

미래 지휘통제체계의 효율적 전장 가시화를 위한 기능 영역별 첨단기술 적용방안

박 상 준*, 강 정 호**, 이 용 준***, 김 지 원****

요 약

지휘통제체계는 지휘, 통제, 통신, 컴퓨터, 정보의 5대 요소를 자동화하여 전장을 효율적으로 관리하는 통합 전장 정보체계로 적의 위치, 상황 및 작전 결과를 수집하고 분석하여 모든 제대가 실시간으로 동일한 상황을 파악하며 지휘 결심과 임무 지시를 최적화하는데 중요한 역할을 한다. 그러나 현행 지휘통제체계는 각 군별 전장상황 위주 단일 영역에서의 전장가시화를 시켜주는 구조만으로는 신규 무기체계 도입 때 마다 한계가 발생한다. 지상, 해상, 공중 영역뿐만 아니라 사이버 및 우주 영역까지 확대되는 미래 전장에서 다양한 무기체계들의 유기적인 데이터들이 모여 사용자가 원하는 전장상황을 신속하게 가시화한다면 보다 향상된 지휘통제결심이 가능할 것이다. 이에 본 연구는 미래 지휘통제체계의 적용가능한 가시화 기술을 지도 영역, 상황도 영역, 디스플레이 영역으로 나뉘 적용방안을 연구하였다. 이러한 미래 지휘통제체계의 기술 구현은 5G 네트워크와 같은 다양한 데이터 및 통신 수단을 기반으로 하여, 고품질의 다양한 정보를 활용하여 현실적이고 효율적인 전장 상황 인식을 가능하게 하는 초연결 전장가시화가 가능할 것으로 기대한다.

Research on functional area-specific technologies application of future C4I system for efficient battlefield visualization

Sangjun Park*, Jungho Kang**, Yongjoon Lee***, Jeewon Kim****

ABSTRACT

C4I system is an integrated battlefield information system that automates the five elements of command, control, communications, computers, and information to efficiently manage the battlefield. C4I systems play an important role in collecting and analyzing enemy positions, situations, and operational results to ensure that all services have the same picture in real time and optimize command decisions and mission orders. However, the current C4I has limitations whenever a new weapon system is introduced, as it only provides battlefield visualization in a single area focusing on the battlefield situation for each military service. In a future battlefield that expands not only to land, sea, and air domains but also to cyber and space domains, improved command and control decisions will be possible if organic data from various weapon systems is gathered to quickly visualize the battlefield situation desired by the user. In this study, the visualization technology applicable to the future C4I system is divided into map area, situation map area, and display area. The technological implementation of this future C4I system is based on various data and communication means such as 5G networks, and is expected to enable hyper-connected battlefield visualization that utilizes a variety of high-quality information to enable realistic and efficient battlefield situation awareness.

Key words : C4I, Battlefield visualization, COP

접수일(2023년 09월 15일), 수정일(1차: 2023년 10월 09일),
2차: 2023년 10월 17일), 게재확정일(2023년 10월 23일)

* 국방기술진흥연구소(주저자)

** 국방전산원(공동저자)

*** 극동대학교/인공지능보안학과(공동저자)

**** 상지대학교/군사학과(교신저자)

1. 서 론

지휘통제체계 즉, C4I 체계는 지휘(command), 통제(control), 통신(communication), 컴퓨터(computer), 정보(intelligence)의 5대 요소를 자동화해 전장(戰場)을 한눈에 보면서 전력을 입체적으로 활용하여 전쟁을 치를 수 있는 무기체계이다[1]. 지휘통제체계는 아군 및 적군의 위치와 병력, 전투력 현황을 가시화하고 작전계획을 수립하거나 작전수행 결과 등을 확인할 수 있을 뿐만 아니라 각종 센서와 타격체계를 연동하여 모든 제대가 실시간에 동일한 상황인식(Situation Awareness, SA)을 하도록 하여 최적의 지휘결심 및 임무지시를 지원하게 된다.

이러한 지휘통제체계로 합참은 KJCCS를, 육군은 ATCIS, 해군은 KNCCS, 공군은 AFCCS 등을 개발하여 운용하고 있으며, 최근 IT 기술의 급격한 발전과 작전환경 변화에 따른 시대적 요구에 따라서 지휘통제체계의 개선 및 발전을 모색하고 있다[2]. 그러나 KJCCS를 비롯한 ATCIS, KNCCS, AFCCS와 같은 C4I체계는 운용 과정에서 여러 가지 제한사항이 제기되어 왔으며, 이에 대한 해결이 요구되고 있다[2, 3]. 또한, 미래의 전장에서 우위를 유지하기 위해서는 기존의 지상, 해상, 공중영역에서 사이버, 우주로 그 영역이 확대된 다영역작전(MDO, Multi-Domain Operation) 개념이 발전하고 있어 기존의 지휘통제체계로는 효율적인 임무수행이 어려울 것으로 판단된다[4, 5]. 이에 다영역에서 수집된 정보와 타격 수단을 효율적으로 연계하는 등 다영역 작전의 지휘통제가 가능하도록 실시간 상황인식 능력을 향상시키는 등 미래 전장가시화를 위해 인공지능, 증강현실 등 다양한 첨단기술을 지휘통제체계에 적용하는 연구가 이루어지고 있다[6, 7]. 그러나 이러한 연구들은 지휘통제체계가 갖는 주요 기능적 특징인 지형 정보, 상황도 도시, 전장정보 시각화(디스플레이) 기능을 전반적으로 개선하기 위한 대안은 제시하지 못하고 있다.

이에 본 연구는 전장상황을 가시화하기 위한 지휘통제체계의 주요 기능을 지도 영역, 상황도 영

역, 전장정보 시각화(디스플레이) 영역으로 구분하여 미래 요구사항 충족을 위해 각 영역의 첨단기술 적용방안을 제시하고자 한다.

이를 위해 본 연구는 2장 관련연구를 토대로 3장에서는 현재 사용하고 있는 지휘통제체계의 전장가시화의 문제점을 분석하고 4장에서 지휘통제체계 개선방안인 각 기능영역별 첨단기술 적용방안을 논하고 5장 결론을 도출하였다.

