

지휘통제 관련 정보교환모델 비교분석 및 시사점[☆]

Comparative Analysis and Implications of Command and Control(C2)-related Information Exchange Models

김 건 영¹ 박 규 동² 손 미 애^{1*}
Kunyoung Kim Gyudong Park Mye Sohn

요 약

효과적인 전장상황 인식 및 지휘결심을 위해서는 체계 간의 숨기없는 정보교환이 핵심적이다. 그러나 각 체계는 각자의 목적에 맞게 독립적으로 개발되었기 때문에, 효과적으로 정보를 교환하기 위해서는 체계 간 상호운용성을 보장하여야 한다. 우리 군의 경우 데이터 교환을 위한 공통 메시지 포맷을 활용함으로써 문법적 상호운용성(Syntactic interoperability)을 보장하고 있다. 그러나 단순히 교환되는 데이터의 형식을 표준화하는 것으로는 체계 간 상호운용성을 충분히 보장할 수 없다. 현재 미국과 NATO에서는 데이터 교환 형식을 보장하는 데에서 더 나아가 의미적 상호운용성(Semantic interoperability)을 달성하기 위해 정보교환모델을 개발·활용하고 있다. 정보교환모델은 공통 어휘(Common vocabulary) 또는 참조 모델(Reference model)로, 체계 간에 정보 교환을 내용적·의미적인 수준에서 보장하기 위해 활용된다. 미국에서 개발·활용하는 정보교환모델은 초기에는 전장상황과 직접 관련된 정보를 교환하는 데에 초점을 맞추었으나, 이후 각 정부 부처 및 민간 기관이 함께 활용할 수 있는 범용적인 형태로 발전되었다. 반면 NATO의 경우에 속한 각 국가의 군 간 연합 작전을 수행하는 데에 필요한 개념을 엄격히 표현하는 데에 초점을 맞추었으며, 모델의 범위 역시 지휘통제에 관련된 개념으로 한정되었다. 본 논문에서는 미국과 NATO에서 개발·활용하였던 정보교환모델의 개발 배경, 목적 및 특성을 식별하였고, 이들의 비교분석을 수행하였다. 이를 통해 추후 한국형 정보교환모델 개발 시 시사점을 제시하고자 한다.

☞주제어: 지휘통제(C2), 상호운용성, 정보교환모델, 데이터베이스, XML 스키마

ABSTRACT

For effective battlefield situation awareness and command resolution, information exchange without seams between systems is essential. However, since each system was developed independently for its own purposes, it is necessary to ensure interoperability between systems in order to effectively exchange information. In the case of our military, semantic interoperability is guaranteed by utilizing the common message format for data exchange. However, simply standardizing the data exchange format cannot sufficiently guarantee interoperability between systems. Currently, the U.S. and NATO are developing and utilizing information exchange models to achieve semantic interoperability further than guaranteeing a data exchange format. The information exchange models are the common vocabulary or reference model, which are used to ensure the exchange of information between systems at the content-meaning level. The information exchange models developed and utilized in the United States initially focused on exchanging information directly related to the battlefield situation, but it has developed into the universal form that can be used by whole government departments and related organizations. On the other hand, NATO focused on strictly expressing the concepts necessary to carry out joint military operations among the countries, and the scope of the models was also limited to the concepts related to command and control. In this paper, the background, purpose, and characteristics of the information exchange models developed and used in the United States and NATO were identified, and comparative analysis was performed. Through this, we intend to present implications when developing a Korean information exchange model in the future.

☞keyword: Command and Control(C2), Interoperability, Information Exchange Model, Database, XML Schema

1. 서 론

1 Dept. of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 16419, Korea

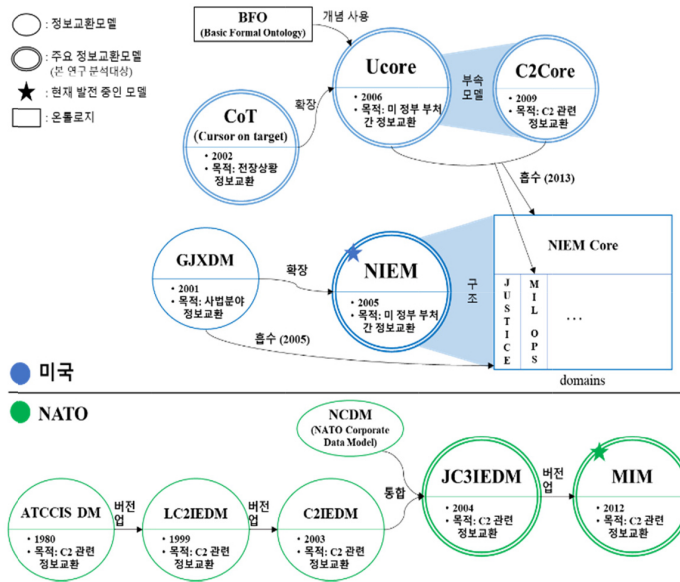
2 Agency for Defense Development, Seoul, 05771, Korea

* Corresponding author: myesohn@skku.edu

[Received 30 August 2022, Reviewed 17 September 2022(R2 17 October 2022, R3 21 October 2022), Accepted 7 November 2022]

☆ 이 논문은 2022년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(UE201114ED)

정부 기관, 군 및 기업 등과 같은 대규모 조직은 특정 목적과 환경에서 개발된 이종의 정보체계를 개발·활용하고 있으며, 이들 정보체계들은 독립적으로 운용되는 경우보다는 조직 내 또는 타 조직의 정보체계와 연동·운용되는 경우가 허다하다[1]. 이때, 이질적인 정보체계들을



(그림 1) 미국과 NATO의 정보교환모델 발전 과정

(Figure 1) The development process of information exchange models in the U.S. and NATO

솔기없이 연동하기 위해서는 교환공유되어야 하는 데이터나 정보의 상호운용성 문제를 반드시 해결해야 한다 [2].

