

한국 지휘통제 정보교환모델 개발 방법론 연구

박규동¹ · 김건영² · 김종모³ · 전호철^{1*}

The Development Methodology of Korea Command and Control Information Exchange Model

Gyudong Park¹ · Kunyoung Kim² · Jongmo Kim³ · Hocheol Jeon^{1*}

^{1*}Ph.D., Command and Control Systems PMO, Agency for Defense Development, Seoul, 05661 Korea

²Ph.D. Student, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 05661 Korea

³Ph.D., Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 05661 Korea

요약

무기체계 간 상호운용성의 중요성이 점점 커지고 있다. 체계 간 상호운용성은 주로 자료 연동을 통해 구현된다. 그런데 체계 간 정보 이질성 해소 비용으로 인해 전군 차원의 자료 연동 효율과 품질이 저하되고 있다. 다른 선진국들은 정보교환모델을 공통 적용함으로써 자료 연동 구현의 효율과 품질을 높이고 있지만 한국군은 아직 그에 대한 중요성과 필요성을 충분히 인식하지 못하고 있다. 이 연구는 한국 지휘통제 정보교환모델(KC2IEM)의 개발과 적용의 필요성을 설명하고, 그에 필요한 개발 방법론을 제시하고 프로토타입 모델 개발을 통해 검증하고 개선한다. 정보교환모델의 완성성은 학술연구 수준에서는 제한되며, 이 연구는 후속 연구 및 개발을 위한 계기와 발판으로서 기여한다.

ABSTRACT

The importance of interoperability between weapon systems is continuously increasing. Usually it is implemented by data exchange. The existence of information heterogeneities between systems decreases the efficiency and quality of the implementations enterprise-widely. Many other developed countries increase the efficiency and quality of the implementations by using information exchange model commonly. However, Korean military is still not aware of the importance and necessity of the model. This study explains the necessity of development and adaptation of the Korea command and control information exchange model(KC2IEM), and presents the methodology for the development of the model, and verifies and improves it through a prototype model development. The completion of the information exchange model could not be possible by academic research, therefore this study contributes as a motivation and a stepping stone for the following developments.

키워드 : 개발 방법론, 상호운용성, 정보교환모델, 지휘통제, KC2IEM

Keywords : Development Methodology, Interoperability, Information Exchange Model, Command and Control, KC2IEM

Received 23 May 2022, Revised 9 June 2022, Accepted 18 August 2022

* Corresponding Author Hocheol Jeon(E-mail:hcjeon71@add.re.kr, Tel:+82-2-3400-2844)

Ph.D., Command and Control Systems PMO, Agency for Defense Development, Seoul, 05661 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2022.26.9.1412>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

전쟁 개념과 체계가 발전하면서 무기체계 간 상호운용성의 중요성이 점점 커지고 있으며, 다수 국가들은 자국의 무기체계들 간 상호운용성 구현에 많은 비용을 투자하고 있다. 상호운용성의 기본은 각자의 자원을 공유하여 함께 사용하는 것이다[1]. 그리고 상호운용성은 주로 정보 자원의 공유와 사용에 집중한다[2]. 그런데 체계 간 정보의 구조적, 구문적 또는 의미적 이질성이 큰 경우 그 구현은 쉽지 않은 도전이 된다[3].

한국군은 무기체계 간 상호운용성을 주로 자료 연동을 통해 구현하고 있다[4]. 이 때 양 체계는 먼저 연동하고자 하는 자료 항목과 요소들을 식별하고 각각의 타입과 의미를 구체적으로 설명하는 연동통제문서(Interface Control Document, ICD)를 공동으로 작성하고, 그에 맞춰 각자의 연동과 응용을 구현함으로써 체계 간 정보 이질성을 해소한다.

한국군은 다수의 무기체계를 운용하므로 다수의 자료 연동 구현과 ICD 작성이 필요하다. 그런데 ICD별로 체계 간 정보 이질성 해소 비용이 많이 들고, ICD 간 정보 이질성 또한 자주 발생한다. 그리고 그로 인해 한국군 전체 차원에서 무기체계 간 자료 연동 구현의 효율과 품질이 크게 저하되고 있다[5].

반면에 다른 선진국들은 국가 또는 전군 차원의 정보교환모델을 개발하여 활용하고 있다[6]. 정보교환모델은 체계 간 ICD 작성 시 참조될 수 있는 공통 개념, 즉 용어와 용어 간 관계에 대한 명확한 정의를 제공한다. 그래서 정보교환모델의 활용을 통해 ICD에 포함될 정보 항목과 요소의 명칭, 유형, 의미 등을 협의하기 위한 비용과, ICD 간 정보 이질성 발생 위험을 크게 줄일 수 있다. 하지만 한국군에는 아직 이러한 정보교환모델의 중요성과 필요성에 대한 공감대가 충분히 형성되어 있지 않은 실정이다.

무기체계 간 상호운용성은 주로 원활한 지휘통제를 목적으로 구현된다. 한국군은 지난 수십 년 동안 다수의 지휘통제체계를 구축 및 운용하면서, 특히 응용 측면에서 많은 기술적 발전을 성취하였으나, 체계의 효율과 품질에 크게 영향을 미치는 개념과 기반 측면에서의 연구 개발 투자는 많지 않았고, 특히 정보교환모델에 대한 관심과 투자는 전무하였다. 저자는 다른 선진국들과의 해당 기술격차를 따라 잡기 위하여 한국 지휘통제 정보

교환모델(Korea Command and Control Information Exchange Model, KC2IEM)에 대한 연구를 제안하고 시작한다.