2. 관련 연구

최근 국내에서의 지휘통제체계 관련 연구는 인공지능과 클라우드 기술의 적용 연구가 주로 이루어지고 있으며, 전반적인 체계의 발전방향을 제시하는 연구와 보안 이슈를 해결하기 위한 연구가 일부 수행되었다.

먼저 인공지능 적용과 관련된 연구로는 지상군 지휘통제체계에 적용할 인공지능 서비스 목록을 지휘통제체계의 사용자 입장에서 분석한 연구가 있으며[6], 공군이 주로 수행하는 항공작전과 관련하여 현재 공군의 C4I체계인 AFCCS의 문제점을 개선하고 항공우주 공역통제, 지휘결심 지원, 사이버 보안 기능 향상을 위해 인공지능을 적용한 미래 항공우주 지휘통제체계의 개발 방안을 제안한 연구가 있다[7]. 이와 유사한 연구로 북 핵 위협에 대응하기 위해 AI 기술을 적용하여 지휘통제체계를 개발하고 이를 활용하는 항공우주작전본부의 설치 필요성을 제기한 연구[8]와 자동검색시스템(automatic retrieval system)과 AI의사 결정 지원(assisted decision-maker) 구축을 통해 AI 지휘통제 플랫폼 구축 방안을 제시한 연구가 있다[9].

지휘통제체계에 클라우드 기술 적용하는 방안과 관련한 연구로는 분산 클라우드를 적용을 전제로 미래 육군의 지휘통제체계를 사용할 경우 네트워크 트래픽에 대한 효과도를 분석한 연구[10], 상호운용성 보장과 장애 허용 시스템을 통한 가용성 확보 등을 위해 국방 지휘통제체계에 클라우드 도입 방안을 제기한 연구가 있다[11].

지휘통제체계의 전반적인 발전 방안을 제시한 연

구로 작전임무, 네트워크 및 데이터링크, 컴퓨팅 환경과 사이버작전 측면에서 지휘통제체계의 발전 방안을 제시한 연구[2]와 미군의 지휘통제체계 구축현황을 토대로 우리 군의 구축방안을 제시한 연구가 있다[5].

보안 이슈와 관련된 연구로 클라우드 기반의 지휘통제체계를 구축하기 위해서 가상화 및 클라우드 서비스 자산관리 측면에서의 추가적인 보안 요구사항을 도출하여 이를 정보시스템 보안 요구사항에 반영해야 한다는 연구가 있다[12].

이러한 연구들은 체계의 발전을 위한 일반적인 제언을 하거나, 상호운용성, 보안, 효과도 분석 등 특정 문제에 대한 해결 방안을 주로 연구한 것으로 지휘통제체계 본연의 기능인 진장가시화 측면에서의 문제점 분석과 이를 개선하기 위한 기술적 요소 분석 연구는 미흡하다고 할 수 있다.

3. 현용 지휘통제체계 진장가시화 문제점

3.1 단일영역 C4I체계 진장가시화 문제점

현재의 지휘통제체계는 육·해·공군이 각각의 작전 도메인에 맞도록 개발하여 운영하고 있다. 육군의 ATCIS는 지상 도메인에 대한 진장가시화를 목표로 개발되어 운용중이며, 해군의 KNCCS는 해상 도메인에 대한 진장가시화를 하고 있으나 해병대 작전에 대한 도메인은 고려하지 않고 있다. 공군에서 운용 중인 AFCCS는 공중 도메인에 대한 진장가시화만을 고려하여 전력화하였으나 특정 고도 이하에서 공중작전을 수행하는 지상군과의 연계성 등은 고려하지 않고 있다. 이렇게 단일영역의 진장가시화를 목표로 개발된 각 군의 C4I 체계는 20세기 이전의 전쟁양상처럼 각 영역별 군사작전을 할 때는 효용성이 있었다. 그러나 네트워크, 이동통신, 우주 기술 등이 급격하게 발달하고 있는 21세기 이후에는 사이버, 전자기, 우주공간 같이 교집합적인 도메인에 대한 진장가시화는 불가능한 상태이다. 즉 각 군의 C4I체계는 3D 공간과 사이버, 전자기 등 비가시적인 영역 등 현실 세계의 진장상황을 효율적으로 가시화하는 것이

제한되는 상황이다. 따라서 이러한 다영역에서 동시 다발적으로 이루어지는 진장상황을 가시화하기 위한 체계의 개발이 필요하다.

3.2 합동 C4I체계 진장가시화 문제점

육·해·공군 및 해병대의 작전을 통합하여 지휘하는 합동작전을 통합 지휘하기 위한 지휘통제체계로 합참을 중심으로 사용하는 KJCCS가 있다. 이는 각 군에서 운용하는 C4I체계인 ATCIS, KNCCS, AFCCS, MIMS 등의 다양한 체계들과 각각 1:1 연동체계를 구축하고 이를 통해서 종합적으로 합동작전 상황에 대한 진장가시화를 구현하고 있다. 그러나 1:1 연동체계로는 모든 정보를 연동할 수 없기 때문에 정보의 통합 및 융합에 한계가 발생한다. 특히 공군이나 육군의 공중작전 상황 정보 등 중요 군사정보 중 일부는 텍스트로만 정보로 제공함으로써 제한적으로만 진장을 가시화하고 있다. 또한 합참의 센서 역할을 해주는 각 군의 C4I체계에서의 종합적인 데이터를 분석해 줄 수 있는 분석체계가 없어 효율적인 데이터의 시각화 또한 제한된다. 즉, 각 군의 작전영역에 대한 진장상황 데이터들은 존재하나 이를 종합적으로 분석하고 관리하는 체계가 없어 이를 종합적으로 진장가시화를 할 수 없는 문제점이 있다. 따라서 합동 C4I체계와 각 군 C4I체계를 유기적으로 연동하고 데이터 분석 기능을 보유한 빅데이터 플랫폼을 포함한 통합지휘통제체계 등이 개발되어야만 종합적인 분석과 효율적인 진장가시화가 가능할 것이다.

