

동시다발적인 유도무기 비행시험 수요에 대응하기 위한 모델기반 비행시험 시스템 개발

박웅¹, 이재천^{2*}

¹국방과학연구소 제8기술연구본부, ²아주대학교 시스템공학과

Model-Based Approach to Flight Test System Development to Cope with Demand for Simultaneous Guided Missile Flight Tests

Woong Park¹, Jae-Chon Lee^{2*}

¹The 8th Research and Development Institute, Agency for Defense Development

²Dept. of Systems Engineering, Ajou University

요약 유도무기 비행시험 시스템은 비행시험 중 여러 가지 상태를 실시간으로 감시하고 비상상황 발생 시 안전조치를 수행할 수 있어야 한다. 점차 복잡화, 광역화되고 있는 비행시험의 환경 변화 속에서 시험안전 확보의 중요성이 더욱 증대되고 있다. 또한 국내의 정세 변화와 전시작전권 전환 등으로 인하여 다수의 유도무기체계가 동시에 개발되어야 하고 동시에 연구개발 및 시험평가 기간단축을 통한 조기 전락화 및 예산절감도 요구되는 상황이다. 이에 따라 국내의 부족한 시험장 자원 여건 하에서 비행시험 시 발생하는 위험은 증가하고 있으며 시험안전 확보를 위한 대책 마련이 시급한 실정이다. 이러한 요구에 부응하기 위해서 연구개발 초기 단계에서부터 비행시험 시스템의 문제를 식별하고 대처방안을 마련할 수 있도록 모델기반 비행시험 시스템 개발을 본 연구의 목표로 설정하였다. 구체적으로 유도무기 비행시험의 설계 및 검증 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 선진 시험평가기관에서 연구하고 있는 Agile 방식의 Shift Left 시험평가 방법론과 항공우주분야에서의 시스템 참조모델을 활용하였다. 연구개발 단계에서 유도무기체계와 동시에 설계를 진행하고 비행시험 요구사항에 대한 상호간의 결함을 조기에 식별하여 수정함으로써 시험평가 단계에서 수행하는 비행시험 시 발생할 위험을 완화할 수 있다. 또한 항공우주분야에서 복잡한 시스템을 통합하고 검증하는 데 적용하고 있는 참조모델을 기반으로 시스템 모델링 표준 언어인 SysML을 활용하여 모델기반 비행시험 시스템을 구현함으로써 다수의 유도무기 비행시험 설계에 적용할 수 있는 확장성을 갖고 있으며, 시뮬레이션 분석을 통해 비행시험에서 발생하는 문제를 조기에 식별하고 조치함으로써 시험평가 기간의 지연을 방지할 수 있다.

Abstract Flight test systems should monitor various conditions in real time during flight tests and take safety measures in an emergency. The importance of ensuring test safety increases in more complicated and wider test environments. Also, due to the transition of wartime operational authority, many guided missile systems must be developed simultaneously. Early deployment and budget reduction by shortening the development and T&E periods are also necessary. Consequently, the risk of flight tests under the circumstance of inefficient test resources is increasing. To address this deficiency, a flight test system model using SysML was proposed in this study. The method of designing and verifying the test system is based on the agile shift left testing methodology of advanced T&E labs and utilizing a system reference model in the aerospace field. Through modeling and simulation analysis, early identification and correction of faults resulting from inconsistent test requirements can mitigate the risk of delays during the T&E phase of flight tests. Also, because the flight test system model was constructed using SysML, it can be applied to test various guided missile systems.

Keywords : Flight Test System, Guided Missile, Model-Based, Reference Model, SysML

*Corresponding Author : Jae-Chon Lee(Ajou Univ.)

Tel: +82-31-219-3941 email: jaelee@ajou.ac.kr

Received October 1, 2018

Revised (1st October 22, 2018, 2nd November 5, 2018)

Accepted January 4, 2019

Published January 31, 2019

1. 서론

유도무기체계가 첨단화, 전략화됨에 따라 유도무기 비행시험은 복잡화, 광역화되고 있으며 급변하는 국내외 정세 변화와 전작권전환 전환 등으로 인하여 다수의 유도무기체계 개발이 동시에 요구되고 있지만, 연구개발과 시험평가 기간 단축을 통한 조기 전력화와 예산절감 요구는 오히려 증가하는 추세이다. 선진 시험평가기관에서는 Agile 방법론을 적용한 시험평가[1], Shift Left 시험평가[2-3], 그리고 이를 통합한 Agile 방식의 Shift Left 시험평가[4] 개념을 연구함으로써 시험평가 기간단축과 함께 설계 단계에서 발생할 수 있는 결함을 조기에 식별하기 위해 노력하고 있다.

유도무기 비행시험은 연구개발 마지막 단계에서 실제 유도무기를 발사하여 비행성능을 확인하는 시험으로서 시험안전 확보를 최우선으로 고려해야 하며, 협소한 국내 지리 여건상 비행시험의 위험완화를 위한 대책마련이 시급한 현실이다. 따라서 유도무기 비행시험 시 위험을 감지하고 조치하기 위해서는 실시간으로 비행상태(Time and Space Position Information, TSPI)를 감시하고 비상상황 발생 시 안전조치가 가능한 핵심 기능이 반드시 확보되어야 한다.

유도무기 비행시험을 수행하기 위한 비행시험 시스템은 이러한 핵심 기능을 포함하기 위해 개발되어야 하지만 유도무기체계 관점에서 조력 시스템(enabling system)으로 간주하고 있다. 점차 복잡화, 광역화되고 동시다발적으로 개발되는 유도무기의 비행시험 요구사항에 부응하기 위해서는 단순 조력 시스템이 아닌 별도의 시스템으로서 개발이 필요한 상황이다.

