

論文2000-37TC-4-2

다중접속간섭 제거를 위한 혼합형 간섭제거기에 관한 연구

(a Study on the Hybrid Interference Canceller for MAI Cancellation)

金 宰 弘 *, 朴 容 完 **

(Jae-Hong Kim and Yong-Wan Park)

요 약

이 논문에서는 코드분할다중접속 시스템에서 다중접속간섭을 제거하는 방법 중 하나인 병렬형 간섭 제거기(PIC) 초기단 성능 개선을 위해 전단에 순차적 간섭 제거기(SIC) 사용한 혼합형 간섭 제거기의 구조를 제안하고, 병렬형 간섭 제거기와 순차적 간섭 제거기 그리고 비슷한 구조의 혼합형 간섭 제거기와의 성능을 비교 분석한 것이다. 성능 비교를 위해 채널 환경은 Rayleigh-fading (Jake's model)과 가산성 백색정규잡음환경에서 모의 실험을 하였고, 시스템의 복잡도, 지연시간 그리고 오류율에 대해 비교하였다. 모의 실험을 통하여 제안된 혼합형 간섭 제거기가 순차적 간섭제거기의 오류율에 근접하면서 지연시간을 절반정도 줄였고, 제안한 혼합형 간섭제거기 후단의 병렬형 간섭제거기를 1단을 사용함으로써 복잡도면에서 1단을 사용한 일반 병렬형 간섭제거기에 비해 1/4정도 줄였다.

Abstract

This paper shows the performance of a multiuser detection DS-CDMA receiver based on of the hybrid scheme of parallel interference cancellation (PIC) and successive interference cancellation (SIC). The proposed hybrid interference cancellation is presented and is compared with existing PIC, SIC and Hybrid IC of other type schemes. The performance criteria used for comparison are complexity, delay and average bit error rate (BER) performance obtained by simulation in Rayleigh-fading channel (Jake's model) with additive white Gaussian noise (AWGN). In the proposed hybrid IC, the BER performance approximates the one of SIC and the delay is half of the SIC. And the number of cancellation of the hybrid IC is reduced about a fourth.

I. 서 론

80년대 말부터 차세대 고용량 고품질의 서비스를 위

* 正會員, 豊橋技術科學大學 情報工學科
(Information & Computer Sciences, Toyohashi University of Technology)

** 正會員, 嶺南大學校 情報通信工學科
(Dept. Information & Communication Engineering, YeungNam University)

接受日字:1999年8月23日, 수정완료일:2000年3月28日

한 디지털방식이 제안되고 있으며, 현재는 직접수열 부호 분할다중접속방식이 시스템 용량, 내잡음성 등으로 인하여 기존의 주파수 분할다중접속, 시 분할다중접속 방식에 비하여 활발히 연구되고 있는 실정이다. 하지만 대역확산기술에 기반을 둔 직접수열 부호분할다중접속 방식은 각 사용자가 서로 다른 부호를 사용하여 채널에 동시에 접속하게 되므로 여러 가지 요인 즉, 다중경로 감쇄, 지연 확산등에 의해 사용하는 직교 부호간의 완벽한 직교성이 이루어지지 않아 각 신호간에 임의의 시간 오프셋이 발생하고 이 결과로서 다중접속간섭이 발생하게 된다.

이와 같은 다중접속간섭을 줄여주기 위한 방식에 대

해 많은 연구가 진행되어 왔다. Verdu와 Poor는 다중 접속간섭이 존재하는 환경에서의 단일사용자수신기의 특성에 관하여 연구하였고^[1], Lupas와 Verdu는 최적의 선형 다중 사용자 수신기의 특성에 관하여 연구하였다^[2]. 그러나 최적의 수신기는 최대근사열 추정기를 기반으로 기존의 수신기의 정합필터의 출력에 대해 비터비 알고리즘을 사용하여 판정을 내린다. 이때 사용되는 비터비 알고리즘의 상태수는 정합필터의 출력들의 조합으로 이루어진다. 따라서 사용자 수가 K인 시스템에서 2^K 에 해당하는 계산량을 필요로 하여 실제 구현이 어려운 단점이 있다. 이에 Vranasi와 Aszhang은 준 최적 다중사용자수신기를 이용하여 최적 수신기의 복잡도를 극복하기 위한 연구를 수행하였다^[3]. 이러한 준 최적 간섭제거기에는 그 특성에 따라 선형 다중사용자 수신기와 비선형 다중사용자 수신기로 나누어진다^{[4]~[8]}. 비 선형다중사용자수신기에는 순차적간섭제거기와 병렬형간섭제거기가 있다. 순차적간섭제거기는 각 사용자의 신호전력을 크기 순으로 나열한 뒤 가장 큰 신호를 검출하고, 이 신호를 다시 확산하여 수신신호에서 제거하는 구조이다. 병렬형간섭제거기는 모든 사용자의 신호를 병렬로 동시에 처리한 뒤 각 신호를 모두 재 확산 시켜, 수신신호에서 자기신호를 제외한 나머지 신호를 제거함으로써 자기신호만 가지고 검출을 하는 구조이다.

