NCW환경에서 지휘통제체계(C4I) 상호운용성 시험평가체계 개선방안 연구

A Study on Improvement Method of Interoperability Test & Evaluation Approach for the C4I Systems in NCW Environment

김 경 희^{*,**} 강 석 중^{*}
Kyung-Hee Kim Seok-Joong Kang

Abstract

The most essential ROC(requirement operational capability) in order to assure the effectiveness of the C4I Systems in NCW Environments is the seamless and stable interoperability between systems. The U.S. Armed Forces that perceived the importance of interoperability, prepared the framework to apply from the proposal of requirement to every step of acquisition process. The Korea Joint Chiefs of Staff is also developing a similar system in order to assure the interoperability between command control(C4I) systems. In the paper, we specify the needs of standardization of test systems and international trends on the technology, and propose an interoperability test & evaluation system based on a standardization conformity method to improve the interoperability test & evaluation for the C4I systems in NCW environments. Finally we show an example of the implementation of the test system and its application to C4I systems to verify the proposed test system.

Keywords : C4I, Interoperability, CTMF(Conformance Testing Method Framework), TTCN(Testing and Test Control Notation)

1. 서론

미래전 및 현대전에서 유비쿼터스(Ubiquitous) 및 끊김없는(Seamless) 관련 정보통신 및 체계융합 기술의 급격한 개발 및 축적된 노하우는 군 자원관리업무 뿐

아니라 군 전장관리분야의 C4I(Command Control, Communication, Computer and Intelligence) 체계에도 커다란 영향을 미쳐 과거에는 상상조차 할 수 없는 체계구축의 발전을 거듭하고 있다.

합참은 C4I체계를 “통합된 지휘통제체계로서 보다 효율적으로 군사력을 준비하고 운용하는 총체적인 수단과 절차로서 지휘관이 부여된 임무를 달성하기 위해 가용자원을 최적 장소와 시간에 배열하여 전투력 상승효과를 발휘할 수 있도록 지휘, 통제, 통신, 컴퓨터 및 정보의 각 요소가 유기적으로 통합 연결된 체

† 2012년 6월 5일 접수~2012년 9월 28일 게재승인

* 광운대학교 방위사업학과

** 방위사업청 분석시험평가국

책임저자 : 김경희(kkh2110@yahoo.co.kr)

계”라고 정의하고 있다. 또한, 이와 같은 체계는 어떤 하나의 장비가 아닌 “실시간 정보를 효율적으로 제공하기 위한 지휘통제, 통신체계 및 군사정보체계가 통합된 체계, 또는 예하조직을 능률적으로 운영하기 위해 사용되는 인원, 장비, 시설, 교리, 절차 등을 유기적으로 구성하여 전장 환경을 수집, 전파, 처리하고, 분석된 결과를 비교 검토하여, 최선의 방식을 선택하여 의사결정조치를 위한 일련의 체계”라고 정의할 수 있다. 이와 같이 군 임무 달성 여부는 C4I체계 성능에 결정적으로 의존하며, 최적의 C4I체계 획득은 명확한 운용요구도(Operational Requirement Diagram)와 과학적인 시험평가(Test & Evaluation)에 의해 기능 및 성능이 좌우된다. 그러므로 각 체계개발 마일스톤 상 다양한 요구분석 및 설계, 서브시스템 간 체계통합 및 연동이 많이 요구되는 C4I체계의 특성에 부합되도록 최적의 상호운용성을 보장할 수 있는 요구도 검증을 위한 시험평가 방안이 절실하게 요구된다.

본고에서는 우리 군의 C4I체계의 상호운용성 보장을 위해 현재 진행 중인 상호운용성 평가 체계에 있어 표준적합성을 고려한 시험시스템의 표준화방안을 연구하고, 이를 위해 시험시스템 표준화의 필요성과 국제표준 동향과 기술적 측면을 고찰한 후 실제 사례를 통해 지휘통제체계(C4I) 분야에 적합한 우리 군의 상호운용성 시험평가 체계에 적용될 시험시스템에 대한 방향을 제시하고자 한다.

2. 상호운용성과 표준적합성 정의⁽²⁾

우리 군에서는 상호운용성을 “서로 다른 군, 부대 또는 체계 간 특정 서비스, 정보 또는 데이터를 막힘 없이 공유, 교환 및 운용할 수 있는 능력”으로 규정하고 있다. 이 정의는 미 국방성의 지침에서 기술하고 있는 정의와 거의 동일한 것으로, 단지 미 국방성의 지침에는 물질(Materiel)의 개념이 추가되어 있다.

지휘통제체계의 상호운용성 범위는 Fig. 1과 같이 운용적, 체계적, 기술적 상호운용성과 공통적으로 적용해야 하는 정책 및 제도, 표준화 그리고 상호운용성 평가분야로 구성된다.

상호운용성(Interoperability)이란 두 개 이상의 개체(Entity)가 어떤 기능 혹은 임무를 수행하기 위하여 정보를 교환 또는 공유하거나 협력하는 정도를 나타내는 용어이다. 반면에 표준적합성(Conformance)이란 특정

Fig. 1. 상호운용성 범위⁽¹⁵⁾

명세(Specification)에 의해 구현된 실제 시스템이 명세에 표현된 요구사항에 부합하는 정도를 나타내는 용어이다. 표준적합성과 상호운용성은 매우 넓은 의미에서 정의될 수 있을 것이나, 본고에서는 SW 간 데이터 교환, 통신 프로토콜과 관련한 시스템을 대상으로 기술한다.

표준적합성과 상호운용성이 국방분야에서 대두된 것은 국방 무기체계에 있어서 정보교환이 점차 중요해지고 있기 때문이다. 현대전에서 네트워크중심전(NCW : Network Centric Warfare)의 개념이 도입되면서 무기체계 간 상호운용성이 중요하게 되었다.

한편, 미군은 DoD-AF로 불리는 통합아키텍처 내에서 상호운용성 보장을 위한 프레임워크를 마련해 놓고 있고, 이것이 국방부 지침인 DoDD 4630.05, DoDI 4630.8, 합참 지침인 CJCSI 6212.01D, 합참의 JCIDS 문서인 CJCSI 3170.F, CJCSM 3170.C, 국방부의 획득 문서인 DoD 5000 등에 반영되어 기술되어 있다. CJCSI 6212.01D에 정의된 미군의 상호운용성 평가점检표에는 11가지 대분류 아래 점검항목들이 열거되어 있다^[1]. 이 평가요소 중 가장 핵심요소는 NR-KPP로 그 구성 요소는 다음과 같다.

- NCOW RM(Compliance with the Net-Centric Operations & Warfare Reference Model)과 적합성
- 통합 아키텍처 산출물
- 해당 KIP와의 적합성
- DoD 정보보안 요구사항과의 적합성

우리군도 상호운용성의 중요성을 인식하고 상호운용성 보장을 위한 체계를 마련하였다. 국방부의 ‘국방 전력발전업무훈령’, 합참의 ‘상호운용성 적용 및 평가 지침’, 방위사업청의 ‘상호운용성 및 표준화 관리지

침' 등이 상호운용성 보장을 위한 프레임워크를 제시하고 있다. 이런 노력으로 인해 많은 발전이 이루어지고 있으나, 미군의 체계와 비교할 때 아직 미흡한 점이 있고, 이에 대한 연구와 발전 방향에 대한 대안 제시가 있었다. 상호운용성 확보를 위한 프레임워크의 각종 요소에 대해 미군과 대비하여 우리군이 미비한 점들 중에서 몇 가지는 상호운용성 평가 조직 간의 역할과 책임 구분이 불명확하다는 것과, 상호운용성 평가를 위한 도구에 객관적 시험에 의한 평가가 결여되어 있다는 것이다. 미군의 상호운용성 수준 측정은 CJCSI 6212.01D에 근거하여 실시되는데 그 문서에서 JITC의 시험을 필수항목으로 제시하고 있다. 그러나 우리 군에서 이와 대응되는 지침이라고 할 수 있는 방위사업청 '상호운용성 및 표준화 관리지침'의 별표 2에 있는 '상호운용성 점검목록'에는 이러한 시험항목이 없다. 상기 목록 중 수준측정도구인 SITES(System Interoperability Test & Evaluation System)는 미군의 JCPAT-E(Joint C4I Program Assessment Tool-Empowered)와 같은 기능을 하는 도구이지만, 아직 객관적 시험을 통한 평가가 결여되어 있다. 이러한 문제점을 인식하고, 방위사업청에서 국과연주관 핵심기술 연구개발 사업으로 현재 운영 중인 SITES에 시험평가 기능을 부가하기 위한 기술로서 '무기체계 소프트웨어 상호운용성 평가기술 개발' 프로젝트를 진행 중이다.

