

## 지령유도무기체계의 체계 수준 시험 평가

### System Level Test & Evaluation for Command Guided Missile System

조 경 환\*                      최 관 범\*  
Kyoung-Hwan Jo              Gwan-Beum Choi

#### Abstract

In this paper, we have proposed a methodology which can test and evaluate on system level in development phase of command guided missile system. Test and evaluation play a significant role in the development of weapon system, providing the means for determining to what extent the weapon system satisfies its requirements, whether it functions normally in the operational environment. In case of command guided missile having seeker, the missile communications link provides data to allow the missile to fly an efficient trajectory toward target. Therefore, it is very important to test and evaluate for data link between missile and radar on whole system aspect. we introduce the concept and devices for system level test and evaluation of command guided missile system.

Keywords : Command Guided Missile System, Test and Evaluation, Distributed Missile System, Receiver & Transmitter, Radar, Data Link, Communication Link, Uplink Data

#### 1. 서 론

시험 평가는 유도무기체계의 개발에 있어서 매우 중요한 과정이며, 시험 평가 절차의 효과적인 계획과 수행은 무기체계 개발 기간의 단축과 무기체계의 신뢰성 향상을 가져올 수 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 무기 체계 시험 평가의 역할은 사용자 요구에 부합된 무기 체계를 전력화하기 위해 개발 시의 결함을 식별하여 적시에 해소하는 위험관리와 무기체계의 성능 등을 검증 및 확

인하여 전투용 적합 여부를 합리적으로 판단토록 의사결정을 지원하는 것이다<sup>[2]</sup>. 특히 독립된 부체계들간의 연동을 요하는 분산유도무기체계의 경우 부체계들간의 통신 및 인터페이스를 시험 평가하는 것이 중요하다. 그러나 분산유도무기체계는 각 부체계들이 서로 공간 및 기능적으로 분리/독립되어 있기 때문에 그 기능 및 성능을 시험하고 평가하는 것이 단일무기체계에 비해 매우 복잡하고 어렵다.

분산유도무기체계에 해당되는 지령유도무기체계는 일반적으로 Fig. 1의 패트리엇 포대와 같이 유도탄을 타격체로 하여 목표물과 교전을 수행하는 무기체계로서 교전절차를 통제하는 통제소, 목표물을 탐지/추적하는 레이다, 유도탄을 운반 및 사출시키는 발사

† 2011년 8월 16일 접수~2011년 11월 25일 게재승인

\* LIG넥스원(LIGNex1)

책임저자 : 조경환(kyounghwan.jo@lignex1.com)



Fig. 1. 패트리엇 포대 구성

대로 구성된다<sup>3)</sup>. 망각(Fire & Forget)방식 유도무기체계와는 다르게 지령유도무기체계의 경우 지상에 위치한 부체계 사이의 인터페이스 및 통신 시험뿐만 아니라 레이더와 유도탄 간의 지령데이터 통신 시험을 수행하는 것이 필수적이다. 현대 무기체계의 정밀도와 성능이 첨단 과학기술과 정보기술을 바탕으로 획기적인 수준으로 발전함에 따라 그에 제반하는 시험 평가 항목이 증가하는 추세이다. 그러나 냉전체제 이후 무기체계 획득에 있어서 국방 분야의 예산 감소에 따라 시험 평가를 위한 제반 비용도 제한을 강요받고 있다. 따라서 선진국에서는 M&S기법 등을 활용한 시험평가 시설을 구축하여 국방 예산의 감소 추세에 대응하고, 시험 소요시간, 자원, 위험 요소, 비용 절감 등의 효과를 기대하고 있으며, 국내에서도 과학적이고 경제적인 시험 평가 수행과 효율적인 국방획득정책 수립을 위한 M&S 활용 방안이 강구되고 있다<sup>4)</sup>.

그러나 다양한 M&S 기법이나 HILS 등의 방법이 존재함에도 불구하고 모든 체계가 연결되어 진행되는 체계 수준의 실 사격시험 전 체계통합점검으로는 부족하다<sup>4,5)</sup>. 본 논문에서는 모든 체계가 연결된 상태에서 실 사격시험 전 체계통합점검을 수행할 수 있는 시험 평가 방안 및 시스템을 제안하고자 한다.

