

웨이블릿을 이용한 초광대역 데이터 전송 시스템

°노진수*, 박종태**, 이강현*
* 조선대학교 전자정보통신공학부
** 춘해대학

<http://multimedia.chosun.ac.kr>
khrhee@chosun.ac.kr

A System of Ultra Wide Band Data Transmission Using Wavelet

°Jin Soo NOH*, Jong Tae PARK**, and Kang Hyeon RHEE*
* Faculty of Electronics & Info-Communications Eng., Chosun University
** Choonhae College

Abstract

In recent years, the research of an efficient transmission method is going to meet a demand for high speed and large capacity radio communication. These systems make use of ultra-short duration pulses which yield UWB(Ultra Wide Band) signals characterized by low power spectral densities.

The wavelet synthesis wave is able to set up the scale freely. So it is possible to use as the transmission wave of UWB by compressing time.

In this paper, we present a general analytical expression for the average BER(Bit Error Rate) performance of UWB data transmission using wavelet system as a function of the cross-correlation between the users' signatures in an additive white Gaussian noise(AWGN) channel.

1. 서 론

UWB(Ultra Wide Band) 무선 통신 기술은 매우 낮은 전력을 사용하여 초 광대역의 주파수로 디지털 데이터를 전송하는 획기적인 차세대 무선 전송 기술이다. 현재 무선 통신 분야에서는 한정된 주파수 자원에 비해 주파수에 대한 수요는 급증하고 있다. 이러한 문제를 해결하는 한 방법으로 기존의 통신 시스템의 주파수 스펙트럼을 공유함으로써 주파수 자원을 좀 더 효율적으로 사용할 수 있는 UWB 통신 방식이 관심을 모으고 있다[1, 2].

웨이블릿 합성파는 자유롭게 시간 축과 스케일을 조정 할

수 있다. 그러므로 시간 영역을 압축해서 웨이블릿 변환된 파를 수 나노 초 동안에 UWB 파형으로 전송 할 수 있다. 또한, 웨이블릿 합성 필터의 단 수를 제어함으로써 전송되어 지는 데이터의 양은 다르지만 전송시키고자 하는 채널의 수를 2ⁿ개로 제어 할 수 있다[3].

전송 신호의 변조에 사용되는 반송파를 시간과 스케일을 자유롭게 제어할 수 있는 Mother 웨이블릿으로 대치하여 신호를 변조하였다[4]. 즉, 본 논문에서는 직교 웨이블릿을 이용하여 전송시간과 파워 및 전송 채널의 수를 가변적으로 할당하여 UWB 신호를 전송 시킬 수 있는 다중 반송파 전송 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서는 AWGN 환경에서 전송 데이터의 BER 특성을 시뮬레이션 하여 성능을 측정하였다.

2. 웨이블릿 합성과 분해필터를 이용한 신호의 변·복조

웨이블릿은 식 (1), (2)의 조건을 만족하는 함수를 말한다.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \tag{1}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt < \infty \tag{2}$$

식 (3)은 이산 웨이블릿을 나타내는 식이며 식에 포함

된 계수 i 를 변화 시키므로 시간상의 압축이 이루어진다.

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{\frac{j}{2}} \psi(2^j t - k) \quad i, j \in Z \quad (3)$$

그림 1은 계수 i 의 변화에 따른 Haar 웨이블렛의 변화를 나타낸다. 이러한 특성을 이용하여 웨이블렛을 이용하여 합성된 신호의 시간축을 압축시켜서 수 나노 초의 파형을 발생시켜 UWB 신호를 전송하는 것이다.

