

위성/지상 겸용망에서 위성 다운링크 수신 단말 간섭 완화 기법

강군석*, 홍태철*, 김희욱*, 구본준* 정회원

Interference Mitigation Techniques for Satellite Downlink in Satellite and Terrestrial Integrated System

Kunseok Kang*, Tae Chul Hong*, Hee Wook Kim*, Bon-Jun Ku* *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 있다. 지상 IMT 대역과 인접한 넓은 대역폭을 이용하여 광대역 서비스를 제공할 수 있어 최근 국제적으로 위성/지상 겸용으로 활용하기 위한 연구들이 진행되고 있으며, 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 위성망과 지상망 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 위성단말이 지상 기지국으로부터 받는 다운링크 간섭에 대해 분석하고 이러한 위성 다운링크에 대한 간섭을 완화하기 위한 기법들을 제시한다.

Key Words : satellite and terrestrial, integrated system, interference mitigation, satellite downlink, 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 downlink in the satellite/terrestrial integrated system and presents the interference mitigation techniques for satellite mobile earth station interfered by terrestrial base stations.

I. 서 론

최근 주파수 재사용이 가능한 다중빔 위성으로 인해 양방향 이동통신시스템에 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 해소하기 위한 위성/지상 겸용으로 활용하는 추세이며[1-5], 국내에서는

개인휴대단말의 경량화, 소량화가 가능한 S대역 주파수를 활용하여 지상망의 가용 주파수 확보 및 이동통신의 음영지역을 최소화하여 안전사고 등 위기상황 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 위성에서 사용하는 주파수를 재활용하는 방법을 생각할 수 있다.

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

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

접수일자 : 2013년 11월 11일, 수정완료일자 : 2013년 12월 10일, 최종 게재확정일자 : 2013년 12월 12일

다중빔 위성 시스템에서 사용하는 전체 주파수 대역을 주파수 재사용율에 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 된다. 이러한 동일채널 간섭은 시스템의 효율과 용량을 감소시키게 되며, 상호 운용을 불가능하게 할 수도 있다.

본 논문에서는 위성/지상 겸용망 시스템의 위성 다운링크에서 지상망에 의해 위성단말(Mobile Earth Station, MES)이 받는 간섭에 대해 분석하고 이를 완화하기 위한 방법들을 제시하고자 한다. 위성 다운링크의 경우 위성단말이 위성으로부터 수신하는 주파수와 동일한 주파수를 사용하는 인접 위성빔 영역에 존재하는 다수의 지상 기지국으로부터 간섭이 발생하게 된다.

본 서론에 이어 II장에서는 위성/지상 겸용망에서 주파수 재사용 시나리오 및 시뮬레이션 파라미터들에 대해 기술한다. III장에서는 시뮬레이션을 통한 위성 다운링크 간섭 분석 결과 및 간섭 완화 방법들에 의한 성능 결과들을 제시한다. 마지막으로 IV장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구 계획을 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.

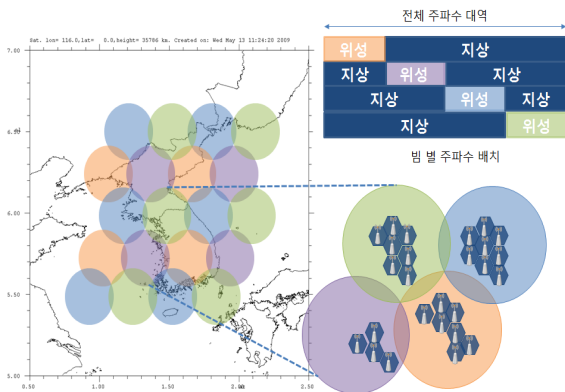


그림 1. 위성/지상 주파수 재사용 개념

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 대역

을 사용하는 방식이다. 따라서 동일한 주파수를 지상 기지국과 위성에서 동시에 사용하게 되므로 주파수 이용 효율 증가하지만 위성/지상간 동일채널 간섭이 발생하게 된다[6].

