

초기단을 개선시킨 병렬형 간섭 제거기에 관한 분석

학생회원 염순진*, 정회원 정재윤*, 박용완*

Analysis of Parallel Interference Cancellation with the Improved Initial Stage

Sun-Jin Yeom* *Student Member* Jae-yun Jeong*, Yong-Wan Park* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 DS-CDMA 환경의 다중 사용자 검출에서 문제되는 다중 접속 간섭을 제거시켜주기 위해 사용되는 초기단 제거기에 대하여 소개한다. 기존의 간섭 제거 기술 중 병렬형 간섭 제거기는 장치적으로 복잡하고, 순차적 간섭 제거기는 지연 시간이 길다는 단점을 가지고 있다. 이러한 비선형 간섭 제거기의 성능을 보완하기 위해 제안된 간섭 제거기는 병렬형 간섭 제거기의 초기단 성능을 좌우하는 기존 간섭 제거기(conventional detector)에 전체 수신 신호를 입력시키지 않고 병렬형 간섭 제거기에서 사용되는 정렬(sorting) 기법이 적용되어진 신호를 입력함으로써 BER 성능을 향상시키는 것과 동시에 지연 시간이 줄어들고 신호 전력 크기가 큰 사용자에 대해서도 다중 접속 간섭을 제거시켜 준다. 또한 좋은 BER 성능을 얻기 위해 필요한 병렬형 간섭 제거기의 단수를 줄일 수 있는 효과가 있다.

ABSTRACT

In this paper, we introduce a modified interference cancellation scheme to overcome MAI(Multiple Access Interference) in DS-CDMA. Among ICs(Interference Cancellers), PIC(Parallel Interference Canceller) requires the more stages to have the better BER(Bit Error Rate), and SIC(Successive Interference Canceller) faces the problems of power reordering and large delays. To resolve the problems of them, we propose a modified interference cancellation scheme combining SIC and PIC. The proposed interference canceller has improved the performance through the total received signal applied sorting method is fed into the initial stage. Its structure extracts the good characteristics because of the input signal removed MAI in the initial stage. The characteristics of the proposed system are as follows; (1) smaller delay, and the strongest user signal is also reduced to MAI (unlike SIC), (2) it has the good BER performance only using fewer stages (unlike PIC).

I. 서론

전세계 로밍을 목표로 하고 있는 제 3세대 이동통신 사업인 IMT-2000에서는 다중화 방식으로 DS-CDMA 방식이 제안되어지고 있다. 이는 대역 확산 방식을 이용하는 것으로서 사용자들끼리 서로 직교성을 가진 부호를 이용하여 독립적인 신호

호로 만들어 줌으로써 다중화 방식을 구현한다. 그러나, 현실적으로 완벽하게 직교하지 않은 확산 부호를 사용하는 경우가 많아 사용자간에 간섭을 일으켜 시스템 용량이나 BER에 영향을 미치는 다중 접속 간섭 발생이 문제시 되고 있다. 그리고 송신기의 위치에 따라 수신되어지는 신호의 전력크기가 서로 달라짐으로써 문제시 되는 원근거리 문제도 큰 문제점이라 할 수 있다^{[1][2]}.

* 영남대학교 정보통신공학과 이동통신 연구실(ywpark@ynuucc.yeungnam.ac.kr)
논문번호 : 99423-1019, 접수일자 : 1999년 10월 19일

이러한 문제점들을 해결하기 위하여 이동 통신 시스템에 적용되어지는 기술이 전력 제어 기술이다^[3]. 이는 송신기가 수신기와 멀리 떨어져 있을 경우 큰 전력 신호를 사용하고, 거리가 가까울 경우 작은 전력 신호를 사용함으로써 최종적으로 수신기에 도착하였을 때는 거리에 상관없이 거의 유사한 전력 신호로 모든 사용자들의 신호가 처리가 되게끔 하여 다중 접속 간섭 발생을 최소화하는 기술이다. 그러나, CDMA 시스템 특성상 전력 제어 기술만으로는 완벽하게 직교하지 않는 확산 코드로 인해 발생하는 다중 간섭을 완전하게 제거하지 못해 CDMA 시스템의 성능 향상에 한계가 생긴다. 이와 같은 한계를 극복하기 위한 방법으로 최근에 간섭 제거기에 대한 연구가 매우 활발히 진행되고 있다.

