

DS-CDMA 시스템을 위한 블라인드 적용 간섭 억제에 관한 연구

정희원 우대호*, 윤태성**, 변윤식*

A Study on Blind Adaptive Interference Suppression for DS-CDMA systems

Dae-Ho Woo*, Tae-Sung Yoon**, Youn-Shik Byun* *Regular Members*

요 약

DS-CDMA 시스템에서 통신 채널의 왜곡이나 간섭으로 인하여 확산 코드의 상호 상관 함수가 직교하지 않으므로 해서 시스템에서 성능을 열화 시키는 원근 문제와 다중 사용자 간섭 문제가 발생한다. 이 문제들은 시스템의 성능을 열화 시키므로 DS-CDMA의 성능을 향상시키기 위해서는 간섭을 효율적으로 억제하는 알고리즘이 요구되어진다. 본 논문에서는 constant modulus 알고리즘을 이용한 블라인드 적용 간섭 억제를 제시하였다. 모의 실험 결과 순방향 채널에서 사용된 블라인드 적용 간섭 억제는 가우시안 채널 하에서는 정상 상태 응답일 때, 신호 대 간섭비가 약 7[dB]정도 향상을 보였으며, Rayleigh 페이딩 채널 하에서는 잡음 대 간섭비가 약 4[dB]정도의 향상을 보였고, 다중 경로 하에서는 약 11[dB]정도의 좋은 성능을 보였다. 따라서 DS-CDMA 시스템에서 제안된 수신기가 기존의 수신기보다 더 나은 성능을 가짐을 알 수 있었다.

ABSTRACT

Since the cross-correlation function which is due to communication channel distortion or interference is not orthogonal, near far problem and multi-user interference are generated in the DS-CDMA system. Those problems degrade performance of the system so that the efficient algorithm to suppress the interference in the DS-CDMA system is required. In this paper, a blind adaptive interference suppressor using constant modulus algorithm is proposed. Simulation results present that the gain of SIR for the blind adaptive receiver is about 7[dB] at steady state over gaussian channel in forward channel. The gain of noise to interference ratio is about 4[dB] over Rayleigh fading channel, is about 11[dB] over multipath channels. Thus the proposed receiver has higher performance than a conventional receiver in the DS-CDMA system.

I. 서론

이동 통신이나 개인 휴대 통신 서비스의 증가로

인한 주파수 대역의 새로운 할당이 요구되어짐에 따라 이를 충족할 수 있는 새로운 방식이 요구되어지기 시작하였다. 1950년대 초반부터 군사적인 목적으로 대역 확산(Spread Spectrum)통신 방법을 이

* 인천대학교 전자공학과(byun@lion.inchon.ac.kr)

** 창원대학교 전기공학과(isyoon@sarim.changwon.ac.kr)

논문번호 :99059-0218, 접수일자 : 1999년 2월 18일

용하게 되었다. 대역 확산 통신 방식은 전송하고자 하는 정보 데이터 신호의 주파수 대역폭보다 훨씬 넓은 대역폭으로 대역 확산 후 전송하는 통신 방식이다. 이러한 통신 방식을 사용하여 다수의 사용자에게 서로 다른 코드를 부여함으로써 다중화를 이룰 수 있는데 이것을 코드 분할 다중 접속(code division multiple access, CDMA)이라고 한다.

본 논문에서는 연구 범위를 DS-CDMA 방식으로 제한하고자 한다. DS-CDMA 방식은 동일한 주파수 대역에서 다수의 사용자에 직교 코드를 할당하여 사용자 신호를 확산시키고 역확산 시킴으로써 다중 접속이 가능하게 하는 방식이다. 또한 DS-CDMA 방식은 페이딩에 강한 면역성, 통화의 비밀 보장, 가입 용량의 증대, 원활한 전환과 아날로그와의 호환성, 그리고 주파수 계획 및 무선 망 구축의 용이성 등 여러 가지 면에서 다른 다중 접속 방식인 시간 분할 다중 접속과 주파수 분할 다중 접속에 비하여 상당한 장점을 지니고 있다. DS-CDMA 방식의 단점은 이동국에서 기지국으로 수신되는 신호가 사용자간의 거리가 서로 다르므로 해서 수신되는 전력이 또한 다르게 나타나게 되고, 이에 따라서 낮은 전력의 신호는 통화 품질이 상대적으로 열화 되는 원근 효과(near-far effect)가 발생된다. 또한 한 셀 안에서 사용지수가 증가함에 따라 스펙트럼의 중첩으로 인한 배경 잡음 전력이 높아져서 신호의 품질의 열화 되고 시스템의 용량이 제한되어진다.^[1]

DS-CDMA에서 발생하는 원근 문제의 해결은 이동국과 기지국사이의 전력제어를 통하여 기지국에서 수신되는 다수 사용자 신호 전력을 일정하게 유지하여 양질의 통화 품질을 얻을 수 있다. 만약 한 셀 내의 사용자가 증가하게 되면 전력제어가 상당히 어려워진다. 전력제어 실패 시 셀 내의 모든 통화가 어려워진다. 이러한 경우 셀 반경을 신축적으로 조절하여 운영함으로써 해결이 가능하지만 한 셀 내의 사용자가 절대적으로 증가하게 되면 근본적인 한계를 나타낸다. 다중 접속으로 발생하는 간섭 문제를 해결하기 위한 연구가 Schneider에 의해 처음으로 발표되었다.

