

論文2000-37TC-7-1

CDMA시스템에서 지연 시간을 향상시킨 순차적 간섭 제거기에 관한 연구

(A study on the SIC with the improved delay time in
CDMA System)

崔 秉 求 * , 朴 容 完 *

(Byung Goo Choi and Yong Wan Park)

요 약

본 논문에서는 CDMA 시스템에서 다중 사용자 검출을 위해 수신신호를 나누는 개념과 순차적 간섭 제거기를 조합한 새로운 간섭 제거기를 제안한다. 본 간섭 제거기에서 수신신호를 첫 번째 그룹의 입력 신호로 이용하며, m 개의 그룹들을 통과해서 m 개의 그룹 출력 신호들은 만들어진다. e 번째 그룹의 출력 신호를 제외한 모든 그룹의 출력 신호들은 더해져서 수신신호로부터 제거되고 그로부터 얻어지는 신호는 번째 순차적 간섭 제거기의 입력 신호로 이용된다. 컴퓨터 시뮬레이션 및 구조분석을 통해서 향상된 순차적 간섭 제거기가 비트 오류율과 복잡성의 면에서 순차적 간섭 제거기의 성능을 유지시키는 동시에 순차적 간섭 제거기의 지연시간에 대한 단점을 향상시킴을 보여준다.

Abstract

In this paper, we introduce a modified interference cancellation scheme for multiuser detection in CDMA(Code Division Multiple Access). This detector uses SIC(Successive Interference Canceller) scheme and divides the received signals to reduce the delay time. In this proposed structure, the active users are divided into a number of groups. Within each group, parallel detection is performed to estimate the output signal of that group. The estimated output signal due to that group is then subtracted from the received signal and the resulting residual signal is used for the parallel detection of the next group. This parallel and serial cancellation process is repeated until the last group in the stage is completed. The estimated output signals due to all groups except n -th group are MAI for the user signals in n -th group. Therefore, the estimated output signals due to all groups except n -th group are subtracted from the received signal, and then the obtained signal becomes the input signal of n -th SIC. The proposed RDSIC (Reduced Delay time of Successive Interference Canceller) has performance and complexity close to the SIC, but with much less detection delay.

I. 서 론

기존의 FDMA, TDMA 무선접속방식보다 훨씬 많은 용량을 가지고 있는 DS/CDMA(Direct Sequence-Code

Division Multiple Access) 통신방식은 멀티미디어 이동 통신등에 많이 응용되어지고 있다. 그러나 다중사용자 통신 시스템에서 CDMA 시스템의 용량과 비트 오류율은 다중 처리 간섭(Multiple Access Interference: MAI)에 의해서 제한되어지므로 다중 처리 간섭을 감소시키기 위한 방법으로 다중사용자 검출기가 연구 되었다^{[1][2]}.

* 正會員, 嶺南大學校 精報通信工學科
(Dep. of Information and Communication Engineering
Yeungnam University)

接受日字:1999年10月29日, 수정완료일:2000年6月26日

최적의 다중사용자 수신기(optimum multi user receiver)는 사용자수 K 에 비례하여 시스템 구현의 복

잡도가 만큼 증가하여 이 수신기의 복잡도를 극복하기 위해 준 최적의 다중 사용자 수신기(sub-optimal multi user receiver)가 제안되었다^{[3][4]}. 준 최적의 수신기 중 비선형 간섭 제거기는 그 구조에 따라 순차적 간섭 제거기(SIC)와 병렬 간섭 제거기(PIC)로 나뉘어진다^[5-9]. 순차적 간섭 제거기의 경우 모든 사용자 신호를 크기 순으로 나열한 뒤 가장 큰 신호를 검출하고 다시 이 신호를 재 확산시켜 수신 신호에서 제거하며 다시 신호를 크기 순으로 나열하고 큰 신호를 검출하는 과정을 모든 사용자 신호가 다 검출되기까지 반복한다. 이 방식은 좋은 비트 오류 성능을 나타내지만 사용자 수에 비례하여 지연 시간이 증가한다. 병렬 간섭 제거기의 경우는 기존의 수신기를 통해서 검출된 각 신호들을 동시에 재 확산시켜 얻어진 값들 중에서 K명의 사용자 각각에 대해서 자기신호에 해당하는 성분을 제외한 모든 신호를 더해져서 각각 수신신호에서 동시에 제거한다. 이로부터 얻어진 결과 값들은 정합필터(matched filter)를 통하게 되고 각 사용자의 신호는 동시에 검출된다. 이 방식은 병렬로 처리되기 때문에 순차적 간섭 제거기의 단점인 지연 시간을 해결할 수 있으나 좋은 성능을 얻기 위해 병렬 간섭 제거기를 다단으로 사용해야 함으로 인해서 하드웨어적 복잡도가 높아진다.

