

전투기 레이더의 시계 외 중거리 공대공 유도탄 데이터링크 연동방안 연구

A study on the datalink Interface between fighter jet RADAR and BVR AA guided missile

김 용 민
국방과학연구소

Yong-min Kim
Agency for Defense Development, Daejeon 34060, Korea

[요 약]

전투기는 적의 공대공 위협에 대응하기 위해 탐색기(seeker)가 탑재된 유도탄을 운용한다. 단거리 유도탄(SRM; short range missile)은 주로 IR 탐색기를 탑재하고 시계 거리 밖의 표적에 대응하는 중거리 유도탄(MRM; medium range missile)은 대개 RF 탐색기를 장착한다. 중거리 유도탄은 발사되더라도 탐색기의 탐지범위에 도달할 때까지 탐색기가 작동하지 않으며 항공기에 탑재된 레이더로 중거리 유도탄을 일정 거리만큼 유도해야 한다. 이런 유도 방식을 MDL (missile data link)이라 하며, 유도탄의 통신 방식에 따라 단방향 방식과 양방향 방식이 있다. 본 논문에서는 이 두 가지 통신 방식에 따른 MDL과 이를 위한 레이더, 임무컴퓨터 및 유도탄 간의 연동에 대해 논하고자 한다.

[Abstract]

Fighter jets employ guided missiles equipped with seekers to counter enemy air threats. Short range guided missiles(SRM) usually carry infrared(IR) seekers and are used to engage targets within visual range. On the other hand, medium range guided missiles(MRM) often utilize radio frequency(RF) seekers to engage targets beyond visual range. Medium range guided missiles do not activate their seekers until they reach the detection range of the seeker, and the aircraft's radar guides them for a certain distance. This guidance method is called Missile Data Link(MDL), and it can be implemented in either one-way or two-way communication modes, depending on the missile's communication system. In this paper, we discuss MDL based on these two communication modes, along with the integration of RADAR, mission computers, and guided missiles.

Key word : AESA (active electronically scanned array) RADAR, BVR (beyond visual range), MDL (missile data link), MRM (medium range missile), RF(radio frequency) Seeker.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2023.27.4.453>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 26 July 2023; Revised 10 August 2023
Accepted (Publication) 24 August 2023 (30 August 2023)

*Corresponding Author : Yong-min Kim

Tel: *** - **** - ****

E-mail: kimyongmin@add.re.kr

I. 서론

2020년 3월 1일 터키 공군의 F-16 전투기가 시리아 공군의 Su-24 전투기를, 3월 3일에는 L-39 전투기를 AIM-120C-7 AMRAAM(advanced midium range air to air missile) 중거리 공대공 유도탄으로 격추 시키는 등 최신에 공대공 유도탄으로 전장의 공중 우세를 확보하였다[1], [2].

이와 같이 전투기는 적의 공대공 위협에 대응하기 위해 IR, RF 탐색기가 탑재되어 표적으로의 자체 유도(active homing)가 가능한 공대공 유도탄을 운용하고 있다.

단거리 유도탄(SRM)은 주로 조종사의 시계거리 내의(27km 이내 거리) 교전 상황에서 사용하고 대부분의 유도탄이 IR 탐색기를 탑재한다. 시계거리 밖(BVR; beyond visual range)의 표적에 대응하는 중거리 유도탄은 대부분의 경우 RF 탐색기를 장착한다.

중거리 유도탄의 경우 20NM 이상의 거리에 있는 표적을 탐지하여 추적해야 한다. 하지만 유도탄에 탑재할 수 있는 탐색기의 크기, 무게에 대한 제약으로 표적을 탐지, 추적하는 성능에 한계가 존재한다. 이를 극복하여 표적에 유도탄을 명중시키기 위해 유도탄 탐색기의 추적 성능을 보장할 수 있는 지점까지의 유도를 전투기에 탑재된 레이더를 통해 수행하고 있다. 이런 유도 방식을 MDL(missile data link)이라 하며 유도탄의 통신방식에 따라 단방향(1-way) 방식과 양방향(2-way) 방식이 있다.