4. 기능 영역별 첨단기술 적용 방안

4.1 지리정보시스템(GIS) 기술 적용

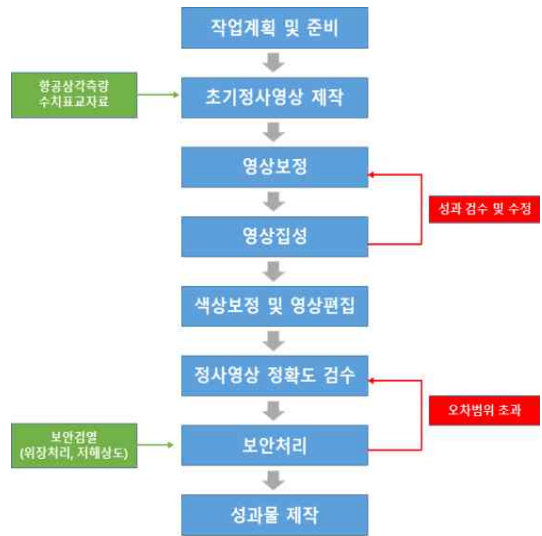
GIS(Geographic Information System)는 지리정보를 컴퓨터 데이터로 변환하여 효율적으로 활용하기 위한 정보시스템으로 지리적 위치를 가진 대상에 대한 공간자료(spatial data)와 속성자료(attribute data)를 통합·관리하여 지도, 도표 및 그림

들과 같은 여러 형태의 정보를 제공한다[14]. GIS의 특징으로는 지도의 축소·확대가 자유롭고 측적이 용이하며, 복잡한 정보의 분류나 분석을 원활히 할 수 있다. 또한, 대량의 정보를 저장 관리할 수 있고 원하는 정보를 쉽게 찾을 수 있다. 새로운 정보의 추가와 수정이 자유롭고 자료의 중첩을 통하여 종합적 정보의 획득이 용이하다. 표현방식이 다른 여러가지 지도나 도형으로도 표현가능하다. 이러한 GIS는 모든 정보를 수치적 형태로 표현한다. 모든 지리정보가 수치데이터의 형태로 저장되어 사용자가 원하는 정보를 선택하여 필요한 형식에 맞추어 출력할 수 있다[15]. 이것은 기존 지도의 2차원 개념의 정적인 상태를 3차원 이상의 동적인 지리정보의 제공이 가능한 것을 시사한다. 또한, GIS는 다량의 자료를 디지털화 하여 원하는 정보를 빠르게 검색할 수 있으며 속성자료와 도형자료를 쉽게 결합시켜 통합 분석 환경을 제공한다.

GIS의 활용분야는 토지, 자원, 도시, 환경, 교통, 농업, 해양 및 국방에 이르기까지 다양한 산업 전반에 걸쳐 발전하고 있다[16]. 이 중 국방정보시스템(National Defence Information System, NDIS)은 적과 아군에 대한 지형정보 및 전술, 전략 등을 데이터베이스화하여 효과적인 군사계획 수립 및 군사활동을 지원하기 위한 시스템으로 활용되고 있다. 최근 우크라이나는 시베르스키도네츠 강 전투에서 러시아 군의 상황을 GIS-Arta라고 하는 전장관리체계에 최신화하여 상황인식에 활용한 사례가 있다[17]. 도시정보시스템(Urban Informaion System, 이하 UIS)은 전산시스템을 이용하여 도시지역의 위치정보와 속성정보를 데이터베이스화하여 통합 및 관리함으로써 도시의 계획과 관리, 운영 등의 업무를 지원하는 종합 시스템이다. 특히, UIS는 미래전장 환경 중 도시지역작전을 고려한 지휘통제체계의 지도영역에 최신 지형정보를 반영하는데 중요한 역할을 할 것이라 예상된다.

그러나 현재 국내에서 가장 정확한 지형정보를 제공하는 국토정보플랫폼의 국토위성영상 서비스는 영상 다운로드 서비스에 집중되고 있다. 특히 정사영상 원본자료는 약 9GB에 달하는 대용량 자

료일 뿐만 아니라 별도의 위성영상 처리가 필요한 전문가용 자료이다. 따라서 자료에 접근이 용이하지 않다는 한계점이 존재한다. 더구나 특정 권역의 정사영상을 제작하기 위한 항공 정사영상 구축 프로세스는 (그림 1)과 같이 매우 복잡한 과정을 거치기 때문에 변화되는 지형정보를 수정하는데 많은 시간이 소요된다.



(그림 1) 정사영상 제작 공정(재구성)

현재 민간에서 제공하는 영상지도 서비스는 카카오(Kakao), 네이버(Naver), 구글(Google) 등 국내외 많은 공공·민간기관에서 해당 서비스를 제공하고 있다[14]. 이에 맞춰 현재 국토지리정보원은 항공영상을 기반으로 영상지도 자료를 구축하고 다양한 국내 영상지도 서비스에 활발히 제공하고 있지만 정사영상 제작과정을 거친 항공영상은 <표 1>에서 보는 바와 같이 촬영 갱신주기가 1년 이상으로 길고, 남한지역 외 북한, 접경, 극지역에서는 영상 확보가 어려워 갱신주기를 예측할 수 없다.

<표 1> 국내 위성기반 영상지도 구축현황(재구성)

항 목	국토정보 플랫폼	네이버 지도	카카오 맵	하늘지도 (스카이 맵스)	
사용 위성정보	지리원항 공영상. KOMP SAT-2, Pleiades	지리원항 공영상. KOMP SAT-2, SPOT	지리원항 공영상. Landsat	자체 구축 항공영상	
갱신	남한	1년	1년	1년	약 1년
	북한	2010년 이후 갱신되지 않음	2015년 이후 갱신되지 않음	2013년 이후 갱신되지 않음	최초 구축 이후 갱신되지 않음
최대 해상도	남한	25cm 항공영상	25cm 항공영상	25cm 항공영상	25cm 항공영상
	북한	0.5m 위성영상	2.5m 위성영상	2.5m 위성영상	120m 위성영상
	국 지역	-	-	-	-

이렇게 1년 이상의 갱신주기를 갖는 지리정보시스템(GIS)은 자칫 부정확한 지형정보 제공으로 신축 건물, 신설 및 폐쇄 도로 정보, 신규 또는 폐쇄 교량 등에 대한 정보를 제공하지 못함으로 인해 군사작전 수행에 치명적인 영향을 끼칠 수 있다. 미래전은 미사일 등 고정밀 무기체계와 고속 기동이 가능한 기동무기체계로 인해 도로 및 교량의 파괴 등 수시로 지형정보가 변경될 것이다. 이러한 지형정보의 변화를 근실시간으로 반영하지 못하고 1년 전 지형정보를 토대로 군사작전 수행에 치명적인 영향 요소로 작용할 것이다.

