

CDMA 이동통신 시스템을 위한 적응형 섹터 안테나의 섹터형성 알고리즘

이 주 형, *오 창 현, 조 성 준

한국항공대학교 항공통신정보공학과, *한국기술교육대학교 정보기술공학부
전화 : 02-3158-1518 / 팩스 : 02-3158-1935

Sectorization Algorithms of Adaptive Sector Antennas for CDMA Mobile Communication Systems

Ju-Hyung Lee, *Chang-Heon Oh, Sung-Joon Cho
Dept. of Telecomm. & Inform. Eng., Hankuk Aviation Univ.
*School of Inform. Tech., Korea Univ. of Tech. & Edu.
E-mail : grandblue@mail.hangkong.ac.kr

Abstract

In this paper, we have investigated the adaptive sector antenna which can control the size and direction angle of sectors, and proposed the three sectorization algorithms which are based on distribution of users, distribution of codes and distribution of signal power, respectively. The BERs of each sectorization algorithms are compared through computer simulation. As results of the simulation, the sectorization algorithm based on signal power are better than the other in terms of BER. We have simulated error performance the DS-CDMA/BPSK system with the antenna in AWGN, frequency non-selective Rayleigh fading and MAI channels.

I. 서론

이동통신은 우리 생활의 일부분이 될 정도로 보편화되었고 이는 더욱 가속화될 것이다. 이러한 이동통신에 대한 지속적인 수요 증가에 대응하기 위해 한정된 자원의 이용효율을 높이는 방안에 대한 연구가 필요하고 그 중 안테나를 이용한 간섭제거 연구가 국내외로 활발히 진행 중에 있다[1].

안테나를 이용하는 방법 중 기존에 사용하고 있는 고정된 지향성 안테나는 지향성이 바뀌지 않기 때문에 이동통신 시스템에 적용할 때 최적의 방안이라고 할 수 없

다[2]. 이를 개선한 것이 스마트 안테나이며 크게 두 가지의 빔을 형성하는 방법이 있다. 첫 번째는 각 사용자가 셀 안에서 이동할 때 개별적인 빔으로 각 사용자를 추적하는 적응 배열 방식과 이동국의 위치에 따라서 미리 형성된 여러 개의 고정된 빔 중에서 하나를 선택하는 선택 빔 방식이 있다[3],[4].

적응 배열 형태의 스마트 안테나는 가장 최적의 접근 방식이지만 셀 내의 모든 이동국에 대해서 추적을 하는 구조를 필요로 한다. 이에 반해 선택 빔 또는 다중 빔 안테나는 복잡한 빔 형성 네트워크를 필요로 하지 않기 때문에 현재의 셀룰러 시스템에 쉽게 적용할 수 있다[3]. 또한, 섹터의 크기를 가변할 경우 셀 안의 사용자 분포에 따라 각 섹터의 크기를 조절하여 섹터에 가해지는 부하를 최대한 동일하게 만들 수 있어 보다 효과적인 간섭 제거를 할 수 있다[5].

본 논문에서는 싱글코드 사용자와 멀티코드 사용자가 공존하는 셀 환경에서 현재 운용중인 기지국 안테나에 쉽게 적용할 수 있고 섹터의 크기를 가변시킬 수 있는 다중 빔 안테나의 빔을 사용자 분포, 코드 분포, 전력 분포에 따라 각각 형성시키고 주파수 비선택성 레일리 페이딩 채널에서 오율 성능을 비교하여 CDMA 이동통신 시스템에 적합한 섹터화 알고리즘을 제안하고자 한다.

II. 적응형 섹터 안테나

현재 서비스 중에 있는 기지국의 셀은 일반적으로 기지국을 중심으로 360도의 coverage를 가진다. 그렇기 때

문에 안테나의 배열을 180도의 coverage를 가지는 linear 배열보다는 circular 배열을 선택하는 것이 타당하다.

본 논문에서는 안테나 요소간의 간격이 0.5λ 를 유지하는 circular 배열을 사용한다. 안테나 요소간에 0.5λ 의 간격을 유지하기 때문에 coupling 현상이 발생하지 않는다고 가정할 수 있다.