I 장은 서론이고, II 장은 관련 개발 및 연구들을 조사하고 분석한다. III 장에서는 KC2IEM 개발 방법론을 제안한다. IV 장에서는 KC2IEM 프로토타입 개발을 통해 제안 방법론을 검증하고, 그와 병행하여 오류 위험을 낮추고 효율성과 호환성을 높일 수 있는 기법과 개선을 제안한다. 그리고 V 장은 결론이다.

II. 관련 연구

정보교환모델의 개발 및 활용 사례로는 미군이 사용하는 NIEM(National Information Exchange Model)[7]과 NATO가 사용하는 JC3IEDM(Joint Consultation, C2 Information Exchange Data Model)[8] 그리고 MIM(MIP Information Model)[9] 등이 대표적이다.

NIEM은 미 정부의 정보교환모델로서 미 정부 기관 및 민간 조직 간 정보교환이 효과적으로 이루어지도록 공통 용어를 제시하는 것을 목표로 한다. NIEM 프로그램은 2005년 미 법무부와 국토안보부에 의해 시작되었으며[10], 이후 적용 범위가 지속적으로 확장되고 있다. UCORE 등 자체 개발 정보교환모델을 활용하였던 미 국방부 또한 2013년 NIEM 참여로 선회하였다[11]. 그 결과 현재 NIEM은 다수 부처, 기관, 분야를 지원할 수 있도록 공통 도메인인 NIEM Core 외 14개 도메인과 도메인별 용어들로 구성되어 있다.

JC3IEDM은 나토의 정보교환모델이다. JC3IEDM은 지휘통제 분야에 특화되며, 연합 또는 다국적 작전을 위한 최소한의 정보교환 데이터 셋을 제시하는 것을 주목적으로 한다. 그리고 MIM은 JC3IEDM의 후속 모델로서, 명세를 일부 포함했던 JC3IEDM과 달리 개념에 보다 집중한다[12].

정보교환모델은 여러 관련 기관과 인원의 협업을 통해 개발된다[13]. 개발 모델은 실제 체계 간 자료 연동 구현에 적용되고, 구현 및 운용 과정에서 도출된 수정 및 보완 사항을 반영하여 더욱 발전되는 선순환 과정이 반복된다. 그리고 개발 결과물은 주로 표준, 보고서[14], 백서[15] 등의 형태로 공개된다.

정보교환모델은 온톨로지의 대표적인 개발 및 활용

성공 사례로서 인용되고[16, 17], 위기 대응 및 관리 체계들에서 활용되고[18, 19], 지휘통제체계 관련 연구 및 개발들에서도 참조된다[20, 21]. 이처럼 정보교환모델의 가치는 널리 인정받고 있다. 그리고 특히 NIEM은 캐나다, 영국, NATO, 호주, EU 등에서도 사용 중이거나 사용을 고려하고 있다[22]. 그리고 중국은 NIEM을 기반으로 자국의 정보교환모델인 CIEM(China Information Exchange Model)을 개발하여 활용하고 있다[23]. 한편 한국군에 대해서도 정보교환모델의 개발과 적용이 제안되고 있으나, 미군 사례 소개와 한국군 적용 제안에 그치고 있으며[24], 그에 대한 개발이나 적용을 위한 구체적인 방법은 아직 제시되지 못했다.

이 연구는 정보교환모델에 대한 소개와 한국군을 위한 개발 및 적용 제안에서 한걸음 더 나아가, 그에 대한 효율적이고 효과적인 개발 방법론을 제안하고, 프로토타입 모델 개발을 통해 제안 방법론을 검증하고 개선한다. 그리고 개발된 프로토타입은 한국군 최초의 정보교환모델 개발 시도로서의 의미도 가질 수 있다.

III. 개발 방법론

정보교환모델에 대한 다른 선진국들과의 기술 격차를 신속하고 안전하게 따라잡기 위하여 매우 효율적이고 효과적인 개발 방법론이 요구된다. 이 연구는 기존의 검증된 정보교환모델들을 적극적으로 활용하되, 한국군 고유 개념을 추가할 수 있는 개발 방법론을 제안한다.

3.1. 개발 절차

모든 개발 방법론은 개발 절차를 반드시 포함하여야 한다. 그리고 정보교환모델은 기본적으로 용어와 용어에 대한 설명으로써 구성된다. 따라서 정보교환모델 개발 절차는 필요 용어와 설명을 식별하고 추가하고 수정하는 과정이라고 할 수 있다.

3.1.1. NIEM 용어 추가

이 연구는 NIEM을 기반으로 KC2IEM을 개발한다. 정보교환모델을 전혀 새롭게 개발하는 것은 많은 개발 비용이 들고 실패 위험도 높기 때문이다. NIEM은 미 정부 차원의 정보교환모델로서 여러 다른 나라에서도 사용되어 품질과 가치를 인정받고 있다. 그리고 미 국방부

가 참여하여 지휘통제 관련 용어들을 다수 포함하고 있다. 문제는 지휘통제와 관련 없는 용어들도 많이 포함하고 있다는데 있다. 그래서 이 연구는 NIEM으로부터 지휘통제와 관련 없는 용어들을 실수 없이 빠르게 제거하기 위하여 기계적 필터들을 최대한 개발하여 적절한 순서로 적용하고, 모든 필터를 통과한 용어들을 KC2IEM에 추가한다.

