

신체 외부 통신에서 MHP 펄스와 터너리 코드를 이용한 다중접속 기법[☆]

Multiple Access Scheme Using Modified Hermite Polynomial Pulse and Ternary code for Out-Body WBAN

심재준* 황재호** 김재명***
Jae-Joon Shim Jae-Ho Hwang Jae-Moung Kim

요약

본 논문에서는 신체 외부 고속 통신을 위한 UWB-IR(Ultra Wide Band-Impulse Radio)을 알아보고 다중 접속 시 발생하는 간섭을 완화하고 전송 효율을 높이기 위해 MHP(Modified Hermite Polynomial)펄스와 터너리 코드를 이용한 다중접속 기법을 제안한다. 상호 직교성을 가지는 MHP 펄스와 터너리 코드를 이용하여 신호를 전송할 경우, 신체 외부 고속 및 저속 통신에서 다중 접속 시 발생하는 다중 사용자 간섭을 완화하고 다중 사용자간의 신호 구분이 가능하다. 신호 심볼구조에서 MHP 펄스와 터너리 코드 그리고 시간도약 구간을 설정하여 동기식과 비동기식 고속전송 그리고 동기식과 비동기식 저속전송의 경우에서 최적의 전송기법을 찾고 검증한다. 시뮬레이션을 통해 동기식 구조에서 MHP 펄스를 이용하여 전송한 경우 가우시안 펄스를 사용한 경우보다 2-3dB 향상됨을 확인하였다. 또한 비동기식 구조에서의 신호충돌을 회피하기 위해 터너리 코드를 사용하여 전송하여 향상된 다중접속 기법을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a multiple access scheme using MHP(Modified Hermite Polynomial) pulse and ternary code for high-data and low-data rate for Out-body WBAN(Wireless Body Area Network). To satisfy the requirement of WBAN system, UWB-IR has been considered as a promising candidate for Out-body WBAN. The proposed multiple access scheme, using orthogonal MHP pulse and ternary code sets, reduces multi-user interference and distinguishes user signal from multi-user signals. We propose two algorithms for synchronous and asynchronous WBAN system. The symbol is constructed by MHP pulses and time hopping duration to reduce multi-user interference in the synchronous WBAN system. The symbol also is constructed by ternary code to avoid collision between pulse trains in the asynchronous WBAN system. The results of the proposed multiple access scheme show a clear improvement of BER.

☞ keyword : WBAN, Multiple Access, UWB, MHP, Ternary code

1. 서론

* 준회원 : 인하대학교 정보통신대학원 WiTLAB 석사과정
jaejoon@witlab.kr

** 정회원 : 인하대학교 정보통신대학원 WiTLAB 박사과정
jaeho@witlab.kr

*** 종신회원 : 인하대학교 정보통신대학원 WiTLAB 교수
jaekim@inha.ac.kr

[2010/11/04 투고 - 2010/11/11 심사 - 2010/12/03 심사완료]

☆ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2010- C1090-1011-0007).

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구

최근 U-헬스케어, 유비쿼터스와 같은 IT (Information Technology)-BT(Bio Technology) 융합 기술 분야의 관심이 높아지면서 WBAN (Wireless Body Area Network) 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행 중이다. WBAN은 인체를 기준하여 인체 내부 및 인체로부터 3미터 이내의 무선 통신을 의미한다. 즉, 인체 내에 이식된 의료장치, 사람이 착용하는 옷이나 인체에 부착된 여러 디바이스를

재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010-0008000)

상호 연결하는 새로운 유형의 무선통신이다[1].

IEEE 802.15.16TG BAN을 중심으로 물리 계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층 및 응용 계층 등에 대한 표준화가 진행되고 있다[2]. WBAN은 응용 분야 및 장치의 위치에 따라 분류 할 수 있으며, 응용 분야별로 분류하면 혈압, 혈당을 측정해서 무선 통신하는 옷 등과 같이 입을 수 있는 것과 생체 부착 의료 BAN, 그리고 심전도, 근전도 등의 생체 신호를 측정하여 무선 통신하는 생체 삽입 BAN인 의료 분야와 비디오, 오디오 및 모바일 전송을 위한 비의료 분야로 나눌 수 있다. 장치의 위치에 따라 인체 내부통신과 인체 표면 통신, 그리고 인체 외부통신으로 분류 할 수 있다.

WBAN은 인체 내의 근거리 통신이므로 저 전력, 고 신뢰성 통신을 요구하는 통신 네트워크이다. 뿐만 아니라 오디오 및 비디오 전송을 위한 인체 외부통신에서는 10Mbps 이상의 전송 속도를 요구한다. 이와 같이 WBAN 시스템은 저 전력뿐만 아니라 1kbps~ 10Mbps 까지 유동적인 전송 속도를 요구하므로 이에 적합한 통신 시스템으로 UWB-IR 방식이 대두되고 있다. UWB 시스템은 초광대역으로 PPM(Pulse Position Modulation)방식으로 전송하므로 믹서, RF 오실레이터 그리고 PLL 방식을 필요로 하는 정현파 전송보다 간단하고, 1ns의 펄스 전송으로 저 전력을 소비한다. 그러므로 WBAN 시스템의 요구사항을 충족하기 때문에 학계 및 각국의 연구소에서는 WBAN의 물리계층에 적용시키기 위한 연구가 활발히 진행 중이며 IEEE 802.15.6 TG에서도 PPM방식의 UWB 기술을 적용하는 표준화가 거의 막바지로 진행 중 이다.

인체외부 통신의 경우 많은 장치들 간에 통신이 이루어진다. 이에 따른 다른 장치들 간의 간섭 문제가 발생하게 되고, 이들 다중 장치들 간의 다중접속방식을 고려해야 한다. IEEE 802.15.4a 에서의 다중접속 기법으로는 TH-PPM(Time hopping PPM) 기법이 제안되었다[3]. WBAN의 무선통신에서는 매우 짧은 거리(3m) 이내의 통신이므로

다중 장치들 간의 거리가 가까워 간섭문제가 발생하고 오류로 인한 기기들의 오작동 등 간섭문제를 완화하고 장치들 간의 향상된 무선전송이 필요하다.

