

UWB 통신 시스템을 위한 DPSK 변조방식 성능분석

김 성 근, 윤 상 훈, 정 정 화

한양대학교 전자통신전파공학부

전화 : 02-2290-0558 / 핸드폰 : 011-9028-9874

DPSK Modulation Method Analysis for UWB Communication System

Seong Geun Kim, Sang Hun Yoon, Jong Wha Chong
Dept. of Electronic Engineering, Hanyang University
E-mail : agrid@hitel.net

Abstract

본 논문은 UWB 통신 시스템에서 DPSK를 적용한 다중비트 변조 알고리즘을 제안한다. UWB 통신 시스템은 매우 낮은 파워의 신호를 사용하므로, 한 펄스를 이용한 다중비트를 보낼 수 있는 변조 알고리즘이 중요한 부분으로 작용한다. 이 논문에서는 UWB 시스템에서 Gaussian 펄스에 정현파가 곁해진 두 개 펄스의 조합을 이용하여 FCC Mask에 저촉되지 않으면서 한 펄스에 다중 비트를 전송을 실현한 M-ary 전송 방식을 사용한다. 또한 채널상에서 펄스의 원치 않는 위상 변화에 민감하지 않도록 하기 위해 DPSK 방식을 적용한 UWB 제안한다. 제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해 시뮬레이션 하였고 그 결과와 구조를 본 논문에서 제시한다.

I. 서론

최근에, UWB 방식이 통신 시스템에 적용되면서부터, UWB 통신 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. UWB 통신 기술은 매우 낮은 전력을 사용하여 초 광대역의 주파수 대역으로 디지털 데이터를 전송하는 차세대 무선 전송 기술이다. 현재 무선 통신 분야에서는 한정된 주파수 자원에 비해 주파수에 대한 수요는 급증하고 있고 이러한 문제를 해결하는 방법으로 기존의 통신 시스템의 주파수 스펙트럼을 공유함으

로써 주파수 자원을 좀 더 효율적으로 사용할 수 있는 UWB 통신 시스템이 관심을 모으고 있다. 현재 FCC에서는 UWB 통신 시스템에 의한 간섭을 피하기 위해 신호의 최대 파워를 잡음 레벨 이하(-41.6 dBm)로 규정하고 있다. 잡음 레벨 이하의 최대 파워를 사용하면서, 높은 전송율을 실현하기 위해 UWB 통신 시스템에서 다중비트 변조 알고리즘이 중요한 부분으로 작용하고 있으며, 본 논문에서 보다 높은 초고속 Data Rate를 위해 소개하는 M-ary 방식은 디지털 신호의 정보 내용을 위상 변화로써 표시하는 방식으로, 채널에 의한 영향을 적게 받고, 심벌 에러에 우수한 효과가 있다. 여기에 현재 수신된 위상과 이전에 수신된 위상과의 차이를 구해 이에 해당하는 원래의 심볼을 찾아내는 Differential 방식을 적용하여 채널상에서의 잘못된 펄스 위상의 변화를 쉽게 검출하고 정정할 수 있는 DPSK 방식을 적용하였다.

II. UWB 펄스 생성방식

UWB 통신 시스템 용으로 여러 개의 펄스가 제안되었으나, FCC의 UWB 통신용 MASK 규제로 인해 새로운 신호 생성이 필요하게 되었다. FCC MASK에 맞는 신호를 생성하기 위해서 Gaussian 신호와 정현파를 곱하여 이를 주파수 천이 시키는 방법을 이용한다. 먼저, 필요한 대역폭 조절을 위해 Gaussian 신호의 표준

편차 (σ) 값을 조절하고, 이 신호를 주파수 천이 시켜서 제한된 MASK에 맞는 신호를 생성한다. 이 때, 정현파 sine이 곱해져 천이된 형태와 정현파 cosine이 곱해져 천이된 형태의 신호가 생성된다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} S_{\cos}(t) &= g(t) \times \cos(\omega_0 t) \\ S_{\sin}(t) &= g(t) \times \sin(\omega_0 t) \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)에서 ω_0 는 중심 주파수를 나타내고, $g(t)$ 는 표준 편차가 조절된 Gaussian 신호이며 다음과 같다.

$$g(t) = \sqrt{p} \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \right) \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-a}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2)$$

식 (2)에서 \sqrt{p} 는 전송 신호의 최대 파워이고, a 는 시간지연, σ 는 표준 편차를 나타낸다. 그림 (1)과 그림 (2)는 각각 생성된 펄스와 이를 FCC MASK에 적용한 그림이다.