본 논문에서 고려한 기지국의 안테나 구조는 그림 1과 같다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 기지국 안테나는 버틀러 행렬, 빔 형성 네트워크의 두 부분으로 나눌 수 있다. 버틀러 행렬은 여러 개의 연결된 위상 천이기를 사용하는 구조이다. 버틀러 행렬은 비교적 간단하기 때문에 구현하기가 쉽고 버틀러 행렬로 빔을 형성했을 경우, 송수신 모두에서 동일한 안테나 이득을 얻을 수 있다[5],[6]. 버틀러 행렬에 의해서 만들어진 빔은 가장 폭이 좁은 빔이고 총 N 개의 빔이 형성된다. 본 논문에서는 32개의 빔이 버틀러 행렬에 의해서 형성되는 경우를 가정한다.

다음으로 빔 형성 네트워크가 있다. 여기서는 버틀러 행렬에 의해 만들어진 빔으로 원하는 지향 각도와 폭을 가진 섹터를 형성한다. 본 논문에서는 총 6개의 빔 형성 네트워크를 사용해서 하나의 셀 내에 6개의 섹터를 형성한다.

적용형 섹터 안테나를 수식으로 표현하면 다음과 같다. 안테나는 다이폴 안테나일 경우로 가정하였다[7].

$$E(\phi) = \sum_{k=1}^N \left[\sum_{m=-N/2+1}^{N/2} w_m \exp\left(j \frac{2\pi \cdot km}{N}\right) \right] A(\phi - \alpha_k) \cdot \exp\left(j \frac{2\pi \cdot R \cos(\phi - \alpha_k)}{\lambda}\right), \quad (1)$$

$$w_m = B_m \exp(j\beta_m). \quad (2)$$

여기서,

- N : 형성되는 빔의 수,
- α_k : k 번째 안테나 element가 지향하고 있는 각도,
- R : 안테나 배열의 반지름,
- $A(\phi) = 0.5 + 0.5\cos(\phi)$: circular 배열에서 각도에 따른 다이폴 안테나 패턴,
- λ : 신호의 파장,
- β_m : 0도에서 co-phase 패턴에 요구되는 고정 위상천이 값,
- w_m : 빔 형성 네트워크에서의 weight,
- B_m : side-lobe를 감소시키는 진폭 taper.

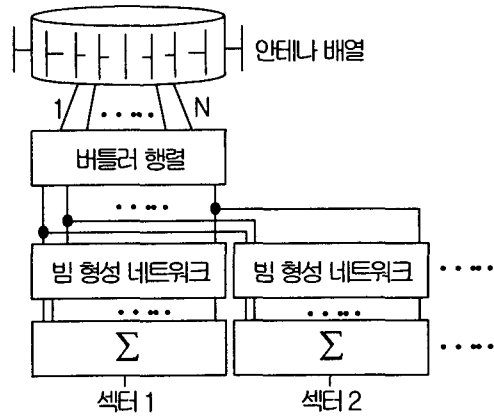


그림 1. 적용형 섹터 안테나의 구조

빔 형성 네트워크에서 빔의 지향각도를 $M \cdot 2\pi/N$ 로 바꿀 경우 빔 형성 네트워크에서의 가중치는 다음과 같다[7].

$$w_m = B_m \exp(j\beta_m) \exp(jMm \cdot 2\pi/N). \quad (3)$$

마지막으로 빔의 폭을 $M \cdot 2\pi/N$ 에서 $(M+P) \cdot 2\pi/N$ 까지 할 경우 식 (3)은 다음과 같이 바뀐다[5].

$$w_m = B_m \exp(j\beta_m) \exp(jMm \cdot 2\pi/N) \left[\sum_{i=0}^{P-1} \exp(jim \cdot 2\pi/N) \right]. \quad (4)$$

식 (1)과 식 (4)를 이용해서 섹터의 크기와 지향 각도를 조절하여 섹터를 형성할 경우, 섹터의 크기 조절을 통해 셀의 부하를 분산시켜 전체 시스템의 성능 향상을 얻을 수 있다.

III. 섹터화 알고리즘

적용형 섹터 안테나에서 효과적인 부하분산을 위해서는 셀의 부하분포를 파악하고 이를 각 섹터에 최대한 균일하게 분배되도록 섹터의 크기와 각도를 조절해야 한다. 그러므로, 섹터화 알고리즘은 적용형 섹터 안테나의 성능에 직접적인 영향을 주는 알고리즘이라 할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 섹터화 알고리즘의 기본적인 흐름도는 그림 2와 같다.