이 논문에서는 코드 분할다중접속시스템에서 다중접속간섭을 제거해주기 위한 방법 가운데 하나인 병렬형 간섭 제거기에 초기단 성능 개선을 위해 전단에 순차적 간섭 제거기를 사용한 혼합형 간섭 제거기의 구조를 제안하고, 성능과 지연시간, 그리고 복잡도에 대해 비교 분석하였다.

II. 기존의 간섭제거기에 대한 성능분석

코드 분할다중접속방식에서 동일 셀 내의 모든 사용자는 동일 주파수대를 사용하고, 각 사용자는 셀 내에서 확률적으로 존재한다. 따라서 기지국에서 수신하는 각 사용자의 신호는 그 크기가 서로 다르게 되고, 이로 인하여 수신된 신호의 크기가 작은 사용자의 경우는 다른 사용자의 신호에 의한 간섭 때문에 신호에 대한 정확한 판정을 내릴 수 없어 전체 시스템의 성능을 떨어뜨리는 원근문제가 발생하게 된다. 현재 코드 분할다

중접속방식에서는 이 문제를 해결하기 위해 전력제어를 사용하지만 채널이 다중경로 감쇄를 겪게되면 전력제어가 매우 힘들뿐만 아니라 근본적인 다중접속간섭은 제거하지 못한다. 그래서 다중 사용자 검출기를 사용하여 다른 사용자의 신호까지 모두 검출한 뒤, 이를 이용하여 수신신호에서 다중접속간섭을 제거하여 보다 낮은 오류를 가지는 신호를 검출한다. 그 가운데 대표적인 간섭 제거기에는 그 구조에 따라 순차적간섭제거기와 병렬형간섭제거기가 있다.

순차적간섭제거기는^[7] 동일 셀 내에서의 각 사용자 신호크기의 차이로 인해 원하는 신호가 신호전력이 큰 주변의 신호로부터 간섭을 받는 것을 줄여주기 위해 기존 수신기의 정합필터로부터 나온 신호를 크기순으로 정렬을 한 뒤, 가장 큰 신호부터 차례로 검출을 하는 방식이다. 가장 먼저 검출되는 가장 큰 수신전력을 가진 사용자의 신호는 상대적으로 전력 크기가 작은 주변의 신호에 대해 영향을 적게 받으므로 다른 사용자의 신호를 제거함이 없이 검출을 하고, 다음 신호들은 자기보다 큰 신호는 제거된 상태에서 검출된다.

보기를 들면, K명의 사용자로부터 수신된 기저대역 신호는 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

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

여기서 각 사용자의 지연시간은 $\tau_k = \tau_1$ 로 동일하고, A_k , b_k , g_k 는 각각 수신 신호 전력의 크기, 송신 데이터, 확산 부호이고, $n(t)$ 는 평균이 0이고 양쪽전력스펙트럼밀도가 $N_0/2$ 인 가산성 백색 정규 잡음이다.

각 간섭제거기에 들어온 신호는 고유의 의사잡음부호를 사용한 정합필터를 통과한 뒤, 판정과정을 거쳐 원하는 데이터를 얻어낸다. 이렇게 검출한 데이터는 다른 사용자의 신호 검출시 다중접속간섭으로 작용하는 자기 신호를 제거하기 위해 동일 의사잡음부호에 의한 재 확산을 한다. 이 과정에서 크기추정과정이 들어가는 데, 일반적으로 다중경로 감쇄 환경에서는 신호의 크기 A_k 가 시간에 따라 변화하므로 계속적인 크기추정과정으로 추정된 값을 주게 된다. 이렇게 크기추정과 재 확산 과정을 거친 신호는 수신 신호에서 빼 주게 되고 이런 과정을 모든 사용자의 신호를 검출할 때까지 반복하게 된다.

j번째 제거기를 통과한 뒤, 다음 제거기의 입력신호

를 수식적으로 나타내면 식(2)와 같이 된다.

$$r_j(t) = r_{j-1}(t) - A_j b_j(t-\tau) g_j(t-\tau) \quad (2)$$

$$= r(t) - \sum_{i=1}^j A_i b_i(t-\tau) g_i(t-\tau)$$

순차적간섭제거기는 판정과정에 입력되는 신호가 현재 입력 신호보다 큰 사용자의 신호는 제거된 상태에서 이루어지므로 일반적인 간섭 제거기보다는 오류 성능이 향상된다. 하지만 순차적간섭제거기가 연속적인 구조를 가지고 있으므로 처리과정에서 지연시간이 사용자의 수 K에 따라 K 비트씩 증가하는 단점을 가지고 있다^[8].