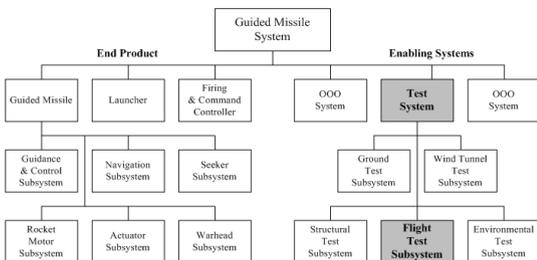


Fig. 1. Different view of guided missile system

본 논문에서는 동시다발적으로 개발되는 다수의 유도무기체계에 적용할 수 있고, 연구개발 초기 단계에서 문제를 조기에 식별하고 대처방안을 마련할 수 있도록 모

델기반 비행시험 시스템 개발을 통한 유도무기 비행시험 설계 및 검증 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장에서는 비행시험 시스템 개발을 통해 유도무기 비행시험의 설계와 검증을 해야 하는 필요성을 기술하고, 2장에서는 선행연구 분석을 통한 문제정의와 연구목표를 제시한다. 3장에서는 유도무기 비행시험의 핵심 기능인 모델기반의 비행시험 시스템의 연구개발을 기술하고, 4장에서는 유도무기 비행시험 사례 적용을 통한 수치 및 거동모델의 시뮬레이션 검증을 수행한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 연구 수행 결과와 공헌을 정리한다.

2. 선행연구 분석 및 문제정의

2.1 시험평가 개념연구 동향

선진 시험평가기관에서는 오늘날과 같이 복잡성이 증가하고 요구사항이 변경되는 환경에서 개발기간과 비용을 줄이기 위해서 기존의 Waterfall 방식의 시험평가 방법론으로 부터 S/W 개발 시 사용되는 Agile 방법론 적용을 연구하고 있다[1]. Agile 방법론을 적용한 시험평가는 전체 시스템 개발 단계를 단축시키고 사용자의 피드백을 반영함으로써 결함을 조기에 식별할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 또한 무기체계 개발 초기 단계에서 시험평가 기능이 관여하여 무기체계의 결함을 조기에 식별하고 수정하기 위해 Shift Left 방법론을 적용한 시험평가를 연구하고 있으며[2-3], 최근에는 Fig. 2와 같이 짧은 기간 동안 다수의 sprint로 나누어 설계단계부터 기

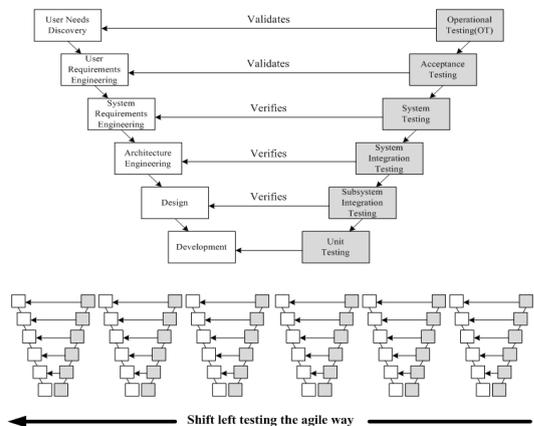


Fig. 2. Shift left testing the agile way[4]

능, 성능, 안전성, 신뢰성 등의 시험을 점진적으로 수행하여 품질을 개선하는 Agile 방식의 Shift Left 시험평가 [4]를 제시함으로써 전통적인 시험평가가 프로세스(Wait for a delivery, Find flaws and break it.)로부터 시험평가를 보다 일찍 그리고 자주 수행하는 새로운 개념으로 전환하는 중이다.

2.2 모델기반 시스템 개발연구 분석

INCOSE(International Council on Systems Engineering) 후원으로 구성된 전문가 그룹인 SSWG(Space Systems Working Group)은 복잡하고 제약조건이 많은 시스템인 소형 위성체 CubeSat 개발 프로젝트에 모델기반의 시스템 개발 방법론 적용을 제안하였다[5]. 또한 CubeSat과 유사한 소형 위성체 개발과 관련하여 여러 프로젝트에 개념설계 단계부터 적용이 가능하도록 CubeSat 참조모델을 개발을 연구함[6-8]으로써 프로젝트 협력 및 재활용성 증대를 기대하고 있다. NASA(National Aeronautics and Space Administration)에서는 화성에 유인 우주선을 보내는 캠페인을 진행하고 있다. 그 중에서 Pathfinder 프로젝트의 전체 시스템 설계에 MBSE (Model-based Systems Engineering)를 적용함으로써 문제발생 시 모델링과 시뮬레이션을 통해 MBSE 환경에서 해결하려고 노력하고 있다[9]. 이러한 MBSE 적용사례는 다수의 프로젝트에 적용할 수 있는 재활용성과 전문가들 간의 협력성 증가에 기여하고 있다.

2.3 국내 유도무기체계 연구개발 프로세스 분석을 통한 문제정의

유도무기체계의 조기 전력화에 따른 연구개발 기간단축의 요구가 증가하고 있으며 일부 사업에서는 탐색개발을 생략하고 체계개발을 수행하고 있다[10]. 특히 성능개량(Performance Improvement Plan, PIP) 사업으로 진행되는 유도무기체계의 경우에는 유도무기의 개발범위의 감소로 개발기간은 더욱 단축되지만 발사 플랫폼의 변화와 연속사격과 같이 비행시험 수행 범위의 확대로 인하여 위험이 더욱 증가되고 있는 상황이다. 따라서 연구개발 마지막 단계에서 수행되는 유도무기 비행시험의 문제를 조기에 식별하고 대처방안을 마련하기 위해서 효율적인 유도무기 비행시험의 설계 및 검증이 필요하게 되었다.

