

# 표적 및 섬광탄의 자외선 특성 분석을 통한 효과적인 추적 대역 결정

정회원 두경수\*, 오정수\*, 장성갑\*, 홍현기\*, 서동선\*\*, 최종수\*

## Determining an effective tracking band by analysis of UV characteristics of the target and the flare

Kyung-Soo Doo\*, Jeong-Su Oh\*, Surng-Gabb Jahng\*, Hyun-Ki Hong\*, Dong-Sun Seo\*\*, JongSoo Choi\* *Regular Members*

### 요 약

대상 표적(target)을 정확하게 추적하기 위해 표적으로부터 복사되는 열 에너지를 이용하는 적외선(IR; Infrared) 탐색기(seeker)는 공대공 유도 미사일에 널리 운용되고 있다. 특히 가장 대표적인 적외선 탐색기는 레티클 탐색기이고, 저가이며 구조가 간단하다는 장점이 있다. 그러나 유도탄의 추적으로부터 자신을 보호하기 위해 운용하는 섬광탄(flare) 등의 대응능력(countermeasure)에 적외선 레티클 탐색기는 많은 영향을 받는다. 본 논문에서는 자외선(UV; Ultraviolet) 대역에서 표적과 섬광탄의 방사에너지 특성을 비교 및 분석하여 섬광탄의 영향을 효과적으로 배제할 수 있는 자외선 대역을 결정한다. 결정된 대역에서 표적의 자외선 방사에너지는 섬광탄 에너지에 비해 상대적으로 매우 작음을 확인하였으며, 섬광탄 및 표적의 검출(detection)이 가능한 검출거리를 제시하였다. 자외선 대역에서의 방사특성 연구는 섬광탄 등의 대응능력(countermeasure)에 효과적으로 대처하기 위한 반대응능력(counter-countermeasure) 기술 개발에 필요하며, 현재 선진국들이 경쟁적으로 개발하고 있는 two-color 추적 시스템 관련 연구에도 필수적이다.

### ABSTRACT

Infrared (IR) reticle seekers with a single detector have been widely used due to small size and low cost. In spite of their many advantages, IR reticle seekers are greatly affected by countermeasures (CMs) such as flares. By analysis of Ultraviolet (UV) characteristics of the target and the flare, we determine an effective tracking band to decrease the susceptibility to flares. This paper shows a low target to flare (T/F) radiant intensity ratio in the determined band, and the detection range. A study on UV characteristics of the target and the flare, will be effectively used in two-color tracking systems.

### 1. 서 론

항공요격 기술의 성능은 관련 첨단 기술의 발전에 따라 급격하게 향상되었으며, 현재 항공 무기체계의 우위를 결정하는 가장 중요한 기술 가운데 하

나이다. 따라서 고성능의 유도 시스템들이 일부 선진국에 의해 경쟁적으로 개발되며 실용화되고 있다. 그러나 선진국으로부터 관련 기술의 이전이나 관련 부품의 획득은 거의 불가능하기 때문에 독자적인 유도무기체계의 연구 개발과 기반 기술의 확보가 시급한 실정이다. 항공요격 기술의 핵심 분야 가운데 하

\* 중앙대학교 첨단영상전문대학원 영상공학과(jschoi@candy.ee.cau.ac.kr), 논문번호: 99250-0628, 접수일자: 1999년 6월 28일

\*\* 명지대학교 전자공학과

\* 본 연구는 서울대 자동차어획회센터 및 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다.

나인 유도탄은 목표물 명중하기 위해 외부의 지령이나 자체 내부의 기계적 작동에 의해 목표물 향해 접근하도록 설계된다. 특히 유도탄에서 논의의 역할을 하는 탐색기(seeker)는 대상 표적(target)을 찾고 확인한 다음, 표적을 추적하는 매우 중요한 장치이다. 사용되는 표적 신호의 특성에 따라 초고주파(microwave) 탐색기, 밀리미터파(millimeter wave) 탐색기, 적외선(IR; Infrared) 탐색기, 레이저(laser) 탐색기 등으로 구분된다<sup>1)2)</sup>. 적외선 대역의 표적 신호를 이용하는 적외선 탐색기는 수동 수신과 야간에도 작동이 가능한 장점 때문에 단거리 공대공 유도 무기에 가장 많이 운용되고 있다. 대표적인 적외선 탐색기로는 격자 형태의 레티클(reticle)과 한 개의 검출기를 사용하는 레티클 탐색기가 있다. 레티클은 검출기 앞에 장착되어 집중 수광된 표적 신호를 변조하여 위치 정보를 구하는 동시에 배경 신호 등을 필터링하는 기능을 한다. 그리고 단소자의 검출기를 사용하기 때문에 H/W 구성 및 구현이 간단하고 가격이 저렴하다는 장점이 있다. 그러나 표적과 섬광탄에 의해 방사(radiation)된 적외선 신호가 단소자 검출기에 함께 입력되므로 표적 신호만을 분리하는 것은 매우 어렵다. 따라서 유도탄의 추적으로부터 자신을 보호하기 위해 운용되고 있는 섬광탄(flare) 등의 대응능력(countermeasure)에 적외선 레티클 탐색기는 많은 영향을 받는 단점이 있다<sup>3)4)</sup>.

