

UWB 시스템에서 변형된 전송구조와 PRAKE를 이용한 간섭 제거 기법

준희원 한승엽*, 우중재*, 이재구*, 종신회원 홍대식*

Interference Cancellation Using a Modified Transmitter and Partial Rake Combining for UWB Communication Systems

Seung-youp Han*, Choong-chae Woo*, Jae-gu Lee* Associate Members,
Dae-sik Hong* Lifelong Member

요약

본 논문에서는 UWB(Ultra Wide Band) 다중 경로 채널에서 PRAKE(Partial RAKE) 기법을 이용한 시간 도약 다원 접속 시스템의 간섭 제거 기법을 제안한다. 제안된 간섭 제거 기법은 다중 사용자 간섭(MAI)의 효율적인 추정을 위하여 매 프레임마다 보호 구간을 적용하는 기존의 전송 방식과 달리 슬롯 단위의 보호 구간을 적용한 전송 모델을 사용한다. 일반적인 UWB 시스템이 다중 경로 채널 환경에서 심볼 간 간섭(ISI)과 다중 사용자 간섭에 의하여 사용자의 수에 따라 심각한 성능의 저하를 가져오는 반면, 제안된 간섭 제거 기법을 적용한 UWB 시스템은 사용자 수에 관계없이 일정한 성능을 보인다. 또한 시스템의 복잡도를 줄이기 위하여 본 논문에서는 간섭을 제거한 신호에 대한 PRAKE 결합 기법과 부분 사용자 간섭 제거를 이용한 저 복잡도 간섭 제거 기법을 제안한다.

Key Words : UWB, Interference-cancellation, PRAKE, ISI, MAI

ABSTRACT

In this paper, we propose an interference cancellation(IC) scheme using a partial Rake(PRAKE) combining in ultra-wideband(UWB) multipath fading channels. In this IC scheme, differently from the conventional transmitter model, which employs a guard interval between each frame, the guard interval is employed between each slot for estimating the multiple access interference(MAI). The UWB systems using the proposed IC scheme have little performance degradation without regard to the number of user, while the conventional UWB systems have a significant performance degradation according to the number of user. In order to reduce the receiver complexity, the PRAKE combining of post-canceled signal and the partial user IC scheme are also proposed.

1. 서론

최근, UWB 전송 방식이 통신 시스템에 적용되면서 면서부터 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. UWB 통신 기술은 매우 낮은 전력을 사용하여 초광대역의 주파수 대역으로 데이터를 전송하는 차세대 무선 전송 기술이다. UWB 전송 방식은 1ns 이하의 매우 짧은 펄스열을 전송하므로 높은 채널 용량과 데이터 전송률을 가지며, 시간 축 상에서 다중 경로에 대한 세밀한 분해가 가능하여 RAKE 수신기를 통해 높은 다이버시티를 얻을 수 있다^{[1][2]}.

UWB 전송 방식이 경로 다이버시티 (path diver-

* 연세대학교 전기전자공학과 정보통신 연구실 (tinoasis@itl.yonsei.ac.kr)
논문번호 : KICS2005-08-360, 접수일자 : 2005년 8월 31일

sity)를 충분히 얻기 위해서는 심볼 간 간섭과 다중 사용자 간섭이 제거되어야 한다. 하지만 UWB 시스템은 100ns 이상의 경로 지연 확산(Maximum delay spread)으로 인하여 심각한 심볼 간 간섭을 일으키며, 이를 없애기 위하여 일반적으로 매 프레임 단위로 충분한 보호구간이 사용된다^{[3][4]}. 심볼 간 간섭은 이와 같은 시스템 파라미터의 조정으로 피할 수 있는 반면, UWB 전송 방식이 다중 사용자 환경에서 동작할 경우 다중 사용자 간섭으로 인한 성능의 열화를 피할 수 없게 된다^[5]. 다중 사용자 환경에서 MUD (Multi User Detection)는 통계적으로 다중 사용자 간섭을 제거할 수 있는 최적의 해결안으로 제시된다. 하지만 MUD는 사용자의 수가 증가함에 따라 지수 함수적으로 복잡도가 증가하기 때문에 시스템 구현에 있어 비실용적이다^[3]. 따라서 다중 사용자 환경에서 심볼 간 간섭과 다중 사용자 간섭을 효율적으로 제거할 수 있는 간섭 제거 기법에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 프레임 단위의 보호구간을 갖는 기존의 UWB 전송 방식과 달리 슬롯 단위의 보호구간을 부여하는 새로운 전송 프레임 구조를 제안한다. 한편, 변형된 전송 프레임 구조를 바탕으로 해당 슬롯의 사용자에 의한 간섭을 추정하기 위하여 PRAKE 결합기법^[6]을 이용한 간섭 제거 기법을 제안한다. 또한 모든 다중 사용자 간섭을 제거하는 제안된 간섭제거 수신기 (complete IC)의 복잡도를 줄이기 위하여 두 가지의 저 복잡도 간섭제거 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 UWB 시스템에서 일반적으로 사용되는 전송단과 본 논문에서 사용되는 변형된 전송 모델에 대한 비교를 한다. III장에서는 UWB 간섭 제거 수신기 구조 및 저 복잡도 간섭 제거 기법을 제안한다. IV장에서는 기존의 전송방식과 제안된 기법을 적용한 UWB 간섭 제거 수신기의 성능을 모의실험을 통하여 비교 토의 하며, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. UWB 시스템 모델