기존의 수신기는 사용자 신호의 확산 부호에 맞추어진 정합 필터에 수신 신호를 통과시킨 후 신호 판정을 하게 된다^{[4][5]}. 그러나, 다중 접속 간섭으로 인해 성능이 저하됨으로 이를 개선시킬 목적으로 최적의 간섭 제거기가 제안되었다^{[6][7]}. 그러나, 이 시스템은 Viterbi 알고리즘을 사용함으로써 사용자의 수 K 에 비례하여 시스템의 단수가 2^{K-1} 만큼 요구되어지기 때문에 실제로 구현이 복잡하여 구현 가능한 준최적 간섭 제거기가 제안되었고 크게 선형 간섭 제거기와 비선형 간섭 제거기로 구분된다. 선형 간섭 제거기는 기존의 정합 필터단의 출력에 선형 변환을 적용한 것으로서 기본적으로 동기 시스템을 대상으로 하여 제안되었으며 역상관기 (decorrelating receiver), MMSE(Minimum Mean Squared Error) 수신기가 있다. 역상관기는 사용자 간의 상호 상관 행렬의 역 행렬을 정합 필터단의 출력에 곱해줌으로써 다중 접속 간섭을 줄여주는 선형 방식을 사용한다. 이 수신기는 구현은 간단한데 반해 역행렬을 곱해주는 과정에서 잡음 전력이 증가하는 단점을 가지고 있다^{[1][7]}. MMSE수신기는 역상관기에서 일어나는 잡음 전력 증가라는 문제점을 개선시킨 간섭 제거기이다. 즉, 잡음 요소들 고려한 선형변환을 함으로써 모든 사용자의 신호 크기와 잡음의 분산을 미리 알고 있어야 한다는 단점을 가지고 있다^{[1][7]}. 비선형 간섭 제거기는 수신기의 구조를 개선시켜 성능을 향상시키는 것으로 구조에 따라 병렬 간섭 제거기와 순차적 간섭 제거기로 나뉘어진다. 병렬 간섭 제거기는 정합 필터만을 사용한 초기단의 기존 간섭 제거기에 의해 검출되어지는 출력 신호를 이용하여 자신의 신호를 제외한 나머지 신호를 제거시킴으로써 원하는 사용자의 신호

를 검출한다. 이 방식은 모든 사용자의 신호를 동시에 처리함으로써 그 처리 속도는 빠르나 원하는 성능을 얻기 위해서 다단계구조를 이용하여야 하므로 장치적으로 복잡한 단점을 가지고 있다^[1]. 순차적 간섭 제거기는 정렬 기법을 이용하여 신호 전력의 크기가 가장 큰 사용자의 신호부터 검출하여 전체 신호에서 제거시킨다. 그리고, 두번째의 사용자 신호를 검출하기 위해서 먼저 검출되어진 사용자외 신호를 전체 신호에서 제거시킨 후 그 신호를 입력하여 검출하고 나머지 사용자들에 대해서도 같은 방식을 반복하여 동작함으로써 성능면에서는 뛰어나지만, 지연 시간이 길다는 단점이 있다^{[1][8]}.

본 논문에서는 이런 비선형 간섭 제거기들의 단점을 개선시키기 위해서 병렬형 간섭 제거기의 초기단 성능을 좌우하는 기존 간섭 제거기에 전체 수신 신호를 입력시키지 않고 정렬 기법이 적용되어진 신호를 입력하는 방법을 이용하여 장치적인 복잡도를 줄이고 지연 시간을 최소화시키는 혼합형 간섭 제거기를 제안하였다. I장은 다중화 방식인 CDMA에 대하여 개략적으로 설명하고 간섭 제거기의 필요성과 그 종류에 대하여 언급을 한다. II장은 제안한 혼합형 간섭 제거기에 대한 구조와 동작 원리, 장단점에 대하여 설명을 하며 III장은 동일한 채널 환경내에서 기존의 간섭 제거기와 제안된 간섭 제거기의 성능을 비교함으로써 시스템에 대한 평가를 한다. 그리고, IV장은 제안된 간섭 제거기에 대한 결과에 대하여 논의한다.

