

Two-color 탐색기를 위한 적외선 신호 분석 및 대역 선정

정희원 오정수*, 서동선**, 최종수*

IR Signal Analysis and Band Selection for Two-color Seeker

JeongSu Oh*, DongSun Seo**, JongSoo Choi* *Regular Members*

요약

Two-color 적외선 탐색기는 표적의 대응 능력과 배경 잡음이 존재하는 상황에서 효율적인 표적 추적을 위해 두 개의 검출 대역을 사용한다. 본 논문은 two-color 탐색기의 검출 대역 선정에 관한 연구이다. 검출 대역을 선정하기 위해, 표적, 섬광탄, 및 배경 잡음의 적외선 방사 특성을 분석하고, 수신 전력과 깊이 관련된 대기 부파 특성, 검출 가능 거리, 배경 잡음의 영향, 신호 대 잡음비 등의 특성을 분석한다. 분석 결과, two-color 적외선 탐색기의 적절한 대역은 표적 검출을 위한 $3\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ 대역과 반대용 능력을 위한 $1.5\mu\text{m}\sim 1.7\mu\text{m}$ 대역으로 나타났다. 본 논문의 연구 결과는 two-color 탐색기의 추후 연구에 중요한 역할을 할 것이다.

ABSTRACT

A two-color infrared (IR) seeker employs two detection-bands for efficient target tracking under countermeasures and background noises. This paper describes a study on the detection-band selections for the two-color seeker. To select the detection-bands, we analysis infrared radiation characteristics of a target, a flare, and background noises and then other characteristics closely related with the received power, such as the atmospheric transmission, acquisition range, background noise effect, and signal-to-noises. The analysis shows that the pertinent bands of two-color IR seeker are $3\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ for target detection and $1.5\mu\text{m}\sim 1.7\mu\text{m}$ for counter-countermeasures. The results of our study will play a significant role in the further study of two-color seekers.

I. 서론

적외선 (infrared : IR) 탐색기 (seeker)는 표적으로부터 방사되는 적외선 에너지를 수신하고, 수신된 신호를 처리해 표적의 위치 정보를 추출함으로써 표적을 추적한다^{[1],[2]}. 한편 대상 표적은 위협으로부터 벗어나기 위해 표적 자신의 적외선 방사 특성과 유사하고 표적보다 강한 적외선 에너지를 방사하는 섬광탄 (flare) 같은 유사 표적을 방사하여 추적을

방해하는 대응 능력 (countermeasure : CM)을 운용한다. 따라서 표적 추적 시스템은 효율적인 추적을 수행하기 위해 표적의 대응 능력을 무력화시킬 수 있는 반대용 능력 (counter-countermeasure : CCM)을 가지고 있어야 한다^{[1],[3]}. 일반적인 표적 추적 시스템은 표적 추적을 위해 하나의 대역을 사용하고, 시계 내에 여러 물체가 동시에 존재하면 탐색기는 가장 큰 에너지를 방사하는 물체를 추적하거나 모든 물체의 중심을 추적하는 경향이 있다. 따라서 태양광 (또는 그 반사체) 혹은 섬광탄과 같은 온도가

* 중앙대학교 첨단영상전문대학원 영상공학과(jschol@candy.cc.cau.ac.kr),

** 명지대학교 전기공학과

논문번호 : 99395-0928, 접수일자 : 1999년 9월 28일

※ 본 연구는 자동제어특화센터 및 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다.

높은 대응 능력이 시계 내에 존재하면 이들의 방사 에너지가 표적의 방사 에너지보다 크므로 표적 추적이 어렵게 된다. 그래서 표적 추적 시스템은 입사하는 신호에서 배경 잡음 혹은 설파탄 등의 원치 않는 신호를 분리하기 위해, 표적 추적 대역 이외에 또 다른 대역을 사용하는 two-color 탐색기를 사용한다^{[2],[4],[5]}. Two-color 탐색기는 두개의 검출 대역을 사용하여 보다 쉽게 대응 능력을 제거할 수 있으므로, 효율적인 반대응 능력'을 가질 수 있다. 본 논문에서는 표적을 효과적으로 검출하기 위한 대역을 표적 대역이라 하고, 설파탄만을 검출하여 이를 효과적으로 제거하기 위해 추가된 대역을 설파탄 대역이라 한다.

