 가상 객체 모사 및 실시간 동기화한 함정에 대해 시험평가 활용방안을 연구 중에 있다[3,22].

방위사업청에서도 국방 R&D의 속도·효율성 향상, 기술진보 적시 대응과 위협예방 등을 위해 ‘디지털 트윈’ 개념의 무기체계 적용, 적극적 활용 필요성을 인식하고, 선진국의 4차 산업혁명 기술 국방 획득 절차 적용, 정부의 디지털 트윈 활성화 정책 전략에 부합도록 ‘무기체계 특성을 고려한 디지털 트윈 적용 연구’를 진행 중이다[4]. 연구의 주 내용 중 하나는 Fig. 4와 같이 2024년 이후 착수 예정 방위력개선사업을 기준으로 연구개발비 규모, 체계 위험도와 복잡도에 따라 구분한 후, 연구개발비와 난이도에 따른 국방 디지털 트윈 적용 대상사업을 검토하는 것이다.

하지만 방위사업청에서 연구 중인 방안은 디지털 트윈 적용에 대해 연구개발비 분야와 체계적용 기술적 난이도 분야를 기준으로 적용방안을 분석하고 있

어 무기체계 플랫폼 자체 적용 방안에 대한 연구가 필요한 실정이다.

4. 디지털 트윈과 MR의 함정 적용방안

앞서 언급한 무기체계 디지털 트윈 적용 관련 검토 사항은 무기체계 제조(함정의 경우 함정 건조)·시험평가 등 무기체계 획득 프로세스에 초점이 맞추어져 있다. 따라서 무기체계 플랫폼 특성을 고려하고, 무기체계 총 수명주기 간에 활용 가능한 디지털 트윈 적용방안 연구가 필요하다. 특히, 육상 교육·훈련 및 정비 관련 기술 및 보급 지원이 제한적이며, 무기체계 내에서 승조원이 생활하면서 전투를 수행하고, 교육·훈련도 실시하는 함정의 경우는 더욱 그렇다.

4.1 함정 무기체계 플랫폼의 특징

함정 무기체계 플랫폼의 특징은 함정 획득 단계뿐만 아니라 운영유지 단계까지 일반 무기체계와는 다르기 때문에 함정사업 추진부터 운영, 함정 퇴역까지 해당 무기체계의 특성에 대한 이해가 필수적이다[23]. 함정은 (1) 건조 과정에서 선체뿐만 아니라 전투체계와 소나 등 다양한 장비가 탑재되는 복합 무기체계이며, (2) 함정 건조사업뿐만 아니라 탑재장비 획득사업이 병행되어야 하며, 함정 건조회사가 구매한 장비와 체계통합이 필수다. (3) 함정은 연구개발하면 시제품이 양산되고 시제품이 바로 전력화되며(일반무기체계의

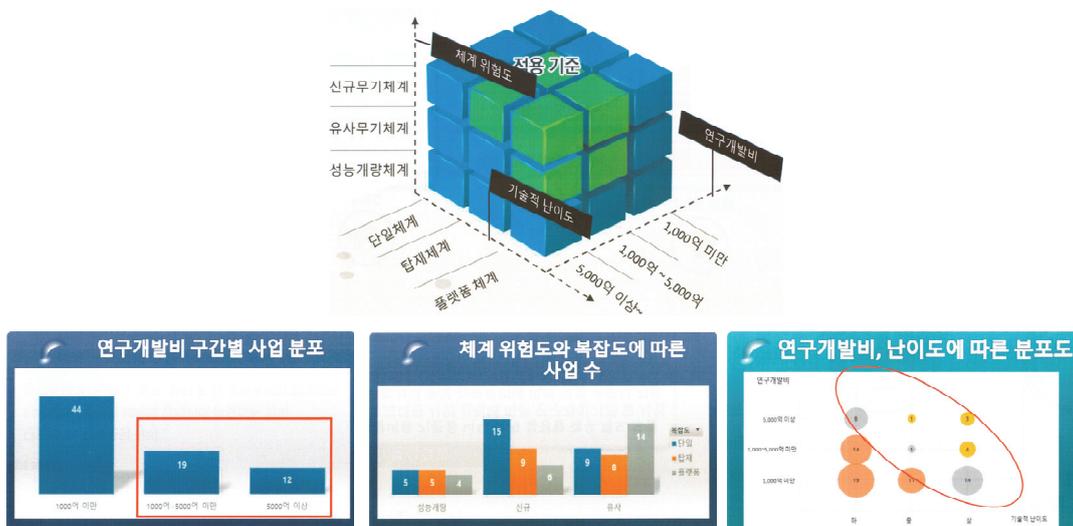


Fig. 4. 무기체계 특성을 고려한 디지털 트윈 적용 연구[4]

경우 시제품이 전력화되지 않음), (4) 설계 후 거의 10년 만에 인도되므로 개발 착수부터 전력화까지 장기간이 소요된다. (5) 함정 작전운용 환경 상 해상에서 장비·설비 운용 및 정비가 동시에 이루어지며, 항해 중에 교육·훈련의 소요도 발생하는 동시성이 있고, (6) 항해 중에는 육상의 교육·훈련 및 정비 관련 기술 및 보급 지원이 극히 제한된다.