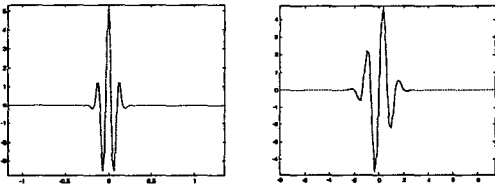


그림 1. $S_{\sin}(t)$ 그림 2. $S_{\cos}(t)$

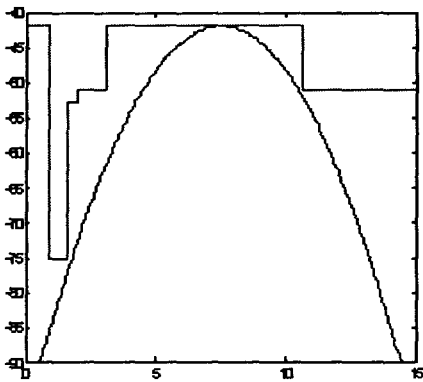


그림 3. FCC Mask에 적용된 펄스 스펙트럼

III. M-ary 다중 변조 방식

UWB 통신 시스템에서 하나의 펄스만을 이용한 변조

방식과는 달리 이 논문에서는 펄스에 정형파를 곱하여 생성된 두개의 펄스를 이용하여 PSK 변조를 하는 방법을 적용함으로써 M-ary가 가능하다.

우선, M-ary 에 따른 위상을 계산한다

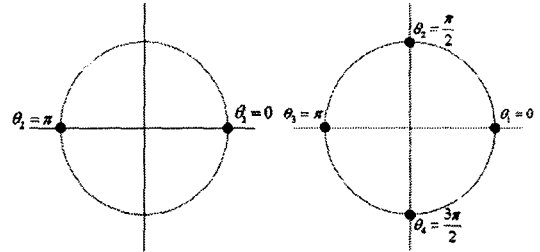


그림 4. M=2 일때 그림 5. M=4 일때

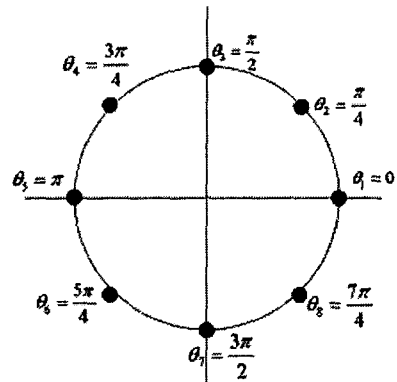


그림 6. M=8 일때

그 다음으로 계산된 위상으로 PSK 변조의 송신펄스를 생성한다

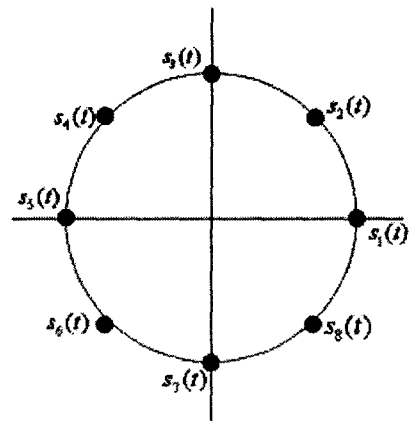


그림 7. M=8 PSK 변조

그리고 각각의 위상에 따른 펄스 파형은 $S_1(t)$, $S_3(t)$ 는 앞에서 본 그림 1, 그림 2. 와 같고 $S_2(t)$, $S_4(t)$ 의 파형은 다음과 같다

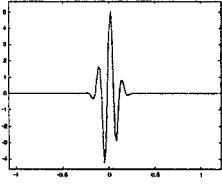


그림 8. S₂(t) 일때

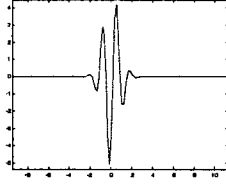


그림 9. S₄(t) 일때

4-ary 일 때는 그림 1, 그림 2 번과 그것들을 뒤집은 펄스 모양을 S₅(t), S₇(t) 에 사용하여 구성을 할 수 있고, 8-ary 일 때는 그림 1, 그림 2, 그림 8, 그림 9 와 그것들을 뒤집은 펄스 모양을 S₅(t), S₆(t), S₇(t), S₈(t) 에 사용하여 구성할 수 있다. 마찬가지로 이보다 높은 M-ary 를 구현시에는 정현파 펄스의 크기를 각각의 위상에 맞추어 조절함으로써 사용이 가능해진다. 이러한 방법으로 앞에 제시한 펄스를 가지고 다중비트를 보낼수 있는 M-ary PSK 방식을 구성할 수 있다. 다음을 수식으로 전개해 보면 다음과 같다

