

공대지 폭탄용 유도키트 설계

Design of a Guidance Kit for Air-to-Surface Bomb

이 대 열* 이 인 원* 조 재 호* 김 용 빈*
 Dae-Yeol Lee In-Won Lee Jae-Ho Joe Yong-Bin Kim

주 현 준* 정 나 현* 박 준 성*
 Hyun-Jun Ju Na-Hyeon Jung Jun-Sung Park

ABSTRACT

A guidance kit transforming a general purpose bomb into an air-to-surface gliding bomb was developed. This guidance kit consists of a flight kit and a tail kit. Flight kit contains deployable wing, GPS/INS integrated navigation system, guidance and control system. Also this guidance kit was designed to use neither electrical nor mechanical interface with aircraft, and to increase dramatically the survivabilities of pilot and aircraft with the high accuracy and the mid-range non-powered gliding capability.

Keywords : Guidance Kit(유도키트), Flight Kit(비행보조키트), Tail Kit(꼬리날개키트), Deployable Wing(전개식 날개), Integrated Navigation System(통합항법장치), Guidance and Control System(유도조종장치), Survivability(생존성)

1. 서론

첨단 과학기술의 발전에 의해 전쟁의 양상이 변화됨에 따라 무기체계의 개발도 살상을 최소화하면서 최대의 효과를 얻을 수 있는 방향으로 변화되고 있으며, 적으로부터 가능한 먼 거리에서 사용할 수 있는 무기를 개발하여 아군의 생명 및 중요한 자산을 지키려는 노력이 계속 되고 있다.

이에 따라 세계적으로 GPS와 저가의 INS를 이용하

여 일반목적폭탄을 정밀하게 유도할 수 있는 기술들이 개발되고 있으며, 일반목적폭탄에 부착할 수 있고 낮은 단가로 생산 가능한 정밀 유도키트 수요가 점차 증가하는 추세이다^[1,2].

이러한 흐름에 맞추어 국내에서도 일반목적폭탄에 부착하여 전천후, 야간공격작전, 사거리 증대 및 정밀 공격을 가능하게 하는 공대지 유도키트를 개발하였다.

이 유도키트는 항공기와의 전기적, 기계적 인터페이스 없이 운용할 수 있으며, GPS/INS 통합항법장치 및 유도조종장치에 의한 높은 정확도 구현과 무동력 활공을 가능하게 함으로써 조종사 및 항공기의 생존성을 획기적으로 향상시킬 수 있는 성능을 갖도록 설계되었다^[3].

† 2013년 7월 13일 접수~2013년 10월 18일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 정나현(nahyeon@add.re.kr)

2. 본 론

가. 유도키트 개요

1) 유도키트 구성

유도키트가 일반목적폭탄에 부착되어 있는 활공탄의 형상을 Fig. 1에 나타내었다. 유도키트는 비행보조키트와 꼬리날개키트로 구성되어 있으며, 비행보조키트에는 전개식 날개를 비롯한 통합항법장치, 유도조종장치, 전원공급장치 등이 포함되어 있다.

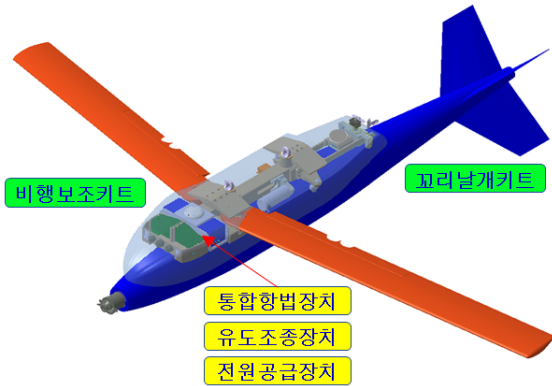


Fig. 1. Gliding bomb

이 활공탄을 우리 공군이 운용하고 있는 모든 전투기에 장착할 수 있도록 하기 위하여 기본적인 14인치 러그(Lug)를 비행보조키트 뒷부분에 반영하였으며, 원래의 일반목적폭탄이 갖고 있는 러그 위치와 동일하도록 비행보조키트의 내부 구성품 위치 및 크기들을 조정하여 무게중심이 러그 사이에 있도록 설계하였다.