이러한 프레임워크 기반의 상호운용성 평가가 효과를 발휘하기 위해서는 상호운용성 평가와 관련된 주체들의 명확한 역할 정의와 주체들 간의 통일된 기준이 필요하다. 상호운용성 평가관련 주체들 간의 역할 정의는 개선될 것으로 기대되므로, 본고에서는 상호운용성 평가를 위한 기술로서 표준적합성을 보장하기 위한 시험기술의 표준화에 대해 고찰한다.

시험기술의 표준화는 무기체계 개발에 있어서 상호운용성 및 개발효율 향상을 위해 필수적인 요소이다^[1]. 기존의 무기체계 시험에서 문제가 발생하는 경우는 다음과 같다. 첫째, 시험시스템이 폐쇄적인 경우이다. 한 무기체계를 위해 개발된 시험시스템이 유사한 다른 무기체계에 활용되지 못하거나, 같은 무기체계라 하더라도, 개발사가 서로 다른 경우에는 다른 시험시스템을 마련하여야 하는 경우가 있다. 더욱이 무기체계를 개발한 회사가 시험시스템까지 같이 개발하는 경우는 무기체계 품질도 확인하기 어렵게 된다. 둘째, 시험시스템의 확장성이 미흡한 경우이다. 무기체계의 기능이 확장되거나 변경될 경우에 기존의 시험시스템

을 활용하지 못하고, 새롭게 개발해야 하는 경우에 비용 등 재사용 효율이 떨어지게 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 민간부문에서는 이미 표준화를 진행하고 있다.

본고에서는 지휘통제체계 시험평가를 위한 시험시스템의 표준화기술 분석 및 C4I체계의 기반체계 적용에 관해 기술한다.

3. 지휘통제체계(C4I) 시험평가 이해^[1,2]

C4I체계 시험평가는 시험(Test)과 평가(Evaluation)의 복합어로 C4I체계의 기술적인 성능과 체계적합성, 운용 효과성을 판단하는 일이라 정의 할 수 있으며 세부적으로 정의하면 다음과 같다. C4I체계 시험이란 C4I체계의 기술 및 운용상의 요구사항에 대한 성취정도를 측정, 그 측정된 결과를 측정해 가는 과정을 말하는 것으로, 최초로 개발하거나 성능을 개량한 C4I체계에 대한 자료를 수집, 확보하는 것을 말한다. C4I체계 평가란 시험을 통하여 수집한 시험자료, 연구자료, 시뮬레이션 자료를 근간으로 하여 군의 요구수준과 비교 분석하여 수락성, 가치성, 기술적 충족성 및 성능상의 적합성을 판단하는 과정이다. C4I체계의 시험평가 목적은 C4I체계의 유용성 및 비용 대 효과 분석측면에서 유리성을 평가하기 위하여 적시에, 정확하고, 적절한 정보를 의사결정자에게 제공하고, 획득과 관련된 위험 요소를 식별하여 획득 위험을 감소시키며, 획득관련기관으로 하여금 운용측면에서 효과도 및 적합성이 높은 C4I체계가 획득되도록 보증하는데 있다.

미 국방성의 C4I체계 시험평가를 형태기준으로 살펴보면 다음과 같다. 1990년도 시험평가(형태 1 : 단위체계기반 C4I체계 시험평가)는 단위체계중심으로 실시하였고, 1990년도 후반부터 2000 초반의 시험평가(형태 2 : 단위체계+(관련체계 : Point to Point)기반 C4I체계 시험평가)는 DoD-AF를 기반으로 단위체계 시험평가와 더불어 복합체계(C4I체계 : 센스체계, 지휘 및 통제체계, 통신체계, 컴퓨터, 정보체계) 구축을 위하여 상향식 소요획득체계인 RGS(Requirement Generation System) 절차에 의해 관련된 체계에 대한 상호운용성 시험평가를 실시하였으며, 2000년 중반부터 C4I체계를 포함한 전 국방체계(복합체계 : C4I체계, 무기체계) 시험평가(형태 3 : 단위체계+(관련체계 : Plug & Play)기반 C4I체계 시험평가)는 DoD-AF와 능력(Capability)개

념을 기반으로 NCW(Network-Centric Warfare)구축을 목표로 신규 개발된 하향식 소요획득체계인 JCIDS(Joint Capabilities Integration Development Systems : 합동능력 통합발전체계) 절차에 의해 단위체계와 관련된 체계의 상호운용성 평가를 실시하고 있다.

현재 우리 군은 통합된 고성능의 C4I체계 구축과 더불어 한국에 적합한 NCW를 건설하기 위하여 부단히 노력하고 있다. 그러나 우리 군의 C4I체계 시험평가 수준은 미 국방성의 형태 1과 형태 2 중간정도이고, 한국형 NCW는 아직도 개념을 연구하고 제도화하려는 초기단계에 머물고 있다.

그러므로 고성능의 통합될 수 있는 C4I체계를 보다 효과적/효율적으로 구축하기 위해서는, C4I체계와 C4I체계 시험평가에 관련된 이론 및 특징, 적합한 소요제기 방법 및 절차, 소요를 충족할 수 있는 C4I 체계 획득절차를 기반으로 요구된 성능 충족을 위한 C4I체계 시험평가모델, 과정 및 절차가 있어야 하나, 현재 우리 군에는 해당 모델, 과정, 절차 및 데이터베이스가 구축되어 있지 않아 사업추진 시 혼란 초래, 사업수행기간의 장기화, 부적합한 소요 구축, 실체계 간 연동제한, 모의시험환경의 신뢰도 미보장 등의 사례가 발생하고 있다.

4. 상호운용성 평가기술^[17]

상호운용성 평가기술은 이종의 무기체계 간 관련된 정보를 상호운용하기 위해 필요한 상호운용성 관련 시험평가와 인증절차 및 방법론, 시험도구 등을 개발하고 관리 및 운용하는 제반 기술이다. 상호운용성 평가는 획득업무 전 단계에 걸쳐 해당체계의 상호운용성 여부를 확인하고 검증하는 절차로 상호운용성 소요평가, 수준평가, 시험평가 등으로 구분된다.

- 상호운용성 소요평가 : 합참에서 제공하는 점검기준에 따라 상호운용성 고려요소의 반영여부를 평가하는 과정이다.
- 상호운용성 수준평가 : 소요요청서에 명시된 상호운용성 요구수준의 달성여부를 수준평가도구(SITES : System Interoperability Test & Evaluation System)를 활용하여 평가하는 과정이다.
- 상호운용성 시험평가 : 체계개발업무 수행 시 개발 및 운용시험평가의 일부로 상호운용성 요구사항의

부합 여부를 실체계 및 시험평가 도구를 통해 최종 평가하는 것으로, 개발시험평가와 운용시험평가로 나누어 기술적 개발목표의 충족 여부 및 시제품 또는 완제품에 대한 작전운용성능 충족 여부를 확인하고 전력화지원요소 등에 대한 적합성을 평가하는 과정이다.

가. 국내 기술개발 현황

상호운용성 평가기술에 대한 국내의 기술개발현황은 국방과학연구소를 중심으로 무기체계에 대한 상호운용성 시험평가기술을 확보하고 있으며 통신망 모델, 시험 시나리오 저작 및 시험평가 도구, 레포지토리 및 관리 도구를 개발하고 있다. 이러한 개발 프레임워크는 소프트웨어 개발생산성, 유지보수성 등에서 유용하나, 공통 컴포넌트 재사용 측면에서는 개발 프레임워크 상이로 재사용의 어려움을 내포하고 있다. 상호운용성 평가기술에 대한 국내 기술개발 현황을 종합하면 Table 1과 같다.

