

KASS 위성통신시스템 RF 링크 기본 설계

유문희*, 신천식* 정회원

Conceptual Design of the RF Links for KASS Satellite Communication System

Moonhee You*, Cheon Sig Sin* Regular Members

요 약

정지궤도 위성들을 이용하여 사용자들에게 GNSS (Global Navigation Satellite System) 정정 데이터 및 레인징 신호를 제공하는 SBAS (Satellite Based Augmentation System)는 국제민간항공기구에 의해 2025년까지 도입되도록 권고되고 있다. 본 논문에서는 현재 개발/구축 사업으로 진행중인 한국형 SBAS 시스템인 KASS (Korea Augmentation Satellite System)의 위성통신시스템 RF 링크를 기본 설계하여 그 결과를 제시한다. C 대역 상향링크와 Ku 대역 상향링크를 모두 고려하여 SBAS 시스템에 대한 국제 표준 요구사항을 만족하도록 RF 링크를 설계하였고, 각 주파수 대역에 따른 요구되는 위성통신국의 최소 EIRP 및 G/T 성능 규모를 파악하였다. 이러한 RF 링크 설계 분석 결과를 이용하여 KASS 위성통신시스템의 하위 시스템 규격 선정시 효과적인 설계가 될 수 있도록 활용할 예정이다.

Key Words : SBAS, KASS, Satellite Communication Systems, RF link, GEO

ABSTRACT

ICAO (International Civil Aviation Organization) recommends the introduction of SBAS (Satellite Based Augmentation System) in 2025, which provides GNSS (Global Navigation Satellite System) correction data and the ranging signal via GEO (geostationary earth orbit) satellites to GNSS users. In this paper, we present the basic design results of the satellite communication system RF link for the Korean SBAS systems, KASS (Korea Augmentation Satellite System) which is going on the development & implementation. KASS RF link was designed in consideration of both the C-band and Ku-band uplinks to meet the international standard requirements for the SBAS system, and identified the minimum EIRP and G/T performance of the KASS uplink station for each frequency band. These analysis results for the RF link design are expected to be used for an effective design of the subsystem specifications for KASS satellite communication system.

I. 서 론

SBAS는 정지궤도 위성들을 이용하여 GNSS 사용자들에게 GNSS 무결성 데이터 및 정정 데이터를 방송하고 GNSS 보강용 레인징 신호를 제공하는 데 목적이 있다[1].

SBAS 서비스로는 공개 서비스 (Open Service), 상용 서비스 (Safety of Life (SoL) Service), 항공고시보 서비스 (Notice to Airmen (NOTAM) Service) 가 있다. 공개 서비스는 일반 사용자가 언제 어디서나 기간망 및 사회망 등을 통하여 매우 엄밀한 정확성을 요구하지 않는 범위 내의 측위 (Positioning), 항법(Navigation), 시각(Timing) 정보를 활용

할 수 있게 하는 서비스로서, 물류, 농업, 해양, 통신, 레저 등과 같은 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 상용 서비스는 항공분야와 같이 인명과 직접적인 관련이 있는 분야에서 공개 서비스보다 높은 정확성, 무결성, 연속성 및 가용성을 요구하는 생활안전과 관련된 서비스이다. 항공고시보 서비스는 항공기 운항 관련 업무 종사자가 적시에 필수적으로 알아야 하는 정보 고시문(NOTAM)에 SBAS 제공 데이터를 포함하여 항공기 운항의 가부 및 코스 선정 등 비행계획에 참고로 사용될 수 있도록 하는 서비스이다.

SBAS 시스템은 그림 1에 보이는 바와 같이 다수의 기준국, 중앙처리국, 위성통신국 및 이들을 연결하는 지상통신망, 그리고 정지궤도 위성 등으로 구성되어 있다. 기준국들에서

* 본 논문은 국토교통부 출연사업인 “항공안전기술개발 사업 - 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발·구축 사업”의 일환으로 수행된 연구 결과임.