$$\begin{aligned}
 s_1(t) &= (0 \cdot \sin(\omega_0 t + 0) + 1 \cdot \cos(\omega_0 t + 0)) \cdot g(t) \\
 s_2(t) &= \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sin(\omega_0 t + \frac{\pi}{4}) + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{4})\right) \cdot g(t) \\
 s_3(t) &= (1 \cdot \sin(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}) + 0 \cdot \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})) \cdot g(t) \\
 s_4(t) &= \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sin(\omega_0 t + \frac{3\pi}{4}) - \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \cos(\omega_0 t + \frac{3\pi}{4})\right) \cdot g(t) \\
 s_5(t) &= (0 \cdot \sin(\omega_0 t + \pi) - 1 \cdot \cos(\omega_0 t + \pi)) \cdot g(t) \\
 s_6(t) &= \left(-\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sin(\omega_0 t + \frac{5\pi}{4}) - \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \cos(\omega_0 t + \frac{5\pi}{4})\right) \cdot g(t) \\
 s_7(t) &= (-1 \cdot \sin(\omega_0 t + \frac{3\pi}{2}) + 0 \cdot \cos(\omega_0 t + \frac{3\pi}{2})) \cdot g(t) \\
 s_8(t) &= \left(-\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sin(\omega_0 t + \frac{7\pi}{4}) + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \cos(\omega_0 t + \frac{7\pi}{4})\right) \cdot g(t) \quad (3)
 \end{aligned}$$

$g(t)$: Gaussian Pulse, $\omega_0 = 2\pi f$

IV. UWB-용 DPSK 변조 방식

1. DPSK 방식

앞에서 M-ary 다중변조방식에 관해 소개를 했다. 이 방식은 채널이 가우시안 잡음 환경하에서 같은 양호한 환경에서는 좋은 효과를 보인다. 하지만 시간에 따라 채널이 변화하는 경우 또는 멀티패스 등과 같은 현상으로 인해 오차가 생길 경우 위상의 복원의 어려움이

따를 경우 신호 검출의 어려움이 따른다.

DPSK 방식은 PSK방식의 일종으로서 앞 심볼과의 위상차를 비교하여 차동적으로 변조하는 방법이다. 이 방법을 이용하면 현재의 심볼을 결정할 때 그 전자의 심볼을 기준으로 삼기 때문에 현재의 심볼과 그 전자의 심볼 두개의 신호를 비교하여 그 심볼의 에리 여부를 판별할 수 있다.

만일 송신단 에서의 신호가 다음식과 같이 표시하면

$$s_i(t) = (A \sin(\omega_0 t + \phi_i(t)) + B \cos(\omega_0 t + \phi_i(t))) \times g(t) \quad (1)$$

여기서 $\phi(t)$ 는 위상차 이다.

그리고 수신단에서 들어오는 신호의 식은 다음과 같다.

$$r(t) = (A \sin(\omega_0 t + \phi_i(t) + \alpha) + B \cos(\omega_0 t + \phi_i(t) + \alpha)) \times g(t) + n(t) \quad (2)$$

여기서 α 는 상수로 일반적으로 0에서 2π 에서 균일하게 분포된 랜덤변수로 볼 수 있으며, $n(t)$ 는 AWGN 이다. 만일 만일 α 가 변화가 매우 느려 $2T$ 내에서는 거의 변화가 일어나지 않는다면 α 는 상수로 여길수 있고 두 개의 연속된 심볼에서의 위상차는 α 에 독립이 된다. 이를 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 (\phi_{i+1}(t_2) + \alpha) - (\phi_i(t_1) + \alpha) &= \phi_{i+1}(t_2) - \phi_i(t_1) \\
 &= \Delta \phi_{i+1}(t_2) \frac{0}{4} \pi Z_i \quad (2)
 \end{aligned}$$

또한 이 방법을 적용한 UWB에 적용할 수 있는 변조 방식의 구조를 다음과 같이 제안할 수 있다.

