



Received: 2026/08/03
Revised: 2026/08/16
Accepted: 2026/08/31
Published: 2026/09/30

***Corresponding Author:**

Ki-Roo Shin

264-60, Sanho-daero, Gumi-si, Gyeongsangbuk-do,
39370, Republic of Korea

Tel: +82-54-460-8864

E-mail: skr0905@hanwha.com

무기체계 운용 도메인 특성을 고려한 국방 군수 데이터 클라우드 아키텍처 설계 방안

Abstract

본 논문은 파편화 및 사일로화된 군수 데이터를 구조화하기 위해 클라우드 컴퓨팅 기술 도입이 필요함을 제언하고, 데이터의 기밀성을 충족하면서 클라우드를 사용하는 방법에 대해 제안하였다. 또한, 각 운용 도메인별 군수 데이터의 특성을 분석하고, 이에 부합하는 데이터 통합 아키텍처를 제시하였다. 제안한 연구 결과는 추후 군수 분야에 특화된 거대언어모델 및 온톨로지 개발을 위한 기저로 활용될 수 있을 것이다.

This paper recommends adopting cloud computing technologies to organize fragmented and siloed defense logistics data and proposes methods for using cloud environments while maintaining data confidentiality. It also analyzes the characteristics of defense logistics data across operational domains and presents a data integration architecture tailored to those characteristics. The findings can provide a foundation for the future development of large language models and ontologies specialized for defense logistics.

Keywords

아키텍처(Architecture)

인공지능(Artificial Intelligence)

주권형 클라우드(Sovereign Cloud)

통합체계지원(Integrated Product Support)

운용 도메인(Operational Domain)

Cloud Architecture Design for Defense Logistics Data Based on the Operational Domain Characteristics of Weapon Systems

신기루^{1*}, 한성진²

¹한화시스템 IPS팀 선임연구원

²한화시스템 IPS팀 전문연구원

Ki-Roo Shin^{1*}, Sung-Jin Han²

¹Research engineer, Hanwha Systems IPS Team

²Principal engineer, Hanwha Systems IPS Team

1. 서론

현대 사회는 클라우드 컴퓨팅 기술(이하 클라우드)과 인공지능(artificial intelligence)을 중심으로 한 지능화 시대로 진입하였으며, 국방 군수 분야 역시 ‘국방혁신 4.0’ 기조 아래 첨단화를 추진하고 있다. 일례로 육군 군수사령부는 미 육군 군수데이터분석센터를 벤치마킹하여 ‘AI 군수빅데이터 융합센터’ 구축을 추진하고 있고, 국방부는 성과기반군수지원(PBL) 사업에 민간기업의 인공지능, 빅데이터 기반 MRO(maintenance repair operation) 플랫폼을 적용하여 체계 가동률을 97%까지 상향하는 성과를 거두었다[1]. 또한 센서 데이터를 활용한 상태기반정비(CBM+) 및 빅데이터 기반 수리부속 수요예측 사업을 주도하는 등([2], pp. 2430-2431) 군수 분야의 지능형 생태계가 점차 성숙하고 있다.

그러나 현재의 지능형 생태계는 군수 데이터의 본질적 의미와 맥락을 이해하고 활용하는 데 한계가 있다. 군수 분야에는 무기체계의 운용 및 정비와 관련된 방대한 비정형 데이터가 축적되어 있으나, 범용 알고리즘만으로는 데이터의 구조적 균질성과 이질성을 정확히 식별하기 어렵기 때문이다. 이와 같은 문제를 해결하고 성공적인 인공지능 도입을 위해 군수 데이터의 의미를 이해하는 군

수 특화 거대언어모델(LLM) 및 온톨로지(ontology) 구축이 차기 핵심 기술로 논의되고 있다. 이를 성공적으로 구축하기 위해서는 클라우드 인프라를 기반으로 군수 데이터가 일련의 기준에 따라 체계적으로 구조화되어야 한다. 이에 본 논문은 대내외적인 제약 속에서 클라우드 도입 방안을 제시하고, 운용 도메인별 특성을 반영한 맞춤형 아키텍처를 제안하여 군수 특화 거대언어모델 및 온톨로지 구축을 위한 핵심적인 데이터 기저를 제공하고자 한다.

