

단거리 대공방어유도탄체계와 이기종 함정 전투체계간 최적의 연동 설계 기법

박 현 우*,1)

1) 국방과학연구소 제1기술연구본부

Optimal Interface Design between Short-Range Air Defense Missile System and Dissimilar Combat Systems

Hyeon-Woo Park*,1)

1) The 1st Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea

(Received 21 August 2013 / Revised 26 March 2015 / Accepted 17 April 2015)

ABSTRACT

The warship is run based on the combat system which shares tactical information collected by target detection systems and navigation devices across a network, and conducts the command and control of weapons from target detection to kill assessment. The short-range air defense missile system defends a warship from anti-ship missiles, aircraft, helicopter and other threats in order to contribute to the survival of a warship and the success of missions. The short-range air defense missile system is applied to a various combat systems. In this paper, we have proposed the interface design between the short-range air defense missile and dissimilar combat systems. To employ the short-range air defense missile at dissimilar combat systems, each system is driven by independent processor, and the tasks which are performed by each system are assigned. The information created by them is exchanged through the interface, and the flow of messages is designed.

Key Words : Dissimilar Combat Systems(이기종 함정 전투체계), Short-Range Air Defense Missile System(단거리 대공 방어유도탄체계), Interface(연동), Flow of Messages(메시지 흐름)

1. 서론

함정 전투체계는 함정에 탑재된 모든 탐지체계 및 항해지원 장비를 네트워크로 묶어 통합된 하나의 전술

상황 정보를 만들어 공유하고, 표적의 탐지, 추적으로부터 위협분석, 무장 할당, 교전 및 명중 여부 평가분석에 이르기까지 지휘 및 무장통제를 자동화함으로써 전투효과를 극대화시키기 위한 통합 시스템이다¹⁻³⁾. 대공방어유도탄체계는 자함의 대공자체방어를 수행하고 임무의 성공적인 이행과 자함의 생존 능력에 기여하는 시스템이다. 최근 함정은 전투체계 기반으로 운용되고

* Corresponding author, E-mail: 158369@add.re.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

있으며, 전투체계와 대공방어유도탄체계간의 최적의 연동 설계는 장사정화, 초음속화, 스텔스화 등 고성능화 되어가는 대함유도탄, 전투기 등의 대공 위협으로부터 대공 방어 능력을 극대화할 수 있다^[4-9].

현재 군에서 운용중인 단거리 대공방어유도탄체계는 Raytheon사의 RAM(Rolling Airframe Missile)으로 유도탄이 발사된 이후 망각 방식(Fire-Forget Method)이며, 회전하는 경사형 발사대로 운용되고 있다^[10]. 이와 다르게 본 논문에서 연동 설계하는 단거리 대공방어유도탄체계는 자함의 스텔스 성능을 극대화하기 위해 함정에 탑재되는 수직발사대이며, 수직발사대는 제한된 방위를 방어할 수 있는 경사형 발사대와 달리 자함의 전방위를 방어할 수 있다. 극기동하는 표적에 대응하기 위해 망각 방식이 아닌 발사된 유도탄에 표적 정보를 지속적으로 송신하고 예기치 못한 궤적으로 유도탄이 비행할 경우 아군 보호 목적으로 유도탄을 폭파할 수 있는 업링크 기능을 보유하고 있다.

합정은 임무에 따라 탑재되는 장비가 상이하며, 이에 따라 탑재된 장비를 네트워크로 묶어 지휘 및 무장통제의 자동화를 수행하는 전투체계도 다양하다^[11,12]. 단거리 대공방어유도탄체계는 다양한 함정에 탑재되어 운용되며, 이기종 전투체계를 고려하여 연동 설계를 수행하여야 한다. 본 연구에서는 국내 최초로 업링크 기능을 보유한 수직발사형 단거리 대공방어유도탄체계를 이기종 합정 전투체계에 적용 가능하도록 연동 설계를 수행하였으며, 새로운 S-L-S 교전 절차와 S-S 교전절차를 적용하여 최적의 연동 설계를 구현하였다.