위성/지상 겸용망 시스템에서 지상 기지국에 의한 위성 다운링크 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= $P_{TX}+G_{ANT}-PathLoss$
Satellite Antenna	ITU-R Rec. S. 672-4 [7] (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)
Noise Figure (MES)	7.0dB
Sat. Tx power per Beam	200W (53dBm)
Path Loss	$92.4+20\log f_c(\text{GHz})+20\log R(\text{km})$
Shadowing (Sat. MES)	Open Environment [8][9]
Shadowing (Terr. UE)	Urban Environment [8][9]
Terrestrial Parameter	
Cell diameter	2km
Freq. reuse	1 (3 sector)
Base station Tx power	20W (43dBm)
Antenna pattern	3GPP TR 36.942 [10] (Max. Gain = 15dBi)
Path Loss	$128.1+37.6\log R(\text{km})$ [10]
Wall penetration loss	10dB [10]
Shadowing	10dB (Log normal) [10]

위성부분 파라미터에서 위성빔의 수는 다운링크 간섭의 영향을 충분히 반영하기 위해 19개로 설정하였고, 3dB 빔폭의 경우 20m 급 위성 안테나를 고려하여 0.3°로 하였다. 지상부분의 파라미터들은 지상 LTE 파라미터들을 차용하였으며 [10], 지상셀 직경의 경우 평균적인 지상셀 크기로 가정하여 2km로 설정하였다. 간섭분석에 사용될 위성 안테나 빔 패턴은 ITU-R S.672-4[7]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.

간섭시뮬레이션에서 사용한 주파수 재사용율이 6이므로 각각의 위성빔은 전체 30MHz 대역에서 5MHz씩 할당하여 사용하게 되며, LTE 전송규격을 사용하므로 180kHz 자원블록(Resource Block, RB) 25개가 할당된다. 전체 19개의 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.

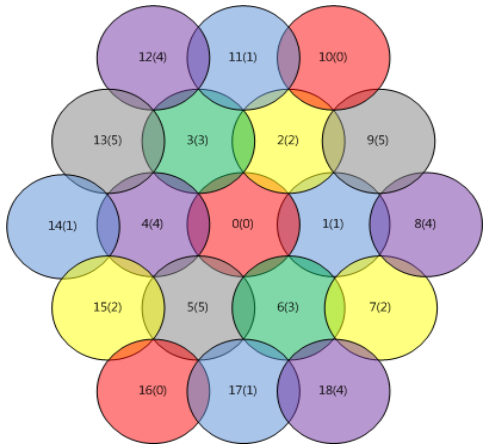


그림 2. 주파수 재사용율 6인 경우의 위성빔 주파수 배치

하나의 위성빔 내부에 존재하는 지상셀의 수는 위성빔 중심 간의 거리와 지상셀 지름과의 관계로 구할 수 있다. 지상셀의 경우 지름을 2km로 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. 간섭분석에서 사용되는 음영페이딩 값은 특정 시점의 값을 적용하게 되며 단말의 시간에 따른 이동이나 환경의 변화를 반영하지 않고 랜덤하게 발생시킨 값을 적용하였다.

III. 위성 다운링크 간섭

위성/지상 겸용망에서 하나의 위성빔 영역 내부에 지상셀의 크기에 따라 수천에서 수만개의 지상 기지국이 존재하게 되며, 무수히 많은 지상 기지국의 송신 신호에 의해 위성단말이 받는 다운링크 동일 채널 간섭이 발생하게 된다.

그림 3에 위성 다운링크 수신 단말의 간섭량을 cdf(Cumulative Distribution Function)로 나타내었다. CINR(Carrier to Interference Noise Ratio)의 경우 동일 주파수를 사용하는 인접 위성빔으로부터의 간섭과 이웃하고 있는 위성빔 내부의 동일 주파수를 사용하는 지상 기지국으로부터의 간섭을 모두 더해 계산하였다.

그림 3에서 Isat은 동일 주파수를 사용하는 인접 위성빔으로부터 받는 간섭을 나타내고, Iterr은 동일 주파수를 사용하는 지상 기지국으로부터 받는 간섭을 나타낸다. 위성 다운링크 수신 단말에 지상 기지국이 주는 간섭량은 위성망 자체 간섭량 보다 상대적으로 큰 값을 가지는 것을 알 수 있다.

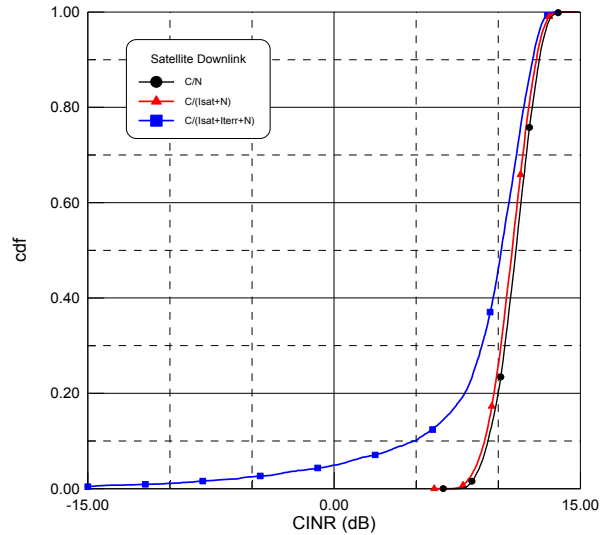


그림 3. 위성망 다운링크 간섭분석

그림 4에 위성 단말의 위치에 따른 다운링크 간섭량을 나타내었다.

