

디지털 트윈 및 확장현실 기반 미래형 통합전투훈련플랫폼 구축 방안 연구

신규용¹ · 최형진² · 박상준^{3*}

¹육군사관학교 컴퓨터과학과 교수, ²육군사관학교 토목환경학과 부교수, ³ETRI 책임연구원

Developing a Digital Twin and Extended Reality based Future Integrated Combat Training Platform under 5G

Kyuyong Shin¹ · Hyung-Jin Choi² · Sangjoon Park^{3*}

¹Professor, Department of Computer Science, Korea Military Academy, Seoul 01805, Korea

²Associate Professor, Dept. of Civil Engineering and Environmental Science, Korea Military Academy, Seoul 01805, Korea

³Principal Researcher, Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI), Daejeon 34129, KOREA

[요 약]

최근 대한민국 육군은 4차 산업혁명 핵심기술을 활용하여 모든 가용 전투력을 기동화, 네트워크화, 지능화함으로써 불특정 위험에 더 신속하고 효율적으로 대응하기 위한 유·무인 복합전투체계인 아미 타이거 4.0을 야심차게 추진하고 있다. 하지만 용사들의 군 복무기간의 단축, 사격장 및 훈련장에 대한 잦은 민원제기, 그리고 이기주의적 님비(NIMBY) 현상 등으로 인해 실전적 교육훈련을 위한 시간 및 공간이 절대적으로 부족하고, 이로 인해 아미 타이거 4.0의 추진이 쉽지 않은 것이 현실이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문은 실전적 교육훈련 보장을 위해 5G 네트워크 환경에서 디지털 트윈(DT) 및 확장현실(XR) 기반의 초실감 콘텐츠 제작기술, 그리고 5G 네트워크 기술을 활용해 가상 전투공간에서 협업기반의 팀 단위 전투기술 숙달 및 상황조치를 가능하게 함으로써 훈련부족 문제를 해결할 수 있다.

[Abstract]

Recently, the ROK Army is promoting the Army Tiger 4.0, a manned and unmanned combined combat system to respond more quickly and efficiently to unspecified risks by mobilizing, networking, and intelligentizing all combat resources using core technologies of the 4th Industrial Revolution. However, in reality, it is not easy to implement and carry forward Army Tiger 4.0 because time and space for practical education and training are absolutely insufficient due to the shortening of the service period, civil complaints about the shooting range and training range, and the Nimbi phenomenon. To solve these problems, in this paper, we propose a future integrated combat training platform using digital twin, extended reality(XR), and 5G technologies. Under the proposed platform, it is possible for combatants to master collaboration-based team unit combat skills mastery and situational action training in a virtual battle space, solving the problem of lack of training.

색인어 : 디지털 트윈, 확장현실, 5G, 아미 타이거 4.0, 통합전투훈련체계, 합성훈련환경

Key word : Digital Twin, Extended Reality, 5G, Army TIGER 4.0, Integrated Combat Training System, STE

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2021.22.4.727>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 04 March 2021; Revised 29 March 2021

Accepted 29 March 2021

*Corresponding Author; Sangjoon Park

Tel: +82-42-860-5474

E-mail: sangjoon@etri.re.kr

1. 서론

최근 대한민국 육군은 미래 군 작전환경의 변화, 병력자원의 대폭적인 감축, 각종 무기체계의 노후화 문제를 해결하기 위해 4차 산업혁명 핵심기술을 활용한 아미타이거(Army Tiger) 4.0을 추진하고 있다[1]. 아미타이거 4.0은 인공지능, 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 모바일, 확장현실(Extended Reality, XR), 디지털트윈(Digital Twin, DT), 보안 등 4차 산업혁명 핵심기술들을 활용해 대한민국 육군의 가능한 모든 전투플랫폼들을 기동화, 네트워크화, 지능화함으로써 미래의 다양한 불특정 위협에 더 신속하고 효율적으로 대응하기 위한 유·무인 복합전투체계이다[1, 2]. 아미타이거 4.0은 4차 산업혁명 변화를 기회로 대한민국 육군이 소수정예의 첨단과학기술군으로 거듭나기 위한 노력의 결정체라 할 수 있다.

아미타이거 4.0을 기반으로 대한민국 육군이 소수정예의 첨단과학기술군으로 거듭나기 위해서는 4차 산업혁명의 최첨단 기술을 활용하는 것도 중요하지만 그보다도 반복적인 숙달과 훈련을 통해 인적 자원 및 물적 자원을 포함한 모든 유·무인체계들이 유기적으로 연계되어 통합적인 전투력을 발휘할 수 있어야 한다. 그러나 현실은 일반 용사들의 군 복무기간이 대폭 단축되어 훈련시간이 부족하고, 사격장 및 훈련장에 대한 잦은 민원제기로 보유하고 있는 훈련장조차 제대로 활용하기 어려우며, 이기주의적 님비(NIMBY) 현상으로 인해 새로운 훈련장 확보가 제한적이기 때문에 실질적 교육훈련을 위한 시간 및 공간이 절대적으로 부족한 실정이다[3]. 따라서 아미타이거 4.0 추진이 탄력을 받기 위해서는 기존 교육훈련체계에 대한 혁신을 통해 교육훈련을 위한 시간 및 공간적 제한사항을 반드시 해결하여야 한다.

교육훈련체계의 혁신과 관련해 최근 추세를 살펴보면 확장현실(XR) 기술을 활용한 전투훈련플랫폼 개발 및 활용이 두드러지고 있다. 확장현실(XR) 기반 전투훈련플랫폼은 현실감 있는 가상공간 제작 및 활용을 통해 교육훈련성과는 높이고, 교육훈련에 소요되는 비용 및 위험을 획기적으로 줄일 수 있다는 장점이 있다[4]. 특히 확장현실(XR) 기반 전투훈련플랫폼은 군사훈련이나 대테러 훈련과 같이 큰 위험성을 동반하고 높은 비용이 요구되는 분야에서 교육훈련 시간 및 공간부족 문제를 해결할 수 있는 확실한 대안으로 자리매김하고 있는 추세이다[4]. 이러한 확장현실(XR) 기반 전투훈련플랫폼에는 가상현실 기반 정밀사격훈련체계[5], 증강현실 기반 지휘통제체계[3, 6], 증강현실 기반 정비훈련체계[7], 확장현실 기반 대테러 교육훈련체계[4] 등이 있으며 최근에는 그 활용범위가 지속적으로 확대되고 있는 실정이다[8, 9].