이와 같은 문제점을 개선하기 위해 SK텔레콤과 공간정보산업진흥원이 협업하여 기지국을 구축하고 고품질 5G 서비스를 제공하기 위해 개발한 3D 실사지도를 활용하는 ‘3D 커버리지 설계시스템’ 기술을 도입하는 방안을 제안한다. 이 기술은 공간정보산업진흥원의 3D 전국 지형모델, 항공사진, 위성사진 및 시각화된 행정정보 제공하고 ‘리얼 3D’ 데이터를 제공받는 것으로, 리얼 3D는 일반 3D와 달리 항공 측량용 카메라로 실제 지형지물을 촬영한 후 3차원 정밀 모델링을 적용해 제작되기에 실제 건물 옥상의 난간구조나 에어컨 실외기 위치까지 3D로 확인이 가능한 기술이다[14]. 공간정보를 주기적으로 업데이트할 수 있기에 환경 변

화에 따른 효율적인 네트워크 품질 관리도 가능하다. 또한, 공간정보의 업데이트는 정밀도를 단계별로 나누어 저장하기에 영상지도 구축 프로세스를 단축시키는 장점이 있다.

이러한 최신 GIS는 지도영역을 기본 바탕으로 하고 사용자 시점으로부터 거리에 따라 지형, 영상, 3차원 객체의 정밀도와 해상도를 표현하는 LOD(Level Of Detail)를 적용하여 (그림 2)와 같이 구분하여 활용할 수 있다[18].



(그림 2) 정밀도 단계별 3D 지도[19]

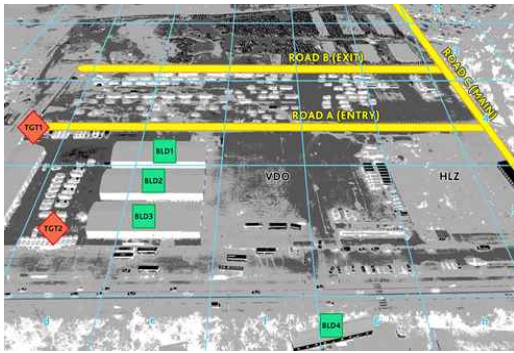
1, 2단계는 GIS 지도와 최근 지형의 일치여부를 빠르게 판단하는데 이용하고, LOD 3단계는 작전 임무에 따라 도시지역에서의 공격과 방어작전 등의 계획 수립 및 작전수행을 위해 활용할 수 있을 것이다. LOD 4단계는 대터러작전 뿐 아니라 유·무인 복합전투(MUM-T, Manned-Unmanned Teaming) 등 정밀한 위치 정보를 요구하는 작전을 수행하는 데 활용할 수 있다. 이와 같이 미래 지휘통제체계의 지도영역에 적용하는 지형정보는 최단 기간 내 지형정보의 변화를 반영하고 작전 유형에 따라 구분되는 지형정보를 활용할 수 있는 지리정보시스템(GIS)의 도입이 필요하다.

4.2 3D 상황도를 위한 증강현실 및 Georegistration 기술 적용

지휘통제체계의 기능 영역으로 상황도 영역이 있다. 상황도 영역은 적과 아군의 배치 및 병력 규모, 지형 지물 등 전장상황인식을 위한 기능 영역이다. 현재의 지휘통제체계는 이 상황도 영역을 2D 지도 또는 제한된 3D 지도로 구현하기에 정확한 전장인식을 하기에 제한된다. 이를 개선하기 위해 실질적인 3D 상황도를 구현하기 위한 기술로 증강현실과 Georegistra

tion의 적용 방안을 제시한다.

오늘날 곳곳에 설치되어 있는 카메라와 다양한 드론 등의 실시간 영상은 모든 유형의 데이터를 시각화할 수 있게 도와준다. 하지만 이러한 실시간 영상은 공중에서 지상으로 촬영하는 형태이므로 이를 통해서 거리를 판단하는 것은 한계가 있다. 고도에 따른 물체의 크기 차이로 인해 각종 공중영상을 취합하더라도 고도 및 물체의 크기를 가늠하기가 쉽지 않다. 이러한 단점을 극복하기 위해 이스라엘의 Edgybees社は 3D 지형정보 및 전장관리체계로 활용이 가능한 군사용 증강현실 플랫폼을 개발하였다.



(그림 3) AR을 활용한 군사임무 도시[20]

이 플랫폼은 (그림 3)과 같이 자동차나 헬리콥터가 목적지에 가장 빨리 도달하기 위해 취할 수 있는 최적의 경로정보를 오버레이하여 표시하고 지휘센터에서 지휘자가 지시한 대로 최종목적지를 찾아가기 위한 경유지를 핀 형태로 디지털 상황도에 표시할 수 있다. 이러한 장점 때문에 군사용 증강현실 플랫폼이

지만 현재 자연재해 발생시 구조 활동 뿐 아니라 소방, 응급구조, 경찰 등 다양한 조직이 담당하는 상황 조치에 있어 기존보다 더 빠르게 관심 지점, 사람을 찾는 데 유용하게 쓰이고 있다[20].

이와 같이 상황도 영역에 최신 지형정보인 GIS 상에서 증강현실을 활용하여 3D로 입체화하여 군사작전 상황 등을 실시간 표시할 수 있는 기술을 적용한다면 작전지역에서 아군 및 적군 등의 위치를 쉽게 파악할 수 있으며 관심(목표)지점, 차단지역 등 실시간 작전계획을 수정하여 표시할 수 있다.

Georegistration은 시각적 요소에 필요한 이미지를 지리적 좌표 및 랜드마크와 맞물리는 기술을 활용하여 항공 및 위성 이미지가 제공하는 정보를 더 쉽게 검토, 분석, 처리할 수 있도록 도와주는 기술이다[20]. (그림 4)의 우측과 같이 지역 경계선, 주요 건물/지점 등을 표시하여 이미지를 검토하는 사람의 상황인식(SA)의 정확도를 크게 높이고 사람에 의한 치명적인 오류를 줄일 수 있어 실시간 빠른 결정을 원하는 작전환경에 유익하게 쓰일 수 있다.

