

# 초광대역 임펄스 라디오를 위한 변형된 블록 구조를 이용한 블록부호 변조 방식

민 승 욱\*

## Block Coded Modulation with a Modified Block Structure for UWB-Impulse Radio

Seungwook Min\*

### 요 약

무선광대역통신 시스템에서 채널 추정과 채널 동기를 얻기 위하여 복잡한 하드웨어 비용이 요구되는 동기 방식에 비하여, 구현이 용이한 비동기 방식이 다양하게 연구되고 있다. 본 논문에서는 비동기 방식 중에서 성능이 우수한 블록부호 변조방식의 성능을 개선하는 방법을 제안한다. 블록부호 변조방식은 일반적으로 하나의 심볼을 N개의 펄스로 이루어진 블록으로 구성하고, 각각의 펄스의 간격은 일정한 길이를 유지한다. 펄스의 간격을 작게 하면 전송속도는 증가하지만, 펄스간의 간섭도 증가하여 비트오율이 커지게 된다. 제안하는 방식은 전송속도를 결정하는 펄스 간의 간격을 조정하여, 기존의 방식과 동일한 전송속도 하에서 비트오율을 낮추는 방법을 제안한다. 모의실험을 통하여, 제안된 방법은 전송속도 혹은 비트오율 측면에서 기존의 방식에 비하여 우수한 성능을 나타낸다.

**Key Words** : UWB-IR (Ultra wide band-impulse radio), Interference, Correlator, BCM (Block coded modulation)

### ABSTRACT

Non-coherent UWB receivers are promising due to the low hardware complexity while the coherent receiver such as the rake receiver requires the

complex hardware to estimate channel characteristics and get the synchronization. In this letter, the block coded modulation scheme as one of the most promising method is enhanced in terms of the performance. The performance enhancement is carried out by the modification of the block structure with unequal frame length for each pulse. Simulation results show that the proposed method has the performance enhancement by the transmission rate or bit error rate.

### I. 서 론

무선광대역통신에서, 채널 추정과 채널 동기를 얻기 위하여 복잡한 하드웨어를 요구하는 동기방식에 비하여 구현이 용이한 비동기 방식의 연구가 활발하게 진행되고 있다<sup>1,2</sup>. 최근에는 인체 내에 이식한 장치와의 통신도 무선광대역통신을 이용하는 방식도 연구되고 있다<sup>3</sup>. 무선광대역통신에서 비동기방식으로서 블록부호 변조방식이 [4]에서 제안된 이후 블록부호의 최적화를 위한 연구, Transmitted reference 방식 기반의 블록부호 변조방식에 관한 연구 등이 이루어져 왔다<sup>5,6</sup>. 본 논문에서는 기존의 블록부호 변조방식에서 블록을 구성하는 펄스 간의 시간 간격을 조정하여 성능을 개선하는 방식을 제안한다.

### II. 블록코드변조 방식의 송신기

블록부호 변조방식은 그림 1과 같이 블록 단위로 데이터를 전송하는 방식이다. 무선 채널의 다중경로 페이딩 때문에 펄스 폭이 1 nsec 인 UWB 파형은 최대 100 nsec 정도의 전송 지연을 가진다. 최대 전송 지연 보다 작은 시간 간격으로 펄스를 전송할 경우, 펄스간 혹은 블록(심볼)간 간섭이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 그림 1에서 보는 바와 같이 블록간의 간섭을 피하기 위하여, 이전 블록의 마지막 펄스와 다음 블록의 첫 번째 블록 사이의 간격을 최대 전송 지연  $\tau_{max}$  만큼 간격을 두어 블록간의 간섭은 없는 것으로 가정한다. 블록 내에서 각각의 펄스는 프레임 시간  $T_f$  동안의 시간을 점유한다. 그림 1은 블록 길이  $N=4$ 인 경우이며, 사용되는 블록부호로는 직교부호인 하다마

\* 본 연구는 상명대학교 2014학년도 일반연구기관 선발과제 연구비를 지원받아 수행하였음.

