

다중 반송파 DS-CDMA 시스템을 위한 블라인드 MOE 간섭 제거기

정회원 우 대 호*, 변 윤 식**

Blind MOE Interference Canceller for Multicarrier DS-CDMA Systems

Dae-Ho Woo*, Youn-Shik Byun** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 블라인드 최소 출력 에너지 다중 사용자 검출 기법을 멀티 캐리어 대역 확산 코드 분할 다중 접속 시스템에 적용하고자 하였다. MC/DS-CDMA는 다중 사용자의 접속으로 인하여 성능 저하 문제가 발생한다. 시스템의 성능을 높이기 위해서는 다중 사용자 성분을 제거할 필요가 있다. 블라인드 간섭 제거기는 검출하고자 하는 사용자의 최소한의 정보만을 가지고도 정보 신호 검출이 가능하다. 제안된 수신기의 성능을 평가하기 위해서, 가우시안 채널하에서 실행하였다. 모의실험 결과를 살펴보면, 다중 사용자 간섭이 없는 경우에는 제안된 수신기가 약 6[dB] 정도의 신호대 잡음비 이득을 얻었고, 다중 사용자 간섭이 존재하는 경우는 약 3[dB] 이득을 얻을 수 있었다. 또한, 사용자의 수용 용량을 비교한 결과 제안된 구조가 기존 방법에 비하여 약 2배 정도 용량을 지니고 있음을 알 수 있었다. 실험 결과를 통하여 제안된 방식이 더 우수한 것을 알 수 있었다.

Key Words Multicarrier DS-CDMA system, Blind, MOE, Interference Canceller

ABSTRACT

In The objective of this paper is to apply blind minimum output energy multuser detection method to multicarrier direct sequence code division multiple access system. The performance of MC/DS-CDMA is reduced due to multiple access. To increase the performance of system, we need to cancel multiple user components. Blind interference canceller is able to detect the desired's information with the only minimal information of the desired user. We evaluate the performance of the proposed receiver under Gaussian channel. Simulation results show that the proposed receiver has about 6[dB] gain of signal to noise ratio without multiple user interference and has about 3[dB] gain of SNR with multiple user interference. Also, the result of comparing the capacity of the active users shows that the proposed method has about 2 times capacity more than conventional method. As a conclusion, simulation results show that the proposed method has better performs better than conventional method.

1. 서 론

이동 통신 시스템은 음성 서비스를 시작한 이래

많은 발전을 이룩해 왔다. 초기 가입자들에게 음성 서비스를 제공하고 이를 위한 시스템으로 운용을 하였다. 이동 통신은 현재 멀티 미디어 서비스를 현

* (주)플레넷 전자통신연구소(dhwoo@planetsys.co.kr), ** 인천대학교 전자공학과(byun@mcheon.ac.kr)

논문번호 040151-0412, 접수일자 2004년 4월 12일

본 논문은 2003년도 인천대학교 학술연구 조성비 지원 일부에 의한 것입니다.

실적으로 실현하기 위한 기술들이 구체적으로 제안되고 구현되고 있다. 또한 타 서비스나 이동 통신 서비스들을 이용하는 가입자들의 수는 사용자가 증가하고 있는 추세에 있다. 1980년대 이후 시작된 이래로 많은 발전을 거듭해 왔으며 후반에는 제 2세대 디지털 통신 방식인 셀룰러가 등장하였다. 이 방식은 기존 아날로그 방식에 비하여 높은 효율성과 더 나은 데이터 서비스 그리고 더 진보된 로밍을 제공하였다. 더 나아가서 2.5세대 개인 통신 서비스를 거쳐서 3세대 이동 통신으로 발전하였다. 제 3세대 무선 개인 통신 시스템을 위한 표준안 중의 하나가 광대역 코드 분할 다중 접속이다. 광대역 CDMA 방식은 멀티 캐리어 CDMA 시스템으로서 구현된다. 이 시스템은 다양한 멀티미디어 서비스의 제공이 가능하며, 데이터 속도는 2Mbps까지 지원이 가능하다. 사용자의 증가로 인한 많은 문제와 효율적으로 데이터를 처리하기 위해서는 좀 더 효율적인 방식이 필요하다. 이동성이 필요한 시스템인 만큼, 채널의 주파수 선택적 페이딩에 의한 속도 저하 문제를 해결하기 위한 방안으로 멀티 캐리어 방식이 연구 되어왔고 이를 기존 통신 방식과 결합하여 견실한 특성을 지니는 방안으로 진행 되어왔다^[1].