2) 활공탄의 운용 개념

출격 명령은 받은 조종사는 임무수행 관련 자료를 임무계획장비에 입력한다. 임무계획장비의 임무계획 소프트웨어는 조종사가 필요로 하는 임무자료들을 산출하여 컴퓨터 화면에 제공하고, 조종사는 이 임무자료들을 명령통신장치로 다운 받는다.

조종석에 오른 조종사는 명령통신장치의 무선통신기능을 이용하여 임무자료를 활공탄의 유도키트로 전송한다. 조종사는 이륙하여 임무지역에 도착하면 활공탄을 투하하고 즉시 기지로 복귀하며, 활공탄은 통합항법장치와 유도조종장치에 의하여 임무자료에 주어진 비행경로를 따라 공격목표를 향해 자율비행을 한다.

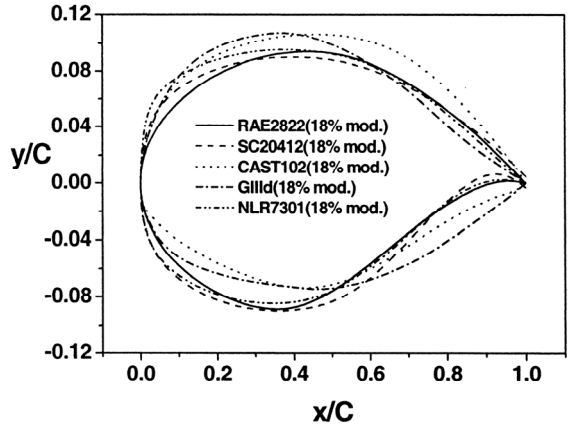
이와 같은 활공탄의 운용개념에 따라 조종사는 예

상되는 적의 대공포와 지대공 미사일에 의한 대공위협범위 밖에서 활공탄을 투하하고 귀환함으로써 조종사와 전투기의 생존성을 보장받을 수 있다.

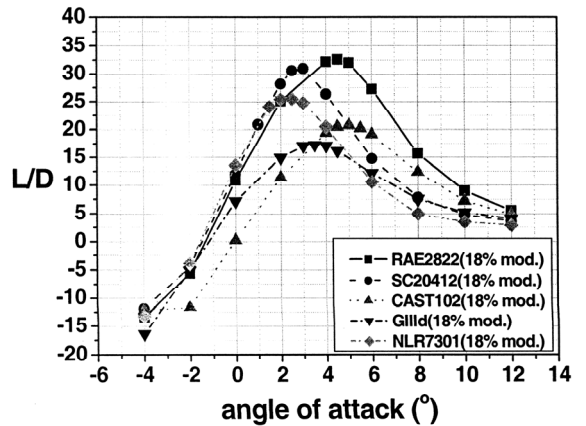
나. 비행보조키트

1) 전개식 주날개

활공탄의 비행영역이 고속 영역까지 포함하기 때문에 날개의 에어포일은 천음속 에어포일 형상을 기본으로 하였다. 그리고 활공탄은 동력이 없는 상태로 공격목표물까지 비행해야 하므로 활공탄의 날개는 최대 활공거리를 얻기 위하여 양항비가 우수해야 한다. 이에 따라 Fig. 2의 (a)에 보이는 바와 같이 천음속 에어포일 RAE2822, SC20412, GIII d, NLR7301, CAST102를 대상 후보로 선정하였다. 또한 활공탄이 투하된 후 플



(a) Shapes of airfoil candidates



(b) Lift to drag ratio of airfoil candidates

Fig. 2. Airfoil review for the deployable wing

래퍼론을 구동시키는 모터가 날개 안에 조립돼야 하므로, 에어포일의 최대 두께를 18% 두께로 수정한 후 Fig. 2의 (b)와 같이 양항비를 비롯한 여러 가지의 공력특성을 비교분석하여 운용개념에 가장 적합한 에어포일을 최종 선정하였다.