이에 본 논문에서는 인체 외부 고속 및 저속 통신을 위한 물리계층 심벌 구조를 바탕으로 다중접속방식을 알아보고 MHP 펄스와 터너리 코드를 이용하여 사용자간에 간섭을 줄이고 향상된 다중접속 방식을 제안한다. MHP 펄스와 터너리 코드는 각각의 직교성을 가지므로 사용자간에 신호구분이 가능하므로 향상된 다중 접속 방식의 구현이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 WBAN 시스템의 요구사항과 이에 적합한 후보로써 UWB-IR과 제안하는 프레임 구조에 대해 알아본다. 3장에서는 제안하는 인체외부통신에서의 다중접속 방식인 시간도약 기법, MHP 펄스, 그리고 터너리 코드를 알아보고, 세 방식을 융합하여 최적의 향상된 다중접속 방식을 제안한다. 4장에서는 제안하는 다중 접속방식의 성능을 분석하고 각각의 모드별로 구성하여 최적의 기법을 찾고 비교하여 향상된 BER성능을 검증한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. WBAN system

2.1 WBAN 시스템의 요구사항

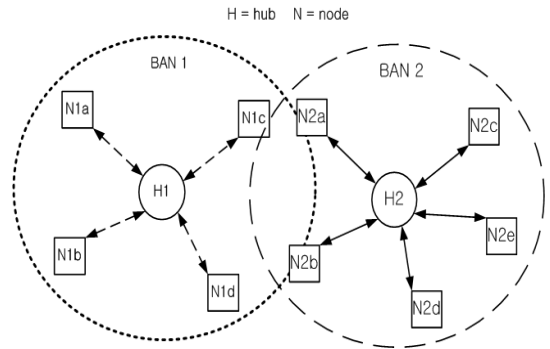
IEEE 802.15.6TG 그룹에서는 다양한 전송기법을 제안하고 있고, 최적화를 위해 많은 학계 및 연구소에서 활발히 연구 중이다. WBAN시스템은 통신 노드의 위치에 따라 인체 외부, 인체 표면, 인체 내부 통신으로 나눌 수 있다. 표 1은 인체 외부 통신에서의 채널 환경에 따른 주요 특성과 요구 사항을 나타낸다[2,4]. 인체 내부 통신과 달리 인체 외부통신에서는 비디오, 오디오, 데이터 전송 서비스등 다양한 분야에 사용되며, 3m 이내에서 전송 가능한 커버리지를 요구한다. 주파수 대역은 ISM, UWB, MICS 등 다양하다. WBAN시스

(표 1) 인체 외부통신을 위한 요구사항^[2,4]

| Characteristic | Requirement |
|----------------|---|
| Service | video/ audio/ data transmission |
| Range | <3m |
| Frequency band | ISM/ UWB/ MICS |
| Latency | <250ms |
| Data rate | 10kbps~10Mbps |
| BER | video,voice:< 10^{-3} audio: < 10^{-5} |
| Topology | Mutiple simultaneous links |
| Channel | Multipath model |
| Number of user | <10 |

템은 인체 내부 또는 인체의 근접한 거리에서 작동하므로 방사 전력에 엄격한 제한이 요구된다 [5]. 동영상 전송을 위한 10Mbps 이상의 통신 전송율과 저 전력을 동시에 만족해야 하며, 다중 접속 사용자가 10명까지 만족해야 한다[6]. 그림 1은 인체 표면에서 외부까지 통신에서의 다중 접속 사용자의 네트워크 구성도를 도식화 하였다.

저 전력 및 고 신뢰성 통신을 요구하는 WBAN 시스템 통신방식으로 UWB-IR 기술이 대두되고 있으며, UWB-IR은 낮은 복잡도를 가지고 수십 ns의 펄스 전송방법을 사용하므로 소비전력이 낮다. 그리고 심볼구간의 조절을 통해 10kbps~10Mbps까지 데이터 전송률을 가지므로 WBAN시스템의 요구사항을 충족한다.



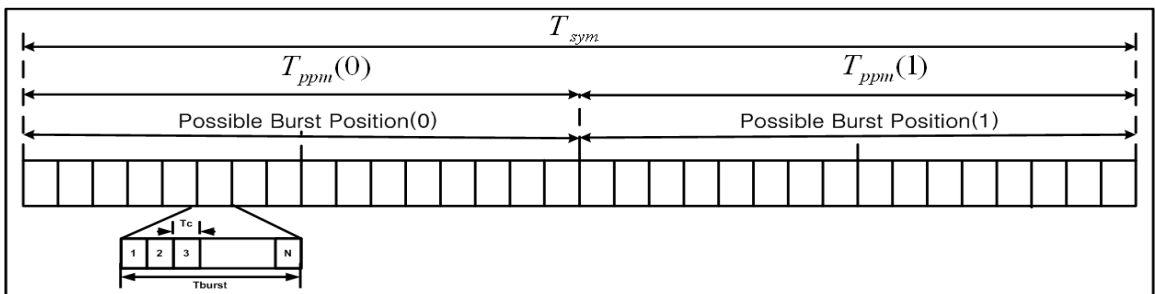
(그림 1) 네트워크 구성도

2.2 PHY. Layer Frame structure

임펄스를 전송하는 UWB-IR시스템은 PPM 변조방식으로 IEEE 802.15.4a의 WPAN의 저속전송 기법이다[3]. 이를 WBAN의 고속 전송방식으로 적용하기 위해 프레임의 조절하여 10Mbps 이상의 고속 전송을 하는 연구방법이 연구되었다[7].

그림 2는 고·저속 전송을 위한 인체통신의 물리층 프레임 구조를 나타내고 표 2는 각각의 심볼 파라미터를 나타낸다. 저속 전송의 경우, 변조 방식은 펄스의 위치를 실어 보내는 PPM 방식을 사용한다. 1 비트를 전송하는 신호의 주기를 나타내는 T_{sym} 은 약 1026ns이며 데이터 전송량 0.85Mbps를 지원한다. 한 심볼은 2PPM을 사용하며 T_{ppm} 은 512.8ns로 2구간으로 나뉘어 1비트를 전송하게 된다[7].