본 논문에서는 OFDM과 결합된 방식 중 S. Kondo와 L.B Milstein에 의해서 제안된 방식을 사용하고자 한다. 이 방식을 선택한 이유는 현재 사용 중인 디지털 이동 통신 방식을 그대로 유지하면서 간단한 구조적인 변경을 통하여 더 많은 사용자를 확보할 수 있고, 멀티미디어 데이터의 효율적인 전송이 가능하기 때문이다. 또한 멀티 캐리어 구조를 통하여 여러 가지의 장점을 지니고 있다. 첫째는 다중 경로에 강하다는 것이고, 둘째는 협대역 간섭 억제 효과를 지닌다는 것이다.

마지막으로 DS-CDMA 보다 더 낮은 칩률을 사용한다는 것이다. MC/DS-CDMA 방식은 시스템의 전체 대역폭을 M개의 동일한 주파수 대역으로 나누어지기 때문에 각 부반송파 주파수는 전체 대역폭을 동일하게 사용하는 싱글 캐리어 시스템 보다 M배의 긴 칩 주기를 갖는 확산 수열에 의해서 변조된다. 칩 주기가 DS-CDMA 방식보다 길기 때문에 심플한 간섭을 줄일 수 있다^[2].

MC/DS-CDMA 시스템은 DS-CDMA 시스템에서와 같이 다중 접속으로 인하여 다중 사용자 간섭과 원근 효과와 같은 문제들이 발생한다. 이러한 다중 사용자 간섭을 제거하기 위해서 DS-CDMA 시스템에 근거한 간섭 제거 기법들이 연구되고 있

다. 상관기에 근거한 기준 수신기는 다중 사용자로 인한 간섭 성분이 증가를 하면 할수록 성능이 더 저하 된다. 이런 문제를 해결하기 위해서 CDMA에서는 역상관 검출기, MMSE 검출기 등이 연구되었다. 이런 방식들은 모두 준최적 검출기로서 다중 사용자 간섭의 성분을 소거하여 검출하고자 하였다. MMSE 기법은 다중 사용자 간섭 성분을 제거하기 위해서 훈련 심볼이 필요하다. 이런 종류의 수신기는 채널이 빠르게 변화는 상황 하에서는 수신기에 부담으로 작용한다. 이런 문제를 해결한 것이 바로 블라인드 기법이다. 블라인드 다중 사용자 검출 기법은 최소 출력 에너지에 의해서 다른 사용자의 성분을 제거할 수 있도록 가능하게 하는 수신기이다^[3]. 본 논문에서는 MOE 블라인드 구조를 이용하여 멀티캐리어 DS-CDMA 시스템에 적용하여 다중 사용자 간섭 성분을 제거하여 그 성능을 더 향상하고자 하였다. 블라인드는 기존 상관기에 의한 시스템에서 사용자의 정보를 구하기 위해서는 사용자의 최소한의 정보만을 필요로 한다.

본 논문에서는 이런 점을 이용하여 멀티 캐리어가 가지는 잇점과 블라인드 기법을 결합하여 더 나은 좀더 효율적인 성능을 얻고자 하였다. 우선 멀티 캐리어를 사용하는 시스템에 대하여 살펴보고자 한다.

II. MC DS-CDMA 시스템

본 논문에서 사용된 시스템의 모델은 아래의 그림 1과 같으며, 이 그림에서는 k번째 사용자를 위한 송신기 블록 다이어그램이다.

