

전술데이터링크의 특성을 고려한 상호운용성 수준평가 연구

Research on Interoperability Level Assessment Regard of Tactical Data-Link Characteristics

나 형 두* 천 재 영** 이 남 용***
Hyeng-doo Na Jaeyoung Cheon Nam-yong Lee

Abstract

The Systems Interoperability Test and Evaluation System(SITES) is an T&E support tool for both information system and weapon system. The SITES was developed by reference to the Level of Information Systems Interoperability(LISI) in US. We use the tool via MND Broad convergence Network(BCN) in order to assess information system's interoperability. Nowadays, there are many ongoing researches on expanding assessment capability into weapon systems. As part of those research topics, this paper analyze the characteristics of tactical data-link messages which is the way to exchange the information among the weapon systems, and reflect that characteristics in interoperability level assessment.

Keywords : Interoperability, Test and Evaluation, SITES, Level Assessment, Weapon System, Tactical Data-link

1. 서론

상호운용성이란 “서로 다른 군, 부대 또는 체계 간 특정 서비스, 정보 또는 데이터를 막힘없이 공유, 교환 및 운용할 수 있는 능력”이다^[1]. 상호운용성이 확보된 체계들은 합동·연합 작전의 성공률을 높이는데 기여한다. 따라서 현대 및 미래 전장에서 성공적인 작전 운용을 위해서는 정보체계 및 무기체계가 유기적으로 상호운용할 수 있는 능력의 확보가 필수적이다^[1~4]. 정보

체계는 민간의 업무 처리 체계와 매우 유사하여 이들 간의 상호운용성 확보는 비교적 수월하지만^[5~8], 레이더, 미사일 같은 탐지타격체계(이하 무기체계)의 경우 임베디드 시스템이 갖는 제약 사항뿐만 아니라 새로운 운용개념 및 기능 요구사항을 고려해야 하므로 보다 체계적인 연구가 필요하다^[9].

현재 우리 군은 국방부, 합동참모본부, 방위사업청, 각 군 본부 등에서 한국군의 다양한 체계들 간 상호운용성을 확보하기 위해 상호운용성 관련 규정 및 지침들을 지속적으로 제정, 개선하고 있으며, 체계 개발 단계에서 개발 시험평가(DT : Developmental Testing & Evaluation)와 운용 시험평가(OT : Operational Testing & Evaluation)의 일부로서 체계의 상호운용성을 시험하고 있다^[1~4]. 상호운용성의 확보는 상기한 시험평가 단계뿐만 아니라 체계 획득 전 순기에서 반복적인 검

† 2010년 10월 22일 접수~2011년 1월 20일 게재승인

* 국방부 정보화기획관실(MND)

** 국방과학연구소(ADD)

*** 숭실대학교 대학원(SSU)

책임저자 : 나형두(nhd2036@hanmail.net)

증과 일관성 유지를 통해 이루어질 수 있으므로, 이를 지원하기 위한 상호운용성 평가 도구인 SITES를 개발 및 운용하고 있다^{15,6)}.

상호운용성 평가는 크게 상호운용성 수준평가와 시험평가로 구분된다. 상호운용성 수준평가란 LISI 모델¹⁰⁾에 기반을 두어 획득단계별로 체계 자체 또는 상호 운용되는 체계 간의 상호운용성 수준을 평가하는 일련의 절차이고, 상호운용성 시험평가란 개발 및 운용 시험평가의 일부로서 상호운용성 관련 요구사항에 부합하는지를 개발시험과 운용시험에서 확인하는 절차이다¹¹⁾. 상호운용성 수준평가는 평가대상체계를 구현하기 위해 선택된 표준 및 제품 또는 따르는 규정 및 지침 등(이하 구현옵션)으로부터 체계 또는 체계의 쌍이 확보한 상호운용성 관련 능력을 식별하고 이로부터 상호운용성 수준을 도출하는 절차에 의해 이루어진다. 반면 상호운용성 시험평가는 평가대상체계가 타 체계와 연동하기 위하여 구현한 소스코드로부터 테스트케이스를 도출하고, 각 테스트케이스 별 수행 및 결과분석을 통하는 절차로 이루어진다.

현재 국방 체계 획득과 관련된 지침 및 편람에서는 신규개발, 성능개선, 구매의 대상이 되는 모든 체계들을 SITES 수준평가 체계를 이용하여 각 획득단계별로 목표로 하는 일반 및 특정 상호운용성 수준을 제시하고 개발하도록 규정하여 획득단계의 전 순기에서 일관성 있는 상호운용성 확보 노력을 촉구하고 있다. 현재 국방망을 통해 서비스 중인 SITES 수준평가 체계는 정보체계를 대상으로 개발되어 운용중이며, 무기체계에 대한 수준평가 기능은 연구 개발 중에 있다.