## 2. 체계 수준 시험 평가

### 가. 체계 수준 시험 평가 개요

지령유도무기체계에 해당되는 중거리 지대공 유도탄 SM-2는 Fig. 2와 같은 비행 단계를 갖는다. 여기에서 지령 통신 링크(Uplink/Downlink)는 중기 유도 단계에서 유도탄이 표적에 대한 정보를 함정으로부터 수신하기 위해서 사용된다. 이러한 지령 통신 링크는 유도탄이 예상 조우 지점(Predicted Intercept Point)까지 보다 효율적으로 비행할 수 있도록 해준다<sup>6)</sup>. 특히, 근거리 표적에 대한 교전의 경우 지령 통신 링크의 정상 수행 여부가 유도탄의 명중률에 치명적인 영향을 줄 수 있다. 따라서 모든 체계가 연동된 상태에서 지상 장비 및 유도탄 간 데이터 교환이 정상적으로 수행되는지를 확인하는 지령유도무기체계의 체계 수준 시험 평가는 필수적이다.

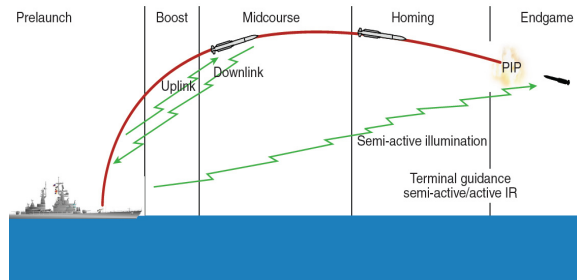


Fig. 2. SM-2 유도탄 비행 단계<sup>6)</sup>

지령유도무기체계는 부체계인 레이더에 의해 탐지된 표적 정보를 통제소로 전달하며, 통제소에서는 해당 표적에 할당된 유도탄에 초기 제원 장입 시 해당 정보를 활용할 수 있다. 통제소는 유도탄이 발사된 후에도 레이더에 의해 탐지된 표적 정보가 포함된 지령 정보를 유도탄에 전송해야 한다. 그러나 통제소-레이더, 통제소-발사대의 통신 시험과는 다르게 레이더-유도탄의 통신 시험은 비행 유도탄을 모의하여 레이더가 방사하는 RF 신호를 확인할 수 있는 장비가 추가적으로 요구된다<sup>7)</sup>.

기존 지령유도무기체계의 체계 수준 시험 평가는 유도탄 모의기에 장착된 지령 수신기가 레이더로부터 수신한 지령 데이터를 저장하고 이를 분석함으로써 두 부체계 간의 통신 기능 및 성능을 시험 평가했다<sup>8)</sup>. 그러나, 이러한 지령 데이터 통신 시험은 지령 데이터를 정상적으로 수신하지 못한 경우 부체계 중 레

이더의 이상인지, 유도탄의 지령 수신기의 이상인지 판단하는 것이 매우 모호하다. 따라서 레이더에서 전송하는 RF 신호를 수신하고 저장할 수 있는 별도의 측정 장비를 구성하는 방안을 고려할 필요가 있다.

나. 체계 수준 시험 평가 사례

단거리 지대공 유도무기체계인 천마 체계는 탐지/추적 레이더, 교전통제, 발사관, 지령수신기를 포함한 유도탄 등 필요한 모든 기능이 궤도차량에 탑재되어 내부 인터페이스로써 동작한다. Fig. 3과 같이 천마체계의 체계 수준 시험 환경은 레이더 비콘과 적아식별(IFF : Identification Friend or Foe) 비콘을 포함하는 모의표적 환경을 근간으로 하고 있으며, 비콘에 대한 모의사격(On-Beacon Mode)을 수행하는 가운데 각 부체계의 기능을 활성화시킨다. 종합점검장비를 통해 점검 시나리오에 따라 시험환경을 통제하고 실제체로부터 획득되는 데이터를 전시, 기록하는 한편 결과분석을 통해 체계 기능의 정상 여부를 판단할 수 있도록 한다.

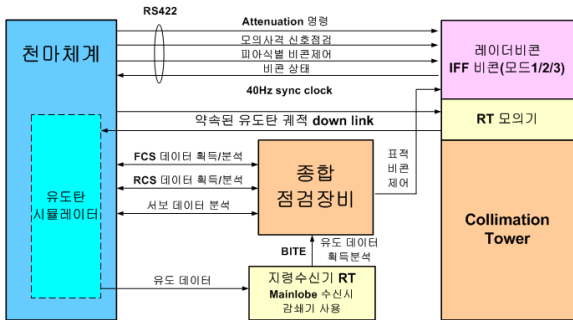


Fig. 3. 천마 체계 수준 시험 개념도

중장거리 지대공 유도무기체계인 패트리엇 체계는 표적 시나리오와 전자전 환경을 생성하여 실 체계 레이더의 IF단으로 입력하여 체계의 성능을 점검 및 시험할 수 있다<sup>[9]</sup>. 패트리엇 통신 시험은 Fig. 4와 같이 레이더와 유도탄 사이에 상향링크 및 하향링크 통신에 대한 페루프 시험을 말하며, 주파수, 파워 레벨, 메시지 포맷 등을 확인한다.

