

위성항법보강시스템 L1/L5 신호 동기 성능 규격 분석

주인원*, 신천식

*한국전자통신연구원 위성탑재체연구실

*inone@etri.re.kr, cssin@etri.re.kr

Analysis of Synchronization Performance Requirements for L1/L5 Signals in Satellite-Based Augmentation Systems

Inone Joo*, Cheonsig Sin

*Satellite Communication Research Division, ETRI

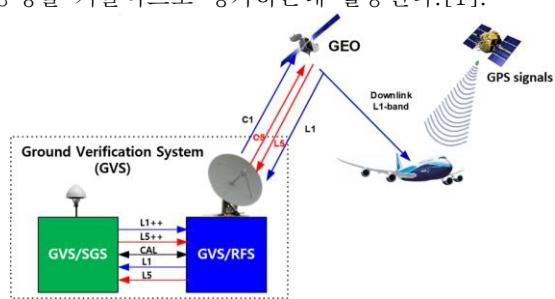
요약

위성항법보강시스템(SBAS, Satellite-Based Augmentation System)은 SBAS 메시지를 통해 GPS 신호의 보정 정보를 제공하며, 동시에 GPS 항법신호와 호환 가능한 레이징(Ranging) 신호로도 활용된다. SBAS 신호가 레이징 신호로 사용될 경우, 수신기의 위치 정확도와 안정성에 직접적인 영향을 미치기 때문에, 이를 위해서는 GPS 신호와의 시각 동기 성능과 주파수 안정도 등이 요구 성능 기준을 만족해야 한다. 본 논문에서는 국제민간항공기구(ICAO, International Civil Aviation Organization)의 표준 권고 문서에 정의된 SBAS L1 및 L5 신호의 동기 성능 규격을 분석한다.

I. 서 론

위성 기반 위성항법 보강시스템(Satellite-Based Augmentation System, SBAS)은 GPS를 포함한 글로벌 위성항법시스템(Global Navigation Satellite System, GNSS)의 위치 정확도를 향상시키기 위해 사용자에게 보정 정보를 제공하는 시스템이다. SBAS는 항법위성의 궤도 오차, 시계 오차, 이온층 및 대류층에 의한 대기 오차 등을 보정하는 데이터를 생성하고, 이를 보강 위성을 통해 사용자에게 중계함으로써 GNSS의 위치 결정 오차를 감소시키는 역할을 수행한다.

SBAS는 이러한 보정 기능 외에도, GPS 항법신호와 유사한 형태의 레이징(Ranging) 신호를 제공함으로써 수신기가 보강 위성을 항법위성처럼 활용할 수 있도록 하는 기능도 요구된다. 이를 위해 SBAS 신호는 일정 수준 이상의 동기 정확도와 신호 품질을 만족해야 하며, 이는 수신기의 위치 계산 정확도에 직접적인 영향을 미친다. 본 논문에서는 SBAS가 제공하는 L1 및 L5 신호가 레이징 신호로 활용되기 위한 동기 성능 요구사항을 분석한다. 분석 결과는 GK-3 위성의 SBAS 탑재체 성능을 지상에서 검증하기 위한 지상검증시스템에 적용되어 SBAS 신호의 항법 활용 가능성을 기술적으로 평가하는데 활용된다.[1].



< GK-3 SBAS 지상검증시스템 개념도 >

II. 본론

II-1. L1/L5 신호 동기 성능 규격

위성항법보강시스템 L1/L5 신호 동기 성능관련 주요 규격은 ICAO 표준 권고 문서에 정의되어 있으며 다음과 같다[2].

< SBAS L1/L5 신호 동기 성능 규격 >

	Requirement
GPS Time with an offset error at the APC of GEO	The GEO code phase emission time at the APC(antenna phase center) of the GEO satellite shall be achieved by the SGS with regard to the GPS Time with an offset error less than 100 ns(σ_0 value).
Carrier Frequency Stability	The SGS shall ensure a short-term stability of the carrier frequency (square root of the Allan Variance) at the antenna phase center(APC) of the navigation payload L1/L5 better than $5E-11$ over 1 to 10 seconds,
Short term Code Carrier Coherency	The short term (< 10 seconds) fractional frequency difference between the code phase rate and the carrier frequency shall be less than $5E-11$ (one sigma). That is for L1 and L5. This does not include code/carrier divergence due to ionospheric refraction in the downlink propagation path.
Long term Code Carrier Coherency	Over the long term (< 100 seconds), the difference between the change in the broadcast code phase, converted to carrier cycles and the change in the broadcast carrier phase, in cycles, shall be within one carrier cycle one sigma.