1) NIEM 분석

이 단계에서는 제거되어야 하는 문제점 등을 식별하여 효율적인 필터를 개발하기 위하여 NIEM을 심층 분석한다.

2) NIEM 필터링

이 단계에서는 이전 단계의 NIEM 분석 결과를 활용하여 NIEM으로부터 지휘통제와 관련 없는 용어들을 빠르고 정확하게 걸러내기 위한 필터들을 개발하여 적절한 순서로써 적용한다.

3) 통과 용어 추가

이 단계에서는 이전 단계의 모든 필터를 통과한 용어들을 지휘통제 관련 용어로서 KC2IEM에 추가한다.

3.1.2. 타 모델 용어 추가

NIEM은 끊임없이 발전 중인 모델로서 누락과 오류를 포함하고 있을 수 있다. 그리고 NIEM 필터링 과정에서도 지휘통제 관련 용어를 제외하게 되는 등의 오류가 추가될 수 있다. 그래서 이 연구는 이 단계에서 NIEM 외 타 정보교환모델을 참조하여 지휘통제 관련 용어들을 추가 식별하여 KC2IEM을 보완한다.

3.1.3. 자체 식별 용어 추가

한국군을 위한 정보교환모델의 자체 개발이 필요한 이유는, 타국 또는 타국군의 정보교환모델의 경우 한국군의 고유 용어 추가가 제한되기 때문이다. 그래서 이 연구는 한국군 자체 식별 용어들을 KC2IEM에 추가하는 단계를 개발 절차에 포함한다.

3.1.4. 수정 및 보완

여러 관계자 및 전문가들의 협업과 다수 출처를 활용하여 개발되는 정보교환모델은 오류와 상충을 포함할 위험이 매우 높다. 따라서 KC2IEM 개발 절차는 그에

대한 수정 및 보완 단계를 포함한다.

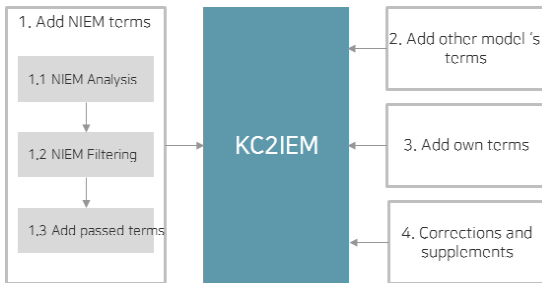


Fig. 1 KC2IEM Development Process

이 연구에서 제안하는 KC2IEM 개발 절차를 요약하면 그림 1과 같다. 식별과 설명을 위해 번호를 부여하였으나, 각 단계는 순서적이지 아니라 병렬적, 반복적으로 수행되어야 한다. 특히 NIEM 용어 추가 단계(1)는 NIEM 변경 시마다 수행 필요하다. 그리고 그 과정에서 새로운 필터 개발이나 기존 필터 개선 요구가 식별될 수 있다.

한편 모델의 오류를 수정하려면 비용이 매우 많이 든다. 해당 오류를 기반으로 개발된 체계들까지 수정되어야 하기 때문이다. 그래서 이 연구는 적응형 절차[25]를 적용하여 KC2IEM을 작은 모델로서 시작하고, 활용 경험을 누적하면서 확장할 것을 제안한다.

3.2. 개발 도구

모델 개발의 효율과 품질 향상을 위해 적절한 도구의 활용은 매우 중요하다. 전용 도구를 사용하는 것이 가장 바람직하지만 최초 모델 개발 시에는 그것이 제한된다. 그래서 이 연구는 기 보유 도구인 마이크로소프트 오피스와 ERwin을 KC2IEM 개발 도구로서 활용한다. 하지만 이 연구는 KC2IEM 발전 과정에서 전용 도구의 추가 개발과 적용을 적극 권고한다.

3.3. 표현법

표현법은 모델의 개발뿐만 아니라 활용에도 큰 영향을 미친다. 그리고 표현법은 개발 도구에 의해 지원되어야 한다. 이 연구는 현실적인 이유로 ERwin을 개발 도구로서 선택하였으며, 표현법 또한 ERwin의 표현법을 따른다. 그래서 타입 용어는 엔터티로, 속성 용어는 엔터티 속성으로 표현되고, 용어 간 관계는 적절한 링크를 통해 표현된다. 개발 도구와 표현법들은 대부분 상호 호

환 및 변환 가능하므로, 특정 도구 또는 표현법의 사용은 큰 문제가 되지 않는다. 참고로 NIEM은 XML로써 표현된다.

3.4. 네이밍 규칙

이 연구는 KC2IEM의 용어 표기를 위한 매우 간단한 네이밍 규칙을 함께 제안한다. KC2IEM의 모든 용어는 한국어 사용자들을 위해 한국어와 한글로 표기한다. 따라서 영어와 영문으로 표기된 타 정보교환모델로부터의 용어들은 적절히 번역되어야 한다. 그리고 번역이 불가능한 외국어 용어의 경우 소리 나는 대로 한글로 변환하여 사용한다. 하지만 통상 용어화 된 경우 외국어 표기 그대로 사용한다(예 : ID). 그리고 띄어쓰기는 하지 않는다.

