

# 펄스 성형을 통한 TH-UWB 시스템 구현과 간섭 회피 제안\*

## TH-UWB System through Pulse Shaping and Avoiding Interference Technique

장흥모\*                      김태훈\*\*                      김동희\*\*                      박호환\*\*\*                      곽경섭\*\*\*\*  
(Hong-Mo Chang)   (Tae-Hun Kim)   (Dong-Hee Kim)   (Ho-Hwan Park)   (Kyung-Sub Kwak)

### 요 약

본 논문은 국내 UWB 스펙트럼 환경에 적합하도록 펄스 성형을 통해 TH-UWB 시스템의 개념을 확장한 TH-Multiband-UWB 시스템을 구현하는 것을 그 목표로 한다. 이러한 펄스 성형을 위하여 Multi-Carrier 형태의 전송 펄스를 제안하며, 간섭 주파수 검출을 위해 무선 인지 기술(Cognitive Radio)을 사용했다. 무선 인지 기술의 핵심이 되는 Cognitive Engine의 연산 알고리즘으로는 유전 알고리즘을 이용했다. 또한 성형된 펄스와 무선 인지 기술을 적용한 TH-UWB 시스템이 동일 UWB 시스템을 비롯한 타 통신 시스템과의 간섭 상황을 해결하는 방법을 제시하였다. 이를 통해 본 논문은 무선 인지 엔진이 간섭 주파수를 찾아내는 방법을 알아보고, 펄스 성형을 적용한 TH-UWB 시스템이 문제가 되는 간섭 상황을 해결하는데 뛰어난 성능이 있음을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, we propose a TH-Multiband-UWB system through pulse shaping to fit in domestic UWB spectrum regulation. We propose the transmission pulse of Multi-Carrier type for pulse shaping and use Cognitive Radio to detect interfering frequency. We use Genetic Algorithm in Cognitive Radio's calculation process and propose solution of interference problem between TH-UWB using Cognitive Radio and typical MB-OFDM UWB system or other communication systems. In this paper, we explain how Cognitive Engine detects the interfering frequency. The technique of TH-Multiband-UWB system using Cognitive Radio shows a good performance in interference condition.

**Key words :** TH-UWB, multiband, cognitive radio, genetic algorithm

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업(ITTA-2006-C1090-0603-0019)의 연구결과로 수행되었음.  
본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-10266-0) 지원으로 수행되었음.

\* 주저자 : 인하대학교 정보통신공학과 석사과정

\*\* 공저자 : 인하대학교 정보통신대학원 석사과정

\*\*\* 공저자 : 벨웨이브 연구원

\*\*\*\* 공저자 : 인하대학교 정보통신대학원 교수

† 논문접수일 : 2007년 11월 12일

## I. 서 론

UWB통신기술은 3GHz에서 10GHz 사이에서 중 심주파수 대비 대역폭이 20% 이상이거나, 500MHz 이상의 주파수 대역폭을 사용하며 FCC에서 규정한 송출전력한계치의 범위 이내에서 사용되는 무선통신 기술을 의미한다 [1].

UWB 무선통신기술이 초기에 제안되었을 때는 송신전력이 미약해서 3GHz에서 10GHz대역 내의 다른 통신시스템에 대한 간섭이 미약하다고 하였다. 다수의 UWB 시스템이 같은 공간에 존재할 경우 방사 제한을 따르는 -41.3dBm/MHz의 낮은 수준의 전력이라 할지라도 신호들의 누적 현상으로 인해 밴드 내외의 협 대역 통신 시스템에게 영향을 미칠 가능성이 충분히 존재할 수 있으며 UWB 단말기 간에도 간섭을 일으킬 가능성이 있다. 이에따라 최근에 ITU-R(International Telecom- munication Union - Radio)에서 UWB 특성, UWB 이용제도, UWB 간섭영향 분석 등에 대한 권고안을 제시하였다[1].

우리나라에서 발표된 UWB 주파수 분배방안의 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다. 주파수대는 3.1~4.8GHz(Low Band), 7.2~10.2GHz (High Band) 2개 대역으로 정하였다. 저주파수 대에서는 기존 이용 주파수 및 차세대 이동통신 주파수와의 간섭을 고려하여 간섭회피기술(DAA)을 적용한 UWB 시스템만이 사용가능하다. 이때 허용출력은 -41.3dBm/MHz이고 실내외에서 통신용도로 허용 하는 것으로 되어 있다. 다만, 저주파수대에서의 간섭 회피 기술 적용은 차세대 이동통신용 주파수 결정과 이의 표준화시기 등을 감안하여 4.2~4.8GHz(600MHz 폭)에서 DAA기술적용을 2010년 6월까지 유예하기로 하였다.<sup>[3]</sup> Underlay 방식인 UWB 시스템 간의 간섭 문제와 UWB스펙트럼과 중첩되는 영역의 보호문제를 해결하고자, Overlay 방식인 무선 인지 기술(Cognitive Radio)을 UWB 시스템에 적용하는 방안이 대두되고 있다. 이에 따라 본 논문은 무선 인지 기술과 다중대역(Multiband) 방식을 이용한 새로운 간섭 회피 방법을 제안하여 국내 UWB 스펙트럼 환경에

부합하는 TH-UWB 시스템을 설계한다.