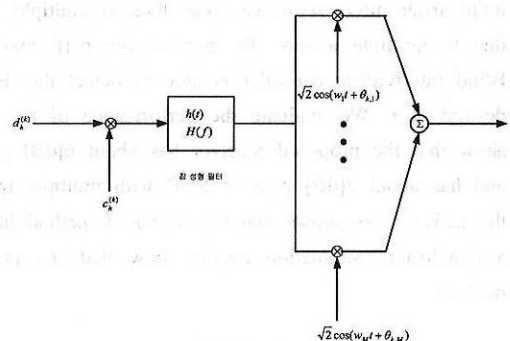


그림 1. MC/DS-CDMA를 위한 k번째 사용자의 송신기
Fig.1 Transmitter of the kth user for MC/DS-CDMA

그림 1에서와 같이 랜덤 이산 수열은 의사 랜덤 확산 수열에 의해서 곱해진다. 그리고 $d_k^{(k)}$ 의 각 비트는 $c_k^{(k)}$ 의 한 주기에 스캔 된다. 각 사용자는 고유

의 확산 수열을 가진다. T_c 는 대역 제한된 단일 반송파 DS-CDMA 시스템의 칩 주기이다 따라서 이 시스템의 대역폭은 $B=(1+a)1/T_c$ 이다. 여기서 a 는 시스템의 초과 대역폭의 측정값이다. 다중 반송파 시스템에서 전체 대역폭이 대역 제한된 단일 반송파 시스템의 대역폭과 같다고 가정을 하고 모든 부 대역은 주파수에서 흩어져 있다 즉 각 부반송파의 대역폭은 다음 식과 같다

$$B_m=(1+a)\frac{1}{MT_c} \quad (1)$$

여기서 MT_c 는 다중반송파 시스템의 칩 구간이고, M 은 반송파의 수이다 따라서 전송된 신호 $S_k(t)$ 는 다음 식과 같다.

$$S_k(t)=\sqrt{2E_c} \sum_{n=-\infty}^{\infty} d_n^{(k)} c_n^{(k)} h(t-nMT_c-\tau_k) \sum_{i=1}^M \cos(w_i t+\theta_{k,i}) \quad (2)$$

여기서 E_c 는 칩당 에너지, $h=1/n/N_T$ $h(t)$ 는 칩 성형 필터의 임펄스 응답, $\theta_{k,i}$ 는 $[0, 2\pi]$ 사이의 랜덤 반송파 위상이 균일하게 분포하고, τ_k 는 $[0, MT_c]$ 에서 균일한 분포를 가지는 임의의 시간 지연이다.

본 논문에서 사용된 채널의 지연 확산을 가지고 느리게 변하는 주파수 선택적 채널이라고 가정을 하였다. 채널을 통과하여 수신된 신호는 다음 식(3)과 같이 표현된다.

$$r(t)=\sum_{k=1}^K \sqrt{2E_c} \sum_{n=-\infty}^{\infty} d_n^{(k)} c_n^{(k)} h(t-nMT_c-\tau_k) \sum_{i=1}^M \alpha_{k,i} \cos(w_i t+\theta'_{k,i})+n_w(t)+n_j(t) \quad (3)$$

여기서 $\theta'_{k,i}=\theta_{k,i}+\beta_{k,i}$, $n_w(t)$ 는 $\eta_0/2$ 의 전력 스펙트럼 밀도를 가진 부가 백색 가우시안 잡음이고 $n_j(t)$ 는 부분 대역 가우시안 간섭이다.

III. 기존 수신기

다음 수신기는 기존 검출기로서 첫 번째 사용자를 검출하기 위한 수신기로 나타나 있다 그림2에서 칩 성형 필터 전달함수인 $H(f)$ 는 다음과 특성을 지니고 있다고 가정한다. $X(f)=|H(f)|^2$ 는 나이퀴스트 조건을 만족해야 한다 이것은 직접 확산 파형이 오버랩

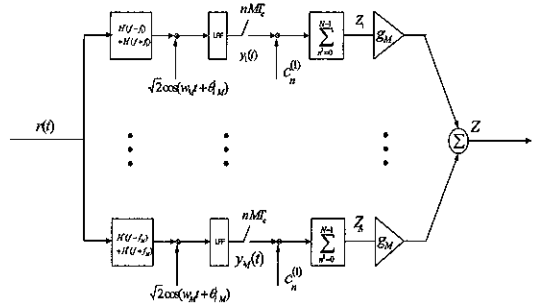


그림 2 MC/DS-CDMA를 위한 m 번째 사용자의 수신기 Fig 2 Receiver of the m th user for MC/DS-CDMA

되지 않는다는 것을 의미한다. 시스템의 성능을 알아보기 위해서 우선 첫 번째 사용자의 성능을 살펴보고자 한다. m 번째 노드에서 칩 정합 필터 출력은 반송파, 코드, 그리고 비트 동기기가 완벽하게 이루어졌다는 가정이 필요하다. 출력 $y_m(t)$ 는 다음 식(4)와 같이 주어진다