따라서 함정의 특징 이해, 제한사항 극복, 무기체계 총수명주기 관리 차원에서의 국방 정책 부합 등을 위해 함정 총수명주기 간 디지털 트윈 운용이 필요하며[24], 함정의 정비, 특히 CBM 적용을 위한 디지털 트윈과 MR 적용이 필요하다.

4.2 함정 내 디지털 트윈과 MR 적용방안

함정 내 장비·설비의 실시간 정보를 수집하여 현실 함정과 같은 가상의 함정에 재현하여 가상의 함정에서 장비·설비 상태를 모니터링하고, AI에 기반한 장비고장 예측정보를 함내 정비인원에게 제공하기 위하여 Fig. 5의 구성도와 같이 시스템을 구성한다.

(1) 함정의 선체 주요 설비 및 엔진·전투체계·소나 등 주요 탑재장비·설비에 IoT 센서 장착 후 장비·설비 상태 정보를 수집(함내 무선 네트워크 등 이용)한다. 2020년 국방 실험사업으로 수행한 ‘스마트쉽 무선 네

트워크 구축’ 사업(2019~2020년, 약 25억 원)을 통해 함내 무선 네트워크 활용에 대한 실효성은 이미 확인되었다[25]. (2) 디지털 트윈 서버는 함내 정비인원에게 장비·설비상태를 모니터링, AI 기반 장비고장 예측정보를 제공한다. (3) 함내 정비인원은 MR 장비(스마트 글래스 등) 이용 증강현실 속에서 MR 장비가 제공하는 매뉴얼을 참고하여 정비를 수행한다. 이때, 정비 내용 기록 및 수리부속 청구 등 정비 행정사항은 디지털 트윈·MR AI 함내 서버에서 자동으로 처리하기 때문에, 함내 주요 장비·설비에 대한 상태기반정비 뿐만 아니라 예방정비 등 함정 정비에 대한 종합적인 관리가 가능하다.

함정에 도입한 디지털 트윈과 MR 장비는 비단 정비에서만 활용할 수 있는 것이 아니다. 함내에서 수행하고 있는 각종 소화·방수 훈련 시나리오를 디지털 트윈과 MR에 적용하면 혼합현실 속에서 함 승조원들이 실전과 가장 유사한 훈련을 수행할 수 있고, 항해·정박 간 실제 훈련 실시가 제한적인 사항에도 적용 가능하다.

함정 내 디지털 트윈과 MR을 적용함으로써 얻을 수 있는 효과를 정확히 측정하거나 예측한 사례는 없다. 다만 2015년 7월 미 디트로이트 뉴스에 보도된 Ford 사의 제조공정 상 작업자 사고 70% 감소, 임세미 등(2020년)의 연구결과에 명시된 간호대학생의