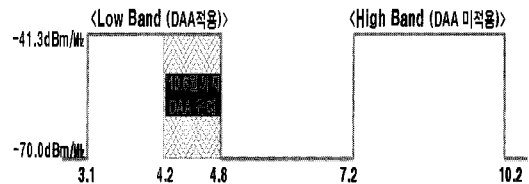
본 논문에 이용된 무선 인지 기술의 최적화 연산 알고리즘은 기존에 제시된 기존의 Hill-Climbing 알고리즘 및 고정점 반복(Fixed-Point Iteration)알고리즘은 연산량이 많고 최적 해를 찾을 수 없는 경우가 있기 때문에, 유전 알고리즘을 사용하여 성능을 평가하였다 [2].

이에 따른 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 국내 스펙트럼에 맞는 펄스 성형에 대해 알아 본다. 3장에서는 유전 알고리즘을 적용한 무선 인지 기술의 개념을 소개하고, 무선 인지기술을 적용한 TH-UWB시스템을 설계한다. 4장에서 모의실험을 하여 시스템에 대한 성능을 평가한 후, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 국내 UWB 스펙트럼 마스크에 적합한 펄스 성형

### 1. 국내 UWB 무선전송 스펙트럼 마스크

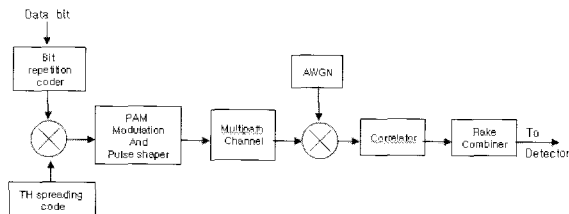
최근 정보통신부는 유비쿼터스-홈시대의 무선 네트워크로의 가치에 중점을 두면서 UWB 주파수분배(안)를 마련하고 산업체, 통신사업자, 이용자 등 이해 관계자들의 의견수렴을 위한 공청회를 개최하였다. 서론에서 언급한 대로 이 공청회에서는 3.1~4.8GHz(Low Band), 7.2~10.2GHz(High Band) 2개 대역으로 국내 스펙트럼 환경을 정하였으며, 거기서 결정된 국내 UWB 스펙트럼 제한은 <그림 1>과 같다 [3].



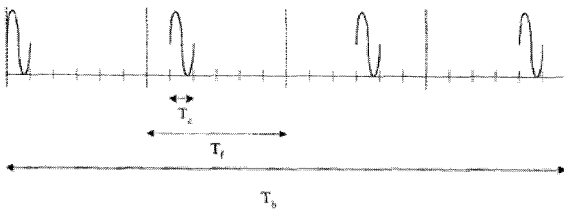
<그림 1> 국내 UWB 스펙트럼 제한  
<Fig. 1> Domestic UWB spectrum limit

## 2. TH-UWB 시스템

보통 TH-UWB시스템에서는 Pulse Position Modulation(PPM)과 Pulse Amplitude Modulation(PAM)이 사용된다. <그림 2>는 본 논문에서 사용된 TH-BPAM 시스템의 블록도이다. <그림 3>은 Time-Hopping 시스템을 보여준다.



<그림 2> TH-BPAM UWB 시스템 블록도  
<Fig. 2> TH-BPAM UWB system block



<그림 3> Time-Hopping 시스템  
<Fig. 3> Time-Hopping system

전송된 신호는 다음과 같다.

$$s(t) = \sqrt{E_p} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} d_i p(t - iT_f - c_j T_c) \quad (1)$$

$$0 \leq t \leq T_f$$

$j$ 는 프레임 번호이며,  $\{p(t)\}$ 는 전송된 펄스의 에너지 파형을 나타낸다.  $\{T_b\}$ 구간을 갖는 각각의 데이터 비트는  $\{T_f\}$ 프레임 구간을 갖는 여러 개의  $\{N_s\}$ 로 구성되며,  $\{T_b = N_s T_f\}$ 를 만족한다.  $\{c_j\}$ 는  $j$ 번째 칩에 대한 수도랜덤(Pseudo-Random) 순서로 구성된 TH값이며,  $\{0 \leq c_j \leq N_c - 1\}$ 을 만족하는 정수이다.  $\{d_i\}$ 는  $\{+1, -1\}$ 로 구성되는  $i$ 번째 데이터 비트이다.  $\{T_c\}$ 는 칩 구간을 나타내며,  $\{N_c T_c \leq T_f\}$ 를 만족한다.  $\{E_p\}$ 는 각 펄스의 에너지를 나타낸다[4].

다중 경로 채널 상에서 수신된 신호의 표현은 다음과 같다.

$$r(t) = s(t) * h(t) + \eta(t)$$

$$= \sqrt{E_p} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} d_i m(t - iT_f - c_j T_c) + \eta(t) \quad (2)$$

전체 비트 구간에서 채널은 일정하게 유지된다고 가정한다.  $\{h(t)\}$ 는 채널 임펄스 응답을 나타내며,  $\{\eta(t)\}$ 는 White Gaussian noise 이다.  $\{m(t)\}$ 는 신호의 채널 응답이며,  $\{m(t) = p(t) * h(t)\}$ 로 나타낼 수 있다. 전송된 펄스  $p(t)$ 는 단위(unit) 에너지를 갖는다. 펄스의 채널 응답  $m(t)$ 는 페이딩으로 인해 에너지  $\{E_d\} = \int_0^{T_d} m^2(t) dt$ 와  $E_d \leq 1$ 를