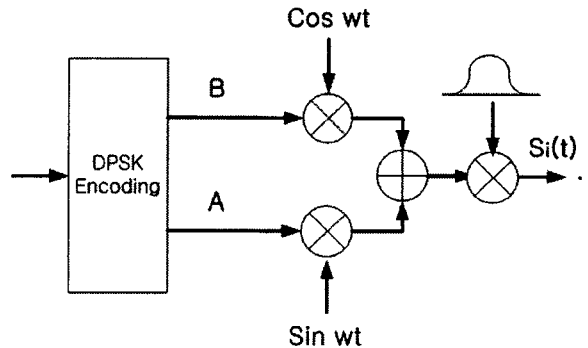


그림 8. DPSK를 이용한 변조방식의 구조

또한 이 변조 방식을 이용하여 채널 환경에 따라서 Data rate를 조절하여 보다 높은 신뢰성이 있는 시스템을 구축할 수 있다.

M-ary	Modulation	Speed
2	BPSK, DBPSK	Low-Rate
4	QPSK, DQPSK	Middle-Rate
8	8PSK, D8PSK	High-Rate

표 1. 채널환경에 따른 Data-rate 변화

V. 시뮬레이션 결과

다음 그림 9. 의 결과는 본 논문에서 제안된 UWB에 적용한 DPSK 변조를 시뮬레이션한 결과이다. 시뮬레이션은 8-ary 까지 진행했고 채널은 AWGN을 적용하였다. 이 결과를 보면 BER 이 10^{-4} 환경하에서 기존의 PPM 방식보다 DQPSK 는 약 2.2dB 정도 D8PSK 는 4.3dB 정도 향상된 결과를 보여 주었다. 그리고 DQPSK 와 비교하여도 D8PSK 는 약 2dB 정도 성능의 향상이 있었다.

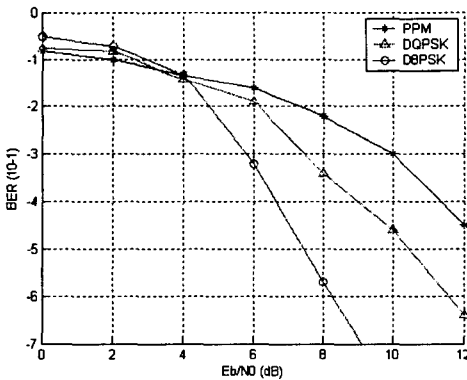


그림 9. 시뮬레이션 결과

VI. 결론

본 논문에서는 펄스를 이용한 통신에서 하나의 펄스만을 이용한 변조 방식과는 달리 펄스에 정현파 sin과 cos을 곱하여 생성된 두개의 펄스를 이용하여 PSK 변조를 하는 방법을 적용하였다. 이로 인하여 UWB 통신 시스템에 M-ary 변조 방식의 적용이 가능하며, 기존의 PSK 변복조 방식에 사용되었던 다양한 알고리즘을 적용할 수 있다. 또한 Differential 방식을 적용하여 채널환경에서의 멀티패스에 의한 펄스 위상의 변화 때문에 생기는 데이터 에러도 복원할 수 있는 DPSK 방

식을 적용하여 보다 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 본 논문에 따른 변조 방식을 UWB 시스템에 응용함으로써 보다 높은 데이터 전송 특성을 제공하며 다중경로 영향에 강인한 특성을 지닌 통신 환경을 제공할 수 있다. 뿐만 아니라, 반송파를 사용하지 않고서 통신이 이루어지므로 송수신기의 구조가 간단해짐으로써 낮은 비용으로 송수신기를 제작할 수 있는 효과도 있다.

VII. Reference

- [1] <http://www.uwb.org>
- [2] <http://www.fcc.gov>
- [3] K. Siwiak, "Ultra-Wideband Radio : Introducing A New Technology," *IEEE VTC-2001*, vol. 2, no. 2, pp. 1083-1093, May 2001.
- [4] F. Ramirez-Mireles, "Performance fo Ultrawideband SSMA using Time Hopping an M-ary PPM," *IEEE Journal Selected Areas in Commun.*, vol. 19, no. 6, pp. 1186-1196, Jun. 2001.
- [5] R. A. Scholtz, "Multiple Access with Time-Hopping Impulse Modulation," *Proc. IEEE Military Commun. Conf. (Boston, U.S.)*, pp. 447-450, Oct. 1993.