DBpia

IMT-2000시스템에서의 병렬간섭제거기에 관한 연구

정회원 안 정 근*, 진 용 옥**

Parallel Interference Canceller for IMT-2000

Jeong-Keun Ahn*, Yong-Ohk Chin** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 차세대 무선 이동통신 기술로 제안된 IMT-2000 시스템에 적용할 수 있는 새로운 알고리즘의 병렬간섭제거기를 제안하였다. 제안된 방법은 기존 IS-95방식과 달리 다중 데이터율에 적용할 수 있는 알고리즘을 이용하며 이로써 CDMA시스템에서의 성능저하 및 채널 용량의 제한을 가져오는 MAI(Multiple Access Interference)를 제거할 수 있도록 하였다. 제안된 방법의 성능평가를 위하여 사용자 수 증가에 따른 BER, 단수(stage) 증가에 따른 BER등의 방법을 사용하였다. 다양한 모의실험 환경을 통해서 본 연구에서 제안된 알고리즘이 기존에 제안된 여러 간섭제거기에 비해 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

ABSTRACT

A study on architecture of parallel interference canceller which can be applied for reverse link of IMT-2000 is performed on this paper. It is well known that performance of CDMA systems is limited by multiple access interference(MAI). The proposed system is evaluated by simulation result nuder various conditions. As a result performance enhancement is achieved compared to existing conventional interference canceller. Although the amount of calculation is increased, we can find that the performance is improved generally. Hereafter this method can be applied for improvement of performance and capacity of IMT-2000

Ⅰ. 서 론

차세대 무선 이동통신 기술로 제안된 있는 IMT-2000 시스템은 CDMA방식을 기반으로 하여 음성 이외에도 인터넷, 동영상과 같은 멀티미디어 데이터 서비스를 지원할 수 있는 능력을 요구하고 있으며 가입자의 요구에 따라 최저 수 kbps부터 최대 2Mbps까지의 고속데이터 통신서비스를 지원할 수 있도록 연구되고 있다. 이러한 IMT-2000 환경 하에서 CDMA 방식의 고속데이터 통신을 수행함에 있어 시스템 전반의 성능 및 채널용량을 제한하는 가장 큰 요소들 중의 하나가 바로 MAI (Multiple Access Interference)이다. MAI의 증가는 낮은 비트 에러율을 요구하는 고속멀티미디어 통신의 성능을 저하시키게 되는데 특히 역방향채널에서 특정 사용자의 신호출력이 과도하게 크거나 약할 때 MAI에 의한 신호품질의 저하는 더욱 확대된다. 따라서 적절한 방법을 통해 MAI를 억제하거나 제거 할 경우 셀 내의 가입자 수용용량 및 최대 전송속도를 크게 개선할 수 있다. MAI는 확산코드의 불완전한 직교성에 기인하기 때문에 송신측에서 MAI의 발생을 원천적으로 억제할 수 있는 방법은 가장 우수한 직교성을 갖는 코드를 선택하는 방법이외에는 없다. 이러한 이유로 CDMA 방식을 위한 다양한 직교 코드가 제안되었다. 수신측의 경우 기존의 단일 사용자 검출기는 다른 사용자에 의한 영향을 무시하기 때문에 단일 사용자 검출기 또는 기존의 정합 필터 구조로는 사용자간 간섭을 제거할 수 없다. 이에 대

* 김포대학 정보통신과
** 경희대학교 정보통신대학원
논문번호: T01008-0326, 접수일자: 2001년 3월 26일
※ 이 논문은 2001학년도 김포대학의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

www.dbpia.co.kr

한 대안으로 여러 가지 다중 사용자 검출기에 대한 연구가 진행되고 있다.

가장 기본적인 형태는 ML(Maximum Lilelihood) 검출기와 같은 최적 다중 사용자 검출기로 데이터를 판정하기 전에 미리 사용자 구분 코드간의 상관성을 없애주는 알고리즘을 이용한다. 이 선형 다중 사용자 검출기의 경우 간섭제거 성능은 매우 뛰어난 반면 구조가 매우 복잡하고 계산량이 많아 실제 시스템에의 적용이 어렵다. ML 검출기의 경우 계산량이 2^{LM}(L:데이터 길이 M: 사용자수)의 형태로 증가하기 때문에 IMT-2000 과 같은 고속 데이터 전송에는 부적합하다.