IV. 프로토타입 모델 개발

개발 방법론의 우수성과 타당성은 실제 적용을 통해 최종 확인된다. 그런데 새로운 개발 방법론을 아무 검증 없이 실제 개발에 적용하는 것은 위험이 크다. 그래서 몇몇 방법론 연구들은 예제와 시나리오를 통해 제안 방법론에 대한 검증을 수행한다[26, 27]. 그리고 이 연구는 KC2IEM을 프로토타입 수준으로 자체 개발하여, 제안 방법론의 타당성을 검증한다.

4.1. NIEM 용어 추가

이 연구는 NIEM으로부터 지휘통제와 관련 없는 용어들을 제거하기 위한 필터들을 개발하여 적용하고, 모든 필터를 통과한 용어들을 KC2IEM에 추가한다.

4.1.1. NIEM 분석

이 연구는 이 단계에서 현 논문 작성 시점에서의 최신 버전인 NIEM 5.0을 심층 분석하여 다음과 같은 특징과 문제점들을 도출하였다.

- 1) 다양한 분야 지원 : NIEM은 미 정부 차원의 정보교환 모델로서 광범위한 분야를 지원한다. 이를 위해 NIEM은 다수의 도메인으로 구성되고, 그 중 다수는 지휘통제와 관련성이 없거나 매우 낮다. 그리고 NIEM 용어들은 도메인의 약명을 추가하여 표기된

- 다. 예를 들어 nc:ActivityType은 NIEM Core 도메인 소속의 용어이다.
- 2) 다수 용어 중복 : NIEM에서 동일 또는 유사 개념에 대한 다른 표현의 용어들을 다수 발견된다. 이는 NIEM 관계자들이 각자에게 익숙한 용어들을 추가한 결과로 보인다. nc:ActivityType을 예로 들면 NIEM 4.2에 비해 NIEM 5.0에서 매우 많은 속성들이 추가된 것을 확인할 수 있다[표 1]. nc:ActivityLocation과 같이 전혀 새로운 속성이 추가되거나 nc:ActivityDueDate, nc:ActivityEffectiveDate 등과 같이 기존 속성이 세분화된 경우도 있지만, nc:ActivityDescriptionText, nc:ActivityNarrative와 같이 같은 의미의 속성들도 있다. 그리고 이 연구는 NIEM 전체에서 수많은 용어 간 중복을 발견하였다.

Table. 1 nc:ActivityType

4.2	5.0
nc:ActivityIdentification	nc:ActivityIdentification
nc:ActivityCategoryText	nc:ActivityCategoryAbstract
nc:ActivityDescriptionText	nc:ActivityComment
	nc:ActivityDescriptionText
	nc:ActivityNarrative
nc:ActivityName	nc:ActivityName
nc:ActivityStatus	nc:ActivityApprovedIndicator
	nc:ActivityCompletedIndicator
	nc:ActivityStatus
nc:ActivityReasonText	nc:ActivityReasonAbstract
nc:ActivityDisposition	nc:ActivityDisposition
nc:ActivityContactEntity	nc:ActivityContactEntity
nc:ActivityDate	nc:ActivityActualDuration
	nc:ActivityAssignedDate
	nc:ActivityDate
	nc:ActivityDueDate
	nc:ActivityEffectiveDate
	nc:ActivityEstimatedDuration
	nc:ActivityFrequencyText
	nc:ActivityPrescribedDuration
	nc:ActivityReportedDate
	nc:ActivityRequestedDate
	nc:ActivityScheduledDate
	nc:ActivitySequenceNumeric
	nc:ActivityVerifiedDate
nc:ActivityAugmentationPoint	nc:ActivityAugmentationPoint
	nc:ActivityCapacityQuantity
	nc:ActivityLocation

- 3) 다수 속성 누락 : NIEM에서는 필수 또는 주요 속성들이 누락된 경우도 자주 발견된다. 예를 들어 nc:ProgramType의 경우 단독으로 존재할 수 있어야 하는 개념임에도 불구하고 ID 속성이 포함되어 있지 않았다.
- 4) 다수 관계 오류 : NIEM의 용어들은 타입-속성, 타입 간 상속, 그리고 타입 간 연관 등의 다양한 관계를 가지는데, 그 중 다수의 오류가 발견된다. 예를 들어 nc:EntityType의 경우 최상위 타입이나 다른 많은 타입들로부터 상속되고 있지 않다. 그리고 무게와 크기를 가지는 nc:ItemType을 nc:IntangibleItemType이 상속하고 있다.
- 5) 연관 관계 표현 부족 및 관리 부하 과다 : NIEM의 3종의 용어 간 관계 중 상속과 속성 관계는 용어 간 링크와 포함 구조를 통해 간단하고 직관적으로 표현 가능하다. 하지만 연관 관계는 AAABBBAssociationType 형태의 새로운 용어로서 식별 및 설명된다. 예를 들어 nc:ActivityFacilityAssociationType은 다음의 속성들을 포함하며 Activity와 Facility 간 어떤 연관 관계가 있음을 의미한다.
- nc:Activity (nc:ActivityType)
 - nc:Facility (nc:FacilityType)
 - nc:ActivityFacilityAssociationAugmentationPoint (no Type)

nc:Activity와 nc:Facility 속성은 관계에 참여하는 두 용어를 지칭하기 위한 링크고, AugmentationPoint 속성은 추후 다른 콘텐츠로 대체되도록 예비된 속성이다. 이처럼 NIEM은 연관의 종류는 식별하거나 설명하지 않는다.