$$y_m(t)=S_m(t)+I_m(t)+J_m(t)+N_m(t) \quad (4)$$

여기서

$$S_m(t)=\sqrt{E_c} \alpha_{1,m} \sum_{n=-\infty}^{\infty} d_n^{(1)} c_n^{(1)} x(t-nMT_c) \quad (5)$$

$$I_m(t)=\sum_{k=2}^K \sqrt{E_c} \xi_{k,m} \sum_{n=-\infty}^{\infty} d_n^{(k)} c_n^{(k)} x(t-nMT_c-\tau_k) \quad (6)$$

$$J_m(t)=I_p\{n_{1,m}(t)\sqrt{2} \cos(w_1 t+\theta'_{1,m})\} \quad (7)$$

$$N_m(t)=I_p\{n_{w,m}(t)\sqrt{2} \cos(w_1 t+\theta'_{1,m})\} \quad (8)$$

$$\xi_{k,m}=\alpha_{k,m} \cos \phi_{k,m} \quad (9)$$

$$\phi_{k,m}=\theta'_{k,m}-\theta'_{1,m} \quad (10)$$

첫 번째 항은 신호 성분이고 두 번째 항은 나머지 사용자들로부터 발생하는 다중 접속 간섭 성분, 세 번째 항은 자기 대역으로 인하여 발생하는 간섭 성분, 그리고 마지막 항은 잡음에 의한 성분이다. I_p 는 저역 통과 필터이다. m 번째 상관기의 신호 출력 Z_m 를 표시하면 다음 식(11)과 같이 나타낼 수 있다

$$Z_m=S_{Z_m}+I_{Z_m}+J_{Z_m}+N_{Z_m} \quad (11)$$

여기서 S_{Z_m} 는 검출하고자 사용자의 신호 성분이 상관기 출력 신호이고, I_{Z_m} 는 다중 접속 성분이 상관기를 통과한 값이고, J_{Z_m} 는 자기 대역 성분이 상관기를 통과한 값이다. 마지막으로 상관기 출력후에 존재하는 잡음 성분이다.

이 시스템은 상관기 출력 후 시스템의 성능을 향

상시키고자 MRC(maximum ratio combining, MRC) 방법을 사용하였다.

$$Z = \sum_{i=1}^M g_i Z_i \quad (12)$$

여기서 g_i 는 i 번째 노드의 이득이다 위의 식으로부터 첫 번째 사용자의 정보를 경관정에 의해서 검출할 수 있다.

IV. 제안된 블라인드 MOE 간섭 제거기

상관기 출력으로부터 g_i 의 값은 신호대 잡음비를 최대로 하는 값이다 이는 검출하고자 하는 신호에 대한 모든 정보를 필요로 한다 이를 실제적인 시스템에서 적용하기가 상당히 어렵다 또한 채널 상황이 아주 나쁜 상황에서 사용하기도 또한 부담스럽게 작용하는 요인이다 이를 해결할 수 있는 방안이 바로 블라인드 처리 기법이다

본 논문에서는 검출하고자 하는 사용자의 정보만을 이용하는 블라인드 형태의 수신기를 제안한 것이다 간섭 제거 수신기에 사용된 구조는 최소 출력 에너지를 사용하는 알고리즘을 이용하였다 다음 그림에 나타나 있다.