병렬형간섭제거기는 k 번째 사용자의 입력신호가 수신단에서 정합 여파기를 거쳐 1차적으로 검출된 신호 $b_k^{(0)}(t)$ 라고하면, 이 신호는 크기추정에 의해 조정이 된 뒤, 자신의 의사잡음부호에 의해 재 확산이 된다. 그리고 각 사용자의 신호는 자신의 신호를 제외한 나머지 신호를 합한 뒤 수신신호 $r(t)$ 에서 빼주게 된다.

j번째 단 이후, k 번째 사용자에 대한 검출기를 위한 입력신호는 식(3)과 같다.

$$r_k'(t) = r(t) - \sum_{i=1, i \neq k}^K A_i b_i(t-\tau) g_i(t-\tau) \quad (3)$$

위 과정을 통해 알 수 있듯이 병렬형간섭제거기에서는 초기의 정합필터로부터의 데이터를 다음 단의 입력 데이터로 사용하여 처리함으로써 초기 입력값의 성능에 따라 병렬형간섭제거기 전체의 성능이 결정되게 된다. 결국 병렬형간섭제거기의 전체 성능은 초기의 데이터 신뢰도에 따라 결정됨으로 정확한 채널추정 또는 전력 제어가 되지 않은 경우 순차적간섭제거기보다 성능이 크게 떨어진다.

이와 같이 순차적간섭제거기는 그 비트오류율면에서는 우수한 점이 있으나 사용자의 수의 증가에 비례하는 지연시간으로 매우 빠른 처리기를 필요로 하고, 병렬형간섭제거기는 병렬로 처리하여 전체적인 처리시간은 빠르지만 초기 정합 여파기의 성능에 의해 전체의 성능이 좌우된다. 그래서 순차적간섭제거기와 병렬형간섭제거기의 장점은 활용하고 단점은 보완하는 혼합형 형태의 간섭제거기가 제안되고 있다. 여러 가지 혼합형 간섭제거기 가운데 이 논문에서는 제안된 혼합형간섭제거기와 구조가 비슷한, 즉 기본적인 병렬형 간섭제거기와 순차적 간섭제거기의 특징을 이용하여 혼합형 간

섭제거기 구조를 제안한 두 가지 형태의 간섭제거기에 대해 살펴보았다.

Rasmussen에 의해 제안된 그룹형 간섭제거기는 (HIC1^[1]) 다단으로 이루어져 있어, 각 단을 구성하는 그룹간은 순차적간섭제거기 형태를 이루어지고, 각 단을 구성하는 그룹은 병렬형간섭제거기구조로 구성된 형태로 그룹 수와(G) 사용자의 수가 일치하면 순수한 순차적간섭제거기의 구조를 다단구조로 한 경우와 같게 되고, 그룹 수가 한 개이면 일반적인 병렬형간섭제거기의 구조와 일치하게 된다. 그룹 수와 단의 수가(M) 많아질수록 비트오류율은 좋아지나 시스템의 복잡도와 지연시간이 급격히 증가하여 실제 구현에는 어려움을 가지게 된다. 따라서 필요에 따라 그룹수와 단수를 조정하여 지연시간과 비트오류율을 조정한다^{[10][11]}. 그리고 Aghvami에 의해 개선형 순차적 간섭제거기는(HIC2^[2]) 순차적간섭제거기의 약점인 모든 사용자에 대해 검출/제거과정을 통한 긴 지연시간과 첫 번째 사용자의 신호는 다중접속간섭의 감소가 전혀 없는 상태에서 검출을 함으로써 성능이 떨어지는 단점을 보완하기 위한 구조로서, 초기 검출되는 신호의 성능을 올려주기 위해 순차적간섭제거기 전단에 병렬형간섭제거기부분을 추가 해주었다. 하지만 순차적간섭제거기에 의해 한 번 반복할 때마다 이 과정을 수행함에 의해 간섭제거기가 증가한다. 반대로 이 증가를 줄여주기 위해 반복 회수를 줄여주면 상대적으로 성능이 떨어진다^{[12][13]}.

