

# UWB 기반의 인지적 무선통신 기술의 성능 개선

서유정 · 하덕호

부경대학교 정보통신공학과

## The Performance Improvement of Cognitive Radio Technology Based on UWB System

Yu-Jung Seo · Deock-Ho Ha

Department of Telecommunication Engineering, Pukyong National University

e-mail : skyssal@nate.com

### 요 약

최근 극초단파의 펄스를 사용하는 UWB(Ultra-WideBand) 기술이 다양한 무선 통신기기에 응용되고 있다. UWB 기기들은 기존의 동일한 무선주파수대역을 공동으로 사용하기 때문에 상호 간섭에 의한 장애가 발생하게 되는데, 이와 같이 다양한 무선 응용 기술들이 혼재된 상황은 주파수 자원의 효율적 이용에 대한 요구를 강화할 것으로 예상된다. 최근 한정된 UWB 대역의 주파수 자원을 효율적으로 이용하는 기술이 소개되고 있다. 특히 인지적(Cognitive) UWB 기술은 스펙트럼 사용 효율을 높이기 위해 스펙트럼 활용을 위한 기술로서 UWB 시스템에서 사용되지 않는 주파수를 감지하여 이를 효율적으로 공유하여 사용할 수 있는 무선통신 개념이 적용되는 방식이다. 본 논문에서는 UWB와 인지적 기술이 합해진 기술을 소개하고, 시뮬레이션을 통하여 원하는 마스크를 충족시키고 타 시스템으로부터의 간섭을 회피하여 성능이 개선됨을 보였다.

### Abstract

Recently, ultra-wideband(UWB) technology based on the transmission of short duration pulses has gained much interest for its application to wireless communications. Various wireless communication and wireless broadcast will require more efficient use of frequency. Cognitive radio technology is an intelligent technology which can sense the spectrum environment and adaptively adjust the parameters for wireless transmission. In this paper, by using Cognitive UWB, the spectrum efficiency of the transmission channels is largely improved, and the interference between the other systems can be effectively avoided.

### 키워드

Cognitive radio, Spectrum mask, ultra-wideband(UWB), interference

## I. 서 론

새로운 무선 서비스들이 등장할 때마다 주파수 자원이 새로이 요구되고 있지만, 공급요구도 할당되어야 할 스펙트럼 자원은 한정적이다. 이러한 문제들을 해소하기 위한 방안으로 주파수 자원을 확보할 필요가 없이 기존의 무선통신 서비스와 공존할 수 있고, 고속 광대역 무선통신을 할 수 있는 ultra wideband(UWB) 통신이 새로운 대안으로 제시되고 있다. 2002년 4월 미국 연방통신위원회(FCC)가 주파수 할당 및 상업화 승인을 기점으로 UWB통신 기술에 대한 연구와 개발이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다.

현재 UWB 통신에서 이슈가 되고 있는 문제 중 하나는 기존의 통신시스템들에 영향을 미치지 않는 펄스 생성 방법을 개발하는 것이다. 이를 위해

제안된 Pulse들이 있긴 하지만 이것들이 가지는 주파수 대역은 기존의 통신 시스템들이 사용하고 있는 주파수 대역에 간섭을 발생 시켜 여전히 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 UWB 대역에서 간섭이 최소화된 채널을 분별하여 사용하는 인지적 무선통신 기술이 표준 편차를 변화시켜 생성시킨 가우시안 펄스(Gaussian Pulse)에 비해 성능이 얼마나 개선되는지를 살펴 보았다.

## II. 단일대역 UWB 펄스의 생성

UWB의 펄스는 시간영역에서 짧은 시간동안 존재할수록 주파수 영역에서 넓은 대역을 차지하는 특성이 있다. 이러한 펄스는 생성할 때 보통

가우시안 펄스를 사용하는데 가우시안 펄스의 표준편차( $\sigma$ )를 변화시키면 원하는 주파수 대역과 시간간격을 갖는 펄스를 생성할 수가 있다. 이러한 가우시안 펄스는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$g(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

식 (1)에서  $\sigma$ 의 변화에 따라 펄스의 시간과 주파수 대역의 형태가 넓어지거나 좁아지게 된다. 그렇지만 가우시안 펄스를 UWB 통신 시스템에 사용하기에는 기존의 통신 시스템에 간섭을 준다는 점과 DC 성분으로 인해 안테나 정합이 부정확하다는 문제가 있다. 이러한 기존의 펄스들이 갖는 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 가우시안 펄스에 복소 지수 함수(Complex Exponential Function)를 곱하여 주파수 시프트 된 파형을 UWB 파로 사용하였다.

