

비정지궤도 이동위성 통신시스템에서

단말기의 채널용량 분석

오형준^o, 김종진, 송하윤, 원유현

홍익대학교 컴퓨터공학과

{hjoh, jkim^o, song, won}@cs.hongik.ac.kr

An Analysis on the Channel Capacity of terminal in Non-GSO/MSS System

Hyung Jun Oh^o, Jong Jin Kim, Ha Yoon Song, Yu Hun Won
College of Information and Computer Engineering, Hongik University

요 약

본 연구는 비정지궤도 이동위성 통신시스템에서 동일 셀과 인접 셀 내의 단말기들의 밀집도에 따른 채널용량을 비교 분석 하였다. CDMA 셀룰라 시스템은 같은 시간에 같은 주파수를 모든 사용자가 같이 사용하므로 자기 신호 외의 다른 사용자의 신호는 간섭으로 나타나 통신 품질에 영향을 미친다. 특히 동일 셀과 인접 셀에서 단말기의 분포 및 밀집도에 따라 통신link에서 간섭이 달라 질 수 있으며, 이는 곧 통신 채널에서 용량의 변화가 이루어 질 수 있다는 점으로 해석된다. 본 연구는 이동위성 통신시스템에서 간섭에 따른 효율적인 채널용량 분석에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

및 향후 연구 방향을 기술한다.

1. 서 론

저궤도 위성은 고도 750~1500Km 상공에 위치하며, 정지궤도에 비해 위성의 전력 및 안테나 크기의 감소, 짧은 전파 지연시간, 위성의 소형화 및 전체 시스템의 비용 감소 등의 장점을 가지고 있다. 저궤도 위성군을 이용하는 경우 위성과 이동국, 지상국과의 전파 손실 및 전파지연이 적어 실시간 음성 통신이 가능하며, 높은 시야율을 제공하며, 다중 경로, 강우 감쇠, 전파 손실 등이 적어지며, 발사 비용이 저렴한 장점이 있다.

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 내에서도 인접 셀 내에서의 co-channel interference가 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 cell 내에서 단말기의 수가 늘어날수록 높아지게 된다[1][2].

본 논문에서는 위성 이동 통신 시스템에서 중요한 문제인 동일 셀과 인접 셀에서 발생하는 co-channel interference를 줄일 수 있는 방안을 모색하기 위해서, 단말기 분포 및 밀집도(terminal density)에 대해 동일 셀과 인접 셀의 co-channel interference의 변화를 비교 분석하고, 시뮬레이션을 통해 단말기 밀집도에 따른 채널 용량의 변화에 대해 살펴보았다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 CDMA시스템에서의 간섭에 대해 간략히 기술한다. 3절에서는 DS/CDMA시스템의 처리성능 함수로서Globalstar에서 채널용량 분석과 단말기 밀집도를 고려한 채널 용량 수식을 기술하고, 4절에서는 실험 결과 및 분석을 하고, 5절에서 결론

2. CDMA시스템에서의 간섭

CDMA는 많은 사용자가 같은 주파수 대역을 동시에 사용하는 효율적인 방법이다. 그러나 통신 사용량의 증가로 인한 채널 용량은 CDMA 시스템의 성능을 평가하는 중요한 기준이 된다. CDMA는 FDMA나 TDMA의 주파수 대역 제한 환경이 아닌 간섭 제한 환경이다. 따라서 간섭을 줄이고 제한하느냐 하는 것이 많은 사용자를 수용할 수 있느냐 하는 중요한 요소가 된다. 지금까지 연구되어온 여러 간섭을 줄이기 위한 방법으로는 전력 제어(power control), 코드 동기(code synchronization), 채널 코딩(channel coding), 우수한 성능의 PN code(pseudo-random)의 설계 방법들이 사용되고 있다. 그러나 어느 것도 크게 만족할 만한 성능을 제공하지 못하고 있다 [3].

3. DS/CDMA 시스템의 처리성능 함수

3.1 비정지궤도 이동위성시스템(Globalstar)의 채널 용량 분석

Globalstar는 DS/CDMA 방식을 사용하는 대표적인 비정지궤도 이동위성시스템이다.

Globalstar는 T개의 CDMA 캐리어를 사용했을 경우의 총 대역폭은 다음의 식(1)와 같다 [4][5].

$$B_c = T(GR_b + B_g) \dots\dots\dots(1)$$

- B_c : 총 채널 대역폭(16.5MHz)
- T : CDMA 캐리어의 총 개수(13개 미만)
- G : 처리 이득(processing gain) (127)

R_b : 데이터 전송 속도 (144 Kbps)

B_g : 가드 밴드(guard band)

셀 내에서의 최대 사용자 수 N_c 는 다음의 식(2)와 같다.

$$N_c = TN = T + \frac{B_c - TB_g}{R_b} \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{E_b/N_o} \dots\dots(2)$$

B_c : 16.5MHz(순방향 링크) , 11.35MHz(역방향 링크)

T : 최대 13개(순방향 링크) , 최대 9개(역방향 링크)