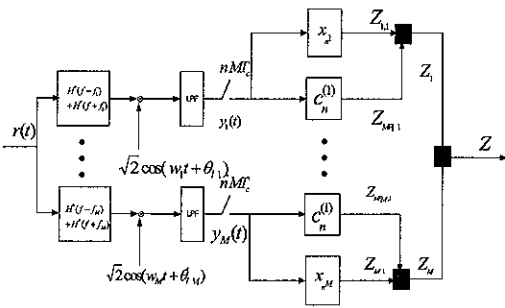


그림 3 첫번째 사용자를 위한 제안된 MC 블라인드 MOE 수신기
Fig 3 Proposed MC Blind MOE receiver for 1th user

수신기의 동작 알고리즘을 다음과 같은 흐름으로 진행한다 m 번째 부반송파에서 저역 통과 필터의 출력은 위의 식(4)에서 표현한 것처럼 다음 식(13)과 같이 나타낼 수 있다

$$y_i(t) = S_{yi}(t) + I_{yi}(t) + J_{yi}(t) + N_{yi}(t) \quad (13)$$

표기법을 간단히 하기 위해서, 즉 사용자 1에 대한 표기를 생략하고자 한다 칩 간격 샘플링 이후의

신호 $y(t)$ 는 다음 식(14)와 같이 표현하고자 한다

$$y(t) = [y_1(t) \ y_2(t) \ \dots \ y_M(t)] \quad (14)$$

멀티 캐리어에 의한 출력 신호 $y(t)$ 로부터 멀티 캐리어 블라인드 MOE 간섭 제거기(multicarrier blind MOE, MC-BMOE)를 적용하여 다중 접속 간섭 성분을 제거하여 시스템의 수신 능력을 높이고자 한다 그림 3에 나타나 있는 적응 부분을 갱신하기 위한 블라인드 적응 알고리즘을 사용하였다. 사용자 1에 대한 1번째 반송파에 대한 정합 필터의 출력은 다음 식(15)와 같이 정의된다.

$$Z_{MF_1}(t) = \langle y_1(t), c_n^{(1)} \rangle \quad (15)$$

간섭 부분을 제거하기 위한 적응 부분에 대한 출력은 다음 식(16)과 같다

$$Z_{1,1}(t) = \langle y_1(t), x_n^{(1)} \rangle \quad (16)$$

제안된 수신기의 출력 $Z_1(t) = Z_{MF_1}(t) + Z_{1,1}(t)$ 이며, 다음 식(17)와 같이 나타낼 수 있다

$$Z_1(t) = (c_n^{(1)} + x_n^{(1)}(t-1)^T) y_1(t) \quad (17)$$

모든 반송파의 출력을 더한 값으로부터 전송된 데이터를 추정할 수 있다

$$\hat{b}_1 = \text{sign}(Z(t)) \quad (18)$$

여기서

$$Z(t) = Z_1(t) + Z_2(t) + \dots + Z_M(t) \quad (19)$$

위의 식(16)에서 $x_n^{(1)}$ 에 대한 기울기를 구하면 다음 식(20)와 같이 나타낼 수 있다

$$2(c_n^{(1)} + x_n^{(1)}(t-1)^T) y_1(t) \quad (20)$$

여기에서 $y_1(t)$ 의 성분 중 검출하고자 하는 성분은 $c_n^{(1)}$ 에 수직인 성분이기 때문에 다음과 같이 y 신호 중에서 $c_n^{(1)}$ 의 방향 성분을 제외시킨다

$$y_1(t) - (c_n^{(1)} y_1(t)) c_n^{(1)} \quad (21)$$

위의 결과를 이용해서 최종적으로 다음 식(21)과 같이 블라인드 다중 사용자 검출기를 위한 적응 알고

리즘을 구할 수 있다.

$$x_n^{(1)}(i) = x_n^{(1)}(i-1) - \mu Z_1(i)(y_1(i) - Z_{M_i}^T(i)c_n^{(1)}) \quad (22)$$

위의 식은 사용자 1의 경우에 간섭 성분을 제거하기 위해서 적응 부분을 갱신하기 위한 식이다.

V. 모의 실험 및 성능 평가

이번 절에서는 멀티 캐리어 직접 확산 코드 분할 다중 접속 방식에 자체에 대한 성능을 분석하고자 한다. MC/DS-CDMA 방식의 다중 사용자 간섭에 대한 효과 및 멀티 캐리어의 증가에 따른 시스템의 특성 등을 모의실험을 통하여 알아보려고 한다.

