

DS-UWB 시스템의 성능 향상 기법

중신회원 박 중 후*

Performance Improvement Techniques for a DS-UWB System

Joong-Hoo Park* *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 시스템의 복잡도를 크게 증가시키지 않으면서 다중사용자 간섭과 다중 경로의 영향을 효과적으로 감소시킬 수 있는 DS-UWB 시스템 수신기를 제안하였다. 기존의 비동기식 DS-UWB 시스템 수신기는 확산코드의 종류와 길이에 따라 성능의 편차가 심하다. 일반적으로 확산코드의 길이가 증가하면 수신기의 성능도 따라서 향상되지만, 다중 경로의 영향을 받는 환경에서는 만족할만한 성능 향상을 도모할 수 없다. 제안된 수신기는 다중 사용자 다중 경로 페이딩 환경에서도 다중 경로의 영향을 효과적으로 제거할 수 있음을 여러 가지 컴퓨터 모의실험을 통해서 확인할 수 있었다. 또한 같은 조건에서 기존의 수신기에 비해 사용자수를 크게 증가시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

Key Words : DS-UWB 시스템, 모노 싸이클 펄스, RAKE 수신기, 확산코드

ABSTRACT

In this paper, a new receiver with low complexity for a DS-UWB system which can eliminate efficiently the multiple access interference and the detrimental effects caused by multi-paths is proposed. The performance of conventional DS-UWB receivers depends greatly on the types and lengths of spreading codes. Generally, as the length of spreading codes increases, the receiver performance improves. But, the receiver performance does not improve satisfactorily in a multi-paths fading environment. Through computer simulations, it can be shown that the proposed DS-UWB receiver eliminate the multi-paths effects efficiently in a multi-user, multi-paths fading environment, and the user capacity can be increased dramatically using the proposed receiver.

I. 서 론

오늘날 이동통신 분야에서는 한정된 주파수 자원을 효율적으로 이용할 수 있는 통신 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. UWB(Ultra-Wideband) 통신 시스템은 기존의 통신 시스템과 주파수 대역을 공유할 수 있기 때문에 이에 대한 관심이 고조되고 있다. UWB 시스템은 3.1GHz-10.6GHz의 주파수 대역을 사용하여 100Mbps를 넘는 데이터를 전송할 수 있는 통신 시스템으로, 요구되는 전송 대역폭은

500MHz에서 7.5GHz이다^[1]. UWB 시스템에서는 반송파를 사용하지 않고, 지속 시간이 ns에서 수백 ps 인 극히 짧은 간격의 펄스를 사용하여 데이터를 전송하기 때문에 저전력으로 많은 양의 데이터를 전송할 수 있다. UWB 시스템은 GPS(Global Positioning System)나 WLAN(Wireless Local Area Network)과 같은 협대역 이동 통신 시스템과 주파수 대역을 공유하기 때문에 기존의 협대역 통신 시스템과의 전파 간섭을 줄일 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다. UWB 시스템은 WPAN(Wireless Personal Area Network),

* 본 연구는 한국과학기술원 특정기초연구 (R01-2005-000-10134-0) 지원으로 수행되었음.

* 한양대학교 전자컴퓨터공학부 이동통신시스템 연구실 (jhpark1@hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-02-079, 접수일자 : 2006년 2월 14일, 최종논문접수일자 : 2006년 7월 11일

센서 네트워크, 이동 레이더 시스템 등에 적용할 수 있다. 현재 제안되어 있는 UWB 통신 시스템은 크게 3가지 방식이 있다. 우선 다중사용자 간섭을 줄이기 위해 사용자별로 서로 다른 시간대에 데이터를 전송하는 방식으로서, PPM(Pulse Position Modulation)과 PAM(Pulse Amplitude Modulation), 등의 변조 방식을 채택하는 TH-UWB 시스템이 있다. 또한, 각각의 사용자에게 서로 다른 확산코드를 할당하여 매 시간마다 펄스를 전송하는 DS-UWB 시스템이 있다. 마지막으로 OFDM 방식을 접목한 MC-UWB 시스템이 제안되어 있다²⁾.