여기서는 소단원에 관한 내용을 간단히 살펴본다. 여기서는 소단원에 관한 내용을 간단히 살펴본다.

2.1 일반적인 전송 프레임 구조

본 논문에서는 UWB 시스템의 대표적인 변조 방식 중 하나인 펄스 위치 변조 (Pulse Position Modulation)를 이용하는 Binary UWB 시간 도약

다원 접속 시스템을 고려한다. 수신단의 상관기에 입력되는 k 번째 사용자 전송 신호는 다음과 같이 표현될 수 있다.

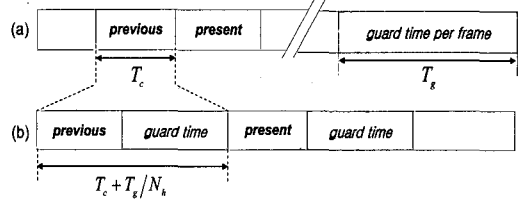


그림 1. 송신 프레임 구조 비교

(a) 일반적인 UWB 시스템의 송신 프레임 구조

(b) 제안된 간섭제거 기법을 위한 변형된 송신 프레임 구조

$$s^{(k)}(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sqrt{E_p} p(t - jT_f - c_j^{(k)} T_c - \delta d_{\lfloor j/N_s \rfloor}^{(k)}), \quad (1)$$

여기서, $p(t)$ 는 $\int_{-\infty}^{\infty} [p(t)]^2 dt = 1$ 로 정규화 된 가우시안 모노 펄스를 나타내며, 각 펄스에 전송되는 에너지는 E_p 가 된다. 모든 전송 심볼은 T_f 의 프레임 주기로 N_s 회 반복 전송된다. 한편 심볼 간 간섭이 없는 전송을 위해 전송단은 $T_f = N_s T_c + T_g$ 로 T_g 만큼의 수신기의 심볼 처리 지연만큼 보호구간을 매 프레임 주기마다 두어 신호를 전송하게 된다. T_c 는 슬롯의 주기이며 $c_j^{(k)}$ 는 k 번째 사용자의 시간 도약 시퀀스에서 j 번째 프레임에서 전송되는 시간 도약 부호를 나타낸다. N_s 를 도약 부호가 가질 수 있는 최대값이라 할 때 $0 \leq c_j^{(k)} \leq N_s$ 를 만족하며, 이어지는 펄스와의 충돌을 피하기 위해서 $N_s T_c \leq T_f$ 를 만족하여야 한다. 또한, $\delta d_{\lfloor j/N_s \rfloor}^{(k)}$ 에서 δ 는 비트 "0"과 "1"을 구분하는 펄스 위치 변조를 위한 시간 간격이며, $d_{\lfloor j/N_s \rfloor}^{(k)}$ 는 k 번째 사용자의 $\lfloor j/N_s \rfloor$ 번째 데이터 비트, N_s 은 펄스의 반복 전송 횟수를 나타낸다. 결국 이는 $1/N_s$ 의 전송률을 갖는 반복 블록 코드를 갖는 시스템이라고 할 수 있다.

