

정지궤도 공공복합통신위성 SBAS 탑재체 포화전력밀도 분석에 관한 연구

이용민, 신천식

한국전자통신연구원 위성탑재체연구실

ymlee01@etri.re.kr, cssin@etri.re.kr

A Study on the Analysis of Saturated Flux Density for SBAS Payload of GEOKOMPSAT-3

Yong-Min Lee, Cheon-Sig Sin

Satellite Payload Research Section

Electronic and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요 약

본 논문은 정지궤도 공공복합통신위성 SBAS 탑재체의 예비설계를 위한 포화전력밀도 분석에 관한 것으로 크게 안테나 서브시스템에 의한 영향과 중계기 서브시스템에 의한 영향으로 구분하여 분석하였고, 안테나 서브시스템의 경우 열 왜곡에 의한 이득/손실 변화량과 지향 각도에 의한 이득/손실 변화량을 고려하였으며 중계기 서브시스템의 경우 부품들의 동작온도 특성에 의한 이득/손실 특성과 능동소자의 Aging에 따른 이득 변화량을 반영하여 분석하였다.

I. 서 론

현재 대부분의 항공기는 지상에 설치된 항행안전시설을 기반으로 비행하고 있으나 정지궤도 위성을 기반으로 하는 SBAS (Satellite Based Augmentation System)로 전환해 운영할 경우 정확한 위치 인식을 통해 보다 안전한 하늘길이 보장된다. 이에 따라 국내에서는 2014년부터 독자적인 초정 및 GPS 보정시스템의 개발 및 구축을 시작하였고,[1] 그림 1과 같이 정지궤도 공공복합통신위성 SBAS 시스템 운용을 통해 항공기를 포함한 지상의 다양한 네비게이션 수신기에 L1 및 L5 신호를 제공하는 것을 목표로 하고 있다.[2] 위성 탑재체의 포화전력밀도 (Saturated Flux Density : SFD)는 지상에서 송신된 신호가 위성 수신 안테나 입력부를 거친 후 채널 증폭부로 분기되어 고출력 증폭기에 입력될 때 고출력 증폭기를 포화시키는데 필요한 입력 전력 밀도를 의미한다.[3] 본 논문에서는 정지궤도 공공복합통신위성 SBAS 탑재체의 포화전력밀도 분석을 위해 탑재체 구성요소인 안테나 서브시스템과 중계기 서브시스템의 영향 요소를 최대한 반영하였으며, 탑재체 설계에 있어서 포화전력밀도는 위성 탑재체 및 중계기 설계에 있어서 매우 중요한 기준 파라미터라고 할 수 있다.

II. SBAS 탑재체에 대한 SFD 영향분석

일반적으로 위성 탑재체 설계 시 주 채널의 SFD 변화량 규격이 예비 채널의 SFD 변화량 규격보다 더 엄격하게 적용되며, 위성체의 조립/시험 단계에서 탑재체의 신호레벨을 맞추기 위하여 SIT (Selected In Test)를 채널 증폭기의 전단과 고출력 증폭기의 전단에 설치하여 SFD 값을 조절하게 되는데 고정 감쇄기의 감쇄 단위 값이 적을수록 SFD를 정교하게 조절할 수가 있다. 하지만 위성체의 경우 일반적으로 적은 양의 가변은 가변 감쇄기를 이용하며 고정 감쇄기로는 대략 0.5 dB 단위의 감쇄기를 주로 사용한다. 탑재체 운용 중 주 채널에 문제가 발생했을 때 예비 채널을 사용하여야 하는데 이때 지상에서 송신된 원격 명령 신호에 의하여 신호의 경로를 변경시킬 때 중계기 서브시스템 내부에 장착된 RF 스위치의 방향을 조정하여 신호의 경로를 변경시켜야 한다. 이러한 동작을 위해 추가된 RF 스위치에 의해 발생하는 감쇄, RF 스위치와 RF 스위치 사이의 연결 선로를 통과함으로써 또 다른 신호 감쇄가 발생한다. RF 신호 레벨을 조정하기 위하여 비록 0.5 dB 단위의 감쇄기가 사용된다 할지라도 잠재적인 오차 값을 가지고 있기 때문에 실제적으로는 주 채널과 예비채널의 규격을 동일하게 맞추는 것은 어려워 주 채널과 예비 채널의 규격 값을 달리하는 것이 일반적이다.

SFD의 변화량으로는 동일 채널에서 채널 이득 조절의 사용 여부에 따른 변화량, 두 채널 간의 SFD 차이 변화량을 살펴봐야 하며 수명기간 동안 채널 이득 조절을 사용하지 않을 시 FGM (Fixed Gain Mode)에서의 SFD 변화량은 ALC (Automatic Level Control)를 사용하지 않을 경우 안테나 서브시스템의 영향과 중계기 서브시스템의 영향으로 분리하여 분석할 수 있다.