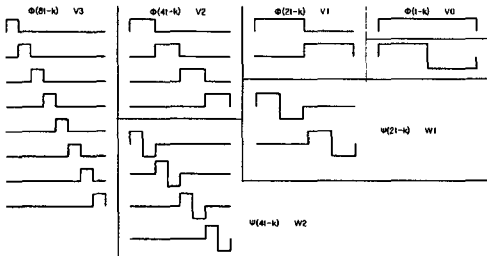


그림 1. 계수 i 에 따른 Haar 웨이블렛의 변화

$$\begin{aligned} \phi_{j,k}(t) &= \phi(2^j t - k) \\ \text{span}\{\phi_{j,k}(t)\} &= V_j \\ \dots &\subset V_{j-1} \subset V_j \subset V_{j+1} \subset \dots \subset L^2 \\ f(t) \in V_j &\leftrightarrow f(2t) \in V_{j+1} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} V_0 &\subset V_1, \quad V_1 = V_0 \oplus W_0 \\ L^2 &= V_0 \oplus W_0 \oplus W_1 \oplus W_2 \oplus \dots \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} f_0(x) &= g_{-1}(x) + g_{-2}(x) + \dots \\ &\quad + g_{-n}(x) + f_{-n}(x) \\ f_j(x) &= g_{j-1}(x) + f_{j-1}(x) \end{aligned} \quad (6)$$

또한, 웨이블렛은 식 (4)부터 (6)의 MRA(Multi Resolution Analysis)의 조건을 만족하므로 전송되는 데이터의 양이 합성되는 필터의 서브밴드 앞단의 1/2로 감소하지만 필터의 서브밴드를 증가 시켜 채널 간 간섭이 감소하는 다중 채널 데이터 전송을 할 수 있다.

전송 데이터 변조에 사용되는 웨이블렛 합성 필터는 식 (7)을 사용하였으며 식 (8)은 전송된 데이터의 검출에 사용된 웨이블렛 분해 식이다.

$$\begin{aligned} c_{j+1}(n) &= \sum_{k=0}^{N-1} h(n-2k)c_j(k) + \\ &\quad \sum_{k=0}^{N-1} g(n-2k)d_j(k) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} c_j(n) &= \sum_{k=0}^{N-1} h(k-2n)c_{j+1}(k) \\ d_j(n) &= \sum_{k=0}^{N-1} g(k-2n)c_{j+1}(k) \end{aligned} \quad (8)$$

식 (9)와 (10)은 Haar 웨이블렛의 계수를 나타내는 공식이며 표 1은 전송 데이터 변조에 사용된 Haar 웨이블렛의 필터 계수이다.

$$\begin{aligned} \phi(t) &= \begin{cases} 1 & \text{if } 0 < t < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ h(0) &= h(1) = \frac{1}{\sqrt{2}} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \psi(t) &= \begin{cases} 1 & \text{for } 0 < t < 0.5 \\ -1 & \text{for } 0.5 < t < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ g(0) &= \frac{1}{\sqrt{2}} \quad g(1) = \frac{-1}{\sqrt{2}} \end{aligned} \quad (10)$$

표 1. Haar 웨이블렛 필터계수

h(n)	0.70710678118665	0.70710678118665
g(n)	0.70710678118665	-0.70710678118665

그림 2는 웨이블렛을 이용한 초광대역 데이터전송의 전체 알고리즘을 나타내고 있다.

전송 채널의 수와 동일하게 입력되어지는 데이터를 맵핑하여 웨이블렛 합성하여 시간축상으로 수 나노 초까지 데이터를 압축한 다음 압축된 데이터를 양자화시켜 펄스형태로 데이터를 전송시킨다. 디지털 필터 단에서는 AWGN 채널상의 잡음을 제거한 다음 시간축상으로 확장시켜 웨이블렛 분해하여 전송된 신호를 검출한다.