Table 1. 상호운용성 평가기술 국내개발 현황

요소기술	국내 기술 개발 현황
네트워크 기반 상호운용성 시험평가 기술	국과연주도로 핵심기술(응용연구) ‘네트워크 기반 상호운용성 시험평가 기술’ 과제에서 통신망 모델(국방통합망, SPIDER, 위성망, 전투무선망), 시험 시나리오 저작 및 시험평가 도구, 레포지토리 및 관리도구를 연구 개발 중.
무기체계 상호운용성 평가기술	상호운용성수준(LISI : Levels of Information Systems Interoperability) 모델을 두어 획득단계별로 상호운용성 수준을 평가하는 절차 및 도구를 개발하여 국통사를 중심으로 운영 중(SITES). 무기체계 상호운용성 평가 기술은 국과연에서 핵심기술개발과제(무기체계 소프트웨어 상호 운용성 평가기술 개발(’09.6~’12.6))로 개발 중.
복합 상호운용성 평가기술	LISI 모델 기반의 상호운용성 시험평가 시스템(SITES)은 문서기반의 상호운용성 평가 기능과 코드기반의 상호운용성 시험 수행. 국방과학연구소를 중심으로 핵심기술 개발과제로 추진중인 “무기체계 소프트웨어 상호운용성 평가 기술 개발(’09.6~’12.6)” 과제 완료 이후 복합 상호운용성 평가 기술로 발전하는 개발 계획수립

나. 국외 기술개발 현황

상호운용성 평가기술에 대한 국외 개발현황은 선진국의 NCW 시뮬레이터로서 미 정보체계국(DISA : Defense Information Systems Agency)의 JCSS(Joint Communication Support Squadron), WIN-T, 유럽 EADS사의 NetCOS(Network Centric Operations Simulations) 등이 개발되어 있고 이를 활용하여, 모의 전장 통신환경 내 체계 간 정보 교환 성능을 분석 및 평가하는 기능을 보유하고 있다. 상호운용성 평가기술의 요소기술에 대한 국외 기술개발 현황을 종합하면 Table 2와 같다.

Table 2. 상호운용성 평가기술 국외개발 현황

요소기술	국외 기술 개발 현황
네트워크 기반 상호운용성 시험평가 기술	미국 정보체계국(DISA)의 JCSS, WIN-T, 유럽 EADS사의 NetCOS 등이 개발되어 모의전장 통신환경 내 체계 간 정보 교환 성능을 분석하여 평가 수행 중.
무기체계 상호운용성 평가기술	미국 JITC(Joint Interoperability Test Command, 합동상호운용성 시험사령부)는 InterTEC (Interoperability Test & Evaluation Capability)을 점진적 개발방법론을 통하여 개발함. 미국 JITC는 InterTEC을 통해 LVC(Live-Virtual-Constructive) 환경에서 탐지/타격 및 지휘통제 체계를 합동 차원에서 상호운용성 시험 평가를 수행.
복합 상호운용성 평가기술	상호운용성 시험평가 능력 구축 프로젝트로 InterTEC 수행중이며, 네트워크 중심의 복합 체계에 대한 시험평가, 합성전장환경(Live+Sim) 기반의 시험평가를 가능토록 함. 전술데이터링크 분야의 상호운용성 분석도구로 eSMART를 활용하며, 국제적으로 인정된 iSMART Process를 적용하여 작전 운용과 전술데이터링크와의 상호운용성을 분석함.

다. 미군 상호운용성 시험시스템^[14]

미군의 상호운용성 인증업무는 JITC에서 독립적으로 수행하고 있는데, 인증업무는 다음과 같은 4단계로 이루어진다.

- 상호운용성 요구사항 식별
- 인증 방법 수립
- 상호운용성 시험 및 평가 수행
- 인증서 발행 및 성적 보고

JITC는 이러한 시험인증 과정의 각 단계별로 요구사항을 식별하고, 개발 초기 단계부터 상호운용성 개념이 포함되도록 하고, 자원을 활용하기 위한 계획을 수립하고, 상호운용성 문제를 해결하기 위한 방안을 식별하여 지원하는 등의 역할을 수행한다. 또한 JITC는 체계를 시험하기 위한 다양한 도구들을 가지고 있어서 이것들을 시험에 활용한다.

한번 인증 받은 체계는 3년 동안 유효하고 유효 기간이 지나면 다시 인증을 받아야 한다.

JITC의 체계 인증을 위한 방법론 모델과 상호운용성 인증단계는 아래 Fig. 2 및 3과 같다. 인증을 위한 핵심 항목인 NR-KPP의 요구사항은 하부의 다양한 시험을 통해서 확인되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 2. JITC 인증 방법론 모델^[14]

Fig. 3. 상호운용성 인증 단계^[14]

JITC의 내부에는 다양한 목적을 위한 여러 조직들이 있어서 각기 시험 평가 업무뿐만이 아니라 연구 활동들을 하고 있다. 시험에 관련된 조직을 살펴보면 다음과 같다.

- Advanced Internet Protocol Technology Capability (AIPTC)
 - 자동화 시험 도구를 이용한 IPv4/IPv6 시험
 - 실제 또는 시뮬레이션 DISN IP 코어 또는 전술 네트워크에서 IP 장비들에 대한 검증
 - 보안 시험 도구들을 이용한 IPv4/IPv6 취약성평가
 - 자동화 시험 도구를 이용한 모바일 IPv6 시험
 - 위성 모뎀을 위한 IP 모뎀 연구
 - DISN-NG(Next Generation)을 위한 QoS 솔루션연구
 - IPv6 제품들을 위한 DoD IPv6 표준 프로파일연구
 - IP 가속기 표준적합성 및 상호운용성 연구
 - EOIP(Everything Over IP) 연구
 - 보안 IP 장비의 상호운용성 연구
- Common Data Link(CDL)
 - CDL 송수신기에 대한 CDL Waveform Standard 적합성 시험
- Defense Red Switch Network(DRSN)
 - C2 비상상황 대처를 위한 DRSN 교환체계의 소프트웨어, 하드웨어, 펌웨어 시험
 - 양산 이전 가능성 시험
- Public Key Infrastructure(PKI) : 공인인증시험
 - DoD PKI 시험 인증
 - PKE(Public Key Enabled) 응용프로그램의 상호운용성 인증 : OCSP(Online Certificate Status Protocol) 응답 시험, ECA(External Certification Authority) 인증
 - CAC(Common Access Card) 단대단 시험 및 지원
 - GDS(Global Directory Service) 시험 및 지원
 - JEDS(Joint Enterprise Directory) 시험 및 지원
- National Imagery Transmission Format Standard (NITFS)
 - NITFS 표준적합성 시험 : MIL-STD-2500A/2500C, MIL-STD-188-198A/188-199, MIL-STD-2301A, ISO/IEC 8632, ISO/IEC 12087-5, BPCGM01.00, BPJ2K01.00, NSIF01.00, ISO/IEC 15444-1
- NIT(Network Integration Testbed)
 - 기존 네트워크에 대한 ITSDN(Integrated Tactical/Strategic Data Networking) 시스템 링크의 상호운용성, 표준적합성 시험

- 전술 또는 상용 네트워크(장비) 하드웨어, 소프트웨어 상호운용성 및 성능 시험
- MIS-LAB(Motion Imagery Standards Laboratory)
 - MIS(P(Motion Imagery Standards Profile) 표준 적합성 시험
- RFTF(Radio Frequency Test Facility)
 - HFTF(High Frequency Test Facility), UHF(Ultra High Frequency), SATCOM(Satellite Communications), VHF (Very High Frequency) 시험소를 통한 표준 적합성, 상호운용성 시험
 - HFTF 시험 표준 : MIL-STD-188-110B/188-141B, STANAG 4203/4415/4529/5066/5511, Annex B, MIL-STD-188-203-1A, MIL-STD-188-148A
 - UHF SATCOM 시험소 시험 표준 : MIL-STD-188-181/A/B,188-182/A,188-183/A,188-184
 - UHF/VHF 시험소 시험 대상 : SINCGARS, EPLRS, VHF AM/FM, LINK 16, SRW, SATCOM IW, SATURN, Link 11/11B, Have Quick II, WNW, UHF AM/FM PSK LOS, VHF ATC DATALINK, JAN-TE, SATURN, MUOS, DWTS
- JTDL(Joint Tactical Data Links)
 - 전술데이터링크 시험
 - JADE를 이용 JREAP 시험
 - JIMES를 이용한 Link 11/11B/16 표준적합성 시험

JITC의 대표적인 시험도구는 다음과 같다.