본 논문에서는 낮은 하드웨어적 복잡도와 좋은 성능의 이점을 가지고 있는 순차적 간섭 제거기의 특성을 그대로 유지하면서 단점인 지연 시간을 줄이기 위해서 수신 신호를 그룹들로 나누고 그룹들의 결과 값들을 각각 수신 신호로부터 제거하며 이로부터 얻어지는 신호들을 각각 순차적 간섭 제거기의 입력 신호로 사용하는 새로운 간섭 제거기 구조를 제안한다. 논문 구성은 II부분에서 채널 모델과 순차적 간섭 제거기의 구조와 장,단점을 설명하고 III부분에서 제안 시스템의 구조와 그 특징을 설명한다. IV와 V부분에서는 제안된 간섭 제거기의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 다른 간섭 제거기와 비교 분석하고 결론을 내린다.

II. 채널 모델과 순차적 간섭 제거기

본 논문에서 K명의 사용자 신호들이 레일리 페이딩 채널에 의해서 영향을 받는다고 가정했을 때 수신된 신호는 식(1)과 같고

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{\lambda=1}^{L_k} \sqrt{2p_k} g_{k,\lambda} u_k(t - \tau_{k,\lambda}) \cos(\omega_c t + \phi_{k,\lambda}) + n(t) \quad (1)$$

여기서 $u_k(t - \tau_{k,\lambda}) = b_k(t - \tau_{k,\lambda}) a_k(t - \tau_{k,\lambda})$ 이다. K는 전체 사용자수, $b_k(t)$ 는 주기가 T인 데이터 비트, $a_k(t)$ 는 의사잡음 부호열이며 p_k 는 k번째 사용자의 전력, L_k 는 k번째 사용자가 겪는 다중 경로의 수를 나타낸다. $g_{k,\lambda}$ 는 k번째 사용자의 λ 번째 경로에 대한 경로 크기이며 $n(t)$ 는 평균이 0이고 $N_0/2$ 의 전력 스펙트럼 밀도를 갖는 가산성 백색 가우시안 잡음(Additive White Gaussian Noise :AWGN)이다.

또한 본 논문에서 사용되는 기본 구조인 순차적 간섭 제거기는 그림 1과 같은 구조를 가진다.

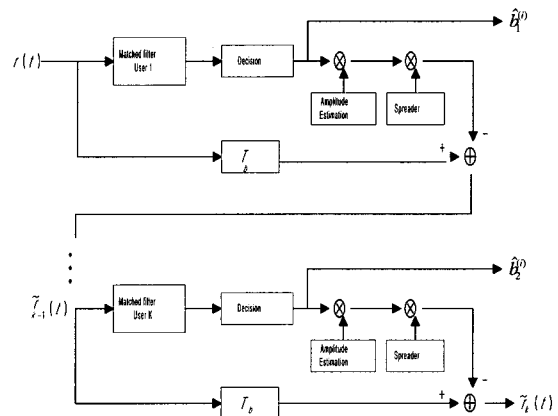


그림 1. 순차적 간섭 제거기

Fig. 1. successive interference canceller.

순차적 간섭 제거기는 수신 신호의 각 사용자 신호의 전력을 큰 순서대로 정렬시킨 뒤 가장 큰 신호를 검출하고 이 신호를 PN 코드로 재 확산시켜 수신 신호로부터 제거하고 그 결과 신호를 다음 신호 검출을 위한 입력 신호로 이용하는 방법인데 모든 사용자의 신호가 검출되기까지 이 과정이 계속되어진다. 이 간섭 제거기는 좋은 비트 오류 성능을 나타내지만 순차적으로 간섭을 제거하는 방법이기 때문에 사용자 수가 K명이면 K번의 반복 즉 K비트 지연이 생긴다^{[6][10]}. 본 논문에서 제안되는 간섭 제거기는 사용자 수에 비례하여 증가하는 지연시간을 줄이기 위해서 수신 신호를 정합

필터, 판정, 재확산을 통해서 그룹으로 나누고 그룹의 결과 값들을 수신신호로부터 제거 시켜서 순차적 간섭 제거기의 입력 신호로 사용하는 방법을 제안한다.

III. 제안 시스템

제안된 간섭 제거기는 순차적 간섭 제거기의 지연시간을 개선시키기 위해서 수신 신호를 그룹으로 나누는 개념을 사용했으며 그 일반적인 구조는 그림 2와 같다.

