

위성/지상 겸용망에서 위성 업링크 간섭 분석

강군석*, 홍태철*, 김희욱*, 구분준*, 장대익* 정희원

Analysis on Satellite Uplink Interference for Satellite/Terrestrial Integrated System

Kunseok Kang*, Tae Chul Hong*, Hee Wook Kim*, Bon-Jun Ku*, Dae-Ig Chang* *Regular Members*

요 약

2.1GHz 위성 주파수 대역은 상향 1980-2010 MHz, 하향 2170-2200MHz의 주파수 대역으로 위성 IMT를 포함한 위성이동통신 뿐만 아니라 이동통신용으로 사용 가능하도록 규정되어 있으며, 지상 IMT 대역과 인접한 넓은 대역폭을 이용하여 광대역 서비스를 제공할 수 있어, 최근 국제적으로 위성/지상 겸용으로 활용하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 위성/지상 겸용망의 효율적인 주파수 활용으로 광대역 멀티미디어 서비스 제공과 공공 안전 및 재난 구호 서비스 제공할 수 있다. 위성과 지상이 동일한 주파수 대역을 활용하여 상호간 서로 재사용하기 위해서는 위성 사용자와 지상 사용자 간의 간섭 조정이 필요하다. 이러한 망간 간섭은 위성/지상 겸용망의 설계에 있어서 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 본 논문에서는 위성통신시스템과 지상통신시스템이 주파수 자원을 공유하여 활용하는 위성/지상 겸용망 시스템에서 위성 업링크에서 지상 단말들로부터 받는 업링크 간섭에 대해 분석하고 위성/지상 겸용망의 업링크 간섭을 완화하기 위한 방안을 살펴본다.

Key Words : satellite and terrestrial, integrated system, interference, satellite uplink, 2.1GHz band

ABSTRACT

The satellite 2.1 GHz frequency bands, 1980-2010 MHz and 2170-2200MHz are allocated for mobile satellite service including satellite IMT, while it does not preclude the use of these bands for mobile services. The concept of an integrated satellite/terrestrial network has been introduced in worldwide because the terrestrial use in these bands adjacent to existing terrestrial IMT bands is attractive to provide mobile broadband services. The integrated satellite/terrestrial infrastructure with a high degree of spectrum utilization efficiency has the ability to provide both multimedia broadband services and public protection and disaster relief solutions. In addition, it is required to consider interference issues between the terrestrial and satellite components in order to reuse the same frequency band to both satellite and terrestrial component. This paper analyzes the interference for satellite uplink in the satellite/terrestrial integrated system and the interference reduction scheme for satellite uplink interfered by terrestrial user equipment.

I. 서 론

최근 주파수 재사용이 가능한 다중빔 위성으로 인해 양방향 이동위성통신 시스템에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 2.1GHz 위성 주파수 대역은 국제적으로 위성통신뿐만 아니라 이동통신용으로 사용 가능하도록 규정되어 있으며 지상 IMT 대역과 인접한 60MHz의 넓은 대역폭을 이용하여 3G뿐만 아니라 4G 등 다양한 기술 적용이 가능하다. 국제적으로 모바일 광대역 서비스 제공 및 공공니즈를 해소하

기 위한 위성/지상 겸용으로 활용하는 추세이며[1-5], 국내에서는 개인휴대단말의 경량화, 소형화가 가능한 S대역 주파수를 활용하여 지상망의 가용 주파수 확보 및 이동통신의 음영지역을 최소화하여 안전사고 등 위기사항 발생 시 국민의 생명과 안전을 보호하기 위해 2.1GHz 대역을 지상통신과 연계 활용하는 “모바일 광개토 플랜”을 추진 중이다.

이러한 위성/지상 겸용망은 시스템 용량 증대와 주파수 효율의 측면에서 장점을 가진다고 할 수 있으며, 따라서 위성/지상 겸용망의 효율적인 주파수 활용을 위해서 지상망이

* 본 연구는 미래창조과학부가 지원한 2013년 정보통신-방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음.

*한국전자통신연구원 위성휴대방송통신연구실 (kangks@etri.re.kr), 교신저자 : 강군석

접수일자 : 2014년 3월 17일, 수정완료일자 : 2014년 3월 21일, 최종 게재확정일자 : 2014년 3월 21일

위성에서 사용하는 주파수를 재활용하는 방법을 생각할 수 있다.

다중빔 위성 시스템에서 사용하는 전체 주파수 대역을 주파수 재 사용율에 의해 각각의 위성빔에 일정대역씩 주파수를 할당하고 해당 위성빔이 사용하는 주파수 대역을 제외한 나머지 주파수 대역을 지상 시스템에서 재사용하는 방식을 고려한다면, 지상망과 위성망 사이에 망간 동일채널 간섭이 발생하게 되며, 시스템의 효율과 용량을 감소시키게 되며, 상호 운용을 불가능하게 할 수도 있다.

위성/지상 겸용망의 위성 다운링크에서 위성 단말(Mobile Earth Station, MES)이 지상 기지국으로부터 받는 간섭에 대해서 간섭을 완화하기 위한 기법들이 제시된 바 있다[6].