표 1. 각 간섭제거기간의 성능 비교
Table 1. Performance comparison in each interference cancellers.

	SIC	PIC (1stage)	PIC (2 stage)	HIC1 (2G, 2M)	HIC2 (P=10, S=2)
간섭제거기의 수	19	380	760	390	658
지연시간 (bits)	20	α	2α	$4+2\alpha$	$10+\alpha$

(G:그룹 수, M:단 수, P:병렬형 간섭제거기 수, S: 순차적 간섭제거기 수, α : a few bits)

표 1에서는 사용자의 수가 20명일 경우, 각 간섭제거기의 간섭 제거기의 수, 지연시간에 대한 결과를 나타내었다. 표 1을 보면 순차적간섭제거기의 경우 간섭 제거기의 수는 가장 작은 반면 전체 지연 시간이 크다.

1. Rasmussen에 의해 제안된 혼합형 간섭제거기[10][11]
2. Aghvami에 의해 제안된 혼합형 간섭제거기[12][13]

그리고 첫 번째 사용자의 신호 검출 시 다른 신호에 의한 다중접속간섭의 감소가 없다는 단점이 있다.

병렬형간섭제거기의 경우 2 단을 사용했을 경우 (PIC(2 stage)) 순차적간섭제거기에 비해 지연시간은 짧으나 간섭 제거기의 수가 40배 가까이 증가하였다. 여기서 α 는 병렬형간섭제거기의 1단 처리 시간이다^[8]. 두 개의 그룹과 두 개의 단을 사용했을 경우 HIC1는 두 개의 그룹을 사용함으로써 지연시간은 현저히 줄었으나 2 단 사용에 따른 복잡도가 증가하는 단점이 있다. 여기서 간섭제거기의 수를 구하는 방법은 표 2에 나타내었다.

표 2. 각 간섭제거기에서 간섭제거기 수
Table 2. The number of cancellations in each interference cancellers.

종류	간섭제거기 수
SIC	$(K-1)$
PIC	$K \cdot (K-1) \cdot M$
HIC1	$(K/G) \cdot [(K/G-1) \cdot G + (G-1) \cdot M + (M-1)]$
HIC2	$\sum_{p=1}^L \{P \cdot (P-1) + S\}$
제안한 HIC	$p + (M-p) \cdot (K-p-1) \cdot M$

(L : Total number of loops)

HIC2의 구조에서 사전 병렬형간섭제거기의 수를 열 개로 하고, 순차적간섭제거기로 검출되는 수를 두 개로 하였을 경우 사용자의 수가 20명일 때 반복회수가 10회가 되므로 병렬형간섭제거기의 과정을 10회 수행해야 한다. 이로 인하여 간섭 제거기의 수가 병렬형간섭제거기의 2단에 근접한 수가된다. 이와 같은 이유로 비트 오류 성능은 순차적간섭제거기에 근접하고, 상대적으로 지연시간도 짧으면서 구조가 복잡하지 않은 간섭제거기가 필요하다.

III. 제안한 혼합형 간섭 제거 수신기

이 논문에서 제안하는 시스템은 병렬형간섭제거기 사용시 초기단에서 정합여파기에 의해 검출된 값의 성능이 떨어져 전체시스템 성능이 저하되는 점을 보완하기 위해 기존의 순차적간섭제거기를 병렬형간섭제거기의 앞단에 결합하여 수신된 신호 중 상대적으로 신호

전력이 커서 시스템 성능에 많은 영향을 미치는 사용자의 신호를 먼저 제거한 뒤, 나머지 사용자에 대한 신호는 병렬형간섭제거기를 사용하여 처리함으로써 전체 간섭제거기의 성능과 처리속도를 모두 향상시키고자하는 혼합형 간섭제거기이다.

그림1은 이 논문에서 제안한 혼합형 간섭제거 수신기의 구조이다. 그림과 같이 전단은 순차적간섭제거기의 구조를 가지고 있고 후단은 병렬형간섭제거기의 구조를 가지고 있다.

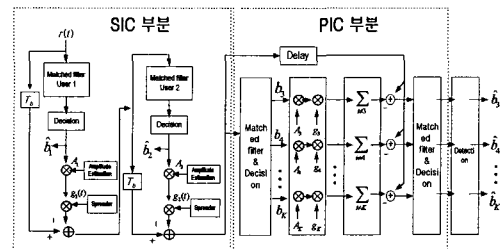


그림 1. 제안한 혼합형 간섭 제거기 시스템 블록도
Fig. 1. System block diagram of the proposed HIC.