10Mbps이상의 고속 전송을 위하여 전체 1026ns의 심볼구간(T_{sym})을 줄여 심볼구간은 약 64ns이며



(그림 2) 제안하는 시스템의 프레임 구조

(표 2) 고·저속 인체통신의 물리층 심볼 파라미터

| Item | High data rate | Low data rate |
|-----------------------------------|------------------|------------------|
| Modulation | Pulse Shape BPPM | Pulse Shape BPPM |
| Data symbol duration(T_{sym}) | 64.1 ns | 1025.64 ns |
| Data rate | <10Mbps | <1Mbps |
| Data PPM duration(T_{ppm}) | 32ns | 512.8ns |
| Burst duration (T_{burst}) | 2ns | 32.05ns |

데이터 전송량은 약 13Mbps가 된다. 저속 UWB의 심볼과 같이 이진 PPM 변조방식을 사용하며, T_{ppm} 은 32ns로 2 구간으로 나뉘어 1비트 전송하게 된다. 심볼 구간이 줄어들어 T_{burst} 구간에는 1개의 칩으로 이루어지며 다중 접속을 위한 시간도약 구간은 16개로 구성된다.

본 논문에 사용 되는 시간 도약 PPM 기반 UWB시스템의 송신신호는 다음과 같다[7].

$$s(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sqrt{\frac{E_b}{N_s}} p(t - g_j T_{PPM} - j T_f - h T_{burst}) \quad (1)$$

E_b 는 비트 에너지, $p(t)$ 는 전송되는 가우시안 펄스를 각각 나타낸다. 심볼 정보는 $q_j \in \{0,1\}$ 이며 펄스가 위치하는 T_{PPM} 구간의 위치에 따라 0 또는 1을 나타낸다. T_f 는 하나의 프레임 구간을 나타내며 $h \in \{0,1,\dots,N_{hop}-1\}$ 은 다중 접속을 위한 시간 도약구간을 지정한다. T_{burst} 는 연접 펄스 구간이며 고속 전송을 위한 WBAN 심볼 구조에서는 T_{burst} 구간에 하나의 펄스가 전송된다[5,7].

이와 같이 고속 전송을 위하여 심볼 구간이 줄어들어 다중 접속을 하기 위한 시간도약 구간의 길이가 줄어들었다. 또한 T_{burst} 구간도 줄어들어 하나의 펄스를 전송함으로써 펄스들 간의 간섭이 심하고 다중사용자간의 신호 구분이 어렵다. 이에 다중 사용자간의 신호 검출이 가능하고 간섭이 적은 다중 접속 방식의 필요성이 대두 되었다.

3. 신체 외부 통신을 위한 다중접속 기법

3.1 시간도약 다중접속 기법

시간도약 코드(Time-hopping spreading codes)기술은 PPM 변조방식의 UWB시스템에서 사용하는 다중접속 기법으로 antipodal 신호를 사용하는 UWB시스템에서는 시간도약기법이 다중접속방법으로 사용된다[3].

식 2는 다중접속 기법을 이용한 k^{th} 사용자 신호를 나타낸다. E_b 는 비트 에너지, 단일시간도약 코드 c^k 의 길이 N_s 와 각 코드의 시간도약 T_c 로 구성되며 $0 < c_j^k < N_h$ 이다. 주어진 코드길이 N_s 와 각각의 시간도약 T_c 는 $N_c T_c < T_f$ 와 같이 구성된다[8].

$$s^k(t) = \sqrt{\frac{E_b}{N_s}} \sum_{j=0}^{N_s-1} p(t - g_j^{(k)} T_{PPM} - j T_f - c_j^k T_c) \quad (2)$$

그러나 고속 전송을 위해 심볼구간이 줄어든 WBAN 심볼구조에서는 시간도약기법의 간섭문제 해결에는 한계가 있다. 200ms의 다중지연 채널인 WBAN에서 32ns의 고속전송과 1026ns의 저속 전송 심볼구간의 시간도약기법은 채널의 영향을 받는다. 그러므로 시간도약뿐만 아니라 사용자간의 신호 구분이 가능한 다중접속 기법이 필요하다.

3.2 Ternary code 기법

본 논문에서는 직교성을 가지는 TCP(Ternary Complementary Pair set)을 이용하여 터너리 코드 세트를 구성한 신호를 전송한다[9]. 또한, TCP구성을 위한 터너리 코드 세트를 T_{ter} 으로 나타내며 시퀀스 길이를 N_{ter} 으로 나타낸다. 상호보안적인 터너리 코드는 완벽한 터너리 코드 시퀀스로 구성되며 이를 c 라고 하고 길이를 N 으로 나타낸다. 주기적인 자기상관함수 R_{cc} 는 식 3을 만족한다.

$$R_{c,c}(l) = \begin{cases} N_1 & \text{if } (l \bmod N) \equiv 0 \\ 0 & \text{if } (l \bmod N) \neq 0 \end{cases} \quad (3)$$

여기서 N_1 은 터너리 시퀀스의 non-zero 요소의 개수이며 모든 구성요소는 시간반복의 상호보안적인 세트로 구성된다. 상호 보안적인 터너리 쌍으로 구성된 $\{C_1, C_2\}$ 으로 매트릭스 $\Delta^{(0)}$ 을 이룬다. 식 4는 매트릭스 $\Delta^{(0)}$ 을 구성을 나타낸다.

$$\Delta^{(0)} = \begin{bmatrix} C_1 & \overrightarrow{C_2} \\ C_2 & -\overleftarrow{C_1} \end{bmatrix} \quad (4)$$

여기서 $\overrightarrow{C_2}$ 는 시퀀스 C_2 의 역을 나타내며 $-\overleftarrow{C_1}$ 는 시퀀스 C_1 에서 음의 i 번째 요소를 나타낸다. 매트릭스 $\Delta^{(0)}$ 은 상호 직교의 특성을 가진 세트 $\{C_1, C_2\}$ 와 $\{\overrightarrow{C_2}, -\overleftarrow{C_1}\}$ 으로 구성된다. 코드 세트는 다음과 같이 상호보안적인 소단위 터너리 코드로 구성된다.