하지만 지금까지 개발되어 활용되고 있는 기존의 확장현실(XR) 기반 전투훈련플랫폼들의 경우는 몇 가지 제한사항을 가지고 있다. 첫 번째는 전투원들이 훈련하는 실제 훈련장과 확장현실(XR) 기반 전투훈련플랫폼의 가상 훈련장이 서로 연동되어 있지 않기 때문에 실제훈련과 가상훈련 사이의 괴리가 크게 발생한다. 두 번째는 각각의 확장현실(XR) 기반 전투훈련플랫폼

및 훈련 콘텐츠가 서로 독립적으로 개발 및 운용되기 때문에 체계간 상호운용성 및 훈련자간 협업이 제한된다. 마지막으로 아미타이거 4.0의 핵심 추진방향 중의 하나인 기동성을 보장하기 위한 핵심기동수단인 보병전투차량에 대한 가상 훈련플랫폼의 부재로 인해 전투수행 절차에 대한 종합적인 훈련이 제한된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문은 5G 네트워크 환경에서 디지털 트윈(DT) 기술 및 확장현실(XR) 기술을 활용한 미래형 통합전투훈련플랫폼 구축 방안을 제안한다. 제안하는 미래형 통합전투훈련플랫폼은 디지털 트윈(DT) 기술을 활용해 실제 훈련장과 가상 훈련장을 동기화시킴으로써 현실감을 높이고, 5G 네트워크 기술을 활용해 실시간으로 각 체계간 훈련 공간 및 훈련콘텐츠를 공유함으로써 협업기반의 팀 단위 전투 기술 숙달 및 상황조치를 가능하게 하며, 초실감 미래형 전투보병차량체계에 대한 묘사를 통해 전투원들이 전투차량을 타고 작전지역으로 기동하는 훈련을 반복숙달할 수 있는 기능을 제공함으로써 종합적인 훈련이 가능토록 한다. 이러한 미래형 통합전투훈련플랫폼은 장차 대한민국 육군이 추구하고 있는 합성훈련환경(Synthetic Training Environment, STE) 조성[9] 및 아미타이거 4.0 추진을 위한 초석이 될 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 미래형 통합전투 훈련플랫폼 구축을 위한 관련 기술들에 대해 살펴본다. 3장에서는 국방개혁 2.0에 따른 대한민국 육군의 미래전장의 작전환경 변화와 그에 따른 군사훈련소요에 대해 살펴보고, 4장에서는 3장에서 도출된 군사훈련소요를 충족하기 위한 미래형 통합전투훈련플랫폼 구축 방안을 제안한다. 5장에서는 제안한 미래형 통합전투훈련플랫폼에 대한 활용시나리오를 제시하고, 6장에서 기대효과에 대해 토의한다. 마지막으로 7장에서는 본 논문에 대한 결론을 맺고, 향후 연구방향을 제시한다.

II. 관련 기술의 고찰

이번 장에서는 미래형 통합전투훈련플랫폼 구축을 위한 핵심 관련 기술들인 확장현실(XR), 디지털 트윈(DT), 그리고 5G 네트워크에 대해서 간단히 살펴본다.

2-1 확장현실(Extended Reality, XR)

확장현실(XR)은 컴퓨터 기술 및 하드웨어(hardware)에 의해 생성된 상호작용을 통해 인간(human)과 기계(machine)의 상호작용이 발생하는 모든 현실 및 가상 환경을 총칭하는 용어로서 가상현실(Virtual Reality, VR), 증강현실(Augmented Reality, AR), 혼합현실(Mixed Reality, MR) 등을 총 망라하는 초실감 기술 및 서비스를 지칭한다[10].

그림 1에서 보는 바와 같이 확장현실(XR)은 현실 환경과 가상 환경 사이를 묘사하는 기술이다. 이때 가상현실(VR)은 특정환경이나 상황을 컴퓨터 및 하드웨어를 활용하여 인공적으로 만들어진 가상의 세계만이 보이는 기술이다.

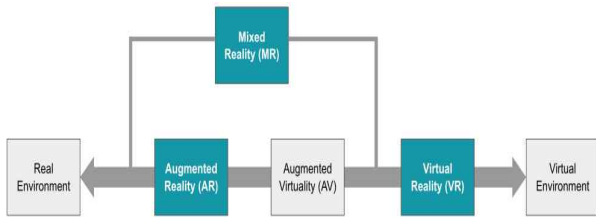


그림 1. 현실-가상 연속체[10]
Fig. 1. Reality-Virtuality continuum[10]

이에 반해 증강현실(AR)은 실제 환경에 가상의 부가정보를 증강해서 보여주는 형태이다. 마지막으로 혼합현실(MR)은 현실 세계와 가상 세계를 합쳐 새로운 환경이나 정보를 만들어내는 것을 말한다. 이러한 확장현실(XR)은 제조분야, 교육분야, 의료 분야, 유통분야, 문화분야로부터 국방분야에 이르기까지 광범위하게 활용되고 있다[11].

2-2 디지털 트윈(Digital Twin, DT)

디지털 트윈(DT)은 최초 미 제너럴 일렉트릭(GE)사(社)에서 주창한 개념으로 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 기술 등을 활용해 현실세계의 실제 사물(Physical Things, PT)을 가상화하여 가상 사물(Virtual Things, VT)로 변환시키고, 실제 사물과 가상 사물을 실시간으로 연동한 뒤, 현실에서 발생할 수 있는 상황을 가상 환경을 통해 컴퓨터로 시뮬레이션 하여 그 결과를 미리 예측할 수 있는 기술이다[12].

그림 2에서 보는 바와 같이 디지털 트윈(DT)을 활용하면 현실 공간의 실제 사물(PT)을 가상 세계의 가상 사물(VT)로 변환시키고, 실제 사물(PT)로부터 생성되는 각종 정보를 사물인터넷(IoT) 기술을 활용해 가상 사물(VT)로 투영시킴으로써 가상 세계에 일종의 쌍둥이를 만들어 낼 수 있다. 이때 투영의 대상이 되는 실제 사물은 자동차, 터널, 교량, 엔진, 공장 등 현실 세계의 거의 모든 사물이 해당될 수 있다. 이러한 디지털 트윈(DT) 기술은 제조업뿐 아니라 다양한 산업 및 사회 문제를 해결할 수 있는 기술로 주목 받고 있으며 최근에는 군사적으로도 그 활용이 점차 늘어가고 있는 추세이다[13, 14].