2. 클라우드 환경의 정의와 분류

클라우드란 가상화 기술을 통해 서버, 네트워크 등의 컴퓨팅 자원을 통합하여 대규모 데이터를 저장하고, 처리하는 아키텍처를 의미한다. 이는 데이터를 통합하고 구조화하기 용이하여 방대한 데이터를 다루는 인공지능을 활용하기 위해선 도입이 필수적이다. 클라우드는 네트워크의 연결 방식, 데이터의 저장 위치에 따라 크게 공공 클라우드(public cloud)와 구축형 클라우드(private cloud)로 구분된다.

공공 클라우드는 개방형 인터넷망을 통해 클라우드 서비스 제공자(CSP)가 구축한 GPU 기반의 대규모 컴퓨팅 자원에 접속하여 다수의 사용자와 임대형식으로 인프라를 공유하는 방식이다. 최근 국방부는 민간 기업의 클라우드 인프라 및 최신 기술 공유를 통해 국방 AX(AI transformation)를 본격화[3]하는 등 공공 클라우드에서 국방 데이터를 처리하기 위한 시도들이 이루어지고 있다. 이와 같은 환경은 천문학적 비용이 발생하는 인프라의 직접적인 구축 없이 하드웨어적 확장성과 최신 AI 서비스를 사용 가능하다는 장점이 있다. 반면, 데이터가 인터넷망을 경유하고, 다수의 사용자가 접속하는 외부 서버에 저장되므로, 고도의 보안이 요구되는 환경에서는 데이터 유출 및 사이버 위협에 대한 취약점이 내재되어 있다.

구축형 클라우드는 인프라를 독립적으로 구축해야 하는 비용적인 단점이 있지만, 외부 인터넷망과 물리적, 논리적으로 완전히 단절된 내부 전산망(on-premise)에 지정된 사용자에게 한하여 접속이 가능하여 강력한 보안 통제가 가능하다는 장점이 있다. 최근 국방부의 자체적인 AI 데이터센터 구축뿐만 아니라 민간 기업의 국방 AI 데이터센터 구축을 위한 투자를 감행하는 등[4] 민·군은 보안이 확보된 환경 속

에서 국방 데이터를 처리하기 위한 구축형 클라우드 확보 의지를 굳히고 있다.

3. 제안하는 군수 데이터 클라우드 도입 방안

현재 군수 데이터를 구조화하기 위한 구축형 클라우드는 도입 단계에 있어 활용이 제한된다. 이에 따라 구축형 클라우드가 도입되기 전까지 선제적으로 공공 클라우드를 임대하여 컴퓨팅 자원을 차용해야 하나, 현실적인 제약이 존재한다.

먼저, 현행하는 물리적 망분리 지침 하에서 공공 클라우드 인프라를 군 내부 인트라넷이나 방산업체의 폐쇄망과 직접적으로 연동하는 것은 불가능하다. 이에 따라 현재의 데이터는 레거시(legacy) 서버 환경에 격리되어 정보 공유가 단절되는 사일로(silo) 현상이 지속되고 있다. 즉, 고품질의 대규모 데이터를 보유하고 있음에도 혁신적인 데이터 통합 효율과 창의성을 충분히 발휘하지 못하고 있는 실정이다.

또한, 데이터의 보안이라는 제약 사항이 존재한다. 국방 데이터는 안보와 직결되므로 고도의 기밀성이 요구되는데, 이를 해결하기 위한 많은 연구와 지침 개정이 이루어지고 있다. 미국에서는 FedRAMP(Federal Risk and Assessment Management Program)라는 클라우드 평가·인증 프로그램을 도입하여 운영 중에 있고([5], p. 1417), 대한민국은 국가 차원의 ‘국가 클라우드 컴퓨팅 보안 가이드라인’을 제·개정하며 클라우드 사용 간 보안기준을 제시하고 있다([6], p. 593). 하지만, 해당 내용에서 군수 데이터에 대한 명확한 보안 규정이나 클라우드 활용 지침은 확인하기 어렵다.

결과적으로 군수 데이터에 대한 클라우드 활용 지침 제·개정이 지연됨에 따라 지능형 군수공학으로의 패러다임 전환이 지연되고 있으므로, 군수 지능화를 위해 가장 먼저 해결해야 할 선결 과제라 할 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 클라우드의 효율성을 확보하면서 군수 데이터의 기밀성을 동시에 충족하기 위해 데이터 등급화를 포함한 세 가지 방안을 제안한다.