이에 비해 준최적 다중 사용자 검출기는 각 사용자의 수신신호에서 다른 사용자의 간섭신호를 제거하는 방법으로 최적 방식에 비해 MAI 제거능력은 약간 떨어지나 계산량이 적어 처리 속도가 빠르고 구조가 간단하다는 장점을 가지고 있어 최근 활발한 연구가 진행되고 있으며 있다. 그림 1은 다중 사용자 검출기를 최적, 준최적의 방법에 따라 분류한 것이다.

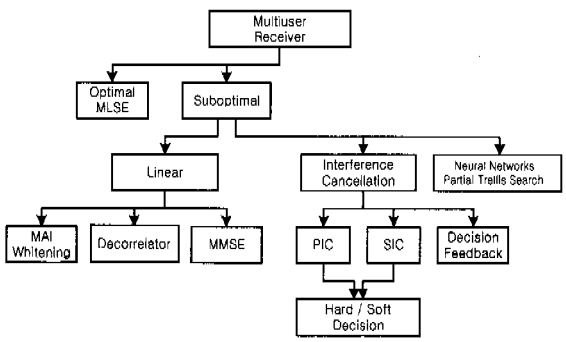

그림 1. 다중 사용자 검출기 구분

많은 다중 사용자 검출기 대부분이 IS-95기반으로 되어 있어 IMT-2000 시스템에 적절치 못하다. 따라서 본 논문에서는 IMT-2000 시스템의 표준안으로 제안된 3GPP(Third Generation Partnership Project) 시스템을 기반으로 하는 역방향채널 서비스에 적합한 다중 데이터율 적응 병렬간섭 제거기를 제안하고 시뮬레이션을 통해 그 성능을 분석한다.

Ⅱ. 시스템 모델

AWGN 채널하에서 BPSK 변조방식을 갖는 동기식 DS/CDMA 시스템을 가정하면 수신기에서 수신된 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r(t) = \sum_{m=1}^{M} s_m(t) + z(t) = \sum_{m=1}^{M} \sqrt{P_m} b_m(t) PN_m(t) + z(t) \quad (1)$$

$$PN_m(t) = \sum_{k=1}^{n} c_{mk} p(t - kT_c) \quad (2)$$

여기서 첨자 m은 m번째 사용자를 나타낸다.

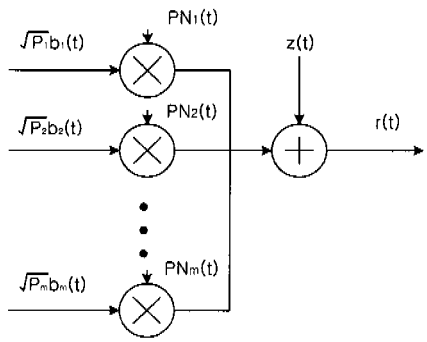

그림 2. 수신신호 모델

P_m 은 수신된 각 신호의 전력이고 전송하고자 하는 데이터 신호

$$b_m(t) = \sum_{d=-\infty}^{\infty} a_m^{(d)} p(t - dT_b) \quad (3)$$

로 나타낼 수 있으며 c_{mk} 는 ±1로 표현되는 random 이진 시퀀스 이다. $p(t)$는 단위 전력 펄스(chip) 이며 그 이외의 문자는 다음을 나타낸다. M은 전체 사용자 수, η 는 확산 이득, T_b는 비트주기, T_c는 chip주기 z(t)는 가산성 백색잡음을 나타낸다.

수신된 신호는 역확산(despreading)과정을 거쳐 정합필터를 통과하게 되는데 이때 m번째 사용자 신호가 정합필터를 통과한 후 출력되는 신호는 다음과 같이 표현된다.

$$y_m^{(d)} = \frac{1}{\sqrt{T_b}} \int_{(d-1)T_b}^{dT_b} r(t)\, c_m(t)\, dt = \sqrt{E_{bm}}\, a_m^{(d)} + \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq m}}^{M} \sqrt{E_{bn}}\, a_n^{(d)} \rho_{nm} + z_m \quad (4)$$

여기서 상호상관은

$$\rho_{mn} = \frac{1}{T_b} \int_0^{T_b} c_m(t)\, c_n(t)\, dt \quad m, n = 1,2, \ldots M \quad (5)$$

www.dbpia.co.kr

으로 나타낼수 있다.

