

지상무기체계 성능개량을 위한 개방형 시스템 아키텍처 및 데이터 모델 설계

한동휘*¹, 황진용*², 배지훈**¹, 이종혁**²

Design of Open System Architecture and Data Model for Upgrading Ground based Weapon System

Donghwi Han*¹, Jinyong Hwang*², Ji-Hoon Bae**¹, and JongHyuk Lee**²

요 약

무기체계 성능개량은 전력화 시기 단축 및 최소 비용으로 최대 효과를 낼 수 있는 효율적인 무기체계 획득 방법이다. 성능개량 과정에서 개방형 설계구조가 적용된 무기체계라면 그 구조적 장점을 활용하여 주요 부품의 교체 및 추가를 비교적 용이하게 할 수 있는 이점이 있다. 본 논문에서는 성능개량 완료 후 전력화 되어 운용중인 지상무기체계에 개방형 시스템 아키텍처를 적용하였다. 또한 개방형 시스템 아키텍처 개념 중 데이터 교환 방법인 데이터 분산서비스를 적용하였다. 이를 기반으로 지상무기체계의 탐지레이더를 최신의 센서로 교체 통합하기 위한 데이터 모델을 무기체계 특성에 맞게 설계하였다. 그 결과 무기체계 개조 비용 및 시간절감을 예측할 수 있었고 검증시험을 통해 설계된 데이터 모델의 실 체계 적용 가능성을 확인하였다.

Abstract

Weapon system improvement is an efficient acquisition method that can shorten the deployment time and achieve maximum effect with minimum cost. In the case of a weapon system to which an open system architecture is applied during the improvement process, it has the advantage of relatively easy replacement and addition of major parts by utilizing its structural advantages. In this paper, the open system architecture was applied to the ground weapon system in operation after the improvement was completed. In addition, the data distribution service, a data exchange method, among the open system architecture was applied. Based on this, a data model for replacing and integrating the radar of the ground weapon system with the latest sensor was designed according to the characteristics of the weapon system. As a result, it was possible to predict the cost and time savings of weapon system modification, and the system applicability of the designed data model was confirmed through the verification test.

Keywords

weapon system, open system architecture, data distribution service, data model, QoS

* 한화디펜스 종합연구소 화력체계연구센터
- ORCID¹: <http://orcid.org/0000-0003-3864-1068>
- ORCID²: <http://orcid.org/0000-0002-3094-7436>

** 대구가톨릭대학교 인공지능·빅데이터공학과 조교수
(**² 교신저자)

- ORCID¹: <http://orcid.org/0000-0002-0035-5261>
- ORCID²: <http://orcid.org/0000-0002-8163-9388>

• Received: Oct. 18, 2021, Revised: Dec. 06, 2021, Accepted: Dec. 09, 2021

• Corresponding Author: JongHyuk Lee

Dept. of Artificial Intelligence and Big Data Engineering, 13-13, Hayang-ro, Hayang-eup, Gyeongsan-si, Gyeongbuk, Korea,
Tel.: +82-53-850-2882, Email: jonghyuk@cu.ac.kr

I. 서 론

무기체계 성능개량은 순기비용(개발비+투자비+운영유지비)을 절감하면서 전력화시기를 단축시킬 수 있고 최소의 비용으로 단기간에 최대의 효과를 얻을 수 있는 효율적이고 경제적인 무기체계 획득 방법으로, 현재 육군에 배치된 30미리복합대공화기는 성능개량 사업을 통해 최신화된 대표적인 무기체계이다. 이 무기체계에서는 기존의 자주포에 지대공 단거리 유도탄을 통합하여 제한된 사거리를 확장했을 뿐만 아니라 사격통제장치 등의 주요 전자장비를 최신화하여 전투능력을 향상시키고 컴퓨터 성능과 운용성을 개선하였다.

이처럼 무기체계 성능개량을 통해 수명주기가 도래된 무기체계를 성능개선 및 수명연장을 할 수 있다. 하지만 기존 체계의 설계구조는 표준화되어 있지 않고 확장성이 부족하여 부품을 교체하거나 신규 센서를 추가하기 위해서는 체계의 기구적, 전기적 인터페이스 및 관련 소프트웨어를 대대적으로 수정해야 한다. 결과적으로 이는 많은 인력과 비용 및 시간을 필요로 하게 된다.

이와 같은 문제점을 보완하기 위해 미국, 유럽 등과 같은 방산 선진국에서는 개방형 시스템 아키텍처에 대한 표준을 제정하고 이를 무기체계 획득 정책에 반영하여 비용 절감과 성능/서비스/질적 향상이라는 효과를 거두고 있다.

개방형 시스템 아키텍처란 정의된 인터페이스와 프로토콜이 표준화 설계되어 있어 다른 시스템들과 상호 운용이 가능한 시스템으로 정의할 수 있으며, 그 특징으로는 확장성, 호환성, 상호운용성, 유연성, 이식성, 유지보수/운용의 용이함 및 시스템 관리의 용이함 등이 있다. 이와 같은 특징을 가진 개방형 시스템 아키텍처를 적용할 경우 다음과 같은 이점이 있다.

첫째, 대부분의 전기 관련 인터페이스가 표준화되어 있어 구성 장비의 노후화로 인한 교체 또는 추가 장비 장착을 기존 장비의 수정 없이 보다 쉽게 수행할 수 있다. 둘째, 장치 간 데이터 연동을 위한 공통 표준의 미들웨어(Middleware)를 적용하고 있어 신규 장비가 추가될 시 관련된 토픽만 새롭게 정의하고 해당 API(Application Programming Interface)만

응용 소프트웨어에서 호출하여 데이터 연동을 구현할 수 있으며 QoS(Quality of Service) 설정을 통하여 해당 토픽의 성격에 맞게 통신 성능을 최적화할 수 있다. 셋째, 운용 터미널 및 GUI(Graphic User Interface) 구조가 표준화되고 모듈화 되어있어 장비의 교체 및 추가 시에도 해당 모듈의 수정만으로 변경된 기능을 쉽게 적용할 수 있다.

