

다중 사용자 환경에서 무선광대역 시스템의 시간도약 순열을 이용한 반복 부호의 복호화 기법

민승욱^{1*}

¹상명대학교 컴퓨터과학과

Decoding Method of Repetition Pulses Using Time-Hopping Sequence for UWB-IR in Multi User Environments

Seungwook Min^{1*}

¹Department of Computer Science, Sangmyung University

요 약 광대역통신 시스템에서 사용되는 시간도약 기법은 다중경로 페이딩을 완화시키고, 여러 사용자의 다중 접속 기회를 제공하기 위하여 사용된다. 짧은 시간 동안의 펄스를 전송하는 광대역신호의 경우 다중경로 페이딩을 극복하고, 신뢰성 있는 통신을 위하여, 하나의 비트 시간 동안에 동일한 펄스를 반복되게 전송한다. 제안하는 복호화 기법은 다중 사용자 환경에서 두 개 이상의 펄스가 다중경로 페이딩에 의해서 프레임간 혹은 심볼간 간섭을 일으키는 프레임 내에서 시간도약 부호에 따라 결정되는 펄스간의 간격을 이용하여 반복 전송된 신호의 복호화 성능을 개선시키는 기법이다. 모의실험을 통하여, 단일 사용자 환경에서 BER=10⁻³에서 0.5dB 정도의 이득을 얻는 것으로 나타났다. 다중 사용자 환경에서도 시간도약 부호의 특성을 이용한 방식의 복호화 성능이 기존 방식에 비하여 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다.

Abstract Hopping sequences of Time Hopped Ultra Wideband Impulse Radio (TH-UWB-IR) system are to mitigate multipath fading and to provide the multiple access chances for multi users. For the reliable communications, the same pulses are repeatedly transmitted for a bit duration based on hopping sequences. The proposed decoding scheme utilizes the intervals of inter-codes in a frame where the short interval between two pulses leads to the large interference by the multipath fading. For a single user case, the proposed method obtains 0.5dB gain over the conventional method at BER=10⁻³. Decoding performance of repeated pulses can be increased using the property of the hopping sequences of multi users.

Key Words : interframe interference (IFI), inter-symbol interference (ISI), multi-user, time-hopping, UWB (ultrawide band)

1. 서론

광대역 무선 통신 시스템은 다중 접속을 통하여 동일한 광대역 신호채널에서 다중 사용자들의 통신을 가능하게 하여 준다[1,2]. IEEE 802.15.3 에서 논의되고 있는 무선 임펄스 (impulse radio)를 이용한 광대역 통신 (ultra-wideband impulse radio)에서 시간도약 (time-hopping)

부호 방식은 보편적인 다중 접속 중의 하나이다[3,4]. 다중사용자들의 전송 시의 충돌 (collision)을 최소화하기 위한 효과적인 시간도약부호에 대한 연구도 이루어졌다 [5-7]. 시간도약 부호가 사용되는 경우, 서로 다른 사용자가 같은 시간구간에 전송할 때 발생하는 충돌뿐만 아니라 채널의 다중경로 페이딩에 의한 지연확산의 영향으로 일정구간의 무충돌 구간 (zero-hit zone)이 있는 시간도약

본 논문은 상명대학교 2012학년도 일반연구기관 선발과제 연구비를 지원받아 수행되었음.

*Corresponding Author : Seungwook Min(Sangmyung Univ.)

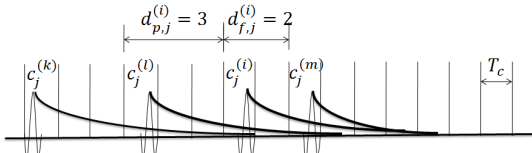
Tel: +82-2-2287-5339 email: swmin@smu.ac.kr

Received September 23, 2013 Revised October 9, 2013 Accepted October 10, 2013

부호의 연구도 이루어졌다[4]. 시간도약 광대역 무선통신 시스템에서 널리 사용되는 채널모델[8]은 지연확산이 100 nsec 까지 발생하며, 이 구간 동안 심볼간 간섭 (inter symbol interference) 혹은 프레임간 간섭 (inter frame interference) 없이 전송하기 위해서는 전체 시스템의 전송속도가 제한될 수 있다.

