

## 복합 유도무기체계의 신뢰성 확보를 위한 체계 통합 시험 설계

황호성\* · 조경환\* · 박인철\* · 윤원식\*\*

LIG맥스원 PGM연구센터\* · 아주대학교 전자공학과\*\*

## System Integration Test Design to Ensure Reliability of Complex Guided Missile System

Ho-Sung Hwang\* · Kyoung-Hwan Jo\* · In-Chul Park\* · Won-Sik Yun\*\*

PGM Lab., LIGNex1\* · Dept. of Electronic Engineering, Ajou Univ.\*\*

### Abstract

In this paper, we have proposed a methodology which can make effective test for system integration of complex guided missile system. System integration test play a significant role in the development of weapon system, providing the means to detect and isolate faults on first linkage between sub-systems. Integration tests for domestic weapon system has executed not a technology-intensive method based on tool but labor-intensive method based on experience. Higher cost, longer period, and more resource are required to execute system integration test for complex guided missile system comparing with past weapon systems, because recently weapon systems have more complex and more networked functions. Because the proposed design method for system integration test decreases number of test case, it lead to a decrease of cost, period, and resource for integration test of weapon system. The proposed configuration for system integration test will ensure reliability through detection and isolation of fault on linkage between sub-systems.

Keywords : Guided Missile System, Test Case Design, Fault Insolation, System Integration Test, Weapon System

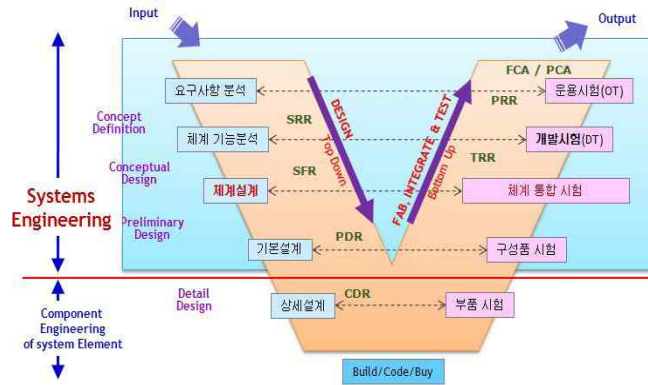
## 1. 서론

시험평가는 무기체계의 신뢰성 확보 측면에서 매우 중요한 과정이며, 전체 개발 기간이나 개발 비용에 있어서 차지하는 비중이 매우 크다. 실제로 고정익 항공기의 경우 시험평가 비용이 전체 개발비용 대비 약 21%를 차지하는 것으로 알려져 있다. 국내에서 개발된 T-50 항공기의 지상시험을 제외한 비행시험 기간은 전체 체계개발 기간의 42%를 차지했다.(박상재 외(2007)) 이러한 무기체계 시험평가의 목적은 사용자 요구에 부합된 무기체계를 전력화하기 위해 개발 시의 결함을 식별하여 적시에 해소하는 위험관리와 무기체계의 성능 등을 검증 및 확인하여 전투용 적합 여부를 합리적으로 판단토록 의사결정을 지원하는 것이다.(이필현, 고윤수(2010)) 국내에서 개발되는 무기체계에 대해서는 개발시험(Development Test, Technical Test)과 운용시험(Operational Test, User Test)을 실시하도록 되어 있다. 개발시험은 공학적 설계와 개발을 지원하고 기술적인 성능, 목표, 지원성의 달성도를 입증하기 위한 것으로, 효과적으로 지원 가능한 체계의 획득과 배치를 보장하는 연구개발과정의 여러 단계에 수행되는 시험으로 무기체계의 기술적 달성도가 평가의 주요 관점이다. 운용시험은 사용자 관점에서 무기체계의 운용효과도(Operational Effectiveness)와 운용적합성(Operational Suitability)을 판단하기 위해 실제 전장조건에서 시험하고, 그 결과를 운용적인 측면에서 평가하고 분석하기 위하여 실시하는 시험이다.(김철, 강보식(2005))

최근 유도무기체계는 첨단 과학기술과 정보통신기술의 눈부신 발전에 힘입어 첨단화, 정밀화, 은밀화, 장사정화, 복합 기능화 되고 있다. 또한 전장 환경은 과거 플랫폼 중심전(PCW: Platform Centric Warfare)에서 전장의 각 플랫폼들이 효과적으로 연결되어 분산된 위치에서도 전장 상황을 공유하는 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare)로 넘어가고 있다. 유도무기체계의 구성도 단일 플랫폼이 아닌 다수의 부체계로 구성된 복합무기체계의 형태로 개발되어 부체계 간의 연동성이나 상위 체계나 인접 체계와의 상호운용성에 관련된 신뢰성 확보가 매우 중요하다. 그러나 유도무기체계의 복합화, 네트워크화는 수행해야 하는 시험 평가 항목의 기하급수적인 증가를 가져오며, 그에 따른 개발 기간과 개발 비용의 증가를 초래한다. 유도무기체계의 경우 다른 플랫폼들과는 달리 성능을 평가하기 위한 실 사격 시험이 매우 중요하며, 이러한 사격시험은 시체 유도탄의 소모뿐만 아니라 부수적인 표적과 자원의 막대한 소모를 병행한다. 또한 실 사격시험은 실패 위험이 매우 크며, 사격 시험에 소모되는 비용 대비 도출되는 데이터는 매우 적다.(전우철(2004)) 따라서 과거의 많은 개발 기간과 개발 비용이 소요되는 전통적인 시험 방식에서 이를 효과적으로 줄일 수 있는 효율적인 새로운 시험평가로의 패러다임 전환이 요구되고 있다.

