



Performance Analysis of PO-THMA UWB System using MHP Pulses

Jun Hyeok Hwang*

Department of Electrical Energy Engineering, International University of Korea

ABSTRACT

In this paper, we proposed a PO-THMA(pulse order-time hopping multiple access) scheme in UWB(ultra-wide band) system. The proposed PO-THMA UWB system using two-dimensional code combines MHP(modified Hermite polynomial) pulse order and time hopping code. The MHP pulses have a mutually orthogonal property between different order and that property makes simultaneous transmission at the same time slot regardless of collision in the THMA UWB system. We derive the general form of correlation function for MHP pulses and multiple access interference and analyze BER of the scheme over AWGN(additive white Gaussian noise) channel. Theoretical analysis and simulation results show that proposed PO-THMA UWB system increases transmission capacity or has better BER(bit error rate) than conventional THMA UWB system. The proposed PO-THMA UWB system is expected to be utilized in the high data rate wireless communication system with low power and low complexity. With these benefits, the studied PO-THMA UWB system can be used in low power sensor networks and short range wireless communication applications with high transmission rate.

© 2014 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : UWB(ultra-wide band), PO-THMA(pulse order-time hopping multiple access), MHP(modified Hermite polynomial), correlation function, BER(bit error rate)

ARTICLE INFO: Received 6 November 2014, Revised 12 December 2014, Accepted 12 December 2014.

*Corresponding author is with the Department of Electrical Energy Engineering, International University of Korea, Sangmun-ri, Munsan-eup, Jinju-si, Gyeongnam, Korea. E-mail address: jhwhang@pusan.ac.kr

1. 서론

과학기술의 눈부신 발전으로 고 품질의 데이터를 고속으로 송·수신하는 무선통신 기술에 대한 요구가

증대되고 있으며, UWB(ultra-wide band) 기술은 현존하는 무선통신 기술 중에서 한정된 주파수 자원을 가장 효율적으로 이용할 수 있는 무선통신기술이다 [1]-[4].

기존의 임펄스 라디오(impulse radio: IR) 방식의 UWB 시스템은 수 나노 초의 매우 폭이 짧은 펄스를 사용하여 시간영역에서 데이터를 송수신하는 기술로, 다중경로 환경에서 신호의 퍼짐이나 중첩현상을 피할 수 있고, 페이딩이나 협 대역 통신신호에 의한 간섭에 강인하다. 그리고 반송파를 사용하지 않고 데이터를 송수신 하는 방식을 사용하므로, 시스템이 간단하며, 송수신기의 소비전력이 낮다는 장점을 가진다[2]-[6].

IR-UWB 시스템은 반송파를 사용하지 않으므로, 다중대역 시스템에 비해 시스템 구조가 간단하여 저 전력으로 구현할 수 있다는 장점을 가지지만, 시간도약(time hopping: TH)코드를 사용하여 다중 접속하므로, 동시에 접속하는 사용자의 수가 많아 지게 되면 데이터 전송속도와 비트오류확률(bit error rate: BER)이 급격하게 나빠지게 되는 단점을 가진다.

이 논문에서는 기존의 IR-UWB 시스템에서 발생하는 이러한 문제를 해결하고자 다중접속을 위해 사용하는 기존의 시간도약코드에 각 펄스 차수 간에 서로직교(mutually orthogonal)하는 성질을 가지는 MHP(modified Hermite polynomial) 펄스들을 결합한 2차원 다중접속(pulse order-time hopping multiple access: PO-THMA)방법을 제안하고 시스템의 성능을 분석한다.

제안하는 다중접속방식의 성능을 분석하기 위해 데이터 전송에 사용하는 MHP 펄스의 상관함수를 구하고, 기존의 전송방식에 비해서 비트오류확률과 데이터 전송율이 크게 향상됨을 보인다.

2. UWB 시스템의 다중접속 모형

2.1. 다중접속 UWB 시스템

기존의 IR-UWB 시스템은 랜덤한 시간도약코드를 사용하여 다중접속하며(THMA), 각 사용자는 가우시안 펄스를 사용해서 데이터 비트를 프레임 길이 만큼 반복 전송하는 방법을 사용한다[2]-[6].

따라서 IR-UWB시스템에 동시에 접속하는 사용자 수가 증가하게 되면, 사용자 수의 증가에 따라서 시간도약코드의 수를 늘려야 하므로, 이는 프레임 당 칩(chip)의 개수를 증가시키는 결과를 초래한다. 결국, 동일한 비트오류확률에서 데이터의 전송율이 떨어지거나, 또는 동일한 전송율에서 비트오류확률이 나빠지는 원인이 된다.