무선임펄스를 이용한 시간도약 광대역 (time hopped ultra wideband impulse radio) 시스템에서, 다중경로 페이딩이 존재하는 채널을 통하여 신뢰성 있는 통신을 하기 위하여, 같은 코드를 비트 시간 동안에 반복하여 전송하므로써 성능을 개선시키는 방법이 사용된다[2]. 다중 사용자 환경에서, 각각의 펄스는 Fig. 1에서 같이 개별 사용자의 시간도약 부호에 따라 전송되며, 이때 전송된 펄스는 펄스간의 간격에 따라 다중 사용자 간섭의 영향을 받는다. 중앙집중식(centralized) UWB 시스템에서, 기지국 (base stations 혹은 sinks)은 다중 사용자로부터 데이터를 수신하기 위하여 시간도약부호의 정보를 알고 있는 것으로 가정한다.

Fig. 1에서는 하나의 프레임에 4명의 사용자가 있는 경우이다. i 번째 사용자를 수신할 때, 사용자 k, l, m 은 사용자 i 에게는 간섭으로 작용한다. 프레임 내의 펄스는 식 (2)의 가우시안 펄스이고, 굵은 선으로 표시한 것은 채널 환경의 지연확산이 다른 사용자의 펄스에 간섭을 일으키는 상황을 표시한 것이다. 세로선은 칩구간을 나타내는 것이다. 부호에 대한 자세한 설명은 뒤에 나오는 수식에서 이루어진다.



[Fig. 1] Illustration of multi-user interference under multi-user environments

[Table 1] List of Key Variables

Notation	Definition
T_s	symbol time duration
T_c	chip time duration
$c_j^{(i)}$	time-hopping code for j th frame and user i
$a_j^{(i)}$	transmitted binary value for j th frame and user i
δ	time shift for pulse position modulation
N_h	the number of chips in a frame

N_u	the number of users
T_b	bit duration time
N_s	the number of the repeated pulses
$g(d)$	cost function for the distance between two pulses
$d_{p,j}^{(i)}$	distance between the previous pulse and the current pulse for j th frame and user i
$d_{f,j}^{(i)}$	distance between the current pulse and the following pulse for j th frame and user i

2. 본론

2.1 시스템 모델

2.1.1 표시법 정리

본 논문에서 사용된 기호들의 표시법을 Table 1에 정리하였다.

2.1.1 신호 모델

이진 펄스위치변조 시간도약 다중접속 (pulse position modulation time-hopped multiple access)에서 사용자 i 에 의해 전송되는 신호는 다음과 같다[7].

$$s^{(i)}(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sqrt{E^{(i)}} w_o(t - jT_s - c_j^{(i)}T_c - a_j^{(i)}\delta) \quad (1)$$

$$w_o(t) = \left(1 - \frac{4\pi t^2}{\tau^2}\right) \exp[-2\pi(t/\tau)^2] \quad (2)$$

이때, $w_o(t)$ 는 에너지 정규화된 펄스 파형이고, 모의실험에서 $\tau = 0.2$ nsec를 사용하였다. $E^{(i)}$ 는 각각의 단일 펄스에 전송되는 에너지이다. T_s 는 심볼 시간구간이며, 이진 펄스를 사용하였으므로 비트 시간구간과 동일하다.

$c_j^{(i)}T_c$ 는 시간도약부호에 의한 시간 변이 (time shift), $c_j^{(i)}$ 는 사용자 i 에 의해 사용되는 시간도약부호의 j 번째 계수이고, T_c 는 칩 시간구간이다. 모든 시간도약 부호는 독립적이고 동일한 확률분포를 갖는 (i.i.d, independent and identical distributed) 확률변수로 간주되는 부호이다. 각 칩에 들어갈 확률은 균일하게 $1/N_h$ 이고 N_h 는 한 프레임 내의 칩의 수이다. 다중 기기들이 같은 매체를 공유하므로 각각의 사용자들은 수신단에서의 충돌을 방지하기 위하여 고유의 시간도약 부호를 제공받는다. $a_j^{(i)}\delta$ 항은 변조에 따라 나타나는 시간 변이를 표시한다. δ 는 펄스위치변조 방식의 시간변이이고 $a_j^{(i)}$ 는 사용자 i 의 j 번째 펄스에 해당하는 이진값 (1 혹은 0)이다.