본 논문에서는 위성/지상 겸용망 시스템의 위성 업링크에서 지상 단말 (User Equipment, UE)들에 의한 간섭에 대해 분석하고 이를 완화하기 위한 방법을 분석한다. 위성 업링크의 경우 위성이 수신하는 주파수와 동일한 주파수를 사용하는 인접 위성빔 영역에 존재하는 무수히 많은 지상 사용자 단말로부터 간섭이 발생하게 된다.

본 서론에 이어 II장에서는 위성/지상 겸용망에서 주파수 재사용 시나리오 및 시뮬레이터의 구성에 대해 기술한다. III장에서는 위성 업링크 간섭 시뮬레이션 결과 및 간섭 완화를 위한 배타적 영역(Exclusive Zone, EZ)에 대한 시뮬레이션 결과들을 제시하고, 마지막으로 IV장에서는 본 논문의 결론을 제시함으로써 논문을 마무리한다.

II. 위성/지상 겸용망 시스템

위성 주파수 대역을 지상 시스템에서 재사용하는 시나리오에는 여러 가지가 있을 수 있다. 본 논문에서는 그림 1과 같이 전체 위성 주파수 대역을 주파수 재사용율에 의해 각각의 위성빔에 일정대역씩 주파수를 할당하고 해당 위성빔이 사용하는 주파수 대역을 제외한 나머지 주파수 대역을 지상 시스템에서 재사용하는 방식을 고려한다.

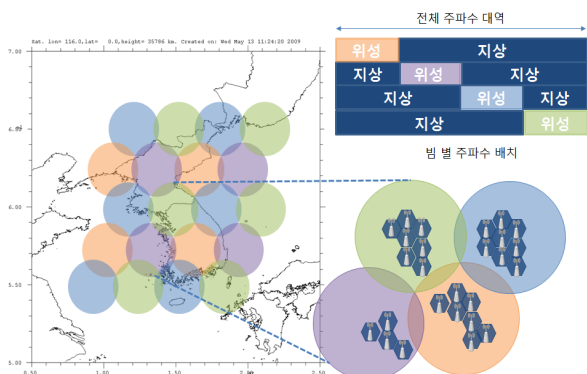


그림 1. 위성/지상 주파수 재사용 개념

그림 1은 위성시스템의 주파수 재사용율이 4인 경우의 예로써, 전체 주파수 대역을 4개의 대역으로 구분하여 각각의 위성빔에 할당하고, 특정 위성빔 내부의 지상셀에서는 위성빔에서 사용하는 주파수 대역을 제외한 나머지 주파수 대역을 사용하는 방식이다. 따라서 동일한 주파수를 지상 기지국과 위성에서 동시에 사용하게 되므로 주파수 이용 효율 증가하지만 위성/지상 간 동일 채널 간섭이 발생하게 된다[7].

위성/지상 겸용망에서 지상 단말들에 의한 위성 업링크 간섭을 분석하기 위해 LTE 기반의 시뮬레이터를 구현하였다. 시뮬레이터의 구성은 위성 부분과 지상부분으로 이루어져 있으며 각각의 세부 구성을 표 1에 나타내었다.

표 1. 위성/지상 겸용망 시뮬레이션 파라미터

Satellite Parameter	
Beam Tier	2 tier (19 satellite beams)
Frequency	2.17 GHz
Channel Model	Rx Power= $P_{TX}+G_{ANT}-PL$
Satellite Antenna	ITU-R Rec. S. 672-4 [8] (Max. Gain = 50dBi)
3dB Beam Width	0.3° (195km beam diameter)
Freq. reuse	6
MES per Beam	25 (1RB/1MES)
MES Tx power(Antenna gain)	250mW (0dBi)
Path Loss	$92.4+20\log f_c(\text{GHz})+20\log R(\text{km})$
Noise figure (SAT/MES)	2.0dB/7.0dB
Shadowing (Sat. MES)	Open Environment [9][10]
Shadowing (Terr. UE)	Urban Environment [9][10]
Terrestrial Parameter	
Cell radius	1km
Frequency reuse	1 (3 sector)
Base station Tx power	20W (43dBm)
Antenna pattern	3GPP TR 36.942 [11]
BS antenna gain (dBi)	15
Frequency	2.17 GHz
Tx power per RB	Max. 24dBm, min -30dBm
UE Antenna gain (dBi)	0
Path Loss	$128.1+37.6\log R(\text{Urban})$
wall penetration loss	10dB

위성부분 파라미터에서 위성빔의 수는 간섭 영향을 충분히 반영하기 위해 19개로 설정하였고, 3dB 빔폭의 경우 20m급 위성 안테나를 고려하여 0.3°로 하였다. 지상부분의 파라미터들은 지상 LTE 파라미터들을 차용하였으며[11], 지상셀 반지름의 경우 평균적인 지상셀 크기로 가정하여 1km로 설정하였다. 간섭분석에 사용될 위성 안테나 빔 패턴은 ITU-R

S.672-4[8]를 통해 권고하고 있는 FSS(Fixed Satellite Service)용 안테나 빔 패턴을 사용하였다. 현재 ITU-R 권고에 MSS(Mobile Satellite Service)용 안테나 빔 패턴은 정의된 것이 존재하지 않고, MSS용 간섭분석 등에서 FSS 안테나 빔 패턴을 이용하고 있다.