II. 제안 시스템

최근에는 다중 간섭 제거를 위해 사용되어지는 비선형 간섭 제거기의 특성을 혼합하여 성능을 향상시키는 혼합형 간섭 제거기가 많이 제안되어지고 있다^{[9][10][11]}. 대표적인 혼합형 간섭 제거기 중 Rasmussen등이 제안한 혼합형 간섭 제거기(group HIC)는 사용자들을 그룹화하여 그룹간에는 순차적 간섭 제거기로 동작을 하고 그룹내에서의 사용자들간에는 병렬형 간섭 제거기로 동작을 시킴으로써 혼합형의 형태를 이룬다^[8]. 즉, 그룹수가 많을수록 신호 검출시 순차적 간섭 제거기의 성격에 가깝게 되어 성능은 좋아진다. 그러나, 사용자들을 그룹화시킬때 신호 전력이 큰 사용자의 신호에 대해서는 신호 전력이 작은 사용자에 의한 다중 간섭을 고려하지 못한다는 단점이 있다. 그리고, Aghvami등이 제안한 향상된 순차적 간섭 제거기(Improved Successive

Canceller)는 사전에 병렬형 간섭 제거기로 동작을 시켜 신호 전력이 큰 사용자들을 검출하여 기억장치에 저장된 입력 신호에서 제거를 시킨 후 동일 사용자들을 다시 검출한 뒤 그 중 일부 사용자들만 실제 입력 신호에서 제거를 시키는 순차적 간섭 제거기 과정을 반복해서 수행하게 되는데 이 과정의 수가 많을수록 성능을 향상시킨다^{[9][11]}. 이 간섭 제거기는 시스템 특성상 병렬형 간섭 제거기의 과정을 반복 수행함으로써 하드웨어적으로 복잡하다는 단점이 있다.

본 논문에서 제안한 간섭 제거기는 신호 전력이 큰 사용자에 대해서도 신호 전력이 작은 사용자들의 신호에 의한 다중 간섭을 제거함으로써 원하는 BER성능을 얻기 위해 필요한 단수를 보다 적게 하여 하드웨어적인 복잡도를 줄이고자 한다. 즉, 병렬형 간섭 제거기의 초반 성능을 좌우하는 기존 간섭 제거기에 순차적 간섭 제거기의 정렬 기법을 적용시켜 성능을 향상시킴으로써 기존의 다단 병렬형 간섭 제거기와 비교할 때 유사한 성능을 가지는 것에 반해 보다 적은 단수를 사용하여 복잡도를 줄여 줄 수 있도록 하였다. 제안된 시스템의 전체 블록도는 그림 (1)에서 나타내었다.

그림 (1)에서 전체 수신 신호 $r(t)$ 는 식 (1)과 같다.

$$r(t) = \sum_{m=1}^K \sum_{l=1}^L \sqrt{2P_m} b_m(t-\tau_m) s_m(t-\tau_m) o_m(t) + n(t) \quad (1)$$

여기서 K 는 총 사용자 수, L 은 다중 경로 수, $\sqrt{2P_m} b_m(t), s_m(t)$ 는 m 번째 사용자의 신호 전력 크기, 데이터열, 확산 코드열을 나타내고 $o_m(t)$ 와 τ_m 는 레일리 페이딩(rayleigh fading)에 의한 신호 크기 감쇄 지수와 시간 지연, $n(t)$ 는 AWGN

(Additive White Gaussian Noise)를 나타내는 변수이다.

