

# ICT기술 활용 함정 개인전투능력 향상을 위한 환경 구축 방안

최우영\*, 조윤철\*\*

\*건양대학교

e-mail:gfchoi49@gmail.com

## Establishing an ICT-Integrated Training Environment to Improve Individual Combat Capabilities of Naval Warship Crews

Woo-Young Choi\*, Yoon-Chol Cho\*\*

### 요 약

해군 함정승조원 초급교육 이후 실제 함정 배치 시 개인 전투임무숙달 수준은 교육체계 및 함정 현장환경에 따라 큰 편차가 발생하며, 이는 전투력 저하로 이어질 수 있다. 본 연구에서는 이러한 제한 사항을 해결하기 위해 AI 기반 학습모듈과 VR/AR/XR 착용형 시뮬레이터기술을 융합한 전투임무숙달 환경을 제안한다. 제안시스템은 육상 교육서버와 함정 내 에지서버를 연동하여 각 스테이션·장비별 행동절차를 제약없이 체험하도록 지원하며, 홍채인식기반 개인식별을 통해 수행능력을 정량적으로 측정·관리한다. 또한 민간 항공 조종사 긴급상황평가체계를 벤치마크하여 실전과 유사한 다중시나리오 훈련 체계를 적용한다. 본 논문에서는 시스템 구현 방안, 함정 LVC 통합 플랫폼 아키텍처, 개인별 훈련 데이터 기록·분석 및 개인화 방안, 기대 효과 등을 제시하였다.

### 1. 서 론

최근 대한민국해군은 이지스 구축함, 3,000톤급 잠수함, 차세대 구축함사업 등으로 대표되는 ‘해양전략기동함대’ 구상에 따라 전력체계를 빠르게 현대화하고 있다. 이러한 첨단 무기체계는 자동화·네트워크화 비중이 높아졌지만, 여전히 최종 의사결정과 장비운용은 승조원의 역량에 달려있다. 국제 연구에 따르면 전장정보시스템(C4I)·센서·무장통합수준이 높을수록 오히려 ‘사람-시스템상호작용오류’가 전투력 저하의 주요 원인이 될 가능성이 크다. 따라서 전력 현대화와 병행하여 승조원 개인의 전문성향상은 필수조건이다. 해군은 기초군사교육과 각종 보수교육·부서 OJT를 통해 인원을 양성하지만, 앞서 살펴본 바와 같이 교육 기간 제약, 훈련 장비 부족, 선임 의존적 현장 교육 등 구조적 한계로 숙련도 편차 문제가 지속되고 있다. 특히 디지털화·자동화된 최신전투체계는 ▲복합인터페이스(UxV 제어, 데이터링크) ▲다중업무 동시수행(센서감시+무장배치) ▲초 단위 결심 요구 등 과거보다 높은 인지부담을 요구한다. 이러한 ‘인지 과부하’ 환경에서 승조원은 반복 시뮬레이션을 통해 자동화 수준에 대한 신뢰와 팀워크를 형성해야 하나, 현실 장비 운용 시간은 제한적이다. 가상현실(VR), 증강현실(AR),

확장현실(XR)과 인공지능(AI)은 공간·시간·위험성 제약을 극복할 차세대 교육도로 주목받는다. 미해군의 TCTS-II, 미공군의 Pilot Training Next, 일본해상자위대의 MR Damage Control Trainer 사례처럼, XR 시뮬레이터는 실전과 유사한 자극을 줄 수 있으며 AI는 학습곡선을 ‘개인맞춤형’으로 최적화해 준다. 국내에서도 해군교육사령부 XR 실습장 구축사업이 추진 중이며, 산학연협력으로 디지털트윈·강화학습기술을 접목한 고도화 가능성이 열려있다. 본 연구는 ICT 기술, 특히 AI-XR 융합시뮬레이터를 활용하여 함정승조원 개인 전투능력 향상을 위한 통합 환경 구축 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다.