무기체계 간의 상호운용은 주로 전술데이터링크 전문의 생산 및 처리를 통해 수행되므로, 상호운용 대상 체계 간에 전문이 원활한 교환 여부를 평가하는 것에 초점을 맞추어 무기체계의 시험평가 방안에 대한 연구가 진행 중이다¹⁵⁾. 현재 군에서는 합참 및 육·해·공군, 용도별로 다양한 종류의 전술데이터링크를 사용하고 있고 신규 전술데이터링크 체계들이 개발 중에 있어 신뢰성과 일관성을 갖는 수준평가 도구 및 시험평가 지원 도구의 필요성이 대두되고 있다.

이와 관련된 연구의 일환으로 전술데이터링크 전문(이하 전문)을 활용하여 무기체제로 평가영역을 확장한 상호운용성 수준평가 기능과 전술데이터링크 전문 명세 기반 상호운용성 시험평가 기술에 대하여 각 평가에 필요한 정보를 공유 및 연계하여 활용하는 방안이 제시된 바 있다¹¹⁾. 그러나 이는 전문기반 수준평가

및 시험평가의 각 기술이 완성된 상황에서 수준평가 도구 및 시험평가 도구의 연동에 초점을 맞추고 있어, 전술데이터링크 전문의 특징을 어떻게 각 기술에 반영하여 구현할지에 대한 구체적인 방안은 제시되지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 한국군 환경에 맞는 무기체계 상호운용성 확보를 위하여 한국군이 사용하는 전술데이터링크 전문가들의 특성을 고려한 상호운용성 수준평가 기능을 제시한다.

2. 무기체계 상호운용성 수준평가

가. 한국군 무기체계 상호운용 방식

한국군의 무기체계 간 상호운용 방식은 주로 전문을 기반으로 이루어지고 있다^{12~16)}. 전문이란 무기체계의 임무의 따라 무기체계 상호간 주고받아야 하는 정보들을 전달하고 해석하기 쉽도록 규약을 맺어 만든 메시지이다. 한국군의 기 운용중인 무기체계들은 무기체계 간 상호운용이 필요한 경우에 상호 협의를 통해 정의한 전문들을 활용한다. 이러한 상호 협의를 통해 정의한 전문들은 인터페이스 통제 문서(ICD : Interface Control Document)에 정의되어 체계 기능 개발에 이용되고 있다. 또한 한국군은 미군과 유사하게 각 군별로 해당 군에서 필요한 전문들을 선택하여 표준화 작업을 진행 중이며 향후 개발하는 모든 체계들은 표준화된 전문을 이용하여 상호운용을 할 예정이다^{15,16)}.

각 무기체계 간 전문을 통한 상호운용 현황을 살펴보면 육군의 경우 지상전술C4I체계(ATCIS : Army Tactical Command Information System)를 중심으로 위치보고접속장치(PRE : Position Report Equipment), 무인정찰기(UAV : Unmanned Aerial Vehicle), 대포병 탐지레이더(TPQ-36/37), 사격지휘체계(BTCS : Battalion Tactical Command System), 저고도 탐지레이더(TPS-830K), 지상감시장비 RASIT(TPS-224K, Radar Surveillance Intermediate Terrain), 전파탐지 및 방해장치(ES/EA : Electronic warfare Support/Electronic Attack)등이 다양한 전문 포맷을 통해 상호운용되고 있고, 전력화 예정 무기인 차기보병전투장갑차, 차기전차 등이 향후 함께 연동될 예정이다^{13,14)}. 공군 및 해군도 육군과 유사하게 한국해군전술데이터체계(KNTDS : Korea Navy Tactical Data System) 및 중앙방공통제소(MCRC/SAADS : Master Control and Reporting Center/Second Automated Air

Defense System)를 중심으로 각 군의 무기체계들과 상호운용을 하여 작전을 수행하고 있다^{13,14)}.

나. 무기체계 상호운용성 수준평가 관련연구

한국군의 상호운용성 수준평가 영역을 정보체계에서 무기체계로 확장하기 위하여 다음과 같은 다각적인 노력이 진행되고 있다¹⁷⁾.

첫째, 상호운용성 평가 기준단위의 세분화 방안이다. 기존 SITES 수준평가는 구현옵션의 채택 유무 여부로 체계 간 상호운용성 수준을 평가하였는데 이는 표준의 구현을 위한 상세한 고려사항을 반영하지 않음으로써, 평가의 신뢰성을 저해하는 요소로 지적되어 왔다. 이를 보완하기 위하여 실제 구현한 표준들을 적용방법 (Practices) 수준에서 체계 프로파일링을 수행하고, 체계 간 준수여부를 표준 단위가 아닌 상세 내용 단위로 비교함으로써 특정 상호운용성 수준을 도출하는 방안이 제시되었다.