다중사용자 다중 경로 페이딩 환경에서 여러 가지 UWB 시스템에 대한 성능 개선 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다³⁻⁵⁾. DS-UWB 시스템의 경우에는 확산코드를 사용하기 때문에 확산코드의 설계 방식에 따라 시스템의 성능이 크게 영향을 받을 수 있다. 일반적으로 DS-UWB 시스템에서는 확산코드의 길이가 증가함에 따라 시스템의 성능이 향상되는데, 이것은 다중사용자 간섭을 감소시킴에 의해 얻어지는 이득이며, 다중 경로의 영향을 효과적으로 제거하는 데는 크게 기여하지 못하고 있다⁶⁾. 본 논문에서는 시스템의 복잡도를 크게 증가시키지 않으면서 다중사용자 간섭과 다중 경로의 영향을 효과적으로 감소시킬 수 있는 DS-UWB 시스템 수신기를 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 DS-UWB 시스템의 성능 개선 방안을 고찰한다. 3장에서는 2장에서 언급된 시스템들의 성능을 컴퓨터 모의실험을 통해 평가하고, 기존의 시스템들과 비교한다. 마지막으로 4장에서 결론을 내린다.

II. DS-UWB 시스템의 성능 개선 방안

PSK 변조방식을 채택하는 DS-PSK UWB 시스템에서는 한 프레임 구간 동안에 연속적인 모노 싸이클 펄스를 전송한다. DS-PSK UWB 시스템에서 데이터 확산부호 발생기에서 발생하는 k 번째 사용자의 출력 $s_k(t)$ 는 (1)식과 같이 나타내어진다⁷⁾.

$$s_k(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} b_i^{(k)} c_j(t) w(t - iT_f - jT_c) \quad (1)$$

여기서 $b_i^{(k)}$ 는 k 번째 사용자의 i 번째 데이터를 의미하며, $c_j(t)$ 는 j 번째 칩이 $M_j^{(k)}$ 인 (2)식과 같이 표

현되는 k 번째 사용자의 확산코드이다.

$$c_k(t) = \sum_{j=0}^{N_s-1} M_j^{(k)} p(t - jT_c) \quad (2)$$

여기서 $p(t)$ 는 0에서 T_c 동안 그 값이 1로 주어지는 단위 사각펄스(unit rectangular pulse)이다. 또한 $w(t)$ 는 (3)식과 같이 주어지는 모노 싸이클 펄스이다⁷⁾.

$$w(t) = \left[1 - 4\pi \left(\frac{t - \tau}{t_m} \right)^2 \right] e^{-2\pi((t-\tau)/t_m)^2} \quad (3)$$

마지막으로 N_s 는 심볼당 반복적으로 전송되는 프레임의 개수이고, T_f 는 프레임의 길이이며, T_c 는 칩 구간이다. 참고로 $T_f = N_s T_c$ 이다. 그림 1은 비동기식 DS-PSK UWB 시스템 송신단의 블록도이다.

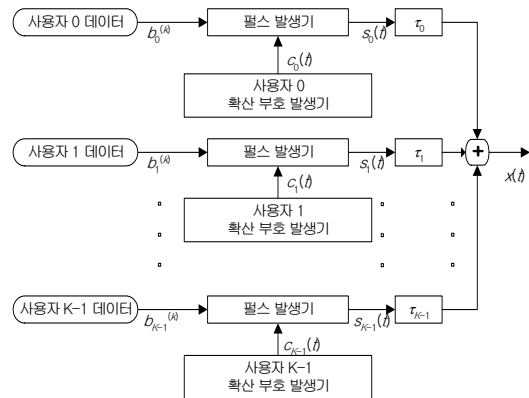


그림 1. 비동기식 DS-PSK UWB 시스템의 송신단

비동기식 다중사용자 환경에서의 전송 신호는 (4)식과 같다.

$$x(t) = \sum_{k=0}^{K-1} s_k(t - \tau_k) = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} b_i^{(k)} c_j(t - \tau_k) w(t - \tau_k - iT_f - jT_c) \quad (4)$$

여기서 K 는 사용자수이며, τ_k 는 k 번째 사용자의 지연 시간이다. 이 신호가 다중경로 채널을 통과한 후 수신단에 수신되면 (5)식과 같이 표현되어진다.

$$r(t) = x(t) * h(t) + \eta(t) \quad (5)$$

여기서 $h(t)$ 는 (6)식과 같이 L 개의 다중 경로를 가지고, 각각의 경로의 이득과 시간 지연이 각각 α_m, Δ_m 으로 주어지는 다중경로 채널의 임펄스 응답이고, $\eta(t)$ 는 백색 가우시안 잡음을 나타낸다.

