

석사학위논문

미래 전쟁에 대비한 한국군의
정보통신 발전 방향 연구
JADC2 개념의 적용을 중심으로

2026년

한성대학교 국방과학대학원

국 방 전 력 학 과

국 방 사 업 관 리 전 공

정 건 영

석사학위논문
지도교수 김형석

미래 전쟁에 대비한 한국군의 정보통신 발전 방향 연구

JADC2 개념의 적용을 중심으로

A Study on the Development of Information and
Communication Systems in the Republic of Korea
Armed Forces for Future Warfare
Focusing on the Application of JADC2 Concept

2025년 12월 일

한성대학교 국방과학대학원

국 방 전 력 학 과

국 방 사 업 관 리 전 공

정 건 영

석사학위논문
지도교수 김형석

미래 전쟁에 대비한 한국군의 정보통신 발전 방향 연구

JADC2 개념의 적용을 중심으로

A Study on the Development of Information and
Communication Systems in the Republic of Korea
Armed Forces for Future Warfare
Focusing on the Application of JADC2 Concept

위 논문을 국방전력학 석사학위 논문으로 제출함

2025년 12월 일

한성대학교 국방과학대학원

국 방 전 력 학 과

국 방 사 업 관 리 전 공

정 건 영

정건영의 국방전략학 석사학위 논문을 인준함

2025년 12월 일

심사위원장 김 흥 빈 (인)

심 사 위 원 최 경 환 (인)

심 사 위 원 김 형 석 (인)

국 문 초 록

미래 전쟁에 대비한 한국군의 정보통신 발전 방향 연구 JADC2 개념의 적용을 중심으로

학성대학교 국방과학대학원
국 방 전 력 학 과
국 방 사 업 관 리 전 공
정 진 영

본 연구는 미래 전장환경에서 효과적인 지휘통제를 구축하기 위해 미군의 합동전영역지휘통제(JADC2) 개념을 한국군 작전환경에 적합하게 적용하는 방안을 제시한다. 러시아-우크라이나 전쟁은 실시간 정보통합과 신속한 결심우위가 현대전의 핵심임을 입증했으나, 한국군 C4I 체계는 각 군별로 분리 운용되어 네트워크 중심전 수행에 구조적 한계를 보인다.

본 연구는 문헌분석과 비교연구를 통해 JADC2의 핵심요소—전영역 센서통합, AI 기반 결심지원, 클라우드 데이터융합, 사이버·전자전 생존성—를 검토하고, 한국군의 TICN, M-BcN, ATCIS 등 지휘통제체계의 한계를 분석했다. 연구 결과 ①산악지형으로 인한 통신음영, ②취약한 노드중심 토폴로지, ③민간통신 의존도, ④군간 데이터 연동성 부재가 JADC2 구현의 주요 장애임을 확인했다.

이를 바탕으로 본 연구는 한국형 JADC2(K-JADC2) 구축을 위해 네 가지 방향성을 제시한다. 첫째, All-IP 기반 통합네트워크 구조 확립으로 지

상, 해상, 공중, 우주 및 사이버 모든 영역에서 연속적인 통신을 보장한다.

둘째, AI 기반의 지휘결심체계(지능형) 도입으로 대용량 전장데이터를 실시간으로 연구하여 가장 효과적인 작전방책을 제시한다. 세번째, 클라우드 기반 데이터 아키텍처 구축으로 각 군의 데이터를 통합하고 실시간으로 공유한다. 넷째, 제로트러스트 보안체계와 사이버기술(회복성)로 적대적 환경에서의 생존성을 강화한다.

실행전략으로는 국방부와 합참, 방사청, 민간 기업을 포함하는 통합 거버넌스 체계 구축과 단계별 시범 → 확산 → 전력화의 추진 로드맵을 제시했다. 각 단계별로 데이터 공유율, 지연시간, AI 정확도 등 명확한 성과지표를 설정하여 객관적 평가를 수행한다.

본 연구는 JADC2를 단순 기술도입이 아닌 '정보중심'에서 '데이터중심'으로의 지휘체계 패러다임 전환으로, 앞으로 국방혁신 4.0이 요구하는 지능형 전술운용능력 확보를 위한 실질적 정책과 기술의 방향성을 제시한다는 의의를 갖는다.

【주요어】 : 한국형 JADC2, 합동전영역지휘통제, All-IP 네트워크, AI 기반 지휘결심, 클라우드 아키텍처, 사이버 생존성

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 목적 및 필요성	1
제 2 절 연구의 범위 및 방법	2
제 2 장 이론적 배경 및 선행연구	6
제 1 절 현재 및 미래시대의 전쟁	6
제 2 절 네트워크 중심 작전환경	13
제 3 절 선행연구 검토	15
제 3 장 한국군 정보통신체계 현황 및 한계	19
제 1 절 한국군 지휘통제체계 현황	19
제 2 절 국방전략기술 도출 및 로드맵 수립	22
제 3 절 기반통신망의 문제점 분석	32
제 4 절 각 군별 정보통신체계 운용 실태	34
제 4 장 JADC2 개념 및 해외 동향	36
제 1 절 JADC2의 개념과 특징	36
제 2 절 미군의 JADC2 추진 현황	38
제 3 절 JADC2를 가능하게 하는 기술	43
제 4 절 주요국의 유사 개념 및 추진 동향	46

제 5 장	한국형 정보통신 통합체계 구축방안	50
제 1 절	구축 목표 및 기본원칙	50
제 2 절	핵심 기술요소 및 적용방안	51
제 3 절	한국형 JADC2 도입에 따른 클라우드 구축	52
제 4 절	통합체계 구축 방향	61
제 6 장	실행전략 및 고려사항	66
제 1 절	추진체계 및 거버넌스	66
제 2 절	예산 및 자원 확보 방안	68
제 3 절	제약요인 및 해결방안	70
제 7 장	결론	72
제 1 절	연구 결과 종합	72
제 2 절	정책적 제언	73
제 3 절	연구의 한계와 향후 연구 방향	74
참 고 문 헌	76
ABSTRACT	80

표 목 차

[표 1-1] 연구의 구성	5
[표 2-1] 전쟁 방식 및 전쟁 양상 변화	7
[표 2-2] 선행 연구 요약	17
[표 3-1] 지휘통제체계 수준조사	21
[표 3-2] 국방전략기술 분야별 국방기술과제 현황	23
[표 3-3] 국방전략기술별 인공지능 기술수준	26
[표 3-4] 국방전략기술별 양자 기술수준	28
[표 3-5] 국방전략기술별 우주 기술수준	29
[표 3-6] 국방전략기술별 사이버·네트워크 기술수준	31
[표 3-7] 각 군별 정보통신체계 운용 실태 요약	35
[표 4-1] JADC2를 가능하게 하는 기술 요약	46
[표 4-2] 주요국의 유사 개념 및 추진 동향 요약	49
[표 5-1] 한국군 지휘통제체계 분류	59
[표 5-2] 통합체계 구축 방향 요약	65

그림 목 차

[그림 2-1] 지휘통신체계 구성도	8
[그림 2-2] ATCIS 2차 성능개량	9
[그림 2-3] 기반통신망 통신체계별 식별된 문제점과 요구되는 특성	11
[그림 2-4] AII-IP 기반 단일 통합형 네트워크 구축	14
[그림 3-1] 주요 12개국 기술수준(종합) 및 시사점	20
[그림 3-2] 연도별 국방 R&D 예산	20
[그림 3-3] 국방전략기술 도출 및 로드맵	22
[그림 3-4] 국방전략기술 인공지능 개념	24
[그림 3-5] 국방전략기술 양자 개념	27
[그림 3-6] 국방전략기술 우주 개념	28
[그림 3-7] 국방전략기술별 사이버·네트워크 개념	30
[그림 3-8] 지휘·통제의 복잡성 변화	32
[그림 4-1] 모자이크전의 개념도	40
[그림 5-1] Data Warehouse 아키텍처 사례	52
[그림 5-2] 전술통신체계(TICN)	53
[그림 5-3] 국방전략기술 현황	54
[그림 5-4] 국방 SW 계층구조	55
[그림 5-5] 한국군 지휘통제체계 현황	58

제 1 장 서론

제 1 절 연구의 목적 및 필요성

21세기 안보 환경에서 인공지능(AI), 사이버, 위성 통신 기술의 발전되면서 그로 인해서 전쟁의 양상이 변화되고 있다. 특히 러시아-우크라이나, 이스라엘-하마스 전쟁에서 보듯이 정보통신 기술력이 전장의 수행 능력의 우위성을 결정짓는 사안임을 확인 할 수 있었다. 실시간으로 이루어지는 정보통신, 무기체계(드론 등)와 네트워크 연동, 인공지능 기반으로 의사결정 등은 현대전의 중요한 요소로 자리 잡고 있으며, 이는 단순한 무기체계의 첨단화가 아닌 지휘통제(C2) 패러다임의 근본적 변화를 보여주고 있다.

한국군 또한 4차 산업혁명 시대에 대응하여 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare)을 발전시켜 왔으나, 여전히 각 군의 정보통신체계가 독립적으로 운영되고 있어 전영역 통합작전을 실현하는 데에는 구조적 한계가 존재한다. 육군의 TICN(Tactical Information Communication Network)은 네트워크중심전(NCW)에서 C4ISR·PGM(지휘통제, 통신, 감시정찰, 정밀타격 통합체계)의 통합 전투력을 보존하기 위한 전술통신체계로 한국군의 작전수행을 위한 전시 및 평시 전략, 전술 지휘통제와 통신을 지원한다.

해군은 KNCCS(Korea Naval Command and Control System), 공군은 MCRC(Master Control and Reporting Center) 체계를 개별적으로 운용하고 있으나, 이들 체계 간 데이터 연동성과 실시간 정보융합은 제한적이다.¹⁾

반면, 미군도 위 문제를 해결하기 위해 합동전영역지휘통제(JADC2: Joint All Domain Command and Control)의 개념을 발전시켜, 모든 영역(지상·해상·공중·우주·사이버)의 무기체계를 통합된 네트워크로 전략을 개발 중이다.

1) https://www.koreatimes.co.kr/southkorea/defense/20250522/eye-in-the-sky-inside-korea-air-forces-radar-nerve-center?utm_source=chatgpt.com (검색일 : 2025. 11. 11)

JADC2는 ‘누가 먼저 보고, 판단하고, 타격하는가(Decision Advantage)’의 경쟁 속에서 미군의 전장지휘체계를 데이터 중심으로 혁신하는 핵심 전략으로 평가된다.²⁾

한국군의 미군의 JADC2 체계 적용은 단순하게 기술만 따라하는 것이 아닌, 미래 전장 환경에서도 생존성과 지휘통신 패러다임 변화로 전투력 발휘를 위한 의미한다. 현재는 각 군별로 분리된 통신망 구조는 전시 및 위급한 상황에서 즉각적인 정보공유가 어렵고, 인공지능(AI), 빅데이터, 클라우드의 실시간 의사결정체계 구축에도 제한사항이 있다. 그러므로 한국군의 정보통신체계는 기존의 전술통신 중심 구조에서 벗어나 “통합 네트워크 체계 기반 지휘체계”로 지능화 방향으로 변화해야 한다.

이에 맞춰서 국방부는 국방혁신 4.0 추진 중이며, 주요 방향으로 지능형 전술운용능력(Intelligent Operational Capability) 제시하여 필요성을 강조한다. 국방혁신 4.0은 인공지능(AI), 빅데이터, 첨단 네트워크 등을 토대로 한 작전, 훈련, 지휘결심의 전면적으로 지향하게 되며, 이는 JADC2가 나아가는 전장정보 통합과 동일하다.

제 2 절 연구의 범위 및 방법

본 연구는 한국군 정보통신체계의 현상을 전체적으로 분석하고, 미군의 JADC2 개념을 검토하여 한국군의 작전에 적합한 정보통신체계 개발 방향을 탐색하는 것에 목적이 있다. 특히 본 연구는 새로운 기술 모델이나 실증적 데이터를 제시하기보다, 사전에 수립된 체계와 발표된 정책자료를 바탕으로 현 체계의 문제와 구조, 제도적 한계를 분석하고 방향을 제시하는 수정 및 보완형 연구의 성격을 갖는다. 연구의 범위는 크게 세 가지 분야로 설정하였다.

첫째, 체계의 범위는 한국군의 지휘통제와 통신체계 전반을 포함한다. 여기에서는 전술정보통신체계(TICN), 군광대역통합망(M-BcN), 전술통합체계

2) <https://www.defensenews.com/outlook/2021/12/06/us-military-tech-leads-achieving-all-domain-decision-advantage-through-jadc2/> (검색일 : 2025. 11. 7)

(SPIDER), 군위성통신체계-II, 그리고 각 군별의 전장지휘통제체계로 육군 ATCIS, 해군 KNCCS, 공군 MCRC가 포함된다. 앞의 체계들은 현재 각 군으로 분리되어 운용되고 있다. 하지만 합동작전 환경에서는 상호 운용성(Interoperability)의 제한점이 나타나고 있다. 그러므로 본 연구는 각 군별 체계의 기술적 성능보다는 체계 간 접점 및 연동구조, 데이터 교환 방식, 통합 네트워크 문제를 중점으로 탐색한다.

둘째, 내용적으로 범위는 JADC2 개념에서 핵심 요소인 ‘통합 네트워크 구조’, ‘데이터 기반 의사결정 체계’, ‘인공지능(AI) 지휘결심(지원형) 프로세스’, 그리고 ‘사이버와 전자전 대응 능력’을 중점으로 한다. 국방부가 추진 중인 국방혁신 4.0의 방향과 연결하여, 지휘통제체계가 어떻게 인공지능(AI)과 클라우드와 수용하고, 다양한 전장 환경을 인식하고 정보공유 체계를 고도화할 수 있는지를 분석한다. 즉, 기술적 검토를 통해서 한국형 JADC2 개념의 적용 및 가능성을 단계별로 발전 전략을 제시하는 것이 분석의 핵심이다.

셋째, 분석 시기범위는 2016년으로 부터 2025년까지로 정하였다. 2016년은 TICN과 군위성통신체계-II 사업이 본격적으로 시작된 시기이며, 2023년 이후로는 국방혁신 4.0 정책이 시행되어 지능형 전술운용능력(Intelligent Operational Capability)이 국방의 중요한 방향으로 강조되기 시작한 시점이다. 본 연구는 이러한 정책적 기준으로 10년간의 변화를 분석하고, 각 시기별로 추진 배경과 체계적 연관성을 분석하였다.

연구방법은 문헌연구(Literature Review)와 비교분석(Comparative Analysis)으로 한다. 먼저 문헌연구를 통해 국내외 학술논문, 국방정책보고서, 방위사업청 및 국방과학연구소(ADD)의 공개 자료와 미 국방성(DoD)의 JADC2 관련 공식 문서를 분석하였다. 이 과정을 걸쳐 JADC2의 이론적 배경과 추진 단계, 구성요소를 정리하고, 이를 한국군의 정보통신체계 구조와 비교할 수 있는 분석의 틀을 제시하였다.

비교분석 단계는 미군의 JADC2 추진체계와 한국군의 기존 C4I 구조를 기술과 운용성, 조직적 관점에서 분석하였다. 비교 기준은 ① 네트워크 구성 및 통합 정도, ② 데이터 흐름 및 정보공유 속도, ③ 인공지능 및 클라우드 기술의 적용 수준, ④ 의사결정 체계의 자동화 정도, ⑤ 사이버 보안 및 전자

전 대응 능력 등 5가지로 설정하였다. 이러한 기준은 단순한 기술 비교가 아닌, 한국군의 실질적으로 적용과 평가하기 위한 분석의 척도로 활용되었다. 또한 본 연구는 각 체계의 구조적 특징만 아니라, 국내외 정책과 법과 제도적으로 제약 요인도 함께 검토하였다. 한국군의 현재 정보통신체계는 기술적 개선만으로 해결될 수 없는 조직 간의 권한 배분, 주요 데이터 관리 문제, 정보 보안 규정 등 많은 제도적 제약을 포함하고 있다. 그러므로 연구 과정에서는 기술 분석과 더불어서 정책 및 제도적 여건이 JADC2 개념 도입에 미치는 영향을 병행해서 검토하였다.

자료 검증 단계는 공개 문헌을 중심으로 신뢰성을 확보했다. 군사기밀 또는 비공개 자료를 활용하지 않았으며, 국내외 정부 보고서와 학술자료의 교차 분석과 검증을 통해 객관성을 유지했다. 또한 일부 정책 자료의 경우, 발표 시점의 기술 수준과 이후의 개정사항을 비교하여 최신성을 확보했다.

본 연구는 실험적 검증 또는 즉각적인 능력 확인을 위한 모의실험(시뮬레이션)을 수행하지 않는 한계가 있으나, 공개된 정책자료와 선행 연구를 종합하여 한국군 지휘통제체계의 현 상태를 진단하고, JADC2 개념의 국내 적용 가능성을 평가하는 것에 의의를 둔다. 나아가서 분석 결과를 통해 한국군의 정보통신체계가 단순한 정보 공유를 넘어서, AI와 데이터가 결합된 통합전장 관리체계(Intelligent Integrated C2 System)로 발전할 수 있는 긍정적 방향을 제시하고자 한다. 연구의 전체적인 구성은 다음과 같다. 본 연구는 총 6장으로 구성되었고, 각 장은 연구의 전개 논리를 단계적으로 하였다.

제1장 「서론」에서는 연구목적 및 필요성을 제시하고, 연구의 범위 및 방법을 기술하여 연구의 기본 방향과 접근 논리를 제시한다.

제2장 「이론적 배경 및 선행연구」에서는 현재 및 미래시대의 전쟁 양상을 분석하고, 네트워크 중심 작전환경의 특성을 고찰하며, 관련 선행연구를 검토함으로써 연구의 이론적 기반을 확립한다.

제3장 「한국군 정보통신체계 현황 및 한계」에서는 한국군 지휘통제체계 현황과 기반통신망의 문제점을 분석하고, 각 군별 정보통신체계 운용 실태를 파악한다. 또한 JADC2를 가능하게 하는 기술을 검토하고, 한국형 JADC2 도입에 따른 클라우드 구축 방안을 제시한다.

제4장 「JADC2 개념 및 해외 동향」에서는 JADC2의 개념과 특징을 정리하고, 미군의 JADC2 추진 현황과 주요국의 유사 개념 및 추진 동향을 비교·분석한다.

제5장 「한국형 정보통신 통합체계 구축방안」에서는 구축 목표 및 기본 원칙을 설정하고, 핵심 기술요소 및 적용방안을 제시한다. 또한 국내외 연구 동향을 검토하며, 실행전략 및 고려사항으로서 추진체계 및 거버넌스, 예산 및 자원 확보 방안, 제약요인 및 해결방안을 구체적으로 논의한다.

제6장과 제7장에는 실행전략과 고려사항을 정리한 후 결론 및 정책제언에서 연구 결과를 종합하여 한국형 JADC2 구축의 학문적·정책적 의의를 정리하고, 향후 한국군 정보통신체계 발전을 위한 정책적 제언과 후속 연구 과제를 제시한다. 이와 같은 연구의 구성 체계는 본 연구가 지향하는 통합적 분석 접근을 고려한 것이고, 이러한 구성을 시각적으로 제시하기 위하여 아래의 [표 1-1]에 요약하였다.

[표 1-1] 연구의 구성

제1장 서론	⇒	연구목적 및 필요성, 연구의 범위 및 방법
제2장 이론적 배경 및 선행연구	⇒	현재 및 미래시대의 전쟁, 네트워크 중심 작전환경, 선행연구 검토
제3장 한국군 정보통신체계 현황 및 한계	⇒	한국군 지휘통제체계 현황, 기반통신망의 문제점 분석 및 각 군별 운용 실태, JADC2 관련 기술 및 클라우드 구축
제4장 JADC2 개념 및 해외 동향	⇒	개념과 특징, 미군의 JADC2 추진 현황, 주요국의 유사 개념 및 추진 동향
제5장 한국형 정보통신 통합 체계 구축방안	⇒	구축 목표 및 기본원칙, 핵심 기술요소, 적용방안 및 통합체계 구축 방향
제6장 실행전략 및 고려사항	⇒	추진체계 및 거버넌스, 예산/자원 확보 방안, 제약요인 및 해결방안
제7장 결론 및 정책 제언	⇒	연구 결과 종합, 정책적 제언 및 한계

제 2 장 이론적 배경 및 선행연구

제 1 절 현재 및 미래시대의 전쟁

21세기의 과학기술은 혁명성을 띠고 발전할 것으로 예상된다. 특히 정보통신 및 인공지능기술이 혁신적으로 발전되어 21세기에는 인류문명의 기본 패러다임은 산업사회와는 다르게 근본적으로 새로운 형태의 지식·정보화 사회가 될 것이다.

이에 따라 인류문명의 획을 긋는 전쟁방식에 있어서도 거대한 변화가 있으리라는 것은 이미 학자들에 의해 주장되고 있음은 사실이다.

지식·정보화사회의 전쟁은 이전의 문명시대 전쟁양상과는 달리 새롭고, 파격적으로 변화하게 될 것이라는 것을 예견하면서, 미래전장은 다음과 같은 특징을 가지게 될 것이라고 앨빈 토플러(Alvin Toffler) 박사는 주장하고 있다.

첫째, 정보 및 지식이 전쟁의 승패를 결정짓는 중요한 요소로 등장할 것이며, 둘째, 산업문명시대(제2의 물결)전쟁 양상으로 파괴 및 대량살상 양상보다는 파괴를 최소화하는 탈 대량화(Demassification)로 전투양상으로 변화하게 되며, 나아가 인공지능 로봇에 의한 무인화 전투로 전개될 것이다.

마지막으로, 전투 공간이 지상, 해상, 공중에 이어 우주 및 사이버 공간으로까지 확장될 것이며, 그 공간에서 임무를 수행하는 전투원들은 고도의 정보와 지식으로 무장될 것이다.³⁾

이와 같이 아래 [표2-1]에서 보듯이 전장 양상의 변화 추세에 관한 논의는 전쟁의 방식이 변화했다.

3) 신동찬, 이희범, 두석주, 김도현, 김종희, 김숙영, 노숙정. (2013). 『미래정보전 Future Information&Electronic Warfare』, 황금소나무.

[표 2-1] 전쟁 방식 및 전쟁 양상 변화

구 분	산업문명시대의 전쟁(과거)	현재 및 미래의 전쟁
핵심특징	대량파괴 및 살상 금속, 철강, 기계 힘에 기초 함정, 항공기, 탱크 등 플랫폼 중시	정보 및 지식을 기본으로 정밀 유도 무기 및 정보체계 중시한 네트워크 중심 전투
전장공간	지, 해, 공(3차원) 전투 공간 및 군별 독자적 작전	우주, 사이버 공간 확장(5차원) 전투공간과 군별 통합작전, 사이버전
전투수단	탱크, 항공기 등 화력위주의 전력발전	무인, 자동화 기동수단 지식 위주의 전력발전
전력전개 /운용	기동화력전 수행	정보마비전 수행, 비대칭 전투
전투원	기계 운용 전투원	정보활용 전투원(디지털 전투원)
전투조직	계층적인 수직 명령 구조	비계층적 수평 협력 구조
군수지원	대량 비축 지원	소량 적시 지원
전 력	전력지수	효과지수

[표 2-1]에서 보여진 바와 같이 서구 산업문명으로 기계화된 무기체계가 생산된 이후 전쟁의 목적은 산업시설과 이들을 파괴하는 것으로써, 이들에 대한 전력평가 기준에 전력지수라는 것이 사용되었다. 그러나 21세기 지식·정보 화사회에 있어서 군사적 건설의 목적은 전군의 C4I체계⁴⁾를 중심으로 한 정보 수집체계와 타격체계를 얼마나 효과적으로 타격하여 무력화시킬 수 있느냐 하는데 있기 때문에, 이에 대한 전력평가 기준에는 효과 지수라는 것을 사용하게 될 것이다.