둘째, 무기체계 간 상호운용은 전문을 중심으로 이루어진다는 점에 착안하여 체계 간 전문 구현 현황을 비교하는 기법이 연구되었다. 이 기법은 SITES의 구현 옵션 중 KVMF, Link-16, Link-11, MTF, ISDL, TADIL 등의 전문 및 체계 간 협약을 통해 맺어진 ICD를 기준으로 하여, 체계 간의 활용 전문들을 상호 비교함으로써 수행된다. 각 체계에 대하여 상호운용 대상 체계와의 전문의 구현에 있어 공통점과 차이점을 비교하는 것은 원활한 작전 운용을 위해 보완되어야 하는 전문을 제시하는 역할을 한다.

셋째, 상호운용성 수준을 평가함에 있어 구현옵션 간의 서로 포함하거나 상충하는 관계를 반영하는 ‘수평적 임계규칙’이 제시되었다. 기 정의된 기법인 ‘수직적 임계규칙’은 같은 속성 내에 있는 능력의 관계가 포함 또는 상충인 경우, 하나만 채택이 되도 자동으로 능력을 만족했다고 인정하는 규칙이다. 이 규칙은 서로 다른 수준의 구현옵션에 대한 관계를 정의할 수 있지만, 서로 다른 속성의 구현옵션에 대해서는 적용할 수 없으며, 이로 인해 하나의 구현옵션을 선택하면 항상 채택되는 관계 등을 반영하지 못하였다. 이러한 수평적 관계의 정의는 사용자의 응답 착오를 방지하여 상호운용성 수준평가의 정확성을 향상하였다.

마지막으로, 서로 다른 전술 데이터 링크를 사용하는 무기 체계들은 일반적으로 연동을 위해 우회 연동 체계를 사용하며, 이 사실을 체계 간 특정 상호운용성 수준 평가에 반영하는 방법이 연구되었다.

3. 전문 특성을 고려한 상호운용성 수준평가

본 논문에서는 체계가 상호운용에 활용하는 전문의 특성을 크게 ‘전문 세트’, ‘전문 방향성’, ‘전문 변형성’ 세 가지로 규정한다.

전문 세트는 전문 표준에서 정의하고 있는 메시지 포맷들의 부분 집합을 의미하며, 이는 각 체계가 전문 표준에 기술된 모든 메시지 포맷을 구현하는 것이 아니라 필요에 의해 일부만 채택하여 구현하는 것을 의미한다.

한편, 전문 방향성은 전문은 한 체계가 생성하여 송신하면 다른 체계가 수신하여 처리하는 흐름을 갖고 있음을 의미한다. 이러한 방향에 대한 체계 서로 간의 요구사항의 만족 여부는 상호운용성 확보에 중요한 요소라 할 수 있다.

또한 전문은 메시지 중계기술에 의해 변환되어 다른 전문을 활용하는 체계가 활용할 수도 있고, 또는 같은 전문을 쓰더라도 메시지 중계기술을 구현하지 않는 경우 활용 불가능한 경우도 있다. 이 역시 전문을 활용하는 무기체계의 상호운용성 수준평가에 있어 중요한 특징이다.

본 장에서는 상술한 세 가지 전문의 특성을 고려하기 위하여 상호운용성 수준평가가 진화 발전하기 위한 구체적인 방안을 제안한다.

가. 전문 세트를 반영한 상호운용성 수준평가

기존의 SITES 수준평가 체계는 구현옵션 기반의 상호운용성 수준측정을 수행하고 있다. 이는 정보체계의 경우 체계개발에 사용하는 기술표준만으로도 상호운용성 수준 측정이 가능하기 때문이다. 정보체계의 경우 대부분 체계 간 데이터베이스 연동을 통하여 자료를 공유한다. 전문을 통하여 자료를 공유하는 경우라 하더라도 Fig. 1의 흰 부분으로 표시된 것과 같이 전문 표준에 기록된 전체 메시지 포맷, 즉 모든 전문 세트를 생성하거나 처리할 수 있도록 관련 기능이 구현되어 있는 경우가 보편적이다.

이와 달리 무기체계의 경우는 정보체계에 비해 매우 적은 컴퓨터 자원을 이용하기 때문에 전문 표준에 기술된 포맷 중에서도 운용 개념상 체계 간에 꼭 필요한 몇 개의 포맷과 관련된 기능만을 구현하는 경우가 일반적이다.

이러한 사실을 바탕으로 체계 간 특정 상호운용성 수준을 산출하는 경우 정보체계와 무기체계의 구하는

방식은 다음과 같이 달라진다. 정보체계의 경우 체계 간에 공통된 전문 표준을 사용했다는 사실만으로도 이에 해당하는 두 체계 간 특정 상호운용성 수준이 만족된다. 표준에 기술된 모든 내용에 대해서 관련 기능이 구현되어 있기 때문이다. 반면, 무기체계 간에는 Fig. 1에서 회색부분으로 표시된 부분과 같이 각 체계가 구비한 전문 세트의 구현 여부를 상세히 비교하여 특정 상호운용성 수준을 판단하게 된다.