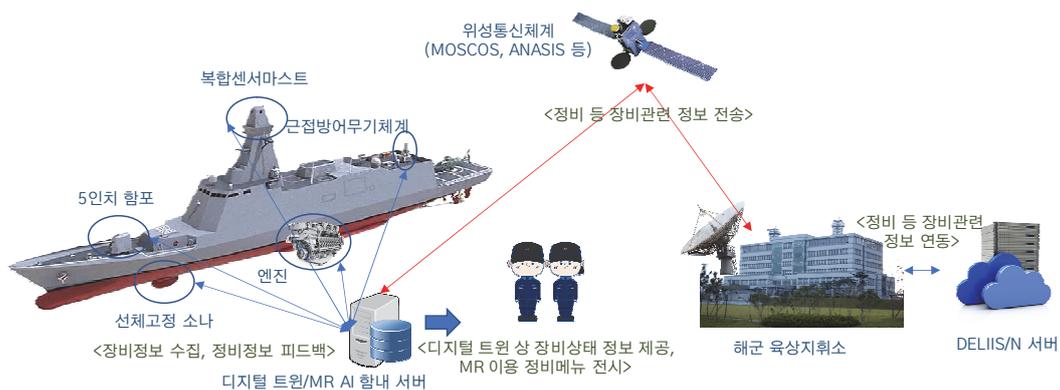


Fig. 5. 대한민국 해군 함정에서의 디지털 트윈과 ME 기술 적용방안



Fig. 6. 디지털 트윈 상에서의 장비 관제·고장 예측 예시 및 스마트 팩토리에서 적용 중인 혼합현실 속에서의 장비 메뉴 전시



Fig. 7. 혼합현실 속에서 화재상황 부여 예시

가상현실 상의 실습교육효과 10 % 향상, 하버드 대학교에서 발간한 Business Review(2017년)에 게재된 증강현실 상에서 조립공정 작업시간 35 % 단축 등의 효과를 고려할 때, 함정 내 디지털 트윈과 MR 적용 효과는 타 분야에서의 디지털 트윈과 MR을 적용한 효과와 유사하거나 그 이상일 것으로 기대할 수 있다. 또한 디지털 트윈·MR AI 서버 내에 정비 관련 데이터가 누적되면 디지털 트윈과 MR 적용 효과의 증폭도 기대할 수 있다.

4.3 해군 함정에서의 디지털 트윈과 MR 기술 적용을 위한 정책방향

디지털 트윈과 MR 기술 적용으로 상태기반정비 및 함내 교육훈련 효과도를 분석, 디지털 트윈과 MR 기술 미적용 대비 장비·설비 정비 및 교육훈련 효과를 비교하여 (전투실험 등 이용) 함정 내 디지털 트윈과 MR 기술 적용 타당성을 마련할 필요가 있다. 소요제기(소요 결정) 문서 상 전투발전지원요소 내 ‘교육훈련’ 및 ‘무기체계 상호운용에 필요한 하드웨어 및 소프트웨어’ 항목에 디지털 트윈 및 증강현실 이용 정비·교육훈련 소요를 반영하게 되면 방위사업청에서는 사업추진 기본전략을 수립하기 전 선행연구 단계에서 기존 함정 내 탑재된 디지털 트윈·MR 개발현황을 분석한 후 신규소요를 반영하여 전략을 수립할 필요가 있다. Fig. 8의 총 수명비용 그래프 상 획득단계에서의 형상관리(디지털 트윈 및 MR 기술 적용 장비 반영)가 운영유지 단계의 비용에 크게 영향을 미치기 때문에 함정 건조단계부터 디지털 트윈 및 MR 체계를 포함한 함정 획득이 필요하다.

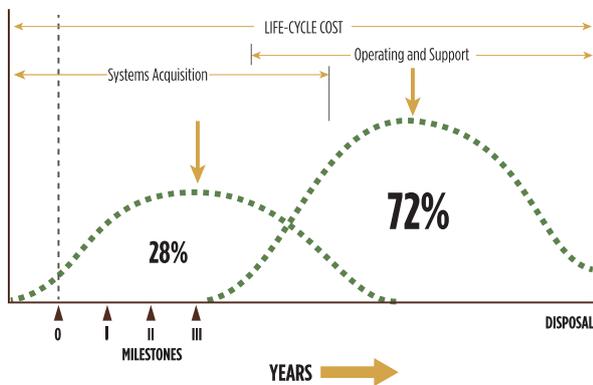


Fig. 8. 통상적인 수명주기비용[26]

디지털 트윈·MR 적용 대상 함정은 크기 및 비용과는 별개로 4.1에서 언급한 함정 무기체계 플랫폼의 특징을 고려하여 소형함정도 포함할 필요가 있다, 소형함정의 경우 대형함정 대비 승조원 수가 적고, 해상에서의 운용·관리·정비 환경이 대형함정보다 열악하다. 따라서 Fig. 5의 위성통신체계를 이용하여 육상의 정비관련 체계와 연동이 가능한 소형함정이라면 디지털 트윈·MR 적용검토 대상 함정으로 분류하고 획득을 추진하는 것이 타당하겠다.

5. 결론

전세계적인 4차 산업혁명 가속화 흐름 속에서 국방에서의 디지털 트윈 적용은 필수불가결한 요소가 되었다. 무기체계 획득 과정에서의 ‘수단’으로서 디지털 트윈과 MR 활용뿐만 아니라 무기체계, 특히 함정 플랫폼의 총 수명주기 차원에서의 CBM 적용을 위해 함정 내 ‘체계’로서 디지털 트윈과 MR을 적용하여 함정 운용 및 정비가 필요하다. 또한 정비분야 외 교육훈련 등의 추가 효과 등 함정 플랫폼의 임무수행능력 향상을 위해 전투실험 등을 통한 디지털 트윈과 MR 기술을 적용한 함정운용능력 효과 확인 후 이를 바탕으로 소요 반영 및 획득 추진이 필요하겠다.