3.1 데이터 등급화에 따른 하이브리드 클라우드 도입

군수 분야에서 발생하는 모든 데이터가 최고 수준의 기밀을 요구하는 것은 아니다. 상용 장비의 데이터시트(datasheet)를 통해 도출된 평균고장시간(MTBF),

장비의 도해가 생략되어 실물 없이는 역공학이 불가능한 텍스트 위주의 정비 절차나 이에 소요되는 공구 목록 등은 외부에 공개되더라도 보안 리스크가 극히 낮다. 현재 우리나라는 시스템 중요도가 낮은 데이터는 공공 클라우드 사용을 허용하고 있기 때문에([6], p. 594) 이러한 데이터는 방위사업청의 국방규격 공개 시스템에 등재되어 있는 국가재고번호(NSN)나 종합 군수지원 실무지침서와 같이 비민감 데이터로 분류하여 온라인 기반의 공공 클라우드에 저장할 수 있다.

반면, 전력 및 통신 설계 흐름도나 핵심 도면, 장비 구성도 및 운용 방법 등의 데이터는 유출 시 치명적일 수 있어 민감 데이터로 분류하고 철저한 보안 관리가 필요하다. 이와 같은 데이터는 외부와 단절된 구축형 클라우드에 적재하여 처리가 필요하다. 즉, 군수 데이터를 외부 공개 가능 여부에 따라 등급화하여 비민감 데이터는 공공 클라우드를 임대해서 인프라 구축 비용을 절감하고, 민감 데이터는 소규모 구축형 클라우드에 적재하는 하이브리드 클라우드 운영 방법을 채택하면 데이터의 기밀성을 준용하면서 보다 수월한 데이터 처리가 가능하다.

3.2 특수 보안 계약 및 국방 전용 주권형 클라우드 활용

공공 클라우드 사용이 제한되는 실질적인 이유는 사이버 공격에 대한 노출 때문이다. 클라우드의 활발한 도입에 따라 인프라를 공유하는 타 고객의 계정(tenant)을 이용한 측면 이동(lateral movement) 공격을 통해 계정 탈취, 데이터 유출, 자원 도용 등의 보안 사고 발생 빈도가 급격히 증가했다([7], pp. 1159-1160). 따라서 공공 클라우드 인프라의 연산 능력을 활용하되, 국방 데이터 보안을 고도의 수준으로 통제하기 위해선 주권형 클라우드(sovvereign cloud)의 적용이 필요하다. 이는 단순히 클라우드 자원을 임대하는 것을 넘어, 철저한 특수 보안 계약을 통해 일반 사용자와 물리적, 논리적으로 완전히 격리된 전용 데이터 구역을 임대하는 방식이다. 서버를 포함한 하드웨어 관리는 클라우드 사업자가 전담하지만, 데이터에 접근할 수 있는 권한과 실질적인 데이터 통제권은 국방부나 방산업체가 독점하는 형태이다. 이를 활용한다면 공공 클라우드의 컴퓨팅 자원을 충분히 활용하면서 망분리 규제에 준하는 기준을 충족하고, 데이터 보안 문제까지 해결 가능하다.

3.3 기밀 컴퓨팅 기반 데이터 보호 기술 접목

주권형 클라우드의 네트워크 인프라 분리를 넘어, 하드웨어 수준에서 데이터를 원천적으로 보호하는 ‘기밀 컴퓨팅’ 기술 또한 추가적인 대안이다. 기존의 보안은 데이터가 서버에 저장되거나 전송될 때 주로 암호화가 이루어졌다면, 기밀 컴퓨팅은 서버의 중앙 처리장치(CPU)가 데이터를 처리하는 그 순간부터 암호화 상태를 유지하는 최신 보안 기술이다([8], pp. 10-11).

이 기술을 활용하면 공공 클라우드에 민감한 군수 데이터를 저장하더라도 외부 해커는 물론 클라우드 관리자조차 그 내용을 확인할 수 없게 접근이 차단된다. 즉, 데이터 처리 단계부터 암호화를 통해 클라우드 해킹이나 측면 이동 공격 시에도 복호화가 불가능하여 데이터의 기밀성을 고도의 수준으로 보장하여 군수 데이터의 클라우드 진입 장벽을 획기적으로 낮출 수 있는 강력한 기술적 보완책이 될 수 있다.