이처럼 전문 표준에서 상호운용성 평가의 기준 단위를 전문 표준 자체에서 표준을 구성하는 전문 포맷 단위로 세분화 하고 범위를 한정하는 방안은 앞서 소개한 연구^[17]의 일환으로 현재 개발 중에 있다.

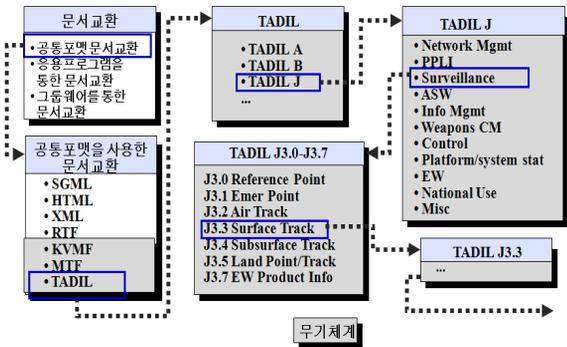


Fig. 1. 전문 세트를 이용한 수준측정

나. 전문의 방향성을 반영한 상호운용성 수준평가

전문은 사술한 바와 같이 체계 간에 ICD를 통해 어떠한 전문을 교환할지를 체계의 운용개념에 맞게 상호 합의하고 규정한다. 이는 전문을 어느 체계에서 생성하고 어느 체계에서 처리할 지에 대한 역할 분담이 존재함을 의미한다. 예를 들면 체계 X, 체계 Y 모두 전문 M의 전문 포맷 M1을 구현하더라도, 체계 X는 M1을 생성하여 체계 Y로 보내주고, 체계 Y는 체계 X로부터 M1을 수신하여 처리한다는 점에서 구분된다. 기존의 특정 상호운용성 수준평가는 이러한 방향성에 대한 고려 없이 체계 X와 체계 Y가 모두 전문 M을 구비한 경우 해당 능력을 만족한 것으로 간주하는 한계를 갖고 있었다. 본 절에서는 이와 같은 전문의 방향성을 특정 상호운용성 수준평가에 반영하는 방안을 제안한다.

기존 체계에서의 특정 상호운용성 수준을 평가하는 순서를 살펴보면 다음과 같다. 평가자가 일반 상호운용성 프로파일이 존재하는 두 체계를 선택하면, SITES

수준평가 체계는 두 체계의 공통 구현옵션을 추출한다. 추출된 공통 구현옵션은 상호운용성 능력모델의 각 셀에 해당하는 능력 트리에 대입되어 능력만족규칙, 수직적임계규칙 등의 적용을 통해 셀의 만족 여부를 판단하기 위해 사용되고, 이러한 셀들의 만족관계로부터 최종적으로 특정 상호운용성 수준이 도출된다^[18].

전문에의 방향성을 고려하여 특정 상호운용성 수준을 도출하기 위해서는 각 체계의 일반 상호운용성 프로파일을 구축하는 단계의 상호운용성 질의서 작성 방법이 수정되어야 한다. 체계 X에 대한 일반 상호운용성 프로파일을 생성하기 위하여 상호운용성 질의서를 작성할 때, 전문 M과 전문 포맷을 선택한다고 가정하자. 사용자는 각 전문 포맷에 대하여 ‘생성’, ‘처리’, 또는 ‘생성 및 처리’의 유형을 선택하고, 각 경우에 해당하는 상호연동대상체계를 선택한다.

이와 같이 작성된 방향성을 고려한 질의응답 내역은 체계 X의 자체적인 일반 상호운용성 수준을 도출할 때는 사용되지 않지만, 상호연동대상 체계 Y와의 특정 상호운용성 수준을 도출할 때에는 체계 Y에서 수신하기로 한 전문 포맷을 체계 X에서 생성하는지, 체계 Y가 생성하기로 한 전문 포맷을 체계 X가 수신하는지를 확인하는데 활용된다. 이와 같은 확인은 체계 X 뿐 아니라 체계 Y에 대해서도 똑같이 수행된다.

체계 X와 체계 Y에 대하여 정보 교환에 사용되는 모든 전문 포맷에 각각에 대하여 서로의 요구사항이 모두 일치하는 경우 비로소 체계 X와 체계 Y가 구현 옵션 전문 M을 이용하여 상호운용성을 수행한다고 판단할 수 있으므로, 전문 M에 해당하는 능력을 만족한 것으로 간주하는 것이 전문의 방향성을 고려한 특정 상호운용성 수준평가의 주요 개념이다.

만약 서로의 요구사항이 상충하는 경우, 예를 들면 같은 전문 포맷에 대하여 서로 생성하기만 하고 처리하지 않는 경우, 또는 처리하기만 하고 생성하지 않는 경우, 또는 한 체계만 요구하고 다른 한 체계는 요구하지 않는 경우는 전문 M을 사용한 상호운용성 확보에 실패했다고 판단하여 특정 상호운용성 수준평가 시 전문 M은 공통 구현옵션으로 반영되지 않는다.

