

# MHP를 기저펄스로 사용하는 M진 THMA-UWB 시스템의 성능 분석

황준혁, 김석찬, 김진식, 박주성, \*최원태, \*\*강봉순  
 부산대학교 전자공학과, \*삼성전기, \*\*동아대학교  
 E-mail: jhwhang@pusan.ac.kr, sckim@pusan.ac.kr, js\_kim@pusan.ac.kr,  
 juspark@pusan.ac.kr, wontae.choi@samsung.com, bongsoon@dau.ac.kr

## Performance Analysis of M-ary THMA-UWB System Using MHP as Basis Pulses

Jun Hyeok Hwang, Suk Chan Kim, Jin Sic Kim, Ju Sung Park,  
 \*Won-Tae Choi, and \*\*Bongsoon Kang  
 Department of Electronics Engineering, Pusan National University  
 \*Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.  
 \*\*School of Electronics and Coputer Engineering, Dong-A University

### Abstract

이 논문은 시간도약 다중접속(time hopping multiple access: THMA) 초광대역(ultra wideband: UWB) 시스템에서 Modified Hermite Polynomial(MHP)을 기저펄스로 사용하는 M진 고속전송 기법을 제안하고, 시스템의 성능을 분석한다. MHP 펄스 차수들의 상호간 직교성을 이용하여 서로 다른 차수의 MHP 기저펄스 N개를 선형결합하여 M진으로 전송한다. MHP 기저펄스의 상호상관 함수를 구하여 제안하는 M진 시스템의 이론적인 성능을 분석하고, 모의실험을 통해서 기존의 M진 전송에 비해서 시스템의 비트오류확률(bit error rate: BER)이 개선됨을 보인다.

### I. 서론

최근에 WPAN과 같은 멀티미디어 전송 분야에서 고속의 무선통신 서비스에 대한 요구의 증가로 초광대역(ultra wideband: UWB) 통신방식에 대한 관심이 증가되고 있다. UWB는 기저대역에서 임펄스를 이용하여 데이터를 송수신하는 단일대역 통신방식과 반송파를 이용하여 데이터를 송수신하는 다중대역(DS-CDMA와 MB-OFDM) 통신방식이 주로 사용되고 있다<sup>[1],[2]</sup>. 다중대역 통신방식은 우수한 비트오류확률(bit error rate: BER)과 고속의 데이터 전송을 제공하며, 단일대역 통신방식은 반송파를 사용하지 않아 시스템의 구조가 간단하며, 저 전력으로 구현할 수 있다는 장점을 가진다.

이 논문에서는, 시간도약 코드를 사용하는 기존의 M진 다중접속 방식에 상호간에 직교하는 성질을 가지는 MHP(modified Hermite polynomial) 펄스를 적용하여 단일대역 시스템 기반에서 고속의 데이터 전송과 우수한 BER을 제공하는 M진 전송방법을 제안하고, MHP 펄스의 상호상관 함수를 구하여 시스템의 성능을 분석하고, 기존의 M진 THMA-UWB 시스템과 비교하여 시스템의 BER이 개선됨을 보인다.

### II. MHP 기저펄스 및 시스템 모형

MHP는 우수한 직교성 때문에 영상처리 및 다수 반송파 시스템의 고속전송이나 다중접속 등에서 사용되며, 다음 식과 같이 정의한다<sup>[3]</sup>.

$$H_n(t) = (-1)^n \exp\left(\frac{t^2}{4}\right) \frac{d^n}{dt^n} \left[ \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \right] \quad (1)$$

여기서  $n$ 은 펄스의 차수이다.

한편, 제안하는 M진 THMA-UWB 시스템에서 펄스 진폭 변조방식을 사용하는 경우  $k$ 번째 사용자의 송신 신호는 다음 식과 같다.

$$s^{(k)}(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} b_{j/N_s}^{(k)} w(t - jT_f - c_j^{(k)}T_c) \quad (2)$$

여기서  $b_{j/N_s}^{(k)}$ 는  $N_s$ 개의 반복 프레임 중에서  $j$ 번째 프레임의 신호 진폭으로  $\pm 1$ 의 값을 가지며,  $w(t)$ 는 M진 데이터 전송에 대해서 N개의 MHP 기저펄스들을 선형 결합하여 생성한 송신펄스이며,  $c_j^{(k)}$ 은  $k$ 번째 사용

자의 시간도약 코드이다. 그리고  $T_f$ 는 프레임 시간간격이며,  $T_c$ 는 칩 시간간격이다.

AWGN 채널을 통과한 송신신호는 수신기에 수신되며,  $K$ 명의 다중 사용자가 동시에 접속하는 UWB 시스템 환경을 고려하면, 수신신호는 다음 식과 같다.

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \alpha_k s^{(k)}(t - \tau_k) + n(t) \quad (3)$$

여기서  $\alpha_k$ 는 경로 손실이며,  $\tau_k$ 는  $k$ 번째 사용자의 전파 지연시간이다. 그리고  $n(t)$ 는 평균이 0이고, 분산은  $N_0/2$ 인 AWGN이다.