II-2. L1/L5 신호 동기 성능 규격 분석

SBAS L1/L5 신호의 동기 성능 관련 주요 규격은, 해당 신호가 GPS 항법신호와 유사한 레이징(Ranging) 신호로 활용되기 위한 필수 조건이다. 주요 규격 항목으로는 GPS 신호와의 시각 동기 오프셋 오차, 반송파 주파수의 안정도, 그리고 코드와 반송파의 일치성이 포함된다.

● GPS 와의 시각동기 오프셋 오차.

- ✓ 위성송신안테나 위상 중심(APC)에서 GPS 시각과 일정한 오차 이내로 동기화돼야 하는데 100ns 이내의 오프셋 오차 성능을 갖추어야 한다. 오프셋 오차는 3σ 값으로 요구조건을 만족하여야 한다.
- ✓ GPS 와의 시각 동기 오프셋 검사의 경우 수신기에서 자체적으로 출력하는 의사거리 표준편차를 활용해 측정할 수 있다.

● 캐리어 주파수 안정도

- ✓ 반송파 주파수의 안정도는 단기적인 안정성으로 위성송신안테나 위상 중심(APC)에서 L1 과 L5 신호의 1 초에서 10 초 사이의 주파수 안정도가 5×10^{-11} 보다 우수해야 한다.
- ✓ 주파수 안정도는 앤런 분산(allan variation)을 계산하고 앤런 편차를 구해 요구사항과 비교하여 신호품질이 양호함을 판정한다.

● 단기 코드-캐리어 일치성

- ✓ 단기간 코드 반송파 일치성에 대한 요구사항은 10 초 이내의 짧은 시간 내에 코드 위상의 변화와 반송파 위상의 변화가 1σ 기준으로 5×10^{-11} 이내여야 한다.
- ✓ 코드 캐리어 일치성 성능 측정시 하향링크의 L1/L5 신호가 이온층을 통과하면서 발생하는 코드-캐리어간의 불일치를 제외해야 한다.

● 장기 코드-캐리어 일치성

- ✓ 장기간 코드 반송파 일치성에 대한 요구사항은 100 초 동안의 장기간에 코드 위상의 변화와 반송파 위상의 변화 사이의 차이가 1σ 기준으로 1 주기(cycle)를 초과하지 않아야 한다.
- ✓ 이때도 코드 캐리어 일치성 성능 측정시 하향링크의 L1/L5 신호가 이온층을 통과하면서 발생하는 코드-캐리어간의 불일치를 제외해야 한다.

III. 결론

본 논문에서는 위성항법보강시스템(SBAS)이 제공하는 L1 및 L5 신호가 GPS 항법신호와 유사한 레이징(Ranging) 신호로 활용되기 위한 동기 성능 요구사항을 분석하였다. 분석 결과, SBAS 신호가 레이징 신호로 활용되기 위해서는 GPS 시각과의 동기 오프셋 오차가 100ns 이내(3σ), 반송파 주파수 안정도가 1~10 초 구간에서 5×10^{-11} 이하, 단기 및 장기 코드-캐리어 정합성이 각각 5×10^{-11} 이하 및 1 사이클 이내를 만족해야 함을 확인하였다. 이러한 동기 성능 기준은 수신기의 위치 결정 정확도 및 안정성에 직접적인 영향을 미치는 핵심 요소로 작용한다. 본 연구에서

분석한 동기 성능 기준은 GK-3 위성에 탑재된 SBAS 시스템의 항법 활용 가능성을 기술적으로 검증하는 데 적용될 수 있으며, 지상검증장치(Ground Verification System)를 통한 사전 성능 평가에 유용한 기준으로 활용될 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2021년도 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통 과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021GEOS-C164591-01)

참 고 문 헌

- [1] 주인원, 신천식, "Preliminary Design of Signal Generation System for Ground Verification System of GK-3 SBAS Payload", IPNT Conference, Nov 1-3 2023.
- [2] ICAO, Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation, Volume I – Radio Navigation Aids, International Standards and Recommended Practices, Amendment 89, November 2014.