2.1.2 채널 모델

사용자 i 에 대한 다중 경로 채널의 임펄스 응답은 다음과 같이 주어진다[8].

$$h^{(i)}(t) = X \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K(n)} \alpha_{nk} \delta(t - T_n - \tau_{nk}) \quad (3)$$

이때, X 는 채널의 경로별 신호의 크기를 나타내는 로그-노말 분포를 갖는 확률변수이고, N 은 관찰된 클러스터의 수이고, $K(n)$ 은 n 번째 클러스터의 다중 경로의 수이다. α_{nk} 는 n 번째 클러스터의 k 번째 다중경로의 신호세기이고, T_n 은 n 번째 클러스터의 도착시간이고, τ_{nk} 는 n 번째 클러스터의 k 번째 다중경로의 지연시간이다. Table 2는 각각의 채널모델 CM1~CM4에 대한 변수값을 정리한 것이다.

[Table 2] Parameter Settings for the IEEE UWB channel Model

Notation	Definition			
Λ	the cluster average arrival rate			
λ	the pulse average arrival rate			
Γ	the power decay factor for clusters			
γ	the power decay factor for pulses within a cluster			
σ_{ξ}	the standard deviation of the fluctuations of the channel coefficients for clusters			
σ_{ζ}	the standard deviation of the fluctuations of the channel coefficients for pulses within each cluster			
σ_g	the standard deviation of the channel amplitude gain			

Scenario	CM1	CM2	CM3	CM4
Λ (1/nsec)	0.0233	0.4	0.00667	0.00667
λ (1/nsec)	2.5	0.5	2.1	2.1
Γ	7.1	5.5	14	24
γ	4.3	6.7	7.9	12
σ_{ξ}	3.3941	3.3941	3.3941	3.3941
σ_{ζ}	3.3941	3.3941	3.3941	3.3941
σ_g	3	3	3	3

2.2 다중 페이딩에 의한 간섭효과

채널 모델에 따른 다중 페이딩의 영향을 분석하기 위하여, 두 개의 펄스에 대하여 두 펄스 사이의 간격에 따라 비트오율 BER (bit error rate)과 같은 성능을 살펴본다. 자세한 모의실험 환경은 2.4절에서 다시 설명될 것이다. 이 절에서는 두 펄스사이의 간격이 성능에 끼치는 영향을 알아보는 것이다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 두 개

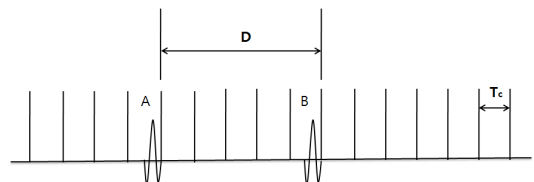
의 펄스 사이의 간격 D 를 칩단위로 변화시켜가면서 성능의 변화를 관찰한다.

먼저, 간격 D 를 고정화 후 신호대잡음비 SNR (signal to noise ratio)를 변화시켜 성능을 조사한다. 이때, 성능 조사는 각각 Fig. 2에서 펄스 A와 펄스 B의 성능을 각각 조사한다. 펄스 A의 성능을 조사하는 것은 펄스 B가 성능에 끼치는 영향을 조사하는 것이고, 펄스 B의 성능을 조사하는 것은 펄스 A의 영향을 조사하는 것이다. AWGN (additive white gaussian noise) 환경인 경우에는, 두 펄스가 충돌하지 않으면 성능에는 영향이 없지만, 다중 페이딩 채널에서는 선행 펄스와 후행 펄스의 영향을 받는다.

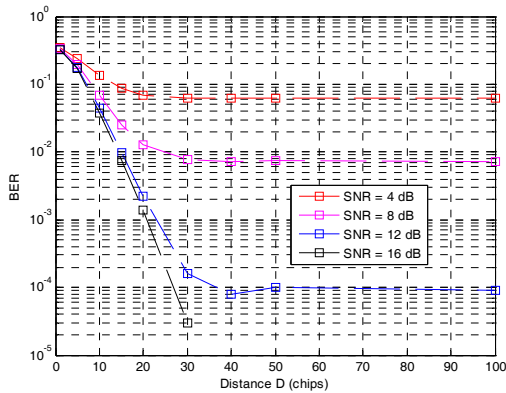
Fig. 3과 Fig. 4는 채널모델 CM1과 CM4 채널환경에서 펄스간 간격 D 에 따른 후행펄스 B의 성능 변화이다. 신호대잡음비가 높으면 우수한 성능을 보이고, 간격 D 가 커질수록 성능이 향상된다. 칩시간이 1 nsec 일때, CM1의 경우 펄스간격이 40 nsec 이상이면 성능에 영향이 거의 없으며, 이는 CM1 환경에서는 40nsec 간격이 떨어지면 간섭의 영향이 거의 없다고 볼 수 있다. CM4의 경우는 펄스간격이 100 nsec 까지도 영향을 받는다. CM2와 CM3의 경우에는 영향을 받는 펄스간격이 CM1 보다는 크고 CM4보다는 작다는 것을 확인하였다.