기존 단일 사용자 수신기의 데이터 a_m의 추정값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\widehat{a_m} = sgn\{Re\{y_m\}\} \quad (6)$$

$$Y_m = Re\{y_m\} \quad (7)$$

Ⅲ. 제안모델

3.1 모델접근 방법

새로 제안하려는 시스템은 IMT-2000 을 기반으로 하는 다중 사용자 검출기이다. 따라서 이 시스템은 기존의 IS-95 시스템과는 달리 저속의 음성 데이터부터 고속의 멀티미디어 데이터까지 다양한 전송율을 지원할 수 있어야 한다. 그 이외에도 기존 검출기의 성능 개선을 위해 필요한 몇 가지 사항들을 나열해보기로 한다.

첫째, 다양한 채널 환경에 대한 고려가 필요하다. 역방향 채널은 이동국에서 개별적으로 송신하는 신호를 기지국 측에서 수신하는 것으로 각각의 채널 신호들은 서로 다른 경로를 통해 기지국에 도착하게 된다. 그러나 기존의 Partial PIC(Parallel Interference Canceller)의 경우 각 사용자별로 가중치를 부여하는 것이 아니라 시스템 전체에 동일한 가중치 P_k를 할당하기 때문에 이러한 다양한 채널 환경이 고려될 수 없다. 따라서 적응 알고리즘을 도입하여 더 정확하게 각 채널별 가중치를 계산해내는 것이 필요하다.

둘째, 전송속도별 처리에 의한 성능 개선의 필요성이다. 기존의 PIC 모델의 경우 모든 수신신호의 데이터율은 모두 동일한 것으로 간주하였다. 그러나 IMT- 2000 시스템에서는 사용자의 대역폭 요구에 따라 몇 개의 클래스로 구분된 특정한 전송속도를 할당받게 된다. 따라서 PIC에서의 처리에 있어서도 채널을 전송속도별로 구분하여 처리함으로써 확산 및 역확산 과정에서의 데이터 처리, 클래스별 특성의 반영을 용이하게 할 수 있다.

셋째, 채널의 시변성에 대한 반영의 필요성이 있다. 채널 환경은 시간에 따라 변화하므로 본 모델에서는 정해진 범위내에서의 채널 환경 변화를 수용할 수 있도록 하여 이로 인한 에러의 발생을 최소화 한다.

넷째, 적응 알고리즘 성능 개선을 생각할 수 있다. 특히 전력제어가 완벽하지 못할 경우 SIC에서는 신뢰도가 높은 고전력 신호부터 MAI를 제거하는 점과 현재 다중 사용자 검출기에서 적응 알고리즘의 초기값 설정을 임의로 하는 점에 대해 개선의 여지가 있다.

3.1.1. 적응 알고리즘의 도입

이미 여러 논문에서 일반적인 PIC보다 다단 PIC가 더 우수한 성능을 보인다는 것과 그 중에서도 partial PIC가 특히 더 우수하다는 것이 입증되었다.[3] 이러한 우수성은 partial PIC에서 가중인자(Weighting factor)의 선택에 크게 의존한다는 것도 알려져 있다. 적응 알고리즘을 도입함으로써 가중인자를 채널별로 다르게 적용할 수 있어 오차를 최소화 할 수 있다.

모든 사용자의 전력레벨이 기지국의 수신기에 알려져 있다고 가정하고, 최적의 cost function은 수신신호 r(t)와 모든 사용자들의 신호에 대한 추정치의 가중합 간의 squared euclidean distance 로 정의한다고 하면,

$$\varepsilon = \int_0^{T_b} |r(t) - \sum_{m=1}^{M} p_m \sqrt{P_m}\, \widehat{a_m} c_m(t)|^2 \quad (8)$$

여기서 p_m 는 m번째 사용자에 대한 가중치이다. $\widehat{a_m}$는 a_m에 대한 추정치이다. ε 를 최소화 하기 위해서는, 잡음이 없는 경우 최적의 가중치는 $p_m = a_m / \widehat{a_m}$이고 -1 또는 1이 되는데 이는 $\widehat{a_m}$의 판단 결과에 따라 좌우된다. 최적의 가중치를 부여한 경우 모든 추정신호의 가중합은 정확히 수신신호가 되므로 ε 는 0이 된다. 최적 가중치에 대한 탐색을 하기 전에 p_i=1로 고정시키고 탐색을 한다. 일반적으로 사용되는 적응 알고리즘중 그 복잡도에 있어 상당한 장점을 가지고 있는 LMS알고리즘을 이용하는 것이 적합하다.