갖는다. 여기서,  $\{T_d\}$ 는 처음 도착 경로를 고려한 최대 지연 확산(maximum delay spread)이다. 그러므로 분해 가능한 다중 경로의 총수  $\{L = T_d / T_p\}$ 이며,  $\{T_p\}$ 는 펄스 구간이다. 레이크 수신기를 적용하므로, 레이크 핑거(Rake Fingers)는  $\{T_p\}$ 배로 [5] 지연된 참조 신호(Reference Waveform)

$$\psi(t) = \frac{1}{\sqrt{N_s}} \sum_{j=0}^{N_s-1} p(t - c_j T_c) \quad (3)$$

를 사용하여  $\{r(t)\}$ 와 상관 값을 계산한다. 지연  $\{\tau_l\}$ 을 갖는  $l$ 번째 레이크 핑거와  $\{\psi(t)\}$ 사이의 상관관계는 다음과 같이 나타낸다.

$$Z_l = \int_0^{T_f} r(t) \psi(t - \tau_l) dt = \sqrt{E_p N_s E_d} \chi_l \alpha(\tau_l) + \eta_l$$

$$l = 0, 1, \dots, L - 1 \quad (4)$$

$$\alpha(\tau_l) = \int_{-\infty}^{\infty} m(t) p(t - \tau_l) dt$$

는 채널 응답

$\{m(t)\}$ 와 지연  $\{\tau_l\}$ 에서의 단위 에너지 펄스  $\{p(t)\}$  사이의 상관관계이다.  $\{\chi_l\}$ 은 지연  $\{r(t)\}$ 에서의 신호 크기이다.

$$\eta_l = \int_0^{T_f} \eta(t) \psi(t) dt \quad (5)$$

에너지 감지를 위해 최대 비율 조합(Maximal Ratio Combining (MRC))[5]을 갖는 레이크 수신기를 적용하고, 채널 응답의 크기와 위상은 알려져 있다고 가정한다. 레이크 조합은 결정 통계를 형성하기 위해

전체 분해가능 경로  $L$ 을 결합한다.

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{E_p N_s E_d} \sum_{i=0}^{L-1} \chi_i \alpha(\tau_i) Z_i & (6) \\
 &= E_p N_s E_d \sum_{i=0}^{L-1} \chi_i \alpha(\tau_i) \alpha(\tau_i) + \eta \\
 \eta &= \sum_{i=0}^{L-1} \sqrt{E_p N_s E_m} \alpha(\tau_i) \eta_i
 \end{aligned}$$

신호 대 잡음비(SNR)가  $\{SNR = E[Z]^2\}$ .  $\{Var[Z]\}$ 이 되도록 표현한다.  $\{E[Z]\}$ 과  $\{Var[Z]\}$ 는 각각 결정 통계의 평균과 분산을 나타낸다. 그리고 시스템 성능은 아래와 같이 표현되는 BER(Bit Error Rate)로 정해진다.

$$\begin{aligned}
 BER &= P(d_i = +1)P(Z_i < 0 | d_i = +1) & (7) \\
 &\quad + P(d_i = -1)P(Z_i > 0 | d_i = -1)
 \end{aligned}$$

$\{P(\cdot)\}$ 는 확률을 나타내며,  $Z_i$ 는  $i$ 번째 데이터  $d_i$ 의 결정 통계이다[5].

### 3. 다중 대역(Multiband) 펄스 성형을 이용한 TH-Multiband-UWB 시스템

다중 대역 변조는 광대역 기술에서 정보를 변조하는 기술 중 하나로, 7.5GHz 스펙트럼을 FCC 규정에 맞도록 다수의 작은 주파수 밴드로 나눈다. 펄스 형태는 주파수 도메인 상에서 에너지 분포를 결정하는 중요한 특징이다. 때문에 적당하게 펄스를 성형함으로써 에너지 밴드의 중심에 더 많은 에너지를 모을 수 있으며, 부엽(side lobe) 에너지를 줄여서 인접한 밴드에 간섭을 줄일 수 있다 [6].

UWB 신호로써 2차, 3차 유도된 가우시안 펄스가 주로 사용되지만, 이들 펄스들은 FCC 스펙트럼 규정뿐만 아니라 국내 스펙트럼 규정에도 부합되기 어렵다. 본 논문에서는 국내 스펙트럼 규정에 부합하도록 가우시안 신호가 가중된 펄스  $\{p(t)\}$ 를 사용한다.

$$p(t) = \exp(-A \frac{t^2}{\tau^2}) \sin(2\pi f_0 t) \quad (8)$$

$A = \log_e 10$ ,  $\tau = 4ns$ ,  $f_0 = 3.95GHz$ .  $A$ 는 펄스의 넓이 값을 나타낸다.  $\tau$ 는 펄스 넓이의 절반 값이며,  $f_0$ 는 중심 주파수이다. 위의 펄스는 8ns의 주기로

전송된다. 본 논문에서 위의 펄스를 TH-UWB 시스템에 적용하였다. 전송된 UWB 펄스는 서로 다른 중심 주파수를 갖는 다수의 서브대역 펄스로 구성되어, 특정 대역의 간섭을 줄이는데 사용될 수 있다 [7]. 식 (8)의 전송된 펄스는 다중 부대역(subband) 펄스로 구성된 파형으로 다음과 같이 재구성될 수 있다.

$$W_f f(a) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(\frac{t}{a}) f(t) dx \quad (9)$$

$$f(t) = p(t) = \exp(-A \frac{t^2}{\tau^2}) \sin(2\pi f_0 t)$$

$$\psi(\frac{t}{a}) = \exp(-A \frac{t^2}{\tau'^2}) \sin(2\pi a t)$$

$\{f(t)\}$ 는 전송된 펄스 파형이고,  $\{\psi(\frac{t}{a})\}$ 는  $\tau' = 4ns$ 인 부반송파를 나타낸다. 여기서  $\tau'$ 는 펄스 간격의 절반 값이다.  $\{W_f(a)\}$ 로부터 반송파들의 진폭을 알 수 있다. 그러므로 아래와 같이 펄스 파형은 재구성된다.