### III. 성능분석 및 모의실험

제안하는 UWB 시스템의 상관기 출력은 시간지연되어 수신되는 송신신호와 기준신호를 곱한 다음 한 프레임 구간에서 적분하여 상관시킨다<sup>[1],[2],[5]</sup>.

상관기에서 원하는 출력을 구하기 위해서는 송수신에 사용된 펄스의 상관함수를 구해야 하며, MHP 펄스들의 상호상관 함수의 일반식을 구하면, 다음과 같다.

$$R(m, n, \Delta) = \Omega (-1)^n \sum_{k=0}^m k! \binom{m}{k} \binom{n}{k} (-1)^k \eta^{n+m-2k} \text{ for } n, m < 3, \quad (4)$$

$$R(m+1, n+1; \Delta) = (m+n+1-\eta^2)R(m, n; \Delta) \text{ for } n, m \geq 3 - m \cdot n R(m-1, n-1; \Delta) \quad (5)$$

여기서  $\Omega = \sqrt{2\pi} \exp(-\eta^2/2)$ 이다. 그리고 식 (4)는 3차 이하 MHP 펄스에 대한 상호상관 함수이며, 식 (5)는 3차 이상 MHP 펄스에 대한 상호상관 함수이다.

한편, UWB는 원하는 BER을 획득하기 위해서 각 데이터 비트들을  $N_s$ 개의 펄스를 사용하여 반복 전송하므로, 원하는 수신신호 성분은  $\log_2^M N_s^2 E_p (=E_b, E_p$ 는 송신펄스의 에너지), 열 잡음신호 성분은 평균이 0이고, 분산  $\sigma_n^2$ 은  $N_s N_0/2$ 으로 구해진다. 그리고 다중 사용자의 간섭신호 성분은 MHP 기저펄스를 선형 결합하여  $M$ 진 전송한 펄스에 대한 상호상관 함수를 구한 다음, 평균과 분산을 구하면 된다. 다중접속 사용자에 대한 상호상관 함수를 구하면, 평균은 0이고 분산  $\sigma_{MAI}^2$ 은 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} \text{Var}[Z_{MAI}] &= \text{Var} \left[ \sum_{j=1}^{N_s} \sum_{k=2}^K (b^{(k)} R(\Delta_j^{(k)})) \right] \\ &= \sum_{j=1}^{N_s} E[(b^{(k)})^2] \left[ \sum_{m=2}^M E[R^2(\Delta_j^{(m)})] + \sum_{n=2}^N E[R^2(\Delta_j^{(n)})] \right] \quad (6) \end{aligned}$$

여기서  $M$ 은 시간도약 코드 수이고,  $N$ 은 MHP 펄스 수이다. 분석한 결과들을 이용하여 제안하는 시스템의 이론적인 BER을 구하면, 다음과 같다.

$$P_b = Q \left( \sqrt{\frac{E_b}{\sigma_n^2 + \sigma_{MAI}^2}} \right) \quad (7)$$

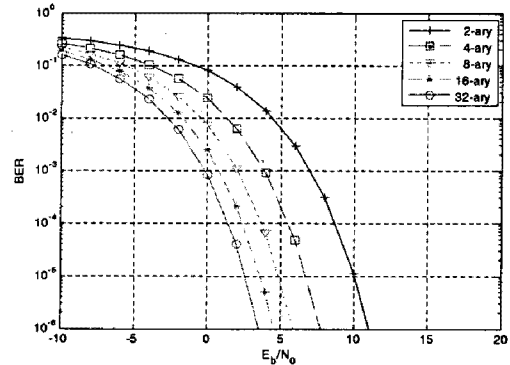


그림 1. 제안하는  $M$ 진 THMA-UWB 시스템의 비트오류확률(펄스진폭변조)

그림 1은 제안하는 시스템에서 펄스진폭 변조방식을 사용하여  $M(2, 4, 8, 16, 32)$ 진으로 데이터를 전송하는 경우에 대한 BER을 나타내었다. 동시에 전송하는 데이터 비트 수( $M$ )가 증가하면, 비트당 펄스 반복전송횟수가 증가되어 시스템의 성능이 더욱 개선된다.

### IV. 결론

이 논문은 직교성을 가지는 MHP 기저펄스들을 사용한  $M$ 진 THMA-UWB 시스템을 제안하고, MHP 기저펄스의 상호상관 함수를 구하여 시스템의 BER을 분석하였다. 제안하는 시스템은 단일대역에서 고속의 데이터 전송이 가능하며, 우수한 BER을 가짐을 확인하였다. 제안하는 시스템은 고속 데이터 전송이 요구되는 근거리 실내 무선통신 시스템이나 저 전력 홈 네트워크 분야에 사용되어질 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] 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.
- [2] 이정석, 김종환, 김유창, 김정신, 김원후, "AWGN에서 다중접속을 위한 M진 Antipodal 초광대역 통신 시스템의 성능 분석," 한국통신학회 논문지, 제27권, 1A호, pp. 1-12, Jan. 2002.
- [3] 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.
- [4] L. E. Miller, "Autocorrelation functions for Hermite polynomial ultra-wideband pulses," IEE Electronics Letters, vol. 39, no. 11, pp. 870-871, May 2003.
- [5] 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.