4. 제안하는 도메인 맞춤형 아키텍처

국방 군수 분야에는 무기체계 개발 단계부터 축적된 방대한 통합체계지원(IPS) 개발 자료, 고도화된 기술교범(탐재 장비에 대한 기능적 설명과 운용 방법 및 정비 절차 등)등의 데이터와 무기체계를 운용하고 정비하는 현장에서 수집되는 각종 고장, 정비 실적 등 방대한 데이터가 축적되어 있다. 이러한 데이터를 통합하여 유사성과 차이성을 비교, 분석하고 인공지능 활용에 용이한 형태로 구조화하는 것은 사람의 힘으로 불가능하기 때문에 반드시 클라우드 도입이 필요하다.

다만, 앞서 기술한 국방 전용 주권형 클라우드 방식 또는 기밀 컴퓨팅 기술을 바탕으로 공공 클라우드의 인프라를 활용하여도, 군수 데이터는 무기체계별로 파편화되어 있어 단순히 통합하고 구조화하는 것이 제한된다. 이는 의미론적 혼선을 야기하여 인공지능 모델이 비정형 데이터를 숫자로 변환해 유사한 의미를 해석하는 벡터 임베딩(vector embedding)이 어렵고, 과소적합이나 환각(hallucination) 현상 등의 오류 발생 확률이 높다. 이에 따라 의미론적 혼선을 사전에 방지하고, 오류를 억제하기 위한 데이터 통합 기준 수립이 필요하다.

Table 1. Comparison by operational domain

Model	Ground Domain	Naval Domain	Air Domain	Radar Domain
Data Quantity	Very Large	Large	Large	Relatively Small
Data Similarity Within Domain	Low	High	Relatively Low	High
Data Similarity Within Weapon System	High	High	High	High
Maintenance During Operation	Limitedly Possible	Possible	Impossible	Impossible
Supply Spare Parts During Operation	Possible	Impossible	Impossible	Limitedly Possible
Load Spare Parts	Limitedly Possible	Possible	Impossible	Limitedly Possible
Architecture Type	Seperated by Weapon Systems	Domain Integration	Seperated by Wing/Maintenance Type	AESA Limited

이를 위해 본 연구에서는 운용 도메인(**operational domain**)에 따른 맞춤형 아키텍처를 제안한다. 먼저, 국군의 편성에 따라 운용 도메인을 ‘육상, 항공, 해양’으로 구분하고, 데이터 유사성이 높은 ‘레이더’ 도메인을 별도 분류하였다. 이후 Table 1과 같이 각 도메인에 따라 데이터의 수량, 유사성 등 특성을 개략적으로 분석하고, 이에 따른 데이터 통합 아키텍처의 형태를 구분형과 통합형으로 구분하였다. 구분형 아키텍처는 운용 도메인 전체를 일괄적으로 통합하는 대신, 도메인 내에서 유사성이 높은 특정 무기체계군만 선별하고, 독립적인 데이터 영역을 부여하여 의미론적 혼선을 방지하는 아키텍처이다. 이와 대조적으로 통합형 아키텍처는 도메인 단위에서 하드웨어의 균질성과 유사한 운용 기저가 보장될 때 데이터를 유기적으로 병합하는 구조이다. 각 운용 도메인별 세부적인 군수 데이터의 특징과 아키텍처 구성 방안은 다음과 같다.

4.1 육상 도메인: 이기종 데이터 파편화 극복을 위한 무기체계별 구분형 아키텍처 구성 필요

육상 도메인은 타 도메인 대비 전력화 역사가 가장 길고, 블록(**block**) 형태의 진화적 획득 방식을 도입하여 기술 발전에 따라 지속적으로 성능을 개선하거나 신규 무기체계 도입이 이루어졌다. 이로 인해 과거로부터 축적된 무기체계 제원 분석 자료, 기술교범 등 방대한 비정형 텍스트 데이터를 보유하고 있다. 또한, 육로를 통해 수리부속 공급 및 정비 지원이 가능하다는 차별성을 갖는다. 또한, 일부 무기체계는 임

무 수행 중 구성 장비의 고장이 발생하더라도 대체 장비의 즉각적인 교환을 통해 휴지시간(**down-time**) 없이 임무 수행이 가능하다. 이러한 운용적 특성에 따라 부대, 야전에서 수행한 결함 조치 이력뿐만 아니라 창정비 및 후속 기술지원 이력 등 고품질의 정비 관련 데이터 확보가 용이하여 인공지능 기반의 군수공학 기술 접목을 위한 클라우드 도입이 절실한 실정이다.