본 논문에서는 상기에 언급된 지상무기체계를 보다 유연하게 성능개량 할 수 있도록 개방형 시스템 아키텍처의 적용 방법을 제안한다. 특히 노후화된 탐지레이더를 고성능의 최신 레이더로 교체하는 예를 들어, 기존의 전통적인 설계구조 방식을 STANAG 4754에 정의된 NGVA(Nato Generic Vehicle Architecture) [1]의 6가지 카테고리 중 『NGVA Data Infrastructure』 및 『NGVA Data Model』에 요구된 사항을 준수할 수 있도록 재설계한다. 그리고 이 기반위에 신규 레이더를 교체·통합하면서 개방형 시스템 아키텍처의 유연성 및 확장성을 확인한다.

또한 『NGVA Data Infrastructure』 카테고리에서 요구하고 있는 데이터 교환 미들웨어인 DDS(Data Distribution Service)[2]를 적용하고 레이더와 체계 간 정보 교환을 위한 범용 데이터 모델의 설계 방법 및 결과를 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련 연구로 해외의 대표적인 지상무기체계의 개방형 시스템 아키텍처를 살펴보고 이와 관련한 국내외 사례를 소개한다. 3장에서는 본 논문이 제안하는 지상무기체계 개방형 시스템 아키텍처 적용을 위한 방법을 자세히 기술한다. 4장에서는 지상무기체계에 신규 레이더 교체 적용을 위한 데이터 모델의 설계 방법 및 내용을 기술하고 응용프로그램 구현을 통해 레이더와 체계 간 데이터 교환 능력을 확인한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺고 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

II. 관련 연구

2.1 해외 개방형 시스템 아키텍처 표준

미국 및 유럽 방산 선진국에서는 지상무기체계에 적용할 설계 구조를 표준화하고 개발 프로세스 전반

에 걸쳐 표준을 준수하도록 권고하고 있다. NGVA [1]는 대표적인 지상무기체계 개방형 시스템 아키텍처 표준이다. NGVA는 전원 연동을 위한 하부구조, 데이터 연동을 위한 기반, 운용자 터미널 및 GUI에 관한 지침, 공통 데이터 모델, 안전을 위한 설계 고려사항, 확인 및 검증에 대한 지침 등의 표준으로 구성된다.

예를 들면, 그림 1과 같이 전원 연동을 위한 하부구조 관련하여 각 장비는 표준 전원의 용량 등급별 동일 입/출력 연결기를 사용하도록 한다. 그리고 데이터 연동을 위한 기반 관련하여 일반데이터, 멀티미디어 데이터, 안전 데이터, 보안 데이터에 대해 별도의 데이터 버스를 각각 구축하고 DDS 미들웨어 기반의 데이터 연동구조를 사용하도록 한다.

운용자 터미널 및 GUI에 관한 지침은 그림 2와

같이 기본적인 인체공학 반영 설계와 입/출력 장치에 대한 제한사항, 터미널 소프트웨어를 구성하는 프로세스 간의 연동 구조, 전원 인가/종료 방법 및 전력 소비 최적화에 관해 기술되어 있다.

이외에도 지상 무기체계용 공통 데이터 모델, 설계상 안전을 위한 고려사항, 그리고 확인 및 검증 방법(Verification & Validation)에 대한 표준 프로세스를 기술하고 있으며, 계속해서 표준의 범위 확대 및 명확화를 진행하고 있다.

NATO 소속 국가는 UK-GVA[3], AS-GVA[4] 등과 같이 NGVA를 각 국가의 특성에 맞게 좀 더 구체화하여 적용하고 있다. 특히, 미국은 C4I 연동 관련하여 VICTORY 표준[5]을 제정하고 전 신규 무기체계에 적용토록 하고 있다.