현재 선진국에서는 시험평가의 핵심수단으로 M&S에 의한 시험평가 능력구축을 통해 국방 예산의 감소추세에 대응하고, 시험에 소요되는 시간, 자원, 위험의 감소 및 비용절감을 강구하고 있다. 국내에서도 1990년 후반부터 무기체계획득을 위한 M&S의 기초연구를 진행하고, 최근 개발되는 무기체계에는 점진적으로 M&S를 시험평가에 활용하고 있다.(최석철, 김성규(2004)) 그러나 M&S를 적용하기 위한 시험평가 방법이나 규정이 미비하여 시험평가에 적극적으로 적용하기는 어려운 상황이다. 또한 국내 유도무기체계의 경우 개발된 첨단 복합 유도무기체계를 국내에서만 소량 획득하는 구조로 개발 및 획득 비용이 과거 대비 증가하고

있지만, 복합 체계를 다각도로 시험 평가하기 위한 예산을 높게 할당할 수 없기 때문에 충분한 실 사격시험을 진행하는 것이 불가능하다.



<그림 1> V 모델 개발 프로세스(정환진(2011))

최근 국내 무기체계는 <그림 1>과 같은 V 모델 기반의 체계공학 프로세스를 적용하여 개발하고 있다. 1990년대 초 등장한 V 모델은 시스템의 설계를 위한 하향식 분해와 시스템의 검증 및 확인을 위한 상향식 합성개념의 시스템 개발 접근법이다. V 모델의 좌측은 사용자의 요구사항 분석으로부터 상세설계까지 단계적으로 시스템을 구체화하고, 모odel의 우측은 시스템 구성품들을 통합/검증하며 좌측의 설계 단계에서 고려한 요구사항에 대한 검증과 확인 과정을 수행한다. 그러나 대부분의 국내 무기체계 개발 과정에서 체계공학은 V 모델의 좌측에 해당하는 설계부분에 초점이 맞춰져 왔으며, 이를 위한 많은 기법들과 도구들이 개발되었다. 반면 V 모델 우측의 시험평가를 설계하기 위해서 적용되는 기법이나 자동화 도구는 구성품단위의 소프트웨어에 한해서 개발되고 적용되어 왔다. 무기체계의 신뢰성 확보를 위한 시험평가를 효율적으로 설계하고 수행하기 위해서는 현재의 경험기반의 노동집약적인 시험평가를 도구기반의 기술집약적인 시험평가로 전환해야 한다.

본 논문에서는 복합 유도무기체계의 구성품 시험이 모두 끝난 후 개발시험과 운용시험이 수행되기 전에 수행하는 체계 통합 시험 방안에 대해 논의하고자 한다. 특히 체계 통합 시험의 경우 구성품 단위의 기능/성능 시험과는 달리 작전운용요구성능(ROC: Requirement Of Capability)과 기술적/부수적 성능에 대한 시험을 수행해야하므로 시험 비용이나 기간을 줄일 수 있는 효율적인 시험 항목 도출이 요구된다. 또한 체계 통합 시험의 경우 복수의 부체계들이 연동된 형태로 시험이 수행되어야 하고 시험 중 발생하는 결함의 분리를 통해 결함 발생 부체계를 식별할 수 있어야한다. 본 논문에서는 효율적인 체계 통합 시험의 테스트 케이스 설계를 위해 복합 유도무기체계의 작전운용모드와 체계기본성능을 확인하기 위한 교전 시나리오 기반으로 시험 항목을 설계 방안과 Pairwise 기법을 도입하여 시험 항목을 최소화하면서도 많은 수의 결함을 검출할 수 있는 테스트 케이스를 설계 방안을 제시한다. 또한 복합 유도무기체계의 체계 통합 시험을 위한 시험 결함 분리 프로세스와 시험 구성안을 제시하여 복합 유도무기체계의 신뢰성을 제고할 수 있는 결함 분리 방안을 제시한다.

## 2. 체계 통합 시험 항목 설계

### 2.1 복합 유도무기체계의 체계 통합 시험 특징

최신 무기체계는 과거 대비 소프트웨어의 비중이 현격히 높아지고 있으며, 단적인 예로 F-35 전투기의 경우 소프트웨어의 비중이 전체시스템의 80%에 육박할 정도이다. 또한 전장에서 운용되는 감시 정찰 체계, 지휘 통제 체계, 타격 체계들이 결합된 복합 무기체계 역시 소프트웨어가 체계 구성의 주요한 부분을 차지하고 있다. 이러한 무기체계의 내장형 소프트웨어(Embedded Software)에 대한 중요성은 국내에서도 대두되어 최근 방위사업청에서는 『무기체계 소프트웨어 개발 및 관리 지침』과 『무기체계 내장형 소프트웨어 획득 및 관리 실무 지침서』를 제정하기도 했다. 따라서 최근 어느 때보다 무기체계 내장형 소프트웨어의 신뢰성 확보 및 검증을 위한 테스트에 대한 관심이 높아지고 있다.

일반 소프트웨어의 경우 이미 그 품질을 검증하기 위한 다양한 소프트웨어 시험 기법과 자동화 도구들이 개발되어 활용되고 있다. 이러한 일반 소프트웨어 시험 기법과 도구들을 무기체계의 체계 통합 시험에 그대로 활용하기에는 무리가 따른다. 일반 소프트웨어와 소프트웨어가 내장되어 있는 무기체계의 가장 큰 차이는 자원의 제약이 존재한다는 점과 하드웨어와의 의존도와 결합력이 높으며 소프트웨어나 하드웨어의 일부분만으로는 시스템의 기능을 확인하는 것이 어렵다는 점이다. 이러한 특징 때문에 무기체계는 체계 통합 후 상호 작용에 의한 동적 시험이 중요하다.