Two-color 탐색기 연구를 위해 반드시 선행되어야 할 것은 표적 대역에서 입사하는 신호로부터 표적 이외의 신호를 효율적으로 분리하기 위한 표적 및 설파탄을 위한 대역 선정이고, 이 대역들은 관심 대상, 적용 알고리즘, 적용 탐색기에 따라 달라질 수 있다. 그러나 여기서는 적용 알고리즘과 탐색기는 고려하지 않고 관심 대상에 의한 대역 선정을 수행한다. 즉, two-color 탐색기에서 사용될 대역들을 선정하기 위한 표적, 설파탄, 주변 배경 잡음 등의 적외선 에너지의 파장별 방사 특성을 분석하고, 대역 선정에 영향을 줄 수 있는 대기 부과 특성, 검출 가능 거리, 배경 잡음의 영향, 신호간 에너지 비의 파장별 특성 등을 분석한다. 본 논문의 관심 표적은 공중 비행체이고, 분리하고자 하는 주요 대상은 설파탄이다. 주변 환경에 의한 배경 잡음 또한 분리하고자 하는 대상으로 고려하고 있다. 고려되는 적외선 대역은 크게 근 적외선 대역 (near IR band), 중간 적외선 대역 (mid IR band), 원 적외선 대역 (far IR band)으로 나누어 진다^{[1],[6]}. 표적 대역은 표적의 적외선 분포와 적외선의 대기 부과율을 고려하여 이미 많은 공중 표적 추적 시스템에서 사용되고 있는 중간 적외선 대역의 3 μ m-5 μ m 대역이 사용되고 있고, 본 논문에서 그 근거를 확인한다. 설파탄 대역은 설파탄, 표적, 및 배경 잡음의 방사 특성을 근거로 원 적외선 대역보다는 근 적외선 대역이 적합함을 보여준다. 그리고 이 대역내에서 설파탄 대역으로 고려되는 후보 대역들을 설정하고, 그들을 비교 분석한다. 본 연구 결과는 추후 two-color 탐색기 연구를 위해 중요한 자료로 이용될 것이다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 II장에서 표적 추적과 관련한 적외선 신호들의 파장별 방사 특성을

분석하고, III장에서는 적외선 방사 특성 분석 결과를 토대로 대역 선정과 관련된 여러 특성들을 비교 분석한다. 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 적외선 방사 특성 분석

본 장에서는 표적 추적과 관련된 적외선 신호들에 대해 간단히 기술하고, 그들의 적외선 방사 모델링 결과나 참고 자료를 토대로 파장별 방사 특성을 분석한다. 여기서 고려되는 적외선 신호들은 표적, 설파탄, 배경 잡음에 의해 방사하는 에너지들이다.

1. 표적의 적외선 방사 특성 분석

1.1 표적의 적외선 방사 모델링

표적에서 방사하는 에너지는 시선 (Line Of Sight : LOS)에 수직인 관측면에 투영되는 면적과 표적의 온도에 의해 결정된다. 따라서 본 논문에서 표적 모델은 주요 구성 요소들의 온도를 유지하면서 형태를 단순화시키고 미세한 온도 변화는 무시한다. 그림 1과 표 1은 공중 표적의 적외선 특성 모델링을 위한 단순화된 표적 모델의 형상과 모델링된 적외선 원 (IR sources)의 온도와 크기를 보여주고 있다.

표 1. 그림1에 제한한 적외선 원들의 온도와 크기
unit : [K],[m]

Body	temperature	length	length	width
	300(430)	15	2	2.0(10)
Engine	temperature	radius		
	1200	0.23		
Plume	temperature	length	radius	
	600	2.3	0.23	
Hot-air	temperature	length	inner radius	outer radius
	480	8	0.3	0.4

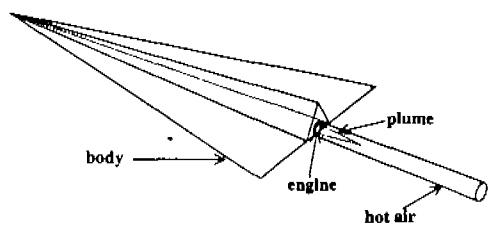


그림 1. 공중 표적의 적외선 특성 모델링을 위한 단순화된 형상

표적에서 방사하는 적외선 에너지는 표적 자체의 복사 세기 (radiant intensity)와 주변 환경의 반사에 의한 복사 세기로 표시한다. 표적 자체의 복사 세기

는 표적의 열에 의한 것으로 온도의 함수인 플랑크 함수 (Planck function)에 의해 주어지는 흑체의 방사량 (radiance)과 표적이 시선에 수직인 관측면에 투영된 면적 (projected area)의 곱으로 나타난다. 한편 주변 환경에 의한 복사 세기에서 난반사에 의한 복사 세기는 전체 복사 세기의 1%이하이고 정반사에 의한 복사 세기는 발생 확률이 매우 낮아 모두 무시한다^{[6],[8]}.