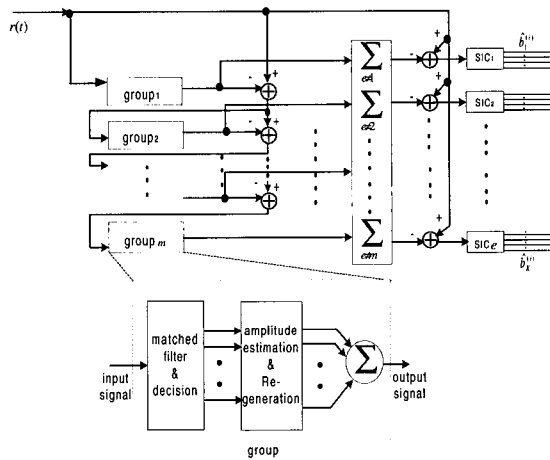


그림 2. 제안한 간섭 제거기의 일반적인 구조
Fig. 2. The general structure of the proposed interference canceller.

신호 전력이 큰 사용자들을 포함하는 그룹1로부터 그룹 m의 순으로 그룹내 처리를 통해 그룹 출력 신호들은 얻어진다. 그룹내 처리는 다음과 같다. 입력 신호는 정합필터 통과 후 판정을 거친 다음 재 확산된다. 수신신호를 첫 번째 그룹의 입력 신호로 이용하며, m개의 그룹들을 통과해서 m개의 그룹 출력 신호들은 만들어지는데 e번째 그룹의 출력 신호를 제외한 모든 그룹의 출력 신호들은 더해져서 수신신호로부터 제거되고 그로부터 얻어지는 결과 신호는 번째 순차적 간섭 제거기의 입력 신호로 이용된다.

본 시스템은 수신신호를 나누는 그룹 수에 따라서 시스템 특성이 달라지는데, 전체 사용자 수를 20으로 하고 그룹내에서 처리하는 사용자 수를 동일하게 두었을 때 그 특성은 표 1과 같다. 하드웨어적 복잡도와 지연시간은 사용자 제거 수와 한 사용자를 제거 시켜주기 위해 요구되는 루프당 추정되는 지연 시간을 1비트라는 것에 기초를 두고 계산되었다^{[6][10]}.

표 1. 그룹 수에 따른 복잡도와 지연 시간
Table. 1. comparison of the complexity and delay time.

RDSIC (# of group)	(g2)	(g3)	(g4)	(g7)	(g10)
# of cancellation	48	70	91	150	208
Delay time	12	10	9	10	12

(Total number of user : 20)

사용자 그룹수가 증가될수록 구조는 점점 복잡해지며 지연 시간은 그룹간에 순차적으로 신호가 제거되므로 표1에서와 같이 그룹수가 증가 한다고 해서 지연 시간이 향상되는 것은 아니며 그룹수가 4일 때 가장 짧은 지연시간을 나타내며, 그룹수가 2일 때 가장 작은 사용자 제거 수를 나타낸다. 본 논문에서 순차적 간섭 제거기의 간단한 구조와 좋은 비트 오류 성능을 유지 하면서 지연 시간을 개선 시키기 위해서 그림 2의 일반적 구조에서 그룹 수를 두 그룹으로 하였으며 이 제안된 시스템 (RDSIC : Reduced Delay time of Successive Interference Canceller) 의 구조를 그림 3으로 나타냈다.

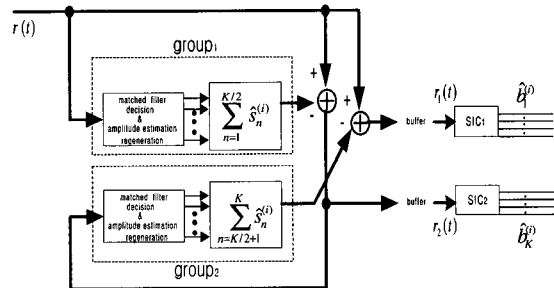


그림 3. 제안한 간섭 제거기 구조
Fig. 3. The structure of proposed interference canceller.

이 검출기는 수신기에서 전체 사용자 신호들을 큰 신호 전력 그룹, 작은 신호 전력 그룹으로 나뉘었으며 전체 사용자 수를 두 그룹으로 나눌 때의 특성은 다음과 같다. 첫째 위,아래 그룹을 통과해서 얻어지는 신호를 이용해서 최종 단의 위쪽 SIC의 입력신호는 만들어지며, 위쪽 그룹을 통과해서 얻어지는 신호만으로 최종 단의 아래쪽 SIC의 입력 신호는 만들어진다. 따라서 각 그룹이 동작하는데 걸리는 시간이 1비트 이므로 사용자 수를 나누는 방법에 상관없이 항상 최종 단에서 위

쪽 부분이 아래쪽 부분 보다 1비트 지연이 더 생기게 된다. 둘째 총 K명의 사용자 중 위쪽 그룹에서 X명의 사용자에게 대해서 처리하고 아래쪽 그룹에서 (K-X)명의 사용자에게 대해서 처리했을 시 X값이 작을수록 순차적 간섭 제거기의 특성에 더욱 근접하게 되어 좋은 비트 오율 성능, 긴 지연시간 특성이 예상된다.

