

휴대용 SAM의 발전 방향 (2)



尹錫九
國科硏 선임연구원
물리학 박사



任訓徹
國科硏 연구원

세계적인 발전 추세와 주요 개발국의 발전방향을 분석해 볼 때 휴대용 SAM의 연구 개발은 유도탄 순기비율을 고려하고 군 작전개념 및 요구 사항에 부합하는 국내 독자기본형(Basic Model)을 개발한 후 체계의 질적 경쟁력 강화를 위하여 P3I(Pre-Planned Product Improvement : 사전계획 성능개량 방법)를 통한 체계 계열화 및 단계적 성능 개선을 추진하여 사용자의 다양한 요구 조건을 만족시킬 수 있는 방안을 강구해야 할 것이다

분야별 주요 기술 특성

• 발사 장비

• 휴대

대용 SAM의 발사 장비는 견착식과 거치식으로 대별할 수 있으며, 견착식은 가벼워 병사가 휴대하기 용이하나 사격 안정성이 떨어지고 거치식은 휴대하기가 다소 불리하나 근접 신관 장착이 가능하고 사격 안정성이 높아 명중률이 높다.

발사 장비는 유도탄 사격에 필요한 기능을 제공하며 세부 장치로는 발사 장비의 주요 구성품을 장착하고 사격시 발사관을 견고히 지지해 주는 발사대(Fire Station), 유도탄의 발사 조건을 제공하는 전자회로뭉치인 발사기(Launch Electronic Unit),

유사체계 비교

분야	Stinger RMP	SA-18	Starburst	Mistral	RBS-70 MK2
운용	견착식	견착식	견착식/거치식	거치식	거치식
장입유도탄 중량(kg) (유도탄+발사관)	13.3	13.6	15.2	24.5	26.5
발사기 중량(kg) (BCU 포함)	2.4	3.2	8.5	25.8	25
야간사격 능력	○	×	○	○	○
헬기 탑재형	○	○	×	○	×
조준기	망선 조준	망선 조준	확대경	시준기+확대경	확대경

사수가 표적에 유도탄을 조준하여 탐색기로 하여금 표적을 포착할 수 있도록 하는 조준기(Aiming Sight Unit), 사격전 적과 우군의 항공기를 식별해주는 피아식별기(IFF), 사격전 발사기와 유도탄에 전원 및 냉각가스를 공급하는 BCU(Battery Coolant Unit) 등으로 구성되어 있다.

호밍유도 방식의 유도탄 체계(Stinger, Igla, Mistral)는 유도 명령을 유도탄내의 탐색기와 유도 조종 장치에서 발생시키므로 발사 장비는 유도탄에 표적을 포착/추적한 후 발사하도록 하는 기능을 보유한다.

그러나 지령 유도 방식을 사용하는 체계(Starburst, RBS-70)는 유도탄이 발사된 후에 표적과 조우할 때까지 발사기에서 유도 명령을 계산하여 유도탄에 송신해야 하므로 고성능의 광학 장치 및 영상처리 시스템, 레이저 송신 장치, 지령송신 장치 등을 필요로 하기 때문에 상대적으로 발사 장비의 부피가 커지고 무게가 증가하게 된다.

• 유도 방식

유도 방식은 유도탄내에 사람의 두뇌와 같은 기능을 수행하는 유도 장치에서 수행되며 유도오차 및 명중률을 좌우하는 주요 기능을 가지고 있다. 휴대용 SAM 시스템은 이 유도 방식에 따라 크게 2가지 즉 지령유도(Command Guidance) 방식과

호밍유도(Homing Guidance) 방식으로 구분할 수 있다.

지령유도 방식은 표적추적, 미사일추적/유도/연산 등 일련의 유도에 필요한 모든 처리를 지상에 설치된 외부 장치에서 하고 미사일은 지상유도 장치의

수동 적외선 호밍 방식인 프랑스의 Mistral



휴대용 대공유도탄의 주요 성능 비교

구 분	Stinger RMP	SA-18	Starburst	Mistral	RBS-70 MK-2
유도탄길이(m)	1.52	1.61	1.39	1.86	1.32
유도탄직경(mm)	70	72.2	76	92.5	106
유도탄중량(kg)	10.1	10.6	12	19.4	16.5
탄 두(kg)	1.14	1.27	2.74	2.95	3
신 관	충격신관	충격신관	근접신관 + 충격신관	근접신관 + 충격신관	근접신관 + 충격신관
초기발사속도(m/s)	38	24	45	40	50
최대속도(Mach)	2.2	1.7	1	2.5	1.7
최대사거리(km)	4.5	3	4.0	5.7	7.0
3km비행시간(s)	6.0	7	9.5	5.4	8.5
유 도 방 식	수동적외선 호밍 방식 (비례항법)	수동적외선 호밍 방식 (비례항법)	빔편승 방식	수동적외선 호밍 방식 (비례항법)	빔편승 방식