2. 체계 구성

합정에는 탐지레이더, 추적레이더, 전자광학추적기, 적외선 탐지 및 추적장비, 전자전 장비 등 탐지체계, 함정관성항법장치, 위성항법장치, 기온기압계, 풍향풍속계 등의 함기준센서, 위성 ISDL(Inter-Site Data Link), Link-11 등의 전술통신체계, 함포, 대함/대공/대잠 유도 무기체계 등의 무장체계가 탑재되어 있다. 합정 전투체계는 탐지체계, 함기준센서, 무장체계, 전술통신체계, 데이터버스, 운용자 콘솔, C2(Command and Control) 및 WCS(Weapon Control System)/FCS(Fire Control System) 소프트웨어로 구성된다. 컴퓨터 네트워킹 시스템을 통해 탐지체계, 함기준센서, 전술통신체계, 무장체계와 연동하여 탐지-통제-교전 기능을 수행한다. 탐지 기능

은 자함의 탐지센서로부터 표적 정보 수신, 항해자료 수집, 위성항법장치 위치자료 수신, 자함 운동자료 및 환경자료 수집 말한다. 통제 기능은 자함 센서가 탐지한 표적자료의 실시간 처리하고 전시하며, Link-11 표적자료 송수신, 전술화면편집, 위협평가 및 무장 할당, 항해 및 전술기동 지원, 주요장비의 상태감시 및 통제, 자함 및 환경자료 관리, 대공/대함/전자전 동시수행 및 상층해소, 유도탄 발사권고 등을 말한다. 교전은 함포 및 대함/대공/대잠 유도탄 발사 기능들을 수행한다.

Fig. 1은 단거리 대공방어유도탄체계 구성도를 나타낸다. 단거리 대공방어유도탄체계는 적의 대공 위협으로부터 자함을 보호하며, 전투체계와 연동하여 교전계획을 수립하고 발사대와 지령송신기를 통제하는 발사 통제장치와 자함의 스텔스화와 전방위로 발사가 가능한 수직발사대, 표적 정보와 폭파 신호를 비행중인 유도탄에 송신하는 지령송신기, 적의 대공 위협을 격추시키는 유도탄으로 구성되어 있다.



Fig. 1. Short-Range air defense missile system configuration

합정은 임무에 따라 탑재되는 장비 및 체계는 다르며, 그에 따라 운용되는 전투체계도 상이하다. Fig. 2는 군에서 운용하게 될 검독수리급 전투체계와 울산-I급 전투체계를 보여준다. 검독수리급 전투체계는 차기 고속정 등에 탑재될 예정이며, 울산-I급 전투체계는 차기 고속정보다 배 규모가 크고 탑재 장비 및 체계가 많은 차기호위함에 탑재될 예정이다. 단거리 대공방어 유도탄체계는 검독수리급 전투체계와 울산-I급 전투 체계에 탑재되어 운용된다.



Fig. 2. Dissimilar combat systems configuration diagram

3. 연동 구성도 및 메시지 정의

단거리 대공방어유도탄체계를 이기종 함정 전투체계에서 운용하기 위해, 단거리 대공방어유도탄체계는 독립적인 프로세서를 보유하여 필요한 작업을 수행하고, 전투체계와 연동을 통해 정보를 교환하도록 설계하였다. 각 체계에서 수행해야 할 업무를 정의하였으며, Fig. 3은 전투체계와 대공방어유도탄체계 연동 구성도를 보여준다. 전투체계는 대공방어유도탄체계에 상태 정보, 표적정보, 자함정보, 시간정보, 발사승인, 교전종료 등을 보내며, 대공방어유도탄체계는 전투체계로 상태정보, 교전상태, 발사상태, 교전종료 완료 등의 정보를 송신한다.