$$h(t) = \sum_{m=0}^{L-1} \alpha_m \delta(t - \Delta_m) \quad (6)$$

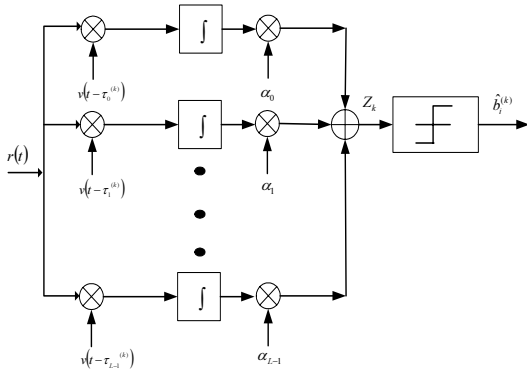


그림 2. k번째 사용자를 위한 DS-PSK UWB 시스템의 수신단

수신단은 그림 2와 같은 RAKE 수신기를 사용한다. 수신단의 상관기에서는 각 사용자의 확산코드를 안다고 가정할 때 각 사용자의 확산코드를 사용하여 송신된 신호를 복원할 수 있다. 이 과정을 자세히 살펴보기로 하자. 편의상 k 번째 사용자의 첫번째 데이터를 복원하는 과정에 대해서 살펴보자. 수신된 신호 $r(t)$ 는 그림 2에 표시된 상관기를 통과하는데, (7)식과 같이 모노 싸이클 펄스를 기준신호로 사용한다.

$$v(t) = w(t) \quad (7)$$

MRC(Maximal-Ratio Combining) 기법을 사용하는 경우에 상관기의 출력은 다음 식과 같이 표시된다.

$$Z_k = \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_l \sum_{j=0}^{N_c-1} \int_{jT_c + \tau_l^{(k)}}^{(j+1)T_c + \tau_l^{(k)}} r(t) c_k(t - \tau_l^{(k)}) \times v(t - \tau_l^{(k)} - jT_c) dt \quad (8)$$

여기서 $\tau_l^{(k)} = \tau_k + \Delta_l$ 이다. (5)식과 (6)식을 이용하여 (8)식을 전개하면, (9)식을 얻을 수 있다.

$$Z_k = \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_l \sum_{j=0}^{N_c-1} \int_{jT_c + \tau_l^{(k)}}^{(j+1)T_c + \tau_l^{(k)}} \left[\sum_{m=0}^{L-1} \alpha_m \sum_{p=0}^{K-1} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{q=0}^{N_c-1} b_i^{(p)} \times c_p(t - \tau_m^{(p)}) w(t - \tau_m^{(p)} - iT_f - qT_c) + \eta(t) \right] \times c_k(t - \tau_l^{(k)}) w(t - \tau_l^{(k)} - jT_c) dt \quad (9)$$

여기서 지연 시간을 $\tau_l^{(k)} = nT_c$, n : 정수로 설정하면, $w(t)$ 의 영향을 제거할 수 있으므로 (9)식은 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$Z_k = \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_l \sum_{p=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{L-1} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \alpha_m b_i^{(p)} \sum_{j=0}^{N_c-1} \int_{jT_c + \tau_l^{(k)}}^{(j+1)T_c + \tau_l^{(k)}} c_p(t - \tau_m^{(p)}) \times c_k(t - \tau_l^{(k)}) dt + \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_l \sum_{j=0}^{N_c-1} \int_{jT_c + \tau_l^{(k)}}^{(j+1)T_c + \tau_l^{(k)}} \eta(t) c_k(t - \tau_l^{(k)}) \times w(t - \tau_l^{(k)} - jT_c) dt \quad (10)$$

기존의 수신기에서는 Z_k 를 이용하여 (11)식과 같이 k 번째 사용자의 첫 번째 데이터를 복원한다.

$$\hat{b}_0^{(k)} = \text{sgn} [Z_k] \quad (11)$$

즉, Z_k 가 0보다 크면 $\hat{b}_0^{(k)} = 1$ 로 판정하고, 0보다 작으면 $\hat{b}_0^{(k)} = 0$ 으로 판정한다. 이 경우에는 다른 사용자들의 간섭 성분 때문에 좋은 성능을 보장할 수 없다.

다음에는 DS-PSK UWB 시스템의 성능을 개선시킬 수 있는 방법에 대해 생각해 보자. 먼저 (10)식을 (12)식과 같이 다중 경로 성분으로 구분하여 표시하자.

$$Z_k = \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_l Z_{k,l} \quad (12)$$

여기서 $Z_{k,l}$ 은 (13)식과 같이 주어지는 1번째 다중 경로 성분이다.

$$Z_{k,l} = \sum_{p=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{L-1} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \alpha_m b_i^{(p)} \sum_{j=0}^{N_c-1} \int_{jT_c + \tau_l^{(k)}}^{(j+1)T_c + \tau_l^{(k)}} c_p(t - \tau_m^{(p)}) \times c_k(t - \tau_l^{(k)}) dt + N_{k,l} \quad (13)$$

위 식에서 $N_{k,l}$ 은 (14)식과 같이 주어지는 가우시안 잡음 성분이다.