*한국전자통신연구원 방송·미디어연구소 위성항공ICT연구부 위성항법·레이더연구실 (moon@etri.re.kr, cssin@etri.re.kr)

접수일자 : 2016년 7월 18일, 수정완료일자 : 2016년 9월 28일, 최종 게재 확정일자 : 2016년 9월 29일

GPS 신호를 수신하고 위성 데이터를 수집하여 중앙처리국으로 데이터를 전송하면, 중앙처리국에서는 수집된 데이터를 처리하여 생성한 보정메시지를 위성통신국으로 보낸다. 위성통신국에서는 수신한 항법메시지를 포맷팅하고 GPS 유사 레인징 신호화하여 만들어진 항법신호를 변조한 후 6 GHz C 대역 또는 14 GHz Ku 대역을 통해 정지궤도 위성으로 전송한다. 정지궤도 위성은 위성통신국에서 올려보낸 항법신호를 GPS 항법신호와 동일한 주파수인 L1(1575.42 MHz) 신호와 L5 (1176.45 MHz) 신호로 변환해 SBAS 사용자에게 전송한다.



그림 1. SBAS 시스템 구성도

국제 민간 항공 운송에 관한 원칙과 기술을 개발하고 제정하는 유엔 산하 전문기구인 국제민간항공기구(ICAO: International Civilian Aeronautical Organization)는 항공기의 안전운항의 일환으로 회원국들에게 위성기반 보강항법시스템인 SBAS를 2025년까지 도입하도록 권고하였다[1]. SBAS 서비스는 전 세계를 운항하는 항공기에 동일하게 제공되어야 하기 때문에, SBAS 방송 신호의 규격은 ICAO의 국제 표준 요구사항으로 제정되어 있고, 항공기와 항공기 전자시스템과 관련된 항공 규격을 만드는 미국 비영리법인인 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics)의 GPS/SBAS 항공장비 최소 운용 성능 표준 (MOPS: Minimum Operational Performance Standards)내에 좀더 구체적으로 제시되어 있다[2][3]. ICAO와 RTCA 표준을 따라 현재 운용중이거나 구축 계획중인 국외 SBAS 시스템으로는 북미의 WAAS, 유럽의 EGNOS, 일본의 MSAS, 인도의 GAGAN, 러시아의 SDCM, 중국의 SNAS 등이 있다. 우리나라는 국토부 사업으로 2014년 10월에 APV-I급 한국형 SBAS 시스템인 KASS 개발/구축 사업을 착수하였다. 특히 한국전자통신연구원(ETRI)는 KASS 시스템 중에서 위성통신국과 정지궤도 위성을 포함한 위성통신시스템의 개발구축을 맡고 있다[4].

본 논문에서는 SBAS 시스템에 대한 국제 표준 요구사항을 근거로 하여 KASS 위성통신시스템의 RF 링크를 기본 설계하여 그 결과를 제시하고자 한다.

II. KASS 위성통신시스템

KASS 위성통신시스템은 그림 2에서의 위성통신국과 정지궤도 위성을 통칭한다. KASS 위성통신국인 KUS (KASS Uplink Station)는 정지궤도 위성으로 전송되어 사용자에게 방송될 KASS 신호의 생성을 목적으로 하며, 그 구성은 GPS 시각 동기된 KASS 항법 신호를 생성하는 신호생성부와 송수신 RF 처리 및 안테나로 이루어진 RF부로 이루어진다. 또한 KASS 정지궤도 위성 항법 탑재체는 위성통신국에서 전송된 C 또는 Ku 대역 SBAS 상향링크 신호를 L 대역 항법신호로 변환하여 방송할 수 있도록, C 또는 Ku 대역 수신 안테나 및 수신기, 주파수 변환기, 증폭기 및 L 대역 송신 안테나로 구성된다.