운용되는 대응능력에 효과적으로 대처하기 위해서는 대상 표적과 섬광탄 등에서 나오는 신호를 정확히 분리하여 표적의 신호만을 얻어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 복수 소자를 이용한 관련 연구가 기술 선진국에서 활발히 진행되고 있으며, 이는 향후 항공요격 기술의 우위를 결정하는 중요한 연구이다. 이 중에서 두 개의 적외선 대역을 이용한 추적방식은 표적의 적외선 방사특성이 주로 분포된 하나의 대역과 섬광탄의 방사특성의 대역을 사용하여 표적을 분리해 내는 방식이다. 그러나 이러한 추적 방법 역시 표적과 섬광탄이 모두 적외선 대역의 에너지를 주로 방사하고 있으므로 각 신호 대역의 선정에 어려움이 있다. 또한 적외선의 전 대역에서 섬광탄의 방사 에너지가 표적에 비해 상대적으로 높기 때문에 두 신호의 정확한 분리는 매우 어렵다<sup>5)6)</sup>. 표적과 섬광탄의 방사에너지 분포는 방사 파장 대역 상에서 약간의 차이가 있다. 즉, 표적은 표면온도에 의해 적외선 대역의 에너지를 주로 방사하는 반면, 섬광탄은 적외선 및 자외선(UV; Ultraviolet) 대역에서 에너지를 방사한다. 그러므로

검출기에 입력된 자외선 신호는 순수한 섬광탄에 의한 방사에너지로 볼 수 있으며, 이러한 자외선 대역에서 섬광탄 방사에너지를 이용하여 위치 등의 정보를 얻는다면 표적과 섬광탄의 분리가 효과적으로 이루어질 수 있다. 본 논문에서는 대기 무과특성 및 섬광탄에 의하여 방사되는 자외선 특성 및 표적에 의한 영향 등을 분석하여, 섬광탄이 운용되는 상황에서 표적을 정확하게 추적할 수 있는 자외선 대역을 결정한다. 이는 적외선 대역을 이용하여 대상 표적을 검출하고, 동시에 자외선 대역을 이용하여 섬광탄 등의 대응능력을 검출함으로써 효과적인 반대응 알고리즘을 구성할 수 있다.

본 논문의 구성은 서론에 이어, 2장에서 자외선의 대기무과 특성을 소개하며, 자외선 대역에서의 표적과 섬광탄의 특성, 자외선 대역 설정 시뮬레이션을 3, 4장에서 각각 기술하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 자외선의 대기무과 특성

본 절에서는 표적 및 섬광탄의 자외선 방사 에너지를 구하기 위해 대기무과 특성과 대기 구성 물질에 따른 해당 대역에서의 산란(scattering) 영향 등을 분석한다.

### 1. 자외선의 대기무과 특성<sup>(7-8)</sup>

자외선은 가시광선과 X선 사이에 위치한 파장 대역으로, 지구상에 입사되는 태양에너지의 약 10% 정도에 해당한다. 자외선 대역은 일반적으로 UV-A (0.315 $\mu$ m~0.39 $\mu$ m), UV-B (0.28 $\mu$ m~0.315 $\mu$ m), UV-C (0.1 $\mu$ m~0.28 $\mu$ m)의 영역으로 나뉜다. 지상에 입사되는 자외선은 지구 대기 성분에 의해 영향을 받는데, 주요 물질로는 질소나 산소, 이산화탄소, 수증기, 오존 등이 있으며, 그 이외에 에어로졸(aerosol) 등에 의한 영향이 있다. 자외선은 해면 고도 23km 정도에 집중적으로 분포하는 오존(O<sub>3</sub>)에 의해 가장 큰 영향을 받으며, 오존농도는 계절과 위도 및 측정시간에 따라 변한다. 이 오존층에 의해 유해한 자외선이 차단되고 있는데 자외선은 파장에 따라 선별적으로 오존층을 무과한다. 인체에 유해한 UV-B는 오존에 의해 거의 차단되고 있으며, 가시광선 대역인 0.45~0.75 $\mu$ m 대역에서도 오존에 의한 영향이 일부 존재한다.

