

위성 영상에 대한 대기 경로 MTF

Atmosphere Path MTF for Satellite Image

조 영 민

한국항공우주연구원 위성응용연구그룹

ymcho@kari.re.kr

일반적으로 영상의 품질은 관측 영상 기기의 성능 뿐 만 아니라 관측 대상 및 관측 환경의 상태에 많은 영향을 받는다. 특히 영상의 해상도는 관측 대상 및 환경의 상태에 민감하다. 따라서 관측 영상 기기의 최적 개발을 위해서는 관측 대상 및 환경이 영상 품질에 미치는 영향을 분석하여 기기의 성능이 개발 목표를 정확히 만족하는지를 검토해야하고 원하는 영상 품질이 달성되는 관측 대상 및 환경 조건에 대한 연구를 수행하여야 한다.

위성 영상에 있어서 대기는 매우 중요한 관측 환경 요소로서 대기의 상태에 따라 위성 영상의 품질이 크게 좌우된다. 대기의 주요 영향으로서 대기의 복사에너지 산란 및 흡수에 의한 위성 영상의 선명도와 해상력 저하를 들 수 있다. 기존의 연구에서는 주로 수평선 방향의 육안 관측 또는 저층 대기의 경사 경로 관측에 대한 대기의 Modulation Transfer Function (MTF) 특성을 대기 투과율 위주로 다루었으며, 대기 MTF의 파장별 특성과 대기의 여러 변수들 및 관측 조건에 대한 충분한 고찰은 이루어지지 않았다.

한편, 미 공군에서 개발한 대기 복사 특성 분석 프로그램인 LOWTRAN^[1] 또는 MODTRAN은 대기의 여러 상태 및 태양/표적/관측자 위치에 대한 대기 복사 특성 분석을 가능하게 하였으며 주로 위성 영상 기기의 입사 복사 총량 계산에 많이 사용되었다.

다목적 실용위성과 같은 지구 관측 위성의 영상에 있어서는 주로 대기의 수평적 특성보다는 대기 전층에 걸친 수직 특성이 중요하고 위성의 실제 관측 상황에 적합한 대기의 상태 및 관측 위치 등에 대한 충분한 고찰이 필요하다. 본 연구에서는 다목적 실용위성과 같은 지구 관측 위성의 영상을 위하여 주로 가시광 및 근적외선 영역에서 MODTRAN을 사용하여 위성의 관측 상황에 적합한 대기의 파장별 MTF 특성을 연구하였다.

대기의 산란 및 흡수로 인하여 대기를 통과하는 광 에너지의 일부는 손실된다. 즉 지상의 물체에서 반사 또는 방출되는 복사량 중에서 대기의 광 투과율 만큼의 복사량 만이 대기를 통과하여 위성 영상 기기에 도달하게 된다(Fig. 1). 이는 지상 물체의 광신호가 광투과율의 비율로 감소되는 것을 의미한다. 대기의 산란에는 기체 분자에 의한 Rayleigh 산란과 aerosol에 의한 산란이 있으며 대기의 산란광이 물체의 신호광과 함께 위성 영상 기기에 입사하게 된다. 산란광은 물체 신호광에 대한 잡음(Noise)으로서 영상의 선명도 및 해상력 저하를 초래한다. 위성 궤도에 도달하여 영상 기기에 입사하는 전체 복사량 L_t 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$L_t = T_a L_g + L_p \quad (1)$$

여기서 T_a 는 지상 물체로부터 위성 영상 기기까지 경로에 대한 대기 광 투과율이고,

L_g 는 지상 물체의 복사량(Radiance)이고,

L_p 는 위성 영상 기기에 입사하는 대기 산란의 복사량(Path Radiance)이다.

지상 물체의 광 분포는 식(1)에 의해 변환되어 위성 영상 기기에 입사하므로 대기 경로에 대한 단색 광 MTF는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$MTF_p = \frac{1}{1 + \frac{L_p}{T_a L_b}} \quad (2)$$

여기서 L_b 는 지상 표적 물체의 배경에 대한 지상 복사량(Radiance)이다.

흔히 사용되는 표준 대기 모델인 1976 US Standard 대기 모델에서 가시 거리(Visibility)가 23km이고 태양이 천정거리 각 45° 로 지상을 비추고 있고 저궤도 위성 고도의 영상 기기가 연직 하방의 지상

물체를 촬영하는 경우에 대해 MODTRAN을 이용하여 대기의 광투과율과 단일 산란(Single Scattering)에 의한 대기 산란 입사 복사량을 가시광과 근적외선의 범위에서 파장별로 구하였다(Fig. 2, 3). 복사량이 파장에 대해 일정한 지상의 배경에 대해 대기 경로의 단색광 MTF를 몇 가지 지상 복사량 값들에 대해 구하였다(Fig. 4). 가시광 영역에서 파장이 짧을수록 광투과율이 떨어지고 산란광이 많아져 대기 경로 MTF 값이 작아지며 대기 경로 MTF 값의 파장별 변화는 광투과율보다는 대기 산란 입사 복사량의 파장 특성에 더 의존하는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 저궤도 위성의 관측 상황에 적합한 대기의 파장별 MTF 값을 구하였으며, 본 연구의 결과는 위성 영상 기기의 체계 성능 분석 및 영상 품질 평가에 이용될 수 있을 것이다.