II. 본론

2-1 단방향(1-way) MDL 연동절차 분석

단방향 MDL을 수행하는 시계의 공대공 유도탄은 AIM-120 AMRAAM이 대표적이며 AIM-120의 형상과 제원은 그림 1과 같다 [3].

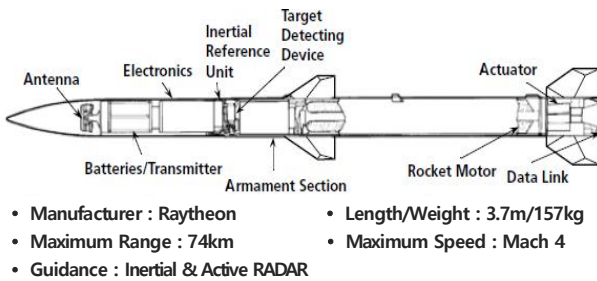


그림 1. AIM-120 AMRAAM 중거리 공대공 유도탄
Fig. 1. AIM-120 AMRAAM BVR Air to Air Missile

AIM-120 공대공 유도탄의 최대 사거리는 약 40NM 이나, 표적을 탐지하고 추적하기 위해 유도탄 자체의 탐색기를 작동 시키는 시점은 발사 후 약 20NM 이후이다[3]. 유도탄 탐색기를 작동시키기 이전에는 AIM-120을 표적 요격지점(intercept

point)으로 유도하기 위한 중간 유도(midcourse guidance)를 위해 자항공기의 레이더가 표적 정보(위치, 속도, 정보의 정확도)를 RF 신호로 AIM-120에 제공(uplink)하는 단방향 MDL을 수행하게 된다.(그림 2)

이와 같은 단방향 MDL을 수행하기 위해 기존의 전투기는 크게 발사 전(prelaunch)과 발사 후(postlaunch) 단계로 구분하여 임무컴퓨터, 레이더, 유도탄 간의 연동을 수행한다.

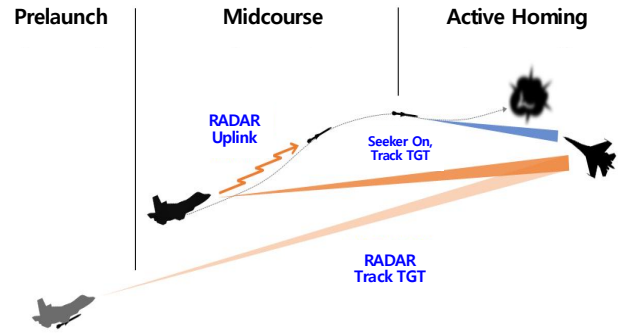


그림 2. 단방향 MDL 유도 절차
Fig. 2. 1-way MDL Homing Time line

발사 전(prelaunch) 단계에서 레이더는 표적 추적을 통해 획득한 표적의 위치(bearing, range), 속도(velocity vector), 추적 정확도 등의 표적 정보를 임무컴퓨터에 제공한다[4].

임무컴퓨터는 조종사가 선택한 유도탄의 정상 발사 가능여부 판단을 위해 유도탄의 상태를 확인하고, 여러 발이 발사되어 동시에 다수의 유도탄과의 MDL 수행이 필요할 경우를 위해 유도탄 별 ID 및 MDL 주파수를 결정한다. 또한 레이더의 MDL 수행 준비 및 시작 시기 판단과 유도탄의 표적으로의 항법의 기준이 되는 자항공기 최종 이탈 시기/지점을 연산하여 MIL-STD-1553 MUX BUS를 통해 레이더와 유도탄에 제공한다.(그림 3)