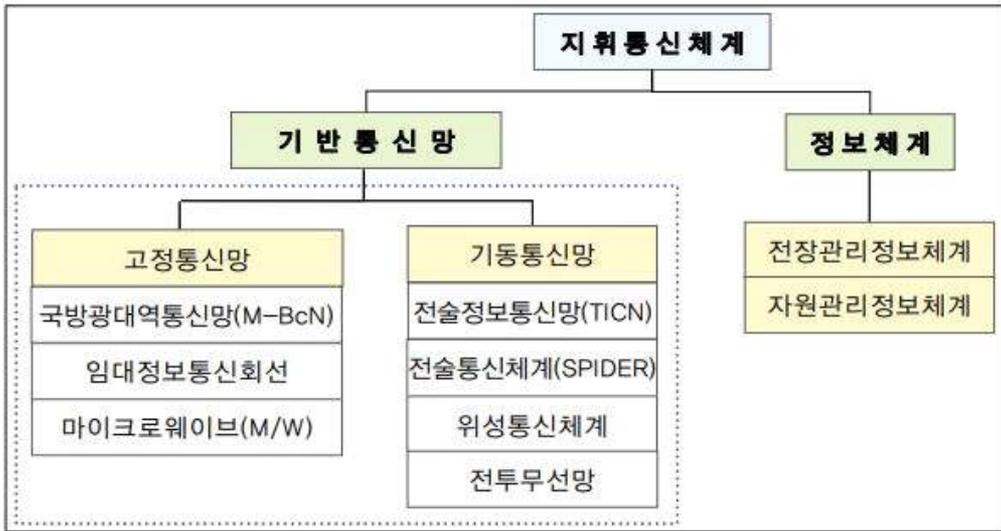
오늘날 미국은 세계 최선두의 위치에서 제3물결의 새로운 문명 패러다임을 개척해 왔을 뿐만 아니라, 전쟁패러다임에도 정보사회에 걸맞게 지식·정보 중심으로 변화시키고 있다. 특히 걸프전은 산업사회의 이라크군과 정보사회의 문턱에 있던 다국적군(미군)과의 전쟁으로서, 정보사회의 새로운 전쟁패러다임 전환에 따른 작전 및 전투양상과 전투원리의 변화를 예측하는 데 증거를 제공하였다.

역사를 통해서 보면 산업의 발전과 무기체계의 기술이 국제관계와 전쟁의 방향을 새롭게 제시하는 경우가 있었다. “화약”의 개발로 인해 냉병기에서 열병기로 변화했고, 현대에 들어서는 “핵무기”가 국제관계에 큰 영향을 끼치는

4) C4I는 지휘(Command), 통제(Control), 통신(Communication), 컴퓨터(Computer), 정보(Intelligence)의 약어로, 5가지 요소들을 유기적으로 통합하고 전산화해 지휘관의 작전대응 능력을 지원하는 시스템이다. 우리 군도 네트워크 중심전을 적용해 2000년대 초부터 전군에 이를 위한 체계를 구축해왔다. 이것이 바로 C4I라는 지휘통제체계다.

경우로 볼 수 있을 것이다. 하지만 한편에서는 AI기술이 그와 비슷한 국제관계의 주인공이 될 것으로 인식되고 있다. AI 군사기술은 앞으로 국가안보에 중요한 안건으로 발전할 것이며 한국군의 미래의 정보통신에서도 매우 중요할 것이며 이는 국가의 역량이 될 것이다.

지휘통신 야전교범에 의하면 우리 군(軍)의 기반통신망은 지휘 통제 및 정보 공유 등을 위한 전송로를 제공하기 위해 구성하고 있으며, 이를 고정통신망과 기동통신망으로 [그림 2-1]과 같이 구분하고 있다.



[그림 2-1] 지휘통신체계 구성도⁵⁾

지휘통신 야전교범에 의하면 고정통신망은 통상 군단급 이상 대부분의 고정된 지휘소에서 운영하는 통신망으로, 이를 통해 고속으로 대용량 정보전송이 가능하다. 우리 군(軍)에서는 고정통신망으로 M-BcN⁶⁾, 임대 회선, 마이크로웨이브(Microwave, 이하 M/V)를 운용하고 있다. 군(軍) 통신환경 변화에 따라 신규 개발되는 정보체계 등은 대용량 데이터 소통이 요구되나, 현(現)M-BcN은 운용체계 대비 ‘전송용량 제한’으로 이를 지원하는 능력이 부족하고 과거보다 데이터 통신 수요가 획기적으로 증가하는 추세를 반영하지

5) 육군본부, 『야전교범 운용-1-1 지휘통신』 (계룡: 육군본부, 2016), p.1-5.

6) 육·해·공군 사령부와 군단급 사령부를 연결하는 유선 지휘 통신망을 말한다. 한마디로 ‘지휘통신’이다. 임대형민간투자방식(BTL)으로 진행되는 차기 M-BcN 구축 민간 투자 사업은 2021년 8월 KT가 수주했다.

기동통신망은 군단 이하 제대에서 운용되는 통신망으로 이동하여 설시 운용하는 통신망을 구성할 수 있다. 지형 및 기상에 따라 통신장비 설치 및 운용이 제한되는 경우가 많고, 적 포격 도발 위협에 취약하다. 전술통신체계(SPIDER, TICN, 군(軍)위성통신체계, 전투무선망)이 있다.

SPIDER 통신망 구성 시 전술다중무선세트(Tactical Multichannel Radio, 이하 TMR) 장비는 최대 가시 거리 약 48km이지만, 제2작전사령부 작전지역 평균 거리는 약 80km로 통신망 구성을 위해서는 다중 중계가 필요하다. 이를 극복하고자 TICN 체계로 전환 중에 있다. 하지만 전환하면서 문제점이 식별되고 있는데 각 군(軍)의 임무를 고려하지 않은 편성 위주의 체계로의 전환은 넓은 책임 지역 대비 TICN 노드 통신소가 부족하여 효과적인 운용이 제한된다.

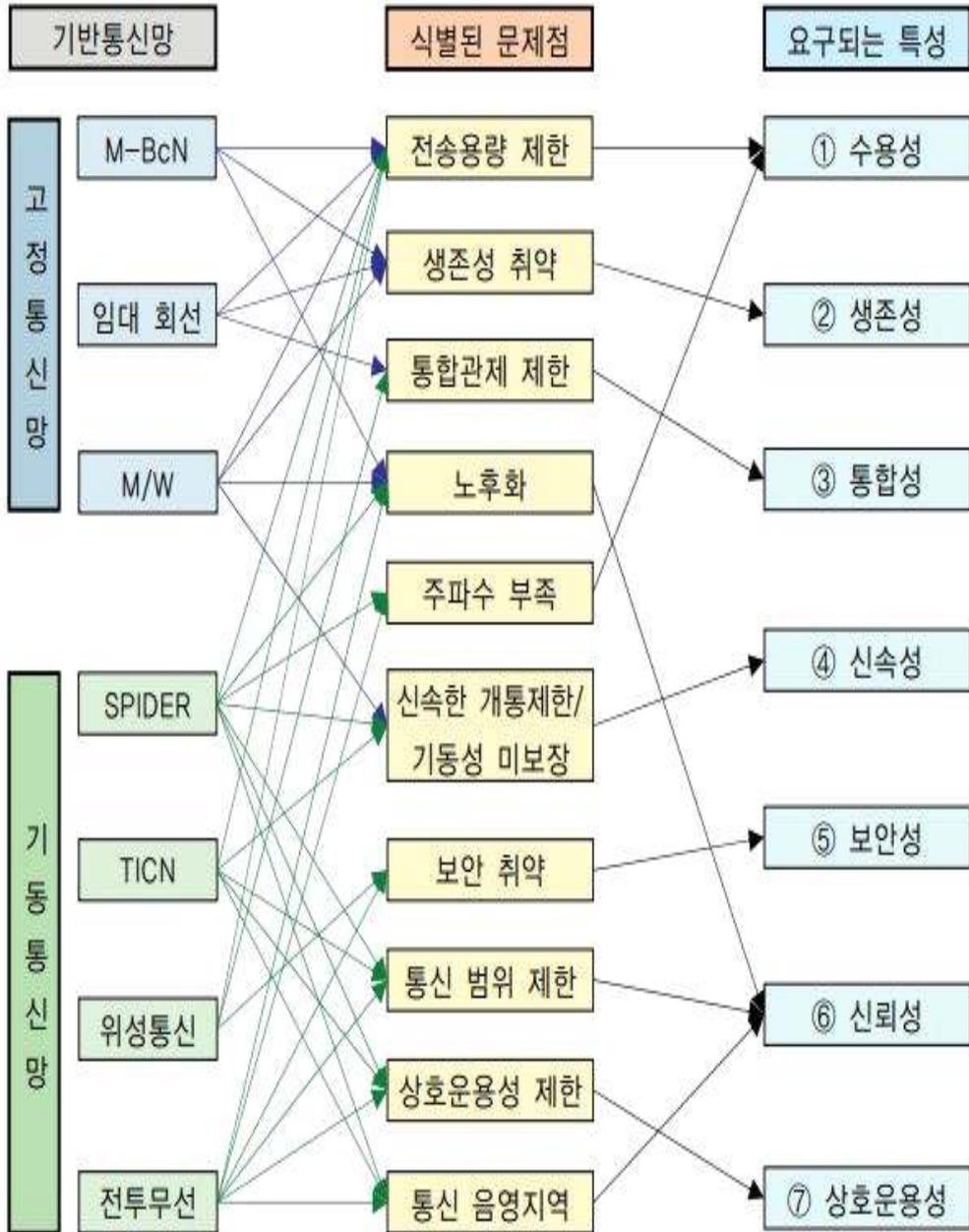
군(軍)위성통신체계⁸⁾ 아나시스 지상군의 유·무선 통신망 이용이 어려운 상황에 지리적 환경과 관계없이 지휘통신이 가능하게 하려고 2006년부터 민군 겸용 위성인 ‘무궁화위성 5호’를 운용하고, 광범위한 지리적 환경에서 지휘통신망 구성을 극복하기 위해 활용하고 있다. 하지만 군(軍)위성통신체계에도 제한으로 중계기 12기(536Mbps)를 군(軍)에서 운용하고 작전소요 대비 너무 낮은 대역폭으로 인해 신속한 통신망 구성이 제한된다.

위성통신망은 임대 회선 구축 전 초기 통신망 구축을 위해서 만, 또는 악조건 환경을 극복하기 위해 짧은 통신망 운용 시에만 가능하다. 전투무선망 또한 무기체계 증가에 주파수 이용 시 많은 무선장비가 운용되어 간섭현상은 심각해 질 것이다.

우리 군(軍) 현(現)통신망 실태를 분석하여 문제점을 식별하였다. 이처럼 민간에서 4차 산업혁명, 5G 통신망, AI 기술 개발 등 사용하고 있는 반면 우리 군(軍)은 아직 기대에 못 미치고 있다.

7) <https://www.hanwhasystems.com/kr/business/defense/c5i/control04.do> (검색일 : 2025. 10. 23)

8) 군 위성통신체계-II는 정지궤도 상에서 운용되는 군 독자위성을 이용하여 한반도를 포함한 한국군의 작전지역 내에서 지상, 해상, 공중의 어떠한 기반시설의 도움 없이도 전용 위성통신 단말들을 통해 이동성과 생존성을 보장하는 기반통신체계
<https://www.hanwhasystems.com/kr/business/defense/c5i/communication03.do> (검색일 : 2025. 10. 23)



[그림 2-3] 기반통신망 통신체계별 식별된 문제점과 요구되는 특성⁹⁾

9) 박태웅, 한현진. (2020). 한국군 기반통신망 분석 및 발전 방향 : 지상군 중심으로, 국가안보와 전략, 20(2), p.131-170.

이러한 지상군 기반통신망의 식별된 문제의 근본적인 원인을 분석하여 보면기반통신망이 운용되고 있는 한반도의 작전 운용환경, 기반통신망의 토폴로지(Topology)¹⁰⁾, 기반통신망의 높은 민간 의존도, 전·후방 지역 통신장비의 기술격차 등을 들 수 있다.

첫째, 산악지형이 70%인 한반도 작전환경이 통신 음역지역 발생의 원인이 된다. 산악지역에 통신소를 설치해야 할 고지 군에 접근로나 가용 공간의 부족으로 점령이 어렵고, 가시선 확보가 제한되어 노드통신소간 최대 가시 통신 거리를 확보할 수가 없다.

둘째, SPIDER 및 TICN 등의 기동통신망 토폴로지 구성에 있어 노드통신소에 대한 의존도가 너무 높다는 점이다.

노드통신소가 전개가 완료되어야 작전부대에 통신 지원을 할 수 있게 된다. 공격작전의 경우 전방으로 기동하는 작전부대보다 선행하여 노드통신소를 사전에 전개해서 통신 지원을 준비해야 하나 적 특작 부대 공격, 산악지역으로 인한 기동로 제한 등으로 인해 적시적으로 작전부대에 통신 지원이 어렵다. 트리형 토폴리지를 지원하는 노드통신소가 파괴되거나 장애가 발생한 경우에는 해당 트리에 연결된 작전부대의 통신 네트워크는 모든 정보유통이 단절되는 상황이 발생한다. 또한, 접속할 수 있는 무선 통신 장비 장애 발생 시 통신두절이 발생하고 노드통신소에 재접속을 위한 추가적인 과업이 발생한다.¹¹⁾ 노드통신소에 대한 큰 의존도가 신속한 개통제한과 기동성 미보장, 통신 범위 제한 등에 대한근본적인 원인이 되는 것이다.

셋째, 지상군 기반통신망이 민간요소에 대한 의존도가 높아 통합관제 제한, 생존성 취약, 전송용량 제한 등의 문제가 발생하고 있다.

10) 네트워크는 일련의 링크와 노드로 구성됩니다. 노드에는 라우터, 스위치, 리피터 및 컴퓨터와 같은 디바이스가 포함됩니다. 네트워크 토폴로지는 이러한 구성 요소가 서로 어떻게 배열되어 있는지, 그리고 데이터가 네트워크를 통해 어떻게 이동하는지를 설명

11) 조오현, 박상준, 김용철, 변조신, 이원우, (2019) 『다계층 공중전술네트워크 운용 개념과 기술적 고려 사항』 한국통신학회 학술대회논문집, p.708-709.

제 2 절 네트워크 중심 작전환경

네트워크 중심전(NCW, Network-centric Warfare)¹²⁾은 새로운 전쟁에 관한 전쟁이론이며, 최상위 수준의 포괄적인 개념으로서 완전 또는 부분적으로 네트워크화된 부대가 상황인식의 공유(Shared Situational Awareness)를 통해서 결정적 전투수행 우위를 달성하기 위한 운용 전략, 전술, 기술, 절차 및 조직의 통합을 의미한다. 따라서, 네트워크 중심전 수행은 네트워크화된 부대가 어떻게 임무를 수행하는가에 중점을 둠으로서 정보통신기술 자체보다는 네트워크 환경하에서 장비들의 행동에 초점을 맞추고 있다. 이와 같이 정보사회에 대한 전체적인 특징은 유비쿼터스(Ubiquitous)화로 진행되고 있다는 것이다.

유비쿼터스화 사회란 컴퓨팅과 네트워크를 기반으로 물리적 공간을 지능화함과 동시에 이 공간에 펼쳐져 있는 다양한 객체들이 네트워크로 연결된 사회이며, 객체들의 인터넷 화를 의미한다. 21세기 전쟁에서 승리하는 길은 바로 이러한 유비쿼터스 공간을 국방공간으로서 얼마나 잘 개발하느냐 하는데 있다고 할 것이다. 보이지 않는 전쟁이라는 새로운 하나의 특징으로 등장하고 있는 미래전은 결국 물리 공간과 사이버 공간이 하나로 연계된 공간에서의 전쟁임을 의미한다.¹³⁾

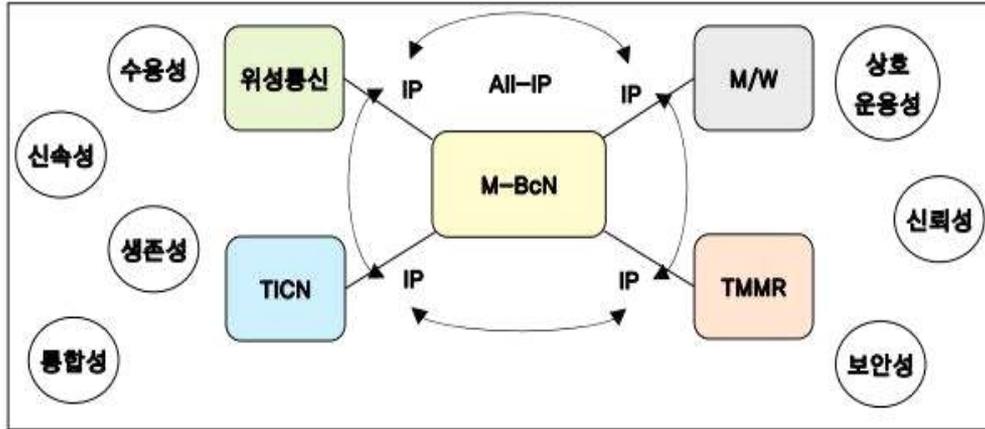
현(現) 한국군의 고정통신망과 이동통신망 각각 기반통신망별로 식별된 문제점을 보완하여 전투준비태세를 갖춰야한다. 고정통신망은 IP 기반으로

12) 네트워크 중심전은 90년대 후반부터 미해군에서 도입되어 현재 미국방부 차원에서 의욕적으로 구현하고 있는 미래지향적 전쟁수행방식으로서, 컴퓨터의 자료 처리 능력과 네트워크로 연결된 통신기술을 활용하여 정보의 공유를 보장함으로써 군사력의 효율성을 향상한다는 개념이다. 이는 걸프전쟁과 이라크전쟁에서 일부 적용된 바 있고, 세계 대부분의 국가들은 각자의 여건에 부합되는 형태로 추진해 나가고 있다. 아직 그 개념이 불명확한 점이 있고, 정보와 기술에 과도하게 의존하는 등의 제한사항이 있으나, 한국군의 입장에서 정보화시대의 전쟁양상에 적극적으로 적응한다는 차원에서, 네트워크 중심전의 기본개념, 추진실태, 장점과 제한사항을 광범하게 이해하고 토의를 활성화할 필요가 있다. 그리고 한국군 고유의 구현방향을 정립하고, 네트워크 중심전에 부합되는 방향으로 전력을 증강해 나가며, 합동작전과 분권화 작전환경에 적응할 수 있도록 의식을 전환시켜 나가야 한다.

박휘락 (2005). 『네트워크 중심전의 이론과 추진 현황』. 국방정책연구, 21(3), 155-182.

13) 신동찬, 이희범, 두석주, 김도현, 김중희, 김숙영, 노숙정. (2013). Future Information & Electronic Warfare 『미래정보전』

M-BcN 광통신과 M/W 무선통신이 상호보완적으로 운용될 수 있도록 발전되어야 하고 전투무선망, TICN 전술통신망, 공중중계, 위성통신 등 기동통신망 또한 각각 ‘공통 IP 기술’을 기반으로 발전되어야 한다.¹⁴⁾



[그림 2-4] All-IP 기반 단일 통합형 네트워크 구축

All-IP¹⁵⁾ 기반 단일 통합형 네트워크’ 구축을 통해 군(軍) 기반통신망에서 요구하는 ‘수용성’, ‘생존성’, ‘통합성’, ‘신속성’, ‘보안성’, ‘신뢰성’, ‘상호운용성’등이 확보되어 지상군 전(全) 제대는 언제 어디서나 원활한 음성·데이터·영상통신서비스 제공을 보장받을 수 있을 것이다.

현재는 주 통신망 파괴 또는 장애 시 예비통신망으로 수동으로 전환하는 개념이나 ‘All-IP 기반 단일 통합형 네트워크’가 구축이 된다면 연동을 통하여 자동으로 가용한 기반통신망으로 전환할수 있으며 전환에 필요한 소요시간을 최소화하여 절단 없는 ‘생존성’과 ‘신뢰성’이 확보된 통신망 운용을 보장할 수 있다.¹⁶⁾

14) 박태웅, 한현진. 전개논문, p.131-170.

15) 인터넷 프로토콜(IP)을 기반으로 한 망 구조. 차세대 통신망은 유무선이 통합되고, 방송과 통신의 구분이 없어지는 광대역 통신망이 등장해 모든 서비스가 하나로 융합되어 멀티미디어로 제공되는 환경으로 진화를 거듭하고 있으며, 이들 서비스를 원활하게 지원하기 위해서는 All-IP 망이 필수적이다. 다른 종류보다 IP 패킷이 많은 양의 데이터를 전송할 수 있어 대용량의 멀티미디어 서비스를 쉽게 지원할 수 있다.

16) 박태웅, 한현진. 전개논문, p.131-170.

제 3 절 선행연구 검토

국내에서 합동전영역지휘통제(JADC2)에 대한 연구는 주로 미군의 전략 개념을 분석하고 이를 한국군 현실에 적용하기 위한 방향성을 탐색하는 수준에서 이루어지고 있다.

박휘락 (2005)은 네트워크 중심전(NCW)을 지리적으로 분산된 부대와 무기체계를 네트워크로 연결하여 정보를 공유하고 군사력의 상승효과를 극대화하는 미래지향적 전쟁수행 개념으로 정의하였다. 한국군의 NCW 구현을 위해서는 탐지-지휘통제-타격 요소의 균형 발전, 합동성 강화, 네트워크 중심전 수행문화 형성이 필요하며, 모든 간부들의 공감대 형성과 한국군 나름의 추진방향 정립이 선행되어야 함을 강조하였다.

박태웅, 한현진 (2020)은 한국군의 기반통신망을 고정통신망(국방광대역통합망, 임대정보통신회선, 마이크로웨이브)과 기동통신망(SPIDER, TICN, 군위성통신체계, 전투무선망)으로 분류하여 분석하였다. 분석 결과 현 기반통신망은 군 통신환경 변화에 따른 대용량 데이터 전송 제한 및 상호운용성 부족 등의 문제점이 식별되어, 미래 전장 환경에 대비한 발전 방향을 제시하였다

윤웅직, 심승배(2022)는 체계적으로 연구하여 미군의 JADC2 전략을 한국군에 대한 시사점을 도출했다. 미군의 자동화된 결심지원체계, 통합데이터 아키텍처, 분산형 C2 개념을 연구하고, 이것을 한국군의 지휘체계 및 TICN, SPIDER 통신망 발전 방향과 연계하여 제시하였다. 더불어서 JADC2의 핵심요소를 네트워크 중심의(NCW) 진화 형태로 정하고, AI와 클라우드 기반 통신망의 중요성을 강조하였다.

김중희, 최영찬(2023)은 한국군이 지향해야 할 합동지휘통제체계의 발전 방향성을 미국의 JADC2 전략을 심층적으로 연구제시하였다. 연구는 미 육군의 Project Convergence, 공군의 ABMS, 해군의 Project Overmatch를 비교함으로써 한국군에 적합한 단계적 통합 전략과 상호운용성 확보 방안을 구체화하였다.

설인효(2024)는 데이터 기반 전장 환경에서 지능형 통합체계 수립을 위해

서 정책적 과제를 제안했다. JADC2의 핵심으로 '데이터 주도 전장관리체계' 개념을 기반으로 미군의 사례를 연구하고, AI 및 클라우드 기술을 통합한 한국군형 지휘통제체계 구축 로드맵을 제안하였다. 위와 같이 국내 연구는 주로 JADC2의 개념적 이해와 정책적 적용에 초점을 맞추고 있으며, 실증적 연구 보다는 전략과 개념적 접근에 무게를 두고 있다.

장욱(2025)은 네트워크 중심전(NCW)과 합동전영역지휘통제(JADC2) 등 미래 무기체계가 첨단화됨에 따라 사이버전이 현실 세계에 미치는 영향력이 확대되고 있으며, 한국형 JADC2인 KCCS의 적기 도입을 위해 사이버보안 역량 확보를 위한 사이버훈련 기술이 필수 요소로 제안했다.

국외 연구에서는 JADC2가 사전 다영역 통합작전(MDO: Multi-Domain Operations)의 전략핵심으로 개념이 정립되어 있다.

미 국방부(U.S. Department of Defense, 2022)는 「Summary of the Joint All-Domain Command and Control Strategy」에서 "From any sensor to any shooter"라는 비전을 제시하며, 전 영역에 걸친 센서·결심·타격의 실시간 연동체계를 구축할 것을 명시하였다. 자동화된 네트워크 통합을 핵심 축으로 데이터 융합, AI 기반 결심지원으로 한다.

미 회계감사국(GAO, 2024)은 「Defense Command and Control: Further Progress Hinges on Overcoming Implementation Challenges」 보고서에서 JADC2의 예산·표준화·운용상 문제를 지적하며, 상호운용성(interoperability) 확보와 데이터 거버넌스 표준의 필요성을 강조하였다.

