

# 저궤도위성통신시스템의 안테나의 isolation에 따른 성능분석

## Performance Analysis On Antenna's Isolation for LEO Satellite Communication Service

김종진\*, 오형준\*\*, 원유현\*\*

서울정보기능대학 컴퓨터게임과(홍익대 박사과정)\*, 홍익대학교 컴퓨터공학부\*\*

Jong-Jin Kim(jkim70@kopo.ac.kr)\*, Hyung-Jun Oh(hjoh@cs.hongik.ac.kr)\*\*,  
Yoo-Hun Won(won@cs.hongik.ac.kr)\*\*

### 요약

저궤도 위성통신시스템의 성능분석은 다양한 요소로 다양하게 시도되고 있다. 본 논문은 저궤도 위성통신시스템의 이전까지 연구에 없었던 사용자 밀집도를 고려한 셀 내 단말기 분포에 따른 간섭의 변화를 살펴보고, 단말기 분포 평균 거리에 따른 최대 사용자 수를 살펴보았다. 또한 저궤도 이동 통신시스템에 사용하는 안테나 종류(tapered-apertured antenna, gaussian antenna)의 스폿 빔 isolation값에 따른 간섭을 살펴보았다.

이러한 간섭을 저궤도 위성 통신 시스템의 채널용량에 대입하여, 중요한 파라미터(대역폭, 캐리어 수)를 가지고 성능분석을 하였다. tapered-apertured antenna와 gaussian antenna를 비교함으로써, 어느 안테나가 간섭에 더 효과적이고 최적인지 알아보려고 한다.

■ 중심어 : | 저궤도위성 | 안테나 | 성능 평가 |

### Abstract

A performance analysis of LEO Satellite Communication Service is being made in a variety of ways. In this paper we examined the variation of interference caused by the distribution of terminals within a cell and the maximum number of users according to the average distance between terminals, which had not been considered in former researches. Also we examined the interference made by soft beam isolation value of some antennas(tapered-apertured antenna, gaussian antenna) which are used on LEO Satellite Communication Service.

Assigning this interference to the bandwidth of channels in LEO Satellite Communication Service, and with principal parameters(bandwidth, number of carrier) we made a performance analysis. And comparing tapered-apertured antenna with gaussian antenna we will find out which one is more effective and more suitable for interference.

■ keyword : | LEO | Antenna | Performance Analysis |

\* 본 연구는 2003학년도 홍익대학교 교내연구비에 의하여 지원되었습니다.

## I. 서론

이동 통신 서비스의 급증한 수요를 해결하기 위한 방법으로 최근 위성 이동통신 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 추세이다. 위성 이동통신서비스는 일반 유·무선 통신으로는 전달할 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 [1,2]. 위성 이동통신의 경우 송신단(지구국 또는 위성)과 수신단(지구국 또는 위성) 사이의 송·수신기까지의 거리, 간섭, 안테나의 형태와 종류, 사용 주파수에 따라 전파의 강도가 틀려지며, 이는 채널 용량에 영향을 미치게 된다.

본 논문은 우선 저궤도 이동 통신시스템에 셀 내 단말기 분포에 따른 간섭의 변화를 살펴보고, 단말기 분포 평균 거리에 따른 최대 사용자 수를 살펴보았다. 이 연구의 목적은 이전까지의 연구가 셀 내에서의 사용자 밀집도를 고려하지 않고 채널용량을 구한 단점을 보완한 연구이다.

다음으로 저궤도 이동 통신시스템에 사용하는 안테나 종류에 따라 스폿 빔 isolation이 가질 수 있는 값을 가지고 간섭을 구하였다.

이러한 간섭을 저궤도 위성 통신 시스템의 채널용량에 대입하여, 중요한 파라미터(대역폭, 캐리어 수)를 가지고 성능분석을 하였다.

이 연구의 목적은 저궤도 위성통신시스템에서 사용하는 안테나종류(tapered-apertured antenna와 gaussian antenna)를 비교함으로써, 어느 안테나가 간섭에 더 효과적이고 최적인지 알아보려고 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II절에서는 본 논문의 관련연구에 대해 살펴봄과 III절에서는 저궤도 위성 통신시스템 및 실험 결과에 사용된 식을 살펴봄과 IV절에서 실험 결과 및 분석을 하고, V절에서 결론 및 향후 연구 방향을 기술한다.