여기에서 사용된 실험 조건은 다음과 같다. 상승 코사인 함수를 사용하기 위한 roll-off factor를 0.5로 설정하였다. Monte Carlo 시뮬레이션 방법을 도입하여 모의실험을 하였다. 실험을 위해서 사용된 확산 파형은 이산 형태를 지니고 있으며 길이가 31이고 랜덤하게 ±1을 발생시켰다. 또한 정보 데이터도 임의의 랜덤 파형을 이용하였다. 그림 4와 5는 상관기의 성능을 비교한 것이다. 그림 4는 한 셀에서 총 사용자는 K=1이고, M값이 1인 경우 이 1, 2, 4, N=8000, 반복회수는 3회 이며, 확산열의 길이는 31로 설정하였다. 그림 4는 MC/DS-CDMA 시스템에서 한 명의 사용자가 존재할 때 신호대 잡음비를 증가시키면서 또한 멀티 캐리어도 증가시키면서 캐리어에 대한 효과를 분석한 것이다. 그림 4에서 살펴보면 M=1일 때 상관기 출력으로부터 사용자의 정보 신호를 판별하여 BER을 구한 결과이다.

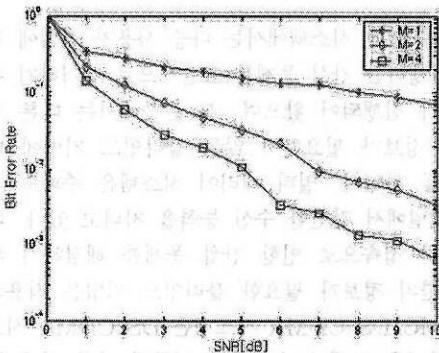


그림 4. 멀티캐리어에 따른 MC/DS-CDMA의 BER 특성
Fig.4 BER characteristics of MC/DS-CDMA system via the number of carrier

SNR이 10[dB]가 될 때 M=1인 경우에 BER의 값이 10^{-1} 의 값을 가짐으로 데이터 수신 용도로는 사용할 수 없을 것이다. 반면에 M의 값을 증가시키므로서 BER이 감소한다는 것을 알 수 있다. M=4일 때 BER이 $5 \cdot 10^{-4}$ 임을 알 수 있다. 즉, 이 결과를 통하여 알 수 있는 것은 M=1일 때는 싱글 캐리어를 사용하는 DS-CDMA 시스템이다. 이것은 현재 사용되고 있는 DS-CDMA 방식에 해당되는 결과이다. M=2,4는 멀티캐리어 DS-CDMA에 해당하는 MC DS-CDMA 시스템이다. 실험결과는 싱글 캐리어 시스템보다 동일 조건 하에서 멀티 캐리어 시스템이 성능적인 측면에서 더 나은 효율을 지니고 있음을 알 수 있다.

그림 5는 멀티 캐리어의 수를 4로 고정하고 사용자의 신호대 잡음비를 증가시키면서 BER을 측정할 결과이며 다중 접속 간섭에 의해 발생하는 간섭 문제가 MC/DS-CDMA 시스템에서 어떻게 발생하는지를 살펴보기 위함이다.

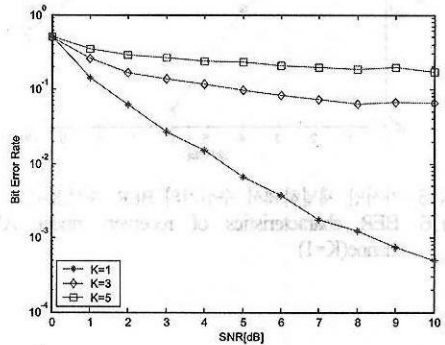


그림 5. 사용자에 따른 MC/DS-CDMA의 BER 특성
Fig.5 BER characteristics of MC/DS-CDMA system via the number of users

우선 K=1일 때 곡선을 살펴보면 BER 곡선이 3개 중 제일 아래에 존재하며 SNR이 10[dB]일 때 $4 \cdot 10^{-4}$ 에 해당되는 값을 가진다. 이는 시스템이 성능이 올바르게 송수신이 가능함을 의미한다. 반면 K=3, 5로 증가시킬 때, 시스템의 성능은 상당히 열화 된다. 즉 K=3일 때는 약 BER이 $6 \cdot 10^{-2}$ 이고 K=5일 때는 BER이 약 $9 \cdot 10^{-1}$ 값을 가진다.