### 2. 현행 해군 교육체계의 제한 사항

#### 2.1 초급교육기관의 교육방식과 한계

해군 초급교육은 짧은 기간에 이룬 교육이 중심이어서 레이터나 기관 같은 핵심 장비를 실제로 다뤄 볼 기회가 거의 없다. 과거 교육 기간을 줄였다가 실무 부적응 문제가 불거져 원래대로 되돌린 사례처럼, 현행 과정만으로는 승조원이 함정 임무를 원활히 수행하기에 숙련도가 부족하다는 지적이 이어진다. 최근에는

계급별 획일식 교육에서 벗어나 전투·기술 등 기능별 체계로 개편이 진행되고 있지만, 병과별 심화교육은 여전히 제한적이다. 더욱이 연병장·모형함·VR 같은 한정된 환경에서 훈련이 이루어지다 보니 실제 바다 위 작전 상황과 피리가 커, 부대 배치 후에도 추가 적응 기간이 필요하다. 비록 해군이 XR 실습장 등 첨단 시뮬레이터를 도입해 현실성과 몰입도를 높이기 위해 노력하고 있으나, 돌발 상황 대처 능력과 실제 장비 조작 감각은 결국 현장 경험을 통해서만 완성될 수 있다는 한계가 남아 있다.

## 2.2 함정 배치 후 OJT와 비공식 멘토링 실태

함정에 배치된 뒤 승조원은 주로 선임의 구두 지시와 시범을 따라 현장 직무(OJT)를 배우며, 이 과정은 이론을 곧바로 실전 장비에 적용하고 함정 생활에 자연스럽게 적응할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 OJT의 질은 전적으로 멘토 역량·의지에 달려 있어 표준화가 부족하고, 바쁜 함정 일정 속에서는 교육이 후순위로 밀려 “따라다니며 보라” 식 관찰 학습에 그치기 쉽다. 그 결과 같은 시기 입대한 장병들 사이에도 장비 운용 능력과 전투 절차 숙련도에 큰 편차가 발생한다. 해군은 전임자가 일정 기간 함께 근무하며 노하우를 넘겨주는 인수인계 OJT, 퇴역함을 활용한 실습함 훈련, 신입 체크리스트·교육수첩 등으로 보완책을 마련했으나, 함정·부서마다 운영 방식이 달라 여전히 일관성이 떨어진다는 한계가 남아 있다.

## 2.3 지휘관·간부의 관심 부족 사례

일부 사례에서 교육훈련은 우선순위에서 밀려 형식적으로 운영되고, 그 결과 일부 승조원의 자격미달 상태가 방치되는 문제가 있습니다. 이는 유사시 해당 인원이 자기 임무를 다하지 못하는 전력 공백으로 이어질 수 있다.

## 2.4 정책 및 매뉴얼의 구현 미흡

해군이 공식 지침과 교육제도를 갖추고 있지만, 현장 적용의 실효성이 떨어집니다. 바쁜 함정 일정 속에 규정된 교육을 모두 소화하기 어려워 유명무실한 규정이 되거나, 교육 기록·평가가 탁상행정으로 그치는 경우가 있다.

## 2.5 현행 교육체계가 함정 전투력에 미치는 영향

첨단 함정과 무기체계도 승조원 숙련도가 받쳐주지 못하면 무용지물이 되며, 개인별 편차가 큰 상태에서는 초단위 대응이 요구되는 작전에서 작은 실수가 곧 임무 실패로 이어질 위험이 크다. 해군이 메타버스 모델링·XR 실습장·인공지능 OJT 등 혁신을 도입했지만, 교육이 전력 현대화 속도를 완전히 따라잡지 못하면 첨단 전력 운용 능력은 여전히 제한된다. 따라서 표준 교범 정비, 교관·선임자 훈련, 성과-연계 보상 같은 체계적 투자를 통해 학습 조직 문화를 정착시키고, 승조원 복무 기간 내 실질 교육 시간과

OJT 여력을 확보해야 한다. 이러한 노력이 지휘관의 교육 리더십과 맞물려 개인 숙련도 격차를 줄일 때, 해군 전투력이 비로소 극대화될 수 있다. 결국, 보이지 않는 평시 교육의 완성도가 유사시 해상 전투의 승패를 좌우한다는 사실을 간과해서는 안 된다.

## 3. AI 및 시뮬레이터 기술 활용 방안

### 3.1 AI 기반 학습 모듈

#### 3.1.1 임무·장비 디지털 트윈 구축

함정 내 각 station(브리지, CCC, 기관실, 무장통제실 등)의 장비·패널·경보 체계를 3-D 스캔하여 디지털 트윈을 생성하고 절차서(SOP)를 지식그래프 형태로 모델링한다. 장비 상태 변수를 실시간으로 시뮬레이터와 동기화하면 ‘장비 고장·전투손상·기상 악화’ 등 사건(event) 발생 시 AI가 원인-결과 시퀀스를 완전 학습형태로 제시할 수 있다.