## II. 관련연구

이 장에서는 본 논문에서 사용된 저궤도 이동통신시스템의 성능분석을 위해 사용된 간섭 및 동일채널간섭 및 채널용량에 관한 관련 연구를 기술한다.

### 1. 간섭(Interference)

CDMA방식은 대역 제한 환경이 아닌 간섭 제한 환경이다. 이러한 간섭에는 주변 환경에 의한 다 경로(multi-path) 때문에 발생하는 자기 접속 간섭(SAI:Self-Access Interference), 중앙 셀 내의 multi-user간에 발생하는 다중 접속 간섭(MAI: Multiple-Access Interference), 중앙 셀 주위의 인접한 셀에 의해 일어나는 인접 셀 간섭(ACI: Adjacent-Cell Interference) 등이 있다[2].

이러한 간섭을 제거하는 기술에는 M-ary직교 변조(Orthogonal Modulation)방식과 간섭 잡음 제거 시스템(Interference Cancellation System)인 직렬 간섭 제거기(SIC:Successive Interference Cancellation)와 병렬 간섭 제거기(PIC: Parallel Interference Cancellation) 등을 도입하여 통신 시스템의 성능 및 용량을 확대하고 있다[3][4].

### 2. 동일채널간섭(Co-channel interference)

이동 통신용 위성 통신 시스템은 지상의 이동 통신과 비슷한 방법으로 사용되며, 마찬가지로 cell 설계를 통해 이용하게 된다. DS/CDMA 방식을 사용하는 위성 통신 시스템에서 동일한 셀 내에서는 동일채널간섭이 존재하게 된다. 이는 DS-CDMA 방식이 여러 단말기가 한 채널에서 같은 주파수를 사용하기 때문에 발생하게 되며, 채널의 용량이나 통신 시스템의 성능에 중요한 부분을 차지하게 되며, 동일 cell내에서 단말기의 수가 늘어날수록 높아지게 된다.

최근의 위성 통신 시스템에서의 동일채널간섭에 관한 연구로는 지상국과 위성의 두 개의 HPA(High Power Amplifiers)의 영향을 고려하면서 동시에 uplink AWGN(Additive White Gaussian Noise)의 동일채널간섭이 있을 때와, downlink AWGN의 동일채널간

섭이 있을 때 수식적으로 연구하고, AWGN과 CCI의 몇 가지 크기에 따른 성능 분석을 하였다[5].

### 3. 채널용량

CDMA방식을 사용하는 저궤도 위성 통신 시스템과 중궤도 위성 통신 시스템을 파워 제어 상황(power control condition)에서의 총 capacity를 비교 분석한 연구에서는 중요한 파라미터(위성의 개수, 대역폭, 비트율, 음성 활성화 계수 등)를 가지고 성능분석을 하였다[6].

또한 저궤도 위성 통신 시스템에서 CDMA 방식과 FDMA(또는 TDMA) 방식의 비교연구에서는 CDMA 방식이 동일 셀 내에서 수용 가능한 사용자수가 많음을 시뮬레이션을 통해 보여주었다[7].

고도에 따른 위성 통신 시스템의 CDMA 방식과 FDMA(TDMA)방식의 연구에서는 FDMA(TDMA) 방식이 고도에 따라 수용 가능한 수가 제한되는 것을 시뮬레이션을 통해 보여주었다[8].

있고, 거리 d만큼 떨어진 곳에 단말기 N<sub>2</sub>가 있다고 하자. N<sub>1</sub>은 셀 중심에서 위성으로 최대의 송신 전력 안테나 이득을 획득하며, N<sub>2</sub>는 식(4)에 의한 안테나 이득을 가진다[11][12].

$$G(c) = G_{\max} \tag{1}$$

$$G(d) = G_{\max} - s \cdot \left( \frac{\arctan d/h}{\arctan R/h} \right)^2 \tag{2}$$

여기서,

d : 셀 중심으로부터 떨어진 거리

h : 위성의 고도

R : 셀 반지름

s : spot beam isolation(dB)