데이터와 정보의 상호운용성 문제는 정보·감시·정찰 (ISR) 데이터를 수집처리해 지휘결심을 수행하고 정밀타격무기(PGM)에 그 결과를 전달하는 지휘통제체계(C2)에서 특히 중요하다. 더 나아가 정보통신 기술의 비약적인 발전은 이러한 네트워크 중심전(Network Centric Warfare, NCW)[3]의 개념을 모자이크 전쟁(Mosaic Warfare)으로 진화시키고 있다[4]. NCW와 모자이크 전쟁에서의 무기체계들은 독자적으로 운용되기 보다는 전장 상황이나 목적에 따라 다른 플랫폼들과 동적으로 연동해 복합체계(System of Systems, SoS)를 구성해 전투를 수행한다[5]. 이때, 이종의 전투체계들이 SoS를 구성하기 위해서는 반드시 교환공유해야 할 데이터 및 정보의 상호운용성 보장이 필수적이다. 데이터 및 정보의 상호운용성 보장 노력은 NATO에서도 수행되고 있다[6]. 유럽과 북미 지역 30개국으로 구성된 정치 및 군사 동맹인 NATO는 회원국을 보호하기 위해 회원국의 병력, 전투기 및 함정 등이 참여하는 다양한 연합 훈련을 실시한다. 연합훈련 수행 시 훈련에 참여하는 회원국의 무기체계는 타국의 플랫폼들과 솔기없이 연동되어야 하는데, 데이터 및 정보의 상

호운용성 보장은 이에 필수적이다. 이를 위해, 미국과 NATO는 지휘통제(Command and Control, C2)를 위한 정보교환모델(Information exchange model)을 개발·활용하고 있다. 이때, 정보교환모델이란 개별 체계에서 출력되는 데이터나 정보를 타 타체계들이 문법적·미적 손실없이 그대로 활용할 수 있도록 하는 표준이다[7].

우리 군도 합동 및 연합작전 수행 능력의 신장을 위해 교환된 데이터 및 정보의 상호운용성 보장을 통한 각군 체계 간 정보공유가 필수적이다. 이러한 요구를 만족시키기 위해, 무기체계간 연동을 위해 연동메시지인 KMTF(Korean Message Text Format)를 개발·활용하고 있다[8]. 그러나 KMTF는 메시지 구조(Message frame)만을 제시하고 있어[9] 의미적 상호운용성을 충분히 보장하는 데에는 한계가 존재한다[10]. 이에 본 연구에서는 미국과 NATO에서 개발된 주요 정보교환모델의 목적, 범위 및 주요 개념들에 대한 비교분석을 수행한 후, 이를 기반으로 한국군의 C2 정보교환모델의 개발 전략에 대해 논의하고자 한다. 정보교환모델을 비교·분석하기 위한 연구가 기수행된 바가 있으나[16] 이는 각 모델의 개념 및 구조에 따른 내재적 특성보다는 외재적인 기술적 특성(구현 복잡성, 보안 표준과의 호환성 등)에 초점을 맞추고 있어 한국군 정보교환모델 개발 시 충분한 시사

점을 제공받기에는 한계가 존재한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 미국과 NATO에서 개발된 주요 정보교환모델의 개발 배경, 목적 및 내용을 소개한다. 3장에서는 이러한 주요 모델들의 특징 및 구성요소에 대한 비교분석을 수행한다. 4 장에서는 결론 및 시사점을 다룬다.

2. 정보교환모델

정보교환모델은 개발목적과 환경이 상이한 체계들을 활용해 구성된 SoS의 구성요소들이 데이터 및 정보를 슬기없이 교환할 수 있도록 하는 표준이다. 정보교환모델은 교환되는 데이터의 형식적 측면에서의 연동을 보장하는 문법적 상호운용성(Syntactic interoperability) 뿐만 아니라 공통 어휘(Common vocabulary)를 활용하여 체계 간 교환되는 데이터의 내용적인 측면에서의 연동을 보장하는 의미적 상호운용성(Semantic interoperability)을 달성하기 위한 수단으로 활용된다[7].

현재 정보교환모델을 개발활용중인 국가는 미국과 NATO이다. 미국의 초기 정보교환모델은 지휘통제에 필요한 전장상황 관련 정보의 교환만을 지원했으나 최근에는 범부처 및 관련 민간 기관 간의 정보 교환을 지원하도록 발전시켰다. NATO는 지휘통제 관련 정보의 교환에 필요한 정보교환모델을 지속적으로 발전시키고 있다. 초기에는 교환되는 데이터 및 정보의 형식이나 내용을 구체적으로 명시하는 데 초점을 맞춘 정보교환모델을 제안했으나 최근에는 여러 이해관계자의 요구를 반영한 개념적 참조 모델로 변화하고 있다. 미국과 NATO의 정보교환모델 발전 과정을 요약하면 그림 1과 같다.

2.1 미국

미군 최초의 정보교환 모델은 Cursor on target (CoT)이다[11]. CoT는 최소한의 데이터만을 이용해 정보 교환 및 시스템 통합을 달성하기 위해 개발된 XSD 형식의 정보교환모델로서, MITRE와 미 공군 ESC(Electronic System Center)에 의해 개발되었다[12]. 이때 CoT가 포함하고 있는 최소한의 데이터에는 전장상황을 구성하는 각 사건(Event)들에 대해 이것이 어떤 사건인지(What)와 이러한 사건이 발생한 위치(Where)와 시각(When)만이 포함되며, 이외의 요소는 디테일(Detail) 부분에서 추가적으로 다루어지도록 함으로써 복잡성을 낮추었다[13]. 구현의 용이성으로 인해 ADOCS(Automated Deep Operations

Coordination System), BAMS UAS(Broad Area Maritime Surveillance Unmanned Aircraft System) 등의 100종이 넘는 C4ISR 시스템에서 활용되었다[14, 15].

그러나 CoT의 핵심 데이터인 대상(What), 위치(Where), 및 시각(When)만으로는 효과적인 지휘결심에 한계가 발생해 "주체(Who)"를 추가해 4W를 핵심으로 하는 UCore(Universal Core)로 발전했다[16]. 이때, UCore는 C2 및 상황인지와 관련된 정보교환뿐만 아니라 미 정부 부처에서 활용되고 있는 다양한 정보체계들이 슬기없는 정보 교환이 가능하도록 진화했다[17]. UCore의 활용 범위가 모든 정부 부처로 확장되면서 모든 부처에서 공통적으로 통용될 수 있는 일반적이고 추상적인 수준들의 개념의 필요성이 대두되어 상위 온톨로지인 BFO(Basic Formal Ontology)[18]를 활용해 발전을 도모했다[19]. 이후, UCore를 C2 도메인에 적합하게 확장한 하위 정보모델인 C2Core(Command and Control Core)가 2009년에 개발되었다[20, 21]. C2Core는 표적, 병력, 트랙, 계획 등 C2 도메인의 개념들로 구성된다[22]. 그러나 UCore와 C2Core는 미 국방부 이외의 부처에서는 사용된 바가 거의 없었고 오히려 다수의 부처들이 미 법무부가 제안한 NIEM(National Information Exchange Model)을 정보교환 모델로 채택하면서, UCore와 C2Core는 NIEM으로 통합되었다[23].