전투체계와 대공방어유도탄체계간의 통신을 통해 교환하는 메시지는 Table 1에서 정리하였다. 고성능화 되어가는 대공 위협으로부터 자함의 효과적인 방어와 단거리 대공방어유도탄체계와 이기종 함정 전투체계간의 연동을 고려하여 설계하였다.

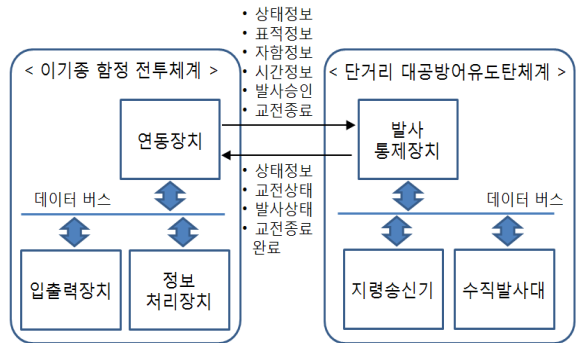


Fig. 3. Interface diagram between combat systems and air defense missile system

4. 메시지 흐름 설계

4.1 연동 개시/종료

전투체계와 대공방어유도탄체계에 전원이 인가되고 무장을 통제하는 전투체계에서 연동을 개시를 수행한다. 연동 개시 메시지를 수신 받은 대공방어유도탄체계는 연동 개시 준비가 됐음을 연동 확인 메시지를 통해 전투체계에 보고한다. 이후 동일한 시간에 체계들을 운용하기 위해 시간동기를 수행한다. 각 체계는 정확히 같은 시간으로 흐르지 않기 때문에 시간이 흐를수록 오차가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 시간 동기는 주기적으로 수행한다. 시간 동기 다음으로 각 체계의 상태 정보를 공유한다. 상태 정보는 Heartbeat로 각 체계가 제대로 동작 있음을 서로 주기적으로 전송한다. 끝으로 교전종료를 통해 교전의 초기화를 수행한다. Fig. 4와 같은 위의 일련을 과정을 통해 전투체계와 대공방어유도탄체계는 연동한다.

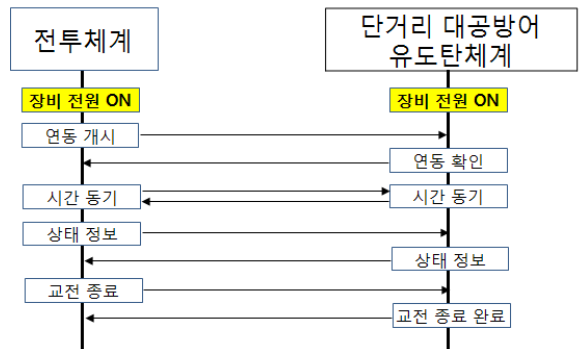


Fig. 4. Message flow diagram for connect

Table 1. Message of combat systems and air defense missile system

| 체계 종류 | 메시지 종류 | 메시지 기능 |
|-----------------|----------|---|
| 이기종 합정 전투 체계 | 연동 개시 | - 물리적 연결 후 논리적 연결을 수행하기 위한 메시지 |
| | 시간 동기 | - 체계간 시간을 일치시키기 위한 메시지 |
| | 상태 정보 | - 전투체계 상태 정보를 대공방어유도탄체계에 공유 |
| | 교전 지시 | - 교전채널이 할당되어 교전을 준비하는 메시지 - S-S(Shoot-Shoot) 설정 |
| | 발사 승인 | - 표적과 교전을 결심하여 유도탄에 전원을 인가하기 시작하는 메시지 |
| | 명중 | - 표적이 격추되어 교전채널이 해제되는 메시지 |
| | 유도탄 폭파 | - 아군을 보호하기 위해 비행 중인 유도탄을 폭파하는 메시지 |
| | 교전 종료 | - 교전이 종료되었음을 알려주는 메시지 |
| 단거리 대공방어 유도탄 체계 | 연동 확인 | - 논리적 연결이 되었음을 보고하는 메시지 |
| | 시간 동기 | - 체계간 시간을 일치시키기 위한 메시지 |
| | 상태 정보 | - 대공방어유도탄 상태 정보를 전투체계에 공유 |
| | 교전 상태 보고 | - 교전가능성 계산하여 보고 - 유도탄 선택하여 보고 |
| | 발사 초기화 | - 유도탄을 발사하기 위해 수행하는 일련의 과정을 보고 |
| | 발사상태 보고 | - 유도탄이 정상적으로 발사되었음을 보고 |
| | 비상폭파 완료 | - 유도탄 폭파 명령을 수행하였음을 알려주는 메시지 |
| | 임무 종료 | - 발사된 유도탄이 예상요격 지점을 지나거나 업링크를 통해 폭파되어 임무가 종료되었음을 보고하는 메시지 |
| | 교전 종료 완료 | - 교전 종료가 완료되었음을 알려주는 메시지 |