특히 각각의 내장형 소프트웨어가 별도의 하드웨어에 탑재되어 상호 연동되어 운용되는 복합무기체계의 경우 단계적인 테스트가 어려운 경우가 많다. 즉, 체계 통합 시험 전 특정 부체계만을 위한 단위-통합 시험을 진행하기 위해서는 상호작용을 위한 별도의 시뮬레이션 환경이 요구된다. 이는 별도의 시험 자원과 비용이 요구되며, 실제 부체계와 이를 모의하기 위해서 개발된 시뮬레이터 간의 차이로 인해 결국 빅뱅 형태의 체계 통합 시험을 수행해야 하는 상황을 초래하기도 한다. 또한 복합무기체계는 단일무기체계에 비해 체계 통합 시험 시 부체계 운용 및 모니터링을 위한 별도의 인력과 부체계간 연동 확인을 위한 추가적인 시험 시간이 소요된다. 이로 인해 국내에서 개발되는 복합무기체계의 체계 통합 시험은 일반 소프트웨어 테스트와 같이 다양한 테스트 기법과 자동화 도구들을 활용한 기술집약적 시험이 아닌 경험 기반의 노동집약적 시험 형태로 진행되어 왔다.

### 2.2 복합 유도무기체계의 체계 통합 시험 항목 도출

체계 통합 시험 항목 설계를 위한 시험 기법은 시험 대상 시스템(SUT: System Under Test)의 구동 없이 시험을 수행하는 정적 시험(Static Testing)과 동적 시험(Dynamic Testing)으로 나눌 수 있으며, 동적 테스트는 다시 블랙박스 시험(Blackbox Testing)과 화이트박스 시험(Whitebox Testing)으로 구분할 수 있다. 블랙박스 시험은 기능적 시험이며, 시험 대상 시스템의 구조를 고려하지 않고 요구사항 명세로부터 시험 데이터나 항목을 선정

한다. 반면, 화이트박스 시험은 구조적 시험이며, 시험 대상 시스템의 내부 구조를 고려하여 시험 데이터와 항목을 선정한다. 구성품 단위의 시험에서는 두 종류의 시험을 병행하여 진행하는 것이 구성품의 결합을 찾는 데 효과적인 것으로 알려져 있다. 체계 통합 시험 단계에서 시스템 내부 구조를 고려하여 시험을 진행하기에는 시험 데이터나 항목이 너무나 방대해지기 때문에 기능 시험 위주의 블랙박스 시험 기법을 활용하여 설계하는 것이 바람직하다. 따라서 복합 유도무기 체계의 체계 통합 시험을 위한 시험 항목은 체계 수준의 기능은 모두 확인하되 시험 항목의 수는 최소화하도록 설계되어야 한다.



<그림 2> 패트리엇 포대 구성 (Michael D. Trotsky(2000))

본 논문에서는 복합 유도무기체계의 체계 통합 시험 항목 도출을 위한 예제로 <그림 2>와 같은 대공 복합 유도무기체계를 선정하였다. 대공 복합 유도무기체계는 교전절차를 통제하는 통제소, 목표물을 탐지/추적하는 레이더, 유도탄을 운반/사출하는 다수의 발사대로 구성될 수 있다. 여기에서 통제소는 인접 체계 또는 상위 체계와의 상호연동성이 요구될 수도 있다. 또한 발사대와 발사관에 장입된 유도탄 사이의 연동성 확인이 필요하며, 타격을 위한 유도탄이 레이더로부터 표적 정보를 수신하는 지령유도탄일 경우 레이더와의 연동성에 대한 확인이 필요할 수 있다. 대공 복합 유도무기체계의 체계 통합 시험을 위해서는 실제 부체계 외에 별도로 유도탄을 모의해 줄 수 있는 유도탄 시뮬레이션 장비와 표적을 모의해 줄 수 있는 표적 시뮬레이션 장비가 필요하다. 여기에서 유도탄 시뮬레이션 장비는 유도탄 발사전 발사대와 인터페이스를 위한 기능과 유도탄 발사 후 레이더와 지령데이터를 송수신할 수 있는 기능이 포함되어야 한다. 또한 표적 시뮬레이션 장비는 표적의 레이더반사면적(RCS: Radar Cross Section)을 모의하여 레이더 주파수(RF: Radio Frequency) 신호를 전송하는 기능과 항공기와 레이더 사이의 적아식별 질의응답(IFF: Identification Friend or Foe)을 모의할 수 있는 기능을 가지고 있어야 한다.(조경환, 최관범(2011))

일반적인 대공 복합 유도무기체계의 요구명세는 <표 1>과 같이 작성할 수 있다. 본 논문에서

서는 체계 요구명세로 작전운용성능과 체계기본성능만을 다루고 체계임무 지속성, 체계운용 적합성, 환경 적응성, 상호 운용성, 전투발전 및 전력화 지원성은 다루지 않는다. 대공 복합 유도무기체계의 체계 통합 시험에서는 <표 2>에 작성된 것과 같은 다수의 작전운용모드 하에서 <표 1>의 작전운용성능 및 체계기본성능을 확인할 수 있어야 한다. 그러나 <표 2>에 제시된 작전운용모드 7개 항목과 각 세부 모드들을 조합할 경우 모두 1,728개에 이르는 작전운용모드 별 시험 항목이 생성된다. 또한 각 작전운용모드 하에 작전운용성능 및 체계기본성능 확인을 위한 세부 시험 항목을 조합하면 체계 통합 시험의 항목 수는 기하급수적으로 증가한다. 복합무기체계의 체계 통합 시험은 앞서 언급한 것과 같이 부체계 운용 및 모니터링을 위한 별도의 인력과 부체계간 연동 확인을 위한 사전 시험 시간이 소요되기 때문에 시험 항목의 증가가 시험 수행 시간과 비용, 자원의 증가에 미치는 영향이 매우 크다.