미 국방부와는 별도로 미 법무부(Department of Justice, DOJ)도 사법 분야를 위한 XSD 기반 정보교환모델인 GJXDM(Global Justice XML Data Model)를 2003년에 제안하였다[24]. 이후 DOJ와 미 국토안보부(Department of Homeland Security, DHS)에서는 GJXDM을 확장하여 여러 정부 부처 및 유관 기관에서 공통적으로 활용할 수 있는 정보교환모델을 개발하였고[25, 26], 그 산출물이 미 정부 부처 및 관련 공공/민간기관의 정보교환을 지원하기 위한 모델인 NIEM이다[27]. NIEM은 기본적으로는 XSD 형식이지만 UML 및 JSON 형식도 지원하고 있다. NIEM은 현재에도 활발히 활용되는 모델로서, 22년 8월 현재 5.1버전이 활용되고 있으며 5.2버전이 개발 중에 있다. DoD에서 개발/활용하던 UCore와 C2Core는 NIEM Core와 NIEM의 Mil Ops(Military Operations) 도메인으로 통합되었으며[23], 현재 미국에서 C2 정보교환을 위해 활용하는 모델은 NIEM이다. Mil Ops 도메인은 2015년에 개발된 NIEM 3.1버전에서부터 추가되었다. 이후 5.1버전에서 JNKE IEPD(Joint Non-Kinetic Effectiveness Information Exchange Package Documentation)에 포함된 어휘들이 Mil Ops 도메인에 추가되면서 Mil Ops 도메인에서 다루는 어

휘의 수가 크게 증가하였다[28].

2.2 NATO

미국과는 달리, NATO에서 개발한 C2 정보교환모델은 모델의 범위를 C2로 제한하여 NATO에 속한 각 국가의 군 간 연합 작전(Joint operation)을 수행하는 데에 필요한 개념을 엄격히 표현하는 데에 초점을 맞추었다. NATO의 정보교환모델은 XSD보다 구조적으로 엄격한 UML(Unified Modeling Language) 형식으로 설계되었으나, 최근에는 구조적으로 엄격하면서도 재사용성과 확장성이 높은 언어인 OWL(Web Ontology Language) 형식으로도 제공하고 있다.

NATO의 경우 이에 소속된 다양한 국가의 이질적인 군 체계 간 상호운용성을 보장하고 효과적으로 연합 작전을 수행하기 위한 논의를 오래 전부터 지속해왔다. 1978년에 NATO 회원국들은 LTDP(Long-Term Defense Program)를 출범하여 C2 분야에서 자동화된 데이터 처리를 통해 각 국가 체계 간 상호운용성을 보장하고자 하였고[29], 이를 위해 유럽 연합군 최고사령부(Supreme Headquarters Allied Powers Europe, SHAPE)에서는 1980년에 ATCCIS(Army Tactical Command and Control Information System)의 개발을 착수하였다[30]. 이후 ATCCIS의 기술적 타당성은 매년 진행되는 JWID(Joint Warrior Interoperability Demonstrator) 프로그램에서 ATCCIS 기반 시스템의 시연을 통해 검증되었고, 최종적으로는 1999년에 ATCCIS 데이터 모델은 LC2IEDM(Land Command and Control Information Exchange Data Model)라 명명되며 NATO 표준이 되었다[31].

ATCCIS의 개발/활용과는 별개로, NATO에 속한 소수 국가들에서 체계 간 표준화 및 상호운용성 보장을 위해 QIP(Quadrilateral Interoperability Programme), BIP(Battlefield Interoperability Programme) 등의 프로그램을 수행하였다[32]. 이후 QIP와 BIP는 1998년에 캐나다, 프랑스, 독일, 이탈리아, 영국, 미국의 각국 군 지휘통제 정보시스템 프로젝트 매니저들에 의해 출범한 MIP(Multilateral Interoperability Programme)에 통합되었다[33]. 이후 2002년에 ATCCIS가 MIP로 통합되며 LC2IEDM은 개정되었고, 2003년에 버전업이 수행되며 명칭이 C2IEDM(Command and Control Information Exchange Data Model)로 변경되었다[34]. 2004년에는 NDAG(NATO Data Administration Group)에 의해 개발된 데이터 모델인 NATO Corporate Data Model(NCDM)과

MIP의 C2IEDM이 병합되면서 JC3IEDM(Joint Consultation, Command and Control Information Exchange Data Model)으로 명명되었다[2].

JC3IEDM은 플랫폼 독립적인(Platform-independent) UML(Unified Modeling Language) 모델로, C2 분야의 대표적인 정보교환모델이다[35]. JC3IEDM은 체계 간에 정보를 ‘구조화되고(Well-structured),’ ‘일반화되고(Normalized),’ ‘명료한(Unambiguous)’ 형태로 교환하는 것을 목적으로 한다. JC3IEDM에서 교환되는 정보의 범위는 ‘상황 인식,’ ‘작전 계획,’ ‘실행’ 및 ‘보고’이다[36]. 이처럼 JC3IEDM은 다양한 분야에서 활용되는 것을 목적으로 개발된 UCore 및 NIEM과는 달리, C2 관련 정보의 정확한 교환이 목적이다. JC3IEDM은 C2 도메인의 지배적인 모델로서 C-BML(Coalition Battle Management Language), JDSS(Joint Dismounted Soldier System) 등의 다양한 표준에서 활용되었다. 그러나 JC3IEDM은 UML 기반의 관계형 DB 모델로서 재사용성과 확장성이 떨어진다는 한계를 지니고 있었고, 웹 기반 표준들이 확산됨에 따라 시대에 뒤처진다는 평가를 받기도 했다[37].

이러한 점을 고려하여 MIP에서는 2012년에 JC3IEDM의 후속 모델인 MIM(MIP Information Model)을 출시하였다[38]. MIP에는 현재 NATO 회원국 및 비회원국을 모두 포함하여 26개국이 참여하고 있으며[39], 현재도 MIM의 개선을 수행 중에 있다. MIM은 JC3IEDM의 개념들을 포함하고 있으며, 시스템의 기술적 구현을 보다 강조·요구했던 JC3IEDM과는 달리, MIM은 공통의 의미적 레퍼런스(Common semantic reference)로서 C2 도메인에서 체계 개발 및 정보교환 시 참고·활용할 수 있는 기능적인 개념들을 제공하는 것을 목표로 하고 있다[40]. MIM 역시 UML 형식으로 설계되었으나, 확산되는 웹 기반 표준에 맞추어 모델의 폭넓은 활용성을 보장하기 위해 OWL(Web Ontology Language) 형식으로도 표현되었고, 이를 위한 UML과 OWL 간의 매핑 룰도 제시하였다[37]. MIM은 현재 2020년에 개발된 5.1버전이 활용되고 있으며, 2023년에 5.2버전이 출시될 예정이다[38].