### 2. Rayleigh 산란과 Mie 산란에 의한 감쇄(attenuation)<sup>(9-11)</sup>

자외선은 수증기에 의한 흡수, 그리고 대기분자

및 에어졸에 의한 산란에 의해서 영향을 받는다. 대기분자에 의한 Rayleigh 산란은  $\lambda^{-4}$ 의 비례 관계로, 파장이 짧을수록 강한 산란이 발생한다. 또한 Mic 산란은 에어졸의 반경이 0.1~1 $\mu\text{m}$ 인 경우, 입자의 크기와 파장이 같을 때 강한 산란이 일어난다. Rayleigh 산란에 의한 자외선의 대기 부과도는 Kneizys의 무과 모델을 사용하였는데, 그 표현식은 다음 식 (1)과 같다.

$$Tr = \exp\left\{\frac{-M'}{\lambda^4\left(115.6406 - \frac{1.335}{\lambda^2}\right)}\right\} \quad (1)$$

여기에서  $M'$ (= $MP/P_0$ )은 대기압력과 관련된 대기량이며,  $P_0=1013\text{mb}$ ,  $P$ 는 일정고도에서의 표면 압력을 나타낸다.

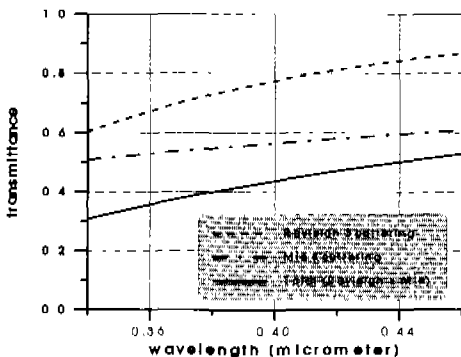
Kasten에 의한 상대적인 대기량(air mass)  $M$ 은 식 (2)와 같이 표현된다.

$$M = \left[ \cos(Z) + \frac{0.15}{(93.885 - Z)^{1.263}} \right]^{-1} \quad (2)$$

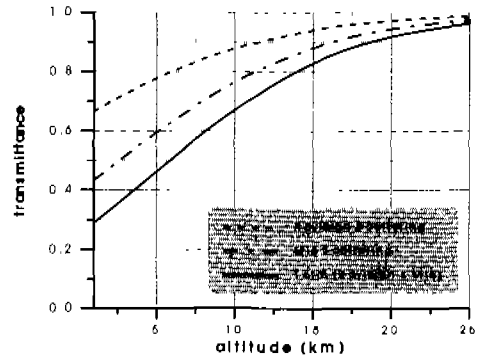
여기에서  $Z$ 는 태양의 Zenith 각도를 나타낸다. Mic 산란에 의한 자외선의 에어졸의 무과도는 다음 식 (3)으로 나타낼 수 있다

$$Ta = \exp\left(\frac{-\beta n \cdot M}{\lambda^{\alpha_1}}\right) \quad (3)$$

식 (3)은 Shettle과 Fenn에 의한 도시에서의 에어졸 무과 모델로,  $\alpha_1$ 는 파장이 0.5 $\mu\text{m}$ 보다 작은 경우  $\alpha_1 = 1.0274$ 이고, 반대로 큰 경우에는  $\alpha_2 = 1.2060$ 의 값을 갖는다. 본 논문에서는 자외선 영역을 대상으로 하므로,  $\alpha_1=1.0274$ 의 값을 갖는다. 한편,  $\beta$ 는 수직통과(vertical path)상의 에어졸의 광학적 깊이(optical depth)를 나타내는데, 여기에서  $\beta$



(a)



(b)

그림 1. 파장과 고도에 따른 자외선의 대기부과도  
(a) 파장에 따른 대기부과 곡선 (고도 5km)  
(b) 고도에 따른 대기부과 곡선 (파장 0.39 $\mu\text{m}$ )

=0.318cm atm 이다. 고도 5km의 자외선 파장 대역에서 파장에 따른 Rayleigh 산란과 Mic 산란에 의한 감쇄 정도를 그림 1 (a)에 나타내었다. 고도 5km에서 사용가능 대역인 0.36~0.45 $\mu\text{m}$  근방의 무과율은 35~50% 이다. 그림 1 (b)는 파장 0.39 $\mu\text{m}$ 에서 고도의 증가에 따른 무과율의 변화율 보인다.

고도가 높아질수록 대기분자 및 에어졸의 밀도가 감소하기 때문에 무과율이 현저히 증가됨을 확인할 수 있다.