전략국제문제연구소(CSIS, 2023)는 「Pathways to Implementing Comprehensive and Collaborative JADC2」 보고서에서 동맹국 간 협력적 JADC2 구현을 위한 기술 표준화와 권한기반 데이터 아키텍처(ABDA) 모델을 제안하였다. 이는 NATO 및 우방국과의 데이터 공유체계 구축에 실질적 지침을 제공한 연구로 평가된다.

Watson과 Hitchens(2022)는 War on the Rocks 기고문 「Making Joint All-Domain Command and Control a Reality」에서 JADC2를 기술적 혁신만 아닌 '지휘철학의 통합'으로 받아들여야 한다고 강조하였다. 통합적 데이터 모델 개발을 실질적인 성공 조건으로 제안하고, 미국의 각 군별 간의 시스템

분리를 비판하였다.

미 국방부(U.S. Department of Defense, 2023)의 공식 발표문 「Hicks Announces Delivery of Initial CJADC2 Capability」는 JADC2 개념이 실제 작전 환경에 적용된 첫 사례를 제안하였다. 개념 단계에서 실전 단계로의 변화를 공식화한 의미로 인공지능(AI) 기반의 의사결정지원 기술을 작동시킨 초기의 CJADC2의 운용능력 달성 보고가 있었다.

그 개념을 한국군 현실에 적용하는 것에 집중되었거나 선행된 연구들은 주로 미군의 JADC2 전략을 연구되었다. 하지만 이러한 연구들은 기술적 설계나 시스템 통합의 실증적 검증보다는 이론적 탐색과 정책적 제언에 그치는 한계성을 보인다.

본 연구는 위에서 언급한 선행연구의 흐름을 기반으로, JADC2의 실질적 구현 프레임워크를 한국군의 지휘통제체계 발전 방향과 연계하여 제시한다. 즉, 기존 연구가 '무엇을 해야 하는가(What)'에 집중했다면, 본 연구는 '어떻게 구현할 것인가(How)'에 초점을 맞추어, 데이터(AI) 기반 통합운용 개념을 실제 적용 가능한 구조로 구체화한다는 점에서 차별성을 갖는다.

[표 2-2] 선행 연구 요약

구분	연구자/기관	연도	주요 내용 요약
국내	박휘락	2005	<ul style="list-style-type: none"> • 네트워크 중심전(NCW)의 이론과 추진 현황 • 미 해군 세브로스키와 가르스트카가 제시한 NCW 개념 분석, 지리적으로 분산된 부대와 무기체계의 네트워크 연결을 통한 정보공유 및 군사력 상승효과 극대화 • 한국군의 NCW 구현을 위한 공감대 형성, 탐지-지휘통제-타격 요소의 균형 발전, 합동성 강화 및 네트워크 중심전 수행문화 형성 필요
	박태웅·한현진	2020	<ul style="list-style-type: none"> • 한국군 지상군의 고정통신망과 기동통신망을 분석 • 대용량 데이터 전송 제한 및 상호운용성 부족 등의 문제점을 식별하고 미래 전장 환경 대비 발전 방향을 제시
	윤용직·심승배	2022	<ul style="list-style-type: none"> • 미군 JADC2 전략 분석과 한국군 적용 시사점 • JADC2를 NCW의 진화형으로 분석, 통합데이터 아키텍처·분산형 C2·자동화된 결심지원체계 제시 • TICN·SPIDER 통신망 현대화 및 네트워크 중심 작

			전 구현 필요
	김중희·최영찬	2023	<ul style="list-style-type: none"> • 한국군 합동전영역지휘통제(JADC2) 전략 연구 • 미 공군 ABMS, 육군 Project Convergence, 해군 Project Overmatch 비교 분석 • 한국군 단계적 통합, 상호운용성 확보 방안 구체화 필요
	설인효	2024	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 기반 지능형 통합체계 구축 정책과제 • JADC2 핵심 개념인 '데이터 주도 전장관리체계' 중심으로 미군 사례 분석, 정책·기술 방향 제시 • AI·클라우드 통합형 한국군 지휘통제체계 구축 로드맵 필요
	장욱	2025	<ul style="list-style-type: none"> • 사이버훈련 기술의 개발동향 및 발전방향 • 네트워크 중심전(NCW) 및 JADC2 등 첨단 무기체계 환경에서 클라우드 기술 기반 다영역 정보공유 체계의 필요성 제시 • 한국형 JADC2인 KCCS 적기 도입을 위해 사이버 보안 역량 확보가 필수적이며, 사이버훈련 기술에 대한 지속적 연구개발 필요 강조
국외	U.S. DoD	2022	<ul style="list-style-type: none"> • Summary of the JADC2 Strategy • "From any sensor to any shooter" 비전 제시, 전영역 센서·결심·타격의 실시간 연동, 데이터 융합·AI 결심지원·자동화 네트워크 통합 강조 • 다영역 통합 기반의 실시간 작전 네트워크 구현 필요
	Watson & Hitchens	2022	<ul style="list-style-type: none"> • Making JADC2 a Reality • JADC2를 기술적 혁신과 '지휘철학의 통합'으로 규정, 미군 각 군 간 시스템 분리 문제 비판, 통합 데이터 모델 개발 중요성 강조 • 기술 혁신뿐 아니라 지휘철학의 통합이 JADC2 성공의 핵심 조건
	CSIS	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Pathways to Collaborative JADC2 • 동맹국 간 협력적 JADC2 구현을 위한 기술 표준화, 권한기반 데이터 아키텍처(ABDA) 모델 제안 • NATO 및 우방국과의 데이터 공유체계 구축 방향 제시
	U.S. DoD (Hicks 발표)	2023	<ul style="list-style-type: none"> • Initial CJADC2 Capability Delivery • AI 기반 의사결정지원 기능의 실시간 작동, 초기 CJADC2 운용 능력 달성 공식 보고 • 개념 단계에서 실전 운용 단계로의 전환 공식화
	U.S. GAO	2024	<ul style="list-style-type: none"> • Defense C2 Implementation Challenges • JADC2의 예산·표준화·운용상 문제 진단, 상호운용성(interoperability) 확보와 데이터 거버넌스 표준 필요성 강조 • 표준화와 데이터 거버넌스가 JADC2 성공의 핵심 조건

제 3 장 한국군 정보통신체계 현황 및 한계

제 1 절 한국군 지휘통제체계 현황

미군은 냉전이 한창일 때 “숫자로 우월한 소련군의 기갑 전력에 어떻게 대응할 것인가?” 하는 새로운 문제를 제시했다. 이러한 위협에 대응하기 위해 미 육군과 공군은 적의 증원전력의 위치를 식별하는 새로운 기술을 개발하여 공군과 지상전력을 결합하는 새로운 접근방식을 제안했다. 이 개념은 ‘공지전투(air-land battle)’로 알려져 있다.

공지전투 개념은 증원전력에 ‘중심 깊은 화력 유도(strike deep)’를 위한 ‘중심 깊은 보기(see deep)’를 위해 정보(intelligence), 감시, 정찰의 이점을 활용하려고 했다. 중심 깊은 화력 유도는 적의 양적인 이점을 제한하면서 결정적인 장소에 화력을 집중하는 지상군의 능력을 보완했다.

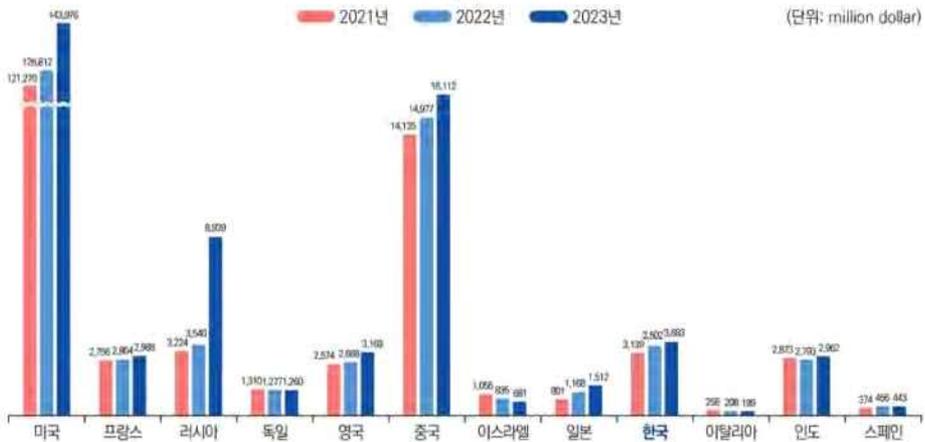
적의 후속 증원부대를 견제하기 위해 중심 깊은 화력을 사용한다는 비전을 구현하기 위해 미군은 지휘관의 의도를 따르는 전통은 여전히 유지하면서도 의사소통 속도를 높여 부대를 효율적으로 통제하는 방향으로 지휘소를 개선해야 했다. 이러한 필요성으로 인해 JSTARS(Joint Surveillance and Target Attack Radar System) 및 ATACMS(Army TACTical Missile System)와 같은 새로운 체계가 개발되었다. 이러한 체계를 통해 지휘관은 전투 공간에 대한 상황 인식을 빠르게 하고 적을 향해 사격을 지시하는 응답시간을 줄였다.

이러한 전 영역작전 상황을 충족시키기 위하여 미 국방성이 개발을 추진하고 있는 것이 합동 전 영역 지휘·통제(JADC2 : Joint All-Domain Command & Control)이다.¹⁷⁾

17) 김동일. 전개논문, p.136-145.



[그림 3-1] 주요 12개국 기술수준(종합) 및 시사점



[그림 3-2] 연도별 국방 R&D 예산

위 [그림 3-1]과 [그림3-2]은 국방 R&D 투자현황 및 기술수준 결과 분석으로 미국은 조사대상 12개국 중 가장 압도적인 국방 R&D 투자를 진행하고 있어 조사대상 국가들이 미국의 기술수준을 따라잡지 못하고 지속적으로 격차가 벌어지고 있다. 중국은 미국을 제외하고 가장 많은 국방 R&D를 투자하고 있고, 2021년 대비 대다수 무기체계의 순위가 상승하였음을 보여준다.

이스라엘의 경우 국방 R&D 투자규모는 크진 않지만 전략적으로 무인기, 우주, 미사일 방어 등에 집중 투자하여 해당분야 최고수준의 기술력을 보유하는 등 투자대비 효과가 우수한 국가로 판단되며, 일본은 이스라엘과 비슷한

수준의 국방 R&D 투자규모를 가지고 있음에도 뚜렷한 성과가 보이지 않아 기술수준이 낮은 것으로 보여지고, 인도는 기술수준 대비 많은 국방 R&D 예산을 투자하고 있지만 아직 연구개발 실적이 무기체계 실적으로 충분히 반영되지 않은 것으로 보임. 비슷한 기술수준을 가지고 있는 국가들에 비해 무기체계 별 순위 상승이 두드러지며 향후 기술수준이 더욱 향상될 것으로 기대된다.

[표 3-1] 지휘통제체계 수준조사¹⁸⁾

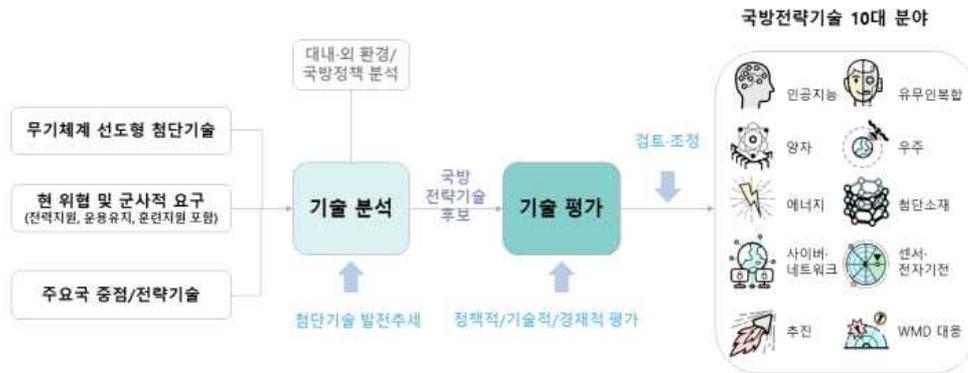
국가명	'18년		'21년		'24년		'24 → '21 GAP
	기술수준	순위	기술수준	순위	기술수준	순위	순위
미국	100	1	100	1	100	1	-
프랑스	92	2	91	2	91	2	-
영국	92	2	91	2	91	2	-
이스라엘	90	4	89	4	89	4	-
독일	89	5	87	5	88	5	-
중국	83	6	81	6	84	6	-
한국	82	8	81	6	83	7	▼1
일본	83	6	81	6	82	8	▼2
러시아	82	8	80	9	81	9	-
이탈리아	80	10	78	10	79	10	-
스페인	76	11	74	11	76	11	-
인도	70	12	68	12	69	12	-

연합·합동 지휘통제체계로부터 지상·해상·공중영역별 지휘통제체계 등 전략·전술지휘통제체계를 자체 기술력으로 개발 및 구축하는 등 지휘통제체계의 수준이 매우 높은 편이고, 지·해·공 각 전장영역별로 구축된 지휘통제체계의 통합운용 등 체질개선을 위해 합참을 중심으로 전영역지휘통제체계(JADC2) 개념을 수립하고, 데이터 통합 및 운용환경 구축, AI기반 인프라 및 핵심기술 개발을 추진하며, 또한, 개발 완료된 지휘통제체계를 영역별로 운영하고 있으며, 신기술 적용 등을 위한 성능개량 사업도 지속 추진 중(JFOS-K, MIMS-C, BTCS A2, MCRC, 지상전술C4I 성능개량 등)이다.

18) 국방기술진흥연구소. (2024). 『2024 국가별 국방과학기술 조사서』, p.88.

제 2 절 국방전략기술 도출 및 로드맵 수립

미래전장을 선도하는 현 위협 및 군사적 요구 대응기술, 첨단기술, 주요국가의 전략기술을 기반으로 중요한 국방전략 기술을 판단하고, 기술과 정책, 경제적 관점의 선정지표를 설계·평가하여 10대 분야 30개 국방전략기술 선정했다.



[그림 3-3] 국방전략기술 도출 및 로드맵¹⁹⁾

국방전략기술 로드맵 수립을 위해 30개 국방전략기술을 분석하여 100개의 세부기술을 도출하고 기술수준, 국내·외 기술개발 동향 및 기술개발 목표를 제시했다.

- 국방전략기술에 대한 하위개념의 세부기술 도출
- *특정 국방전략기술(유무인 협업, 자율 임무수행)의 경우, 정책 중요성 및 기술적 차별성 등을 고려하여 지상/해양/공중으로 구분하여 작성
- 국방전략기술별 국방-민간의 기술수준 및 격차 분석
- 국방전략기술의 국내 개발현황, 국외 기술개발 동향 조사
- 세부기술별 단/중/장기에 대한 정량적인 기술개발 목표 제시

19) 국방기술진흥연구소. (2025). 『'25~'39 국방기술기획서(일반본)』, p.257-23.

[표 3-2] 국방전략기술 분야별 국방기술과제 현황²⁰⁾

순번	국방전략기술		연계 국방기술 과제수
	10대 분야	30개 국방전략기술	
1	인공지능	지능형 전장인식/판단	12
2		지능형 통합 지휘결심	6
3		스마트 전력지원	2
4		국방 AI 플랫폼	2
5	유·무인(복합)	유·무인 협업 (지상/해양/공중)	25 (7/3/15)
6		자율 임무수행 (지상/해양/공중)	31 (14/5/12)
7		차세대 위리어 플랫폼	8
8	양자	양자 암호 통신	3
9		양자 센서	12
10	우주	우주기반 감시정찰	18
11		초정밀 위성항법	2
12		우주영역 인식	1
13		우주비행체	5
14	에너지	지향성 에너지	22
15		차세대 동력원	7
16	첨단소재	고성능 반도체/전자소재	1
17		극한환경 구조소재	16
18		특수 기능소재	12
19	사이버·네트워크	초연결 네트워크	35
20		사이버전 대응	24
21		메타버스 훈련	7
22	센서·전자기전	차세대 센서	27
23		센서 융합	11
24		전자기전 대응	13
25	추진	첨단 엔진	6
26		극초음속 추진	7
27		수중 추진	10
28	WMD 대응	미사일 방어	5
29		고위력 정밀타격	16
30		지능형 화생방 방어	32
계			378

20) 국방기술진흥연구소. (2025). 『'25~'39 국방기술기획서(일반본)』, p.257-24.

1) 인공지능

인공지능(AI)을 기초로 첨단 과학기술 강군을 육성하는 “국방 인공지능” 분야로 AI를 이용하여 전장의 환경을 분석과 지원(의사결정)으로 지능형 국방 운영체제로 변화하도록 하고 미래 전장의 우위를 달성으로 인구절감에 대응하고 효율성이 높은 국방을 운영하도록 목표로 한다.



[그림 3-4] 국방전략기술 인공지능 개념²¹⁾

가) 지능형 전장인식/판단 : 다중/다종 수집자산으로부터 수집되는 자료/정보를 기반으로 모델링/분석/융합/학습/정보생성/추론하는 인공지능기반 지능형 전장상황 인식/판단 기술

나) 센서 데이터 품질개선 : 다양한 무기체계에서 수집되는 멀티모달 데이터를 인공지능 학습이 가능하도록 학습데이터를 구축하고, 멀티모달 데이터 정보융합·전처리를 통해 상호 변환 가능한 전장 데이터를 생성·관리할 수 있는 기술

다) 자동 위협표적 탐지/추적/재식별 : 다양한 무기체계에서 수집되는 정보에서 군사 표적을 자동으로 탐지/식별/추적/재식별 하여 표적을 선정하는 시간을 단축시켜 작전 대응시간을 최소화 할 수 있도록 하는 기술

라) 지능형 전장상황 분석·판단 : 인공지능 기반의 실시간 전장상황인지 및 이

21) 국방기술진흥연구소. (2025). 『'25~'39 국방기술기획서(일반본)』, p.257-25.

해능력을 확보하기 위해 실시간 전투상황에서 수집된 정보를 바탕으로 전장상황을 분석/판단하여 지휘관 및 참모의 지휘결심을 지원하는 기술

2) 지능형 통합 지휘결심

미래전의 복잡한 전장 환경에서 지휘관의 효과적인 지휘결심을 위해 인공지능으로 전장상황 분석·판단결과에 따른 최적의 방책을 제시하여 한국형 결심 중심전을 구현하는 기술

가) 적 전력분석 지능화

인공지능 기반으로 지상/공중/우주 감시체계로부터 공유된 적 위협을 인공지능 기반으로 다양한 전장상황을 고려하여 적 전력 및 위협을 평가하는 기술

나) 아군 방책 수립

분석된 적 전력 및 위협을 바탕으로 방책을 추천하고 변화하는 전장상황을 고려하여 방책을 재평가하여 최적의 방책을 추천하는 기술

다) 스마트 전력지원

첨단 무기체계 운용, 물자/탄약/수송지원, 인사/행정/의료 등 다양한 전력지원 활동으로부터 생성되는 방대한 데이터를 인공지능을 통해 지능화하여 과학적, 효율적인 전투지속을 지원

라) 지능형 군수지원

무기체계/물자/탄약/수송 등 군수지원을 위한 빅데이터 기반의 지능형 보급/정비/수리/운영 업무를 지능화 관리하는 기술

3) 국방 AI 플랫폼 : 국방AI 분야의 기능별 원천기술을 확보/활용 가능하도록 하고, 데이터 수집·관리·활용 기반을 구축하여 목적에 맞춰 활용 가능한 AI 플랫폼을 개발하는 기술

가) 국방 데이터 수집/저장/관리 : 무기체계/전투지원체계에서 획득된 실데이터 및 모의데이터를 수집/저장하고 데이터 정제 및 라벨링 과정을 통해 지능형 무기체계/전투지원체계에 적용 가능한 인공지능 학습용 데이터 셋을 구축/검증하는 기술

[표 3-3] 국방전략기술별 인공지능 기술수준²²⁾

구분	항목		기술수준(%)	기술격차(년)
국방	기술수준 및 격차		77.9	4.1
	국방전략기술별 기술수준	지능형 전장인식/판단	78.3	-
		지능형 통합 지휘결심	76.5	-
		스마트 전력지원	83.0	-
		국방 AI 플랫폼	80.0	-
민간	기술수준 및 격차		81.7	2.4
	국방전략기술별 기술수준	지능형 전장인식/판단	84.2	-
		지능형 통합 지휘결심	78.9	-
		스마트 전력지원	85.9	-
		국방 AI 플랫폼	83.0	-

나) 국방 AI 모델 학습 관리 : 무기체계에 적용할 초경량 인공지능 컴퓨팅 SW 플랫폼 개발하여 미래무기체계 국방SW핵심기술이 될 차세대 인공지능 컴퓨팅 SW 기술

다) 국방 AI 컴퓨팅 환경 관리 : 무기체계 인공지능을 위한 컴퓨팅 플랫폼 및 인증/보안/자원관리 기술

4) 양자 : 고전 물리학의 한계를 뛰어넘어 공상과학기술을 구현하는 “양자” 분야로 초신뢰 보안통신, 초정밀 센싱을 구현하는 양자 원천기술 확보를 목표로 함. 기존 무기체계의 성능 한계를 돌파하고 적 첨단기술을 와해할 게임체인저 기술

22) 국방기술진흥연구소. (2025). 『'25~'39 국방기술기획서(일반본)』, p.257-27. 출처의 그림을 도표로 수정하여 작성함.



[그림 3-5] 국방전략기술 양자 개념²³⁾

가) 양자 암호통신 : 양자 특성을 활용하여 도청·해킹 등이 원천적으로 차단된 안전한 국방 통신 네트워크를 구현하는 양자 기반 암호통신 기술

(1) QKD 네트워크 : 양자 역학적 특성을 활용하여 일대일, 일대다, 다대다 사용자 사이에 비밀 정보(비밀키 등)를 안전하게 나누어 갖기 위한 양자 통신 기술

(2) 얽힘기반 양자 네트워크 : 양자 기기들을 양자 통신을 통해 연결할 수 있는 네트워크 기술로서 신뢰할 수 있는 양자 중계기, 얽힘 분배, 양자 네트워크

(3) 양자 위성통신 : 위성에서 양자 상태를 생성하고 지상/타위성으로 송출하거나 지상에서 양자 상태를 생성하여 위성으로 송출 또는 위성 간의 양자 통신 채널을 구성하는 기술

나) 양자센서 : 양자원리 활용으로 기존 센싱 기술의 한계를 극복한 초고감도·초정밀·초소형 센서를 개발하여 적 저피탐 개체 탐지 및 초정밀 항법 등을 구현하는 기술

(1) 양자 광학 센서 : 양자 얽힘 및 압축(squeezed) 광원과 같은 양자광원을 이용하여 표준양자한계 이상으로 민감도 및 분해능을 향상시키는 센서 기술로서 양자 라이더/레이더, 분광, 이미징 등을 포함함

23) 국방기술진흥연구소. (2025). 『'25~'39 국방기술기획서(일반본)』, p.257-41.

(2) 양자 전기장/자기장 센서 : 양자 중첩, 얽힘과 같은 양자역학 원리를 활용하여 자기장, 온도, 압력 등의 물리량을 매우 정확하고 민감하게 측정하는 기술

(3) 양자 관성 센서 : 물리량에 따라 중력/가속도/회전 등의 측정을 위해 원자, 물질파, 광역하계 등의 양자 현상을 이용하여 기존 기술의 한계를 뛰어넘는 기술로 항법/유도 등의 다양한 분야에 활용 가능함

(4) 양자 시간/주파수 센서 : 높은 정확도 및 안정도를 가지는 시간 및 주파수의 발생, 측정, 동기화 등을 구현하기 위한 기술로서 원자시계, 주파수 합성기 및 항법/유도 등의 다양한 분야에 활용할 수 있는 기술

[표 3-4] 국방전략기술별 양자 기술수준²⁴⁾

구분	항목		기술수준(%)	기술격차(년)
국방	기술수준 및 격차		65.6	5.9
	국방전략기술별 기술수준	양자 암호 통신	66.8	-
		양자 센서	68.3	-
민간	기술수준 및 격차		73.0	4.2
	국방전략기술별 기술수준	양자 암호 통신	76.5	-
		양자 센서	72.8	-

5) 우주 : 우주를 향한 대한민국의 꿈과 자주국방 가치 실현을 위한 “우주” 분야로 국민의 삶의 질 향상과 튼튼한 안보의 기반이 되는 우주기술을 개발하고, 우주영역 진출을 위한 독자적 우주 개발능력 확보를 목표



[그림 3-6] 국방전략기술별 우주 개념²⁵⁾

24) 국방기술진흥연구소. (2025). 『'25~'39 국방기술기획서(일반본)』, p.257-43.