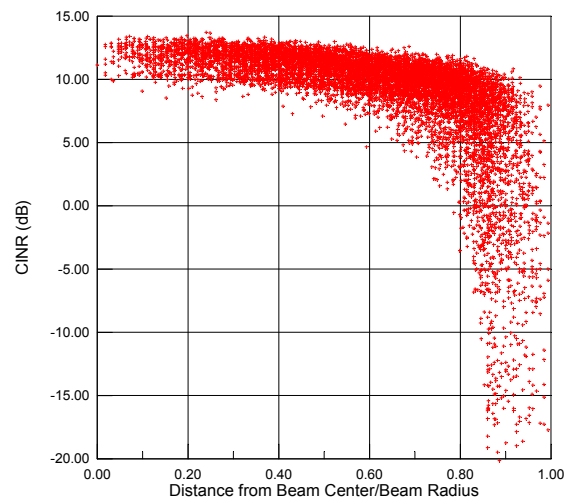


그림 4. 단말의 위치에 따른 위성 다운링크 간섭분석

그림 4에서 위성 단말의 위치가 위성빔의 경계지역에 가까이 위치할수록 간섭량이 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 동일 주파수를 사용하는 인접 위성빔으로부터의 간섭도 증가하지만 인접 위성빔 내부의 지상기지국으로부터 오는 간섭의 증가가 주된 요인이라고 할 수 있다. 따라서 이러한 경계 지역의 간섭을 줄이기 위한 방안이 필요하다.

1. 위성빔 경계지역 지상셀 자원 할당 제한

위성빔 경계지역의 지상셀 자원 할당을 제한하여 위성빔 경계에 위치한 위성 사용자 단말의 수신 간섭을 줄일 수 있다. 그림 5에 제안 기법을 나타내었다.

그림 5에서 위성단말이 위성빔 경계로부터 거리 r이내에 위치한 경우 해당 위성빔 경계 바깥쪽으로 거리 d이내 지상셀의 해당 RB의 할당을 제한하는 방식이다. 제안된 기법을

적용하기 위해서는 위성 사용자 단말의 빔 중심으로부터의 거리 정보를 위성이 알 수 있어야 하고, 위성 빔 경계로부터 일정 거리 이내에 위치한 단말에 할당된 RB에 대해 빔 경계에 있는 지상 기지국에 할당을 제한 할 수 있어야 한다.

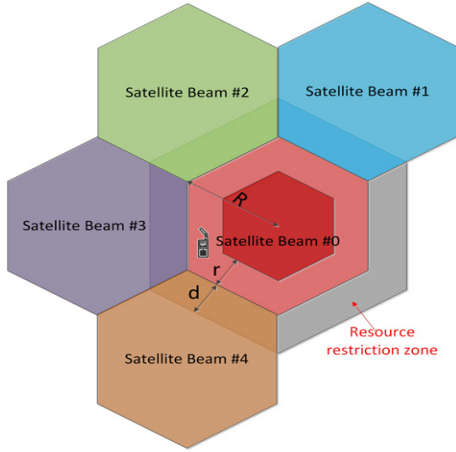


그림 5. 위성빔 경계지역 지상셀 자원 할당 제한

그림 6에 제안 간섭완화 기법의 성능을 나타내었다. 위성 빔 경계에서 각각 10km, 20km 이내($r=10\text{km}$ and 20km)에 위치한 위성 사용자 단말들에 대해 위성빔 경계에서 바깥쪽으로 10km, 20km($d=10\text{km}$ and 20km)이내에 위치한 기지국들의 자원 할당을 제한한 결과이다. 그림 6에서 경계지역 지상셀 자원 할당 제한에 의해 위성 단말의 다운링크 수신 성능이 개선됨을 알 수 있다.

자원할당이 제한되는 지상셀의 경우 모든 위성 사용자가 경계지역에 있다고 가정할 때 두 위성빔에 의해 동시에 제한되는 영역의 지상셀은 전체 125개의 RB중 50개의 RB가 제한되므로 40%의 RB가 제한되고, 한 위성빔에 의해 제한되는 지상셀의 경우 20%의 RB가 할당이 제한된다.