G(c) : 셀 중심의 최대 안테나 이득

G(d) : 중심에서 거리 d 만큼 떨어진 곳의 안테나 이득

두 사용자간 간섭 지수 f를 구하면[12]

$$f = \frac{G(c)}{G(\rho)} \tag{3}$$

두 사용자간 간섭 지수를 N 명의 사용자가 있을 경우로 확대해 보면, cell 전체에서 모든 사용자들의 분포 거리 평균을 ρ라고 할 때 0 < ρ < R이 성립된다. ρ를 식(3)에 적용하면, 다음과 같다[13].

$$\sum_{n=1}^{N-1} f = \frac{N \cdot (N-1)}{2} \frac{G(c)}{G(\rho)} \tag{4}$$

## III. 저궤도 위성 통신시스템

이 장에서는 저궤도 위성 시스템의 특징 및 단말기 분포에 따른 간섭의 변화, 안테나 isolation에 따른 동일채널간섭에 대해 살펴본다.

### 1. 저궤도 위성의 특징

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 지닌다.

둘째, 실시간 통신이 가능하다.

셋째, 상대적으로 적은 크기의 안테나 설비 가능하다.

넷째, 낮은 송신 전력 요구 등의 특징들을 지닌다.

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

### 2. 단말기 분포에 따른 간섭의 변화

저궤도 위성 통신시스템에서 셀 중심에 단말기 N<sub>1</sub>이

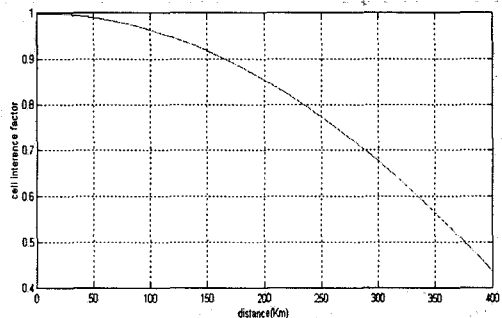


그림 1. 단말기 분포 평균 거리에 따른 간섭 factor f

[그림 1]의 결과는 단말기 분포 평균 거리의 변화에 따라 (식 4)에 의해 구해지는 채널의 간섭 factor  $f$ 의 변화량을 나타낸 것이다.  $p$ 가 짧은 경우, 즉 단말기들의 밀집도가 높은 경우 동일 채널 내에서 간섭지수가 높아지며,  $p$ 가 길어지는 경우 단말기들의 밀집도가 낮아지므로 채널 내에서 간섭지수가 낮아진다.

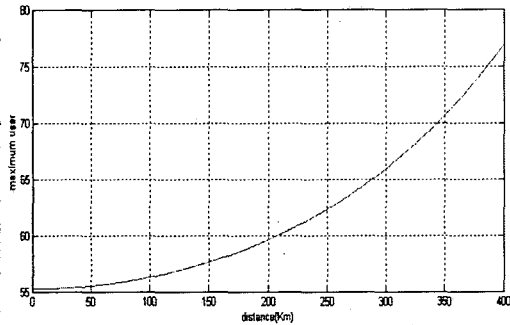


그림 2. 단말기 분포 평균 거리에 따른 최대 사용자수

[그림 2]의 결과는 단말기 분포 평균 거리의 변화에 따라 저궤도 위성 이동통신시스템의 동일 채널의 최대 사용자 수의 변화량을 나타낸 것이다.  $p$ 가 길어지는 경우 단말기들의 밀집도가 낮아져 채널 내에서 간섭지수가 줄어들게 되고, 이에 따라 채널 용량이 증가하게 된다.  $p=R$ 인 경우  $p=0$ 인 경우보다 약 33%의 사용자 수의 증가를 나타낸다.

3. 안테나의 isolation에 따른 동일채널간섭

저궤도 위성 통신시스템의 동일채널간섭에서 고려해야 할 요소 중 하나가 안테나 특성으로 생기는 스폿 빔의 isolation이다.

스폿 빔의 안테나 이득에 영향을 받는 스폿빔 isolation은 동일채널간섭에 영향을 미치는 중요한 요소이다[9][10].

