

## 위성통신시스템의 안테나에 대한 성능분석

김종진<sup>o</sup>, 오형준, 송하윤, 원유현  
 홍익대학교 컴퓨터공학과  
 {jjkim<sup>o</sup>, hjoh, song, won}@cs.hongik.ac.kr

### Performance analysis on antenna of Satellite Communication System

Jong jin Kim<sup>o</sup> . Hyeong Jun Oh, Ha Yoon Song, Yu Hun Won  
 College of Information and Computer Engineering, Hongik University

#### 요 약

본 연구는 저궤도 위성 통신시스템에서 업링크(uplink)시 안테나의 종류(tapered-aperture 안테나, Gaussian 안테나)에 따른 성능 분석을 비교하였다. 지상 셀룰러 시스템에서의 안테나 설계보다 위성 시스템에서의 안테나 설계는 채널용량에 매우 중요한 영향을 미친다[1]. 본 연구는 추후 저궤도 위성 통신시스템에서 안테나 설계시 도움을 줄 수 있을 것이다.

#### 1. 서 론

이동 통신 서비스의 급증한 수요를 해결하기 위한 방법으로 최근 위성 이동통신 시스템에 대한 연구가 많이 진행되고 있는 추세이다. 위성 이동통신서비스는 일반 유무선 통신으로는 전달 할 수 없는 공간에 대해서도 동일한 전송 능력을 제공하는 광역성을 지니고 있는 장점이 있다.

이러한 위성 이동통신 채널 상의 수용 용량을 늘릴 수 있는 이동 통신으로는 TDMA(Time Division Multiple Access)방식과 CDMA(Code Division Multiple Access)방식으로 개발되고 있다[2].

위성 이동통신의 경우 송신단(지구국 또는 위성)과 수신단(지구국 또는 위성) 사이의 송·수신기까지의 거리, 안테나의 형태와 종류, 사용 주파수에 따라 전파의 강도가 틀리며, 이는 채널 용량에 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 저궤도 이동 통신시스템에서 안테나종류에 따라 isolation(고립)을 달리하면서 채널 용량에 대해 시뮬레이션을 통해 살펴보았다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 저궤도 위성 통신시스템에서 저궤도 위성의 특징 및 간섭에 대해 살펴보며 3절에서는 실험 결과 및 분석을 하고, 4절에서 결론 및 향후 연구 방향을 기술한다.

#### 2. 저궤도 위성 통신시스템

##### 2.1 저궤도 위성의 특징

위성 이동통신에는 궤도(위성이 따라가는 길)의 고도에 따라 정지궤도(GEO : Geostationary Earth Orbit), 중궤도(MEO : Medium Earth Orbit), 저궤도(LEO : Low Earth orbit)로 나뉜다[3].

특히 저궤도 위성은 차세대 통신수단으로서 각광을 받고 있으며, 다른 위성(중궤도, 고궤도)에 비해 다음과 같은 장점을 지니고 있다[4][5].

첫째, 위성과 이동국 또는 지상국과의 전파 손실 및 전파 지연 시간 감소를 지니며,

둘째, 실시간 통신이 가능하며,

셋째, 상대적으로 적은 크기의 안테나 설비 가능

넷째, 낮은 송신 전력 요구등의 특징들을 지닌다.

다섯째, 다중 빔(Multi Bea)방식을 채택해 주파수를 효율적으로 사용할 수 있는 특징들을 지닌다.

##### 2.2 저궤도 위성 통신시스템에서의 신호 대 간섭비

CDMA방식을 사용하는 저궤도 위성 통신시스템에서 업링크(Uplink)시 동일채널 간섭이 발생하게 되는데, 이는 채널용량에 매우 중요한 영향을 미치게 된다.

저궤도 위성 통신시스템에서 업링크 시 신호 대 간섭비(C/I)는 다음과 같다[6].

$$\frac{C}{I} = \frac{P_c L_c \cdot G_c(\theta)}{\sum_j P_j L_j \cdot G_c(\psi)} \quad (2-1)$$

여기서, Index  $c$  는 사용자 캐리어(User carrier),  $j$  는 간섭(interference)인 나타냄.

$\frac{C}{I}$  : 신호대 간섭비 (signal-to-interference ratio)

$P_c, P_j$  : 단말기 전송 파워 (terminal transmit powers)

$L_c, L_j$  : 전파 손실(propagation loss factors)

$G_c(\theta)$  : 원하는 신호의 스폿 빔 안테나의 특징 (antenna characteristic of the spot beam of the wanted signal)

$\psi$  : 간섭신호의 수신 각도 (receive angle of the interfering signal)

##### 3.3 저궤도 위성 통신시스템에서 채널 용량 분석

본 논문에서 사용하고자 하는 CDMA방식의 저궤도 위성 통신시스템에서의 총 대역폭은 다음과 같다.

$$B_c = T(GR_b + B_g) \quad (2-2)$$

여기서,

$B_c$ : 총 채널 대역폭

$T$ : CDMA캐리어의 총 개수

$G$ : 처리이득

$R_b$ : 데이터 전송 속도

$B_g$ : 가드 밴드(guard band)

이 시스템에서 적용될 parameter는 다음과 같다.