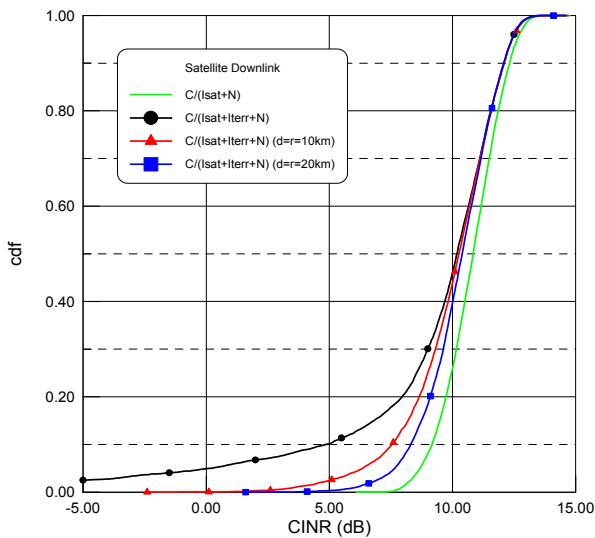


그림 6. 경계지역 지상셀 자원 할당 제한에 의한 다운링크 간섭

2. 위성단말 인근 지상셀 자원 할당 제한

위성단말 인근의 지상셀 자원 할당을 제한하여 위성빔 경계에 위치한 위성 사용자 단말의 수신 간섭을 줄일 수 있다. 이를 그림 7에 나타내었다.

그림 7에서 위성단말이 위성빔 경계로부터 거리 r 이내에 위치한 경우 해당 위성 사용자 단말로부터 거리 d 이내의 지상셀 해당 RB의 할당을 제한하는 방식이다. 제안된 기법을 적용하기 위해서는 위성 사용자 단말의 정확한 위치 정보를 위성이 알 수 있어야 하고, 위성 빔 경계로부터 일정 거리 이내에 위치한 단말에 할당된 RB에 대해 단말로부터 일정거리 이내 지상 기지국에 할당을 제한 할 수 있어야 한다.

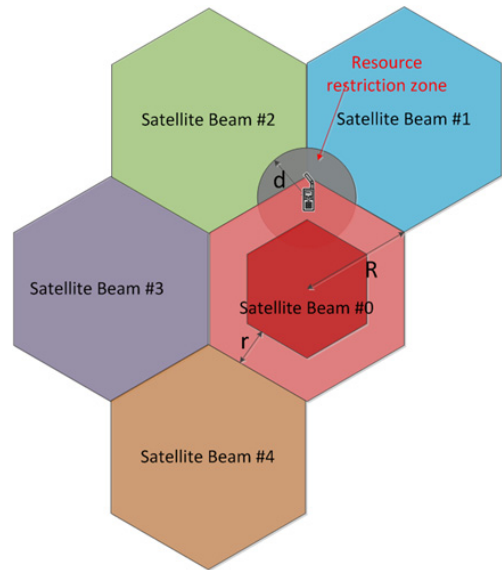


그림 7. 위성단말 인근 지상셀 자원할당 제한

그림 8에 위성빔 경계지역 지상셀 자원 할당 제한에 의한 간섭완화 기법의 성능을 나타내었다. 위성빔 경계에서 10km, 20km 이내($r=10\text{km}$, 20km)에 위치한 위성 사용자 단

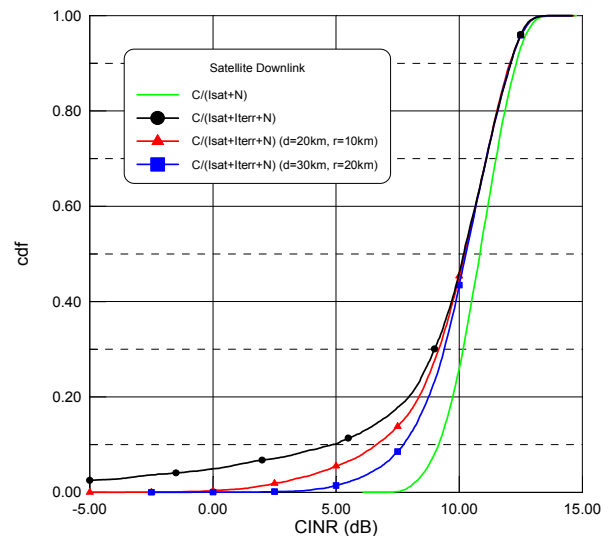


그림 8. 위성단말 인근 지상셀 자원할당 제한에 의한 다운링크 간섭

말들에 대해 위성 단말로부터 20km, 30km이내($d=20\text{km}$, 30km)에 위치한 기지국들의 자원 할당을 제한한 결과이다. 즉 위성빔 경계에서 특정 거리 안쪽에 위치한 위성 단말들의 간섭을 분석한 결과이다.