참고문헌

- [1] Schwab, K., “The Fourth Industrial Revolution,” Kindle edition, World Economic Forum, -, 2017, -.
- [2] Berger, R., “The Fourth Industrial Revolution – The Future Has Already Arrived,” Dasan 3.0, Republic of Korea, 2017.
- [3] Republic of Korean government, “Strategy to Facilitate Digital Twin,” Sep. 6, 2021.
- [4] Press Release of Defense Acquisition Program Administration, “Talk about Future Weapon System’s R&D and T&E with Digital Twin,” Oct. 15, 2023.
- [5] Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation, “A Technology Level Evaluation and Improvement Plan for Major Technologies Leading the Fourth Industrial Revolution,” Feb. 14, 2018.
- [6] Card News of Ministry of Education, “Top 6 Core Technologies of The 4th Industrial Revolution,” Jan. 14, 2021.
- [7] Kim, S. H. and Kim, M. J., “Manufacturing Innovation Policy Challenges for Next Production Revolution,” STEPI (Science and Technology Policy Institute), Policy Study No. 2016–20, 2016.
- [8] Chun, K. W., Kim, H. D., Park, K. S. and Lee, K. S.,

“A Study on 5 Platform Technology Trends for 4th Industrial Revolution,” Proceeding of the 2017 KOTIS(Korea Technology Innovation Society) Fall Conference, 2017, pp. 1305–1319.

[9] Getty Image Korea (<https://www.gettyimages.co.kr>)

[10] Gelernter, D., “Mirror Worlds,” First edition, Oxford University Press, USA, 1991.

[11] Grieves, M., “Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches(Chapter 3: Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems),” First edition, Springer, Germany, 2016, pp. 85–113.

[12] Piascik, R., Vickers, J., Lowry, D., Scotti, S., Stewart, J. and Calomino, A., “Technology Area 12: Materials, Structures, Mechanical Systems, and Manufacturing Road Map,” NASA Office of Chief Technologist, 2010, pp. 15–88.

[13] Shin, K. Y. , Choi, H. J. and Park, S. J., “Developing a Digital Twin and Extended Reality based Future Integrated Combat Training Platform under 5G,” Journal of Digital Contents Society, Vol. 22, No. 4, 2021. pp. 727–735.

[14] Korea Trade–Investment Promotion Agency, Electronics and Telecommunications Research Institute

[15] Jang, Y. J., “Key to Digital Transformation, Digital Twin–Focusing on Manufacture Process and Smart City,” ICT SPOT Issue, SPOT No. 2019–26, 2019.

[16] Chang Y. S. and Jang I. S., “Technology Trends in Digital Twins for Smart Cities,” Electronics and Telecommunications Trends, SPOT Vol. 36, No. 1, 2021.

[17] Gartner Inc. (<https://www.gartner.com>)

[18] Choi, W. S., Kim, H. G., Lee, J. H., Kim, M. W., Lee, M. H., Yu, J. S. and Seung, A H., “A Study on the Development Direction of the Defense Area Using Digital

Twin,” Proceeding of the 2023 KAIS(Korea Academia–Industrial cooperation Society) Spring Conference, 2023, pp. 810–812.

[19] Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation, “Korea Digital Twin Technology Roadmap,” 2021.

[20] Unlocking Value Across the UK’s Digital Twin Ecosystem(Feb. 2021), Digital Twins Working Group, techUK.

[21] Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing(Oct. 2018), Subcommittee on Advanced Manufacturing Committee on Technology of the National Science & Technology Council.

[22] Lee, J. P. and Ham, S. H., “A study on the Application of Digital Twin Technology for Each Stage of the Naval Weapon System Force Development Work,” Journal of the Korea Association of Defense Industry Studies, Vol. 29, No. 1, 2022, pp. 11–24.

[23] Ryu J. Y., “Trends and Implications for the Promotion of Naval Ship Acquisition Project in Major Countries,” ROK Defense Policy Newsletter, KIDA(Korea Institute for Defense Analyses), Issue No. 1658 (Vol. 17–7), 2017.

[24] ROK Ministry of National Defense, Regulation No. 2779 (Mar. 15, 2023, Partial Amendment), “Instruction of Total Life Cycle Management.”

[25] Woo, D. S., Lee, B. R., Ryu, J. H. and Kim, D. H., “An Exploratory Study for the Development Plan of the National Defense Experiment Project Conducted by the Navy,” Journal of Information Technology Services, Vol. 20, No. 6, 2021, pp. 151–162.

[26] Defense Acquisition University, USA (<https://www.dau.edu/>)