1.2 표적의 적외선 방사 특성

표적의 적외선 모델링 결과를 그림 2와 3에 보여주고 있다. 그림 2는 표 1에 나타난 표적을 구성하는 주요 요소들의 파장별 방사량을 정규화시켜 보여주고 있다. 이 그림은 표적의 적외선 에너지가 1 μ m에서 14 μ m 사이에 분포하는 것을 보여주고 있다. 그러나, 전체 방사량이 온도 T의 4승에 비례하므로 온도가 낮으면 실제 복사량은 크게 낮아진다는 것과 표적을 보는 방위각에 무관하게 어느 정도의 방사 에너지가 보장되어야 한다는 것을 고려할 때, 온도가 낮은 몸체의 에너지 방사 영역과 일부 방위각에서만 관찰되는 엔진의 에너지 방사 영역을 제외한 의미있는 영역은 2 μ m에서 10 μ m이하로 좁혀진다. 여기에 III장에서 보여질 대기 부파 특성 및 검출기 특성을 고려하면, 실질적으로 표적을 검출할 수 있는 영역은 음영으로 나타난 3 μ m에서 5 μ m이하로서 현재 많은 표적 추적 시스템에서 사용되고 있는 표적 대역과 잘 일치하고 있다. 그림 3은 방위각과 파장에 따른 표적의 복사 세기를 보여주고 있다. 여기서 Aspect:0은 표적의 정면에서 관측한 경우이다. 이들은 표적을 바라보는 방위각에 따라 최대 복사 세기는 물론 파장별 에너지 분포에도 매우 큰 영향을 미치는 것을 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 Aspect:80까지는 온도가 높은 엔진부와 플럼이 보이지 않거나 보이는 면적이 아주 작아 2 μ m 이하에서는 에너지를 방사하지 않는 것을 알 수 있다. 이 결과는 위에서 언급한 표적 대역의 결정에 대한 신뢰성을 확인해 주고 있다. 접선은 파장별 평균 복사 세기를 나타낸다.

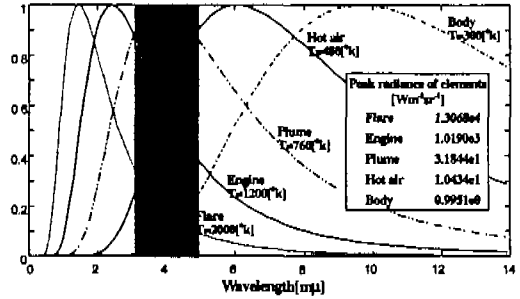


그림 2. 표적의 구성원들의 정규화된 파장별 방사량

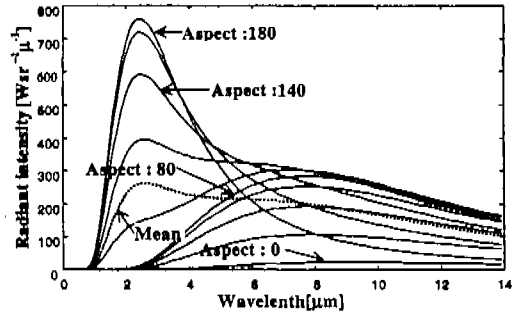


그림 4. 방위각과 파장에 따른 표적의 복사 세기

2. 섬광탄의 적외선 방사 특성 분석

2.1. 섬광탄의 적외선 방사 모델링

섬광탄은 적외선을 이용한 표적 추적 시스템의 위협으로 자신을 보호하기 위한 대응 능력으로 사용되고 있는 대표적인 장치이다. 따라서 섬광탄은 표 2와 같은 조건이 요구된다^[3].

섬광탄에 대한 구체적인 자료들이 군사 비밀로서 취득 불가능하기 때문에 섬광탄의 적외선 방사 모델링은 간접적인 관련 자료들을 근거로 상기 섬광탄의 요구 조건을 만족하도록 두가지 측면에서 가정하여 수행한다. 첫번째는 섬광탄의 최대 방사 에너지에 대한 가정으로 다음과 같다^{[1],[3]}.

- 1). 섬광탄은 2000K의 구형 흑체이다.
- 2). 표적 대역 (3 μ m~5 μ m)에서 후방 관측된 표

표 2. 섬광탄의 요구 조건

항목	요구 조건
최대 방사량 (peak intensity)	표적 대역에서 표적의 방사 에너지 이상의 에너지 방사
상승시간 (rise time)	삼대의 시계를 벗어나기 전에 유효 에너지의 방사
스펙트럼 특성 (spectral characteristics)	대상 표적과 유사한 blackbody 또는 graybody의 스펙트럼 특성 표적 보다 매우 작으므로 효율을 높이기 위한 아주 높은 온도
동작 시간 (functional time)	표적이 위협으로부터 벗어날 때까지 연소의 지속
발출 속도 (ejection velocity)	표적이 위협으로부터 벗어날 때까지 시계 내에 유지

적과 섬광탄의 복사 세기 비가 1:2이다.

두번째는 섬광탄은 연소와 동시에 최대 방사에 에너지에 도달할 수는 없으므로 섬광탄의 시간에 따른 복사 세기의 변화에 대한 가정을 다음과 같다^{[1],[3]}. 여기서 복사 세기의 변화는 섬광탄 크기의 변화로 구현하였다.

- 1). 최대 복사 세기는 첫번째 가정에서 계산된 값을 사용한다.
- 2). 최대 복사 세기까지의 상승 시간은 1초이다.
- 3). 섬광탄의 완전 소멸 시간은 3.5초이다.