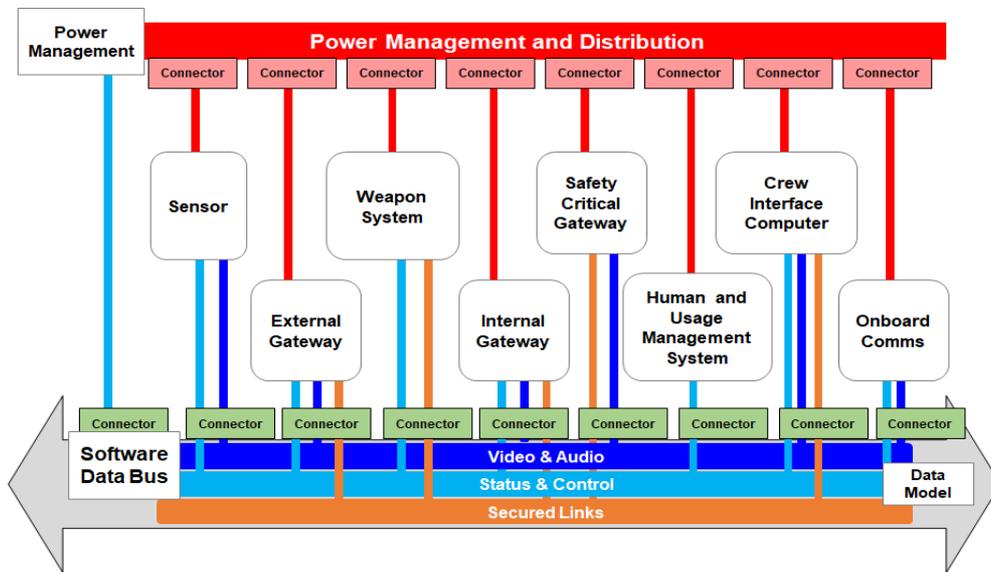


그림 1. 데이터 교환 및 전원공급 기반 구조 예시

Fig. 1. Example of data exchange and power supply infrastructure

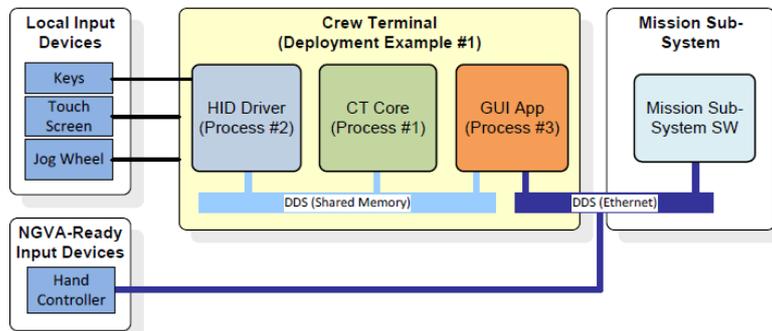


그림 2. 운용자 터미널 소프트웨어 구조 예시

Fig. 2. Example of crew terminal software architecture

2.2 개방형 시스템 아키텍처 적용 연구

개방형 시스템 아키텍처를 적용하는 연구로, 먼저 차세대 전투차량의 일반차량구조에 관한 연구[6]와 GVA(Genetic Vehicle Architecture) 표준을 활용한 차세대 화생방정찰차 개발에 대한 연구[7]와 같이 신규 개발되는 차기 전투차량 적용 연구가 있다. 이 연구에 따르면 개방형 시스템 아키텍처 적용을 통해 차량 가용성 및 안정성 개선, 차량 주행비용 절감, 체계 내 종합정보를 여러 시스템에서 공유 가능, 정보의 자동 수집 및 처리로 차량 기능 향상, 공급업체 종속 문제 방지 및 비용 절감, 케이블 최소화를 통한 중량 감소, 공통 HMI(Human Machine Interface) 활용으로 교육소요 감소, 임무에 따른 장비구성의 용이함, 신규 센서의 유연한 적용을 통한 신규 위협요소 신속 대응과 같은 결과가 가능하다.

해외에서는 군용차량에 개방형 시스템 아키텍처를 단순 적용하는 것에서 한발 더 나아가 아키텍처가 적용된 플랫폼 및 인프라에 대한 모니터링 방법을 제시하고[8] 외부의 악의적 접근에 대한 보안과 안전에 대한 대책을 제안한다[9].

지상무기체계보다 한층 더 복잡하고 다양한 센서 및 전자 시스템이 상호 연동되어 있는 함정 전투체계에서는 이미 오래전부터 개방형 시스템 아키텍처 적용 관련 표준화 구조 설계 및 표준 연동 아키텍처에 대한 연구가 지속적으로 수행 및 적용되고 있다.

함정전투체계 표준 연동 아키텍처 연구[10]는 표준 연동 소프트웨어 아키텍처를 통해 신규기능의 개발, 유지보수, 개선 및 확장에 높은 효율을 낼 수 있음을 보인다. 그리고 데이터 분산 서비스를 활용한 실시간 시험자료 토폭 설계[11]와 JMS 및 DDS 기반 미들웨어의 데이터 전송효율 비교 분석[12]과 같은 연구는 데이터 교환 표준 모델인 DDS 미들웨어에 대한 연구 및 무기체계 적용을 제안한다.

이에 본 논문은 성숙 단계의 개방형 시스템 아키텍처를 기존의 지상무기체계에 적용함에 따른 이점을 확인한다. 다시 말해 기존의 노후 레이더를 개방형 시스템 아키텍처에 기반한 최신 레이더로 교체 통합하고 정보 교환을 위한 공통 데이터 모델을 설

계 및 적용하여 무기체계의 확장성 및 설계의 유연성을 보이고 앞으로의 무기체계 설계 방향을 제안하고자 한다.

III. 개방형 시스템 아키텍처 적용을 위한 무기체계 플랫폼 설계

3.1 현 지상무기체계 아키텍처 및 한계점

현 지상무기체계는 그림 3과 같이 중앙컴퓨터가 각 장비들의 제어컴퓨터와 1:1 연동하여 데이터를 교환하는 구조이다. 각 장비는 표준화되지 않은 다양한 규격의 통신방식을 사용하고 있으며, 이를 위해 중앙컴퓨터는 연동을 위한 별도의 연결기 및 처리 모듈을 보유해야 한다. 그리고 장비의 모든 데이터는 중앙컴퓨터를 통해서만 교환되어서 중앙컴퓨터에 많은 부하가 집중된다.

또한 중앙컴퓨터에 고장 발생 시 장비 간 연동이 불가하여 다른 모든 장비의 사용이 어려운 상황이 발생한다. 장비의 성능개선을 위한 업그레이드 또는 교체 시 표준화되어 있지 않은 인터페이스로 인해 기존 시스템의 소프트웨어 및 통신 ICD(Interface Control Document)의 재설계가 필요할 뿐만 아니라 별도의 통신 연결기 추가에 따른 수정도 함께 병행되어야 한다.

이와 같이 현 지상무기체계의 설계구조는 호환성 및 확장성 측면에서 많은 문제점을 내포하고 있어 표준화된 개방형 시스템 아키텍처가 필요하다.

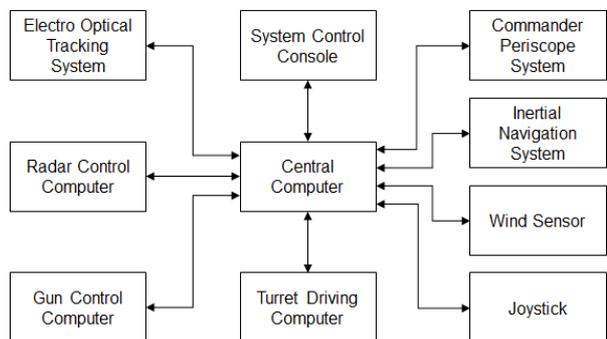


그림 3. 현 지상무기체계 아키텍처
Fig. 3. Current ground weapon system architecture

3.2 개방형 시스템 아키텍처 적용

NGVA의 데이터 연동을 위한 기반을 적용하기 위해서 체계 내 연동되는 데이터의 성격을 분류하고 그에 따른 데이터 버스를 구축한다. 데이터는 일반과 영상 데이터 두 가지로 구성되며 각각에 대한 데이터 버스를 별도 구축한다.