먼저 그룹수가 G 라고 할 때 각 그룹에 속해지는 사용자수는 환경에 따라 임의로 정할 수 있다. 그 중 제안된 시스템에서 사용되어지는 순차적 간섭 제거기의 정렬 기법이 보다 효과적으로 적용되어질 수 있도록 사용자 신호 전력의 분포에 따라 각 그룹에 속해지는 사용자수를 정하는 것이 효과적인 방법이다. 예를 들면, 그룹수가 2개이고 총사용자가 10명으로 구성된 환경에서 신호전력이 비교적 큰 사용자가 7명일 경우 첫번째 그룹은 7명으로 구성하고 두번째 그룹은 3명으로 구성함으로써 좀 더 효과적으로 시스템을 구성할 수 있다. 그러나, 본 논문에서는 수식 전개를 위해서 $U(K/G)$ 명의 동일한 수의 사용자가 검출된다고 가정을 한다.

첫 번째 단계로 입력신호 $r(t)$ 는 정렬하는 단계를 거쳐 신호 전력이 가장 큰 사용자들 U 명으로 구성이 되는 첫 번째 그룹에 대하여 검출(mapping) 하는 과정을 거친다. 이 때 정합 필터단의 출력신호는 식(2)와 같다.

$$\hat{z}_{1,u} = \frac{1}{T} \sum_{\tau_{1,u}}^{\tau_{1,u}+T} \int_{\tau_{1,u}}^{\tau_{1,u}+T} r(t) s_{1,u}(t-\tau_{1,u}) dt \quad (2)$$

$$= \sum_{i=1}^U \sqrt{2P_{1,u}} b_{1,u} o_{1,u,i} + MAI + N_{1,u}(t)$$

여기서 $\hat{z}_{1,u}$ 의 1은 첫 번째 그룹을 나타내고 u 는 그룹을 구성하는 U 명중 특정 사용자를 나타낸다. 그리고, MAI 는 다른 사용자들에 의한 간섭을 나타내며 $N_{1,u}(t)$ 는 검출되어지는 AWGN이다. 출력된 정합필터의 신호를 이용하여 검출하는 단계를 거치게 되면 $f_{1,u} = \text{sgn}[\hat{z}_{1,u}]$ 와 같은 검출값이 남게 된다.

그리고, 두 번째 그룹을 생성시키기 위하여 첫 번째 그룹의 검출값들을 재확산시킨 후 $r(t)$ 에서 제거시킨 신호 $\hat{r}_2(t)$ 를 정렬시켜 신호 전력이 가장 큰 사용자들 K/G 명(U)의 신호를 검출하게 된다. 위의 과정을 g 번째 그룹으로 일반화시키면 입력 신호는 식 (3)과 같다.

$$\hat{r}_g(t) = r(t) - \sum_{i=1}^{g-1} \sum_{j=1}^U f_{j,i} s_{j,i}(t) \quad (3)$$

여기서 g 는 G 개의 그룹중 특정 그룹을 나타낸다. 식(3)의 입력 신호를 사용하여 정합필터를 거친 신호는 식 (4)와 같다.

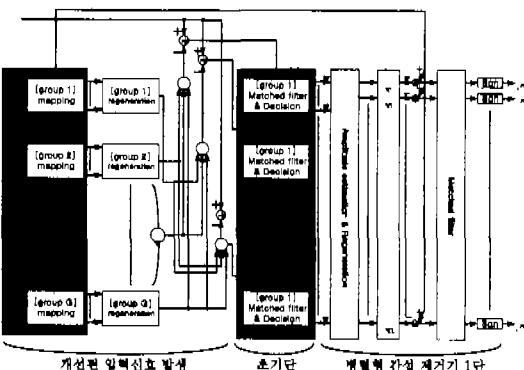


그림 1. 제안된 간섭 제거기의 전체 블록도

$$\hat{z}_{g,u} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^G \int_{\tau_{g,u,i}}^{T+\tau_{g,u,i}} \hat{r}_g(t) s_{g,u}(t-\tau_{g,u,i}) dt \quad (4)$$

$$= \sum_{i=1}^G \sqrt{2P_{g,u}} b_{g,u} o_{g,u,i} + MAI + N_{g,u}(t)$$

출력된 정합 필터의 신호를 이용하여 검출되어진 신호는 식 (5)와 같다.