2.2 변형된 전송 프레임 구조

그림 1-(a)에서 볼 수 있듯이 기존의 UWB 전송 방식은 심볼 간 간섭을 피하기 위하여 연속되는 프레임 사이에 채널의 프로세싱 지연인 T_g 만큼의 보호구간을 사용한다. 하지만 이와 같은 전송모델은 각 사용자에게 할당된 시간 슬롯 사이에 보호구간이 존재하지 않기 때문에 다중 경로에 따른 다중 사용자 간섭에 취약하다. 더욱이 시간 도약 펄스 위치

변조를 통한 전송방식을 사용하는 UWB 시스템에서 다중 사용자 간섭으로 인한 전송 비트의 추정 오류는 간섭 제거 기법의 각 단 (stage)에서 오차 전파 (error propagation)의 원인이 된다.

제안된 시스템에서는 그림 1-(b)에서 볼 수 있듯이 기존 프레임 단위의 보호구간을 슬롯의 개수 N_h 로 나누어 각 슬롯에 분배하는 슬롯 단위의 보호구간을 적용한다. 결국 사용자를 위한 슬롯의 주기 T_c 는 $T_{c,modified} = T_c + T_g/N_h$ 로 확장된다. 제안된 전송 방식은 채널의 경로 크기가 지수 함수적으로 감소한다고 가정할 때 기존의 전송방식에 비해 상대적으로 다중 사용자 간섭에 영향을 적게 받게 된다.

III. UWB 간섭제거기법

본 장에서는 새로운 UWB 다중사용자 간섭제거 기법을 제안한다. 먼저 II장에서 제안되었던 변형된 전송모델을 바탕으로 새로운 간섭제거 기법의 구조를 기존의 RAKE 수신기법과 비교, 논의 한다. 이어서 저 복잡도 간섭제거 기법을 추가로 제안한다.

3.1 일반적인 RAKE 수신기

UWB 시스템에 N_u 명의 사용자가 접속 하고 있을 경우, 수신신호 $r(t)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r(t) = \sum_{k=1}^{N_u} s^{(k)}(t) * h^{(k)}(t) + w(t) = \sqrt{E_p} \sum_{p=0}^{N_u-1} \sum_{j=0}^{N_s-1} \sum_{kl} \gamma_{kl} \cdot p(t-jT_f - c_j^{(k)} T_c - \delta d_{(j|N_s)} - \tau_{kl}) + w(t) \quad (2)$$

여기서, 수신신호는 L 개의 다중 경로를 통하여 전송되며, 각 사용자의 전송 신호가 N_s 프레임에 걸쳐 반복 전송된다고 가정한다. $w(t)$ 는 $N_0/2$ 의 전력밀도분포를 갖는 AWGN(Additive White Gaussian Noise)이다.

k 번째 사용자의 경로는 γ_{kl} 의 크기와 τ_{kl} 의 시간 지연을 갖는 $h^{(k)}(t) = \sum_{kl} \gamma_{kl} \delta(t - \tau_{kl})$ 의 임펄스 응답을 통해 전달되며 γ_{kl} 와 τ_{kl} 가 각각 하나의 프레임 구간 동안 변하지 않는 quasi static 채널을 가정한다. 일반적으로 RAKE수신기와 간섭제거 기법을 이용한 수신기의 성능은 채널 정보에 의존하게 되지만, 본 논문에서는 두 기법에 대한 성능 비교를 그 목적으로 하고 있으므로, 수신단에서 완벽한 채널 정보를 알고

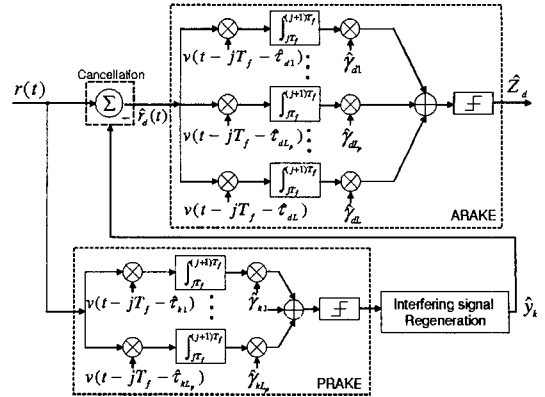


그림 2. PRAKE를 이용한 간섭 제거 수신기 구조

있다고 가정한다^[8]. 이 때, 선택된 사용자(desired user)의 MRC(Maximum Ratio Combining) 출력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{Z}_{d,RAKE} = \sum_{d=1}^L \gamma_{d1} \sum_{j=0}^{N_s-1} \int_{jT_f}^{(j+1)T_f} r(t) \cdot v(t-jT_f - c_j^{(d)} T_c - \tau_{d1}) dt \quad (3)$$

여기서 $v(t) = p(t) - p(t - \delta)$ 이고 $\hat{Z}_{d,RAKE}$ 를 0과의 대소비교를 통하여 전송 데이터 심볼에 관한 경판정 (hard decision)을 수행한다.