L 대역 방송신호는 GPS 신호와 주파수가 동일해야 하므로, GPS L1 신호 주파수 1575.42 MHz로 되어 있고, 차후 GPS L5 신호 주파수인 1176.45 MHz를 추가하기로 되어 있다. 현재 방송 서비스 중인 SBAS 항법신호는 L1 신호뿐이지만, 위성통신국 입장에서는 전리층 지연 오차 보정 및 코드-반송파 동기를 위하여 L1 신호와 L5 신호를 모두 전송 후 정지궤도 위성을 통해 자체 수신한다. 참고로 L5 방송신호에 대한 국제 표준 규격은 2020년을 목표로 작업이 진행 중에 있다.

현재 KASS를 위한 정지궤도 위성으로는 EGNOS 및 GAGAN 에서 활용된 경력이 있는 Inmarsat 4F1 위성을 임차하는 방안과 우리나라가 새롭게 개발하고자 하는 민관위성을 활용하는 방안을 고려 중이다. 본 논문에서는 C 대역 상향링크 주파수를 사용하는 Inmarsat 4F1 위성 (궤도 위치: 동경 143.5도)과 Ku 대역 상향링크 주파수를 가정하는 민관 위성 (예상 궤도 위치: 동경 113도)을 모두 고려하고, KASS 위성통신국은 현재 예상되는 10여 곳의 후보지 중에서 가장 낮은 위성 양각 43도에 위치한다고 가정한다.

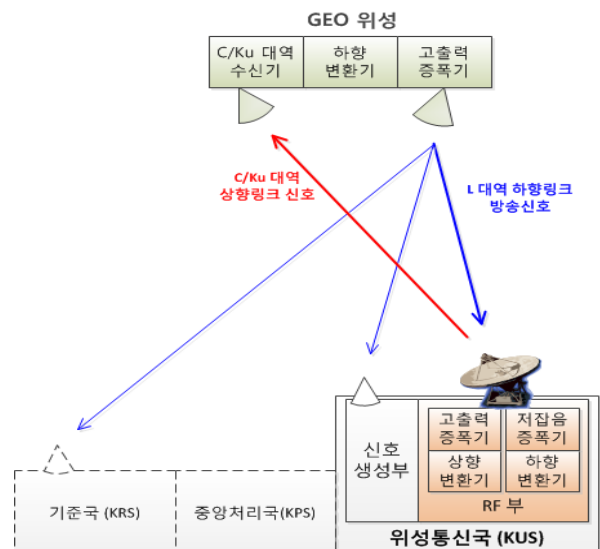


그림 2. KASS 위성통신시스템 구성 개념도

Ⅲ. RF 링크버짓 설계

본 장에서는 위성통신국에서 상향링크로 보내진 SBAS 신호가 정지궤도 위성을 지나 다시 위성통신국으로 수신되는 RF 링크에 대해 SBAS 요구 성능을 만족하는 각 서비스 시스템을 설계하고자 링크버짓을 계산한다.

링크버짓 설계에서 제일 먼저 고려해야 할 기준이 링크 가용도이다. 현재 SBAS 위성링크의 가용도 요구사항이 따로 제시된 바가 없다. 그러나 위성링크 가용도 성능을 포함한 SBAS signal-in-space 의 성능 요구사항으로 APV-I급의 가용도 성능은 99% 에서 99.999% 까지 요구되고 있다. 가용도 요구사항이 일정 범위의 값으로 주어지는 것은 가용도 요구사항이 운용 주파수, 기후 환경, 트래픽 밀도 등을 포함한 여러 가지 요소를 근거로 한 운용 수요에 의존하기 때문이다. 99%의 낮은 가용도는 현실적인 시스템이긴 하지만 비위성항법시스템(non-GNSS navigation aids)을 대체하기에는 적당하지 않은 최소 가용도이다[2]. 참고로 현재 L1 신호 단독 서비스만 제공하는 WAAS와 EGNOS의 APV-I급(LNAV/VNAV급) SIS 가용도 요구사항은 99% 이상이다[5][6].