CDMA 이동통신 시스템을 위한 적응형 섹터 안테나의 섹터형성 알고리즘

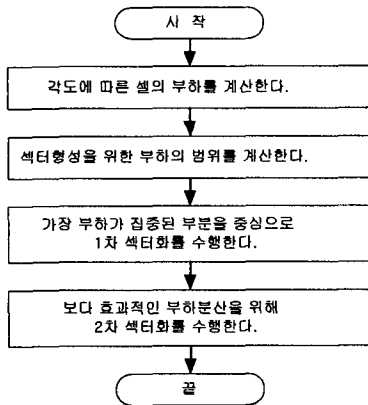


그림 2. 섹터화 알고리즘

섹터화 알고리즘에서는 셀의 부하 분포를 파악하는 것이 가장 먼저 수행되어야 한다. 그 다음에 파악된 셀의 부하 분포를 근거로 각 섹터에 가해지는 부하가 최대한 균일하게 분포되도록 섹터의 크기와 지향각도를 계산하는 과정을 수행하게 된다. 이러한 과정을 통해서 대략적인 섹터화의 윤곽을 정할 수 있는데 이를 1차 섹터화라고 한다. 1차 섹터화에 의해 형성된 대략적인 섹터에 대해 보다 효과적인 부하분산을 위해 2차 섹터화를 수행한다. 2차 섹터화는 인접한 섹터간의 부하를 균일하게 조정하는 과정이다. 2차 섹터화가 끝나면 최종적인 섹터의 크기와 지향각도를 구할 수 있고 이를 적응형 섹터 안테나의 빔 형성 네트워크에 전달하여 섹터를 형성하게 된다.

본 논문에서는 셀의 부하를 사용자 분포를 근거로 파악하는 경우, 코드 분포를 근거로 하는 경우와 전력 분포를 근거로 하는 경우에 대해 각각 섹터화를 수행하고 오울성능을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 그리고 오울성능을 비교함으로써 CDMA 이동통신 시스템에 적합한 섹터화 방법을 제안하고자 한다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 검토

시뮬레이션에서 셀 내의 총 사용자 수는 16명이고 이중 3명의 사용자가 6개의 PN 코드열을 사용하는 멀티코드 사용자로 가정하였다. 이 멀티코드 사용자는 각각 90도, 169도, 250도에 위치한다고 가정하였다. 전체 사용자는 셀 내에서 균일하게 분포한다고 설정하였다.

오울계산 시뮬레이션에서 전체 사용자 분포는 섹터화 시뮬레이션과 동일하게 설정하였으며 멀티코드 사용자의 신호 전력은 싱글코드 사용자의 신호 전력 보다 3dB 더 높게 설정하였다. PN 코드는 싱글코드 사용자, 멀티

코드 사용자 모두 처리이득이 32인 랜덤 PN 코드를 사용하였다. 채널환경은 AWGN과 주파수 비선택성 레일리 페이딩 채널이고 적응형 섹터 안테나에 의해서 형성되는 섹터 빔의 총 수는 6개이며, 기지국은 각 단말기의 DoA(Direction of Arrival)를 정확하게 알고 있다고 가정하였다. 변복조 시스템은 DS-CDMA/BPSK인 경우를 고려하였다.

섹터화 방안으로는 사용자 분포에 따른 섹터화, 코드 분포에 따른 섹터화, 전력 분포에 따른 섹터화를 고려하였으며 그 결과를 그림 3 ~ 그림 5에 나타내었다. 사용자 분포에 따른 섹터화를 할 경우, 그림 3과 같이 거의 같은 크기의 섹터가 형성되었는데 이는 멀티코드 사용자와 싱글코드 사용자를 동일한 부하로 간주하기 때문이다. 반면, 코드 분포, 전력 분포에 따른 섹터화의 경우, 멀티코드 사용자와 싱글코드 사용자의 부하를 서로 다르게 계산하기 때문에 부하가 큰 멀티코드에 좁은 형태의 섹터가 형성되었고 이러한 경향은 코드 분포에 따른 섹터화 보다는 전력 분포에 따른 섹터화에서 더 심화되었다. 이는 제안된 섹터화 알고리즘이 부하가 많은 곳에 우선적으로 섹터를 할당하기 때문이다.

