

DS-CDMA 시스템을 위한 직접 결정 블라인드 적응 간섭 억제에 관한 연구

정회원 우 대 호*, 변 윤 식**

A Study on Direct Decision Blind Adaptive Interference Suppression for DS-CDMA Systems

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

요 약

DS-CDMA 방식을 사용하는 이동 통신 시스템에서 다중 사용자 접속으로 인하여 성능을 저하시키는 다중 접속 간섭 문제가 발생된다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 검출하고자 하는 사용자의 확산 코드만을 필요로 하는 직접 결정 블라인드 적응 수신기를 제안하였다. 모의 실험 결과, 모든 사용자의 전력이 동일한 경우, 가우시안 환경 하에서 제안된 블라인드 DD-LMS가 기존 블라인드 수신기인 LCCMA보다 약 6[dB]의 신호대 간섭 이득과 다중 경로 하에서는 기존 수신기에 비하여 큰 SIR의 이득을 가짐을 알 수 있다. 또한 간섭 사용자의 전력을 크게 한 경우에도 제안된 수신기가 기존 보다 높은 SIR의 값을 가진다. 또한 BER 평가에서도 제안된 블라인드 DD-LMS가 더 나은 성능을 가진다. 따라서, 모의 실험 결과 제안된 블라인드 수신기는 큰 간섭 사용자의 전력과 다중 경로 하에서도 견고한 특성을 지님을 알 수 있다.

ABSTRACT

In the mobile communication using DS-CDMA systems, the problem of multiple user interference which reduce the performance is generated by multiple user access. In this paper, to solve this problem, we proposed the direct decision blind adaptive receiver with knowledge of only the desired user's spreading sequence. Simulation result present that, the total user's power has equal gain, The gain of signal to interference ratio for the proposed blind DD-LMS receiver has about 6[dB] than conventional receiver at additive white Gaussian noise and large gain at multipath channels. And when interference user's power has more large gain than desired user's power, the gain of SIR for the proposed receiver has large value. And simulation result of bit error rate present that DD-LMS receiver has higher performance than LCCMA receiver. Thus the proposed blind DD-LMS receiver has robustness against interference of high power user and multipath channels.

I. 서 론

현재 상용화되어 사용되고 있는 통신 방식인 DS-CDMA에 대한 간섭 억제기술에 대한 연구가 활발하게 진행되어 오고 있다. DS-CDMA 시스템에 대한 대부분의 연구는 역방향에 대한 간섭 문제를

효과적으로 처리할 수 있는 문제에 대하여 연구를 진행하고 있는 실정이다.

이 역방향에서 연구를 진행하고 있는 기술들을 살펴보면 다음과 같다. 우선 Verdu에 의해 제안된 다중 사용자 검출 기술에 대하여 살펴보고자 한다. 다중 사용자 검출은 모든 사용자의 정보 신호를 데

* 인천대학교 전자공학과 신호처리 연구실(g9923008@lion.inchon.ac.kr), ** 인천대학교 전자공학과 (byun@lion.inchon.ac.kr)
논문번호 : 00152-0505, 접수일자 : 2000년 5월 5일

※ 본 연구는 한국과학기술재단 지정 인천대학교 멀티미디어 연구센터 지원에 의한 것입니다.

이러로 간주하고 모든 사용자의 신호를 검출하는 기술이다^[1]. 그러나 이와 반대로 순방향에 대한 연구는 다중 사용자 검출 기법에 비하여 상대적으로 급속한 연구가 진행되지는 않고 있는 실정이다.

Rapajic, Madhow 그리고 Miller에 의해서 연구가 되어지고 있다^{[2][3]}. 이동국은 전력 문제와 크기 문제, 수신능력 문제 등 여러 가지 문제를 가지고 있다. 현재 상용하여 이동국에서 사용되는 수신기의 기술은 레이크 수신기이다^[4]. 이는 다중 경로에 대하여서는 어느 정도 강인성을 지니고 있으나 다중 사용자 접속에 의해 발생하는 간섭 문제에 대하여서는 강인성을 나타내지 못한다. 다중 사용자 간섭 하에서 레이크 수신기의 성능의 급속히 저하되어진다. 이에 Madhow가 MMSE 간섭 억제기를 제안하였다^[5]. 이 수신기는 다중 경로와 다중 사용자 간섭에 대해 어느 정도 강인성을 나타내었다. 반면에 이 수신기를 구현하기 위해서는 반드시 훈련 열이 필요하다. 이는 이동국을 구현하는 측면에서 접근하면, 상당한 부담스러운 부분으로 작용한다. 이 부분을 훈련 열이 필요하지 않는 블라인드 기법을 Jeffrey H.Reed에 의해서 CDMA에 적용되어졌다^[6].

