

지역위성항법시스템 기반의 SSV 서비스 효용성 연구

임덕원*, 신미리, 고대호, 김중표

*한국항공우주연구원

dwlim@kari.re.kr, maryshin@kari.re.kr, dhko@kari.re.kr, jpkim@kari.re.kr

A feasibility study on SSV(Space Service Volume) service by regional navigation satellite system

Deok Won Lim*, Miri Shin, Dae Ho Ko, Jung Pyo Kim

*Korea Aerospace Research Institute

요약

본 논문은 위성항법시스템에서 적용하고 있는 SSV(Space Service Volume) 서비스 개념을 소개한다. 또한, 기존의 전지구 위성항법시스템에서 고려하고 있는 SSV 서비스 특징을 요약하고, 지역위성항법시스템 기반의 SSV 서비스 효용성을 분석하였다.

I. 서 론

위성항법시스템은 보통 TSV(Terrestrial Service Volume)에 서비스를 제공하지만 최근 SSV(Space Service Volume)에도 서비스를 활용하는 연구 및 실사례가 증가하고 있다. 특히, 최근에는 달(Lunar) 임무에서도 항법 위성 신호를 적용하려는 계획이 발표된 바 있다.

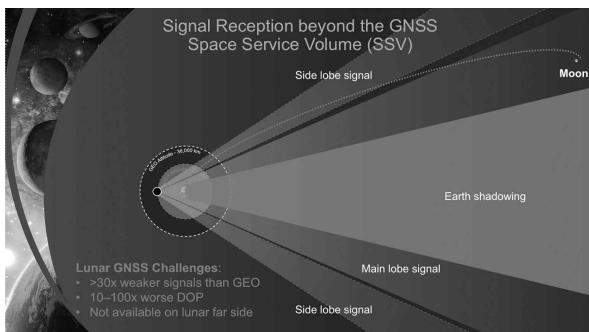


그림 1. SSV 서비스 개념 및 활용 계획

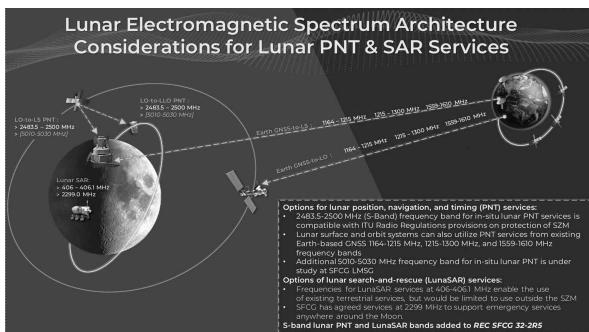


그림 2. SSV 서비스의 달(Lunar) 임무 활용 계획

본 논문에서는 위성항법시스템에서 정지궤도(GEO) 위성과 경로궤도(IGSO) 위성을 활용하는 지역위성항법시스템 기반의 SSV 서비스 효용성

연구의 일환으로서 정지궤도 사용자 및 달 임무 사용자를 고려하여 수신 전력을 분석하였다.

II. 본론

항법 위성과 SSV를 활용하는 사용자 위성간의 거리는 다음 식(1)과 같고, 항법 위성과 사용자 위성이 모두 정지궤도 위성이라고 가정하면 그림 1과 같이 주어진다. 이때 지구에 의해 차폐되는 항법 위성 신호의 방사 각도는 약 9.4도이다.

$$R(\theta) = R_{Sat} \cdot \cos(\theta) + \sqrt{R_{User}^2 - R_{Sat}^2 \cdot \sin^2(\theta)} \quad (1)$$

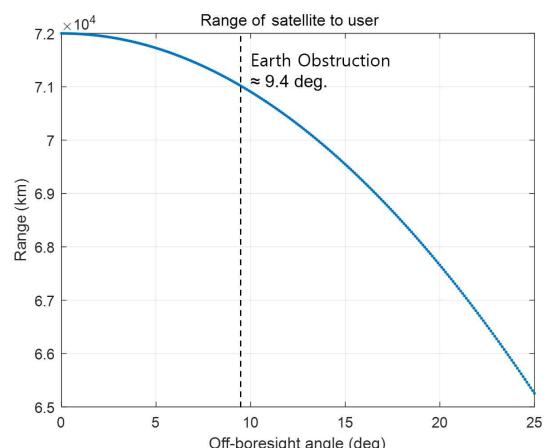


그림 1. 항법 위성과 SSV 사용자 위성간의 거리

항법 위성과 SSV를 활용하는 사용자 위성간의 거리와 신호 주파수에 따른 자유공간 손실은 식(2)와 같다.

$$FSL(\theta) = -20 \log_{10} \left(\frac{4\pi R(\theta) f}{c} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda}{4\pi R(\theta)} \right) \quad (2)$$

위성항법에서 주로 사용하는 5가지 주파수에 대하여 식(2)와 지역위성항법시스템의 송출전력과 안테나 패턴을 고려하면 그림 2와 같이 SSV 사용자 위성에서의 수신전력을 계산할 수 있으며, 일반적인 항법 안테나의 Cut-off Angle인 23도와 20도 인 경우에 대하여 확인하면 표 1과 같다. 살펴보면 그림 2와 같이 주어진다.