유도지령에 의해 비행하는 방식이다.

이 체계는 주요 장치들이 유도탄 외부에 설치되며 때문에 호밍유도 방식에 비하여 유도탄은 간단한 구조를 가지며 유도탄은 사격후 격추될 때까지 계속하여 지상유도 장치의 조작에 의해 유도된다.

휴대용 SAM에서 주로 사용하는 방식으로는 가시선 무선지령(CLOS)과 반자동 가시선 무선지령(SACLOS) 및 레이저 빔 편승(Beam Riding)유도방식이 사용되고 있다.

가시선 무선지령유도는 광학 장치로 표적을 추적하고 사수가 휴대한 유도 장치에서 나오는 유도지령을 유도탄에 송신하면 탄은 수신 안테나를 통하여 지령을 받는다. 이때 사수는 관측 장비를 통해 탄과 표적이 일치하도록 조종간(Joystick)을 조작하여 탄의 유도를 수행한다.

반자동 가시선 무선 지령유도(Blowpipe, Javelin)는 사수가 탄을 유도하지 않고 표적만을 추적하면 지상 장비에서 비행중인 유도탄이 표적에서 이격된 거리를 계산하고 이에 대한 유도지령을 탄에 송신함으로써 유도탄은 자동으로 유도되는 방식이다.

레이저 빔 편승 유도(Starburst, Starstreak, RBS-70)는 유도탄이 조사된 레이저 빔을 따라 비행하는 원리를 이용한 것이다. 조사된 빔으로부터

탄이 벗어나면 탄내 수신기에서 전기 신호를 보내어 자동으로 유도하게 된다.

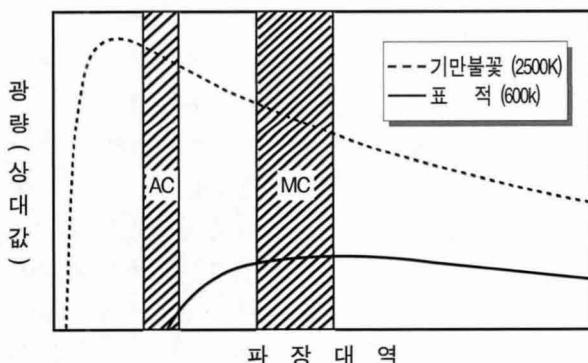
탐색기를 이용하는 호밍유도 방식은 미사일이 외부의 지령에 의하지 않고 자기 스스로 표적을 탐지, 추적하는 유도 방식이며 휴대용에서는 항공기의 엔진 및 분사구에서 배출되는 적외선을 탐색기가 탐지하는 적외선 수동호밍 방식(Infrared Passive Homing)이 대표적이다.

이 경우 탐색기는 호밍 유도탄에 탑재되는 장치로 호밍유도 구현을 위해 표적을 탐지(Search), 확인(Identification) 및 포착(Acquisition)한 후 표적을 추적(Tracking)하며 유도 명령을 계산하는데 필요한 표적의 방향 또는 위치 정보를 유도조종 장치에 전달하는 일련의 기능들을 수행한다.

휴대용 SAM 탐색기의 구성을 H/W 기준으로 보면, 전기/광학부(Electro-Optic Head : EOH)와 전자회로부(Electronic Processing Unit : EPU)로 나눌 수 있다. EOH는 주로 광학/검광기구 및 전자부품으로 구성되어 있으며, 주로 탐색기의 앞부분에 위치한다.