(1) 우주기반 감시정찰 : 한반도 미사일 등 적 도발 징후 조기 포착을 위한 초분광, EO/IR, SAR 등 우주 기반 한반도 전 지역 24시간 감시정찰 기술

감시정찰분야에서 ‘눈’ 역할을 수행하는 센서로 야간에는 적외선 카메라로 주간에는 광학카메라로 지상 및 해상의 표적을 탐지하는 기술이다. 우주에서 주·야간 전천후로 시간이나 기상조건의 제약없이 임무를 수행할 수 있는 핵심 감시정찰 자산으로 SAR가 있다. 전자파를 이용하여 지표로부터 반사되는 표적을 영상화하여 지형정보를 획득하고 표적을 탐지/식별하는 기술이다.

초정밀 위성항법은 무기체계 운용을 위해 독자적 운용이 가능한 암호화된 항법 신호원을 구축하고, 지상, 해양, 공중 등 한반도 내 정밀한 위치, 항법, 시각 (PNT) 정보를 확보하기 위한 항법기술이다.

[표 3-5] 국방전략기술별 우주 기술수준²⁶⁾

구분	항목		기술수준(%)	기술격차(년)
국방	기술수준 및 격차		58.8	9.1
	국방전략기술별 기술수준	우주기반 감시정찰	74.4	-
		초정밀 위성항법	55.6	-
		우주영역인식	61.1	-
		우주비행체	59.9	-
민간	기술수준 및 격차		61.9	8.8
	국방전략기술별 기술수준	우주기반 감시정찰	75.0	-
		초정밀 위성항법	65.7	-
		우주영역인식	59.8	-
		우주비행체	66.0	-

(2) 우주영역 인식: 우주자산의 안전을 확보하기 위해 연속적으로 촬영된 영상, 고출력의 전자파 신호, 레이저 등을 이용한 우주물체 탐지 및 우주환경 관측 기술

광학장비를 이용하여 한반도 상공을 통과하는 인공위성의 첩보활동을 감시하

25) 국방기술진흥연구소. (2025). 『'25~'39 국방기술기획서(일반본)』, p.257-47.

26) 국방기술진흥연구소. (2025). 『'25~'39 국방기술기획서(일반본)』, p.257-49.

고, 우주물체를 탐지/추적하여 정보를 획득하는 기술이다. 레이더는 전자파를 발사하여 우주물체가 반사하는 파를 측정/분석하여 우주물체의 거리, 고도, 방향, 속도와 경우에 따라 형상을 파악하는 기술이다.

또한 우주환경 : 태양, 지구 자기권 및 전리층 등의 우주 환경을 관측 및 분석 기술과 AI기반 통합 우주환경 예측과 경보와 우주 공간으로 비행체를 발사하고, 우주 영역 내 자유롭게 궤도를 변경하며 다양한 임무수행하기 위한 핵심기술로 우주발사체 기술 고도화, 우주 영역 내 궤도 변경, 비행체 재사용/재진입, 우주 추진 기술 개발 등 포함한 기술이 있다.

6) 사이버·네트워크 : 전 영역 초연결 기반의 융합현실 시대를 앞장서는 「사이버·네트워크」 분야로 특수환경, 특수상황에 제한받지 않는 초연결 통신망을 구축하고 사이버전장 우위를 위한 사이버전 기술고도화, 전투원 정예화를 위한 메타버스 훈련체계 개발을 목표

전 영역 통합 지휘통제체계	지능형 사이버전	가상현실이 결합된 훈련/전투
		
<ul style="list-style-type: none"> • 초연결 지능형 네트워크 • 초고속 저지연 무선통신 • 위성/수중환경 네트워크 통신망 • 인지무선/스펙트럼 기술 • 무인체계 상호운용성 	<ul style="list-style-type: none"> • 웹/딥웹/다크웹 정보수집 • 인공지능 기반 사이버전, 사이버전자기전 • 능동기만/교란 기술 • 사이버 포렌식/피해평가/효과분석 • 보안/암호화 통신, 안티탬퍼링 	<ul style="list-style-type: none"> • 사물 인터넷(IoT/IoX) • AR, VR, MR 기술 • 디지털 트윈 • 메타버스 • 스마트 교육훈련

[그림 3-7] 국방전략기술별 사이버·네트워크 개념²⁷⁾

가) 초연결 네트워크 : 지상/해상/공중과 우주에서 고속 송수신이 가능하게 하고, 해저와 통신주파수 사용이 힘든 환경에서도 통신이 가능하게 하여 지능형 네트워크를 통해 전 영역을 네트워크로 연결하는 기술

(1) 우주통신 : 정지궤도/중궤도/저궤도 위성 등 우주자산을 통해 지상/해상/공중 및 우주 영역에 걸쳐 군사작전에 필요한 실시간 통신 및 데이터 전송을 제공

27) 국방기술진흥연구소. (2025). 『'25~'39 국방기술기획서(일반본)』, p.257-66.

하는 기술

(2) 공중통신 : 공중에서 공중 플랫폼을 통해 공중/지상/해상 및 우주 영역에 걸쳐 군사작전에 필요한 실시간 통신 및 데이터 전송을 제공하는 기술

(3) 지상통신 : 지상의 통신시스템을 통해 지상/공중/해상 및 우주 영역의 다계층/다체계를 연결하고 다양한 유형의 통신기술

[표 3-6] 국방전략기술별 사이버·네트워크 기술수준²⁸⁾

구분	항목		기술수준(%)	기술격차(년)
국방	기술수준 및 격차		80.4	3.6
	국방전략기술별 기술수준	초연결 네트워크	84.0	-
		사이버전 대응	79.5	-
		메타버스 훈련	75.0	-
민간	기술수준 및 격차		83.0	3.0
	국방전략기술별 기술수준	초연결 네트워크	86.9	-
		사이버전 대응	80.3	-
		메타버스 훈련	82.4	-

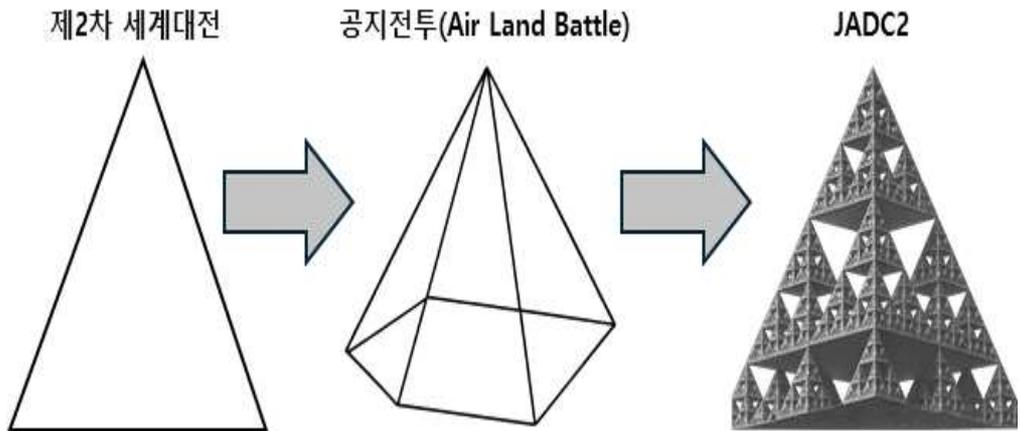
(4) 해상/수중 통신 : 해상/수중에서 통신시스템을 통해 해상(수중 포함)/지상/공중 및 우주 영역의 다계층/다체계를 연결하여 실시간 통신 및 데이터 전송을 제공하는 기술

(5) 지능형 네트워크 : 전술 네트워크에 가입된 전투원 및 무기체계가 다양한 유형의 통신융합 서비스를 지원받도록 네트워크 상태를 관리 및 제어하고 실시간 연결성을 보장하는 기술

28) 국방기술진흥연구소. (2025). 『'25~'39 국방기술기획서(일반본)』, p.257-68.

나) 사이버전 대응 : 적 무기체계 및 사이버·정보통신체계대상 취약점 분석·침투, 정보 탈취, 제어권 획득 등 임무기능 무력화 기술과 아군 체계대상 인증, 보안, 침입예방/대응, 피해복구 및 안티탐퍼링 등 방어적 기술

1) 사이버전 능동방어 : 아군의 데이터/시스템/네트워크 등 사이버 자원보호를 위해 사전에 자동화 및 지능화 기반으로 사이버 위협을 탐지하고 신속한 대응 및 복원력을 통해 피해를 최소화하는 능동적 방어 기술



[그림 3-8] 지휘·통제의 복잡성 변화²⁹⁾

제 3 절 기반통신망의 문제점 분석

통신임무 수행 시 現 기반통신체계(TICN, 軍 위성통신) 능력평가 및 제한사항으로 다음과 세가지 사항으로 도출하였다.

첫 번째, 지휘소 우주 통신(이동 후 고정설치)과 한정된 커버리지로 이동

29) <https://cityofplay.substack.com/p/seele-101-2> (검색일 : 2025. 10. 24.)의 개념에 따라 재구성하였음.

통신망 운용제한으로 많은 양의 데이터를 실시간으로 처리하기에는 現 통신 장비의 제원으로는 감당하기 쉽지 않을 것이다. 또한 전시 상황에 지휘소 타격 시 예비 지휘로 이동이 필요할 텐데 방대한 데이터를 주·예비 서버 전환과 중·대형(ATCIS, 軍 위성차량, 교환 등)차량과 5·10kw 발전기 트레일러를 연결하여 이동하는 소요가 너무 크다. 긴급한 전시 상황 속 대량의 데이터 처리 속도는 매우 중요한 문제이다.

두 번째, 지상(TICN)과 우주(軍 위성통신) 계층 네트워크 통합 제한으로 개별 운용으로 TICN은 전장·교환망, 軍 위성통신은 VTC(화상회의) 지원 등 독자적으로 사용하여 하나의 체계로 데이터가 취합 할 수 없는 구조이다. 러시아-우크라이나 전쟁에서 보았듯이 전장에서 얻는 데이터를 실시간으로 공유가 매우 중요한데 이러한 독자적인 네트워크는 통합작전에 제한사항이다.

세 번째, 지형 및 통달거리 제약으로 다수의 통신소 운용(인력/장비)필요하다. MDL 이북 지역에서 통신장비 운용이 가능할까? 수도서울에서 현재 SPIDER·TMR 장비 COM-X도 주파수 혼선으로 인한 훈련도 상당수 제한되고 시가지에 TMR 차량이 전개하는 것도 매우 제한적이다. 러시아-우크라이나 전쟁에서도 네트워크 기반체계가 없는 곳에서는 작전을 하기에 매우 제한적이며 미국의 스타링크-저궤도 위성 지원으로 인한 정보통신의 중요성은 매우 증대되었다. 지형 정찰이 되어있지 않은 MDL 이북지역에서 통신소 운용은 더욱이 제한 될 수 밖에 없다.

병력 감축에 대한 현재의 정보통신 편제(C4I운용병, 전술위성병, 운전병 등) 주특기 세분화는 전문성을 높일 수 있지만 현실적으로 1인 다역을 할 수 밖에 없는 현재의 우리 軍의 현실이 되었다. 다수의 차량의 기동은 敵에게 식별되기 쉬울 뿐이며, 비포장, 산악지형 등 정비가 안 된 지형에서의 작전 전개는 더욱 제한사항이 될 수 밖에 없다.

언제 어디서나 연결 가능한 이동통신 중심 네트워크가 필요하고, 쏘 영역 정보공유를 위한 다계층(지상·공중·우주) 통합전송과 병력감축에 대비한 소형 경량화 및 지능형 네트워크 관리 필요하다.

제 4 절 각 군별 정보통신체계 운용 실태

앞에서 설명한 JADC2 전략의 중심에는 정보공유를 기반으로 한 의사결정에 있다. JADC2는 이제까지 각 분야별로 전장영역에서 독자적으로 수집해왔던 정보를 통합하여 합동군의 관점에 다양한 영역에서의 작전을 생각하고, JADC2를 개발하여 나아가고 있다. 우리 군도 합동 군 서 연합하는 것으로, 미군은 육지, 해상, 영공의 영역에서 사이버 및 우주 공간으로 확장되는 수준의 전 영역에서의 지휘통제 개념을 구현하고 JADC2를 각 군의 지휘통제 시스템과 연계하여 합동으로 추진해야 한다.

더불어, 전 영역 지휘통제(합동 군 수준) 개념에 따라서 각 군은 지휘통제 체계의 성능개량 시 각 군이 사용 중인 무기체계와 감시정찰자산 등으로부터 확보된 데이터를 공유할 방법을 강구해야 한다. 한국군은 미래 전쟁 양상의 변화에 대응하기 위해서 미래지향적인 지휘통제체계의 개념을 발표했으며, ‘육군비전 2050’³⁰⁾에서 육군은 지능형 지휘결심 및 지능형 데이터 통합체계를 구현하고 ‘스마트 네이비’에서 해군은 지능형 해군 지휘통제체계를 계획하고 있다. 공군은 ‘Air Force Quantum 5.0’³¹⁾을 미래 지휘통제체계의 모습으로 공군은 플라리스 프로젝트를 개발하고 있다.

각 군은 발전 계획에 따라 무기체계와 감시정찰자산 등으로 확보된 데이터를 클라우드와 같이 한곳으로 정보를 취합하여 공유하고, 인공지능(AI)을 통해 분석하여 지휘관의 의사결정을 지원하도록 공통된 모습을 보여주고 있고 이것은 JADC2의 개념과 비슷하다고 볼 수 있다. 그렇지만 다른 점은 각 군이 추구하는 지능형 지휘통제체계에는 JADC2와 같이 통합군 관점에서의 큰 그림이 존재하지 않다는 점이다.

30) 육군비전 2050(Army vision 2050)은 20~30년 후 미래의 개념 육군의 모습으로, 장래의 실현 가능성보다는 육군 구성원들의 희망과 낙관적 상상력에 바탕을 둔 담론적·탐색적 수준의 개념서

31) 에어포스 퀀텀 5.0은 미래 항공 우주군으로의 도약 의지와 향후 30년간 공군이 나아가야 할 방향을 담은 미래구상을 지칭하는 것으로, 폭발적 성장, 대도약이라는 뜻의 '퀀텀'과 4차 산업혁명 시대를 넘어 창군 100주년이 되는 2050년 미래의 도약적 발전을 준비하는 공군을 의미하는 '5.0'이라는 숫자를 따서 명칭을 만들었다.

물론 미군이 추진중인 핵심 사업도 뒤늦게 나온 JADC2의 개념을 바탕으로 구상되지는 않았지만, 현재의 각 핵심 사업은 미 국방부의 JADC2를 주축으로 개별 체계가 아닌 하나의 유기적인 체계로 구성되며 각 군은 핵심 사업을 통해 JADC2와 밀접하게 통합하기 위한 노력을 하고 있다.³²⁾ [표 3-3]은 이러한 각 군별 정보통신체계 운용 실태를 요약한 것이다.

[표 3-7] 각 군별 정보통신체계 운용 실태 요약

구분	주요 내용
핵심 개념	JADC2 전략의 중심은 정보공유를 기반으로 한 신속한 의사결정에 있음. 전장 각 영역(육·해·공·우주·사이버)에서 수집된 데이터를 통합하여 합동군 관점의 전영역 작전(MDO)을 실현하는 것을 목표로 함.
미군의 추진 방향	미군은 전통적 전장 영역을 넘어 사이버·우주 영역까지 확장된 전영역 지휘통제 개념을 구상하고 있음. 각 군의 기존 지휘통제 체계(C2)를 JADC2 개념과 연계하여 통합된 네트워크 기반 작전 체계로 발전시키는 중.
한국군의 현황 및 계획	한국군도 합동 전영역 지휘통제 개념에 부합하는 방향을 제시하고 있음. 육군: 「육군비전 2050」에서 지능형 데이터 통합체계, AI 기반 지휘결심 체계 구상 해군: 「스마트 네이비」추진, 지능형 해군 지휘통제체계 개발 계획 공군: 「Air Force Quantum 5.0」 및 폴라리스 프로젝트를 통해 미래 지휘통제체계 구축 추진
공통적 발전 방향	각 군은 감시 무기체계와 정찰자산 등으로 수집된 데이터를 통합 데이터 저장소(클라우드)로 공유 및 AI 분석을 통해 지휘관 결심을 지원하는 체계를 지향함.
한계점 문제의식	각 군의 발전 방향은 통합군(합동) 관점의 상위 구조가 부재한 상태와 반면 JADC2 다르게 전체 전장 단위의 일원적 지휘통제 체계로 통합되지 못함.
시사점	JADC2의 핵심은 단일 군(單軍) 수준의 기술 고도화가 아니라 합동과 통합의 기반으로 전 영역 지휘통제 아키텍처 구축에 있고, 한국군도 각 군의 개별 C2 사업을 공통 데이터 구조 및 상호운용 표준 기반으로 연동방향으로 발전시켜야 함.

32) 윤웅직, 심승배. (2022), 전게서, p.4-5.

제 4 장 JADC2 개념 및 해외 동향

제 1 절 JADC2 개념과 특징

합동전영역지휘통제(JADC2: Joint All-Domain Command and Control)는 21세기 정보 중심전의 핵심 패러다임으로, 지상·해상·공중·우주·사이버 등 모든 전장 영역을 하나의 통합된 네트워크로 연결하여 전투 수행의 속도와 효율을 극대화하는 개념이다. 이는 미군이 주도하여 발전시킨 합동 작전 구조로서, 단순한 지휘통신 체계의 개선을 넘어 데이터 중심 전장 관리체계(Data-Centric Command Architecture)로의 근본적 전환을 목표로 한다.

기존 지휘통제체계(C2)는 각 군(Navy, Air Force, Army 등)은 분리된 체계에서 정보 수집 및 전파, 지휘 결심을 실행하는 폐쇄적 구조(Hierarchical and Isolated Structure)로 되어있다. 이러한 구조는 작전의 영역 간 정보 교환의 지연으로 비효율을 초래하며, 복합 전장(Multi-Domain Battlefield)상황 속 실시간 결심과 대응이 어려운 근본적인 한계를 드러낸다. 반면에 JADC2는 “From Any Sensor to Any Shooter”라는 개념으로, 모든 센서와 무기체계, 지휘부가 네트워크로 초 연결되어 실시간 정보 공유를 하고 최적의 전략을 운용 및 선택할 수 있도록 체계를 구축한다.

즉, JADC2는 간단히 지휘통신망을 통합하는 수준이 아닌, 전장 전체를 하나의 유기적 데이터 생태계로 전환하는 전략적 체계이다. 각종 센서가 수집한 정보는 AI와 클라우드 기반 분석 체계를 걸쳐 즉각적으로 통합되고, 그 결과가 지휘관의 결심 과정에 실시간 반영되어 지휘관은 기존보다 훨씬 짧은 시간 안에 정확한 판단을 내릴 수 있으며, 전투 현장에서는 분산된 전력이 자율적으로 대응할 수 있는 기반이 될 수 있다.

JADC2의 첫 번째 특징으로 전 영역에서 통합(All Domain Integration)이다. 작전에서 공간을 물리적으로 구분하는 것이 아니라 정보의 연결망으로 정의한다. 육지, 해상, 공중 그리고 우주 및 사이버 영역에서 단독 네트워크에

통합과 인공위성, 무기체계 및 플랫폼 등 많은 체계가 상호 운용성을 보유하도록 보장해야한다. 위에 언급한 내용과 같이 구성된 자산은 단일 작전 지역만 아닌, 연합 동맹국들 간에도 정보공유를 실시간으로 연동 가능하게 한다.

두 번째 특징으로 데이터 중심(Data Centric)결심 구조이다. 과거에 C2가 명령 시스템의 중심의 ‘사람-기계’ 구조였다면, JADC2는 인공지능(AI)이 기본이 되는 ‘데이터-결심’ 모습으로 변화하였다. 전장의 정보는 중앙(메인)서버에 일괄 전송 대신, 클라우드 구조의 분산된 네트워크에서 실시간으로 분석된다. 인공지능(AI)은 우선순위(위협)를 데이터를 기반으로 도출 및 판단하고, 최적의 대응 방안 및 방법을 제시한다. 지휘관은 AI의 연구 및 분석 내용을 바탕으로 판단하며, 필요한 경우 AI와 인간이 상호 피드백을 주고받는 협동형(Human-AI Collaborative) 지휘 체계를 구축한다.

세 번째에서는 분산 및 자율형(Distributed and Autonomous) 작전 구조 특성을 볼 수 있다. 기존 통제 방식은 중앙집중식으로 네트워크 장애나 적의 전자전 공격에 취약한 약점을 갖고 있었다. 집중된 방식으로 인한 약점과 위협을 극복하고자 네트워크에서 각 노드(node)가 독자적인 판단 및 통제 하도록 설계하였다. 따라서 하나의 노드가 파괴 및 손상 되더라도 인접한 다른 노드가 자동으로 역할 분담하며, 전체 체계에 능동적으로 복원(Self-Healing)된다. 이것은 모자이크 전(Mosaic Warfare) 개념으로 연결된다. 독자적인 전력이 하나의 ‘조각(piece)’으로서 상호 보완 및 작동함으로써, 전체 전력이 유동적으로 움직이는 새로운 작전 철학이다.

네 번째는 AI 및 클라우드 융합 기반의 네트워크이다. 모든 전장 데이터를 클라우드에 저장하고, JADC2을 이용해 많은 전력체계 간 실시간 정보의 접근성을 보장한다. 클라우드는 대규모 병렬 연산을 통해 위협 탐지 및 표적을 식별하고 임무를 배분하여 자동으로 실행하여, AI가 이를 최적화한다. 이런 데이터 융합 구조는 의사결정의 속도를 향상시키고, 예측이 불가능한 복잡한 작전 환경에서 인간의 한계점을 보완하도록 도움을 준다.

마지막으로 JADC2는 사이버에서의 생존성과 보안 강화(Secure and Resilient Network)이다. 모든 통신과 데이터(정보) 전송은 제로 트러스트(Zero-Trust) 원칙과 다계층 암호화 기술을 기반으로 보호된다. 또한 네트워크

크 일부가 공격받더라도, 체계 전체가 마비되지 않도록 구축(분산된 구조)되었다. 이러한 보안 아키텍처는 적의 사이버 공격과 전자전(EW)에 대응하는 능력을 향상시킨다.

결국 JADC2는 기술적 체계의 변화만을 의미하지 않는다. 그것은 지휘통제의 철학적 변혁(Command Philosophy Transformation)을 의미한다. 즉, 누가 먼저 ‘보고(See)’, ‘판단(Decide)’, ‘타격(Shoot)’하는가의 경쟁에서 승리하기 위한 결심 우위(Decision Advantage)를 확보하는 전략이다. 데이터 중심(실시간 결심체계)으로 지휘관은 이전보다 월등히 정확하고 신속하게 상황을 인식하며, 각 체계의 전력은 작전 수행 능력을 자율성과 네트워크를 바탕으로 극대화할 수 있다.

정리하자면, JADC2는 단독 통신시스템의 개선이 아니라 전장 인식 및 결심 그리고 타격의 모든 과정을 취합한 지휘통제 환경으로서, 인공지능과 클라우드 정보와 데이터의 네트워크가 통합된 미래전장에서의 핵심 전략이다. 이것은 “전투의 승패는 정보의 우위가 결정한다”는 현대전의 명제를 가장 상세하게 구현한 표현이고, 한국군이 미래 지휘통제 체계를 발전시켜야 할 이유와 방향성라고 제시 할 수 있다.

제 2 절 미군의 JADC2 추진 현황

JADC2를 구축하는 사업으로는 미 방위고등연구계획국³³⁾ (DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency)의 모자이크 전, 미 육군의 Project Convergence, 미 공군의 ABMS³⁴⁾(Advanced Battle Management

33) 방위 고등 연구 계획국(DARPA , Defense Advanced Research Projects Agency)은 미국 국방성의 연구, 개발 부문을 담당하고 있으며 인터넷의 원형인 ARPANET을 개발한 것으로 잘 알려져 있다. 최초의 이름은 고등 연구 계획국 (ARPA 또는 ARP, Advanced Research Projects Agency)에서 개칭되었다.

34) ABMS 사업은 미 국방부의 JADC2 능력을 구현하기 위해 항공기, 드론, 함정 등 무기체계의 센서를 연결하는 네트워크를 구축하여 모든 영역에서의 위협과 실시간 작전상황을 제공하는 미 공군의 차세대 지휘통제 체계이다.