각 그룹에서 처리하는 사용자 수를 정하기 위해서 사용자 수 나누는 방법에 따른 지연 시간을 표 2에서 알아 본다.

표 2. 사용자 수 나누는 방법에 따른 지연시간 비교

Table 2. The comparison of delay time according to divided user number method.

K=짝수		K=홀수	
UG : LG	지연시간	UG : LG	지연시간
K-1:1	K+1	K-1: 1	K+1
:	:	:	:
:	:	:	:
K/2+3:K/2-3	K/2+5	(K+5)/2: (K-5)/2	(K+9)/2
K/2+2:K/2-2	K/2+4	(K+3)/2: (K-3)/2	(K+7)/2
K/2+1:K/2-1	K/2+3	(K+1)/2: (K-1)/2	(K+5)/2
K/2:K/2	K/2+2	(K-1)/2: (K+1)/2	(K+3)/2
K/2-1:K/2+1	K/2+2	(K-1)/2: (K+1)/2	(K+3)/2
K/2-2:K/2+2	K/2+3	(K-3)/2: (K+3)/2	(K+5)/2
K/2-3:K/2+3	K/2+4	(K-5)/2: (K+5)/2	(K+7)/2
:	:	:	:
:	:	:	:
1:K-1	K	1: K-1	K

(UG : upper group, LG : lower group)

전체 사용자를 두 그룹으로 나누는 방법에서 사용자 수가 홀수 일 때 위, 아래 그룹에서 처리하는 사용자수를 (K-1)/2명, (K+1)/2명으로 했을 때와 짝수 일 때 K/2명, K/2명 또는 K/2-1명, K/2+1명으로 했을 때 지연 시간이 가장 짧음을 알 수 있다. 본 논문은 지연 시간 향상에 중점을 두므로 그룹에서 처리하는 사용자수를 위와 같이 하며 사용자 수가 짝수인 경우 비트 오율 성능은 제 IV장 시뮬레이션 부분에서 계산되어진다. 그림3에서 각 그룹에서 처리하는 사용자 수를 K/2명, K/2명으로 놓고, 수식을 간단히 하기 위해 $L_k=1$ 로

둔다. 식(1)에 의해서 기저대역 신호는 다음의 식(2)과 같이 주어진다.

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sqrt{2p_k} g_k u_k(t - \tau_k) + n(t) \quad (2)$$

첫번째 사용자로부터 K번째 사용자의 순으로 신호 전력이 작아진다고 가정했을 때, 식(2)는 그룹1의 입력 신호가 되며 번째 사용자의 k번째 심볼에 대한 정합 필터의 출력은 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} y_k^{(i)} &= \frac{1}{T} \int_{iT+\tau_k}^{(i+1)T+\tau_k} r(t) a_k(t - \tau_k) dt \\ &= \sqrt{2p_k} g_k b_k^{(i)} + F_k^{(i)} + \eta_k^{(i)} \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 $\eta_k^{(i)}$ 는 필터링된 잡음을 나타내고 다중 접속 간섭량은 식(4)와 같으며 h_{kl} 는 부분 상호 상관 값을 나타낸다.

$$F_k^{(i)} = \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^K \sqrt{2p_l} g_l h_{kl} b_l^{(i)} \quad (4)$$

식(3)의 값들은 판정, 재 확산 과정을 거쳐서 모두 더해진 후 수신신호로부터 제거되는데 이를 수식으로 표현하면 식 (5)과 같다.

