

과학기술위성2호 부탑재체 초기 설계: 위성레이저정밀거리측정용 반사경

Preliminary Design of STSat-2 Secondary Payload: a Laser Reflector Array for Satellite Laser Ranging

이준호¹, 김병창², 김도형¹, 이상현¹, 임용조¹

¹한국과학기술원, 인공위성연구센터, ²한국과학기술원, 기계공학과
jhl@satrec.kaist.ac.kr

I. 서론

2005년 국산 소형위성 발사체에 탑재되어 발사 될 예정으로, 과학기술위성2호의 개발이 2002년 10월부터 시작되었다. 과학기술위성2호는 약 100kg의 소형위성으로, 경사각 60~80°의 300km x 1500km 타원궤도에 발사될 것으로 예상되고 있으며, 라만- α 태양촬영망원경(LIST, Larman- α Imaging Solar Telescope)과 레이저정밀거리측정용 반사경이 각각 주 및 부 탑재체로 탑재될 예정이다.

위성레이저정밀거리측정(SLR, Satellite Laser Ranging)이란 지상국과 위성간의 거리를 가장 정확하게 측정할 수 있는 측지학적 기술이다. 지상국에서 위성에 발사된 레이저 펄스는 위성에 설치된 코너 큐브 반사경(LRA, Laser Reflector Array)에 의해 온 방향으로 되돌아가게 된다. 이 때 지상국은 레이저 펄스의 총 이동 시간을 측정함으로써 지상국과 위성간의 거리를 측정하게 된다. 그림-1에 SLR 개념이 보여주고 있다. 현재 SLR 전용위성의 경우 1cm 정밀도의 위치 및 궤도 정보를 결정할 수 있으며, 과학기술위성2호의 경우 인근 중국상하이위성추적원에서 추적할 경우 약 ~5m의 정밀도의 정확도로 위성 위치 및 궤도를 결정할 수 있다.

과학기술위성2호는 최초의 국산 소형위성 발사체(KSLV-1)에 의하여 발사되고, 기존의 과학기술위성 (우리별 위성 포함) 및 다목적 위성과는 달리 타원 궤도를 갖도록 설계되어 있으므로, 정밀한 위성 추적과 이에 따른 정밀 궤도 결정 및 궤도 변이의 관찰이 필요하게 된다. 더욱이, 통상적으로 GPS 시스템을 이용하는 경우 약 3-4km의 정확도를 갖고, 우리별3호의 경우와 같이 GPS 기기 고장으로 인한 궤도 정보 획득이 어려운 경우를 고려하면 수동 탑재체인 LRA의 중요성은 강조되지 않을 수 없다. 또한, SLR은 위성의 위치/궤도 결정 이외에 측지학 (Geodesy, 좌표계 중심 결정), 우주과학, 지질학 (지각이동 등), 자원탐사 (중력장 연구), 대기과학 (대기성분 추출), 천문 및 위성 관측 (적응광학) 등 다양한 분야에 응용되고 있다.

II. 본론

LRA는 총 9개의 코너 프리즘으로 이뤄진 프리즘 조합으로 표-1 a) 및 b)에 나타나 있다. 9개의 프리즘은 지상국과 위성의 각도(Elevation Angle)이 62°미만일 때 관측 할 수 있도록 설계하였으며, 이때 Elevation 및 Azimuth 각에 따라 레이저에 반사되는 실제 광학면적이 달라진다. 표-1 c)에 계산된 유효면적 계산 결과 0°

Elevation Angle의 경우 약 6개의 코너 프리즘의 효과를 갖고 있으며, Elevation Angle이 커질수록 거의 선형적으로 유효 면적이 줄게 된다. 또한 이러한 유효 면적과 반사경, 펄스 레이저 에너지, 대기효과, 빔 분산(Divergence), 위성 속도 수차(Velocity Aberration) 등을 고려하였을 때 받는 광자의 수를 계산하였으며, 계산결과는 표-3 a)에 정리된 식과 같으며, 현재 예상되는 전 궤도 및 관측각 (62° Elevation Angle 이하)에 대하여 약 4개 이상의 양자를 검출 할 수 있으며, 각 실제 거리별 관측 양자수를 표-3 b)에 정리하여 놓았다.