이동통신 시스템의 최종단에 위치하는 안테나는 정보의 송·수신에 있어 없어서는 안 될 중요한 소자 중 하나이며, 특히 저궤도 이동 통신시스템에서 사용하는 안테나로는 앞모양이 길쭉한 구경안테나인 tapered-aperture 안테나와 안테나 방사 패턴의 주방사부(main

lobe)가 가우시안 모양을 가지는 Gaussian 안테나가 있다[12].

tapered-aperture안테나의 경우 isolation의 값에 따른 간섭은 다음과 같은 식으로 계산할 수 있다[9][12].

$$f = \frac{1}{A_c} \iint_{A_c} 10^{s/10 \cdot (r^2 - d^2)/R^2} dx dy \quad (5)$$

여기서,

$A_c$ : 셀 영역(cell area)

$r$ : 셀 중심으로부터 간섭이 있는 곳까지의 거리

$d$ : 천저점으로부터 간섭이 있는 곳까지의 거리

$R$ : 셀 반지름

Gaussian 안테나의 경우 isolation의 값에 따른 간섭은 다음과 같은 식으로 계산할 수 있다[10][12].

$$f = \frac{12}{A_c} \cdot \sum_{v=1}^6 I_v \quad (6)$$

여기서,

$A_c$ : 셀 영역(cell area)

$I$ : isolation의 값에 따라 일정한 값을 지니는 정수

표 1. 안테나별 isolation의 값에 따른 동일채널간섭  $f$

시나리오	안테나	$f$		
		s=3dB	s=4dB	s=5dB
저궤도 위성 통신시스템(고도=1414Km, 19스폿 빔)	tapered-aperture	1.63	1.08	0.78
	Gaussian	1.79	1.18	0.87

안테나별 isolation의 값에 따른 동일채널 간섭  $f$ 는 [표 1]과 같다.

이러한 안테나의 스폿 빔 isolation의 값에 따라 간섭이 틀리며 간섭은 동시 통화 가능한 사용자 수에 직접적인 영향을 미친다.

4. 저궤도 위성 통신시스템에서 채널 용량 분석

미국의 L band를 사용하는 Globalstar 시스템의 경우 L band내 사용 가능한 CDMA 할당 대역이 1610

~1626.55MHz로 제한되어 있다. 따라서 11.35MHz의 대역만을 역방향 링크에 사용할 수 있으므로, 실제 사용 가능한 carrier의 수는 최대 9개 미만이 된다.

본 논문에서 사용한 CDMA방식의 저궤도 위성 통신 시스템에서의 채널 용량(cell내에서의 최대 사용자 수  $N_c$ )에 안테나의 스폿 빔 isolation의 값에 따른 동일 채널간섭을 적용하여 성능평가를 실시하였다[11-13].

$$N_c = TN = T + \frac{B_c - TB_g}{R_b} \cdot \frac{1}{\alpha(1+f)} \cdot \frac{1}{E_b/N_o} \quad (7)$$

여기서

$B_c$  (총 채널 대역폭)

$T$  (CDMA캐리어의 총 개수)

$R_b$  (전송 데이터 속도)

$E_b/N_o$  : 5dB

$\alpha$  (음성 활성화 계수) = 0.5

### III. 안테나별 isolation의 값에 따른 단말기 최대 사용자 수에 대한 실험 결과 및 분석

본 연구는 저궤도 이동 통신 시스템에서 사용되는 안테나 종류(Gaussian안테나와 tapered-aperture안테나)에 따라 스폿 빔 isolation의 값이 각각 3dB, 4dB, 5dB 일 때, 간섭을 고려한 동시 통화 가능한 사용자 수를 살펴보고 비교하였다[9][10].

안테나별 스폿 빔 isolation의 성능평가를 비교 분석할 때 중요한 파라미터(캐리어 개수가 9, 8, 7개, 대역폭(Bandwidth)이 11,35Mhz, 10Mhz, 9Mhz)가 사용되었다.

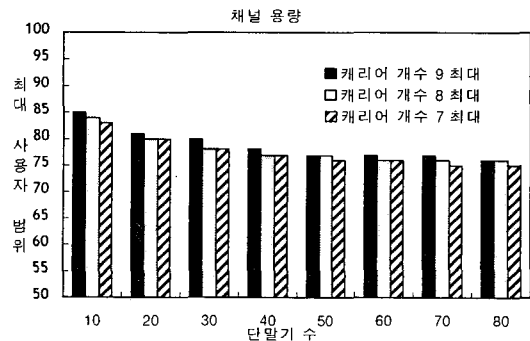
본 연구에서 시뮬레이션에 사용한 파라미터는 [표 2]와 같다.