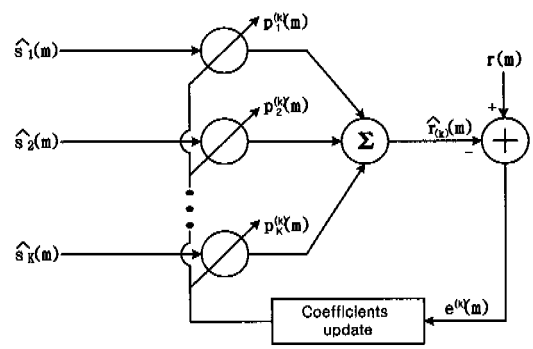

그림 3. 적응알고리즘을 이용한 PIC

www.dbpia.co.kr

3.1.2. 전송속도에 따른 채널 구별

기존의 PIC 모델의 경우 모든 수신신호의 전송율은 모두 동일한 것으로 간주하였으나 IMT-2000 시스템에서는 사용자의 대역폭 요구에 따라 몇 개의 sub-class로 구분된 특정한 전송속도를 할당받게 된다. 따라서 PIC에서의 처리에 있어서도 채널을 전송속도별로 구분하여 처리하고, 확산 및 역확산을 통해서 데이터 처리, sub-class의 특성을 고려할 수 있다.

BPSK방식의 DS/CDMA시스템에서 I 개의 서로 다른 전송률을 갖는 상향채널이 있다고 가정하면 수신신호는 식(1)에 나타낸 식에 전송속도에 대한 항을 부가하여 나타낼 수 있다. 전송속도에 따라 sub class를 구성하고 각각의 sub-class를 i로 나타내면 수신신호는 다음과 같다.

$$r(t) = z(t) + \sum_{i=1}^{I}\sum_{m=1}^{M_i} s_{im}(t-\tau_{im}) \qquad (9)$$

3.1.3. 시변(time-varying)채널 고려

적응 알고리즘을 도입할 경우 시변 채널을 고려한 환경에서도 우수한 적응성을 가질 수 있으며, 다단 PIC에 적응 알고리즘을 이용하는 개념이 그림 4에 의해 설명된다.

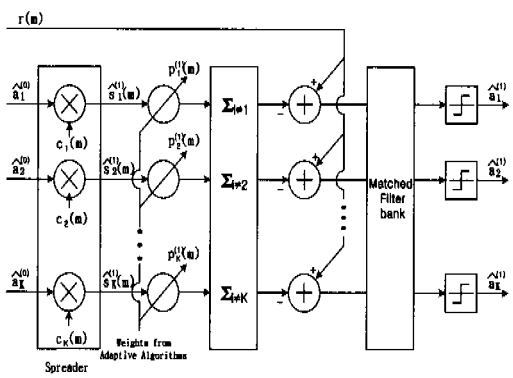

그림 4. 1단 적응 PIC

3.2 시스템 구조 및 특징

제안모델은 전송속도별로 개별적인 sub-class를 구성하였고 이 sub-class를 사용자별 채널로 분류하였다. 채널별 가중치 부여방안에 있어서는 부분병렬 간섭제거방식의 개념을 도입하여 1단에서 MAI 추정치가 완전히 제거되지 않도록 하였다. 이에 가중인자(weighting factor)는 다음의 방법을 통해 구성하였다.

$$s_{iM}^{(k)} = p_i^{(k)}[\,Y_1 - \hat{I}_{iM}^{(k)}] + [1-p_i^{(k)}]\ \hat{s}_{iM}^{(k-1)} \qquad (10)$$

여기서 I와 M, k는 각각 전송속도에 따른 sub-class와 각 sub-class에서의 채널, 다단 구조에서 단의 순서를 의미하고 p_i 는 가중인자, Y는 수신신호의 출력, $\hat{I}$ 는 자신을 제외한 다른 사용자의 신호의 합 즉, 추정된 간섭을 나타낸다. 아울러 시변성을 반영하기 위해 적응 알고리즘을 이용하여 가중인자 값을 일정기간마다 수정하도록 하였다.