간섭 시뮬레이션에서 사용한 주파수 재사용율이 6이므로 각각의 위성빔은 전체 30MHz 대역에서 5MHz씩 할당하여 사용하게 되며, LTE 전송규격을 사용하므로 180kHz 자원블록 (Resource Block, RB) 25개가 할당된다. 전체 위성빔을 최대한 동일 주파수를 멀리 배치해 간섭을 줄여야 하며 이에 따라 각 위성빔별 주파수 배치는 아래의 그림 2와 같이 구성하였다.

그림 2에서 각 빔의 중심에 표기된 A(B) 형식의 숫자는 A가 각 빔을 나타내는 고유 번호이고, B는 해당빔에 할당된 주파수 대역을 나타낸다.

하나의 위성빔 내부에 존재하는 지상셀의 수는 위성빔 중심 간의 거리와 지상셀 지름과의 관계로 구할 수 있다. 지상셀의 경우 반지름을 1km로 가정하면 지상셀 tier 수는 56이며, 56 tier의 지상 셀의 총 수는 9,577개 이다.

간섭분석을 위한 채널 모델은 경로 손실과 음영페이딩이 반영되었다. 위성 경로 손실의 경우 단말과 위성사이의 거리에 따라 결정되며, 위성의 음영페이딩의 경우 단말이 위치하는 주변 환경에 의해 결정되게 된다. 위성 단말의 경우 개방 환경의 음영 페이딩을, 지상 단말의 경우 도심환경의 음영 페이딩을 적용하였다.

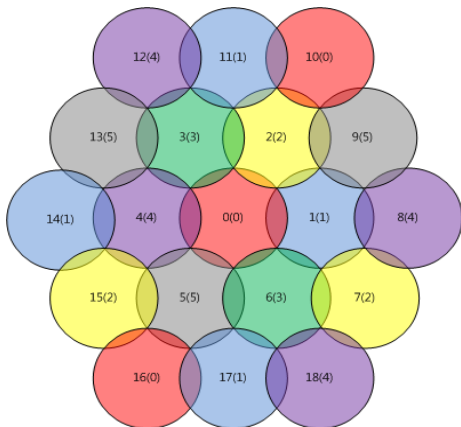


그림 2. 주파수 재사용율 6인 경우의 위성빔 주파수 배치

Ⅲ. 위성 업링크 간섭

위성/지상 겸용망에서 위성 업링크의 경우 지상의 무수히 많은 단말로부터 위성으로 간섭이 발생한다. 먼저 이러한 지상단말이 지상기지국과의 전력제어에 의해 어느 정도의 전력을 송신하는지를 그림 3에 나타내었다.

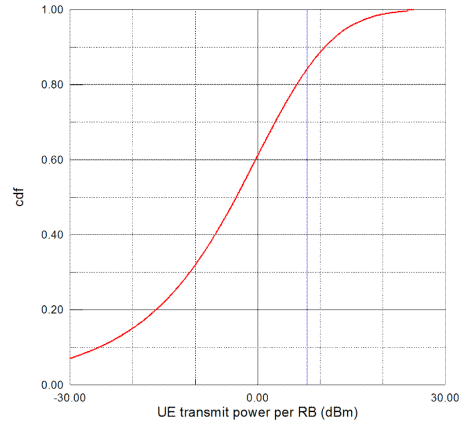


그림 3. 지상 UE 업링크 전력 (cell radius = 1km)

그림 3에서 지상단말의 평균 업링크 전송 전력은 시뮬레이션 결과에서 약 6.1mW/RB (7.9dBm/RB)로 나타났으며, 이는 표 1에 나타낸 파라미터들을 적용하였을 때의 결과이며, 지상셀의 크기나 전력제어 파라미터에 따라 다르게 나타날 수 있다. 위성 업링크 간섭분석 결과에서 특별한 언급이 없는 한 지상단말의 평균 업링크 전송 전력은 7.9dBm/RB로 설정하였다.

그림 4에 지상단말에 의한 위성 업링크 간섭분석 결과를 나타내었다. 지상단말은 중심의 0번 위성빔과 동일 주파수를 사용하는 위성빔을 제외한 나머지 위성빔에서 uniform하게 발생시켰으며, 업링크 간섭은 0번 위성빔에 대해 측정하였다. 그림 4의 간섭분석 결과에서 지상 단말로부터 위성 업링크 간섭이 심각함을 알 수 있다. INR 측면에서 간섭원인 지상 단말의 수가 2배 증가할 때 간섭량은 약 3dB씩 증가하는 것을 확인할 수 있다.