$$\begin{aligned} r_2(t) &= r(t) - \sum_{n=1}^{K/2} \hat{s}_n^{(i)} \\ &= r(t) - \sum_{n=1}^{K/2} \sqrt{2p_n} g_n \hat{u}_n(t - \tau_n) \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 \hat{u}_n 는 그룹내 검출신호와 의사잡음 부호열을 곱한 값이다. 식(5)에서 수신 신호로부터 제거되는 신호들 중에서 에러를 발생시키는 작은 전력 신호들은 신호 전력이 작기 때문에 $r_2(t)$ 에 큰 영향을 미치지 못하게 된다. 수신 신호로부터 이 그룹(그룹1) 내에 있는 모든 신호 성분들이 제거된 $r_2(t)$ 는 SIC 2의 입력신호가 되는 동시에 그룹 2의 입력 신호가 된다. 그룹 2의 입력 신호를 가지고 정합 필터를 통과 시켜 구해진 출력은 식 (6)와 같다

$$\begin{aligned} y_k^{(i)} &= \frac{1}{T} \int_{iT+\tau_k}^{(i+1)T+\tau_k} r_2(t) a_k(t - \tau_k) dt \\ &= \sqrt{2p_k} g_k b_k^{(i)} + F_k^{(i)} + \eta_k^{(i)} \end{aligned} \quad (6)$$

그룹 1 해당되는 신호 성분들이 제거된 신호를 그룹 2에서 입력 신호로 이용하므로 간섭량이 식(7)과 같이 줄어 들었다.

$$F_k^{(i)} = \sum_{\substack{l=K/2+1 \\ l \neq k}}^K \sqrt{2p_l} g_l h_{kl} b_l^{(i)} \quad (7)$$

식 (6)의 값들은 판정, 재 확산 과정을 거쳐서 모두 더해진 후 수신신호로부터 제거되는데 이를 수식으로 표현하면 식(8)과 같다.

$$r_1(t) = r(t) - \sum_{n=K/2+1}^K \sqrt{2p_n} g_n \hat{u}_n^{(i)} \quad (8)$$

e번째 그룹의 출력 신호를 제외한 모든 그룹의 출력 신호들은 더해져서 수신신호로부터 제거되고 그로부터 얻어지는 결과 신호는 e번째 순차적 간섭 제거기의 입력 신호로 이용된다. 즉 $r_1(t)$ 는 첫 번째 순차적 간섭 제거기의 입력 신호가 되며, $r_2(t)$ 는 두 번째 순차적 간섭 제거기의 입력 신호가 된다.

K명의 사용자 신호를 동시에 검출하기 위해 이 시스템은 버퍼와 함께 구성되며 표 3은 각 그룹에서 처리되는 사용자 수에 따른 버퍼 지연 시간을 나타낸다.

표 3. 각 그룹에서 처리되는 사용자 수에 따른 버퍼 지연 시간

Table 3. buffer delay time according to user number in group.

K = 짝수		K = 홀수	
UG : LG	Buffer delay	UG : LG	Buffer delay
K/2:K/2	LPB=1	(K-1)/2:(K+1)/2	LPB=0
K/2-1:K/2+1	UPB=1	(K-1)/2:(K+1)/2	UPB=0

(UPB:위쪽 버퍼지연, LPB: 아래쪽 버퍼지연)

각 순차적 간섭 제거기로부터 처음으로 얻어지는 $\hat{b}_1(t)$ 또는 $\hat{b}_{K/2+1}(t)$ 는 각 순차적 간섭 제거기의 초기 입력 신호인 $r_1(t)$ 또는 $r_2(t)$ 가 정합필터와 판정을 통과된 후 얻어지는 신호들이며 재 확산 되어서 각각 검출기의 초기 입력 신호에서 제거된다. 이로부터 얻어지는 결과 신호들은 다음 번째 신호 검출을 위한 입력

신호들이 되며 모든 신호가 다 검출될 때 까지 이 과정은 반복된다.

첫 번째 순차적 간섭 제거기에서 j번째 제거 후 검출기의 입력 신호 $sr_{j+1}(t)$ 는

$$sr_{j+1}(t) = r_1(t) - \sum_{l=1}^j \sqrt{2p_l} g_l \hat{u}_l(t - \tau_l), \quad 1 \leq j \leq K/2 - 1 \quad (9)$$

이며 아랫단 순차적 간섭 제거기에서 번째 제거 후 검출기의 입력 신호 $sr_{p+1}(t)$ 는

$$sr_{p+1}(t) = r_2(t) - \sum_{n=K/2+1}^p \sqrt{2p_n} g_n \hat{u}_n(t - \tau_n), \quad K/2 + 1 \leq p \leq K - 1 \quad (10)$$

이다. $sr_{j+1}(t)$ 와 $sr_{p+1}(t)$ 를 각각 순차적 간섭 제거기의 입력 신호로 사용하여 정합필터와 판정을 통과 시켜 $\hat{b}_{j+1}(t)$, $\hat{b}_{p+1}(t)$ 를 구한다

IV. 시뮬레이션 및 비교 분석

이 절에서는 제안된 간섭 제거기의 비트 오류 성능을 시뮬레이션을 통해 분석한다. 시뮬레이션 환경은 역방향 링크의 수신기에서 각 사용자의 전송시간지연, 채널의 크기 및 위상을 완벽하게 안다고 가정했다. Eb/No는 6dB이고 채널환경은 가산성 백색 가우시안 잡음(AWGN)과 레일리 페이딩(Rayleigh fading : JAKE model)을 사용하였고 다중사용자는 1~30명으로 하고 반송파 주파수는 1.9GHz, 이동국의 속도는 100km/h로 했다. 그리고 확산 코드는 2^5-1 의 길이를 가지는 PN코드(31 칩)를 사용했으며 전력제어는 되어 있지 않다고 가정했다.