표 2. 시뮬레이션에 사용된 파라미터

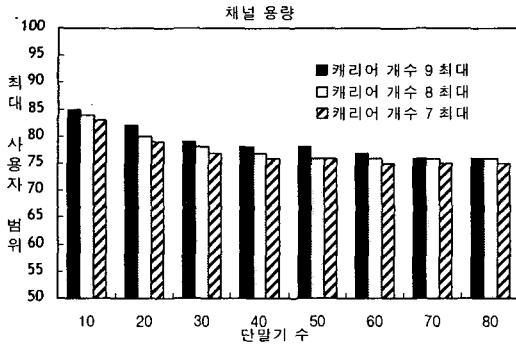
파라미터(parameter)	값(value)
안테나	tapered-aperture안테나, Gaussian 안테나
총 채널 대역폭	11.34MHz, 10MHz, 9MHz
캐리어 개수	9개, 8개, 7개
데이터 전송 속도	32Kbps
음성 활성화 계수(voice activity)	0.5
신호대 잡음비( $E_b/N_o$ )	5dB
고도	1414Km
스폿 빔 개수(spot beams)	19개

[그림 3][그림 4][그림 5]의 결과는 tapered-aperture 안테나와 Gaussian안테나가 isolation 3dB, 4dB, 5dB의 값을 가지고, 캐리어 개수가 7개, 8개, 9개일 때, 셀 내에서 사용중인 단말기의 수를 10~80개로 설정하고, 통계적으로 의미를 가지는 각 100회의 실험을 통해 평균 분포 거리에 대한 최대 사용자 수를 나타낸다.

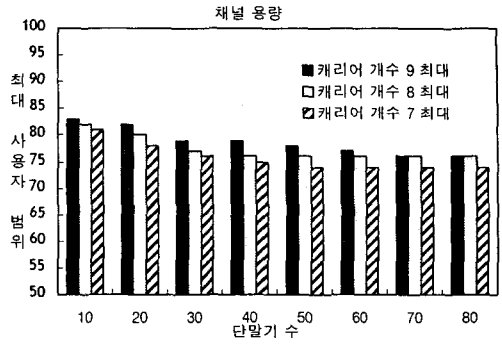
모든 결과에서와 같이 단말기의 수가 늘어나게 되면 간섭이 발생하게 되어 동시 통화 가능한 사용자 수가 제한되는 것을 알 수 있다.



(a)

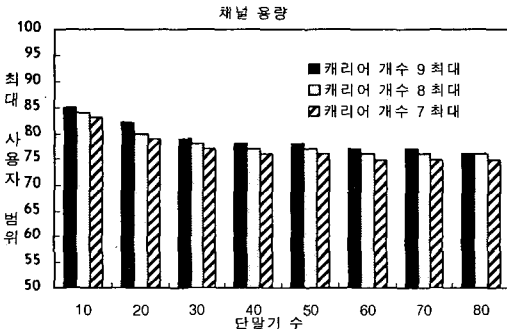


(b)

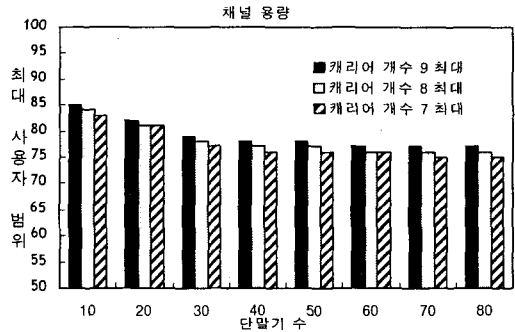


(a)

그림 3. (a)tapered-aperture 안테나(b)Gaussian 안테나가  $s=3dB$ 이며 캐리어 개수에 따른 수용 가능한 최대 사용자 수

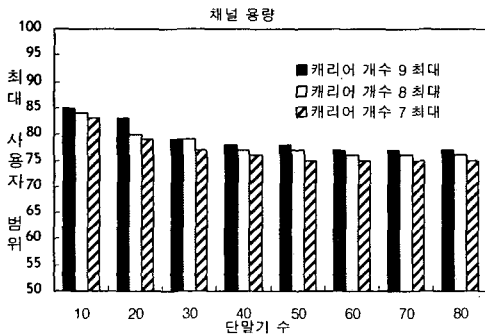


(a)