영상 데이터용 데이터 버스는 미래 확장성을 고려하여 광학추적기 및 조준경 등 영상 기반의 대용량 데이터를 지연 없이 공유하기 위한 것이다. 보안 등급이 높은 데이터를 취급하는 체계의 경우 보안 데이터를 위해 별도의 버스를 추가로 구성하여 네트워크를 이중화할 수 있지만 본 무기체계에는 해당되지 않는다. 본 논문에서는 이중의 데이터 버스 구축을 위해 16 포트의 1G Base-T 급 Rugged Ethernet Switch를 각각 사용한다. 모든 장비는 이 장비에 연결되어 표준 통신 미들웨어 상에서 상호 데이터를 교환한다.

다음으로 장비 간의 원활한 데이터 교환 및 관리를 위해 통합운영컴퓨터를 구축한다. 통합운영컴퓨터는 기존 중앙컴퓨터에 집중되어 있던 데이터를 분산 처리한다. 그리고 표준에서 요구하는 DDS 미들웨어 사용에 필요한 이더넷 규격 이외의 통신을 수행하는 장비의 데이터를 실시간으로 수집하고 가공하여 데이터 버스 전체에 공유될 수 있도록 관련 토픽을 발행한다. 통합운영컴퓨터는 표 1과 같은 사양의 장비를 이용하고 실시간 데이터 교환 및 처리를 위해 VxWorks 운영체제를 사용한다.

상기 내용을 바탕으로 구축된 오픈 시스템 아키텍처의 데이터 연동 기반 구조는 그림 4와 같다.

데이터 연동 기반 구조는 표준에서 요구하는 DDS 미들웨어 활용을 위한 기반 구조로 사용된다. 본 논문의 최종 목표인 레이더 교체를 위해 상기 구축된 기반에 신규 레이더를 일반 데이터 버스에 연결하고 동일 도메인에서 작동할 수 있도록 IP(Internet Protocol)를 설정하여 물리적으로 통합한다. 이후 신규 레이더와 체계의 연동을 위해 데이터 모델의 설계가 요구되는데 다음 장에서 레이더 연동을 위한 공통 데이터 모델 설계 방법을 제안한다.

IV. 레이더 연동용 데이터 모델 설계

4.1 DDS 미들웨어

DDS[2]는 복잡한 네트워크 프로그래밍을 단순화하는 네트워킹 미들웨어로 데이터의 크기 및 복잡도가 증가함에 따라 실시간 데이터를 효율적으로 공유하기 위해 발행/구독 방식을 채택한 데이터 분산 서비스이다.

표 1. 통합운영컴퓨터 사양

Table 1. Specification of integrated operation computer

Item	Specification	
Processor	Intel E3-1505L v6	
Memory	DDR4 16 GByte	
SSD	64 GByte	
I/O	Ethernet	16 Port
	RS-422	5 ch
	Discrete in	23 ch
	Discrete out	38 ch

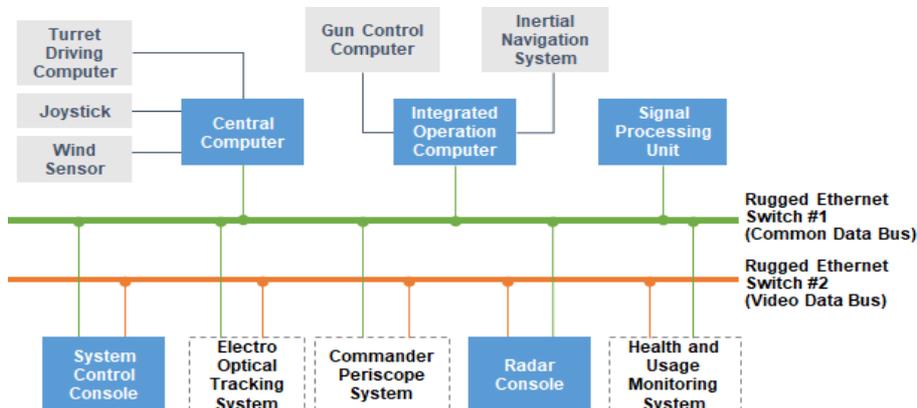


그림 4. 데이터 연동을 위한 기반

Fig. 4. Infrastructure for data intercommunication

그림 5는 DDS를 구성하는 Participant, Publisher, Subscriber, DataWriter, DataReader 및 토픽을 도식화한 것이다. 도메인은 상호 통신을 위해 구성자들을 그룹화한 개념이다. 각각의 통신노드들은 Publisher 또는 Subscriber로 도메인에 참여한다. Publisher는 발행한 토픽의 종류에 따라 DataWriter를 생성하고 DataWriter는 정해진 하나의 데이터 타입에 맞는 토픽값을 쓴다. Subscriber는 수신된 토픽에 대해 DataReader를 이용하여 토픽값을 읽는다. 품질 보증을 위해 구성자별 고유의 용도 및 성격 등에 따른 최적화 설정이 필요하며 이는 DDS에서 제공하고 있는 22가지의 QoS 설정을 통해 가능하다.

본 논문은 신규 레이더와 체계의 연동을 위해 발행/구독 방식의 DDS를 기반으로 데이터 모델과 토픽을 설계 및 구현한다. 본 논문에서 사용한 DDS 제품은 RTI(Real Time Innovation)社의 RTI Connnext DDS Secure 6.0.1 Version[13]이다.