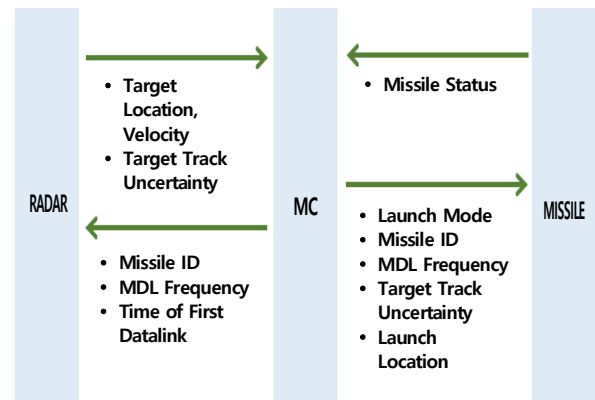


그림 3. 발사전 임무컴퓨터, 레이더, 유도탄 간의 연동
Fig. 3. Data interface among mission computer, RADAR and missile on pre-launch

유도탄이 발사되어 자항공기를 이탈한 이후에는 그림4와

같이 레이더는 표적을 지속 추적하여 표적 정보를 임무컴퓨터에 전송하는 동시에 임무컴퓨터로부터 전송받은 MDL 데이터를 변조하여 RF 신호로 유도탄에게 전송(uplink) 한다.

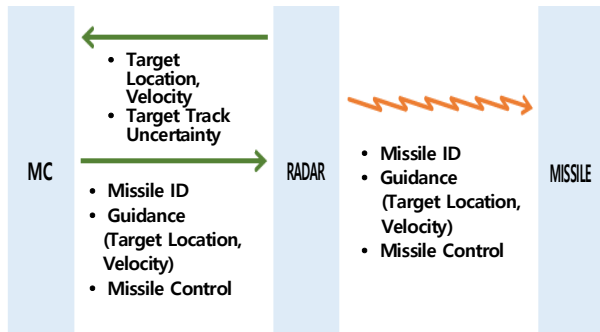


그림 4. 발사후 임무컴퓨터, 레이더, 유도탄 간의 데이터 및 MDL 연동

Fig. 4. Data interface and MDL between mission computer, RADAR and missile on post-launch

임무컴퓨터는 레이더가 제공하는 표적의 위치, 속도, 추적 정확도를 포함하는 유도 명령과 표적의 전자방해 여부에 따른 유도탄의 전자방해 대응 수행 명령 등의 유도탄 통제명령으로 구성된 MDL 데이터를 생성하여 레이더에 제공한다. 또한 조종사에게 유도탄 운영상황 정보를 제공하기 위해 유도탄의 비행시간(TOF; time of flight), 표적 요격시간(TTI; time to intercept), 유도탄 seeker 최초 작동시간(TTA; time to activate)을 연산하여 조종석 시현장치(MFD; multi function display)에 전시한다.

유도탄은 레이더의 MDL uplink를 통해 전송받은 표적의 위치와 속도 정보로 표적으로 비행하며 이때 유도항법의 기준점은 유도탄이 발사되어 자항공기를 이탈한 지점이다. 이를 위해 임무컴퓨터는 레이더가 제공하는 자항공기 기준 표적의 방위각(bearing) 및 거리(range) 정보를 유도탄의 항공기 이탈 지점을 기준으로 한 표적의 위치 변위로 변환하여 NED 좌표계로 제공한다. 또한, 유도탄이 탐색기를 작동시킬 때, MDL의 추적 정확도를 토대로 탐색 방위각 및 거리의 범위를 결정한다. 즉, 추적 정확도가 높으면 탐색 범위를 작게, 낮으면 탐색 범위를 크게 하여 표적을 탐색한다.

2-2 양방향(2-way) MDL 연동 방안

단방향 MDL은 자항공기가 유도 시에 전송하는 uplink만 있기 때문에 유도탄이 발사된 이후 자항공기가 유도탄의 상태를 확인할 수 없다. 앞서 언급했던 바와 같이 임무컴퓨터가 조종사에게 유도탄의 운영상황 정보를 제공하기 위해 시현하는 유도탄의 비행시간(TOF; time of flight), 표적 요격시간(TTI; time to intercept), 유도탄 Seeker 최초 작동시간(TTA; time to activate)등의 정보도 유도탄의 정확한 현재 상태에 근거하지 않고 미리 저장된 유도탄의 최대 비행거리, 속도, 가속도, 양

력, 추력, 항력 등의 특성 계수(missile's coefficient)를 토대로 임무컴퓨터가 계산한 추정 값이다. 또한 표적의 성공적인 요격 여부를 확인하기 위해서는 자항공기의 레이더가 유도탄의 TOF 동안 표적을 지속적 추적하여 표적의 격추 여부를 확인해야 한다.