2.2. 섬광탄의 적외선 방사 특성

섬광탄의 적외선 모델링 결과물 그림 4, 5, 6에 보여주고 있다. 그림 4는 섬광탄의 복사 세기를 표적의 후방에서 관측된 복사 세기와 파장별로 비교하고 있다. 추적 시스템의 표적 추적을 방해하기 위해, 표적 대역에서 섬광탄의 에너지가 표적의 에너지보다 2.1절에서 가정한 바와 같이 2배로 크도록 섬광탄 불꽃의 크기를 반경 11.0[cm]으로 모델링을 하였다. 파장이 긴 원 적외선 대역에서는 표적과 섬광탄의 에너지가 비슷하거나 표적이 다소 크지만, 파장이 짧은 근 적외선 대역에서는 섬광탄 에너지가 훨씬 크거나 임의의 한계 파장보다 작은 영역에서는 섬광탄의 에너지만 존재하는 것을 보여주고 있다. 이것은 two-color 탐색기를 사용할 때 파장이 긴 원 적외선 대역보다 짧은 근 적외선 대역에서 섬광탄의 에너지가 지배적이므로 각각의 신호를 더 효율적으로 구분할 수 있음을 나타낸다. 그림 5는 표적 대역에서 섬광탄의 복사 세기를 방위각에 따라 표적의 복사 세기와 비교하고 있다. 표적의 복사 세기는 온도가 높은 엔진부가 보이는 후방에서 가장 높고, 온도가 낮은 몸체만 보이는 전방에서 가장 낮다. 따라서 전방부에서 섬광탄의 복사 세기가 상

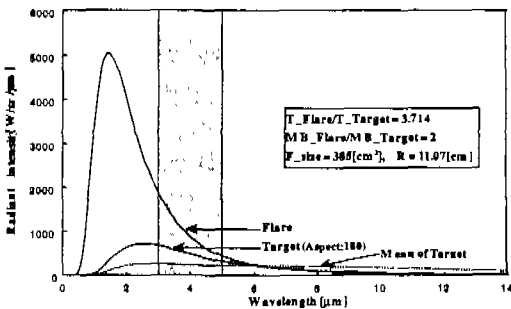


그림 4. 표적과 섬광탄의 파장에 따른 복사 세기

대적으로 더 크게 나타나 대응능력이 더 효율적으로 작용할 것이다. 그림 6은 섬광탄의 시간에 따른 복사 세기를 시간에 따라 보여주고 있다. 표적의 최대 복사 세기는 표적 후방에서 관측할 때 섬광탄의 최대 복사 세기의 약 50%이다. 따라서 정규화된 섬광탄의 복사 세기가 0.5이하인 경우 섬광탄의 복사 세기가 표적의 복사 세기보다 작을 수 있다. 따라서 섬광탄의 연소 후 0.3초까지와 2.8초 이후는 섬광탄의 대응 능력이 상실할 수 있음을 보여주고 있다.

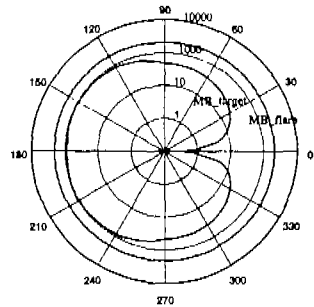


그림 5. 표적 대역에서 방위각에 따른 표적과 섬광탄의 복사 세기

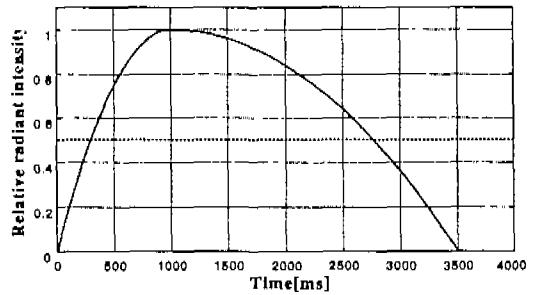


그림 6. 시간에 따른 섬광탄의 상대적 복사 세기 변화

3. 배경 잡음의 적외선 방사 특성 분석

3.1. 배경 잡음의 적외선 방사 모델링

주변 환경에 의한 에너지는 태양광의 직접적인 에너지이거나 태양광이 구름에 의해 반사되거나 대기 중에서 산란하여 발생하는 파생적인 에너지이다. 주변 환경에 의한 에너지가 표적에서 방사하여 검출기로 향할 때는 신호원으로 동작하지만 표적 모델링에서 언급한 것처럼 표적의 전체 복사 세기에 비해 매우 작아 무시할 수 있다. 그러나 나머지 주변 환경에 의한 에너지는 표적에 대한 배경 잡음으로 동작하며 표적 추적을 어렵게 한다. 배경 잡음으로 태양광이 직접 입사하는 경우는 어느 대역을 막

른하고 태양 에너지가 너무 강해 적외선을 이용한 표적 추적 시스템은 표적 추적이 불가능하다. 그러나, 미사일의 FOV내에 태양이 존재할 확률은 매우 작으므로 태양광 에너지가 직접 입사하는 경우는 고려 대상에서 제외한다. 따라서 배경 잡음의 적외선 방사 모델링은 태양광이 대기 중에서 산란과 구름에서 반사에 의해 파생되는 에너지만을 고려한다.