드론, 헬리콥터, 항공기의 비디오 영상과 사물인터넷 센서 등으로부터 획득하는 영상을 활용하기 때문에 비상사태, 정밀 군사작전과 같은 중요한 임무를 수행하는 동안 작전 상황인식을 크게 확대시킬 수 있다. 즉, 이미지 또는 비디오의 시각적 개체를 정확한 지리적 위치와 연결하는 기술이 Georegistration이다. 항공기의 고도에 따른 약간의 지형정보 불일치로 인해 Georegistration 기술의 최종결과에 큰 영향을 미칠 수 있다. 카메라의 위치(방향, 편각 및 시야)가 Georegistration의 정확도에 중대한 영향을 미칠 수



(그림 4) Georegistration 기술 적용 전/후[20]

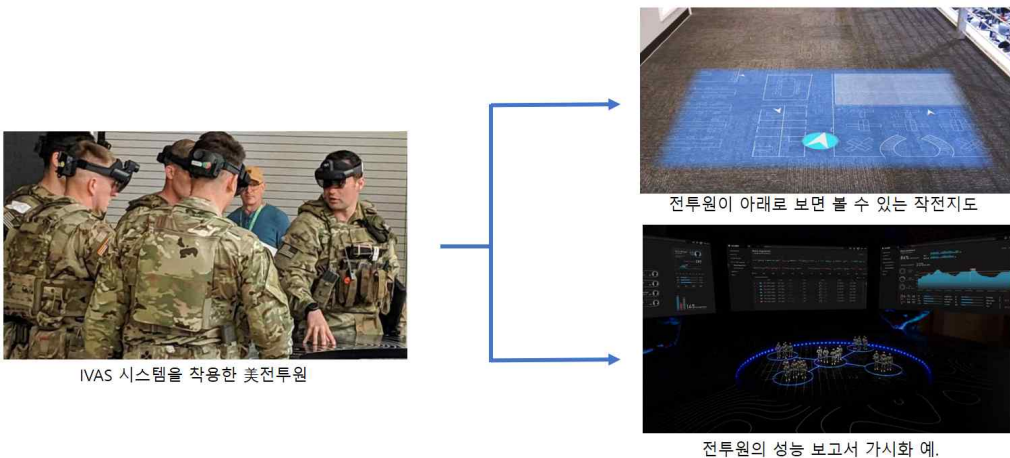
있다. 따라서 비디오를 빠르게 해석하고 중요한 관심 지점을 식별하여 밀리초 단위로 관련정보를 제공하는 실시간 처리기술과 인간이 가장 쉽게 이해할 수 있는 전기광학(Electro-Optica, EO) 기술, 야간이나 나무 그늘과 같은 어두운 곳의 정보를 식별할 수 있는 적외선(Infra-Red, IR) 카메라 기술 등의 지원이 필요하다.

Georegistration 기술은 항공 이미지의 명확하고 선명한 상황인식을 제공할 뿐 아니라 표시할 데이터 계층을 선택하는 기능과 이미지 위에 데이터 계층을 추가하는 기능이 제공된다. 표시되는 정보의 다양성을 위해 비디오에서 자신의 지점과 관심 영역(POI, Point Of Interest 및 AOI, Area Of Interest)을 만들고 다른 사용자와 공유할 수 있는 기능이 제공된다.

최근 4차 산업혁명 기술의 발달로 드론, 로봇 등의 군사작전 활용이 가시화하고 있다. 즉, 미래 전장에서는 인간전투원이 여러 무인전투체계가 같이 전투를 하는 유무인 복합전투를 수행하게 될 것이 명확해지고 있다. 미국을 비롯하여 중국, 러시아, 이스라엘 등 군사 선진국과 더불어 한국도 이러한 유·무인 복합전투체계(MUM-T)의 개발을 추진하고 있다[21]. 모자이크전(Mosaic warfare) 등 미래전장에서 활용하게 될 유·무인 복합전투체계(MUM-T)의 정확한 위치 및 상태를 확인하여 실시간 지휘통제를 하기 위해서는 이러한 Georegistration 기술이 필수적인 요소라 할 수 있다.

증강현실과 Georegistration 기술을 동시에 적용한 지휘통제체계 플랫폼으로 미국 육군이 운용하는 통합 시각 증강시스템(IVAS, Integrated Visual Augmentation System)이 있다[22]. IVAS는 3D 지도와 2D 지도를 함께 공간에 증강하고 동기화할 수 있으며, 특수 디스플레이를 통해 다양한 추가정보를 오버레이하여 증강된 현실 세계를 지각할 수 있다. 증강현실(AR)은 사용자의 일반적인 지각에 비해 사용할 수 있는 정보의 양을 늘릴 수 있기에 물리적 현실을 경험하기보다는 가상과 함께 물리적인 것을 포함한 다른 현실에 놓이며, 일반적으로 증강되는 것은 시각적 감각이다. 그러므로 증강현실(AR)은 일반적으로 이동 가능한 시각적 화면표시장치(디스플레이)가 필요하다. 이에 IVAS는 홀로렌즈 2를 군사작전 환경에 맞게 개선하고 있다. 초기 버전은 홀로렌즈 2에 상용 적외선 영상센서 등을 부착한 뒤 지도·나침반 등의 기능을 테스트한 것으로, 내장 배터리를 사용하고 와이파이가 연결이 필요한 일반 홀로렌즈를 약간 개조한 제품이었다. 그 후 프로토타입 홀로렌즈를 개조해 전술무선통신망을 호환하고 GPS 등을 추가하였으며, 외형을 더 견고한 형태로 바꾸고 열센서와 야간투시센서를 통합한 형태로 기술이 개발되었다. 현재의 IVAS는 시야각(FOV, Field of View) 등이 추가로 개선되어 실제 보병에게 전달될 최종형태로 (그림 5)와 같이 활용되고 있다.

IVAS의 주요 기능으로는 지도, 나침반, 전장정보 등의 시연이 가능하고 내장된 카메라와 통신장치 등



IVAS 시스템을 착용한 미전투원

전투원이 아래로 보면 볼 수 있는 작전지도

전투원의 성능 보고서 가시화 예.