Jeffrey에 의해 제안된 알고리즘은 선형적으로 제한된 constant Modulus 알고리즘 (linearly constrained constant modulus algorithm, LCCMA)이다. 이 수신기의 단점은 출력이 zero로 가는 경우가 발생된다. 이 경우에는 잘못된 영역에서 정보 신호를 검출한다. 이런 문제를 보완하고 검출하고자 하는 사용자의 확산 코드만을 필요로 하는 직접 결정 블라인드 적응 간섭 억제 수신기를 제안하였다. 우선 다음 장에서 시스템 모델을 살펴보고자 한다.

II. 시스템 모델

본 논문에서는 순방향 채널 시스템을 고려하였기 때문에, 기지국에 의해서 전송되어진 신호들은 모두

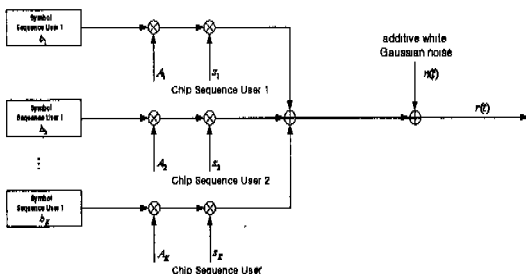


그림 1. DS-CDMA 시스템 모델.

동기로 간주되어진다. 따라서 그림 1과 같이 K 명의 사용자가 존재하는 동기 시스템 모델로 나타내어질 수 있다. 그림 1에서는 수신된 신호 $r(t)$ 의 모델은 다음 식(1)과 같이 나타내어진다.

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

여기서, A_k 는 k번째 사용자의 전력, $b_k(t)$ 는 k번째 사용자의 ± 1 데이터 심벌 수열, $s_k(t)$ 는 의사 랜덤 확산 수열 그리고 $n(t)$ 는 부가 백색 가우시안 잡음 (additive white Gaussian noise, AWGN)이다. 이때 확산 신호 $s_k(t)$ 는 k번째 사용자의 확산 파형을 의미하며 다음 식(2)와 같이 정의되어진다.

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

여기서, T_c 는 칩 주기를 나타내고, $\delta(t)$ 는 구형 펄스 함수 그리고 $s_{i,k}$ 는 k번째 사용자 확산 신호의 i번째 칩을 의미한다.

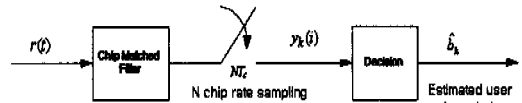


그림 2. DS-CDMA 수신기.

수신된 신호 $r(t)$ 로부터 정보 데이터를 검출하기 위해서는 그림 2에서 나타나 있듯이 수신 단에서는 정합 필터는 상관기로서 동작한다. 즉 원하는 사용자의 정보를 검출하기 위해서는 사용자에 대한 확산 파형의 정확한 동기가 필요하다. 또한 k번째 사용자의 i번째 정보 심벌을 검출하고자 한다면, 상관기의 출력은 다음 식(3)과 같이 표현되어진다.

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

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. 예를 들어, 총 사용자가 3명이 동시에 존재한다고 가정하고, 검출하고자 하는 사용자를 첫 번째 사용자로 가정하면 다음 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$y_1(i) = A_1 b_1 + \sum_{k=2}^3 A_k b_k \rho_{k,1} + N_1 \quad (4)$$

여기서, $\rho_{k,1} = s_k s_1$ 이고, $N_1 = n(i) s_1$ 이다. 식(4)의 성분 중 가운데 항은 다중 사용자 간섭 항으로 시스템의 성능을 저하시키는 성분으로 존재한다. 마지막 항의 잡음 성분은 더욱더 낮은 전력레벨로 확산되어짐으로 검출기에 미치는 영향력이 다중 사용자 간섭 성분에 비해 아주 적다. 위의 식(4)에서 만약 각 사용자의 확산 코드들이 직교를 한다고 가정하면, $\rho_{k,1}$ 이 0의 값을 가짐으로 검출하고자 하는 신호 성분과 잡음 성분으로 나타낼 수 있다. 상관기의 출력으로부터 원하는 사용자의 정보 심벌을 얻을 수 있다.

$$\hat{b}_k = \text{sgn}(y_k(i)) \quad (5)$$

식(5)는 이상적인 경우에 원하는 사용자 정보 심벌들이 오류 없이 추정됨을 나타낸다. 시스템에서 사용자가 증가할 경우에 다중 접속 간섭 성분에 의해서 식(5)로부터 직접 데이터를 추정할 경우는 많은 오류가 발생될 것이다. 다중 접속 간섭을 제거하기 위한 방안으로 연구되어진 LCCMA를 살펴 보자 한다.