하지만 Table 2와 같이 육상 도메인의 무기체계는 기동, 화력, 방공, 유도무기, 통신 등으로 세분화되어 있다. 예를 들어 기동 무기체계인 K2 전차와 K9 자주포는 유사한 동작 메커니즘을 기반으로 하여 공통적 데이터를 찾을 수 있겠으나, 이를 TICN 등의 통신체계와 비교할 경우 공통분모가 극히 적다. 이와 같이 유사성을 찾기 어려운 데이터는 통합이 제한됨에 따라 도메인 단위 대규모 아키텍처로 구성하기 어려우며, 구성하더라도 인공지능 기술 접목 간 오류 발생 가능성이 높다.

Table 2. Ground domain weapon systems

Category	Sub-systems
Maneuver Systems	MBT, AFV/APC, Tactical Vehicle
Firepower Systems	SPH, MLRS, Towered Artillery
Air Defense Systems	Hybrid Air Defense, SRSAM
Guided Wepons	M-SAM, ATGM, SSM
C4I & Comm Systems	TICN, ATCIS, Military SATCOM, TMMR

그러나 여기서 주목해야 할 육상 도메인만의 고유한 특성은 특정 무기체계에서 발생하는 데이터의 절대적 총량과 전력화 수량이 타 도메인과 비교할 수 없을 정도로 방대하다는 점이다. 예를 들어 ‘K-계열 기동체계’나 ‘TICN 전술통신체계’의 경우 단일 카테고리 분류해도 전 군에 납품된 장비의 수량과 운용 부대의 모수가 거대하고, 관련한 야전, 창 정비 이력 스케일 역시 상당하여 독자적인 데이터 레이크를 형성하기에 충분한 규모를 갖는다.

결론적으로 육상 도메인은 무기체계 전반의 데이터를 통합하기보다 ‘K-계열 기동체계 아키텍처’, ‘TICN 전술통신체계 아키텍처’와 같이 독립된 무기체계 경계를 유지하되, 유사 무기체계의 데이터를 깊게 연결하는 구분형 아키텍처를 구성하여 무기체계 간 데이터 노이즈를 차단하고, 각 무기체계별 방대한 군수 데이터의 문맥적 정합성을 보존하는 것이 합당하다.

4.2 해양 도메인: 함정별 운용적 균질성에 따른 통합형 아키텍처 구성 필요

해양 도메인의 무기체계는 육상 도메인만큼 기종별 전력화 역사가 길거나 운용 수량이 방대하진 않으나, 무기체계를 운용하는 기본적인 개념이 유사하다는 특징이 있다. 구축함(DDG), 호위함(FFG), 잠수함(SS) 등 해양 도메인의 무기체계 플랫폼은 배수량과 작전 환경은 서로 상이하지만, 전투관리체계(CMS)라는 표준화된 운용 방식을 따른다. 즉, 통합형 함정 네트워크를 기반으로 다기능콘솔, 연동단, 처리장치 및 각종 센서 등이 유기적으로 연동한다는 균질성을 가지는데([9], p. 148), 이는 이종 함정 간 데이터를 통합할 때 의미론적 혼선을 최소화할 수 있는 요소가 된다.

해양 도메인은 진화적 획득에 있어 최신형 호위함(FFG-III)의 기술적 성숙도를 차기 구축함(KDDX) 개발에 이식하는 블록 형태뿐만 아니라 최초 건조된 선도 함정을 기반으로 점진적인 성능 개량을 거쳐 후속 양산 함정을 건조하는 배치(batch) 방식을 따른다. 이러한 방식을 통해 함정별 표준화되어 공통 사용이 가능한 데이터와 각 함정에 특화된 데이터를 모두 확보할 수 있다는 특징이 있다. 이는 데이터의 연속성과 다양성을 모두 충족하는 환경으로, 인공지능 도입

시 활용 가치를 극대화하는 요인이 된다.