이러한 개념을 특정 상호운용성 수준 도출에 반영하기 위해서는 공통 구현옵션을 구하는 과정을 수정해야 하며, 이에 대한 알고리즘은 Fig. 2와 같다.

1. 체계 X 의 모든 구현옵션을 구하고 이 집합을 A 라 한다.
2. A 에 속한 모든 전문을 포함하는 집합을 B 라 한다.
3. 체계 X 의 각 전문 $b(b \in B)$ 에 대하여 체계 Y 와의 데이터 교환을 위하여 생성하는 전문 세트를 E^b , 처리하는 전문 세트를 F^b 라 한다.
4. 체계 Y 에 대하여 1-3 과정을 반복하고 $A', B', E^{b'}, F^{b'}$ 를 구한다.
5. 전문을 제외한 구현옵션에 대하여 공통 구현옵션 집합 G 를 구한다.

$$G = (A - B) \cap (A' - B')$$
6. 전문에 대하여, 다음을 만족하는 전문 집합 H 를 구한다.

$$H = B \cap B'$$

$$I : E^h = F^h \text{ 이고 } F^h = E^h \text{ 를}$$

$$\text{만족하는 } h \text{의 집합, } (h \in H)$$
7. 체계 X 와 체계 Y 의 공통 구현옵션으로 $G \cup I$ 를 반환한다.

Fig. 2. 전문의 방향성을 고려한 공통 구현옵션 획득 알고리즘

다. 전문간 변환성을 고려한 상호운용성 수준평가 [17]에서는 서로 다른 전술데이터링크를 사용하는 체계 간에 우회연동체계를 통하여 정보를 교환하는 것을 수준평가에 반영하는 방법을 제안하였다. 그러나 우회연동체계가 아니더라도 데이터 중계(Data Forwarding) 기술에 의하여 이기종 전문 간의 교환이 가능하다. 데이터 중계란 적절한 형태와 링크 프로토콜을 사용하여 하나의 디지털 데이터링크로 데이터를 수신하고, 다른 디지털 데이터링크로 형태를 변환하여 데이터를 출력하는 과정이다. 전문 간의 변환 관계를 Fig. 3과 같이 변환할 수 있다.

↓에서 →로 중계	Link-A	Link-B	Link-C
Link-A	중계 표준 001	중계 표준 002	중계 표준 003
Link-B	중계 표준 002	N/A	중계 표준 004
Link-C	중계 표준 003	중계 표준 005	N/A

Fig. 3. 데이터 중계 대응 관계표

Fig. 3의 2행 3열과 같이 서로 다른 전술데이터링크를 사용하는 경우, ‘중계표준 002’를 활용하면 서로 간에는 각자의 전술데이터링크를 이용한 정보 교환이

가능하다. 예를 들어 LINK-16과 LINK-22는 ‘STANAG 5616 표준’의 데이터 중계 기술에 의하여 상호 변환을 통한 전문 교환 및 처리가 가능하다.

반면 Fig. 3의 2행 2열의 ‘중계 표준 001’처럼, 같은 전문을 사용하는 경우에도 데이터 중계 기술이 필요한 경우가 있다. Link-16의 경우 이를 사용하는 망이 두 개가 있는 경우, 같은 정보를 갖는다 하더라도 망 내부에서 유통되는 전문과 망 외부에서 유통되는 전문이 구분되어 있기 때문에, 망 간의 정보 교환을 위해서는 ‘MS6020 표준’에 기술된 데이터 중계가 이루어져야 한다.

현재의 수준평가 체계에서는 서로 다른 전문을 사용하는 체계 간에 정보를 교환하기 위하여 데이터 중계 표준을 구비하였더라도 체계 간의 공통 구현옵션이 존재하지 않기 때문에 특정 상호운용성 수준이 현실보다 낮게 평가되고, 또는 공통 전문 표준이지만 데이터 중계 기술이 필요한 경우임에도 불구하고 공통 구현옵션이 존재한다는 사실만으로 특정 상호운용성 수준을 산출하여 현실보다 높게 평가되는 점이 한계로 지적된다.

이를 극복하기 위하여 한국군의 무기체계가 사용하는 전술데이터링크의 종류 및 이들의 중계 관계를 Fig. 3과 같은 테이블 형태로 정리하고, 체계가 이런 형태의 정보교환을 위하여 변환기능을 구현할 계획을 갖고 있는지를 확인함으로써 무기체계 간 특정 상호운용성 수준평가에 활용하는 방법을 제안한다.