$$N_{k,l} = \sum_{j=0}^{N_c-1} \int_{jT_c + \tau_l^{(k)}}^{(j+1)T_c + \tau_l^{(k)}} \eta(t) c_k(t - \tau_l^{(k)}) w(t - \tau_l^{(k)} - jT_c) dt \quad (14)$$

(13)식으로 주어지는 다중 경로 성분 $Z_{k,l}$ 은 $\tau_l^{(k)}$ 와 $\tau_m^{(p)}$ 의 관계에 따라 아래와 같이 구분하여 표시할 수 있다^[8]. 즉 $\tau_{l,m}^{(k,p)} = \tau_l^{(k)} - \tau_m^{(p)} > 0$ 이면

$$Z_{k,l} = \sum_{p=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{L-1} \alpha_m \left\{ b_0^{(p)} \int_{\tau_{l,m}^{(k,p)}}^{\tau_f} c_p(t) c_k(t - \tau_{l,m}^{(k,p)}) dt + b_1^{(p)} \int_0^{\tau_{l,m}^{(k,p)}} c_p(t) c_k(t + T_f - \tau_{l,m}^{(k,p)}) dt \right\} \quad (15)$$

이고, $\tau_{m,l}^{(p,k)} = \tau_m^{(p)} - \tau_l^{(k)} > 0$ 이면

$$Z_{k,l} = \sum_{p=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{L-1} \alpha_m \left\{ b_{-1}^{(p)} \int_0^{\tau_{m,l}^{(p,k)}} c_p(t + T_f - \tau_{m,l}^{(p,k)}) c_k(t) dt + b_0^{(p)} \int_{\tau_{m,l}^{(p,k)}}^{T_f} c_p(t - \tau_{m,l}^{(p,k)}) c_k(t) dt \right\} \quad (16)$$

이다. 위에서 전개한 식을 모든 사용자의 i 번째 데이터에 적용하기 위해서 다음과 같이 행렬-벡터식을 도입하자. 편의상 Z_k 를 k 번째 사용자의 i 번째 데이터를 복원하는데 사용하는 판단변수라고 하자. 또한 정합필터의 출력벡터를

$$\mathbf{Z} = [Z_0 \quad Z_1 \quad \dots \quad Z_{K-1}]^T, \quad (17)$$

상호상관 행렬을

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{i-1}^{(0,0)} & \dots & r_{i-1}^{(0,K-1)} & r_i^{(0,0)} & \dots & r_i^{(0,K-1)} \\ r_{i-1}^{(1,0)} & \dots & r_{i-1}^{(1,K-1)} & r_i^{(1,0)} & \dots & r_i^{(1,K-1)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i-1}^{(K-1,0)} & \dots & r_{i-1}^{(K-1,K-1)} & r_i^{(K-1,0)} & \dots & r_i^{(K-1,K-1)} \\ r_{i+1}^{(0,0)} & \dots & r_{i+1}^{(0,K-1)} \\ r_{i+1}^{(1,0)} & \dots & r_{i+1}^{(1,K-1)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i+1}^{(K-1,0)} & \dots & r_{i+1}^{(K-1,K-1)} \end{bmatrix} \quad (18)$$

데이터 시퀀스 벡터를

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_{i-1}^{(0)} & \dots & b_{i-1}^{(K-1)} & b_i^{(0)} & \dots \\ b_i^{(K-1)} & b_{i+1}^{(0)} & \dots & b_{i+1}^{(K-1)} \end{bmatrix}^T \quad (19)$$

잡음 벡터를

$$\mathbf{N} = [N_0 \quad N_1 \quad \dots \quad N_{K-1}]^T \quad (20)$$

라고 정의한다. 그러면 모든 사용자의 판단변수들을 위에서 정의한 행렬과 벡터들을 이용하여 (21)식과 같이 표현할 수 있다.

$$\mathbf{Z} = \mathbf{RB} + \mathbf{N}. \quad (21)$$

상호상관 행렬 \mathbf{R} 의 역행렬 \mathbf{R}^{-1} 를 구해서 판단변수 벡터 \mathbf{Z} 에 적용하면 (22)식과 같이 새로운 판단변수 $\tilde{\mathbf{Z}}$ 를 얻을 수 있다.

$$\tilde{\mathbf{Z}} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{Z} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{RB} + \mathbf{R}^{-1} \mathbf{N} \quad (22)$$

이렇게 해서 얻어진 새로운 판단변수 $\tilde{\mathbf{Z}}$ 를 사용

하여 전송된 데이터를 복원한다면 수신기의 성능을 개선시킬 수 있다.