- CMP : JITC가 MIL-STD-6017/6017A에 대한 표준 적합성 시험을 위해 인증하고 사용하는 시험도구
- VTT : JITC가 MIL-STD-6017/6017A에 대한 표준 적합성 시험을 위해 인증하고 사용하는 시험도구로서 USA(United States Army) CECOM(Communication Electronics Command)가 제작

이상에서 볼 수 있는 것과 같이 JITC에서 실시하는 시험은 매우 광범위하고 구체적인 표준적합성 시험에 기반하고 있다는 것을 알 수 있다.

5. 상호운용성 평가체계 발전방향^(9,10)

이에 반해 우리 군의 상호운용성 평가에서 JITC의 시험과 대응된다고 할 수 있는 SITES는 이러한 구제

적인 표준적합성 시험의 요소가 결여되어 있다.

SITES는 현재 우리 군에서 소프트웨어 상호운용성 평가체계에서 사용하는 유일한 도구로서, 운용 방식은 아래 Fig. 4와 같다.

Fig. 4. 현 운용중인 SITES 운용방식

수준측정 담당자는 웹 브라우저로 국방망을 통해 SITES 서버에 접속한다. SITES에서는 5가지 기반 관리 화면으로서, 수준측정 모델 관리, 질의문 관리, KIPs 관리, 전문 관리, 버전 관리 등을 제공한다. 이러한 관리 화면을 통해 담당자는 질의응답과 근거자료 확인의 방식으로 기초 자료를 입력하고, SITES에서는 데이터를 종합하여 상호운용성 수준을 측정한다. 시험을 수행하는 기능으로는 소프트웨어의 소스코드를 분석하여 전문에 대한 기능구현 여부를 확인하는 기능이 있으나 이는 제한된 종류의 체계에만 적용 가능한 방식으로 일반적인 검증방법 중 시험(Testing)이라고 보기 어렵다.

이와 같이 SITES는 상호운용성 평가체계를 지원하는 방식에 있어서 대체적으로 직접 시험에 의한 방식이 아닌 간접적인 평가에 의한 방식으로 측정 결과를 제공한다. 이러한 제약사항을 우리 군도 인식하고 현재 대안을 마련하기 위해 연구가 진행 중이다.

미군의 상호운용성 평가체계가 표준적합성 시험을 기본으로 하고 있다는 점과 우리 군이 미군의 상호운용성 평가체계를 모델로 하고 있다는 점을 감안하면, 앞으로 우리 군에서 표준적합성 시험에 관한 필요가 있을 것임을 예측할 수 있다. 따라서 미래 우리 군의 상호운용성 평가체계를 효율적으로 지원하기 위한 표준적합성 시험시스템 적용이 필요하며, 그 요구조건은 다음과 같다.

- 자동화 시험지원 : 일반적으로 표준적합성 시험에서 더 많은 테스트 케이스에서 합격하면, 상호운용성의 가능성이 더 커진다. 따라서 많은 테스트 케

이스를 좀 더 짧은 시간에 수행할 필요가 생기게 된다. 자동 시험이 수동 시험 보다 시험 시간, 인력, 비용 측면에서 효율성을 제공한다. 특히 자동 시험은 시험의 정확성에 있어서 중요하다. 수동 시험의 경우 사람의 오류나 일관성 부족으로 인해 시험의 정확성이 떨어질 가능성이 내재되어 있다. 자동화의 범위도 시험 절차의 모든 과정에 적용되는 것이 바람직하다. 예를 들어 테스트 케이스의 생성부터 최종 보고서 생성까지 자동화하게 되면 시험 업무의 효율이 더욱 향상될 것이다.

- 확장성 : 기존 시험시스템에서 흔히 관찰할 수 있는 문제점 중의 하나는 특정 무기체계의 시험시스템은 해당 무기체계의 시험에만 사용할 수 있다는 것이다. 심지어 동일한 무기체계의 기능이 추가되거나 변경되어도 기존에 사용했던 시험시스템을 사용하지 못하고 새로운 시험시스템을 개발해야 하는 경우도 있다. 이러한 방식의 시험시스템은 비용 효율적이지 못하다. 앞으로 개발될 표준적합성 시험시스템은 이러한 문제가 없어야 한다. 바람직한 시험시스템에서는 한번 개발한 테스트 케이스가 무기체계가 변경되어도 폐기되는 것이 아니라 계속 활용 가능하고 필요한 경우 최소한의 추가 테스트 케이스 개발이나 변경만으로 변경된 무기체계를 시험할 수 있어야 한다.
- 개방성 : 개방성은 확장성과 함께 무기체계의 표준적합성 또는 상호운용성의 유지 관리에 중요한 역할을 한다. 앞에서 언급했듯이 미군의 경우 한번 JITC의 인증을 받았다 하더라도 일정한 유효기간이 지나면 다시 인증을 받아야 하는데, 우리 군도 이와 같은 체계로 간다면 기존 무기체계에 대한 주기적인 재시험이 필요하다. 일반적으로 한번 개발된 무기체계가 이후 일정 기간 뒤에 다른 업체에 의해 유지보수가 일어나야 하는 경우가 있다. 이 때 개발업체 외에 무기체계와 시험시스템 조차도 변경할 수 없어서 적절하게 유지보수가 일어나지 못하는 경우가 생긴다. 이러한 문제점에 대응하기 위하여 앞으로 개발될 표준적합성 시험시스템에서는 테스트 케이스가 개방성이 있어서 어떤 제3의 업체가 보아도 유지보수가 가능해야 한다.
- 플랫폼 독립성 : 기존의 시험시스템에서 또 다른 문제점은 시험의 대상이 되는 계층의 테스트 케이스와 테스트 케이스를 지원하는 플랫폼과 분리되

지 않는데 있다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 시험의 대상이 되는 계층에 맞는 테스트 케이스가 있을 때 테스트 케이스는 플랫폼과 인터페이스하기 위한 플러그인과 분리되어야 한다. 그러나 많은 시험시스템이 그렇지 못해 시험대상이 되는 계층의 하위 플랫폼이 변경 되면 시험시스템을 사용하지 못하는 문제가 생긴다. 따라서 향후 시험시스템은 플랫폼이 변경되어도 플랫폼에 해당하는 플러그인만 교체하면 테스트 케이스는 수정 없이 활용가능하여야 한다. 이상의 요구사항을 만족시킬 수 있는 가장 좋은 방안으로 시험시스템의 표준화를 고려할 수 있다. 이를 통해 앞에서 언급한 모든 요구사항을 만족시킬 수 있고 선진화된 시험시스템을 구축할 수 있다. 이러한 표준화는 기 구축된 미군 시험시스템을 벤치마킹하면 더욱 효율적일 것이다.

Fig. 5. 테스트 케이스의 플랫폼 독립성

이와 같은 시험시스템을 통해서 기대할 수 있는 효과는 첫째, 시험기관이 시험에 관련된 모든 활동의 중심에 있게 되어, 무기체계 시험에 관한 활동들을 주도할 수 있게 된다. 특히 시험에 관련된 기술과 노하우를 축적할 수 있게 된다. 테스트 케이스들도 축적하게 되어 중복투자 방지로 인한 시험소요 비용을 줄일 수 있게 되고, 시험시간도 줄어들게 된다. 둘째, 개발사들은 시험시스템 개발에 소요되는 비용을 줄일 수 있고, 소요제기부터 개발 전 과정에서 표준화되고 공통된 도구와 절차를 통해 품질을 향상할 수 있다. 마지막으로 소요군은 무기체계 간의 상호운용성을 확보 받게 되고, 무기체계의 유지보수성과 재활용성이 증대돼 비용절감의 효과를 볼 수 있다.

6. 표준적합성 시험방법론 및 프레임워크^[5]

가. 표준적합성 시험시스템 구축 표준

현재 시험과 관련된 유일한 국제표준으로 인정받는 TTCN은 1984년 ISO/IEC의 JTC1/SC21과 CCITT SG VII에서 OSI 표준적합성 시험 방법론 및 프레임워크에 관한 작업의 일부로서 시작되었다. 초기에 Tree and Tabular Combined Notation라는 이름의 약자로 시작되었으며, 1992년에 표준화가 완료되어 동일한 내용으로 ISO/IEC 9646-3과 CCITT Rec. X.292가 되었다.