그 이후에 Kashihara와 Kohno는 다중 접속 간섭 억제에 관한 연구를 하였다. 이 둘의 연구는 비동기 다중 사용자 통신 환경에서 최적 검출을 위해 Viterbi 알고리즘을 제시하였다. 이 기술에 대해 실제적인 관심을 가지기 시작한 것은 1986년의 Verdu의 연구 이후이다. 1995년 Honig, Madhow

그리고 Verdu가 블라인드 적응 다중 사용자 검출(Blind Adaptive Multiuser Detection) 알고리즘을 발표하였다.^[2] 또한 다중 사용자 검출 기술은 순방향 통신에서는 복잡도에 의해 사용이 불가능하므로 다중 접속 간섭을 억제하기 위해 적응 간섭 억제 기술이 1994년 Madhow, Rapajic 그리고 Miller 등에 의해 최근에 제시된 개념이다. 적응 간섭 억제 기술은 다중 접속 간섭(multiple access interference, MAI)과 심볼간 간섭(inter symbol interference, ISI) 사이의 유추를 이용하는 시 불변 적응 등화기와 유사하다.

앞으로의 이동 통신에서 가입자수가 지속적으로 증가할 경우에 예상되는 다중 접속 간섭에 의한 서비스 품질 저하 및 통화 품질의 열화를 막고 시스템의 용량을 증대하기 위해서는 다중 사용자 접속으로 발생하는 MAI를 효과적으로 억제하기 위해서는 적응 간섭 억제 기술이 반드시 필요하다. 본 논문에서는 검출하고자 하는 사용자에 대한 최소한의 정보인 확산 코드만을 알 때 사용자의 정보를 검출하는 블라인드 적응 간섭 억제기를 제안한다. 이 수신기는 잡음 하에서 우수한 특성을 나타내는 constant modulus 알고리즘을 사용하고 2차 통계치의 비용함수를 사용한다.^[3]

시스템의 성능을 알아보기 위해 순방향 통신에서는 적응 간섭 억제기로 동작하도록 시스템을 모델링하고 이에 적합하도록 각 알고리즘에 대한 2차 비용함수를 이용하여 각 모델에 대한 식을 제시하고 모의 실험을 통하여 성능을 기존의 수신기와 비교 검증 하고자 한다.

II. 시스템 모델

DS-CDMA 방식을 사용하는 동기 시스템에서 가우시안(Gaussian)채널에서 K 명의 실제 사용자가 동시에 사용한다고 가정을 하고, 이 때 시스템에 대한 블록 다이어그램이 다음 그림 1에 나타나 있다.

그림 1의 시스템에 수신된 신호의 모델은 다음 식 (1)과 같이 나타내어진다.

$$r(t) = \sum_{k=1}^K d_k(t)s_k(t) + n(t) \quad (1)$$

여기서 $d_k(t)$ 는 ± 1 의 정보 비트 수열, $s_k(t)$ 는 의사 랜덤 확산 수열 그리고 $n(t)$ 는 k 번째 사용자

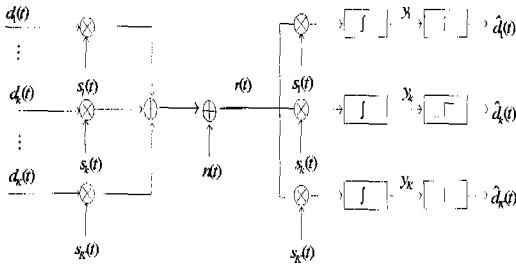


그림 1. DS-CDMA 시스템 모델

의 부가 백색 가우시안 잡음(additive white Gaussian noise, AWGN)이다. 이때 확산 신호 $s_k(t)$ 는 k 번째 사용자의 확산 파형을 의미하며 다음 식 (2)와 같이 정의되어진다.