다음으로 여러 가지 통신 환경에서 (18)식으로 표현된 상호상관 행렬 \mathbf{R} 의 구성 원소들을 구해 보자. AWGN 환경에서는

$$r(t) = x(t) + \eta(t) \quad (23)$$

이기 때문에 상호상관 행렬 \mathbf{R} 의 구성 원소들은 사용자들의 지연 시간에 따라 다음과 같이 주어진다. 복원해야 하는 신호인 k ($k = 0, 1, \dots, K-1$)번째 사용자 신호의 지연 시간 τ_k 가 τ_p 보다 작으면, 즉, $\tau_k < \tau_p$, $p = 0, 1, \dots, K-1$ 이면, 상호상관 행렬 \mathbf{R} 의 구성 원소들인 $r_{i-1}^{(k,p)}$, $r_i^{(k,p)}$, $r_{i+1}^{(k,p)}$ 은 (24)식과 같이 주어진다 [9].

$$r_{i-1}^{(k,p)} = \int_{\tau_k}^{\tau_p} c_k(t - \tau_k) c_p(t - \tau_p) dt \quad (24a)$$

$$r_i^{(k,p)} = \int_{\tau_p}^{T_f + \tau_k} c_k(t - \tau_k) c_p(t - \tau_p) dt \quad (24b)$$

$$r_{i+1}^{(k,p)} = 0 \quad (24c)$$

반면에 $\tau_k > \tau_p$, $p = 0, 1, \dots, K-1$ 이면, 상호상관 행렬 \mathbf{R} 의 구성 원소들인 $r_{i-1}^{(k,p)}$, $r_i^{(k,p)}$, $r_{i+1}^{(k,p)}$ 은 (25)식과 같이 주어진다 [9].

$$r_{i-1}^{(k,p)} = 0 \quad (25a)$$

$$r_i^{(k,p)} = \int_{\tau_k}^{T_f + \tau_p} c_k(t - \tau_k) c_p(t - \tau_p) dt \quad (25b)$$

$$r_{i+1}^{(k,p)} = \int_{T_f + \tau_p}^{T_f + \tau_k} c_k(t - \tau_k) c_p(t - \tau_p) dt \quad (25c)$$

다중 사용자 다중 경로 페이딩 환경에서 상호상관 행렬 \mathbf{R} 의 구성 원소들을 구해 보자. 이 경우에는 상호상관 행렬 \mathbf{R} 의 구성 원소들인 $r_{i-1}^{(k,p)}$, $r_i^{(k,p)}$, $r_{i+1}^{(k,p)}$ 은 (26)식과 같이 주어진다 [8].

$$r_{i-1}^{(k,p)} = \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_l^{(k)} \sum_{m=0}^{L-1} \alpha_m^{(p)} F_1^{(k,p)}(\tau_{m,l}^{(p,k)}) \quad (26a)$$

$$r_i^{(k,p)} = \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_l^{(k)} \sum_{m=0}^{L-1} \alpha_m^{(p)} F_2^{(k,p)}(\tau_{l,m}^{(k,p)}) \quad (26b)$$

$$r_{i+1}^{(k,p)} = \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_l^{(k)} \sum_{m=0}^{L-1} \alpha_m^{(p)} F_3^{(k,p)}(\tau_{l,m}^{(k,p)}) \quad (26c)$$

여기서 $F_1^{(k,p)}(\tau), F_2^{(k,p)}(\tau), F_3^{(k,p)}(\tau)$ 는 각각 다음 식과 같이 정의되는 함수이다.

$$F_1^{(k,p)}(\tau) = \begin{cases} \int_0^\tau c_p(t+T_f-\tau)c_k(t)dt, & \tau > 0 \\ 0, & \tau \leq 0 \end{cases} \quad (27)$$

$$F_2^{(k,p)}(\tau) = \begin{cases} \int_\tau^{T_f} c_p(t)c_k(t-\tau)dt, & \tau > 0 \\ \int_{-\tau}^{T_f} c_k(t)c_p(t-(-\tau))dt, & \tau \leq 0 \end{cases} \quad (28)$$

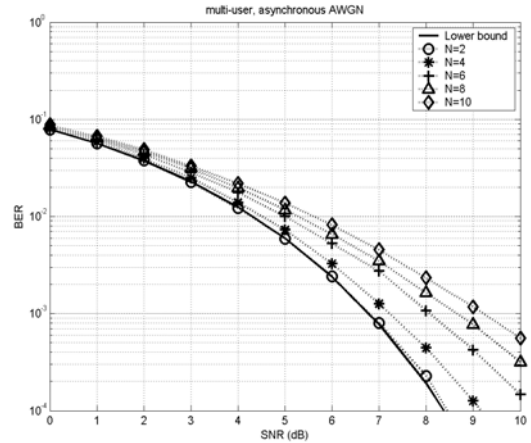
$$F_3^{(k,p)}(\tau) = \begin{cases} \int_0^\tau c_k(t+T_f-\tau)c_p(t)dt, & \tau > 0 \\ 0, & \tau \leq 0 \end{cases} \quad (29)$$