$$p_i^{(k)}(m+1) = p_i^{(k)}(m) + \frac{\mu}{\| s_i^{(k)}(m) \|}[\hat{s}_i^{(k)}(m)]e^{(k)}(m) \qquad (11)$$

여기서 사용되어진 적응알고리즘은 LMS 알고리즘을 사용하였으며, μ 는 step size를, $s_i^{(k)}$는 k번째 단의 i번째 sub-class에 대한 LMS 입력벡터를 나타낸다. e는 수신신호 r(t)와 전체 사용자 신호 추정치의 가중합간의 차이에 대한 제곱의 평균값이다.

3.2.1 제안 시스템 개념도

그림 5.는 제안 시스템의 개념도를 나타낸 것으로 육면체의 모서리를 중심으로 한 세 축을 각각 stage, 시간, 전송속도 및 채널로 놓았다. 아래방향으로 4칸이 있는 것은 4단을 나타내며 가로방향의 전송속도 및 채널에서 빗금 친 부분은 각각의 속도별 채널을 나타낸다. 검은 점으로 표시된 곳은 제안된 시스템의sub-class 별로 weighting factor를 갱신하는

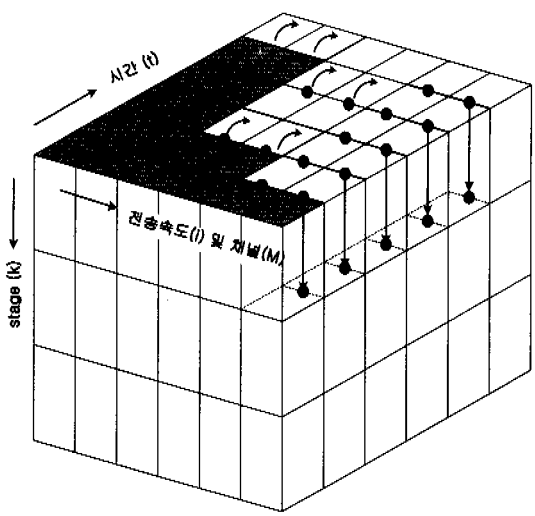

그림 5. 제안 시스템의 개념도

www.dbpia.co.kr

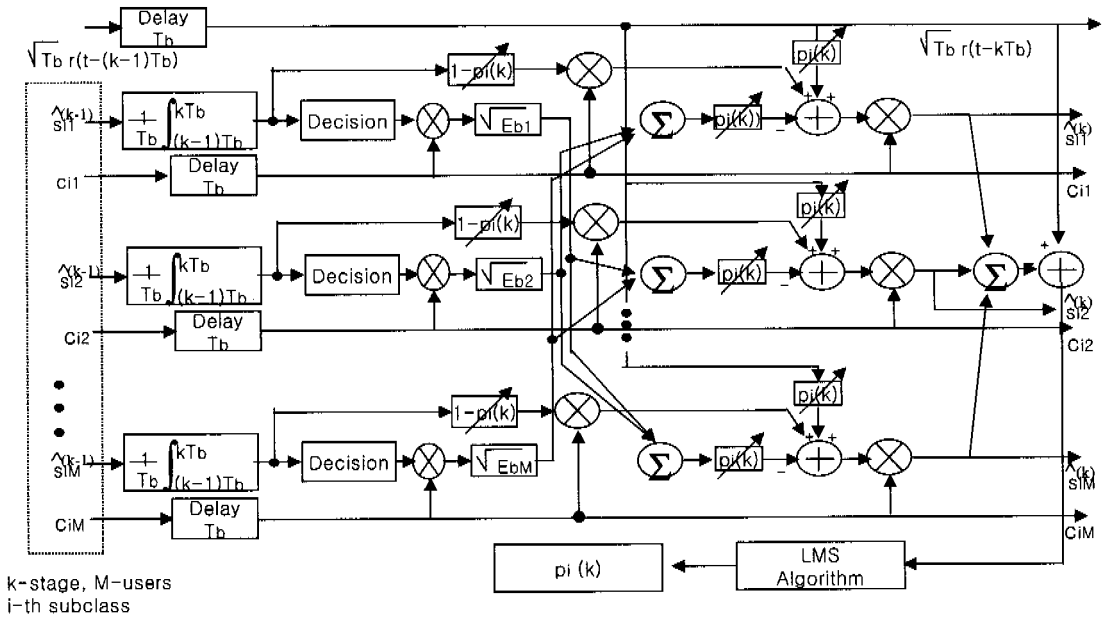

그림 6. 제안 모델 (k 번째 단, i 번째 sub-class)