3.2 제안된 간섭제거 수신기 모델

제안된 UWB 간섭제거 수신기 모델에 대한 구조는 그림 2에서 표현되었다. j 번째 프레임에서 k 번째 사용자에게 할당된 슬롯, $T_{c,modified}$ 의 구간 내에 L_p 개의 다중 경로가 존재할 경우, k 번째 사용자의 PRAKE 수신기 출력, \hat{Z}_{kj} 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\hat{Z}_{kj} = \sum_{p=1}^{L_p} \gamma_{kl} \int_{jT_f}^{(j+1)T_f} r(t) \cdot v(t-jT_f - c_j^{(k)} T_{c,modified} - \tau_{kl}) dt \quad (4)$$

위 식에서 구해진 \hat{Z}_{kj} 는 경판정을 수행 후 k 번째 사용자의 채널 임펄스 응답 $h^{(k)}(t)$ 에 의하여 (5)에서와 같이 그 사용자에게 의한 다중사용자 간섭인 $\hat{y}_k(t)$ 을 재생하기 위해 사용된다.

$$\hat{y}_k(t) = D(\hat{Z}_{kj}) * h^{(k)}(t) \quad (5)$$

여기서 $D(\cdot)$ 는 PRAKE 수신기의 출력에 대해 추정함수를 나타낸다.

따라서 $\hat{y}_k(t)$ 에 대한 정확한 추정이 가능하다면 k 번째 사용자에게 의한 다중사용자 간섭이 제거된 후의 수신 신호는 그 사용자의 다중사용자 간섭에 의해 더 이상 왜곡되지 않게 된다. 이와 같은 방식으로 제안된 간섭 제거 기법에서는 선택된 사용자를 제외한 모든 사용자에게 대한 다중사용자 간섭을 제거하게 되며 이는 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{r}_d(t) = r(t) - \sum_{k \neq d}^{N_u} \hat{y}_k(t), \quad k = 1, \dots, N_u. \quad (6)$$

모든 MAI에 대한 제거가 이루어진 후 신호 $\hat{r}_d(t)$ 는 더 이상 다중사용자 환경의 간섭을 받지 않는 신호가 된다. 간섭이 제거된 신호는 모든 분해 가능한 경로들을 결합하는 ARAKE (All RAKE)를 이용하여 검출된다. 본 논문에서 이와 같이 모든 다중사용자 간섭을 제거한 기법을 complete IC기법으로 정의하며 다음과 같이 결정 변수를 나타낼 수 있다.

$$\hat{Z}_d = \sum_{j=1}^L \sum_{k=0}^{N_s-1} \gamma_{kl} \int_{jT_f}^{(j+1)T_f} \hat{r}_d(t) \cdot v(t - jT_f - c_j^{(d)} T_{c, \text{mod}14\text{ied}} - \tau_{dl}) \quad (7)$$

제안된 간섭제거 기법은 각 사용자에게 의한 MAI의 결정과 수신 신호로부터 이를 제거하는 두 가지의 프로세스로 구성된다. 다시 말해 제안된 간섭제거 기법은 기존의 UWB 시스템에 비하여 각 사용자의 MAI 추정을 위한 하나의 추가적인 PRAKE와 간섭 제거를 위해 MAI의 수에 선형적으로 증가하는 프로세싱 시간이 필요하게 된다.

3.3 저 복잡도 간섭제거 기법

본 논문을 통해서 제안된 모든 사용자 간섭제거 기법 (complete IC)은 각 사용자에게 의한 MAI를 모두 제거한 후의 신호에서 분해 가능한 모든 다중 경로 성분들을 ARAKE를 이용하여 결합하게 된다. 일반적으로 지수 함수적으로 감소하는 채널을 가정할 때 채널 경로 성분들은 시간 축 상에서 앞단에 상당한 부분의 에너지를 갖게 된다. 따라서 선택된 사용자의 인접한 슬롯을 점유하는 사용자에게 의한 MAI가 선택된 사용자의 데이터 검출에 있어 더욱 심각한 영향을 미칠 것을 예상할 수 있다. 본 논문에서는 선택된 사용자에게 인접한 양쪽 N_p 개씩 총 $2N_p$ 의 슬롯을 점유하는 사용자에게 의한 MAI를 제거하는 부분 사용자 간섭제거 (Partial user IC) 수