III. 실험 결과

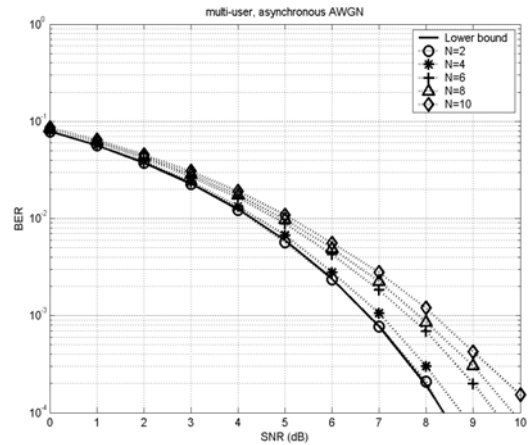
II장에서 제안된 DS-PSK UWB 시스템 수신기의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의실험을 실시하였다. 1,000,000개의 데이터를 전송하여 BER 성능을 평가한다. 사용자수는 1명에서 10명까지 변화시키고, SNR은 0dB에서 20dB까지 변화시킨다. 다중 경로 페이딩 채널은 2개의 경로를 갖는 레일리 페이딩 채널이며, 각각의 경로의 전력은 동일하게 설정한다. 두 번째 경로의 지연 시간은 첫 번째 경로를 기준으로 해서 4칩까지 변화시킨다. (3)식으로 주어진 모노 사이클 펄스에서 $t_m = 0.25ns, \tau = 0.5ns$ 로 설정한다. 확산코드로는 길이가 32인 직교 Gold 코드를 사용한다.

그림 3은 AWGN 환경에서 수신기의 성능을 평가한 것이다. 사용자수를 1명에서 10명까지 변화시키고 SNR은 0dB에서 10dB까지 변화시키면서 실험을 하였다. 그림 3(a), (b)에는 사용자수가 2명, 4명, 6명, 8명, 10명인 경우의 수신기 성능을 표시하였다. 그림 3(c)에는 사용자수가 6명, 8명, 10명인 경우에 수신기들의 성능을 비교하여 도시하였다. 그림 3(c)를 보면 새로 설계한 수신기의 경우에는 사용자수가 10명인 경우의 성능이 기존 수신기에서 사용자수가 6명인 경우의 성능과 유사함을 알 수 있다.

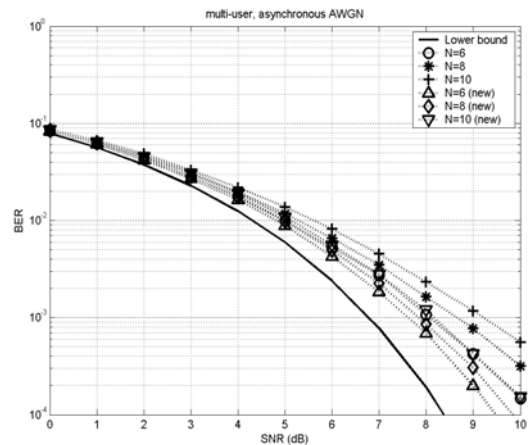
그림 4와 그림 5는 다중사용자 다중 경로 환경에서 다중 경로간의 경로차를 달리 하면서 수신기들의 성능을 분석한 것이다. 사용자수는 1명에서 5명까지 변화시키고, SNR은 0dB에서 20dB까지 변화시키면서 실험을 하였다.