$$s_k(t) = \sum_{i=1}^N s_{i,k}(t - (i-1)T_c) \quad (2)$$

여기서 T_c 는 칩 주기를 나타내고 $\mu(t)$ 는 구형 펄스 함수 그리고 $s_{i,k}$ 는 k 번째 사용자 확산 신호의 i 번째 칩을 의미한다. 이때 수신된 신호 $r(t)$ 로부터 정보 데이터를 검출하기 위해서는 그림 1에서 나타나 있듯이 수신단에서의 검파기는 상관기로 동작한다. 즉 모든 사용자의 정보를 검출하기 위해서는 사용자에 대한 확산 파형의 정확한 동기가 필요하다. 또한 k 번째 사용자의 i 번째 정보 비트를 검출하고자 한다면, 상관기의 출력은 다음 식 (3)과 같이 표현되어진다.

$$y_k(i) = \int_{iT_c}^{(i+1)T_c} r(t) s_k(t) dt \quad (3)$$

위의 식 (3)은 수신된 신호에 다시 확산 수열을 곱하는 것이다. 이 과정을 역 확산이라고 부른다. 역 확산 과정은 DS-CDMA 시스템에서 간섭 억제 능력에 아주 중요하다. DS-CDMA 시스템을 설계할 때, 여러 가지 문제들이 고려되어진다.

그 중에서도 가장 중요한 문제, 두 가지는 자기 간섭(self-interference)과 원근 문제(near-far problem)이다. 자기 간섭 문제는 확산 코드의 특성과 관계가 있다. DS-CDMA 시스템에서 다른 사용자들의 확산 코드와 정확하게 직교(orthogonal)하지 않기 때문에 발생된다. 이는 확산 코드의 상호상관함수가 값을 가지기 때문에 발생하는 문제이다. 원근 문제는 전송 전력과 송수신기의 거리와 관계가 아주 깊다.

III. 블라인드 적응 간섭 억제기

본 장에서는 기존 블라인드 적응 간섭 억제기에 대하여 알아보려고 한다.

3-1. 블라인드 LMS 적응 간섭 억제기

우선 구현이 비교적 쉬운 LMS 알고리즘을 사용한 블라인드 LMS 적응 간섭 억제기의 적응 계수 부분을 갱신하기 위해서 다음 식 (4)와 같은 비용 함수를 정의한다.

$$J(i) = E[e(i)^2] \quad (4)$$

여기서 오차 신호 $e(i)$ 는 constant modulus 알고리즘을 이용하여 다음 식 (5)와 같이 정의되어진다.

$$e(i) = |z(i)|^2 - \delta \quad (5)$$

여기서 δ 는 우리가 검출하고자 하는 사용자의 전력을 의미한다. 일반적으로 적응 계수 갱신식을 구하는 방법을 적용하여 보면 다음 식 (6)과 같은 계수 갱신식을 얻을 수 있다.

$$w(i+1) = w(i) - \mu 4e(i)z(i)y^*(i) \quad (6)$$

여기서 *는 공액 복소수(complex conjugate)를 의미한다. 블라인드 LMS 적응 간섭 억제기는 다중 접속에 의해 수신된 신호 $r(t)$ 로부터 원하는 사용자의 신호를 추정한다.

3-2. Blind MOE 적응 간섭 억제기

블라인드 MOE 검출기는 처음에 사용된 것은 DS-CDMA 통신에서 역방향에서 다중 사용자 신호를 검출하기 위해서 사용되었다.

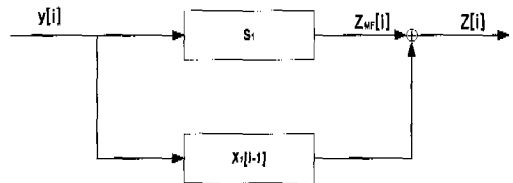


그림 2. 블라인드 MOE 적응 간섭 억제기

이 구조를 순방향에 L.Zhu와 U. Madhow가 적응 간섭 억제에 관한 연구를 하였다. 블라인드 MOE 적

용 간섭 억제기는 Madhow에 의해 연구 발표되었다^[2]. 위의 그림 2에서 블라인드 MOE 적응 간섭 억제기에 대한 구조를 나타내었다.

그림 2와 같은 구조를 가지는 적응 수신기는 정합필터의 출력, y 를 임펄스 응답 c_1 ($k=1$ 인 경우)이라는 선형 변환을 채택하여 비트 의사를 결정하는 것이다.

$$\hat{b}_1 = \text{sgn}(\langle y, c_1 \rangle) \quad (7)$$

여기서 c_1 은 선형변환으로서 다음과 같이 직교 분해로 나타낼 수 있다.

$$c_1 = s_1 + x_1 \quad (8)$$

위의 식 (8)에서 c_1 을 구성하는 두 성분은 s_1 과 x_1 은 다음과 같은 성질을 가진다.