호밍유도 방식을 지령유도 방식과 비교할 때 여러 이점이 있으나 적 항공기 기만불꽃(Flare)에 의한 취약점이 노출되기도 한다. 그러나 검광기 및 신호

파장대역에 따른 표적과 기만불꽃



처리 기술의 발전으로 2색 탐색기(2 Color Seeker)가 개발되어 대방해 방책능력을 구비한 탐색기를 실용화하여 효과적으로 극복하고 있는 실정이다.

특히 2색 탐색기는 기만불꽃의 고온특성에 의한 복사 스펙트럼 분포가 표적과 상이한 점을 이용하여 기만불꽃을 표적에서 분리하는 기법을 활용해 주대역(MC)과 부대역(AC)에서 반응하는 2개의 검광기를 다음 논리에 의하여 적의 기만불꽃(Flare)을 효율적으로 극복하고 있다.

표적과 기만불꽃 식별 원리

$$\text{표적} : \frac{AC}{MC} = 0.039 < 1$$

$$\text{기만불꽃} : \frac{AC}{MC} = 4.1 > 1$$

• 유도조종 장치

휴대용 SAM의 기술적 특징 중 하나가 소형/경량화라고 할 수 있다. 특히 비행날개의 1축만 구동 시켜 탄을 회전시키는 단축조종(One-Axis Control) 기법과 각속도계(MRS)만을 사용하는 단순하면서도 고난도의 최신 기술(The State of Arts

Technology)을 활용하며 이러한 기법은 기존 미사일과는 달리 회전유도탄(Rolling Airframe Missile) 개념을 구현시켰고 기술적 안정화에 기여하고 제작 시 효과적인 공간활용과 저렴한 생산 가격이 가능하다는 측면에서 적극 활용되는 기술이다.

그러나 단축조종 회전유도탄의 경우 탄 회전(Rolling)으로 인한 공력설계 및 동특성 해석 등 기술적인 어려움이 뒤따르고 이에 대한 대처 방안이 강구되어야 한다.

호밍유도 방식을 사용하는 휴대용 SAM에서 채택하는 유도 방식은 PNG(비례항법유도)이며 이때 비행경로의 변화율은 유도탄과 표적을 잇는 시선각(Line of Sight) 변화율에 비례하게 만들어진다.

또한 발사초기 저속 영역에서 일반적으로 나타나는 공기역학의 불안정을 해결하기 위하여 고정핀을 늦게 퍼기도 하고(Stinger), 적외선 탐색기는 기체의 몸통이 아닌 배기 가스(Plume)를 추적하게 되므로



종말 유도단계에서 유도탄의 비행방향을 표적의 몸통쪽으로 전환시켜 주는 표적적응 유도 방식 (TAG) 기법을 택하기도 한다(Stinger, Igla).

조종회로 구현 방식은 Igla와 Stinger(기본형)에 적용된 아날로그 방식과, Mistral에 적용된 아날로그와 디지털 혼합 방식, 그리고 Stinger POST, RMP에 적용된 디지털 방식으로 구분된다.

아날로그 방식은 조종회로 입력 신호수가 적고 유도 조종 알고리즘 구현을 위한 제어기 구조, 제어 이득 등이 고정된 경우 효율적으로 회로를 구현할 수 있는 방식이며, 디지털 방식은 제어기 구조와 제어 이득 등이 시간에 따라 변하거나 표적 조건에 따라 상이한 유도 조종 알고리즘을 적용할 경우 프로그램에 의해 이러한 변화 요구에 유연히 대처할 수 있는 효율적인 방식이다.

또한 혼합 방식은 단순한 디지털 회로에 의해 제어이득 변수만 시간의 함수로 가변시키는 방식으로 조종회로 입력 신호수가 적고 가변되는 제어이득 변수의 수가 적을 경우 적합한 방식이다.

• 구동 장치

휴대용 SAM 구동 장치는 공압식(Igla) 및 전기식(Stinger, Mistral) 구동 장치를 고려할 수 있으나 소형 유도탄에 적합하고 선형제어 특성을 발휘할 수 있는 구동 방식을 선택적으로 사용하고 있다.

특히 구동 장치의 소형화를 위해 감속 기구 및 구동모터를 최소공간에 집적화시키는 설계 및 시제를 통하여 소형, 고성능 구동 장치를 구현할 수 있으며 특히 유도탄의 회전 특성을 고려한 이론 해석, 제어 알고리즘의 설계 등을 동시에 분석하여 적용하고 있다.