$$\Delta^{(0)} = \begin{bmatrix} ++ & +- \\ +- & -- \end{bmatrix} \quad (5)$$

여기서 '+'는 1을 나타내며 '-'는 -1을 나타낸다. $\Delta^{(0)}$ 은 상호 직교성을 가지는 시퀀스 세트 $\begin{pmatrix} ++ \\ +- \end{pmatrix}$ 과 $\begin{pmatrix} -+ \\ -- \end{pmatrix}$ 으로 구성된다. 각각의 사용자는 서로 다른 상호 직교의 터너리 코드 세트를 사용하여 신호를 구분하게 된다. 이와 같이 상호 직교성을 가지는 코드를 이용하여 확장하면 식 6과 같다.

$$\Delta^{(p+1)} = \begin{bmatrix} \Delta^{(p)} \otimes \Delta^{(p)} & -\Delta^{(p)} \otimes \Delta^{(p)} \\ -\Delta^{(p)} \otimes \Delta^{(p)} & \Delta^{(p)} \otimes \Delta^{(p)} \end{bmatrix} \quad (6)$$

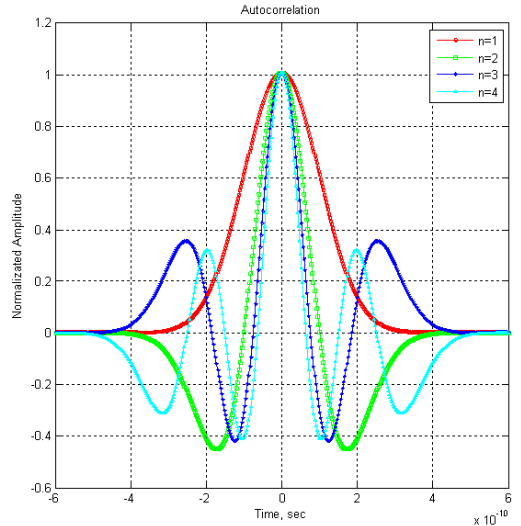
여기서 $-\Delta^{(p)}$ 는 매트릭스 $\Delta^{(p)}$ 의 i, j 항목의 역을 나타내며, '⊗'는 인터리빙(interleaving)을 나타낸다. 두 개의 시퀀스 $a = \{a_1, a_2, a_3, \dots\}$ 와 $b = \{b_1, b_2, b_3, \dots\}$ 가 $a \otimes b$ 이면 $a \otimes b = \{a_1, b_1, a_2, b_2, \dots\}$ 이다[9,10].

각각의 코드는 우수한 자기상관의 특성과 상호상관의 특성을 가진다. WBAN시스템은 매우 많은 다중 경로 지연과 다중 사용자 간섭이 심하므로 터너리 시퀀스를 사용함으로써 다중 경로 지연과 다중 사용자 간섭을 완화 시킬 수 있다.

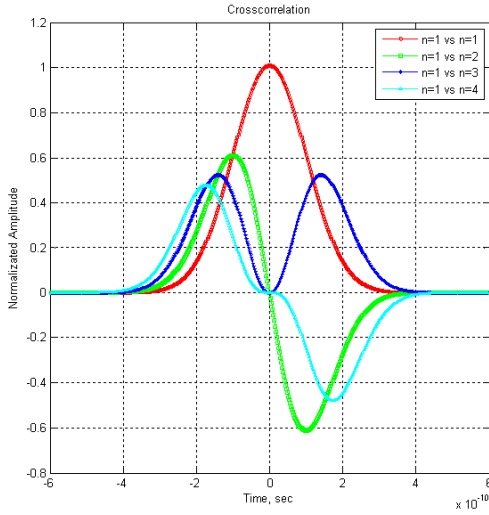
3.3 Modified Hermite Polynomial 펄스 기법

시간 도약 UWB-IR 시스템에서는 가우시안 모노 펄스가 주로 사용되지만 사용자간에 신호 구분은 불가능하다. 고 신뢰성 고속 전송을 위해서는 짧은 심볼 구간에서의 신호 구분 및 간섭을 줄이기 위해서는 직교성을 가지는 펄스가 필요하다. 본 논문에서는 직교성을 가지는 MHP 펄스를 사용하여 보다 더 효율적인 사용자간의 신호구분이 가능하다. 식 7은 MHP 펄스의 수식을 나타낸다.

$$H_n(t) = (-\tau)^n \exp(t^2/4\tau^2) \tau^2 \frac{d^n}{dt^n} [\exp(-t^2/2\tau^2)] \quad (7)$$



(그림 3) MHP 1~4차 펄스의 자기상관 특성



(그림 4) MHP 1~4차 펄스의 상호상관 특성

여기서, n 은 펄스의 차수로서 $n=0,1,2,\dots$ 이며 $-\infty < t < \infty$ 이다. 식 8은 각 차수마다의 MHP 펄스 수식을 나열한 것이다.

$$H_n = \begin{cases} h_0(t) = k_0 \exp(-t^2/4\tau^2) \\ h_1(t) = k_1 \frac{t}{\tau} \exp(-t^2/4\tau^2) \\ h_2(t) = k_2 \left[\left(\frac{t}{\tau}\right)^2 - 1 \right] \exp(-t^2/4\tau^2) \\ h_3(t) = k_3 \left[\left(\frac{t}{\tau}\right)^3 - 3\frac{t}{\tau} \right] \exp(-t^2/4\tau^2) \\ \vdots \\ n = 1, 2, 3, 4, \dots \end{cases} \quad (8)$$

각 차수의 펄스는 동일한 1ns의 구간을 가지며 같은 주파수 대역폭을 가진다. 또한 서로간의 직교성을 가지고 DC성분이 없는 펄스로 구성된다. 그림 3, 4는 각 펄스의 상관함수 특성을 도식화하였다. 동일 심볼 구간에서의 같은 차수의 자기상관함수의 특성과 다른 차수간의 상호상관함수의 특성을 알 수 있다[11]. 식 9는 그림 3, 4의 상관함수 특성을 수식으로 나타내었다.

$$R(m,n) = \int_{-T_j}^{T_j} h_m(t)h_n(t)dt = \begin{cases} 1, & m = n \\ 0, & m \neq n \end{cases} \quad (9)$$

3.4 WBAN에서 제안하는 다중접속 기법

제안하는 WBAN시스템의 다중접속 기법은 PPM방식과 Pulse Shape 방식으로 변조하여 데이터를 시간도약방식과 터너리 코드방식, 그리고 MHP 펄스를 결합한 펄스 시퀀스로 전송된다. 제안하는 WBAN시스템에서 k 번째 사용자의 송신단 신호는 다음과 같다.