$$f_{g,u} = \text{sgn}[\hat{z}_{g,u}] \quad (5)$$

위의 수식들과 같이 그룹 G개 생성시 이전 그룹들의 검출 신호를 재확산시켜 r(t)에서 제거한 후 사용자들의 신호 전력 크기를 기준으로 정렬시켜 검출하는 과정을 반복하게 된다^[8]. 이렇게 순차적 간섭 제거기의 정렬 기법을 이용하여 사용자들을 그룹화시킨 후 생성되어진 검출값 f_{g,u}은 초기단을 구성하는 각 그룹의 입력 신호 발생에 사용된다. 즉, 임의의 g번째 그룹에 포함된 사용자들의 신호를 검출하기 위해서 자신의 그룹에 포함된 사용자들을 제외한 나머지 그룹의 사용자 검출 신호를 재확산시킨 후 전체신호 r(t)에서 제거시켜 초기단의 입력 신호를 생성시킨다. 이를 수식으로 표현하면

$$r_g(t) = r(t) - \sum_{j=0}^{g-1} \sum_{i=1}^U f_{j,i} s_{j,i}(t) \quad (6)$$

와 같다.

생성되어진 신호 r₁(t), ..., r_G(t)는 초기단의 입력 신호로 사용되어 식 (7)과 같이 사용자의 확산 부호에 대한 정합 필터를 거치게 되며,

$$\hat{z}_{g,u}^{int} = \frac{1}{T} \int_0^T r_g(t) g_{g,u}(t) dt \quad (7)$$

정합 필터의 출력 신호를 이용하여 검출되어진 신호는 식 (8)과 같다.

$$b_{g,u}^{int} = \text{sgn}[\hat{z}_{g,u}^{int}] \quad (8)$$

위와 같이 초기단은 정렬 기법을 이용한 입력 신호를 사용하여 검출 과정을 수행하기 때문에 기존 간섭 제거기보다 뛰어난 성능을 나타낸다. 그리고, 초반에 향상되어진 검출 신호를 이용하여 병렬형 간섭 제거기의 과정을 수행함으로써, 다단 구조가 요구되어지는 병렬형 간섭 제거기에서 단을 줄여주는 효과를 나타낸다.

다음 단인 병렬형 간섭 제거기 1단은 초기단에서 얻은 판정값 b_{g,u}^{int}를 사용하여 자신을 제외한 모든 다

른 사용자의 신호를 재확산시켜 간섭을 제거한 후 자신의 확산 부호에 대한 정합 필터를 통과한 신호는 식 (9)와 같으며,

$$\hat{z}_k^{pic} = \frac{1}{T} \int_0^T (r(t) - \sum_{\substack{m=0 \\ m \neq k}}^G b_m^{int} s_m(t)) s_k(t) dt \quad (9)$$

정합 필터의 출력 신호를 이용하여 검출되어진 신호는 식 (10)과 같다.

$$b_k^{pic} = \text{sgn}[\hat{z}_k^{pic}] \quad (10)$$

제안된 간섭 제거기의 특성을 요약해보면 다음과 같다. 첫번째로 본 시스템은 그룹 단위로 정렬 및 검출 단계를 거쳐 각각의 그룹에 서로 다른 입력 신호가 들어가는 구조로 동작을 한다. 이런 과정을 거침으로써 신호 전력 크기가 큰 사용자들에 대해서는 다른 사용자의 다중 접속 간섭을 고려하지 못하는 순차적 간섭 제거기의 단점을 극복하였다. 즉, 신호 전력 크기가 큰 그룹의 사용자들에 대해서도 나머지 그룹들의 사용자 신호들을 전체 신호에서 제거시켜 입력 신호로 사용함으로써 다중 사용 간섭을 고려할 수 있다는 것이다. 두번째로 성능이 향상되어진 기존 간섭 제거기의 출력 신호를 사용함으로써 다단구조의 병렬형 간섭 제거기와 비교해볼 때 원하는 성능을 얻기 위해서 필요시 되어지는 단의 개수가 줄어든다는 것이다. 즉, 하드웨어적인 복잡도 측면에서 볼 때 기존의 병렬형 간섭 제거기를 개선시킬 수 있다.