본 문서에서는 상향링크와 하향링크 각각의 요구 링크 가용도를 99.999%로 설정토록 한다. 요구 링크 가용도를 만족하기 위한 각 링크의 주파수에 따른 강우감쇠량을 고려한다. ITU-R 권고서 P.618-12[7], 2.2절에서 제공하는 강우감쇠량 예측 모델에 따르면, 국내 평년 0.01% 시간율에 대한 평균 강우장도 72.54 mm/hr[8]를 적용한 경우, L 대역, C 대역, Ku 대역의 연 시간율별 강우감쇠량이 그림 3과 같이 예측된다. 표 1에서 보듯이, 99.999%의 링크 가용도를 고려한다면, L 대역 링크에서는 최대 약 0.04 dB의 강우 감쇠를 고려해야 하고, C 대역에서는 약 4.9 dB의 감쇠를, Ku 대역에서는 약 27.4 dB의 감쇠를 고려해야 한다.

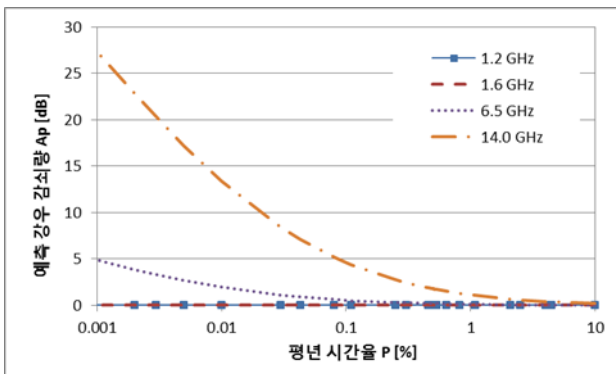


그림 3. 평년 p% 시간을 초과하는 예측 감쇠량 Ap (R0.001 = 72.54 mm/hr)

표 1. 각 주파수별 예측 강우 감쇠량[dB]

링크가용도[%]	1.6 GHz	6.5 GHz	14 GHz
90	0.00	0.02	0.19
99	0.00	0.11	1.12
99.9	0.00	0.55	4.62
99.99	0.01	1.96	13.39
99.999	0.04	4.89	27.35
99.9999	0.12	8.59	39.38

RTCA 표준에서 SBAS 사용자 수신 레벨을 규정하였는데, SBAS 정지궤도 위성으로부터 지상에서 0 dBi 원형 편파 (RHCP) 안테나로 수신되는 방사 전력 레벨은 사용자 양각 5도 이상 되는 위치에서 최소 -161 dBW, 최대 -149.5 dBW 가 되어야 한다고 요구하고 있다[3].

상기 사용자 수신 RF 신호 레벨 요구사항을 만족하기 위해 표 2에서 분석한 바와 같이 5도 양각 경로길이 41,127 Km 에 대한 L1 신호와 L5 신호의 자유공간 손실과 대기 손실을 고려하여 0 dBi 원형 편파 안테나의 출력단 수신 RF 신호 레벨이 최소 -161 dBW이 되기 위해서는 위성에서의 L1 채널과 L5 채널의 최소 전송 EIRP는 각각 28.2 dBW 및 25.6 dBW 이상 되어야 한다.

표 2. 위성 최소 전송 EIRP 계산

	L1 채널	L5 채널
위성 최소 전송EIRP [dBW]	28.2	25.6
기준 하향링크 주파수[MHz]	1575.42	1176.45
자유공간 경로손실[dB]	188.7	186.1
대기 손실[dB]	0.5	0.5
기준 수신 안테나 이득[dBi]	0.0	0.0
사용자 최소 수신전력[dBW]	-161.0	-161.0

위성에서의 L1 채널과 L5 채널의 최소 전송 EIRP를 기준으로 요구되는 위성통신국의 최소 G/T 성능을 구하려면 시스템적으로 요구되는 C/N₀을 정의할 필요가 있다. C/N₀는 다음과 같이 전송 EIRP, 경로 손실, 수신 G/T의 성능으로 계산되어진다.

$$\frac{C}{N_0} = \frac{EIRP_{tx} \cdot \left(\frac{G}{T}\right)_{rx}}{L_{path} \cdot k} \quad (1)$$