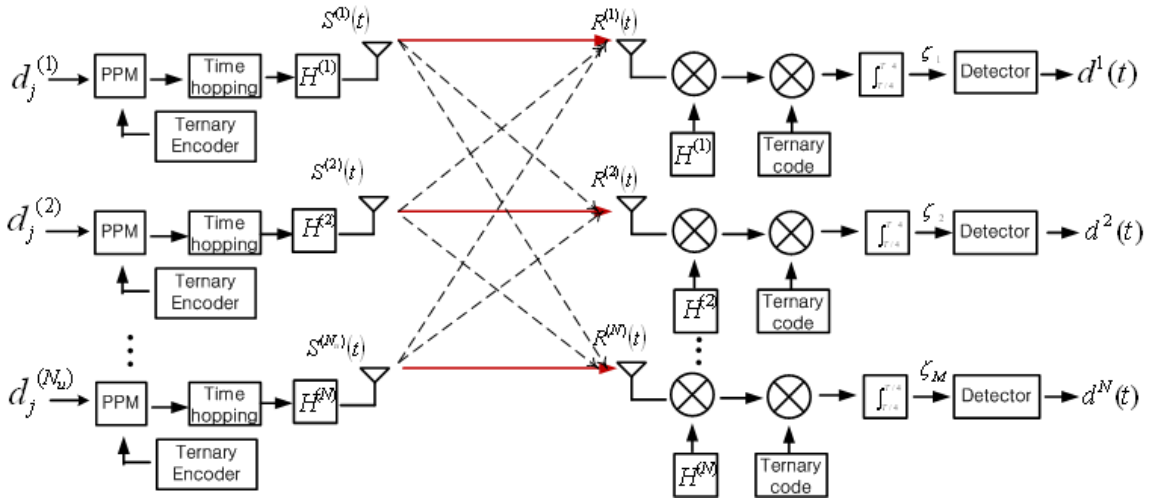
$$s^k(t) = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^{N-1} \sqrt{\frac{E_b}{N_s}} c_{i,j}^{(k)} h_{i,j}^{(k)}(t - g_j T_{PPM} - i T_f - h_{i,j}^{(k)} T_{burst}) \quad (10)$$

E_b 은 비트 에너지, N 는 심볼 시퀀스 길이, M 은 보내는 심볼정보의 인덱스, $H(t)$ 는 전송되는 MHP 펄스를 각각 나타낸다. 심볼 정보는 $q_k \in \{0,1\}$ 이며 펄스가 위치하는 T_{PPM} 구간의 위치에 따라 0 또는 1을 나타낸다. T_j 는 하나의 프레임 구간을 나타내며 $h_{i,j}^{(k)} \in \{0,1,\dots,N_{hop}-1\}$ 은 다중접속을 위한 시간 도약구간을 지정한다. $c_{i,j}^{(k)}$ 는 다중 사용자간의 터너리 코드으로써 사용자간의 신호구분을 한다. T_{burst} 는 연접 펄스 구간이며 고속 전송을 위한 WBAN 심볼 구조에서는 T_{burst} 구간에 하나의 펄스가 전송된다.

표 3은 고속전송과 저속전송에서의 각 모드별로 시간도약구간과 터너리 코드 길이를 나타냈으며, 고속 전송의 경우 Mode 1은 터너리 코드 길이

(표 3) 각 모드별 파라미터

| Item | High data rate | | | Low data rate | | |
|--------|----------------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| | T_{burst} | N_{ter} | N_{hop} | T_{burst} | N_{ter} | N_{hop} |
| Mode 1 | 2 ns | 1 | 16 | 32.05 ns | 0 | 16 |
| Mode 2 | 8.0125ns | 4 | 4 | 32.05 ns | 16 | 16 |
| Mode 3 | 16.025ns | 8 | 2 | 128.2 ns | 64 | 4 |
| Mode 4 | 32.05ns | 16 | 1 | 256.4 ns | 128 | 2 |



(그림 5) 제안하는 시스템의 송신단과 수신단

가 1으로써 터너리 코드 없이 1개의 펄스로 구성되며 시간도약 구간은 16구간으로 구성되어진다. Mode 2는 터너리 코드 길이가 4로써 4개의 펄스로 구성되며 시간도약 구간은 4구간으로 다중 접속한다. Mode 3은 터너리 코드 길이가 8로써 8개의 펄스로 구성되며 시간도약 구간은 2구간이다. Mode 4는 터너리 코드 길이가 16으로써 16개의 펄스로 구성되며 시간도약 구간은 없다.

저속 전송의 경우는 터너리 코드를 사용하지 않고 MHP와 IR을 사용하고 펄스의 개수는 16개로써 시간도약구간 역시 16구간으로 Mode 1을 나타낸다. Mode 2는 펄스의 개수와 시간도약구간은 Mode 1과 동일하며 터너리 코드를 사용하여 전송하였다. Mode 3은 펄스의 개수를 늘여 64개로 전송하고 시간도약구간은 줄여 4구간으로 터너리 코드를 사용하여 전송한다. Mode 4는 펄스의 개수는 128개이며 시간도약구간은 2구간으로 터너리 코드를 사용하여 전송한다. 즉, 터너리 코드 길이를 늘임으로서 시간도약 구간을 줄여 코드의 특성을 검증하고 반대로 코드 길이를 줄임으로서 시간도약구간을 늘여 시간도약기법의 특성을 검증한다. 그리고 각각의 모드에서 최적의 성능을 찾아 WBAN시스템에 최적화를 하여 검증한다 [12].

4. 성능결과 분석

4.1 시뮬레이션 환경

그림 5는 본 논문의 시뮬레이션을 위한 송신단과 수신단을 도식화한 것으로 송신단에서는 각각의 사용자에게 따른 차수의 펄스를 할당하여 터너리 코드 시퀀스로 PPM 변조하여 송신하게 된다. 그리고 각각의 사용자에게 시간도약구간과 MHP펄스를 할당하여 송신한다. 고속 전송과 저속전송의 경우 모두 변조 방식은 펄스의 모양과 위치에 따라 비트 정보를 전송하는 펄스 형태 이진 PPM방식인 PS-BPPM을 사용하였다.