그림 8에서 제안된 기법에 의해 위성 단말의 다운링크 수신 성능이 개선됨을 알 수 있다. 위성빔 경계지역 지상셀 자원 할당 제한의 결과에 비해 개선폭이 작게 나타나지만 이는 할당 제한이 적용되는 지상 기지국의 수가 위성 단말로 부터의 거리에 의해 제한되므로 위성빔 경계지역 지상셀 자원 할당 제한 기법의 결과보다 훨씬 적기 때문이다.

3. 위성빔 경계지역 지상셀 순차적 자원할당

위성단말 인근의 지상셀에서 해당 위성빔에서 사용하는 RB들을 지상에 할당을 늦추는 방식을 적용할 수 있다. 즉 경계 지역 지상셀에서 위성빔에서 사용하는 RB를 제외한 나머지 RB들을 우선 할당하고 추가적인 요구가 있을 경우 위성빔에서 사용 중인 RB들을 할당하게 된다. 따라서 위성 수신 단말에 간섭을 주는 특정 RB의 사용률을 낮출 수 있게 되고 따라서 위성빔 경계에 위치한 위성 사용자 단말의 수신 간섭을 줄일 수 있다. 그림 9에 이를 나타내었다.

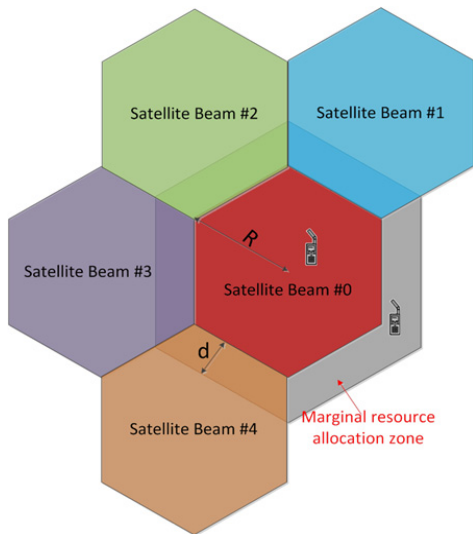


그림 9. 위성빔 경계지역 지상셀 순차적 자원할당

그림 9에서 위성빔 경계로부터 일정 거리 d 이내에 있는 지상셀 기지국은 해당 위성빔에 할당된 RB를 제외한 나머지 RB들을 우선 할당하게 된다.

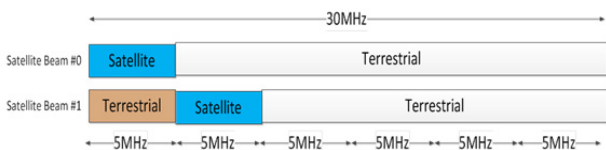


그림 10. 위성빔 주파수 할당 예

30MHz 대역폭에서 위성빔에 5MHz(25RB)를 할당하여 사

용하고, 인접 지상셀에서 25MHz(125RB)를 사용할 때 인접한 두 위성빔의 주파수 할당은 그림 10과 같다. 1번 위성빔 영역내의 지상 기지국들 중에서 0번 위성빔으로 부터 거리 d 이내에 위치한 지상 기지국들은 그림 10의 주황색으로 표시된 RB들을 제외한 나머지 RB들을 우선적으로 할당하고 추가적인 할당 요구가 있을 때만 0번 위성빔에서 사용하는 RB들과 중복되는 부분의 RB들을 할당하게 된다. 0번 위성빔만을 고려한다면 전체 125개의 RB중 25개의 RB들이 후순위로 할당하게 되므로 RB 가용율 80%까지는 인접한 위성빔에 간섭을 주지 않게 된다. 2번 위성빔과 0번 위성빔의 경계가 중첩되는 부분에서는 50개의 RB들이 후순위로 할당되게 되며 이 경우 가용율이 60%이상부터 동일 RB들이 할당되어 간섭이 발생하게 된다.