패트리엇의 체계 수준 지상비행시험(Ground to Air Test)은 Fig. 5와 같이 탄도탄 궤적을 모사하기 위해 급강하(Dive)하는 전투기를 레이더에서 탐지/추적하는 방식으로 수행된다. 이 때, 레이더에서는 탐지/추적된 표적 정보를 사격통제소에 전달하고, 모의 발사 후 레이더와 유도탄 사이의 상/하향 지령 통신이 수행된다.

유도탄 내부에서는 수신된 지령 데이터를 기반으로 탐색기를 동작시켜 탐색기가 표적을 정상적으로 탐지/추적하는지 확인한다. 이 시험의 목적은 실 사격시험 전에 최종적으로 지상 부체계 장비와 유도탄 간의 상호작용 및 레이더와 유도탄 간의 통신 성능을 시험하는 것이다<sup>[8]</sup>.

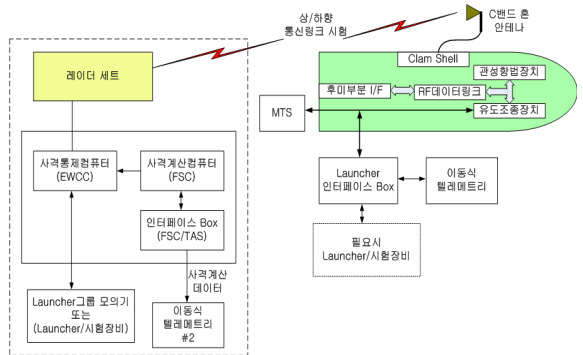


Fig. 4. 패트리엇 체계 수준 통신 시험 개념도

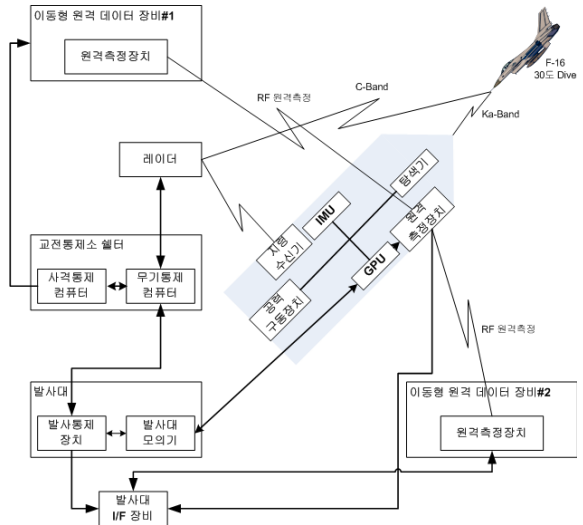


Fig. 5. 패트리엇 체계 수준 지상비행시험 개념도

다. 제안하는 체계 수준 시험 방안

지령유도무기체계를 위한 체계 수준의 실 사격시험 전 체계합동점검을 위해서는 교전절차를 통제하는 통제소, 목표물을 탐지/추적하는 레이더, 유도탄을 운반 및 사출시키는 발사대를 포함하는 지상 부체계들 간의 연동이 필요하다. 그리고 레이더가 표적을 탐지/추적하고, 비행 유도탄에 지령 데이터를 전송하는 시험

환경을 구성하기 위해서는 Fig. 6과 같이 레이더로부터 일정거리가 떨어진 위치에 표적과 비행 유도탄을 모의하기 위한 장비와 이를 설치할 수 있는 일정고도 이상의 비콘 타워가 필요하다. 여기에서 표적 모의는 레이더가 송신한 RF 신호의 반사파를 모사하기 위한 표적비콘<sup>[10]</sup>, 레이더의 적아식별 질의에 응답하기 위한 적아식별 비콘을 통해 수행할 수 있으며, 비행 유도탄을 모의하기 위해서 지령수신기, 유도 조종 장치를 포함한 유도탄 비콘<sup>[11]</sup>이 필요하다.