(표 4) 다중경로 지연 임펄스 파라미터

| Direction of Body | $T[ns]$ | $k(\Delta k[dB])$ | $\sigma[dB]$ |
|-------------------|---------|-------------------|--------------|
| 0 | 44.6346 | 5.111(22.2) | 7.30 |
| 90 | 54.2868 | 4.348(18.8) | 7.08 |
| 180 | 53.4186 | 3.638(15.8) | 7.03 |
| 270 | 83.9635 | 3.983(17.3) | 7.19 |

채널환경은 다중지연 환경인 WBAN 신체외부 환경을 따른다. 고속 전송과 저속전송 두 경우 모두 채널코딩을 사용하지 않았으며 채널 모델은 AWGN과 UWB 대역인 3.1~10.6GHz에서의 인체 외부 통신 환경인 WBAN CM4를 적용하였다. CM4의 송수신기 안테나는 전방향성 안테나를 사용하며 인체 외부의 안테나 위치는 인체 표면으로부터의 각도에 앞면 (0°)으로 인체 표면에 위치한 안테나는 인체의 정면에 위치한다고 가정한다. 식 11은 BAN채널 모델에서 채널의 임펄스 응답을 나타낸다.

$$h(t) = \sum_{m=0}^{L-1} \alpha_m \delta(t - \tau_m) \quad (11)$$

$$|\alpha_m|^2 = \Omega_0 e^{-\frac{\tau_m}{T} - k[1 - \delta(m)]} \beta$$

$$k = \Delta k (\ln 10 / 10) \quad \tau_0 = d/c \quad \beta \sim \text{lognormal}(0, \sigma)$$

L은 경로의 개수이며 푸아송 확률 분포를 따르고 평균값은 $\bar{L} = 400$ 이다. α_m 은 각 경로에서 신호의 감쇄 정도를 나타내고 τ_m 은 시스템의 표본화율을 나타낸다. 표 4는 다중경로 지연 임펄스 파라미터를 보여준다[13]. 시뮬레이션을 위한 다중접속 수는 WBAN 환경의 요구 조건인 10으로 설정 하여 시뮬레이션을 구현 하였다.

다중 사용자가 접속하는 WBAN 시스템에서 WBAN 채널을 통과한 수신 신호는 다음과 같다.

$$R(t) = \sum_{m=1}^{L-1} \alpha_m S^{(k)}(t - \tau_m) + n(t) + i(t)_{MU} \quad (12)$$

여기서 α_m 은 WBAN 채널에 의한 경로손실이며, τ_m 은 k번째 사용자의 전파 지연시간이다. 그리고 평균이 0이고, 분산이 $N_0/2$ 인 AWGN이다. $i(t)_{MU}$ 는 다중사용자의 간섭을 나타낸다. 수신단에서는 수신된 신호를 각각의 차수에 맞게 MHP 펄스에 의한 correlator를 통해 신호 검출을 수행하게 된다. 직교성을 가지는 MHP펄스와 터너리 코드를 이용하여 검출한 신호는 수신기에 의해 복

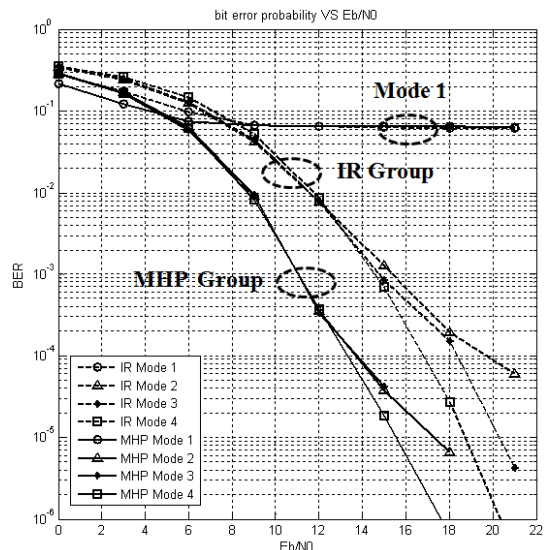
호화된 수신 신호로 변환된다.

4.2 시뮬레이션 결과

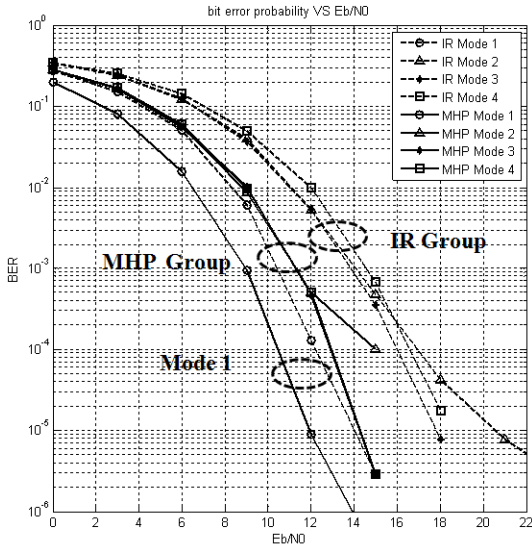
4.2.1 고속 전송 시뮬레이션

그림 6은 비동기식 고속 전송에서의 WBAN 시스템 성능을 나타낸 것으로서 크게는 가우시안 펄스를 이용한 방식과 MHP 펄스를 이용한 방식으로 나눌 수 있다. 또한 터너리 코드 길이에 따른 각각의 성능을 나타내었다. 고속 전송에는 한심볼 길이가 작으므로 서로 간에 간섭이 심하고 채널에 영향도 많이 받는다.