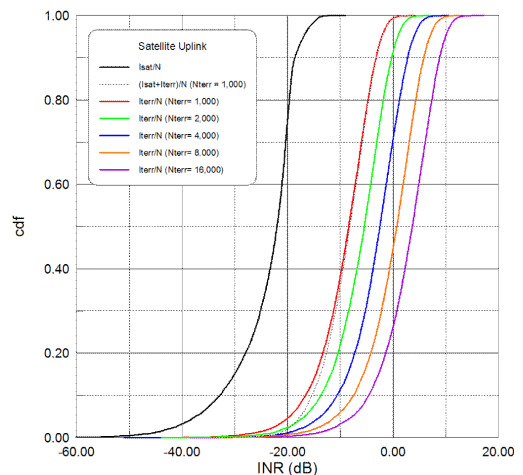


그림 4. 지상 사용자 수에 따른 Uplink 간섭

1. Exclusive zone 설정

지상단말에 의한 위성 업링크로의 간섭은 위성 안테나의 수신 이득에 의한 영향을 받게 된다. 위성빔 경계를 위성 수신 안테나 이득이 3dB 감소되는 지점으로 볼 때 이 경계 바로 이웃한 지점에서 송신되는 신호의 경우 위성신호에 큰 간

섭으로 작용할 수 있다. 따라서 이러한 위성빔에 인접한 지역에서 송신되는 업링크 간섭 신호를 줄이기 위해 Exclusive zone (EZ)을 설정할 수 있다. 그림 5에 이를 나타내었다.

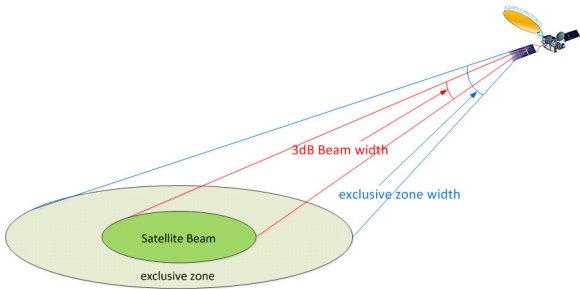


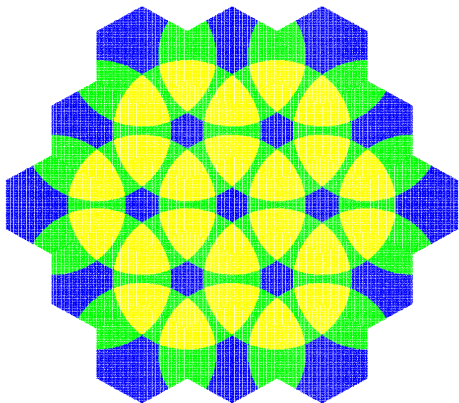
그림 5. Exclusive zone 설정

그림 5에서처럼 EZ 설정을 하게 되면 위성빔의 경계 (-3dB beam width)에서 일정 범위 내에 위치한 지상셀에서 해당 위성빔의 사용 주파수를 지상 단말에 할당하지 않게 된다. 위성빔의 경계에 있는 지상 단말에 의한 송신 신호가 업링크 간섭에 가장 큰 영향을 미치게 되므로 EZ 설정에 따라 해당 영역에서 위성빔에서 사용하는 RB에 대해 할당을 제한하여 간섭원을 제거하는 것이다.

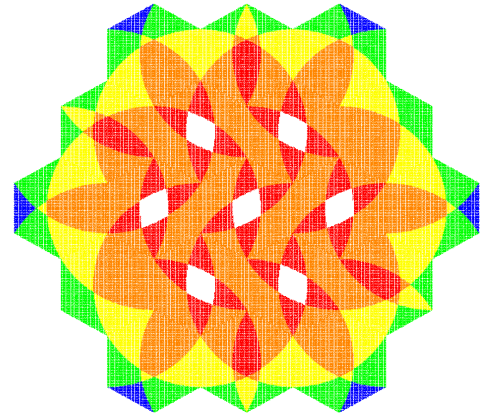
EZ 설정에 따라 위성빔 영역 주위의 지상셀들은 업링크 자원 할당에 있어서 제약을 받게 된다. 하나의 위성빔에 대한 EZ 영역일 경우는 해당 위성빔에서 사용하는 RB에 대한 제한(5MHz 대역폭일 경우 25개의 RB)을 받게 되지만 두개 이상의 위성빔에 대한 EZ 영역일 경우 제한을 받는 위성빔의 배수만큼 제한이 증가하게 된다. EZ width가 커질수록 이러한 제한을 받는 영역이 커지게 된다.

이러한 방식으로 EZ 영역 내부의 지상셀에 주파수 자원 할당을 제외하게 되면 지상망에서 사용할 수 있는 자원이 줄어들게 된다. 시뮬레이션을 통해 이러한 방식을 적용한 경우 위성 업링크 간섭과 지상망에 할당되는 주파수 자원에 대해 분석하였다.

먼저 그림 6에 각각 EX width가 -6dB, -12dB인 경우 각각의 지상셀이 사용 가능한 RB의 수를 나타내었다.