3. 정보교환모델 비교분석

3.1 비교 지표

본 절에서는 우리 군을 위한 C2 정보의 솔기없는 교환을 보장할 수 있는 정보교환모델의 개발 필요성과 개발 방향을 도출하기 위해 미국과 NATO의 주요 정보교

환모델(CoT, UCore/C2Core, NIEM, JC3IEDM, MIM)에 대한 비교분석을 수행하고자 한다. 이를 위해, 정보교환모델의 개발 목적, 적용을 통해 달성하고자 하는 목표 및 활용 범위에 따라 다음과 같은 지표를 선정하였다.

개발 목적은 정보교환모델의 특성을 결정하는 중요한 요소이다. 이때, 정보교환모델을 개발·활용 목적은 특정 부처 또는 특정 도메인을 위한 정보교환인지 아니면 다수의 부처가 공통적으로 활용한 정보교환모델인지로 구분한다.

(1) 확장성: 사용 환경의 변화는 기존 정보교환모델의 개념이나 요소가 대한 추가(변경)를 요구할 수 있다. 확장성은 이러한 요구에 대응할 수 있는 정도를 평가하는 지표로서, 사용자의 요구에 맞게 개념이나 요소를 추가(변경)하는 것이 가능하면 확장성이 높고, 이것이 불가능하면 확장성은 낮다고 할 수 있다. JC3IEDM의 정보교환 스키마는 중앙집중적으로 관리되며 정보교환시 이를 엄격히 준수할 것을 요구한다. 즉, 개별 사용자 수준에서 스키마의 변경은 절대 불가능하기 때문에 확장성은 매우 낮다. 반면, NIEM은 특정 정보교환을 위해 새로운 개념이나 요소의 추가(변경)가 필요한 경우 적절한 namespace를 갖는 XSD를 추가하는 것이 가능하므로 모델의 확장성은 높다.

(2) 구조의 엄격성: 정보는 일정한 메시지 형식을 이용해 교환된다. 이때 정보교환모델의 종류에 따라 준수해야 할 메시지 형식의 엄격도가 매우 상이하다. JC3IEDM은 교환 대상 정보의 개념, 속성 및 자료형까지 준수할 것으로 요구하며, 이것이 준수되지 않았을 경우 정보교환이 불가능하다. 반면, NIEM은 정보교환에 필요한 개념이나 속성을 XML로 표현한 후 해당 메시지의 구조와 메시지가 포함해야 할 요소와 속성을 XSD 문서로 첨부해 교환한다. 즉, NIEM은 정보교환에 필요한 어떠한 구조도 언급하지 않고 단지 유효한(valid) XML만을 요구하므로 구조의 엄격성이 가장 낮다.

(3) 범용성: 정보교환모델을 적용할 수 있는 범위를 평가하는 지표이다. 특정 부처 또는 특정 도메인을 위한 정보교환모델은 범용성은 낮고 범부처에 사용하는 정보교환모델의 범용성은 높다. C2 관련 정보교환만을 위해 활용되는 JC3IEDM이 범용성이 가장 낮으며, 다양한 도메인의 정보교환을 위해 활용되는 NIEM이 범용성이 가장 높다.

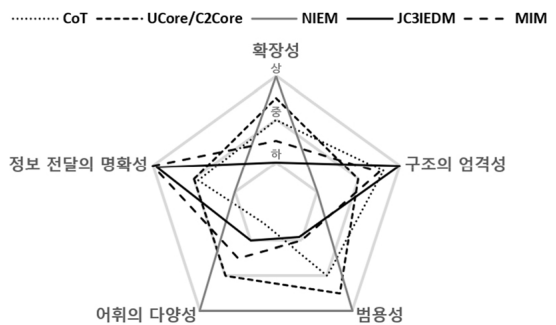
(4) 어휘의 다양성: 정보교환모델이 포함하는 어휘의 수와 종류가 얼마나 크고 다양한지를 평가하는 지표이다. 가벼운 소규모의 모델로 개발된 CoT가 어휘의 다양

성이 가장 낮고, 다양한 부처 및 기관이 참여하여 어휘를 추가·활용하는 NIEM이 어휘의 다양성이 가장 높다.

(5) 정보 전달의 명확성: 해당 정보교환모델을 준수하여 정보 교환 시 정보가 얼마나 의도에 맞게 명시적으로 전달되는지를 평가하는 지표이다. 사용 어휘와 메시지의 구조 등이 사전에 구체적으로 정의되어 있을수록 정보 전달의 명확성이 높다. JC3IEDM과 MIM의 경우 구조가 명시적으로 정의되어 있고 개념 간 중복이 없으므로 정보 전달의 명확성이 높다. 반면 각 도메인 이해관계자들이 필요에 맞게 개념을 추가하여 활용하는 NIEM의 경우 개념 간 중복이 발생하여 정보 전달의 명확성은 떨어진다.

3.2 주요 모델 비교분석

이상의 지표를 기반으로 주요 모델을 비교하여 도식화하면 그림 2와 같다.



(그림 2) 주요 정보교환모델 비교
(Figure 2) Comparison of major information exchange models

비교는 절대적인 기준을 이용해 평가한 것이 아니라, 3.1절에서 식별한 바와 같이 각 지표별로 해당 속성이 가장 높은 모델과 가장 낮은 모델을 기준으로 삼아 나머지 모델을 상대적으로 비교하였다.