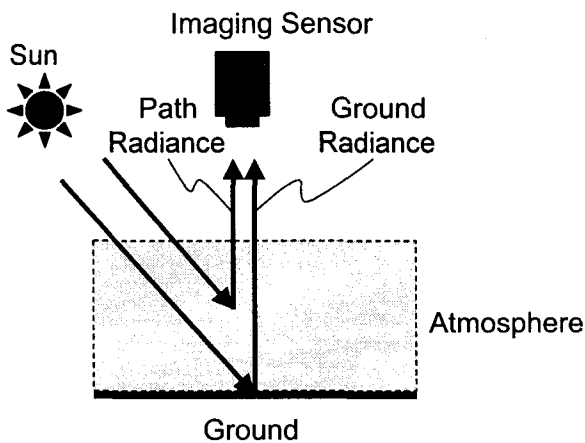


Fig. 1 Remote Ground Observation through Atmosphere

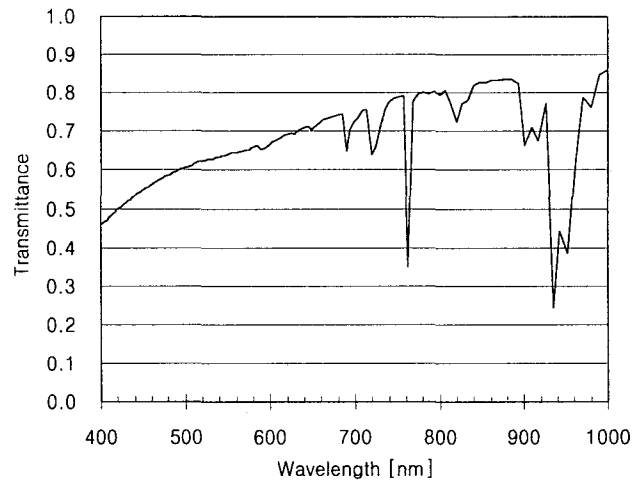


Fig. 2 Atmosphere Transmittance Spectrum (1976 US standard model, Visibility 23km, Nadir view from satellite, Sun zenith 45°)

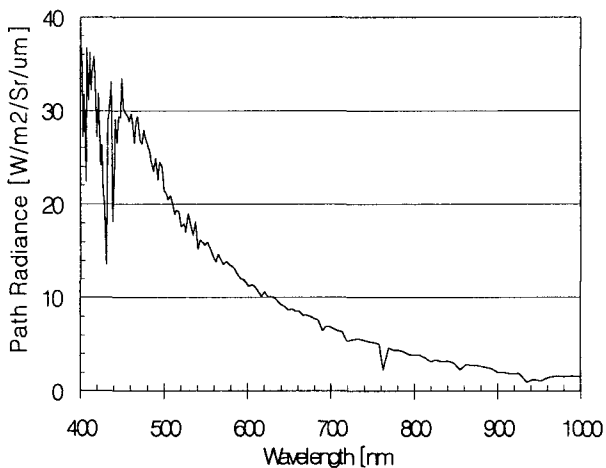


Fig. 3 Atmosphere Path Radiance (1976 US standard model, Visibility 23km, Nadir view from satellite, Sun zenith 45°)

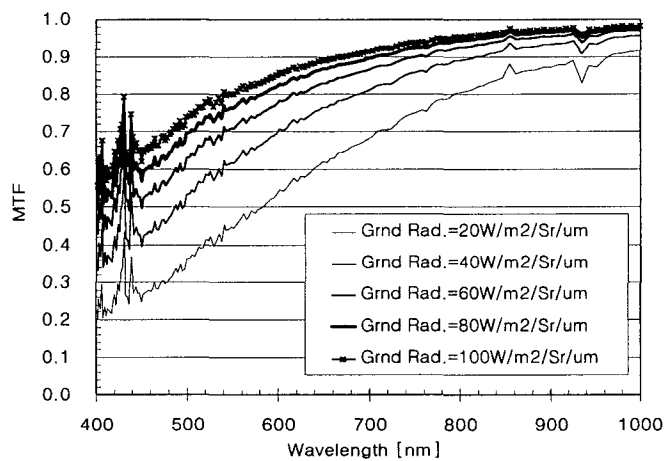


Fig. 4 Atmosphere Path MTF (1976 US standard model, Visibility 23km, Nadir view from satellite, Sun zenith 45°)

참 고 문 헌

[1] F.X. Kneizys, E.P. Shettle, L.W. Abreu, J.H. Chetwynd, G.P. Anderson, W.O. Gallery, J.E.A. Selby, S.A. Clough, Users Guide to LOWTRAN 7, AFGL-TR-88-0177, Hanscom AFB, MA, 1988.