R_b : 144Kbps(순방향 링크) , 32Kbps(역방향 링크)

$E_b/N_o = 5\text{dB}$

$a = 0.5$

3.2 단말기 밀집도를 고려한 채널 용량 수식

Globalstar의 채널 용량식에 단말기 밀집도를 고려하여 적용하면, 다음의 식(3)과 같고 이를 실험 데이터로 사용하였다.

$$N_c = TN = T + \frac{B_c - TB_g}{R_b} \cdot \frac{1}{a(1+f)} \cdot \frac{1}{E_b/N_o} \dots\dots(3)$$

B_c : 11.35MHz(역방향 링크)

T : 9개(역방향 링크)

R_b : 32Kbps(역방향 링크)

$E_b/N_o = 5\text{dB}$

$a = 0.5$

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

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

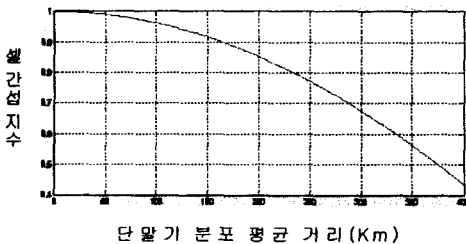
$$G(\rho) = G_{\max} - s \cdot \left(\frac{\arctan \rho/h}{\arctan R/h} \right)^2$$

$s = 3\text{dB}$

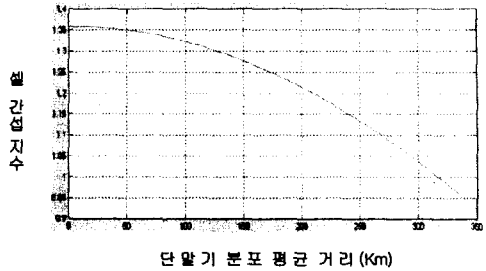
$h = 1,414\text{Km}$

$R = 376\text{Km}$ (스폿 빔 one side angle = 14.9°)

4. 실험 결과 및 분석



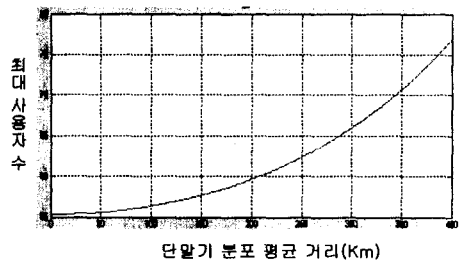
(그림 1) 동일 셀만을 고려한 단말기 분포의 평균 거리에 따른 간섭지수 f



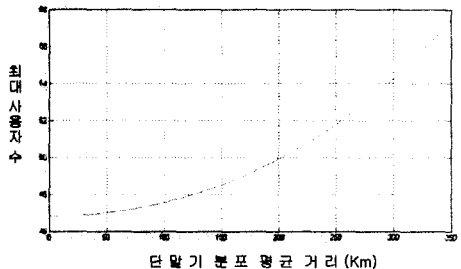
(그림 2) 인접 셀을 고려한 단말기 분포의 평균 거리에 따른 간섭지수 f

(그림 1)와 (그림 2)은 주어진 파라미터를 이용하여 [식 3.9]에 의해 단말기 분포의 평균 거리 변화에 따른 채널의 간섭지수 f 의 변화량을 동일 셀만을 고려하였을 때와, 인접 셀을 고려하였을 때를 나타낸 것이다. 두 경우 모두 단말기 분포의 평균 거리 ρ 가 짧았을 때, 즉 단말기들의 밀집도가 높은 경우 동일 채널 내에서 간섭지수가 높아지며, ρ 가 길어지는 경우 단말기들의 밀집도가 낮아지므로 채널 내에서 간섭지수가 낮아진다.

특히 인접 셀의 간섭까지 고려한 경우, 셀 간섭 지수가 동일 셀의 간섭만을 고려한 셀 간섭 지수보다 더 높게 나타나는 것을 볼 수 있다.



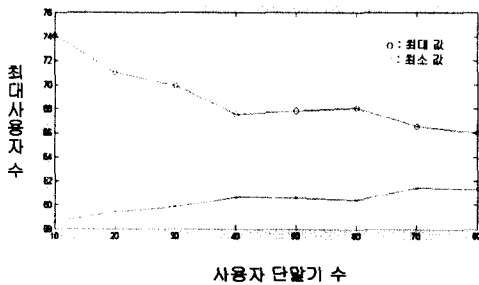
(그림 3) 동일 셀만을 고려한 단말기 분포의 평균 거리에 따른 최대 사용자수



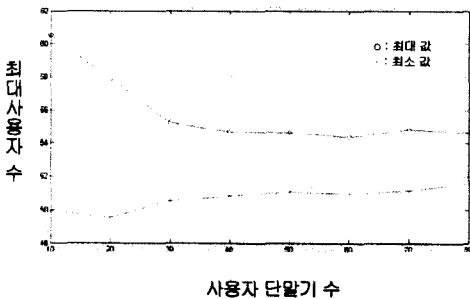
(그림 4) 인접 셀을 고려한 단말기 분포의 평균 거리에 따른 최대 사용자수