$$f(t) = \sum W_f(a) \psi(\frac{t}{a}) \quad (10)$$

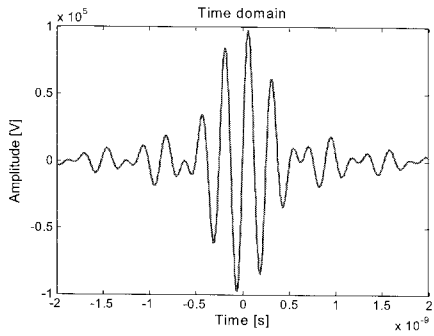
$\{a = n f_s\}$ ,  $f_s$ 는 펄스 반복 빈도이다. 본 논문에서  $n$ 은 1씩 증가,  $f_s$ 는 125MHz로 설정하였다. 그러므로 3.1GHz에서 4.8GHz 대역(Low Band)에 부반송파 13개로 구성된 전송 펄스를 아래와 같이 구현하였다.

$$f(t) \simeq p(t) = \sum_{n=25.6}^{n=37.6} W_f(n f_s) \psi(\frac{t}{n f_s}) \quad (11)$$

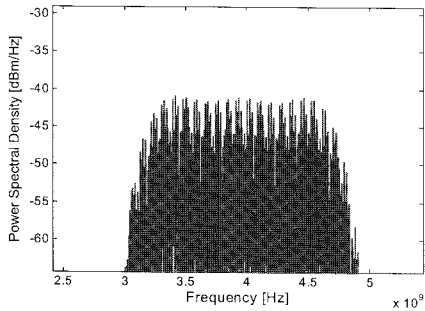
<그림 4>는 위의 Low Band 대역에 부합하도록 성형된 펄스와 스펙트럼을 나타낸다.

위의 성형된 펄스를 TH-UWB 시스템에 적용하여 <그림 5>와 같은 TH-Multiband-UWB 시스템을 구현하였다.

국내 스펙트럼 규약에 따라 사용 유예된 4.2GHz에서 4.8GHz 대역에 맞게 펄스를 성형 하려면, 위 대역에 해당하는 4개 간섭 부반송파를 제거해주면 된다. 대역 제한된 펄스는 <그림 6>과 같다.

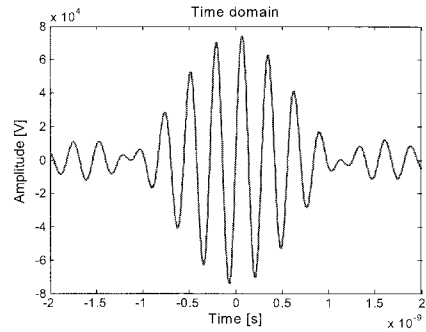


(a) 다중대역 펄스

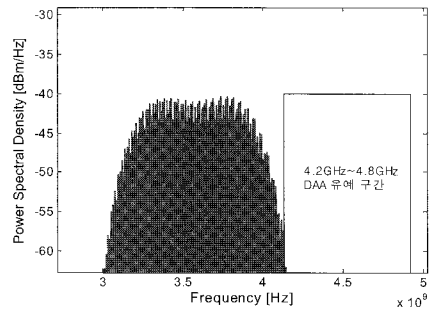


(b) 다중대역 스펙트럼

<그림 4> 다중대역 펄스와 스펙트럼  
<Fig. 4> Multi-band pulse and spectrum



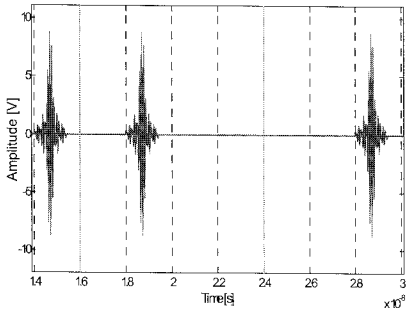
(a) 대역 제한된 펄스



(b) 대역 제한된 스펙트럼

<그림 6> 국내 스펙트럼에 맞게 대역 제한된 펄스와 스펙트럼

<Fig. 6> Pulse and spectrum limited with domestic UWB spectra



<그림 5> Time-Hopping된 다중대역 펄스  
<Fig. 5> Multi-band pulses with time-hopping

### III. 무선 인지(Cognitive Radio) 기술을 적용한 TH-Multiband-UWB 시스템

#### 1. 인지 엔진(Cognitive Engine)

기존의 무선통신기술에 인공지능의 개념을 접목 시킨 무선 인지 기술은 한정된 주파수 자원을 최대

한 효율적으로 이용한다. 다양한 통신 환경 영역에서 사용되는 주파수의 스펙트럼 이용 현황을 감지한 후, 그것을 지능적으로 판단하여 적절한 주파수, 변조방식, 출력을 선택하는 기술인 것이다.

무선 인지 기술이 시스템을 최적화하기 위해서는 전파성능의 통신 측면에 대한 이해가 기초되어야 한다. 즉 통신 시스템에 무선 인지 기술을 적용하기 위해 어떤 정보가 필요한가, 그리고 그 정보를 어떻게 적용할 것인가를 파악하는 것이 매우 중요하다. Cognitive Engine은 이러한 무선 인지 기술의 핵심이다. 이는 통신 시스템의 모델링(modeling), 정보 획득, 시스템 최적화 등의 과정을 수행하는 것으로 시스템의 성능을 평가하고 정보를 수집하여 다른 통신 시스템과 간섭을 일으키지 않고 작동할 수 있도록 도움을 준다.