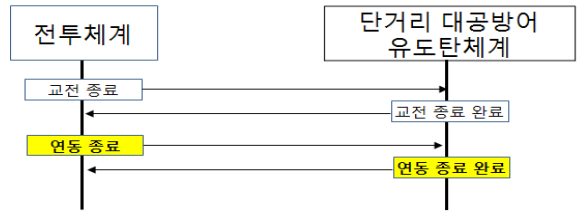


Fig. 5. Message flow diagram for disconnect

연동 종료도 연동 개시와 마찬가지로 무장을 통제하는 전투체계에서 수행한다. 전투체계에서 연동 종료 메시지를 대공방어유도탄체계로 전송하면, 대공방어유도탄체계는 연동 종료 완료 메시지를 전송한 후 연동을 종료한다. 교전 중에는 연동 종료 메시지 전송이 불가하며, 전송 시에서 처리하지 않는다.

4.2 교전 수행

합정은 공간이 한정되어있기 때문에 탑재할 수 있는 유도탄 수가 제한적이다. 자함을 보호하면서 장시간 동안 작전을 수행하기 위해서는 탑재된 대공방어유도탄을 효과적으로 운용하여 적의 위협에 대응하여야 한다. 한발 교전 이후 명중평가를 수행하고 명중 또는 명중실패에 따라 교전을 종료하거나 재교전을 수행하는 S-L-S(Shoot-Look-Shoot)의 메시지 흐름을 설계하였다. 또한 적의 대공 위협 중 대함유도탄은 해면 밀착 비행을 통해 탐색레이더, 전자 광학 추적기 등의 합정 센서의 탐지를 피해 자함에 근거리까지 접근한다. 고속 표적이 자함의 근거리까지 접근할 경우 S-L-S(Shoot-Look-Shoot) 교리를 적용하기에는 위험 부담이 있으며, 이때 S-S(Shoot-Shoot)를 수행할 수 있도록 메시지 흐름을 설계하였다. 운용자는 상황대로 따라 S-L-S(Shoot-Look-Shoot)와 S-S(Shoot-Shoot)를 선택적으로 운용할 수 있다.

4.2.1 S-L-S(Shoot-Look-Shoot) 교전 절차

4.2.1.1 일반적인 S-L-S 교전 절차

표적이 탐색레이더, 적외선 탐지 및 추적 장비 등의 합정 센서에 탐지되면 전투체계는 위협평가를 수행한다. 이후 전투체계 운용자가 대공방어유도탄체계로 교전 채널을 할당한다. 교전 채널이 할당되면 주기적으로 표적 정보가 대공방어유도탄체계로 전송된다. 표적 정보를 수신하게 되고 교전계획을 계산한 후 교전상태를 전투체계로 보고한다. 교전 상태를 보고 받은 후 전투체계 운용자는 발사승인을 하게 되고 대공방어유