(a) Exclusive zone width : -6.0dB



(b) Exclusive zone width : -12.0dB

그림 6. Exclusive zone에 따른 지상셀 업링크 자원 할당 제한

그림 6에서 파란색으로 표시된 영역은 전체 125RB 중 125RB 모두를 활용 가능함을 나타내고, 녹색은 100RB를 활용 가능함을, 노란색은 75RB를 활용 가능함을, 주황색은 50RB를 활용 가능함을, 붉은색은 25RB를 활용 가능함을 나타낸다. (Blue : 125 RB, Green : 100 RB, Yellow : 75 RB, Orange : 50 RB, Red : 25 RB)

EZ width가 -12dB인 경우 일부 영역에서 업링크 RB를 할당할 수 없는 지상 기지국이 존재하게 된다. 그림 6에서 흰색으로 표시된 영역이 RB를 할당할 수 없는 지상 기지국 영역으로, 업링크 간섭분석 시뮬레이션에서 EZ에 의해 RB를 할당할 수 없는 영역에서도 최소한의 업링크 전송은 가능하여야 하므로 25RB를 임의 할당하도록 하였다. 표 2에 그림 6의 EZ width에 따른 지상기지국의 업링크 RB 활용율을 나타내었다.

표 2. Exclusive zone에 따른 지상셀 업링크 RB 활용율

EZ width	RB allocation rate	RB allocation rate at center Beam
-6dB	78.8%	71.2%
-9dB	61.2%	47.4%
-12dB	47.0%	31.2%
-15dB	36.3%	21.9%

표 2에서 EZ 영역을 크게 할수록 지상기지국의 업링크 RB 활용율이 감소하는 것을 확인 할 수 있다.

2. Exclusive zone에 따른 업링크 간섭분석

EZ 설정에 따른 위성 업링크에 수신 간섭을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 먼저 그림 7에 EZ width가 -6.0dB일 때 업링크 간섭을, 그림 8에 EZ width가 -9.0dB일 때 업링크 간섭을, 그림 9에 EZ width가 -12.0dB일 때 업링크 간섭을 나타내었다.

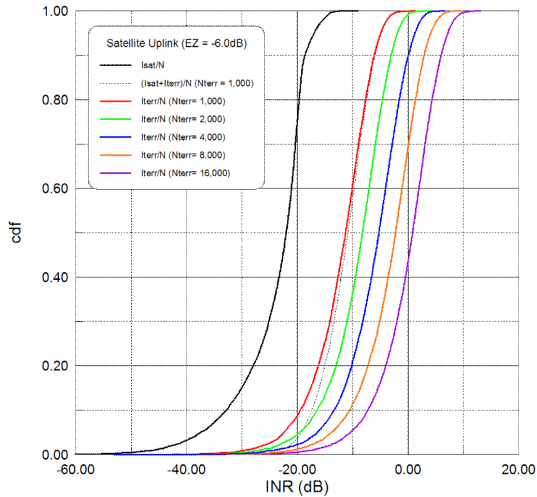


그림 7. Exclusive zone (-6.0dB)에 따른 업링크 간섭

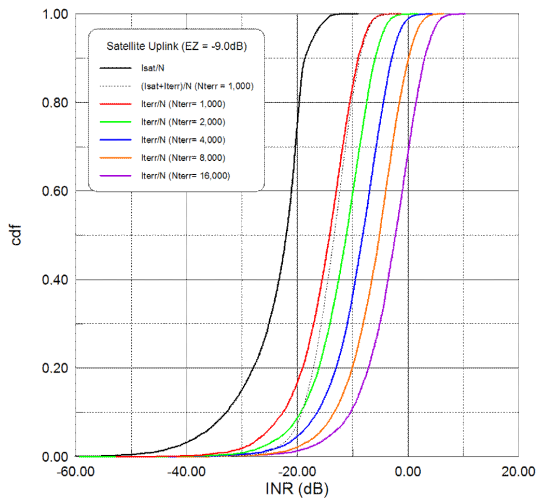


그림 8. Exclusive zone (-9.0dB)에 따른 업링크 간섭

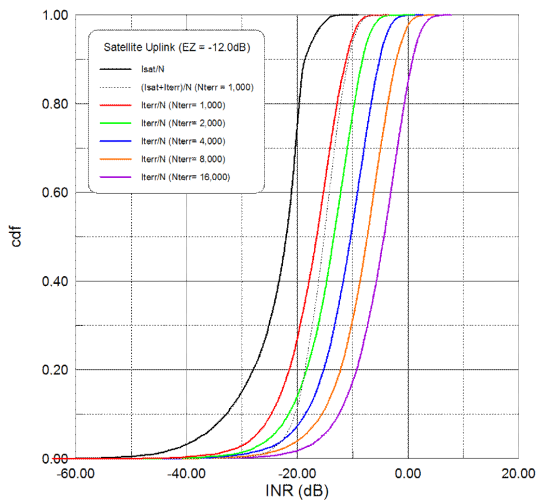


그림 9. Exclusive zone (-12.0dB)에 따른 업링크 간섭

그림 4에서와 마찬가지로 지상 단말의 수가 증가함에 따라 간섭량도 증가하게 된다. 다만 EZ 설정에 의해 간섭량이 줄어드는 것을 알 수 있다.