3.2.1 CoT

XSD 형식으로 개발된 CoT는 DoD 시스템들에서 공통적으로 활용되는 핵심 개념들을 CoT 베이스 스키마(Base schema)로 제시한다. CoT가 요구하는 필수 속성은 총 12가지로, 위 그림에서와 같이 ‘사건(event)’ 요소에 버전(version), 명칭(uid) 등의 필수 속성이 존재하며, 좌표

(point) 요소에 위도(lat), 경도(lon), 고도(hae) 등의 필수 속성이 존재한다[13]. 정보교환시 이 속성 값들을 반드시 포함시켜야 하기 때문에 정보교환모델의 구조적 자유도는 낮다. CoT의 XML메시지 구조는 다음 그림 3과 같다.

```
<?xml version='1.0' standalone='yes'?>
<event version="2.0"
  uid="J-01334"
  type="a-h-A-M-F-U-M"
  time="2005-04-05T11:43:38.07Z"
  start="2005-04-05T11:43:38.07Z"
  stale="2005-04-05T11:45:38.07Z" >
  <detail>
  </detail>
  <point lat="30.0090027" lon="-85.9578735" ce="45.3"
    hae="-42.6" le="99.5" />
</event>
```

(그림 3) CoT 메시지 예시 [13]
(Figure 3) An example of a CoT Message [13]

CoT가 요구하는 필수 속성은 총 12가지로, 위 그림에서와 같이 ‘사건(event)’ 요소에 버전(version), 명칭(uid) 등의 필수 속성이 존재하며, 좌표(point) 요소에 위도(lat), 경도(lon), 고도(hae) 등의 필수 속성이 존재한다[13]. 정보교환시 이 속성 값들을 반드시 포함시켜야 하기 때문에 정보교환모델의 구조적 자유도는 낮다.

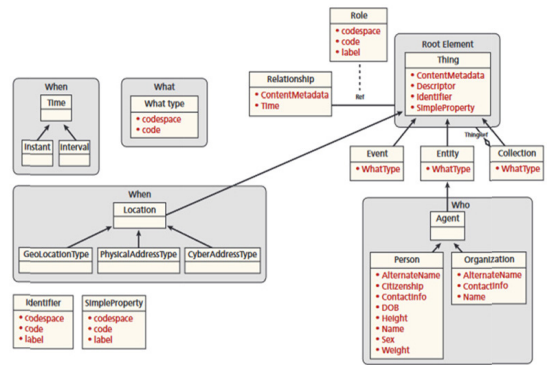
그러나 CoT는 ‘detail(상세)’ 요소를 통해 교환되는 정보의 확장성을 어느 정도 보장한다. ‘상세’는 사건에 대한 추가적인 정보를 표현하는 하위 스키마(Sub-schema)를 담기 위한 요소로 속도와 방향 등의 정보를 포함할 수 있는 트랙(track)과 기타 텍스트 정보(remarks) 등이 포함된다[13]. CoT는 상황에 대한 W3(What, Where, When)와 관련된 어휘만을 다루기 때문에 어휘의 다양성은 낮으나 상황 관련 정보를 다루는 분야라면 국방 도메인이 아닌 여도 적용이 가능하다는 점에서 어느 정도의 범용성은 보장된다고 볼 수 있다. 실제로 C2 도메인 이외의 활용도 고려된 사례가 있다. CoT는 12가지의 필수 속성에 대해서는 자료형까지 구체적으로 제시하여 정보 전달의 명확성을 보장했으나 상세 부분에서 다루어지는 추가적인 정보의 경우 시스템 간 서로 다른 하위 스키마를 활용하기 때문에 정보 전달의 명확성은 제한적으로 보장된다.

3.2.2 UCore/C2Core

UCore/C2Core는 CoT를 확장한 정보교환모델이기 때문에 CoT의 특성을 그대로 상속함과 아울러, UCore에서는 공유 정보를 사람과 기계가 동시에 이해할 수 있는 요약문인 ‘UCore 다이제스트(Digest)’를 생성한다 (그림 4).

UCore 다이제스트는 체계 간 교환되는 정보에서 공통적으로 나타나는 주요 요소들에 대한 고수준(High-level)의 표현으로, CoT에서 다루어지는 W3에 주체(Who)를 추가한 것이다(W4)[20].

또한 UCore는 모든 도메인에서 통용될 수 있는 일반적이고 추상적인 어휘들로 구성되어 정보 교환 시 활용할 수 있는 어휘집인 ‘UCore 텍소노미(Taxonomy)’를 제공한다. UCore는 BFO와 같이 상위 온톨로지와 유사하게 기능하며[19], 개별 도메인에서는 하위 온톨로지와 같이 필요한 어휘들을 확장하여 활용할 수 있도록 하였다. UCore로부터 C2 도메인으로 확장된 하위 모델이 C2Core이다.

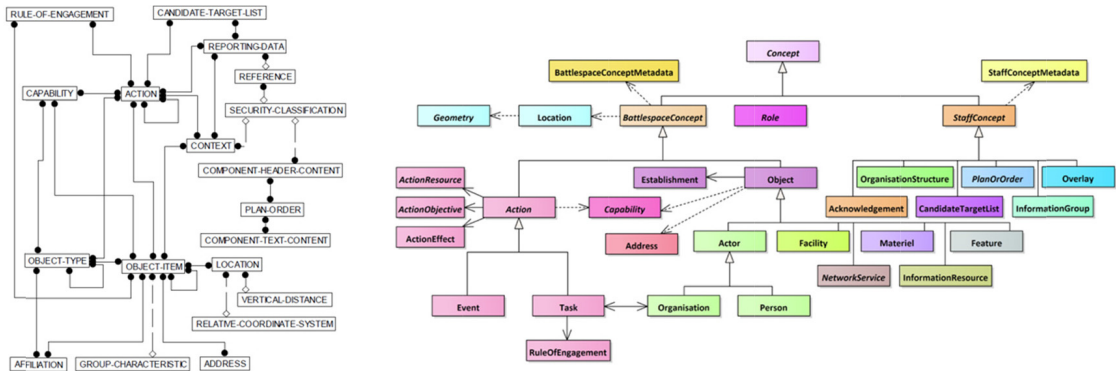


(그림 4) UCore 다이제스트 [17]
(Figure 4) UCore Digest [17]

이해관계자들이 필요에 맞게 도메인 어휘를 확장하여 사용하도록 하였다. 이 점에서 UCore는 확장성, 범용성 및 어휘의 다양성이 높은 모델이지만, 사용가능한 어휘를 UCore 텍소노미로 제한한다는 점에서 NIEM에 비해 확장성, 범용성 및 어휘의 다양성이 상대적으로 낮다. 또한 UCore 다이제스트 구조를 준수해야 한다는 점에서 구조의 엄격성 및 정보 전달의 명확성이 존재하나, 활용하는 어휘 및 자료형은 보다 자유로운 선택이 가능하다는 점에서 CoT, JC3IEDM 및 MIM보다는 구조의 엄격성 및 정보 전달의 명확성이 낮다고 할 수 있다.