System), 미 해군의 Project Overmatch 등이 있고, 개념적 JADC2의 비전을 구현하고 개별적인 시스템 및 체계가 하나의 체계처럼 동작하도록 방향성을 정하고 사업이 진행되고 있다.

DARPA의 모자이크전(Mosaic Warfare) 모자이크전은 중국과 러시아 등 강대국의 군 현대화 추진에 따라 미국의 군사적 우위가 위협받는 상황 속에서 자원의 제약과 군사력 건설의 효율성 저하를 극복하고자 2017년 DARPA가 제시한 의사결정 중심(decision-centric)의 새로운 전쟁수행 방식이다. DARPA의 지원 아래 최근까지 다양한 민간 연구기관에서 모자이크전의 개념을 구체화하고 있으나 아직까지 합의된 개념은 발표 되지 않은 상황이다. 최근 미 전략예산평가센터(CSBA: Center for Strategic and Budgetary)가 발표한 보고서에 따르면 모자이크전은 인간지휘-기계통제(Human Command and Machine Control)를 활용하여 분산된 미군 전력의 신속한 구성과 재구성을 통해 미군에게는 융통성을 제공하는 한편, 적에게는 복잡성과 불확실성을 부여한다고 정의하였다. 이러한 모자이크전의 개념은 완벽히 들어맞는 몇 개의 조각 없이는 완성할 수 없는 퍼즐의 특성과는 다르게, 유사한 조각으로도 전체적인 모습을 구성하는 데 어려움이 없는 모자이크의 차이로 설명될 수 있다. 이를 군사력 관점에서 본다면 정교하게 설계된 현대의 무기체계 공백을 다른 전력으로 대체하기 어려운 퍼즐과 같다고 볼 수 있고, 최소 단위의 기능만을 보유한 전력을 전장 상황에 맞게 동적으로 구성하여 전체적인 모습을 구현할 수 있는 모자이크로 볼 수 있다. 이러한 모자이크전의 핵심개념 중 하나인 신속한 전력의 구성과 재구성의 중심에는 인간지휘-기계통제가 있다. 인간지휘-기계통제에서 인간의 역할은 필요한 과업을 입력하고 기계가 도출한 방안을 검토하고 선택할 뿐이며, 기계는 전장상황을 판단하고 인공지능 기술을 활용하여 유무인 복합 전력의 수많은 방안을 비교한 후 최적의 방안을 인간에게 제시한다. 이러한 인공지능의 도움으로 기존의 전쟁수행 방식과는 다르게 적보다 빠르고 효과적인 의사결정이 가능해지며 이는 DARPA가 제시한 의사결정 중심의 전쟁수행 방식과 일치한다고 볼 수 있다.³⁵⁾

35) 윤용직, 심승배. (2022), 전계서, p.4-5.



[그림 4-1] 모자이크전의 개념도³⁶⁾

미 국방성은 군사적 영역으로 인식되는 현재의 전투 공간을 공중, 지상, 해상, 그리고 사이버 등으로 분리된 구역으로 구분하여 지휘·통제를 수행하였다. 전통적인 위협은 항공기나 탱크와 같은 단일 체계로부터 왔기에 이런 구분이 존재했다. 군은 이에 대응하여 전투공간을 감시하기 위해 매우 복잡하기는 하지만 비용이 많이 드는 센서를 개발했다. 이러한 센서로부터 수집된 정보는 공군의 작전센터나 육군의 지휘소와 같은 중앙집권적인 지휘센터로 제공되었다. E-3, AWACS(Advanced Warning And Control System)와 E-8, JSTARS(Joint Surveillance Target Attack Radar System)와 같은 체계는 중앙집권화되어 있는 지휘소에 있는 지휘관에게 상황 인식을 제공하는데 최적화되어 있다. 그런 후에 지휘관들은 그곳에서 전투부대를 지휘할 수 있다.

합동 전 영역작전 개념은 지휘관이 전 영역에서 기습적이고 빠르고 지속적인 능력의 통합을 이용하여 동시적이고 순차적인 작전이 가능하도록 하는 정보에 접근할 수 있어야 가능하다. 그렇게 함으로써 지휘관은 작전 환경에서 물리적 및 심리적 이점과 영향력, 통제력을 얻을 수 있다.

1980년대 소련과 대응하기 위하여 공군과 육군의 노력을 하나의 계획으로 통합하는 비전을 제시한 공지전투 개념 발전 이후의 기술적인 진보는 미 국방성이 합동 전 영역작전(Joint All-Domain Operation)개념을 발전시킬 수 있게 했다. 그런 기술적인 진보는 전자·사이버를 포함하는 영역에 있는 표적

36) Congressional Research Service(2021. 8. 12.), Joint All-Domain Command and Control: Background and Issues for Congress

을 공격하는 수단의 증가, 상대적으로 저비용으로 센서 확산, 이러한 센서로부터 수집된 데이터를 정보로 변환하는 처리능력의 확대 등을 포함한다. 이런 확대된 능력들은 아군의 지휘관에게는 옵션을 제공하고 적들이 의사결정은 복잡하게 할 수 있도록 설계되었다.³⁷⁾

1) 美 JADC2 전략의 핵심 기술

미국의 JADC2 전략을 구현하기 위한 기본 기술은 인공지능, 통합 클라우드, 통합통신 기술이며 이 중에서 지휘통제와 밀접한 기술은 인공지능, 양자, 우주, 사이버·네트워크 기술이다. 한국군이 운용중인 지휘통제체계의 핵심 기능은 전장의 정보를 상황도에 표시하고 아군의 정보를 바탕으로 지휘관의 의사결정을 지원 및 작전의 전술이 수집되는 통합 정보의 공유를 자동화하는 수준으로 볼 수 있다. 특히 기존 정보 보다는 가공된 정보를 체계 간에 연동을 통해 주고받는 형태로 설계되어 있다.

인공지능 기술은 왜 필요한가? 현재 우리 군 지상을 감시하는 CCTV와 TOD, 공중을 감시하는 MCRC(Master Control and Report Center) 체계, 해상의 함정/선박 데이터(전술 표적정보)를 관리하는 KNCCS³⁸⁾(Korea Naval Command and Control System) 체계를 활용하고 있다. 사물인터넷기술과 인공지능 기술의 발전은 군이 효율적이고 안전하게 작전을 수행할 수 있도록 지원할 수 있으며, 이는 실시간으로 발생하는 대용량 데이터를 수집하고 공유할 수 있는 인프라를 요구한다. 미군에서 전군이 활용하는 전사 클라우드 사업으로 추진한 JEDI(Joint Enterprise DefenseInfrastructure) 사업을 2021년 8월에 전장 클라우드 중심의 JWCC(Joint Warfighter Cloud Capability) 사업으로 전환하고 JADC2 전략과의 연계성을 강화한 것도 데이터 중심 지휘통제 전략과 밀접하게 관계가 있다. 클라우드가 군에 대한 인프

37) 김동일, 전개논문, p.70-81.

38) KNCCS는 작전사 이하 전술부대 지휘관의 신속하고 정확한 상황판단 및 의사결정을 지원하여 통합 전투력을 발휘할 수 있도록 가용세력을 지휘 통제하는 자동화 체계
최준형, 강동수. (2019). 『Feature Selection 기법을 이용한 해군 지휘통제체계 장애 분석』. 2019 스마트 네이비 컨퍼런스 학술대회 논문집, 1-4.

라, 플랫폼 제공이 중심이라면 데이터 저장소는 원천 데이터가 저장되는 공간이다. 데이터 중심 지휘통제를 위해서는 데이터 저장소와 같이 데이터를 관리하는 공통 데이터 플랫폼이 필수적이다. JADC2 전략은 데이터가 저장된 위치와 관계없이 적시에 필요한 데이터에 접근할 수 있도록 지원하는 데이터 패브릭(Data fabric) 개념구현에 초점을 두고 있다.

통신 분야에서 JADC2 전략을 구현하는 핵심 기술은 5G와 FNC3(Fully Networked Command, Control, and Communications)이다. 5G는 초고속·초지연 통신을 가능하게 하는 기술이며 FNC3는 전략 및 전술 자산과의 고신뢰 통신을 가능하게 하는 체계이다. 특히, 통신 인프라가 열악한 지역에서 통신 능력을 보장하기 위한 위성통신(SATCOM) 능력을 발전시키고 있으며 우주공간에서의 통신 능력 확보를 위해 5G 이후의 6G/XG 기술 연구도 추진하고 있다.³⁹⁾

2) 핵심 기술의 적용

'21년 미국 국방부는 육군과 공군이 각각 발전시켜 온 전투개념을 합참차원에서 통합하는 '합동전영역지휘통제(Joint All Domain Command & Control, JADC2)' 전략을 승인하고 추진 중. JADC2는 육군, 해군, 공군, 해병대 및 우주군의 모든 정보 수집센서와 전술통제망을 단일화하여 신속한 정보공유 및 다 영역 작전수행이 가능한 지휘통제 연결망을 구축하고, 5G/6G/위성통신 등 지상/공중/해상/우주/사이버 전 영역에 초연결 통신환경을 구축 추진중이다.

TITAN(Tactical Intelligence Targeting Access Node)은 차세대 인공지능을 이용하여 전구급에서 전술제대까지 다영역작전의 전장에서 지휘관에게 장거리 정밀타격(Long Range Precision Fires, LRPF) 등 표적정보를 지원하는 정보표적처리체계로, 전 출처 정·첩보를 AI를 이용한 자동화 분석 및 전파를 통해 화력체계를 신속히 지원하기 위해 개발 중이다.(’26년 완성 목표)

39) 윤용직, 심승배. (2022). 『미군의 합동 전영역지휘통제 (JADC2) 전략의 주요 내용과 시사점』

제 3 절 JADC2를 가능하게 하는 기술

미 국방성(DoD)에 따르면 JADC2의 실현을 위해서는 완전히 새로운 수준의 통신·네트워크 구조가 필요하다. 기존 미군의 통신 인프라는 중동 지역 작전에 최적화되어 구축된 것으로, 지리적으로 분산된 부대 간 전송 데이터 교환에는 적합하지만, 전자전(EW) 환경에서의 생존성과 저지연(低遲延) 통신에는 한계가 있다. 현재의 체계는 대부분 정지궤도(Geostationary Orbit, GEO) 위성 통신망에 의존하고 있으며, 약 35,800km 상공을 도는 궤도 특성상 왕복 대기시간(latency)이 수백 밀리초에 달해 AI 기반 실시간 의사결정체계에 요구되는 초저지연 네트워크 조건을 충족시키기 어렵다.

이러한 한계를 극복하기 위해 미 국방성은 저궤도(Low Earth Orbit, LEO) 위성 통신망과 5G 기술을 핵심 해결책으로 제시하고 있다. LEO 위성은 지상 550~2,000km 고도에서 운용되어 GEO 위성 대비 지연시간을 20~50ms 수준으로 대폭 단축할 수 있으며, SpaceX의 Starlink, OneWeb 등 상용 LEO 위성군을 군사용으로 전환하려는 시도가 진행 중이다. 또한 5G 네트워크는 1ms 이하의 초저지연과 최대 20Gbps의 전송속도를 지원하여 전장에서 실시간 데이터 교환을 가능하게 한다.

JADC2가 지향하는 "모든 센서에서 모든 슈터로(From any sensor to any shooter)" 개념을 구현하기 위해서는 각 영역의 센서와 무기체계에서 발생하는 막대한 양의 비정형 데이터(신호 및 위치정보, 영상, 음향, 전자기 신호 등)를 실시간으로 수집, 분석, 전송해야 한다. 예를 들어, 단일 무인정찰기(UAV)가 하루 동안 생성하는 영상 데이터만 수 테라바이트에 달하며, 이를 육·해·공·우주·사이버 전 영역에 걸쳐 동시다발적으로 처리해야 하는 것이 JADC2의 현실이다.

전 영역에 AI 알고리즘으로 전장 데이터를 지속적인 확인과 보정 및 분석하기 위해서는 대역폭의 확장, 데이터 암호화의 안정성, 초저지연 전송이 필수 요인이다. 공군의 지능형 UAV, 해군의 대형 무인수상함(LUSV)과 무인잠수정(UUV), 육군의 자율 로봇과 같은 자율 및 분산형 플랫폼들은 임무 수행

중에도 지속적인 데이터 UP링크와 DOWN링크가 필요하며, 암호화와 초 단위의 응답이 가능한 통신을 안정적으로 유지해야 한다. 적 전자전 환경에서도 단절없이 작전을 지속할 수 있는 회복탄력성(Resilience)이 요구된다.

전장에서 발생하는 모든 데이터를 중앙 서버로 전송하여 처리하는 방식은 지연시간 증가와 통신 대역폭의 과부하를 초래한다. 해결방안은 JADC2는 엣지 컴퓨팅(Edge Computing) 개념을 핵심 기술로 채택하고 있다. 엣지 컴퓨팅은 각 센서 및 기지국 인근에서 데이터를 현장에서 처리하여 중앙 서버로의 의존성을 낮추고, 전술 단위에서의 실시간 의사결정을 가능하게 한다.

예를 들어, 전방으로 배치된 UAV가 촬영한 영상을 지휘소(중앙)로 전송하기 전에 현장의 서버(엣지)에서 1차 분석을 실시하고, 위협 목표만을 판별하고, 이것을 압축된 형태로 상급부대에 전송함으로써 네트워크의 부하를 최소화할 수 있다. 이는 JADC2의 핵심 개념인 분산형 지휘통제(Distributed C2)를 기술적으로 뒷받침하는 구조이며, 전장의 각 노드가 독립적으로 판별하고 행동할 수 있는 자율성을 보장한다.

JADC2 환경에서는 센서로 부터 유입되는 데이터(위성 영상, 통신 정보, 사이버 정보, 레이더 등)를 실시간으로 통합하여 공통된 전장 상황인식(Situational Awareness, SA)을 제공해야 한다. 이를 위해 AI가 데이터를 자동으로 분류 및 통합, 분석하여 지휘관에게 결심 가능한 정보(Actionable Intelligence)로 제공하는 것이 필수적이다.

데이터를 간단한 시각화하는 레벨을 넘어서, 전장 상황을 예상하고, 가장 효율이 좋은 작전 방법을 제안하여 결심지원(Decision Assistance) 기능까지 수행하는 AI 데이터 분석 시스템이다. 적의 미사일 발사 징후가 파악되었을 때 과거 데이터와 현재 상황을 비교 분석(AI)하여 표적과 최적의 요격 방법을 자동으로 제시할 수 있다. 이는 지휘관의 결심시간을 획기적으로 단축시키며, 데이터 중심 전장관리체계(Data-Centric Warfare)의 핵심을 구현하는 기술로 예시를 들 수 있다.

JADC2의 핵심 구성은 분산형 지휘통제(Distributed C2) 개념과 비슷하다. 반면에, 전자기 스펙트럼 환경의 복잡성이 급증함에 따라, 이에 대응하기 위한 동적 주파수 공유(Dynamic Spectrum Sharing) 기술이 JADC2의 중요한

요소이다. 동적 주파수 공유 기술은 주파수 대역을 고정적으로 할당하던 기존 방식에서 벗어나, 인공지능 기반의 실시간 주파수 관리 알고리즘을 통해서 사용 가능한 스펙트럼을 할당 및 탐지함으로써 복잡한 전자전 환경에서도 안정적인 정보통신의 품질을 보장하는 기술이다.

미국은 연방통신위원회(FCC)와 DoD에서 사전에 3.45~3.55GHz 등의 공유 주파수 대역에서 민간과 군의 공동의 운용을 시험하고 있었으며, 이것은 전장 스펙트럼 기민성(Spectrum Agility) 확보의 중요한 예시로 평가된다. 적의 전자 공격으로 특정 주파수 대역이 차단되더라도 AI가 즉각적으로 대체 주파수를 탐색하여 통신을 유지할 수 있는 능력이 JADC2의 생존성을 결정하는 핵심적인 부분이다.

본질적으로 네트워크로 연결된 JADC2 체계는 사이버 공격에 취약할 수밖에 없다. 무인, 자율체계 간 정보통신의 보안을 위해서는 양방향 암호화 및 인증 체계가 필수적이며, 제로트러스트(Zero Trust) 기반의 접근제어가 요구된다. 제로트러스트란 "신뢰하되 검증하라(Trust but Verify)" 기존의 보안 개념을 넘어서, "절대 신뢰하지 말고 항상 검증하라(Never Trust, Always Verify)"는 원칙에 기반으로 설정하였다.

매 순간 인증과 권한을 확인하는 방법과 네트워크 내부의 모든 접속 시도를 잠재적 위협으로 간주로 한다. 예를 들어서, 특정한 센서 혹은 무기체계가 JADC2 네트워크에 접속할 때마다 기기의 상태 점검, 데이터 암호화 여부, 신원 확인 등을 실시간으로 검증하여 무단 침입이나 데이터 탈취를 원천 차단으로 보안성을 높인다. 미 국방성은 사전에 JADC2 구현을 위해 클라우드 컴퓨팅 보안 요구 가이드(CC SRG)를 작성하고 리스크 관리 프레임워크(RMF)에 클라우드 보안 내용을 반영하는 등 제로트러스트 아키텍처 적용을 위한 노력을 기울이고 있다.

요컨대, JADC2를 가능케 하는 기술적 토대는 단순한 네트워크 업그레이드가 아니라, ① 저지연, 고신뢰 통신망(5G/LEO), ② (분산형) 엣지 컴퓨팅, ③ AI 기반 스펙트럼 관리, ④ 데이터 융합 및 의사결정 지원, ⑤ 제로트러스트 기반 암호화 데이터 파이프라인으로 구성된 통합 정보 인프라라 할 수 있다. 이러한 기술들이 유기적으로 결합될 때, 센서-결심-타격의 실시간 루프

(Sensor-Decision-Shooter Loop)가 완성되며 JADC2의 본질적 목표인 데이터 중심의 전장 지휘통제가 실현될 것이다. [표 3-4]는 이러한 기술을 요약한 것이다.

[표 4-1] JADC2를 가능하게 하는 기술 요약

구 분	핵심적인 기술 요약
차세대 통신 인프라 (5G·LEO)	<ul style="list-style-type: none"> • GEO(정지궤도) 위성 의존으로 인한 고지연 문제를 극복하기 위해 5G 및 저궤도(LEO) 위성 통신망 도입 • 실시간·고속 데이터 전송, 초저지연 연결성 확보 • “From any sensor to any shooter” 개념의 핵심 기반 인프라
엣지 컴퓨팅	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 발생 지점(센서·기지국)에서 현장 연산 및 분석 수행 • 중앙 서버 의존 감소, 전송 단위 의사결정 속도 향상 • JADC2의 분산형 지휘통제 구현을 위한 기술적 핵심
AI 기반 데이터 분석 및 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 다중 센서로부터 유입되는 데이터를 AI가 자동 분류·융합·분석 • 실시간 전장 상황 인식(BA, SA)과 결심지원(DA) 자동화 • 지휘관의 결심시간 단축 및 데이터 중심 전장관리체계 구축
동적 스펙트럼 공유	<ul style="list-style-type: none"> • 전자전 환경에서 AI가 가용 주파수를 실시간 탐색·배정 • 스펙트럼 혼잡 상황에서도 통신 회선의 안정성·생존성 유지 • 전장 스펙트럼 기민성 확보 및 주파수 공유 운용 가능
암호화 통신 및 보안 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> • 자율·무인체계 간 통신의 보안을 위한 양방향 암호화·인증 • 제로트러스트(Zero Trust) 기반 접근제어로 사이버 위협 대응 • 네트워크 무결성·신뢰성 확보를 통한 전장 정보보호 강화

제 4 절 주요국의 유사 개념 및 추진 동향

미국이 추진하고 있는 JADC2 개념에서 이제는 전 세계의 중요한 군사 강국들의 지휘통제 체계 발전 방향에 중대한 영향을 미치고 있다. 각 국가는 자국의 군사 교리와 기술 수준에 맞추어 데이터 중심, 네트워크 중심, AI 기반 지휘체계로 전환하기 위한 다양한 전략을 병행하고 있다.

특히, 위성통신·클라우드·AI·사이버·우주·전자기 스펙트럼 등 다영역 융합 기술(Multi-Domain Fusion Technologies)이 핵심 경쟁 요소로 부상하면서, 각국은 독자적 C4I체계(지휘·통제·통신·컴퓨터·정보체계)의 통합·개방·확장성을 강화하는 방향으로 발전하고 있다. 이 절에서는 미국을 제외한 영국, 이스라엘, 프랑스, 일본, 중국의 사례를 중심으로 JADC2와 유사한 전영역 지휘통제 체계의 개념과 추진 동향을 비교·정리한다.

1) 영국

영국은 미국과 유사한 ‘다영역 통합작전’을 미래 작전개념에 적용하고 복합 군통신위성 Skynet시리즈를 독자 개발하여 운용 중이고 NATO의 핵심국가로서 연합C4I체계, 각 군 전술C4I체계, 정보·화력·방공 등 전투기능C4I체계를 포함하여 다양한 지휘통제체계를 보유하고 있으며 DII(Defence Information Infrastructure)를 통해 국방부 내 수많은 개별 정보시스템을 단일정보기반체제로 대체하고 있으며, 서비스 기반·개방형 구조로 C4I체계를 개발하여 C4I체계기능의 확장성을 확보하고 있다.

2) 이스라엘

스마트폰과 스마트워치 형태의 지휘통제체계를 개발하는 등 새로운 개념과 최신기술을 C4I체계에 적용하기 위해 지속적으로 연구 중이며, 미국과의 적극적인 기술협력 추진 중이고, 이스라엘 국방부는 화력지휘통제체제로 라파엘사(Rafael Advanced Defense Systems)가 개발한 네트워크로 연결된 센서 투 슈팅 시스템(sensor-to-shooting system)인 파이어 위버(Fire Weaver)를 선정 및 운용 중임 Shaked C2I system은 여단장부터 소대장까지 야전장교에게 실시간 전장상황인식과 경로추천 등을 제공하기 위해 스마트폰과 스마트워치 형태라는 새로운 개념의 지휘통제체제로 개발되었고 ('18, Elbit社), Digital Ground Forces C2체계와 연결되며 군 보안 셀룰러 네트워크와 광대역 클라우드 네트워크에서 운용 중이다.

3) 프랑스

2021년 Syracuse-4A, 2023년 Syracuse-4B를 발사하여 위성통신으로 세

계 전역에 배치된 육/해/공/우주군과 본토의 지휘통제센터 간 장거리 통신이 가능한 시스템을 구축.

4) 일본

지상, 해양, 공중의 기존 군사작전 영역에 우주, 사이버, 전자기파의 새로운 영역을 융합한 ‘영역횡단작전능력’을 계속 발전시키고 있음. 특히, 2020년 우주작전대, 2022년 제2우주작전대를 창설하여 우주력을 강화하고 있으며, 미군과의 우주영역 협조관계를 강화하고 있다.

5) 중국

NCW(Network Centric Warfare)와 유사한 ‘체계대항’, ‘체계파괴전’ 등의 작전개념을 발전시키고 있으며, 우주 능력에 기반한 C4ISR 및 對 C4ISR 능력을 증대하여 미국 군사작전을 위협하는 수준까지 도달하고, 2018년도 이후 향후 중국 인민해방군은 AI기술을 활용하여 전투기 조종사와 잠수함 지휘관의 의사결정을 돕고 지원할 수 있는 프로젝트를 진행하고 있으며, 통합 명령 플랫폼(Integrated Command Platform)을 부대에 배치하여 실시간 정보공유를 통한 지휘관의 의사결정을 지원하고 디지털 DB 및 명령 자동화 도구를 사용하여 지휘관이 동시에 여러 부대에 명령을 내릴 수 있다.

6) 소결론 : 선진 국가 동향(지휘통제)의 비교와 시사점

위에서 제시한 정보와 같이, 주요 선진국들은 모두 JADC2와 비슷한 개념의 전 영역의 지휘통제를 당사국들의 전략적 환경에 적용하여 추진하고 있다. 프랑스 및 영국은 정보 인프라 와 위성통신을 통합한 전체 영역의 지휘통제 체계 고도화에 집중하고 있고, 이스라엘은 현장을 중심으로 실시간 및 모바일로 차별화된 지휘통제를 구축하고 있다. 일본은 전자기 스펙트럼과 우주 및 사이버를 결합한 영역횡단작전 능력을 성장시키고, 중국은 인공지능(AI), C4ISR 통합을 통해 지휘통제의 결심에서 우위를 확보하고자 한다.