<표 1> 대공 복합 유도무기체계의 요구명세 작성 예(김주형(2005), Emil J. Eichblatt Jr(1989))

	성능항목		요구 성능
	작전 운용 성능	전술적 운용 성능	동시교전
반응시간			00초 이내
대전자전 능력			능력 보유
대방사유도탄 대응능력			능력 보유
작전준비시간			00분 이내
상호운용성			기존 C3I 체계와 연동
체계 기본 성능	유도탄 성능	명중률(SSKP)	0.0 이상
		최대 사거리	00 Km 이상
		최대 고도	00 Km 이상
	레이더 성능	탐지/추적 능력	00 Km / 00개 항적 이상, 0개 유도탄 포착
		적아 식별력	Mode 0 가능
	통제 성능	위협평가 및 할당	능력보유
		동시교전 통제	0개 표적 교전
		표적정보 관리	능력보유
		하부체계 통제	능력보유
	발사 성능	발사/분리 능력	능력보유
연발사격 능력		0.0 초 이내	

<표 2> 대공 복합 유도무기체계의 작전운용모드 작성 예

작전운용모드		세부모드
다 체계 연동		상위체계연동
		인접체계연동
		자율작전
교전통제/범위	교전형태	수동교전
		반자동교전
		자동교전
	무기통제	무기통제1
		무기통제2
		무기통제3
	교전범위	구역1
		구역2
		구역3
		구역4
표적 탐지/식별/추적		단일표적
		다표적
유도탄 발사	발사절차	표준 발사
		신속 발사
	발사방식	단발
		연발
		동시
	재교전	

따라서 복합무기체계의 체계 통합 시험은 하나의 시험 항목에서 다양한 작전운용성능 및 체계기본성능을 확인할 수 있도록 설계되어야 한다. 또한 절대적인 시험 항목의 수를 줄이기 위한 방안이 고려되어야 한다. 본 논문에서는 하나의 시험 항목에서 작전운용성능 및 체계기본성능을 순차적으로 확인할 수 있도록 교전 시나리오 기반으로 체계 통합 시험의 항목을 설계했다(박인철 외(2007)). 체계의 요구명세와 작전운용모드를 포함한 복합 유도무기체계의 교전 절차는 <그림 3>와 같이 작성할 수 있다. <그림 3>에서 작전준비에서는 각 부체계들이 작전 지역으로 이동 후 작전이 가능한 상태까지 전환하는데 소요되는 시간인 작전준비시간을 시험할 수 있다. 타 체계연동에서는 모드에 따라 상위체계나 인접체계로부터 표적 정보를 수신하거나 송신하고, 할당된 표적과 교전을 수행할 수 있는지 등을 시험할 수 있다. 교전통제/범위에서는 해당 체계가 표적과 교전하는 방식을 선택하거나 무기를 통제하는 방

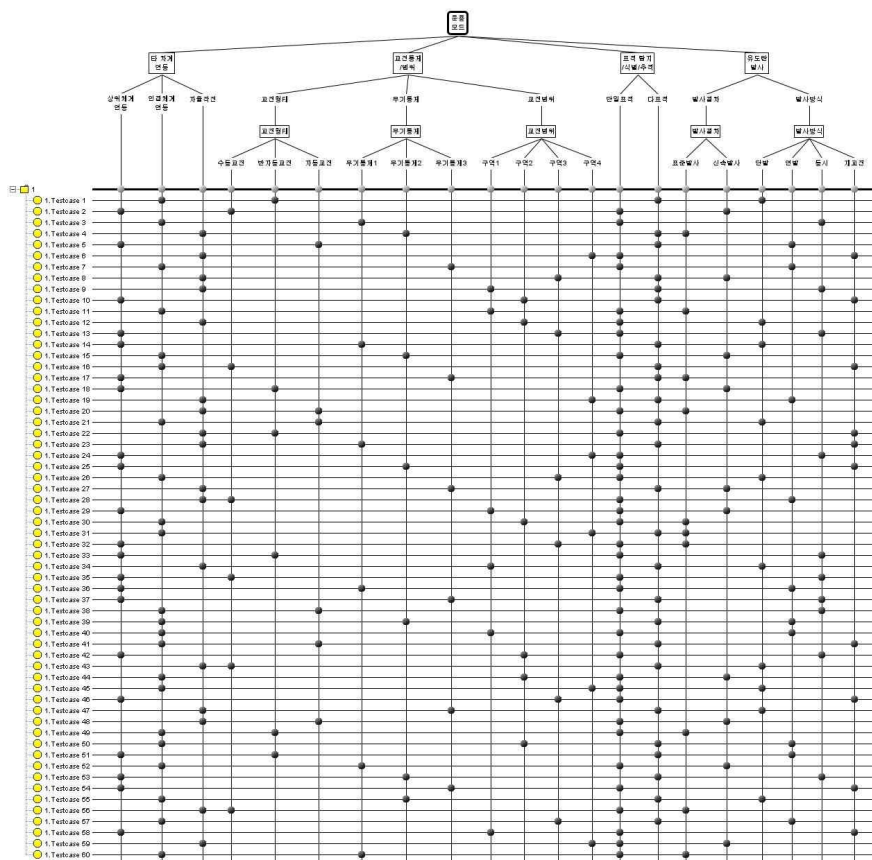
식, 교전을 수행할 범위 등을 사용자가 선택하여 시험을 수행할 수 있다. 표적 탐지/식별/추적에서는 레이더가 단일표적 또는 다표적을 탐지/식별/추적하는 것에 대한 시험을 수행할 수 있다. 위협분석/무기할당에서는 레이더에서 탐지/식별/추적한 표적에 대한 위협분석을 수행할 수 있는지 체계 교전 논리에 따라 적합한 발사대의 적합한 장입유도탄을 선택할 수 있는지 시험을 수행할 수 있다. 유도탄 발사에서는 선택된 발사 절차와 발사 방식에 따라 유도탄이 정상적으로 발사되는지 시험할 수 있다. 마지막으로 표적과 발사된 유도탄 사이의 교전 결과를 판단하는 시험을 수행할 수 있다. 앞서 언급한 것과 같이 모든 작전운용모드를 조합하여 교전 절차를 수행하기에는 너무 많은 개수의 시험 시나리오가 생성되기 때문에 이를 효과적으로 줄일 수 있는 방안이 필요하다.