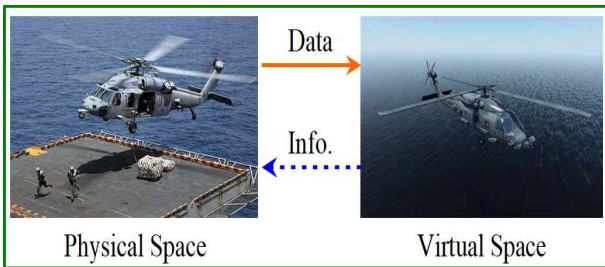


그림 2. 디지털 트윈(DT)의 개념[12]
Fig. 2. The Concept of Digital Twin[12]

2-3 5G 네트워크

5G 네트워크의 가장 큰 3가지의 장점은 초고속(enhanced Mobile Broadband, eMBB), 초저지연(Ultra Reliable & Low Latency Communications, URLLC), 그리고 초연결(massive Machine-Type Communications, mMTC) 서비스의 제공이라 할 수 있다[3, 15]. 첫 번째로 5G 네트워크는 3.5GHz 주파수 대역과 28GHz 주파수 대역 등 폭넓은 주파수 대역폭 확보, 시분할 이중통신(Time Division Duplex, TDD) 방식을 통한 주파수 업로드 및 다운로드 대역의 효율적인 배분, 다중 경로 TCP 프로토콜(Multipath TCP, MPTCP)을 활용한 전송효율 향상, 그리고 빔포밍(Beam Forming) 기술을 활용한 주파수 대역 재활용 등을 통해 초고속(eMBB) 통신을 가능하게 한다. 두 번째로 5G 네트워크는 하나의 물리적인 5G 네트워크를 제공하려는 서비스 특성에 따라 여러 개의 독립적인 가상 네트워크로 만드는 네트워크 슬라이싱(Network Slicing) 기술과 네트워크 코어(Core)가 아닌 에지(Edge)에 클라우드(Cloud)를 설치함으로써 모바일 기기로부터 생성된 데이터의 처리를 위한 거리 및 시간을 획기적으로 줄일 수 있는 에지 클라우드(Edge Cloud) 기술을 활용해 초저지연(URLLC) 서비스를 구현한다. 마지막으로 5G 네트워크는 가변적 채널 대역폭 할당(Scalable Numerology) 기술을 활용해 1km² 범위에서 최대 1백 개 이상의 통신장비를 동시에 연결할 수 있는 초연결(mMTC) 특성을 제공한다[15].

표 1. 5G 네트워크 특성에 따른 활용 가능 분야[16]

Table 1. Application Fields of 5G based on its characteristics

| 5G Characteristics | Application Fields |
|-------------------------|---|
| High Speed (eMBB) | <ul style="list-style-type: none"> · Ultra High Definition Video · Realistic Contents · FWA(Fixed Wireless Access) Service |
| Low Latency (URLLC) | <ul style="list-style-type: none"> · Autonomous Vehicle · Smart Factory · Smart Healthcare |
| Hyper Connection (mMTC) | <ul style="list-style-type: none"> · Smart Home and Smart Office · Smart City · Smart Energy Grid |

표 1에서 보는 바와 같이 5G 네트워크의 초고속(eMBB), 초저지연(URLLC), 초연결(mMTC) 특성은 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 즉, 5G 네트워크의 초고속(eMBB) 특성을 활용해 초고화질 영상, 실감형 콘텐츠, 그리고 FWA 서비스 등을 구현할 수 있고, 초저지연(URLLC) 특성을 활용해서 자율주행 자동차, 스마트 팩토리, 스마트 헬스케어 서비스 등을 구현할 수 있으며, 초연결(mMTC) 특성을 활용해서는 스마트 홈·오피스, 스마트 시티, 스마트 에너지 그리드 등을 구현할 수 있다[16]. 특히 국방부는 국방개혁 2.0 차원에서 상황·안전관리체계, 과학화훈련체계, 그리고 무인전투체계 등을 구축하려는 계획을 가지고 있는데 이러한 체계들이 효과적으로 구축되고 정착되기 위해서는 초고속(eMBB), 초저지연(URLLC), 초연결(mMTC) 특성을 갖는 5G 네트워크의 도입이 반드시 필요하다!

III. 작전환경 변화에 따른 전투훈련 소요 도출

이번장에서는 국방개혁 2.0에 기초하여 미래전장의 작전환경 변화에 따른 대한민국 육군의 변화와 혁신 방향에 대해 살펴본다. 또한 변화하는 환경에 부합하는 미래 보병전투원의 전투훈련 소요를 도출한다. 이렇게 도출된 전투훈련 소요는 향후 4장에서 미래형 통합전투훈련플랫폼을 구축하기 위한 기초자료로 활용된다.

3-1 대한민국 육군의 변화와 혁신 방향

현재 대한민국 육군이 추진하고 있는 국방개혁 2.0에 따르면 향후 대한민국 육군은 미래전장의 작전환경 변화에 대응하기 위해 현재 보병연대 편제를 보병여단 편제로 전환하고, 작전지역도 2배 이상 확대될 전망이다. 이러한 변화에 대응하기 위해 대한민국 육군은 기동화, 네트워크화, 지능화를 추진하고 있다[1, 2].

먼저 기동화와 관련하여 넓어진 작전지역은 모든 부대에 방탄기능을 갖추고 원격 사격통제 체계(RCWS)가 탑재된 차륜형 장갑차를 편제하여 기동력과 화력, 생존성을 향상시킬 전망이다. 다음으로 네트워크화를 통해 모든 전투플랫폼이 네트워크로 연결되어 실시간 전장가시화가 가능해지고, 개별 장비들이 네트워크를 통해 서로 연결됨으로써 전투 시너지(Synergy) 효과가 발생하게 될 것이다. 마지막으로 지능화와 관련해서는 인공지능(AI) 기술을 활용해 지휘통제체계 및 상황판단을 자동화하고, 무인 자율 전투체계를 활용해 위험한 업무를 대체할 것이며, 다양한 영역에서 자동화 및 자율화체계가 구축될 전망이다[17].

이와 같은 변화를 통해 향후 대한민국 육군의 임무수행 기본단위는 분대 단위 혹은 팀 단위까지 세분화될 것이며, 작전지역이 넓어진 만큼 넓게 분산된 작전현장에 전투원 개개인의 상황판단, 결심, 행동의 결과가 전체 작전의 국면을 좌우하는 양상으로 변화될 것이다. 따라서 예전과는 달리 이제는 지휘관(자) 혼자 모든 것을 결심하고 감독할 수 없으며 지휘관(자)와 각개 전투원이 공통의 상황인식(Situational Awareness, SA) 하에서 임무를 수행하여야 하기 때문에 임무형 지휘가 보편화될 것이다[18]. 또한 작전반경의 확대와 병력의 감축에 따른 개별 전투원의 전투수행능력 향상이 매우 중요해졌으며 이를 보장하기 위해 대한민국 육군은 각개 전투원들의 전투효율성을 극대화하기 위해 워리어플랫폼(Warrior Platform) 사업을 추진하고 있다[17]. 따라서 향후 우리 군의 군사훈련중점도 변화된 작전환경 및 임무수행절차를 반영하여야 할 것이다.

