

저궤도 위성통신시스템의 안테나 isolation에 따른 성능분석

김종진^o 원유현
 홍익대학교 컴퓨터공학부
 {jjkim^o, won}@cs.hongik.ac.kr

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

Jongjin Kim^o, Yoohun Won
 College of Information and Computer Engineering, Hongik University

요 약

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 살펴 보았다. 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)를 가지고 성능분석을 하였다

1. 서 론

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[12,3,4,5].
 다음으로 저궤도 이동 통신시스템에 사용하는 안테나종류에 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 알아보고자 한다.
 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장 본문에서는 논문에서 사용된 저궤도 위성 통신시스템 및 실험 결과에 사용된 식을 살펴보고 3장에서 실험 결과 및 분석을 하고, 4장에서 결론 및 향후 연구 방향을 기술한다.

2. 본 론

본 장에서는 안테나의 isolation에 따른 동일 채널 간섭과 저궤도 위성 통신시스템에서의 채널 용량 분석에 대해 살펴본다.
 1. 안테나 isolation에 따른 동일 채널 간섭
 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[5, 6].
 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[5, 8].

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

여기서,
 A_c : 셀 영역(cell area)
 r : 셀 중심으로부터 간섭이 있는 곳까지의 거리
 d : 천지점으로부터 간섭이 있는 곳까지의 거리
 R : 셀 반지름

Gaussian 안테나의 경우 isolation의 값에 따른 간섭은 다음과 같은 식으로 계산할 수 있다[6, 8].

$$f = \frac{12}{A_c} \cdot \sum_{v=1}^6 I_v \quad (\text{식 2})$$

여기서,
 A_c : 셀 영역(cell area)
 I : isolation의 값에 따라 일정한 값을 지니는 정수

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

2. 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 통신시스템에서의 채널 용량(cell내에서의 최대 사용자 수 N_c)에 안테나의 스폿 빔 isolation의 값에 따른 동일채널간섭을 적용하여 성능평가를 실시하였다[7,8,9].

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

(식 3),
여기서

B_c (총 채널 대역폭)

T (CDMA캐리어의 총 개수)

R_b (전송 데이터 속도)

E_b/N_o : 5dB

α (음성 활성화 계수) = 0.5

3. 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[5,6].

안테나별 스폿 빔 isolation의 성능평가를 비교 분석할 때 중요한 파라미터(대역폭(Bandwidth))이 11,35Mhz, 10Mhz, 9Mhz가 사용되었다.

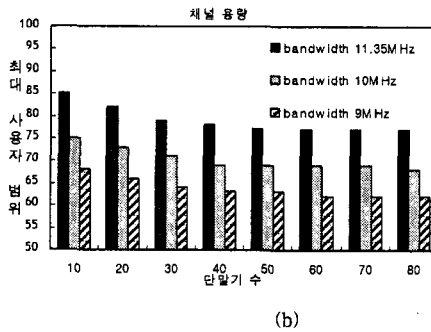
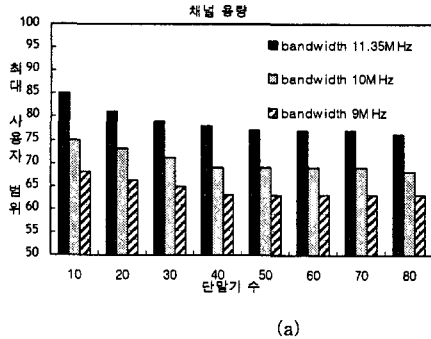
본 연구에서 시뮬레이션에 사용한 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션에 사용된 파라미터

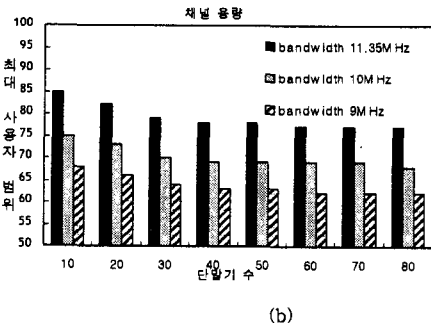
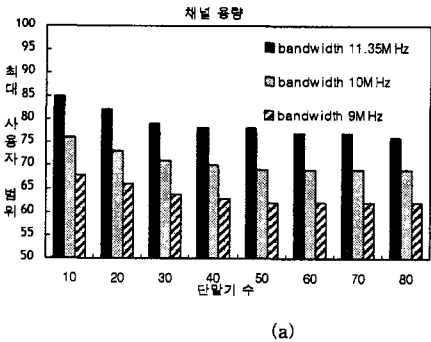
파라미터(parameter)	값(value)
안테나	tapered-aperture안테나, Gaussian 안테나
총 채널 대역폭	11.34MHz, 10MHz, 9MHz
데이터 전송 속도	32Kbps
음성 활성화 계수(voice activity)	0.5
신호대 잡음비(E_b/N_o)	5dB
고도	1414Km
스폿 빔 개수(spot beams)	19개