여기서, k는 볼츠만 상수로 1.3806504×10⁻²³ J/K (= -228.6 dB/Hz/K) 이다. 또한 위성 링크의 총 C/N₀는 아래의 수식과 같이 상향링크 C/N₀와 하향링크 C/N₀의 결합으로 이루어지므로, 우주에서 운용되는 위성 탑재체의 전송 EIRP와 G/T 성능의 제한성을 고려하였을 때, 링크 설계에는 지구국 EIRP와 G/T 성능의 조절로 요구 C/N₀를 만족케 한다.

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{total}^{-1} = \left(\frac{C}{N_0}\right)_{up}^{-1} + \left(\frac{C}{N_0}\right)_{down}^{-1} \quad (2)$$

Inmarsat과 WAAS의 규격문서[5][9]에서는 위성통신국의 위성방향의 L 대역 G/T는 맑은 날, 전 수신 대역에 걸쳐, 전송기가 최대 출력 전력에서 동작하고 포인팅 에러와 안테나 편파 부정합에 의한 손실을 포함하여, 최소 62 dBHz의 C/N_0 을 제공해야 한다고 요구하고 있다.

그런데, 항법 중계기 고풍력 증폭기의 출력은 입력되는 신호 전력과 잡음 전력의 합에 비례하므로 신호 전력과 잡음 전력의 비(C/N)가 매우 중요하다. 의사거리 정밀 추정을 위한 항법신호의 특성상 L1 항법 신호의 심볼 속도는 1.023 Mc/s 이지만 채널 대역폭은 2.2 MHz (Inmarsat 3F 위성, MTSAT 위성), 4 MHz (Inmarsat 4F 위성), 20 MHz (GSAT 위성, ASTRA 위성)으로 점점 넓어지고 있다 [10][11][12][13]. 이는 중계기 C/N 값을 낮추게 되어 결과적으로 그림 4와 같이 중계기 고풍력 증폭기에서 출력되는 총 전력에서 신호의 전력 비율을 감소시키고 결국 중계기 전송 EIRP의 손실을 가져온다. 본 논문에서는 최소 신호 전력이 중계기 총 출력 전력의 95% 이상이 되도록 하여 잡음으로 인한 중계기 출력 손실이 약 0.2 dB 이하가 되도록 한다. 그러기 위해 4 MHz 대역폭의 C-L 링크 중계기에서는 상향링크 $C/N_0 = 79$ dBHz 이상, 20 MHz 대역폭의 Ku-L 링크 중계기에서는 상향링크 $C/N_0 = 86$ dBHz 이상을 요구사항으로 설정한다.

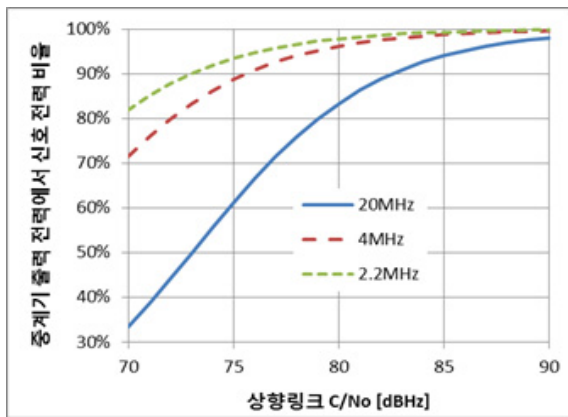


그림 4. 상향링크 C/N_0 에 따른 중계기 출력 신호 전력

표 3. 정지궤도 위성 항법중계기의 주요 성능

파라미터	Inmarsat 4F1 위성	민관위성(예상)
상향링크 주파수	C1 : 6534.42 MHz C5 : 6548.45 MHz	Ku1 : 14000 MHz Ku5 : 14024.45 MHz
하향링크 주파수	L1: 1575.42 MHz L5: 1176.45 MHz	Ku1: 1575.42 MHz Ku5: 1176.45 MHz
채널 대역폭	C1-L1채널: 4 MHz C5-L5채널: 20 MHz	Ku1-L1채널: 20 MHz Ku5-L5채널: 20 MHz
EIRP (5도 양각)	L1: 28.1 dBW L5: 26.2 dBW	L1: 28.1 dBW L5: 26.2 dBW
EIRP (대한민국FIR)	L1: >30.2 dBW L5: >28.4 dBW	L1: >30.2 dBW L5: >28.4 dBW
G/T	> -10 dB/K	> 9.4 dB/K
편파	RHCP	RHCP