모델은 개발을 지원하되 제한해서는 안 된다. 정보교환모델에 포함되어 있지 않은 관계를 개발 과정에서 얼마든지 추가하는 것이 가능하다. 그래서 연관 관계의 유무만으로는 의미가 없거나 낮다. 상속 관계나 속성 관계와는 달리 연관 관계에는 다양한 종류가 존재하므로, 보다 유용한 지식 제공을 위하여 연관 관계는 종류와 함께 정의되는 것이 바람직하다.

또한 NIEM의 연관 관계 표현법은 많은 식별 및 관리 부하를 발생시킨다. 연관 관계별로 1개의 용어와 2개의 링크가 추가되고 관리되어야 하기 때문이다. 예를 들어 NIEM Core 도메인의 경우 총 206개 용어 중 42개 용어

가 용어 간 연관 관계 식별을 위해 추가되었으며, 그 만큼의 부하가 추가로 발생한다.

4.1.2. NIEM 필터링

이 연구는 이 단계에서 지휘통제와 관련 없는 용어들을 제거하기 위한 몇 가지 필터들을 개발하여 적용하였다. 그리고 이 연구는 관련 용어를 더 많이 식별하는 것이 아니라 관련 없는 용어가 전혀 포함되지 않도록 하는 것에 더 큰 비중을 둔다.

- 1) 도메인 필터 적용 : 이 연구는 NIEM Core와 Mil Ops 도메인을 제외한 나머지 도메인들을 NIEM으로부터 일단 모두 제거하였다.
- 2) 연관 타입 필터 적용 : 이 연구는 가치가 없거나 낮은 것으로 분석된 AAABBBAssociationType 형태의 연관 타입 용어들을 모두 제거하였다.
- 3) 비 독립 타입 필터 적용 : 이 연구는 독립적으로 존재하지 못하고 속성으로서만 사용되는 타입 용어들은 중요도가 낮은 것으로 간주하여 모두 제거하였다. 그에 대한 판단 기준으로서 ID 속성의 포함 여부를 활용하였다.
- 4) 비관련 타입 필터 적용 : 이 연구는 한국군 지휘통제와 관련성이 없는 것으로 판단되는 모든 타입 용어들을 제거하였다. 관련성 판단이 어려운 경우에도 추후 확인을 통해 추가될 수 있도록 일단 제거하였다.
- 5) 불필요 속성 필터 적용 : 이 연구는 타입별 속성 용어 중 지휘통제와 관련성이 없거나 낮은 용어들을 모두 제거하였다. 관련성 판단이 어려운 경우에도 추후 확인을 통해 추가될 수 있도록 일단 제거하였다.

4.1.3. 통과 용어 추가

이 연구는 필터링을 통과한 모든 용어들을 제안 개발 방법론의 네이밍 규칙을 적용하여 한글화 변환한 후 개발 도구인 ERWin을 사용하여 KC2IEM에 추가하였다. 그리고 NIEM으로부터의 용어 간 상속 관계를 추가한다. 연관 관계는 다른 단계에서 추가된다.

4.2. 타 모델 용어 추가

이 연구는 NIEM 외 JC3IEDM을 활용하여 KC2IEM을 더욱 보완한다. JC3IEDM을 충분히 분석하여 모든 관련 용어와 관계를 식별하여 KC2IEM에 추가하는 것

은 제한되며, 이 연구는 타 모델 참조의 필요성과 가능성을 보이기 위한 예제 수준으로 이 단계를 수행하였다. JC3IEDM의 후속 모델인 MIM은 아직 충분히 공개되지 않아 활용이 제한되었다.

4.2.1. 최상위 개념 도입 지연

많은 학자들이 모델의 완성도를 위해 최상위 개념의 도입을 고려한다. 하지만 현실에서는 그러한 개념이 존재하기 어렵고, 필요하지 않을 수도 있다. JC3IEDM 또한 19개의 독립 엔티티를 제시하고 있다. 그래서 이 연구는 최상위 개념의 도입을 실용적 관점에서 생략하였다.

4.2.2. 객체 개념 추가

JC3IEDM의 FACILITY, FEATURE, MATERIEL, ORGANISATION, PERSON의 5개 객체 엔티티는 모두 OBJECT-ITEM을 상속한다. KC2IEM 또한 NIEM으로부터 아이템타입, 조직타입, 부대타입, 인물타입, 시설타입을 포함하고, 아이템타입은 다시 센서타입, 장치타입, 수송수단타입, 물질타입으로 추가 분류된다. 즉 NIEM은 아이템타입을 실물 객체들의 상위 개념으로 활용하고 있으나, 아이템은 통상적으로 유무형 객체를 모두 포함하는 것으로 이해되고, NIEM에서도 그렇게 정의되어 있다. 그래서 이 연구는 모든 객체들의 상위 개념으로서의 아이템타입의 활용을 제안한다. 그리고 이 연구는 그 의도가 보다 명확히 이해될 수 있도록 명칭을 객체타입으로 변환하였다.

4.2.3. 객체 아이템과 타입의 분리

JC3IEDM은 OBJECT-ITEM 외 OBJECT-TYPE을 추가로 포함하고 있다. OBJECT-ITEM은 객체의 고유 속성을 포함하는 반면, OBJECT-TYPE은 객체의 공통 속성을 포함한다. 이러한 구성은 메모리 효율성 등 체계 구현과 운용에 도움이 될 수 있어, KC2IEM에서도 참고할 필요가 있다. 하지만 프로토타입 수준의 모델 개발을 목표로 하는 이 연구에서는 반영하지 않으며, 후속 연구에서 고려되도록 한다.

