

## 국내의 SLR 기술개발 현황

### Current Status of the Satellite Laser Ranging Technology

김용기, 김덕현, 임권, 이성만, 차병현

한국원자력연구소, 양자광학기술부

kimyg@kaeri.re.kr

Satellite Laser Ranging (SLR) 기술은 레이저와 광학 기술을 이용하여 인공위성의 고정밀 궤도 측정과 우주에 떠돌고 있는 우주 잔해물들의 고정밀 추적을 통하여 우주선 및 위성과의 충돌을 방지할 수 있는 기술이며, 최근 들어서는 군사 방위, 지구과학, 천문우주, 기상 등 여러 분야에서 활용하고 있는 첨단 기술이다. 이 SLR 기술은 1964년 NASA에서 Q-스위치 Ruby 레이저를 이용하여 처음 연구<sup>(1)</sup>를 시작하였으며 현재는 세계적으로 약 43 곳에 설치되어 운용 중에 있으며, 북한도 1곳에서 설치 운용 중이나 정확한 용도는 알려져 있지 않다.

SLR 시스템 구축 시 요구되는 기술로는 레이저, 광학, 센서 및 제어계측, 전기전자 등의 핵심기술들로 구성<sup>(2)</sup>되어 있으며 국가 경제산업에 있어서도 매우 중요한 최첨단 기술들이라 할 수 있다. 그러나 이들 핵심기술들은 선진국으로부터 기술도입이 어렵기 때문에 국내 개발을 위한 연구가 진행 중이다. 우리나라의 국가 우주개발 계획에 따라 향후 발사 예정인 과학기술위성 2호에는 레이저 반사경을 탑재할 것이며, 이와 연계하여 우리나라가 보유 중인 위성들의 정밀궤도 결정시스템 확보 및 기존 위성 추적 시스템의 교정(calibration) 및 다른 추적 시스템과의 상호보완에 SLR을 이용할 계획이다. 그림 1은 SLR 시스템의 동작 모습과 9000여개에 이르는 우주 잔해물의 모습이며 이들 잔해물에 대한 정보는 미국의 북미우주방위사령부(NORAD)에서 매우 제한적으로 제공한다. 그림 2는 SLR의 응용분야 및 43곳의 ILRS 국제망 현황을 보였다.

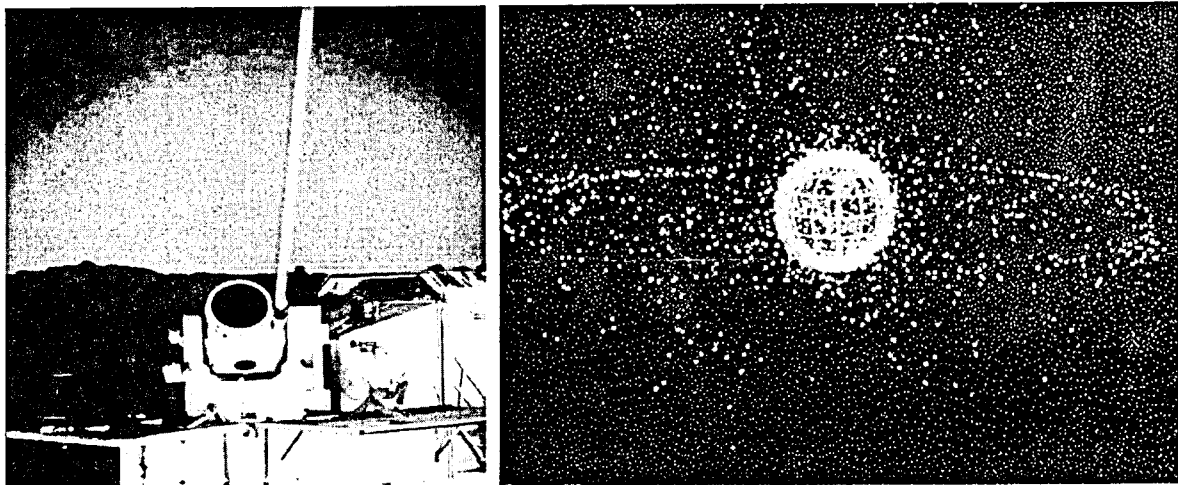


그림 1. SLR의 동작 모습과 지구 주변 우주의 우주 잔해물 분포도.

SLR에 사용되는 레이저는 첩보위성의 고도인 지상 수백 km에서 정지 위성 궤도인 20,000 km 까지 빔이 도달하여야 하는 관계로 레이저 빔의 발산(divergence)가 작아야 할 뿐만 아니라 위성의 크기가 작은 관계로 레이저 빔의 방향지향성인 포인팅 안정성(pointing stability)가 매우 우수하여야만 한다.

