

# Bi-Phase와 펄스 위치 혼합 변조를 이용한 UWB 전송율 개선

서신흥, 고영은, 방성일  
단국대학교 전자컴퓨터공학과  
전화 : 02-709-2827/ 핸드폰 : 016-204-0212

## The Study of improving the UWB data rates using Bi-Phase modulation

Shin-heung Seo, Yeong-en Ko, \*Sung-il Bang  
Dept. of Electronics and Computer, Dankook Univ.  
E-mail : ladedade@hanmail.net

### Abstract

In this paper was studied the improvements and increasements of the data transmission rate in UWB (Ultra wideband) systems. so Considered that previous UWB systems of code structure and proposed the New constructure that was synthesized the PPM and Bi-Phase Modulation structure, may increase the data transmission rate of multiple channel structure using Time-slots.

This proposed structure was modeled suitable at Home Networking conditions and was simulated. and so measure the performance of coding construction, and compare that New synthesized structure with early structure. so we can verify the superiority of New experiment.

### I. 서론

멀티미디어 전송을 위한 통신수단이 급격히 발전함에 따라 대용량의 데이터를 고속으로 송신할 수 있는 기술의 필요성이 대두되었다. 이에 따라 최근에 많은 관

심이 고조되고 있는 UWB는 IEEE 802.11과 블루투스보다 전송속도 등의 면에서 그 특성이 우수하여 차세대 무선 PAN (Wireless Personal Area Network) / 무선 Networking기술로 기대되고 있다.[5]

본 논문에서는 UWB 시스템의 전송량 증대 및 개선 방법에 대해 연구하였다. 기존의 UWB 시스템을 고찰하고, 기존의 부호화 구조와 Time-slot을 이용한 다중 채널 구조에 전송율을 향상시킬 수 있는 펄스 위치 변조와 bi-Phase 펄스를 합성한 구조를 제안하였다.

본 논문에서 제안한 구조가 실제로 Home Networking 환경에 적당하도록 UWB 시스템을 모델링하였고, 모의실험을 통해 본 논문에서 제안한 구조에 맞는 부호화 구조의 성능을 측정하였다. 또 제안한 Pulse Modulation 기법과 기존 방법과 전송 용량 및 에너지를 비교하여, 본 논문에서 제안한 방식의 우수성을 검증하였다.

### II. UWB 시스템의 기본 개념

#### 2.1 UWB 시스템의 기본 이론

UWB 무선통신 시스템은 '중심주파수의 25%이상의 점유 대역폭을 차지하거나, 1.5GHz 이상의 점유대역폭

을 차지하는 무선 전송 기술 시스템'이다.

정보신호를 carrier-free한 1% 미만의 duty cycle을 갖는 펄스를 발생시켜 데이터를 고속 전송한다. UWB 시스템은 매우 짧은 펄스 파를 이용하므로 주파수 상에서 광 대역에 걸쳐 스펙트럼 파형이 나타나게 된다. 그리고 다른 무선통신에 비해 낮은 duty cycle을 가질 뿐만 아니라 전력 스펙트럼 밀도가 매우 낮고 전송방식이 단순하기 때문에 소비전력이 매우 낮은 특성을 갖는다.

UWB 시스템은 이원 데이터를 임펄스를 사용하여 펄스트레인으로 신호를 전송한다. 이와 같은 UWB 시스템의 송수신기 구조는 그림 2.1과 같다. [1]

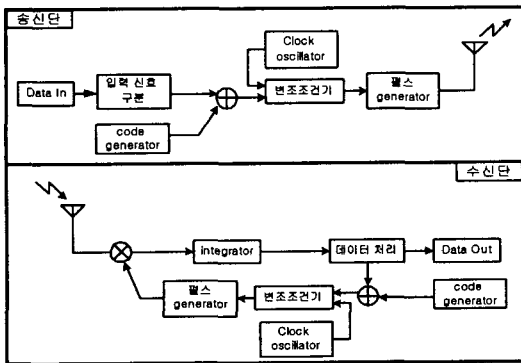


그림 2.1 UWB 시스템 송수신단 구조

(1) 송신단

정보신호가 입력되면 부호화기를 통해 채널 특성에 적합하도록 매핑한 다음 펄스 변조를 한다. UWB 시스템에서 펄스 변조 방식은 이원신호를 구분하는 방법에 따라 2상 위상변조(Bi-Phase), 펄스 위치변조(PPM : Pulse Position Modulation), 펄스 진폭변조(PAM : Pulse Amplitude Modulation), 선형소인주파수변조(CW-FM) 등의 변조 방식들이 사용되고 있는데, 2상 위상 변조와 펄스위치변조 방식에 대한 연구가 가장 활발히 이루어지고 있다.[3]