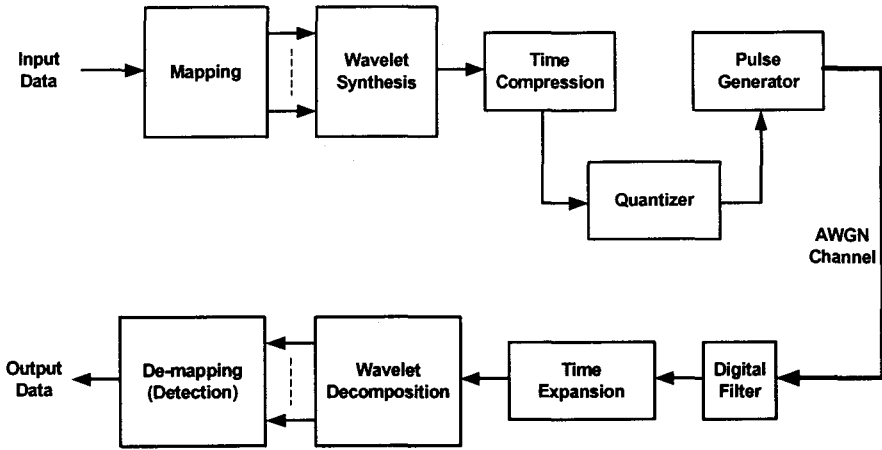


그림 2. 웨이블릿을 이용한 초광대역 데이터 전송 전체 블록도.

그림 3과 4는 Matlab simulink를 사용하여 설계한 전송 데이터의 합성과 분해에 사용되는 웨이블릿 필터이다.

합성 필터를 이용하여 합성시킨 신호이다. QAM 신호는 절대값을 취하여 그래프로 나타내었다.

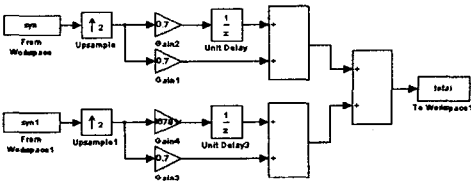


그림 3. Haar 웨이블릿 합성 필터

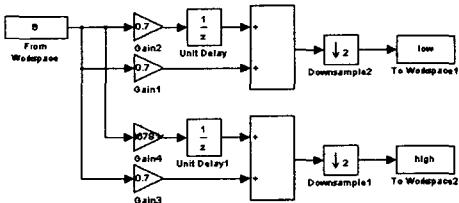


그림 4. Haar 웨이블릿 분해 필터

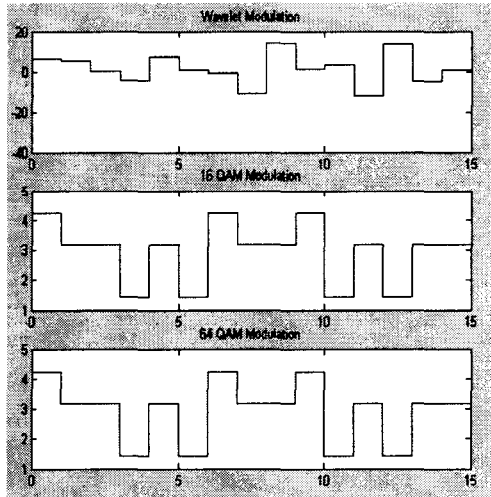


그림 5. 웨이블릿과 QAM 변조 신호

그림 5와 같이 합성되어진 신호를 E_b/N_0 를 변경하면서 AWGN 채널을 통하여 전송한 다음 BER을 측정하였다. 표 2는 16QAM, 64QAM 그리고, 웨이블릿 합성파에서 측정된 BER 이다.