이에 반해 양방향 MDL은 유도탄이 전송하는 downlink를 통해 실시간으로 유도탄 상태 확인이 가능해진다. 유도탄의 건강(health) 상태를 확인하여 비정상 작동 시 조종사가 추가의 유도탄을 발사하도록 할 수 있고, 유도탄 탐색기의 표적 추적(lock on) 성공 여부를 확인하여 필요시 자항공기 레이더의 자원을 해당 표적에 추가적으로 할당하게 하여 uplink 유도명령의 정확도를 향상시킬 수 있으며, 임무컴퓨터가 추정된 값이 아닌 유도탄이 전송하는 TOF, TIF를 시현하여 정확한 정보를 조종사에게 제공할 수 있다[5].(그림 5)

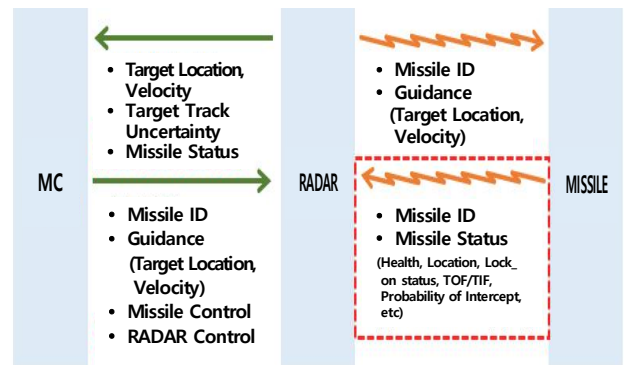


그림 5. 양방향 MDL을 통한 유도탄의 상태 확인
Fig. 5. Missile status monitoring via the MDL

2-3 양방향(2-way) MDL의 downlink 설계

유도탄이 전송하는 downlink를 구체화한 설계 방안은 다음과 같다.

유도탄이 현재 비행하고 있는 위치 정보를 자항공기에서 이탈된 지점을 기준으로 NED 좌표계로 제공하며 자항공기는 이정보를 토대로 레이더의 uplink 신호 송신 방향을 결정한다.

유도탄의 seeker 동작 상태정보는 seeker가 off 상태인지 활성화되어 표적을 탐색 중인지 알려준다. Off 상태일 경우 seeker를 동작시키기 위한 남은 시간을 제공하며 표적을 추적 중인 경우 탐지된 표적이 몇 개인지, 유도탄이 몇 번째 표적을 추적하고 있는지, 추적이 얼마나 정확한지를 제공한다. 또한 전자 방해에 대한 대응(EP; Electronic Protection) 상태 정보도 제공한다.

유도탄의 건강상태를 제공할 수 있다. 유도탄 하부 시스템들의 정상 동작 상태를 실시간으로 자체 진단하여 유도탄이 기대하는 성능을 충족시킬 수 있는지 여부를 자항공기에 제공하여 필요시 표적에 대한 추가 유도탄 발사 등의 운용자에게 적절한 무장 운용을 할 수 있게 한다.

이와 같이 설계하여 구현한 양방향 MDL을 전투기의 임무

컴퓨터(MC; mission computer)를 포함한 실제 항전장비와 레이다, 중거리 공대공 유도탄을 모의하는 미사일 시뮬레이터로 구성된 SIL(system integration lab) 환경에서 시험한 결과는 다음과 같다.