(그림 3)와 (그림 4)는 단말기 분포의 평균 거리의 변화에 따라 [식 4.1]에 의해 구해지는 동일 채널의 최대 사용자 수의 변화량을 동일 셀만을 고려하였을 때와, 인접 셀을 고려하였을 때를 나타낸 것이다. 두 경우 모두 ρ 가 길어지면 단말기들의 밀집도가 낮아져 채널 내에서 간섭지수가 줄어들게 되고, 이에 따라 채널 용량이 증가하게 된다. 특히 동일 셀의 간섭만 고려한 경우, $\rho=R$ 이었을 때 $\rho=0$ 보다 약 31%의 사용자 수의 증가를 나타낸다.

인접 셀의 간섭까지 고려한 경우, $\rho=R$ 이었을 때 $\rho=0$ 보다 약 20%의 사용자 수의 증가를 나타낸다.



(그림 5) 동일 셀만을 고려한 사용 단말기 수에 따른 수용 가능한 최대 사용자 수



(그림 6) 인접 셀을 고려한 사용 단말기 수에 따른 수용 가능한 최대 사용자 수

(그림 5)와 (그림 6)은 실제 동일 셀 내에서 사용 중인 단말기의 수를 10개부터 80개까지 설정하고, 이에 따른 평균 분포 거리에 대한 최대 사용자 수를 나타낸다. 이 실험 역시 동일 셀만을 고려하였을 때와, 인접 셀을 고려하였을 때 각각 나누어 실행하였다. 시뮬레이션은 단말기의 수(10, 20, 30...)에 따라 각 50회의 실험을 실시함으로써 최대 사용자 수에 대한 최소, 최대값의 분포를 나타낸다. 이 시뮬레이션 결과에 따르면 동일 셀의 간섭만 고려한 경우 동일 셀 내에서 사용 중인 단말기의 수가 30개가 넘게 되면 수용 가능한 최대 사용자 수는 70명 이하로 제한되는 것을 볼 수 있다. 또한 사용 중인 단말기의 수가 80개여도 수용 가능한 최대 사용자 수는 65명을 보장해 준다.

인접 셀의 간섭을 고려한 경우 동일 셀 내에서 사용 중인 단말기의 수가 30개가 넘게 되면 수용 가능한 최대 사용자 수는 56명 이하로 제한되는 것을 볼 수 있으며, 사용 중인 단말기의 수가 80개 이어도 수용 가능한 최대 사용자 수는 54명만을 보장해 준다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 비정지계도 이동위성을 이용한 DS/CDMA 이동 통신 시스템의 역방향 링크를 대상으로, 동일 셀 내에서 간섭을 결정하는 간섭지수(f)를 단말기 밀집도(d)를 고려하여 시뮬레이션을 동일 셀의 간섭만 고려하였을 때와 인접 셀의 간섭을 포함하여 각각 실시하였다. 시뮬레이션 결과 밀집도(d)가 낮아질수록 간섭지수(f) 또한 낮아지는 결과를 보였고, 간섭지수가 낮아짐으로써 셀 내의 통화용량(최대 사용자수)이 최대 31%(동일 셀의 간섭만을 고려한 경우)가 늘어나는 것을 볼 수 있었다.

특히 인접 셀의 간섭을 포함한 간섭지수 f 의 경우 동일 셀의 간섭만을 포함한 간섭지수 f 보다 모든 면에서 채널 용량이 제한적이었으며, 이는 분명 간섭을 고려할 때 인접 셀의 간섭까지를 고려하여야 효율적인 채널용량을 분석할 수 있음을 나타낸다.

기존 단말기의 수에 의한 채널용량 분석과 동일 셀 내의 간섭과 인접한 셀의 간섭(interference)을 고려한 채널용량 분석을 비교하면 좀 더 효율적인 연구가 될 것이다.

참고 문헌

- [1]H. M. Aziz, R. Tafazolli, B. G. Evans, "COMPARISON OF TOTAL SYSTEM CAPACITY FOR BAND SHARING BETWEEN CDMA BASED NON-GEOSTATIONARY SATELLITE-PCNS UNDER IMPERFECT POWER CONTROL CONDITIONS" IEEE Vehicular Technology Conference, 47th pp 233-237 vol.1, 1997
- [2]A. Jamalipour, M. Katayama, T. Yamazato, A. Ogawa, "Signal-to-interference Ratio of CDMA in Low Earth-Orbital Satellite Communication Systems with Nonuniform Traffic Distribution", IEEE Trans. pp. 1748-1752, 1994.
- [3]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.
- [4]E. Lutz, M. Werner, A. Jahn, "Satellite Systems for Personal and Broadband Communications", Springer-Verlag, pp. 171-199, 2000.
- [5]. D.Gibson. The Mobile Communications Handbook. CRC Press & IEEE Press, Boca Raton, FL, 1996.