■. 모의 실험

이 장에서는 제안된 간섭 제거기에 대한 모의 실험을 통해 그 성능을 분석한다. 전체 시스템은 사용자들의 전력이 0dB에서 30dB사이의 분포를 가지는 전력 제어가 완벽하지 않은 역방향 링크인 경우의 수신단인 기지국(base station)으로 가정을 하고, 확산 부호는 2⁶⁻¹의 길이를 가지는 PN 코드를 사용하였으며 완벽한 동기 수신기 이루어 진다고 가정하였다. 그리고, 채널 환경은 AWGN(Additive White Gaussian Noise)과 레일리 페이딩(Jake model)을 사용하였고, 파라미터인 반송파 주파수와 이동국의 속도는 각각 1.9GHz, 100km/h으로 가정하였다.

그럼 (2),(3)은 기존 간섭 제거기와 제안된 간섭

제거기의 초기단 그룹수가 2개, 4개일 경우에 대해 비교한 사용자수, E_b/N_0 대 BER 성능에 관한 그래프이다. 여기서 그룹수가 많을수록 기존 간섭 제거기보다 성능이 향상되는 것을 볼 수 있다. 이는 병렬형 간섭 제거기를 적용시켜 다른 그룹에 대한 다중 사용자 간섭이 제거되어진 입력 신호를 각각의 그룹에 적용시킨 결과로서 그룹수가 많으면 많을수록 제거되어지는 신호의 수가 많음으로 인해서 나타나 는 결과라고 할 수 있다.

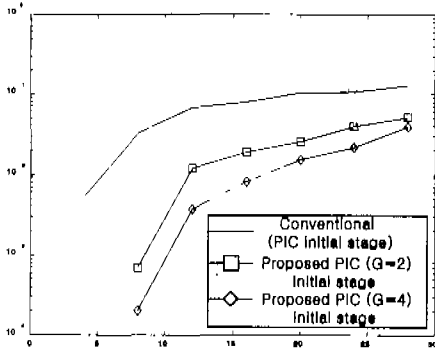


그림 2. 사용자수에 따른 초기단의 BER 성능 비교

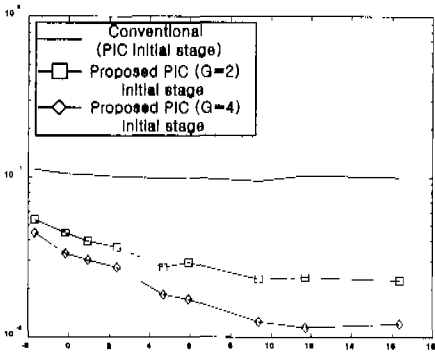


그림 3. E_b/N_0 에 따른 초기단의 BER 성능 비교

그림 (4),(5)는 제안된 간섭 제거기가 그림 (1)과 같이 병렬형 간섭 제거기 1단으로 구성이 되어질 경우에 대해 기존의 비선형 간섭 제거기(순차적 간섭 제거기, 병렬형 간섭 제거기 1,2단)와의 차이점을 분석하고, Rasmussen, Aghvami 등이 제안한 대표적인 혼합형 간섭 제거기인 그룹형 HIC (Hybrid Interference Canceller)^[10], Improved HIC^[9]를 동일한 실험 환경에서 비교를 해 본 사용자수, E_b/N_0 대 BER 성능에 관한 그래프이다. 그리고, 그 결과로부터 대로 간섭 제거기의 평가 척도가 되는 지연시간,