3-2 미래 보병전투원의 전투훈련 소요

앞서 3-1절에서 설명했듯이 향후 미래전장에서 넓어진 작전반경을 극복하기 위해서는 임무형 지휘가 활성화될 것이다. 이

때 임무형 지휘를 위해서는 지휘관(자)와 각개 전투원이 공통의 상황인식(SA) 하에서 작전을 수행하는 것이 매우 중요한데 이를 보장하기 위해서는 효과적인 지휘통제체계(Command and Control System)가 필수적이다. 지휘관(자) 및 각개전투원은 지휘통제체계를 통해 작전현장과 지휘통제실 간 실시간으로 정보를 주고받음으로써 상황을 공유하고, 정확한 정보를 바탕으로 신속한 지휘결심 및 임무수행을 통해 효과적인 작전수행이 가능하여야 한다[3]. 이러한 지휘통제체계는 최초 명령하달, 작전지역으로 기동, 작전수행 등 임무수행 전반에 걸쳐 지속적으로 활용될 수 있도록 구성되어야 하며, 효과적인 체계 활용을 위해서 반복 및 숙달이 요구된다.

향후 대한민국 육군은 넓어진 작전지역에 효과적으로 대응하기 위해 대대단위의 모뎀화 및 기동화를 통해 신속대응군으로 전환될 예정이다. 따라서 평소에는 주둔지에서 대기하다가 상황이 발생하면 분대단위로 할당되는 장갑차 혹은 소형전술차량을 이용해 작전지역까지 신속히 기동하여야 한다. 이를 위해 향후 서부(전방/예비 포함) 축선은 소형전술차량 및 차륜형 장갑차, 중부축선은 소형전술차량과 K200장갑차, 동부축선은 소형전술차량이 분대당 1대씩 편성되어 운용될 예정이다[17]. 기존의 보병이 행군을 통해 작전지역으로 이동하였다면 미래 각개전투원들은 보병전투차량을 탑승하여 작전지역까지 이동하게 된다. 따라서 보병전투차량을 활용한 기동훈련이 새롭게 요구되며 이를 위한 훈련체계 개발도 병행되어야 한다.

한편 미래전장의 작전환경 변화와 상관없이 보병전투원이라면 기본적으로 숙달하여야 하는 소부대전투기술에 대한 훈련은 변함없이 실시되어야 한다. 즉, 미래에 비록 작전지역이 넓어지고 보병전투차량 등을 이용해 기동화가 이루어진다고 해도 보병전투원이 전투차량에서 하차한 이후의 임무나 작전수행 방식은 기존과 대등소이하기 때문에 보병전투원으로서 갖추어야 할 전투사격 및 근접전투(Close Quarters Battle, CQB) 기술 숙달은 기존과 동일하게 이루어져야 한다.

IV. 미래형 통합전투훈련플랫폼 구축방안

이번장에서는 확장현실(XR), 디지털 트윈(DT), 그리고 5G 네트워크를 활용한 미래형 통합전투훈련플랫폼 구축방안을 제시한다. 이때 미래형 통합전투훈련플랫폼은 앞서 3장에서 살펴본 국방개혁 2.0에 따른 대한민국 육군의 미래전장의 작전환경 변화와 그에 따른 군사훈련소요를 충분히 반영할 수 있어야 한다. 즉, 미래형 통합전투훈련플랫폼은 지휘통제훈련, 보병전투차량을 활용한 기동훈련, 그리고 소부대전투기술훈련이 가능하도록 구축되어야 한다.

이에 부가하여 미래형 통합전투훈련플랫폼은 전투원으로 하여금 실제 작전환경에서 훈련하는 것과 유사한(나아가 동일한) 훈련환경 및 훈련절차를 제공하고, 실 기동훈련과 병행할 수 있게 함으로써 전투훈련에 대한 시너지(Synergy) 효과를 창출할 수 있어야 한다. 또한 기술적인 발전과 발맞춰 성능을 향

1) https://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2019/05/22/2019052202832.html

상시켜 미래에는 전투원들로 하여금 미래형 통합전투훈련플랫폼을 활용한 훈련과 실제 기동훈련의 차이를 느끼지 못하는 수준까지 발전시켜야 하며 궁극적으로는 대한민국 육군의 합성훈련환경(STE) 구축과 연계되어야 한다.

위와 같은 요구를 충족하기 위해 본 논문에서 제안하는 미래형 통합전투훈련플랫폼은 확장현실(XR) 지휘통제체계, 확장현실(XR) 전투차량체계, 확장현실(XR) 전투기술훈련체계, 그리고 확장현실(XR) 초실감 가상전장체계로 구성된다. 또한 미래형 통합전투훈련플랫폼의 각 체계는 5G 네트워크를 통해 연동 및 동기화함으로써 통합훈련이 가능해야 한다.

4-1 확장현실(XR) 지휘통제체계

확장현실(XR) 지휘통제체계는 작전현장의 각개전투원들로부터 수집되는 영상정보 및 작전현장 정보를 바탕으로 공통작전상황도(Common Operational Picture, COP)를 작성하고, 작성된 공통작전상황도(COP)를 실시간으로 작전현장의 전투원에게 전파함으로써 지휘관(자)과 각개전투원이 공통의 상황인식(SA) 하에서 작전을 수행할 수 있도록 보장한다.

본 논문에서 구현하고자 하는 확장현실(XR) 지휘통제체계는 육사 주관의 콘소시움에서 既 개발한 5G 기반 증강현실(AR) 통합 지휘통제플랫폼[5]을 기반으로 구현된다. 즉, 지휘통제실에서는 증강현실(AR) 기반의 3차원 지형 시각화 기술, 다중 사용자 인터페이스, 위게임 시뮬레이션 기능 등을 활용해 3차원 공통작전상황도(CoP)를 이용한 전투지휘훈련 및 위게임 훈련이 가능하고, 2차원 공통작전상황도(CoP)를 작성해 작전현장의 각개전투원들에게 실시간으로 공유함으로써 공통의 상황인식(SA)을 보장한다. 또한 확장현실(XR) 전투차량체계 및 확장현실(XR) 전투기술훈련체계와 5G 네트워크를 통해 실시간으로 연동함으로써 협업기반의 상황조치를 가능하다.



그림 3. 확장현실(XR) 지휘통제체계 개념도[5]
 Fig. 3. The Concept of XR Command and Control Platform [5]

4-2 확장현실(XR) 전투차량체계

앞서 3.2장에서 살펴봤듯이 향후 넓어진 작전지역에 대해 효과적으로 대응하기 위해서는 보병전투차량을 이용한 신속대응이 필수적이다.