활공탄이 투하된 직후 가능한 한 빨리 비행자세를 안정시키기 위하여 날개의 전개를 2단계로 구분하였다. 항공기로부터 활공탄이 투하되면, 장전선에 의한 날개의 구속이 풀리고 압축스프링의 팽창에 의하여 최단시간 내에 1단 전개가 진행된다. 고속비행 상태에서 투하된 활공탄은 동체축을 중심으로 회전운동, 즉 롤운동이 플래퍼론으로 제어되어 안정된 비행자세를 확보할 수 있게 된다. 이어서 날개 전개용 DC 서보모터를 작동시켜 상대적으로 적은 속도로 2단 전개가 진행되면서 롤제어와 함께 피치제어도 하게 된다. 날개 전개가 설계된 각도까지 이루어지면 고정핀과 제한스위치의 작동에 의해 날개가 고정됨으로써 전개가 완료된다. 기본적인 날개전개장치의 형상을 Fig. 3에 나타내었다.

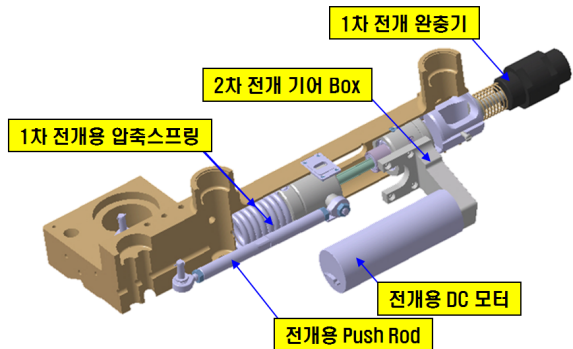


Fig. 3. Wing deploying mechanism

2) 통합항법장치

유도키트의 GPS/INS 통합항법장치는 Fig. 4와 같이 GPS안테나 및 GPS수신보드, 관성측정장치 그리고 통합항법보드로 구성되며, 탄의 자율비행을 위한 위치, 속도, 자세 등의 항법정보를 유도조종장치에 제공한다.

통합항법보드는 디지털 컴퓨터 시스템으로서 GPS 수신보드와 관성측정장치로부터 각각 GPS 위성정보, 관성정보를 수신하여 통합항법을 가능하게 하는 장치이다. GPS 수신 상태에 따라 활공탄은 강결합 통합항법모드, 약결합 통합항법모드 또는 단독 관성항법모드로 자동 전환되도록 설계되어 있다.

일반적으로 GPS 신호 세기는 약하기 때문에 재밍(Jamming)에 취약하다. 따라서 GPS/INS 통합항법시 INS 속도정보를 GPS 신호 추적에 활용하여 재밍 대응 성능을 향상시킬 수 있는 속도보정 알고리즘이 개발되어 활공탄의 통합항법에 적용되었다⁴⁾. 또한 실제 전장상황에서 만약 적에 의해 GPS 장치가 재밍을 받게 되면 통합항법보드는 INS 장치에만 의존하는 단독 관성항법모드로 전환된다. 이러한 상황이 발생하게 되면 당연히 비행경로의 오차가 유발될 가능성이 높아진다. 그러나 적의 재머(Jammer) 작동시간이 길어질수록 그 위치가 노출되는 시간도 길어지며, 아군은 적 재머의 위치를 파악하자마자 별도의 공격에 의해 재머를 파괴시킬 것이다. 따라서 적이 재머 작동을 유지할 수 있는 시간은 그리 길지 않을 것으로 예상된다.