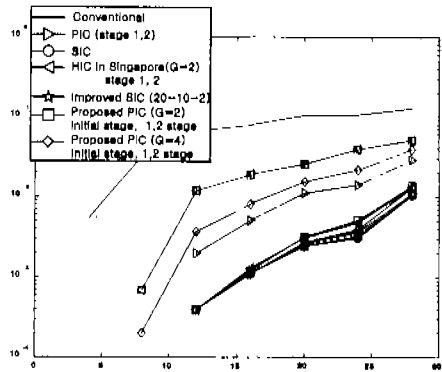


그림 4. 사용자수에 따른 비선형, 혼합형 간섭 제거기와의 BER 성능 비교

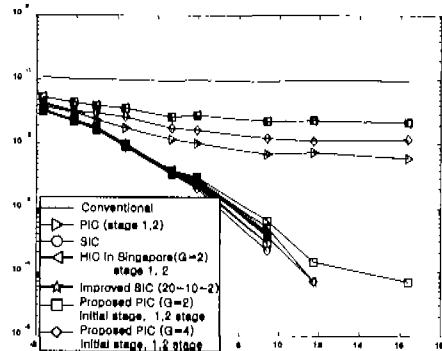


그림 5. E_b/N_0 에 따른 비선형, 혼합형 간섭 제거기와의 BER 성능 비교

복잡도, 성능을 비교해 분석한 것이 표 (1)이다^[9].

그룹수가 4개인 제안된 간섭 제거기의 1단을 순차적 간섭 제거기, 병렬형 간섭 제거기 2단과 비교해 볼 때 BER 성능면에서는 1×10^{-4} 정도의 차이로 유사한 성능을 나타내고 지연 시간면에서는 순차적 간섭 제거기에 비해 14-fewer(bit)가량 줄어들며 하드웨어적인 복잡도를 나타내는 사용자 제거수는 병렬형 간섭 제거기 2단에 비해 약 300개가 감소된다. 제안된 간섭 제거기 1단과 Rasmussen이 제안한 그룹형 간섭 제거기를 비교해 볼 때 전반적인 시스템 성능이 거의 유사함을 알 수 있고 Aghvami가 제안한 향상된 순차적 간섭 제거기(Improved SIC)에 비해서는 전반적으로 성능이 향상됨을 알 수 있다. 그리고, 제안된 간섭 제거기 2단은 병렬형 간섭 제거기의 사용으로 인해 사용자 간섭 제거수가 많아져 다른 간섭 제거기에 비해 하드웨어적으로 복잡한 단점을 가지고 있으나 가장 좋은 BER 성능을 나타낸다.

표 1. 비선형 간섭제거기와 제안된 간섭제거기와의 성능 비교

	SIC	PIC (stage1)	PIC (stage2)	Group HIC [G=2] (stage2)	Improved SIC (20-10-2)
# of cancellation	19	380	760	390	658
Delay time (bits)	20	few(1)	few(2)	4+fewer	10+fewer
BER (6dB입력경우) $[10^{-3}]$	0.4	8.3	0.5	0.8	0.9
	Proposed PIC [group2] (stage 1)	Proposed PIC [group4] (stage 1)	Proposed PIC [group2] (stage 2)	Proposed PIC [group4] (stage 2)	
# of cancellation	410	455	790	835	
Delay time (bits)	4+fewer	6+fewer	5+fewer	7+fewer	
BER (6dB입력경우) $[10^{-3}]$	1.0	0.6	0.2	standard	

* few(1) < few(2)

IV. 결론

본 논문에서는 초기단의 성능을 향상시킨 간섭 제거기에 대해서 논의하였다. 제안된 간섭 제거기는 사용자들의 신호 전력을 기준으로 한 정렬 기법을 이용하여 자신의 그룹에 속해 있지 않은 사용자들의 신호를 전체 수신 신호에서 제거시킨다. 그리고 그 신호를 각 그룹의 입력 신호로 사용함으로써 전체 수신 신호가 입력되는 기존 간섭 제거기보다 뛰어난 성능을 나타내게 된다. 이 시스템은 원하는 BER 성능을 얻기 위해 필요한 하드웨어적인 복잡도면에서 볼 때 초기 성능의 향상으로 인해 비교적 간단하게 구현을 할 수 있다. 지연 시간이 크다는 단점을 지닌 순차적 간섭 제거기와 비교를 해보면, 복잡도면에서 사용자 제거수가 400정도의 증가를 보인 반면 10bit이상의 지연 시간을 단축시킬 수 있다는 장점을 지니고 있으며 장치적으로 복잡하다는 단점을 지닌 병렬형 간섭 제거기와 비교를 해보면, 지연 시간은 다소 증가를 했으나 복잡도를 1/2정도로 감소시켰다.