$$\langle s_1, c_1 \rangle = 0 \quad (9-a)$$

$$\langle s_1, c_1 \rangle = \|s_1\|^2 = 1 \quad (9-b)$$

s_1 과 직교성을 유지하면서 x_1 을 갱신하기 위해 선형 변환, $\langle y, s_1 + x_1 \rangle$ 의 출력이너지는 독립된 세 개의 성분으로 나눌 수 있다. 첫째 우리가 검출하고자 하는 사용자 신호, 둘째 다중 접속 간섭 신호, 그리고 셋째는 배경 잡음이다. 이 세 요소 중 첫째 부분의 에너지는 x_1 과 무관하고, 두 번째와 세 번째 성분의 에너지는 x_1 의 변화에 따라 변동하게 된다. 따라서 가장 간단히 간섭을 줄일 수 있는 방법은 출력 에너지를 최소로 하는 x_1 을 선택하는 것이다.

$$MOE(x_1) = E[(y, s_1 + x_1)^2] \quad (10)$$

이와 같은 경우 배경 잡음이 매우 작다면 다중 사용자에 의한 간섭 잡음은 거의 제거되며, $s_1 + x_1$ 은 역 상관 다중 사용자 검출기와 유사한 결과를 나타낸다. 또한 배경 잡음의 크기가 매우 크다면 x_1 은 다중 접속 간섭보다는 배경 잡음 제거에 더 많이 관여를 하므로 이런 경우에는 변형된 선형 MMSE 다중 사용자 검출기의 형태가 다음 식 (11)에 나타나 있다.

$$MOE(x_1) = E[(A_1 d_1 - \langle y, s_1 + x_1 \rangle)^2] + A_1^2 \quad (11)$$

선형 MMSE 적응 검출기는 평균 제곱 오차의 최소화를 위해서 적응성 훈련열이 반드시 필요하다. 반면 Blind 적응 방식은 이와 같은 훈련열이 필요 없고, 경사 강하 법으로 간단히 다음 식 (12)와 같은 계수 적응 알고리즘을 얻을 수 있다.

$$x_1[i] = x_1[i-1] - \mu z[i](y[i] - z_{MF}[i]s_1) \quad (12)$$

여기서 z_{MF} 와 z 는 각각 기존 정합 필터의 출력과 블라인드 적응 간섭 억제기의 선형 변환의 출력을 의미한다.

IV. 제안된 Blind CMA 적응 간섭 억제기

제안된 블라인드 CMA 적응 간섭 억제기는 기존의 Blind MOE 구조를 이용하여 기존의 간섭 억제기는 다중 접속에 의해 발생하는 MAI만을 억제하던 것에 비해 제안된 간섭 억제기는 MAI와 ISI를 동시에 억제할 수 있도록 제안된 구조이다. 일반적으로 순방향 채널에서 사용되며 적응 간섭 억제기는 단일 사용자 정보를 검출하는 단일 사용자 검출기이다. 단일 사용자 검출기에 k 명의 사용자가 공동의 채널에 동시에 존재한다고 가정한다면, 블라인드 CMA 적응 수신기에 수신된 신호는 다음 식 (13)과 같이 표현되어진다.

$$r(t) = \sum_{k=1}^K A_k \sum_{i=1}^M b_k(i) s_k(t-iT) + n(t) \quad (13)$$

위의 식 (13)에서 $k=1$ 인 경우를 검출하고자 하는 사용자로 가정하고자 한다. 위의 식 (13)을 다음 식 (14)와 같이 다시 나타내어질 수 있다.

$$r(t) = \sum_{i=1}^M A_1 b_1(i) s_1(t-iT) + \sum_{k=2}^K \sum_{i=1}^M A_k b_k(i) s_k(t-iT) + n(t) \quad (14)$$

위의 식 (14)에서 첫 번째 항은 검출하고자 하는 사용자의 신호이고, 나머지 항은 다중 접속에 발생하는 간섭과 백색 가우시안 잡음을 나타낸다. 위의 식 (14)에서 수신된 신호 $r(t)$ 로부터 칩 샘플링 되어진 후의 신호를 $y(t)$ 로 나타내었다.

$$y(i) = \int_{T_c} r(t) dt \quad (15)$$

따라서, $y(i)$ 로부터 검출하고자 하는 사용자의 신호만을 검출하기 위해서는 다음과 같은 블라인드 적응 간섭 억제를 아래 그림 3과 같이 제안하였다. 그림 3에 제안된 수신기에 입력된 다중 사용자의 신호로부터 MAI와 잡음을 억제하고자 한다. 단지 이 수신기에서는 검출하고자 하는 사용자의 확산 파형만을 필요로 한다. 제안된 수신기는 수신된 신호 $y(i)$ 는 정합필터와 적응 수신기의 공통 입력이다.