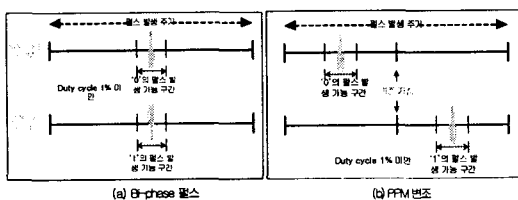


그림 2.2 펄스 변조 방식 (a) Bi-phase (b) PPM  
UWB 시스템용 2상 위상 변조 방식은 그림 2.2(a)에서

보는 바와 같이 입력 이원 데이터에 따라 일정한 시간에 위상을 180도 변화시켜 데이터를 구분한다. 위상 변조된 펄스를 트레인 형태로 전송시 입력 데이터에 따라 위상이 다른 펄스를 전송하므로 펄스의 반복성을 감소시켜 주파수 스펙트럼의 스파크 현상을 방지할 수 있다.

한편 펄스위치 변조 방식(PPM)은 그림 2.2(b)와 같이 전송 데이터에 따라 펄스를 발생하는 시간을 조절하여 이원 신호를 구분한다. 입력신호에 따라 펄스의 발생 위치를 달리하면 펄스트레인으로 전송 시 일정 주기성이 파괴되어 스파크 현상을 방지한다.

(2) 수신단

수신기에서는 duty cycle이 1% 이하의 펄스를 복조하기 위해 정확한 동기화 기술이 필요하다. 송신된 신호는 송신기와 clock oscillator로 시간동기를 맞추고, 송신단과 같은 펄스를 이용하여 신호를 복조한다. PPM의 경우 수신 펄스와 발생 펄스의 위치를 비교하여 신호를 복원하며, 펄스 위상 변조는 송신기에 발생한 펄스와 수신펄스를 비교하여 같은 위상의 펄스를 찾은 다음 복호기를 통해 원 신호를 복원한다.

III. UWB 시스템의 Multiple 구조

3.1 Bi-PPM pulse 구조 제안

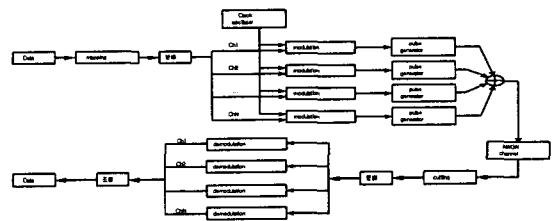


그림 3.1 다중 접속을 위한 UWB 시스템 구조

UWB 시스템에서 사용하는 가우시안 펄스는 펄스 폭 및 전체 주기, 펄스 발생시간의 제어가 용이하다. 가우시안 함수는 미분 차수가 거듭되어도 원 식이 변형되지 않고 신호의 왜곡도 크지 않으며, 낮은 주파수 영역에서의 DC 오프셋 성분이 제거될 수 있다.

본 논문이 제안하는 UWB 펄스 파형은 가우시안 펄스의 2차 미분형 펄스에 180°의 위상차이를 두어 2진 신호를 구분한다. 기존의 가우시안 1차 미분 펄스에 비해 2차 미분 펄스는 중심 주파수가 높은 대역으로 이동하여 타 통신시스템의 주파수와의 간섭을 감소시

킬 수 있을 뿐만 아니라 위상천이 특성에 따라 수신신호를 판별하기가 매우 용이하다.[1]

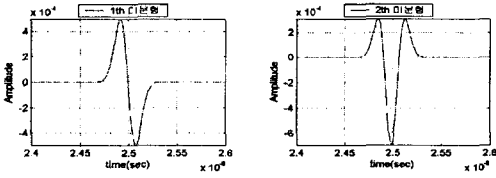


그림 3.2 가우시안 함수의 1,2차 미분형

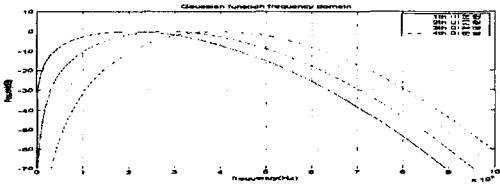


그림 3.3 미분에 따른 가우시안 함수의 주파수 스펙트럼 특성

앞에서 설명한 바와 같이 본 논문에서 제안한 Bi-Phase와 PPM 변조 방식을 합성하여 전송하는 경우 n-bit 심볼 전송 시 한 주기를 2<sup>n</sup>개의 구간으로 분할하여 심볼을 전송한다. PPM과 Bi-Phase를 합성하여 분할 구간에서는 위상차에 의해 신호 구분하고, 다수의 입력인 경우 PPM과 같이 발생위치를 변화시킨다. 이와 같은 Bi-Phase, PPM 합성은 n bit 전송시 2<sup>n-1</sup> 구간을 갖는다.