• First Author : Sangmyung University Department of Computer Science, swmin@smu.ac.kr, 정희원

논문번호 : KICS2016-09-253, Received September 10, 2016; Revised October 21, 2016; Accepted December 6, 2016

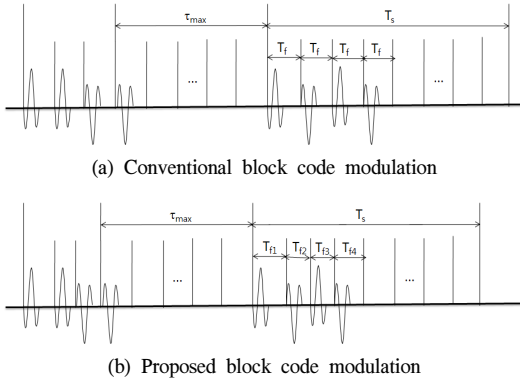


그림 1 블록코드변조 방식의 전송신호  
Fig. 1. Illustration of transmit signal for block code modulation

드 (Hadamard) 부호를 사용한다<sup>4)</sup>. 기존의 블록부호 변조방식은 마지막 펄스를 제외하면 블록 내의 모든 펄스가 점유하는 시간은  $T_f$ 로 동일하다.

$N$ 개의 펄스로 이루어지는 블록은 하나의 심볼을 나타낸다. 따라서, 기존방식의 심볼타임  $T_s$ 는 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$T_s = (N-1) \times T_f + \tau_{max} \quad (1)$$

제안하는 방식은 그림 1(b)에서 각각의 프레임 시간을 변화시켜서 전송하는 방식이다.

$$T_s = \sum_{i=1}^{N-1} T_{fi} + \tau_{max} \quad (2)$$

주어진 심볼시간  $T_s$ 와 블록길이  $N$ 에 따른 전송속도  $R$ 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$R = \frac{\log_2 N}{T_s} \text{ (bit/sec)} \quad (3)$$

### III. 블록코드변조 방식의 수신기

그림 2는 송신신호를 복조하기 위하여 사용되는 격자 (Template) 발생기를 이용한 수신기의 구조를 보여준다. 그림 2에서 격자 발생기는 블록부호 상관기를 이용하기 위하여 그림 3과 같은 격자 신호를 발생시키는 것이다. 그림 3은 그림 1의 송신신호와 관계가 있으며, 블록의 첫 번째 펄스를 기준신호 (Reference signal)를 이용하여,  $N$ 개의 블록부호를 이용하여  $N$ 개

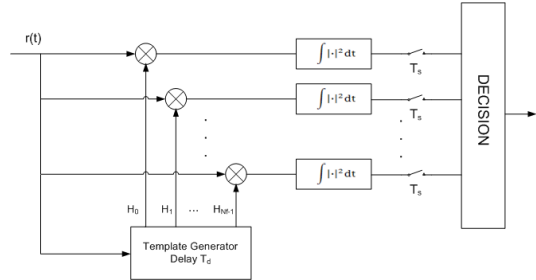


그림 2 격자 발생기를 이용한 수신기 구조  
Fig. 2. Receiver structure using template generator

의 그림 3과 같은 격자를 발생시킨다. 이때, 하드웨어로는 위상 천이기 (Phase shifter)와 시간 지연 소자 (Delay component)가 사용된다<sup>6)</sup>.

그림 3(a)는 기존 방식의 발생기이고, (b)는 제안하는 방식이다. 제안하는 방식은  $N=4$ 인 경우, 기존 방식에서 첫 번째 펄스의 시간 간격을 그대로 두고, 나머지 펄스들을 겹치게 하는 방식으로 시간 간격을 줄이면서 발생시키는 방법이다. 즉,  $T_{f1} = T_f$  이고  $T_{f2} = T_{f3} < T_f$  이다.

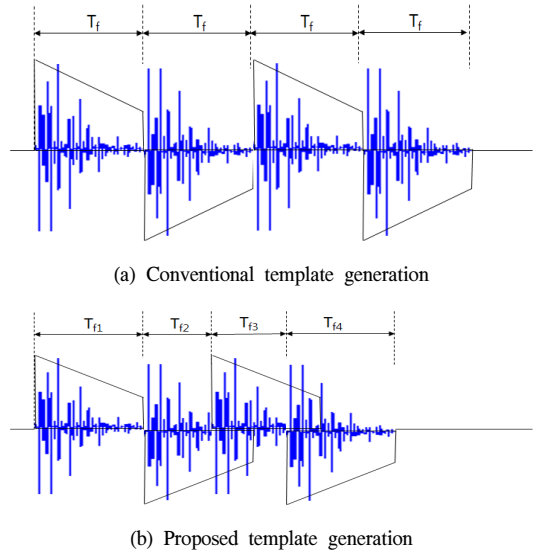


그림 3. 블록부호 상관기를 위한 격자 발생기  
Fig. 3. Template generation for block coded correlator