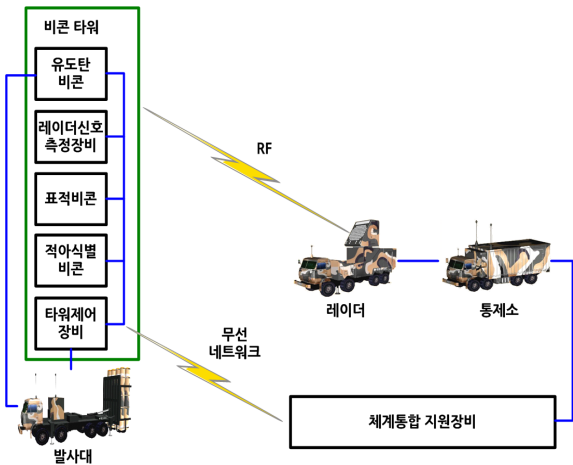


Fig. 6. 제안하는 체계 수준 시험 개념도

또한 발사 절차를 모의하기 위해서 발사대는 유도탄 비콘과 실제 탄 케이블로 연결되어 통제소로부터 전달된 발사명령을 유도탄 비콘에 전달할 수 있어야 한다. 따라서 Fig. 6과 같이 지령유도무기체계 외에도 비콘 타워에 설치된 비콘들을 제어할 수 있는 타워제어 장비와 무선 네트워크를 통해 타워제어장비를 통제하고, 각 부체계들의 상태를 모니터링 할 수 있는 체계통합 지원장비가 필요하다. 마지막으로 레이더에서 송신한 마이크로파를 수신/저장/분석할 수 있는 별도의 레이더 신호 측정장비가 필요하다.

실 사격시험을 위한 체계통합점검으로써 아래와 같은 시험 절차를 진행할 수 있다.

- 1) 지령유도무기체계 각 부체계들의 자체점검 후 연동 점검을 수행하고, 체계통합 지원장비를 이용하여 비콘타워 장비들을 무선 네트워크로 연결한 후 자체 점검 수행을 모니터링한다.
- 2) 통제소에서는 레이더를 구동시키고, 체계통합 지원

장비 운용자는 표적 비콘과 적아식별 비콘을 동작 시킨다.

- 3) 통제소에서는 레이더에서 탐지한 모의 표적에 대해 적아식별을 수행하고, 해당 표적에 대한 교전을 시작한다.
- 4) 통제소에서는 표적에 유도탄 발사 전 카운트를 시작하고, 체계통합지원장비 운용자는 유도탄 비콘 및 레이더신호 측정장비의 기록을 시작한다.
- 5) 레이더에서 지령 메시지의 업링크가 일정시간 수행된 후 통제소에서는 표적 추적을 종료하고, 레이더 구동을 정지시키고, 체계통합 지원장비 운용자는 비콘타워의 비콘들을 정지시킨다.
- 6) 시험 동안 통제소에 기록된 부체계들 사이의 데이터 주기 및 수치 등의 이상 유무를 확인한다.
- 7) 통제소에 저장된 지령 데이터, 레이더에 기록된 송신 데이터, 유도탄 비콘에 저장된 지령 데이터, 레이더신호 측정장비에 저장된 지령 데이터를 서로 비교/분석한다.
- 8) 데이터가 서로 일치하지 않을 경우 해당 시점을 확인하여 레이더신호 측정장비를 이용하여 세부적인 파형 및 신호 레벨 등의 분석을 통해 고장 분리 및 고장 원인 분석 등을 진행한다.

### 3. 체계 수준 시험 평가 시스템

#### 가. 레이더 신호 측정 장비

앞 항에서 언급한 바와 같이 별도의 레이더신호 측정장비는 레이더로부터 전송된 지령 데이터에 오류가 있는 경우 레이더의 송신 상에 문제가 발생한 것인지, 유도탄의 지령 수신 상에 문제가 발생한 것인지에 대한 정확한 고장 식별 및 세부적인 고장 원인 파악을 위해 사용될 수 있다.

레이더신호 측정장비는 Fig. 7과 같이 유도탄 비콘과 커플러로 공유되는 안테나로부터 레이더 신호를 수신한다. 수신된 마이크로파는 RF Gain을 통해 사용자가 설정한 수준의 증폭과정을 거치며, Down Converter로 입력된다. Down Converter에서는 입력된 RF신호를 IF신호로 변환하여 AD(Analog to Digital) Converter로 전송한다. 디지털 데이터로 변환된 광대역의 레이더신호를 실시간으로 저장하기 위해서는 고속 직렬 인터페이스(High Speed Serial Interface) 및 이와 호환되는 고속 메모리, 고속 하드디스크가 필요하다.