Inmarsat 4F1 위성은 현재 궤도상에서 운용중이므로 항법 탑재체의 기존 성능[9][14][15]을 먼저 고려해야 할 것이다. 그리고 민관위성의 항법 탑재체는 Ku 대역 상향링크, L 대역 하향링크를 고려하는 바, 일반적인 Ku 대역 통신 중계기 수신부 성능을 참고하여 설정한다. 항법 탑재체의 커버리지는 요구 서비스 커버리지인 대한민국 비행정보구역(FIR : Flight Information Region)을 기준으로 한다. 표 3에 정지궤도 위성 항법중계기의 주요 성능을 제시하였다.

상기 고려된 성능 파라미터들을 사용하여 C-L 링크 버짓과 Ku-L 링크 버짓을 표 4, 표 5와 같이 계산하였다.

C-L 링크 버짓에서 위성 G/T 성능을 -10으로 설정하였을 때, 요구되는 상향링크 C/N_0 를 만족하는 위성통신국 EIRP는 C1 채널, C5 채널 각각 최소 63 dBW 이상이 되어야 함을 볼 수 있다. 정상 운용 EIRP를 최소 EIRP보다 10dB 높은 73 dBW 로 하여 운용한다면 99.999% 의 상향 링크 가용도를 만족한다. 위성 포화 EIRP를 L1 채널, L5 채널 각각 30.2 dBW, 28.4 dBW로 설정한 L 대역 하향링크에서는 위성통신국 L 대역 수신부 시스템 잡음온도를 100 K라고 가정하였을 때, 직경 1m의 안테나 이상이면 제공되는 수신 G/T 성능이 하향링크 요구 C/N_0 를 충분히 만족함을 볼 수 있다. 계산된 총 C/N_0 는 4.5 dB 이상의 마진을 갖는다.

Ku-L 링크 버짓에서 위성 Ku 안테나를 통신용 안테나 반

표 4. C-L 링크 버짓

파라미터	맑은날	맑은날	강우시	강우시	단위
	C1-L1링크	C5-L5링크	C1-L1링크	C5-L5링크	
상향링크 중심주파수	6.53	6.55	6.53	6.55	GHz
하향링크 중심주파수	1.58	1.18	1.58	1.18	GHz
KUS 상향링크 송신기					
KUS 최소EIRP	63.0	63.0	73.0	73.0	dBW
전송EIRP	63.0	63.0	73.0	73.0	dBW
상향링크 전파손실					
자유공간손실	200.2	200.3	200.2	200.3	dB
대기 손실	0.5	0.5	0.5	0.5	dB
강우 감쇠(99.999% 가용도)	0.0	0.0	4.9	5.0	dB
기타 손실(편파, 포인팅에러 등)	1.0	1.0	1.0	1.0	dB
위성 상향링크 수신기					

위성G/T	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	dB/K
상향링크 C/N ₀	79.9	79.8	85.0	84.8	dBHz
위성 하향링크 송신기					
위성 포화EIRP	30.2	28.4	30.2	28.4	dBW
output back_off	1.0	1.0	1.0	1.0	
위성EIRP	29.2	27.4	29.2	27.4	dBW
하향링크 전파손실					
자유공간손실	187.9	185.4	187.9	185.4	dB
대기 손실	0.5	0.5	0.5	0.5	
강우 감쇠(99.9999% 가용도)	0.0	0.0	0.04	0.02	dB
기타 손실(편파, 포인팅에러 등)	1.0	1.0	1.0	1.0	dB
KUS 하향링크 수신기					
KUS G/T	0.1	-2.4	0.1	-2.4	dB/K
하향링크 C/N ₀	68.5	66.7	68.5	66.7	dBHz
총 C/N ₀	68.2	66.5	68.4	66.6	dBHz
마진	6.2	4.5	6.4	4.6	dB