신 알고리즘을 제안한다. 부분 사용자 간섭제거 수신 알고리즘에서 선택된 사용자의 데이터 검출 방식은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\hat{Z}_d = \sum_{j=1}^L \sum_{k=0}^{N_s-1} \gamma_{kl} \int_{jT_f}^{(j+1)T_f} \left(r(t) - \sum_{k=1}^{d+N_p} \hat{y}_k(t) \right) \cdot v(t - jT_f - c_j^{(d)} T_{c, \text{mod}14\text{ied}} - \tau_{dl}) \quad (8)$$

한편, UWB 시스템과 같이 시간 축 상에서 분해 가능한 경로들이 많은 경우에는 ARAKE를 사용하는 것은 시스템의 구성이나 채널 추정으로 인한 복잡도 측면에서 실용적이지 못하다. 수신기의 구조에서 RAKE finger 수에 관한 내용은 대역 확산 시스템을 다루는 많은 논문을 통해 중요한 문제로 다루어져 왔다^{[4]-[6]}. 본 논문에서는 MAI가 제거된 수신 신호에서 선택된 사용자의 데이터 검출을 위해 ARAKE를 사용했던 모든 사용자 간섭제거 기법 (complete IC)과 달리 PRAKE를 이용하여 모든 다중 경로 성분들 중 가장 빠른 L_p^c 개의 경로 성분들을 결합하는 부분 경로 결합 간섭제거 알고리즘 (IC-PRAKE)을 제안한다. 부분 경로 결합 간섭제거 알고리즘에 대한 선택된 사용자의 데이터 검출 방식은 다음과 같이 표현된다.

$$\hat{Z}_d = \sum_{j=1}^{L_p^c} \sum_{k=0}^{N_s-1} \gamma_{kl} \int_{jT_f}^{(j+1)T_f} \hat{r}_d(t) \cdot v(t - jT_f - c_j^{(d)} T_{c, \text{mod}14\text{ied}} - \tau_{dl}) \quad (9)$$

IV. 결과 및 분석

4.1 제안된 간섭제거 수신기의 복잡도 분석

본 논문에서는 [9]에서 분석되어진 방법에 따라 제안된 간섭제거 기법의 복잡도를 분석하게 된다. 복잡도의 계산을 위해 N_u 의 사용자가 다원 접속하는 수신 신호에서 선택된 사용자의 심벌을 검출하기 위해 사용되는 오퍼레이터(ops) 수가 계산되며 각 오퍼레이터는 곱셈기와 덧셈기로 구성된다. 이때 제안된 간섭제거 기법과 일반적인 IRMA 수신기의 복잡도는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} O_{RAKE} &= N_s N_u (2LN_c - 1) \\ O_{\text{complete IC}} &= N_s N_u (N_u - 1) (2N_c (L + L_p) - 1) + 2LN_c - 1, \quad (10) \\ O_{\text{partial user IC}} &= N_s N_u N_p (2N_c (L + L_p) - 1) + 2LN_c - 1 \end{aligned}$$

여기서 N_c 는 펄스 당 샘플 수이며 N_s 는 반복 코드의 길이를 나타낸다. 위 수식을 통해 표 1은 반복 코드를 사용하지 않는 환경 ($N_s=1$)에서 제안된

표 1. 제안된 간섭제거 기법에 따른 수신기의 복잡도 비교

$N_s=1, N_u=20$	Num of ops	E_bN_0 (10^{-3})
partial IC ($N_p=2$)	4.7×10^4	21.6 (dB)
partial IC ($N_p=4$)	9.3×10^4	19.8 (dB)
partial IC ($N_p=6$)	14.0×10^4	19.3 (dB)
complete IC	44.1×10^4	18.7 (dB)