TTCN의 초기버전은 동시동작(Concurrent Behavior)을 구현하는 데는 적합하지 못했다. 이러한 문제점을 보완하고, 모듈이나 패키지의 개념을 도입한 TTCN version 2(TTCN-2)가 ISO/IEC와 ITU-T에서 1998년에 표준화되었다. TTCN-2까지는 아직 OSI 기반 표준적합성 시험을 고려하여 개발되어 상호운용성 시험이나, 신뢰성 시험(Robustness Test), API 시험 등의 시험에는 부적합 했다. TTCN-3는 이와 같은 요구사항을 반영하기 위해 1998년에 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)의 STF(Special Task Force) 133과 156에 의해 시작되어 2000년 10월에 완성되었다. 2000년 10월에 ETSI에 의해 승인된 TTCN-3는 이후 ITU-T에 Z.140 시리즈로 제출되어 2001년 7월에 Z.140과 Z.141로 승인되었다. 현재 ETSI에서는 TTCN의 명칭을 Testing and Test Control Notation Version 3으로 사용 중이다.

ISO/IEC 9646에서 정의하고 있는 표준적합성 시험 방법론 및 프레임워크(CMTF : Conformance Testing Methodology and Framework)는 다음과 같이 7개의 표준으로 구성되어 있다.

- ISO 9646-1. General Concepts
- ISO 9646-2. Abstract Test Suite Specification
- ISO 9646-3. Tree and Tabular Combined Notation (TTCN)
- ISO 9646-4. Test Realization
- ISO 9646 5 Conformance Assessment
- ISO 9646-6. Protocol Profile Test Specification
- ISO 9646-7. Implementation Conformance Statement

나. 표준적합성 시험방법론

위와 같이 표준적합성 시험방법론 및 프레임워크는 CMTF(Conformance Testing Methodology and Framework)

로 표준화되어 정의되어 있다. 그러나 상호운용성의 경우에는 아직 ISO/IEC에서 표준화가 완료되지는 않았고, 진행 중이다. ISO/IEC에서 표준화는 SG17에서 상호운용성 시험의 표준화는 Z.itfm이라는 문서번호로 표준화 작업이 진행되고 있는데 주로 한국과 ETSI에서 참여하고 있다. 상호운용성 시험의 방법론과 프레임워크는 상호운용성과 관련한 몇 가지 특징에 맞게 고치는 것을 제외하면 표준적합성 시험의 그것과 크게 다르지 않을 것으로 예상하고 있다. CTMF에서는 표준적합성 시험을 “프로토콜 형상이 관련된 표준이나 규격에 명시된 요구사항을 준수한 정도를 시험하는 과정”이라고 정의하고 있다. 표준적합성 시험은 특징적으로 외부로 나타나는 결과에 관심을 가지기 때문에 블랙박스 테스트라고도 할 수 있다. 그리고 상호운용성을 위한 전제조건으로서 표준적합성 시험의 목적은 서로 다른 구현품들이 서로 상호운용될 수 있는 가능성을 향상시키기 위한 것이라고 할 수 있다. 또한 표준적합성 시험은 요구사항이 제대로 구현되었는지를 시험하는 것으로, 성능이나, 신뢰성, 내오류성, 효율 등은 시험 대상이 아니다. 표준적합성 시험은 기술적, 이론적 또는 경제적인 이유 등으로 인해 언제나 제약을 가지게 된다. 다시 말해, 표준적합성 시험을 통해 어떤 구현품이 관련 프로토콜 표준에 완벽하게 적합하다고 보장할 수 없다는 것이고, 긍정적인 시험 결과라는 것은 프로토콜 구현 측면에서 단지 신뢰수준을 높인다는 것을 의미한다.

표준적합성 시험과 상호운용성 시험은 유사한 성격을 가지고 있는 반면, 실제 적용에 있어 차이점을 가지고 있다. 표준적합성 시험은 구현된 어떤 시스템이 구현의 기준이 되는 명세에 대하여 올바른가를 시험한다. 그러나 상호운용성 시험은 구현된 두 개 또는 그 이상의 시스템이 정보를 상호 교환하는데 문제가 없는지를 측정하는 것이다. 따라서 상호운용성 시험의 대상이 되는 시스템들이 모두 표준적합성을 가진다면, 상호운용성은 당연히 보장되는 것이다. 그러나 이런 목적을 위해 표준적합성 시험을 활용하기에는 제약이 따른다. 첫째, 명세가 불완전하거나 오류가 포함되어 있어, 시스템들이 상호 운용되지 않을 수 있고, 둘째, 명세가 완전하고 무결하다고 하여도 시간, 메모리의 제한된 자원 그리고 적합성시험의 방법론적 한계에 의하여 보통 완전한 적합성 시험이 불가능하다. 따라서 표준적합성은 상호운용성을 확보하기 위해 필요한 조건이기는 하지만 충분한 조건은 되지 못한

다. 그럼에도 불구하고 상호운용성을 만족한다고 해서 해당 시스템들이 표준적합성을 가진다고 말할 수 없으므로, 표준적합성과 상호운용성 시험은 상호 보완적으로 필요하다. 특히 서비스를 위하여 구현을 배치 운영하기에 앞서 상호운용성 시험을 수행하는 것은 필수적이다.

시험방법론에서 정의하는 개략적인 시험 수행절차는 시험생성, 구현, 실행으로 다음과 같다. 각 단계의 상호관계는 Fig. 6에 나타낸 것과 같다.

Fig. 6. 표준적합성시험 방법론에 따른 시험절차

표준적합성 시험의 기준이 되는 표준 프로토콜은 구현(Implementation)을 통해 IUT(Implementation Under Test)가 된다. IUT는 보통 시스템에 구현되어 SUT(System Under Test) 내부에 존재하게 된다. 시험의 관점에서는 표준 프로토콜을 기반으로 시험생성 과정을 통해 ATS(Abstract Test Suites)가 생성되고, 시험구현 과정을 통해 ETS(Executable Test Suite)가 생성된다. 시험실행 단계에서 생성된 ETS를 IUT에 적용함으로써 판정(Verdict)이 생성되고 이를 통해 적합성 평가 과정을 수행하게 된다.

시험생성 단계는 ATS를 생성하는 단계로 수동 또는 자동으로 생성하는 것을 모두 포함한다. ATS를 생성하기 위해서는 두 종류의 정보를 필요로 한다. 첫째, ICS(Implementation Conformance Statement) 및 IXIT(Implementation eXtra Information for Testing)이고, 둘째는 TSS(Test Suite Structure) 및 TP(Test Purposes)이다. ICS는 IUT가 지원해야 하는 기능들의 점검목록이다. IUT를 시험 받고자 하는 클라이언트는 그 점검목록에 대해 답을 함으로써, IUT를 통해 구현된 표준 요구사항을 제시할 수 있다. 이러한 목록을 ICS 프로

포마(Proforma)라고 하는데 ICS 프로포마에는 PICS (Protocol ICS)와 프로파일(Profile) ICS가 있다. PICS는 IUT가 단일 프로토콜을 구현하였을 경우에 해당하고, 프로파일 ICS는 관련된 여러 프로토콜을 구현했을 때 해당한다. 이러한 ICS는 단지 시험을 위해 작성되는 것이 아니고, 표준 개발자가 표준의 목적을 분명히 하거나, 시스템 개발자가 구현할 기능을 선택하기 위해서 사용되기도 한다. ICS와 함께 작성되는 정보는 IXIT인데, 이것은 시험을 위해 필요한 표준 이외의 부가정보이다. ICS와 마찬가지로 프로토콜 IXIT와 프로파일 IXIT가 있다. 예를 들어, 물리적 구성, 시험을 위한 연결, 환경, SUT 하드웨어 등이 이에 속한다.

ATS를 생성하는 과정은 1) 해당 표준, ICS 및 기타 문서들로부터 시험 가능한 요구사항을 결정하고, 2) 이들 요구사항을 포괄하도록 시험 그룹과 목적을 정하고, 3) 요구사항과 시험그룹에서 원하는 결과를 구체화하고, 4) ATS를 TTCN과 같은 언어로 기술하고, 5) ICS와 IXIT 프로포마와 관련한 파라미터를 정하는 것 등이다. ATS는 테스트 케이스들로 이루어진다. 테스트 케이스들은 시험 목적(TP)에 따라 시험 그룹들로 논리적으로 분류될 수 있다. 하부 TP에 따라 다시 시험 그룹들을 여러 단계에 걸쳐 가질 수 있다. 테스트 케이스는 테스트 스텝들로 모듈화되어 나눌 수 있는데 이를 이용해 반복적으로 수행되는 테스트 시험 그룹들은 테스트 라이브러리로 묶을 수 있다. 이렇게 ATS를 TP에 따라 구조적으로 나누는 정보가 TSS가 된다.