그림 11에 전체 지상셀에서 RB 할당율이 60%(75RB)일 때 제안한 기법에 의한 위성 사용자 단말에 대한 다운링크 간섭분석 결과를 나타내었고, 그림 12에는 전체 지상셀에서 RB 할당율이 76%(95RB)일 때 다운링크 간섭분석 결과를 나타내었다.

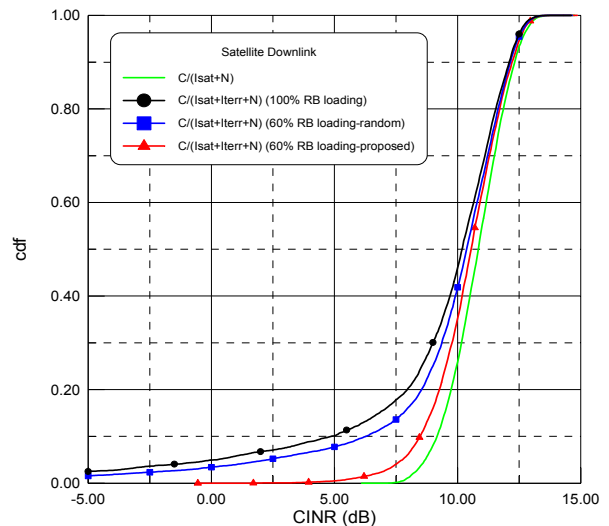


그림 11. 순차적 자원할당 기법의 다운링크 간섭 ($d=10\text{km}$, 60% RB loading)

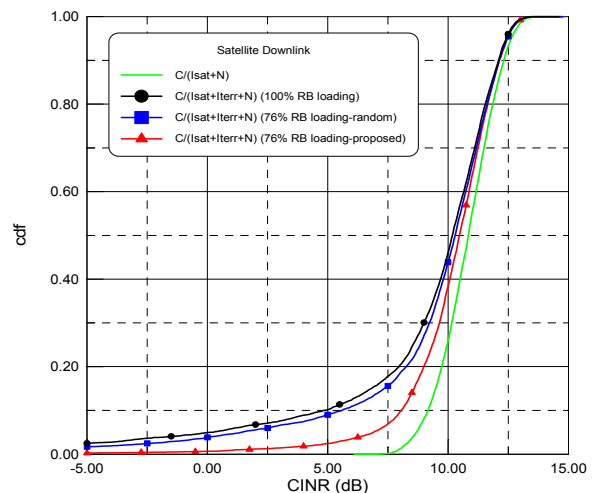


그림 12. 순차적 자원할당 기법의 다운링크 간섭 ($d=10\text{km}$, 76% RB loading)

그림 11과 그림 12에서 지상기지국에서 RB의 사용이 증가하면서 간섭량이 증가하지만 여전히 위성빔 경계지역 지상셀 순차적 자원할당 기법의 간섭이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

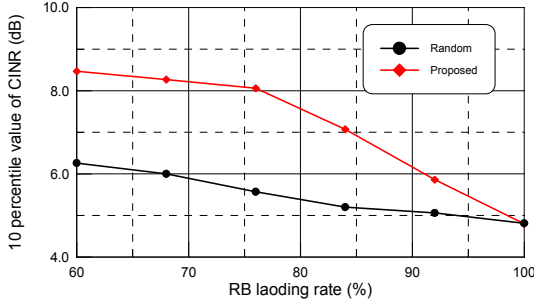


그림 13. RB 할당율에 따른 성능 비교

그림 13에는 RB 할당율의 변화에 따른 하위 10% 단말의 CINR비를 나타낸 것이다. 그림 13에서 위성빔 경계지역 지상셀 순차적 자원할당 기법의 성능이 기존의 RB를 랜덤하게 할당하는 방식과 비교해서 CINR비가 개선되는 것을 알 수 있다. 100% RB 할당의 경우 차이가 발생하지 않음을 알 수 있다.

4. 위성빔 섹터 별 자원 할당

위성빔 내부를 지상셀과 동일한 방식으로 3개의 영역으로 나누게 되면 각각의 영역별로 인근 위성빔 내부의 지상셀 섹터와 마주하게 되는데, 이때 영역별로 서로 다른 지상셀 섹터와 마주하게 된다.