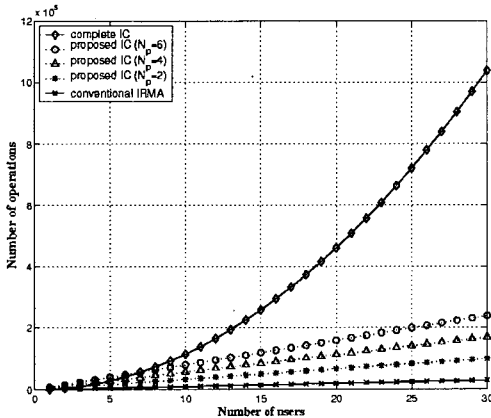


그림 3. 제안된 간섭제거 기법의 사용자 수에 따른 수신기의 복잡도 비교

간섭제거 알고리즘의 복잡도를 비교하고 있다. 분석 결과를 통해 알 수 있듯이 BER 성능에 있어서 부분 사용자 간섭제거 기법 ($N_p=6$)과 모든 사용자 간섭제거 기법의 차이는 0.6dB임에도 불구하고 복잡도의 측면에서는 상당한 차이를 보이고 있다. 또한 그림 3에서 볼 수 있듯이 부분 사용자 간섭제거 기법은 복잡도가 사용자의 수 (N_u)에 선형적으로 증가하는 반면 모든 사용자 간섭제거 기법은 2차함수의 특성을 갖고 증가 하고 있다. 특히 시스템 내에 load가 많을 경우 복잡도의 측면에서 모든 사용자 간섭제거 기법과 부분 사용자 간섭제거 기법은 상당한 차이를 보이고 있음을 확인 할 수 있다. 한편, 부분 사용자 간섭제거 기법은 일반적인 IRMA과 유사한 복잡도를 갖는 환경에서 상당한 성능의 이득을 얻을 수 있음을 확인 할 수 있다.

4.2 모의 실험 결과

모의실험을 위한 환경은 다음과 같다. 전송 펄스 파형은 다음과 같고 0.7ns의 펄스폭을 위하여 파라미터, $\tau = 0.2877ns$ 로 고정한다.

$$p(t) = A_{rx} [1 - 4\pi(t/\tau_n)^2 \exp[-2\pi(t/\tau)^2]] \quad (11)$$

모의실험을 수행하기 위해 IEEE 802.15. SG3a에

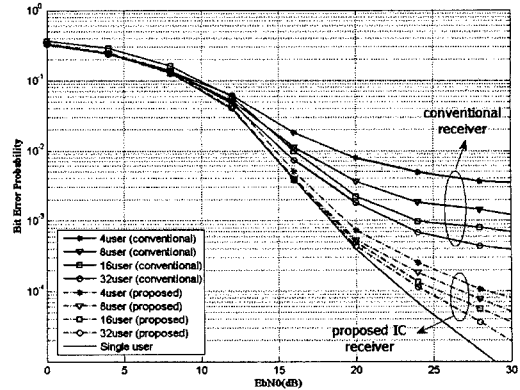


그림 4. 제안된 간섭제거 기법을 이용한 UWB 수신기의 성능 비교 (사용자 수 = 4, 8, 16, 32, $N_s=1, N_h=32$)

서 채택된 수정된 S-V (Saleh-Valenzuela) 모델을 채널로 발생 시켰으며 관련 파라미터를 $\Gamma=30ns, \gamma=5ns, 1/\lambda=2ns, 1/\lambda=0.5ns$ 와 같이 선택하였다^[10]. 심볼 변조는 2-PPM이며 한 프레임은 $N_h=32$ 로 구성되며 100ms의 주기로 반복 된다. 그림 4는 제안된 간섭제거 기법을 적용한 시스템의 성능을 사용자 수가 4, 8, 16, 32로 증가함에 따라 나타내고 있다. 그림 4의 결과를 통해 알 수 있듯이 제안된 수신기법은 사용자의 수의 증가에 관계없이 비교적 일정한 성능을 보임을 알 수 있다. 실험 결과에서 나타난 사용자의 수에 따른 약간의 성능 열화는 한 슬롯 내의 경로 결합만으로 인한 MAI 추정 오류에 의한 결과로 예상된다. 한편 다중 사용자 접속을 위해 랜덤 시간 도약 시퀀스를 사용하기 때문에 시퀀스 간의 충돌에 의해서도 성능의 열화가 발생할 수 있다. 이와 같은 성능의 열화는 충분한 반복 코드 ($N_s \gg 1$)를 사용하여 극복 할 수 있다.