$B_c$ : 16.5[MHz]

$T$ : 13개 미만

$G$ : 127

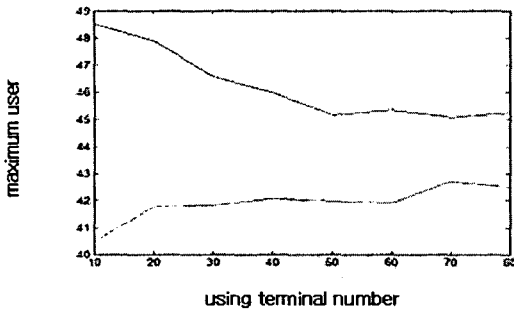
$R_b$ : 144[Kbps]

### 3. 실험 결과 및 분석

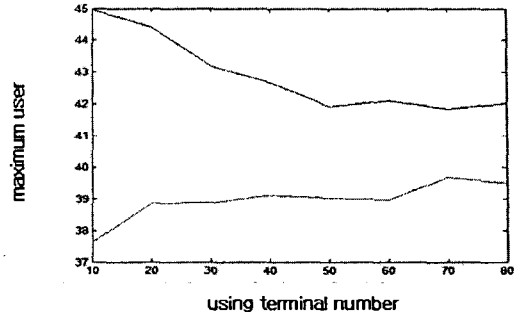
본 연구에서 시뮬레이션에 사용한 파라미터는 다음과 같다.

[표 1] 시뮬레이션에 사용된 파라미터

파라미터(parameter)	값(value)
총 채널 대역폭	11.35MHz
캐리어 총 갯수	9개
데이터 전송 속도	32Kbps
음성 활성화 계수(voice activity)	0.5
신호대 잡음비( $E_s/N_0$ )	5dB
고도	1,414km
스폿 빔 개수(spot beams)	19개



<그림 1> tapered-aperture 안테나 s=3dB일 경우의 수용 가능한 최대 사용자 수



<그림 2> Gaussian 안테나 s=3dB일 경우의 수용 가능한 최대 사용자 수

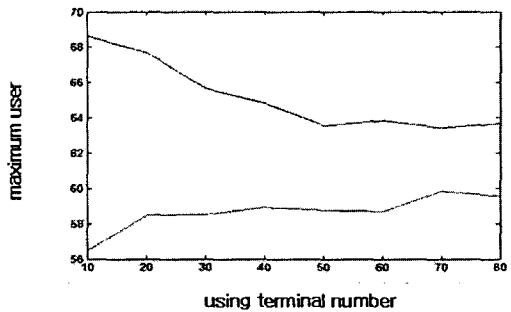
<그림 1>의 결과는 tapered-aperture안테나가 isolation 3dB의 값을 가질때, 셀 내에서 사용중인 단말기의 수를 10~80개로 설정하고, 이에 따른 평균 분포 거리에 대한 최대 사용자 수를 나타낸다.

각 50회의 실험을 통해 최대 사용자 수에 대한 최소, 최대 값의 분포를 나타낸다.

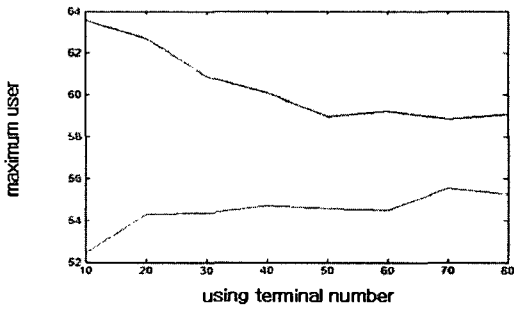
결과에서와 같이 셀 내에 사용중인 단말기의 수가 10개인 경우 최대 약 48명이 동시에 통화 가능한 것을 알 수 있으며, 사용중인 단말기의 수가 70개인 경우 최대 약 45명에서 최소 42명이 동시에 통화 가능하다는 것을 알 수 있다.

이는 사용자 단말기의 수가 늘어나게 되면 간섭이 발생하게 되어 동시 통화 가능한 사용자 수가 제한 되는 것을 알 수 있다.

<그림 2>의 결과는 Gaussian안테나가 isolation 3dB의 값을 가질때, 셀 내에서 평균 분포 거리에 대한 최대 사용자 수를 나타내는데, 결과에서 보면 tapered-aperture안테나 보다 채널 용량(동시 최대 사용자 수)이 제한적인 것을 볼 수 있다. 사용중인 단말기의 수가 10개인 경우 최대 약45이 동시에 통화 가능한 것을 알 수 있으며, 사용중인 단말기의 수가 50개 일 때 최대 약 42명에서 최소 약39명이 동시에 통화 가능하다는 것을 알 수 있다.