III. 선형적으로 제한된 Constant Modulus 알고리즘

LCCMA^[6]는 constant modulus 알고리즘으로부터 얻어진다. CMA는 변조된 신호의 상수 포락선 이차 비용 함수를 최소화한다. 훈련 열을 사용하는 대신에, 이 알고리즘은 constant modulus 특성을 저장하고 유지하기 위해 필터를 적용한다. Constant modulus 알고리즘의 비용 함수는 식(6)과 같이 나타내어진다.

$$J_{CM} = E[(|y_1(i)|^2 - \delta)^2] \quad (6)$$

여기서, δ 는 검출하고자 하는 사용자 수신된 신호 전력의 기대값 또는 추정된 값을 의미하고, δ 는 1로 가정된다. 식(6)으로부터 얻어진 CMA 계수 갱신 식은 식(7)에 나타나 있다.

$$w(i+1) = w(i) - \mu(|y_1(i)|^2 - 1) \rho(i) y_1(i) \quad (7)$$

CMA의 단점은 검출 하고자하는 신호보다 다른 constant modulus 신호를 검출한다는 것이다. 이 문

제는 CM 비용 함수가 유일한 최소 점을 가지는 않는다는 사실로부터 발생되어지고 어떤 constant modulus 필터의 출력을 최소화 할 것이다. 모든 DS-CDMA 시스템에서 MAI 신호들은 BPSK로 변조되어졌고 constant modulus를 가진다. CMA를 사용한 단일 사용자 검출기는 원하는 사용자의 신호를 검출하는 대신에 간섭 사용자의 신호를 검출한다. 이런 문제를 해결하기 위해 LCCMA가 제안되어 졌다. LCCMA를 적용하기 위해서, 계수 벡터는 다음 식(8)과 같은 가정을 가져야 한다.

$$C^H w = f \quad (8)$$

여기서, C 는 $N_p \times L$ 차원의 상수 행렬이고, f 는 길이가 L 인 상수 열이다. L 은 N_p 보다 작은 linear constraints의 수이다. CM 비용함수를 최소화하는 문제로 변화되어진다. 이는 일반적으로 그림 3에 나타나 있듯이 generalized sidelobe canceller(GSC)로 알려져 있다.

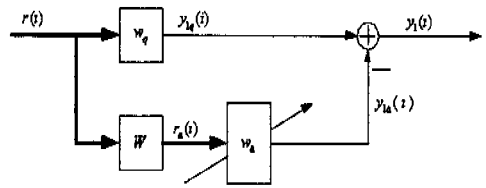


그림 3. Generalized sidelobe canceller.

전처리는 계수 벡터를 제한된 성분과 제한하지 않는 성분으로 나누어 나타내어진다. 이는 다음 식(9)와 같이 나타내어진다.

$$w = w_a - W w_n \quad (9)$$

여기서, w_a 는 계수 벡터를 제한하고 고정되어지는 부분이며, 다음 식(10)과 같이 나타내어진다.

$$w_a = C(C^H C)^{-1} f \quad (10)$$

여기서, H 는 공액 전치를 의미하고, w_n 는 $N_p - L$ 의 길이를 가지며, 적용되는 부분이다. 축소된 행렬 W 는 C 의 왼쪽 제로 공간으로 span된 열을 선택한다.

$$C^H W = 0 \quad (11)$$

DS-CDMA 시스템에서 단일 사용자 검출은 선형 제한을 위하여 적당한 선택은 단위 이득을 가지는 원하는 사용자의 신호를 통과시킴, 간섭 사용자의 신호는 영의 값을 만든다. 예를 들어 제한적인 수 L 이 사용자의 수 K 와 같다. 수신기에서 간섭 사용자들의 확산 코드에 대한 정보를 알지 못하고, 단지 검출하고자 하는 사용자에게 대한 확산 코드 정보만을 필요로 한다면 이는 다음 식(12)와 같이 주어진다.