데이터 중계 표준이 갖고 있는 전문 세트 간 변환에 대한 중계 규칙(Forwarding Rule) f 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$M_Y = f^{s_{X \rightarrow Y}}(M_X) \tag{1}$$

$$M_Y = f^{s_{X \leftarrow Y}}(M_X) \tag{2}$$

X, Y 는 체계를, M_X, M_Y 는 각 체계가 구현한 전문의 개별 전문 번호를, s 는 중계 표준을 의미하고, $f_{X \rightarrow Y}$ 와 $f_{X \leftarrow Y}$ 는 각각 체계 X 를 기준으로 송신과 수신시의 중계 규칙을 의미한다.

제안하는 방법은 앞 절에서와 마찬가지로 두 체계 간에 공통의 구현옵션을 추출하는 부분을 수정함으로써 구현할 수 있으며, 데이터의 방향성과 변환성을 모두 고려하여 수정된 알고리즘은 Fig. 4와 같다.

1. 체계 X의 모든 구현옵션을 구하고 이 집합을 A라 한다.
2. A에 속한 모든 전문을 포함하는 집합을 B라 한다.
3. 체계 X에 속한 모든 데이터 중계 표준 중 체계 Y와의 데이터 교환을 위한 표준 집합을 C라 한다.
4. B에 속한 전문 중 C에 속한 데이터 중계 표준에 의해 변환되어 송신되는 전문 또는 수신되어 변환되는 전문의 집합을 D라 한다.
5. 체계 X의 각 전문 $b(b \in B)$ 에 대하여 체계 Y와의 데이터 교환을 위하여 생성하는 전문 세트를 E^b , 처리하는 전문 세트를 F^b 라 한다.
6. D에 속한 전문 세트 E^d, F^d 에 C에 속한 모든 데이터 중계 표준의 각 중계 규칙을 적용하여 확장 전문 세트 E_{ext}^d, F_{ext}^d 를 구한다.

$$e_{ext}^d = f_{X \rightarrow Y}^c(e^d)$$

$$f_{ext}^d = f_{X \leftarrow Y}^c(f^d)$$

$$(c \in C, d \in D, d' \in D', e^d \in E^d, f^d \in F^d,$$

$$e_{ext}^d \in E_{ext}^d, f_{ext}^d \in F_{ext}^d)$$
7. 체계 Y에 대하여 1~6 과정을 반복하고 $A', B', C', D', E^{b'}, F^{b'}$ 및 E_{ext}^d, F_{ext}^d 를 구한다.
8. 전문을 제외한 구현옵션에 대하여 공통 구현옵션 집합 G를 구한다.

$$G = (A - B) \cap (A' - B')$$
9. 중계 규칙과 무관한 전문에 대하여, 다음을 만족하는 전문 집합 I를 구한다.

$$H = (B - D) \cap (B' - D')$$

$$I : E^h = F^h \text{ 이고 } F^h = E^h \text{ 를}$$

만족하는 h의 집합, ($h \in H$)
10. D'에 대하여 다음을 만족하는 전문 집합 J를 구한다.

$$E_{ext}^{d'} = F^{d'} \text{ 이고 } F_{ext}^{d'} = E^{d'}$$
11. D에 대하여 다음을 만족하는 전문 집합 K를 구한다.

$$E_{ext}^d = F^d \text{ 이고 } F_{ext}^d = E^d$$
12. 체계 X와 체계 Y의 공통 구현옵션으로 $G \cup I \cup J \cup K$ 를 반환한다.

Fig. 4. 데이터 변환을 고려한 공통 구현옵션 획득 알고리즘

수정된 알고리즘의 핵심은 각 체계가 구비한 전문 세트의 범위를 중계 규칙에 의하여 확장한다는 사실이다. 확장된 전문 세트는 각 체계가 실제로 갖고 있지 않지만, 중계 규칙에 의해 생성 또는 처리할 수 있다는 사실을 특정 상호운용성 수준 평가에 반영하기 위하여 도입된 개념이다. 전문 세트의 확장은 각 체계

가 구현한 전문 세트의 모든 개별 전문 포맷에 대하여 ‘생성하여 송신하는 전문’인지 또는 ‘수신하여 처리하는 전문’인지를 구분하고, 각각 중계 규칙 (1)식과 (2)식에 대입하여 추가로 구함으로써 이루어짐을 알 수 있다(Fig. 4 알고리즘의 6단계).

제안하는 알고리즘은 전문을 매개로 상호운용을 하는 모든 체계에 대하여 앞서 제시한 전문 세트, 전문의 방향성, 전문의 변환성을 모두 반영하여 특정 상호운용성 수준을 도출할 수 있도록 고안되어 정보체계에서 무기체계로 상호운용성 수준평가의 범위를 확장하는 핵심 알고리즘이라 할 수 있다.

라. 전문의 방향성과 변환성 분석 지원 산출물

LISI 모델은 다수의 체계가 갖는 데이터 속성의 구현옵션을 쉽게 비교할 수 있도록 데이터 비교 테이블(Data Comparison Table)과, 체계 간 입출력 요구사항을 비교할 수 있도록 상호연동 요구사항 테이블(Interconnection Requirement Table)을 규정하였다. 본 절에서는 다수 체계들 간의 전문 및 전문 포맷에 관한 상호 요구를 전문의 방향성과 변환성 관점에서 쉽게 진단하고 분석할 수 있는 새로운 SITES 수준평가 체계 산출물을 제안하며, ‘전문 비교 테이블’이라 정의한다(Fig. 5).