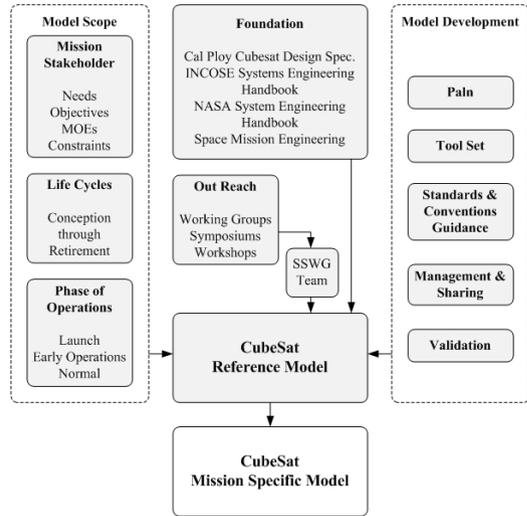


Fig. 3. Development of a CubeSat reference model[6-8]

2.4 연구목표

비행시험 시스템은 유도무기 비행시험 시 비행시험통제소(Mission Control Center, MCC)를 중심으로 탄도추적, 비행현상 계측, 실시간 비행상황 판단 및 비상조치 등의 기능을 수행하는 시스템이다. 기존의 비행시험 시스템은 구성품 전문가가 비행시험 요구사항에 맞는 기능을 직접 설계하는 상향식(bottom-up)의 개발로 인하여 기능이 중복되고 전체 시스템 통합과정에서 일부 핵심기능의 누락되는 경우가 발생되었다. 또한 통합된 방법론 없이 유도무기체계별 비행시험에 개별 적용함으로써 전체적으로 운용 효율성이 떨어지게 되었다. 따라서 다수의 유도무기 비행시험을 수행하기 위한 요구사항에 따라 전체 시스템 관점에서 통합된 하향식(top-down)의 설계 방법론 적용이 필요하며 비행시험 시스템 설계를 체계적으로 수행하고, 직관성, 일관성, 추적성을 확보할 수 있도록 모델기반의 비행시험 시스템 개발을 제안한다.

제안된 비행시험 시스템은 항공우주분야에서 복잡한 시스템을 통합하고 검증하는데 적용하는 참조모델을 기반으로 Fig. 4와 같이 구성하고, 시스템모델링 표준 언어인 SysML으로 구현함으로써 다수의 유도무기 비행시험으로 확장할 수 있다. 또한 Fig. 5와 같이 M&S 분석을 통해 동시다발적인 비행시험 수행 단계에서 발생할 수 있는 문제를 조기에 식별하고 조치함으로써 시험평가 기간의 지연을 방지할 수 있을 것이다.

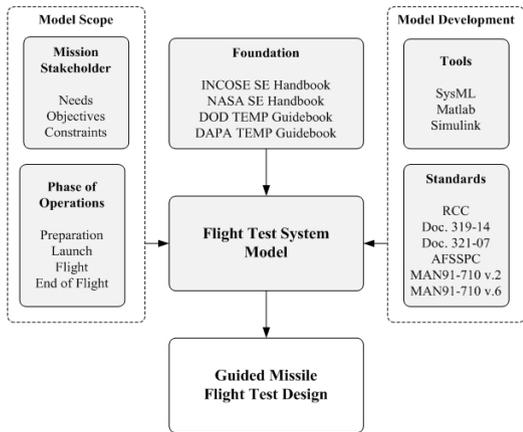


Fig. 4. Proposed model-based flight test system

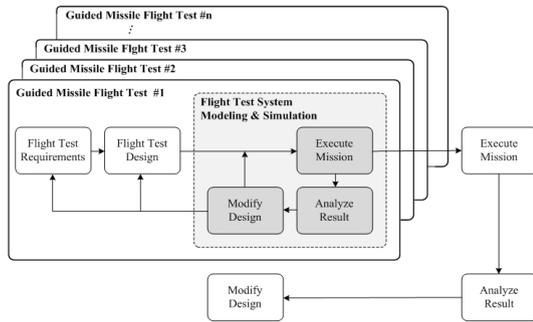


Fig. 5. Proposed model-based guided missile flight test design

3. 모델기반 비행시험 시스템 연구개발

3.1 비행시험 시스템 운용개념 정의

비행시험 시스템은 장거리 비행시험 적용을 위해 Fig. 6과 같이 두 개의 시험구역으로 나누어 운용개념을 정의하였다. Use case diagram(uc)을 통해 시스템 컨텍스트와 이해관계자의 임무 및 관계를 정의하였다. 주요 임무인 비행안전 판단과 LOS(Line Of Sight), SNR(Signal to Noise Ratio), link budget의 계산, 그리고 hand over는 별도의 diagram으로 확장하였다.

3.2 비행시험 시스템 요구사항 정의

비행시험 시스템의 요구사항은 Fig. 7과 같이 requirement diagram(req)을 통해 기능/성능 요구사항과 제약 요구사항으로 정의하였고, 요구사항 간의 관계 및 추적성을 생성하였다.

3.3 비행시험 시스템 기능 및 성능모델 개발

앞에서 정의한 운용개념과 요구사항 분석을 통해 비행시험 시스템이 무엇을 해야 하는 지(기능적 측면) 또 얼마나 잘 수행해야 하는 지(성능적 측면)에 대한 모델을 정의하였으며, 대표적으로 비행안전 판단에 대한 기능모델을 Fig. 8. activity diagram(act), Fig. 9. state