$$s_1 \cdot w = \|s_1\|^2 = 1 \quad (12)$$

여기서 원하는 사용자의 확산 코드는 단위 에너지를 가진다. 선형적으로 제한된 최소 출력 에너지 적응을 위해서 계수 벡터는 다음 식(13)과 같이 표현되어진다.

$$w = s_1 + w_a, \quad \text{여기서, } s_1 \cdot w_a = 0 \quad (13)$$

식(13)을 살펴보면 제한된 성분은 원하는 사용자의 신호의 검출을 보장하는 성분이고, 적응 성분에 직교한다는 의미는 간섭 성분을 제거한다는 것이다. 즉 원하는 사용자의 신호 대신에 간섭 사용자의 신호를 검출한다는 것은 불가능하다. 제한된 식(12)는 $C=s_1, f=1, \text{ 그리고 } L=1$ 일 때 식(8)의 행렬 형태로 나타내어질 수 있다. 식(10)으로부터 계수 벡터의 제한된 성분 w_a 는 s_1 이 된다. 이것은 원하는 사용자의 확산 코드를 의미한다. 축소된 행렬 W 는 다음 식(14)에 의해 선택되어진다.

$$W = [e_1 \ e_2 \ \dots \ e_{N_s-1}] \quad (14)$$

여기서, e_i 는 i 번째 고유벡터는 행렬 A 의 영 고유치에 해당한다. 행렬 A 는 $N_p \times N_p$ 크기를 가지며 다음 식(15)와 같이 주어진다.

$$A = \begin{bmatrix} s_1^H \\ 0 \\ \vdots \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

축소된 행렬 W 의 선택은 반드시 식(11)의 조건을 만족하여야 한다.

IV. 제안된 직접 결정 블라인드 적응 간섭 억제기

제안된 직접 결정 블라인드 적응 간섭 억제기는 다음 그림 4와 같은 구조를 지닌다. 제안된 간섭 억

제기는 이차 통계치의 비용 함수와 LMS 적응 알고리즘을 사용한다. 이하 본 논문에서는 DD-LMS로 부르고자 한다. DD-LMS에 수신된 신호 $r(i)$ 는 식(1)에서 나타나 있다. 수신기에 수신된 신호 $r(i)$ 를 칩 간격으로 샘플링한 것이다. DD-LMS의 적응 계수 벡터의 출력은 다음 식(16)과 같이 나타난다.

$$y_1(i) = w_1^T r(i) \quad (16)$$

여기서, w_1 은 적응 계수 벡터이다. 적응 필터의 출력 y_1 으로부터 원하는 사용자의 정보 신호 b_1 을 추정한다. 추정된 신호 \hat{b}_1 은 다음 식(17)의 식으로부터 구해진다.

$$\hat{b}_1(i) = \text{sign}(y_1(i)) \quad (17)$$

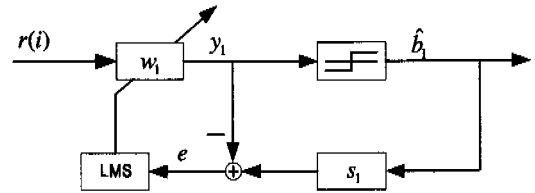


그림 4. 직접 결정 블라인드 적응 간섭 억제기.

여기서, $\text{sign}(\cdot)$ 은 signum 함수이다. 추정된 신호 \hat{b}_1 으로부터 다시 확산 코드를 곱한 후에, 간섭 제거기의 출력과 식(17)을 다시 확산한 값과의 차를 오차 신호로 사용하고자 한다. 또한 적응 계수를 갱신하기 위해 통계적인 경사 강하 방법을 이용하여 계수 갱신식을 구하고자 한다. 다음 식(20)에 계수 갱신식의 일반적인 형태가 나타나 있다. 수신기의 구조를 간단하게 구성하기 위하여 이차 통계치의 비용함수를 사용하였다. 이때 사용된 비용함수는 다음 식(18)과 같이 표현되어진다.

$$J_p = E[\alpha(i)^2] \quad (18)$$

여기서, 오차 신호 $\alpha(i)$ 는 다음 식 (19)와 같이 표현되어진다.

$$\alpha(i) = \hat{b}_1 s_1 - y_1(i) \quad (19)$$

위의 식(16),(17),(18),(19)를 이용하여 통계 경사 강하 방법에 의해서 다음 식(20)에 대입하여 식(21)과 같은 적응 계수 갱신식을 얻을 수 있다.