무선 통신시스템에서 송신단과 수신단은 제어 가능한 변수를 가지고 있다. 이들 제어 가능한 변수들은 노브(Knobs)라고 하고, 무선통신시스템에서 관측 가능한 변수들을 메터(Meter)라고 한다. <표 1>은 이러한 노브와 메터의 관계를 나타낸다. 무선 통신 시스템의 노브는 링크의 성능과 무선통신시스템의 동작에 영향을 미치는 변수이다. 이들 중 몇몇은 시스템 디자인 변수가 되고 다른 몇몇은 시스템의 실시간 제어 변수가 될 수 있다. 노브의 조정은 네트워크 성능을 향상시키는데 도움을 줄 수 있다 [8].

<표 1> PHY계층의 Meters와 Knobs  
<Table 1> Meters and Knobs for PHY layer

계층	노브(Knobs) (제어가능변수)	메터(Meters) (관측가능변수)
PHY	신호전력( $S$ ) 대역폭( $B$ ) 중심주파수( $C$ )	BER

통신 시스템의 최적화 과정에서 입력(Knobs)과 출력(Meters) 변수는 이미 제시되어 있다. MODM (Multi-Objective Decision-Making)은 함수의 최적화를 위한 변수를 선택하는 수학적 방법이다. MODM식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \min/\max \{ \bar{y} \} &= f(\bar{x}) = [f_1(\bar{x}), f_2(\bar{x}), \dots, f_n(\bar{x})] \\ \text{subject : } \bar{x} &= (x_1, x_2, \dots, x_m) \in X \\ \bar{y} &= (y_1, y_2, \dots, y_n) \in Y \end{aligned} \quad (12)$$

$X$ 값은 입력을 나타내고  $Y$ 값은 출력을 나타낸다. 식 (12)는 통신시스템의 최적화를 위한 방법에 대한 구체적인 서술 없이 입력 값의 변화로 인한 시스템의 성능을 쉽게 파악 할 수 있게 해준다 [9].

MODM 과정을 위한 연산방법으로 유전 알고리즘(Genetic Algorithm)을 사용하도록 한다. 기존에 최적화 알고리즘으로 제시된 Hill-Climbing 알고리즘은 편미분을 이용하여 가장 가파른 경사를 알아낼 수 있고, 이를 이용하면 효과적으로 극점을 찾아 낼 수 있지만, 여러 개의 극점 중의 최대 혹은 최소값인

지역적인 극점을 찾는 데 문제가 있었다. 또한, 어느 점에서부터 탐색을 시작할 것인지에 대한 문제가 있어 UWB와 같이 고정되어 있지 않는 대역에 적용하려면 Hill-Climbing 혹은 이와 유사한 방법을 사용하게 되면 많은 연산량이 요구되었다 [2]. 수치해석에 근거한 고정 반복(Fixed-Point Iteration) 알고리즘 또한 최적 값을 구하기 위해 많은 기초 정보를 필요로 하며 고정점이 존재하지 않을 경우 해를 찾을 수 없는 경우가 있어 Hill-Climbing과 병합된 hybrid 알고리즘이 사용되는 실정이다. 이러한 최적화 문제를 해결하기 위한 방법의 하나가 유전 알고리즘이다. 유전 알고리즘을 보통 영역-독립적(domain-independent)인 조합 최적화라고 한다. 이는 출력을 얻을 수 있는 함수가 정의되면 어디에나 적용 가능하다는 의미이다.

## 2. MODM을 위한 유전 알고리즘

유전 알고리즘은 적합도 함수(Genetic Operator)에 따라 최적의 세대를 생성할 때까지 계산을 반복한다. 가장 적합한 부모세대가 자식을 형성하고 적합도 함수인 교차(crossover)와 돌연변이(mutation)에 의해 자식세대들을 생성한다. 교차는 두 부모해의 속성을 부분 복사함으로써 새로운 해를 만든다. 교차로 인해 만들어지는 해의 유전자들은 모두 부모해로부터 물려받은 것으로 좋은 방향으로 결합하는 것은 가능하지만, 부모해에 없는 유전자를 도입하는 힘들다. 이 역할을 하는 것이 변이 연산자이다 [10].

유전 알고리즘은 크게 이진 유전 알고리즘(Binary-coded genetic algorithm)과 십진 유전 알고리즘(Decimal-coded genetic algorithm)으로 나누어 지는데 본 논문에서는 후자를 사용한다. 유전 알고리즘의 적합도 함수는 유전 알고리즘의 기본 연산 구조를 나타낸다. 적합도 함수는 현재 세대에서 존재하는 해를 기초로 새로운 해를 만드는데 사용된다. 위에서 언급했듯이 Operators의 2가지 유형은 교차와 돌연변이이다. 교차는 두 개의 데이터를 취해 두 개의 데이터를 생성한다. 반면 돌연변이는 한 개의

데이터 중 한 요소를 바꿔 하나의 데이터를 생성한다. 두 함수는 시스템의 상황에 맞게 각각 사용된다 [11]. 단순 교차와 단일 돌연변이에 관한 식은 다음과 같다.

$$x'_i = \begin{cases} x_i, & \text{if } i < r \\ y_i, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$y'_i = \begin{cases} y_i, & \text{if } i < r \\ x_i, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

$i$ : 세대수  
 $r$ : 해당세대의 적합도순위

$$x'_i = \begin{cases} U(a_i, b_i), & \text{if } i = j \\ x_i, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

$a_i, b_i$ : 각세대  $i$ 의 상한, 하한경계값  
 $j$ : 랜덤하게선택된 변수  
 $U(a_i, b_i)$ : uniform 랜덤수

### 3. 무선 인지 기술을 적용한 TH-Multiband-UWB 시스템

멀티밴드 펄스의 이점은 간섭 제거 필터를 사용한 방법에 비해 간섭 신호 제거가 용이하다는 것이다. 만약 전파를 송출하면 안 되는 대역이 존재하는 경우, 그 대역에 해당하는 부반송파의 출력을 차단하여 타 시스템에 방해를 주지 않을 수 있다.