식 (2)는 가우시안 펄스를 주파수 시프트 시키는 공식이며 그림 1은 주파수 시프트 된 가우시안 펄스이다. 이때 식 (2)에서  $\sigma, \omega$  그리고  $\phi$ 를 조절하면 원하는 형태의 펄스를 생성할 수 있다.

$$s(t) = g(t)e^{j(\omega_0 t + \phi)} \\ = g(t)\{A\cos(\omega_0 t + \phi) + jB\sin(\omega_0 t + \phi)\} \quad (2)$$

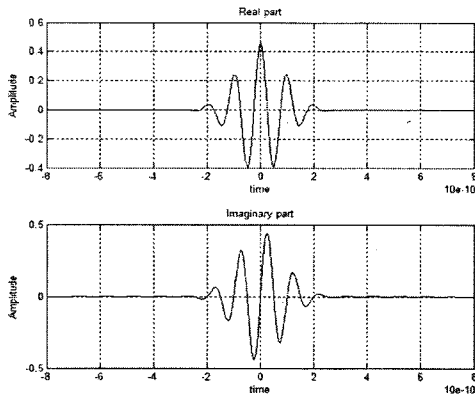


그림 1. 주파수 시프트된 가우시안 펄스  
Fig 1. The shifted Gaussian pulse

그림 1과 같이 복소 지수함수에 허수부가 존재하나 송신신호가 무선채널을 통과할 때는 실수 값만이 존재해야 하므로 식 (2)를 다시 정리하면

$$s(t) = RE[k(t)e^{j\omega_0 t}] \quad (3)$$

$$k(t) = x(t) + jy(t) = [k(t)]e^{j\theta t} = R(t)e^{j\theta t} \quad (4)$$

$$R(t) = [k(t)] = \sqrt{x^2(t) + y^2(t)} \quad (5)$$

$$\theta(t) = \tan^{-1} \frac{y(t)}{x(t)} \quad (6)$$

식(3)에서  $k(t)$ 를  $e^{j\theta}$ 로 대치시키면  $s(t)$ 는 식 (7)과 같이 유도된다.

$$s(t) = g(t)RE[(A + jB)(\cos\omega_0 t + j\sin\omega_0 t)] \\ = g(t)(A\cos\omega_0 t - B\sin\omega_0 t) \quad (7)$$

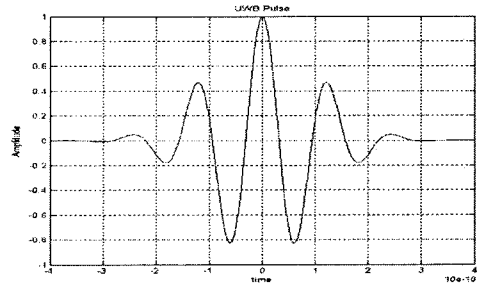


그림 2. 생성된 UWB 펄스  
Fig 2. UWB transmission pulse

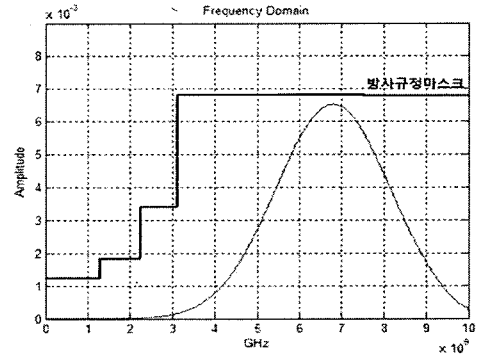


그림 3. UWB 전송펄스의 주파수 성분  
Fig 3. The frequency component of the UWB transmission pulse

그림 2는 식 (7)을 적용시켜 생성시킨 전송 펄스이고 그림 3은 펄스를 푸리에(Fourier) 변환시켜 주파수 성분을 나타낸 그래프로서 FCC에서 규정하는 스펙트럼 방사 규정을 만족하고 있다.

### III. Cognitive UWB 펄스의 생성

Cognitive UWB 시스템의 기초 펄스는 부주파수로 나누어진 대역에 해당하는 기초 펄스를 생성한다. Cognitive UWB 시스템에 의해 만들어진 기초 펄스는 단일 대역 UWB 펄스와 같이 짧은 시간(수 nS)의 펄스폭을 가지고 서로 직교성을 가지므로 서로 간섭을 주지 않는 특성이 있으며 두

개 이상의 대역을 서로 조합하여 새로운 UWB 멀티 밴드 펄스를 만들 수 있다.