그림1에서는 사용자수가 K명이고 수신신호의 크기가 내림차순으로 정렬이 되어있다고 가정하면 성능저하에 큰 영향을 주는 첫 번째 사용자와 두 번째 사용자의 신호는 순차적간섭제거기로서 검출 및 제거를 한 뒤, 나머지 3~K번째 사용자에 대해서는 병렬형간섭제거기로서 검출을 한다. 이것을 수식으로 표현하면, 순차적간섭제거기와 병렬형간섭제거기를 나누는 경계계수를 p (위의 보기에서는 p=2)라고 하면, j 번째(p ≥ j) 간섭제거기에서는 수신신호가 먼저 정합 필터를 거치면 식 (4)와 같다.

$$y_k = \frac{1}{T_b} \int_0^T r_{(j-1)}(t) g_j(t) dt \tag{4}$$

$$= A_j b_j + \sum_{i=j}^K \rho_{i,j} A_i b_i + \frac{1}{T_b} \int_0^T n(t) g_j(t) dt$$

여기서 $\rho_{i,j}$ 는 i, j 사용자 사이의 상호상관값이고, T_b 는 비트 주기이다.

이 신호는 판정과정을 거치게 되면

$$\hat{b}_j = \text{sgn}(y_j) \tag{5}$$

가 된다.

이후 다음 j+1번째 간섭제거기를 위한 입력신호는 다

음 식(6)과 같이 표현 할 수 있다.

$$r_j(t) = r(t) - \sum_{i=1}^j A_i b_i(t-\tau) g_i(t-\tau) \quad (6)$$

만약에 $p < j$ 이고 병렬형간섭제거기의 전체 단수가 L 이면, j 번째 단 이후 k 번째 사용자에게 대한 간섭제거기 입력신호는

$$r_k^j = r(t) - \sum_{i=1}^j A_i b_i(t-\tau) g_i(t-\tau) - \sum_{i=p+1}^k A_i b_i(t-\tau) g_i(t-\tau) \quad (7)$$

이 된다.

제안한 혼합형 간섭 제거기에서 전단의 순차적간섭 제거기수를 일정한 수로 고정해 시키면 동일 셀 내에서 사용자의 수가 순차적간섭제거기의 수보다 작을 때는 혼합형 간섭 제거기가 단지 순차적간섭제거기로서 동작을 하게 되고, 만일 사용자의 수가 전단의 순차적 간섭제거기보다 많게 되면 고정된 수만큼의 큰 신호는 순차적간섭제거기에 의해 제거가 되고 나머지는 병렬형간섭제거기로 처리를 하게 된다. 결과적으로 전체적인 처리시간은 일정하게 되고 성능은 병렬형간섭제거기보다 크게 나아진다. 하지만 사용자의 수가 고정된 순차적간섭제거기의 수에 비해 현저히 클 때는 큰 성능향상은 기대할 수가 없다. 그리고 순차적간섭제거기와 병렬형간섭제거기의 비율을 고정적으로 정해놓고 사용자의 수에 따라 정해진 비율에 맞게 적응하게 하면 성능은 사용자 수에 상관없이 향상되나 지연시간도 사용자의 수에 따라 변동하게 된다.

IV. 모의 실험

이 실험에서는 제안한 혼합형 간섭제거기의 성능 비교를 위하여 순차적간섭제거기와 1단을 사용한 병렬형 간섭제거기를 사용하였고, 제안한 혼합형 간섭 제거기는 전단의 순차적간섭제거기의 수를 1, 3, 5로 고정된 경우와 병렬형간섭제거기와의 비율 1:2, 1:1, 2:1로 결합한 혼합형 간섭제거기의 성능을 분석하였다. 또 역 방향링크의 수신 방식은 완전한 동기 수신으로 가정하였으며 병렬형간섭제거기의 단수는 1단, 신호대잡음비는 6dB로 가정하였다. 다경로 감쇄에서 다중경로의 수는 하나, 사용자 수는 신호대 잡음비에 따른 성능분석시는

현재 시스템을 고려하여 20명으로 고정하였다. 반송파 주파수는 1.9GHz, 이동국의 속도는 100km/h이고 확산 코드는 31 chip 의사잡음부호를 사용하였다. 길쌈부호 화와 블록 인터리버등은 시스템 성능 비교에 영향을 주지 않으므로 실험에서는 제외하였다. 채널은 JAKE 모형을 사용하였고 사용자는 셀 내에서 확률적으로 존재하고 전력제어는 되어있지 않다고 가정하였다.