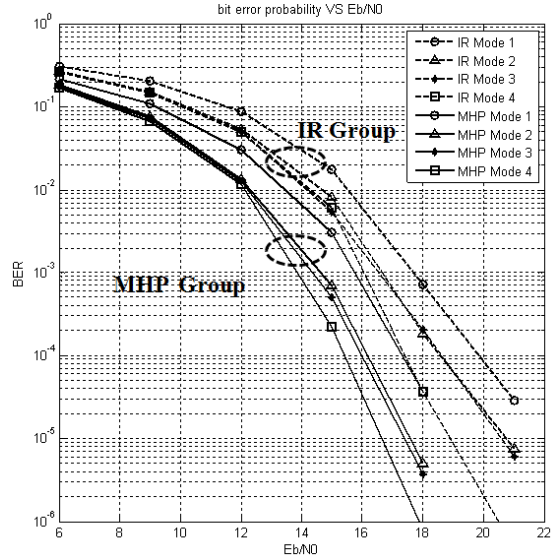
Mode 1의 경우 한 burst당 chip수(Ncpb)가 하나이므로 즉 하나의 펄스를 이용하여 정보를 전송하다 보니 채널의 영향을 많이 받고 다중 사용자 간의 간섭도 심하여 신호구분을 하기 힘들다. 그러므로 MHP와 IR의 경우 모두 에러 플로우가 발생하는 것을 알 수 있다. 그러나 MHP 펄스와 IR의 경우에 터너리 코드로 보낼 경우 코드의 길이에 따라 다르지만 다중지연 환경인 WBAN환경에서 코드의 특성으로 펄스의 충돌과 간섭을 줄일 수 있었다. 그리고 MHP 펄스와 터너리 코드 시퀀



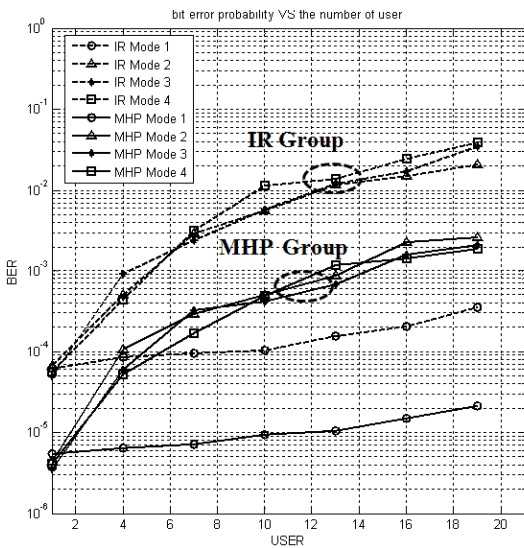
(그림 6) 비동기식 고속전송에서의 다중접속 성능비교



(그림 7) 동기식 고속전송에서의 다중접속 성능비교



(그림 9) 동기식 저속전송에서의 다중접속 성능비교

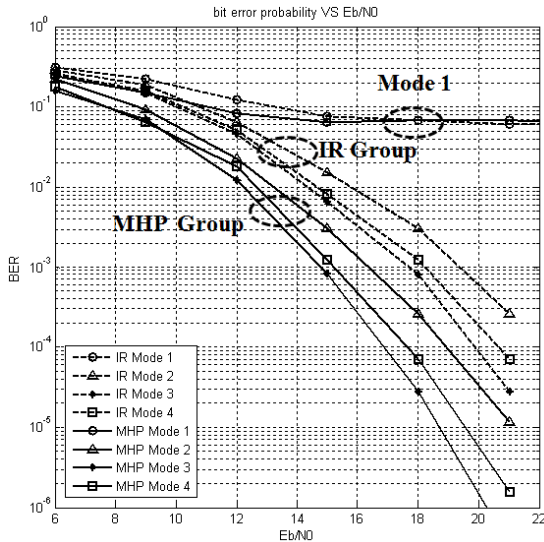


(그림 8) 동기식 고속 전송에서의 BER vs. USER 성능비교

스를 이용하여 신호를 전송 하였을 경우가 IR과 터너리 코드 시퀀스를 이용하여 전송 한 경우 보다 BER이 10^{-3} 에서 4dB정도 성능이 우수한 것을 그림 6을 통해 알 수 있다. MHP 펄스의 상호 직교성이 우수하여 IR보다 성능이 좋은 것을 확인

할 수 있으며 터너리 코드길이 보다는 MHP 펄스의 상호 직교성이 우수한 것을 MHP그룹 군과 IR 그룹 군을 통해 알 수 있다. 터너리 코드길이 간에 특징을 살펴보면 MHP 집단군과 IR 집단에서 시간도약구간을 설정하지 않고 펄스의 개수가 16(mode 4)이 Eb/N0가 18, 21에서 각각 가장 우수한 성능을 나타내었다.

동기식 고속 전송의 경우 동일 시간에 신호를 전송하여 시간도약구간으로 충분히 다중 사용자 간의 신호 충돌을 회피할 수 있어, 단일 펄스를 사용하더라도 수신단에서는 다중 사용자에서 신호 검출이 가능하다. 터너리 코드를 사용하는 경우보다 시간도약 구간을 많이 줄으로써 사용자간의 신호를 구별 및 간섭을 회피 할 수 있다. 그림 7과 같이 동기식 고속 전송에서의 다중접속 성능을 비교해 보면 MHP를 사용하고 시간도약 구간을 많이 사용한 MHP Mode 1의 성능이 동영상 및 음성 전송의 target BER 10^{-5} 을 12dB에서 만족하는 것을 알 수 있다. 그림 8은 Eb/N0가 12dB에서 다중사용자수가 증가함에 따라 BER을 나타낸 그래프로서 다중사용자수가 증가함에 MHP Mode 1이 가장 우수한 성능을 나타내는 것을 알 수 있다.



(그림 10) 비동기식 저속전송에서의 다중접속 성능비교
 며, 최대 사용자수 10명에서의 BER 만족도를 나타낸다.

4.2.2 저속 전송 시뮬레이션

동기식 저속 전송의 경우는 한 심볼 길이가 고속 전송보다 길어 다중 지연 간섭이 적고, Ncpb가 16개로써 다중사용자간의 신호검출이 용이하다. 그러므로 에러 플로우가 발생 하지 않고 각각에 따라 성능이 그림 9와 같이 나오는 것을 알 수 있다. 고속전송의 경우와 같이 MHP를 이용하여 전송한 경우가 IR를 이용하여 전송한 경우보다 2~3dB정도 성능이 우수한 것을 알 수 있다. 동기식의 경우, MHP 펄스와 터너리 코드를 이용하여 펄스개수가 128개, 시간도약구간이 2구간인 HMPs Mode 4가 가장 우수한 성능을 보였다. 시간 도약구간을 줄이고 펄스개수를 늘여 신호를 전송하여 신호간섭과 다중채널간의 간섭을 줄일 수 있기 때문이다.