제안하는 다중접속(PO-THMA) 방식은 기존의 다중 접속(THMA) 방식에서 발생하는 이러한 문제를 해결하고자, 기존의 시간도약코드에 각 펄스 차수 간에 직교하는 특성을 가지는 MHP 펄스를 결합한 2차원 다중접속 코드를 사용하여 다중접속 한다.

<그림 1>은 제안하는 다중접속 방식에서 총 16명의 사용자가 동시에 접속하는 경우의 다중접속 방법을 나타내었다.

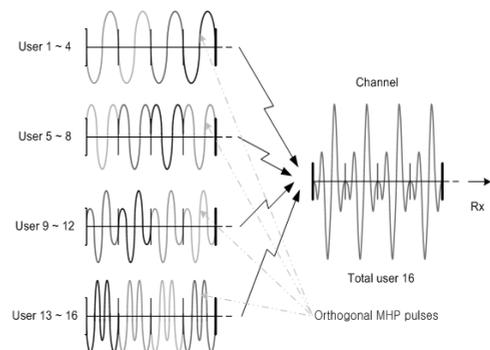


그림 1. 제안하는 PO-THMA 방법
Figure. 1 Proposed PO-THMA scheme

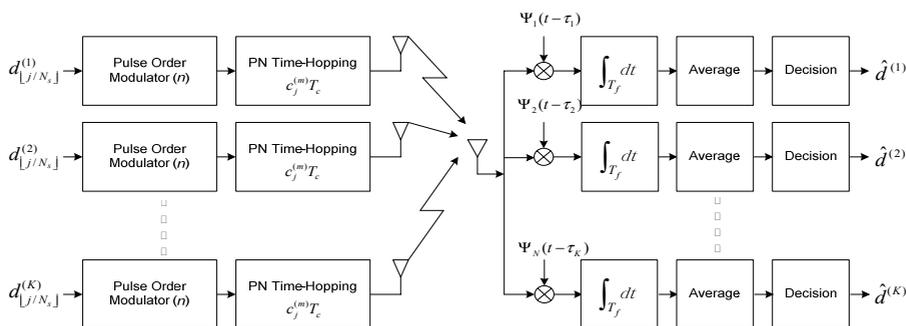


그림 2. 제안하는 PO-THMA UWB 시스템의 송·수신기 모형
 Figure 2. System model of proposed PO-THMA UWB

기존의 다중접속 방식에서는 동시에 다중 접속하는 사용자의 수가 K 명일 경우, K 개의 시간도약 코드를 사용하여 다중접속 하지만, 제안하는 다중접속방식은 다중 접속하는 사용자 K 명에게 시간도약코드 Q 개와 MHP 펄스 차수 P 개를 할당 ($K=Q \times P$)하여 다중접속 한다. 따라서 시스템에 동시에 접속하는 다중접속 사용자의 수가 늘어나더라도 시간도약코드와 MHP 펄스 차수를 결합한 2차원 다중접속방식으로 시스템의 비트오류확률과 데이터 전송속도를 향상시킬 수 있다.

2.2. 제안하는 PO-THMA UWB 시스템

제안하는 다중접속방식을 사용하는 IR-UWB 시스템에서 펄스진폭변조(bi-phase pulse amplitude modulation: BPAM) 방식을 사용하는 경우의 k 번째 사용자의 송신신호는 다음과 같다.

$$s^{(k)}(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} d_{[j/N_s]}^{(k)} p^{(k)}(t - jT_f - c_j^{(k)} T_c) \quad (1)$$

여기서 $d_{[j/N_s]}^{(k)}$ 는 N_s 개의 반복 프레임 중에서 j 번째 프레임 신호 진폭으로 ± 1 값을 가지며, T_f 는 프레임 시간간격, T_c 는 칩 시간 간격으로

$T_f = N_s T_c$ 이다. 그리고 $p^{(k)}(t)$ 는 송신 펄스로 K 명 사용자에게 P 개의 MHP 펄스와 Q 개의 시간도약 코드를 할당하여 다중접속 한다.

한편, 채널을 통하여 수신된 신호는 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned} r(t) &= \sum_{k=1}^K \alpha_k s^{(k)}(t - \tau_k) + n(t) \quad (2) \\ &= \sum_{k=1}^K \sum_{j=-\infty}^{\infty} d_{[j/N_s]}^{(k)} p^{(k)}(t - jT_f - c_j^{(k)} T_c - \tau_k) \\ &\quad + n(t) \end{aligned}$$

여기서 α_k 는 경로 손실이며, τ_k 는 k 번째 사용자의 전파지연시간이다. 그리고 $n(t)$ 는 평균이 0이고, 분산이 $N_0/2$ 인 AWGN(additive white Gaussian noise)이다.