이들 사례는 서로 다른 기술적 접근 방식을 추구하지만, 비슷한 사항으로 ① 데이터 융합 기반의 실시간 상황인식, ② AI와 네트워크 기반의 의사결정

지원, ③ 모든 영역에서 작전 수행을 위해 통합 정보 인프라 구축이라는 세 가지 방향성을 추구한다.

한국군 역시 이러한 추세를 반영하여, 각군 단위의 개별적 C4I 고도화 사업을 넘어 합동·통합 기반의 데이터 중심 지휘통제체계(K-JADC2) 로 발전할 필요가 있다. [표 4-2]은 이러한 주요국의 유사개념 및 핵심적인 추진 동향을 요약한 것이다.

[표 4-2] 주요국의 유사 개념 및 추진 동향 요약

국 가	유사 개념 및 추진 동향
영국	<ul style="list-style-type: none"> • ‘다영역 통합작전(MDO)’ 개념 채택 • Skynet 위성통신망 독자 운용 • DII(Defence Information Infrastructure) 구축으로 개별 시스템을 단일 정보기반체계로 통합 • 서비스 기반·개방형 C4I로 확장성과 상호운용성 확보
이스라엘	<ul style="list-style-type: none"> • 최신 ICT·AI 기술을 지휘통제체계(C4I) 에 적극 적용 • Fire Weaver(Rafael) 운용 - 센서 투 슈터 통합 네트워크 • Shaked C2I 시스템: 스마트폰·스마트워치형 전장상황 인식 체계 • 군 전용 셀룰러·클라우드 기반 디지털 지상군 C2 네트워크 구축
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> • Syracuse-4A(2021), 4B(2023) 위성 발사 • 전 세계 배치 부대와 본토 지휘통제센터 간 장거리 위성통신망 완성 • 우주·지상·해상·공중 통신의 통합체계 운용
일본	<ul style="list-style-type: none"> • ‘영역횡단작전능력’ 개념 발전 - 우주·사이버·전자기파 통합 • 2020년 우주작전대, 2022년 제2우주작전대 창설 • 미군과의 우주영역 협력 강화, 우주력 중심 전력화 추진
중국	<ul style="list-style-type: none"> • ‘체계대항전, 체계파괴전’ 개념 발전 - NCW형 전장구조 구축 • C4ISR 및 대(對)C4ISR 능력 강화, AI 기반 의사결정 지원 프로젝트 추진 • Integrated Command Platform 배치 - 실시간 정보공유·명령 자동화 • 디지털 DB 기반 통합지휘 플랫폼으로 전장 통합 지휘 실현

제 5 장 한국형 정보통신 통합체계 구축방안

제 1 절 구축 목표 및 기본원칙

모든 영역(육·해·공)이 하나의 네트워크로 통합되는 지휘통신체계의 상호 운용의 중요한 과제로 우리 군도 한국형 정보통신 통합체계 구축을 목표로 해야한다.

미래 한국형 JADC2인 한국형지휘통제체계(KCCS : Korea Command and Control System) 구축을 통해 전 작전영역의 정보 공유와 초연결·초지능 기반의 지휘통제 역할을 하고자 한다. 그러나 현재 한국군 지휘통제체계의 상호 운용능력 구조는 IIM(Integrated Interoperability Module) 기반으로 KMTF(Korea Message Text Format) 교환위주로 운영되어 실시간 데이터 공유 등 진정한 상호 운용성 요건을 충분히 충족하지 못하고 있다. 특히 우리 군은 상호 운용성을 단순히 약속된 데이터를 주고받는 수단으로만 정의해 기존의 상호 운용성 모듈 대부분이 정형화된 데이터 교환방식에 머무르고 있다.⁴⁰⁾ 이러한 제한사항을 극복하기 위해 미국 JADC2 전략과 데이터 메시(Data Mesh) 기반의 데이터 메시 참조 아키텍처(DMRA : Data Mesh Reference Architecture)를 벤치마킹하여 우리 군 지휘통제체계의 상호 운용성을 위한 IIM의 구조적 문제를 확인하고, KCCS의 상호 운용성을 확보해야 한다.

JADC2 전략의 배경에는 하이브리드·초연결 환경에서 적의 전자전, 사이버 공격 등에 대응하기 위해 정보 및 의사결정 우위를 지속적으로 유지해야 한다는 필요하다. 2021년 미 국방성 장관의 서명으로 공표된 JADC2 전략은 무기체계를 포함한 군의 시스템을 네트워크로 연결하여 감시정찰부터 타격에 이르는 의사결정 주기를 단축하려 한다. 이를 위하여 전략의 핵심 원칙에는 ‘전군 차원의 정보 공유 구현’, ‘계층적 보안’, ‘데이터 패브릭(Data Fabric,

40) 김동일. (2025). 전개논문, p.136-145.

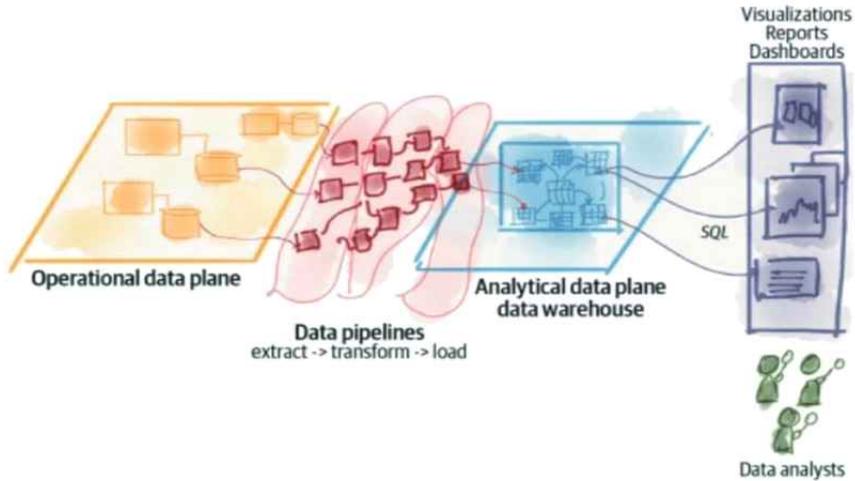
공통 데이터 표준·아키텍처) 확보’, DDIL(Disrupted, Degraded, Intermittent and Limited) 상황에서 회복력 유지, 통합된 개발 프로세스 등이 포함된다. 즉 JADC2는 기술·운용·절차적 비전이며, 이는 우리 군의 지휘통제체계에서도 고려해야 할 중요한 요소다.

제 2 절 핵심 기술요소 및 적용방안

데이터 아키텍처는 시대별 요구에 따라 진화해 왔다. 1세대의 데이터 웨어하우스(Data Warehouse)의 구성방식은 시스템(운영)과 업무정보(BI, Business Intelligence) 체계 간 일괄적인 프로세스 즉 ETL(Extract, Transform, Load) 형태가 특징이다. 정형 스키마(Schema)에 따라 데이터는 다차원 테이블로 통합되어 저장되고, 보고 및 분석 목적으로 사용된다. 이 방식은 수많은 ETL 작업과 테이블, 스키마의 복잡한 설계, 새롭게 개발된 기술의 미적용 등 단점을 가진다.

다음으로 2세대 데이터 레이크(Data Lake) 아키텍처는 원시(Raw) 데이터를 대규모 분산 파일 시스템(HDFS)⁴¹⁾ 등에 저장하고, 필요할 때 파이프라인으로 처리하는 구조다. Data Lake는 사전 모델링 부담을 줄이고 머신러닝용 대용량 데이터 분석에 적합하지만, 복잡한 파이프라인 관리와 데이터 신뢰성 저하 문제를 가지고 있다. 데이터 레이크의 주요 문제점은 전문화된 소규모 팀에 의존하고 ‘데이터 늪’(Data Swamp)을 양산하는 점이다. 민간 연구에서도 RESTful 웹서비스를 통한 경량화된 통합과정을 제안했으나, 한국 국방분야에서는 실질적인 도입 성과가 확인되지 않는다. 최근 부상한 3세대 Data Lakehouse 아키텍처는 Data Warehouse의 트랜잭션성과 Data Lake의 확장성을 결합하려는 시도다.

41) Hadoop Distributed File System의 약자로 대규모 데이터 세트를 처리하기 위해 고안된 분산 파일 시스템이다. 여러 대의 컴퓨터에 데이터를 분산 저장하고 병렬로 처리하여 대용량 데이터의 효율적인 관리를 가능하게 한다.



[그림 5-1] Data Warehouse 아키텍처 사례⁴²⁾

제 3 절 한국형 JADC2 도입에 따른 클라우드 구축

클라우드란 인터넷상에 마련한 개인용 서버에 각종 문서, 사진, 음악 따위의 파일 및 정보를 저장하여 두는 시스템이다. 기존의 한국군은 광케이블 기반의 통신체계 사용을 중심으로 운영하였으나 제한되는 경우를 대비하기 위하여 “무선”, “위성”의 유·무선을 동시에 구성하였으나 광케이블 즉 유선통신 체계 만큼의 광대역성과 저지연성을 제공하지 못하고 있다.

한국군은 한반도의 지형특성 및 적 포탄으로 인한 광케이블 손상시 전술 통신체계에서 “무선” 통신기반의 통신을 진행 할 수 없다. 아래 [그림 3-13]와 같이 현재 한국군은 전술 SPIDER, TICN 무선운용을 하고 있다.

42) <https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NODE12352469&width=1920> (검색일:2025. 9.28)



[그림 5-2] 전술통신체계(TICN)

[그림 5-2]에서 보이듯이 미국의 JADC2와의 차이점은 육군의 단독 통신망이라는 것이다. 공군, 해군, 해병대 등 전장에서 급변하는 환경에서 육군의 단독 통신체계는 유기적인 작전활동에 신속성, 연결성, 융합성 등 단독 작전으로 아군의 정보통신이 원활히 안 될 것이다.

미래정보통신 기술발전의 요구조건은 바로 클라우드 환경 구축을 위한 초연결 전술 네트워크 구축이 필요하다. 미 국방성 또한 전장 클라우드 환경의 기반인 초연결된 전술 네트워크를 구축하기 위하여 FNC3, 5G, 게이트웨이 획득 같은 통신 장비 획득에 노력하고 있으며, 네트워크 구축을 위한 소프트웨어 개발을 추진하고 있다. 또한 미군은 위성 중심의 기반체계의 네트워크 시간 지연을 해결하기 위하여 데이터 처리능력, 탄력성 등을 함께 네트워크의 상호 운용성을 도전 요소로 해결책을 찾고 있다.⁴³⁾

43) 김동일, 전계논문, p.70-81.

국방전략기술 수준조사 결과 요약

국방전략기술분야 수준조사 결과 요약

국방전략기술분야 10개 분야의 국방/민간 기술수준 조사 결과는 아래와 같음



[그림 5-3] 국방전략기술 현황⁴⁴⁾

[그림 5-3]에서 보이듯이 우리나라도 국방전략기술 수준조사를 실시하여 인공지능, 우주, 센서·전자전 등 국방과제로 추진중에 있다. 하지만 대부분 국방 분야 보다 민간분야에서의 기술수준이 높아 민간과의 협업은 불가피하며 국방의 기술 분야에서 특히 우주분야의 차이가 가장 분명하므로 국가의 R&D 예산 늘려 사업을 민간수준, 그 이상으로 발전시켜야 한다.

이처럼 위에서 언급한 각 군의 단독 통신망 보다 [그림 5-3]와 같은 기술을 민간과 국방이 협업하여 기술을 발전시켜 결론적으로는 육·해·공·해병대 나아가 우주군 까지 합동 전 영역 지휘·통제체계 미래정보통신 기술 구축이 필요하다.

국방SW는 무기체계 및 전력지원체계가 상호작용하여 운용될 수 있도록 하드웨어에서 구동되는 SW 프로그램을 명한다. 국방SW의 소프트웨어 분야는 응용 SW, 미들웨어, 시스템SW 세 분야로 나눌 수 있다. 단, 보안성과 신뢰성

국내 기술 현황

1.1 국방과제 현황

국방분야에서는 지능형 전장인식 서비스 기술, 인공지능 기반 탐지기술 등 인공지능을 활용하여 전장환경 내 위협표적 정보획득, 지도생성을 위한 기술들을 개발 중이며, 주요 과제는 다음과 같음

국방과제목록

과제명	시작기간	개발단계	예산액(원)	개발기관
초소형 위성 영상 분석 자동화를 위한 딥러닝 기반 초해상도 및 물체 식별 기술연구	'18-'20	선형핵심	16.00	국방과학연구소
딥러닝 기반 초소형 SAR 위성영상의 특정물체 인식기법	'19-'23	미래도전	44.70	국방과학연구소
열악한 환경에서 수행가능영역 및 물체탐지 기술	'19-'21	국제협력	11.79	국방과학연구소
인공지능 기반 시각적 부분 가림 물체 자동 식별 기술	'19-'22	미래도전	24.10	국방과학연구소
전장상황 및 자료 모의기술	'20-'22	응용연구	21.60	리얼타임 비주얼
다중 동영상 센서 기반 지능형 이동표적 탐지인식 기술	'20-'22	선형핵심	29.60	국방과학연구소
지능형 전장인식 서비스 및 플랫폼/서비스 통합 기술	'20-'24	신도형 핵심기술	151.50	한화시스템
비디오 영상기반 다중이동 표적 지능형 추적기술	'21-'24	시험개발	27.21	산학연
복안영상 기반의 적응형 환경인식기술	'21-'25	응용연구	40.50	LIG넥스원
SI 기반 초소형 위성체계 SAR 징후탐지 및 초해상도 영상복원 기술	'22-'25	응용연구	162.67	산학연(미정)
실시간 다차원 영상판독 분석 및 융합기술	'22-'25	응용연구	68.82	산학연(미정)
환경적응형 지표/지형 인식기술	'23-'31	응용/시험	84.30	국방과학연구소
중중/이중 초소형 로켓의 자율기동을 위한 인공지능 기반 환경인식 기술	'23-'27	응용연구	71.50	산학연(미정)
생체모방 청각센서 및 신호처리기술	'22-'26	응용연구	30.00	산학연(미정)
UUV용 동시적 위치추정(SLAM) 기술	'23-'26	응용연구	43.90	국방과학연구소
무인침수정용 소형 장거리 고해상 수상감시정찰 기술	'23-'26	응용연구	75.00	산학연(미정)
복합 경계감시정보 지능형 통합 운용 기술	'23-'26	시험개발	75.00	산학연(미정)
지능형 개인 경계감시 능력 증강 기술	'23-'26	시험개발	105.00	산학연(미정)

44) 국방기술진흥연구소. (2023). 『국방전략기술 수준조사』, p.18-30.

등을 민간보다 중요해야 하는 국방, SW의 특성이 개발에서 차이점이다.



[그림 5-4] 국방SW 계층구조⁴⁵⁾

시스템 SW는 응용 SW를 실행하기 위한 플랫폼을 제공, 하드웨어를 동작할 수 있도록 설계된 SW이다. 시스템 SW의 민간과 국방 사이 개발 양상은 시스템의 기반이 되는 만큼 큰 차이가 있다. 민간에서는 상업적 확장성과 개방성을 중요하게 여기며 원격 업데이트(Over-The-Air Update, OTA)를 지원하는 등 유지보수에도 개방적이다.

초기에는 자동 표적물 인식 시스템, 영상정보 AI 기술이 개발되었으나, 현재는 생성형 AI 기술과 거대 언어모델(Large Language Model, LLM) 기반 Chatbot을 이용하여 참모 역할의 지원, VR/AR(Augmented Reality/Virtual Reality) 가상의 훈련과 전투 환경 구축 등 많은 분야로 나아가고 있다. AI 기술만이 아닌 블록체인, 차세대 통신기술 메타버스 등 첨단 SW 기술에 대한 국방에 적용하고 AI와 통합하기 위한 연구개발하고 있다.

45) 국방기술진흥연구소. (2024). 『2024 국가별 국방과학기술 조사서』, p. 1064.

발전방법으로 국방SW 체계 발전방법으로 제일 먼저 상대적으로 저 평가되어 있는 SW에 대한 가치 제고가 필요하다. 세계적으로 SW 위주의 무기체계 개발로 추세가 급격히 변화됨에 따라, 기존의 'HW 중심 + SW 보조' 개념에서 벗어나 균형 잡힌 기술개발로 변화가 필요하다. 더불어 국방SW 개발 시 지속적인 성능향상이 가능하도록 아키텍처를 모듈화하고 표준화하여 설계해야 한다.

현재 유·무인 통합 전투체계의 경우, SW 표준화를 국방부 주관으로 진행 중이다. 이에 따라, 국방SW의 역할이 중요한 첨단 전투기, 함정 무기체계, 유도 무기체계 등에 대한 SW에 대해서도 지속적으로 성능발전 할 수 있도록 인터페이스와 표준을 정립해야 한다.

또한, 개별 무기체계에 내장되는 SW 개발보다는 각 군에서 운용하고 있는 국내 무기 및 외국 무기를 포함한 무기체계들이 통합과 연동할 수 있는 SW 분야에도 투자가 필요하다. 데이터 형태, 통신 프로토콜 등이 달라 연동과 통합이 어려웠던 무기체계들을 연동하여 작전의 효율성을 증대시키고 전투력을 극대화 할 수 있다.⁴⁶⁾ AI 기술은 기존 국방SW의 테스트 평가 및 방식 기준과 틀려야하기 때문이다.

무기체계의 핵심기술 개발 후 시험평가 간 기존보다 오래도록 시험평가 기간이 필요하다. 검증과 테스트를 위한 데이터 셋이 별도로 필요하고, 실전 데이터를 확보하기 어려운 국방 분야의 특징으로 유효한 데이터에 대한 기준이 확립되어야 하며, 가상 데이터생성과 데이터 증강기법 등에 관한 기술이 필요하다. 실력 있는 민간 기업들이 국방SW 개발에도 참여할 수 있도록 지원을 강화하고 국방SW 산업을 육성하여 기업과 기관들의 협력해야 한다.

최근 국방기술은 네트워크화, 무인화, 지능화 등 첨단 ICT 기술의 발전으로 인해서 HW 중심 개발구조에서 SW 중심 개발로 차츰 변화하고 있다. 이런 변화를 인식하여, 국내·외 SW 개발동향을 분석하여 발전방안을 제안했다. 한국의 국방SW 체계 기술 수준은 약 79%로 일본과 함께 공동 8위를 기록한 선진권 수준이며, 2024년 기준 기술수준이 직전 대비 약 6% 상승했다.

반면, 민간 SW 기술수준과 비교했을 때는 상대적으로 낮은 기술을 보였

46) 광동훈. (2025). 『국방SW 국내·외 개발동향 및 발전방안』. 국방기술진흥연구소 국방과학 기술정보. p.61-69.

고, 미래의SW 기술의 발전을 위해 준비해야 한다.

먼저, 최근 중요도가 올랐으나 아직도 저평가된 SW에 대한 제고가 필요하다. 이를 위해 HW 중심의 개발구조에서 벗어난 균형 잡힌 연구개발로 변화하고, 각 무기체계 SW 개발에만 집중보다는 육/해/공군의 무기체계 통합하고 통합할 수 있는 SW 구축에도 적극적인 인재양성 투자 및 개발이 필요하다.⁴⁷⁾

추가적으로 현재 국방SW 체계에서 매우 중요한 AI기술 적용을 확대하기 위한 노력이 필요하다. 민간 우세 AI 모델을 도입하기 위한 협력과 이 과정에서 필요한 공유 데이터·인프라를 구축 및 관리하기 위한 정책/제도 마련이 필요하며, 이후 새로운 AI 기술을 점검하고 평가하기 위한 환경 구축에도 투자가 필요하다.

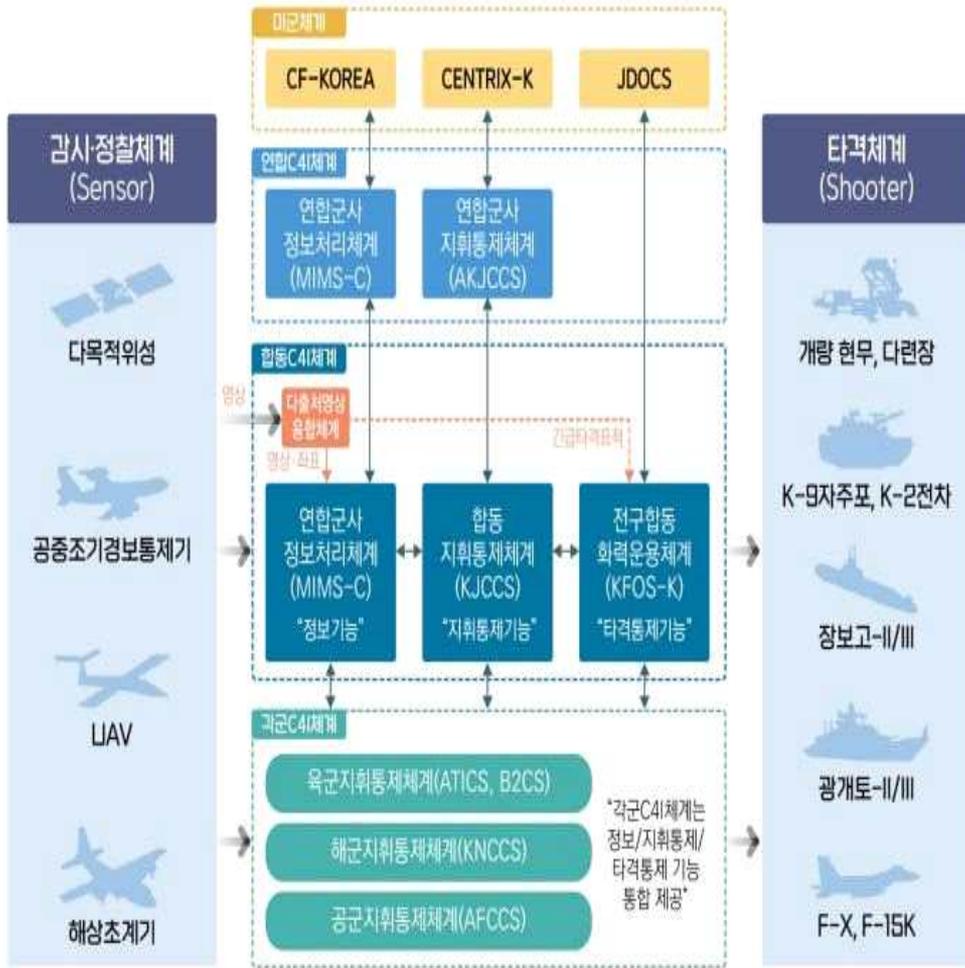
1) 한국군 지휘통제체계

지휘관 및 참모가 지휘소와 지휘통제본부를 중심으로 자원의 효과적 이용과 군사력을 행사하는 지휘와 계획실행에 필요한 물자, 시간, 장소를 배분하고 행동을 감독하는 통제를 함께 통칭하는 이름으로 임무 지휘 정보체계, 정보수집체계, 그리고 통신망으로 구성되며 지휘, 통제, 통신 및 정보의 유기적인 통합과 가시화를 통해 지휘관이 실시간 작전 대응 능력을 갖도록 지원하는 무기체계이다.

인공지능 기술은 민간 정보통신 분야를 중심으로 기술 개발과 활용이 점증하고 있으며, 국방 지휘통제체계에 접목시키고자 하는 많은 기술이 개발되고 있고 네트워크 자원 및 인프라 관리는 물론, 정보융합 및 전장인식, 지휘결심 지원 등 전 분야에 인공지능 기술의 활용과 수준이 무기체계의 질적 수준을 좌우하고 있다.

전통적으로 지상·해상·공중의 전장영역과 우주·사이버 영역 등 새로운 전장영역의 상호간 연결과 통합이 전장 우세의 핵심적 요소로 자리매김하고 있으며, 이를 위한 전장영역과 공간을 초월하는 초연결 기반 지능형 지휘통제체계와 기술개발이 진행 중이다.

47) 광동훈, 전계서, p.61-69.



[그림 5-5] 한국군 지휘통제체계 현황⁴⁸⁾

최근 벌어진 러시아-우크라이나 전쟁에서는 상용통신 플랫폼 서비스를 활용한 위치기반 서비스, 심리전 및 공보전 전개와 스타링크(StarLink) 등 상용통신 인프라를 활용한 통신지원 등 위성 및 상용통신 인프라 및 플랫폼 기술의 활용도가 높아지고 있다.