지점을 나타내며 화살표는 저속 또는 중속채널에서 weighting factor의 갱신 없이 이전 weighting factor를 이용하는 경우를 나타낸다. 검은 점이 이동하는 모습은 multistage 구조에서 다음 단으로 이동하는 것을 나타낸 것이다. 이것은 각 sub-class 마다 전송속도의 차이로 인해 T_b 값이 다르기 때문에 단일 전송률일 때와는 달리 시간축 상에 놓을 수 없다.

Ⅳ. 모의실험

표 1. 실험 환경

Multiple Access	WCDMA
Chip rate	3.84Mcps
Spreading	UL, Gold code $(2^{25}-1)$
Frame length	10ms
Modulation	BPSK
Spreading factor	128, 32, 16
Data rate (kbps)	30, 120, 240
IC stage	2 or 3 stage
Coefficient Update	LMS

첫 번째 실험은 주어진 SNR에 대해 일반 PIC방법과 제안된 모델의 BER을 비교하는 것으로 그 결과는 그림 7.과 같다.

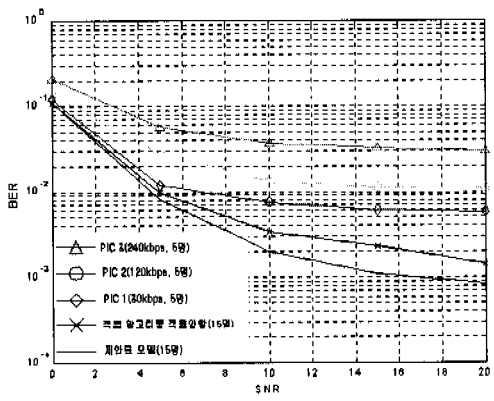

그림 7. 기존 PIC와 제안된 모델 BER비교

이 실험에서는 우선 일반 PIC방법으로 30kbps의 전송율을 갖는 5명의 사용자가 있는 경우와 일반 PIC방법으로 5명의 120kbps, 일반 PIC방법으로 5명의 240kbps, 제안된 모델에 대해 각각 5명씩 15명, 적응 알고리즘이 없는 경우 등 5가지에 대해 실험해 보았다. 실험환경은 신호 수신전력이 동일하다고 가정하고 2단의 PIC를 사용하였다. 일반 PIC방

www.dbpia.co.kr

법의 경우 다중전송율을 수용할 수 없으므로 단일 전송율로만 실험하였고, 제안 모델에서 적응 알고리즘을 적용하지 않는 경우 다단 PIC 각단의 weighting factor는 저속, 중속, 고속 모두 P_1=0.4, P_2=0.8을 적용하였다. 적응알고리즘을 사용하지 않으면 weighting factor가 갱신되지 않으며 P_1=0.4, P_2=0.8의 값은 저속, 중속, 고속에서 모두 준최적값을 나타내게 된다.[2] 이 값은 또한 제안모델에서 적응알고리즘을 사용할 때 초기값으로 사용된다. 즉 제안모델에서 적응알고리즘을 사용했을 경우와 사용하지 않았을 때의 성능을 비교하게 된다. 결과를 보면 주어진 SNR 환경에서 제안된 모델은 가장 우수한 성능을 보이고 있다. 더욱이 사용자수 증가에 의해 BER이 크게 증가한다는 점을 감안할 때 15명의 사용자를 대상으로 한 결과이므로 실제 성능은 이보다 뚜렷한 차이가 날 것으로 판단된다. 기존 PIC간의 비교에 있어서 저속데이터를 전송하는 경우일수록 더 우수한 BER성능을 보임을 확인할 수 있다. SNR 10dB를 기준으로 할 때 제안된 방법은 중속의 데이터를 전송하는 일반 PIC에 비해 약 8배 정도의 BER개선 효과가 나타났다.