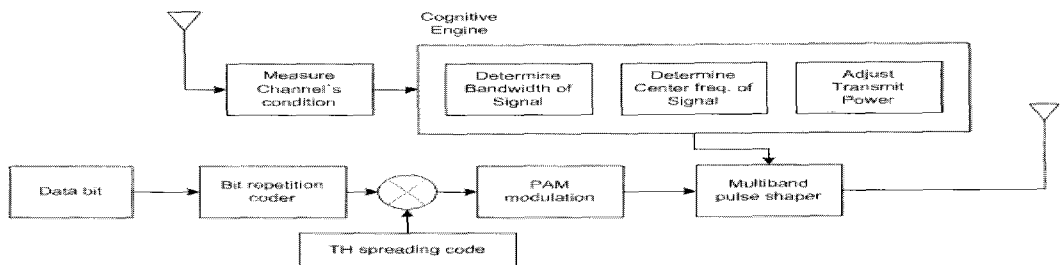
<그림 7>은 무선 인지기술을 적용한 TH-Multiband-UWB 시스템의 송신기를 나타낸다. 아래 <표 2>에 TH-Multiband-UWB 시스템 파라미터를 요약하였다.

<표 2> TH-Multiband-UWB 시스템 파라미터  
 <Table 2> TH-Multiband-UWB system parameters

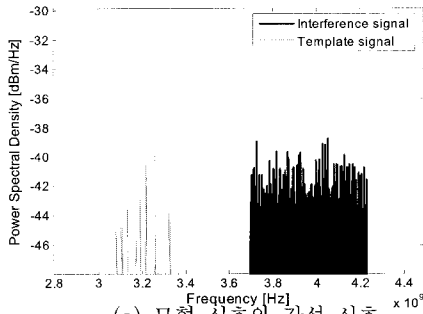
파라미터(Parameters)	값(Value)
데이터를 가지는 부반송파의 수	13
전체 중심 주파수	3.95GHz
펄스 반복 주기	8ns
칩(Chip) 구간	2ns
프레임(Frame) 반복 횟수	4
각 부반송파의 대역폭	250MHz
사용 주파수 대역(Low Band)	3.1~4.8GHz

전파 송출 금지 대역을 찾아내는 방법으로 유전 알고리즘을 적용한 무선 인지 기술을 사용한다. 250MHz의 대역을 갖는 모형(Template) 신호를 Cognitive Engine은 연산 알고리즘인 유전 알고리즘을 사용해서 BER이 가장 높은 주파수 대역을 찾아 그 지점의 전파 송출을 막을 것이다. <그림 8(a)>는 초기 모형 신호를 나타내며, <그림 8(b)>는 모형신호와 간섭 신호를 확인했을 때를 보여준다. 이때 모형 신호의 성능이 간섭 신호에 의해 성능이 저하되기 때문에 간섭 신호의 주파수를 확인할 수 있다.

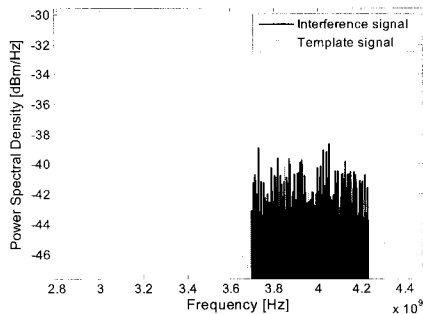
<표 1>의 PHY계층 노브들을 본 논문의 TH-Multiband-UWB 시스템의 노브로 사용했다. 제안할 TH-Multiband-UWB시스템의 BER을 계산하기 위해 유전알고리즘의 연산과정에 사용되는 염색체에 해당하는 변수(Knobs)를  $\{S_i, B_i, C_i\}$ 로 정하고 시스템의 BER에 관해 계산하면 다음과 같다.



<그림 7> 무선 인지기술을 적용한 TH-Multiband-UWB 시스템 송신기  
 < Fig. 7> Transmitter of TH-Multiband-UWB system using Cognitive Radio technique

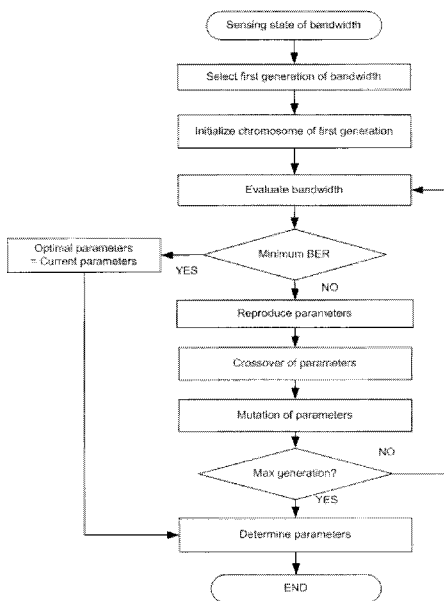


(a) 모형 신호와 간섭 신호



(b) 모형 신호가 간섭 신호를 검출

<그림 8> 모형신호에 의한 간섭 신호 검출  
<Fig. 8> Detection of interference signal by template signal



<그림 9> 유전 알고리즘 순서도  
<Fig. 9> Flow chart for the generic algorithm

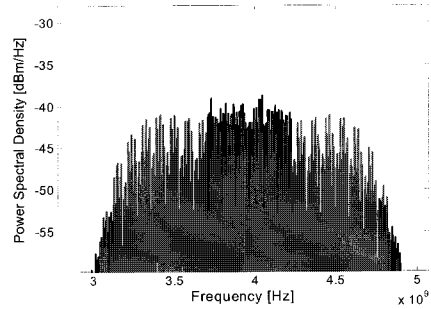
$$BER_{\min} = f_{BER}(S_i, B_i, C_i), 1 \leq i \leq 50 \quad (15)$$

식 (15)에서  $i$ 는 유전 알고리즘의 세대 수(연산횟수)를 의미한다. 그림 9은 Cognitive Engine에 사용되는 유전 알고리즘 연산의 순서도이다.