### ■. 자외선 대역의 표적과 섬광탄 특성

본 장에서는 섬광탄 검출에 효과적인 대역을 설정하기 위해 표적과 섬광탄의 자외선 방사 특성을 분석한다. 대상 표적은 비행체이며, 주로 적외선 대역의 에너지를 방출한다. 이에 비해 표적이 운용하는 섬광탄의 에너지는 자외선 및 가시광선, 적외선 대역 모두에서 에너지를 방출한다. 본 논문에서 대상 표적을 절대온도 1500° K 로 하고, 섬광탄을 2000° K의 흑체(black body)로 설정하여 플랑크(Planck)식에 의해 계산된 표적과 섬광탄의 방사세기를 그림 2 (a), 자외선 대역에서의 방사세기를 (b)에 나타내었다<sup>[12]</sup>.

실제로 자외선 검출부에는 섬광탄 신호뿐만 아니라 태양광이 표적에 반사(reflection)되어 검출부에도 도달한 자외선 신호, 그리고 구름과 지표면에 의해 반사된 신호 등이 입력된다.

#### 1. 표적의 자외선 특성

비행 중인 표적의 표면 재질에 따른 파라미터 값을 결정함으로써 대상 표적의 복사량과 반사량 등

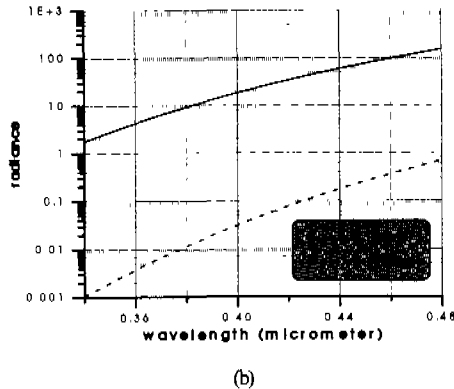
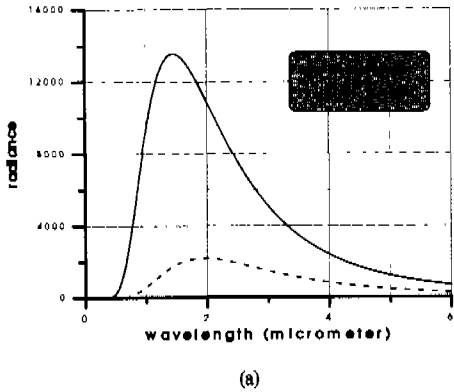


그림 2. 플랑크(Planck)식에 의해 계산된 표적과 섬광탄의 에너지 세기 비교  
(a) 전 대역에서의 방사에너지 세기  
(b) 자외선 대역에서의 방사에너지 세기

을 구할 수 있다. 에너지 보존 법칙에 따라 표면의 특성은 반사( $\rho$ ), 방사( $\epsilon$ ), 무파( $\tau$ ) 성분으로 구성된다. 표적 표면이 무파특성이 없는 불투명체( $\tau=0$ )인 경우, 표적은 반사 및 방사 에너지만을 가진다. 즉, 표적으로부터 복사되는 에너지는 태양광에 의해 표면 반사된 에너지와 표적 자체의 방사에 의한 에너지의 합이다.

표적으로부터 복사되는 자외선 에너지는 태양광에 의한 표면 시트(sheet) 반사, 표적 자체의 방사량, 엔진부에서 방출되는 자외선 방사량 등으로 나눌 수 있다. 먼저 태양광에 의해 표면 반사된 에너지는 반사 모델의 일반형인 양방향 반사모델 함수(BRDF; Bidirectional Reflection Distribution Function)에 의해 정의되며, 이는 입력원의 위치와 센서의 위치에 관한 함수이다<sup>[13]</sup>. 본 논문에서는 대상 표적의 표면을 유사 정반사(quasi specular reflection) 모델링하였으며,  $\rho$ ,  $\epsilon$ ,  $\tau$ 는 각각 0.01, 0.99, 0.00으로 설정하였다.