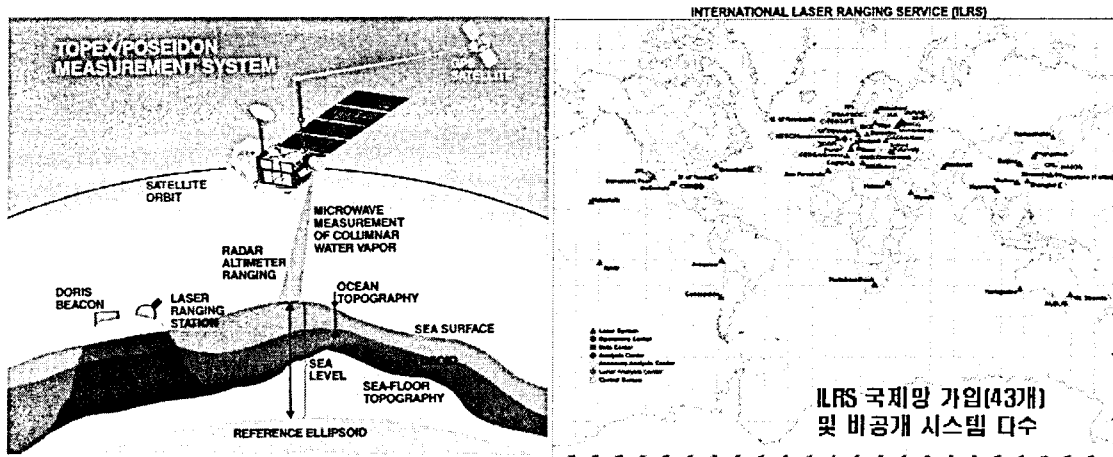


그림 2. SLR의 응용분야 및 43곳의 ILRS 국제망 현황.

이러한 조건에 부합하는 레이저 공진기로는 Self Filtering Unstable Resonator(SFUR)<sup>(3)</sup>를 선정하여 연구하였다. 이 SFUR 공진기 레이저는 공진기 내에 위치하는 aperture의 필터링 효과에 의해 공진기 내에서 발생하는 여러 종모드의 발생을 억제할 수 있어 단일모드 빔 발생에 유리하며, 빔 발산이 매우 작으며, 고에너지의 빔 발생이 가능한 장점을 가지고 있다. 안정적인 mode-locking 펄스 발생에는 passive mode-locking이 active mode-locking보다 유리하며 사용 편리성을 고려하여 semiconductor saturable absorber와 함께 사용할 것이다. 표 1은 국내에서 개발하고자 하는 SLR 레이저 파라메타이다. SLR 연구에 필요한 레이저는 전 세계적으로 95% 이상이 펄스폭이 짧고 피크파워가 높은 mode-locked Nd:YAG 레이저(1064 nm)의 이차조화파인 532 nm 파장을 사용하고 있으며, 펄스당 에너지는 30~300 mJ, 펄스폭 10~300 ps, 레이저 반복율 10 Hz, 빔 사이즈 10~15 mm를 국내에서 개발 중이다. 이와 더불어 1 m 직경의 망원경, 인공위성 추적을 위한 추적마운트, 송수신 광학계, 운용 S/W 및 시스템 컨트롤러 등을 국내의 연구기관에서 설계개발 중이다. 현재 반사경이 없는 위성(침보위성) 또는 우주 잔해물의 추적은 현재 미국 및 호주의 몇 개의 시스템만 가능하며, 그 외 대부분의 SLR 시스템이 반사경을 장착한 인공위성만 추적이 가능하며 향후, 반사경 없는 위성 및 cm급 우주 잔해물을 추적에는 300 mJ 이상의 고에너지 300 ps 정도의 펄스폭을 가진 레이저가 필요하며 이를 위해 점진적인 연구와 개발이 이루어질 것이다.

표 1. 국내에서 개발하고자 하는 SLR 레이저 파라메타.

국가	위치	레이저 파라메타									수신 망원경 직경 (cm)	설치 연도
		레이저 종류	주파장 (nm)	주파장 에너지 (mJ)	부파장 (nm)	부파장 에너지 (mJ)	펄스 폭 (ps)	반복율 (Hz)	증폭단 수	빔지름 (mm)		
한국	?	Mode-locked Nd:YAG	1064	-	532	40	100	10	2	10-15	100	?

참고문헌

1. H. H. Plotkin, T. S. Johnson, P. L. Spadin, and J. Moye, *Proc. IEEE*, Vol. 53, 301 (1965).
2. J. J. Degnan, *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, Vol. GE-23, 398 (1985).
3. P. D. Lazzaro, T. W. Hermsen, C. Zheng, *IEEE J. Quantum Electron.*, Vol. 24, 1543 (1988).