#### 3.1.2 강화학습( RL ) 기반 시나리오 제어

멀티에이전트 강화학습(MADRL)을 적용해 가상의 적·아군 에이전트를 운용하면 훈련자는 매 회기마다 전혀 다른 전투 국면을 경험하게 된다. 미국 DARPA가 개발한 AI ‘AlphaDogfight’와 유사한 방식으로, 난이도는 훈련자의 최근 성과지표를 입력으로 자동 조정한다. RL 정책 네트워크는 훈련 로그로 지속 업데이트되어 실전 데이터가 없어도 학습을 고도화할 수 있다.

#### 3.1.3 적응형 피드백·평가

컴퓨터 비전(CV)으로 자세·시선·손동작을, NLP로 음성 명령 정확도를 인식해 0.1 초 단위 마이크로 이벤트를 추출한다. AI 평가엔진은 이 데이터를 즉시 채점하여 ▲반응시간 ▲절차 준수를 ▲오류 패턴 등을 KPI로 가중 합산, 레벨 I-V 숙련도를 부여한다. 결과는 함정·육상 서버로 전송되어 개인 대시보드와 부대 지휘관 뷰에 함께 표시된다.

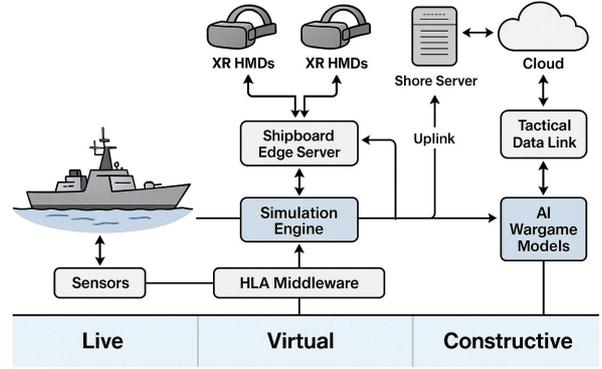
### 3.2 VR/AR/XR 착용형 시뮬레이터

#### 3.2.1 고글 기반 합성환경

해군교육사가 도입 중인 XR 통합 실습장 처럼, Varjo XR-4 급 HMD + 핸드트래커 + 가상충기 컨트롤러를 사용해 최대 220° 시야각·20/20 시각 해상도를 확보한다 (Stock Titan). [그림 1]은 착용형 HMD 셋업과 트레드밀·햅틱슈트 결합 예시를 보여준다.



[그림 1] 착용형 HMD 셋업과 트레드밀·햅틱슈트 결합 예시



[그림 2] 함정 LVC 통합 플랫폼 아키텍처

### 3.2.2 혼합현실 인터페이스

AR 모드에서는 실제 CCC 콘솔 위에 홀로그램 오버레이를 띄워 장비 내부 구조·케이블 경로를 투시한다. VR 모드에서는 해상 충돌경보·미사일 위협 등 고위험 상황을 안전하게 반복 학습한다. XR 모드는 실제 함정 갑판에 HMD를 착용하고 가상 표적·탄착을 합성하여 Live-Virtual 융합 훈련을 수행한다.

### 3.3 LVC( Live-Virtual-Constructive ) 통합 플랫폼

미 해군의 TCTS II(Tactical Combat Training System Increment II)처럼 보안 등급이 다른 노드 간에 다계층 암호화로 훈련 정보를 교환한다. 2019년 한국 해군은 SMART Navy 비전 실현을 위해 신기술정책 TF와 미래혁신연구단을 발족하고 LVC 통합 훈련체계 도입 로드맵을 수립했다. 차세대 전투함에 TSCE(통합함정컴퓨팅환경)와 VR/AR 장비를 결합해 실장비 데이터와 가상훈련을 실시간으로 연동하는 파일럿 테스트를 진행했다. Live-Virtual-Constructive 요소를 HLA Evolved 표준으로 통합한 아키텍처 설계를 완료하고, XR 실습장에서 함정·잠수함 승조원을 대상으로 PoC(Proof-of-Concept)를 성공적으로 마쳤다. [그림 2]는 함정 LVC 통합 플랫폼 아키텍처를 제시한 것이다. SMART Navy 종합계획에 LVC 플랫폼을 핵심 과제로 지정하고 산·학·연 협력 R&D 예산을 연계하여 2025년까지 단계적 전 함정 확산을 추진 중이다. 그러나 전 함정 보급과 현장 운용 정착을 위해서는 기술 검증 보완, 추가 예산 확보, 부대별 맞춤형 매뉴얼 개발 등의 후속 과제가 남아 있다.