3.2. 배경 잡음의 적외선 방사 특성

관련 자료에 따르면 배경 잡음으로 고려되는 주변 환경의 방사량은 그림 7과 같이 주어진다^[4]. 이들은 대부분의 영역에서 섬광탄의 방사량보다 매우 작다. 그러나 이들의 면적이 섬광탄의 면적과 비교할 때 매우 크므로 잡음으로 표적 추적에 영향을 주고 있다. 특히 이들은 태양광에 의해 파생되기 때문에 태양광이 최대값을 갖는 0.5 μ m 파장 부근에서 다른 파장보다 방사량이 크게 나타나고, 섬광탄의 방사량은 오히려 작으므로 배경 잡음의 영향을 쉽게 받을 수 있다.

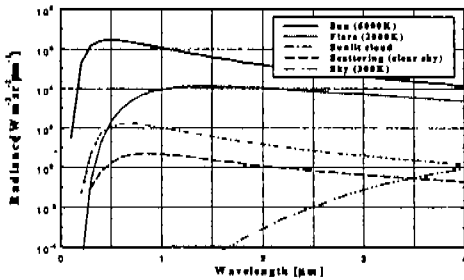


그림 7. 배경 잡음 및 섬광탄의 파장에 따른 방사량

III. 섬광탄 대역 선정을 위한 특성 분석

II장에서는 표적 추적과 관련한 적외선 신호의 분석을 통해 기존 표적 대역의 사용 근거를 확인하였고 근 적외선 대역이 원 적외선보다 섬광탄 대역으로 더 적합함을 확인하였다. 본 장에서는 근 적외선 대역에서 섬광탄 대역을 선정하기 위한 여러 특성들을 분석한다. 본 논문에서 고려되는 특성은 대기 투과 특성, 검출 가능 거리, 신호간 에너지 비, 배경 잡음의 영향 등이다.

1. 대기 투과 특성

모든 에너지는 대기를 지나면서 대기 구성 물질들의 산란과 흡수에 의해 감쇠 된다^{[9],[7],[10]}. 그러나

특정 대역에서는 감쇠가 매우 작아 투과율이 높은 대역이 존재한다. 이러한 대역을 대기창 (atmospheric window)이라고 하고 대역 선정에 매우 중요한 요소가 된다. 대역 선정에 앞서 대기창을 고려하면 투과율이 낮은 대역을 미리 고려 대상에서 제외시킬 수 있다. 에너지 흡수에 큰 영향을 주는 대기 입자물은 오존 (O₃), 이산화탄소 (CO₂), 수증기 (H₂O) 등이다. 그러나 오존은 적외선보다 자외선 대역에서 그리고 아주 높은 고도에서 흡수가 강하고, 이산화탄소는 적외선 대역에서 영향을 주지만 아주 좁은 대역이기 때문에 여기서는 수증기만 고려한다. 그림 8은 근 적외선 대역에서 H₂O에 의한 대기 투과율을 H₂O의 양에 따라 보여주고 있다. 여기서 H₂O의 양은 적외선 에너지가 이동한 거리에 존재하는 H₂O를 압축하여 얻어지는 mm단위의 길이이다^{[9],[10]}. 그림에서 보여주듯 대기 투과율에 의해 대기창을 형성하고, 대기창 이외의 파장 대역에서는 많은 적외선 에너지를 감쇠시키는 것을 보여주고 있다. 따라서 섬광탄 대역으로 고려될 수 있는 대역을 음영으로 나타낸 0.6 μ m~0.8 μ m, 1.5 μ m~1.7 μ m, 2.1 μ m~2.3 μ m 대역으로 제한할 수 있다. 본 논문에서 이들을 섬광탄의 후보 대역이라 한다.