3.2.3 NIEM

NIEM은 XSD 형식의 모델이며, 교환되는 정보에 활용될 공통 어휘(Common vocabulary)를 제공하는 것을 목표로 한다[28]. 즉 교환되는 정보가 반드시 포함하여야 하는 개념이나 속성이 없으며, NIEM으로부터 정보 교환



(그림 5) JC3IEDM(좌)(36) 및 MIM(우)(40)의 상위 개념 및 관계
 (Figure 5) The upper concepts and their relations of JC3IEDM (left)(36) and MIM (right)(40)

시 필요한 개념을 자유롭게 활용할 수 있다. 즉 제시된 주요 정보교환모델 중 구조적 엄격성이 가장 낮다고 볼 수 있다. 또한 모든 도메인에서 공통적으로 활용하는 어휘(NIEM Core) 및 각 도메인에서 활용하는 어휘를 구분하고 있으며, 이는 각 이해관계자들에 의해 관리된다. 이러한 점에서 확장성, 어휘의 다양성 및 범용성 역시 제시된 모델 중 가장 높다. 그러나 각 이해관계자들이 각자의 필요에 맞게 개념을 추가·활용하기 때문에 어휘 및 속성의 중복성이 존재하며, 다른 모델에 비해 정보 전달의 명확성은 낮다.

3.2.4 JC3IEDM

JC3IEDM은 하향식 모델로서, C2 정보 교환 시 필요한 개념 및 관계, 그리고 이들의 자료형까지 모델에서 제시하여 사용자들로 하여금 이를 준수하도록 하며, 구조의 엄격성 및 정보 전달의 명확성이 제시된 모델 중 가장 높다. JC3IEDM은 UML 기반의 데이터 모델로 ‘엔티티(Entity)’와 이들 간의 ‘관계(Relation)’로 구성되며, 엔티티는 최상위의 독립 엔티티(Independent entity)들과 이의 하위 엔티티(Subtype entity)들로 구성된다[36]. JC3IEDM의 최상위 독립 엔티티 및 관계는 그림 5 좌측과 같으며, JC3IEDM을 기반으로 교환되는 정보는 이러한 구조를 준수하여 교환된다. JC3IEDM은 철저하게 C2 관련 정보 교환에 초점을 맞춘 모델이기 때문에 확장성, 범용성 및 어휘의 다양성은 낮다.

3.2.5 MIM

MIM 역시 JC3IEDM 후속 모델로서 UML을 기반으로

설계되었으며, JC3IEDM과 마찬가지로 C2 관련 정보 교환 시 필요한 개념 및 관계를 제시하여 이를 준수하도록 하였다. 즉 확장성, 범용성 및 어휘의 다양성이 낮고, 구조의 엄격성과 정보 전달의 명확성이 높다. 그러나 MIM은 비교적 평면적인 DB 스키마 형식인 JC3IEDM에 비해 MIM은 그림 5 우측과 같이 계층적인 온톨로지 형식으로 개발되었으며[40], UML에 비해 재사용성과 확장성이 높은 언어인 OWL 형식으로도 표현되었다[41]. 또한 JC3IEDM이 기술적 구현에 초점을 맞춘 것과는 달리 MIM은 의미적 레퍼런스를 제시하는 것에 초점을 맞추어 개발되었다. 이러한 점에 비추어볼 때 MIM은 JC3IEDM에 비해 비교적 확장성이 높고, 구조의 엄격성이 낮다. 또한 MIM은 JC3IEDM에 비해 포함하는 어휘의 수와 종류가 다양하다.

4. 결론 및 시사점

전쟁의 양상이 플랫폼 기반의 전쟁에서 네트워크 중심전, 더 나아가서 모자이크전으로 진화하고 있다. 이러한 현대전에서 탐지·식별·추적체계(Sensor)와 지휘관(Decision maker)과 타격체계(Shooter)에 이르는 모든 전장 요소는 네트워크로 연결되며, 이때 네트워크에는 물리적인 망을 포함한 통신체계 뿐만이 아니라 전장 요소들의 상호운용성보장에 필요한 정보교환모델이 포함된다.

미국과 NATO는 무기체계 및 정보체계들의 솔기없는 정보 교환능력을 합동 및 연합작전 수행의 핵심 요소로 식별하고, 이를 위한 정보교환모델의 개발에 박차를 가하고 있다. 그 결과, 2000년 이후 다양한 정보교환모델이 개

발되었으며, 미국은 NIEM을 그리고 NATO는 JC3IEDM을 널리 활용하고 있다. 우리 군은 정보체계들 간의 상호운용성 보장을 위해 MND 아키텍처 프레임워크를 제안한 바 있으나[42], 네트워킹된 탐지·식별·추적체계와 지휘관과 타격체계들의 상호운용성 보장을 위한 정보교환모델의 필요성 논의는 이제 막 시작되고 있는 단계이다[43]. 우리 군도 합동 및 연합작전 수행을 위해 전장요소를 네트워킹하고, 네트워킹된 전장 요소들이 술기없이 데이터를 교환할 수 있는 통합 전장 환경 구축에 박차를 가하고 있다. 이때, 통합 전장환경을 성공적으로 구축하기 위한 핵심 요소중의 하나가 전장요소들 간의 데이터 교환에 필요한 정보교환모델이다. 우리 군의 정보교환 모델 개발 시 시행착오는 줄이고 수용도 높은 모델을 개발하기 위해 미국과 NATO의 사례로부터 몇 가지 교훈을 도출한다.

첫째, 우리 군의 정보교환모델은 반복 점증적 방식(Iterative & Incremental Method)으로 개발한다. 가장 성공적인 정보교환모델로 평가받고 있는 NIEM은 모든 이해관계자들이 활용하는 공통 개념을 개발하고, 개별 이해관계자들의 필요에 따라 개념을 추가하는 점증적 방식을 취한다. 전장상황의 변화에 적응하기 위해 정보교환모델 구성요소의 추가 및 변경은 불가피하기 때문에, 한국형 모델은 점증적 개발을 통해 정보교환모델의 범용성과 확장성 및 어휘의 다양성을 보장하여야 한다. 다만 한국형 모델은 NIEM과는 달리 군사적 목적의 모델이기 때문에, 이해관계자들이 구성요소의 추가 및 변경을 수행할 때 이를 중앙에서 관리할 수 있는 구조로 개발·운영할 것을 권장한다.

둘째, 반복 점증적 방식을 채택할 경우, 모델의 무한 확장과 개념의 중복과 충돌 등의 문제를 야기할 수 있으므로 이에 대한 제어 장치가 필요하다. 우리 군의 정보교환모델의 무한 확장과 중복을 제어하기 위해, 정보교환모델에 포함된 요소들에 대한 시소러스(thesaurus)나 온톨로지(Ontology)를 메타모델로 구축할 것을 제안한다. 이를 통해, 정보교환모델에 포함된 요소들 간의 문법적·의미적 관계를 명확히 함으로써 정보교환모델에 포함된 요소의 재활용 및 중복을 피하여 정보 전달의 명확성을 보장하여야 한다.