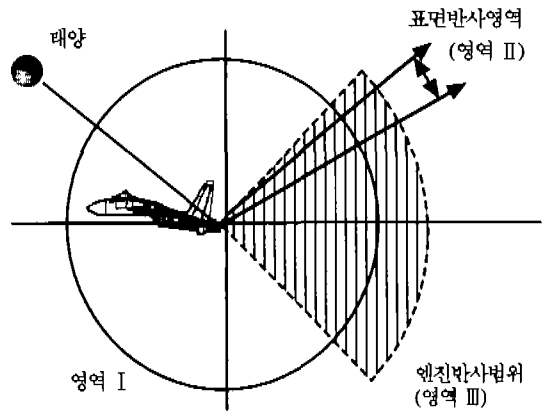


그림 3. 표적으로부터의 방사에너지 분포

그림 3은 표적으로부터 방사되는 에너지 분포를 나타낸다. 자외선 대역에서 표적 방사량은 표면 및 엔진 방사량으로 구분된다. 영역 II는 태양에 의한 표면 반사 로브와 엔진 부분이 보이는 방향에 검출기(detector)가 위치한 경우로 표적의 최대 방사 에너지가 분포한다. 영역 III은 엔진부만이 보이는 위치이며, 그 이외의 영역 I에서는 표적 신호가 검출되지 않는다. 영역 II의 경우 표적의 반사면적에 따라 방사 에너지의 양은 크게 변화하므로 태양 에너지를 반사하는 면적의 정확한 변화분이 계산되어야 한다. 그리고 표적이 불투명하여 무파되는 양이 없다면( $\tau=0$ ), 반사되는 에너지 이외의 모든 에너지는 흡수되어 자체 방사된다고 할 수 있다. 그러나 표면 시트의 온도는  $500^{\circ}\text{K}$ 를 넘지 않으므로 실제 자외선 대역에서 표적 자체로부터 방출되는 방사 에너지는 거의 없다. 본 논문에서는 표적 엔진부의 온도를  $1500^{\circ}\text{K}$ , 반경을 20cm로 설정하였으며, 이 경우 자외선 대역에서 매우 적은 에너지가 방출된다. 표적으로부터 나오는 전체 복사 에너지물 식 (4)와 같이 정의할 수 있다.

$$L_{\text{Target}} = \rho E_i \cdot A_T + (1-\rho) L_o(T) \cdot A_T + L_{T\_engine}(T) \cdot A_{T\_engine} \quad (4)$$

식(4)에서  $\rho$ 는 표면 시트에 의한 반사율,  $E_i$ 는 태양으로부터 표적 표면에 입력되는 irradiance,  $A_T$ 는 표적의 반사 면적,  $L_o(T)$ 는 온도  $T^{\circ}\text{K}$ 에서의 표적의 자체 방사량,  $L_{T\_engine}(T)$ 은 표적 엔진부에서의 방사량,  $A_{T\_engine}$ 은 엔진부의 면적을 나타낸다.

## 2 섬광탄의 자외선 특성

섬광탄은 유도 시스템의 추적을 회피하기 위해

표적 자신과 유사한 특성의 신호를 발산하는 대표적인 대응능력이다. 대부분의 섬광탄은 화학적으로 열원(heat source)에 해당하며, 흑체(blackbody) 또는 graybody의 특성을 가진다. 그 크기는 상대적으로 표적과 비교하여 훨씬 작기 때문에, 섬광탄의 온도를 높임으로써 표적의 스펙트럼 특성과 유사하도록 설계된다. 본 논문에서는 섬광탄의 온도를 2000 ° K의 흑체이며, 그 크기를 1035cm<sup>2</sup>로 가정한다. 식 (5)를 이용하여 표적으로부터 나오는 전체 복사 에너지를 구할 수 있다.

$$L_{Flare} = L_{Flare}(T) \cdot A_{Flare} \quad (5)$$

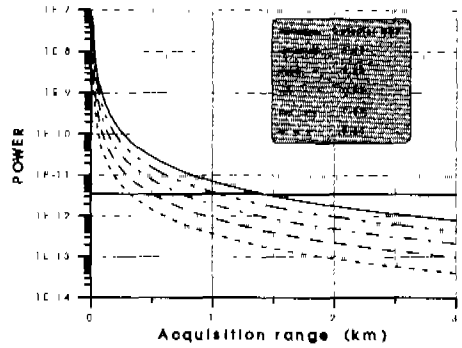
여기서,  $L_{Flare}(T)$ 와  $A_{Flare}$ 는, 절대 온도  $T$ ° K에서의 섬광탄의 방사량과 면적을 나타낸다.

#### IV. 자외선 대역의 결정

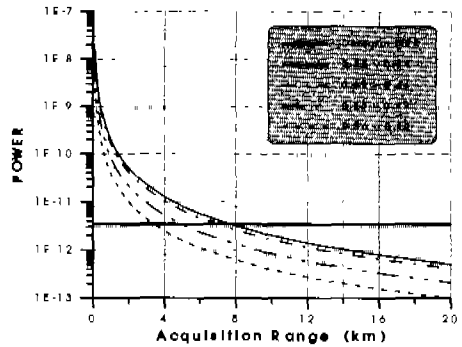
본 장에서는 표적과 섬광탄의 구분을 위한 자외선 대역을 결정하며, 해당 대역에서의 검출 거리를 제시한다.