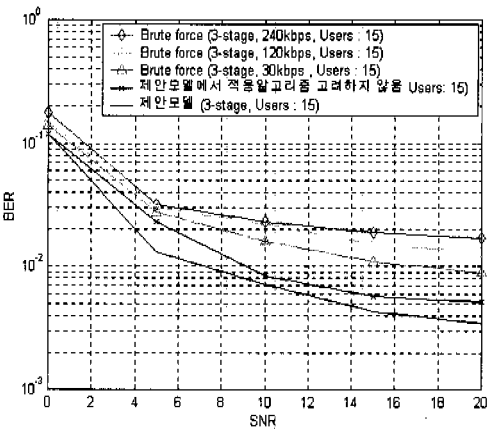

그림 8. Brute force 방법과 제안 모델 비교(3단 PIC)

그림 8은 3단 PIC에 대해 기존의 방법과 제안된 모델을 비교한 것이다. 제안모델은 30kbps 5명, 120kbps 5명, 240kbps 5명등 총 15명에 대해서 실험하였는데, 기존 방법의 경우에는 전반적으로 사용자수가 이전 실험보다 3배 증가하였다. 실험 결과는 이전 실험의 결과(그림 7)과 크게 차이를 보이지 않는다. 3단 처리를 통해 MAI를 더 잘 제거 할 수 있도록 하였으나 이전의 실험에 비해 사용자의 수가 크게 증가하였기 때문에 실제적인 BER 성능의 개선 효과는 크지 않았다.

사용자수 증가에 따른 BER의 변화를 실험한 것이다. 실험은 2 stage 모델에 대해서 3가지 속도를 갖는 Brute force 방식, 3개의 속도를 갖는 부분 PIC 방식, 그리고 제안된 모델을 대상으로 실시했으며 부분 PIC의 경우 weighting factor 는 P_1= 0.4, P_2= 0.8을 적용하였다. S/N은 모두 10dB를 적용하였다. 앞서 살펴본 결과와 같이 전체적으로는 Brute force - 부분 PIC - 제안모델 순의 성능을 나타내었으며 18 user (제안모델은 속도별 각 6 user)인 경우 6×10^{-2} 정도의 최대 차이가 관찰되었다. 한편 동일 BER 기준으로 보면 BER이 8×10^{-2} 일 때 중속 Brute force(120kbps) 와 제안모델은 각각 13 user와 18 user를 나타내고 있어 user수 기준 약 38%의 용량증가를, 부분 PIC(120kbps) 와 제안모델은 각각 16 user와 18 user를 나타내고 있어 약 12.5%의 용량증가를 나타내고 있다. 물론 여기서의 용량증가분은 전송률 측면에서 보면 차이가 생길수 있다. 그 이유는 brute force나 부분 PIC가 단일 전송률만을 나타낼 수 있으므로 실제 제안모델에서 18 user를 구성하는 속도 성분 (6×240kbps, 6×120kbps, 6×30kbps)을 기준으로 한다면 user 수 기준의 결과와는 달라지기 때문이다 (이 예에서는 약 56%).

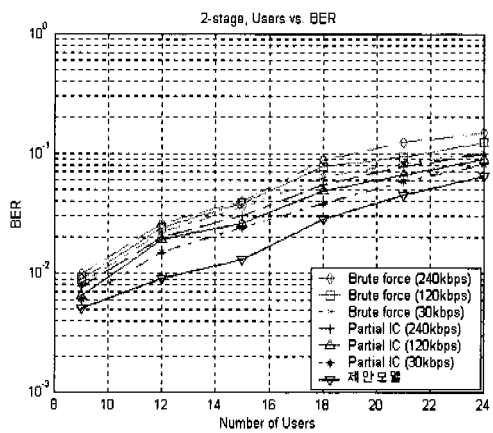

그림 9. 사용자 수 증가에 따른 BER

Ⅵ. 결 론

본 논문에서는 IMT-2000 환경에서 상향 채널에 적용할 수 있는 간섭제거기의 구성에 대하여 연구하였다. 전체적으로는 부분 병렬 간섭 제거기의 구조를 가지나 다음과 같은 요구조건을 충족시키기

www.dbpia.co.kr

위한 새로운 구조를 도입했다.