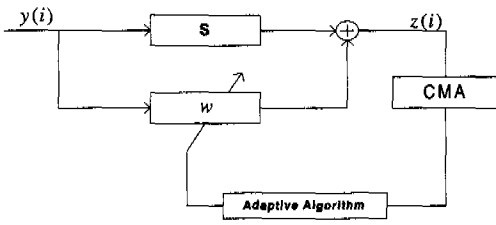


그림 3. 블라인드 CMA 적응 간섭 억제기

동시에 정합필터의 출력부분에서는 우리가 검출하고자 하는 사용자의 정보와 간섭에 의해 발생하는 정보가 출력에 존재하고, 적응 수신기부분에서는 MAI와 잡음에 의한 간섭을 억제하고자 한다. 두 출력의 합에 의해서 결국 검출하고자 하는 사용자의 신호가 검출되어진다. 즉 적응 수신기와 정합필터는 다음 식 (16)과 같은 관계가 존재한다.

$$\langle s, w \rangle = 0 \quad (16)$$

수신기의 적응 부분의 계수 갱신식을 얻기 위하여 다음 식 (17)과 같은 비용함수를 정의하고자 한다.

$$J(i) = E[|e(i)|^2] \quad (17)$$

여기서 오차 신호 $e(i)$ 는 CMA를 이용하여 추정되어진다. 즉 다음 식 (18)과 같다.

$$e(i) = |z(i)|^2 - \delta \quad (18)$$

여기서 $z(i)$ 는 정합필터와 블라인드 적응 수신기의 출력의 합이다. 비용함수를 이용하여 적응 수신기의 계수 갱신식은 다음 식 (19)와 같이 얻어진다.

$$w(i+1) = w(i) - 4\mu e(i)z(i)y^*(i) \quad (19)$$

제안된 블라인드 CMA 적응 간섭 억제기는 다중 접속에 의해 발생하는 간섭과 심벌간에 의해 발생하는 ISI를 동시에 억제하기 위해 제안된 구조이다.

V. 모의 실험 및 결과 고찰

본 연구에서는 DS-CDMA 통신 환경 하에서 다중 접속에 의해 발생하는 원근 효과와 다중 사용자 간섭 등을 억제하여 시스템의 성능 향상을 위해서 그림 4와 같은 시스템 구성을 하였다.

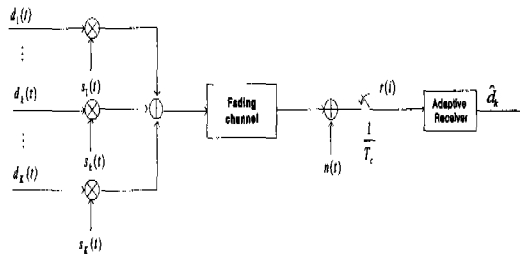


그림 4. 모의 실험을 위한 수신기의 시스템 구성

위의 그림 4에서 제안된 블라인드 CMA 적응 수신기는 한 사용자에 대하여 나머지 신호들은 모두 간섭으로 작용한다.

본 연구에서는 제안된 수신기의 성능을 판별하게 위해 위의 그림 4와 같이 구성하였다. $k=1$ 일 때 검출하고자 하는 사용자로 가정하고자 한다.

표 1. 모의 실험에 사용된 파라메타

▷ SNR = Signal of desired user to Noise Ratio (A_1/σ^2)												
▷ SNR _k = Signal of interference user to Noise Ratio ($A_{2,\dots,k}/\sigma^2$)												
▷ SIR = Signal to Interference Ratio $= \frac{A_1^2(w^T s_1)}{\sigma^2(w^T w) + \sum_{k=2}^K A_k^2(w^T s_k)}$												
▷ Multipath channels												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>경로</th> <th>평균전력</th> <th>지연</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.7</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.2</td> <td>5 chips</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.1</td> <td>10 chips</td> </tr> </tbody> </table>	경로	평균전력	지연	1	0.7	0	2	0.2	5 chips	3	0.1	10 chips
경로	평균전력	지연										
1	0.7	0										
2	0.2	5 chips										
3	0.1	10 chips										

모의 실험에서 사용된 조건은 다음과 같다. 즉, 정보 데이터 신호는 +1의 값을 가지는 BPSK 형태의 랜덤 수열이다. 이때 사용된 확산 코드의 길이는 31, 평균이 0 이고 분산이 σ^2 인 백색 가우시안 잡음을 사용하였다. 또한 적응 수신기를 페이딩 채널 하에서도 성능 평가를 수행하였다. 사용된 페이딩 채널은 Rayleigh 분포를 가지는 채널을 사용하였다. 다중 경로는 서로 다른 전력을 가지며 동일한 분포를 가진 페이딩 채널로 구성하였다.

모의 실험에 사용된 파라미터들을 정리하면 표 1과 같다.