도탄체계는 발사초기화를 수행한다. 발사초기화 이후 유도탄이 발사되고 발사가 정상으로 수행되었음을 전투체계로 보고한다. 유도탄이 발사된 이후 발사 플랫폼에서 유도탄을 제어할 수 없는 망각(Fire-Forget) 방식은 유도탄이 발사된 이후 교전 채널을 해제하지만 중기유도의 정확도 향상과 아군을 보호하기 위해 표적 정보와 유도탄 폭파 명령을 비행중인 유도탄에 송신하여 발사 플랫폼에서 제어할 수 있는 방식은 유도탄이 표적과 조우할 때까지 교전 채널을 유지하여야 한다. 대공방어유도탄체계는 업링크 기능을 보유하여 발사 플랫폼에서 제어할 수 있는 방식이다. 따라서, 전투체계는 유도탄이 발사된 이후에도 교전 채널을 유지하여 표적 정보를 주기적으로 대공방어유도탄체계로 전송한다. 대공방어유도탄체계는 수신 받은 표적 정보를 유도탄으로 업링크를 수행한다. 대공방어유도탄체계는 임무 종료 메시지를 통해 발사된 유도탄이 예상요격지점까지 도달하였거나 업링크를 통해 유도탄 폭파됐을 때 유도탄의 임무가 정상적으로 종료되었음을 전투체계로 알려준다. 임무 종료 메시지를 수신 받은 전투체계는 교전 종료를 수행하게 되고 교전 채널이 해제된다. 명중평가 후 표적의 격추 여부에 따라 교전채널을 재 할당하여 교전을 수행하거나 교전을 종료한다^{6,7)}.

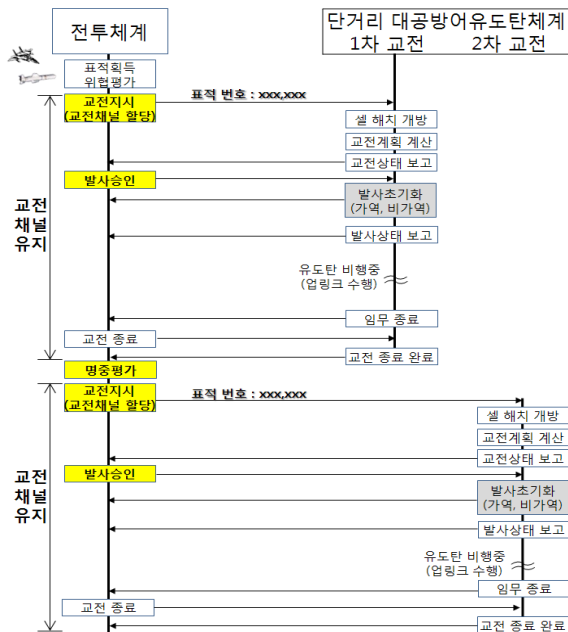


Fig. 6. Message flow of typical S-L-S engagement procedure

탐지체계가 단거리에서 표적을 감지하고 고속으로 자함으로 접근하는 표적일 경우, Fig. 5와 같이 명중평가가 이후 교전채널을 동일 표적에 재 할당하고 교전 절차를 수행하면 재 발사까지 시간이 많이 걸려 자함의 위험성이 높아진다. 따라서, 본 논문에서는 S-L-S (Shoot-Look-Shoot)의 위험성을 최소화하여 적의 위협으로부터 효과적으로 대응하기 위해 1차 교전 중 자함으로 2차 교전을 준비하여 명중평가 이후 재교전 시 유도탄 발사까지의 시간을 단축할 수 있도록 설계하였으며, 이를 구현하기 위해 재교전 플래그 개념을 적용하였다.