<그림 3> 대공 복합 유도무기체계의 교전 절차 작성 예



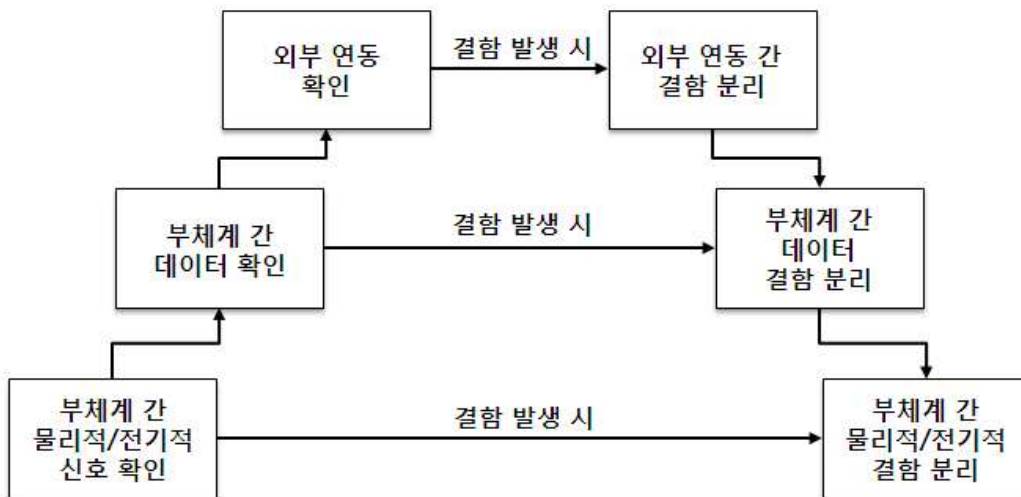
본 논문에서는 각 작전운용모드 조합에 의한 시험 항목의 수를 줄이기 위해서 Pairwise 기법을 적용했다. Pairwise 기법은 대부분의 결합이 두 요소간의 상호작용에 기인한다는 것에 착안한 것이며, 각 파라미터의 각 값들이 다른 파라미터의 모든 값과 최소 한번씩만 조합하여 시험 입력 값을 도출한다. Pairwise 기법을 활용하여 생성된 시험 항목으로 시험을 진행한 NASA 시험 대상 시스템의 경우 2쌍(2-wise)은 93%, 3쌍(3-wise)은 98%의 결합을 검출하는 것이 가능했던 것으로 알려져 있다.(D. Richard Kuhn(2010)) Pairwise 2쌍 조합 형태로 대공 복합 유도무기체계의 체계 통합 시험을 위한 시험 시나리오를 생성하면 기존 1,728개의 시험 시나리오를 60개로 줄일 수 있다. 이렇게 조합 형태의 시나리오(시험 항목)를 생성하기 위해서는 Pairwise 자동화 생성 도구를 이용할 수 있으며, 모든 작전운용모드들이 적용된 2쌍 조합 형태의 시험 시나리오를 자동으로 생성하는 것이 가능하다. <그림 4>은 본 논문에서 사용한 Pairwise 자동화 생성 도구인 CTE XL 프로그램을 사용하여 생성된 60개의 시험 시나리오를 나타내고 있다. 즉, 대공 복합 유도무기체계의 체계 통합 시험을 위한 전체 시험 조합 중 3% 가량만으로도 90% 이상의 결합을 검출할 수 있는 매우 효율적인 시험 시나리오 설계가 가능하다.(황호성 외(2012))