즉, 채널에 따라 다르지만, 특정 임계값, CM1 채널의 경우 40nsec, CM4 채널의 경우 100nsec 까지 인접한 펄스의 영향을 받고 그 보다 간격이 크면 간섭의 영향을 받지않는다. 선행펄스 A의 경우에도 유사한 성능을 보인다.

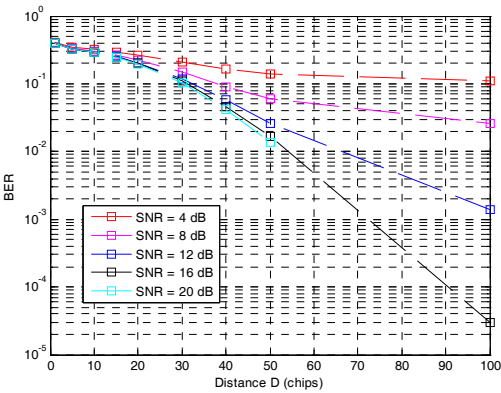
Fig. 3과 4를 통하여 시간도약 부호 값에 해당하는 시간만큼 지연시킨 펄스가 충돌하지 않더라도 Fig. 2와 같이 시간영역에서 인접한 펄스의 성능에 영향을 주는 것을 확인하였다. 인접한 펄스가 가까울수록 간섭에 의해 오염되어 잘못된 복호를 할 가능성이 커지게 된다. 따라서, 반복적으로 수신된 여러 개의 펄스중에서 인접한 펄스가 가까운 펄스에게는 낮은 가중치를 주어 복호를 하는 새로운 수신기를 제안하고자한다. 가중치를 정하는 가중치 함수는 특정 임계값까지는 0에서 1사이로 단조 증가하고, 그 이후는 1을 유지하는 함수를 선택하도록 한다.



[Fig. 2] Simulation environments for performance evaluation between two pulses with variable distance in chips

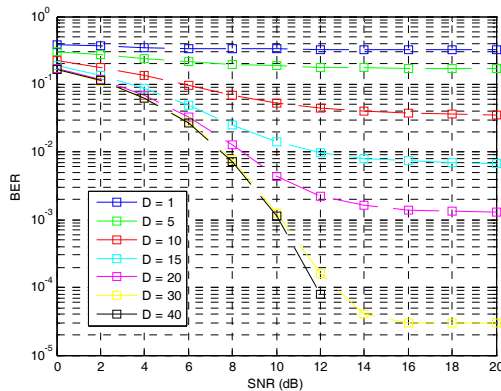


(a)

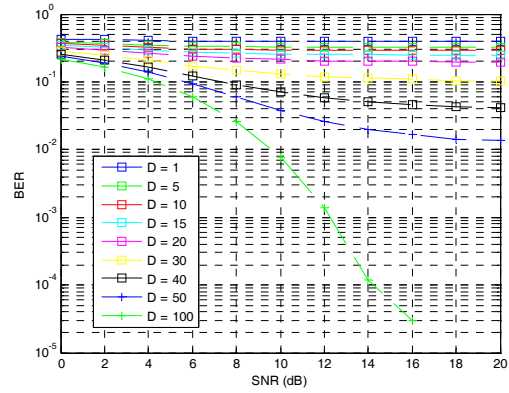


(b)

[Fig. 3] Effect of distance D for performance for various SNR under channel model CM1 and CM4 (a) CM1 and (b) CM4



(a)



(b)

[Fig. 4] Effect of SNR for performance for various distance D under channel model CM1 and CM4 (a) CM1 and (b) CM4

2.3 수신기

상관수신기 (correlation receiver)의 수신신호 $r(t)$ 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$r(t) = \sum_{i=1}^{N_u} s^{(i)}(t) * h^{(i)}(t) + n(t) \quad (4)$$

$$= \sum_{i=1}^{N_u} \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sqrt{E^{(i)}} w_o(t - jT_s - c_j^{(i)} T_c - a_j^{(i)} \delta) * h^{(i)}(t) + n(t)$$

표시 *는 컨볼루션 연산자이고, N_u 는 사용자의 수를 나타내며, $n(t)$ 는 가우시안 잡음이다. 상관수신기의 출력 Z 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z = \int_0^{T_b} r(t) m(t) dt \quad (5)$$

이때, T_b 는 비트 시간이고 $m(t)$ 는 상관수신기 마스크이다. $m(t)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$m(t) = \sum_{i=0}^{N_s-1} \nu(t - jT_s - c_j^{(i)} T_c) \quad (6)$$

$$\nu(t) = w_o(t) - w_o(t - \delta)$$

이때, N_s 는 반복된 펄스의 수이다.