##### 1. 섬광탄 검출 거리 계산

표적은 자신을 추적하는 유도 무기의 존재를 경고(warning) 시스템이나 육안으로 확인한 후, 섬광탄 등을 운영한다<sup>[3]</sup>. 따라서 반대응 능력(CCMs; counter-countermeasure)을 갖춘 탐색기는 섬광탄을 검출할 수 있는 검출거리의 정확한 계산이 필요하다. 일반적으로 검출거리는 대상 물체의 방사 에너지가 검출기에 의해 검출되는 유효거리로 의미한다. 본 논문에서는 검출기의 특성에 의해 결정되는 NEP (Noise Equivalent Power)값의 10배 신호가 입력되는 상황에서 대상 물체와의 거리로 검출 거리로 결정한다. 이는 표적 유무를 확인하고 추적이 가능한 표적 검출 전력(power)이며 입사된 전력이 이보다 클 경우 표적의 검출이 가능하다. 섬광탄에 의한 자외선 신호는 대기물질에 의한 산란 등의 영향으로 감쇄가 일어나며, 검출기에 입력된다. 시물레이션에 사용된 검출기는 GaP Photodiode이고, 스펙트럼 반응 구간(spectral response range)이 0.19 ~ 0.55 $\mu$ m, 최고 반응 파장(peak sensitivity wavelength)은 0.44 $\mu$ m, 검출기의 NEP는  $1.1 \times 10^{-14}$  (W/Hz<sup>1/2</sup>)이다<sup>[14]</sup>. 그림 4는 대상 검출기의 조건에 의해 각 파장 상에서 계산된 섬광탄의 검출거리를 보인다. 그림 4 (a)는 고도 5km에서 자외선의 대역 폭을 0.01 $\mu$ m로 사용할 때의 검출거리를 나타낸다.



(a)



(b)

그림 4. 일정 파장 대역에서의 자외선 검출거리 계산  
(a) 고도 5km에서 단일 파장의 검출 거리  
(b) 고도 5km에서 일정 파장대역의 검출 거리.

이러한 대역을 사용할 경우, 검출거리는 1.5km를 넘지 못한다. (b)는 자외선의 일정 대역폭을 설정하여 계산된 검출거리의 결과이다.

##### 2 표적과 섬광탄의 자외선 방사량 비교

본 절에서는 자외선 대역에서 표적 및 섬광탄의 상대적 신호비를 제시한다. 표적의 자외선 방사량은 태양광에 의한 표면 반사에 의한 것이 대부분이며, 반사면적과 반사율에 의해 크게 영향을 받는다. 그림 3의 영역 II에서는 표적의 반사면적에 따라 섬광탄의 검출 여부가 결정된다. 그 이외의 영역 I, III에서는 섬광탄에 비해 상대적으로 매우 적은 에너지를 방사하는 표적 엔진부의 방사에너지지만 감지되므로 섬광탄의 검출이 가능하다. 예를 들면, 영역 II에서 표적의 반사면적이 섬광탄 면적의 100배(반사면적 10m<sup>2</sup>)인 경우, 에너지 비에 의해 자외선 대역에서는 항상 섬광탄의 검출이 가능하다. 반면 반사면적이 500배(50m<sup>2</sup>) 정도로 극도로 커지게 되면, 섬광탄에 의한 방사량 보다 표적의 반사에 의한 반

사량이 커지게 되어 방사 에너지 비(ratio)만으로는 선험판의 검출이 불가능하게 된다. 따라서 자외선 대역에서 선험판 검출이 가능한 표적의 최대 방사 면적에 대한 고려가 필요하다.

고도에 따라 선험판의 검출이 가능한 표적의 최대 방사면적을 그림 5에 나타내었다. 일반적으로 고도가 높아짐에 따라 대기성분이 희박해지므로, 대기 투과에 따른 감쇄 요인이 감소되어 비행체 표면에 입사되는 에너지는 상대적으로 커지게 된다.

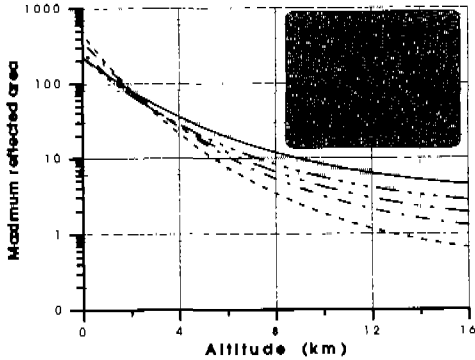


그림 5. 고도에 따른 표적의 검출 가능한 최대 방사면적.