시험구현 단계는 시험생성 단계에서 생성된 ATS로부터 ETS를 생성하는 과정이다. ATS는 추상적으로 표현된 시험 스위트이다. 추상적이라는 것은 시험에 필요한 요소를 논리적으로 표현한 것이란 의미로 실제 실행할 수 있는 것은 아니다. 따라서 ATS는 ETS로 변환될 때만 실제 의미를 가진다. ISO 9646에서 제공하는 방법에 의하면, TTCN 언어로 표현된 시험 스위트는 ATS가 되고, 그 시험 스위트를 컴파일해서 생성된 실행 파일은 ETS가 되는 것이다. ETS를 생성하기 위해 수행되는 두 가지 활동 중 하나는 ICS에 기반해 테스트 케이스를 선택하는 활동이고, 다른 하나는 선택된 테스트 케이스에 파라미터를 부과하는 것이다.

시험 시스템은 ETS를 이용해 IUT를 시험할 수 있고 그 결과는 판정으로 나타난다. 판정 결과는 성공(Pass), 실패(Fail), 판정불가(Inconclusive) 중의 하나로 도출된

다. 이상의 모든 활동들을 통합적으로 표준적합성 평가 프로세스라고 한다. 표준적합성 평가 프로세스를 세 개의 절차로 정리하면 다음과 같다.

첫째, 시험 준비는 SCS, ICS, IXIT를 생성하고, ATM과 ATS를 선정하고, SUT와 MOT를 준비하는 활동을 한다. 둘째, 시험 실시는 ICS를 검토하고, 시험을 선택하고, 파라미터를 정해서 구현하고, 시험을 실제 동작시키는 활동을 한다. 셋째, 시험 보고서 생성은 클라이언트에게 결과문서를 제공하는 활동을 한다. 이러한 표준적합성 평가 프로세스에 참여하는 주체는 시험소(Test Laboratory)와 클라이언트로 구분된다. 각 주체는 표준적합성 평가 프로세스의 각 절차마다 각자 맡은 임무를 수행하게 된다. 클라이언트는 주로 개발사가 되는데, 자신이 구현한 IUT에 대해 표준적합성을 평가 받고자 하는 주체가 된다. 시험소는 다음 세 가지 모델이 있다.

- 제1자 : IUT를 공급하는 주체로 구현자 또는 공급자가 된다. 일반적으로 클라이언트와 같게 된다.
- 제2자 : IUT를 사용하는 사용자나 또는 관계되는 주체가 된다.
- 제3자 : 앞의 두 주체와 무관한 주체가 된다.

다. TTCN-3 시험시스템

앞에서 기술한 방법론 및 프레임워크를 지원하기 위해 ETSI와 ISO 9646-3에서 현재 제공하는 언어는 TTCN-3이다. 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

첫째, 기존의 텍스트 기반이나 테이블 기반의 테스트 케이스 정의에 GFT(Graphical FormAt) 기반 정의가 가능하도록 함으로써 사용자 편의성이 증가하였다. 둘째, 동기식(Synchronous) 시험이나 비동기식(Asynchronous) 시험을 모두 지원하도록 하여, 프로토콜 기반 시험뿐만 아니라 프로시저 기반 시험도 가능하게 되었다. 셋째, 동시에 여러 컴포넌트들이 동적으로 동작할 수 있도록 해서 상호운용성 시험을 더 효율적으로 지원할 수 있게 되었다. 그 밖에도 많은 특징들이 있어서 대부분의 시험 요구사항들을 만족시키게 되었다.

TTCN-3의 시험 시스템 구조는 Fig. 7과 같다. 개발자가 작성하고 컴파일하여 생성된 TE는 SUT 또는 사용자와 인터페이스를 통해 연결된다. 앞서 기술한 ATS를 ETS 형태로 구현한 것이 그림에서 TE에 해당하는 부분이다. TE는 시험 시스템의 다양한 어댑터 들을

통해 SUT와 정보를 교환하기도 하고 사용자를 지원하기도 한다. SA는 TE와 SUT 사이에서 정보를 교환할 수 있도록 지원하는 역할을 한다. TCP/IP 통신을 하기 위한 시스템 포트와 같은 것이 한 예이다. CD는 시험 시스템의 패킷을 ATS에서 사용하는 형태의 메시지로 변환하는 역할을 한다. 예를 들어 비트열 형태의 IP 패킷을 ATS에서 사용자가 인식 가능한 메시지로 변환하는 역할을 한다. PA는 시험 수행을 위해 시스템의 라이브러리를 이용할 수 있도록 한다.

Fig. 7. TTCN-3의 시험 시스템 구조

CH는 시험 시스템 내의 컴포넌트들을 관리하는 역할을 한다. TM은 시험 수행을 제어하는데 필요한 기능을 제공하여 사용자를 지원하는 역할을 한다. 사용자 인터페이스가 한 예이다. 마지막으로 TL은 시험 로그를 저장하고 관리하는 역할을 한다. 인터페이스 중에 SA와 PA는 TRI(Test Runtime Interface)이며, 나머지 네 개는 TCI(Test Control Interface)라고 한다. TTCN-3 시험 시스템 내부의 6개 구성요소는 각각 독립적이다. 즉, 구성요소들이 모두 TTCN-3 표준에 의해 제작되었다면, 제작자가 서로 달라도 조합이 가능하다. 주로 시험 시스템을 사용하는 사용자는 ATS를 작성하고 ETS(TE)를 생성하여 실행하는데 집중하고 그 외 다른 인터페이스는 공급자의 것을 그대로 사용하게 된다. 이것은 표준적합성 및 상호운용성 방법론 및 프레임워크를 지원하는데 중요한 요소이다. 앞서 언급한 시험소의 세 가지 모델 중 제2자나 제3자 모델의 경우에 시험시스템에 대한 전문적인 지식이 없어도, 시험하고자 하는 표준에 관한 지식만 가지고도 시험이 가능한 것이다.

TTCN-3 테스트 시스템을 정리해보면 TRI(Test Runtime Interface)와 TCI(Test Control Interface)가 있다.

TRI는 다음과 같은 두 개의 요소가 있다.

- 1) SA(System Adapter) : 시스템의 포트를 생성하고 TE의 TTCN-3 포트와 매핑하고, 메시지를 전달하는 등의 역할을 한다.
- 2) PA(Platform Adapter) : TE에서 사용하는 외부함수를 제공한다. 타이머라든가 체크섬 같이 시스템의 기능을 TE가 사용할 수 있도록 해 준다.

TCI는 다음과 같은 네 개의 요소가 있다.

- 1) CD(CoDec Interface) : TE에서 생성된 추상적 메시지를 실제 시스템이 사용하는 메시지로 인코딩하는 기능을 제공한다.
- 2) CH(Component Handling Interface) : 분산 시험시스템에서 컴포넌트 간의 통신을 위한 인터페이스이다.
- 3) TM(Test Management) : 테스트를 관리하기 위한 인터페이스이다. 사용자가 테스트 모듈을 작성하고, 테스트 케이스를 실행하는 도구를 제공한다.
- 4) TL(Test Log) : 로그를 수집하기 위한 인터페이스로 TE가 생성하는 테스트 로그를 수집하여 처리하는 역할을 한다.

라. 시험시스템 수행 절차

시험을 수행하는 절차는 다음 Fig. 8과 같다. 먼저 TTCN-3 CL(Core Language)를 이용해 시험 모듈을 작성한다. 다음으로 TTCN-3 컴파일러를 이용해 컴파일하여 TE(Test Executable)를 생성한다. TE는 Java, ANCI C, C++ 형태가 가능하다. 다음으로 TE를 시험시스템에서 실행한다. 이 때 실행 라이브러리가 호출되어 TE와 연결되어 동작한다. 마지막으로 TE가 실행하면서 남긴 로그를 이용해 결과를 분석하고 필요 시 시험모듈을 수정하는데 이용한다.

Fig. 8. TTCN 시험수행 절차

CTMF에서 정의하고 있는 표준적합성 시험의 종류는 기본연결시험, 기능시험, 동작시험, 특수시험(Conformance Resolution Tests) 4가지이다.