참고 문헌

[1] S. Moshavi, "Multi-User Detection for DS-CDMA Communications", *IEEE Communication Magazine*, Oct. 1996, pp.124-136

[2] S. G. Glisic, P. A. Leppanen, *Code Division Multiple Access Communications*, Kluwer Academic Publishers, 1995

[3] S. C. Yang, *CDMA RF System Engineering*, Artech House Publishers, 1998, pp.83-85

[4] H. Vincent Poor, S. Verdu, "Single User Detectors for multiuser Channels", *IEEE transaction on Communication*. vol. 36, no. 1, Jan 1988.

[5] M. K. Varanasi, B. Aazhang, "Near-Optimum Detection in Synchronous Code Division multiple-Access System", *IEEE transaction on Communication*, vol. 39, no. 5, May 1991.

[6] R. Lupas, S. Verdu, "Linear Multiuser Detectors for Synchronous Code-Division Multiple-Access Channels", *IEEE Transaction on Information Theory*, Vol. 35, No. 1, Jan. 1989, pp.123-136

[7] S. Verdu, *Multiuser Detection*, CAMBRIDGE University Press, 1998

[8] P. Patel, J. Holtzman, "Analysis of a Simple Successive Interference Cancellation Scheme in a DS/CDMA System", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12, No. 5, June. 1994, pp. 796-807

[9] D. Koulakiotis, A. H. Aghvami, "Evaluation of a DS/CDMA Multiuser Receiver Employing a hybrid Form of Interference Cancellation in Rayleigh-Fading Channels", *IEEE Communications Letters*, Vol. 2, No. 3, March. 1998, pp.61-63

[10] S. Sun, L. K. Rasmussen, H. Sugimoto, T. J. Lim, "A Hybrid Interference Canceller in CDMA", *IEEE fifth International Symposium on Spread Spectrum Technology & Application.*, Vol. 1, Sep. 1998, pp.150-154

[11] D. Koulakiotis, A. H. Aghvami, "Hybrid Interference Cancellation a Multiuser Detection Scheme for W-DS/CDMA Systems", *IEEE Proceedings of the International Conference on Telecommunications*, Vol. 2, June. 1998, pp.52-56

염 순 진(Sun-jin Yeom)

학생회원



1999년 2월 : 영남대학교 전자
공학과 졸업(학사)

1999년 3월~현재 : 영남대학교
정보통신공학과
석사 과정

정 재 윤(Jae-yun Jung)

정회원



1993년 2월 : 영남대학교 전자
공학과 졸업(학사)

1994년 9월~95년 2월 : 일본
미야자키대학 교환연구원

1995년 2월 : 영남대학교 전 자
공학과 졸업 (석사)

1999년 2월 : 영남대학교 전자 공학과 수료 (박사)

1999년 3월~현재 : 경북전문대학 정보통신과 교수

박 용 완(Yong-wan Park)

정회원



1982년 2월 : 경북대학교 전자
공학과 졸업 (학사)

1984년 2월 : 경북대학교 전자
공학과 졸업 (석사)

1989년 2월 : 뉴욕주립대 전자
공학과 졸업 (석사)

1992년 2월 : 뉴욕주립대 전자공학과 졸업 (박사)

1992년 10월~1993년 12월 : 캘리포니아 공과대학
Research Fellow

1994년 1월~1996년 8월 : 한국이동통신 PCS 기술
연구팀장

1996년 9월~현재 : 영남대학교 전자정보공학부 조
교수