비동기식의 경우 각각의 펄스의 Mode 1의 경우에 에러 플로우가 발생했다. 펄스의 특성이 신호의 충돌과 간섭에 에러플로우가 발생했기 때문이다. 그 외 각각의 펄스에 터너리 코드를 사용하여 전

송함에 있어 MHP 그룹이 IR 그룹보다 2~3dB 향상됨을 알 수 있다. 그림 10과 같이 MHP 펄스와 터너리 코드를 사용하고 시간 도약구간을 4구간으로 나누어 신호를 분산시킬 수 있는 MHP Mode 3의 경우가 가장 우수한 성능을 확인하였다.

5. 결론

본 논문에서는 신체 외부 통신에서의 MHP 펄스와 터너리 코드를 이용한 다중접속 방식을 제안하였다. 신체 내외 통신은 저 전력 고 신뢰성을 요구하기 때문에 이에 적합한 UWB-IR이 제안되었고 다중접속 방식을 하기 위하여 상호 직교성이 우수한 MHP 펄스와 터너리 코드를 이용하였다. 비동기식 고속 전송일 경우는 전송하고자하는 펄스의 개수가 적어 터너리 코드 시퀀스를 추가하고 시간도약 구간을 줄임으로써 채널 환경에 강하고 다중접속 간섭을 줄 일 수 있었다. 동기식 고속 전송일 경우는 전송하고자하는 펄스의 개수가 적어도 MHP 펄스의 직교성을 이용하여 시간도약 구간을 늘여서 채널 환경에 강하고 다중접속 간섭을 줄 일 수 있었다. MHP 펄스를 사용한 다중접속 방식은 동영상, 음성 전송을 서비스하는 고속 전송의 요구 사항인 10^{-5} 을 12dB에서 만족하였으며 IR를 사용한 다중접속 방식보다 3dB의 이득이 있는 것을 확인하였다.

저속 전송의 경우는 심볼 길이가 고속 전송의 경우보다 길고 전송 할 때의 펄스개수가 많아 다중접속의 간섭과 채널간섭이 고속 전송보다는 낮았으며 MHP 펄스를 사용한 다중 접속 방식이 IR를 사용한 방식보다 2~3dB의 이득이 있었다. 비동기식의 경우 하나의 정보를 보내기 위한 펄스의 개수가 64개로써 터너리 코드를 사용하고 시간도약 구간을 4구간으로한 경우(MHP Mode 3)가 성능이 우수하였다.

이와 같이 MHP 펄스를 사용한 다중접속 방식이 가우시안 IR를 사용한 다중접속 방식보다 저 전력 고 신뢰성을 요구하는 신체외부 통신환경에

서 우수한 것을 확인하였으며 고속 및 저속통신에서 각각의 최적화 모드를 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 이형수, “WBAN주파수 분배동향 및 주파수 대역 제안”, 한국통신학회지, 제25권, 제2호, pp. 6-10, 2008. 2
- [2] 이성협, 윤양문, 김도현, “IEEE802.15.6 중심의 WBAN 국내외 표준화 동향”, 한국통신학회지, 제25권, 제2호, pp. 26-31, 2008. 2
- [3] IEEE P802.15 Working Group for WPANs, “PART 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs)”, TG-4a drafting, January 2007
- [4] SG Ban Application Requirement Analysis, IEEE 802.15-07-0638-01.
- [5] 박종석, 황재호, 장성진, 김재명, 이형수, “신체 외부 통신에서 Noncoherent 수신기 기반의 안테나 선택 기법”, 한국ITS 학회, 제 8권, 제6호, PP.88-97, 2009.12
- [6] TG6 Application summary, IEEE 802.15-08-0407-06-0006.
- [7] 최낙현, 황재호, 장성진, 김재명, “WBAN에서 신체 외 고속통신을 위한 UWB 전송 방식의 링크버짓 및 성능 분석”, 한국ITS 학회, 제8권 제 1호, PP33~64, 2009.2
- [8] Bo Hu, Norman C, Beaulieu, “Exact Bit Error Rate Analysis of TH-PPM UWB System in the Presence of Multiple-Access Interference”, IEEE COMMUNICATIONS LETTER, VOL.7 (NO.12), Dec. 2003
- [9] Xinmin Deng and Pingzhi Fan, “Spreading sequence sets with zero correlation zone”, Electronics Letters, vol. 36, PP993-994, May.2000
- [10] Di Wu, Spacojevic P, Seskar I, “Ternary complementary sets for orthogonal pulse based UWB”, Signals, Systems and Computers 2003, 9-12 Nov. 2003
- [11] M. Ghavami, L.B.Michael and R.Kohno, “Ultra Wideband Signals and Systems in Communication Engineering”, John Wiley & Sons Inc, 2004
- [12] Jae Joon Shim, Jae Ho Hwang, Jong Soek Park, Jae Moug Kim, “Optimization of Multiple Access for Out-body WBAN System”, ICCCS2009, PP132-136, Nov.2009
- [13] TG6 BAN Channel-model, IEEE 802.15-08-0780 -08-0006.

● 저 자 소 개 ●



심 재 준

2009년 인하대학교 정보통신공학과(공학사)
2009년~현재 인하대학교 정보통신대학원 석사과정
관심분야 : 무선통신, WBAN, Multiple Access, UWB 등
E-mail : jaejoon@witlab.kr



황 재 호

2006년 인하대학교 전자공학과(공학사)
2008년 인하대학교 정보통신대학원(공학석사)
2008년~현재 인하대학교 정보통신대학원 박사과정
관심분야 : RTLS, CR UWB, WBAN, Relay 등
E-mail : jaeho@witlab.kr



김 재 명

1974년 한양대학교 전자공학과(공학사)
1981년 미국 남가주대학교(USC) 전기공학과(공학석사)
1987년 연세대학교 전자공학과(공학박사)
1974~1979 한국과학기술연구소, 한국통신기술연구소 근무
1982~2003 한국전자통신연구원 위성통신연구단장/무선방송연구소 소장역임
2003년~현재 인하대학교 정보통신대학원 교수, 통신위성 우주산업연구회 회장의 기술 자문으로
다수 활동 중
관심분야 : Cognitive Radio, Relay, LTE, UWB, RFID 등
E-mail : jaekim@inha.ac.kr