3. MHP 펄스의 상관특성

3.1 MHP 펄스

UWB 시스템에 사용되는 다양한 펄스들은 송수신 안테나의 특성을 고려하여 DC성분이 없도록 모형화 하며, 보통 가우시안 모노펄스를 사용하며, 이 논문에서는 각 차수 간에 직교하는 성질을 가지는

MHP 펄스를 사용하였다.

제안하는 MHP을 펄스는 펄스 각 차수 간에는 서로 직교하는 성질을 가질 뿐만 아니라, 각 차수의 펄스들은 동일한 시간간격을 가진다. 그리고 각 펄스의 중심주파수가 동일하고, 펄스의 형태와 폭이 거의 일정하여 송·수신시에 안테나의 영향을 적게 받는 장점을 가진다[7]-[8].

한편, Hermite 변조는 영상처리에서 시공간상의 연관관계를 밝히는데 사용되었으며, Hermite 미분방정식의 근으로 수학과 물리학 분야에서 널리 사용되고 있다. Hermite 다항식은 각 차수들 간에 직교하는 성질을 가지지 않으므로, 각 차수들 간에 직교하는 성질을 가지도록 변형하면 n 차의 MHP이 만들어진다[7]-[8].

$$h_n(t) = k_n \cdot (-1)^n \exp\left(\frac{t^2}{4}\right) \frac{d^n}{dt^n} \left(\exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)\right) \quad (3)$$

여기서 n 은 미분 차수로 $n=1, 2, 3, \dots$ 이고, t 는 시간으로 $-\infty < t < \infty$ 이다. 그리고 k_n 은 각 차수의 MHP 펄스가 동일한 에너지를 가지도록 정규화 하는 상수로 $k_n = 1/\sqrt{2\pi n!}$ 이다.

3.2 MHP 펄스의 자기상관 특성

UWB 시스템에 MHP 펄스를 사용하려면 정규화한 각 MHP에 대한 자기상관함수 $R_n(\tau)$ 을 구해야 하며, 위 식(3)과 $x_n(t)$ 의 관계를 이용하여 MHP의 자기상관함수를 구하면, 다음 식과 같다[9].

$$x_n(t) = \exp\left(-\frac{t^2}{4}\right) \quad (4)$$

$$\begin{aligned} R_n(\tau) &= \int_{-\infty}^{\infty} x_n(t)x_n(t-\tau)dt \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} x_n(t+\eta)x_n(t-\eta)dt \\ &= \sqrt{2\pi} e^{-\frac{\eta^2}{2}} E_t\{h_n(t+\eta)h_n(t-\eta)\} \end{aligned}$$

여기서 $\eta = \tau/2$ 이며, $E_t\{\cdot\}$ 는 시간 t 에 대해서 평균이 0이고 분산이 1인 가우시안 랜덤변수이다. 위 식을 이용하여 MHP의 자기상관함수에 대한 일반식을 구하면, 다음과 같다[9].

$$R_n(\tau) = \sqrt{2\pi} \exp\left(-\frac{\eta^2}{2}\right) \sum_{k=0}^n \frac{n!}{k!} \binom{n}{k} (-1)^k \eta^{2k} \quad (5)$$

반복적인 관계를 이용하여 고차의 MHP 펄스들에 대한 상호 상관함수의 일반식을 Kummer's 변환을 이용하면, 다음과 같이 구해진다[9].

$$R_n(\tau) = (2n+1-\eta^2)R_n(\tau) - n^2 R_{n-1}(\tau) \quad (6)$$

3.3 MHP 펄스의 상호상관 특성

그리고 MHP 펄스에 대한 상호상관함수는 다음과 같이 정의 한다.

$$R(m,n;\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} H_m(t)H_n(t-\tau)dt \quad (7)$$

여기서 $H_m(t)$ 는 m 차 MHP 펄스이고, $H_n(t)$ 는 n 차 MHP 펄스이다. 그리고 τ 는 동일 프레임 내에 수신되는 다중접속 사용자들의 전송시간 지연 차이이다.

만약, 송·수신기 간에 동기가 정확하게 일치한다고 가정하면, 각 차수의 MHP 펄스들은 다음과 같이 직교(orthogonal) 상관특성을 가진다.

$$\begin{aligned} R(m,n) &= \int_{-\infty}^{\infty} H_m(t)H_n(t)dt \\ &= \begin{cases} 1, & m=n \\ 0, & m \neq n \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

따라서 식 (7)의 MHP 펄스에 대한 상호상관 함수를 Hermite 다항식을 사용하여 정리하면, 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned}
 R(m, n; \tau) &= \int_{-\infty}^{\infty} H_m(t) H_n(t - \tau) dt \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} H_m(t + \eta) H_n(t - \eta) dt \\
 &= \sqrt{2\pi} \exp\left(-\frac{\eta^2}{2}\right) E_t\{H_{e_m}(t + \eta) H_{e_n}(t - \eta)\}
 \end{aligned} \tag{9}$$

여기서 η 는 $\tau/2$ 이며, $E_t\{\cdot\}$ 는 시간 t 에 대해서 평균이 0이고 분산이 1인 가우시안 랜덤 변수이다.