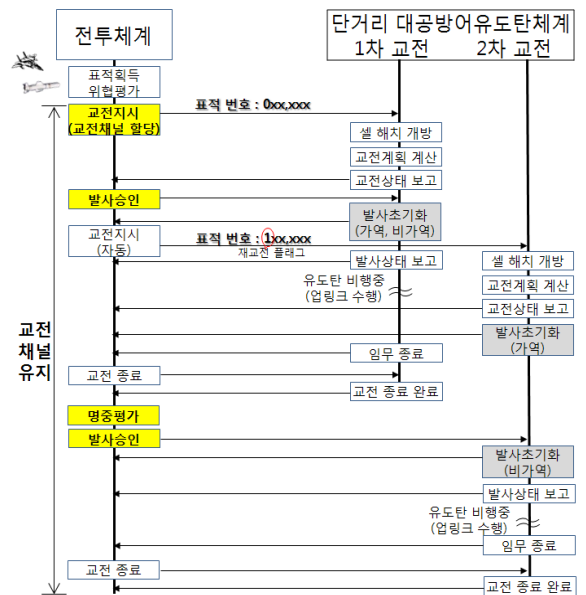


Fig. 7. Flag for re-engagement applied to S-L-S engagement procedure

재교전 플래그를 적용한 전투체계와 단거리 대공방어유도탄체계간의 교전 절차의 메시지 흐름은 Fig. 7과 같다.

발사초기화는 유도탄 전원인가, 유도탄 BIT(Built In Test), 유도탄 열전지 점화, 탄구속 장치 해제 등 유도탄을 발사하기 위한 준비절차이다. 발사초기화는 가역 단계와 비가역단계로 구별할 수 있으며, 가역단계는 유도탄의 소모품을 동작시키지 않는 단계를 반복적으로 수행이 가능하다. 비가역단계는 유도탄의 소모품을 작동시켜 반복적인 수행이 불가능한 단계이다.

Fig. 7과 같이 대공방어유도탄체계 발사초기화 이후

전투체계는 재교전 플래그를 삽입한 표적 번호를 이용하여 2차 교전을 위한 교전지시를 자동으로 대공방어 유도탄체계로 전송한다. 재교전 플래그를 표적 번호에 삽입함으로써 전투체계와 대공방어유도탄체계는 1차 표적과 동일한 표적으로 인식할 수 있고 반복 수행이 가능한 발사초기화의 가역단계까지 2차 교전을 준비하게 된다. 1차 교전과 2차 교전은 동일 표적에 대해 수행하므로 하나의 교전 채널을 할당받아 수행한다. 1차 교전 및 2차 교전에 대해 교전 종료 시 교전 채널이 해제된다.

Fig. 6와 같이 재교전 플래그가 작용되지 않는 일반적인 교전 절차에서는 명중평가 이후 재 교전하기 위해서는 동일 표적에 교전채널을 재 할당하고 교전 계획 계산, 교전상태 보고, 발사승인, 발사초기화의 일련의 과정 후 유도탄이 재 발사된다. 하지만 재교전 플래그를 적용한 표적 번호로 2차 교전을 준비하였을 경우 명중평가 이후 교전을 결심하면 발사승인 후 발사초기화의 비가역 단계만 수행하고 유도탄이 발사된다. 재교전 플래그를 적용함으로써 재교전 발사시간이 단축되어 S-L-S(Shoot-Look-Shoot)의 재교전 위험성이 감소되었다.

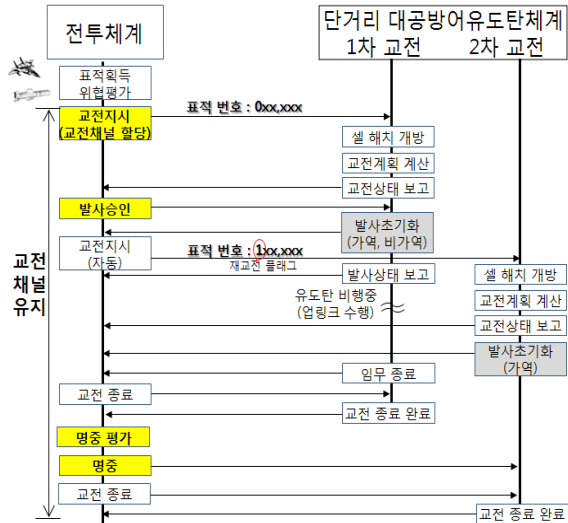


Fig. 8. Engagement procedure of flag for re-engagement when hit

동일 표적에 다른 두 개의 표적번호가 입력되므로 명중과 유도탄 폭파 수행 시 교전 절차가 일반적인 교전과 다르다. 명중 시 교전 절차는 Fig. 8과 같다. 재교