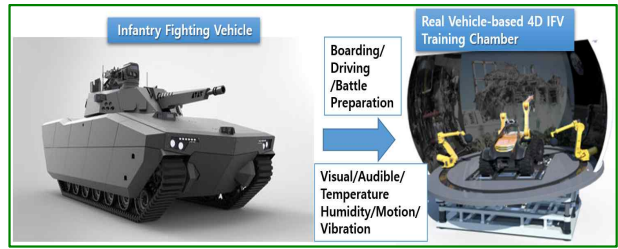


그림 4. 확장현실(XR) 전투차량체계 구현 개념도
 Fig. 4. The Concept of XR Infantry Fighting Vehicle(IFV) System

본 논문에서 제한하는 확장현실(XR) 전투차량체계는 각개전투원이 주둔지로부터 작전현장까지 보병전투차량으로 기동하는 것을 묘사하되 각개전투원들로 하여금 실제 보병전투차량을 탑승한 것과 동일한 승차감 및 피로도를 제공할 수 있어야 한다.

그림 4에서 보는바와 같이 확장현실(XR) 전투차량체계는 실 보병전투차량(Infantry Fighting Vehicle, IFV)의 특성을 그대로 묘사할 수 있도록 실차기반 4차원 기동훈련 챔버(chamber) 형태로 구성된다. 이를 위해서 실차량 기반 실시간 운동감 생성 기술과 시각·청각·온도·습도·진동 효과를 표현할 수 있는 4차원 효과 제공 기술이 활용된다. 군용 차량훈련 시뮬레이션 체계와 관련해서는 ECG 社(<https://www.ecagroup.com>)의 차량 시뮬레이터와 같이 단독체계로 운용되는 시뮬레이터는 이미 많이 개발되어 활용되고 있다. 하지만 본 논문에서 제안하는 확장현실(XR) 전투차량체계는 5G 네트워크를 통해 확장현실(XR) 지휘통제체계 및 확장현실(XR) 전투기술훈련체계와 실시간으로 연동되어 다양한 시나리오 기반으로 협업기반의 기동훈련이 보장된다는 차이가 있다.

4-3 확장현실(XR) 전투기술훈련체계

확장현실(XR) 전투기술훈련체계는 소부대 전투원들이 반드시 숙달해야 하는 사격훈련, 근접전투(CQB) 훈련, 그리고 각종 상황조치훈련을 위한 전투훈련체계이다. 확장현실(XR) 전투기술훈련체계는 지휘관(자)로부터 하달된 임무를 수행하기 위한 다양한 전술적 행동(앉아싸, 쪼그려싸, 엎드려싸, 포복, 약진 등)이 가능하도록 하여 훈련자의 이동성에 제약이 있는 기존 가상훈련시스템의 한계점을 극복할 수 있는 개인 및 팀단위 전투기술 숙달을 목표로 하고 있다.



그림 5. 확장현실(XR) 전투기술훈련체계 개념도
 Fig. 5. The Concept of XR Combat Skill Training System

확장현실(XR) 전투기술훈련체계는 육사 주관의 콘소시움에서 既 개발한 정밀사격시스템인 MARS 300[5]의 공간동기화 기술, 실시간 모션 및 총구 트래킹 기술, 훈련자 행동인식 기술, 개인화기 탄도 추적기술, 반응형 피탄조기 제작기술 등의 핵심 기술에 한국전자통신연구원(ETRI)에서 개발한 360도 전방향 기동 트레드밀 기반의 초실감 가상현실(VR 훈련시스템2)의 훈련자 정밀자세 및 행동인식 기술, 그리고 3차원 전방향 이동 장치 및 정밀제어 기술을 접목하여 정밀성과 실전성을 강화한다. 확장현실(XR) 전투기술훈련체계는 독립(stand-alone) 형태로 운용되어 상호협업이 제한되는 기존의 가상 전투훈련플랫폼들의 단점을 보완하기 위해 5G 네트워크를 통해 다수의 확장현실(XR) 전투기술훈련체계를 연동함으로써 분대 혹은 팀단위 전투기술 숙달이 가능하도록 구성된다. 또한 5G 네트워크를 통해 확장현실(XR) 지휘통제체계 및 확장현실(XR) 전투차량체계와도 실시간으로 연동된다. 그림 5는 확장현실(XR) 전투기술훈련체계의 구현 개념도를 보여준다.

4-4 확장현실(XR) 초실감 가상전장체계

확장현실(XR) 초실감 가상전장체계는 실제 작전환경을 가상환경으로 모사(twinning)하고, 모사된 작전환경 및 훈련콘텐츠를 5G 네트워크를 활용해 확장현실(XR) 지휘통제체계, 확장현실(XR) 전투차량체계, 그리고 확장현실(XR) 전투기술훈련체계와 실시간으로 공유 및 동기화함으로써 전 훈련 단계에 있어 동일한 가상훈련환경을 조성하여 기상이나 환경 등의 물리적인 제한 없이 군사훈련이 가능하게 한다.

확장현실(XR) 초실감 가상전장체계는 육군사관학교 주관의 콘소시움이 증강현실(AR) 기반 지휘통제훈련(AR CPX) 시뮬레이터[3] 구현을 위해 개발한 3차원 작전지형도 구현기술을 바탕으로 구현된다. 이때 3차원 작전지형도 구현기술을 활용하며 국토지리정보원으로부터 획득된 지형정보를 바탕으로 한반도 전역의 3차원 작전지형도를 실시간으로 생성할 수 있다. 북한지역과 같이 지형정보를 획득할 수 없는 경우에는 한국전자통신연구원(ETRI)에서 개발한 3차원 합성전장 생성 및 가시화 기술3)을 활용할 수 있다. 3차원 합성전장 생성 및 가시화기술은 위성, 중고도 정찰기, 저고도 무인항공기 등 다양한 영상획득장치로부터 획득된 영상정보를 바탕으로 3차원 공간정보를 실시간으로 가시화한다. 또한 디지털 트윈을 위한 도시 단위의 공간정보 구축방안[19]과 같은 다양한 공간 디지털 트윈 기술과 사물인터넷(IoT) 기술들을 접목하여 실제 작전환경과 가상의 작전환경을 서로 동기화한다면 보다 현실적이고 실질적인 훈련환경을 조성할 수 있을 것이다. 궁극적으로는 훈련자들로 하여금 실제 작전지역에서 훈련하는 것과 디지털 트윈(DT) 기술을 활용해 제작된 가상훈련환경에서 훈련하는 것을 구분할 수 없을 정도로 동기화시키는 것이다.