기본연결시험은 처음 단계로서 상호연결이 가능한지를 확인하고 프로토콜의 주요 기능들이 구현되었는지를 확인하는 시험이다. 기본연결시험은 표준이지만 생략될 수 있다. 기능시험은 IUT의 외부에서 관찰가능한 모든 정적 기능들이 PICS에 기술된 정적적합성 요구사항과 대비하여 유효한지를 확인하는 시험이다. 기능시험은 표준이고 필수시험이다. 동작시험은 프로토콜 표준에 기술된 동적적합성 요구사항과 대비하여 IUT의 동적적합성을 확인하는 시험이다. 동작시험은 표준이고 필수시험이다. 특수시험은 정상적인 동작이 아닌 예외와 같은 동작을 시험한다. 특수시험은 표준도 아니고 필수시험도 아니다.

마. 시험 결과 판정

표준 적합성시험에서는 복수의 시험기를 사용할 수 있고 시험실행과 판정에 적합성시험과 상호운용성 시험 간에 근본적인 차이는 없다. 시험결과와 최종 판정값은 다음과 같이 성공(Pass), 실패(Fail), 판단불가(Inconclusive)이다. 성공은 관찰된 시험 결과가 시험의 목적이 충족되고 IUT가 프로토콜 표준에서 기술된 유효한 동작을 보인 것을 말한다.

실패는 시험 결과가 하나 이상의 적합성 요구사항이 위반된 것을 말한다. 판단불가는 시험결과로 성공도 실패도 줄 수 없는 경우이다. 이것은 연결이 끊어지거나 초기화되어 신호에 문제가 생겼을 때 발생한다. 시험 결과의 요건으로 시험 결과는 합리적인 수준에서 반복 가능해야 하고, 비교와 검사가 가능해야 한다. 즉, 적합성시험과 비교하여 상호운용성 시험구조 복잡도가 증가함에 따라 2개 판정(현재의 판정과 가장 최근에 얻어진 판정)의 합성 대신에 N개의 판정을 고려할 필요가 있다.

만일 v_i 가 새로운 판정이라면 lub 가 least upper bound를 의미하고 v_0 가 이전 판정이고, $v_i, 1 \leq i \leq n$,가 최근에 얻은 판정들의 집합일 때 n 개 판정의 합성인 v 는 다음과 같이 산출된다.

$$v = lub(v_0, v_1, v_2, \dots, v_n)$$

바. 통신체계 TTCN-3 적용사례

TTCN-3를 기반으로 하는 시험시스템에서는 SUT가

표준에 따라 개발되고 이를 시험하고자 할 때, 테스트 케이스 개발자는 TE를 개발한다. 코텍은 테스트 케이스 개발자가 개발할 수도 있고, 테스트 케이스 개발자가 코텍을 개발할 수 없을 경우, 전문 개발자에 의해 별도로 개발될 수 있다. 테스트 툴은 일반적인 환경을 제공하므로 상용 툴로서 공급될 수 있다. 이러한 부분들이 독립적으로 공급되어 하나의 시험시스템을 이루고 이 시험시스템이 표준에 근거하여 SUT를 시험할 수 있다. 물론 시험시스템을 이루는 각 요소들은 표준에 의해 각기 다른 개발자가 개발할 수도 있고 한 개발자가 개발할 수도 있다. 일반적으로 테스트 케이스의 개발이나 코텍을 제외한 다른 요소들은 상용 제품으로 나와 있어서 활용 가능하다. 코텍의 경우도 IP, TCP, UDP 등 일반적인 표준 코텍은 상용으로 공급 가능한 것들이 많이 있다. Fig. 9는 TWorkbench SIP 테스트 수트를 이용한 VoIP 폰 시험사례이다. 왼쪽은 테스트 시스템이고, 오른쪽의 SUT는 컴퓨터 상에서 실제 동작하는 VoIP 소프트웨어 폰으로서 하드웨어 폰도 가능하다. 테스트 시스템의 테스트 케이스는 SIP 표준을 따라 TTCN-3 CL(Core Language)로 작성되었고, 인코딩을 위한 SIP, UDP, IP 코텍과 기타 주변 인터페이스는 상용으로 제공되는 패키지를 이용하였다. 이와 같이 테스트 케이스 제작과 주변 인터페이스가 분리 가능하므로 테스트 케이스의 독립성을 보장할 수 있다.

Fig. 9. TTCN-3 툴(TWorkbench SIP 테스트 수트)을 이용한 VoIP 폰 시험

7. 시험시스템의 지휘통제체계 적응방안

가. 지휘통제체계 적응개념

표준적합성 또는 상호운용성 시험에 있어서 표준 방법론 및 프레임워크가 우리군의 지휘통제체계 시험 시스템 구축에 있어서 중요한 것은 앞서 언급한 프레임워크기반의 상호운용성 평가체계를 구축하는데 있어서 적합하기 때문이다.

미군의 JITC 수행과 같이 우리군이 이러한 모델을 그대로 수용하기 위해서는 해당 인프라 및 제도 등이 수반되어야 하지만, 현재 우리군이 추진하는 방향으로 볼 때, 상호운용성 확보를 위해 표준 프레임워크가 필요하다. 표준 프레임워크를 우리 군에 적용한다고 했을 때, 적용 사례는 다음과 같을 것이다. 먼저 무기체계 획득 주관 기관이 마련하는 프레임워크 내에서 요구사항들이 정의될 것이다. 이러한 요구사항에 기반하여 표준이 제작될 것이고, 각 표준에 대해 ICS가 정의될 것이다. 개발사들은 ICS에 개발 체계의 능력을 표시하게 되고, 상호운용성을 평가하는 기관은 ICS를 참고하여 상호운용성 또는 표준적합성 시험을 수행하게 된다. 이 때, 개발사는 상호운용성 평가 또는 시험 기관에 IXIT 등의 정보를 제공하여 시험에 참여하게 된다. 시험 시에 TTCN-3 언어를 사용하여 ATS 기반으로 작성되므로 시험 또는 평가 기관은 시험에만 집중할 수 있게 된다. TTCN-3 시험 시스템의 인터페이스에 해당하는 부분은 상용 도구를 활용하여도 시험에 전혀 지장을 주지 않기 때문에 기존과 같이 시험 시스템 구성에 개발사에 의존하지 않게 된다. 시험 결과는 표준 문서를 따라 작성되어 상호운용성 평가 자료로 활용될 수 있고, 이것이 무기체계에 또는 개발사에 대한 인증 제도와 연계될 수 있다. 같은 프레임워크 내에서 소요군은 상호운용성이 시험 검증된 무기체계를 사용하게 된다. 또한 TTCN-3는 시험시스템에 독립적이고 사용자 친화적인 ATS 기반 언어와 테스트 케이스의 도식적 표현 방법을 제공하므로 소요군에서도 파라미터 변경과 같은 간단한 시험은 자체적으로도 수행이 가능할 것이다.

나. 지휘통제체계 시험시스템 적용 및 검증

국방분야 지휘통제체계의 상호운용성 시험평가를 개선하기 위해 제안한 표준적합성 시험시스템의 적용 사례로서 다음과 같은 시험을 실시하였다. 적용 대상은 MCRC 모의기로서, TTWorkbench 기반의 시험기 사용

하여 표준적합성 시험을 수행하였다. 시험시스템 구성은 Fig. 10과 같다.

Fig. 10. 시험시스템 구성

MCRC 모의기와 시험기는 일반 PC 환경에서 동작하도록 구현되었고, 시험기는 TTWorkbench 기반에서 테스트케이스를 작성 구동할 수 있도록 구성되었다. MCRC 모의기 시스템은 다중인터페이스연동기를 통해 시험기와 연결하였다.

시험의 목적은 MCRC 모의기가 Link-11 표준에 따라 동작하는지 시험하는 것으로서, 시험을 위한 테스트케이스 구현 프로세스는 Fig. 11에 나타난 것과 같다.

Fig. 11. Link-11 테스트케이스 구현 프로세스

요구사항 도출 단계에서는 MIL-STD-6011를 기반으로 MCRC 모의기에서 구현되어야 하는 기능을 식별하였다. 기능들은 표준의 해당 기능 장점과 수준을 결정하는 방법으로 실시하였다.

Fig. 12 Link-11 메시지 표준문서 기반 요구사항

테스트케이스 도출 단계에서는 요구사항 도출 단계에서 식별된 요구기능들을 단위 시험으로 정리하였다. 표준의 각 절에 나타난 기능들은 한 개의 테스트케이스로 시험이 가능한 경우가 있지만, 대개 두 개 이상의 테스트케이스가 필요하다. 따라서 각 기능들을 시험하기 위한 테스트 케이스를 Fig. 13에 나타난 것과 같이 식별하였다.