셋째, 우리 군에서 정보교환모델의 필요성이 가장 먼저 대두된 분야는 C2, 즉 지휘통제이다. 지휘통제 임무의 특성상 정보교환모델을 통해 공유되는 데이터나 정보는 문법적·의미적으로 한치의 오차도 발생해서는 안 된다. 즉 한국형 모델은 구조의 엄격성을 보장하여야 한다.

이상의 시사점들로 미루어 볼 때 한국형 모델은 다섯

지표(확장성, 구조의 엄격성, 범용성, 어휘의 다양성, 정보 전달의 명확성) 모두에 대해 적절한 수준을 보장할 수 있는 모델이어야 한다. 이를 위해, 구조적으로 엄격하면서도 재사용성과 확장성이 높은 OWL 형식으로서의 개발이 적절하다고 판단된다.

References

- [1] P. W. Shin, J. Lee, J. Kim, D. Shin, Y. Lee, and S. H. Hwang. "A Research in Applying Big Data and Artificial Intelligence on Defense Metadata using Multi Repository Meta-Data Management (MRMM)," *Journal of Internet Computing and Services*, Vol. 21, No. 1, pp.169-178, 2020.
<https://doi.org/10.7472/jksii.2020.21.1.169>
- [2] E. Lasschuyt, M. Henken, W. Treurniet, and M. Visser, "How to Make an Effective Information Exchange Data Model," NATO RTO IST-042 Symposium on Coalition C4ISR Architectures and Information Exchange Capabilities, The Hague, Netherlands JWP, 2004.
<https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA469736>
- [3] W. Ou, M. Chae, and D. Yeum, "Influence Factors of Effectively Executing NCW by User's Point of View," *Journal of Internet Computing and Services*, Vol. 11, No. 2, pp.109-127, 2010.
<https://koreascience.kr/article/JAKO201023850760852.page>
- [4] H. Kim, J. Lee, G. Park, and M. Sohn, "Multi-source information integration framework using self-supervised learning-based language model," *Journal of Internet Computing and Services*, Vol. 22, No. 6, pp. 141 - 150, 2021.
<https://doi.org/10.7472/jksii.2021.22.6.141>
- [5] T. Grayson, "Mosaic warfare," keynote Speech delivered at the Mosaic Warfare and Multi-Domain Battle, DARPA Strategic Technology Office, 2018.
<https://www.almendron.com/tribuna/wp-content/uploads/2019/07/sto-mosaic-distro-a.pdf>
- [6] S. J. Maranian, "NATO interoperability: Sustaining Trust and Capacity within the Alliance," Research Division, NATO Defense College, 2015.
https://www.files.ethz.ch/isn/192707/rp_115.pdf

- [7] R. Suzić, and C. Yi, "Information Exchange Requirements (IER) and Information Exchange Models (IEM),"In Proceedings of the First International Workshop on Model Driven Interoperability for Sustainable Information Systems (MDISIS'08), Montpellier, France, 2008.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.143.1099&rep=rep1&type=pdf>
- [8] W. Hong, "Improving Flexibility of External Data Exchange in Count-fire Operation System by Adapting Dynamic Parser Software," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 11, No. 1, pp. 51-56, 2008.
<https://koreascience.kr/article/JAKO200835062477572.page>
- [9] J. Ju, S. Kang, and D. Lim, "An study on the common message design of Korean message format(KMTF) and direction of management procedure & tool,"Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference, 2010.07a, pp. 349-352, 2010.
<https://koreascience.kr/article/CFKO201029149562700.page>
- [10] H. Lee, W. Kim, and J. Lim, "Proposal of the development plan for the ROK military data strategy and shared data model through the US military case study,"Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 25, No. 6, pp. 757 - 765, 2021.
<https://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.6.757>
- [11] M. Butler, "The Developer's Guide to Cursor on Target," MITRE CORP BEDFORD MA, 2005.
<https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA637348>
- [12] A. Elledge, T. Zimmerman, B. Robinson, and J. Jacobsen, "Exchanging Link 16 CoT Messages and US Army ABCS Messages via PASS," In 2007 IEEE Military Communications Conference, pp. 1-5, 2007.
<https://doi.org/10.1109/MILCOM.2007.4455219>
- [13] M. J. Kristan, J. T. Hamalainen, D. P. Robbins, and P. J. Newell, "Cursor-on-target message router user's guide," MITRE CORP BEDFORD MA, 2009.
<https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA640597>
- [14] R. A. Shulstad, "Cursor on target: Inspiring innovation to revolutionize air force command and control," Air & Space Power Journal, Vo. 25, No. 4, pp. 19-29, 2011.
- [15] J. D. Crouse, "Development of Cursor-on-Target Control for Semi-Autonomous Unmanned Aircraft Systems,"Theses and Dissertations, 2936, Air Force Institute of Technology, 2007.
<https://scholar.afit.edu/etd/2936>
- [16] S. Renner, "A Comparison of Cursor-on-Target, UCore, and Niem," MITRE CORP MCLEAN VA, 2012.
<https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD1112602>
- [17] D. Gonzales, C. J. Ohlandt, E. Landree, C. Wong, R. Bitar, and J. Hollywood, "The Universal Core Information Exchange Framework: Assessing Its Implications for Acquisition Programs,"RAND NATIONAL DEFENSE RESEARCH INST SANTA MONICA CA, 2011.
<https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA545325>
- [18] R. Arp, and B. Smith, "Function, Role, and Disposition in Basic Formal Ontology," Nature Precedings, 2008.
<https://doi.org/10.1038/npre.2008.1941.1>
- [19] B. Smith, L. Vizenor, and J. Schoening, "Universal Core Semantic Layer,"In Ontology for the Intelligence Community: Proceedings of the Third OIC Conference, CEUR, Vol. 555, pp. 1-5, 2009.
<https://philpapers.org/rec/SMIUCS>
- [20] M. D. Allen, C. Macheret, and M. Ann, "C2 Core and UCore Message Design Capstone: Interoperable Message Structure," MITRE CORP MCLEAN VA, 2009.
<https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA596680>
- [21] R. Beardsworth, D. O'Neill, P. Barry, S. Renner, and J. Wandelt, "XML standards as the basis for data interoperability among military C2 systems and beyond," In 2010 IEEE Military Communications Conference, pp. 231-236, 2010.
<https://doi.org/10.1109/MILCOM.2010.5680356>
- [22] R. Beardsworth, "C2 Core - Warfighter Data Interoperability Enabler," In AFCEA-GMU C4I Center Symposium.
<https://c4i.gmu.edu/eventsInfo/reviews/2011/slides/20-Beardsworth-slides.pdf>
- [23] Department of Defense, "Adoption of the National Information Exchange Model within the Department of Defense," 2013.