제안하는 상관수신기 마스크는 식 (6)과 같이 N_s 개의 전송된 펄스를 동일하게 합산하는 것이 아니라, 2.2절에서 설명한 바와 같이 시간도약부호의 간격에 따라 다르게 가중치를 부여하는 방식이다. 각각의 반복 전송되는 펄스가 똑같은 다중 사용자 간섭을 겪지는 않기 때문에,

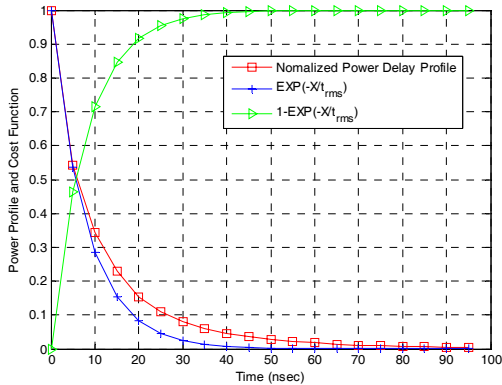
시간도약 부호에 근거하여 다중 사용자 간섭을 고려하여 가중치를 부여하면 성능을 향상시킬 수 있다.

모의실험에서 사용된 가중치함수를 구하는 방법은 다음과 같다. 첫째, Fig. 5의 사각형으로 표시된 것과 같은 CM1~CM4에 대한 전력 지연 프로파일 (power delay profile)을 구한다. 전력 지연 프로파일은 채널모델식(2)를 이용하여 CM1~CM4에 대하여 1000번의 시행으로 얻은 값을 사용하였다. 실험에서 얻은 값을 5nsec 단위로 간격으로 전력합을 구하여 평균을 구하고, 구한 값 중에서 최대값으로 정규화하였다. 두 번째, 전력 지연 프로파일에 대하여 지수함수로 근사식을 얻는다. 마지막으로, 전력 지연 프로파일을 보상하기 위한 가중치 함수를 얻는다. 본 논문에서는 식 (7)과 같은 지수함수 형식을 사용하였다. 가중치함수의 최적화는 본 논문에서는 다루지 않고 향후 연구과제로 남겨둔다.

따라서, 제안된 복호화 기법은 상관수신기 마스크의 가중치 함수 $g(d)$ 를 포함하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$m(t) = \sum_{j=0}^{N_s-1} g(d_{p,j}^{(i)})g(d_{f,j}^{(i)})\nu(t-jT_s - c_j^{(i)}T_c) \quad (7)$$

$$g(d) = \begin{cases} 1 - e^{-(T_s/T_m)d} & \text{for } d \geq 0 \\ 0 & \text{for } d < 0 \end{cases} \quad (8)$$



[Fig. 5] Cost function $g(d)$ to compensate the effect of power delay profile

$g(d)$ 는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 두 펄스 간의 거리 d 에 따라 결정되는 함수이다. T_m 는 지수함수의 증가속도를 결정하는 임계값이며, 모의실험에서는 $T_m=40$ 을 사용하였다. 현재 펄스와 선행 펄스간의 거리 $d_{p,j}^{(i)}$ 는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 사용자 i 의 j 번째 프레임에서의 다른 사용자가 전송한 가장 가까운 선행 펄스 혹은 다른 사용자가 없거나 사용자 i 의 위치가 프레임의 첫 번째 사용자일 경우 $j-1$ 번째 프레임의 마지막 펄스와의 거리이다. 또 다

른 펄스간의 거리 $d_{f,j}^{(i)}$ 는 사용자 i 의 j 번째 프레임에서의 다른 사용자가 전송한 가장 가까운 후행 펄스 혹은 다른 사용자가 없거나 사용자 i 의 위치가 프레임의 마지막 사용자일 경우 $j+1$ 번째 프레임의 첫 번째 펄스와의 거리이다.