↓가 →로 요구	체계 X	체계 Y	체계 Z
체계 X		K.1 (생성) K.2 (처리)	K.3 (생성) K.2 (처리)
체계 Y	K.1 (처리) K.2 (생성)		K.4 (생성) K.5 (처리)
체계 Z	K.3 (생성&처리)	K.3 (생성) K.5 (처리)	

Fig. 5. 전문 비교 테이블

Fig. 5에서의 2행 3열의 의미는 ‘체계 X가 체계 Y에게 K.1을 생성하고, K.2를 처리할 것을 요구한다.’이다. 즉 체계 X가 K.2 포맷의 전문을 생성하면, 체계 Y가 K.2 포맷의 전문을 수신 받아 ‘처리’하고, 체계 X가 K.1 전문을 처리하기 위하여, 체계 Y가 K.1 전문을 ‘생성’하여 송신할 것을 요구하는 것이다.

3행 2열의 의미는 ‘체계 Y가 체계 X에게 K.1을 처리하고, K.2를 생성할 것을 요구한다.’이다. 즉 체계

Y가 K1 전문을 생성하면, 체계X가 K1 포맷의 전문을 수신 받아 '처리'하고, 체계Y가 K2 전문을 처리하기 위하여 체계X가 K2 포맷의 전문을 '생성'하여 송신할 것을 요구한다는 의미이다.

이 때 체계X와 체계Y는 서로의 요구사항이 모두 일치하므로 이 경우에 해당 셀은 녹색으로 표시한다. 체계X와 체계Z는 K3에 대하여 서로의 요구사항이 부분적으로 일치하지만 다른 전문 포맷에 대해서는 일치하지 않는 것을 알 수 있다. 이렇게 부분적인 일치가 존재하는 경우 노란색으로 표시한다. 체계Y와 체계Z는 모든 요구사항이 불일치하기 때문에 붉은색으로 표시하였음을 알 수 있다. 이러한 셀의 색깔은 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 그어지는 대각선을 기준으로 대칭으로 표시됨을 알 수 있다.

상술한 전문 비교 테이블은 전문의 방향성뿐만 아니라 전문의 변환성 또한 표현할 수 있다. 예를 들어, 체계X는 전문K를, 체계Y는 전문V를 구현하였고, 각자 전문K와 전문V 간의 데이터 중계 표준을 구비하였으며, 체계X에서의 중계 규칙은 V3을 K4로 변환하는 것을 정의하고, 체계Y에서의 중계 규칙은 K5를 V7으로 변환하는 것으로 가정한다. Fig. 6에서는 이와 같은 가정 하에서의 전문 비교 테이블을 나타낸다.

↓가 →로 요구	체계X	체계Y
체계X		K.4 (생성) K.5(처리) → V.7(처리)
체계Y	V.3(처리) → K.4(처리) V.7 (생성)	

Fig. 6. 서로 다른 전문을 갖는 체계의 전문 비교 테이블

체계X는 전문V를 구현한 체계Y에게 전문K를 생성하거나 처리할 것을 요구하고, 체계Y는 전문K를 구현한 체계X에게 전문V를 생성하거나 처리할 것을 요구한다. 데이터 변환성을 고려하지 않는다면, 이 경우 서로의 상호운용 요구사항이 불일치한다고 판단하게 된다. 그러나 체계X와 Y는 가정한 바와 같이 데이터 중계 표준을 갖고 있으므로 타 체계로부터 받은 전문을 자신이 처리할 수 있는 전문 포맷으로 변환할

수 있다.

2행 3열에서 체계X는 체계Y에게 자신이 생성한 K5를 처리할 것을 요구하고 있는데, 체계Y 입장에서는 중계 규칙에 의하여 K5를 V7로 변환하여 처리할 수 있으므로 V7을 처리하는 것을 요구하는 것과 같다. 3행 2열에서 체계Y는 체계X에게 V7을 생성할 것을 요구하고 있어, 서로의 상호운용 요구가 일치한다 할 수 있다. K4와 V3의 관계도 이와 같이 해석할 수 있으며, 모든 상호운용 요구사항이 일치하므로 셀은 녹색이 된다. 전문 비교 테이블의 셀에 대한 분석 알고리즘은 Fig. 7과 같다.