48) 국방기술진흥연구소, 전제서, p. 58

[표 5-1] 한국군 지휘통제체계 분류

구 분	한국군 지휘통제체계
연합지휘 통제체계	연합지휘통제체계(Allied-Korean Joint Command & Control System, AKJCCS), 연합군사정보유통체계(Military Intelligence Management System-Combined, MIMS-C) 등
합동지휘 통제체계	합동지휘통제체계(Korean Joint Command & Control System, KJCCS), 군사정보통합처리체계(Military Intelligence Management System, MIMS), 전구합동화력 운용체계(Joint Fire Operating System-Korea, JFOS-K) 등
지상지휘 통제체계	지상전술C4I체계(Army Tactical Command Information System, ATCIS), 대대급전투지휘체계(Battalion Battle Command System, B2CS) 등
해상지휘 통제체계	해군전술C4I체계(Korea Naval Command Control System, KNCCS), 해군전술자료체계(Korea Naval Tactical Data System, KNTDS) 등
공중지휘 통제체계	공군전술C4I체계(Air Force Command and Control System, AFCCS), 중앙방공통제소(Master Control and Reporting Center, MCRC) 등

1) 연합지휘통제체계

연합지휘통제체계(Allied Korea Joint Command & Control System, AKJCCS)는 연합지휘 기구의 작전수행을 위한 체계로 연합지휘통제체계는 미군의 범 세계지휘통신체계(Combined Enterprise Regional Information Exchange System-Korea, CENTRIX-K)와 연동되며 연합작전을 지휘하는 주 전장관리정보 체계로, 한국군 주도 연합연습 시 해당 체계를 활용한 작전수행을 검증하고 있다.

2) 합동지휘통제체계

합동지휘통제체계는 합동전장상황을 실시간으로 제공하여 관련 부대 간에 전장상황을 공유하게 함으로써 상황 판단과 지휘결심을 효율적으로 지원하고 KJCCS는 상황판단 및 지휘결심 지원을 위한 체계로 작전사급 이상 부대에 배치하여 제대 및 기능실 별로 상호 연동시켜 합동작전 수행을 위한 지휘통제수단으로 전·평시 모두 운영하고 KJCCS는 전·평시 합동전장상황을 가시화하고, 관련 제대 간에 정보를 전파 및 공유함으로써 전장상황에 대한 공통된

인식을 바탕으로 효율적이고 적시적인 상황판단과 지휘결심이 가능하도록 지원MIMS, 각 군의 전술C4I체계 등과 연동하여 수집된 첩보 및 정보를 각 부대 및 부서에 공유 및 전파하며, 각 부대 지휘관의 지휘결심과 관련된 각종 현황 및 상황도 작성을 지원하여 각 제대 및 기능실 간 효율적 임무수행을 지원하고 있다.

3) 지상지휘통제체계

지상지휘통제체계는 육군, 해병대 및 일부 작전사급 부대 등 지상작전에서 필요한 각종 전장정보를 수집·처리·전시함으로써 지상작전 지휘관의 전투수행 능력을 증진하고 지휘결심을 보좌하기 위한 체계이다.

ATCIS(육군전술지휘정보체계)는 군단 이하 전술제대(육군 및 해병대 포함)를 중심으로 운용되며, 전·평시 전장상황을 신속·정확하게 파악하고 최선의 대응책을 수립하여 효율적인 통합전투력을 발휘하도록 지원한다. ATCIS는 지상군의 실제 전투임무 수행을 위한 감시/타격체계와 군수지원 정보체계를 유기적으로 연동하여 지휘관의 전장관리 및 전투임무 수행 의사결정을 가능하게 한다.

B2CS(대대급전투지휘체계)는 대대 이하 전술제대에서 전장 상황인식 및 실시간 정보공유를 통해 효율적인 전투지휘통제 능력을 제공한다. B2CS는 여단(연대)급 이상에서 운용되는 ATCIS와 연동하여 상급부대와 전장정보를 공유하며, 전투무선망(Combat Net Radio)을 기반으로 기동 중 지휘관의 실시간 지휘통제를 가능하게 한다.

4) 해상지휘통제체계

작전 및 전술 수준의 각종 정보를 수집과 처리 및 전시하여 지휘관의 지휘결심을 보좌하는 해군의 통합 해상지휘통제체계(KNCCS)이다.

지휘관이 상황과 위협을 정확히 판단하고 통합 해상전투력을 효과적으로 발휘할 수 있도록 지원하는 자동화된 체계(KNCCS)로, 육상지휘부로부터 단위부대(함정)까지 동일한 전장상황인식을 제공한다. 이를 통해 상황판단에서 의사결정 지원, 임무지시 및 수행에 이르는 전 지휘통제 절차를 일사분란하게

지원한다.

KNCCS의 주요 기능은 ① 실시간 상황전시 및 상황관리, ② 비실시간 정보분석, ③ 아군 능력판단, ④ 의사결정 지원, ⑤ 근실시간 임무지시 및 수행으로 구성되며, 작전제대별 작전환경 및 위협분석 정보를 적시에 제공하여 효율적인 작전 지휘통제를 가능하게 한다.

5) 공중지휘통제체계

AFCCS(공군전술지휘통제체계)는 공군 작전사령부 및 예하 전술제대의 작전수행절차를 최신 정보통신기술로 자동화한 체계로, 전장상황을 실시간 파악하여 지휘관의 지휘결심과 대응방책 수립에 필요한 정보를 신속·정확하게 제공한다.

AFCCS는 기존 항공작전 중심에서 방공포병작전, 기지방호/화생방작전으로 작전지원 범위를 확장했다. 감시정찰체계(ISR), 정밀타격체계(PGM), 타군 전장관리정보체계와 실시간 연동을 지원하여 지휘·통제·통신·컴퓨터·정보의 각 요소를 유기적으로 통합한다.

주요 임무로는 ①전시 주요 군사시설 방어 및 공군기지 전투력 보존을 위한 자동화된 방공포병·기지방호·화생방 지휘통제, ②전·평시 한반도 전구 내 공중/지상/해상 합동화력에 대한 항공작전 수행을 담당한다.

제 4 절 통합체계 구축 방향

현재 육군의 정보통신체계의 한계점과 미래 전장에서의 불확실성에 대한 개선 방안을 도출하기 위해 이론적 검토를 수행하고, 미래기술의 적용 및 융합을 통해 앞으로 유·무인 복합체계에 대하여 작전영역별로 체계 구축이 필요하다. 미래의 정보통신 운용은 현재와는 달리 기술 및 산업의 발전으로 인해 복잡하고 보다 최첨단 무기로 빠른 정보획득 및 지휘관의 결심이 무엇보다 중요 할 것이다.

최근 러시아-우크라이나 전쟁에서 보듯 적 특작부대의 기동과 전술이 무색해질 만큼 각종 첨단 기술과 드론으로 정확하게 적을 섬멸하는 장면을 보고 더 이상 재례식 전투는 그 비중이 낮아 질 것으로 생각된다. 러시아의 미사일 공격으로 인해 우크라이나의 통신기반 시설이 파괴되어 인터넷 접속이 어려운 상황에서도 미국의 민간기업 ‘스타링크’ 저궤도 위성 서비스로 인해 인터넷 접속이 가능하게 하여 외부와 연결이 가능해 졌고, 응급기관에서도 생명을 구하는 등 저궤도 위성은 앞으로 우리 한국군의 반드시 필요한 전략적 무기체계로 볼 수 있다.

육군의 경우 2022년 육군 인터넷 서비스 민간 클라우드 도입사업 “육인클 프로젝트”⁴⁹⁾ 등을 통해 다소 폐쇄적으로 느껴지는 국방 분야에서 민간 자원을 활용한 클라우드 사업 추진하기도 하였으나, 민간 자원의 개입으로 인해 군사적 비밀사항 등 노출 위험이 있어 미래에는 한국군의 독자적인 기술로 저궤도 위성 개발을 통해 한국식 ‘JADC2’와 한반도 전 지역에서 언제든지 사용 할 수 있는 저궤도 위성 및 정보통신의 발전은 보다 강한 대한민국 국군의 승리의 꼭 필요한 조건으로 생각된다.

국방에는 무기체계 간에 유기적인 인공지능 기술 활용과 자료교환을 위해 클라우드 기술의 필요성이 중요시되고 있다. 대표적으로 미국에서 추진하고 있는 합동전영역지휘통제(JADC2, Joint All-Domain Command & Control)는 육, 해, 공군 및 우주, 사이버 정보를 통합하고, 실시간으로 정보 공유와 지휘통제를 수행하는 차세대 지휘통제 체계이다. 이 체계를 구현하기 위해 클라우드 기술이 핵심기술로 선정되었으며, MS, 오라클, 아마존, 구글 등 IT기업들과 계약하여 대규모 상용 클라우드 구축을 추진하였다.

클라우드를 방어하기 위해 RMF(Risk Management Framework)⁵⁰⁾에 클라우드 방어에 대한 내용을 담고, 클라우드 컴퓨팅 보안 요구 가이드(CC SRG, Cloud Computing Security Requirement Guide)를 작성하는 등 클라우드 환경에 제로트러스트(Zero-trust)⁵¹⁾ 아키텍처 구축을 위한 다양한 노력

49) 육인클 프로젝트는 ‘한국형 JWCC(Joint Warfighting Cloud Capability)’를 구현하기 위해 추진됐다. 출처 : 아이티데일리(<http://www.itdaily.kr>)

50) RMF(Risk Management Framework)는 정보기술이 적용된 모든 국방체계의 수명주기 동안 보안위험을 관리하는 통합보안관리제도이다. 국내에는 '24년 7월 K-RMF가 도입되었으나 클라우드 및 가상화 환경에 대한 내용이 부족하여 추가 연구가 필요한 한계점이 있다.

을 기울였다.

사이버보안 역량은 아주 먼 미래가 아닌 현재에도 아주 중요하다. 북한은 근래에도 암호화폐 거래소 해킹을 통해 15억 달러 규모의 거액을 탈취하여 사이버전 역량을 과시하였으며 러시아-우크라이나 전쟁에서도 인프라 시설 마비, 관영매체 해킹 등 사이버전이 다양한 방향으로 나타나 사이버보안의 중요성이 대두 되고 있다.

사이버보안 역량을 발전하기 위한 방안에는 사이버 회복력⁵²⁾기술, 능동형 네트워크 방어 기술 등 기술적 접근 방법이 있으나 운용 인력의 전문기술성이 중요하다. 사이버 위협은 사이버 공간의 특성상 매우 빠른 속도로 광범위하게 영향을 미치는 특징이 있다. 과거에는 데이터 파괴로 인한 가장 큰 피해가 가상자원 손실이다.

최근에는 산업의 인프라 등 실제 세계의 운용 환경이 네트워크에 종속되며 이란의 핵 시설을 공격한 Stuxnet사건⁵³⁾과 같이 영향이 커지고 있다. 알려진 위협에는 여러 기술 기법으로 조치할 수 있겠지만, 알려지지 않은 취약한 점을 공격하는 제로데이(Zero-day)⁵⁴⁾ 위협의 경우에는 관리자의 숙련도가 사이버 위협에 의한 피해 규모가 좌우될 수 있어 시스템 관리자의 전문성 역량이 필요하다.

사이버 전문인력을 확보하기 위한 노력으로 미국에서는 COPE(Cyber Operations Preparedness and Education), UPTAIC(University Partnerships for Tactical AI and Cyber) 등 인재 양성을 위한 프로그램을 추진하였으며, 국내에서는 사이버 10만 인재 양성 발표에서 군 사이버 인력양성 방안을 발표하였다. 그러나 급변하는 사이버 위협에 대해 대응능력을 확보하는 노력으

51) 제로트러스트(Zero-trust)는 네트워크의 사용자와 장치를 기본적으로 신뢰하지 않은 상태로 간주하여 엄격한 인증 및 승인 절차를 통해 네트워크를 보호하는 보안 모델이다. 제로트러스트는 단일 기술(솔루션)이 아닌 정책적, 기술적 등 사이버보안을 위한 모든 방법을 의미한다.

52) 사이버 회복력(Cyber Resilience) 기술은 사이버 위협, 재해 등으로 네트워크가 침해되었을 때 시스템을 복구하는 기술로 사이버 위협의 차단, 대응보다 완화에 초점을 맞춘 사이버 보안 전략이다.

53) 스텍스넷(Stuxnet)은 2010년 6월에 발견된 워 바이러스이다.

54) 제로데이 공격은 개발자가 인지하지 못했거나 해결하지 못한 소프트웨어 취약점을 대상으로 하는 공격이다.

로 고전적 기반 사이버훈련은 부족하다.

첫째로 네트워크 생태계의 확장과 인공지능 기술의 출현으로 제로데이 위협의 보고 주기가 빨라지고 있는데 고전적 매뉴얼을 통한 학습으로는 한계가 있다.

둘째로 앞서 소개한 JADC2와 같이 네트워크가 다 영역에 연동되거나 실제 자산에 연동되는 등 복잡한 환경에서의 사이버보안은 일반적인 네트워크 환경에서의 사이버보안과 다르게 접근해야 할 필요가 있다.

마지막으로 인공지능(AI)을 공격하는 적대적 공격(Adversarial Attack)⁵⁵⁾과 같이 신기술에 대한 네트워크 공격 예시의 경우 네트워크 전문적 지식과 같이 인공지능과 같은 신기술에 대한 전문적 지식과 기술을 요구하기 때문에 사이버보안 역량을 확보하기에 어려움이 있다.

새로운 전문 인력의 교육, 기존 관리자 등의 전문역량 향상 교육, 급변하는 사이버 환경의 분석을 통해 사이버 기술훈련의 발전은 미래 무기체계를 준비하는 것에 필수적이다. 사이버보안 역량 확보를 위해 사이버훈련 기술의 개발 방향을 알아보고, 앞으로의 사이버훈련 개발을 제안하고자 한다.

JADC2, 네트워크 중심전(NCW, Network Centric Warfare) 등 많은 사례로부터 무기체계가 첨단화됨에 따라서 네트워크 기술은 미래전장에서 배제될 수 없는 현실이며 사이버전이 산업체계와 무기체계 등 현실 세계에 미치는 영향력이 빠르게 확산되고 있어 사이버보안 기술의 중요성이 계속해서 강조되고 있다.

미국은 FNA, JNE 등 종합적인 사이버훈련 모의 기술과 사이버전-물리전 평가지표의 개발로 사이버전이 현실 세계에 미치는 영향을 고려해 사이버훈련을 추진하고 있고, 인공지능(AI) 기술을 사이버보안에 이용함으로써 미상의 적의 사이버 위협에 대해서 항상 대응 하도록 즉각적인 능력을 갖추고 있다.

국내에서는 정부와 산학연 주도로 사이버보안 및 훈련 기술들이 다각도로 연구되고 있으나 네트워크, 인공지능 등 신개념의 사이버기술들이 도입된 핵심기술, 체계들의 출현에 비해 사이버보안 및 훈련 기술들은 미비하거나 부족한 수준이다. 이러한 사이버보안 기술 및 관심이 부족한 현실은 한국형

55) 적대적 공격의 종류에는 인공지능 체계에 오염된 데이터를 주입하여 인공지능이 잘못된 판단을 내리게 하는 등 인공지능의 오작동을 유도하거나 무력화하는 공격들이 있다.

JADC2인 KCCS(Korea Command and Control System) 적용을 앞둔 우리군의 상황에서 KCCS의 적기 도입이 제한될 수 있는 치명적 상황으로도 볼 수 있다. 따라서, KCCS를 포함하여 미래 무기체계를 준비하기 위해 사이버 보안 역량은 반드시 확보 되어야 하며 사이버보안 역량 확보를 위해 사이버 훈련 기술에 대한 지속적인 연구개발이 수행되어야 할 것이다.⁵⁶⁾ [표 5-1]은 이러한 통합체계 구축 방향을 요약한 것이다.

[표 5-2] 통합체계 구축 방향 요약

구축 방향	핵심 내용
유무인 복합체계 통합 구축	작전영역별(육지, 해상, 공중, 우주 및 사이버) 통합 아키텍처를 마련하고, 표준화된 데이터와 실시간으로 정보의 연동 체계를 수립함.
저궤도 위성(LEO) 통신망 확보	스타링크 사례처럼 전시에 통신이 유지되는 독자 위성망 구축으로 한국군의 통신 복원력과 작전 지속성을 확보함.
클라우드 기반 지휘통제체계 (K-JADC2/KCCS) 구축	클라우드 기술을 활용해 육·해·공·우주·사이버 정보를 통합하고, 실시간 지휘·결심 지원이 가능한 구조를 확립함.
클라우드 및 네트워크 보안 강화	K-RMF, CC-SRG, 제로트러스트(Zero-trust) 보안체계 도입으로 클라우드·가상화 환경의 보안 취약점을 보완함.
능동형 사이버 방어 및 회복력 확보	공격 차단 중심에서 복구 중심으로 전환, 침투 후 신속 복원 가능한 사이버 회복력(Cyber Resilience) 체계를 수립함.
AI 기반 사이버보안 및 자동화 적용	인공지능을 이용해서 이상 탐지와 위협 분석을 자동화하고, 적대적 공격(Adversarial Attack)에 대응 방어체계를 마련함.
사이버 전문인력 양성 및 실전형 훈련 강화	COPE·UPTAIC 등 해외 사례를 참고해 AI 및 네트워크 통합 훈련체계를 마련, 실시간 위협 대응 훈련을 강화.
연구개발 및 표준화 추진	신기술 적용에 맞춘 국방 사이버보안·훈련 기술 R&D를 확대하고, 표준 프로토콜과 운용 지침을 제정함.
군민 협력 거버넌스 구축	민간 기술을 활용하되 보안 책임체계를 명확히 하는 협력 모델을 확립해, 기술개발과 보안정책을 병행함.
단계적 도입 및 검증체계 마련	시범운용 → 확산 → 전력화로 단계별 검증체계를 통해서 위험을 낮추고, 효율적 자원 운용을 달성함.

56) 장욱. (2025). 『사이버훈련 기술의 개발동향 및 발전방향』. 국방과학기술정보 125호. 101.

제 6 장 실행 전략 및 고려사항

제 1 절 추진체계 및 거버넌스

현대전장의 복합다영역(Multi-Domain) 환경에서, JADC2(Joint All-Domain Command and Control)의 실질적 구현은 기술적 통합만으로는 달성될 수 없다. 본질적으로는 조직·제도·지휘통제(C2) 철학의 전환을 수반하는 거버넌스(framework) 재설계 작업이다. 미국 U.S. Department of Defense(DoD)의 JADC2 전략문서에서도 “지휘관이 모든 영역(all domains) 및 전자기 스펙트럼 전체에 걸쳐 통제할 수 있는 역량을 갖추기 위해 정책·권한·조직구조·운용절차를 수정해야 한다”라고 명시하고 있다.⁵⁷⁾

따라서 한국군이 유사한 전영역 지휘통제체계를 도입하고자 할 경우, 다음과 같은 추진체계 및 거버넌스 설계 원칙을 고려해야 한다.

첫째, 전담 거버넌스 조직을 상위에서 설정해야 한다. 즉, 국방부(합참 포함) 수준에서 JADC2 전담기구를 설치해 정책·기획·조정·감독 기능을 집중시키는 것이다. 미국의 경우, Chief Digital and Artificial Intelligence Office(CDAO)가 CJADC2(Combined JADC2) 관련 거버넌스·요구사항·자원 배분을 조정하는 역할을 맡고 있다.⁵⁸⁾ 이처럼 한국군도 통합적 지휘통제 전환을 위한 최고조직을 지정해야 한다. 이 조직은 각 군(육·해·공·우주·사이버) 및 연합·동맹 협력 측면까지 아우르는 ‘전군 통합 실행’ 책임을 갖는다.

둘째, 다층적(다계층) 실행조직을 설계해야 한다. 상위 지휘부(정책·전략) → 중간 기구(아키텍처·표준화·데이터 거버넌스) → 하위 실행단위(군별·부대별 현장 적용)로 구성하는 구조가 바람직하다. 이때 각 군별로 분리되어 온 기존 C2(지휘통제) 구조를 넘어, 정보·데이터·네트워크 자원을 공유하고 상호

57) U.S. Department of Defense, Summary of the Joint All-Domain Command and Control Strategy, March 2022.

58) https://www.ai.mil/Initiatives/CJADC2/?utm_source=chatgpt.com (검색일:2025. 11. 7)

운용성(interoperability)을 실질적으로 확보할 수 있도록 각 군·부대 간 협업 메커니즘이 필수적이다. 그러나 미국의 사례에서 보고된 바와 같이 이러한 협업이 원활하게 이뤄지지 못할 경우 각 군이 독립적으로 프로젝트를 추진하여 결국 JADC2 개념이 제대로 구현되지 못하는 위험이 존재한다.⁵⁹⁾ 따라서 한국군에서는 군별 이기주의 및 예산·권한 분쟁을 막기 위한 인센티브 체계가 마련되어야 한다.

셋째, 데이터 거버넌스와 보안 거버넌스를 병립해야 한다. JADC2는 센서부터 결심(decide)·행동(act)까지 실시간으로 데이터·정보가 흐르고 공유되는 체계이다. 따라서 데이터 표준, 메타데이터 스키마, 접근통제, 보안 아키텍처(Zero-Trust 등) 등이 필수적이다. 미국 DoD 자료는 JADC2 구현에서 가장 큰 난관 중 하나로 “데이터 거버넌스 체계 부재와 군별 데이터 공유 장애”를 꼽고 있다.⁶⁰⁾ 이에 따라 한국군 또한 데이터 표준화 위원회, 보안 및 생존성(resiliency) 위원회 등을 거버넌스 구조 안에 명시적으로 포함해야 한다. 예컨대 연합·동맹과의 정보공유(inter-operability) 요구를 반영하여 NATO/STANAG 수준의 상호운용성 규범을 검토하고 적용하는 것도 중요하다.

넷째, 단계적 거버넌스 전환 로드맵을 설계해야 한다. 미국 보고서에서는 JADC2 구현을 위해 ‘시범 → 확대 적용 → 전군 및 연합 수준 완전 적용’이라는 단계적 접근이 바람직하다고 제안하고 있다.⁶¹⁾ 따라서 한국군은 초기에는 특정 부대·작전영역에서 시범사업을 수행하고, 성과 검증 후 점진적으로 전력화 범위를 확대하며 마지막으로 연합·다국가 차원까지 확대하는 로드맵을 거쳐야 한다. 이러한 단계적 설계는 조직·제도 변화의 리스크를 최소화하는 동시에 실행 가능성을 높인다.

마지막으로, 거버넌스 설계 시 조직문화 변화와 교육훈련 측면을 간과해서

59) https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2025/4/8/defense-dept-still-lacks-unified-jadc2-framework-gao-finds?utm_source=chatgpt.com (검색일:2025. 11. 7)

60) https://www.boozallen.com/insights/jadc2/solving-the-hidden-challenges-of-jadc2.html?utm_source=chatgpt.com (검색일:2025. 11. 7)

61) Travis Sharp and Tyler Hacker, Big Centralization, Small Bets, and the Warfighting Implications of Middling Progress: Three Concerns about JADC2’s Trajectory, CSBA, April 2023.

는 안 된다. 지휘통제 패러다임이 ‘중앙집중형’에서 ‘분산형·네트워크형’으로 전환되므로, 지휘관·참모 및 현장부대 기능 역시 변화해야 한다. 예컨대 현장의 노드(node)가 자율적으로 판단하고 행동할 수 있는 권한을 가지는 구조로 이동할 필요가 있다. 미국 분석자료에서는 중간 지휘노드의 역할 축소가 JADC2 구현을 위한 키포인트라고 지적한다.⁶²⁾ 한국군도 이러한 조직문화 변화를 거버넌스 설계 초기부터 고려해야 한다.

종합하면, 추진체계 및 거버넌스는 단순히 조직 설계가 아니라 JADC2 구현을 위한 체계적·제도적 기반이다. 기술구축만으로는 한계가 있으며, 명확한 책임·권한·절차, 표준화된 데이터·보안 거버넌스, 단계적 로드맵, 조직문화 변화 관리가 함께 흐를 때 비로소 효과적인 전영역 지휘통제체계로 거듭날 수 있다.

제 2 절 예산 및 자원 확보 방안

“전략 → 조직 → 기술”의 구조에서 예산 및 자원 확보는 JADC2(Joint All-Domain Command and Control)의 실현 가능성 여부를 결정짓는 핵심 축이다. 미국 DoD는 2024 회계연도 예산 요청에서 JADC2 관련 이니셔티브에 약 14억 달러를 책정했다고 밝혔다.⁶³⁾ 또한 정부감사원(GAO) 보고서는 JADC2의 진전을 위해서는 투명하고 통합된 투자 프레임워크가 필요하다고 경고하고 있다.⁶⁴⁾ 이를 바탕으로 한국군이 유사한 전영역 지휘통제 체계를 구축할 경우 다음과 같은 예산 및 자원 확보 전략을 고려해야 한다.