1. 순차적간섭제거기의 수를 일정하게 고정했을 경우 모의 실험

그림2에서 신호대 잡음비가 낮을 경우 비트오류율에 대해 살펴보면 모두 비슷한 성능을 나타내지만 신호대 잡음비가 높을수록 성능차이가 난다. 순차적간섭제거기를 하나만 사용한 경우는 거의 병렬형간섭제거기에 가깝게 나타나고 순차적간섭제거기를 5단으로 사용하였을 경우는 순차적간섭제거기에 근접함을 알 수 있다.

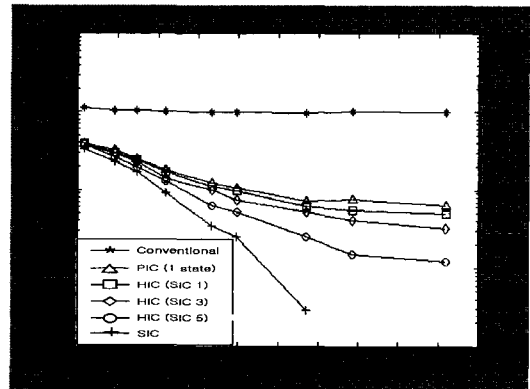


그림 2. SIC 수 변화에 따른 BER 특성
Fig. 2. The BER performance according to the # of SIC.

표 3. SIC수에 따른 각 간섭제거기의 성능비교

Table 3. The characteristics of the each canceller according to the number of SIC.

	제한한간 섭제거기 (1:2)	제한한간 섭제거기 (1:1)	제한한간 섭제거기 (2:1)
간섭제거기의 수	163	100	44
지연시간(bits)	$7 + \alpha$	$10 + \alpha$	$14 + \alpha$
신호대잡음비 (10^{-2} 일 경우)[dB]	2.8	2.2	2.2

각각의 경우에 대한 성능을 비교하여 표 3에 나타내었다. 이것을 참고하면 순차적간섭제거기의 수를 달리 한 세 경우 지연시간은 모두 짧고 제거회수는 병렬형 간섭제거기 1단의 경우와 비교하면 순차적간섭제거기를 5개 사용한 경우는 절반까지 줄어들었다. 하지만 순차적 간섭제거기의 수를 고정한 관계로 사용자수가 증가할수록 비트오류특성이 나빠지는 단점이 있다.

2. 순차적간섭제거기와 병렬형간섭제거기비를 변화시켰을 경우 모의 실험

그림3은 신호대 잡음비를 변화시켰을 경우 순차적간섭제거기와 병렬형간섭제거기의 비가 다른 세 경우의 비트오류율을 나타낸 것이다. 순차적간섭제거기와 병렬형간섭제거기의 비가 2:1과 1:1일 경우에 순차적간섭제거기의 신호대 잡음비와 거의 비슷하게 나타나지만 1:2일 경우는 약 0.5dB정도 차이가 나는 것을 볼 수 있다.

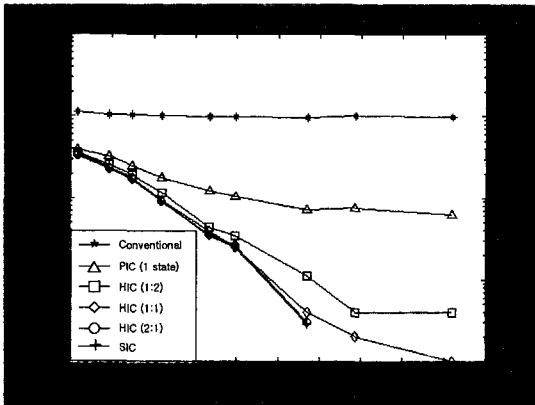


그림 3. SIC, PIC 비에 따른 SNR 대 BER 특성
Fig. 3. The BER performance according to the SIC:PIC ratio.

표 4. SIC, PIC비에 따른 각 간섭제거기의 성능비교

Table 4. The characteristics of the each canceller according to the ratio of SIC, PIC.

	SIC	PIC(1stage)	제안한 간섭제거기 (SIC 1)	제안한 간섭제거기 (SIC 3)	제안한 간섭제거기 (SIC 5)
간섭제거기의 수	19	380	343	275	215
지연시간(bits)	20	α	$1 + \alpha$	$3 + \alpha$	$5 + \alpha$
신호대잡음비 (10^{-2} 일 경우)[dB]	2.2	6.5	3.4	4.6	5.9

표 4를 보면 전체적인 비트오류율은 1:1일 경우와 2:1일 경우 거의 차이가 없지만 각각을 병렬형간섭제거기와의 성능 비교를 보면 지연시간에서 8~9 bits정도의 단축과 1/4정도의 복잡성을 나타낸다.