2) <https://www.etri.re.kr/webzine/20190719/sub02.html>
 3) <http://mtnews.net/m/view.php?idx=988>

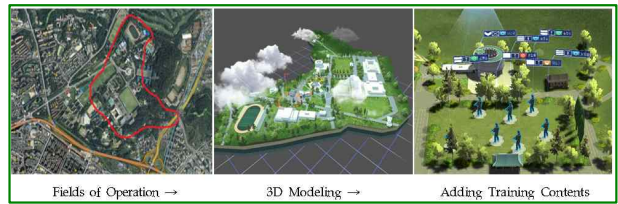


그림 6. 초실감 전장환경 및 교육훈련 콘텐츠 제작 과정
 Fig. 6. Building an Ultra-realistic Virtual Battlefield

그림 6은 작전지역을 촬영해 3차원 공간을 생성하고, 3차원 모델링을 통해 훈련환경을 조성한 뒤, 다양한 훈련 상황 콘텐츠를 추가함으로써 가상전장 환경 및 훈련콘텐츠를 제작하는 과정을 보여준다.

4-5 체계통합

미래형 통합전투훈련플랫폼을 활용한 훈련에서 각개전투원은 확장현실(XR) 지휘통제체계를 통해 임무를 부여 받고, 확장현실(XR) 전투차량체계에 탑승해 작전지역으로 기동하며, 작전지역에 도착해서는 보병전투차량에서 하차한 뒤 확장현실(XR) 전투기술훈련체계에 들어가 전투임무를 수행하게 된다. 이러한 일련의 훈련과정은 각개전투원이 실제로 임무를 수행하는 절차와 동일하게 진행되어야 한다. 따라서 확장현실(XR) 지휘통제체계, 확장현실(XR) 전투차량체계, 그리고 확장현실(XR) 전투기술훈련체계는 확장현실(XR) 초실감 가상전장체계를 중심으로 연동 및 동기화되어야 한다.

그림 7에서 보듯이 확장현실(XR) 초실감 가상전장체계에서 구현된 디지털 트윈(DT) 및 확장현실(XR) 기반 전장환경 및 훈련 시나리오, 그리고 초실감 훈련콘텐츠는 5G 네트워크를 통해 확장현실(XR) 지휘통제체계, 확장현실(XR) 전투차량체계, 그리고 확장현실(XR) 전투기술훈련체계와 실시간으로 공유된다. 따라서 개별전투원들은 어느 체계에서 어떤 훈련을 하든 동일한 전장 환경에서 협조된 교육훈련이 가능하다. 이러한 미래형 통합전투훈련플랫폼은 향후 다양한 인원과 장비가 추가되면 대한민국 육군이 추구하고 있는 합성훈련환경(STE)으로 발전되어 갈 수 있다.

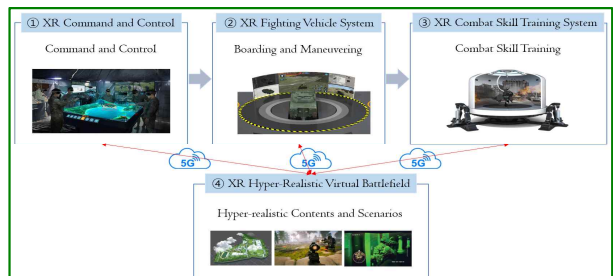


그림 7. 미래형 통합전투훈련플랫폼 구성도
 Fig. 7. The Future Integrated Combat Training Platform

V. 미래형 통합전투훈련플랫폼 활용 시나리오

이번장에서는 앞서 4장에서 제안한 미래형 통합전투훈련체계의 활용 시나리오에 대해 토의한다. 미래의 전투양상을 고려했을 때 향후 대한민국 육군은 8명으로 구성된 분대 단위로 임무를 수행하게 될 것이다[1]. 따라서 본 논문에서는 8명으로 구성된 1개 분대가 미래형 통합전투훈련플랫폼을 활용해 훈련하는 방안에 제시한다.

그림 8에서 보는바와 같이 분대단위 훈련을 위한 미래형 통합전투훈련플랫폼의 경우 확장현실(XR) 지휘통제체계 1세트, 확장현실(XR) 전투차량체계 1대, 그리고 확장현실(XR) 전투기술훈련체계 8대로 구성된다. 이때 확장현실(XR) 초실감 가상전장체계는 앞서 4.5장에서 설명한 바와같이 전체 체계를 5G 네트워크로 연동해 전장환경 및 훈련 시나리오, 그리고 초실감 훈련콘텐츠를 실시간으로 공유한다.

확장현실(XR) 지휘통제체계를 활용한 분대단위 전투훈련은 그림 8에서 보는바와 같이 ① 작전명령 하달, ② 차량 탑승 및 기동, ③ 작전지역 투입, ④ 작전임무 수행 순으로 진행된다.

(1) 작전명령 하달 : 작전투입에 앞서 분대장은 확장현실(XR) 지휘통제체계를 활용해 분대원들에게 작전현황을 브리핑한다. 이때 분대장은 아군 및 적 상황과 분대의 임무에 대해 설명하고, 분대의 임무를 완수하기 위해 각 분대원들이 수행해야 할 세부 임무를 부여한다. 또한 임무수행간 발생할 수 있는 우발상황을 포함해 임무수행 전반에 대한 충분한 위게임(war-game)을 수행한다. 이를 통해 각 분대원들이 자신의 임무를 충분히 숙지하고, 임무를 수행할 수 있는 준비가 가능하다. **(2) 차량 탑승 및 기동** : 작전명령 하달이 끝나면 전 분대원들은 확장현실(XR) 전투차량체계에 탑승해 작전지역까지 기동을 실시한다. 이때 기동간 훈련목적에 맞는 다양한 전술적 상황을 부여하고, 필요한 행동을 숙달할 수 있다. **(3) 작전지역 투입** : 확장현실(XR) 전투차량체계를 이용해 기동한 후 작전지역에 도착하면 분대원들은 전투차량체계에서 하차하여 개인별로 할당된 확장현실(XR) 전투기술훈련체계로 들어간다. **(4) 작전임무 수행** : 전투차량에서 하차하여 개인별로 확장현실(XR) 전투기술훈련체계로 들어간 이후 각 분대원들은 작전명령 하달 단계에서 분대장이 자신에게 부여된 임무를 수행한다. 이때 8대의 확장현실(XR) 전투기술훈련체계는 확장현실(XR) 초실감 가상전장체계에서 생성된 전장환경 및 훈련 시나리오, 그리고 초실감 훈련콘텐츠를 5G 네트워크를 활용해 실시간으로 공유하기 때문에 실제훈련과 마찬가지로 분대원들 사이에서 협조된 훈련이 가능하다.