그림 7부터 그림 9에서 EZ width가 -6.0dB이고 지상단말

의 수가 1,000일 때 INR 특성과 EZ width가 -9.0dB이고 지상단말의 수가 2,000일 때 INR 특성 그리고 EZ width가 -12.0dB이고 지상단말의 수가 4,000일 때 INR 특성이 거의 동일하게 나타난다. 이는 지상단말의 수가 2배 증가할 때 약 3dB의 간섭량이 증가하게 되므로, EZ width를 3dB 증가시키면 지상단말의 수가 약 2배 증가했을 때와 동일한 간섭량을 나타내게 되는 것이다.

그림 10과 그림 11에 위성 업링크 간섭원인 단일 RB에 대한 동시 사용 지상 단말의 수가 각각 2,000대, 8,000대 일 때 위성 업링크 간섭에 의한 수신 CINR을 나타내었다. EZ width 영역이 3dB 커질 때 지상 단말로 부터의 간섭이 1/2로 감소하게 되므로 지상 단말의 수가 2,000대이고 EZ 설정이 없는 경우와 지상 단말의 수가 8,000대이고 EZ width가 -9.0dB인 경우의 CINR 특성이 거의 일치함을 알 수 있다.

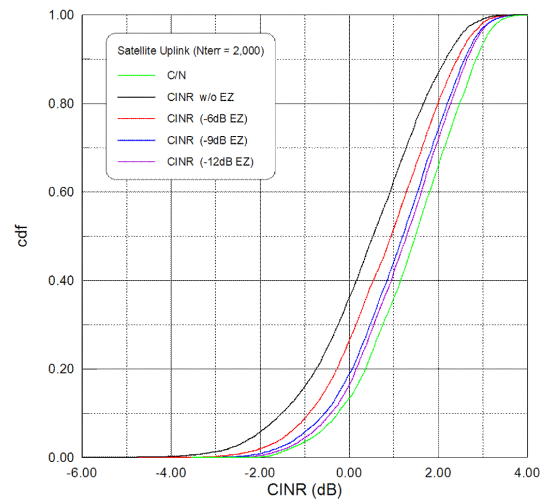


그림 10. 지상단말 수에 따른 CINR 특성 (Nterr = 2,000)

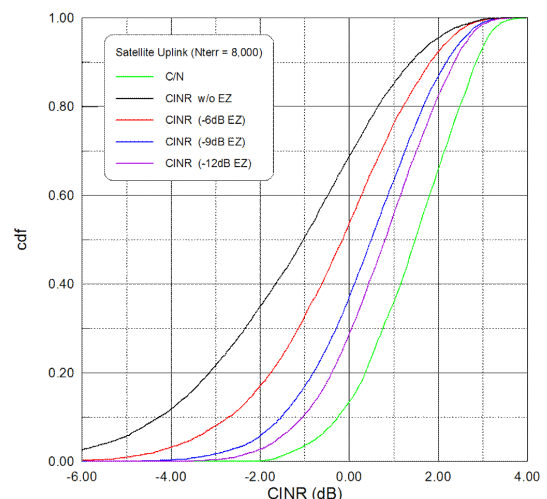


그림 11. 지상단말 수에 따른 CINR 특성 (Nterr = 8,000)

3. 지상단말 송신전력에 따른 업링크 간섭분석

그림 3의 전력제어에 의한 지상 단말의 업링크 송신 전력에서 RB당 평균 송신 전력 7.9dBm 인 경우 80%이상의 단말

이 평균 이하의 송신전력을 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 해당 위성 주파수 대역을 지상 사용자에게 할당할 때 지상 UE의 최대 송신 전력을 일정 범위 내로 제한한다면 평균 송신전력이 낮아지게 되고 위성 업링크로의 간섭을 감소시킬 수 있을 것이다.

If Tx_UE power > Pth then Tx_UE power = Pth

이렇게 최대 송신전력을 제한하게 되면 기지국에서 수신하는 SINR이 낮아지게 되므로, 송신전력이 제한된 지상 단말의 경우 전송율이 보다 낮은 MCS (Modulation and Coding scheme)을 사용하는 방식으로 적용할 수 있을 것이다.

그림 12에 지상 단말의 최대 송신전력을 각각 6.0dBm으로 제한한 경우 지상 단말의 송신 전력 분포를 나타내었다.