전 플래그를 적용할 경우 2차 교전이 준비되어 있는 상태이기 때문에 명중과 비상 폭파수행 시 2차 교전을 종료해야 한다. 명중 시 교전 절차는 Fig. 8과 같다. 1차 교전 종료 후 대공방어유도탄이 표적을 격추하였는지 운용자가 판단 후 명중 시 명중 명령을 수행하게 된다.

유도탄 폭파를 수행할 경우, 대공방어유도탄체계는 업링크를 통해 유도탄을 폭파한 후 전투체계로 보고한다. 이후 임무가 종료되었음을 알리고 교전이 종료된다. 준비중인 2차 교전에도 교전 종료를 수행한다. 1차와 2차 교전이 종료되어 교전 채널이 해제된다.

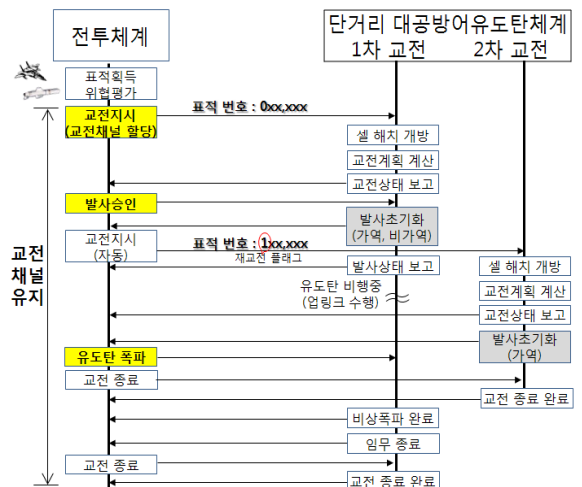


Fig. 9. Engagement procedure of flag for re-engagement when emergency destruction

4.2.2 S-S(Shoot-Shoot) 교전 절차

S-S(Shoot-Shoot)를 위한 전투체계와 단거리 대공방어유도탄체계간의 메시지 흐름은 Fig. 10과 같다. 전투체계에서 교전지시 때 표적 정보와 함께 S-S(Shoot-Shoot) 발사명령을 단거리 대공방어유도탄체계에 송신하면 단거리 대공방어유도탄체계는 두 발을 준비하게 된다. 이후 발사승인 명령이 전투체계에서 내려지면 단거리 대공방어유도탄체계는 유도탄간 간섭을 고려하여 Fig. 10에서 나타난 바와 같이 Δ 만큼 간격을 두고 연속으로 유도탄을 발사한다. 그리고 유도탄 각각의 발사초기화 및 발사상태를 전투체계로 보고한다. 임무종료는 두 번째 유도탄을 기준으로 하여 연속 발사의 임무가 성공적으로 종료되었음을 전투체계로 알린다.