정리하면, 거리 d 는 단일 사용자인 경우에는 식 (9)와 같이 인접한 프레임 간의 거리에 의해서 구할 수 있다. 이때 거리 계산을 용이하게 하기 위하여 기준점으로부터의 거리를 다음과 같이 정의한다.

$$C_j^{(i)} \equiv j \times (N_h - 1) + c_j^{(i)} \quad (8)$$

$C_j^{(i)}$ 는 기준점에서 사용자 i 의 j 번째 프레임까지의 칩 단위의 거리이다.

$$\begin{aligned} d_{p,j}^{(i)} &= C_j^{(i)} - C_{j-1}^{(i)} \\ &= j \times (N_h - 1) + c_j^{(i)} - ((j-1) \times (N_h - 1) + c_{j-1}^{(i)}) \\ &= (N_h - 1) + c_j^{(i)} - c_{j-1}^{(i)} \\ d_{f,j}^{(i)} &= C_{j+1}^{(i)} - C_j^{(i)} \\ &= (j+1) \times (N_h - 1) + c_{j+1}^{(i)} - (j \times (N_h - 1) + c_j^{(i)}) \\ &= (N_h - 1) + c_{j+1}^{(i)} - c_j^{(i)} \end{aligned} \quad (9)$$

다중 사용자인 경우에는 몇 가지 경우로 나누어 생각할 수 있다.

(A) 복호되는 펄스가 프레임의 처음일 경우

$$\begin{aligned} d_{p,j}^{(i)} &= C_j^{(i)} - \max_k \{C_{j-1}^{(k)}\} \\ d_{f,j}^{(i)} &= \min_{k, k \neq i} \{C_j^{(k)} - C_j^{(i)}\} \end{aligned} \quad (10)$$

(B) 복호되는 펄스가 프레임의 마지막일 경우

$$\begin{aligned} d_{p,j}^{(i)} &= C_j^{(i)} - \max_{k, k \neq i} \{C_j^{(k)}\} \\ d_{f,j}^{(i)} &= \min_k \{C_{j+1}^{(k)}\} - C_j^{(i)} \end{aligned} \quad (11)$$

(C) 복호되는 펄스가 프레임의 처음이나 마지막이 아닌 경우

$$\begin{aligned} d_{p,j}^{(i)} &= C_j^{(i)} - \max_{k, k \neq i} \{C_j^{(k)}\} \text{ for } c_j^{(k)} \leq c_j^{(i)} \\ d_{f,j}^{(i)} &= \min_k \{C_j^{(k)}\} - C_j^{(i)} \text{ for } c_j^{(i)} < c_j^{(k)} \end{aligned} \quad (12)$$

여기에서, $\min_k \{\bullet\}$ 과 $\max_k \{\bullet\}$ 는 각각 변수 k 에 관련된 집합 $\{\bullet\}$ 의 최소값과 최대값을 나타낸다. 가중치 함수 $g(d)$ 는 현재 수신되는 펄스의 선행 펄스와 다음의 후행 펄스 사이의 거리에 의해 결정되는 가중치 함수이다. 예를 들어, 충돌이 발생하는 경우와 같이 거리 $d=0$ 일 때 가중치 함수 $g(d)$ 는 0이 된다. 펄스간의 거리 d 가 커지면 $g(d)$ 는 1의 값으로 접근한다.

2.4 모의실험

2.4.1 모의실험 환경

모의실험에 사용된 펄스파형은 참고문헌 [2]에서 제안된 가우시안 펄스 파형(Gaussian monocycle)을 이용하였

다. 채널모델은 IEEE 802.15.3a 표준에서 제안된 채널모델중에서 일반적으로 성능이 가장 좋은 LOS (line-of-sight)인 CM1과 NLOS (non line-of-sight)중에서 가장 열악한 환경인 CM4를 사용하였다. 시간도약 부호는 의사랜덤부호가 사용되었으며, 매개변수로는 칩시간 $T_c=1$ nsec, 프레임당 칩 수 $N_b=200$ 그리고 펄스위치변조 시간변이 $\delta=0.5$ nsec 등이 사용되었다. 성능평가는 사용자의 수 N_u 와 신호대잡음비에 대하여 수행되었다.

2.4.2 모의실험 결과분석

모의실험의 결과를 분석하기 위하여, 식 (6)의 상관수신기 마스크에 의한 방식을 기존의 방식 (EG: equal gain)라 하고, 식 (7)의 상관수신기 마스크에 의한 방식을 제안된 방식 (WG: weighted gain)라고 구분하였다.