3. 다른 형태의 혼합형 간섭 제거기와의 비교

이 논문에서 제안한 혼합형 간섭제거기는 순차적 간섭제거기와 병렬형 간섭제거기의 결합에 의한 것으로 최근 이와 비슷한 구조를 가진 두 개의 혼합형 간섭제거기 즉, 앞에서 간단히 설명한 그룹형 간섭제거기와 개선된 순차적간섭제거기와의 비교를 보면 그룹형간섭제거기의 경우 그룹수를 2로 하였을 경우 전체의 지연시간은 감소하였지만 2단을 사용함으로써 제거기의 수가 증가하는 단점이 있다. 그리고 개선된 순차적간섭제거기의 경우 순차적간섭제거기의 성능을 개선 해주기 위해서 앞단에 병렬형간섭제거기를 수행했지만 지연시간 단축을 위해 반복할 때마다 2명의 신호를 검출함으로써 비트오류율 측면에서 순차적간섭제거기에 근접하게 나타났다. 그리고 반복할 때마다 병렬형간섭제거기를 수행함으로써 제거기의 수가 증가하는 단점이 있다.

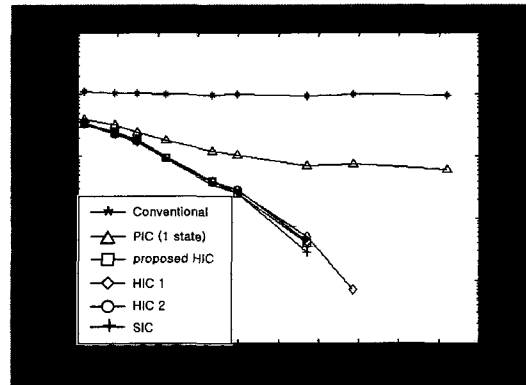


그림 4. 다른 형태의 혼합형간섭제거기와의 성능비교
Fig. 4. The comparison with other type hybrid canceller.

그림4에서 보면 알 수 있듯이 그룹형 간섭제거기와 개선된 순차적간섭제거기 그리고 이 논문에서 제안한 간섭제거기가 비트오류율은 순차적간섭제거기에 거의 근접하지만, 표5에 나타낸 간섭 제거기의 수에서 보면 제안한 간섭제거기가 그룹형보다는 1/4수준, 그리고 개선된 순차적간섭제거기보다는 1/6정도 간단하다. 그리고 비트오류율을 보면 각각의 혼합형 간섭제거기가 순차적간섭제거기에 근접함을 알 수 있다.

표 5. 다른 형태의 혼합형 간섭제거기와의 성능비교

Table 5. The comparison with other type hybrid canceller.

	HIC1 (2G, 2M)	HIC2 (P=10, S=2)	제한한간섭 제거기 (1:1)
간섭제거기의 수	390	658	100
지연시간(bits)	$4+2\alpha$	$10+\alpha$	$10+\alpha$
신호대잡음비 (10^{-2} 일 경우)[dB]	2.2	2.2	2.2

V. 결 론

코드 분할다중접속 시스템 용량에 제한을 주는 다중 접속간섭을 효과적으로 제거해주기 위한 혼합형 간섭 제거기 구조를 제안하였다. 제안한 간섭제거기는 병렬형간섭제거기가 처리 속도면에서는 우수한 반면 초기 검출신호에서의 성능이 나빠지면 전체 시스템의 성능이 떨어지는 점을 보완하기 위하여 병렬형간섭제거기의 전단에 순차적간섭제거기를 첨가하여 병렬형간섭제거기의 초기 검출신호의 성능을 향상시켜 주었다. 또 성능향상과 동시에 병렬형간섭제거기의 전체 복잡도도 동시에 감소 시켜주었다. 제안한 간섭제거기의 구조에 대해 여러 가지 경우에 대해 다중경로 감쇄와 가산성 백색 정규잡음 환경에서 모의실험을 통해 성능을 분석하였고 기존의 순차적간섭제거기와 병렬형간섭제거기 그리고 다른 형태의 혼합형간섭 제거기인 그룹형 간섭 제거기와 순차적간섭제거기를 개선시킨 개선된 간섭 제거기와의 각 성능 비교하였다.