그림 4는 각 그룹에서 처리되는 사용자 수에 따른 비트 오류 성능을 나타낸 것인데, 지연 시간 향상에 주안점을 둔 본 논문에서는 위,아래 그룹 내에서 처리하는 사용자 수를 K/2명, K/2명 또는 K/2-1명, K/2+1명으로 했을 때 똑같이 지연 시간이 가장 짧으나 K/2-1명, K/2+1명으로 했을 때가 더 좋은 비트 오류 성능을 나타내므로 이 때를 기준으로 놓고 지연시간, 비트 오류 성능, 하드웨어적 복잡도에 대해서 다른 간섭 제거기와 비교한다.

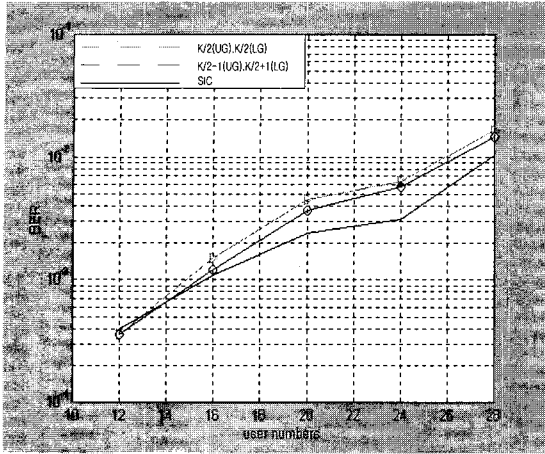


그림 4. 각 그룹에서 처리되는 사용자 수에 따른 비트 오류 성능

Fig. 4. BER performance according to user number in group.

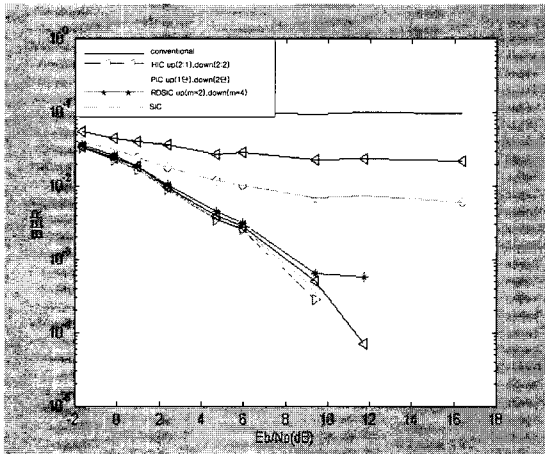


그림 5. Eb/No에 따른 비트 오류

Fig. 5. BER performance according to Eb/No.

그림 5는 사용자 수가 20일 때 Eb/No 값의 변화에 따른 제안된 간섭 제거기의 비트오율 성능을 순차적 간섭 제거기, 병렬 간섭 제거기, 혼합형 간섭 제거기와 비교하였다. 혼합형 간섭 제거기는 순차적 간섭제거기와 병렬 간섭 제거기를 함께 사용하는 것이다^[11]. Eb/No의 값이 작을 때에는 제안 간섭 제거기와 다른 간섭 제거기와의 비트 오류 성능이 비슷하지만 Eb/No의 값이 증가함에 비트 오류 성능의 차이가 남을 알 수 있다. 단 수가 하나인 PIC와 HIC의 성능은 제안 간섭 제거기 보다 훨씬 나쁘다. Eb/No=9.4dB일 때 제안 간섭 제거기의 비트 오류 성능은 6.4×10^{-4} 이고 단수가 하나인

PIC와 HIC의 성능은 각각 7.1×10^{-3} 와 2.2×10^{-2} 이다. 두수가 둘인 HIC일 때는 5×10^{-4} 로 제안 간섭 제거기의 성능과 비슷하다.