(b)

그림 5. (a)tapered-aperture 안테나(b)Gaussian 안테나가  $s=5dB$ 이며 캐리어 개수에 따른 수용 가능한 최대 사용자 수



(b)

그림 4. (a)tapered-aperture 안테나(b)Gaussian 안테나가  $s=4dB$ 이며 캐리어 개수에 따른 수용 가능한 최대 사용자 수

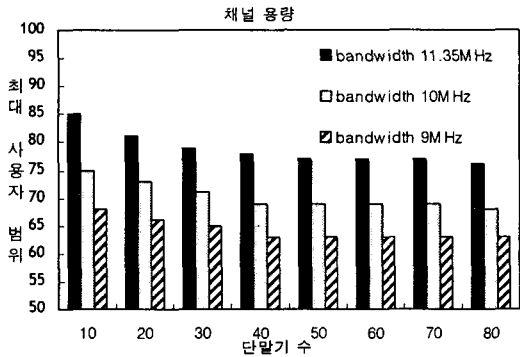
[그림 3]의 결과에서와 같이 tapered-aperture안테나와 Gaussian안테나의 스폿 빔 isolation이 3dB이며 캐리어 개수가 9~7일 경우 셀 내에 사용중인 단말기의 수가 10개라면 셀 내에서 평균 분포 거리에 대한 최대 사용자 수는 약 85~83명이 동시에 통화 가능한 것을 알 수 있으며, 사용중인 단말기의 수가 70개인 경우 최대 약 78~76명까지 동시에 통화 가능하다는 것을 알 수 있다.

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

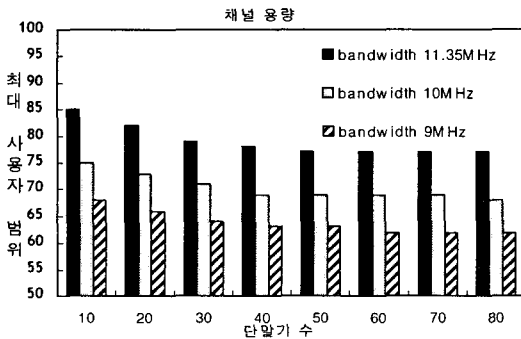
안테나의 스폿 빔 isolation에 따른 캐리어 개수를 고려한 실험 결과 tapered-aperture안테나와 Gaussian

안테나의 채널 용량(동시 최대 사용자 수)은 거의 같다.

[그림 6][그림 7][그림 8]의 결과는 tapered-aperture 안테나와 Gaussian안테나의 스폿 빔 isolation이 3dB, 4dB, 5dB의 값을 가지고, 대역폭(Bandwidth)이 11,35Mhz, 10Mhz, 9Mhz일 경우 평균 분포 거리에 대한 최대 사용자 수를 나타낸다.

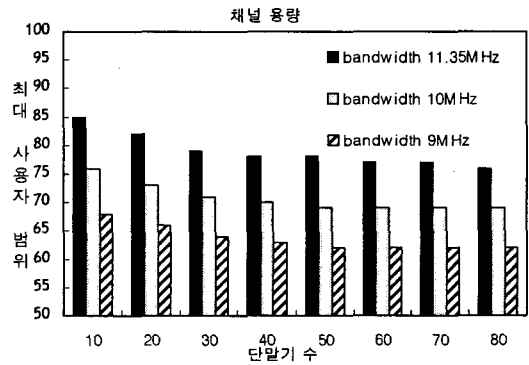


(a)

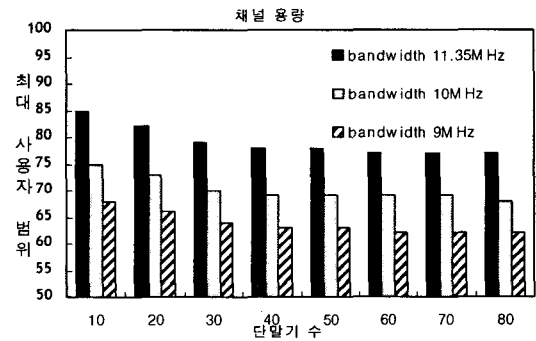


(b)