4.2 데이터 모델 설계

4.2.1 데이터 모델 및 토픽 설계

레이더와 체계의 연동을 위한 데이터 모델 설계를 하기 위해서는 먼저 관련 데이터의 추상화 작업이 필요하다. 본 논문은 레이더의 초기설정, 운용/제어, 상태감시, 표적정보 공유를 주목적으로 데이터 모델을 설계한다. 이에 따라 그림 6과 같이 네 가지 메시지로 구성하고 추가적으로 데이터의 송/수신 방향에 따라 요청메시지와 응답메시지 분리가 필요하여 최종 6가지의 메시지로 구성된 공통 데이터 모델을 정의한다.

데이터 모델은 DDS 미들웨어 상의 데이터 전송 단위인 토픽으로 맵핑되어야 한다. 레이더 초기설정의 경우, 레이더 설치 플랫폼 정보와 자세 오차로 구분하여 토픽을 정의한다. 운용/제어의 경우, 송/수신 및 통신제어에 필요한 기능으로 구분하여 토픽을 정의한다. 상태감시 및 표적정보의 경우, 데이터 모델과 토픽을 1:1로 맵핑하여 정의한다. 그림 7과 표 2는 본 논문의 맵핑 결과와 토픽별 역할을 보여 준다.

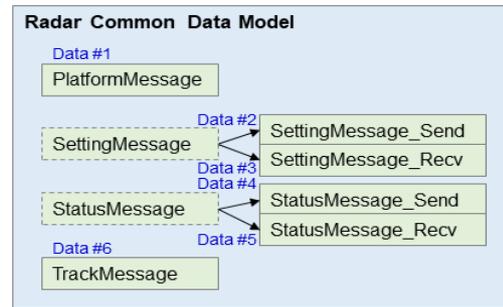


그림 6. 공통 데이터 모델
Fig. 6. Common data model

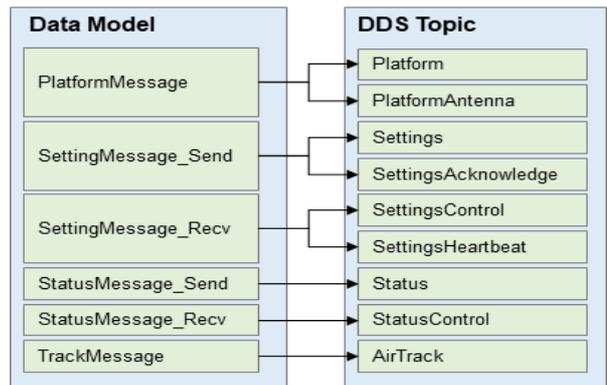


그림 7. 공통 데이터 모델과 토픽 맵핑
Fig. 7. Mapping of common data model and topic

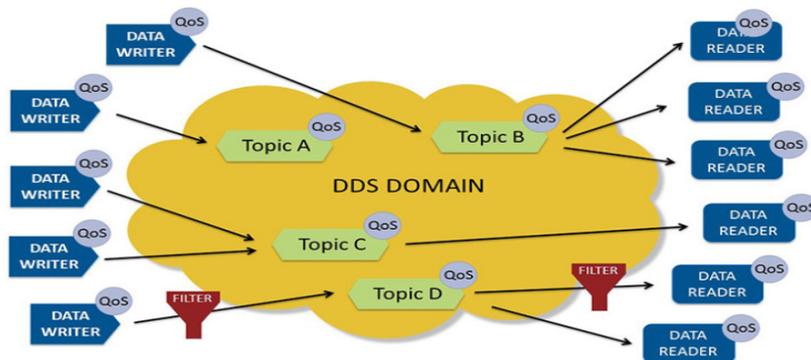


그림 5. DDS를 이용한 통신 개념도
Fig. 5. Concept of communication using DDS

표 2. 토픽별 역할

Table 2. Roles by topics

Topic name	Roles
SettingsControl	Settings for operation mode, frequency mode and restricted zone
Settings	Feedback of SettingsControl topic
SettingsAcknowledge	Response of SettingsControl topic subscription
SettingsHeartbeat	Connection confirmation during radar operation
Status	Status of radar BIT(built-in test) result
StatusControl	Command for radar BIT, power control
AirTrack	Tracking information for air target
Platform	Position, speed, attitude information of vehicle(platform)
PlatformAntenna	Install and attitude error of radar antenna

토픽은 DDS 데이터 정의 포맷인 IDL(Interface Description Language) 규격에 따라 세부 데이터를 정의한다.

표 3. 'Track' 토픽을 위한 DDS IDL

Table 3. DDS IDL for 'Track' topic

```
// Sensor track data. Published by the radar.
struct T_Air_Track_Topic {
    sequence <T_Air_Track, TRACK_SEQLEN> trackList;
};
// State of track at each update
enum T_TrackState { TrackState_NewAuto, TrackState_Terminated, TrackState_UpdatePSR, ....};
// Target type in track update
enum T_Target_Type { TargetType_FixedWing, TargetType_RotaryWing, TargetType_LSS, ....};
// Target position & velocity
struct T_Sph_Coord { ... };
struct T_Cart_Cover { ... };

struct T_Air_Track {
    long trackId;
    long long time;
    T_Sph_Coord position;
    T_Sph_Coord velocity;
    float snr;
    float rcs;
    T_Target_Type targetType1;
    float probabilityTargetType1;
    T_TrackState trackState;
    ...
};
```

표 3은 'Track' 토픽의 세부 데이터를 정의한 IDL 예시이다. 본 논문은 탐지되는 표적 수에 제한이 없도록 벡터와 같은 sequence 자료형을 이용하여 유동적으로 메모리를 사용할 수 있도록 정의한다. 그리고 표적의 정보를 구체적으로 표현할 수 있도록 표적의 ID, 탐지시간, 위치, 속도, 표적 종류 등의 상세 정보에 대한 변수를 할당하여 동일한 타입의 센서에 대해 범용으로 사용할 수 있도록 토픽을 설계한다.