- <https://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/2013-03-28%20Adoption%20of%20the%20NIEM%20within%20the%20DoD.pdf>
- [24] Department of Justice, "Global Justice XML Data Model," 2004.
https://bja.ojp.gov/sites/g/files/xyckuh186/files/media/document/global_justice_xml_data_model_overview.pdf
- [25] D. Dillard, "'Gjxdm Documents and Small Law Enforcement Agencies," Regis University Student Publications (comprehensive collection), 107, 2008.
<https://epublications.regis.edu/theses/107>
- [26] M. Haslip, and P. Wormeli, "Interagency Information Sharing: The National Information Exchange Model," POLICE CHIEF, Vol. 74, No. 4, pp. 32-37, 2007.
<https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/interagency-information-sharing-national-information-exchange-model>
- [27] P. Wormeli, "The National Information Exchange Model and making data relevant," International Journal of Population Data Science, Vol. 3, No. 5, 2018.
<https://doi.org/10.23889/ijpds.v3i5.1054>
- [28] NIEM. <https://www.niem.gov/>
- [29] U.S. General Accounting Office, "NATO's New Defense Program: Issues For Consideration," 1979.
<https://www.gao.gov/assets/id-79-4a.pdf>
- [30] L. B. Scheiber, J. W. Barnett, and R. P. Walker, "Technical Standards for the ATCCIS (Army Tactical Command and Control Information System) Architecture," INSTITUTE FOR DEFENSE ANALYSES ALEXANDRIA VA, 1988.
<https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA201001>
- [31] M. R. Hieb, W. P. Sudnikovich, A. Tolk, and J. M. Pullen, "Extensible Battle Management Language (XBML): A Methodology for Web Enabling Command and Control for Network Centric Warfare," ATLANTIC CONSULTING SERVICES INC, 2004.
<https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA465927>
- [32] G. Cahlink, "ARMY CUTS SECOND GEN FLIR FUNDING, ADDS MONEY TO UPGRADE JTAGS LINK," Inside the Army, Vol. 9, No. 31, pp. 1 - 19, 1997.
<https://www.jstor.org/stable/43980271>
- [33] M. G. van der Meijden, "Current and Future MIP Capabilities for Coalition Interoperability," TNO DEFENCE SECURITY AND SAFETY THE HAGUE (NETHERLANDS), 2005.
<https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA469714>
- [34] C. L. Blais, C. Turnitsa, C., and A. Tolk, "C2IEDM for the GIG: A Tutorial," In the Spring Simulation Interoperability Workshop, 2005.
https://digitalcommons.odu.edu/msve_fac_pubs/38
- [35] M. Gerz, and O. Meyer, "Defining C2 semantics by a platform-independent JC3IEDM," International Journal of Intelligent Defence Support Systems, Vol. 4, No. 3, pp. 263-285, 2011.
<https://www.doi.org/10.1504/IJIDSS.2011.043358>
- [36] Multilateral Interoperability Programme, "The Joint C3 Information Exchange Data Model," Edition 3.1.4., 2012.
<http://www.mip-site.org>
- [37] M. Gerz, M. Mulikita, N. Bau, and F. Gökgöz, "The MIP information model-a semantic reference for command & control," In 2015 International Conference on Military Communications and Information Systems, pp. 1-11, 2015.
<https://doi.org/10.1109/ICMCIS.2015.7158717>
- [38] MIM.
<https://www.mimworld.org/portal/projects/welcome/wiki/Welcome>
- [39] D. Bistarkey, "Network interoperability key to common operating picture," U.S. Army, 2016.
https://www.army.mil/article/161317/network_interoperability_key_to_common_operating_picture
- [40] MIM Information Sheet.
<https://www.mimworld.org/portal/attachments/download/4183/MIM%20Information%20Sheet.pdf>
- [41] M. Wolski, U. Schade, N. Bau, and T. Remmersmann, "Battle Management Language (BML) and the MIP Information Model (MIM)," In 21st International Command and Control Research and Technology Symposium. 2016.
https://static1.squarespace.com/static/53bad224e4b013a11d687e40/t/57d69874893fc0cb7a12dda8/1473681525205/paper_5.pdf
- [42] N. K. Lim, H. S. Son, S. G. Park, and T. G. Lee, "Tendency of Defense Architecture Framework and MND-AF Improvement Direction," Journal of

Information Technology and Architecture, Vol. 6, pp.171-182, 2009.

<https://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=2829700>

- [43] G. Park, K. Kim, J. Kim, and H. Jeon, "The Development Methodology of Korea Command and Control Information Exchange Model," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 25, No. 9, pp. 1412-1422, 2022.

[44] H. R. Park, "An Analysis on the Division of Labor in the South Korea-U.S. Combined Forces," Peace Studies, Vol. 24, No. 1, pp. 81-116, 2016.

<http://dx.doi.org/10.21051/PS.2016.04.24.1.81>

◎ 저 자 소 개 ◎



김 건 영(Kunyoung Kim)

2017년 성균관대학교 전자전기공학부(공학사)

2017년~현재 성균관대학교 대학원 산업공학과 석박통합과정

관심분야 : 인공지능, 지식관리, 온톨로지, 추천시스템

E-mail : kimkun0@skku.edu



박 규 동(Gyudong Park)

1994년 홍익대학교 컴퓨터공학과(공학사)

1996년 홍익대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)

2014년 홍익대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)

1996년~현재 국방과학연구소 연구원

관심분야 : CAI, 가상화, 클라우드, 네트워크

E-mail : iobject@add.re.kr



손 미 애(Mye Sohn)

1985년 성균관대학교 산업공학과(공학사)

1988년 한국과학기술원 대학원 산업공학과(공학석사)

2002년 한국과학기술원 대학원 경영공학과(공학박사)

2004년~현재 성균관대학교 산업공학과 교수

관심분야 : 인공지능/전문가시스템, 지식그래프, 시맨틱웹, 온톨로지, IoT, 기계학습, 추천시스템

E-mail : myesoehn@skku.edu