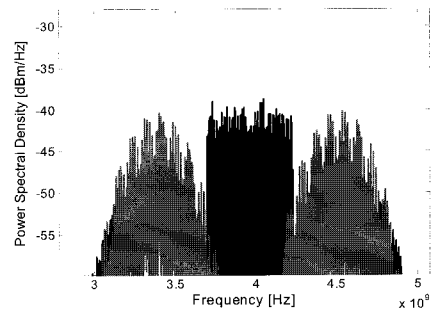
이 연산도에 따르면 BER 성능이 저하되는 변수 값을 가지고 타 통신시스템과 사용 주파수 대역이 겹치는 것을 회피할 수 있다.

#### IV. 모의실험 결과

본 모의실험에서는 TH-Multiband-UWB시스템이 MB-OFDM과의 간섭 상황을 고려한다. MB-OFDM 시스템은 하나의 부반송파가 차지하는 대역폭이 4.125MHz이고, 총 128개의 부반송파가 모여 528MHz



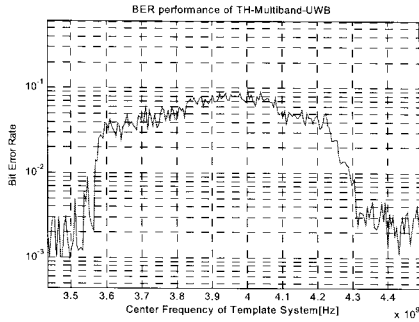
(a) 간섭 대역 발생



(b) 간섭 대역 회피

<그림 10> TH-Multiband-UWB 시스템의 간섭파 회피  
<Fig. 10> Removal of interference wave for the TH-Multiband-UWB system





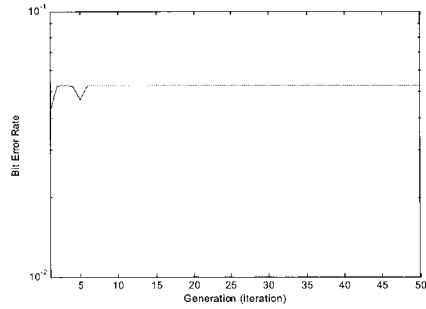
<그림 11> 모형 신호의 이동에 따른 BER  
<Fig. 11> BER due to the template signal

의 대역을 형성한다. 그리고 14개의 528MHz 대역이 3.1~10.6GHz의 대역에 걸쳐 분할되어 있다[12]. 본 도의 실험에서는 <그림 1>에서처럼 3.1~4.8GHz(Low Band) 대역만을 고려했다. MB-OFDM 간섭이 3.696GHz에서 4.224GHz에 존재한다고 가정한다. 채널 환경은 S-V 채널 CM2를 적용하였다.

<그림 10(a)>는 TH-Multiband-UWB 시스템이 MB-OFDM 시스템과 간섭이 존재하는 경우를 보여준다. 제안된 TH-Multiband-UWB 시스템이 널링(Nulling)할 주파수 대역을 찾기 위해서 인지엔진이 250MHz의 대역을 갖는 모형 신호의 주파수를 변화시켜가며 시스템의 BER 성능이 저하되는 주파수 대역을 찾는다. <그림 11>은 파악된 간섭 상황으로 BER이 낮아진 부분에 간섭 신호가 존재함을 보여준다. 파악된 간섭 상황에서 유전 알고리즘 연산과정을 수행하여 제거해야 할 최적의 주파수대역을 결정 후 신호를 전송한다. <그림 10(b)>는 간섭이 제거된 상태이다.

<그림 12>는 시스템이 간섭으로 성능이 저하가 일어나는 주파수 대역을 찾기 위해 무선 인지 기술의 유전 알고리즘을 통해 6번의 연산으로 제거할 최적의 주파수를 찾아냈음을 보여준다.

<표 3>은 유전 알고리즘으로 얻은 연산결과이다. 유전 알고리즘은 초기화된 값을 가지고 연산을 수행하기 때문에 초기값으로 간섭대역의 근사값을 얻어, 최적값을 얻을 수 있다. 6세대 이후의 연산결과를 갖기 때문에 생략했다.