Fig. 13. Link-11 테스트케이스 도출

테스트케이스 명세 및 도식화 단계에서는 각 테스트케이스를 목적, 해당 표준, 절차, 메시지 내용, 판정 기준 등의 항목에 따라 구체적으로 기술하였다. 이 문서는 바로 테스트케이스로 구현될 수 있도록 상세하게 기술하였다. 테스트케이스 명세 및 도식화 예제는 Fig. 14와 같다.

마지막 단계로 명세화된 테스트케이스를 TTCN-3 표준 언어로 구현하였다. 테스트케이스 작성 및 컴파일, 실행 등은 TTWorkbench를 이용하여 실시하였다. Fig. 15에는 테스트케이스 구현의 사례를 나타내었다.

Fig. 14. Link-11 테스트케이스 명세 도식화

Fig. 15. Link-11 테스트케이스 구현

다. 시험시스템 적용결과 및 분석

시험을 수행한 결과는 Table 3에 나타난 것과 같다. 시험항목 별 실패의 원인을 정리하면 Table 4에 나타난 것과 같다.

이상과 같이 제한한 시험시스템을 활용하여 MCRC 모의기의 표준적합성 여부를 시험할 수 있었고, 적합성을 만족하지 못하는 기능에 대한 원인도 찾을 수 있었다. 이러한 표준적합성 시험 결과는 상호운용성의

수준을 결정하는 한 가지 요소로 사용될 수 있을 것이다. 또한 이 시험에서 사용된 테스트케이스들은 하부의 플랫폼과 독립적이어서 어떠한 플랫폼에 구현되어도 완벽하게 재활용이 가능하다. 이 시험에 사용된 테스트케이스들을 각각 독립적이므로 Link-11B 표준을 사용하는 어떠한 다른 시스템에서도 재활용이 가능하다. 이 시험시스템에 활용된 도구는 TTWorkbench이지만 TTCN-3 표준에 준하는 다른 도구를 사용하여도 아무 문제없이 재활용이 가능하다. 더 나아가 MCRC모의기의 기능 확장이나 실제 MCRC의 시험을 위해 테스트케이스들을 추가해 시험시스템을 점진적으로 확장해 나갈 수도 있다.

Table 3 시험시스템 적용 결과

구 분		TC 개수	성공	실패
Link-11	Systems Information	5	4	1
	Air Surveillance	20	19	1
	Weapon Control	4	3	1
	Information Management	4	2	2
합 계			28	5

Table 4. 시험항목별 실패 원인

TC 그룹	실패 TC 이름	실패 원인
Systems Information	TADIL-B LINK STATUS 인식 및 채초기화	M0 60초간 미수신 시 M9A3 송신 안하고, Ready 상태로 전환됨
Air Surveillance	표적 삭제 시 R2 양도	M9A4가 2TO 연속 전송 안됨
Weapon Control	Command Processing 송신	전체 함소에 대한 명령을 7TO 보내야 하나, 4TO만 송신
Information Management	R2 Track Alerts/Terminate Track Alerts 송신	FORCE TELL/EMERGENCY 송신 시,
	Non-R2 Track Alerts/Terminate Track Alerts 수신	M9A5/M2/(M82)를 기대했는데, M2 앞에 M9A0를 보냄

8. 결 론

2010년을 기점으로 무기체계 지휘통제체계는 그 전 체적인 틀을 제공하고 있으나, 전력화 이후 체계 간 상호운용성에 대한 신뢰성 측면에서 다양한 문제점이 내포 및 도출되고 있는 실정이다. 최근 무기체계 시험 평가 시 최첨단 복합 무기체계인 지휘통제체계의 시험평가 과정에서 타체계연동 및 분산시스템의 최적 성능을 조기 보장하고 시험이 불가능한 경우에도 M&S를 통하여 시험결과를 얻을 수 있게 되었다. 그러나 상호운용성의 신뢰성 확보와 M&S 활용 시험에 있어서 핵심적으로 중요한 것은 표준적합성 시험시스템의 구축이다. 본 글에서는 표준적합성 시험방법론과 시험시스템의 일반적인 요구사항, 그 요구사항들을 만족하기 위한 방안, 그리고 실제적인 적용방안을 제안하였다.

향후 우리 군이 가져야할 바람직한 표준적합성 시험시스템은 자동화가 가능하고, 확장성, 개방성, 플랫폼 독립성이 보장되는 표준화된 시스템이다. 또한 국제 표준으로 인정된 시험표준인 CTMF를 적용하여 체계의 소요제기부터 시험평가에 이르기까지 일관된 프레임워크를 가질 수 있음을 보였다. TTCN-3는 이를 위한 훌륭한 표본으로, 기술적 적용방법을 구현사례를 통해 제시하였다.

본 글에서 제시한 방안에 따라 시험시스템을 구현함으로써 선진화된 시험시스템을 구축하고 나아가 상호운용성의 증대와 그에 따른 편익을 기대한다.

향후 국방 무기체계에는 민간의 기술들이나 상용 체계들이 그대로 도입되는 사례가 늘어날 것으로 예상된다. 이러한 경향은 특히 IT분야 연구개발에 두드러지며, 미군의 경우 이미 일반화되었고, 우리군도 많은 사례를 찾아볼 수 있다. 이런 배경에서 표준화는 상호운용성의 확보를 위해 더욱 중요하다고 볼 수 있다. 이를 통해 시험 시스템의 개발사 의존성을 탈피하고, 시험 시스템을 구축하고 유지 보수하는 비용이 감소 될 것이다. 상호운용성 평가의 주체가 개발사에서 전문 평가기관으로 전환되어 시험평가 체계의 객관성 및 전문성을 확보하고, 시험평가의 품질향상을 도모한다. 특히 표준화된 테스트 케이스가 축적되는 효과를 꾀할 수 있어 우리군 무기체계 국산화개발 기술향상에 크게 기여할 것이다. 이러한 모든 것들은 상호운용성의 향상과 무기체계 획득 비용의 절감으로 나타날 것으로 기대된다.

References

- [1] JCS, CJCSI 6212.01D(2006. 3. 8), pp. D-C-1~13.
- [2] Department of Defense, Directive NUMBER 4630.05, p. 15.
- [3] 합참, 합-511-지-04, 2007. 2. 22.
- [4] 국방부, 국방전력발전업무훈령 제1055호(2009. 5. 8 개정), p. 203.
- [5] C4I체계 시험평가 모델, 과정, 절차 개발연구, 방위사업청/아주대, 2008.
- [6] 김경희, “C4I체계 시험평가 DM&S 신뢰성 향상을 위한 VV&A 적용방안 연구”, 한국군사과학기술학회지, 제13권 제6호, 2010. 12.
- [7] 김정민, “국방획득체계를 위한 아키텍처 기반 상호운용성 프레임워크 제안”, 국방정책연구 제24권 제1호 2008.
- [8] E. Dustin, J. Rushka und J. Paul, “Software Automatisch Testen”, Berlin, 2001.
- [9] 김경희, “지휘통제체계 상호운용성 시험평가체계 개선방안 제안”, 국방과기술 Vol. 379, 2010. 9.
- [10] 김경희, “지휘통제체계 상호운용성 및 표준적합성 시험체계 표준화 적용방안”, 국방과기술 Vol. 387, 388, 2011. 5. 6.
- [11] <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com07>
- [12] 합참, “NCW 구현을 위한 지휘통제·통신 발전방향”, 제2회 무기체계 상호운용성 발전세미나 발표자료, 2008. 5.
- [13] 김병선, “한국군 C4I체계의 실태 및 발전방안에 대한 연구”, 석사학위논문, 한남대학교, 2006. 12.
- [14] JITC, JITC Interoperability Certification Process, 2009. 8.
- [15] 김경희, “NCW환경에서 상호운용성 증진을 위한 시험시스템 표준화 제안”, '11년 시험평가세미나(방사청) 논문발표, 2011. 7.
- [16] 강성원, “소프트웨어 상호운용성 시험체계와 방법론”, 정보학회논문지, 제31권 제4호, 2004. 4.
- [17] 이희성, “지휘통제체계의 상호운용성 기술 동향 분석”, 국방기술품질원, 2010. 9.