그림 6. (a)tapered-aperture 안테나  
(b)Gaussian 안테나가 s=3dB이며 bandwidth에 따른 수용 가능한 최대 사용자수

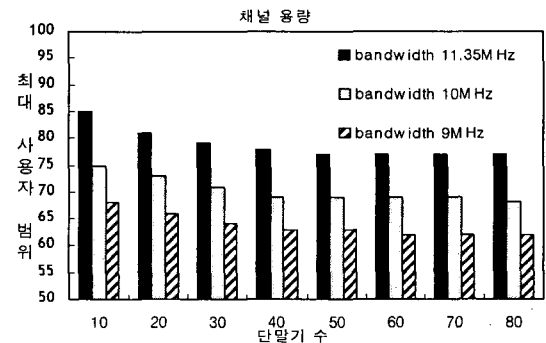


(a)



(b)

그림 7. (a)tapered-aperture 안테나  
(b)Gaussian 안테나가 s=4dB이며 bandwidth에 따른 수용 가능한 최대 사용자수



(a)

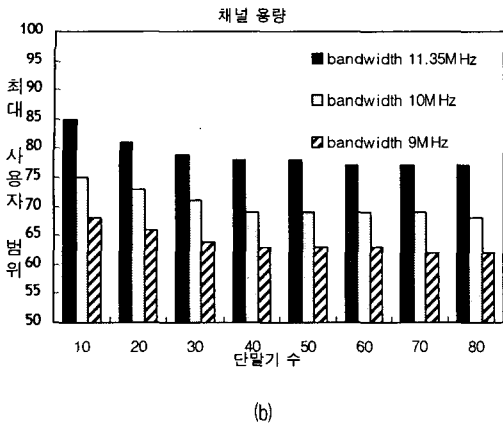


그림 8. (a)tapered-aperture 안테나  
(b)Gaussian 안테나가 s=5dB이며 bandwidth에 따른 수용 가능한 최대 사용자수

[그림 6][그림 7][그림 8]의 결과에서와 같이 사용중인 단말기의 수가 10개인 경우 대역폭이 11.35MHz일 경우 85명인데 반해 대역폭이 9MHz인 경우 67명이다. 이는 대역폭에 따라 채널용량이 어느 정도 차이가 나는 것이며, 저궤도 위성통신시스템을 설계함에 있어 대역폭이 중요한 요소라 할 수 있다.

안테나의 isolation에 따른 대역폭을 고려한 실험 결과 tapered-aperture안테나와 Gaussian안테나의 채널 용량(동시 최대 사용자 수)은 거의 같다.

본 연구에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 단말기 사용자들의 분포 거리가 길어지는 경우 단말기들의 밀집도가 낮아져 채널 내에서 간섭지수가 줄어들게 되고, 이에 따라 채널 용량이 증가하게 되는데,  $p=R$ 인 경우  $p=0$ 인 경우보다 약 33%의 사용자 수의 증가를 나타낸다.

둘째, 안테나별 스폿 빔 isolation에 따른 간섭은 isolation의 값이 클 때 간섭은 낮아진다.

셋째, 안테나별 스폿 빔 isolation에 따른 간섭은 tapered-aperture 안테나보다 Gaussian 안테나가 약간 높았다.

넷째, 안테나별 스폿 빔 isolation에 따른 tapered-aperture안테나와 Gaussian안테나의 채널 용량(동시 최대 사용자 수)은 거의 같다.

#### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 저궤도위성 통신시스템에서 업링크(uplink) 시 안테나의 종류(tapered-aperture 안테나, Gaussian 안테나)와 각각의 안테나 스폿 빔 isolation의 값에 따라 성능 분석을 비교하였다. 시뮬레이션 결과에서 똑같은 isolation의 값을 지닐 때, tapered-aperture 안테나의 채널 용량이 Gaussian 안테나의 채널 용량보다 약간 좋았으며, 스폿 빔isolation의 값이 높아질수록 간섭의 영향이 적어지면서 동시 통화 가능한 수가 늘어나는 것을 살펴 볼 수 있었다.

나아가 정지위성과 중궤도위성에서 안테나의 isolation의 값에 따른 채널 용량의 변화도 살펴보고자 한다. 특히 각각의 안테나(tapered-aperture 안테나, Gaussian 안테나)에 따라 스폿 빔isolation의 값이 각각 3dB, 4dB, 5dB일 때, 캐리어 개수가 틀려질 경우와 대역폭이 틀려질 경우 수용 가능한 최대 사용자 수를 살펴보고자 한다.