5-1. 가우시안 환경 하에서 모의 실험 결과

아래 그림 5는 단일 사용자 검출기인 블라인드 적응 간섭 억제기로서 가우시안 환경 하에서의 성능을 나타내었다. 이때 사용된 조건은 SNR=10[dB]이고, SNRk=간섭 사용자 전력/ 잡음 전력=15[dB]로 설정하였다.

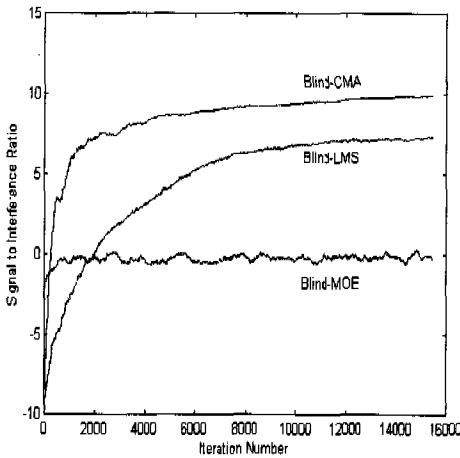


그림 5. 블라인드 적응 수신기의 수렴 곡선(가우시안)

그림 5에 나타나 있듯이 단일 기존의 Blind-MOE 구조를 가지는 단일 사용자 검출기는 초기 수렴 속도가 매우 빠른 반면 원하는 정상 상태의 응답에는 도달하지 못한다. Blind-LMS 적응 수신기는 초기 수렴 속도는 느리나 원하는 응답을 검출하기 위한 최소의 SIR을 유지하는 정상 상태 응답을 얻을 수 있었다.

모의 실험 결과 초기 수렴은 빠르고 좋은 정상 상태 응답의 수렴 곡선이 나타남을 알 수 있었다.

즉, 기존의 Blind-MOE 구조를 가지는 단일 사용자

검출기는 정상 상태 응답일 때가 약 1[dB]정도, 또한 Blind-LMS는 약 6[dB]정도, 제안된 적응 수신기는 10[dB]정도이다. 즉 제안된 구조는 신호 대 간섭비가 MOE에 비해서는 약 10[dB], Blind-LMS에 비해서 약 4[dB]정도 이득이 있음을 모의 실험을 통하여 알 수 있다.

5-2. Rayleigh 페이딩 채널 하에서 모의실험 결과

그림 5에서 Blind-LMS 적응 수신기는 가우시안 채널에서는 Blind-MOE 검출기보다 정상 상태 응답에서 약 6[dB]정도 더 나은 성능을 보여 주었다.

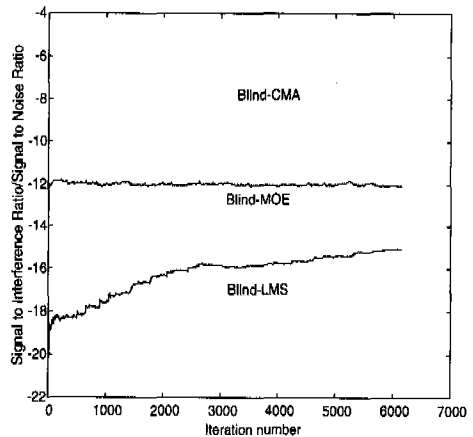


그림 6. 블라인드 적응 수신기의 수렴 곡선(레이리)

반면 그림 6에서는 도심 환경과 같은 Rayleigh 페이딩 채널 하에서는 Blind-MOE 검출기의 성능 더 나은 결과를 나타내었다. 여기에서 사용된 조건은 가우시안 채널과 동일하다. 그림 6은 각각의 적응 수신기의 SIR/SNR의 수렴 곡선을 그렸다. 결국 이것은 가우시안 잡음 대 간섭비로서 정의 되어진다.

정상 상태에서 Blind-LMS의 SIR/SNR의 비의 값은 약 16[dB]를 나타내고, Blind-MOE는 약 12[dB], Blind-CMA는 약 3[dB]정도를 나타낸다. 즉, 정상 상태에서 제안된 적응 수신기는 간섭의 전력을 잡음전력으로 낮아짐을 알 수 있다. 따라서 제안된 검출기가 기존의 검출기보다 우수함을 알 수 있다.

또한 Blind-LMS 알고리즘은 실제적인 이동 통신 채널 환경 하에서는 페이딩에 의한 왜곡에 대한 보상을 해주지 못함을 그림 6을 통하여 알 수 있었다. 제안된 Blind-CMA 알고리즘은 가우시안 채널이든

Rayleigh 페이딩 채널에 상관없이 뛰어난 성능을 보여 주었다. 그림 7에서는 각 적응 수신기에 대한 BER 특성 곡선을 나타내었다. 제안된 블라인드 적응 수신기가 우수한 특성을 나타낸다.