<그림 12> 유전 알고리즘 세대수(연산횟수)에 따른 BER

<Fig. 12> BER for the number of calculation of the generic algorithm

<표 3> 유전 알고리즘의 연산결과  
<Table 3> Results for the generic algorithm

세대수 (i)	모형신호 중심주파수 [MHz]	모형신호 대역폭 [MHz]	BER
1	4303.2	250	0.042795
2	3860.8	250	0.052762
3	3707.2	250	0.052741
4	3880.8	250	0.052793
5	4144.8	250	0.046765
6	3933.6	250	0.052815

이러한 실험을 통해 간섭 상황에서 보다 나은 성능을 얻을 수 있었으며, 간섭이 제거된 후에도 시스템이 950MHz (>500MHz)의 대역을 사용함으로써 UWB의 정의에 부합함을 알 수 있었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 TH-UWB시스템이 국내 UWB 스펙트럼 규정 및 다른 UWB 시스템과 주파수를 공유하기 위하여, 다중대역 펄스를 적용한 TH-Multiband-UWB 사용하여 효과적으로 간섭상황을 제거하였다. <그림 10(a)>와 같은 간섭 상황에서 유전 알고리즘을 사용한 인지 엔진이 간섭 신호로 간주해야 할 최적의 주파수를 6번의 연산을 수행함으로써 찾아냈다. 기존

의 Hill-Climbing으로 3200MHz~4700MHz까지 2.5MHz씩 순차적으로 주파수를 변화시켜 찾았다면 최적의 값을 찾는데 최소 600회 이상의 연산을 필요로 한다. 그러나 유전 알고리즘을 사용할 경우에는 랜덤하게 생성된 초기 값을 기초로 최적의 값을 빠르게 찾아가기 때문에, 순차적으로 찾아가는 방법보다 획기적으로 빠르게 간섭대역을 찾을 수 있음을 확인하였다. 본 논문은 이와 같은 결과를 통해 현재 많은 문제를 야기하고 있는 간섭문제를 해결할 수 있는 한 방식으로 다중밴드(Multiband) 및 유전 알고리즘 기반 무선 인지 기술을 이용가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

### 참고문헌

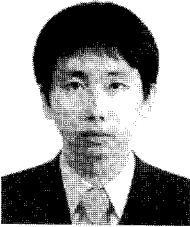
- [1] 차재상 , 이일규 , 송홍종 , 곽진교 , 곽경섭, "CR-UWB 무선전송 기술의 배경 및 기술 개요," *한국방송공학회 학회지*, 제11권, 제1호, pp. 28-39, 2006. 3.
- [2] 한학용, *패턴인식 개론*, 한빛미디어, 2006.
- [3] 윤두영, "UWB 기술 개요 및 주파수 정책 동향," *정보통신정책*, 제18권, 제13호, 2006. 7.
- [4] M. Gabriella, D. Benedetto, and G. Giancola, *Understanding Ultra Wideband Radio Fundamentals*, Prentice Hall, New Jersey, 2004.
- [5] J. G. Proakis, *Digital Communications*, 4th ed., McGraw Hill, New York, 2001.
- [6] M. Ghavami, L. B. Michael, and R. Kohno, *Ultra Wideband Signals and Systems in Communication Engineering*, 2nd ed., Wiley, West Sussex, 2007.
- [7] K. Ohno, T. Ikebe, and T. Ikegami, "A proposal for an interference mitigation technique facilitating the coexistence of bi-phase uwb and other wideband systems," *Proc. IEEE IWUWBS UWQBST*, pp. 50-54, May 2004.
- [8] Fette, *Cognitive Radio Technology*, Newnes, 2006.
- [9] T. W. Rondeau, C. J. Rieser, B. Le, and C. W. Bostian, "Cognitive radios with genetic algorithms: Intelligent control of software defined radios," *Proc. SDR Forum Technical Conf.*, pp. C-3 - C-8, Nov. 2004.
- [10] 문병로, *유전 알고리즘*, 다성출판사, 2001.
- [11] C. R. Houck, "A genetic algorithm for function optimization: a matlab implementation," *Gaot ver.5*, <http://www.ise.ncsu.edu/mirage/GAToolBox/gaot/>, 1996.
- [12] A. Batra and J. Balakrishnan, "Design of a multiband OFDM system for realistic UWB channel environments," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 52, no. 9, pp. 2132-2138, Sept. 2004.

저자소개



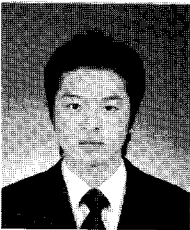
**장 홍 모(Chang, Hong Mo)**

2003년 2월 : 명지대학교 전자 정보통신 공학부 (전자공학전공)학사 졸업  
2006년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 석사과정



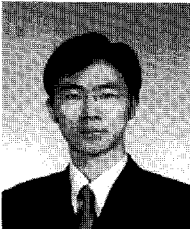
**김 태 훈(Kim, Tae Hun)**

2006년 2월 : 인하대학교 전자 전기 컴퓨터 공학부 (전기공학전공)학사 졸업  
2006년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 석사과정



**김 동 희(Kim, Dong Hee)**

2006년 2월 : 경원대학교 전기 전자 공학부(전자공학전공)학사 졸업  
2006년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 석사과정



**박 호 환(Park, Ho Hwan)**

2004년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사 졸업.  
2006년 2월 : 인하대학교 정보통신대학원 석사 졸업.  
2006년 2월~현재 : 벨웨이브 연구원



**곽 경 섭(Kwak, Kyung Sub)**

1977년 2월 : 인하대학교 전기공학과 학사 졸업  
1981년 12월 : 미국 USC 전기공학과 석사 졸업  
1988년 2월 : 미국 UCSD 통신 이론 및 시스템 박사  
1988년 2월~1989년 2월 : 미국 Hughes Network Systems 연구원  
1989년 2월~1990년 3월 : 미국 IBM Network Analysis Center 연구원  
2000년 3월~2002년 2월 : 인하대학교 정보통신대학원 원장  
2006년 1월~2006년 12월 : 한국통신학회 회장  
2000년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신대학원 교수  
2003년 8월~현재 : 인하대학교 초광대역 무선통신 연구센터(UWB-ITRC) 센터장