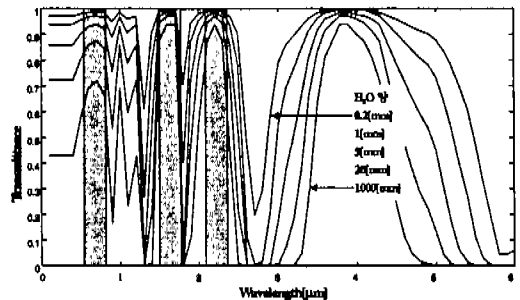


그림 8. H2O의 양에 따른 적외선의 대기 투과율

2. 검출 가능 거리

표적 추적 시스템의 two-color 탐색기가 유효하게 동작하기 위해서는 섬광탄이 일정 거리 이상에서 검출되어야 한다. 검출 가능 거리는 검출기를 선택하고 대역폭을 결정하는 중요한 기준이 된다. 주어진 검출기와 대역폭에 대해서 섬광탄의 검출 가능 거리는 식 1을 만족시키는 거리이다^[6]. 본 논문에서는 대기 투과 특성을 고려해 섬광탄의 후보 대역에 대해서만 섬광탄 검출 가능 거리를 분석한다. 그림 9는 후보 대역에서 검출 가능 거리를 계산하기 위

해 거리에 따른 탐색기에 입사되는 에너지를 보여 주고 있다. 가로축과 나란한 실선으로 나타낸 바와 같이 입사 에너지가 NEP의 10배 이상일 때 설파광탄을 검출할 수 있다고 가정했다. NEP는 황화납(PbS) 검출기 ($D^* = 9.8 \times 10^{10}$, $A_d = 0.04 \text{cm}^2$, $\Delta f = 800$) 와 레티클 탐색기를 고려하여 계산한다^[8]. 주어진 검출기에 대해 후보 대역에서의 검출 가능 거리는 보통 20km에서 30km로서 이들은 표적의 검출 가능 거리 이상이므로, 어느 대역에서도 문제가 되지 않을 것이다. 그러나, 본 논문에서 고려된 검출기보다 검출율이 훨씬 낮은 검출기를 사용할 때는, 검출 가능한 거리를 증진시키기 위해 많은 에너지가 입사되도록 이들 후보 대역 중에 2개 또는 모두를 합한 보다 넓은 대역이 선택될 수 있다.

$$P \geq 10 \times NEP, \quad NEP = \frac{\sqrt{A_d \Delta f}}{D_{\max}^*} \quad (1)$$

여기서 P , D^* , A_d , Δf 는 각각 입사 에너지, 검출기의 검출율, 검출 면적, 신호처리를 위한 대역폭이다.

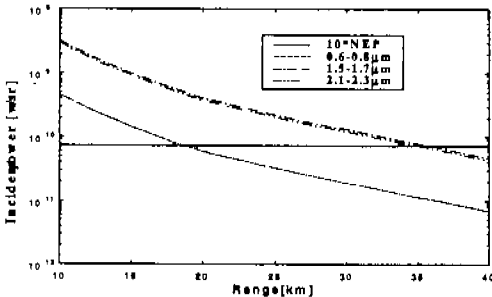


그림 9. 설파광탄의 거리에 따른 입사 에너지

3. 신호대 잡음비

설파광탄 대역에서는 설파광탄 검출이 목적이므로, 설파광탄 에너지를 신호로 하고 표적 등의 나머지 에너지를 잡음으로 취급하여, 이들 신호간 에너지 비율인 신호대 잡음비로 생각할 수 있다. 따라서 효율적인 신호 분리를 위해서는 이 신호대 잡음비가 커야, 즉 설파광탄 에너지가 지배적이어야 이상적이다. 특히 주사 영상 (scan image) 탐색기나 영상 (focal plan array:FPA) 탐색기에서 문턱치 (threshold) 기법을 이용하는 경우 이 값은 더욱 더 큰 의미를 갖는다. 배경도 잡음에 포함되지만 이들은 전체 FOV에 포함되거나 예측하기 힘들게 발생하므로 다음절에서

별로 분석한다.

그림 10 은 고려 대역과 방위각에 따른 표적에 대한 설파광탄의 에너지 비율 나타내고 있다. 그림에서 두 가지 특징을 보여주고 있다. 첫째는 파장이 짧은 대역일수록 방위각에 상관없이 설파광탄의 에너지 비가 큰 것을 보여주고 있다. 둘째는 방위각에 따른 특성으로 온도가 높은 엔진이나 플러미 보이기 전인 방위각 90°이하에서는 설파광탄의 에너지 비가 너무 커 표적의 영향이 거의 없고, 엔진이 보이는 방위각 90°이상에서만 다소 영향을 줄 수 있음을 보여주고 있다. 즉, 설파광탄 대역에서 표적의 영향은 엔진이 보이는 방위각 90° 이상에서만 있고 파장이 짧을수록 그 영향이 작다. 그림에서 방위각 90°의 급격한 에너지 비의 감소는 제안된 표적 모델의 엔진부가 원형의 얇은 판으로 설정되어 방위각 90°까지는 관측되지 않기 때문이다.