결과적으로 MC/DS-CDMA 시스템은 사용자가 증가함에 따라 시스템의 성능이 상당히 열화 됨을 보여주고 있다. 제안된 블라인드 MOE 구조를 이용하여 다중 사용자의 간섭 성분을 제거할 수 있다. 다음

결과들은 제안된 간섭 제거기의 성능을 나타낸 것이다. 그림 6은 멀티 캐리어를 사용하는 기존 수신기와 제안된 블라인드 간섭 제거기인 MC-BMOE와 비교하였다. 간섭 억제기의 성능을 알아보기 위해서 사용자가 한 명 존재하고 멀티 캐리어가 4로 설정되어 있고, 신호대 잡음비를 0[dB]부터 10[dB]까지 증가시키면서 비트 오류를 조사하였다.

모의실험 결과를 살펴보면 제안된 MC-BMOE가 BER을 $3 \cdot 10^{-2}$ 으로 설정을 하면, 그림에서 나타나 있듯이 제안된 MC-BMOE가 약 4[dB]의 SNR 이득이 있음을 나타낸다. 제안된 블라인드 MC-BMOE가 더 나은 성능을 지니고 있음을 보여 준다.

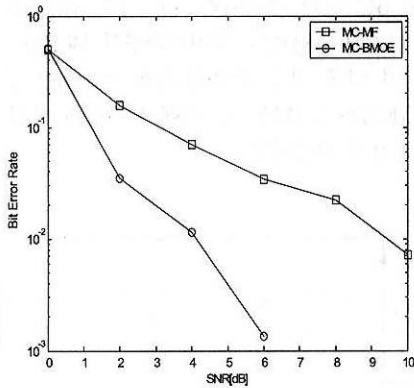


그림 6. 가시안 채널하에서 수신기의 BER 특성(K=1)
Fig.6 BER characteristics of receivers under AWGN channel(K=1)

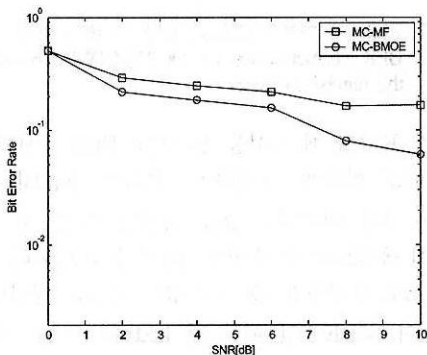


그림 7. 가시안 채널하에서 수신기의 BER 특성(K=5)
Fig. 7. BER characteristics of receivers under AWGN channel (K=5)

그림 7은 그림 6과 동일한 조건을 사용하였다. 단지 사용자를 5명이 존재할 때 수신기의 능력을 살펴 본 것이다. 이 결과를 통하여 다중 접속 사용자에 의한 간섭이 증가할 때 제안된 블라인드 MC-BMOE 수신기가 더 나은 결과를 지니고 있음을 나타낸다.

그림 8은 사용자의 증가에 따른 BER을 나타낸 것이다. 실험 조건은 가우시안 환경하에서 신호대 잡음비를 10[dB]로 설정하고 사용자를 1명부터 19명까지 증가시키면서 BER을 관찰하였다. BER을 $7 \cdot 10^{-3}$ 으로 설정하고 두 수신기에 용량을 비교해 보면 사용할 수 있는 사용자가 2배로 증가됨을 알 수 있다.

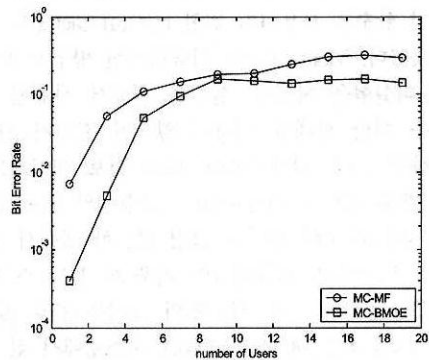


그림 8. 가시안 채널하에서 사용자 증가에 의한 수신기의 BER 특성
Fig. 8 BER characteristics of receivers via increasing the number of users under AWGN.