### 3.2 부호화

본 논문에서는 전송 신호를 부호화 하였다. 전송 이원신호의 전송 효율을 높이기 위해 1bit의 이원 신호를 2,4,8...bits의 열로 구성하여 부호화 한다.

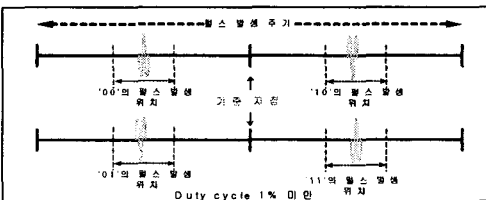


그림 3.4 Bi-Phase 합성한 PPM 변조

입력 이원 데이터를  $a_n$  으로 나타내면 부호화 후의 n번째 심볼,  $b_n$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

2bit 부호화 예		
입력신호		부호화
00	0°	case1
01	180°	case2
10	0°	case3
11	180°	case4

표 5 2bits 부호화 예

$$b_n = case\{2^0 \times a_n^N + 2^1 \times a_n^{N-1} \cdot \dots + 2^{N-1} \times a_n \times a_{n+N}\} \quad (1)$$

여기서, N은 심볼당 bit수이다.

n bits의 입력 신호를 전송하면 n시간동안 전송된다. 그러나 부호화하여 Bi-phase PPM 전송의 경우 전송 시간은 1/2n의 시간으로 단축된다. 즉 심볼당 비트 수가 증가할수록 전송량은 향상된다. 또한 단위 시간동안 전송량이 2·n 배 증가함을 알 수 있다.

### 3.3 Multiple Modulation

본 논문에서는 다중 UWB 전송을 위하여 다수 bit 부호화한 Bi-PPM 변조된 전송 신호를 여러 개의 펄스 제너레이터를 통해 동시에 전송한다.

단위 주기 동안의 1% 미만의 efficiency를 N 개의 펄스 발생기를 사용하여 N% efficiency 증대를 볼 수 있다. 즉 n-bit 심볼 전송시 한 주기 당 1개의 부호화된 심볼을 전송하던 것을 N 개의 펄스 제너레이터를 이용하여 한 주기를 N 개의 구간으로 분할하여 전송할 수 있다.

송신단에서의 최종 출력은 다음과 같다.

$$s(t) = \sum_k \left( \frac{b_n}{|b_n|} \right) G(t - T - kT_f - |b_n|T_m) \quad (2)$$

수신 신호는 수신단에서 잡음을 제거하고, 동기화 작업을 통해 정보신호를 복원한 결과는 다음과 같다.

$$c(t) = \left( \sum_k g_{b_n}(t - T - kT_f - |b_n|T_m) \right)^2 + \frac{N_0}{2} \delta(t) s(t) = \left( \sum_k g_{b_n}(t - T - kT_f - |b_n|T_m) \right)^2 \quad (3)$$

수신신호 c(t)는 적분기를 통해, 부호를 판별한 다음, 복호화 작업을 통해 원 신호를 복원한다.

## IV. 시뮬레이션 및 고찰

### 4.1 모의 실험

3장에서 제안한 UWB 송수신단을 Home Networking 환경에 부합하도록 모델링하고 1,000개의 정보를 표본화하여 모의 실험하였다. 심볼의 bit수와 타임슬롯 수에 따라 전송량을 계산하면 다음과 같다.

No mapping		PPM 변조		Bi-PPM	
채널수	정보량 Mbps	채널수	정보량 Mbps	채널수	정보량 Mbps
1	100	1	200	1	400
2	200	2	400	2	800
4	400	4	800	4	1600

표 6 1bit 심볼과 2bit 심볼에서 타임슬롯 수에 따른 전송량 비교

표에서 보는 바와 같이 bit를 심볼화 한 경우 같은 조건에서 PPM 변조와 Bi-PPM 변조의 전송량이 두배 증가됨을 확인 할 수있었다. 또 Bi-PPM 변조는 PPM 변조보다 같은 조건에서 전송량이 2배가 됨을 확인할 수 있다. 그러므로 Bi-PPM 변조시 심볼화하지 않은 무변조의 경우와 비교하면 전송량이 4배 증가된다.