(a) AWGN 환경에서의 기존의 수신기의 성능 평가

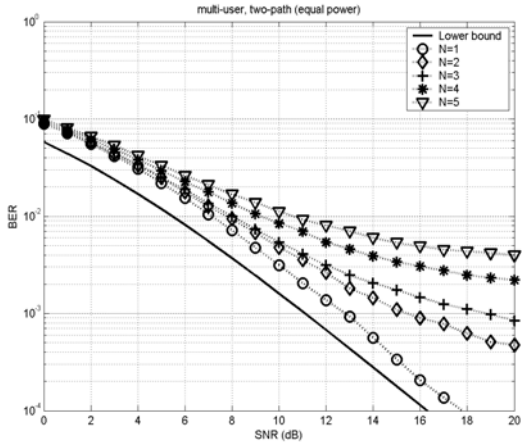


(b) AWGN 환경에서의 새로운 수신기의 성능 평가

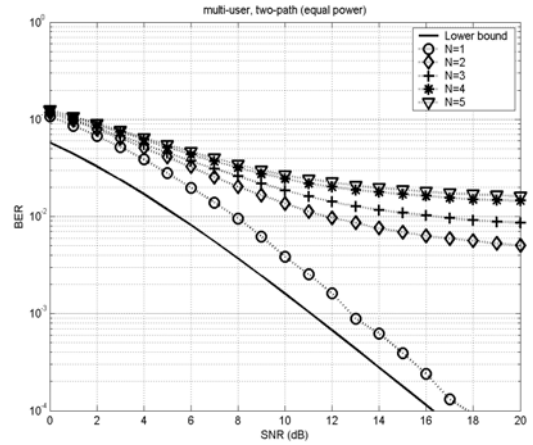


(c) AWGN 환경에서의 수신기의 성능 비교

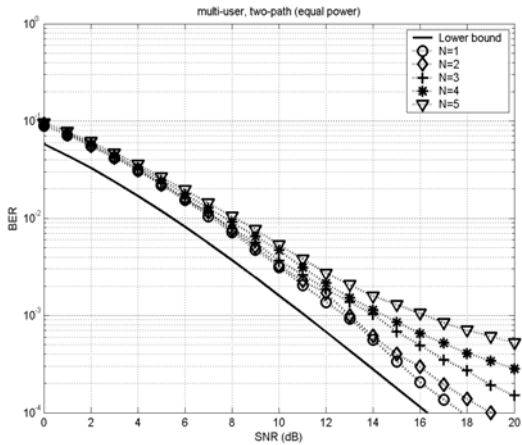
그림 3. AWGN 환경에서의 수신기들의 성능 분석



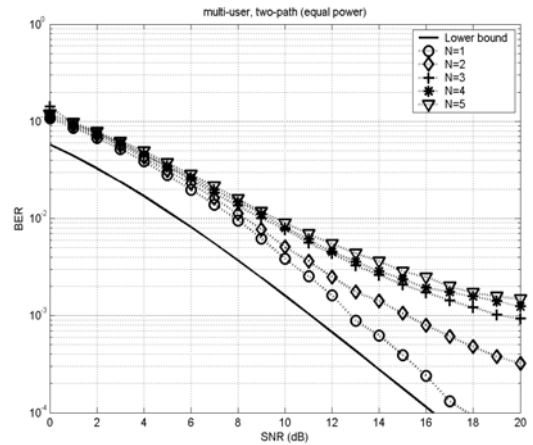
(a) 경로차가 2Tc인 경우 기존의 수신기의 성능 평가



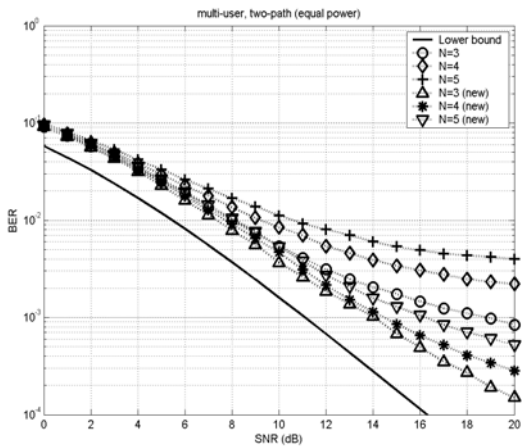
(a) 경로차가 4Tc인 경우 기존의 수신기의 성능 평가



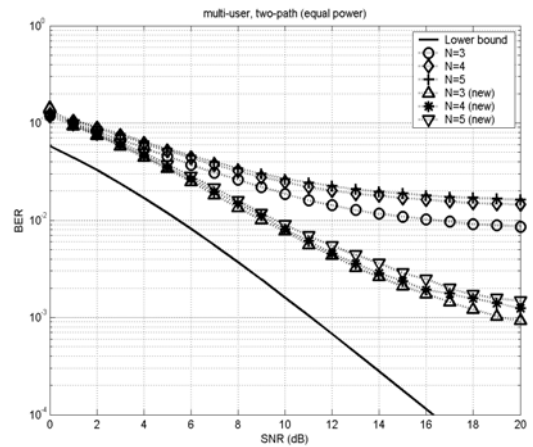
(b) 경로차가 2Tc인 경우 새로운 수신기의 성능 평가



(b) 경로차가 4Tc인 경우 새로운 수신기의 성능 평가



(c) 경로차가 2Tc인 경우의 수신기의 성능 비교



(c) 경로차가 4Tc인 경우 수신기의 성능 비교

그림 4. 다중 경로 환경에서 경로차가 2Tc인 경우의 수신기들의 성능 분석

그림 5. 다중 경로 환경에서 경로차가 4Tc인 경우의 수신기들의 성능 분석

그림 4는 경로차가 $2T_c$ 인 경우에 수신기들의 성능을 분석한 결과이다. 그림 4(a)를 보면 기존의 수신기에서는 다중 경로의 영향으로 사용자수가 증가함에 따라 error floor가 나타나는 것을 관찰할 수 있다. 그림 4(c)에서는 사용자수가 3명, 4명, 5명인 경우에 수신기의 성능을 비교하였다. 그림 4(c)에서 볼 수 있듯이 새로 설계한 수신기의 경우에 사용자수가 5명인 경우의 성능이 기존의 수신기에서 사용자수가 3명인 경우의 성능보다 좋음을 알 수 있다.

그림 5는 경로차가 $4T_c$ 인 경우에 수신기들의 성능을 분석한 결과이다. 그림 4에서의 결과와 비교하면 경로차가 증가함에 따라 수신기들의 성능이 나빠지는 것을 관찰할 수 있다. 또한 새로 설계한 수신기의 성능이 기존의 수신기의 성능에 비해 월등히 좋음을 확인할 수 있다. 이상의 결과로부터 새로 설계한 수신기는 다중 경로의 영향에 강한 면모를 보이고 있음을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 시스템의 복잡도를 크게 증가시키지 않으면서 다중사용자 간섭과 다중 경로의 영향을 효과적으로 감소시킬 수 있는 DS-UWB 시스템 수신기를 제안하였다. 기존의 비동기식 DS-UWB 시스템 수신기는 확산코드의 종류와 길이에 따라 성능의 편차가 심하다. 일반적으로 확산코드의 길이가 증가하면 수신기의 성능도 따라서 향상되지만, 다중 경로의 영향을 받는 환경에서는 만족할만한 성능 향상을 도모할 수 없다. 본 논문에서 제안된 수신기는 다중 사용자 다중 경로 페이딩 환경에서도 다중 경로의 영향을 효과적으로 제거할 수 있음을 여러 가지 컴퓨터 모의실험을 통해서 확인할 수 있었다. 또한 같은 조건에서 기존의 수신기에 비해 사용자수를 크게 증가시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Domenico Porcino and Walter Hirt, "Ultra-Wideband Radio Technology: Potential and Challenges Ahead," IEEE Commun. Mag., pp.66-74, July 2003.