[그림.3,4,5]의 결과는 tapered-aperture안테나와 Gaussian안테나가 isolation 3dB, 4dB, 5dB의 값을 가지고, 대역폭(Bandwidth)이 11,35Mhz, 10Mhz, 9Mhz일 경우, 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 제한 되는 것을 알 수 있다.

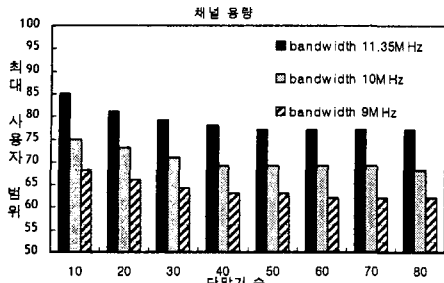


[그림.1] (a)tapered-aperture 안테나
(b)Gaussian 안테나가 s=3dB이며 bandwidth에 따른 수용 가능한 최대 사용자 수

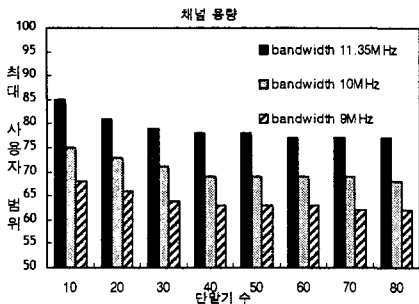


[그림.2] (a)tapered-aperture 안테나
(b)Gaussian 안테나가 s=4dB이며 bandwidth에 따른 수용 가능한

최대 사용자 수



(a)



(b)

[그림.3] (a)tapered-aperture 안테나

(b)Gaussian 안테나가 s=5dB이며 bandwidth에 따른 수용 가능한 최대 사용자 수

[그림.1.2.3]의 결과에서와 같이 사용중인 단말기의 수가 10개인 경우 대역폭이 11.35MHz일 경우 85명인데 반해 대역폭이 9MHz인 경우 67명이다. 이는 대역폭에 따라 채널용량이 어느정도 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 채널내에서 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-aperture안테나 보다 Gaussian안테나가 약간 높았다.

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

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 저궤도 위성 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 지닐때, tapered-aperture 안테나의 채널 용량이 Gaussian 안테나의 채널 용량보다 약간 좋았으며, 스폿 빔 isolation의 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 빔 isolation의 값이 각각 3dB,4dB,5dB 일 때, 대역폭이 틀려질 경우 수용 가능한 최대 사용자 수를 살펴보고자 한다.

참고 문헌

- [1] P.Patel and J. Holtzman, "Analysis of a simple successive interference cancellation scheme," IEEE JSAC. In Com., vol. 12, pp.796-807, June 1994.
- [2] 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
- [3] N. Ichikawa and M. Katayama and Hiraku Okada, "Comparison of CDMA and FDMA/TDMA in non-GEO Satellite System," IEEE ICC' 2001. Vol. 10, pp 3167-3171
- [4] H. Fu, GuoanBi and Arichandran, "Capacity Comparison of CDMA and FDMA/TDMA for a LEO Satellite System," IEEE ICC' 99. Vol. 2, pp.1069-1073, 1999
- [5] 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, pages 1315-1325, 1992
- [6] Genf, "Satellite antenna patterns in the fixed-satellite service", CCIR Report 558-3, Document 4/1045-E, CCIR XVIIth Plenary Assembly, 1990
- [7] H. M. Mourad, A. M. Al-Bassiouni, S. S. Emam, E. K. Al-Hussaini, "Generalized Performance Evaluation of Low Earth Orbit Satellite Systems", IEEE Comm. vol. 5. no. 10. pp. 405-407, 2001.
- [8] E. Lutz, M. Werner, A. Jahn, "Satellite Systems for Personal and Broadband Communications", Springer-Verlag, 2000.
- [9] J. Mao, M. O'Droma, L. Ge, G. Ji, "Investigation of DBF based Co-Channel Signal Separation and Suppression for Mobile Satellite Communications", IEEE VTC'99 pp. 2731-2734, 1999. (D. Bird, "Direct Marketing Is as Relevant Now as It Was in 1900", Marketing, pp.28, 2000.