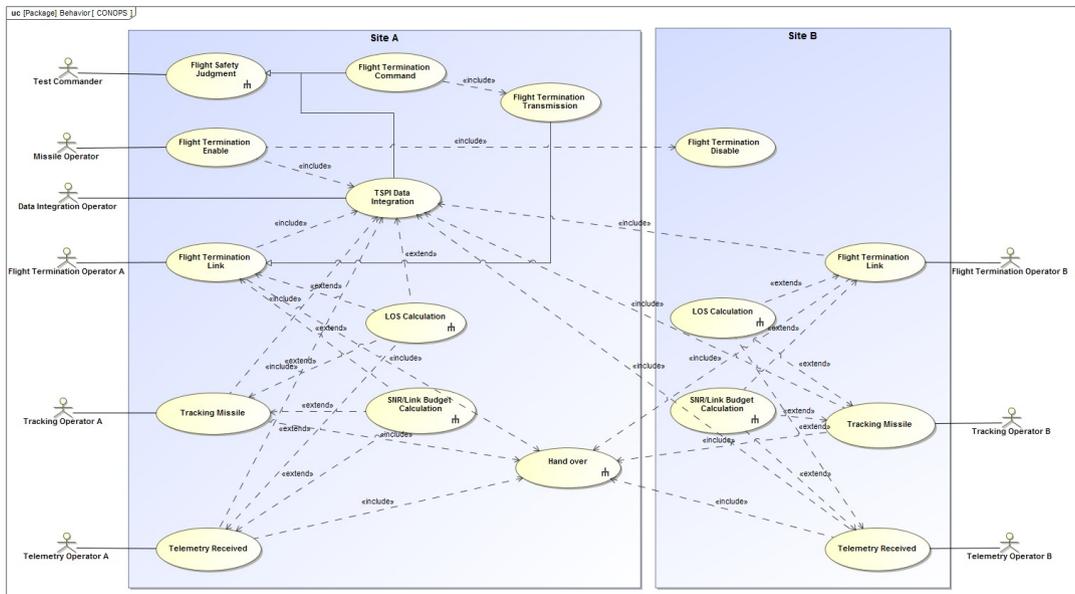


Fig. 6. Flight test system concept of operations

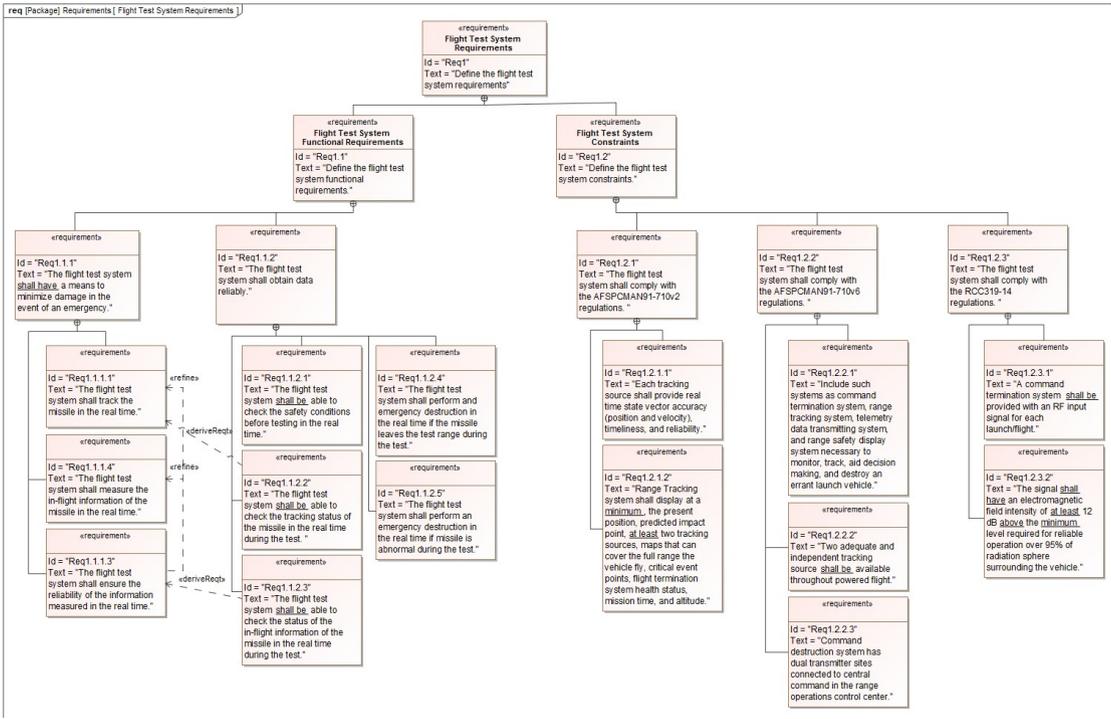


Fig. 7. Flight test system requirements

machine diagram(stm), Fig. 10. sequence diagram(sd) 으로 모델링함으로써 상호 간의 거동을 분석할 수 있도록 개발하였다. 또한 A지역(발사지역), B지역(탄착지역) 시험구역에서 임무를 전환하는 hand over의 거동을 Fig. 11과 같이 정의하고, 성능모델을 parametric diagram(par)을 통해 구현하였으며, LOS, SNR, link budget의 수치를 시뮬레이션할 수 있도록 구현하였다.

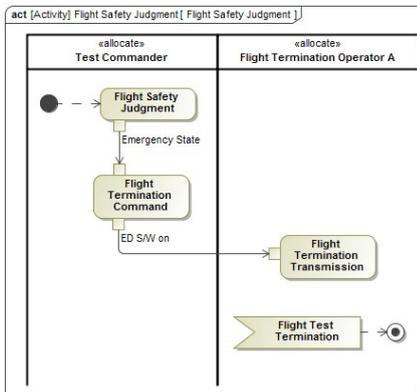


Fig. 8. Flight safety judgment(act)

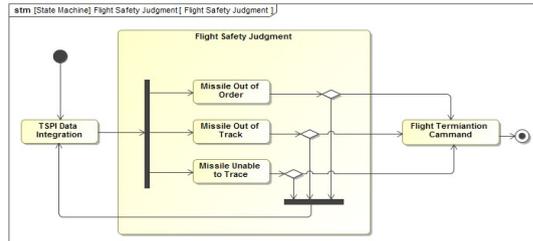


Fig. 9. Flight safety judgment(stm)