그림 6은 Eb/No가 6dB일 때, 사용자 수에 따른 제안된 간섭 제거기의 비트오율 성능을 순차적 간섭 제거기, 병렬 간섭 제거기, 혼합형 간섭 제거기와 비교하였다. 사용자 수가 적을 때에는 제안된 간섭제거기가 순차적 간섭 제거기의 비트 오류 특성을 그대로 따라가고 사용자 수가 많아질수록 순차적 간섭 제거기의 비트 오류 보다 약간 증가됨을 나타낸다.

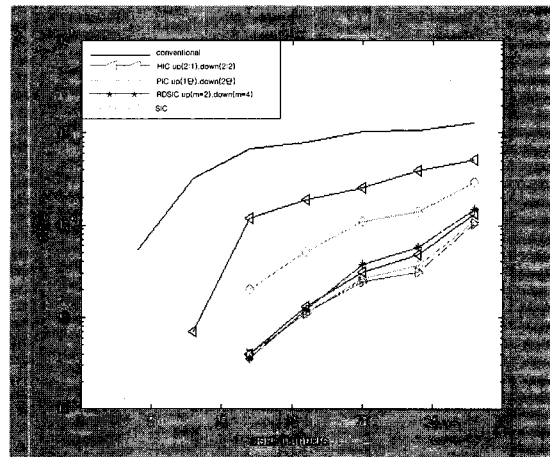


그림 6. 사용자 수에 따른 비트 오류

Fig. 6. BER performance according to user number.

표 4는 제안된 순차적 간섭 제거기와 다른 간섭 제거기와의 지연시간, 하드웨어적 복잡도, 비트 오류 성능을 비교하였다.

표 4. 제안된 순차적 간섭 제거기와 다른 간섭 제거기와의 지연시간, 하드웨어적 복잡도, 비트 오류 성능 비교

Table 4. The comparison of the BER performance, complexity, delay time Between proposed SIC and the other interference cancellers,

	BER (6dB)	# of cancellation	Delay time
SIC	0.0024	19	20
PIC(2)	0.0025	760	a
HIC(2:2)	0.0027	390	4+2a
RDSIC	0.0037	47	12

(사용자 수: 20, a : 1~2비트)

$K/2-1$ 명, 아래쪽 그룹 $K/2+1$ 명으로, 홀수 일 때 $(K-1)/2$ 명, $(K+1)/2$ 명으로 했다. 제안된 순차적 간섭 제거기는 병렬 처리 간섭 제거기(PIC)와 비교해서 만족할만한 지연시간을 가지지 못 하나 순차적 간섭 제거기(SIC)와 비교했을 시 지연 시간을 K bit에서 전체 사용자 수가 짝, 홀수 일 때 각각 $K/2+2$, $(K+3)/2$ bit로 줄였다. 비트 오류 성능 면에서 제안된 순차적 간섭 제거기가 순차적 간섭 제거기의 비트 오류 성능과 비슷하게 유지함을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 확인 했으며 순차적 간섭 제거기의 두 배가 되는 사용자 제거 수(cancellation number)를 나타냈지만 여전히 낮은 하드웨어적 복잡도를 유지했다. 순차적 간섭 제거기의 장점을 유지하는 동시에 단점을 극복한 제안된 간섭 제거기는 실제 구현측면에서 다른 간섭 제거기보다 좋은 특성을 가진다.

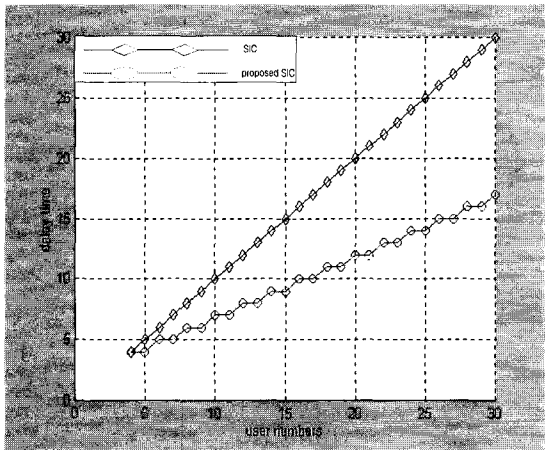


그림 7. 지연 시간 비교
Fig. 7. The comparison of delay time between SIC and proposed SIC(RDSIC).

제안된 순차적 간섭 제거기는 순차적 간섭 제거기의 두 배 되는 사용자 제거 수를 나타냈지만 여전히 낮은 하드웨어적 복잡도를 유지했고 비트 오류 성능면에서 순차적 간섭 제거기 보다 0.0013의 증가를 보이지만 순차적 간섭 제거기의 비트 오류 성능을 비슷하게 유지했다. 지연 시간면에서 다른 간섭 제거기(PIC,HIC)와 비교했을 시 제안된 순차적 간섭 제거기는 지연 시간이 길지만 순차적 간섭 제거기의 지연 시간을 20bit에서 12bit로 줄였다. 제안된 순차적 간섭 제거기와 순차적 간섭 제거기의 전체 사용자 수에 따른 지연 시간을 그림 7에서 비교한다.