<그림 4> CTE XL을 이용한 60개의 Pairwise 테스트 케이스 생성 예

### 3. 체계 통합 시험 구성 설계

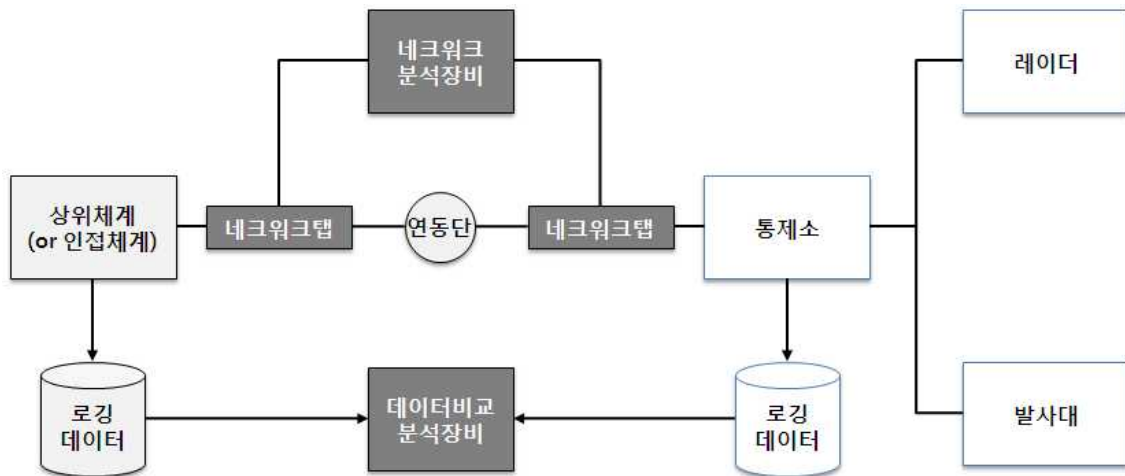
대공 복합 유도무기체계의 체계 통합 시험은 체계를 구성하는 실제 부체계들이 모두 연동되어야 하고 일부 기능이나 성능을 검증하기 위해서는 별도의 시뮬레이션 장비들이 추가적으로 필요하다. 레이더에 표적의 RF 신호를 모의해주기 위한 표적 시뮬레이터(양진모 외(2008))와 레이더와 표적 간 사이의 적아식별 질의응답을 모의해주기 위한 적아식별 시뮬레이터가 필요하다. 유도탄의 경우 체계 통합 시험을 위해 실제 유도탄을 발사하는 것은 어렵게 때문에 발사 전 통제소와의 발사절차를 확인할 수 있는 장입유도탄 시뮬레이터와 발사 후 레이더와의 지령송수신을 확인할 수 있는 비행유도탄 시뮬레이터(박형근 외(2010))가 필요하다. 또한 다표적에 대한 동시 교전 등을 확인하기 위해서는 다수의 표적을 RF신호로 모의하고 다수의 발사대, 유도탄을 모의해 줄 수 있는 시뮬레이터가 필요하다. 또한 상위체계나 인접체계와의 연동도 체계 통합 시험 시 직접적인 연동이 어려울 경우 연동을 모의해 줄 수 있는 시뮬레이터 장비가 필요하다.(박재권 외(2010)) 이러한 시뮬레이션 장비들을 활용하여 <그림 5>와 같은 결합 분리 프로세스를 통해 체계 통합 시험 중 발생하는 결합에 대한 분리를 수행할 수 있다. 최초 각 부체계의 기능에 대한 점검은 완료된 상태라는 가정하에 첫 번째로 각 부체계 간 물리적/전기적 신호가 정상적으로 송수신되는지 확인한다. 두 번째로 각 부체계 간 데이터가 정상적으로 송수신되는지 확인한다. 마지막으로 외부 체계와 데이터가 정상적으로 송수신되는지 확인한다. 각 단계별로 결합 발생 시에는 그 단계에 해당하는 결합 분리를 수행한다. 해당 단계에서 결합 식별이 불가할 경우 하부 단계로 내려가면서 최종적으로 물리적/전기적 결합 분리를 수행한다. 다음에서는 세 단계의 결합 분리를 위한 시험 구성을 세부적으로 설계하여 제시한다.



<그림 5> 체계 통합 시험 결합 분리 프로세스

### 3.1 복합 유도무기체계의 외부 연동 결합 분리

대공 복합 유도무기체계의 경우 감시정찰부와 통제부, 타격부를 모두 포함하고 있기 때문에 단독으로 운용하는 것이 가능하지만 보다 효율적인 운용을 위해서 대부분 상위체계나 인접체계와의 연동성을 포함하고 있다. 복합 유도무기체계와 상위체계나 인접체계와의 연동 시 결합 분리를 위해서 <그림 6>과 같은 시험 구성을 설계할 수 있다. 상위체계나 인접체계와 통제소 사이의 연동단 앞뒤에 네트워크탭을 설치하여 외부 연동은 유지하면서 네트워크 패킷이나 노드, 부하 등을 분석하여 네트워크 상의 결합을 분리할 수 있다. 또한 상위체계나 인접체계의 메시지 로깅 데이터와 통제소의 메시지 로깅을 서로 비교분석하여 메시지의 주기, 개수, 빈도 등의 메시지 흐름과 연동 프로토콜을 분석하여 결합을 분리할 수 있다.