$$w_1(i+1) = w_1(i) - \mu \hat{\nabla}_{w_1(i)} J_p \quad (20)$$

여기서, μ 는 적응 상수이다. $\hat{\nabla}_{w_1(i)} J_p$ 는 비음함수 ∇J_p 의 계수 벡터 $w_1(i)$ 에 대한 경사도의 순시 추정치(instantaneous estimate)를 나타낸다.

$$w_1(i+1) = w_1(i) + \mu 2e(i)x(i) \quad (21)$$

V. 모의 실험 및 결과 고찰

모의 실험에서 사용된 조건은 다음과 같다. 즉, 정보 데이터 신호는 ± 1 의 값을 가지는 BPSK 형태의 랜덤 수열이다. 이때 사용된 확산 코드의 길이는 31, 평균이 0 이고 분산이 σ^2 인 백색 가우시안 잡음을 사용하였다.

표 1. 파라메타.

| |
|--|
| SNR = Signal of desired user to Noise Ratio |
| IDR = Signal of interference user to Desired user Ratio |
| SIR = Signal to Interference Ratio |
| $= \frac{A_1^2(w^T s_1)}{\sigma^2(w^T w) + \sum_2^K A_k^2(w^T s_k)}$ |

또한, 사용된 다중 경로 채널은 COST-207 Urban 채널이다. 참고 문헌[7]에서 사용된 파라메타 값과 동일한 값을 사용하였다. 각 수신기의 성능을 판별하기 위해서 SIR과 BER을 사용하였다. 사용된 파라메타들을 정리하면 표1과 같다.

1. 가우시안 채널 하에서 모의 실험 결과

1) IDR이 0(dB)인 경우

아래 그림5에서 사용된 실험 조건은 다음과 같다. 검출하고자 하는 사용자대 잡음비(signal to noise ratio, SNR)를 20[dB]로 하였고, 간섭 사용자 대 원하는 사용자의 전력비를 0[dB]로 설정하였다. 즉 모든 사용자의 신호 전력비 동일하게 존재하는 환경을 구성하였다. 모의 실험 결과는 그림 5에 나타나 있듯이, 이때 사용된 μ 값은 DD-LMS인 경우에 $4 \cdot 10^{-3}$, LCCMA는 $2 \cdot 10^{-3}$ 이다. 그리고 제안된 방법인 DD-LMS는 약 1500 iteration을 기준으로 그 이전에는 0[dB]이하의 값을 가지고, 그 이후에는 신호 대 간섭비의 값이 약 5[dB]이상의 값을 가진다. 검출하

고자 하는 수신기가 0[dB]이하의 값을 가진다면, 수신기는 원하는 사용자의 신호를 검출하기보다는 간섭 사용자의 신호를 검출하고자 한다. 0[dB]이상의 값을 가지는 이후에서는 간섭 사용자들의 전력이 줄어들어 원하는 사용자의 신호를 좀 더 정확히 검출한다. 기존 방법인 LCCMA는 약 2000 iteration을 기준으로 그 이하에서는 0[dB]이하의 값을 가지며, 그 이후에는 0[dB] 이상의 값을 가진다. 이는 신호 대 간섭비의 값이 양의 [dB]을 가진다는 것은 수신기가 정상 상태에서 잘 동작한다는 것을 의미한다. 또한 그림 6은 모든 사용자의 전력 신호가 같고, 원하는 사용자와 잡음비를 0[dB]부터 20[dB]까지 변화시켜 가면서 BER을 측정하여 그 결과를 나타낸 것이다. SNR이 5[dB]이하에서는 제안된 방법인 DD-LMS 보다는 기존 방법인 LCCMA가 조금 더 나은 결과 값을 가지고, 그 이후에서는 제안된 방법이 기존 보다 훨씬 더 나은 BER 값을 가지는 것을 알 수 있다. 만약 BER이 $6 \cdot 10^{-4}$ 값을 가질 때 제안

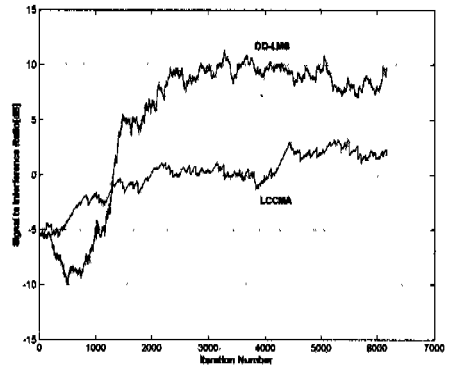


그림 5. 블라인드 적응 수신기의 SIR 곡선(IDR=0[dB]).