• 탄두 · 신관

휴대용 SAM 탄두/신관 형태는 관통형탄두/충격신관(Stinger, Igla)과 파편형탄두/근접·충격신관(Mistral) 형태가 주로 사용되고 있다. 파편의 재질은 관통력을 증대시키기 위하여 고밀도 재질인 텡스텐 합금을 주로 사용하고 근접신관은 능동 레이저 및 RF 신관을 사용하고 있다.

근접신관을 사용함으로써 유도탄의 명중률은 높아지나 무게가 증가하기 때문에 견착식의 경우 근접신관 장착이 어려우나(Stinger, Igla), Mistral의 경우 거치식으로 운용하여 근접신관을 추가 장착해 명중률을 높이고 있다.

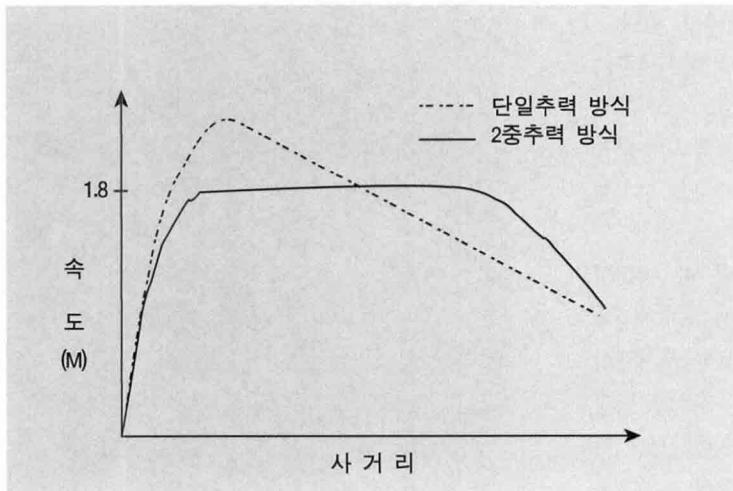
지령유도 방식의 경우 사거리가 증가함에 따라 유도오차가 증가하는 단점 때문에 체계무게의 증가에도 불구하고 근접신관의 사용이 필요하게 된다.(Starburst, RBS-70)

근접신관은 능동레이저 방식과 RF 방식을 비교 검토하여 소형화 측면과 성능을 고려하여 방식을 결정할 수 있다. 개념 설계시에는 핵심기술의 개발, 기술적 타당성 확인을 실시하여 파편형탄두, 관통형탄두, 파편/관통형탄두 등의 개념과 레이저식, RF식 신관을 비교 분석하고 안전/무장장치(SAU)와 충격

적외선 호밍 유도 방식인
구소련의 SA-7을 기초로 개발한
중국의 HN-5A



단일추력 방식과 2중추력 방식 추진 기관의 비교



감지 방식의 개념설계를 실시한다.

통상 근접신관을 사용하는 체계의 탄두는 텅스텐 볼을 사용한 파편 효과가 주로 이용되며, 충격신관을 사용하는 체계는 동체 관통 후 폭발하는 폭풍 효과를 주로 이용한다.

• 추진 기관

휴대용 SAM의 추진 기관은 2중추력 혹은 단일추력형의 비행모터와 유도탄을 발사관으로부터 사출시키는데 필요한 사출모터, 이들을 연결하고 분리시키는 장치로 구성되어 있고 크기나 무게 등의 설계 제한 조건이 많으므로 설계시 다음과 같은 기술 고려 사항을 필요로 한다.

비행모터

- 충전율이 높은 추진제 설계/제작
- 2중추력에 부합되는 연소특성을 갖는

추진제 조성

- 점화후 토출물에 의한 안전성
- 지연점화 신뢰성
- 박판 내열재 설계/제작

사출모터

- 발사관내 완전연소를 위한 그레이인 설계/제작

- 내탄도 설계에 부합되는 추진제 조성 개발

분리 장치

- 신뢰성 있는 분리 장치 설계, 제작, 시험 기술

2중추력 추진 방식(Stinger,

Iglia)은 추진제에서 나오는 에너지를 한번에 연소시키는 방식(단일추력 방식 : Mistral적용)을 개선하여 1, 2단으로 구분해 1단에서는 마하 1.8 정도의 속도를 발생시키고 2단에서는 1단에서 발생한 속도를 일정하게 하여 종말

속도를 유지시키는 추진 기법이다.