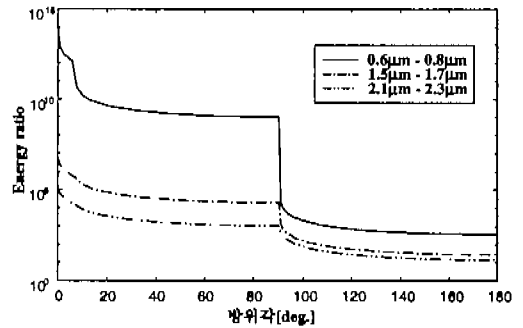


그림 10. 대역에 따른 표적과 설파광탄의 에너지 비

4. 배경 잡음의 영향

배경 잡음의 적외선 방사 모델링에서 언급한 것처럼 여기에서도 태양광의 대기에 의한 산란과 구름에 의한 반사에 의해 파생되는 에너지만을 고려한다. 산란에 의한 에너지는 항상 FOV 전체에 존재하여 거리에 따른 FOV의 면적에 의해 결정되므로, 후보 대역별로 거리에 따른 대기 산란 에너지에 대한 설파광탄 에너지 비율 그림 10에 보여주고 있다. FOV 0.34° 와 2.50°는 로켓 주사 (rosette scan) 탐색기에 사용된 순시 시계 (IFOV)와 전체 시계 (TFOV)로 주사 영상 탐색기의 IFOV와 레티클 탐색기의 FOV를 고려한 것이다^{[12]-[14]}. FOV가 작은 경우는 각 후보 대역에서 배경 에너지가 설파광탄 에너지보다 커지는 거리는 파장이 짧아짐에 따라 3.8, 3, 0.9km로 감소하고, FOV가 큰 경우는 1km정도만 떨어져 있어도 모든 후보 대역에서 설파광탄의 에

너지가 배경 에너지보다 작아진다. 즉, 파장이 짧을수록 배경 잡음의 영향을 더 받는 것을 보여주고 있다. 한편, 반사에 의한 에너지는 FOV내에 구름이 포함되는 정도에 의해 결정되므로, 후보 대역별 특성을 그림 12에 FOV내의 구름과 섬광탄의 면적비(혹은 구름의 면적)에 따른 구름 반사 에너지에 대한 섬광탄의 에너지 비로 보여 주고 있다. 파장이 가장 짧은 대역에서 표적과 같은 거리에 존재하는 FOV내의 구름 면적이 385[m²]만 되어도 섬광탄 에너지가 구름 반사 에너지의 0.06배로 떨어지는 것을 볼 수 있다. 즉, 파장이 짧은 대역에서 구름은 태양광을 반사시키는 배경 잡음으로 작용하여 섬광탄의 검출을 방해하는 심각한 요인이 될 수 있음을 보여 준다. 따라서 그림 11, 12로부터 배경을 잡음으로 고려할 때, 가능하면 파장이 긴 대역을 선정할 필요가 있다. 그러나, 파장이 길수록 3절에서 언급한 바와 같이 표적 방사 에너지의 영향이 증가하게 된다. 그러므로, 배경 잡음과 표적을 모두 고려하면, 섬광탄을 검출하기 위한 최적 대역은 1.5μm~1.7μm가 적합함을 알 수 있다.

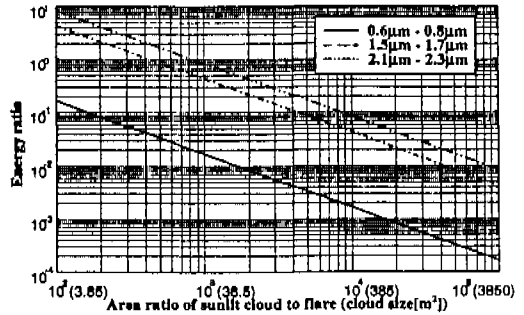
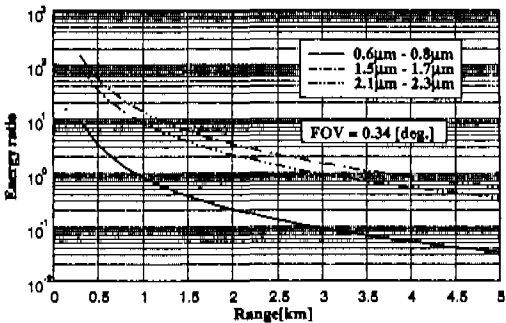