본 논문에서 사용한 기초 펄스 생성 방법은 sinc 윈도우를 이용하여 부 주파수 대역의 폭을 정하는 방식이다. 마스크 대역을 분할하는 기초 펄스를 만들기 위해 우선 부주파수 대역의 폭을 결정하는 sinc 윈도우를 생성한다. 식 (8)은 sinc 윈도우의 수식으로  $f_p$  Hz의 주파수 성분을 가진다. 식 (9)는 윈도우의 주파수 특성으로 이 윈도우 함수는 기저대역에서  $f_p$  Hz의 대역을 가진다. 이는 부 주파수 대역폭의 반이다.

$$h_{window}(t) = \text{sinc}(2f_p t) \tag{8}$$

$$H_{window}(f) = \begin{cases} 1, & 0 < f < f_{fp} \\ 0, & f > f_{fp} \end{cases} \tag{9}$$

식 (10)은 기초 펄스를 만드는 수식으로서 부주파수 대역의 중심주파수를 가지는 사인파를 부주파수 대역을 가지는 윈도우에 통과 시켜 중심주파수에 원하는 대역폭을 가지는 기초 펄스를 얻게 된다.

$$P_k(t) = h_{window}(t)\sin(2\pi f_k t) \tag{10}$$

식 (11)은 Cognitive UWB 펄스의 생성을 식으로 나타낸 것이다.  $S_k$ 는 bit 신호로 PMC 코드이며  $P_k(t)$ 는 펄스 신호로  $k$  번째 기초 펄스를 나타낸다. N 개의 기초 펄스 신호를 PMC 코드에 의해 선택적으로 조합하여 주파수 방사 제한 규정인 마스크 특성과 채널환경에 적합한 Cognitive UWB 펄스를 생성하게 된다.

$$x_p(t) = \sum_{k=1}^N S_k P_k(t) \tag{11}$$

그림4와 그림5는 UWB를 규정한 마스크와 채널 정보를 이용하여 채널과 마스크 규격에 적용

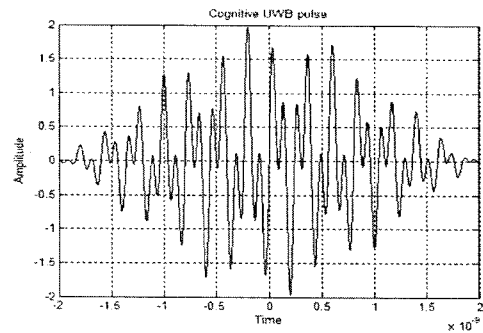


그림4. 합성된 Cognitive UWB 펄스  
Fig 4. Cognitive UWB pulse

된 UWB 펄스를 만든 그래프이다. 식 (11)에 의해 생성된 그림4와 같은 UWB 펄스는 기존의 UWB 펄스의 특징을 가지고 있다. 이와 같이 Mask 정보와 채널상황을 고려한 펄스는 그림5와 같은 PSD를 가지게 된다.

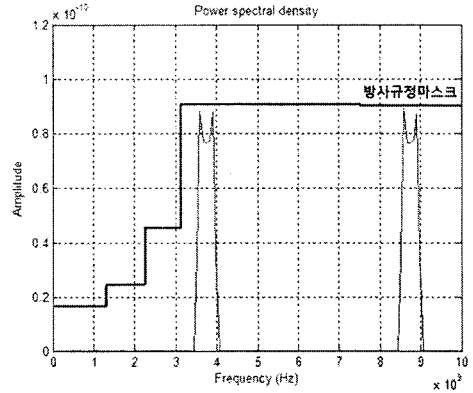


그림5. Cognitive 펄스의 주파수 특성  
Fig 5. Cognitive pulse in frequency domain

Cognitive UWB 시스템은 스펙트럼 상관 함수를 이용하여 스펙트럼을 검출하여 비어있는 대역을 인지한 후 인지된 대역을 사용하기 위한 정형파를 발생시키게 된다.

#### IV. 시뮬레이션 및 결과

두 가지 방식의 UWB 펄스의 성능평가는 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 이루어졌다. 본 시뮬레이션에서 사용한 Cognitive 펄스의 주파수는 단일대역 UWB 주파수인 3.1GHz~10.6GHz 대역을 500MHz 단위로 15개의 대역으로 분할한 부주파수 대역을 선택적으로 사용하였다. 간섭은 UWB 대역 카테고리 안에서 임의로 위치시키며 크기는 SINR 3dB로 하였다. 채널은 UWB 4a 채널을 사용하였으며 채널의 특성은 표 1과 같다.