<p>각 셀(i, j) 및 셀(j, i)에 대하여,</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 체계i가 체계j에게 '생성'을 요구한 전문 세트의 집합을 A라 한다. 2. 체계i가 체계j에게 '처리'를 요구한 전문 번호에 대하여 체계i가 갖는 데이터 중계에 의하여 변환하여 처리하는 전문 세트를 구하고 이 집합을 B라 한다. 3. 셀 (j, i)에 대하여 1, 2항에 해당하는 집합을 A', B'라 한다. 4. $A = B$ and $B = A'$이면 녹색, $(A \cap B) \cup (B \cap A') = \emptyset$ 이면 붉은색, 그 외의 경우는 노란색으로 셀의 색을 정의한다.

Fig. 7. 전문 비교 테이블 셀 분석 알고리즘

4. 결론

본 논문에서는 상호운용성 수준평가의 범위를 정보체계에서 무기체계로 확장하기 위하여, 판단기준인 구현옵션을 전술데이터링크의 전문 표준에 초점을 맞추고 이들의 방향성과 메시지 중계 기술에 의한 변환성을 특정 상호운용성 수준평가에 반영하는 방법을 제시하였다. 그리고 이에 대한 분석을 용이하게 하기 위한 새로운 산출물인 '전문 비교 테이블'을 정의하였다.

이러한 일련의 노력은 정보체계에서 무기체계로 상호운용성 평가 대상의 범위를 확장하였을 뿐만 아니라, 실제로 체계를 연동하여 시험하여 측정된 상호운용성 시험평가 결과와 질의 및 응답 과정만을 통해서 얻은 상호운용성 수준평가 결과의 차이를 좁힘으로써 그 정확성과 신뢰성을 향상시키는데 기여할 것으로 기대된다.

각 체계 또는 체계 간의 상호운용성 수준은 신규 체계의 상호운용성 소요 도출, 체계 간 상호운용성 진단 및 대안 제시, 체계 개발 전 상호운용 요구사항 비교를 통한 사전 검증, 향후 연구개발 예정인 상호운용성 시험평가와의 연동 등 그 활용 범위가 다양하다. 따라서 상호운용성 수준의 범위와 정확성을 향상시키는 것은 국방 체계의 전반적인 상호운용성 확보에 필수적으로 필요하며, 본 논문에서 제안한 기술이 이에 이바지할 수 있길 기대한다.

Reference

- [1] 국방부, “국방전력발전업무규정, 국방부 훈령 제 875호”, 2008. 3.
- [2] 방위사업청, “방위사업관리규정, 방위사업청 훈령 제88호”, 2009. 1.
- [3] 국방부 정보화기획관실, “국방 상호운용성 관리규정, 국방부 훈령 제839호”, 2007. 11.
- [4] 합동참모본부, “상호운용성 적용 및 평가 지침서”, 2007. 2.
- [5] 류동국, 이상일, 조병인, 안병래, “국방 자동화 정보체계 상호운용성 시험 및 평가 시스템”, 정보과학회지 제23권 제7호, 2005. 7.
- [6] 배현섭, 윤광식, 고장혁, 조완수, 안병래, “국방 정보 시스템간의 상호운용성 시험 기법”, 한국SI학회지 제4권, 제2호, 2005. 11.
- [7] 한국정보통신기술협회, “정보기술 및 전기통신(IT&T) 제품 상호운용성 시험 프레임워크와 방법론”, 2004. 12.
- [8] 한국정보통신기술협회, “인터넷정보가전 홈계이 트웨어시스템 상호운용성시험 정보 통신 기술 보고서”, 2004. 12.
- [9] 한익준, 방춘식, 윤광식, 배현섭, 류동국, “국방 무기체계 소프트웨어의 상호운용성 시험 아키텍처”, 한국멀티미디어학회 논문지, 2009.
- [10] Architectures Working Group, “Levels of Information Systems Interoperability”, 1998.
- [11] 천재영, 김형균, 박철민, 조병인, “전술데이터링크 전문 표준 명세를 이용한 상호운용성 수준평가 및 시험평가 도구 연계 방안 연구”, 한국군사과학기술학회 종합학술대회, 2009.
- [12] 김의순, 홍진기, 임재혁, “한국군 합동전술데이터링크 기본계획 작성을 위한 발전방안연구”, 한국 국방연구원, 2009.
- [13] 국방기술품질원, “무기체계와 지상전술C4I체계 간 상호운용성 확보 방안 연구”, 2007.
- [14] 전병욱, 박지훈, 김의순, 정구돈, “한국형 합동전술데이터링크 체계 구축방향 연구”, 한국국방연구원, 2003.
- [15] 김한동, 최대봉, “전술데이터링크 기술 표준화 동향”, 한국통신학회, 2007. 10.
- [16] 정구돈, “전술데이터링크 소개”, 한국국방연구원, 2007. 9.
- [17] 한익준, 방춘식, 윤광식, 천재영, 김형균, 조병인, “기술 및 비기술 요소를 고려한 무기체계 상호운용성 평가 모델”, 한국군사과학기술학회지, 2009.
- [18] 천재영, 김형균, 오행록, 조병인, “능력기반 상호운용성 수준평가 알고리즘”, 통신전자학술대회, 2008.