3. 성능측정

본 논문에서는 Haar 웨이블릿을 사용하여 16개의 심볼을 5개의 채널에서 입력받아 AWGN 채널상으로 송수신하였으며 동일한 데이터를 16 과 64QAM으로 전송하여 각각의 BER(Bit Error Rate)을 측정하여 비교하였다. 그림 5는 16 과 64QAM 전송 신호와 웨이블릿

표 2. AWGN 전송 채널에서 측정된 BER

E_b/N_0 [dB]	16QAM	64QAM	Wavelet
1	1.5225e-001	1.6688e-001	4.3750e-001
2	9.0000e-002	1.0438e-001	3.7500e-001

3	5.7500e-002	6.3125e-002	6.2500e-001
4	3.5625e-002	4.0000e-002	3.1250e-001
5	2.0625e-002	2.1250e-002	4.3750e-001
6	1.0000e-002	7.5000e-003	4.3750e-001
7	2.0000e-003	3.7500e-003	1.8750e-001
8	1.2500e-003	1.2500e-003	2.5000e-001
9	6.2500e-004	6.2525e-004	6.2500e-002
10	0	0	1.8750e-002
11	0	0	1.2500e-002
12	0	0	1.2500e-002
13	0	0	0

표 2의 값에서 알 수 있듯이 QAM 신호에 비해 웨이블렛 변조된 신호의 BER 성능이 떨어짐을 알 수 있다. BER 측정값이 16QAM과 64QAM은 E_b/N_0 가 9 이상일 때는 0으로 수렴되나 본 논문에서 제안한 웨이블렛을 이용한 합성파에서는 E_b/N_0 가 12일 때부터 0으로 수렴됨을 알 수 있었다. 하지만 표 2의 측정된 값은 디지털 필터가 적용되어지지 않은 값이며 또한 신호 검출 알고리즘에 단순히 반올림만을 적용시켰다. AWGN 채널 환경에서 발생하는 잡음을 보다 효율적으로 제거 할 수 있는 디지털 필터와 전송신호 검출 알고리즘을 개발한다면 다른 변조 방식보다 BER 특성이 개선될 것이다. 또한 다중 접속을 위하여 전송신호를 다시 변조할 필요 없이 웨이블렛을 이용하여 합성파를 만들면 합성단의 개수를 변화시켜 다중 접속 채널의 수를 제어할 수 있다.

4. 결 론

주파수 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 UWB 통신 방식은 방송파를 사용하는 기존의 무선 통신 시스템과 달리 전력 스펙트럼이 마치 기저대역 잡음과 같이 존재하여 타 통신 시스템에 간섭을 주지 않고 통신이 가능하고 대역폭을 광대역으로 취할 수 있어 전송 속도에 있어서도 유리하다.

본 논문에서는 웨이블렛의 시간 축과 스케일을 자유롭게 조정 할 수 있는 특성을 이용하여 전송 신호를 웨이블렛을

이용하여 합성 시킨 후 나노 초까지 시간 축으로 압축시켜서 전송 시킬 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 결과적으로 전체 알고리즘 구현에 필요한 디지털 필터와 또한 검출 알고리즘이 완성되어지지 않아 QAM 신호에 비해 BER 특성이 떨어짐을 보이나 이러한 점들을 보완하면 보다 좋은 성능의 초광대역 데이터 전송 알고리즘이 구현 될 것이다.

REFERENCES

- [1] M.Z. Win and R. A. Scholtz, "Impulse radio: How it works." IEEE Comm. Letters, vol. 2. no. 2, pp. 36-38. February 1998.
- [2] S.S. Kolenchery, J.K. Townsend and J.A. Freebersyer, " A novel impulse radio network for tactical military wireless communications." Proc. MILCOM'98, pp. 59-65, Boston, MA. October 11-13, 1993.
- [3] Moe Z.Win, Robert A.Scholtz, "Ultra-Wide Bandwidth Time-Hopping Spread-Spectrum Impulse Radio for Wireless Multiple-Access Communications" IEEE Trans. COM, Vol.48, No.4, April 2000, pp679-691
- [4] Eiji Okamoto, Huan-Bang Li, Hiromitsu Wakana, Masato Tanaka and Hiroyo Ogawa, "Method for Transmission Under Pulse-wise Noise Environments Using Wavelet Packet Modulation", Trans. IEICE, J84-B, No.7, 2001