(그림 5) IVAS 활용한 3D 상황도 구현(재구성)

을 통해서 실시간으로 전장정보를 공유가 가능하다. 또한, 번역기 기능이 내장되어 있어서 외국어를 번역해줄 수 있다. IVAS는 美 보병뿐만 아니라 다양한 보직에서 사용이 가능하며, 현재 전방위 카메라와 조합해서 차량 승무원에 대한 테스트와 블랙호크와 치누크 조종사들의 HMD 또한 IVAS로 전환하는 테스트를 진행 중에 있으며, 차량과 연계되는 IVAS는 기체에 달린 센서를 활용할 수 있게 세팅되며 무인기와 연계 또한 이루어질 예정이다[21].

국내에서도 2019년 육군사관학교 콘소시움이 마이크로소프트社 홀로렌즈 2를 이용하여 증강된 현실을 인식할 수 있도록 하고 5G 이동통신망을 활용하여 전장상황 정보 등을 실시간 공유할 수 있는 5G 기반 증강현실 통합 지휘통제플랫폼을 개발하여 공개하였다[13].

4.3 사용자 중심의 전장정보 시각화 기술적용

지휘통제체계는 사용자가 전장상황을 인식하기 위한 것으로 결국 사용자의 인식률을 높이기 위한 기술이 필요하다. 이를 위해서 사용자의 인식률과 편의성을 향상시키기 위한 기술로 실시간 데이터 시각화 기술과 반응형 웹 디자인 기술의 적용이 필요하다.

먼저 데이터 시각화 기술은 데이터 분석결과를 쉽게 이해할 수 있도록 시각적으로 표현하고 전달되는 과정을 말한다[27]. 인간은 인지처리과정의 약 80%에 달하는 정보를 시각을 통해 얻으므로[23] 수집된 데이터의 분석 결과를 쉽게 이해하기 위해 가시적으로 표현하고 전달하는 기술은 매우 중요하다. 데이터 시각화 기술은 도표(graph)라는 수단을 통해 정보를 명확하고 효과적으로 전달할 수 있다[24]. 사물인터넷 등 다양한 경로를 통해 수집되어 축적되는 전장 빅데이터를 데이터 시각화 기술을 통해 군사정보로써의 활용 가치를 부여할 수 있게 된다. 특히, 사용자 중심(User Centered Design)으로 데이터를 시각화한다는 것은 미래 지휘통제체계에서 전장을 가시화하는 가장 핵심적인 요소가 될 것이다.

또한, 지휘통제체계에서 보다 신속하고 정확한 전장 가시화를 위해서는 시각화 기술과 인공지능(AI) 기술의 접목은 필수적이다. 예를 들어 지휘관이나 참모들이 키보드, 마우스, 스타일러스펜 등을 이용하여 랩탑

PC나 태블릿 등의 기기에 정보를 입력하고 공유하는 대신 인공지능 기술의 일종인 음성인식 AI 스피커를 활용한다면 사용자 입장에서 편의성이 증대됨은 물론이고 지휘통제체계 운용의 신속성도 추구할 수 있다. 또한, AR을 기반으로 도시하는 3D 작전상황도와 AI 기술을 활용한 분석 등을 함께 활용할 경우 효과적이고 신속한 의사결정 지원이 가능해질 것이다.

이렇듯 사용자 중심의 데이터 시각화에 적용할 AI 플랫폼으로 삼성 SDS의 Brightics AI가 있다. Brightics AI는 흩어져 있는 방대한 양의 정보를 수집 및 처리하여 AI로 빠르게 분석하고, 이해하기 쉽게 시각화해 주는 통합 AI 플랫폼이다[25]. 이 플랫폼은 모델링을 지원하고 협업/관리기능을 통합하여 기업 내 통합분석환경을 제공하고 데이터 분석 전문가가 아니더라도 손쉽게 정형/비정형 데이터 분석을 할 수 있어 사용자의 중심의 편의성을 증대시키는 플랫폼이다. 또한, 종합된 데이터를 사용자 편의로 분석 및 추출, 가시화할 수 있어 최적의 분석모델을 추천하거나 개인 맞춤형 분석환경도 제공한다. Brightics AI와 같이 직관적이고 시각화된 정보를 맞춤형으로 알기 쉽게 표현하는 플랫폼을 가시화 수단으로 활용하면 미래 지휘통제체계 사용자는 자신의 업무분야가 아닐 지라도 누구나가 원하는 정보를 빠르게 얻을 수 있어 군사작전 임무 수행의 효율성 향상을 기대할 수 있다.

또 다른 시각화 기술로는 다양한 영상자료를 실시간 또는 저장된 비디오 영상을 간단하게 보고, 관리하는 솔루션인 Unified Video가 있다. 모든 장치에서 실시간 또는 저장된 영상 스트리밍을 볼 수 있는 기술로 드론 또는 전투원이 실시간 영상을 전송 및 전달하는데 유용한 기술로 활용할 수 있다[26]. 로컬 하드웨어에서 필요에 맞게 확장 가능한 로컬 서버 솔루션과 적응형 인프라를 최대한 활용하여 더 많은 영상정보를 저장하는 기능과 웹 브라우저만 있으면 어디서든 영상에 접근가능한 클라우드호스팅 기능도 있기에 모바일 앱 즉, iOS 및 Android 앱에 특화되어 사용되어 빠르고 직관적인 화면을 제공할 수 있다.

다음으로 반응형 웹 디자인 기술이 있다. 반응형 웹 디자인이란 에단 마코트가 주창한 것으로 하나의 웹 사이트에서 PC, 스마트 폰, 태블릿 PC 등 접속하는

디스플레이의 크기와 종류에 따라 디자인이 다르게 적용되는 사용자 인터페이스의 구현을 말한다[27]. 이는 다양한 해상도와 크기의 멀티디바이스 환경에서 웹사이트를 모바일용과 테스트용으로 별도로 각각 제작하지 않고, 하나의 공용 웹사이트를 만들어 다양한 장치에 구현할 수 있게 해준다는 점에서 적응형 웹과는 차이가 있다[28]. 반응형 웹 기술은 분기점을 설정하여 설계를 적용하는 미디어 쿼리(media query), 장치에 크기에 따라 다양하게 변하는 가변 그리드(fluid grid), 모든 해상도에서 콘텐츠를 동일한 비율로 유지하는 유연한 이미지(flexible images) 등 크게 3가지의 하위 기술로 이루어진다[27]. 반응형 웹 디자인 기술은 디바이스의 종류와 화면 크기를 고려하지 않고 최적화된 해상도와 레이아웃 구성으로 보여주는 웹페이지 접근방식으로 다양한 스크린 사이즈를 지닌 디바이스에 적용하는 기술이 하나의 소스로 구현되어야 한다는 것이다. 소스를 수정하면 모든 스크린 사이즈에 맞추어 콘텐츠가 최적화되어야 하므로 유지보수가 효율적이고, 사용자 입장에서는 기기에 구애받지 않고 최적의 화면이 제공받을 수 있다.