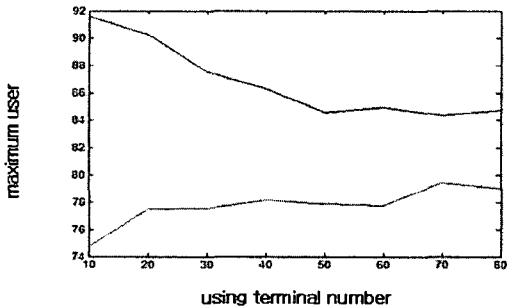


<그림 3> tapered-aperture 안테나 s=4dB일 경우의 수용 가능한 최대 사용자 수



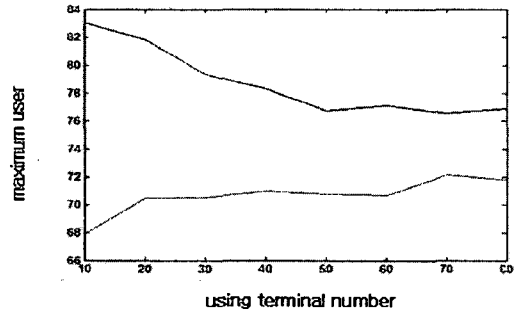
<그림 4> Gaussian 안테나 s=4dB일 경우의 수용 가능한 최대 사용자 수

<그림 3>과 <그림 4>의 결과는 tapered-aperture 안테나와 Gaussian안테나가 isolation 4dB의 값을 가질때, 셀 내에서 평균 분포 거리에 대한 최대 사용자 수를 나타내는데, 결과에서 보면 역시 Gaussian 안테나의 경우 tapered-aperture안테나보다 채널 용량(동시 최대 사용자 수)이 제한적인 것을 볼 수 있다. tapered-aperture 안테나의 경우 사용중인 단말기의 수가 10개인 경우 최대 약 68명이 동시에 통화 가능한 것을 알 수 있으며, Gaussian 안테나의 경우 약 63명이 동시에 통화 가능하다. 사용중인 단말기의 수가 20개 일 때 tapered-aperture 안테나의 경우 최소 약 58명이지만 Gaussian 안테나의 경우 약 54명이 동시에 통화 가능하다는 것을 알 수 있다.



<그림 5> tapered-aperture 안테나 s=5dB일 경우의 수용 가능한 최대 사용자 수

<그림 5>과 <그림 6>의 결과는 tapered-aperture 안테나와 Gaussian안테나가 isolation 5dB의 값을 가질때, 셀 내에서 평균 분포 거리에 대한 최대 사용자 수를 나타내는데, 결과에서 보면 이 또한 Gaussian 안테나의 경우 tapered-aperture안테나보다 채널 용량(동시 최대 사용자 수)이 제한적인 것을 볼 수 있다. tapered-aperture 안테나의 경우 사용중인 단말기의 수가 10개인 경우 최대 약 92명이 동시에 통화 가능한 것을 알 수 있으며, Gaussian 안테나의 경우 약 83명이 동시에 통화 가능하다. 사용중인 단말기의 수가 20개 일 때



<그림 6> Gaussian 안테나 s=5dB일 경우의 수용 가능한 최대 사용자 수

tapered-aperture 안테나의 경우 최소 약 78명이지만 Gaussian 안테나의 경우 약 70명이 동시에 통화 가능하다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 저궤도 위성 통신시스템에서 업링크(uplink)시 안테나의 종류(tapered-aperture 안테나, Gaussian 안테나)와 각각의 안테나 isolation의 값에 따라 성능 분석을 비교하였다. 시뮬레이션 결과에서 똑같은 isolation의 값을 지닐때, tapered-aperture 안테나의 채널 용량이 Gaussian 안테나의 채널 용량보다 높았으며, isolation의 값이 높아질수록 간섭의 영향이 적어지면서 동시 통화 가능한 수가 늘어나는 것을 살펴 볼 수 있었다. 본 논문은 추후 저궤도 위성 통신시스템에서 안테나 설계시 도움을 줄 수 있을 것이다.

나아가 정지위성과 중궤도위성에서 안테나의 isolation의 값에 따른 채널 용량의 변화도 살펴보고자 한다.

#### 참고문헌

- [1] Roger S. Pressman "Software Engineering A Practitiners' Approach" 3rd Ed. McGraw Hill
- [2] J. Viterbi, "CDMA Principle of Spread Spectrum Communication", Addison-Vesley, 1995
- [3] G.Maral M. Bousquet, "Satellite communications systems 3/e", John Wiley & Sons Ltd, 1998
- [4] F. Ananasso, G. Rondinelli, P. Palmucci, B. Pavesi, "Small satellites applications: a new perspective in satellite communications", AIAA 14th International Communication Satellite Systems Conference, Washington DC, March 22-26, 1992, pp.911-915
- [5] VOTSAPAK CHOTIKAPONG, HAITHAM CRUICKSHANK, ZHILI SUN "Evaluation of TCP and Internet Traffic via Low Earth Orbit Satellites" IEEE Personal Communications, June 2001, pp.28-35
- [6] E. Lutz, M. Werner, A. Jahn, "Satellite Systems for Personal and Broadband Communications", Sspringer, 2000, pp.171-199