4.2.4. 연관 관계 추가

KC2IEM은 NIEM의 용어 간 연관 관계를 전혀 반영하지 않았기 때문에, 연관 관계 추가를 위한 다른 출처가 필요하다. 이 연구는 그 출처로서 JC3IEDM을 활용

한다. JC3IEDM은 관계의 유무와 함께 종류를 명시하고 있어 유용하다. 그리고 이 연구는 JC3IEDM으로부터 모든 관계를 추출하여 추가하는 것은 제한되므로, 몇 개의 예제를 통해 그 가능성과 타당성을 보인다.

이 연구는 NIEM의 연관 관계 표현법을 개선하여 KC2IEM에 적용하였다. NIEM과 JC3IEDM은 모두 용어 간 수평적 연관 관계를 새로운 용어를 추가하여 표현한다. 이는 이후의 실제 체계 설계나 개발에 필요한 명세를 고려한 것으로 보인다. 하지만 이 연구는 최근의 정보교환모델 발전 추세에 맞춰 KC2IEM을 개념 모델로서 개발하므로, 연관 관계를 레이블을 가진 링크로써 간단하고 직관적으로 표현하도록 개선하였다. 여기서 레이블은 연관 관계의 종류를 표현하고 하나의 링크가 다수의 레이블을 가질 수도 있게 하였다.

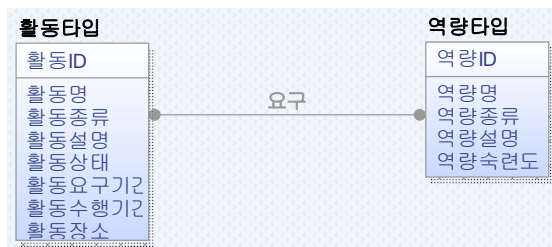


Fig. 2 Example of relation representation 1

JC3IEDM에서 ACTION-REQUIRED-CAPABILITY는 “어떤 작전적 필요, 즉 ACTION을 충족하기 위해 요구되는 특정 CAPABILITY”로 정의된다. 이를 참조하여 이 연구는 그림 2와 같이 KC2IEM의 활동타입과 역량타입을 ‘요구’ 레이블을 가진 링크로써 연결하였다.

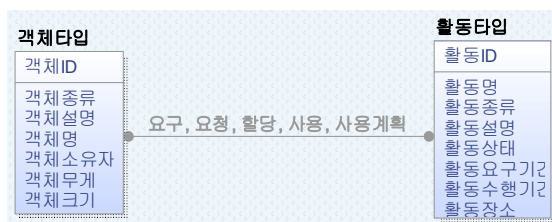


Fig. 3 Example of relation representation 2

또한 JC3IEDM에서 ACTION-RESOURCE는 “특정한 ACTION 수행을 위해 요구, 요청, 할당, 사용 또는 사용 계획된 OBJECT-ITEM 또는 OBJECT-TYPE”으로 정의된다. 이를 참조하여 이 연구는 그림 3과 같이 활동타입과 객체타입을 ‘요구’, ‘요청’, ‘할당’, ‘사용’, ‘사용계획’

레이블을 가진 링크로써 연결한다. 한편 연관 관계가 가지는 방향성은 ERwin의 parent와 child 관계를 활용하여 명시 가능하나, ERwin 다이어그램 상에는 표현되지 않는다. 이는 전용 도구 개발이 요구되는 부분이다.

이 연구의 연관 관계 표현법은 NIEM과 JC3IEDM의 1개 용어와 2개 링크를 활용한 표현을 레이블을 가진 1개 링크 표현으로 단순화하여 식별 및 관리 부하를 크게 낮출 수 있다. 레이블로서 사용된 용어는 이미 사전적 정의를 가지므로 KC2IEM에서 추가 및 관리될 필요가 없다.

4.3. 한국군 용어 추가

타국의 정보교환모델 참조만으로는 KC2IEM 개발이 제한될 수 있다. 그래서 이 연구는 한국군 용어 추가의 필요성과 가능성을 예제를 통해 보인다. NIEM은 nc:VehicleType에 nc:VehicleColorInteriorAbstract 속성을 포함하여 차량의 내부 색상을 설명할 수 있다. 하지만 한국군은 차량의 외부 색상에 더 관심이 있다. 그래서 이 연구는 KC2IEM의 차량타입 용어에 차량색상 속성을 추가하였다. 한국군에게 차량 색상이란 외부 색상을 의미한다.

4.4. 수정 및 보완

이 연구는 NIEM 분석 과정에서 식별된 문제점들을 수정하는 몇 가지 예제를 활용하여 KC2IEM에 대한 지속적인 수정 및 보완의 필요성과 가능성을 보인다.

4.4.1. 엔티타입 용어 삭제

KC2IEM의 엔티타입은 NIEM의 nc:EntityType에 의해 추가되었다. 명칭과 정의에 따르면 이 용어는 모든 객체 타입 용어들이 상속하는 상위 타입 용어이어야 하지만, NIEM에서는 해당 용어들과 적절히 연결되어 있지 않다. 그리고 JC3IEDM 참조를 통해 추가된 객체타입과도 상충된다. 그래서 이 연구는 엔티타입을 KC2IEM으로부터 삭제함으로써 해당 오류를 수정하였다.