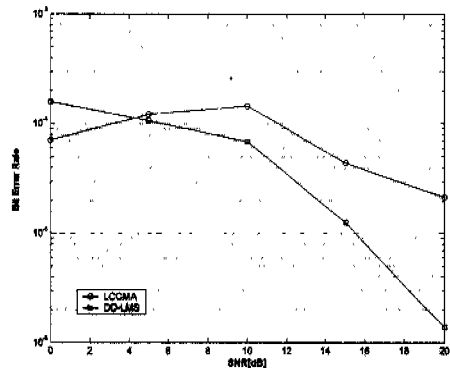


그림 6. 블라인드 적응 수신기의 BER 곡선(IDR=0[dB]).

된 수신기는 기존 수신기에 비하여 약 3[dB]이상의 SNR이득을 얻을 수 있다.

2) IDR이 10(dB)인 경우

다음 그림 7은 검출하고자 하는 사용자에 대하여 간섭 사용자의 비가 10[dB] 큰 경우에 각 블라인드 수신기의 신호 대 간섭비의 성능을 비교한 것이다. 그림 5와 비교하면 모든 사용자의 전력이 동일한 경우이고, 그림 7은 간섭 사용자의 전력이 더 큰 경우이다. 이때 수신기의 성능은 그림 5에 비하여 상당히 저하됨을 알 수 있다. 제안된 수신기는 신호 대 간섭비의 범위가 약 -17[dB]에서부터 -10[dB]까지의 값을 가진다. 반면에 기존 수신기인 LCCMA는 약 -32[dB]부터 -10[dB]까지 변화하는 것을 보여준다. 이는 간섭 사용자의 큰 경우에 두 수신기의 성능이 상당히 저하됨을 의미한다. 다음 그림 8은 두 블라인드 적응 수신기의 BER을 나타낸 것이다. 이 결과 제안된 수신기가 기존 방법 보다 조금 나

은 곡선을 가짐을 나타낸다.

2. 다중 경로 하에서 모의 실험 결과

1) IDR이 0(dB)인 경우

그림 9는 다중 경로 하에서 블라인드 수신기의 성능을 비교한 것이다. 제안된 수신기인 DD-LMS는 평균적으로 양의 신호 대 간섭비 값을 가진다. 반면에 LCCMA는 음의 신호 대 간섭비 값을 가진다. 이때 각 블라인드 적응 수신기의 μ 값은 DD-LMS의 경우는 $5 \cdot 10^{-4}$ 이고 LCCMA는 $1 \cdot 10^{-5}$ 이다. 기존 수신기는 다중 경로 하에서는 수신기의 성능이 저하됨을 나타낸다. 반면에 제안된 블라인드 수신기인 DD-LMS는 원하는 사용자의 신호를 잘 검출한다. 그림 10에서는 BER의 곡선을 나타낸 것이다. 약 4[dB]를 기준으로 그 값 이하에서는 기존의 수신기가 좀더 나은 성능을 가지고, 그 이후의 값에서는 제안된 수신기가 기존의 수신기에 비하여 상당히 큰 성능을 가짐을 알 수 있다.

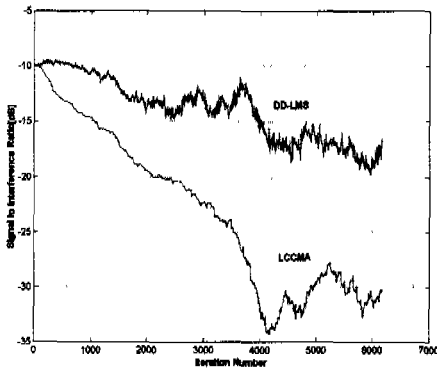


그림 7. 블라인드 적응 수신기의 SIR 곡선(IDR=10[dB]).

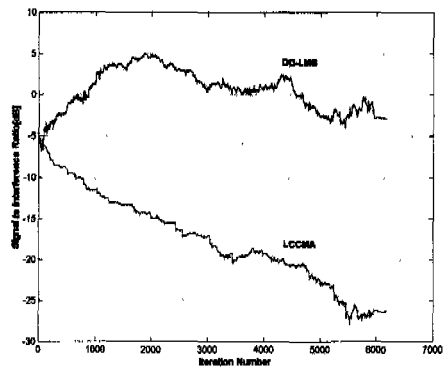


그림 9. 블라인드 적응 수신기의 SIR 곡선(IDR=0[dB]).