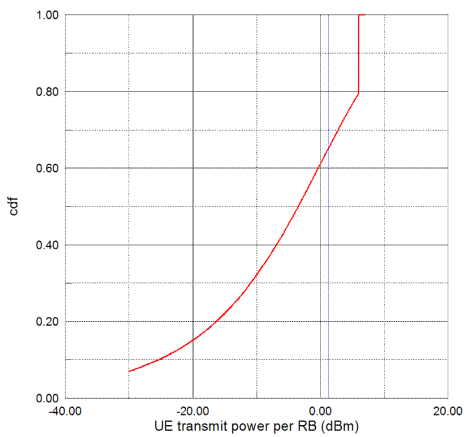


그림 12. 최대송신 전력 제한에 따른 UE 송신전력 분포

그림 12에서 최대송신전력을 6.0dBm으로 제한했을 때 평균송신전력은 1.3dBm으로 나타나고, 동일한 방식으로 최대송신전력을 10.0dBm으로 제한했을 때 평균송신전력은 3.5dBm로 나타난다.

그림 13에 지상단말 최대송신전력 제한에 따른 업링크 간섭 분석 결과를 나타내었다. 지상단말의 최대송신전력 제한에 따라 평균 송신전력이 낮아지게 되어 간섭 또한 줄어드는 것을 확인 할 수 있다.

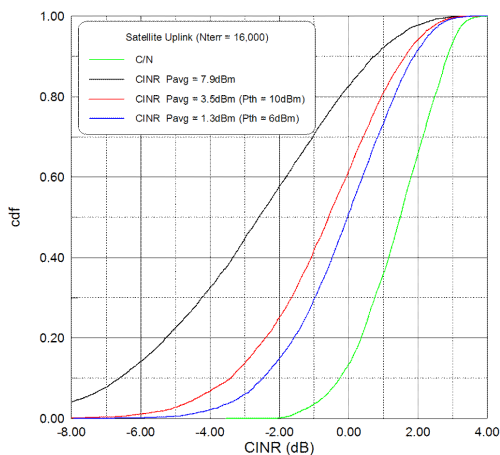


그림 13. UE 최대송신전력 제한에 따른 업링크 간섭 분석

4. 지상단말의 평균 송신전력과 수에 따른 간섭분석

그림 14에 지상단말의 수와 평균 송신전력에 따른 위성 단말의 수신 CINR을 분석하였다. 그림 14에서 가로축은 지상단말의 평균 송신전력을 나타내고, 세로축은 99%의 위성 단말이 만족하는 최소 CINR을 나타낸다.

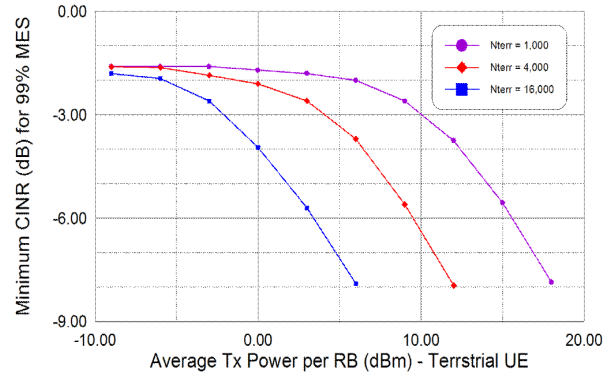


그림 14. 지상단말의 수와 평균 송신전력에 따른 수신 CINR

그림 14에서 지상단말의 수가 증가할수록 최소 CINR값이 낮아지며, 동일한 지상단말 수에서는 평균 송신전력이 높아질수록 최소 CINR값이 낮아지는 것을 확인 할 수 있다.

그림 14의 결과를 지상단말의 총 전력에 대한 CINR 결과로 그림 15에 다시 나타내었다. 총 전력은 지상단말의 수와 지상단말의 평균 송신 전력을 곱한 값으로 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Total Power(dBm)} = \text{Avg. Power(dBm)} + 10\log(\text{Nterr})$$

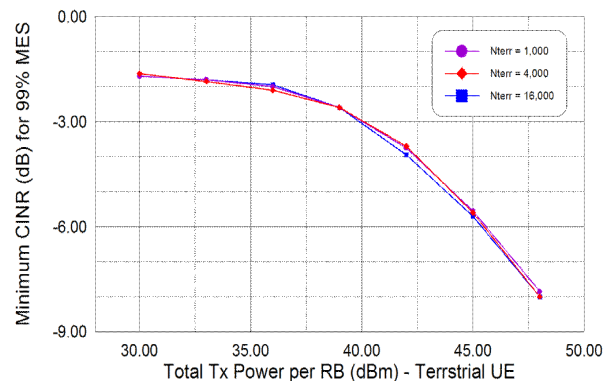


그림 15. 지상단말의 총 전력 대비 수신 CINR

그림 15에서 위성단말의 수신 CINR, 즉 지상단말에 의한 간섭은 지상단말의 총 송신 전력과 관련 있음을 알 수 있다. 즉 이웃한 위성빔 영역 내부에 존재하는 동일한 RB를 사용하는 지상단말의 수와 이들의 평균 송신전력에 의해 간섭이 결정된다는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 위성/지상 겸용망에서 위성 단말의 업링크 송수신이 가능한 최대 수용 가능한 간섭량이 결정되면 이에 따른 지상망에서 총 간섭량이 결정되고, 총 간섭량에 의해 평균 송신 전력에 따른 수용 가능 지상 단말 수가 결정될 수 있을 것이다.