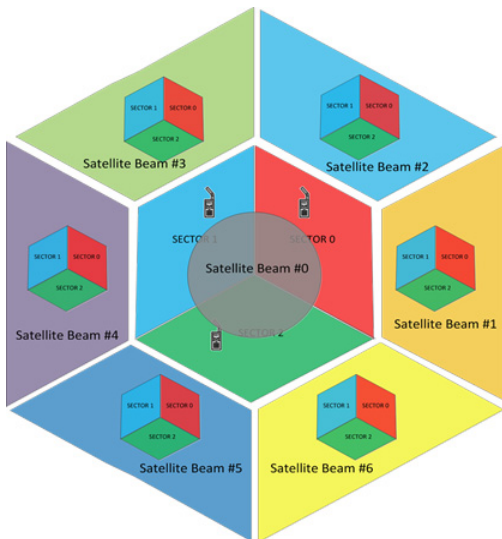


그림 14. 위성빔 섹터별 자원 할당

그림 14에서 위성빔의 섹터 0에서는 인접한 1번 위성빔 내부의 지상셀 섹터 1과 마주보게 되고, 2번 위성빔의 경우 섹터 2와 마주보게 된다. 따라서 1번 위성빔의 0번 섹터에서 인접 지상셀의 섹터0에서 할당하는 RB를 할당함으로써 간

섭을 완화시킬 수 있다. 동일한 방식으로 위성빔 섹터별로 인근 위성빔 내부의 지상셀과 마주보지 않는 섹터의 RB를 할당함으로써 간섭을 완화시킬 수 있다. 이러한 방식을 적용하기 위해서는 위성이 사용자 단말의 위치정보, 즉 위성단말의 위성빔 섹터 정보를 알 수 있어야 한다.

그림 15에는 위성빔 내의 위성 사용자 단말의 위치에 따른 CINR비를 나타내었다. 각 사용자 단말이 각각 지상셀의 섹터 0, 섹터 1, 섹터 2에 할당되는 RB를 할당받았을 때 위성빔 내의 해당 위치에서 CINR비를 시뮬레이션을 통해 나타내었다.

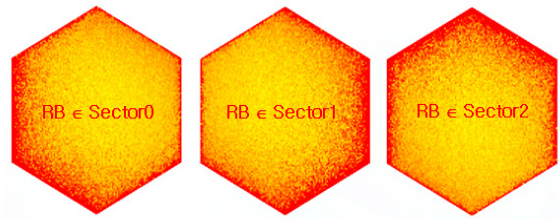


그림 15. 위성 사용자 단말의 RB에 따른 CINR

그림 15에서 노란색으로 표시된 부분은 CINR이 12dB 이상을 나타내고 붉은색은 CINR이 0dB이하를 나타내며 노란색에서 붉은색으로 변하면서 CINR 성능이 나빠지는 것을 나타낸다. 위성단말이 할당 받은 RB에 따라 각 사용자 위치에서 이웃 위성빔 내부의 마주보는 지상셀에 의해 간섭량이 다르게 나타난다. 따라서 위성 사용자 단말의 위성빔 내에서 섹터 위치를 알 수 있다면 간섭을 줄일 수 있는 RB를 할당함으로써 간섭을 완화시킬 수 있을 것이다.

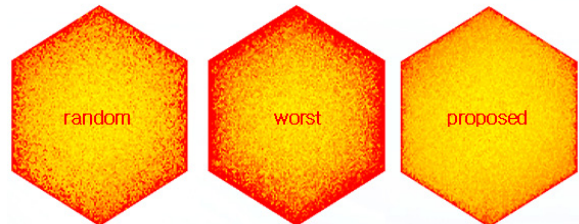


그림 16. 위성 사용자 단말의 RB에 따른 CINR

그림 16에 위성 사용자 단말에 RB를 각각 다른 방식으로 할당하였을 때 CINR비 분포를 나타내었다. 첫번째의 경우 RB를 단말의 위치와 무관하게 랜덤하게 할당한 경우이고, 두번째는 해당 사용자 위치에서 마주보는 지상셀 섹터의 RB를 할당한 경우이며, 마지막은 제안 방식대로 간섭을 완화하기 위한 RB를 할당한 경우이다. 그림 16에서 위성빔 섹터별 자원 할당에 따라 위성 사용자 단말에 RB를 할당하였을 때 CINR비가 개선되는 것을 확인할 수 있다.

그림 17에 위성빔 섹터 별 자원 할당 기법의 간섭분석 결과를 나타내었다. 그림 17에서 제안된 기법을 사용할 경우 위성 사용자 단말의 수신 간섭량이 감소하는 것을 알 수 있다.

