

# 무선 인지 기술(Cognitive Radio using ITMA)을 이용한 국내 환경에 적합한 MB-OFDM UWB 시스템

준희원 김태훈\*, 김동희\*, 장홍모\*, 남상균\*\*, 종신회원 곽경섭\*\*\*

## Cognitive Radio Using ITMA for MB-OFDM UWB System of Korea

Tae Hun Kim\*, Dong Hee Kim\*, Hong Mo Jang\*, Sang Kyun Nam\*\* *Associate Members*  
Kyung sup Kwak\*\*\* *Lifelong Member*

### 요약

본 논문에서는 MB-OFDM UWB 시스템의 간섭 회피 기술로서 무선 인지 기술(Cognitive Radio)을 사용하였다. 간섭 신호를 측정하기 위한 방안으로 FCC에서 제안한 무선 인지 기술의 간섭 온도 모델(Interference Temperature Model) 사용한다. 간섭 온도 측정을 통하여 MB-OFDM UWB 시스템의 채널 용량(Channel Capacity)를 계산한 후 간섭 상황을 해결하는 방안을 제시한다. 계산 과정에 해당하는 인지 엔진(Cognitive Engine)의 연산 알고리즘으로 사용될 유전 알고리즘을 사용하였다. 본 논문에서 제안한 국내 환경에 적합한 무선 인지 기술(Cognitive Radio using Interference Temperature Model Access)을 이용한 MB-OFDM UWB 시스템은 현재 문제가 될 수 있는 UWB 통신 시스템의 간섭문제를 해결하는데 좋은 성능을 보여주고 있는 것을 확인하였다.

**Key Words** : Cognitive Radio, ITMA, MB-OFDM, UWB, Genetic Algorithm

### ABSTRACT

In this paper, we propose a solution on interference problem of MB-OFDM UWB system using cognitive radio. We use interference temperature model of cognitive radio that has proposed by FCC for estimating interference signal. Calculating channel capacity of MB-OFDM UWB system with interference temperature, we suggest how to solve interference problem. We have used genetic algorithm in cognitive engine's calculation process. The proposed MB-OFDM UWB System with cognitive radio shows very efficient in solving interference problem.

### I. 서론

IEEE 802.15.3a 표준은 2006년 1월 밴쿠버(Vancouver)회의에서 TG3a 해체로 끝나게 되었다. 따라

서 MB-OFDM 방식의 UWB 기술은 WiMedia Alliance중심으로, DS-UWB 기술은 모토로라(Motorola) 중심으로 시장 선점을 위한 기술력 경쟁으로 발전될 전망이다. 우리나라의 UWB 주파수 분배

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학IT연구센터 지원 사업(IITA-2006-C1090-0603-0019)의 연구결과로 수행되었음.

※ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-10266-0)지원으로 수행되었음

\* 인하대학교 정보통신대학원 통신공학연구실 (tata32@paran.com, fortune0603@hanmail.net, daihyub0701@nate.com)

\*\* 인하대학교 일반대학원 정보통신공학과 통신공학연구실 (lionheart.mx@gmail.com)

\*\*\* 인하대학교 정보통신대학원 (kskwak@inha.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-08-353, 접수일자 : 2007년 8월 7일, 최종논문접수일자 : 2007년 10월 9일

방안의 주요 내용을 살펴보면 주파수대는 3.1~4.8GHz 대역(저주파수대), 7.2~10.2GHz 대역(고주파수대) 2개 대역으로 정하였으며, 저주파수대에서는 기존 이용 주파수 및 차세대 이동통신 주파수와 의 간섭을 고려, 간섭회피기술인 DAA(Detect & Avoid)를 적용한 UWB 시스템만이 사용 가능하도록 하였다. 다만, 저주파수대에서의 간섭회피기술인 DAA기술의 적용은 차세대 이동통신용 주파수 결정과 이의 표준화 시기 등을 감안하여 4.2~4.8GHz(600MHz 대역폭)에서는 DAA 기술 적용을 2010년 6월까지 유예하기로 결정되었다.<sup>[1]</sup>

Underlay 방식인 UWB 시스템은 할당된 주파수 대역에서 -41.3dBm/MHz의 낮은 출력으로 전파를 송출함으로써, 간섭 없이 여러 사용자와 공유해서 주파수를 사용한다. 하지만, PAN(Personal Area Networks)에 해당하는 장비들, 예를 들어 컴퓨터, PDA, 핸드폰, WiFi 등의 장비는 같은 공간 안에 존재할 가능성이 크다. 다수의 UWB 시스템이 같은 공간에 존재할 경우 방사제한을 따르는 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.