전체 사용자 수에 따른 지연 시간을 순차적 간섭 제거기와 비교 했을 시 제안된 순차적 간섭 제거기는 순차적 간섭 제거기의 지연 시간인 K bit에서 전체 사용자 수가 짝수일 때 $K/2+2$ bit로 홀수 일 때 $(K+3)/2$ bit로 줄였다.

V. 결론

제안된 순차적 간섭 제거기의 구조에서 그룹 수에 따라 특성이 달라지는데 그룹의 수가 4일 때 지연 시간이 제일 작지만 하드웨어적 복잡성이 증가되므로 하드웨어적 복잡성을 낮게 유지하는 동시에 순차적 간섭 제거기의 지연 시간을 줄이는 그룹의 수 2를 기준으로 해서 여러 간섭제거기와 비교하였다. 그룹 수 2의 구조에서 각 그룹에서 처리되는 사용자 수에 따라 지연 시간과 비트 오류 성능이 달라지는데 여기에서는 지연 시간을 줄이는 것에 중점을 두고 그룹 내에서 처리되는 사용자 수를 사용자 수가 짝수 일 때 위쪽 그룹

참고 문헌

- [1] S. Verdu, "Multi-User Detection", *Advances in Statistical Signal Processing*, vol. 2, JAI Press 1993, pp. 369-409.
- [2] R. Lupas, S. Verdu, "Near-Far Resistance of Multiuser detectors in Asynchronous Channel", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 38, no. 4, Apr. 1990.
- [3] R. Lupas, S. verdu, "Linear Multiuser Detectors for Synchronous Code-Division Multiple-Access Channels", *IEEE trans. on Information theory*, vol. 35, no. 1, Jan. 1989.
- [4] M.K Varanasi, B. Aazhang. "Near-Optimum Detection in Synchronous Code Division multiple-Access System", *IEEE trans. on Information theory*, vol. 39, no. 5, May. 1991.
- [5] A.Duel-Hallen, J. Holtzman, and Z. Zvonar, "Multiuser Detection for CDMA System", *IEEE Personal Commun*, vol. 2, no.2, Apr. 1995, pp.46-58.

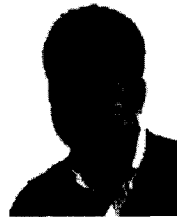
- [6] Shimon Moshavi, Bellcore, "Multiuser Detection for DS-CDMA Communications", *IEEE Commun. Magazine*, Oct, 1996, pp. 137-149.
- [7] G. Xue, E. Gunawan, V. K. Dubey, C. B. Soh, "Performance of DS-CDMA System with M-ary Orthogonal modulation and Successive Interference Cancellation ", *ICICS '97*, vol. 2, Sep. 1997.
- [8] Anthony C.K. Soong, Witold A.Szymien, "Performance of a Reference Symbol Assisted Multi-Stage Successive Interference Cancelling Receiver With Quadrphase Spreading", *IEEE 47th Vehicular technology Conference Proceedings*, vol. 2-A, May. 1997.
- [9] 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, pp.796-807, June. 1994.
- [10] D. Koulakiotis, A.H. Aghvami, "Evaluation go a DS/CDMA Multi-user Receiver Employing a Hybrid form of Interference Cancellation in Rayleigh Fading Channels", *IEEE Comms. Letters*, Vol. 2, No. 3, pp.61-63, March 1998.
- [11] S. Sun, L.K. Rasmussen, H. Sugimoto, T.J. Lim, "A Hybrid Interference Canceller in CDMA", *IEEE Fifth international Symposium on Spread Spectrum Tech. & Appl.*, Vol. 1, pp.150-154, Sep 1998.

 저 자 소 개



崔秉求(學生會員)

1999년 2월 : 영남대학교 전자공학과 졸업(학사). 1999년 3월~현재 : 영남대학교 정보통신공학과 석사과정



朴容完(正會員)

1982년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사). 1984년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (석사). 1989년 2월 : 뉴욕주립대 전자공학과 졸업 (석사). 1992년 2월 : 뉴욕주립대 전자공학과 졸업 (박사). 1992년 10월~1993년 12월 : 캘리포니아 공과대학 Research Fellow. 1994년 1월~1996년 8월 : 한국이동통신 PCS 기술연구팀장. 1996년 9월~현재 : 영남대학교 전자정보공학부 조교수