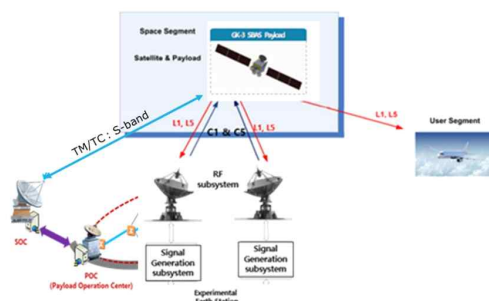


그림 1. 정지궤도 공공복합통신위성 SBAS 시스템 운용 개념

1. 안테나 서브시스템의 영향

(1) 열 왜곡에 의한 수명 동안의 안테나 이득/손실 변화량

정지궤도 공공복합통신위성 SBAS 탑재체의 경우 열 왜곡 (thermal distortion)에 의한 안테나 이득/손실 변화량은 ± 0.3 dB로 정의하였다.

(2) 포인팅 각도의 변화에 따른 안테나 이득/손실 변화량

포인팅 각도 (pointing angle)에 따른 안테나의 이득/손실 변화량 계산은 안테나의 지향 성능과 EOC (edge of coverage)에서의 안테나 이득 기울기를 곱한 값으로 계산가능하다. 정지궤도 공공복합통신위성 SBAS 탑재체의 포인팅 각도의 변화는 Maneuver 제외 시는 수명 동안 ± 0.09 deg.이며, Maneuver 포함 시는 ± 0.12 deg.이다. 또한 EOC에서의 안테나 이득 기울기 10.5 dB/deg로부터 안테나의 이득 변화 값을 계산하면 각각 ± 0.95 dB와 ± 1.26 dB이다.

2. 중계기 서브시스템의 영향

(1) 부품들의 환경/동작 온도에 의한 이득/손실 특성

중계기 서브시스템을 구성하는 각 부품들은 온도에 따른 이득/손실의 변화가 상이한 특성을 가지므로 각각의 값을 RSS (root square sum) 하여야 한다. 이 때 포화전력밀도에 영향을 받는 주 소자는 IFA (input filter assembly), LNA (low noise amplifier), CHF (channel filter), DNC (down converter), SSPA (solid state power amplifier) 등이다. 물론 동축케이블, RF 스위치 등에도 영향을 미치지만 그 값이 미약하므로 무시할 수 있다.

특히 중계기 구성 부품 중 LNA와 SSPA의 변화량이 큰 요인으로 작용하며 그러한 이유로 위성의 텔레메트리 (telemetry) 항목 중에 수신기와 SSPA의 바닥면 온도 정보가 포함된다.

앞서 언급한 바와 같이 SFD의 변화 요인으로 안테나 서브시스템에 의한 영향과 중계기 서브시스템에 의한 영향으로 나눌 수 있으며, 전체 값은 안테나와 중계기 서브시스템의 요소들을 RSS한 후 각각의 RSS 값을 더하는 것으로 분석하였다. 분석된 포화전력밀도 값에 대한 결과를 아래 표 1에 나타내었다.

표 1. SBAS 탑재체의 SFD 변화량 성능분석

SFD 변화 파라미터	분석 값	
	정상모드	Maneuver 모드
안테나에 의한 변화량 (RSS)	0.80 dBp-p	1.00 dBp-p
온도에 따른 수신 안테나 이득 변화량	0.30 dBp-p	0.30 dBp-p
포인팅 에러에 따른 수신 안테나 이득 변화량	0.74 dBp-p	0.95 dBp-p
중계기에 의한 변화량 (RSS)	2.05 dBp-p	2.05 dBp-p
온도에 따른 중계기 이득 변화량	1.49 dBp-p	1.49 dBp-p
수명에 따른 중계기 이득 변화량	1.40 dBp-p	1.40 dBp-p
전체 (안테나 RSS + 중계기 RSS)	2.85 dBp-p	3.04 dBp-p
규격 요구사항	3.0 dBp-p	4.0 dBp-p
설계마진	0.15 dB	0.96 dB

III. 결론

본 논문에서는 정지궤도 공공복합통신위성 SBAS 탑재체 설계의 주요 파라미터 중의 하나인 포화전력밀도 (Saturated Flux Density : SFD) 변화량에 대한 분석에 관한 예비설계 결과를 기술하였다. 분석된 SFD 변화량은 정상모드와 Maneuver 모드 시 각각 2.85 dBp-p와 3.04 dBp-p로 요구성능 3.0 dBp-p와 4.0 dBp-p 보다 각각 0.15 dB와 0.96 dB 이상 우수한 것으로 확인되었다.

ACKNOWLEDGMENT

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

참 고 문 헌

- [1] 국토교통부, “GPS보다 정밀한 오차 보정기술, SBAS가 항공분야와 만나면?”, 2018.04.18.
- [2] 엄순영, 신천식, “GEOKOMPSAT-3 SBAS 탑재체 시스템 운영개념”, 2022.06.08.
- [3] 이용민, “정지궤도 공공복합통신위성 SBAS 탑재체 예비설계서”, 2022.10.