앞서 유도한 MHP 펄스의 일반식에 각 차수의 MHP 펄스에 대하여 에너지를 정규화하고, MHP 펄스의 대역폭을 조절하는 변수(λ)를 적용하여 $n \leq m$ 의 조건에서 MHP 펄스의 상관함수의 일반식을 구하면, 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned}
 R_{m,n}(\tau) &= \frac{1}{\sqrt{m!n!}} \exp\left(\frac{-\tau^2}{8\lambda^2}\right) \sum_{k=0}^{\min(m,n)} k! \binom{m}{k} \binom{n}{k} \\
 &\quad \times (-1)^{n+k} \left(\frac{\tau}{2\lambda}\right)^{n+m-2k}
 \end{aligned} \tag{10}$$

반복적인 관계를 이용하여 고차의 MHP 펄스들에 대한 상호 상관함수의 일반식을 Kummer's 변환을 이용하면, 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned}
 R_{(m+1;n+1)}(\tau) &= (m+n+1-\eta^2) R_{(m;n)}(\tau) \\
 &\quad - m n R_{(m-1;n-1)}(\tau)
 \end{aligned} \tag{11}$$

4. 제안하는 시스템의 성능분석

한편, 상관기에 수신되는 신호에서 원하는 사용자의 송신신호를 검출하여야 하는데, 다중접속 환경에서 상관기의 출력은 한 프레임 구간 내에 시간 지연되어 수신되는 신호들에 대해서만 고려하고, 그 이상의 구간에서는 다중접속 사용자간의 간섭(multiple access interference: MAI)이 없다고 가정한다[2]-[6].

이 논문에서는 동시에 접속하는 다중접속 사용자에 시간도약코드와 각 펄스 차수간에 직교하는 성질을 가지는 MHP 펄스를 할당한 2차원 다중접속 방법을 사용하므로, 먼저 데이터 전송에 사용하는 정규화된 MHP 펄스에 대한 상관함수를 구해야 한다.

그리고 다중 경로환경에서 다중접속 사용자 수에 따른 시스템 성능을 분석하기 위해서는 수신기의 상관기 출력을 구해야 하는데, IR-UWB 시스템의 상관기 출력은 수신 신호와 기준 신호를 곱하여 프레임 구간에서 적분하여 구한다[4],[6],[9].

$$Z = \sum_{j=lN_s+1}^{(l+1)N_s} \int_{(j-1)T_f}^{jT_f} r(t) \psi(t) dt \tag{12}$$

여기서, $\psi(t)$ 는 기준 신호이다.

상관기의 출력신호 식 (12)는 수신하고자 하는 신호 성분 Z_d 와 다중 사용자의 간섭신호 성분 Z_{MAI} , 그리고 열잡음신호 성분 Z_n 으로 분리 할 수 있다. 그리고 송수신기의 동기가 정확히 일치하는 경우에서 1번째 사용자에 대하여 상관기의 출력을 구하면, 다음과 같이 나타낼 수 있다[10]-[15].

$$Z^{(1)} = Z_d + Z_{MAI} + Z_n \tag{13}$$

여기서 각 신호성분들은 각각 다음과 같다.

$$Z_d = \sum_{j=lN_s+1}^{(l+1)N_s} \int_{(j-1)T_f}^{jT_f} (p^{(1)}(t))^2 dt, \tag{14}$$

$$Z_{MAI} = \sum_{k=2}^K \sum_{j=lN_s+1}^{(l+1)N_s} \int_{(j-1)T_f}^{jT_f} p^{(k)}(t - \tau_k) p^{(1)}(t) dt, \tag{15}$$

그리고

$$Z_n = \sum_{j=lN_s+1}^{(l+1)N_s} \int_{(j-1)T_f}^{jT_f} n(t) p^{(1)}(t) dt. \tag{16}$$

한편, UWB-IR 시스템은 원하는 비트오류확률을 획득하기 위해서 각 사용자의 데이터 비트를 변조한 다음 송신펄스를 이용하여 N_s 번 반복하여 전송하는 UWB 시스템의 특성을 고려하여야 한다 [10]-[15].