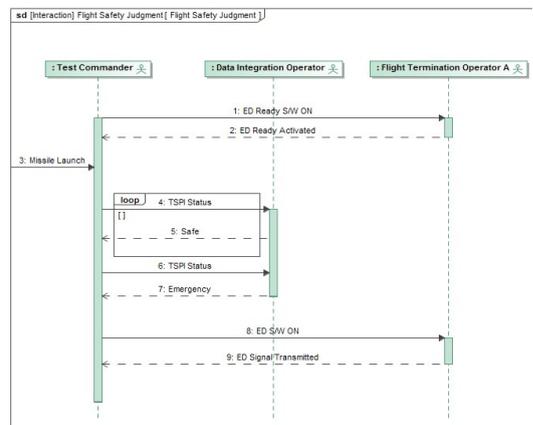


Fig. 10. Flight safety judgment(sd)

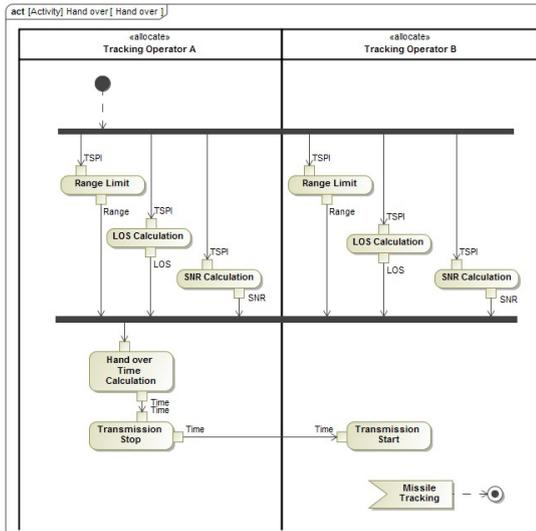


Fig. 11. Hand over(act)

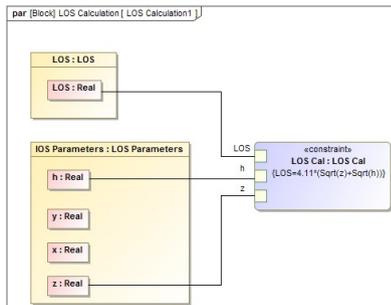


Fig. 12. LOS calculation(par)

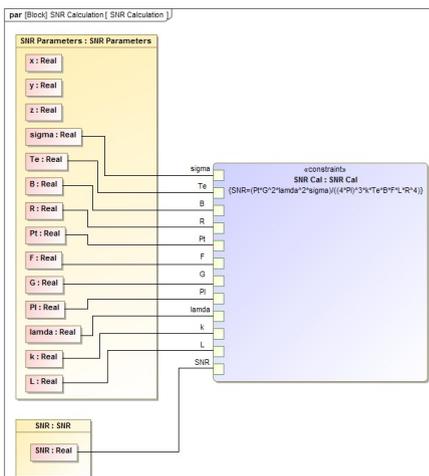


Fig. 13. SNR calculation(par)

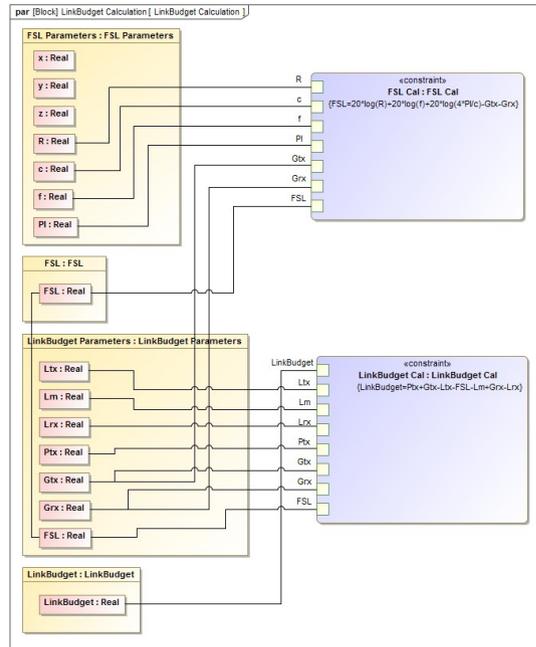


Fig. 14. Link budget calculation(par)

3.4 비행시험 시스템 물리 아키텍처 개발

기능과 성능분석을 통해 비행시험 시스템을 block definition diagram(bdd)으로 Fig. 20과 같이 물리 아키텍처 하였다. 개념적으로는 제약 요구사항에서 제시한 것과 같이 신뢰성을 확보하기 위해서 각 기능을 이중화로 구성해야 되지만, 모든 기능이 이중화된다면 시험자원이 과도하게 투입되는 문제가 발생된다. 따라서 실제 유도무기 비행시험 별 특성에 맞도록 효율적인 재구성 필요하다.

4. 유도무기 비행시험 사례 적용 검증

4.1 비행시험 임무기반 성능모델 검증

비행시험 임무를 통한 성능모델의 검증을 위해서 현재 탐색개발 중인 장거리 지대공 유도무기체계의 표적 유도탄을 대상으로 하였다. 표적 유도탄의 모델은 적군의 장거리 탄도탄으로 가정했으며 향후 발사방법, 발사 장소에 따라 변경될 예정이다. 이러한 비행시험 요구 변화에 대해 능동적으로 대응하기 위해서 유도무기 비행시험 설계 및 검증에 모델기반 비행시험 시스템 적용이 필요하다.