따라서 주파수자원을 효율적으로 이용하기 위한 방안으로, Overlay 방식인 무선 인지 기술(Cognitive radio)을 UWB 시스템에 적용하는 방안이 대두되고 있다. 무선 장비들 간의 혼잡을 덜어주기 위해, FCC는 정적인 주파수 분배보다, 동적으로 주파수를 분배하는 Cognitive Radio를 허가했다.

FCC에서 제안한 모델에서는 먼저 사용자에게 의해 주파수 대역이 사용되면, 비 면허권자는 그 주파수 대역을 사용할 수 없다. 이러한 단순한 논리는 간섭의 양과 한계를 정함으로써 비 면허권자와 면허권자간의 공존을 가능하게 한다. 무선 통신 시스템간의 간섭을 측정하기 위한 방안으로 FCC는 ITM(Interference Temperature Model)을 제안하였다.<sup>[11]</sup>

본 논문에서는 UWB 통신 시스템간의 간섭을 해결하기 위해, ITMA(Interference temperature Model Access)를 이용한 무선 인지 기술을 적용하여 한국의 UWB 주파수 분배 정책을 충족하는 MB-OFDM UWB 시스템을 설계한다. 무선 인지 기술의 핵심이라 할 수 있는 인지 엔진(Cognitive Engine)의 연산 알고리즘으로 기존의 Hill-Climbing 알고리즘, 고정점 반복(Fixed-Point Iteration) 알고리즘 대신 유전

알고리즘을 사용하여 설계하고 시스템의 성능을 평가한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다.

2장에서는 간섭 온도 모델(Interference Temperature Model)을 분석하고, 인지 엔진의 연산 알고리즘으로 사용될 유전 알고리즘을 소개한다. 3장에서는 무선 인지 기술을 MB-OFDM UWB 시스템에 적용하고 4장에서는 시스템의 성능에 대한 평가를 하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. 무선 인지 기술(Cognitive Radio)

### 2.1 간섭 온도 모델 (Interference Temperature Model)

간섭 온도 개념은 노이즈(Noise) 온도 개념과 동일하다. 이는 간섭 신호가 차지하는 전력과 대역폭의 측정으로 얻어진다. 간섭 온도  $T_I$ 는 Kelvin온도로 나타내지며 다음과 같다.

$$T_I(f_c, B) = \frac{P_I(f_c, B)}{kB} \quad (1)$$

- $P_I$ : 간섭 신호의 평균 전력[W]
- $f_c$ : 간섭신호의 중심 주파수[Hz]
- $B$ : 간섭신호의 대역폭[Hz]
- $k$ : 볼츠만 상수( $1.38 \times 10^{-23}$ [J/K])

간섭 신호와 노이즈 신호는 분명히 다르다. 간섭은 데이터를 가지고 대역폭이 정해져 있지만, 노이즈는 그렇지 않다. 현재까지 제안된 모델로서, 간섭 신호와 노이즈 신호를 구분하는 이상적 모델과 구분하지 않는 일반화된 모델이 있다. 이를 그림 1에 나타냈다.<sup>[12]</sup> 잡음 신호와 노이즈 신호를 구별하는 일은 무선 인지 기술이 면허 사용자를 보호하기 위해 사용될 때 유용하다 할 것이다. 왜냐하면 비 면허 사용자는 간섭 신호가 노이즈 신호이면 신호 전력을 높여서 시스템의 성능을 높일 수 있지만 간섭 신호가 면허 사용자의 신호일 경우에는 다른 주파수 대역을 사용해야 하기 때문이다. 본 논문과 같이 무선 인지 기술을 UWB 시스템에 적용하는 경우는 일반화된 모델을 사용하는 것이 적합하다. 그 이유는 현재 국내 UWB 주파수 대역 분배 방안에 따라 주파수 대역 내에 UWB 사용자만이 존재하기 때문에, 비 면허권자인 UWB 사용자간의 간섭회피만이 중요한 사항이기 때문이다.