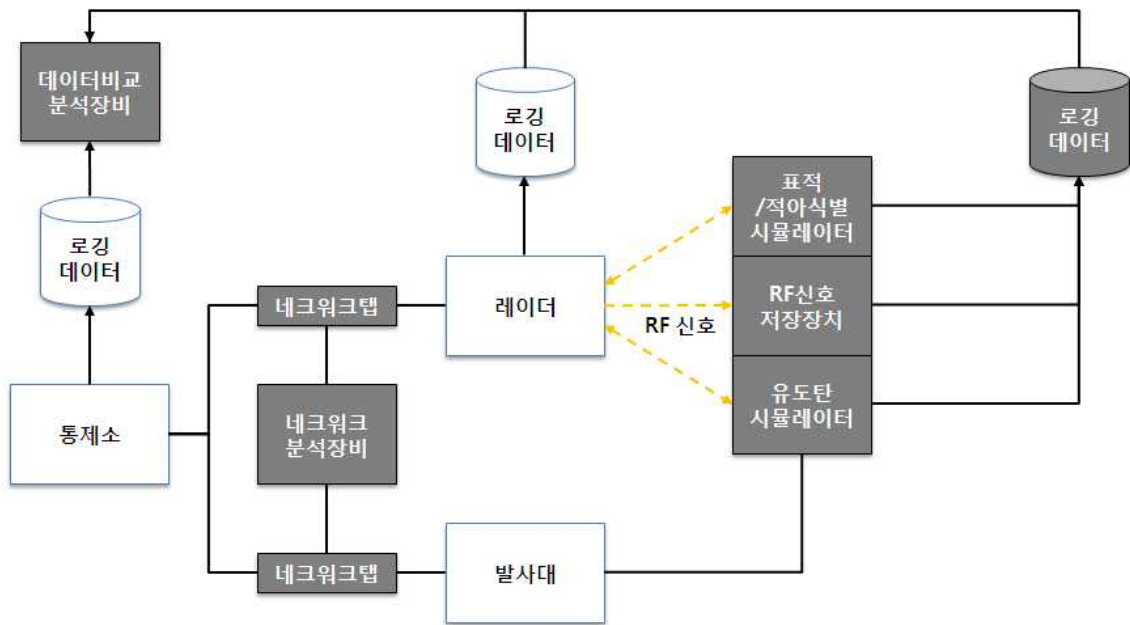


<그림 6> 외부 연동 결합 분리 시험 구성도

### 3.2 복합 유도무기체계의 부체계 간 데이터 결합 분리

대공 복합 유도무기체계의 부체계 간 데이터 결합 분리는 네트워크 상의 결합과 데이터 상의 결합 측면에서 수행하는 것이 가능하다. <그림 7>과 같이 통제소와 레이더 사이와 통제소와 발사대 사이에 각각 네트워크탭을 설치하고 네트워크 패킷이나 노드, 부하등을 분석하여 네트워크 상의 결합을 분리할 수 있다. 또한 통제소, 레이더, 다수의 시물레이터 장비들은 별도의 장치에 데이터를 저장하며, 시험 후 각각의 데이터들을 서로 비교 분석하여 데이터 결합을 분리할 수 있다. 즉, 레이더는 표적 시물레이터와 적아식별 시물레이터로부터 RF 신호를 수신하여 표적과 관련된 데이터를 통제소로 송신한다. 또한 레이더는 유도탄 시물레이터로부터 수신한 유도탄 추적 데이터와 지령 응답 데이터를 통제소로 송신한다. 발사대는 유도탄 시물레이터와 연동한 데이터를 통제소로 송신한다. 통제소는 레이더와 발사대로부터

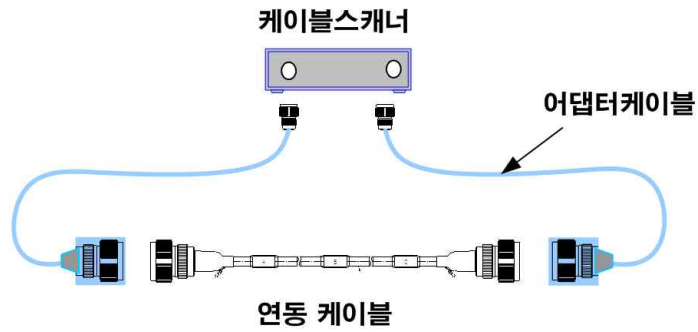
수신한 데이터를 저장한다. 통제소는 지령데이터를 생성하여 레이더로 전송하고, 유도탄 초기장입 데이터를 발사대로 전송한 후 해당 데이터들을 저장한다. 각각의 시뮬레이터 및 신호저장장치는 레이더로부터 수신한 적아식별 질의응답 데이터와 RF신호 데이터, 지령데이터를 저장한다. 유도탄 시뮬레이터는 발사대로부터 수신한 데이터를 저장한다. 데이터 비교 분석 장비는 이렇게 각각의 장비에 저장된 데이터를 서로 비교하여 각 부체계 간 데이터 결합 분리를 수행할 수 있다.



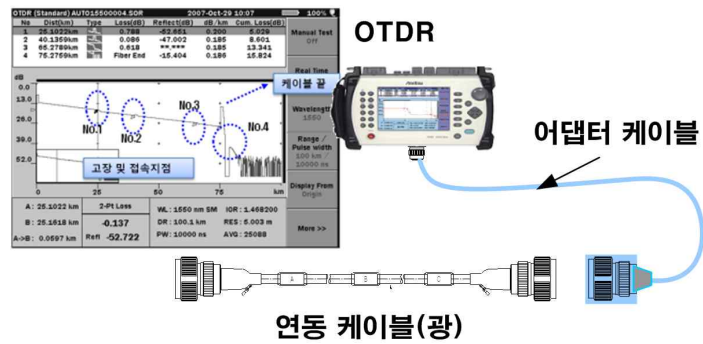
<그림 7> 부체계 간 데이터 결합 분리 시험 구성도

### 3.3 복합 유도무기체계의 부체계 간 물리적/전기적 결합 분리

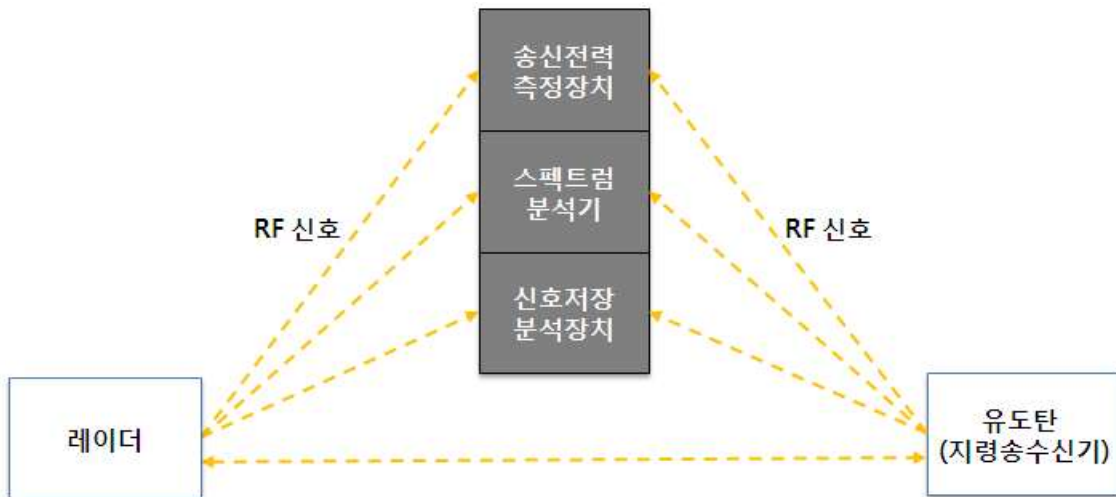
대공 복합 유도무기체계의 부체계 간 물리적/전기적 결합 분리는 체계 통합 시험 시 각 부체계 사이의 연동을 위해 사용되는 케이블이나 RF 신호를 송수신하는 레이더와 유도탄(지령송수신기) 사이에서 수행될 수 있다. 각 부체계 간의 연동이 전기적인 케이블로 이루어질 경우 <그림 8>과 같이 케이블스캐너 장비를 이용하여 케이블의 결합을 식별할 수 있다. 각 부체계 간의 연동이 광 케이블로 이루어질 경우 <그림 9>와 같이 광손실측정기 (OTDR : Optical Time Domain Reflectometer)를 이용하여 케이블의 결합을 식별할 수 있다. 마지막으로 각 부체계 간의 연동이 무선으로 RF 신호로 이루어질 경우 <그림 10>과 같이 별도의 송신전력측정장치와 스펙트럼분석기, 신호저장분석장치를 통해 RF 신호의 세기나 파형 등을 분석하고 결합을 분리할 수 있다.