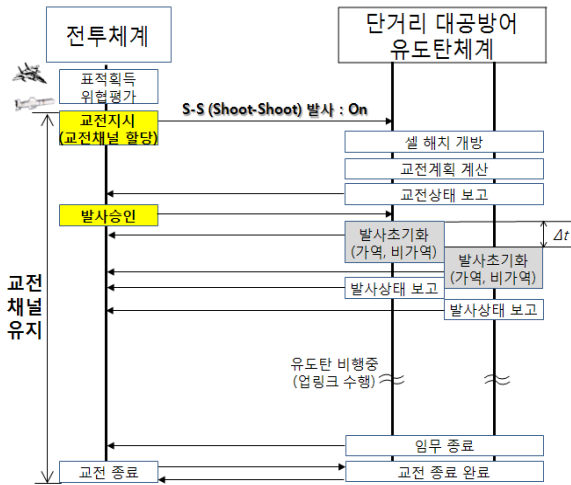


Fig. 10. S-S(Shoot-Shoot) engagement procedure

5. 결 론

단거리 대공방어유도탄체계는 현재 군에서 운용되는 다양한 함정 전투체계에서 운용되어야 한다. 따라서, 본 논문에서는 이기종 함정 전투체계와 단거리 대공방어유도탄체계의 연동 설계안을 제시하였다. 이기종 함정 전투체계와 단거리 대공방어유도탄체계를 운용하기 위해서, 각 체계는 독립적인 프로세서를 보유하여 필요한 작업을 수행하고 연동을 통해 정보를 교환하도록 설계하였다. 그리고 각 체계의 송신 정보를 정의하였다. 정의된 정보를 통해 연동 개시, 연동 종료, 교전 절차의 메시지 흐름을 설계하였다. 효과적인 교전을 위해 교전 절차에 기존에 다르게 표적 번호에 재교전 플래그를 적용하였으며, 재교전 플래그를 통해 재교전 결심부터 유도탄 발사까지 시간을 단축하였고 S-L-S (Shoot-Look-Shoot) 교리의 위험을 낮췄다. 그리고 자함의 근접한 대공위협에 대응할 수 있도록 S-S(Shoot-Shoot) 교전 절차를 설계하여 명중률을 향상시켰다. 본 논문은 최적의 연동 설계로 자함의 방어력을 극대화했으며, 다양한 함정에 탑재되는 무기체계개발에 크게 기여할 것으로 판단된다.

References

- [1] 고순주, 박도현, “함정전투체계의 해외 기술동향 및 국내 발전추세에 대한 고찰,” 한국방위산업학회, 제16권 제2호, pp. 237-258, 2009.
- [2] 이준호, 김시성, 류준하, “검독수리-A급 전투체계 잠정운용시험평가 결과보고서,” 국방과학연구소, 2008.
- [3] Robert Macfadzan, “Surface-Based Air Defense System Analysis,” Artech House, 1992.
- [4] “대함유도무기 개발동향 보고서,” 국방기술품질원, 2010.
- [5] 유태규, 김성래, “항공무기체계 발전방향 : 전투기 체계,” 국방과학기술 제322호, pp. 49-63, 2005. 12.
- [6] 이영우, “해상발사유도무기 개발 동향 및 발전 추세(1),” 국방과학기술조사서, 2011. 3.
- [7] 이영우, “해상발사유도무기 개발 동향 및 발전 추세(2),” 국방과학기술조사서, 2011. 4.
- [8] H. W. Park, Y. K. Kim, H. G. Jeong, J. W. Song, J. M. Kim, “Feed-Through Capacitance Reduction for a Micro-Resonator with Push-Pull Configuration based on Electrical Characteristic Analysis of Resonator with Direct Drive,” Sensors and Actuators A : Physical, Volume 170, Issues 1-2, pp. 131-138, November 2001.
- [9] J. M. Kim, H. W. Park, H. G. Jeong, Y. K. Kim, “Effects of a Bottom Electrode on Feed-Through Capacitance and Electrical Transmission of an MEMS Resonator,” Microelectronic Engineering, Available online 31 May 2012.
- [10] 김재익, 한용기, 황수진, “RAM GMWS 연동 기능 분석,” 국방과학연구소, 2003.
- [11] Linden. F. J., Schmide. K., Rommes. E., “Software Product Lines in Action,” Springer, 2007.
- [12] Naval Surface Warfare Center Dahlgren Division, “Open Architecture(OA) Computing Environment Technologies and Standard Version 1.0,” 23 August 2004.