표 5. Ku-L 링크 버짓

파라미터	맑은날 Ku1-L1링크	맑은날 Ku5-L5링크	강우시 Ku1-L1링크	강우시 Ku5-L5링크	단위
상향링크 중심주파수	14.00	14.02	14.00	14.02	GHz
하향링크 중심주파수	1.58	1.18	1.58	1.18	GHz
KUS 상향링크 송신기					
KUS 최소EIRP	58.0	58.0	73.0	73.0	dBW
상향링크 전력제어	0.0	0.0	12.0	12.0	dB
전송EIRP	58.0	58.0	85.0	85.0	dBW
상향링크 전파손실					
자유공간손실	206.9	206.9	206.9	206.9	dB
대기 손실	0.5	0.5	0.5	0.5	dB
강우 감쇠(99.9999% 가용도)	0.0	0.0	27.4	27.4	dB
기타 손실(편파, 포인팅에러 등)	2.0	2.0	2.0	2.0	dB
위성 상향링크 수신기					
위성G/T	9.4	9.4	9.4	9.4	dB/K
상향링크 C/N ₀	86.6	86.6	86.3	86.2	dBHz
위성 하향링크 송신기					
위성 포화EIRP	30.2	28.4	30.2	28.4	dBW
output back_off	1.0	1.0	1.0	1.0	
위성EIRP	29.2	27.4	29.2	27.4	dBW
하향링크 전파손실					
자유공간손실	187.9	185.4	187.9	185.4	dB
대기 손실	0.5	0.5	0.5	0.5	
강우 감쇠(99.9999% 가용도)	0.0	0.0	0.04	0.02	dB
기타 손실(편파, 포인팅에러 등)	1.0	1.0	1.0	1.0	dB
KUS 하향링크 수신기					
KUS G/T	0.1	-2.4	0.1	-2.4	dB/K
하향링크 C/N ₀	68.5	66.7	68.5	66.7	dBHz
총 C/N ₀	68.4	66.7	68.4	66.7	dBHz
마진	6.4	4.7	6.4	4.7	dB

사판과 공용한다고 가정하여 위성 G/T를 9.4 dB/K라 설정 하면, 맑은 날 위성통신국 Ku 대역 EIRP를 최소 58 dBW로 운용하여도 요구 C/N₀를 만족한다. 그러나 99.9999% 의 상향 링크 가용도를 고려한다면, 정상운용 EIRP를 최소 EIRP 보다 15dB 높은 73 dBW로 운용하여도 강우 감쇠량이 심하여 상향링크 전력제어가 필요하다. 최대 27.4 dB의 강우감쇠를 고려했을 때, 상향링크EIRP는 +12 dB의 전력제어가 요구됨을 알 수 있다. 즉, Ku 대역 위성통신국의 HPA 출력전력 범위는 최소 27 dB 이상 되어야 할 것이다.

IV. 결론

본 논문에서는 SBAS 시스템에 대한 국제 표준 요구사항을 근거로 하여 KASS 위성통신시스템의 RF 링크를 기본 설계하고 요구되는 위성통신국 및 정지궤도 위성의 최소 RF 성능 및 운용 성능을 제시하였다. KASS 위성통신시스템의 상향링크의 주파수로 C 대역이나 Ku 대역을 사용할 수 있으므로 두 주파수 대역에 대해 각각 링크 버짓을 분석하였다.