이번장에서는 8명으로 구성된 보병 분대단위 전투훈련에 미래형 통합전투훈련플랫폼을 활용하는 시나리오를 예시로 들었으나 훈련하고자 하는 부대의 규모, 성격, 활용방안에 따라 미래형 통합전투훈련플랫폼에 대한 다양한 확장 및 변경이 가능하다. 예를 들어 소대단위 훈련을 위해서는 그림 8에서 보이는 분대단위 훈련장 3세트를 묶어서 5G 네트워크로 연동하면 된다.

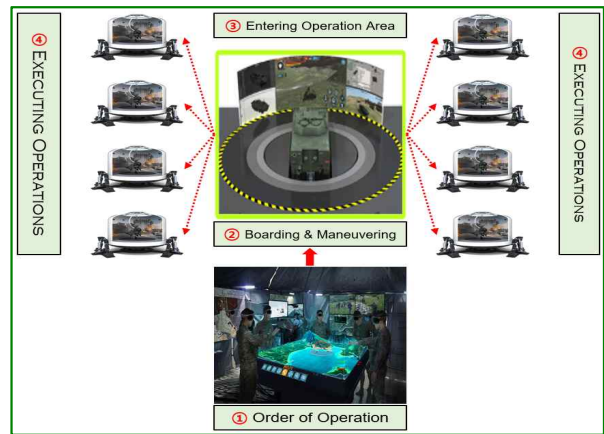


그림 8. 분대단위 훈련을 위한 활용 시나리오
Fig. 8. Usage Scenario for Squad-level Training

나아가 만일 확장현실(XR) 전투차량체계를 다른 기동수단으로 대체하는 경우 일반 보병이 아닌 다른 성격의 부대에서도 활용이 가능하다. 일례로 확장현실(XR) 전투차량체계를 확장현실(XR) 상륙정체계로 바꾸고 훈련시나리오 및 콘텐츠를 해병대 훈련목적으로 바꾼다면 해병대의 상륙작전 훈련용으로 활용이 가능할 것이다. 또한 보병전투차량을 K9자주포로 교체하면 K9자주포 전투훈련 플랫폼으로도 쉽게 활용이 가능하기 때문에 향후 다양한 부대 전투훈련플랫폼들과 쉽게 통합 및 확장이 가능할 것으로 기대된다.

VI. 기대효과

본 논문에서 제안한 미래형 통합전투플랫폼은 실제훈련을 초실감 가상훈련으로 대체할 수 있기 때문에 군사적 측면, 사회적 측면, 경제적 측면, 그리고 기술적 측면에서 다음과 같은 효과를 거둘 수 있다.

첫 번째, 군사적 측면에서 미래형 통합전투플랫폼을 활용하면 개인 및 팀단위의 협조된 실전적 훈련이 가능하고, 디지털트윈 및 확장현실(XR) 기반 초실감 콘텐츠 제작 및 공유를 통해 다양한 전장환경에 대한 묘사가 가능하므로 전투현장이나 대테러 현장 투입에 앞서 사전훈련을 통해 작전 성공률을 향상시킬 수 있다. 특히 초실감형 콘텐츠 제작 및 공유기술은 향후 합성전장훈련환경(STE) 구현을 통한 지능형 합성전장훈련체계(Live, Virtual, Constructive, and Gaming, LVCG)로 확장 가능하다는 부가적인 장점도 있다.

두 번째, 사회적인 측면에서 미래형 통합전투플랫폼을 활용하면 개인 및 기계화 장비의 부대이동을 최소화하여 부대이동에 따른 도로 및 교량 파손, 교통체증 및 교통사고 유발, 소음 및 먼지 발생 등에 따른 사회적 비용을 절감할 수 있다. 특히 대도시 주변에 軍 실기동 훈련장이나 사격장을 구축하는 대신 미래

형 통합전투훈련플랫폼 기반의 과학화 훈련장을 구축하면 적은 면적만으로도 소기의 목적을 달성할 수 있으므로 국토를 훨씬 효율적으로 활용할 수 있다.

세 번째로 경제적인 측면에서 살펴보면 먼저 현재 우리나라 K계열 무기체계(K2 소총, K-21 보병전투차량 등)를 수입해서 활용하고 있는 국가들에서 훈련목적으로 미래형 통합전투훈련 플랫폼을 적극 도입할 것으로 예상된다. 또한 민간분야에서는 미래형 통합전투훈련플랫폼을 게임화해 서바이벌 동호회 중심의 레저산업 육성을 위해 활용하는 것도 고려가 가능할 것이다. 최근 코로나19로 국내 경제 전반의 침체가 심각한 상황에서 해외수출 및 레저산업 육성을 통해 일자리 창출 및 수출에 크게 기여할 것으로 판단된다.

마지막으로 기술적인 측면에서는 미래형 통합전투플랫폼 개발을 통해 초실감 스포츠 시뮬레이터 개발, 초실감 산업안전 훈련 시스템 개발, 차세대 실감형 게임 개발 등으로 이어질 수 있는 상용화 기술 개발이 가능하다. 또한 디지털 트윈(DT) 기술 개발 및 군사훈련 콘텐츠 개발을 통해 국내 디지털트윈 및 확장현실(XR) 기술 시장의 저변을 확대하고, 해당 기술들에 대한 국내·외 경쟁력 확보가 가능할 것으로 판단된다.

VII. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서 우리는 5G 네트워크 환경에서 디지털 트윈(DT) 기술 및 확장현실 기술을 활용한 미래형 통합전투훈련플랫폼 구축 방안을 제시하였다. 제안된 미래형 통합전투훈련플랫폼은 확장현실(XR) 지휘통제체계, 확장현실(XR) 전투차량체계, 확장현실(XR) 전투기술훈련체계, 그리고 확장현실(XR) 초실감 가상전장체계로 구성되며, 5G 네트워크를 통해 각각의 시스템을 연동 및 동기화함으로써 통합적인 군사훈련이 가능하다. 또한 네트워크를 통해 연동되는 특성 때문에 부대의 규모, 성격, 활용방안에 따라 다양하게 확대적용할 수 있다. 이러한 미래형 통합전투플랫폼은 실제훈련을 초실감 가상훈련으로 대체할 수 있기 때문에 군사적 측면, 사회적 측면, 경제적 측면, 그리고 기술적 측면에서 많은 효과를 기대할 수 있으며 장차 대한민국의 육군이 추구하고 있는 합성훈련환경(STE) 구축[9] 및 아티타이거 4.0 추진을 위한 초석이 될 수 있을 것으로 예상된다.