그림 5, 6은 제안된 저 복잡도 간섭제거 기법에 대한 성능을 나타내고 있다. 먼저, 그림 5는 모든 MAI가 제거된 신호의 MRC 결합으로 PRAKE를 사용한 결과이다. PRAKE에서 분해 가능한 모든 경로의 16%, 32%, 64%의 경로만을 결합한 경우에 대해서 도시되었다. 실험을 통해 전체 에너지의 50% 이상을 추출할 수 있을 경우 ARAKE 결합을 한 결과와 유사한 성능을 나타낼 수 있음을 확인할 수 있었다. 한편, 그림 6은 선택된 사용자에게 인접한 양쪽 슬롯을 점유하고 있는 각각 2, 4, 6명에 의한 MAI를 제거한 결과를 나타낸다. 실험 결과를 통해 16명의 다중 사용자가 접속한 환경에서 선택된 사용자에게 인접한 6명의 사용자에게 의한 MAI를 제거한 경우 모든 MAI를 제거한 성능과 유사하게 나타남

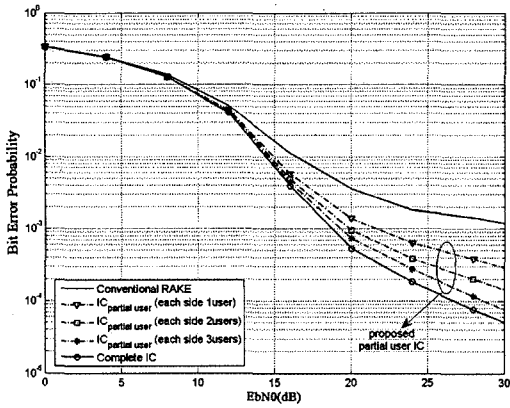


그림 5. 간섭 제거 후 PRAKE 결합기법을 이용한 UWB 수신기의 BER 성능 비교

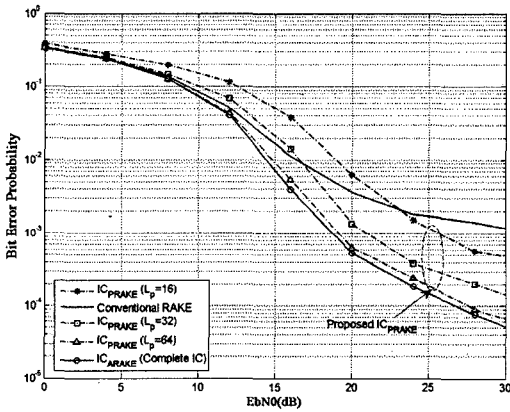


그림 6. 부분 사용자 간섭제거기법을 이용한 UWB 수신기 BER 성능(선택된 사용자에게 인접한 MAI 간섭 제거, $N_s = 1, N_u = 16$)

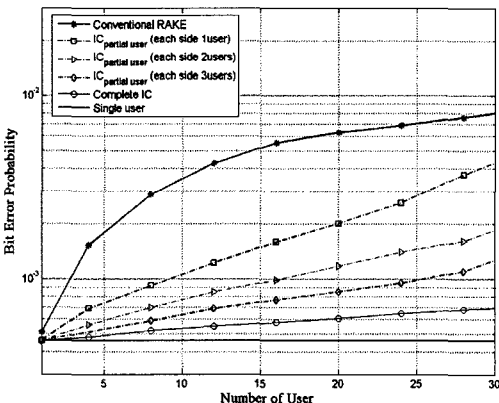


그림 7. 제안된 간섭제거 기법을 이용한 UWB 수신기의 사용자의 수에 따른 BER 성능 ($E_b/N_0 = 20\text{dB}, 1 \leq N_u \leq 30$)

을 확인 할 수 있다. 이를 통해 선택된 사용자에게 인접한 슬롯을 점유한 사용자에게 의한 MAI는 간섭 제거 기법의 성능에 있어서 상당한 영향을 미치는 요

인이 됨을 확인할 수 있다. 마지막으로 그림 7은 본 논문에서 제안된 모든 간섭제거 기법들의 성능의 변화를 $E_b/N_0 = 20\text{dB}$ 의 환경에서 사용자 수의 증가에 따라 살펴본 그림이다.