첫째, 다양한 채널 환경에 대한 고려가 필요하다. 역방향 채널은 이동국에서 개별적으로 송신하는 신호를 기지국 측에서 수신하는 것으로 각각의 채널 신호들은 서로 다른 경로를 통해 기지국에 도착하게 된다. 그러나 기존의 Partial PIC의 경우 각 사용자별로 가중치를 부여하는 것이 아니라 시스템 전체에 동일한 가중치 P_k를 할당하기 때문에 이러한 다양한 채널 환경이 고려될 수 없다. 따라서 적응 알고리즘을 도입하여 더 정확하게 각 채널별 가중치를 계산해내는 것이 필요하다.

둘째, 전송속도별 처리에 의한 성능 개선의 필요성이다. 기존의 PIC 모델의 경우 모든 수신신호의 데이터율은 모두 동일한 것으로 간주하였다. 그러나 IMT-2000 시스템에서는 사용자의 대역폭 요구에 따라 몇 개의 클래스로 구분된 특정한 전송속도를 할당받게 된다. 따라서 PIC에서의 처리에 있어서도 채널을 전송속도별로 구분하여 처리함으로써 확산 및 역확산 과정에서의 데이터 처리, 클래스별 특성의 반영을 용이하게 할 수 있다.

셋째, 채널의 시변성에 대한 반영의 필요성이 있다. 채널 환경은 시간에 따라 변화하므로 본 모델에서는 정해진 범위내에서의 채널 환경 변화를 수용할 수 있도록 하여 이로 인한 에러의 발생을 최소화 한다.

넷째, 적응 알고리즘 성능 개선을 생각할 수 있다. 특히 전력제어가 완벽하지 못할 경우 SIC에서는 신뢰도가 높은 고전력 신호부터 MAI를 제거하는 점과 현재 다중 사용자 검출기에서 적응 알고리즘의 초기값 설정을 임의로 하는 점에 대해 개선의 여지가 있다.

본 논문에서는 이러한 요구조건을 반영하여 기존의 간섭제거기를 다중 전송률을 지원할 수 있도록 전송속도별 클래스 처리가 가능한 구조로 변경하였고 성능 개선을 위해 적응 알고리즘을 도입하였으며 부분 병렬 간섭 제거기의 가중 인자와 적응 알고리즘의 가중 인자를 일치시켰다. 또, 그 초기치로 전력비를 사용함으로써 최종 판단 결과의 신뢰성을 높일 수 있도록 하였다. 다시 정리하면 이 논문에서는 적응 알고리즘을 갖는 다단 부분 병렬 간섭제거기를 제안하였고 이에 대해 여러 가지 환경에서 성능 평가를 위한 모의 실험을 진행하였다. 실험 결과 제안한 간섭제거기는 주어진 실험환경하에서 기존의 brute force방식이나 부분 PIC 방식에 비해 약 12% - 58%까지의 용량증가를 가져왔다. 다만 기존의 부분 병렬 간섭 제거기에 비해 계산량 증가나 지연시간 증가와 같은 단점도 발견되었다.

향후 이 방식은 IMT-2000의 상향 채널의 성능 및 용량 개선에 적용될 수 있을 것이며 이를 위해서는 성능이나 용량 개선, 증가되는 처리시간에 대한 정량적인 분석이 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] G. Xue, J. Weng, "Adaptive Multistage Parallel Interference Cancellation for CDMA", IEEE JNL on Selective Area in Comm. Vol.17 No.10 Oct 1999

[2] D. Divsalar, M. K. Simon, "Improved Parallel Interference Cancellation for CDMA", IEEE Trans. on Comm. Vol.46 No.2 Feb 1998

[3] Matti, Latva-Aho, "Advanced Receivers for Wideband CDMA Systems", Oulu Univ. Library, 1998

[4] M. Juntti, "Multiuser Demodulation for DS-CDMA System in Fading Channels" Oulu Univ. Library, 1998

[5] H. Holma, A. Toskala, "WCDMA for UMTS" John Wiley & Sons LTD, 2000

안 정 근(Jeong-Keun Ahn)

1991년 2월 : 경희대학교 전자공학과 (공학사)

1993년 2월 : 경희대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

1993년 3월~현재 : 경희대학교 대학원 전자공학과 박사과정

현재 : 김포대학 정보통신과 조교수

진 용 옥(Yong-Ohk Chin)

통신학회논문지 1992년 17권 3호 참조

www.dbpia.co.kr