DDS 미들웨어의 통신교환은 발행/구독 구조로 실행되므로 상기에 정의된 토픽은 메시지별 역할에 따라 발행자와 구독자가 지정되고 각 토픽의 발행주기, 데이터 양, 특성에 따라 별도의 QoS 정책을 적용해야 한다. 표 4는 본 논문에서 정리한 토픽별 발행자/구독자 및 QoS 정책을 보여준다.

표 4. 토픽별 발행자/구독자 및 QoS 정책

Table 4. Publisher/subscriber and QoS policy by topics

Topic name	Roles		QoS policy
	Publisher	Subscriber	
Settings	Radar	System	Settings
SettingsControl	System	Radar	Settings
SettingsAcknowledge	Radar	System	Settings
SettingsHeartbeat	System	Radar	Settings
Status	Radar	System	Status
StatusControl	System	Radar	Status
AirTrack	Radar	System	Track
Platform	System	Radar	Platform
PlatformAntenna	System	Radar	Platform

4.2.2 토픽별 QoS 정책 설정

QoS 정책은 레이더와 체계 간 메시지 교환에 필요한 토픽의 특성 및 효율성에 따라 Settings, Status, Track, Platform과 같이 네 가지 정책으로 분류하고 최적화한다. 각 QoS 정책별 설정값은 표 5와 같다.

Track QoS 정책을 예로 설명하자면 최소 10초간의 표적 관리 및 전시가 필요하여 lifespan 속성을 10초로 설정한다. 그리고 표적정보는 메시지 특성상 주기적으로 전송되어야 하고 최신 데이터 값이 유효한 데이터이므로 reliability 속성은 'RELIABLE'로, history 속성은 'KEEP_LAST'로 설정한다. 또한 탐지된 표적의 개수가 제한되지 않으므로 batch 속성을 활용하여 짧은 시간에 많은 수의 데이터를 송신할 수 있도록 한다.

표 5. QoS 정책별 설정값

Table 5. QoS policy-specific settings

QoS policy	Categorization		Value
Settings	Lifespan		1 sec
	History		KEEP_LAST
	Durability		VOLATILE
	Reliability		BEST_EFFORT
Status	Lifespan		1 sec
	History		KEEP_LAST
	Durability		VOLATILE
	Reliability		BEST_EFFORT
Track	Lifespan		10 sec
	History		KEEP_LAST
	Durability		VOLATILE
	Reliability		RELIABLE
	Batch	max_data	16384
max_meta_data		UNLIMITED	
max_sample		UNLIMITED	
max_flush		0.01 sec	
Platform	Lifespan		0.1 sec
	History		KEEP_LAST
	Durability		VOLATILE
	Reliability		BEST_EFFORT

Batch 속성을 사용할 경우 DDS 내부의 별도 저장소에 전송할 데이터를 저장한 후 설정된 전송 조건이 만족될 경우 한꺼번에 전송할 수 있다. 설정된 Track QoS 정책은 표 6과 같이 XML 형태로 표현하여 적용할 수 있다.

4.3 데이터 모델 검증

데이터 모델 및 DDS 토픽 적용이 정확하게 이루어지는지를 확인하기 위해 레이더와 체계 측에 DDS 미들웨어 및 설계된 토픽을 적용하였다. 이를 위해 체계 측에 레이더 운용을 담당하는 운용콘솔 소프트웨어를 구현하였다. 운용콘솔 소프트웨어는 DDS 토픽 발행/구독 모듈, 데이터 전시 모듈, User Interface 모듈, 표적데이터 관리 모듈로 구성된다. 그림 8은 콘솔 소프트웨어의 구조를 나타낸 모식도이다.

본 논문은 그림 9와 같이 DDS Spy 툴을 이용한 9개 토픽에 대한 정상 발행 여부 확인을 통해 물리적인 네트워크 구성 및 설정의 정상 상태를 사전 확인하였다. 그 후 운용콘솔 소프트웨어와 레이더의 상호 토픽 발행/구독에 의한 레이더 운용을 확인하였다.

표 6. QoS 설정 예시

Table 6. Example of QoS settings

```

<qos profile name = "Track">
  <datawriter_qos>
    <lifespan>
      <duration>
        <sec>10</sec>
        <nanosec>0</nanosec>
      </duration>
    </lifespan>
    <history>
      <kind>KEEP_LAST_HISTORY_QOS</kind>
      <depth>1</depth>
    </history>
    <durability>
      <kind>VOLATILE_DURABILITY_QOS</kind>
    </durability>
    <reliability>
      <kind>RELIABLE_RELIABILITY_QOS</kind>
    </reliability>
    <batch>
      <enable>true</enable>
      <max_data_bytes>16384</max_data_bytes>
      <max_meta_data_bytes>LENGTH_UNLIMITED</max_meta_data_bytes>
      <max_samples>LENGTH_UNLIMITED</max_samples>
      <max_flush_delay>
        <sec>0</sec>
        <nanosec>10000000</nanosec>
      </max_flush_delay>
    </batch>
  </datawriter_qos>
</qos_profile>
    
```

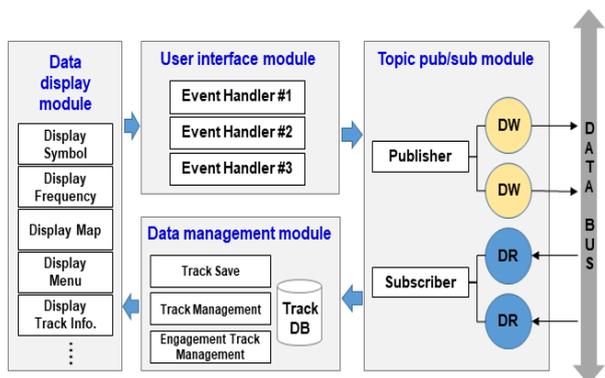


그림 8. 콘솔 소프트웨어 구조
Fig. 8. Console software structure

또한 연동 데이터 크기가 가장 크고 빈도가 잦을 것으로 예상되는 Track 토픽에 대한 검증을 위하여 레이더에서 20개의 모의표적을 생성하여 표적 정보를 발행한 후 운용콘솔 소프트웨어에서 해당 토픽을 구독하여 모든 데이터를 전시하는지 확인하였다.