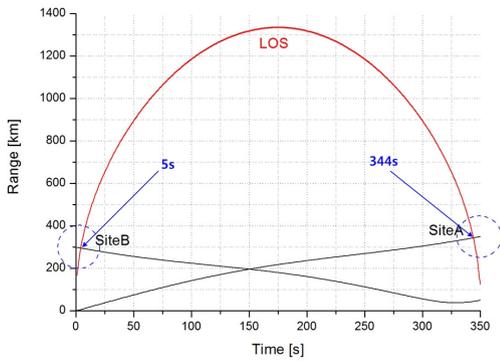


Fig. 15. LOS simulation result

유도무기 비행시험 설계에서 가장 먼저 고려해야 하는 사항은 전 시험구역에서 LOS를 확보하는 것이다. LOS 성능모델을 통한 시뮬레이션 결과는 Fig. 15와 같으며 A지역에서는 344초 구간의 종말 단계(탄착지역)에서, B지역에서는 발사 후 5초까지의 초기 단계(발사지역)에서 LOS가 확보되지 않음을 알 수 있다. 발사 초기 단계에서 중요한 시험자원은 발사장의 안전 확보를 위한 Flight Termination System이며, 종말 단계에서는 탄착 정확도를 측정하기 위한 Telemetry System이다. 그리고 탄도 추적을 위한 Tracking System은 비행시험 전 구역에서 LOS가 확보되어야 한다.

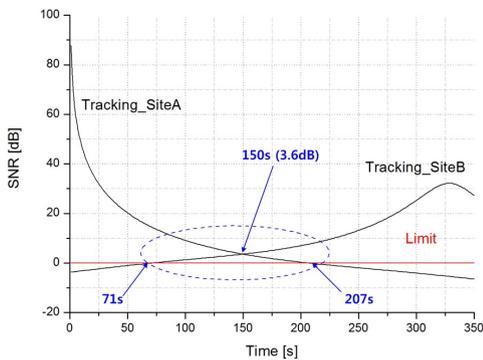


Fig. 16. SNR simulation result of tracking system

두 번째로 고려해야 하는 사항은 SNR과 link budget의 신뢰성을 확보하는 것이다. Fig. 16은 Tracking System의 SNR 시뮬레이션 결과이다. 추적을 할 수 있는 최소의 수준인 0dB 보다 낮은 구간이 발생되므로 반드시 A, B 지역에서 교차 추적인 hand over를 수행해야 한다. hand over는 71초에서 207초 구간에서 수행해야 하

고 최적의 수행 시점은 150초가 됨을 확인할 수 있다. 또한 3.6dB의 낮은 SNR에 대한 계측 신뢰성을 확보하기 위해서 이중화 구성이 필요하다.

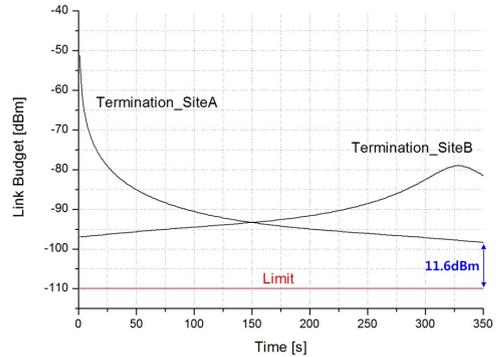


Fig. 17. Link budget simulation result of flight termination system

Fig. 17은 Flight Termination System의 link budget 결과이다. 전 지역에서 기준인 -110dBm 보다 11.6dBm 이상의 여유를 갖고 있다. 따라서 두 지역 보다는 LOS 분석에서 제시된 발사장 지역인 A지역을 중심으로 이중화 하는 것이 유리하다.

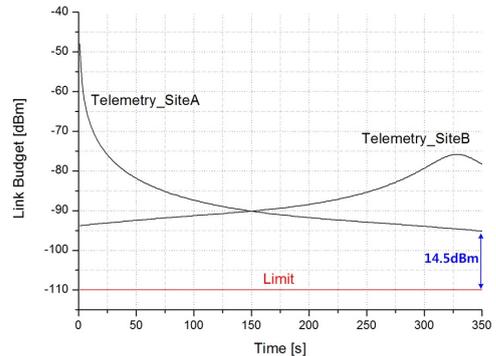


Fig. 18. Link budget simulation result of telemetry system

Fig. 18은 Telemetry System의 link budget 결과이다. Flight Termination System 보다 상대적으로 높은 14.5dBm의 link budget을 갖고 있으며, LOS 분석에서 제시된 탄착지역 정확도 향상을 위해 B지역을 중심으로 배치하되, A지역의 시험자원도 LOS가 확보되는 범위까지 양호한 결과를 얻을 수 있으므로 A, B 지역 각각에 하나의 시스템을 배치해도 이중화 효과를 얻을 수 있다.

4.2 비행시험 임무기반 거동모델 검증을 통한 비행시험 시스템의 재구성

비행시험 시스템의 성능모델 시뮬레이션은 Fig. 19와 같이 거동 시뮬레이션 분석과 연동함으로써 유도무기 비행시험 설계에 대한 검증을 수행하게 된다. 최종적으로는 유도무기 비행시험의 요구에 최적화된 비행시험 시스템을 구성하여 시험에 적용해야 한다. Fig. 20은 제안한

모델기반 비행시험 시스템의 기본 물리 아키텍처이며, Fig. 21은 비행시험 임무기반의 시뮬레이션 분석을 통해 재구성한 비행시험 시스템의 물리 아키텍처이다. 결과적으로 요구된 임무를 만족시키는 최적의 배치로 비행시험을 수행함으로써 시험자원의 과도한 투입을 방지할 수 있다.