4.4.2. 프로그램타입에 ID 속성 추가삭제

KC2IEM의 프로그램타입은 NIEM의 nc:ProgramType에 의해 추가되었다. 프로그램은 독립적으로 식별되고 활용될 수 있도록 ID 속성을 가져야 하나, NIEM의 nc:ProgramType에서는 해당 속성이 누락되었다. 그래

서 이 연구는 프로그래밍에 프로그램ID 속성을 추가하여 이 오류를 수정하였다.

4.4.3. 아이템타입과 무형아이템타입 간 관계 수정

KC2IEM의 아이터타입과 무형아이터타입은 각각 NIEM의 nc:ItemType과 nc:IntangibleItemType에 의해 추가되었다. 그리고 이 연구는 크기와 무게 속성을 가지는 nc:ItemType을 nc:IntangibleItemType이 상속하여 확장하는 오류를, 무형아이터타입을 삭제함으로써 수정하였다.

4.5. 결과 분석

상기 과정을 통해 개발된 KC2IEM 프로토타입은 그림 5와 같다. 이 프로토타입은 한국군을 위한 최초의 정보교환모델 개발 시도로서의 의미를 가진다. 하지만 이 프로토타입은 KC2IEM 개발 방법론의 기능과 성능 확인을 위한 목적으로 개발되어 완성도는 높지 않다.

제안 방법론에 포함된 개발 절차, 도구, 표현법, 그리고 네이밍 규칙 등의 모든 기능은 이 프로토타입 개발과정의 구체적 예시들을 통해 활용되어 필요성과 적용성이 확인되었다. 그리고 제안 방법론을 통해 소수의 인원으로 이 프로토타입을 빠르게 개발할 수 있었다.

한편 제안 방법론의 개발 절차에서 가장 많은 노력이 요구되는 단계 중 하나가 NIEM 필터링이다. 이 연구는 실제로 이 단계에서 수작업으로 NIEM의 17개 도메인 중 15개 도메인을 제거하고, NIEM Core 도메인의 206개 타입 용어를 32개로, MIL Ops 도메인의 59개 타입 용어를 7개로, 그리고 타입별 속성 용어들을 상당수 줄였다. 이를 위해 이 연구는 지휘통제와 관련 없는 용어들을 최대한 제거하기 위한 5개 필터를 개발하고, 개발된 필터들을 작업 효율을 향상시키고 인간 실수를 줄이기 위한 순서로 적용하였다. 즉, 더 많은 용어를 제거할 수 있는 필터를 먼저 적용하여 작업 효율을 향상시키고, 기계적 처리가 가능한 명확하고 단순한 기준의 필터를 먼저 적용하고, 전문가적 판단이 필요한 필터를 나중에 적용하는 방식으로 인간 실수를 줄였다.

또한 이 연구에서 제안한 연관 관계 표현법 개선 또한 정보교환모델의 개발 및 관리 시의 효율성과 사용 시의 가독성 향상에 크게 기여할 수 있다고 판단된다. 이 연구의 표현법 개선은 연관 관계 표현을 위해 신규 용어 추가가 전혀 필요 없다. 앞서 언급하였듯이 NIEM Core

도메인의 경우 총 206개 용어 중 42개 용어가 연관 관계 용어이며, 이 경우 약 20%의 부하 절감이 가능하다.

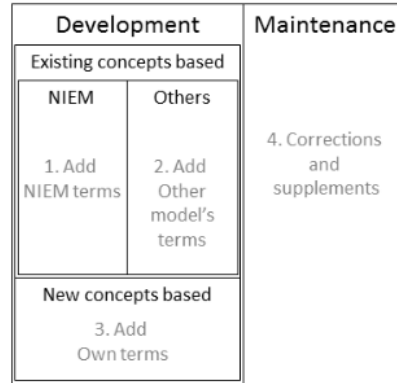


Fig. 4 MECE Compliance of the proposed process

제안 방법론은 KC2IEM 개발을 위한 최초 방법론으로서, 이미 성숙한 타 정보교환모델의 개발 방법론과의 완성도 측면에서의 비교는 적절치 않다. 하지만 제안 방법론은 정보교환모델 개발 방법론의 필수 요소인 절차, 도구, 표현법, 그리고 네이밍 규칙을 빠짐없이 최소한 이상의 수준으로 포함하였다. 특히 제안 방법론의 개발 절차는 중복과 누락이 없도록 요구되는 MECE (Mutually Exclusive Collectively Exhaustive) 원칙을 그림 4와 같이 충족한다.

V. 결론

이 연구는 한국군 무기체계 간 자료 연동 구현의 효율과 품질 저하 문제에 주목하고, 다른 선진국의 사례들을 참고하여 정보교환모델의 부재와 미적용이 그 문제의 주원인임을 밝혔다. 그리고 이 연구는 단지 정보교환모델의 소개와 적용 제안에 그치지 않고, 개발 방법론을 적용 가능한 수준으로 개발하여 제시하였으며, 프로토타입 개발을 통해 제안 방법론을 검증하였다. 그리고 그 과정에서 KC2IEM의 개발 및 관리 효율성과 활용성을 향상시킬 수 있는 NIEM 필터, 필터 적용 순서, 그리고 개선된 표현법을 개발하여 제안하였다.

정보교환모델 관련 학술연구 차원의 연구는 한계가 있다. 전군 차원의 정보교환모델을 완성도 있게 개발하려면 많은 본격적인 인력, 시간, 예산 투자가 필요하다.