두 주파수 대역의 정지궤도 위성 중계기의 채널 대역폭을

각각 4 MHz 와 20 MHz로 달리 고려하였기 때문에 요구되는 상향링크 C/N_0 성능이 달라졌다. 20 MHz 대역을 고려한 Ku 채널은 대역폭 증가율만큼 상향링크 요구 C/N_0 성능도 높아졌다. 또한 C 대역에 비해 상당히 높은 Ku 대역의 경우 감쇠가 매우 심하여 Ku 대역 주파수를 사용하는 경우 위성통신국에서는 상향링크 전력 제어 기능을 채택하여야 하고, 운용 전력 범위도 C 대역 채널에 비해 Ku 대역 채널이 5 dB 이상 커야 함을 볼 수 있다. 그리고 현재의 위성 중계기 성능을 고려했을 때, 요구되는 위성통신국의 최소 EIRP 및 G/T 성능 규모를 파악하였다.

본 논문의 RF 링크 설계 분석 결과를 이용하여 KASS 위성통신시스템의 하위 시스템 규격 선정시 효과적인 설계가 될 수 있도록 활용할 예정이다. 성공적인 KASS 위성통신시스템 개발을 위해서는 이러한 시스템 요구 성능 파라미터들의 정확한 분석 및 설계를 통해 충분히 검증할 수 있도록 해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] C.S. Sin et al, "Technical Development Trends of Satellite Based Augmentation System", Electronics and Telecommunications Trends, vol. 29, No.3, pp. 74-85, 2014.
- [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.
- [3] RTCA, Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for Global Positioning System/Wide Area Augmentation System Airborne Equipment, DO-229D (Change 1), February 1, 2013.
- [4] C.S. Sin et al, "Conceptual Design Analysis of Satellite Communication System for KASS", Journal of Advanced Navigation Technology, Vol.20, No.1, pp. 8-14, 2016
- [5] FAA, System Specification for the Wide Area Augmentation System, FAA-E-2892d, March 28, 2012.
- [6] Chris Neville, "EGNOS Implementation Status", PBN TF/RAiSG meeting, Brussels 12th-14th March 2014.
- [7] ITU-R, Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication systems, Recommendation ITU-R P.618-12, 2015.
- [8] 권용기, "국내 무선통신망 설계를 위한 지역별 강우강도 분포 동향", TTA Journal, Vol. 150, 11/12호, pp. 56-60, 2013.
- [9] Inmarsat, System Definition Manual (SDM) for accessing Inmarsat-4 navigation Transponders, Issue 1.1, 10 March 2008.
- [10] Claudio Soddu, "Space Capacity for SBAS", SBAS 2015 Workshop, 24-25 March 2015.
- [11] Takeyasu Sakai, "MSAS Status", IS-GNSS 2014, Oct. 22, 2014.
- [12] N. Neelakantan, "Overview of Indian Satellite Navigation Programme", 5th Meeting of the International Committee on

Global Navigation Satellite Systems (ICG), 18 October 2010.

- [13] Mike Pavloff, "European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) Capability on Sirius 5 Satellite for SES", 3rd Annual Symposium of Position, Navigation & Time, 21 October 2009.
- [14] Inmarsat, "Inmarsat Capacity for Korea SBAS", 6 December 2013.
- [15] Claudio Soddu et al., "Inmarsat-4 First L1/L5 Satellite: Preparing for SBAS L5 Services", ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, pp. 2304-2315, 2005.

저자

유 문 희(Moonhee You)

정회원



- 1988년 2월 : 한양대학교 전자통신공학 학사졸업
- 1990년 8월 : 한양대학교 전자통신공학 석사졸업
- 2002년 2월 : 한양대학교 전자통신공학 박사수료

· 1990년 7월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원

<관심분야> : 위성통신, 우주전파, 위성항법

신 천 식(Cheon Sig Sin)

정회원



- 1990년 2월 : 한양대학교 전자공학 학사졸업
- 2000년 8월 : 충남대학교 전자통신공학 석사졸업
- 2013년 2월 : 한양대학교 전자통신공학 박사수료

· 1990년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 위성항법연구실, 실장

<관심분야> : 위성통신, 위성항법, 궤도주파수