상관기에 수신되는 검출하고자 하고자 하는 수신 신호성분 $Z_u = N_s^2 E_p$ (E_p 는 송신펄스의 에너지) 이며, 잡음신호성분 Z_n 은 평균이 0이고 분산 $\sigma_n^2 = N_s N_0/2$ 로 구할 수 있다. 하지만, 다중 사용자의 간섭신호 성분 Z_{MAI} 는 프레임 구간에서 시간 지연되어 수신되는 다른 사용자들이 사용하는 시간도약 코드와 MHP 펄스 차수를 고려하여 간섭성분을 구해야 한다.

제안하는 다중접속방식의 경우, 동일한 차수의 MHP 펄스를 사용하는 M 개의 시간도약 코드에 따른 간섭과 서로 다른 차수의 MHP 펄스를 사용하는 N 개의 펄스 차수에 대하여 간섭을 구하고, 그 평균과 분산을 구해야 한다. 따라서 간섭신호 성분은 식 (15)를 정리하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z_{MAI} = \sum_{j=1}^{N_s} \sum_{k=2}^K d^{(k)} R(\tau_j^{(k)}) \quad (17)$$

여기서 $\tau_j^{(k)} = (c_j^{(i)} - c_j^{(k)}) T_c - (\tau_i - \tau_k)$ 로, 첫 번째 사용자와 k 번째 사용자의 전송지연 시간차이다.

다중접속 사용자의 간섭성분은 평균이 0인 화이트 가우시안으로 모형화되므로 [2], [10], [11], $\tau_j^{(k)}$ 는 $[-T_f, T_f]$ 구간에서 균일한 분포를 하는 랜덤변수로 모형화 할 수 있다. 따라서 다중 사용자의 간섭성분에 대한 평균과 분산은 각각 다음과 같다.

$$E[Z_{MAI}] = E \left[\sum_{j=1}^{N_s} \sum_{k=2}^K d^{(k)} R(\tau_j^{(k)}) \right] = 0 \quad (18)$$

$$\begin{aligned} Var[Z_{MAI}] &= Var \left[\sum_{j=1}^{N_s} \sum_{k=2}^K \{d^{(k)} R(\tau_j^{(k)})\} \right] \quad (19) \\ &= \sum_{j=1}^{N_s} E[d^{(k)}]^2 \left[\sum_{k=2}^K E[R_i^2(\tau^k)] \right] \\ &= \frac{\lambda}{m!n!T} \sum_{k=0}^{\min(m,n)} \sum_{l=0}^{\min(m,n)} k! l! \binom{m}{k} \binom{n}{l} \binom{m}{l} \binom{n}{k} \\ &\quad \times (-1)^{2n+k+l} \Gamma(a, x) \end{aligned}$$

여기서, m 은 다중접속 사용자의 시간도약 코드 개수이고, n 은 MHP 펄스 개수이며, $\Gamma(a, x)$ 는 감마함수로 $\Gamma(a, x) = \Gamma(n+m-k-l+1/2, 0) - \Gamma(n+m-k-l+1/2, \frac{T^2}{4\lambda^2})$ 이다.

따라서 제안하는 UWB 시스템에서 BPAM 방식을 사용하여 전송하는 경우의 비트오류확률은 다음과 같이 구해진다.

$$P_{b(BPAM)} = Q \left(\sqrt{\frac{E_b}{\sigma_{MAI}^2 + \sigma_n^2}} \right) \quad (20)$$

5. 제안하는 시스템의 성능평가

모의실험은 앞서 분석한 시스템의 결과를 이용하여 AWGN 채널에서 송수신기의 동기가 정확하게 일치하는 경우에 대해 기존방식과 제안하는 방식을 사용하는 IR-UWB 시스템의 비트오류확률을 나타내었다.

모의실험에 사용한 MHP 펄스들의 폭은 $2[n_{ps}]$ 로 두었고, 모의실험 환경에 따라서 사용한 MHP 펄스 개수(N_p), 프레임당 칩 수(N_c), 펄스의 반복전송 횟수(N_s), 사용자수(K) 등은 각각 다르게 하였다.