IV. 결론

본 논문에서는 위성 주파수 대역의 효율적인 활용을 위한 위성/지상 겸용망에서 위성빔 내부의 무수히 많은 지상 단말로부터 위성으로의 동일 채널 업링크 간섭에 대해 분석하고, 이러한 간섭을 완화시켜 위성단말의 수신 성능을 향상시킬 수 있는 기법을 살펴보았다. 위성 업링크 간섭의 경우 Exclusive zone 설정, 지상단말의 송신전력 제한과 같은 방법을 적용하여 간섭량을 감소시킬 수 있음을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 그리고 위성/지상 겸용망에서 위성 단말의 업링크 수신이 가능한 최대 수용 가능한 간섭량이 결정되면 이에 따른 지상간섭에 의해 수용 가능 지상 단말 수가 결정될 수 있음을 보였다. 추후 위성/지상 겸용망에서 업링크 간섭량에 다른 위성의 지상 단말의 수용 범위 등 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

참고 문헌

[1] H. W. Kim, K. Kang and D-S Ahn, "OFDMA based mobile satellite communication applying fractional frequency reuse technique," 27th AIAA International communications Satellite System Conference, June 2009.

[2] V. Deslandes, J. Tronc and A-L Beylot, "Analysis of interference issues in Integrated Satellite and Terrestrial Mobile Systems," 5th Advanced satellite multimedia systems conference and the 11th signal processing for space communications workshop, pp. 256-261, 2010.

[3] V. Deslandes, J. Tronc and A-L Beylot, "Frequency sharing implementation in LTE-based integrated satellite-terrestrial system," 29th AIAA International communications Satellite System Conference, Japan, Nov. 2011.

[4] A. B. Awoseyila and B. G. Evans, "On achieving optimum C/I in satellite-terrestrial frequency sharing networks," 29th AIAA International communications Satellite System Conference, Japan, Nov. 2011.

[5] M. Umehira, "Feasibility of frequency sharing in satellite/terrestrial integrated mobile communication system," 29th AIAA International communications Satellite System Conference, Japan, Nov. 2011.

[6] 강군석, 홍태철, 김희욱, 구분준, "위성/지상 겸용망에서 위성 다운링크 수신단말 간섭완화 기법," 통신위성우주산업연구회 논문지, vol. 8, no. 4, pp.81-88, 2013.

[7] ITU-R Report M.2041, "Sharing and adjacent band compatibility in the 2.5 GHz band between the terrestrial and satellite components of IMT 2000"

[8] ITU-R Recommendation S.672-4, "Satellite antenna radiation pattern for use as a design objective in the fixed-satellite service employing geostationary satellites"

[9] C. Loo, "Statistical model for land mobile satellite link," IEEE trans. Veh. Technol., vol. 34, pp. 122-127, Aug. 1985

[10] F. P. Fontan, M. V-Castro, C. E. Cabado, J. P. Garcia, and E. Kubista, "Statistical modeling of LMS channel," IEEE trans. Veh. Technol., vol. 50, no. 6, pp. 1549-1567, Nov. 2001

[11] 3GPP TR 36.942 V10.3.0, 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Frequency (RF) system scenarios (Release 10), 2012-06.

저자

강 군 석(Kunseok Kang)



정회원

- 1997년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1999년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학석사
- 1999년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원

<관심분야> : 위성통신, 이동 통신, 간섭분석

홍 태 철(Tae Chul Hong)

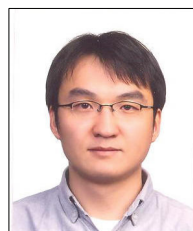


정회원

- 2000년 2월 : 연세대학교 기계전자공학부 공학사
- 2003년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 공학석사
- 2003년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원

<관심분야> : 위성통신, 이동통신, 통신네트워크

김 희 욱(Hee Wook Kim)



정회원

- 2001년 8월 : 고려대학교 전기전자전파공학부 공학사
- 2004년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 공학석사
- 2004년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원

<관심분야> : 이동위성통신, 위성/지상 겸용 통신, MIMO, 협력 통신, 간섭완화

구 본 준(Bon-Jun Ku)



정회원

- 1995년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1999년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학석사
- 2010년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 공학박사

· 1995년 ~ 1997년 : 한국타이어 중앙연구소 연구원

· 1999년 7월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원

<관심분야> : 위성통신, HAPS, 주파수공유, 위성안테나

장 대 익 (Dae-Ig Chang)

정회원



- 1985년 : 한양대학교 전자통신공학과 공학사
- 1989년 : 한양대학교 전자통신공학과 공학석사
- 1999년 : 충남대학교 전자공학과 공학 박사

- 1991년~1993년 : 캐나다 MPR Teltech 연구소 연구원
- 2011년~2012년 : KAIST 초빙교수
- 2005년~현재 : UST연합대학원 이동통신및방송공학 겸임 교수
- 1990년~현재 : 한국전자통신연구원 위성휴대방송통신연구실 실장

<관심분야> : 디지털통신, 위성방송통신 시스템, 위성모뎀