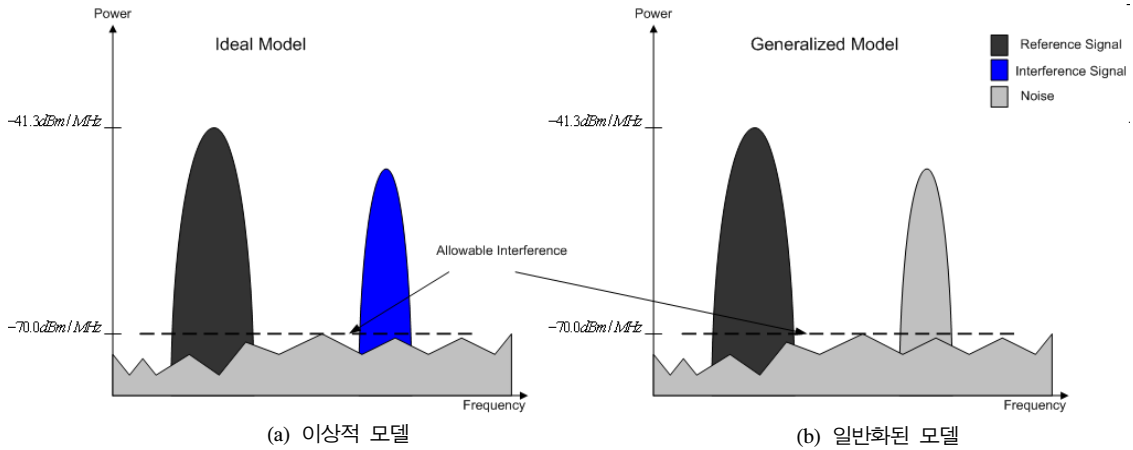


그림 1. 이상적 모델과 일반화된 모델

2.2 채널 용량 계산

간섭원이 UWB 신호이기 때문에, 간섭 신호는 UWB 주파수 대역에서 측정된다. 간섭온도는 중심 주파수  $f_c$ 와 대역폭  $B$ 를 가지는 간섭 신호의 전력 스펙트럼  $S(f)$ 를 가지고 계산한다.

$$T_I(f_c, B) = \frac{1}{B^2 k} \int_0^B S(f) df \quad (2)$$

새턴-해틀리의 채널 용량 이론<sup>[10]</sup>에 따라 시스템의 채널 용량은 다음 식으로 계산한다.

$$C(f_c, B) = B \log_2 \left( 1 + \frac{L(T_R(f_c) - T_I(f_c, B))}{MT_I(f_c, B)} \right) \quad (3)$$

$L, M$ : 경로 손실 상수 ( $0 < L, M < 1$ )  
 $T_R$ : 사용자 신호 온도  
 $T_I$ : 간섭 신호 온도

2.3 인지 엔진(Cognitive Engine)

무선 인지 기술의 핵심은 인지 엔진이다. 인지 엔진은 시스템의 성능을 평가하여 정보를 수집하여 통신 시스템이 다른 통신 시스템과 간섭을 일으키지 않도록 하는데 도움을 준다. 무선 통신 시스템에서 제어 가능한 변수들은 노브(Knobs)라고 하고 관측 가능한 변수들을 메터(Meter)라고 한다.<sup>[2]</sup> 노브의 조정은 네트워크 성능을 향상시키는데 도움을 준다. 본 논문에서는 통신 시스템의 채널 용량을 최대화 하는 과정을 통해 UWB 시스템간의 간섭을

최소화 한다. 표1에 통신 시스템의 최적화 과정에서 사용될 메터와 노브를 나타냈다.

표 1. PHY계층의 메터와 노브

계층	메터(Meters) (관측가능변수)	노브(Knobs) (제어가능변수)
PHY	BER SINR C	Transmitter Power Modulation Type Modulation index Symbol rate Carrier frequency

MODM (Multi-Objective Decision-Making)은 함수의 최적화를 위한 변수를 선택하는 수학적 방법이다. MODM식은 다음과 같다.<sup>[3]</sup>

$$\begin{aligned} \min/\max \{ \bar{y} \} &= f(\bar{x}) = [f_1(\bar{x}), f_2(\bar{x}), \dots, f_{i_{\max}}(\bar{x})] \\ \text{subject : } &\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_{i_{\max}}) \in X \\ &\bar{y} = (y_1, y_2, \dots, y_{i_{\max}}) \in Y \end{aligned} \quad (4)$$