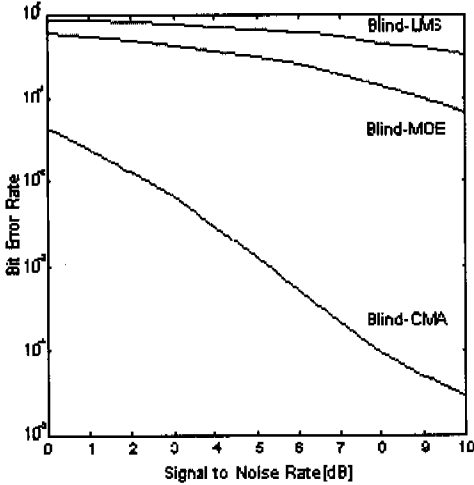


그림 7. 블라인드 적응 수신기의 BER 곡선(레이리)

는 다중 경로 하에서도 기존의 알고리즘보다 정상 상태 응답 곡선에서 더 나은 특성을 보여 주었다. 그림 9는 각 수신기의 정상 상태 응답에서 BER을 구하여 본 결과이다. 그림 9에서도 제안된 수신기가 더 나은 성능을 가짐을 알 수 있었다.

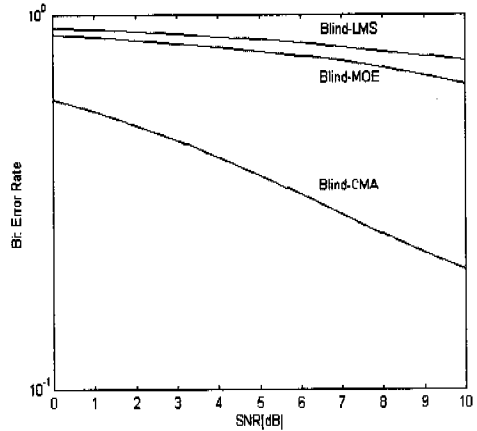


그림 9. 블라인드 적응 수신기의 BER 곡선(다중 경로)

5-3. 다중 경로 하에서 모의 실험 결과

그림 8은 같은 Rayleigh 분포를 가지는 다중 경로의 채널을 통과하여 블라인드 적응 수신기에서 SIR/SNR의 비를 본 것을 나타내었다.

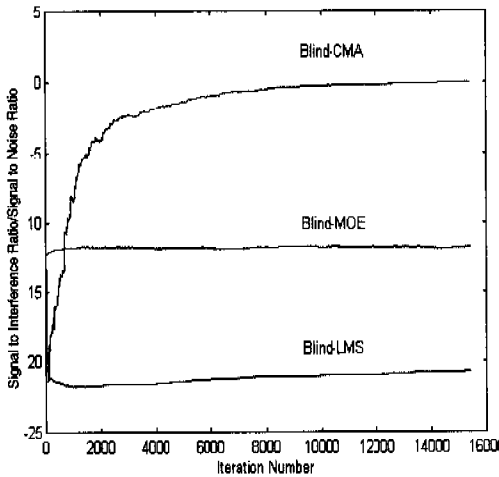


그림 8. 블라인드 적응 수신기의 수렴 곡선(다중 경로)

단일 경로 채널 하에서 보다 Blind-LMS 적응 수신기는 채널 보상을 못해주고 발산함을 그림 7을 통하여 알 수 있다. 반면 제안된 블라인드 적응 수신기

VI. 결론

본 논문에서는 다중 접속에 의해 발생하는 문제들을 해결하기 위하여 구조가 간단하고 구현이 쉽고 성능이 우수한 적응 수신기를 제안하고자 하였다. 우수한 수신기를 개발하고자 구현성이 아주 높은 블라인드 계열인 constant modulus 알고리즘을 이용한 검출기를 제안하였다. 또한 기존의 수신기에서는 수신된 신호로부터 모든 사용자를 동시에 검출하기 위해서는 수신기는 원하는 사용자의 확산 파형, 타이밍 등 여러 가지 정보가 필요하였다. 반면에 제안된 수신기는 단지 사용자에 대한 확산 파형에 대한 정보만이 필요하다.