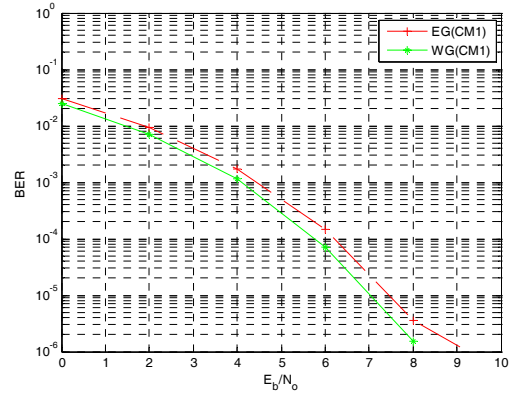
(A) 단일 사용자의 경우

단일 사용자의 경우에도 제안한 방식이 기존의 방식보다 우수한 것을 Fig. 6에서 볼 수 있다. BER= 10^{-3} 에서 0.5dB 정도의 이득이 있음을 알 수 있다. N_b 가 200은 다중 사용자들이 사용할 때와 비교하기 위하여 고정된 값이며, 이 경우 단일 사용자가 사용할 경우 간섭의 영향을 크게 받지 않아서 통신 성능이 Fig. 6에서와 같이 매우 우수하게 나타난다.

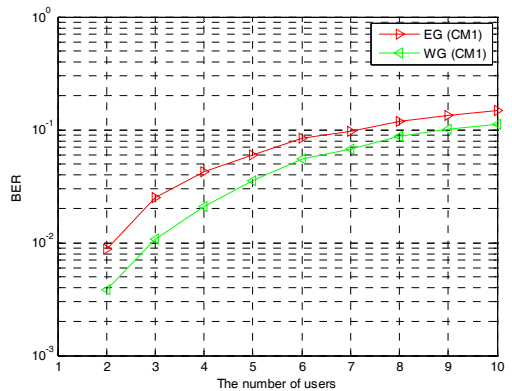
(B) 다중 사용자의 경우

Fig. 7은 SNR=10dB 일때, 사용자 수에 대한 각 방식의 성능 비교하는 것이다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 BER 성능은 사용자의 수가 증가함에 따라 감소하지만, 제안된 방식의 성능이 언제나 모든 경우에 기존의 방식에 비하여 우월한 성능을 보인다. 다중 사용자 환경에서, 제안된 방식의 성능향상은 사용자의 수가 작을 때, 더 효과적으로 나타났다. 이것은 사용자가 많아지면 기존의 방식이나 제안된 방식이나 심볼간간섭 (ISI) 혹은 프레임간간섭 (IFI)의 영향으로 성능이 저하되는 것을 의미한다. 제안된 방식은 여러 개의 반복 전송된 펄스 중에서 인접 펄스와 간격이 좁은 것과 넓은 것이 동시에 존재할 때 성능향상이 이루어지는데, 대부분의 펄스가 간섭을 받는 경우에는 기존방식과 유사한 성능을 보인다. Fig. 7과 Fig. 8을 비교하면, 지연확산이 작은 LOS인 CM1의 경우에 성능향상이 많이 되었고, 지연확산이 크고, NLOS인 CM4에서의 성능향상이 작게 관찰되었다. Fig. 9와 10은 $N_u=5$ 일때, SNR에 대한 각 방식의 성능 비교하는 것이다. Fig. 9를 살펴보면, SNR이 증가함에 따라 제안된 방식의 성능향상이 커지는 것을 보인다. 즉, SNR=0 dB에서는 신호의 크기가 크지 않아서, 제안된 가중치 방식의 성

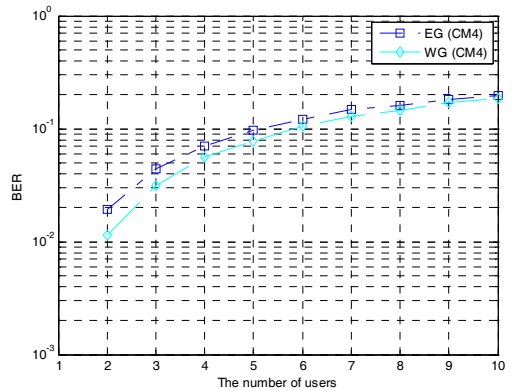
능의 개선이 많지 않다. 하지만, SNR이 커지면 제안된 방식의 성능개선이 크게 나타나는 것을 Fig. 9와 Fig. 10에서 확인할 수 있다.