그 결과 그림 10과 같이 모의 생성한 20개의 표적 정보가 정상적으로 전달되고 올바르게 전시됨을 확인할 수 있었다. (보안 문제로 캡처화면 일부는 블라인드 처리함)

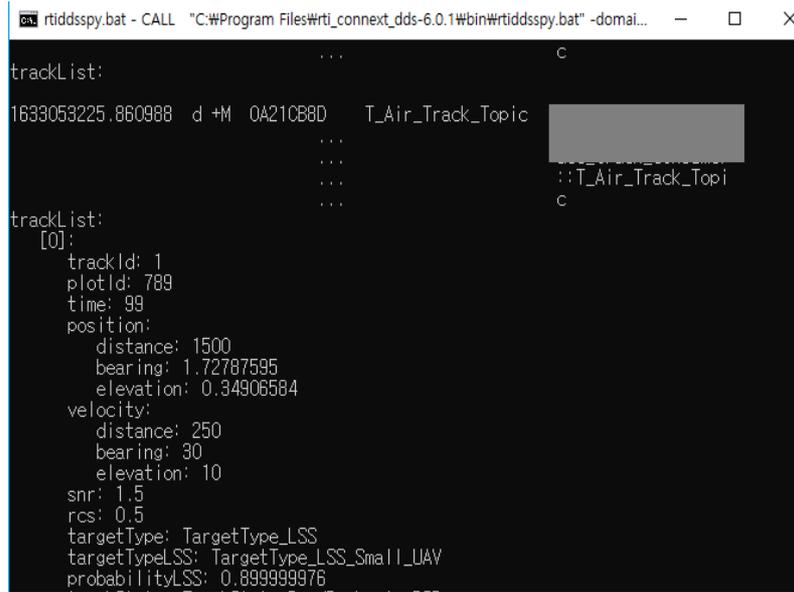


그림 9. DDS Spy tool 화면 캡처
Fig. 9. Screenshot of DDS Spy tool

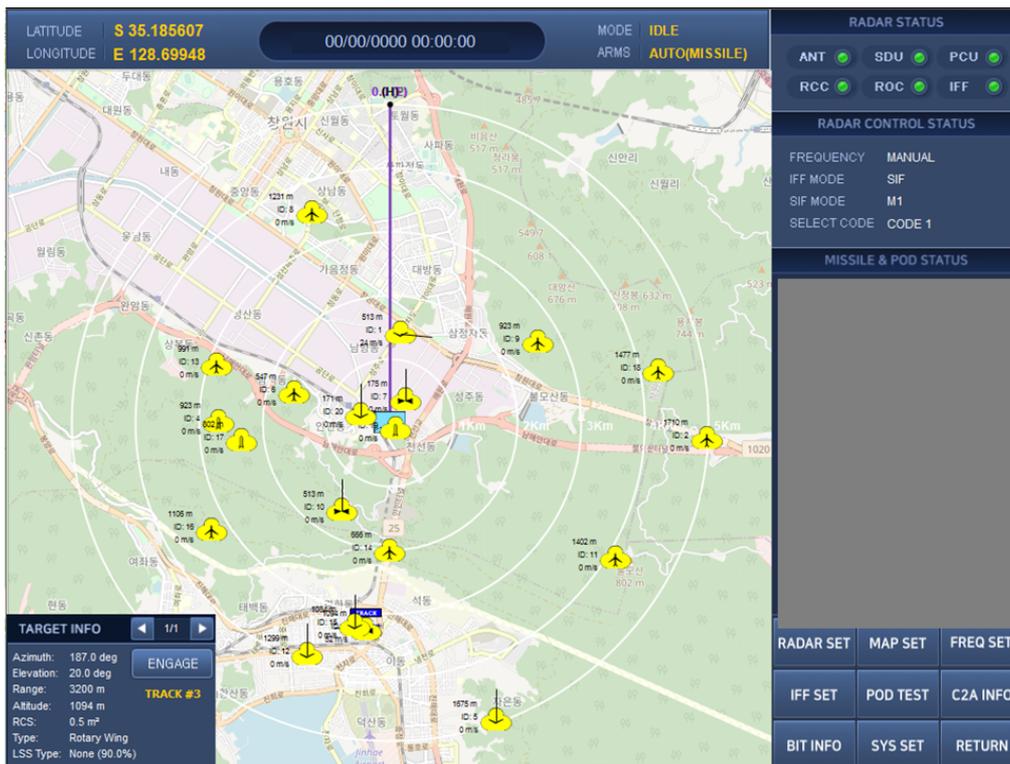


그림 10. 콘솔 소프트웨어를 통한 데이터 모델 검증
Fig. 10. Verification of data model using console software

V. 결론 및 향후 과제

본 논문은 개방형 시스템 아키텍처를 소개하고 현재 운용중인 지상무기체계에 NGVA 표준 중 데이터 기반과 데이터 모델을 설계하고 구현하였다. 표준에서 요구하는 데이터 기반을 위해 데이터 공유를 위한 아키텍처를 신규 구성하고 이기종 시스템 간의 데이터 교환 및 분산 관리를 위한 통합운용컴퓨터를 설계 및 제작하였다.

이렇게 설계된 기반 위에 신규 레이더 통합에 필요한 레이더 운용 공통 데이터 모델을 설계하고 이를 DDS 토픽으로 변환 및 각 토픽의 특성에 최적화된 QoS를 설정하는 방법을 제안하였다.