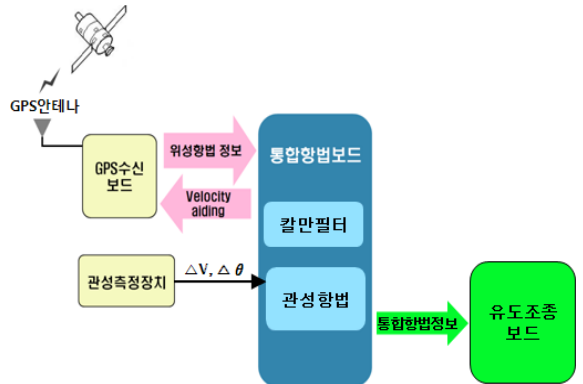


Fig. 4. Schematic of integrated navigation system

3) 유도조종장치

유도조종장치는 활공탄이 투하되자마자 자세안정화가 이루어지는 초기유도, 비행 중 최적 활공속도를 유지하는 중기유도, 그리고 활공탄이 공격목표를 정확히 타격하도록 하는 종말유도를 가능하게 하는 장치이다.

Fig. 5는 유도조종장치가 다른 시스템과 통신(RS-232/422)을 하면서 제어기능을 수행하는 통신 흐름도이다. 활공탄이 투하되기 전에는 유도조종보드가 명령통신장치로부터 받은 GPS 위성정보와 유도키트의 관성측정장치의 항법정보를 통합항법보드로 제공하며, 투하된 후에는 역으로 통합항법보드가 GPS/INS 통합항법정보를 유도조종보드로 제공한다. 또한 유도조종보드는 비행 상황에 적합한 구동명령을 구동제어보드로 전달하여 각종 구동장치들을 원활하게 작동시키며, 구

동제어보드는 구동장치들의 구동상태를 유도조종보드로 응답한다. 한편 정비사가 유도키트의 상태를 점검할 때에는 점검장비가 유도조종보드로 점검명령을 보내어 유도키트로 하여금 자체 점검(BIT : Built in Test)을 수행하도록 하며, 점검이 완료되면 그 결과를 유도조종보드를 통하여 점검장비로 전달하게 된다.

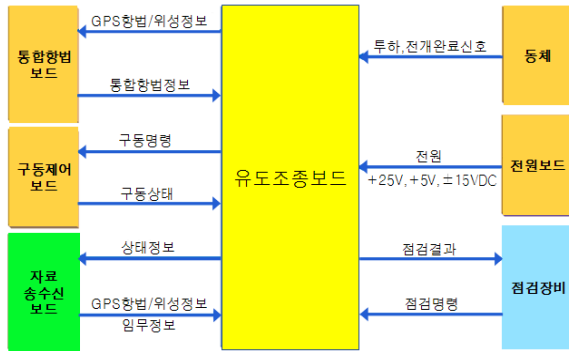


Fig. 5. Schematic of guidance and control board

자체 추진력이 없는 활공탄의 특성상 비행속도를 증가시켜야 할 때에는 고도를 하강시켜 위치에너지를 속도에너지로 변화시키도록 하였으며, 속도를 측정할 수 있는 장치 대신에 바람을 추정할 수 있는 알고리즘을 개발하여 적용하였다. 바람추정알고리즘^[5]에 따라 활공탄은 최대 활공비의 속도를 기준으로 비행 중 실속에 진입하지 않고 고도별 최적 활공속도를 따라 자율비행할 수 있게 설계되었다.

4) 전원공급장치

전원공급장치는 유도키트의 소요전원을 공급하기 위한 장치로서 리튬폴리머 2차전지를 사용하였다. 이 전원공급장치는 활공탄에 있어서 유일한 전원 공급원이기 때문에 활공탄이 착탄할 때까지 모든 장치에 필요로 하는 전력을 일정하게 공급할 수 있어야 한다. 진지 특성상 온도에 의한 영향을 많이 받는데, 활공탄이 비행하는 고도가 높으므로 대기온도가 매우 낮은 환경에서 전원공급장치의 성능에 문제가 없어야 한다. 이를 해결하기 위해 Fig. 6에 보여진 바와 같이 리튬폴리머 2차전지를 단열상자에 넣고 진동 및 충격에 견딜 수 있도록 제작하였다.