단일추력 방식은 초기속도가 높기 때문에 근거리 표적에는 유리하나 원거리 표적에 대해서는 상대적으로 속도가 낮아지는 경향이 있다. 그러나 2중추력 추진 방식은 표적의 조우에 필요한 일정한 속도를 종말 지점까지 유지하므로 전영역에서 일정한 명중률을 가지게 된다.

체계 개발 개념

휴대용 SAM 개발은 냉전시대에 미·소간의 군축경쟁으로 개발된 산물이라고 해도 과언이 아니다. 미국의 Redeye에 대항하기 위하여 구소련은 SA-7을 개발했고 Stinger Basic, Stinger Post 및 Stinger RMP에 대응하기 위하여 SA-14, SA-16, SA-18을 차례로 개발해낸 것이다.

특히 미국, 구소련, 프랑스 등이 채택한 적외선 호밍유도 방식은 사용자의 요구에 의하여 다양한 형태의 발사대를 계열화하여 융통성 있게 운용하고 있고 기술적인 측면에서도 적외선 대방해 방책(IRCCM) 능력 향상, 지상잡음(clutter) 제거, 탐색기 민감도 증가와 관련된 최신 기술을 발전시켜 과

거 부분적 제한 사항으로만 인식되어 온 고난도 기술분야를 극복하여 많은 국가에서 운용하고 있다.

한편 영국과 스웨덴은 지령유도 방식을 채택하여 접근표적에 대한 포착거리를 증대시켰고 이 체계의 장점인 지상잡음 및 기만표적에 대한 극복 능력을 극대화하여 아직도 여러 국가에서 지령유도 방식을 사용하고 있는 실정이다.

개념적인 개발 개념을 비교하여 볼 때 미국의 Stinger 계열은 앞부분이 둔탁하여 공기의 저항을 많이 받으나, 전자부품 소형화로 확보한 추가적인 공간을 추진 기관에 할애하여 더 많은 추력을 발생시켜 공기 저항으로 생긴 저항력을 상쇄시키고 있으며, 구소련의 이글라계열은 디지털화된 전자부품의 소형화는 다소 미흡했지만 첨두형상에 항력감쇄기를 부착하여 공기 저항을 크게 감소시키는 등 각국이 보유한 기술특성을 최대한 활용하는 개발 개념을 채택하고 있다.

또한 프랑스 미스트랄은 피라미드형의 첨두형상으로 공력 저항을 감쇄시켰고 전자부품의 소형화 및 근접신관 장착으로 명중률을 향상시켰으며, 추진기관은 단일추력 방식을 적용하여 초기 높은 속도를 발휘할 수 있으나 종밀속도는 다소 떨어지는 특성을 가지고 있다.

휴대용 SAM 체계 개발 개념을 분석해 볼 때 중요 항목은 다음과 같이 정리할 수 있다.

• 계열화 (Family Series)

휴대용 SAM을 생산하는 거의 모든 국가는에서는 효율적 체계운용을 위하여 각종 발사 장비를 계열화하여 운용하고 있다. 즉 기본체계를 개발한 후에 다양한 형태의 탑재형 발사 장비를 개발하여 운용을 극대화하고 있으며 특히 Mistral은 동일한 유도탄으로 아래와 같은 다양한 발사대를 개발하여 사용하고 있다.

- ATLAS : 대공용 쌍열 발사대



레이저 빔 편승 유도 방식인 스웨덴의 RBS-70

- ATAM : 헬기 탑재형 발사대
- SIMBAD/SADRAL : 함대공 탑재형 발사대
- SANTAL : 장갑차 탑재형 발사대

• 성능개량 (PIP)

대부분의 무기체계는 전체적으로 순기비용을 절감하면서 전력화 시기를 단축시킬 수 있으며 최소의 비용으로 최대의 효과를 획득하기 위하여 성능개량을 실시하고 있다. 특히 휴대용 SAM의 경우 거의 모든 개발국에서 기본형(Basic Model)을 완성한 후 부분적인 성능 향상으로 질적인 경쟁력 확보를 추구하고 있다.

미국의 경우 40년간 Redeye로부터 Block I & II로 이어지는 6단계의 성능 개량을 실시한 바 있으며 이는 소형/경량화가 특히 요구되는 휴대용 SAM의 개발 개념을 확인하는데 시사하는 바가 크다.