V. 결론

본 논문에서는 UWB 다중 접속 시스템에서 효율적인 MAI 간섭제거 기법을 제안하였다. 제안된 간섭제거 기법은 기존의 전송 프레임 구조와 다른 변형된 전송모델을 사용하여 PRAKE 수신기 결합기법을 이용하여 간섭신호를 추정하고 이에 대한 MAI를 제거하는 간섭제거 알고리즘을 적용한다. 기존의 IRMA 시스템이 사용자의 수에 따라 심각한 성능의 열화가 발생되었던 것과 달리 제안된 간섭제거 기법을 사용한 수신기는 사용자 수에 관계없이 유사한 성능이 유지되고 있음을 모의실험 결과를 통해 확인 할 수 있었다. 또한 시스템의 복잡도를 줄이기 위하여 간섭 제거 후 신호의 다중 경로의 일부를 결합하는 기법과 선택된 사용자의 인접 사용자의 간섭만을 제거하는 부분 사용자 간섭제거 기법을 제안하였다. 이를 통해 선택된 사용자의 신호 검출에 인접한 사용자에게 의한 MAI가 심각한 영향을 주고 있음을 검증하였으며 한편, 간섭 제거 후의 신호에 대하여 전체 경로 중 50% 이상의 경로만을 결합하는 경우 모든 경로를 결합한 수신기 구조와 유사한 성능을 얻을 수 있음을 실험적으로 확인하였다.

참고 문헌

- [1] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Ultra-wide bandwidth time-hopping spread spectrum impulse radio wireless multiple access communications," *IEEE J. of Selected Areas in Comm*, vol. 48, pp. 679-691, Apr. 2000.
- [2] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "On the robustness of ultra-wide bandwidth signals in dense multipath environments" *IEEE Comm. Lett*, vol. 2, pp. 51-53, Sept. 1998.
- [3] L. Yang and G. B. Giannakis, "Multistage block-spreading for impulse radio multiple access through ISI channels" *IEEE J. of Selected Areas in Comm*, pp. 1767-1777, Dec. 2002.

- [4] J. R. Foerster, "The effects of multipath interference on the performance of UWB systems in an indoor wireless channel" in *Proc. vehicular Technology Conf.* vol. 2, Rhodes Island, Greece, 2001, pp. 1176-1180.
 - [5] C. J. Le Martret and G. B. Giannakis, "All-digital impulse radio with multiuser detection for wireless cellular systems" *IEEE Trans. Communications.*, vol. 50, pp. 1440-1450, Sept. 2002.
 - [6] D. Cassioli, "Performance of low-complexity rake-reception in a realistic UWB channel" in *Proc. of International Conference on Communications*, vol. 2, pp. 763-767, Oct. 2002.
 - [7] A. A. M. Saleh and R. A. Valenzuela, "A statistical model for indoor multipath propagation" *IEEE J. of Selected Areas in Comm*, vol. JSAC-5, pp. 128-137, Feb. 1987
 - [8] Qinghua Li, Rusch, L.A., "Multiuser detection for DS-CDMA UWB in the home environment" *IEEE J. of Selected Areas in communications*, vol. 20, NO 9, pp.1701-1711, Dec. 2002.
 - [9] A. Nahler and R. Irmer, G. Fettweis "Reduced and Differential parallel interference cancellation for CDMA systems," *IEEE J. of Selected Areas Communications*, vol. 20, No.2, pp. 237-247, Feb. 2002.
 - [10] IEEE 802.15 TG3a Channel Modeling Sub-Committee, "Proposed UWB channel model," available at <http://www.ieee802.org/15/pub/TG3>.
-
- 한 승 업 (Seung-youp Han)** 준회원
 2002년 2월 연세대학교 전파공학과 졸업
 2004년 2월 연세대학교 전기전자공학과 석사
 2004년 3월~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
 <관심분야> UWB, 통신신호처리, 동적 자원 할당
-
- 우 중 재 (Choong-chaee Woo)** 준회원
 2000년 8월 순천대학교 전자공학과 졸업
 2002년 8월 연세대학교 전기전자공학과 석사
 2002년 9월~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
 <관심분야> 통신공학, 신호 처리, 기록 시스템
-
- 이 재 구 (Jae-gu Lee)** 준회원
 1983년 2월 연세대학교 전자공학과 학사 졸업
 1985년 2월 연세대학교 전자공학과 석사 졸업
 1994년~현재 연세대학교 전자공학과 박사과정
 <관심분야> 간섭 제거 기술, 동기 추정, 동영상 추적
-
- 홍 대 식 (Dae-sik Hong)** 중신회원
 한국통신학회 논문지 제 21권, 제 8호 참조