- platform-independent JC3IEDM,” *International Journal of Intelligent Defence Support Systems*, vol. 4, no. 3, pp. 263-285, Oct. 2011.
- [9] M. Gerz and N. Bau, “MIP Information Model 4.0: Semantic Interoperability in Multinational Missions,” in *Proceedings of 21th International Command and Control Research and Technology Symposium*, London, UK, pp. 1-17, 2016.
- [10] S. Lampert and K. Thompson, “The Importance of Sharing Information: Using NIEM to Improve Governance in Developing Countries,” in *Proceedings of the 4th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance(ICEGOV 2010)*, Beijing, China, pp. 137-142, 2010.
- [11] G. J. Christman and B. D. Fila, “Civil Information Integration and Interoperability: Pilot Research Utilizing the National Information Exchange Model (NIEM) in the US Department of Defense (DoD),” in *Proceedings of IEEE 2014 Global Humanitarian Technology Conference*, San Jose: CA, USA, pp. 408-411, 2014.
- [12] M. Gerz, M. Mulikita, N. Bau, and F. Gökgöz, “The MIP Information Model - A Semantic Reference for Command & Control,” in *Proceedings of 2015 International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS)*, Cracow, Poland, pp. 1-11, 2015.
- [13] Governance Process Plan, “NIEM Biometrics Domain Governance Process Plan,” Department of Homeland Security, Feb. 2021.
- [14] M. B. Mukasey, M. R. Filip, K. O’Connor, J. L. Sedgwick, and D. S. Herraiz, “National Information Exchange Model (NIEM) User Guide,” Bureau of Justice Assistance (BJA), May. 2008.
- [15] Analysts International Corporation (AIC), *Effective and Interoperable Implementation of NIEM*, AIC, White Paper.
- [16] P. Rai, S. Kumar, and D. K. Verma, “Prediction of effort required to design software for smart city applications,” *Journal of Physics: Conference Series*, Goa, India, vol. 1714, p. 012033, 2021.
- [17] K. Baclawski, M. Bennett, L. Dickerson, T. Schneider, S. Seppala, R. D. Sharma, A. Westerinen, G. Berg-Cross, and R. Sharma, “Ontology Summit 2021 Communiqué: Ontology Generation and Harmonization,” *Applied Ontology*, vol. 17, no. 2, pp. 233-248, Mar. 2022.
- [18] B. Jerman, N. Matskanis, and R. Bojanc, “Semantic Ontology Design for a Multi-Cooperative First Responder Interoperable Platform,” *Computing and Informatics*, vol. 35, no. 6, pp. 1249-1276, Jan. 2016.
- [19] F. J. Perez, M. Zambrano, M. Esteve, and C. Palau, “A Solution for Interoperability in Crisis Management,” *International Journal of Computers Communications & Control*, vol. 12, no. 4, Aug. 2017
- [20] J. Klein, P. Donohoe, P. Bianco, H. Levinson, R. Little, and J. Popowski, “Architecture Evaluation for Universal Command and Control, Software Engineering Institute,” *Carnegie Mellon University*, White Paper, Jun. 2020
- [21] A. Oliveira and N. Figueira, “An Application of Command, Control, Computing, Communication, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Systems in the Protection of the Amazon Rainforest,” in *Proceedings of the International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)*, Cape Town, South Africa, pp. 1-5, Dec. 2021.
- [22] S. Renner, “National Information Exchange Model (NIEM): DoD Adoption and Implications for C2,” in *Presented at 19th International Command and Control Research and Technology Symposium (ICCRTS)*, Alexandria: VA, USA, 2014.
- [23] Y. Wang, G. Shi, and X. Zhang, “Information Exchange in Public-Culture Service Domain Based on CIEM,” in *ACM TURC’20: Proceedings of the ACM Turing Celebration Conference*, Hefei, China, pp. 45-49, May. 2020.
- [24] 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, Jun. 2021.
- [25] US Army, *The Army Cloud Plan*, 2020.
- [26] J. Muvuna, T. Boutaleb, K. J. Baker, and S. B. Mickovski, “A Methodology to Model Integrated Smart City System from the Information Perspective,” *Smart Cities*, vol. 2, no. 4, pp. 496-511, Nov. 2019.
- [27] J. Brunet, H. Sohier, M. Yagoubi, M. Bisquay, P. Lamothe, and P. Menegazzi, “Simulation Architecture Definition for Complex Systems Design: A Tooled Methodology,” in *Proceedings of Complex Systems Design & Management*, Paris, France, pp. 153-163, 2020.



박규동(Gyudong Park)

홍익대학교 컴퓨터공학과 공학박사, 국방과학연구소 연구원
※관심분야: 지휘통제, 상호운용성, 인공지능



김건영(Kunyoung Kim)

성균관대학교 전자전기공학 학사, 성균관대학교 산업공학과 석박통합과정
※관심분야: 인공지능, 지식관리, 온톨로지, 추천시스템



김종모(Jongmo Kim)

성균관대학교 산업공학과 공학박사, 성균관대학교 박사후연구원
※관심분야: 인공지능, 지식관리, 지식그래프, 데이터마이닝



전호철(Hocheol Jeon)

한양대학교 컴퓨터공학과 공학박사, 국방과학연구소 연구원
※관심분야: 지휘통제체계, 데이터링크, 상호운용성, 지능형 에이전트, 정보검색, 데이터마이닝