레이다와 미사일 시뮬레이터는 RF 케이블로 연결하였으며 모의 표적 발생장비를 활용하여 모의 표적을 생성시키고 레이다가 표적을 추적하는 중에 유도탄을 모의 발사하여 MDL 기능을 수행시키고 MDL 신호를 로깅하여 임무컴퓨터, 레이다, 유도탄이 정상동작하는 지 검증하였다.(그림 6)

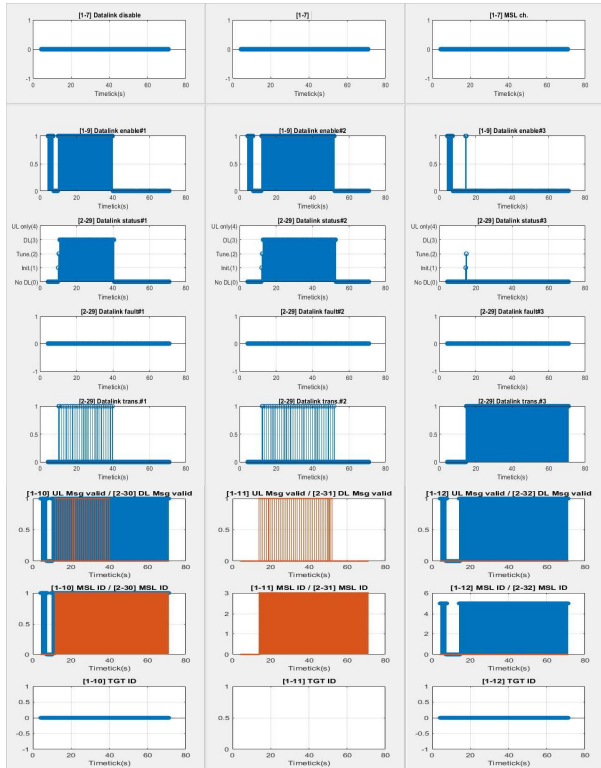


그림 6. 전투기 SIL 환경의 양방향 MDL 시험결과
Fig. 6. SIL test result of 2-way MDL

III. 결론



김 용 민 (Yong-min Kim)

1994년 3월 : 공군사관학교 기계공학과 (공학사)
2004년 11월 ~ 2015년 3월 : 공군 항공SW지원소 전투기 MC SW 개발
2010년 3월 : 한서대학교 컴퓨터공학과 (이학석사)
2017년 1월 ~ 현재 : 국방과학연구소 AESA 레이다 개발
※관심분야 : 항공전자 시스템, 미사일 데이터 링크, Terrain Following

유도탄이 발사된 자항공기의 레이다에 의해 표적의 위치정보 등의 uplink만 수신하여 유도가 이루어지는 단방향(1-way) MDL은 유도탄의 상태 정보를 확인할 수 없어 무장 운용에 제한이 따른다.

이에 반해 양방향(2-way) MDL은 유도탄이 전송하는 downlink를 통해 유도탄의 정확한 상태를 실시간으로 확인할 수 있어 레이다와 무장을 효율적으로 운용할 수 있게 하며 전장 상황에 대한 정확하고 신속한 정보를 제공하여 조종사의 적절한 대응과 정확한 판단을 가능하게 한다.

Acknowledgments

본 연구는 2023년도 정부의 재원으로 수행된 연구 결과임.

References

[1] ALJAZEERA. Turkey shoots down two Syrian fighter jets over Idlib [Internet]. Available; <https://www.aljazeera.com/news/2020/3/1/turkey-shoots-down-two-syrian-fighter-jets-over-idlib>

[2] The Aviationist. Syrian L-39 Shot Down By Turkish Air Force F-16 Over Syria [Internet]. Available; <https://theaviationist.com/2020/03/03/syrian-l-39-shot-down-by-turkish-air-force-f-16-over-syria/>

[3] Janes Weapons. AIM-120 Advanced Medium-Range Air to Air Missile (AMRAAM) [Internet]. Available; <https://customer.janes.com/Janes/Display/JALW3617-JALW>

[4] Defense Technical Information Center. Distributed Simulation Testing for Weapons System Performance of the F/A-18 and AIM-120 AMRAAM [Internet]. Available; <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ada355385.pdf>

[5] CE Cole Jr. Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory. Missile Communication Links [Internet]. Available; <https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/Content/techdigest/pdf/V28-N04/28-04-Cole.pdf>