현재 모바일 사이트에 비해 입력되는 소스가 많아서 다소 느릴 수 있는 단점을 극복하기 위해 접속 기기에 따라 디자인을 선택적으로 적용하는 RESS(Response Design + Server Side Components) 기법을 사용하고 있으며, 이 기술은 병무청, Daum 어학사전, 인스타그램, 한국도로공사 등에서 도입하여 활용하고 있다.

지휘통제체계의 단말기는 랩탑 PC, 휴대형 태블릿, 장착형 태블릿, 스마트 폰 등 사용하는 부대의 규모와 장소 등에 따라 다양한 형태로 전력화되어 있다. 또한 대대 이하 제대는 군사작전을 수행하는 동안 수시로 이동을 하게 되어 네트워크 접속, 전송속도 등에서도 제한을 받는 경우가 발생한다. 따라서 단말기의 종류와 네트워크 전송속도 등에 반응하는 반응형 웹 디자인 기술을 미래 지휘통제체계에 활용하면 지휘통제체계 단말기 종류와 네트워크 전송속도에 상관없이 최적화된 형태의 진장정보를 시각화하여 제공할 수 있다.

5. 결 론

현재의 지휘통제체계는 각각의 도메인상에서 만들어진 C4I체계들을 1:1 연동체계들을 통해서 KJCCS에서 통합하여 진장가시화를 구현하고 있다. 미래 지휘통제체계는 사이버, 우주 등 다양한 영역으로 발전될 것이며 이는 현재의 도메인보다 더 많은 영역으로 확대될 것이다. 또한 전·평시 군사작전 및 활동, 도시지역작전, 메가씨티작전, 위기 및 재난구조 활동 등에서 효율적이고 적시적인 상황판단과 지휘결심을 하기 위해 사용하는 무기체계로 실시간 정확한 상황인식을 할 수 있도록 그 기능이 유지되어야 한다. 그러나 현재의 지휘통제체계는 각 군의 영역에서의 도메인을 설정하고 실시간 상황인식 능력향상을 위해 2D 지도를 기반으로 공통작전상황도(COP) 등을 통해 작전상황을 가시화하고 있으나 제한된 영상 정보와 다양한 영역을 분석하지 못하고 현장으로부터 전해지는 음성 및 텍스트 정보에 기초하여 상황을 인식하고 있다. 더구나 각 영역에서의 도메인별 최신 정보(육, 해, 공군 영역별 정보)는 양질의 데이터로 개선이 매우 더디며 기존 C4I 연구들은 체계의 발전을 위한 일반적인 제언을 하거나, 상호운용성, 보안, 효과도 분석 등 특정 문제에 대한 해결 방안을 주로 연구한 것으로 지휘통제체계 본연의 기능인 진장가시화 측면에서의 문제점 분석과 이를 개선하기 위한 기술적 요소 분석 연구는 부족하다. 그러므로 미래의 유·무인 복합전투를 비롯한 다영역 작전 등 미래전 수행을 지원함에 있어 한계가 명확하다고 할 수 있다.

본 연구는 미래의 진장환경과 작전 수행방식에 적합한 미래 지휘통제체계를 구현하기 위해 필요한 기술들을 지도영역, 상황도 영역, 진장정보 시각화 영역으로 구분하여 제시하였다. 미래 지휘통제체계 구성의 지도영역에서는 GIS를 기본으로 하되 3D 실시간 지도 기술을 활용하여 진장지역의 실시간을 극복하는 방법과 사용자 시점으로부터 거리에 따라 지형, 영상, 3차원 객체의 정밀도와 해상도를 표현하는 LOD를 적용하는 방법으로 정밀한 위치 정보를 요구하는 작전을 수행하는 데 적용하는 방안을 제시하였다. 상황도영역에서는 홀로렌즈 등을 이용하여 다

양한 영역의 작전을 위한 작전상황도를 AR/VR/MR로 표현하여 전장상황 인식을 고도화하는 기술을 소개하였다. 그리고 모든 데이터는 AI를 기반으로하여 정확하고 빠르게 지휘결심할 수 있게 AI 기술 플랫폼을 소개하여 사용자에게 편의에 따라 기기에 의존하지 않고 디스플레이할 수 있는 실시간 시각화 기술과 반응형 웹디자인 기술 적용방안도 다루었다.

미래 지휘통제체계의 전장 가시화를 위해 기능 영역별로 소개한 기술을 적용한다면, 5G 네트워크와 같은 다양한 데이터 및 통신수단을 기반통신체계로 구성되어 고품질의 문자, 음성, 이미지, 영상, 그리고 앞으로 미래 전장상황에 맞는 다양한 도메인별 센서(sensor) 정보 등과 결합하여 미래 기술을 군의 C4I체계에 접목시켜 보다 정확하고 빠르게 전장상황을 인식할 수 있을 것이다. 앞으로 본 논문에서 제시된 방안들이 실제 체계로 구현 가능하도록 예산 확보 등 지속적인 군의 노력이 필요하며 이를 위한 각 분야별 전문가의 의견 수렴과 발전할 수 있는 계기가 되기를 기대한다.