표1. 채널모델

	CM1	CM2
Environment	Indoor	Indoor
Condition	LOS	NLOS
Range of d(m)	7~20	7~20
Path gain(dB)	-43.9	-48.7
Pathloss exponent	1.79	4.58
mean cluster	3	3.5
inter cluster decay constant	22.61	26.27

채널 환경은 실내 무선환경의 LOS와 NLOS으로만 나누었다. 그림6은 실내 환경에서 LOS(CM1)일 때와 NLOS(CM2)일 때의 단일대역 UWB 시스템과 Cognitive UWB 시스템을 비교한 것이다.

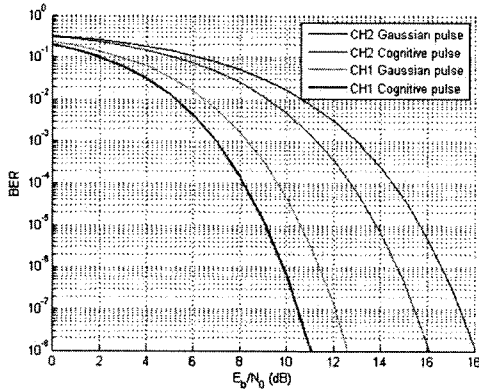


그림6. 실내 LOS(CM1), NLOS(CM2)에서의 성능 분석  
Fig. 6. The Performance analysis at indoor LOS(CM1) and NLOS(CM2)

그림 6을 보면, 가우시안 펄스의 단일 대역 UWB 시스템인 경우 다이렉트 패스가 존재하는 CM1이 CM2보다 좋은 성능을 가진다. 하지만 이 경우 여러 사용자가 같은 실내 무선 채널 환경에서 동시에 사용하기 위해 적용된 시간도약 패턴으로 인해 실내 무선 채널 환경에서 발생하는 다중경로나 외부 요소로 인해 수신단의 시간동기가 불완전해지고 이로 인해 다원접속 간섭이 발생하여 성능 열화를 야기한다. 반면 간섭을 피할 수 있는 채널만 선택적으로 사용하는 Cognitive UWB 시스템인 경우 동일한 채널에 존재하는 간섭을 받지 않아 CM1, 2 모두 성능 향상을 보였다.

### V. 결론

본 논문에서는 가우시안 펄스를 사용하는 단일 대역 UWB 시스템과 주파수 대역을 선택적으로 사용하는 Cognitive UWB 시스템의 성능을 비교하였다. 다중 대역 UWB 시스템은 같은 UWB 시스템이 다수 존재하는 채널 환경에서 시간도약 패턴에만 의존하지 않고 주파수 대역의 분할로 스펙트럼의 효율을 높이고 다원 접속 간섭의 영향을 감소시킬 수 있다. 하지만 하나의 부 대역 상에서 보면 단일 대역에 비해 펄스의 폭이 늘어남에 따라 시간 도약 패턴을 적용하기에 적합하지 않게 되었다. 따라서 주파수 스펙트럼의 분할에 의한 사용 효율은 높아졌지만 단일 대역 UWB에서 큰 스펙트럼 효율을 얻기는 힘들다. 그러므로 이러한 다중대역 UWB 시스템에는 부 대역을

고정적으로 사용하기보다 간섭의 정도에 따라 선택적으로 변화시켜 부 대역을 동적(dynamic)으로 사용하는 것이 간섭의 영향을 회피하여 성능을 개선됨을 알 수 있었다.

### 참고 문헌

[1] Honggang Zhang, Xiaofei Zhou, Kamyar Yekhe Yazdandoost, Imrich Chlamtac, "Multiple Signal Waveforms Adaptation in Cognitive Ultra-Wideband Radio Evolution" IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 24, NO. 4, APRIL 2006

[2] K. Siwiak, "Ultra-Wideband Radio : Introducing A New Technology," IEEE VTC-2001, vol. 2, no. 2, pp. 1083-1093, May 2001.

[3] Lansford, J., "UWB Coexistence and Cognitive Radio" Joint UWBST & IWUWBS. 2004, pp.35-39, May 2004.

[4] Moy, C.; Bisiaux, A.; Paquelet, S., "An ultra-wide band umbilical cord for cognitive radio systems" Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2005. PIMRC 2005. IEEE 16th International Symposium on Volume 2, 11-14 pp. 775 - 779 Vol. 29, Sept. 2005.

[5] S. Haykin, "Cognitive radio: Brain-empowered wireless communications,"IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 23, no. 2, pp. 201 - 220, Feb.2005.

[6] J. Mitola and G. Maguire, Jr., "Cognitive radio: Making software radios more personal," IEEE Personal Commun. Mag., vol. 6, no. 6, pp. 13 - 18, Aug. 1999.