또한, 해양 도메인의 무기체계는 물리적 용적과 탑재 능력이 타 도메인 대비 가장 거대하기 때문에 다량의 대체 장비나 동시조달수리부속(CSP)을 함 내에 상시 적재하고 출항할 수 있다는 특징이 있다. 이는 장기간 임무를 수행하더라도 함상에서 자체적인 장비 복구를 통해 임무 수행이 가능함을 의미한다. 결과적으로 임무와 직결되며 신뢰성과 중요도가 가장 높은 실전 필드 데이터가 타 도메인 대비 가장 풍부하게 축적되는 배경이 되어 정비 관련 데이터의 중요도를 판단할 때 활용가치가 아주 높다.

또한, 함정 무기체계의 다중화 구조를 적용한 장비의 스케일이 타 도메인 대비 거대하다는 특징이 있다. 타 도메인의 다중화는 주로 생존성 보장을 위해 보드, 센서, 장치 단위의 국소적 수준에 국한되는 반면, 해양 도메인은 거대한 플랫폼 용적을 바탕으로 다기능 콘솔, 신호처리 캐비닛과 같이 시스템적 측면에서의 다중화를 구현한다. 결과적으로 단일 함정 내 완전히 동일한 규격의 대형 장비가 다량으로 탑재되어 독립 운용되므로, 이에 파생되는 운용 결함 및 고장, 정비와 관련된 누적 데이터를 충분히 확보할 수 있다.

이와 같이 해양 도메인은 운용적 균질성에 기반하여 비교, 분석에 사용할 풍부한 군수 데이터 확보가 가능함에 따라 도메인 단위로 데이터를 통합해야 하며, 데이터의 활용성이 가장 높은 도메인이다.

4.3 항공 도메인: 고신뢰성 운용 제약과 플랫폼 및 정비 계통별 구분형 아키텍처 구성 필요

항공 도메인은 모든 전장 도메인 중 물리적 운용 제약과 환경적 가혹도가 가장 극단적인 특성을 지닌다. 임무 수행 중 발생하는 시스템이나 탑재 장비의 결함은 인명 및 체계 손실로 직결될 수 있으며, 이륙 후 비행 중인 상태에서는 물리적인 결함 조치가 원천적으로 불가하기 때문이다. 이러한 운용 제약을 극복하기 위해 항공 도메인의 무기체계는 설계 단계부터 결함 발생 가능성을 원초적으로 통제하는 것을 최우선 목표로 삼는다. Table 3([10], pp. 92-93)의 환경 조건별 적용하는 저항의 신뢰도 환경 계수(πE)를 참조하면, 인위적인 공조와 차폐가 가능한 환경에서는 항공 도메인의 ‘AIC, AIF’ 환경 계수가 육상 도메인의 ‘GB’나 해양 도메인의 ‘NS’ 보다 훨씬 가혹함을 확인할 수

Table 3. Resister reliability environment factor

Symbol	Environment	Environment Factor(πE)
GB	Ground Benign	1.0
GF	Ground Fixed	4.0
GM	Ground Mobile	16
NS	Naval Sheltered	12
NU	Naval Unsheltered	42
AIC	Airborne Inhabited Cargo	18
AIF	Airborne Inhabited Fighter	23
AUC	Airborne Uninhabited Cargo	31
AUF	Airborne Uninhabited Fighter	43
ARW	Airborne Rotary Winged	63

있다. 또한, 항공 도메인의 ‘AUC~ARW’ 환경 계수는 해양 도메인의 ‘NU’와 유사하거나 높은 수준이다. 즉, 부식 및 열화에 치명적인 염수와 해풍의 영향을 받는 해양의 외부 환경만큼 비행 시 수반되는 중력이 속도와 고주파 진동에 의한 피로 파괴(catastrophic failure) 위험도가 높다는 것을 의미한다. 이로 인해 무기체계 설계 단계부터 목표 신뢰도를 충족 및 가혹한 환경 계수를 상쇄할 뿐만 아니라 하드웨어적 결함을 원천적으로 방지하기 위해 최고 수준의 신뢰성을 보장하는 항공 등급 부품을 채택한다.