단열상자의 효과를 검증하기 위해 전원공급장치를 환경챔버에 넣고 저온성능시험을 수행하였다. 환경챔버 내부의 온도가 영하 50도일 때 전원공급장치 내부

의 온도는 영하 6.5도로 유지되었으며, 출력전압이 최저 한계치로 떨어질 때까지의 시간을 측정한 결과 설계요구시간보다 3배 이상 긴 시간을 기록하였다.

또한 이 전원공급장치에는 회로차단기를 이용한 전원스위치 및 상태 표시등이 있으며, 점검자는 상태 표시등을 통하여 충전 상태를 확인할 수 있도록 하였다.



Fig. 6. Electric power supply

다. 임무계획장비

임무계획장비는 조종사가 부여받은 임무를 수행하기 위하여 이륙부터 시작하여 활공탄을 투하하고 기지로 돌아올 때까지의 세부적인 비행계획을 수립하는데 사용되는 컴퓨터 장비로서 내장된 소프트웨어, 디스플레이 모듈, 운용/유지 모듈, 통신장치 모듈로 구성되어 있다.

임무계획 소프트웨어는 비행에 필요한 사전 정보 즉 표적위치, 비행경로점 좌표, 투하속도 및 고도, 비행방향, 바람의 방향 및 크기 등을 입력받아, 이를 기반으로 임무계획을 산출하여 조종사에게 제공한다. 디스플레이 모듈은 임무계획 과정에서 기초 자료인 전자지도와 기타 필요한 정보를 화면에 제공하며, 운용/유지 모듈은 산출된 임무계획의 브리핑을 위한 인쇄기능과 빠른 임무자료 산출을 위한 저장, 열기 및 변경기능을 수행한다. 그리고 통신장치 모듈은 산출된 임무계획자료를 조종사의 명령통신장치로 전송하는 기능을 수행한다.

Fig. 7에 임무계획장비의 인터페이스 구성을 나타내었다. 조종사는 임무지역까지의 이동경로뿐만 아니라 공격목표물을 효과적으로 파괴하기 위한 활공탄의 경로점을 설정하고 최적의 궤적을 도출한 후 이를 수행하기 위한 활공탄 투하가능영역을 산출한다. 이렇게

만들어진 최종 임무계획자료를 휴대형 명령통신장치에 옮겨 담아 전투기가 있는 곳으로 이동한다.

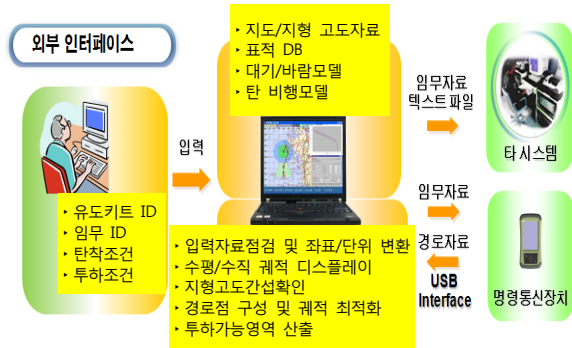


Fig. 7. Interface of mission planning device

라. 명령통신장치

명령통신장치는 조종사 휴대장치로서 Fig. 8과 같이 조종사와 유도키트를 무선통신으로 연결하여 주는 장치이다.

조종사의 편의성을 고려한 그래픽 사용자 인터페이스(GUI : Graphic User Interface)로 설계되어 비행 중 비행보조키트의 비행제어장치에 내장된 자료송수신보드와 실시간으로 연동하면서 임무전달, 임무확인, 표적변경, 투하제원 및 비행정보 시현, 그리고 비행보조키트 상태의 정상 또는 비정상 확인 등 무선 데이터 송수신 기능을 수행한다.