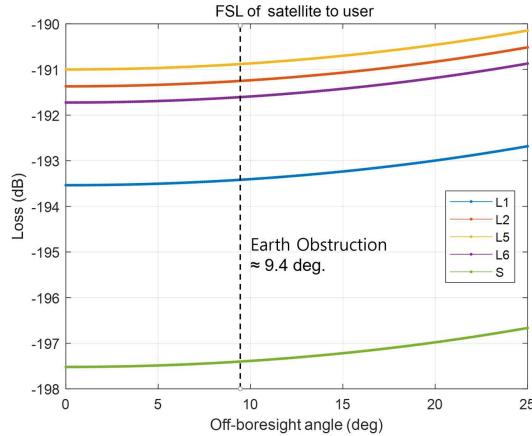


그림 2. 항법 위성과 SSV 사용자 위성간의 자유공간손실

표 1. SSV 사용자(GEO)에서의 항법 신호 수신 전력

Signals	Rx. Power@23°(dBW)	Rx. Power@20° (dBW)
L1C	-191.6	-181.9
L2C	-193.0	-183.2
L5	-188.5	-178.7
L6	-193.2	-183.5
S	-198.7	-189.0

표 2. 전지구 위성항법시스템의 SSV 서비스 규격

GPS signals	Minimum Received Civilian Signal Power (GEO)
L1 C/A	-184.0 dBW
L1C	-182.5 dBW
L2 (L2C or C/A)	-183.0 dBW
L5 (L5 or Q5)	-182.0 dBW

Galileo signals	Minimum Received Civilian Signal Power (GEO)
E1B/C	-182.5 dBW
E6B/C	-182.5 dBW
E5b	-182.5 dBW
E5ABOC	-182.5 dBW
E5a	-182.5 dBW

표 1의 결과를 일반적인 전지구 위성항법시스템의 SSV 서비스 규격과 비교해보면 방사각도가 20도 이내인 경우에 대하여 서비스 효용성을 갖는 것을 확인할 수 있다.

앞서 SSV를 활용하는 사용자가 정지궤도 위성인 경우에 대하여 살펴보았으며, 최근 동향을 고려하여 달(Lunar) 임무에서의 효용성을 확인하고자 한다. 먼저 STK 프로그램을 통해 1개월간의 항법 위성과 달 표면에 대한 거리와 방향을 분석하면 그림 3, 그림 4와 같다.

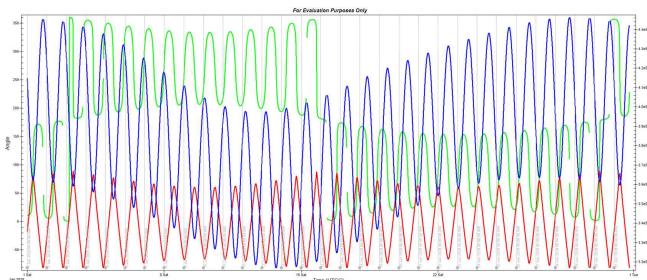


그림 3. 항법 위성(GEO)과 Lunar 사용자간의 거리 및 방향 분석

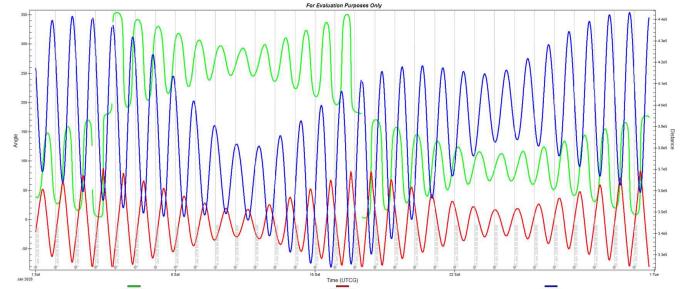


그림 4. 항법 위성(IGSO)과 Lunar 사용자간의 거리 및 방향 분석

위 분석 결과를 바탕으로 달 표면에서의 수신 전력을 분석하였으며 달 궤도가 근지점인 경우와 원지점인 경우에 대한 결과가 각각 표 3과 표 4와 같다.

표 3. SSV 사용자(달 표면)에서의 항법 신호 수신 전력(원지점)

Signals	Rx. Power@9.4° (dBW)	Rx. Power@15° (dBW)	Rx. Power@20° (dBW)
L1C	-176.78	-184.78	-198.88
L2C	-178.20	-186.20	-200.30
L5	-173.70	-181.70	-195.80
L6	-178.36	-186.36	-200.46
S	-183.76	-191.76	-205.86

표 4. SSV 사용자(달 표면)에서의 항법 신호 수신 전력(근지점)

Signals	Rx. Power@9.4° (dBW)	Rx. Power@15° (dBW)	Rx. Power@20° (dBW)
L1C	-175.58	-183.58	-197.68
L2C	-177.00	-185.00	-199.10
L5	-172.50	-180.50	-194.60
L6	-177.16	-185.16	-199.26
S	-182.56	-190.56	-204.66

표 3 및 표 4의 결과로부터 방사각도가 15도 이내인 경우에 대하여 서비스 효용성을 갖는 것을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문은 위성항법시스템에서 적용하고 있는 SSV(Space Service Volume) 서비스 개념과 기존의 전지구 위성항법시스템에서 고려하고 있는 SSV 서비스 특징을 알아보았다. 또한 GEO 및 IGSO 위성을 활용하는 지역위성항법시스템 기반의 SSV 서비스 효용성을 분석하였다. 이로부터 방사각 20도까지는 GEO 사용자까지 효용성이 있고, 방사각 15도 이내의 달(Lunar) 임무에서도 활용 가능함을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Joel Parker, Lunar PNT Overview, Working Group B SUSG WP4, United States, 2024.
- [2] UNITED NATIONS, The Interoperable Global Navigation Satellite Systems Space Service Volume, 2018.
- [3] Shankar Ramakrishnan, Reverse Engineering the GPS and Galileo Transmit Antenna Side Lobes, SCPNT Symposium, November 11, 2015.
- [4] James J. Miller, Update on NASA GPS Applications for Space Operations and Science, 22nd Asia-Pacific Regional Space Agency Forum, Indonesia, 2015.