이러한 고신뢰성 설계 방침은 역설적으로 군수 자산 비축의 재정적 한계를 동반한다. 항공 등급 부품을 탑재한 핵심 구성품은 타 도메인 대비 단가가 압도적으로 높아 한정된 국방 예산 내에서 여분의 장비나 수리부속 등을 상시 비축하기 어렵다. 이로 인해 결함이 발생하더라도 즉각적인 부품 교체가 제한될 수 있고, 이에 따라 정비 완료까지 플랫폼의 휴지시간이 장기화됨에 따라 운용 가용도 저하 및 전력 공백을 초래할 수 있다. 이와 같은 한계를 극복하고 운용 가용도의 최적화를 위해 클라우드 도입이 필요하다.

항공 도메인의 특성상 각 기종에 유사한 장비가 탑재되는 경우가 많고, 무기체계 운용 방식이 유사하나, 도메인 단위 대규모 아키텍처로 데이터를 통합하기엔 제한된다. 먼저 운용 환경적 특성 상 플랫폼의 구분 즉, 고정익(fixed-wing)과 회전익(rotary-wing)으로 경계 구분이 필요하다. 두 플랫폼은 양력 발생 원리와 운용 개념이 상이하고, Table 3([10], pp. 92-93)와 같이 적용되는 신뢰도 분석 환경 계수가 완전히 다르기

때문에 데이터를 독립된 영역으로 격리하여 의미론적 혼선을 방지해야 한다. 또한, 데이터의 활용성을 높이기 위해 정비 계통 단위의 구분이 필요하다. 실제 항공 정비는 기체 구조, 추진 및 기관, 항공전자 등 계통별로 작업 분과와 전문 인력이 나뉘어 수행된다. 이에 따라 아키텍처 역시 이러한 실무 편제와 정렬되도록 계통별로 데이터를 분리해야만 특정 결함 발생 시 해당 분과의 정비사에게 왜곡 없는 맞춤형 군수 지식을 제공할 수 있다.

즉, 항공 도메인의 데이터 통합 아키텍처는 플랫폼 경계를 구분하고, 정비 계통별로 데이터를 깊게 연결하는 구분형으로 구성하여 데이터 노이즈를 차단하고, 정비 계통별 문맥적 정합성을 보존해야 한다.

4.4 레이더 도메인: 기술 세대 교체에 따른 범도메인 통합형 아키텍처 구성 필요

레이더 도메인은 탐지 및 추적 기술의 발전에 따라 과거 기계식 구동 방식에서 수동형 위상배열(PESA) 방식을 거쳐 현대의 능동형 위상배열(AESA) 레이더 체계로 기술 전환의 속도가 빠르다. Table 4에서 나타나듯, 각 레이더 유형은 전파를 방사하는 조향 방식과 주요 고장 부품 등 하드웨어 및 운용 형태의 근간이 완전히 다르다.

Table 4. Comparison radar type

Radar Type	Scanning Mechanism	Primary Failure Component	Tracking Capability
Mechanical	Physical Rotation	Rotary joint/ Drive Motor	Single Target
PESA	Centralized Electronic	Central Transmitter	Capable (Degrades on Failure)
AESA (MFR)	Distributed Electronic	T/R Modules DTRB	Fully Capable (Simultaneous)

과거 주력으로 사용되던 기계식 레이더와 PESA 레이더는 현대 무기체계에서 점차 도태되어 퇴역을 앞두고 있는 장비로, 이들 장비에서 획득한 군수 데이터는 향후 활용성이 크게 떨어지며, 최신 AESA 레이더와 공유 가능한 데이터의 공통분모가 극히 드물다. 따라서 하드웨어적 이질성이 큰 과거의 레이더 체계들까지 굳이 하나의 아키텍처로 묶어 통합할 필요성이

나 효율성은 매우 낮다. 그러므로 레이더 도메인의 군수 데이터 활용 가치나 효율성을 극대화하기 위해서는 현대의 AESA 레이더 중심으로 데이터를 통합하는 것이 바람직하다. 그러나 이러한 방향 역시 단일 도메인으로 범위를 한정 지을 경우 투자 대비 효과(ROI)가 상당히 떨어지는 결과를 낳는다. 현재 AESA 레이더는 함정, 전투기 등 타 운용 도메인에 탑재, 설치되어 운용되는데, 그 운용 모수가 상당히 적을 뿐만 아니라 실전 배치되어 운용된 기간이 상대적으로 짧다. 실제로 24년 12월에 군으로 인도된 호위함(FFG-III)에 탑재된 다기능위상배열레이더(MFR)는 해양 도메인의 최신형 AESA 레이더 방식으로, 이전 세대에 탑재된 호위함의 AESA 레이더 데이터를 수집하더라도 데이터의 모수가 현저히 적어 단일 도메인의 데이터만으로 아키텍처를 구성하기엔 제약이 존재한다.