본 논문은 신규 레이더와 기존 체계에 개방형 시스템 아키텍처 적용을 통해 체계 기능, 성능의 확장 및 개선의 용이함을 확인할 수 있었으며 기존 자원의 효율적 재사용 및 향후 표준이 적용된 COTS(Commercial Off the Shelf) 사용을 통해 체계 통합비용 및 시간을 절감할 수 있음을 예측할 수 있었다.

본 논문에서는 신규 개발 무기체계가 아닌 기존 운용 중인 무기체계에 적용이라는 제한으로 인해 개방형 시스템 아키텍처 표준 전체를 적용하는 것에는 한계가 있었지만, 향후 신규 무기체계 초기 설계단계부터 개방형 시스템 아키텍처가 적용된다면 무기체계의 유연한 확장성 보장 및 이를 통한 효율적 업그레이드는 지속해서 이루어질 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] NATO Generic Vehicle Architecture, <http://www.natogva.org>. [accessed: Aug. 23, 2021]
- [2] DDS Foundation, <http://dds-foundation.org>. [accessed: Aug. 30, 2021]
- [3] T. White, K. Smith, and C. Raistrick, "The UK's approach to vehicle systems integration and model based standardisation", NDIA Ground Vehicle Systems Engineering and Technology Symposium, Aug. 2018.
- [4] AS-GVA Brief, <http://aaus.org.au/wp-content/uploads/2019/03/Land129-3-GVA-Brief-at-AAUS-Exploring-a-n-Unmanned-Future-Conference-20190226.pdf>. [accessed: Aug. 30, 2021]
- [5] M. Moore, K. Saylor, and J. Klein, "A Cost-Effective Approach to Adapting Current-force Equipment to VICTORY Standard In-Vehicle Networks", NDIA Ground Vehicle Systems Engineering and Technology Symposium, Aug. 2016.
- [6] G. Choi, K. D. Jeon, D. H. Yun, Y. J. Jo, and E. P. Park, "A Study on the Generic Vehicle Architecture of the Next Generation Armored Vehicle", Proceedings of Korea Institute of Military Science and Technology, Online, pp. 1863-1864, Nov. 2020.
- [7] Y. J. Son, D. Y. Heo, G. Choi, and S. W. Kim, "A Study on the development of the Next-Generation K216A1 using the GVA", Proceedings of Korea Institute of Military Science and Technology, International Convention Center Jeju, pp. 2281-2282, Jun. 2019.
- [8] D. Abdulmasih, P. I. Oikonomidis, R. Annis, P. Charchalakis, and E. Stipidis, "In-vehicle monitoring and management for military vehicles' integrated vetronics architectures", Journal of Systems Architecture, Vol. 60, No. 4, pp. 405-418, Apr. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sysarc.2014.02.002>.
- [9] A. Deshpande, O. Obi, E. Stipidis, and P. Charchalakis, "Integrated vetronics survivability: Architectural design and framework study for vetronics survivability strategies", Computer Standards & Interfaces, Vol. 39, No. C, pp. 1-11, Mar. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2014.10.005>.
- [10] C. S. Baek and J. H. 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, pp. 147-154, Jan. 2021. <https://doi.org/10.9708/jksci.2021.26.01.147>.
- [11] W. G. Choi, "Design to Realtime Test Data Topic

Utilize of Data Distribution Service", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 21, No. 7, pp. 1447-1454, Jul. 2017. <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.7.1447>.

[12] H. H. Lee and D. S. Ko, "Comparative Analysis of Data Transmission Efficiency for JMS and DDS based Middlewares", Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 18, No. 8, pp. 73-80, Aug. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jid.2019.03.467>.

[13] Real Time Innovation, <http://rti.com/en>. [accessed: Aug. 30, 2021]

저자소개

한 동 휘 (Donghwi Han)



2006년 8월 : 창원대학교
컴퓨터정보통신공학부(공학사)
2011년 8월 ~ 현재 : (주)한화디펜스
종합연구소 선임연구원
관심분야 : 지상무기체계, 임베디드
시스템, 통신 미들웨어, 사격
통제장치

황 진 용 (Jinyong Hwang)



2008년 2월 : 한남대학교
전자정보통신공학과(공학사)
2011년 8월 : 충남대학교
전자전과정보통신공학과(공학석
사)
2019년 2월 ~ 현재 : (주)한화디펜스
종합연구소 주임연구원

2021년 3월 ~ 현재 : 대구가톨릭대학교

인공지능·빅데이터공학과 석사과정

관심분야 : 지상무기체계, 디지털 하드웨어, 무선통신,
인공지능, 딥러닝/머신러닝, 빅데이터

배 지 훈 (Ji-Hoon Bae)



2000년 2월 : 경북대학교
전자전기공학부(공학사)
2002년 2월 : 포항공과대학교
전자·컴퓨터공학부(공학석사)
2016년 2월 : 포항공과대학교
전자·전기공학과(공학박사)
2002년 2월 ~ 2019년 8월 :

한국전자통신연구원 책임연구원

2019년 9월 ~ 현재 : 대구가톨릭대학교

인공지능·빅데이터공학과 조교수

관심분야 : 인공지능, 딥러닝/머신러닝, 레이더 영상 및
신호처리, 최적화 기법

이 종 혁 (JongHyuk Lee)



2004년 2월 : 고려대학교
컴퓨터교육과(이학사)
2006년 2월 : 고려대학교
컴퓨터교육학과(이학석사)
2011년 2월 : 고려대학교
컴퓨터교육학과(이학박사)
2011년 3월 ~ 2011년 10월 :

고려대학교 정보창의교육연구소 연구교수

2011년 11월 ~ 2012년 11월 : University of Houston
Post-Doc. 연구원

2012년 12월 ~ 2017년 8월 : 삼성전자 책임연구원

2017년 9월 ~ 현재 : 대구가톨릭대학교

인공지능·빅데이터공학과 조교수

관심분야 : 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 인공지능