첫째, 단계별 우선순위 기반 자원배분(Prioritized Phased Resourcing) 모델을 설계해야 한다. 초기 단계에서는 데이터 플랫폼·상호운용성 표준·시범부

62) <https://ndupress.ndu.edu/Media/News/News-Article-View/Article/3841502/mission-command-complete-implications-of-jadc2/> (검색일:2025. 11. 7)

63) https://defensescoop.com/2023/03/13/pentagon-requesting-more-than-3b-for-ai-jadc2/?utm_source=chatgpt.com (검색일:2025. 11. 7)

64) https://files.gao.gov/reports/GAO-25-106454/index.html?utm_source=chatgpt.com (검색일:2025. 11. 7)

대 인프라에 집중하며, 중기 단계에서는 클라우드·AI·센서네트워크 확장에 대응한다. 이후 최종 단계에서는 전군 전개·유지보수·교육훈련 등 운영자원(Operation & Sustainment)이 주요 대상이 돼야 한다. 이는 미국의 ‘시작은 단순하게(Starting Simple)’ 접근 전략에서 잘 드러나는 방식이다.⁶⁵⁾ 한국군도 이와 같은 단계적 예산전개를 통해 리스크를 관리하고 투자효율성을 높일 수 있다.

둘째, 공공-민간협력(Public-Private Partnerships, PPP) 및 민간 자원 사용을 적극적으로 도입해야 한다. JADC2 구축에는 AI, 클라우드, 빅데이터 분석 등 민간 기술이 중요한 역할을 한다. MITRE 보고서를 보면 “정부-산업 협력이 JADC2 사업에서 빠른 혁신을 가능하게 한다”고 제의하고 있다. 한국군은 방위 사업청, 산업체, 연구기관 간 민, 관의 협업 구조를 설계 및 민간의 기술을 국방용으로 전환하도록 전략을 채택해야 한다.

셋째, 다원적 재원조달(Multi-Source Financing)을 확보해야 한다. 단일 국방예산에만 의존할 경우 초기투자 및 운영비용에 대한 부담이 크고, 자원경쟁에서 우선순위가 밀릴 수 있다. 따라서 연구개발(R&D) 펀드, 산업협력 자금, 국제협력(동맹 및 다국가 사업) 등 다양한 경로의 자금조달을 병행해야 한다. 미국 사례에서도 적절한 투자 추적 및 통제체계가 부재할 경우 추진이 지연된다는 경고가 있다.⁶⁶⁾

넷째, 성과기반 예산관리(Performance-Based Budgeting) 방안을 정립해야 한다. 예를 들면 데이터 수집과 처리(지연)시간의 시험 통과비율, 상호운용성, AI 성능 등 KPI(핵심 성과지표)를 정립하고, 해당 지표의 달성 여부에 대하여 예산 후속 배분을 결정하는 방법이다. 이것은 예산 낭비를 낮추고 사업의 신뢰성을 높일 수 있다. 미국 정부 문서에서도 데이터-분석-행동(sense-make sense-act) 체계 전환을 위한 정확한 성과지표 설정이 강조되어 있다.

최종적으로 교육 및 인력, 기반자원 확보도 같이해야 한다. JADC2 체계는 간단하게 하드웨어나 네트워크만이 아니라, 이를 운용하고 사용할 수 있는

65) Jordan L. Fletcher and Eliahu (Eli) H. Niewood, STARTING SIMPLE WITH JADC2, MITRE Center for Data-Driven Policy, May 2023.

66) https://www.meritalk.com/articles/gao-pushes-dod-to-create-framework-for-cjadc2-investments/?utm_source=chatgpt.com (검색일:2025. 11. 7)

인적자원이 필수적이다. 그러므로 군 내부 인력 양성뿐 아니라 민간에서 분석가 및 AI전문가 유치 방안, 산학연계 교육 프로그램 등이 사전에 준비되어야 한다. 이는 장기적 유지와 업그레이드 비용을 절감하고, 인재 부족으로 인한 프로젝트 제한 또는 지연을 사전 예방하는 전략이다.

정리하면, 한국형 JADC2 실행을 위한 예산 및 자원 확보는 “단계적 자원 배분 + 민관협력 + 다원적 재원조달 + 성과기반관리 + 인력 및 기반 확보”의 복합적 전략이 필수이다. 이 전략이 마련되지 않을 경우 기술구축은 가능하더라도 체계화된 모든 영역에서 지휘통제의 전환은 제한될 수밖에 없다.

제 3 절 제약요인 및 해결방안

JADC2(Joint All-Domain Command and Control)는 이상적 지휘통제 패러다임이지만, 실행상에는 다수의 제약요인이 존재한다. 미국 감사기관(GAO)은 2025년 보고서에서 “DoD는 아직 투자 추적과 진전관리(framework)를 갖추지 못했다”고 지적하였다.⁶⁷⁾ 한국군 맥락에서도 이를 직접 적용할 경우 다음과 같은 제약요인과 해결방안을 논리적으로 정리할 수 있다.

첫째, 기술적 제약이다. JADC2는 센서·통신·네트워크·클라우드·AI 등을 통합해야 하며, 이는 기존 군·군별 독립체제로 구성된 인프라에 상당한 변혁을 요구한다. 예컨대 네트워크 전송지연(latency), 전장 운용환경에서의 생존성(resiliency), 플랫폼 간 상호운용성 부족 등이 대표적이다. 미국의 Government Technology Insider는 “JADC2에서 반드시 확보해야 할 네 가지 속성은 유연성(flexibility), 속도(speed), 데이터공유(data sharing), 분석(analytics)이다”라고 제시했다.⁶⁸⁾ 이를 극복하기 위해서는 All-IP 기반 전환,

67) https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2025/4/8/defense-dept-still-lacks-unified-jadc2-framework-gao-finds?utm_source=chatgpt.com (검색일:2025. 11. 7)

68) https://governmenttechnologyinsider.com/jadc2-4-attributes-the-department-of-defense-needs-to-achieve-the-promise-of-the-joint-all-domain-command-and-control/?utm_source=chatgpt.com (검색일:2025. 11. 7)

위성통신 고도화, 모바일·임시 중계 노드 확보, 개방형 아키텍처(open architecture) 채택 등이 필요하다.

둘째, 운용적 제약이다. 군별 고유운용관성(service stovepipes), 데이터 소유권(data ownership) 및 접근권(access) 분쟁, 지휘철학 변화에 대한 저항 등이 있다. 실제로 Booz Allen Hamilton 분석은 “군 내부의 문화·정책 장벽이 데이터 통합을 가로막고 있다”고 지적했다. 한국군도 마찬가지로 군별 C2 독립구조가 존재하므로, 이를 상호운용형 운영체제로 바꾸는 데 조직문화 변화와 권한재설계가 필수적이다. 해결책으로는 군별 참여 인센티브 설계, 데이터 거버넌스 규정 강화, 권한기반 데이터 접근체계 구축 등이 있다.

셋째, 법·제도적 제약이다. 정보공유를 위한 법률·규정 미비, 민간 인프라 이용 시 보안·생존성 위험, 연합·동맹과의 상호운용성(특히 동맹국 시스템과의 데이터 공유) 문제가 있다. 미국의 GAO는 CJADC2 구현을 위한 통합 투자 추적메커니즘이 부족하다는 지적이 제기하였다.⁶⁹⁾ 한국군은 정보통신망, 데이터 공유·보안 관련 법제도 정비와 민·군·동맹체계 연계 협의체 설립이 요구된다.

넷째, 대규모 초기 투자와 지속적 운용비용이 누적될 수 있으며, 기술의 발전에 따른 비용발생 위험이 존재한다. 즉, 재정적 제약이 될 것이다. 미국 보고서에는 JADC2가 간헐적으로 진행될 경우 비용효율성이 낮아질 수 있다는 분석을 내놓았다. 한국군 측면에서는 모듈화 설계(modular architecture)를 통해 업그레이드 비용을 낮추고, 성과지표 기반 예산관리 및 단계적 투자를 통해서 비용관리를 철저한 관리와 체계화할 필요가 있다.

정리하자면, JADC2의 제한요인들은 기술과 운용 및 법제도, 재정 등 다차원에 걸쳐 있고, 각 제한을 하나의 차원에서 해결보다는 통합적 접근이 필요하다. 그러므로, 기술개발과 함께 조직과 문화, 법률 및 예산이 함께 변화해야만 모든 영역에서 지휘통제 체계가 실질적으로 구축될 수 있다. 한국군이 이 방향으로 실행전략을 설계한다면, 단순한 기술구축을 넘어 미래전의 정보결심우위(decision advantage)를 확보하는 체계로 나아갈 수 있을 것이다.

69) https://www.meritalk.com/articles/gao-pushes-dod-to-create-framework-for-cjadc2-investments/?utm_source=chatgpt.com (검색일:2025. 11. 10)

제 7 장 결 론

제 1 절 연구 결과 종합

본 연구는 미군의 합동전영역지휘통제(JADC2: Joint All-Domain Command and Control) 개념을 연구하고, 이를 통해서 한국군의 기술수준과 작전환경에 효과적으로 적용하기 위해 한국형 정보통신 통합체계 구축 방안을 제시하는 것에 목적을 두었다. 연구 결과, JADC2는 간단한 네트워크 통합 개념을 넘어서 센서-결심-타격(Sensor-Decide-Strike) 체계를 실시간으로 연결되는 데이터 중심의 전장 환경의 운영체계이며, 지휘결심의 속도와 정확성을 결정하는 핵심 패러다임임이 확인되었다.

한국군의 현 체계는 각 군의 독립적으로 운영하는 지휘통제체계(C4I)가 병렬적으로 존재하며, 데이터 표준, 연동규격 및 클라우드 인프라가 통합되지 않아 모든 영역의 작전 이행에 구조적 한계를 지닌다. 그러므로, 본 연구는 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, All-IP 기반 네트워크 통합을 통해 군별 분리된 통신망을 하나의 전구 네트워크로 묶어야 한다. 둘째, AI 기반 지휘결심지원체계(AI-assisted C2)를 구축하여 전장 데이터의 자동분석과 실시간 의사결정을 지원해야 한다. 셋째, 클라우드 기반 데이터 통합관리를 통해 분산된 센서·무기체계의 데이터를 단일 플랫폼에서 공유하고, 넷째, 사이버 보안과 생존성 강화를 통해 지속 가능한 작전 환경을 보장해야 한다.

미국 국방부(DoD)가 2022년 공개한 Joint All-Domain Command and Control Strategy Summary에서도 동일하게 “데이터 중심(data-centric) 전환, AI 의사결정지원, 클라우드 기반 통합관리, 보안 강화”를 JADC2 구현의 4대 축으로 명시하였다 (media.defense.gov, 2022). 본 연구는 위와 같이 국제적 방향성을 같이 하며, 한국군이 단계적으로 통합형 C2 체계로 변화할 수 있는 이론적 근거 및 실행 로드맵을 제시했다는 점으로 학문적 의의가 있다.

대체로, 한국형 JADC2는 조직적으로 혁신(Innovation)과 기술적인 통합(Integration)이 동시 추진이 중요하며, 이를 통해서 전장에서의 정보우위(Information Superiority)와 결심속도우위(Decision Advantage)를 확보하는 것이 궁극적인 목표임을 본 연구에서 확인하였다.

제 2 절 정책적 제언

첫째, 국방부 직속의 통합지휘통제 혁신위원회(가칭 JADC2 추진단)를 설치하여, 정책, 기술 및 운용을 총괄 조정 통제하는 상위 거버넌스 체계를 구축해야 한다. 미국의 Chief Digital and AI Office(CDAO)가 CJADC2를 통합 조정하는 것처럼, 한국군도 국방부와 합참 및 방위사업청, ADD, 각 군이 공동으로 참여해 통합 기구를 제도화할 필요가 있다.

둘째, 데이터 의사결정 중심체계로 국방 정보운영 철학을 변화해야 한다. 전통적인 보고에서 명령 중심 체계에서 벗어나서 데이터가 의사결정의 중심이 되는 구조를 확립해야 한다. 이 사항을 위해서는 메타데이터 관리체계, 보안 분류체계의 통합, 데이터 표준화가 중요하며, NATO STANAG 4586 (무인체계 인터페이스 표준)과 같은 국제 표준을 준용해서 상호운용성을 확보할 필요가 있다.

셋째, 민간 과 군 협력 기반의 기술 생태계 조성이 필요하다. JADC2 구현에 필수적인 인공지능, 클라우드, 엣지컴퓨팅, 사이버보안 기술은 민간 산업이 주도적으로 발전시키고 있으므로, 방위사업청과 국내 ICT 기업 간 협력모델을 제도화해야 한다. 예를 들어 AWS, Azure Government, KT Cloud Defense와 같은 국방 전용 클라우드 협력 리전 설계, 또는 LIG Nex1·한화시스템·카이스트 등과의 공동 연구거버넌스가 그 사례가 될 수 있다.

넷째, 단계적 전개 전략과 성과평가 체계를 제도화해야 한다. ① 시범사업(Proof of Concept) → ② 핵심부대 확장 → ③ 전군 및 연합 적용의 3단계 모델을 채택하고, 단계별로 KPI(데이터 공유율·지연시간·AI 정확도·사이버침투

복원속도 등)를 설정해야 한다. GAO (2025)는 미 국방부 JADC2 추진의 가장 큰 문제점으로 “투자추적 및 성과측정 프레임워크 부재”를 지적했다 (gao.gov, GAO-25-106454). 한국군은 이를 교훈삼아 객관적 성과지표를 조기 도입해야 한다.

다섯째, 조직문화 및 인재개발 혁신이 병행되어야 한다. JADC2는 기술보다 사람의 인식·결심방식 변화가 더 중요하다. 미 육군의 Project Convergence 2024 보고서에서도 “JADC2의 핵심은 인간-기계 협동 (Human-Machine Team Decision-Making)”임을 강조했다. (army.mil, 2024). 따라서 분석가, 참모, 지휘관을 대상이 되므로 AI 윤리, 데이터 기반 의사결정, 사이버 생존성 교육을 정례화 한다. 국방사이버사령부와 국방대학교 및 모든 사이버 교육과정에 위 사항을 포함해야 한다.

위 사례의 정책제언들은 단편적 과제가 아닌 상호 연계된 통합 로드맵으로 실행되어야 하며, 이를 통해서 한국군은 “정보통신체계 3.0”으로 진화할 수 있을 것이다.

제 3 절 연구의 한계와 향후 연구 방향

본 연구는 문헌연구를 기반으로 한국군에 적용 가능한 JADC2 모델을 탐색하였지만, 실증적 검증(Empirical Validation)과 시스템 통합 시뮬레이션 (System-of-Systems Simulation) 단계까지는 도달하지 못한 한계가 있다. 즉, 제안된 체계가 실제 작전환경(예: 산악·도심·전자전 상황)에서 얼마나 효과적으로 작동하는지를 실험적으로 분석하지 못하였다.

또한 본 연구는 미군·NATO 자료를 중심으로 분석하였기에, 한미연합 및 동맹 C2체계 간 상호운용성 이슈나 국내 방산 R&D 생태계의 현실적 제약은 제한적으로만 다루었다. 향후 연구에서는 다음 세 가지 방향이 필요하다.

첫째, AI 탐지정확도, 클라우드 연동형 C2 시스템의 지연시간(latency), 데이터 처리속도 등 주요 변수에 대한 계량적 검증이 필요하다. 즉, 모의실험

(Simulation) 및 실증연구 기반의 성능평가이다.

둘째, JADC2는 연합작전 환경에서 가치가 극대화되므로, 미국의 CJADC2, 영국의 Multi-Domain Integration(MDI), 일본의 C4ISR modernization 전략과의 연동 가능성을 분석해야 한다. 즉, 국가 간 상호운용성 연구이다.

셋째, 법과 제도적 연구 확대이다. 데이터 거버넌스, 사이버보안 규제, AI 윤리, 민관 협력 계약 모델 등 제도적 기반이 실제로 구축될 수 있는 법학과 정책학적 연구가 병립되어야 한다.

또한 JADC2 구축에는 기술과 비용 문제가 있으므로, 향후에는 수명주기 비용평가(LCC) 모델 연구와 비용효과성 분석(Cost-Effectiveness Analysis)를 통해 재정적 지속가능성을 검증해야 한다.

결국 본 연구는 “한국형 JADC2 정보통신 통합체계 구축의 필요성과 기초 방향”을 제시한 탐색적 연구로서의 의미를 가진다. 향후 후속연구들이 실증자료·정책평가 모형·기술시범사업을 결합한다면, 본 연구의 제안은 현실적인 국방 디지털 지휘통제체계 혁신 정책 기반으로 확장될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 1) 곽동훈. (2025). 국방SW 국내·외 개발동향 및 발전방안. 『진주 : 국방기술진흥연구소』, 61-69.
- 2) 국방기술진흥연구소. (2023). 『국방전략기술 수준조사』
- 3) 국방기술진흥연구소. (2024). 『2024 국가별 국방과학기술 조사서』
- 4) 국방기술진흥연구소. (2025). 『'25~'39 국방기술기획서(일반본)』
- 5) 김동일. (2025). 한국형 JADC2(KCCS)의 상호 운용성 발전방향. 『한국방위산업진흥회 : 국방과 기술(559)』, 136-145.
- 6) 김중희, 최영찬. (2023). 한국군 합동전영역지휘통제(JADC2) 전략: 美 JADC2 전략 분석을 중심으로. 한국군사학논집, 79(3)
- 7) 박태웅, 한현진. (2020). 한국군 기반통신망 분석 및 발전 방향 : 지상군 중심으로. 『국가안보와 전략』, 20(2), 131-170.
- 8) 박휘락. (2005). 네트워크 중심전의 이론과 추진 현황. 『국방정책연구』, 21(3), 155-182.
- 9) 설인효. (2024). 미래전과 데이터 기반 지능형 통합체계 구축: 미 합동전영역지휘통제(JADC2) 사례 분석을 중심으로. 전략연구, 31(3), 7-34.
<https://doi.org/10.46226/jss.2024.11.31.3.7>
- 10) 신동찬, 이희범, 두석주, 김도현, 김중희, 김숙영, 노숙정. (2013). 『미래정보전 Future Information&Electronic Warfare』. 황금소나무.
- 11) 육군본부. (2016). 『야전교범 운용-1-1 지휘통신』. 1-5.
- 12) 윤웅직, 심승배 (2022). 미군의 합동전영역지휘통제(JADC2) 전략의 주요 내용과 시사점. 『서울 : 한국국방연구원(KIDA)』, 1-12.
- 13) 윤웅직, 심승배. (2022). 미군의 합동전영역지휘통제(JADC2) 전략의 주요 내용과 시사점. 한국국방연구원(KIDA) 국방현안분석, 93호
- 14) 장욱. (2025). 사이버훈련 기술의 개발동향 및 발전방향. 『진주 : 국방기술진흥연구소』, 91-101.

- 15) 조오현, 박상준, 김용철, 변조신, 이원우. (2019). 다계층 공중전술네트워크 운용 개념과 기술적 고려 사항. 『서울 : 한국통신학회』, 708-709.
- 16) 최준형, 강동수 (2019). Feature Selection 기법을 이용한 해군 지휘통제 체계 장애 분석. 『2019 스마트 네이비 컨퍼런스 학술대회 논문집』, 1-4.

2. 국외문헌

- 1) Center for Strategic and International Studies. (2023). Pathways to Implementing Comprehensive and Collaborative JADC2. Washington, D.C. <https://www.csis.org/analysis/pathways-implementing-comprehensive-and-collaborative-jadc2>
- 2) Department of Defense. (2022). Summary of the Joint All-Domain Command and Control Strategy. Washington, D.C. <https://media.defense.gov/2022/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.pdf>
- 3) Department of Defense. (2023). Hicks Announces Delivery of Initial CJADC2 Capability. Defense.gov. <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3683482/hicks-announces-delivery-of-initial-cjadc2-capability/>
- 4) U.S. Government Accountability Office. (2024). Defense Command and Control: Further Progress Hinges on Overcoming Implementation Challenges (GAO-25-106454). Washington, D.C. <https://www.gao.gov/assets/gao-25-106454.pdf>
- 5) Watson, D., & Hitchens, P. (2022). Making Joint All-Domain Command and Control a Reality. War on the Rocks. <https://warontherocks.com/2022/12/making-joint-all-demand-command-and-control-a-reality/>

3. 웹사이트

- 1) https://www.koreatimes.co.kr/southkorea/defense/20250522/eye-in-the-sky-inside-korea-air-forces-radar-nerve-center?utm_source=chatgpt.com
- 2) <https://www.defensenews.com/outlook/2021/12/06/us-military-tech-leads-achieving-all-domain-decision-advantage-through-jadc2/>
- 3) <https://www.hanwhasystems.com/kr/business/defense/c5i/control04.do>
- 4) <https://www.hanwhasystems.com/kr/business/defense/c5i/communication03.do>
- 5) <https://cityofplay.substack.com/p/seele-101-2>
- 6) <https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NODE12352469&width=1920>
- 7) https://www.ai.mil/Initiatives/CJADC2/?utm_source=chatgpt.com
- 8) https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2025/4/8/defense-dept-still-lacks-unified-cjadc2-framework-gao-finds?utm_source=chatgpt.com
- 9) https://www.boozallen.com/insights/jadc2/solving-the-hidden-challenges-of-jadc2.html?utm_source=chatgpt.com
- 10) <https://ndupress.ndu.edu/Media/News/News-Article-View/Article/3841502/mission-command-complete-implications-of-jadc2/>
- 11) https://defensescoop.com/2023/03/13/pentagon-requesting-more-than-3b-for-ai-jadc2/?utm_source=chatgpt.com
- 12) https://files.gao.gov/reports/GAO-25-106454/index.html?utm_source=chatgpt.com
- 13) https://www.meritalk.com/articles/gao-pushes-dod-to-create-framework-for-cjadc2-investments/?utm_source=chatgpt.com
- 14) https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2025/4/8/defense-dept-still-lacks-unified-cjadc2-framework-gao-finds?utm_source=chatgpt.com

- 15) https://governmenttechnologyinsider.com/jadc2-4-attributes-the-department-of-defense-needs-to-achieve-the-promise-of-the-joint-all-domain-command-and-control/?utm_source=chatgpt.com
- 16) https://www.meritalk.com/articles/gao-pushes-dod-to-create-framework-for-cjadc2-investments/?utm_source=chatgpt.com

ABSTRACT

A Study on the Development of Information and
Communication Systems in the Republic of Korea
Armed Forces for Future Warfare
Focusing on the Application of JADC2 Concept

Jeong, Geonyeong

Major in Defence Project Management

Dept. of Defence Force Power

Graduate School of National Defence Science

Hansung University

This study proposes an adaptation framework for implementing the U.S. Joint All-Domain Command and Control (JADC2) concept within the Korean military's operational environment. The Russia-Ukraine war has demonstrated that real-time information integration and rapid decision superiority are critical in modern combat. However, Korea's service-separated C4I systems present structural limitations for network-centric warfare execution.

Through literature review and comparative analysis, this research examines JADC2's core components—multi-domain sensor integration, AI-enabled decision support, cloud data fusion, and cyber-electronic warfare resilience—while analyzing limitations of Korea's TICN, M-BcN, and ATCIS systems. Four primary implementation barriers are identified:

①communication shadows from mountainous terrain, ②vulnerable node-centric topology, ③commercial network dependence, and ④lack of cross-service data interoperability.

The study proposes four strategic directions for Korean JADC2 (K-JADC2): establish All-IP-based integrated network architecture for seamless cross-domain communication; introduce AI-driven command-decision systems for real-time battlefield data analysis; construct cloud-based data architecture enabling service-specific data integration; and enhance survivability through Zero-Trust security and cyber resilience technologies.

For implementation, unified governance involving MND, JCS, DAPA, and private sector is recommended, with a phased roadmap (pilot→expansion→full deployment) incorporating clear performance indicators—data sharing rates, latency, and AI accuracy.

This research conceptualizes JADC2 as a paradigm shift from "information-centric" to "data-centric" command systems, providing actionable directions for achieving Defense Innovation 4.0's intelligent operational capability objectives.

【Keywords】 : K-JADC2, Joint All-Domain Command and Control, All-IP Network, AI-enabled Command Decision, Cloud Architecture, Cyber Resilience