이에 따라 레이더 도메인의 아키텍처는 육상, 해양, 항공 운용 도메인의 경계를 허물고 전 군의 AESA 레이더 데이터를 하나로 결합하는 형태로 구성해야 한다. 현재 운용 중인 무기체계 및 국방 전력화 계획에 따라 도입될 육상 도메인의 L-SAM, 해양 도메인의 차기 구축함(KDDX) 및 차기 호위함(FFG-IV), 항공 도메인의 KF-21 및 FA-50 등 핵심 무기체계에 탑재되는 AESA 레이더는 운용 플랫폼만 다를 뿐 핵심 부품이나 운용 방식을 동일하게 공유한다. 따라서 데이터의 모수를 극대화하고 미래의 효율성을 확보하기 위해 전 군의 AESA 레이더 데이터를 범도메인 형태로 확장하여 통합형 아키텍처로 설계해야 한다.

5. 결론

본 논문은 국방 군수 분야의 인공지능 도입 등 지능화를 위한 핵심 기저로서 클라우드 도입 전략과 운용 도메인별 맞춤형 아키텍처 설계방안을 제안하였다. 현재 군수 데이터는 레거시 환경에 사일로화되어 있을 뿐만 아니라 엄격한 기밀성 제약으로 클라우드 도입이 지연되는 한계를 겪고 있다. 이를 극복하기 위해 데이터의 기밀성을 보장하며 클라우드를 활용하기 위한 전략을 도출하고, 도메인 내 무기체계 데이터의 이질성과 파편화로 인한 의미론적 혼선 및 인공지능

오류를 방지하기 위한 문맥적 정합성 중심의 맞춤형 데이터 통합 아키텍처를 정립하였다.

향후 군수 분야의 지능형 생태계가 더욱 성숙하기 위해서는 군수 데이터의 실질적 가치와 클라우드 운용 환경에 부합하도록 유연한 규정 개선과 제도적 지침 정비가 수반되어야 할 것이다. 본 연구가 국방 군수 지능화의 핵심 과제인 군수 특화 거대언어모델 및 온톨로지 구축을 위한 실질적인 데이터 기저로 활용되기를 기대하며, 운용적 균질성에 따라 데이터의 활용성이 높은 해양 도메인을 중심으로 거대언어모델 및 온톨로지 구축을 위한 연구를 지속할 계획이다.

참고문헌

- [1] 한화시스템, TOMMS 기반 군위성통신체계 PBL 시스템 구축 및 솔루션 소개, 2026.
- [2] Kyuyong Shin, Jongkwan Lee, Kwang-Hee Kang, Wongi Hong, & Changhee Han, 'The Current Applications and Future Directions of Artificial Intelligence for Military Logistics,' Journal of Digital Contents Society, VOL. 20, NO. 12, 2019, pp. 2433-2444.
- [4] 김윤구, '한화 우주·AI에 55조원 투자...영남권 중심 우주항공 생태계,' 연합뉴스, 2026.
- [5] Jung-ha Jin, Byeongjun Kim, & Keunhee Han, 'A Study on Applications of Information Security in Implementing Cloud-Based Defense Information Systems,' The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, VOL. 46, NO. 9, 2021, pp. 1415-1425.
- [6] Jun-Ha Cho & Yong-Jun Lee, 'A Study on the Development of Defense Cloud Computing Security,' Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society, VOL. 25, NO. 11, 2024, pp. 590-595.
- [7] Seunghee Seo, 'A Forensic Analysis Framework for Security Incident Response in Cloud Computing Services,' Journal of Digital Contents Society, VOL. 27, NO. 4, 2026, pp. 1159-1167.
- [8] Byungyoung Lee, 'Privacy Protection Using Confidential Computing,' Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, VOL. 44, NO. 6, 2026, pp. 9-12.
- [9] Chi-Sun Baek & Jin-Hyang Ahn, 'A Study of the Standard Interface Architecture of Naval Combat Management System,' Journal of the Korea Society of Computer and Information, VOL. 26, NO. 1, 2021, pp. 147-154.
- [10] 방위사업청, 종합군수지원 개발실무지침서, 2015.