### 3.4 데이터 기록·분석 및 개인화

홍채·얼굴 복합 생체인식으로 훈련 시작/종료 자동 로그인이고, 결과는 블록체인 해시로 위변조 방지한다. ▲개인별 숙련 곡선 ▲과제별 실패 빈도 ▲센서 피로 지수 등을 시각화해 AI 코치봇이 다음 훈련 과제를 추천한다. 지휘관 대시보드에서는 부대 평균 대비 1 표준편차 이하 인원을 자동 하이라이트하여 추가 코칭 자원을 배정하도록 지원한다.

### 3.5 기대효과

AI-XR 융합 훈련체계는 ▲승조원 숙련도 편차 해소 ▲반복 훈련 기회 확대 ▲훈련-전장 데이터 연계 분석을 가능케 한다. 민간 항공(FAA LOFT)과 미 해군 TCTS II의 사례처럼, 실전과 동등한 수준의 가상 전장을 구현해 훈련 비용 ↓ 30%, 숙달 속도 ↑ 40%(선행 연구 평균값) 효과를 기대할 수 있다.

## 4. 결 론

본 연구는 AI-기반 적응형 학습 알고리즘, 확장현실(XR) 시뮬레이션, 그리고 Live-Virtual-Constructive(LVC) 네트워크 아키텍처를 결합한 해군 개인전투능력 향상 모델을 제시하였다. 특히 디지털 트윈과 다중 에이전트 강화학습(MARL)을 통해 ▲맥락 인지(Context-Aware) 시나리오 생성, ▲개인별 학습 곡선 최적화, ▲실시간 성과 피드백 루프를 구현하였다. 본 모델은 교육생-장비-지휘관 간 데이터 통합 연속체(data-continuum)를 형성하여 “훈련-임무-평가” 전 주기를 구조화한다는 점에서 기존 단절형 교육체계와 근본적 차별성을 가진다.

참고문헌

- [1] DARPA, “AlphaDogfight Trials Final Report”, \*U.S. Defense Advanced Research Projects Agency Technical Series\*, pp. 1-42, 2021년.
- [2] K. Lee, H. Kim, “AI-Driven Decision Support in Military Training Simulators”, \*Defense Tech. Review\*, 제8권 제1호, pp. 22-30, 6월, 2023년.
- [3] Sutton, R. S., Barto, A. G., \*Reinforcement Learning: An Introduction\*, 2nd ed., MIT Press, 2018.
- [4] U.S. Navy, “Tactical Combat Training System Increment II (TCTS-II) Overview”, \*Naval Training Review\*, Vol. 15 No. 4, pp. 78-88, 7월, 2019년.
- [5] 김동현, “블록체인 기반 훈련 데이터 위변조 방지 기법에 관한 연구”, \*정보보호학회논문지\*, 제30권 제1호, pp. 55-65, 2월, 2024년.
- [6] 김재훈 외3인, “해군 함정용 디지털 트윈 기반 시뮬레이션 환경 구축 방안 연구”, \*국방정보학회논문지\*, 제24권 제2호, pp. 85-97, 6월, 2023년.
- [7] 김하늘, “지휘관 참여도에 따른 현장교육 편차 분석”, \*한국군사학논총\*, 제15권 제3호, pp. 67-75, 9월, 2021년.
- [8] 민간항공조종사교육평가위원회, “조종사 긴급상황 대처능력 평가 가이드라인”, \*민간항공안전연구\*, 제1권 제1호, pp. 1-24, 1월, 2021년.
- [9] 송진우, “교육체계 개선이 해군 전투력에 미치는 영향 연구”, \*해양안보연구\*, 제10권 제4호, pp. 102-110, 12월, 2024년.
- [10] 이민행 외3인, “디지털트윈 및 강화학습 기반 해군 시뮬레이터 고도화 연구”, \*해양정보기술학회논문지\*, 제12권 제2호, pp. 100-115, 6월, 2025년.
- [11] 이수진 외2인, “LVC기반 통합 전장훈련체계 설계 연구: 한국 해군의 적용사례 중심으로”, \*한국산학기술학회논문지\*, 제25권 제5호, pp. 412-421, 5월, 2024년.
- [12] 일본해상자위대, “MR Damage Control Trainer 운용사례 및 성과”, \*JMSDF Technical Journal\*, 제8권 제1호, pp. 15-27, 2월, 2022년.
- [13] 해군교육사령부, “XR실습장 기반 함정승조원 훈련 시스템 구축 보고서”, \*해군기술연구소연구보고서\*, 제1권 제1호, pp. 1-35, 12월, 2024