참고문헌

- [1] 이호균, “국방 지휘통제체계(C4I) 발전추세 및 개발동향,” 국방과학기술, 제429호, pp. 58-71, 2014.
- [2] 박상준, 김지원, 강정호, “4차 산업혁명 기술 적용을 위한 한국군 C4I체계 분석 및 성능개선 방향에 관한 연구,” 융합보안논문지, 제22권 제2호, pp. 131-141, 2022.
- [3] 김의순, “한국군 C4I체계 진단과 발전방향,” 주간국방논단 제1416호.
- [4] 원인재, 송승중, “美 미래 합동전투개념과 한국군에 대한 함의 (합동전영역지휘통제를 중심으로),” 한국군사학논집, 제78권 제1호, pp. 81-112, 2022.
- [5] 임남규, “미래전 대비 미군의 지휘통제체계 구축현황과 우리 군 구축방안,” 정보화연구, 제18권 제2호, pp. 115-126, 2021.
- [6] 박상준, 김국주 등, “지상군 지능형 지휘통제체계를 위한 사용자 요구 기반의 인공지능 적용 서비스 목록 분석 연구,” 한국정보통신학회지, 제27권 제6호, pp. 761-771, 2023.
- [7] 김영수, 조관행, “인공지능을 활용한미래 항공우주 지휘통제체계 발전방안 연구: 공역통제, 지휘결심지원, 사이버 보안 기능을 중심으로,” 국가전략, 제27권 제2호, pp. 5-31, 2021.
- [8] 이형재, “북 핵 위협 대응을 위한 지휘통제체계 발전방안 : 인공지능 기술을 적용한 지능화 항공우주작전본부 구축,” 한국군사학논집, 제77권 제3호, pp. 472-505, 2021.
- [9] 한창희, 이종관, “국방 AI 지휘통제 플랫폼 구축방안,” 한국통신학회논문지, 제44권 제4호, pp. 774-781, 2019.
- [10] 김동우, “분산 클라우드 기반의 육군지휘통제체계 운영개념과 효과도 분석,” 한국지능시스템학회 논문지, 제33권 제2호, pp. 133-140, 2023.
- [11] 박준규, 이상훈, 박기웅, “국방 지휘통제체계의 클라우드 도입 방안,” 디지털문화아카이브지, 제2권 제1호, pp. 51-59, 2019.
- [12] 구자훈, 김영갑, 이상훈, “클라우드 기반 미래 한국군 지휘통제체계 보안 아키텍처 설계,” 한국통신학회논문지, 제45권 제2호, pp. 400-408, 2020.
- [13] 신규용, 이원우, 김동욱, “5G 기반 증강현실 통합 지휘통제플랫폼 구축 및 활용방안 연구,” 디지털콘텐츠학회논문지, 제21권 제5호, pp. 855-864, 2020.
- [14] 국토지리정보원, “극지역 공간정보 활용 확대를 위한 영상지도 구축 및 서비스 방안연구,” 2022.
- [15] 안은희, 안정국, “관광 빅데이터 기반의 용인시 관내 관광 활성화 방안: 이동통신과 신용카드 데이터를 결합한 지리정보시스템 분석을 중심으로,” 한국융합학회논문지 제12권 제4호, pp. 207-216, 2021.
- [16] 국가공간정보포털, <https://www.nsd.go.kr>, (검색일: 2023.09.03.).
- [17] 조상근, Andrii Zhytko, 김기원, 손인근, 박상혁, “군사혁신(RMA) 측면에서 바라본 우크라이나군의 지능화 전투사례 연구,” 로봇학회논문지, 제18권 제3호, pp. 308-315, 2023.
- [18] 박찬수, 이성규, 서용철, “수치지형도를 이용한 DEM 자동 생성 기법의 개발,” 한국지리정보학회지, 제10권 3호, pp. 113-122, 2007.
- [19] 박종배, “3D로 구현한 전국 지도, 5G 네트워크 설계 정확도 높인다(2019.11.22.),” elec4, <https://www.elec4.co.kr/article/articleView.asp?idx=24609>, (검색일: 2023.09.04.).
- [20] Edgybees.com, (검색일: 2023.09.03.).
- [21] 손인근, 이태균, 임재성, “모자익진 구현을 위한 유무인

복합전투체계(MUM-T) 기술동향,” 정보와통신, pp.22-30, 2023.

- [22] 미 육군홈페이지, <https://www.peosoldier.army.mil/Equipment/Equipment-Portfolio/Project-Manager-Soldier-Warrior-Portfolio/Integrated-Visual-Augmentation-System/>, (검색일: 2023.09.04.).
- [23] M. Ethan, “Responsive Web Design,” USA : Eyrolles, 2014.
- [24] Friedman, Vitaly, “Data visualization and infographics.” Graphics, Monday Inspiration 14, 2008.
- [25] 삼성SDS, <https://samsungsds.com>, (검색일: 2023.09.03.).
- [26] <https://unifiedvideo.com>, (검색일: 2023.09.03.).
- [27] 송태민, ‘반응형 웹 디자인’, 이지북스, 2013.
- [28] 강제신, 이영주, “멀티 디바이스 환경에서 반응형 웹의 사용자 경험,” Journal of Digital Convergence 제 16권제 11호, 2018.

[저자 소개]



박 상 준 (Sangjun Park)
 2000년 2월 육군사관학교 학사
 2010년 2월
 한국과학기술원 정보통신공학 석사
 2016년 7월 ~ 2022년 12월
 육군사관학교 전자공학과 조교수
 2022년 12월 ~ 현재
 국방기술진흥연구소/전력지원체계연구센터
 email : sigpsj13438@gmail.com



강 정 호 (Junggho Kang)
 2000년 2월 육군사관학교 학사
 2006년 3월 서울대학교 전산학 석사
 2015년 6월 아주대학교 NCW 박사
 2014년 4월 ~ 2017년 12월
 육군사관학교 컴퓨터과학과 조교수
 2022년 12월 ~ 현재
 국방전산원
 email : kjh77@snu.ac.kr



이 용 준 (Yongjoon Lee)
 1999년 2월 강남대학교 학사
 2001년 2월 숭실대학교 컴퓨터학 석사
 2005년 2월 숭실대학교 컴퓨터학 박사
 현 재 극동대학교 사이버보안학과 조교수
 email : 2020032@kdu.ac.kr



김 지 원 (Jeewon Kim)
 2002년 2월 동국대학교 학사
 2016년 8월 연세대학교 정보보호 석사
 2021년 2월 아주대학교 공학박사
 2019년 10월 ~ 2021년 11월
 국방보안연구소 방산보안실 책임연구원
 2022년 3월 ~ 현재
 상지대학교 군사학과 조교수
 email : phdkjw22@sangji.ac.kr