<그림 8> 연동 케이블(전기) 점검



<그림 9> 연동 케이블(광) 점검



<그림 10> 연동 케이블(광) 점검

## 4. 결론

세계적으로 냉전체계 이후 무기체계 획득에 있어서 국방 분야의 예산 감소 추세에 따라 시험평가를 위한 제반 비용의 증가는 제한을 받고 있다. 그러나 최근 유도무기체계는 다양한 기능과 분산된 부체계들의 결합, 전장의 다양한 플랫폼과의 네트워크화로 인해 시험 평가를 위해 소요되는 시간과 비용, 자원이 급격히 증가하고 있다. 따라서 복합 유도무기체계의 체계 통합 시험은 기존 경험기반의 노동집약적 형태에서 시험 기법과 도구를 활용한 기술집약적 형태로의 변화가 절실하다.

본 논문에서 예제로 설정한 대공 복합 유도무기체계의 작전운영모드를 모두 체계 통합 시험에서 점검할 필요가 있으나, 이들 모두를 조합할 경우 실제 시험이 불가능할 정도로 많은 수의 테스트 케이스가 생성된다. 따라서 최대한 많은 결합을 찾아낼 수 있으면서도 테스트 케이스를 줄일 수 있는 테스트 케이스 설계 방안이 필요하다. 본 논문에서는 대공 복합 유도무기체계의 모든 작전운영모드 및 체계기본성능을 순차적으로 확인할 수 있는 교전 시나리오를 설계하고, Pairwise 기법을 이용하여 테스트 케이스의 수를 최소화하는 방안을 제시하였다. 또한 대공 복합 유도무기체계의 체계 통합 시험 구성을 위해 부체계간 물리적/전기적 신호 확인, 부체계 간 데이터 확인, 외부 연동 확인의 세 가지 결합 분리 단계를 제시하였다. 향후 이러한 체계 통합 시험 항목 설계 방안 및 결합 분리 방안을 확장하여 보다 효율적인 개발/운용시험의 시험 설계도 가능할 것이라 기대된다.

## 참고문헌

- [1] 김주형(2005), M&S를 사용한 KMSAM체계 운용시험평가에 관한 연구, 국방대학교
- [2] 김철, 강보식(2005), 신뢰성 기술시험과 운용시험, 신뢰성응용연구, 제5권, 제4호, 393-396.
- [3] 박상재, 이봉근, 김찬조(2007), 체계 획득에서의 시험평가, 시스템엔지니어링 추계 심포지엄
- [4] 박인철, 류무용, 김상원(2007), 분산무기체계의 체계 통합 및 점검방안 연구, 제14차 유도 무기학술대회, 92-95
- [5] 박재권, 이승영, 김세환(2010), 통합시험시스템의 VV&A, 국방과학연구소 창설 40주년 기념 종합학술대회, 5-8, 시험평가
- [6] 박형근, 김동석, 조용주(2010), 지령유도무기체계 연동 성능 시험을 위한 유도탄비콘 구현, 국방과학연구소 창설 40주년 기념 종합학술대회, 161-164, 유도무기
- [7] 이필현, 고윤수, “미래 시험평가 발전 방향”, 국방과 기술, 국방정책논단, pp. 52~61, 2010.
- [8] 양진모, 이민준, 김환우(2008), 레이더 시스템 성능평가용 가상 레이더 표적 신호 발생장치, 한국군사과학기술학회지, 제11권, 제3호, 40-49
- [9] 전우철(2004), 유도무기체계에 대한 STEP 기반 시험평가 방법 및 적용에 관한 연구, 국방대학교
- [10] 정환진(2011), 무기체계 개발사업의 체계공학(SE) 기반 개발프로세스 모델 설계 및 진화에 대한 연구, 충남대학교

- [11] 조경환, 최관범(2011), 지령유도무기체계의 체계 수준 시험 평가, 한국군사과학기술학회지, 제14권, 제6호, 1031-1036
- [12] 최석철, 김성규(2004), 무기체계 시험평가에 M&S 적용방안, 한국군사과학기술학회지, 제7권, 제4호, 44-52.
- [13] 황호성, 조경환, 박인철(2012), 유도무기체계의 체계통합을 위한 테스트 케이스 설계, 2012 한국군사과학기술학회 종합학술대회
- [14] D. Richard Kuhn(2010), Practical Combinatorial Testing, NIST
- [15] Emil J. Eichblatt Jr(1989), Test and Evaluation of the Tactical Missile(Progress in Astronautics and Aeronautics)
- [16] Michael D. Trotsky(2000), PAC-3 Missile Ground Testing for Success in Flight, The First Annual International Missiles and Rockets Symposium and Exhibition Conference