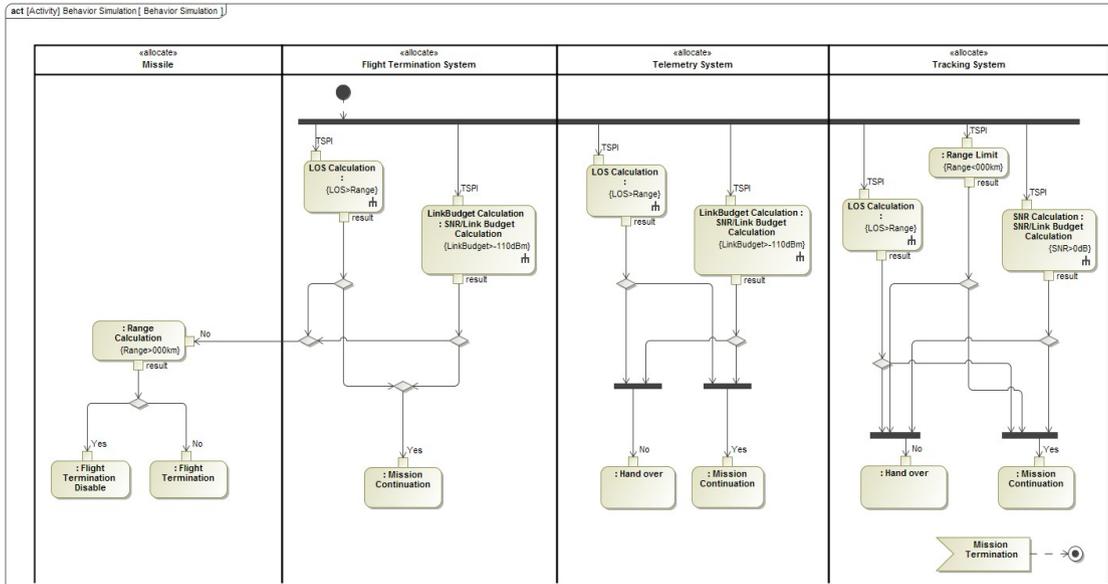


Fig. 19. Behavior simulation result of guided missile flight test

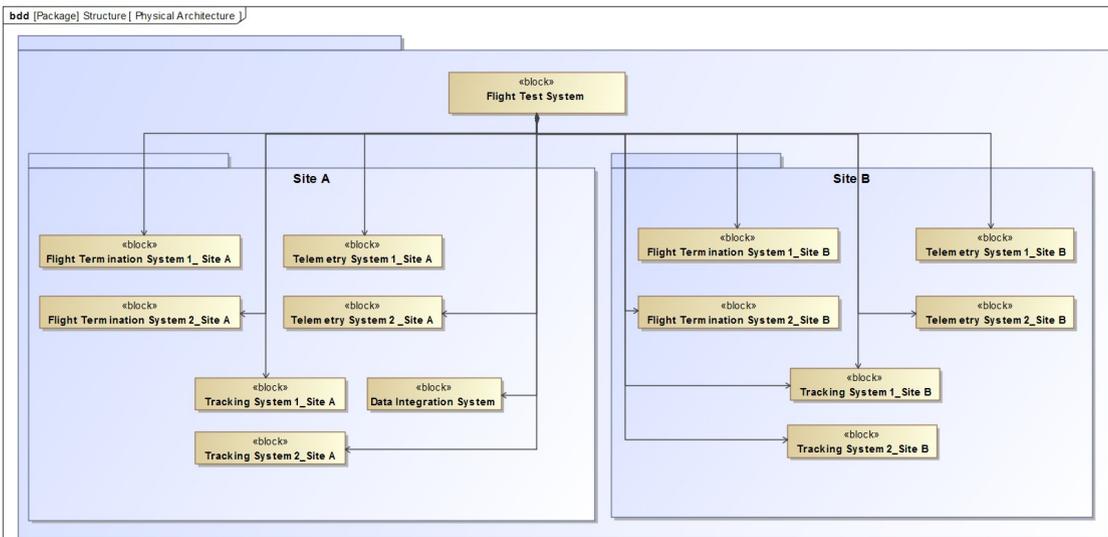


Fig. 20. Preliminary physical architecture of flight test system

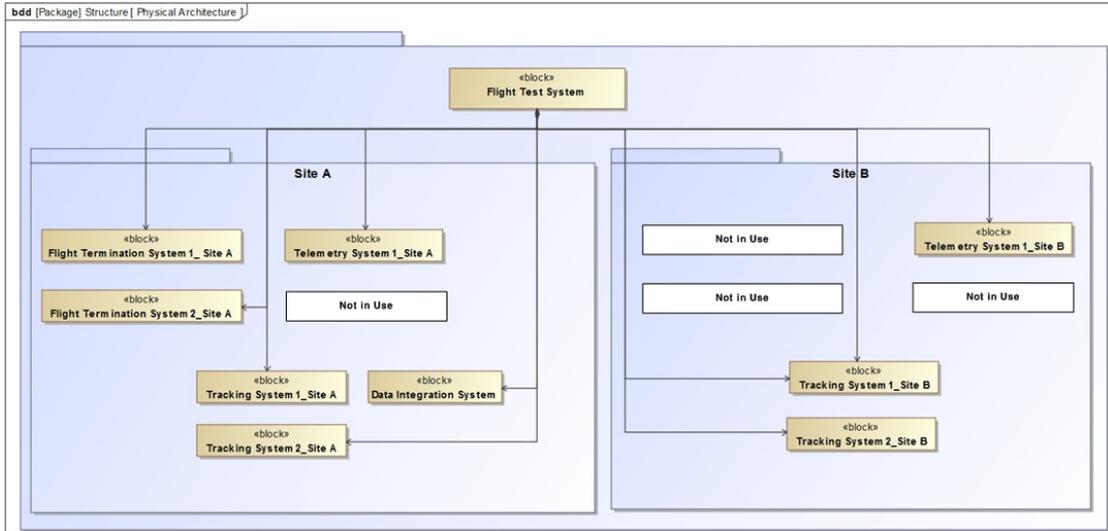


Fig. 21. Reconfigured physical architecture of flight test system after simulation analysis

5. 결론

유도무기체계가 첨단화, 전략화됨에 따라 비행시험 시 발생하는 위험은 증가하고 있으며 협소한 국내리 여건 하에서 시험안전 확보를 위한 대책 마련이 시급한 실정이다.