싱글코드 사용자와 멀티코드 사용자의 오울성능을 섹터화 방법에 따라 비교하였다. 그림 6은 섹터화 방법에 따른 싱글코드 사용자의 오울성능을 비교하였다. 비교 결과, 전력 분포에 따른 섹터화를 했을 경우 가장 오울성능이 우수했다. 멀티코드 사용자 관점에서도 전력 분포에 따른 섹터화가 오울성능이 가장 우수했다. 사용자 분포 섹터화의 경우, 멀티코드 사용자와 싱글코드 사용자를 동일 부하로 간주하므로 효과적인 간섭제거가 어렵다. 그리고 본 논문에서는 코드 분포에 따른 섹터화와 전력 분포에 따른 섹터화의 오울성능이 크게 나타나지는 않았지만 멀티코드 사용자 수가 더 많은 셀 환경에서는 오울성능의 차이가 더 커질 것으로 판단된다. 그러므로 제안된 섹터화 알고리즘 중에서 이동통신에 적합한 섹터화 방법은 전력 분포에 따른 섹터화라고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 이주형, 강관구, 최충열, 오창현, 조성준, "주파수 비선택성 레일리 페이딩 채널에서 적응형 섹터 안테나의 성능분석," 전자과학회 종합학술발표회, vol. 10, no. 1, pp. 282-285, 2000년 11월.
- [2] Z. Feng and Yu Yang, "Multibeam plane array using modified Butler matrix circuits," *Microwave Conf.*, vol. 1, pp. 103-106, Dec. 1999.
- [3] D. Shim and S. Choi, "Should the smart antenna be a tracking beam array or switching beam

- array?," in *Proc. IEEE Veh. Tech. Conf.*, Ottawa, May 1998.
- [4] J. H. Winters, "Smart antennas for wireless systems," *IEEE Personal Comm.*, vol. 5, pp. 23-27, Feb. 1998.
- [5] M. Mahmoudi, E. S. Sousa, and H. Alavi, "Adaptive sector size control in a CDMA system using Butler matrix," in *Proc. VTC'99*, vol. 2, May 1999.
- [6] J. C. Liberti, Jr., and T. S. Rappaport, *Smart Antennas for Wireless Communications : IS-95 and Third Generation CDMA Applications*, Prentice Hall PTR, 1999.
- [7] B. Sheleg, "A matrix-fed circular array for continuous scanning," in *Proc. IEEE*, vol. 56, no. 11, Nov. 1968.

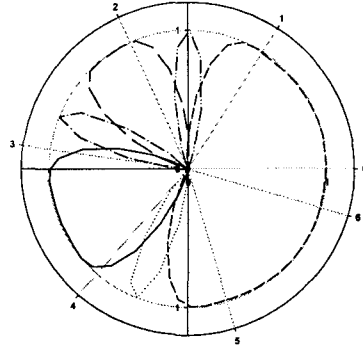


그림 5. 전력 분포에 따른 섹터화

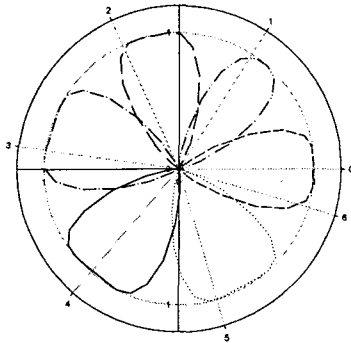


그림 3. 사용자 분포에 따른 섹터화

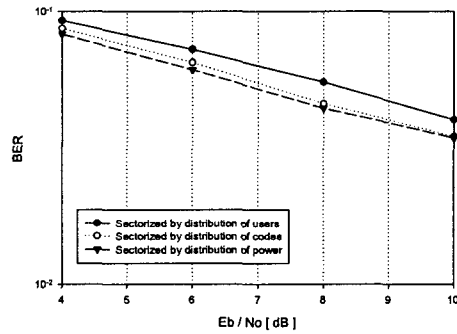


그림 6. 싱글코드 사용자의 오율성능

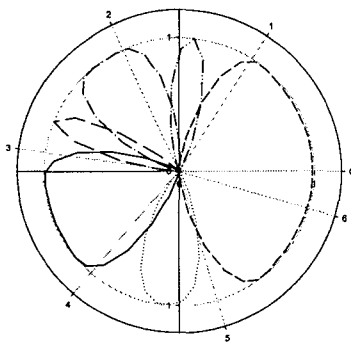


그림 4. 코드 분포에 따른 섹터화

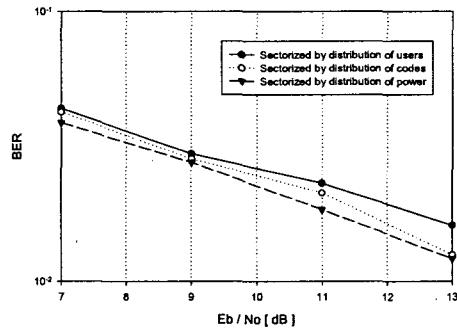


그림 7. 멀티코드 사용자의 오율성능