#### 참고 문헌

- [1] G. Maral and M. Bousquest, "Satellite communications systems 3/e," John Wiley & Sons Ltd, 1998.
- [2] K. S. Gilhousen and I. M. Jacobs et al, "On the capacity of a cellular CDMA system," IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.VT-40, pp.303-312, May, 1991.
- [3] L. Jalloul and J. Holtzman, "Performance analysis of DS/CDMA system with noncoherent M-ary orthogonal modulation in multipath fading channels," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol.12, No.5, pp.862-870, June, 1994.
- [4] P. Patel and J. Holtzman, "Analysis of a simple successive interference cancellation scheme," IEEE JSAC. In Com., Vol.12, pp.796-807, June, 1994.
- [5] M. C. Stefanovic, "Error Probability of Satellite Communication System In the



Presence of Transmitting Ground Station HPA Nonlinearity," IEEE International Conference on Communication, Vol.1, pp.271-274, 2001.

[6] H. M. Aziz, R. Tafazolli, and B. G. Evans, "Comparison of Total System Capacity for Band Sharing between Cdma based Non-Geostationary Satellite-PCNs Under Imperfect Power Control Conditions," IEEE Trans. Veh Technol, Vol.1, pp.233-237, 1997.

[7] H. Fu, GuoanBi and Arichandran, "Capacity Comparison of CDMA and FDMA/TDMA for a LEO Satellite System," IEEE ICC' Vol.2, pp.1069-1073, 1999.

[8] N. Ichikawa, M. Katayama, and Hiraku Okada, "Comparison of CDMA and FDMA/TDMA in non-GEO Satellite System," IEEE ICC' Vol.10, pp.3167-3171, 2001.

[9] C. Caini, G. E. Corazza, G. Falciasacca, and F. Vatalaro, "A spectrum-and power-efficient EHF mobile satellite system to be integrated with terrestrial cellular system", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.10, pp.1315-1325, 1992,

[10] Genf, "Satellite antenna patterns in the fixed-satellite service," CCIR Report 558-3, Document 4/1045-E, CCIR XVIIth Plenary Assembly, 1990.

[11] H. M. Mourad, A. M. Al-Bassiouni, S. S. Emam, and E. K. Al-Hussaini, "Generalized Performance Evaluation of Low Earth Orbit Satellite Systems," IEEE Comm. Vol.5. No.10. pp.405-407, 2001.

[12] E. Lutz, M. Werner, and A. Jahn, "Satellite Systems for Personal and Broadband Communications," Springer-Verlag, 2000.

[13] J. Mao, M. O'Droma, L. Ge, and G. Ji, "Investigation of DBF based Co-Channel

Signal Separation and Suppression for Mobile Satellite Communications," IEEE VTC' pp.2731-2734, 1999.

저자 소개

김종진(Jong-Jin Kim)

중신회원



- 1998년 2월 : 국민대학교 경영학과(경영학사)
- 2000년 2월 : 국민대학교 경영학과(경영정보전공)(경영학석사)
- 2004년 2월 : 홍익대학교 컴퓨터 공학과 박사과정수료

• 2005년 3월~현재 : 서울정보기능대학 컴퓨터 게임과 전임강사

<관심분야> : 게임 프로그래밍, 인공위성, 네트워크, 컴퓨터 교육

오형준(Hyung-Jun Oh)

정회원



- 2002년 2월 : 홍익대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
- 2004년 2월 : 홍익대학교 컴퓨터 공학과(공학석사)
- 현재 : 홍익대학교 컴퓨터 공학과 박사 과정 재학 중

<관심분야> : 프로그래밍 언어, 게임 프로그래밍, 인공위성, 네트워크

원유현(Yoo-Hun Won)

정회원



- 1972년 2월 : 성균관대학교 수학과(학사)
- 1975년 8월 : 한국과학기술원 전자계산학과(석사)
- 1985년 8월 : 고려대 전자계산학과(이학박사)

• 1976년 3월~현재 : 홍익대학교 교수

<관심분야> : 프로그래밍 언어, 인공위성, 네트워크