이 논문에서 제안한 혼합형 간섭 제거기가 순차적간섭제거기와 병렬형간섭제거기의 비가 1:1일 경우 성능면에서는 거의 순차적간섭제거기에 근접하였고 지연시간은 10비트 정도 단축시켰다. 병렬형간섭제거기(1단)과 비교해 보면 지연시간은 10비트 정도 증가하였지만 비트오류율이 7.5×10^{-3} , 신호대 잡음비가 약 2dB의 향상을 나타내었고 제거 횟수에서도 약 1/4 정도로 줄여 주었다. 다른 형태의 간섭제거기들은 비트오류율에서는 거의 동일하게 나타나지만 복잡도 면에서는 그룹형 간섭제거기보다는 1/4정도를 줄여주었고, 개선된 순차적간섭제거기보다는 1/6.5정도의 감소를 이루었다. 결과적으로 병렬형간섭제거기의 빠른 처리시간을 유지하

면서 복잡도를 줄여주어 실제구현이 가능함을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] H. Vincent Poor and S. Verdu, "Single User Detectors for Multiuser Channels", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 36, no. 1, pp. 50-60, Jan 1988.
- [2] R. Lupas and S. Verdu, "Linear Multiuser Detectors for Synchronous Code-Division Multiple-Access Channels", *IEEE Trans. Inform Theory*, vol. 35, no. 1, pp. 123-136, Jan. 1989.
- [3] M. K. Varanasi and B. Aazhang, "Near-Optimum Detection in Synchronous Code Division Multiple-Access System", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 39, no. 5, pp. 725-736, May 1991.
- [4] A. Duel-Hallen, J. Holtzman, and Z. Zvonar, "Multiuser Detection for CDMA Systems", *IEEE Personal Commun*, vol. 2, no. 2, pp. 46-58, Apr. 1995.
- [5] Shimon Moshavi, "Multiuser Detection for DS-CDMA Communications", *IEEE Commun. Magazine*, pp. 124-136, Oct, 1996.
- [6] U. Madhow and M. L. Honig, "MMSE Interference Suppression for Direct-Sequence Spread-Spectrum CDMA", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 42, no. 12, pp. 3178-3188, Dec. 1994.
- [7] G. Xue, E. Gunawan, V. K. Dubey and C. B. Soh, "Performance of DS-CDMA System with M-ary Orthogonal Modulation and Successive Interference Cancellation", *ICICS '97*, vol. 2, pp. 840-844, Sep. 1997.
- [8] Dariush Divsalar, Marvin Simon and Dan Raphaeli, "A New Approach to Parallel Interference Cancellation for CDMA", *IEEE Globalcom '96*, vol. 3, pp.1452-1457, Nov. 1996.
- [9] S. Verdu, "Multi-User Detection", *Advances in Statistical Signal Processing*, vol. 2, pp. 369-409, 1993.

- [10] L. K. Rasmussen and H. Hugimoto, "A Hybrid Interference Canceller in CDMA", *IEEE Fifth international Symposium on Spread Spectrum Tech & Appli.*, vol. 1, pp. 150-154, Sep. 1998.
- [11] S. Sum, T. J. Lim, L. K. Rasmussen, T. Oyama, H. Hugimoto and Y. matsumoto, "Performance Comparison of Multi-stage SIC and limited three-search detection in CDMA", *accepted for presentation at VTC98*.
- [12] Dimitris koulakiotis and A. Hamid Aghvami, "Hybrid Interference Cancellation, a Multiuser Detection Scheme for W-DS/CDMA Systems", *IEEE Proceedings of the International Conference on Tele.* vol. 2, pp. 52-56, June 1998.
- [13] Dimitris Koulakiotis and A. Hamid Aghvami, "Evaluation of a DS/CDMA Multiuser Receiver Employing a Hybrid Form of Interference Cancellation in Rayleigh-Fading Channels", *IEEE Comm Letters*, vol. 2, pp. 61-63, March 1998.
- [14] 연구보고서, "디지털 오디오방송기술을 위한 간섭 제거기술에 관한 연구", 한국전자통신연구원, 1999. 5

 저 자 소 개



金宰弘(正會員)

1972년 3월 16일생. 1997년 2월 영남대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1999년 8월 영남대학교 정보통신공학과 석사졸업. 1999년 9월~2000년 2월 영남대학교 인턴연구원. 2000년 4월~현재 Toyohashi 기술과학대학

정보공학과 박사과정(일본)



朴容完(正會員)

1959년 10월 3일생. 1982년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1984년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(석사), 1989년 2월 뉴욕 주립대 전자공학과(석사), 1992년 6월 뉴욕 주립대 전자공학과 졸업(공학

박사), 1992년 10월~1993년 12월 캘리포니아 공과대학 Research Fellow. 1994년 1월~1996년 8월 한국이동통신 PCS기술 연구팀장. 1996년 9월~현재 영남대학교 정보통신공학과 조교수.