비행시험 시스템은 비행상태를 실시간으로 감시하고 비상상황 발생 시 안전조치를 수행하는 핵심 기능을 포함하고 있으며, 복잡화, 광역화되고 있는 비행시험 환경의 변화로 시험안전 확보를 위한 역할이 더욱 증대되고 있는 상황이다. 또한 국내외 정세 변화와 진시작전권 전환 등으로 인하여 다수의 유도무기체계 개발이 동시에 진행되고 있으나, 연구개발과 시험평가 기간단축을 통한 조기 전략화와 예산절감 요구는 오히려 증가하고 있는 추세이다.

이러한 환경 속에서 동시다발적으로 개발되는 유도무기체계에 적용할 수 있고, 비행시험 단계에서 발생하는 문제를 연구개발 초기에 식별함으로써 대처방안을 마련할 수 있도록 모델기반 비행시험 시스템을 개발하였으며, 유도무기 비행시험 사례 적용을 통해 검증하였다. 개발된 비행시험 시스템은 선진 시험평가기관에서 연구하고 있는 Agile 방식의 Shift Left 시험평가 개념을 적용하였으며, 유도무기체계와 동시에 설계를 진행하고, 비행시험 요구사항에 대한 상호간의 문제를 조기에 식별함으로써 연구개발 마지막 단계에서 수행하는 비행시험 시

발생될 위험을 완화하게 되었다. 또한 항공우주분야에서 적용하는 참조모델을 기반으로 비행시험 운용상황과 규범을 테일러링해서 적용하고, 시스템 모델링 표준 언어인 SysML로 구현한 모델기반의 비행시험 시스템을 개발함으로써 향후 개발 예정인 다수의 유도무기 비행시험 설계에도 지속적으로 활용이 가능하게 되었다.

References

- [1] J. Strain, A. Modi, "Empowering T&E with agile," *ITEA Journal*, vol. 37, pp. 23-27, Mar. 2016.
- [2] J. Park, C.H. Seo, "International flow and development strategies for the test and evaluation of the weapons system," *Defense and Technology*, pp. 90-101, Feb. 2013.
- [3] S.B. Jung, J.J. Kim, K.K. Yoo, "A study on the development of the test and evaluation according to the restriction of the test asset in the weapons system," *Defense and Technology*, pp. 134-149, Oct. 2015.
- [4] S. Miller, R.V. Binder, "Shift left testing the agile way," *ITEA Journal*, vol. 38, pp. 48-54, Mar. 2017.
- [5] S.C. Spangelo, D. Kaslow, C. Delp, B. Cole, L. Anderson, E. Fosse, B.S. Gilbert, L. Hartman, T. Kahn, and J. Cutler, "Applying model based systems engineering (MBSE) to a standard cubesat," in *Proc. IEEE Aerospace Conference*, MT, Mar. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1109/AERO.2012.6187339>
- [6] D. Kaslow, L. Anderson, S. Asundi, B. Ayres, C. Iwata, B. Shiotani, and R. Thompson, "Developing a cubesat model-based system engineering (MBSE) reference model

- interim status," in *Proc. IEEE Aerospace conference*, MT, 2015.

DOI: <https://doi.org/10.1109/AERO.2015.7118965>

- [7] D. Kaslow, B. Ayres, M.J. Chonoles, S.D. Gasster, L. Hart, C. Massa, R. Yntema, and B. Shiotani, "Developing a cubesat model-based system engineering (MBSE) reference model - interim status #2," in *Proc. IEEE Aerospace conference*, MT, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1109/AERO.2016.7500592>
- [8] D. Kaslow, B. Ayres, P. Cahill, L. Hart, and R. Yntema, "Developing a cubesat model-based system engineering (MBSE) reference model - interim status #3," in *Proc. IEEE Aerospace Conference*, MT, Mar. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1109/AERO.2017.7943691>
- [9] N. Phojanamongkolkij, K.A. Lee, S.T. Miller, K.A. Vorndran, K.R. Vaden, E.P. Ross, B.C. Powell, and R.W. Moses, "Modeling to Mars NASA model based systems engineering pathfinder effort," in *Proc. AIAA Space and Astronautics Forum and Exposition*, Orlando, FL, Sep. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.2514/6.2017-5235>
- [10] Technical guide for test and evaluation of weapons System, DAPA, Dec. 2013.

이 재 천(Jae-Chon Lee)

[정회원]



- 1977년 2월 : 서울대학교 공과 대학 전자공학과 (공학사)
- 1979년 2월 / 1983년 8월 : KAIST 통신시스템 (석/박사)
- 1984년 9월 ~ 1985년 9월 : 미국 MIT Post Doc. 연구원
- 1985년 10월 ~ 1986년 10월 : 미국 Univ. of California 방문연구원
- 1990년 2월 ~ 1991년 2월 : 캐나다 Univ. of Victoria (Victoria, BC) 방문교수
- 2002년 3월 ~ 2003년 2월 : 미국 Stanford Univ. 방문교수
- 1994년 9월 ~ 현재 : 아주대학교 시스템공학과 정교수

<관심분야>

시스템공학 (SE), Model-Based SE (MBSE), System Safety, System T&E, Modeling & Simulation

박 응(Woong Park)

[정회원]



- 2016년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 시스템공학과 (박사 과정)
- 2001년 1월 ~ 현재 : 국방과학연구소 책임연구원

<관심분야>

유도무기 시험평가, 시스템 공학 (SE), Model-Based SE (MBSE)