이에 따라 고도의 상승에 따라 검출 가능한 최대 방사면적이 감소함을 확인할 수 있다. 위 그림으로부터 표적이 해면 고도 6Km(약 20,000ft) 상공을 비행하고 있고, 표적의 방사면적이 20m<sup>2</sup> 이하의 크기일 때는 자외선 대역(0.36~0.44μm)을 이용한 선험판의 검출은 가능하다. 본 논문에서는 표면 시트의 반사계수(reflectivity)인 ρ는 0.01로 하였다. 이는 현재 일반적인 전투기의 표면 반사율 자료에 의한 것이며, 표면 반사율을 최소로 하는 스텔스(stealth) 연구도 활발히 진행되고 있다<sup>15,16</sup>. 표적의 표면 및 엔진부의 온도는 각각 300° K와 1500° K이며, 표면의 방사면적은 선험판의 100배(방사면적 10m<sup>2</sup>), 엔진부는 반경 20cm인 원통형으로 설정하였다.

3. 자외선 대역의 설정

본 절에서는 표적의 검출 가능 거리 및 유효 면적 등의 결과물 바탕으로 효과적인 자외선 대역을 결정한다. 일반적으로 검출거리가 가장 크게 하기 위해 적외선 대역폭을 넓게 사용할 수 있다. 그러나 대역폭의 무리한 확대는 표적의 방사량도 상대적으로 증가하여 표적과 선험판의 구분이 어렵게 되며, 따라서 자외선 대역의 적절한 설정이 필요하다.

자외선 감쇄 물질 중 가장 중요한 성분인 오존(O<sub>3</sub>)은 0.01~0.35μm, 0.45~0.7μm 대역에서 많은 영향을 미치며, 주변 환경에 의해 수시로 부과율이 변한다<sup>17</sup>. 따라서 오존의 영향을 최소화하기 위해 0.36μm~0.38μm를 시작 대역으로 설정한다. 또한 표적과 선험판 신호 성분의 효과적인 분리를 위해 표적으로부터 방사되는 에너지 대역을 제외해야 한다. 표적 엔진부로부터의 에너지는 0.43μm~0.44μm 대역에서부터 방사되기 시작하므로, 표적 신호가 검출기에 입력되는 것을 최소화하기 위해 이 대역까지로 고려 대역을 한정한다.

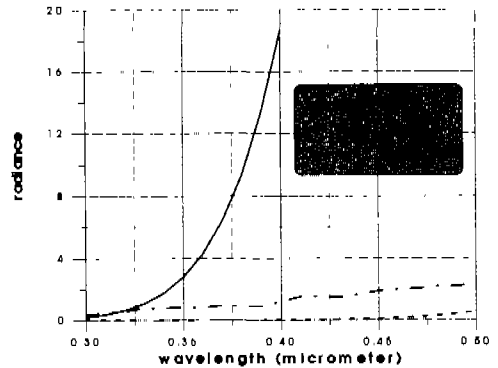


그림 6. 검출기 위치에 따른 표적 및 선험판의 방사량

그림 6은 앞서 그림 3의 영역 II에서 3m<sup>2</sup>의 방사면적과 엔진부로부터의 방사량을 합한 표적 방사량이고, 영역 III은 엔진 방사만에 의한 방사량으로 선험판의 방사량과 비교하여 나타내었다. 엔진부에 의한 방사는 약 0.43μm~0.44μm 대역에서부터 시작되며, 엔진부의 절대온도가 상승하면 더 낮은 자외선 대역에서도 에너지가 방출한다.

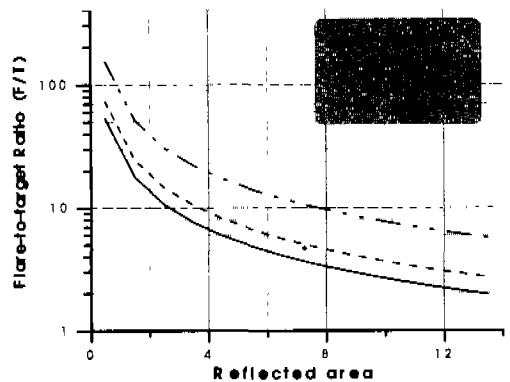


그림 7. 표적의 방사면적에 따른 표적과 선험판의 방사량 비(ratio)