Bi-PPM 변조신호의 성능측정 및 비교 분석을 위해 PPM변조와 비교하여 모의 실험한 결과 그림 4.1과 4.2를 갖는다. 그림 4.1은 PPM 변조와 Bi-PPM 변조시 부호화 비트를 증가시켰을 경우의 BER 특성을 비교하였다.

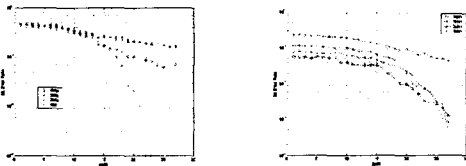


그림 4.1 (a) PPM 변조 시 BER 곡선  
(b) Bi-PPM 변조 BER 곡선

그림 4.1(a), (b)에 따르면 전체적으로 Bi-PPM 변조가 PPM변조보다 BER 특성이 우수함을 확인할 수 있다. 1bit 심볼 전송시 SNR 15dB에서 Bi-PPM변조가 PPM 변조보다  $0.3 \cdot 10^{-1}$ 의 이득을 보였고, SNR 20dB에서는  $0.75 \cdot 10^{-1}$  이득을 보였다.

그림 4.3은 전송신호를 2bits 심볼화 하였을 경우 PPM 변조와 Bi-PPM 변조시 타임슬롯의 수를 증가시켰을 경우 SNR에 따른 BER 특성을 나타내었다. 그림 (a),(b)에 따르면 전체적으로 Bi-PPM 변조가 PPM 변조보다 BER 특성이 우수함을 확인할 수 있다. 1개의

타임슬롯 전송시 SNR 20dB에서 Bi-PPM 변조는  $1 \cdot 10^{-2}$ 이고 PPM은  $3 \cdot 10^{-2}$ 의 BER을 가지므로 Bi-PPM 변조가 PPM보다 우수함을 확인하였다.

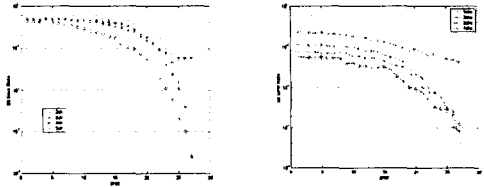


그림 4.3 (a) PPM 변조시 타임슬롯에 따른 BER 곡선  
(b) Bi-PPM의 타임슬롯에 따른 BER 곡선

### V. 결론

본 논문에서는 PAN용으로 전송거리가 짧고 초고속 데이터를 전송하는 UWB 시스템의 전송효율을 증대시키기 위해 Bi-Phase 펄스의 데이터 심볼화와 타임슬롯을 이용한 다채널 분할 전송 구조를 제안하였다.

Bi-PPM이 데이터 전송량이 타임슬롯과 부호비트의 증가에 따라 무변조일 때의 전송량 200Mbps보다 4배 증가한 800Mbps로 증가하였고, 모의 실험을 통해 동일 채널에서의 부호화 비트를 증가시켰을 경우 BER 특성은 Bi-PPM 변조보다 SNR 15dB에서  $0.75 \cdot 10^{-1}$ 의 이득을 보였고, 동일 변조 비트에서 타임슬롯의 수를 증가시켰을 경우  $2 \cdot 10^{-2}$ 의 이득을 보였다.

본 논문에서 연구한 UWB 구조는 Multiple Access를 통해 전송속도의 향상과 에러 발생율을 낮추고 Bi-PPM 변조를 하여 전송신호의 에러율을 낮추어 UWB 송수신 시스템 효율을 증가시켰다.

### 참고문헌

- [1] 곽영은, Time-Slot을 이용한 UWB 시스템의 전송 효율 개선에 관한 연구, 단국대학교, 2002
- [2] Digital Communication, John G Proakis
- [3] Hamalainen, Matti et al., "On the UWB system Performance Studies in AWGN Channel with Interference in UMTS Band" IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies, 2002
- [4] 진년강, "아날로그와 디지털 통신", 청문각, 1997
- [5] 송형규 외 2인(2002). "UWB 변복조 기술", 전파진흥, 12(4), 32-43