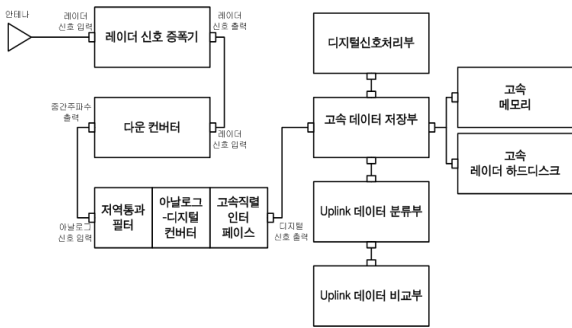


Fig. 7. 레이더신호 측정장비 구성도

나. 지령 데이터 비교/분석

레이더로부터 유도탄에 전송된 지령 데이터는 통제소의 전술기록장치, 레이더의 송신 데이터 기록 장치, 유도탄 비콘의 저장 장치, 레이더신호 측정장비로부터 획득할 수 있다. 각 장비별로 저장되어 있는 지령 데이터의 형태가 상이하므로, 비교/분석을 위해 동일한 데이터 형태로 변환해야 한다. 결과적으로 지령 데이터는 시간별로 구분되는 행과 데이터 종류별로 구분되는 열의 형태로 변환할 수 있다. Fig. 8과 같이 변환된 각 지령 데이터는 각 행별로 비교과정을 거쳐 지령유도무기체계의 체계 수준 통신 시험 결과를 도출할 수 있다. 통제소 데이터와 유도탄 비콘 데이터가 서로 일치하지 않을 경우 레이더신호 측정장비와의 비교 과정을 수행한다.

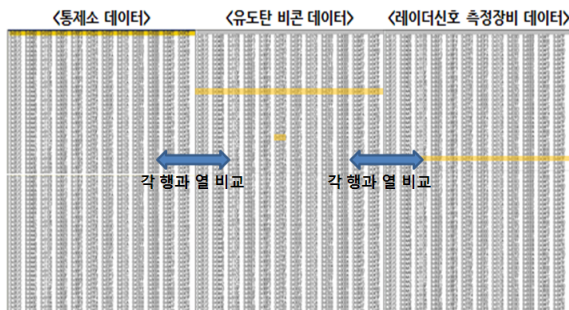


Fig. 8. 지령 데이터 비교 예

통제소 데이터와 레이더신호 측정장비 데이터가 일치하지 않을 경우 시험 결과를 레이더 송신단의 불량으로 식별을 하고, 유도탄 비콘 데이터와 레이더신호 측정장비 데이터가 일치하지 않을 경우 시험 결과를 유도탄의 지령 수신단의 불량으로 식별한다. 각 장비별로 기록된 업링크 데이터를 통해서 특정 지점

의 지령 데이터 프레임이 누락된 경우나, 특정 비트(Bit) 오류가 발생하는 경우 등을 식별하는 것이 가능하다. 그러나 레이더가 송신한 유도탄 식별 번호가 누락되어 유도탄 비콘에서 데이터를 전혀 수신하지 못하거나, 통제소 데이터와 유도탄 비콘은 서로 일치하지만 레이더신호 측정장치 데이터와는 일치하지 않는 등의 경우가 발생할 수 있다. 이런 경우에는 Fig. 9와 같이 레이더신호 측정장비에 기록된 데이터를 그래프로 출력하여 레이더신호의 파형, 레벨, 주파수 등의 분석을 통해 보다 정확한 결과를 얻는 것이 가능하다.