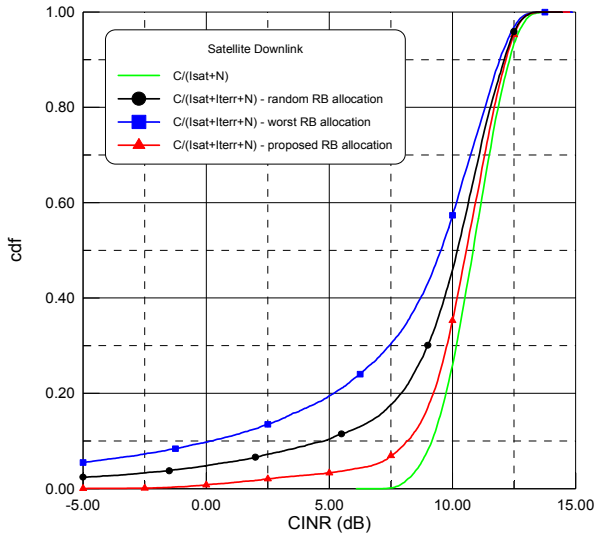


그림 17. 위성빔 섹터 별 자원 할당 기법에 따른 간섭 분석

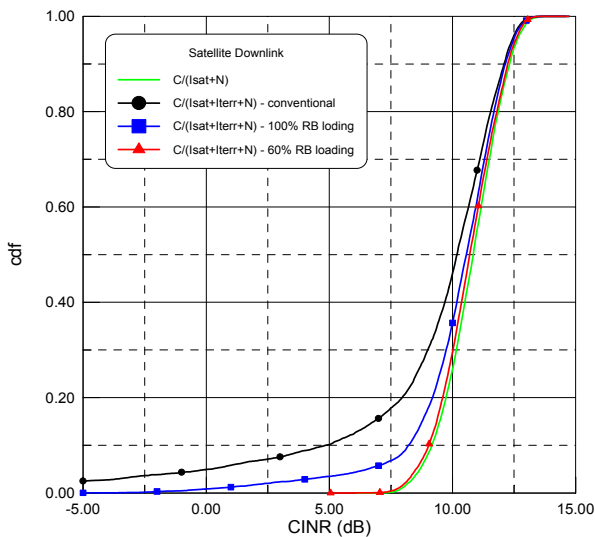


그림 18. 섹터 별 자원 할당과 순차적 자원할당의 결합

위성빔 섹터 별 자원 할당 기법의 경우 지상 기지국의 자원 할당과 상관없이 위성에서 위성단말에 간섭을 완화시킬 수 있는 RB를 할당하는 방식이라고 할 수 있다. 그리고 지상 기지국의 순차적 자원 할당 기법은 위성단말과 상관없이 해당 기지국에서 간섭을 주는 RB의 할당을 늦추는 방식이다. 따라서 지상 기지국의 순차적 자원 할당 기법과 함께 적용이 가능하다. 즉 위성에서는 위성빔 섹터 별 자원 할당 기법을 적용하고 지상 기지국에는 순차적 자원 할당 기법을 적용하면 위성 다운링크 수신단말의 간섭을 더욱 완화시킬 수 있다. 이를 그림 18에 나타내었다. 그림 18에서 두 기법을 결합하여 적용하였을 때 지상 기지국으로부터 위성 수신단말로의 간섭량이 더욱 크게 감소함을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 위성 주파수 대역의 효율적인 활용을 위한

위성/지상 겸용망에서 지상기지국으로부터 위성단말로의 동일 채널 간섭에 대해 분석하고, 이러한 간섭을 완화시켜 위성단말의 수신 성능을 향상시킬 수 있는 기법들을 제시하였다. 그리고 본 논문에 제시된 기술들을 시뮬레이션을 통해 검증함으로써 각각의 제시된 기술들이 효율적으로 동작될 수 있음을 입증하였다. 지상기지국에서 적용 가능한 간섭 완화 기법들과 위성시스템에 적용 가능한 기법들 각각 제시함으로써 보다 효율적으로 간섭을 경감시킬 수 있다. 추후 위성/지상 겸용망에서 지상단말이 위성으로 주는 간섭, 즉 업링크 간섭에 대해서도 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] 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"
- [7] ITU-R Recommendation S.672-4, "Satellite antenna radiation pattern for use as a design objective in the fixed-satellite service employing geostationary satellites"
- [8] C. Loo, "Statistical model for land mobile satellite link," IEEE trans. Veh. Technol., vol. 34, pp. 122-127, Aug. 1985
- [9] 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
- [10] 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
- 1999년3월~현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원

<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 전기전자전파 공학부 공학사
- 2004년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 공학석사
- 2004년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원

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

구 분 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 위성휴대방송통신구실장/책임연구원

<관심분야> : 위성통신, HAPS, 주파수공유, 위성안테나