각 수신기들에 대한 성능 특성을 분석하기 위하여 가우시안 채널 환경과 Rayleigh 페이딩 채널 환경에서 모의 실험을 수행하였다. 그 결과 아무 정보도 가지지 않는 Blind-LMS 검출기는 가우시안 환경에서는 SIR의 정상 상태 수렴 곡선에서 Blind-MOE보다 약 5[dB]의 성능을 보여 주었다. 반면에 Rayleigh 페이딩 환경에서는 SIR/SNR의 수렴곡선에서는 -4[dB]이득이 있음을 알 수 있었다. 가우시안 채널에서는 Blind-CMA는 Blind-LMS보다 5[dB]이득을 나타내었다. Rayleigh 페이딩 채널 하에서는 Blind-LMS보다 8[dB], Blind-MOE 보다 4[dB]이득이 있었다. 그리고

다중 경로 하에서도 제안된 Blind-CMA 적응 수신기는 기존의 Blind-MOE 보다 SIR/SNR 수렴곡선에서 10 [dB]정도 이득이 있음을 알 수 있었다. 따라서 제안된 구조가 기존의 검출기에 비해 성능이 향상되었음을 모의 실험을 통하여 확인할 수 있었다. 이상과 같이 다중 사용자 접속에 의해 발생하는 간섭 문제를 제안된 검출기를 통하여 효과적으로 억제함을 모의실험 결과 알 수 있었다.

향후 연구 과제로는 더 많은 사용자의 환경과 다중 셀의 환경 하에서 성능 분석에 지속적인 연구와 제 3세대 이동 멀티미디어 시스템에서 거론되고 있는 방식인 MC-CDMA통신 방식 하에서도 연구가 필요하다고 사료되어진다.

참 고 문 헌

[1] A. J. Viterbi, *CDMA: Principles of Spread Spectrum Communication*, Addison Wesley, 1995.

[2] M. Honig, U. Madhow and S. Verdu, "Blind Adaptive multiuser detection," *IEEE Trans. Information Theory*, pp.944-960, July 1995.

[3] Simon Haykin, *Adaptive Filter Theory*, Prentice-Hall, 3rd edition 1996.

[4] R. Lupas and S. Verdu, "Linear Multiuser Detectors for Synchronous Code-Division Multiple-Access Channels," *IEEE Trans. Information Theory*, vol.IT-35, pp.123-136, January 1986.

[5] H. V. Poor and X. Wang, "Code aided interference suppression for DS/CDMA communications: Part I and II," *IEEE Trans. Communications*, pp. 1101-1122, September 1997.

[6] John G. Proakis and Masoud Salehi, *Communication Systems Engineering* Prentice-Hall, Inc, 1994.

[7] S. Verdu, *Multiuser Detection*, in *Advances in Statistical Signal Processing*, vol.2, JAI Press Inc., pp.369-409, 1993.

[8] W. Lee, et al, "Constant Modulus Algorithm for Blind Multiuser Detection," *IEEE ISSSTA*, pp.1262-1266, September 1996.

[9] D. N. Godard, "Self-recovering equalization and carrier tracking in two dimensional data communication systems," *IEEE Trans Communications*, vol. COM-28, pp. 1867 - 1875, November 1980.

[10] S. L. Miller, "An adaptive direct-sequence code-division multiple-access receiver for multiuser interference rejection," *IEEE Trans. Communications*, vol.43,no.2/3/4, pp .1746-1755, February/March/April 1995.

[11] 우대호, 진광식, 윤태성, 변윤식, "임펄스 잡음 하에서 블라인드 동화 알고리즘에 관한 연구," *제10회 신호처리종합학술대회*, vol.10, no.1, pp.379-389, September 1997.

[12] 우대호, 김대규, 윤태성, 변윤식, "Rayleigh 페이딩 채널에서 DS-SS를위한 블라인드 적응 간섭 억제에 관한 연구," *제11회 신호처리 종합학술대회*, vol.11, no.1, pp. 341-344, October 1998.

우 대 호 (Dae-Ho Woo)	준회원
1997년 2월 : 청주대학교 전자공학과 졸업(공학사)	
1999년 2월 : 인천대학교대학원 전자공학과 졸업 (공학 석사)	
1999년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 대학원 전자공학과 박사 과정	
<주관심 분야> 통신 신호 처리 및 간섭 억제 기술	
윤 태 성 (Tae-Sung Yoon)	정회원
1978년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)	
1980년 2월 : 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업 (공학 석사)	
1980년 3월 ~ 1983년 6월 : 해군 제2사관학교 전기공학 교관	
1988년 8월 : 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업 (공학 박사)	
1994년 3월 ~ 1995년 2월 : 미국 Vanderbilt대학 전기공학과 객원 교수	
1989년 3월 ~ 현재 : 국립 창원대학교 전기공학과 부교수	
<주관심 분야> 신호처리 및 그 응용, 지능 제어	

변 윤 식(Youn-Shik Byun) 정 회원
1978년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업
 (공학사)
1981년 2월 : 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업
 (공학석사)
1985년 8월 : 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업
 (공학 박사)
1990년 8월 ~ 1991년 7월 : 미국 Stanford대학 전자공
 학과 객원 교수
1987년 3월 ~ 현재 : 시립 인천대학교 전자공학과
 교수
<주관심 분야> 신호처리 및 그 응용, 디지털 통신