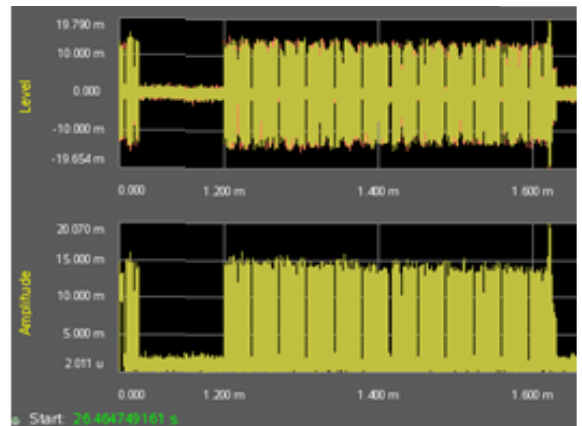


Fig. 9. 레이더신호 파형 및 신호레벨 분석

다. 지상 부체계 인터페이스 점검

레이더에서 탐지된 표적 데이터가 통제소로 정상적으로 전달되었는지, 통제소에서는 발사대에 정상적으로 사격통제명령을 전달했는지 등의 지상 부체계간 인터페이스 점검도 지령 통신 시험과 동시에 진행될 필요가 있다<sup>12)</sup>. 통제소에서는 각 부체계 간의 주고 받은 메시지를 기록하여야 하며 이를 분석하는 것이 기본적인 시험 평가 수단이 된다. 그러나 체계 연동이나 메시지 상 문제가 발생한 경우 각 부체계 사이의 네트워크 상태를 분석할 수 있는 장비나 연동 케이블 자체의 손실 등을 측정할 수 있는 장비가 요구된다.

4. 결론

현대의 고성능 탐색기를 탑재한 망각 방식 지령유도무기체계에서도 지령 데이터는 유도탄이 예상 조우 지점(PIP)을 향해 보다 효율적인 경로로 비행할 수 있

도록 해준다<sup>[6]</sup>. 특히, 최소거리 표적에 대한 교전 시 발사된 유도탄이 지령데이터를 수신하지 못하거나, 잘못된 데이터를 수신한 경우에는 탐색기가 활성화되더라도 표적을 전혀 탐지하지 못하여 무용지물이 될 수 있다. 따라서 부체계 수준에서의 레이더와 유도탄 간의 지령 데이터 통신 시험뿐만 아니라 체계 수준에서의 모든 장비가 연동된 레이더와 유도탄 간의 지령 데이터 통신 시험 수행은 필수적이다.

본 논문에서는 국내 개발된 단거리 지령유도무기체계인 천마와 해외 개발된 중장거리 지령유도무기체계인 패트리엇의 체계 수준 지령 데이터 통신 시험 개념을 분석하고 새로운 체계 수준 지령 데이터 통신 시험 방안과 시스템을 제안하였다. 향후 국내에서 개발할 지령유도무기체계에 적용하면 실 발사 비행시험 전 체계 수준의 효율적인 체계통합점검이 가능할 것으로 보인다.

## References

- [1] B. K. Das, Ph, D., "Test and Evaluation of Tactical Missile System Using Electro-Optical Tracking System", ITEA Journal, Vol. 30, pp. 143~148, 2009.
- [2] 이필현, 고윤수, "미래 시험평가 발전 방향", 국방과 기술, 국방정책논단, pp. 52~61, 2010.
- [3] 류무용, "분산유도무기체계의 지상항법 운용 개념 및 절차 연구", 한국군사과학기술학회지, 제11권, 제2호, pp. 66~72, 2007.
- [4] 최석철, 김성규, "무기체계 시험평가에 M&S 적용 방안", 한국군사과학기술학회지, 제7권, 제4호, pp. 44~52, 2004.
- [5] 김태영, 양태수, 김영주, 이종하, "유도조종장치의 실시간 성능평가 기법", 한국자동제어학술회의, pp. 324~330, 1992.
- [6] Clifton E. Cole Jr, "Missile Communication Links", Johns Hopkins Apl Technical Digest, Vol. 28, No 4, pp. 324~330, 2010.
- [7] 조경환, 이용호, 최관범, "지령유도무기체계의 통신 링크 시험 평가", 대한전자공학회 2011년도 하계종합학술대회, 2011.
- [8] Michael D. Trotsky, "PAC-3 Missile Ground Testing for Success in Flight", The First Annual International Missiles and Rockets Symposium and Exhibition Conference, Feb. 2000.
- [9] 류무용, 김상원, 박인철, "분산무기체계의 체계통합 및 점검방안 연구", 제14차 유도무기학술대회, pp. 92~95, 2007.
- [10] 양진모, 이민준, 김환우, "레이더 시스템 성능평가용 가상 레이더 표적신호 발생장치", 한국군사과학기술학회지, 제11권, 제3호, pp. 40~49, 2008.
- [11] 박형근, 김동석, 조용주, "지령유도무기체계 연동 성능 시험을 위한 유도탄비콘 구현", 국방과학연구소 창설 40주년 기념 종합학술대회, pp. 161~164, 유도무기, 2010.
- [12] 이정훈, 박인철, 정세영, "대규모 분산무기 시스템 통합 시험 개발 방안", 2011년도 한국국사과학기술학회 종합학술대회, pp. 109~111, 체계공학, 2011.