- [2] Linqing Yang and Georgios B. Giannakis, "Ultra-Wideband Communications: An Idea Whose Time Has Come," IEEE Signal Proc. Mag., pp.26-54, November 2004.
- [3] William M. Lovelace and J. Keith Townsend, "The Effects of Timing Jitter and Tracking on the Performance of Impulse Radio," IEEE Jourl. Selected Areas Commun., vol.20, no.9, pp.1646-1651, December 2002.
- [4] John D. Choi and Wayne E. Stark, "Performance of Ultra-Wideband Communications with Suboptimal Receivers in Multipath Channels," IEEE Jourl. Selected Areas Commun., vol.20, no.9, pp.1754-1766, December 2002.
- [5] Fernando Ramirez-Mireles, "On the Performance of Ultra-Wide-Band Signals in Gaussian Noise and Dense Multipath," IEEE Trans. Vehicular Tech., vol.50, no.1, pp.244-249, January 2001.
- [6] Jeffrey R. Foerster, "The Performance of a Direct-Sequence Spread Ultra-Wideband System in the Presence of Multipath, Narrowband Interference, and Multiuser Interference," Proc. of IEEE Conf. on Ultra Wideband Systems and Technologies (UWBST), pp.87-91, 2002.
- [7] Maria-Gabriella Di Benedetto and Guerino Giancola, Understanding Ultra Wide Band Radio Fundamentals, Prentice Hall, 2004.
- [8] Joong-Hoo Park and William H. Tranter, "Pseudo-Decorrelating Multiuser Receivers for Asynchronous Code Division Multiple Access (CDMA) Systems in a Rayleigh Fading Environment," IEICE Trans. Commun., vol.E82-B, no.5, pp.721-730, May 1999.
- [9] Joong-Hoo Park and William H. Tranter, "Pseudo-Decorrelating Multiuser Receivers for Asynchronous Code Division Multiple Access (CDMA) Systems," IEICE Trans. Commun., vol.E81-B, no.11, pp.2197-2204, November 1998.