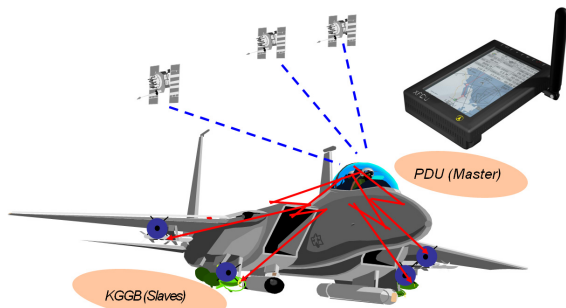


Fig. 8. Operation concept of pilot display unit

이러한 기능을 위해 명령통신장치는 LCD와 터치스크린 등으로 구성된 상부조립체, CPU, GPS 수신모듈, RF 모듈 등을 포함하는 하부조립체, 내부케이블, 그리고 전원공급장치 등으로 구성되어 있다.

명령통신장치는 조종사가 휴대하는 무선통신장치이

므로 MIL-STD-810과 RTCA/DO-160에 의한 환경시험을 통하여 모든 요구조건을 충족시킴을 확인하였다. 또한 MIL-STD-464A에 의하여 우리 공군에서 운용하고 있는 전투기 기종별 지상 정상절차 조건에서 Intra-system EMC/RFC 시험을 하였다. 유도키트와 명령통신장치를 동시에 운용하는 이 시험을 통하여 의도하지 않은 전자기 상호작용이 발생하지 않음을 확인하였으며, 사용하고자 하는 무선 주파수가 다른 장비의 사용 주파수와 간섭을 일으키지 않음으로써 사용 적합 판정을 받았다.

3. 결론

일반목적폭탄을 항공기의 기계적, 전기적 개조없이 공대지 활공탄으로 활용할 수 있도록 해주는 유도키트를 국내 최초로 개발하였다. 이 유도키트는 비행보조키트와 꼬리날개키트로 구성되어 있으며, 비행보조키트에는 전개식 주날개를 비롯하여 유도조종장치, GPS/INS 통합항법장치, 전원공급장치 등이 포함되어 있다. 조종사는 임무계획장비를 사용하여 필요한 임무자료를 산출하고 명령통신장치로 다운받은 후 무선통신기능을 이용하여 임무자료를 유도키트로 전송한다.

이와 같이 유도키트는 항공기와의 전기적·기계적 인터페이스 없이 운용할 수 있으므로, 14인치 러그(Lug)를 사용하는 모든 무장분리장치(Bomb Rack)에 장착할 수 있다. 즉 표준 무장분리장치가 장착된 모든 기종의 항공기에 적용될 수 있는 것이다.

이 유도키트를 우리 공군이 다량 보유하고 있는 일반목적폭탄에 부착하여 사용하면 노후화된 항공기도 전천후, 야간공격작전 및 정밀폭격임무를 할 수 있게 된다. 정확도가 매우 낮은 일반목적폭탄을 정확도가 매우 높은 정밀유도폭탄으로 탈바꿈시키는 것이다. 뿐만 아니라 우수한 무동력 활공성능에 의하여 우리 공군 조종사 및 항공기의 생존성을 획기적으로 향상시킬 수 있게 된다.

References

[1] 이호근, 이대열, “공대공 GPS 유도폭탄 개발 및 기술현황”, 국방과학연구소 연구보고서, MADC-501-020819, 2002.

- [2] Polites M., Lin C. F., and Wise K., "Recent Events in Guided, Navigation and Control in Weapons and Missile", AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit, pp. 14~17, Denver CO., U.S.A. 2000.
- [3] 이기두, 이인원, 백승욱, "공대지 폭탄용 유도키트 개발", 한국항공우주학회 2012년도 추계학술대회 논문집, pp. 415~420, 2012.
- [4] 신동호, 박덕배, 권승복, 손석보, "속도보정기법의 재밍대응 성능 검증을 위한 실험실 및 지상시험 방안", 한국항공우주학회 2008년도 추계학술대회 논문집, pp. 570~573, 2008.
- [5] 이은용, 홍진성, 이광현, "바람추정필터를 적용한 GPS 유도비행체의 제어법칙 설계", 한국항공우주학회 2010년도 추계학술대회 논문집, pp. 662~665, 2010.