그리고 일반적으로 다중접속 UWB 시스템에서는 성능분석을 위해 다중접속 사용자에게 대한 간섭을 가우시안으로 모형화되므로, 동시에 접속하는 사용자 수가 적거나 전송하는 데이터 비트의 수가 적은 경우에는 가우시안으로 근사화가 부족하여 약간의 성능차이가 발생하게 되지만, 사용자의 수와 전송

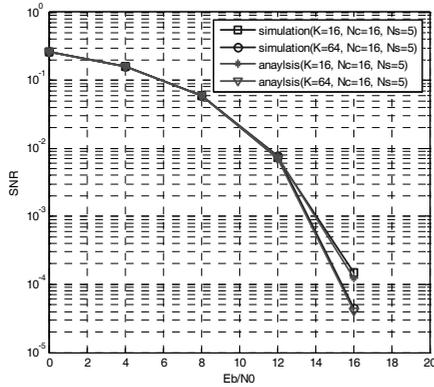


그림 3. 제안하는 PO-THMAUWB 시스템 성능
Figure 3. System performance for proposed system

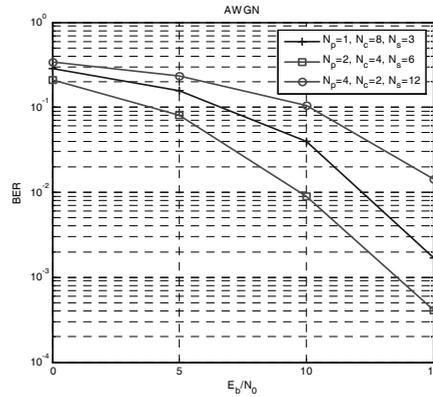


그림 4. MHP 펄스 개수에 따른 BER ($K=8$)
Figure 4. System performance for MHP pulse numbers

하는 데이터 비트의 수가 많아지는 경우에는 가우시안으로 모형화 된다.

〈그림 3〉은 제안하는 방식의 성능을 검증하기 위하여 BPAM 방식을 사용하는 UWB시스템에서 다중접속 사용자 수가 16명과 64명인 경우에 대한 모의실험 결과를 나타내었는데, 제안하는 시스템의 분석결과와 모의실험의 성능이 일치함을 알 수 있다.

〈그림 4〉는 제안하는 다중접속 방식을 사용하는 UWB 시스템에서 다중접속 사용자 수가 8명인 경우에서 동일한 데이터 전송률에서 칩의 개수와 MHP 펄스의 개수, 그리고 반복전송 횟수에 따른 비트오류확률을 나타내었다.

이 그림에서는 제안하는 다중접속 방식을 사용하는 UWB 시스템($N_p=2$)이 기존의 다중접속 방식을 사용하는 UWB 시스템($N_p=1$)에 비해서 시스템의 성능이 향상됨을 확인할 수 있다. 제안하는 UWB 시스템은 2차원 다중접속 방식의 사용으로 동일한 데이터 전송률에서 시스템 용량이 2배 증대되었고, 증대된 시스템 용량을 송신펄스의 반복전송에 사용하여 시스템의 성능을 향상시킬 수 있었다.

하지만, 다중접속 사용자에 비하여 칩의 개수가 상대적으로 적은 경우($N_p=3$)에서는 펄스의 수를

늘려 펄스 반복전송횟수를 늘리더라도 시스템의 나빠지는 것이 확인 되는데, 이것은 사용자수에 비교하여 칩의 개수가 작아서 발생하는 것으로, 펄스의 수를 무조건 늘리는 것 보다는 다중접속 사용자에 따라 MHP 펄스의 개수와 칩의 개수를 최적화하여 사용해야 함을 보여주고 있다.

〈그림 5〉는 기존의 다중접속 방식($n=1$)과 제안하는 다중접속 방식($n=2,4$)을 사용하는 경우에서 동일한 데이터 전송률에서의 비트오류확률을 나타내었다.

이 그림에서는 기존의 다중접속방식과 비교하여 제안하는 다중접속방식에서 더 우수한 비트오류확률을 가짐을 확인할 수 있는데, 이것은 MHP 펄스의 추가에 따라서 시스템 용량이 증대되었고, 증대된 시스템 용량을 송신펄스의 반복전송에 이용하였기 때문이다. 따라서 IR-UWB 시스템에 사용하는 MHP 펄스의 개수가 계속해서 증가시킨다면 성능은 더욱 더 개선될 것이다.

〈그림 6〉은 제안하는 다중접속 방식을 사용하는 경우에서 고정된 신호대잡음비($SNR=5, 10, 15$)에서 비트오류확률에 따른 다중접속 사용자의 수를 나타내었다.