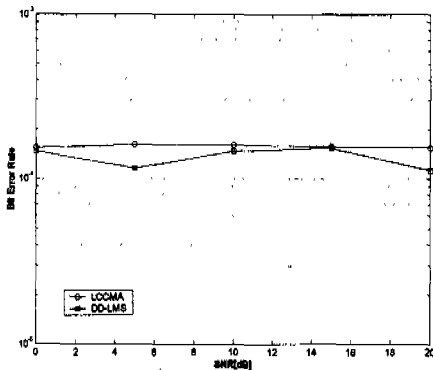


그림 8. 블라인드 적응 수신기의 BER 곡선(IDR=10[dB]).

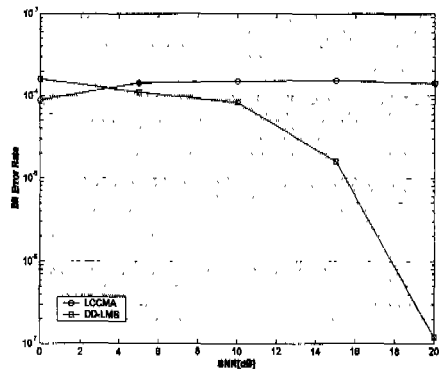


그림 10. 블라인드 적응 수신기의 BER 곡선(IDR=0[dB]).

2) IDR이 10(dB)인 경우

아래 모의 실험 결과는 간섭 사용자의 전력이 검출하고자 하는 사용자의 전력보다 10[dB] 큰 경우와 다중 경로가 존재할 경우, 수신기의 성능을 비교한 것이다. 그림 11에서는 기존 수신기인 LCCMA는 상당히 저하됨을 알 수 있다. 반면 제안된 DD-LMS는 비교적 안정된 수렴 곡선을 가진다. 그림 12는 SNR을 변화시키면서 BER 곡선을 그린 것이다. 기존 수신기는 다중 경로와 간섭 성분에 의해 상당한 성능이 저하됨을 나타내고, 제안된 방법은 기존 수신기보다 더 나은 BER 곡선 값을 가짐을 나타낸다.

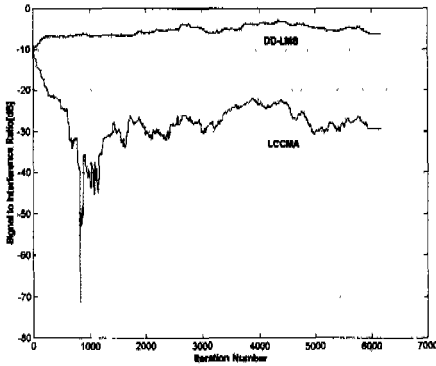


그림 11. 블라인드 적응 수신기의 SIR 곡선 (IDR=10[dB]).

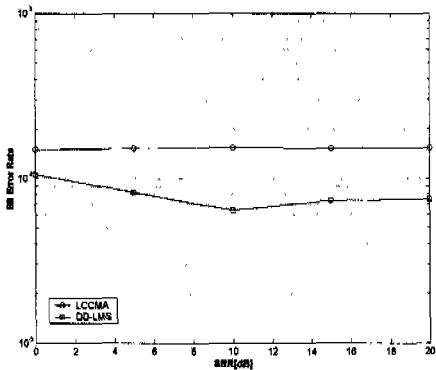


그림 12. 블라인드 적응 수신기의 BER 곡선 (IDR=0[dB]).