VI. 결론

이동 통신 시스템에서는 다중 사용자 간섭에 의해서 발생하는 간섭 문제를 효율적으로 제거하기 위한 연구가 진행되어 왔으며, 본 논문에서는 다른 사용자의 정보가 필요하지 않는 블라인드 기법에 대한 연구를 하였다. 멀티 캐리어 시스템은 주파수 선택적 채널에서 강한 수신 능력을 지니고 있다. 다중 사용자 접속으로 인한 간섭 문제를 해결하기 위한 최소한의 정보가 필요한 블라인드 기법은 적용하였다. MC/DS-CDMA 시스템은 DS-CDMA 시스템의 특성을 그대로 유지하기 때문에 간섭 성분에 대한 기존 제거 기법이 적용이 가능하다. 모의실험 결과를 살펴보면, 그림 4는 MC/DS-CDMA 시스템에 멀티 캐리어에 따른 성능을 분석 결과, 캐리어가

증가하면 동일 조건에서 더 나은 성능을 지니고 있으며, 또한 그림5에서와 같이 다중 사용자의 증가로 인한 시스템의 성능 저하 문제가 발생한다. 그리고 그림 6은 제안된 방법과 기존 방법의 성능을 비교한 것이다. 두 수신기의 성능을 비교결과 제안된 수신기가 약 6(dB) 정도 신호대 잡음비의 이득을 얻을 수 있다. 그림 7의 결과는 다중 사용자가 존재하는 환경하에서도 약 3(dB)의 신호대 잡음비의 이득을 얻을 수 있었다. 마지막으로, 그림 8은 사용자를 증가하면서 시스템의 성능을 비교하였다. 제안된 방식이 기존 방법에 비하여 2배정도의 사용자 수용 용량을 지니고 있음을 알 수 있다. 따라서, 제안된 간섭 제거기가 기존 보다 더 나은 성능을 지니고 있다. 향후 연구 과제로는 멀티 캐리어 시스템에서 발생하는 간섭 문제 시공간적인 개념으로 접근을 할 수 있다. 다른 셀에 존재하는 사용자들로부터 오는 간섭 성분, 또한 다른 이동 단말기로부터 오는 간섭 성분 등을 고려하여 적절한 신호 처리 기법을 통한 간섭 제거기를 개발할 필요가 있을 것으로 사료 된다.

참 고 문 헌

- [1] A. F. Molisch, *WIDEBAND WIRELESS DIGITAL COMMUNICATIONS*, Prentice Hall, 2001.
- [2] S. Kondo and L. B. Milstein, "Performance of multicarrier DS CDMA systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 44, pp. 238-246, February 1996.
- [3] S. Verdu, *Multiusers Detection*, Cambridge University Press, 1998.
- [4] L. Fang and L. B. Milstein, "Successive Interference Cancellation in Multicarrier DS/CDMA", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 48, No. 9, pp 1530-1540, September 1999.
- [5] W. Xu and L. B. Milstein, "MMSE interference suppression for multicarrier DS CDMA," in Proc. *2nd CDMA Int. Conf. Exhibition*, pp. 319-323, October 1997.
- [6] X. Weiping and L. B. Milstein, "On the Performance of Multicarrier RAKE Systems," *IEEE Trans on Commun.*, vol. 49, no. 12, pp.2062-2067, October 2001.
- [7] U. Madhow, "MMSE interference suppression

for acquisition and demodulation of direct-sequence CDMA systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 46, pp. 1065-1075, August 1998.

우 대 호(Dae-Ho Woo) 정회원



1997년 2월 : 청주대학교 전자공학과 졸업
 1999년 2월 : 인천대학교 전자공학과 석사
 2003년 2월 : 인천대학교 전자공학과 박사

2002년 12월 ~ 현재 : (주)플레넷 전자통신연구소
 전임 연구원
 <주관심 분야> 간섭 제거 기술, 통신 신호 처리

변 윤 식(Youn-Shik Byun) 정회원



1978년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업
 1981년 2월 : 연세대학교 전기공학과 석사
 1985년 8월 : 연세대학교 전기공학과 박사

1990년 8월~1991년 7월 : 미국 Stanford대학 전자공학과 객원 교수
 1987년 3월~현재 : 시립 인천대학교 전자공학과 교수
 2004년 9월~현재 : 고려대학교 전파통신공학과 객원 교수
 <주관심 분야> 디지털 통신 및 신호처리