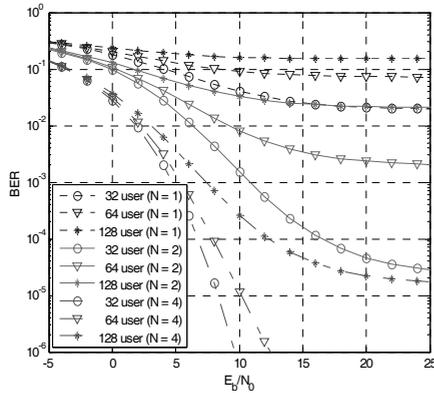


그림 5. MHP 펄스 개수에 따른 BER ($n = 1, 2, 4$)
Figure 5. BER performance for HMP pulse numbers

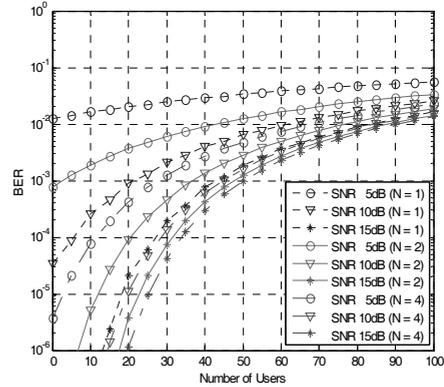


그림 6. 사용자 수에 따른 BER ($SNR = 5, 10, 15$)
Figure 6. BER performance for user numbers

제안하는 다중접속방식은 MHP 펄스의 사용으로 시스템 용량을 증대 시킬 수 있게 되었고, 증대된 시스템 용량은 동일한 데이터 전송률에서 펄스의 반복전송횟수를 늘려 시스템의 비트오류확률이 개선시킬 수 있으며, 또한 고정된 비트오류확률에서는 새로운 데이터 비트를 더 전송할 수 있게 되어서 데이터의 전송속도를 향상시키게 된다.

따라서 다중접속 IR-UWB 시스템에 더 많은 MHP 펄스를 동시에 사용한다면, 시스템의 용량이 크게 향상시킬 수 있어 비트오류확률이나 데이터 전송속도를 더욱 개선시킬 수 있을 것이다. 하지만, MHP 펄스의 개수의 증가에 따라서 다중접속 사용자 간의 간섭이 더욱 증가될 것이므로, 요구되는 시스템 성능에 따라서 MHP 펄스의 개수를 선택적으로 사용해야 할 것이다.

6. 결론

이 논문에서는 IR-UWB 시스템에서 펄스 각 차수 간에 직교성하는 성질을 가지는 MHP 펄스를 2차원 코드를 사용하여 다중 접속하는 방법을 제안하고 시스템의 성능을 분석하였다. 제안하는 다중접속

방식을 사용하는 UWB 시스템의 성능을 분석하기 위하여 데이터 전송에 사용되는 MHP 펄스의 상관 함수를 구하였고, 성능분석과 모의실험을 통하여 기존의 다중접속 방식과 비교하여 시스템의 성능이 향상됨을 보였다.

제안하는 다중접속 방법은 IR-UWB 시스템에 대해 분석하였지만, 고속의 데이터 전송이 요구되는 무선 통신 분야에 사용될 수 있을 것으로 기대되며, 또한 제안하는 다중접속 방법은 시스템의 구조가 간단하여 저 전력, 소형으로 구현 가능하다는 장점을 가지므로, 저 전력 센서네트워크 분야 등에서도 활용되어질 것으로 기대된다.

References

- [1] Moe Z. Win, and R. A. Schok, *Impulse radio: How it works*, IEEE comm. letter, Vol. 2, pp. 36-38. Feb. 1998.
- [2] G. Durisi, and S. Benedetto, *Performance evaluation and comparison of different modulation schemes for UWB multi-access systems*, Proc. IEEE Int. Conf. Comm., Anchorage, AK, pp. 2187-2191, May 2003.