그림 7은 일정 자외선 대역에서 표적의 방사면적에 따른 섬광탄과 표적의 방사량 비(ratio)를 나타낸다. 0.37~0.42 $\mu\text{m}$  또는 0.38~0.42 $\mu\text{m}$  대역의 경우, 방사면적이 10m<sup>2</sup>일 때 표적과 섬광탄의 방사량 비(ratio)는 각각 2.7, 3.8 이 된다. 한편 0.37~0.43 $\mu\text{m}$  대역의 경우는 동일 방사면적에서 표적과 섬광탄의 방사량 비(ratio)가 8.7 이 된다. 결국 자외선 대역에서 섬광탄과 표적에 의한 방사량 비가 상대적으로 매우 클수록 섬광탄만의 검출이 가능하다. 즉, 섬광탄으로부터 방사되는 자외선 대역의 에너지를 이용하여 섬광탄의 존재와 그 위치를 구하고, 또 하나의 자외선 대역의 에너지를 이용하여 표적신호를 검출하는 two-color 대역의 탐색기를 구성할 수 있다. 결론적으로 오존(O<sub>3</sub>)의 영향과 표적 엔진부의 자외선 방사 에너지를 고려하고, 표적의 방사면적에 따른 섬광탄의 방사량 비(ratio)를 고려할 때 0.37~0.43 $\mu\text{m}$  대역이 가장 효과적이라고 할 수 있다

### V. 결론

표적이 운용하는 섬광탄은 표적에서 방사되는 에너지와 유사한 방사 특성을 가지도록 설계되어 미사일의 추적을 회피하기 위한 수단으로 사용된다. 섬광탄이 존재하는 상황에서도 표적을 정확하게 추적하기 위해서는 표적신호와 섬광탄 신호를 분리해 내야 한다. 그러나 기존의 자외선 단소자를 사용하는 레티클 탐색기는 표적 및 섬광탄 신호가 혼합되어 입력되므로 섬광탄에 효과적으로 대처하기 매우 어렵다. 본 논문에서는 섬광탄의 영향을 배제하기 위해 자외선 대역의 방사 에너지를 이용한 방법을 제안하였다. 결정된 자외선 대역에서 표적 및 섬광탄의 검출 거리와 방사 에너지의 비율 구하였으며, 이는 적외선과 자외선 대역을 동시에 사용하는 two-color 탐색기 개발에 응용될 예정이다.

### 참고 문헌

[1] 광군본부 편저, 현대항공무기총람, 군사문제 연구소, 1993.11.  
 [2] J. H. Blakelock, Automatic Control of Aircraft and Missile-2nd Edition, John Wiley and Sons., 1991.  
 [3] J. J. May and M. E. Van Zee, "Electro-Optic and Infrared Sensors", Microwave Journal, pp.121-131, Sept. 1983.

[4] R. D. Hudson, Jr., Infrared Systems Engineering, pp.235-263, John Wiley and Sons, 1969.  
 [5] 한성현, 홍현기, 최중수, "적외선 레티클 탐색기의 동적 시뮬레이션 및 효율적인 반대 응 알고리즘", 한국통신학회 논문집, 21권, 12호, pp.3165-3173, 1996 .  
 [6] H. K. Hong, S. H. Han, and J. S. Choi, "Simulation of an improved reticle seeker using the segmented focal plane array", Optical Engineering, Vol.36, No.3, pp.883-888, 1997.  
 [7] Piers M. De F. Forster, "Modeling Ultraviolet Radiation at the Earth's Surface. Part I: The Sensitivity of Ultraviolet Irradiances to Atmosphere Changes", Journal of Applied Meteorology, Vol.34, pp.2412-2425, 1995.  
 [8] H. Schwander, P. Koepke and A. Ruggaber, "Uncertainties in modeled UV irradiances due to limited accuracy and availability of input data", Journal of Geophysical Research, Vol.102, No.D8, pp.9419-9429, April 1997.  
 [9] R. E. Bird and C. Riordan, "Simple Solar Spectral Model for Direct and Diffuse Irradiance on Horizontal and Tilted Planes at the Earth's Surface for Cloudless Atmospheres", Journal of Climate and Applied Meteorology, Vol.25(1), pp.87-97, 1986.  
 [10] Bucholtz, M. and W. Ambach, "Rayleigh scattering calculations for the terrestrial atmosphere", Applied Optics., Vol.34(15), pp.2765-2773, 1996.  
 [11] Sasha Madronich and Siri Flocke, "Theoretical Estimation of Biologically Effective UV Radiation at the Earth's Surface", NATO ASI Series, Vol. I 52, pp.23-48, 1997.  
 [12] George J. Zissis, IR/EO Systems Handbook, Vol.1, pp.3-45, 1993.  
 [13] William L. Wolfe, Introduction to Radiometry, pp.32-37, 1998.  
 [14] Hamamatsu photonics K.(Solid State Division), Opto-semiconductors Condensed Catalog, Catalog No. KOTH0001E02, pp.7, Mar., 1997.  
 [15] David H. Pollock, IR/EO Systems Handbook, Vol.7, pp.22-23, 1993.  
 [16] Doda, D. D. and A. E. S. Green, "Surface reflectance measurements in the UV from an