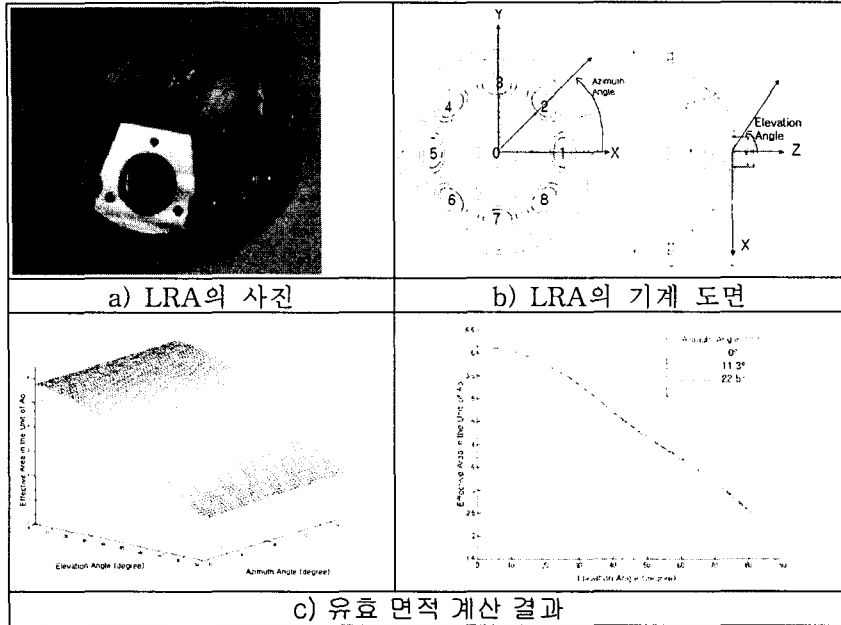


표 1 LRA의 사진 및 기계 도면 및 유효 면적

<p>E : Stopping distance from the ranger to the RR</p> <p>L_{LRA} : Effective Diameter of the RR</p> <p>k_{LRA} : Transmission coefficient of fused silica RR</p> <p>L_R : Diameter of receiving aperture</p> <p>k_R : Transmission coefficient of receiving telescope</p> <p>η : Quantum efficiency of photon receiver</p> <p>α : Margin (Possible reduction of reflection pattern levels due to technological deviations of real RRS from ideal ones)</p>	<p>E_T : Transmitted Energy, J</p> <p>$E_{ph} = h\nu$: Photon energy at working wavelength, $E_{ph} = h\nu = 3.74 \times 10^{-19}$ J</p> <p>K_T : Transmission Coefficient of optical transmitting telescope (0.7)</p> <p>T : Atmospheric transmission coefficient in Zenith</p> <p>θ_l : Divergence of laser beam</p> <p>θ_{LRA} : Divergence of RR (LRA)</p>
--	--

표 2 변수 정의

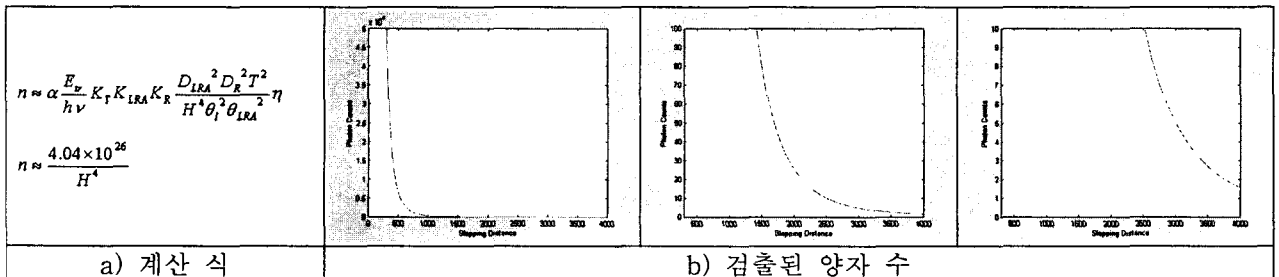


표 3 지상에서 받는 광자 수 계