• 대방해 방책 능력 향상

기술적으로 분석할 때 지령유도 방식은 적 항공기의 자체기만을 위하여 사용하는 기만불꽃(Flare) 등에는 영향을 받지 않으나, 전파방해(ECM)에 대

해서는 부분적인 취약 요소를 내포하고 있다. 그러나 적외선 호밍유도 방식은 ECM 영향에는 강하나 상대적으로 기만불꽃에는 취약한 면이 많다.

그러나 기술의 도약으로 탐색기의 검광기를 2개로 하여 각각 다른 파장대역을 측정 및 비교하는 기법을 활용하거나, 한 파장대역에 4개의 검광기를 내장하여 대방해 방책(IRCCM) 능력을 증가시켜 기술적 난관을 극복하고 있는 실정이다.

따라서 창과 방패의 관계인 기만방책과 탐색기 성능면에서도 2 Color 개념의 검광기 기술이 진일보하여 방해 방책 제한 사항을 상당부분 극복하고 있는 단계이다.

• 명중률 향상

각 체계는 다양한 방안을 강구하여 명중률 향상에 노력하고 있다. 탄두의 크기를 증가하거나 근접신관을 추가 장착하여 최종 명중률을 높이고 있으며, 사수의 안정성을 고려하여 휴대와 운용이 용이하고 사격시 안정감을 제공하는 발사대를 개발하여 운용하고 있다.

그러나 이러한 추가적인 부품 장착은 추력 증가를 위한 유도탄 체적 증가와 전체 체계중량의 증가를 야기시킬 수도 있다. 따라서 체계중량을 극복하면서 명중률을 향상시키기 위하여 경량화된 고밀도 재질의 활용으로 성능을 향상시키고 동시에 탄운반이 용이한 발사대를 제작하여 기동시에는 차량을 효율적으로 운용하고 산악지형 이동시에는 도수운반이 용이한 체계구성 방안을 강구하고 있다.

맺는 말

세계 각국은 21세기 방공 능력 향상을 위하여 지대한 노력을 경주하고 있으며 특히 지근거리에서 방공화력을 즉각적으로 발휘할 수 있는 휴대용 SAM은 선진 강대국을 중심으로 자국의 전력화 이

후 해외 수출을 통한 휴대용 SAM의 세계화를 추구하고 있다.

또한 중국, 파키스탄, 이집트 등 중동·아시아 국가들도 선진국에서 개발한 기본형을 모델로 일부 성능을 개량하여 유사체계를 공동 및 면허 생산하고 있으며, 특히 개발도상국가에서도 선진국의 기술 종속을 탈피하고, 해외 직구매에 의한 외화지출을 억제하며 자국 방산업체의 활성화를 위하여 연구개발을 적극적으로 추진하고 있는 실정이다.

따라서 세계적인 발전 추세와 주요 개발국의 발전방향을 분석해 볼 때 휴대용 SAM의 연구 개발은 유도탄 순기비용을 고려하고 군 작전개념 및 요구 사항에 부합하는 국내 독자기본형(Basic Model)을 개발한 후 체계의 질적 경쟁력 강화를 위하여 P³I(Pre-Planned Product Improvement: 사전계획 성능개량 방법)를 통한 체계 계열화 및 단계적 성능 개선을 추진하여 사용자의 다양한 요구 조건을 만족시킬 수 있는 방안을 강구해야 할 것이다. (防)

참고자료

- ▲ 육군본부, 「작전요무령」, 애전교범 100-5
- ▲ 윤석구외 18명, 「휴대용 대공유도무기 탐색 개발 최종보고서」, 국방과학연구소, 1998. 7
- ▲ 「Stinger 휴대용 대공미사일 개량사업」, 월간 〈국방과 기술〉, 1996. 5
- ▲ 「국방과학기술조사서」, 국방과학연구소, 1998. 1
- ▲ 채우석, 「무기체계 성능 개량 실태 및 발전 방향」, 월간 〈국방과 기술〉, 1996. 6
- ▲ Jane's LAND-BASED AIR DEFENCE, 1996 ~ 1997
- ▲ 「휴대용 대공유도무기개발 타당성 분석」, KIDA, 1998. 3