- [3] M. A. Win, and R. A. Scholtz, *Ultra-wide bandwidth time-hopping spread-spectrum impulse radio for wireless multiple-access communications*, IEEE Trans. Commun. Vol. 48, No. 4, pp. 679-691, Apr. 2000.
- [4] F. Ramirez-Mireles, and R. A. Scholtz, *System performance analysis of impulse radio modulation*, IEEE RAWCON, pp. 67-70, Aug. 1998.
- [5] J. Zhang, T. D. Abhayapala, and R. A. Kennedy, *Performance of ultra-wideband correlator receiver using Gaussian mono-cycles*, IEEE Int. Conf. Communications, Anchorage, AK, pp. 2192-2196, May 2003.
- [6] F. Ramirez-Mireles, and R. A. Scholtz, *Multiple-access with time hopping and block waveform PPM modulation*, in Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC '98), Vol. 2, pp. 775-779, Atlanta, Ga, USA, June 1998.
- [7] M. Ghavami, L. B. Michael, and R. Kohno *Hermite function based Orthogonal Pulse for UWB Communications*, Proc. Wireless Personal Multimedia Conference, Aalborg, Denmark, pp. 437-440, Sep. 2001.
- [8] L. B. Michael, M. Ghavami, and R. Kohno, *Multiple pulse generator for ultra-wideband communication using Hermite polynomial based orthogonal pulses*, Proc. 2002 IEEE Conf. on Ultra Wideband Systems and Technologies, Baltimore, MA, USA, May 2002.
- [9] L. E. Miller, *Autocorrelation functions for Hermite polynomial ultra-wideband pulses*, IEE Electronics Letters, Vol. 39. No. 11, pp. 870-871, May 2003.
- [10] H. Zhang, and T. A. Gulliver, *Biorthogonal pulse position modulation for time hopping multiple-access UWB communications*, IEEE Trans. Wireless Commun., Vol. 4, No. 3, pp. 1154-1162, May 2005.
- [11] G. Durisi, and G. Romano, *On the validity of Gaussian approximation to characterize the multiuser capacity of UWB TH PPM*, Proc. IEEE Conf. Ultra Wideband Systems and Technology, pp. 157-161, 2002.
- [12] Ramirez Mireles, Fernando, *Performance of equi-correlated M-ary UWB-FSK signals in multipath*, Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina) 11.3 pp. 902-906, 2013.
- [13] M. Pausini and G.J.M. Janssen, *Analysis and comparison of autocorrelation receivers for ir-uwb signals based on differential detection*, in Proc. of the IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing, pp. 513-516, May. 2004.
- [14] P. Runkle, J. McCorkle, T. Miller, and M. Welborn, *DS-CDMA: the modulation technology of choice for UWB communications*, in Proc. IEEE Conf. Ultra Wideband Syst. Technol., pp. 364-368, Nov. 2003.
- [15] Bo Hu, and N. C. Beaulieu, *Exact bit error rate analysis of TH-PPM UWB systems in the presence of multiple-access interference*, IEEE Communications Letters, Vol. 7, pp. 572-574, 2003.
- [16] G. Durisi, and S. Benedetto, *Performance evaluation and comparison of different modulation schemes for UWB multi-access systems*, Proc. IEEE Int. Conf. Comm., Anchorage, AK, pp. 2187-2191, May 2003.
- [17] B. Hu, and N. C. Beaulieu, *Accurate evaluation of multiple access performance in TH-PPM and TH-BPSK UWB systems*, IEEE

Trans. Commun., Vol. 52, pp. 1758-1766, Oct. 2004.

- [18] Majhi, Sudhan, A. S. Madhukumar, Youssef Nasser, Jean Franc, and ois H'elard, *Power spectral analysis of orthogonal pulse-based th-uwb signals*. Vehicular Technology Conference (VTC 2010-Spring), 2010 IEEE 71st. IEEE, 2010.
- [19] M. G. Di Benedetto, and G. Giancola, *Understanding ultra wideband radio fundamentals*, Prentice Hall. 2004.
- [20] J. G. Proakis, *Digital communication*, forth edition. McGraw-Hill Int. Edition 2000.



Jun Hyeok Hwang received the bachelor's degree in the Department of Electronics Engineering from the Jinju National University in 1999. He received the M.S. degree in the Department of Electronics Engineering from the Pukyong National University in 2003. And the Ph. D. degree in the Department of Electronics Engineering from Pusan National University in 2013. He has been a visiting professor in the Department of Electrical Energy Engineering at International University of Kore since 2014(2). His research interests include UWB systems, wireless communications, digital communications, Sensor Network.

E-mail address: jhwhang@pusan.ac.kr

MHP 펄스를 이용하는 PO-THMA UWB 시스템의 성능분석

황준혁

한국국제대학교 전기에너지공학과

요 약

본 논문은 각 펄스 차수 간에 직교하는 특성을 가지는 MHP 펄스를 이용하여 다중 접속하는 펄스 차수-시간도약 다중접속(PO-THMA) UWB 시스템을 제안하고 시스템의 성능을 분석하였다. 제안하는 다중접속방식은 각 펄스 차수 간에 직교하는 성질을 가지는 MHP 펄스와 기존의 시간도약 코드를 이용한 2차원 다중접속코드를 사용하여 시스템의 성능을 크게 향상시켰다. 제안하는 다중접속방식을 사용하는 UWB 시스템의 성능을 구하기 위해 MHP 펄스의 상관함수의 일반식을 구하고, 다중접속 환경에서 펄스간의 간섭을 분석하여 제안하는 다중접속 방식이 기존의 다중접속 방식과 비교하여 동일한 조건에서 비트오류확률을 향상시키거나 데이터 전송률을 높일 수 있음을 보인다. 제안하는 다중접속 방식은 고속의 데이터 전송이 요구되는 근거리 무선통신 분야에서 사용될 것으로 예상되며, 또한 저 전력, 소형으로 구현이 가능하므로 저 전력 위치인식 분야나 센서 네트워크 분야 등에서 활용되어질 것으로 기대된다.