그림 12. 면적 비에 따른 대역별 구름 반사 에너지에 대한 섬광탄 에너지 비

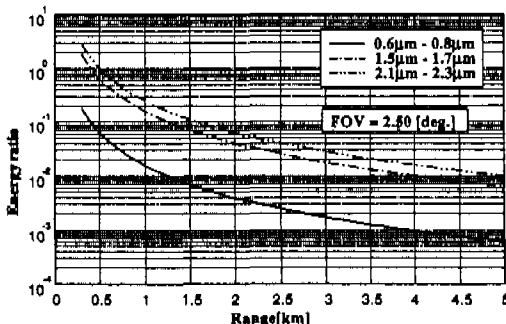
IV. 결론

섬광탄 같은 대응 능력이 운용되고 배경 잡음이 포함되어 있는 복잡한 조건에서 효율적인 표적 추적을 위해 표적 추적 시스템은 two-color 탐색기를 사용한다. 본 논문에서는 입사하는 적외선 신호에서 표적 추적에 장애가 되는 표적 이외의 신호를 제거하기 위해 두개의 검출 대역을 사용하는 two-color 탐색기의 대역을 선정하기 위한 연구를 수행하였다. 대역 선정을 위해 표적 추적과 관련한 표적, 섬광탄, 배경 잡음으로 주변 환경의 적외선 방사 특성을 분석하였다. 분석 결과, 표적의 효과적인 검출을 위한 표적 대역은 3μm~5μm가 최적으로서 기존 시스템에서 사용하고 있는 표적 대역과 잘 일치함을 확인하였고, 섬광탄 대역은 원 적외선 대역 보다 근 적외선 대역이 더 유리한 것을 확인하였다. 그리고, 근 적외선 대역에서 보다 세밀한 섬광탄 대역을 선정하기 위해 대기 투과 특성, 검출 가능 거리, 신호 간 에너지 비, 배경 잡음 영향의 파장별 특성을 분석하였다. 우선 대기 투과 특성으로부터 섬광탄 대역으로 고려할 수 있는 후보 대역들을 설정하고, 이 후보 대역들에 대해 여러 특성을 비교하였다. 섬광탄 대역에서 섬광탄 이외의 신호는 잡음으로 취급되는데, 파장이 짧을수록 배경 잡음의 영향은 많이 받으나 표적 잡음의 영향은 적게 받고, 파장이 길수록 배경 잡음의 영향은 적게 받으나 표적 잡음의 영향은 증가하는 것을 확인하였다. 따라서, 표적과 배경 잡음의 영향 아래에서 섬광탄을 검출하여 이를 효율적으로 제거시키기 위한 섬광탄 대역은 1.5μm~1.7μm 대역이 다른 후보 대역보다 적합함을 알 수 있었다.

본 논문에서 수행된 여러 적외선 신호들의 분석 결과는 two-color 탐색기 연구를 위한 중요한 자료



(a) FOV=0.34



(b) FOV=2.50

그림 11. 거리에 따른 대역별 대기 산란 에너지에 대한 섬광탄 에너지 비

로 이용될 것이다.

참고 문헌

[1] 최종수, 이상욱, 박래홍, "Color/Image Dual-Mode화 연구", 자동제어특화연구센터 1단계 완료보고서, 1997, 12.

[2] Clifton S. Fox, The Infrared & Electro-optical Systems Handbook Vol. 6 Active Electro-Optical Systems, SPIE press, 1993.

[3] David H. Pollock, The Infrared & Electro-optical Systems Handbook Vol. 7 Counter-measure Systems, SPIE press, 1993.

[4] L. Wolfe, J. Zissis, The infrared Handbook, ERIM, 1985.

[5] Richard D.Hudson, Jr, Infrared System Engineering, John Wiley & Sons Inc, New York, 1969.

[6] Michael C. Dudzik, The Infrared & Electro-optical Systems Handbook Vol. 4 Electro-Optical Systems Design, Analysis, & Testing, SPIE press, 1993.

[7] Khalil Seryrafi and S. A. Hovanessian, Introduction to Electro-optical Imaging and Tracking Systems, Artech House, Inc, 1993..

[8] 오정수, 두경수, 장성갑, 서동선, 최종수, 적외선 표적 추적 시뮬레이션을 위한 공중 표적포착 모델링, 한국통신학회 논문집, vol. 24, no 8B, pp. 1593-1600, 1999.

[9] Frederick G. Smith, The Infrared & Electro-optical Systems Handbook Vol. 2 Atmospheric Propagation of Radiation, SPIE press, 1993.

[10] G. Gaussorgues, Infrared Thermography, Chapman & Hall, 1994.

[11] Wan Haifeng, Liang zhi, Zhang qing, and Su xinzi, A double infrared image processing system using rosette scanning, pro. SPIE, Vol. 2894, pp. 2-10, 1996..

[12] 양태석, 대공 유도탄 적용을 위한 위치 센서설계 제작 및 대표적 식별 연구, 국방과학연구소, MSDC-417-950598, 1995.

[13] Sung-Hyun Han, Hyun-Ki Hong, Jong-soo

Choi, Dynamic Simulation of Infrared Reticule Seekers and an Efficient Counter-counter-measure Algorithm, Opt. Eng., Vol. 36, no. 3, pp.2341-2345, Aug., 1997.

[14] S. G. Jahng, H. K. Hong, S. H. Han, and J. S.Choi, Dynamic simulation of the rosette scanning infrared seeker and an IRCCM using the mount technique, Opt. Eng., Vol. 38, No. 5, pp. 921-928, 1999.

오 정 수(Jeong-Su Oh)	정희원
한국통신학회논문지 제24권 8B호 참조	
서 동 선(Dong-Sun Seo)	정희원
한국통신학회논문지 제24권 8B호 참조	
최 종 수(Jong-Soo Choi)	정희원
한국통신학회논문지 제24권 8B호 참조	