향후 우리는 각각 독립적인 체계로 개발되어 있는 각각의 체계들(지휘통제체계, 전투차량체계, 정밀사격체계, 전술훈련체계 등)을 현재 육군사관학교에서 추진중인 소부대 과학화 훈련체계 시범사업[4]과 연계하여 본 논문에서 제시한 방안으로 통합함으로써 미래형 통합전투훈련플랫폼을 구축하고, 사관생도 및 기간장병들에게 시범적용하여 그 타당성 및 성능을 검증한 뒤, 향후 대한민국 육군의 표준 가상훈련 교육플랫폼으로 확대 도록 노력할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2021년 육군사관학교 화랑대연구소의 연구비 지원을 통해 연구되었습니다.

참고문헌

- [1] Suh Wook, "Future Army Innovation Initiative Army Tiger 4.0", Korean Army, 2019.
- [2] ByungJun Ahn, Sooyeon Cho, "Study on the development plan of the command and control communication system for The Korea Army TIGER System 4.0, Defense and Technology, Vol.-No. 479. 2019. <http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07589572>
- [3] Kyuyong Shin, Wonwoo Lee, Dongwook Kim, "Developing an Augmented Reality-based Integrated Command and Control Platform under 5G Technologies and Its Applications", The Journal of Digital Contents Society, Vol. 21, No. 5, May 2020.
- [4] Kyuyong Shin, Sehwan Lee, "Developing an XR based Hyper-realistic Counter-Terrorism, Education, Training, and Evaluation System", Convergence Security Journal, Vol. 20, No. 5. December 2020.
- [5] Byounghwak Lee, Jonghwan Kim, Kyuyoung Shin, Dongwook Kim, Wonwoo Lee, Namhyuk Kim, "A study on the actual precision shooting training based on virtual reality", Convergence Security Journal, Vol. 18, No. 4. October 2018.
- [6] Sangjun Park, Kyuyoung Shin, Dongwook Kim, Tai Hyo Kim, Hyo Bin Roh, Wonwoo Lee, "Developing an AR based Command Post eXercise(CPX) Simulator", Convergence Security Journal, Vol. 18, No. 5. December 2018.
- [7] Jinsuk Kang, Hyunsuk Jung, "Server, method, wearable device for supporting maintenance of military apparatus based on augmented reality, virtual reality or mixed reality", Patent KR101874461B1, 2018.
- [8] Myunghwan Park, Sangsoo Lee, Ki Seok Jeon, Hyeonju Seol, "A Study on the Development Direction of Education and Training System based on AR/VR Technology", Journal of the KIMST, Vol. 22, No. 4, pp. 545-554, 2019.
- [9] Sandeep Dhingra, "Augmented or virtual reality in defence: Revolutionising military missions", Financial Express, October 21, 2020. <https://www.financialexpress.com/defence/augmented-or-virtual-reality-in-defence-revolutionising-military-missions/2110574/>
- [9] Heenam Lee, "Trends of developing training in advanced

countries and direction of the Army", Journal of Advances in Military Studies, Vol. 3 No. 2, 2020.

[10] Sanika Doolani et al., "A Review of Extended Reality (XR) Technologies for Manufacturing Training", Technologies 2020, 8(4), 77; <https://doi.org/10.3390/technologies8040077>

[11] Jaeho Moon, "XR (Extended Reality) use case in response to non-face-to-face demand", AI Times, September 2020. <http://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=132480>

[12] Rich Rabbitz and Chris Crouch, "Combining VR, AR, Simulation, and the IoT to Create a Digital Twin", Lockheed Martin Corporation, 2018. <https://on-demand.gputechconf.com/gtc/2018/presentation/s8879-combining-vr-ar-simulation-and-the-iot-to-create-a-digital-twin.pdf>

[13] Keunbong Sock, Yoonmi Kim, Kwangyoung Lee, Hyungsam Kim, Jaekyung Lee, "Military Applications of Digital Twin Technology", Defense and Technology, Vol.-No. 475. 2018. <http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07524183>

[14] Matthew Struthers, "The case for a military Spatial Digital Twin", Australian Army Research Centre, May 2020. <https://researchcentre.army.gov.au/library/land-power-forum/cas-e-military-spatial-digital-twin>

[15] Hakyong Kim, "Understanding 5G service implementation technology", Broadcasting and Media Magazine Vol. 24, No 3, July 2019. <https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NODE08764876>

[16] Samjung KPMG, "Industrial ecosystem change triggered by 5G Technology", Samjong INSIGHT Vol. 63, 2019. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/kr/pdf/2019/kr-insight63-5g-ecosystem-20190227.pdf>

[17] Roh Yang Kyu, "A Study on the Promotion of Warrior Platform and Future Development Plan", Military Research and Development Vol. 14, No. 1, August 2020.

[18] Won Suck Yang, Su Young Ryu, "A Study of Scale Development of Korean-typed Mission Command and Validation", Journal of Military History Studies, Vol.-No. 143, 2017

[19] Seung-Yub Kim, Ho-Hyun Lee, Eun-Soo Choi, Je-Ung Go, "A Case Study on the Construction of 3D Geo-spatial Information for Digital Twin Implementation", Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, Vol. 23, No. 3, 2020.



신규용(Kyuyong Shin)

1996년 : 육군사관학교 전산학과 (학사)
 2000년 : 한국과학기술원 전산학과 (석사)
 2009년 : (美)노스캐롤라이나 주립대 (NCSU) (박사)

2009년~현재 : 육군사관학교 컴퓨터과학과 교수
 ※ 관심분야 : 분산시스템, 네트워크, 보안, 사이버전, 가상현실 훈련체계



최형진(Hyung-Jin Choi)

1997년 : 육군사관학교 정보과학과 (학사)
 2002년 : 서울대학교 지구환경과학과 (석사)
 2011년 : (美)조지아공과대학 (GeorgiaTech) (박사)

2011년~현재 : 육군사관학교 토목·환경학과 부교수
 ※ 관심분야 : 대기환경, 위성자료, 디지털 트윈



박상준(Sangjoon Park)

1988년 : 경북대학교 전자공학과 (학사)
 1990년 : 경북대학교대학원 전자공학과 (석사)
 2006년 : (美)노스캐롤라이나 주립대 (NCSU) (박사)

2006년~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
 2009년~현재 : 과학기술연합대학원 대학교 겸임교수
 2019년~현재 : 육군 과학기술 전문위원
 2019년~현재 : 육군 인공지능(AI) 연구발전 자문위원
 2014년~현재 : 국토지리정보원 전문위원
 1990년~2001년 : 국방과학연구소 선임연구원
 ※ 관심분야 : 위치인식, 가상/증강현실 훈련시스템, 인공지능 지휘통제, 센서 네트워크, 행동인식