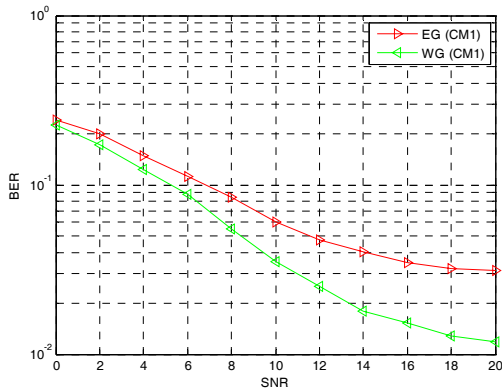
[Fig. 6] Performance comparison for a single user under CM1



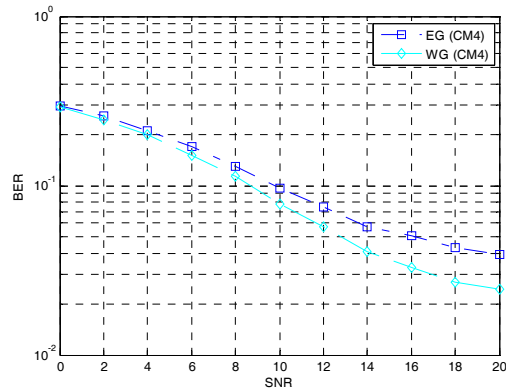
[Fig. 7] Performance comparison for the number of users at SNR=10dB under CM1



[Fig. 8] Performance comparison for the number of users at SNR=10dB under CM4



[Fig. 9] Performance comparison for SNR at $N_u=5$ under channel model CM1



[Fig. 10] Performance comparison for SNR at $N_u=5$ under channel model CM4

3. 결론

제안된 방식은 다중사용자 환경에서 각각의 반복 전송 되는 펄스가 각기 다른 간섭의 영향을 받는다는 점을 고려하여 성능을 향상시키는 방법이다. 단일 사용자의 경우 $BER=10^{-3}$ 에서 0.5dB 정도의 이득을 얻는다. 다중 사용자의 경우에도 제안한 방식이 기존의 방식에 비하여 우수한 성능을 보이는 것을 확인하였다. 제안된 방식은 반복되는 모든 펄스에 대하여 같은 가중치를 가지는 기존 방식에 비하여 각각의 펄스에 시간도약 부호를 이용한 가중치를 다르게 함으로서 성능향상이 이루어졌다.

References

[1] D.J. Young, Beaulieu, N.C., "Multiuser interference mitigation in time-hopped ultra-wideband Receivers",

IEEE International Conference on Ultra-Wideband (ICUWB), pp.125-129, 2012.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICUWB.2012.6340472>

[2] R. A. Scholtz, "Multiple Access with Time-Hopping Impulse Modulation," *IEEE MILCOM*, Vol. 2, pp. 447-450, Oct. 1993.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MILCOM.1993.408628>

[3] O. Moreno and S.V. Marić, "A new family of frequency hop codes," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 48, no. 8, pp. 1241-1244, Aug. 2000.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/26.864158>

[4] Guvenc and H. Arslan, "Design and Performance Analysis of TH Sequences for UWB-IR Systems," *Wireless Communications and Networking Conference*, vol. 2, 2004.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/WCNC.2004.1311308>

[5] R. Singh and A. Chaturvedi, "Suitability of FH Codes as TH Codes for Multiuser UWB Systems," *2nd International Conference on Communication Systems Software and Middleware*, pp. 1-7, 2007.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/COMSWA.2007.382452>

[6] Z. Zhang, F. Zeng, and L. Ge, "Correlation Properties of Time-Hopping Sequences for Impulse Radio," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 4, 2003.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICASSP.2003.1202570>

[7] G. Durisi and S. Benedetto, "Performance evaluation of TH-PPM UWB systems in the presence of multiuser interference," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 7, no. 5, pp. 224-226, May 2003.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/LCOMM.2003.812171>

[8] J. Foerster, "Channel Modeling sub-committee report," *IEEE P802.15.-02/490r1-SG3a*, 2003

민 승 욱 (Seungwook Min)

[정회원]



- 1987년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)
- 1990년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 (공학석사)
- 1999년 6월 : Polytechnic Univ. 전자과 (공학박사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 컴퓨터과학과 교수

<관심분야>

광대역통신, 무선랜, 이동통신