VI. 결론

본 논문에서는 DS-CDMA 시스템에서 다중 접속에 발생하는 문제를 해결하기 위해 구조가 간단한

블라인드 수신기를 제안하였다. 제안된 수신기의 성능을 비교하기 위하여 신호 대 간섭비 (signal to interference ratio, SIR) 와 비트 오차율 (bit error rate, BER)을 모의 실험을 통하여 살펴보았다. 모의 실험 결과를 살펴보면 다음과 같다. 다양한 모의 실험 환경을 조성하였다. 첫 번째로 모든 사용자의 전력이 동일하고 가우시안 환경만 존재할 때 수신기의 성능을 비교하였다. 이런 환경 하에서 수신기는 1500 반복 횟수 이후에서는 기존 수신기인 LCCMA보다 제안된 수신기인 블라인드 DD-LMS가 매우 안정된 신호 대 간섭비의 값을 가지는 것을 알 수 있었다. 정상 상태에서는 평균적으로 제안된 수신기가 신호 대 간섭비 측면에서 보면 약 6[dB]정도 이득이 있음을 알 수 있다. 그리고 SNR을 변화시키면서 BER을 측정하였다. 만약 BER을 $6 \cdot 10^{-4}$ 으로 고정시키면 제안된 블라인드 DD-LMS 수신기가 기존 수신기보다 약 3[dB] 이득이 있음을 알 수 있었다. 두 번째 시나리오는 가우시안 환경 하에서 간섭 사용자의 전력을 검출하고자 하는 사용자의 전력보다 더욱 크게 설정하여 두 수신기의 성능을 비교하였다. 간섭 사용자의 전력이 큰 경우에 기존 수신기인 LCCMA는 상당히 성능이 저하됨을 알 수 있다. 그러나 제안된 수신기는 덜 영향을 받음을 결과로부터 알 수 있다. 다른 하나의 시나리오는 동일한 사용자 전력, 다중 경로 채널이 존재할 때 각 수신기의 성능을 비교한 것이다. 기존 수신기는 다중 경로 채널에 의해서도 성능이 저하됨을 알 수 있었다. 다중 경로로 인하여 올바른 정보 데이터를 전송할 수 없음을 의미하는 것이다. 반면에 DD-LMS는 평균적으로 약 2[dB] 이상의 신호 대 간섭비의 값을 가짐을 알 수 있었다. BER 실험 결과 더욱 명확히 그 성능의 차이를 보여 주고 있다. 마지막으로 다중 경로 하에서 간섭 사용자의 전력이 큰 경우, 즉 상당히 열악한 상황하에서의 블라인드 수신기들의 성능이 비교되어졌다. 두 수신기 모두 음의 신호 대 간섭비 영역에서 수렴함을 알 수 있다. BER 모의 실험 결과 제안된 방법이 기존 방법보다 더 나은 성능을 보여주고 있다. 따라서, 모의 실험결과 제안된 방법이 기존 수신기의 방법보다 더 나은 방법을 가지고 있음을 알 수 있다. 더 나아가 인접 셀로부터 발생하는 간섭 성분과 더 많은 사용자 환경 하에서도 연구가 이루어져야겠다.

참 고 문 헌

[1] S. Verdu, *Multiuser Detection*, in *Advances in Statistical Signal Processing*, vol.2, JAI Press Inc., pp.369-409.1993.

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

[3] P.Rapajic and B. Vucetic, "Adaptive Receiver Structures for Asynchronous CDMA Systems," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol.12, no.4, May 1994

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

[5] U. Madhow, M. L. Honig, "MMSE interference suppression for direct-sequence spread spectrum CDMA," *IEEE Trans. Commun.*, vol.COM-42, no.12, pp.3178-3188, December 1994.

[6] N. Zecevic, J.H.Reed, "Blind Adaptation Algorithms for Direct-Sequence Spread Spectrum CDMA Single-User Detection," *Proc. IEEE 47th VTC*, pp.2133-2137, 1997.

[7] Nitt R. Mangalvedhe, *Development and Analysis for Adaptive Interference Rejection Techniques for Direct Sequence Code Division Multiple Access Systems*, Ph.D. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1999.

[8] M. J. Rude, L. J. Griffiths, "Incorporation of Linear Constratious into the Constant Modulus Algorithm," *IEEE Proceedings of the Int. Conf. on ASSP*, pp.968-971, 1989.

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

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

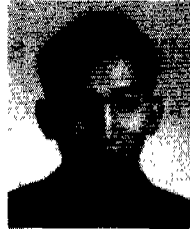
[11] H. V. Poor and X. Wang, "Code aided interference suppression for DS/CDMA communications: Part I and II", *IEEE Trans.*

Commun., pp. 1101-1122, September 1997.

[12] 우대호, 윤태성, 변윤식, "DS-CDMA 시스템을 위한 블라인드 적응 간섭 억제에 관한 연구," *한국통신학회지*, Vol. 24, No. 10B, 10 1999.

우 대 호(Dae-Ho Woo)

정희원



1997년 2월 : 청주대학교
전자공학과 졸업
1999년 2월 : 인천대학교
전자공학과 석사
1999년 3월~현재 : 인천대학교
전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 간섭 제거 기술, 통신 신호 처리

변 윤 식(Youn-Shik Byun)

정희원



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
<주관심 분야> 신호 처리 및 그 응용, 디지털 통신