### IV. 모의실험 및 결과

모의실험은 두 가지 측면에서 성능을 비교하고자한다. 하나는 기존의 방식과 제안하는 방식의 전송속도 혹은 심볼시간을 동일하게 설정한 후 비트오율 (Bit

error rate:BER)을 비교하여 성능을 평가한다. 또 다른 하나는 비트오율이 유사할 때, 전송속도의 차이를 비교하고자 한다. 이를 위하여 블록 구조에 대한 매개변수를 식 (1)과 (2)를 이용하여 표 1과 같이 정한다. 이때, 심볼시간은 모두  $T_s = 130 \text{ nsec}$  이고,  $N=4$ 인 경우, 식 (3)을 이용하여 전송속도  $R$ 을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$R = 2 \text{ bit} / (130 \times 10^{-9} \text{ sec}) = 15.4 \text{ Mbps}$$

모의실험은 채널모델<sup>[7]</sup> CM4에 대하여 수행하였다. 표 1의 동일한 전송속도에서 BER 측면에서의 비교는 그림 4의 ‘□’이 기존의 방식이고, ‘○’이 제안하는 방식이다. 제안하는 방식이 BER=10<sup>-2</sup> 에서 6 dB 성능 개선이 있는 것을 확인할 수 있다. 표 1의 전송속도 측면에서의 비교는 그림 4에서 기존방식의  $T_f=20 \text{ nsec}$  인 경우인 ‘▽’와 비교해 보면, BER 성능이 유사할 때, 전송속도는 각각 12.5Mbps와 15.4Mbps로 20% 성능 향상이 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 제안하는 방식은 동일한 전송속도에서는 BER이 개선되고, 유사한 BER 하에서는 전송속도가 개선되는 것을 확인하였다.

표 1. 모의실험 위한 매개변수 정리  
Table 1. Parameters for simulation

	Conventional	Proposed
BER	$T_f = 10 \text{ nsec}$ ( $T_s=130 \text{ nsec}$ , 15.4Mbps)	$T_{f1} = 20 \text{ nsec}$ , $T_{f2} = T_{f3} = 5 \text{ nsec}$
Data Rate	$T_f = 20 \text{ nsec}$ ( $T_s=160 \text{ nsec}$ , 12.5Mbps)	( $T_s=130 \text{ nsec}$ , 15.4Mbps)

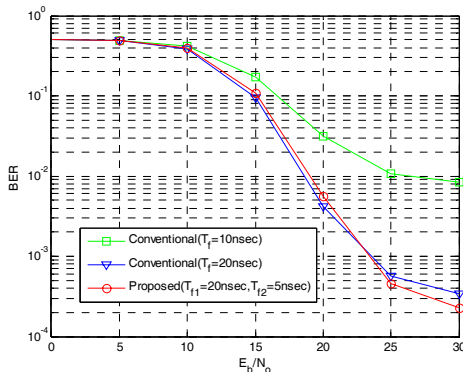


그림 4. 기존 방식과 제안하는 방식의 성능 비교  
Fig. 4. Performance comparison of the proposed method and the conventional method

## V. 결 론

본 논문에서는 기존의 블록부호 변조방식의 블록 내의 프레임 시간을 조정하여 성능 개선이 이루어 질 수 있는 것을 모의실험을 통하여 확인하였다. 일반적으로 블록부호 변조방식에서는 같은 간격으로 펄스를 구성하였으나, 블록부호 상관기를 이용하는 방식은 블록구조의 첫 번째 펄스의 간격을 제외한 나머지 펄스의 간격을 조절하여 비트오율이나 전송속도 등의 성능을 개선할 수 있다.

## References

- [1] K. Witrisal, et al., "Noncoherent ultra-wideband systems," *IEEE Sign. Process. Mag.*, pp. 48-66, Jul. 2009.
- [2] Y. Jin, et al., "A reconfigurable digital receiver for transmitted reference pulse cluster UWB communications," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 63, pp. 4734-4740, 2014.
- [3] S. Nagaraj and F. Rassm, "Improved non-coherent UWB receiver for implantable biomedical devices," *IEEE Trans. Biomedical Eng.*, pp. 1-6, 2015.
- [4] Y. Ying, et al., "Block-coded modulation and noncoherent detection for impulse radio UWB," *IEEE Sign. Process. Lett.*, vol. 15, pp. 112-115, 2008.
- [5] H. Gao, et al., "IFI and ISI premitigation for block-code-modulated noncoherent UWB impulse radio: A code optimization approach," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 61, no. 4, pp. 1635-1648, May 2012.
- [6] S. Min, "Transmitted reference UWB systems based on block-coded modulation," *J. KICS*, vol. 38A, no. 3, pp. 289-293, Mar. 2014.
- [7] J. Foerster, "Channel modeling subcommittee report final," *IEEE P802.15.3a Working Group*, P802.15-02/490r1-SG3a, Feb. 1997.