$X$ 값은 시스템의 입력(노브)을 나타내고  $Y$ 값은 시스템의 출력(메터)을 나타낸다.  $i$ 는 유전 알고리즘의 세대수(연산횟수)를 나타낸다. 통신 시스템의 최적화는 가장 기본적인 문제이다. 최적화 알고리즘으로 제안된 방법으로는 Hill Climbing 알고리즘, 고정점 반복(Fixed-Point Iteration) 알고리즘이 있다.<sup>[4]</sup>

고정점 반복 알고리즘이 Hill Climbing 알고리즘보다 효율적이나, 고정점 반복 알고리즘은 최적 해를

찾지 못하는 경우가 종종 있어 Hill Climbing 알고리즘과 병행되어 사용되어야 하는 경우가 있다. MB-OFDM UWB 시스템에 인지 엔진의 연산 알고리즘으로 Hill-Climbing 알고리즘을 적용하는 경우, Hill-Climbing 알고리즘은 편미분을 이용하여 효과적으로 함수의 극점을 찾을 수 있으나, 찾은 극점이 전역 적으로 적용 가능한 최대 혹은 최소 값 인지 알 수 없다. 또한 UWB 주파수 대역의 채널은 고정되어 있는 함수가 아니므로 편미분을 이용하는 Hill-Climbing 알고리즘을 사용하여 신뢰성 있는 결과를 얻기 위해서는 전 UWB 주파수 대역의 채널 용량에 대한 데이터가 필요하다. 채널용량에 대한 신뢰성 있는 데이터를 얻기 위해 송신신호의 중심 주파수를 3432Mhz에서 4488Mhz 까지 5.28Mhz씩 변화시켜가며 채널용량을 계산하는 경우 기본적으로 필요한 연산횟수만 200회이다.<sup>[14]</sup>

연산 량이 많은 함수의 최적화 문제를 해결하기 위해 제시된 방법 중 하나가 유전 알고리즘(Genetic Algorithm)이다. 유전 알고리즘은 출력을 얻을 수 있는 함수가 정의되면 어디에나 적용 가능하다.

유전 알고리즘은 주어진 함수에 대한 모든 가능한 해의 탐색 공간에서 컴퓨터가 생성한 개체들의 집합인 개체군으로 시작된다. 그리고 개체가 속한 환경에 얼마나 잘 맞는가를 측정하는 목적 함수를 이용하여 최적의 개체를 선택하고 좀 더 나은 개체로 진화되는 과정을 반복함으로써 결국 최적 해에 도달하도록 한다.

유전 알고리즘은 크게 이진 유전 알고리즘(Binary-coded genetic algorithm)과 십진 유전 알고리즘(Decimal-coded genetic algorithm)으로 크게 나누어진다. 본 논문에서 사용할 십진 유전 알고리즘

의 교차(Crossover)연산 식은 다음과 같다.<sup>[5]</sup>

$$\begin{aligned} X_{offspring} &= rX_{parent} + (1-r)Y_{parent} \\ Y_{offspring} &= (1-r)X_{parent} + rY_{parent} \end{aligned} \quad (5)$$

r: 랜덤 수 (0 < r < 1)

교차는 두 부모 해의 속성을 부분 복사함으로써 새로운 해를 만든다. 따라서 교차로 인해 만들어지는 해의 유전자들은 모두 부모 해로부터 물려받은 것이다. 부모 해가 없이 새로운 값을 생성하는 것이 돌연변이(Mutation) 연산자이다. 돌연변이 연산 식은 다음과 같다.

$$X_{offspring} = \begin{cases} X_{parent} + (b_i - X_{parent})f(i), & r_1 < 0.5 \\ X_{parent} - (X_{parent} + a_i)f(i), & r_1 \geq 0.5 \end{cases}$$

$$f(i) = (r_2(1 - \frac{i}{i_{max}}))^b$$

$r_1, r_2$ : 랜덤 수 ( $0 < r_1, r_2 < 1$ )  
 $i$ : 현재 세대수  
 $i_{max}$ : 최대 세대수  
 $a_i, b_i$ : 변이율 조정 변수

(6)

십진 유전 알고리즘의 교차와 돌연변이에 대한 연산과정을 그림 2에 나타냈다.

### III. 무선 인지 기술(Cognitive Radio)을 적용한 국내 환경에 적합한 MB-OFDM UWB 시스템 설계

3.1 간섭 온도를 이용한 무선 .인지 기술 적용 MB-OFDM UWB 시스템은 128개의 부 반송파로 이루어져 있기 때문에, 만약 전파를 송출하면 안

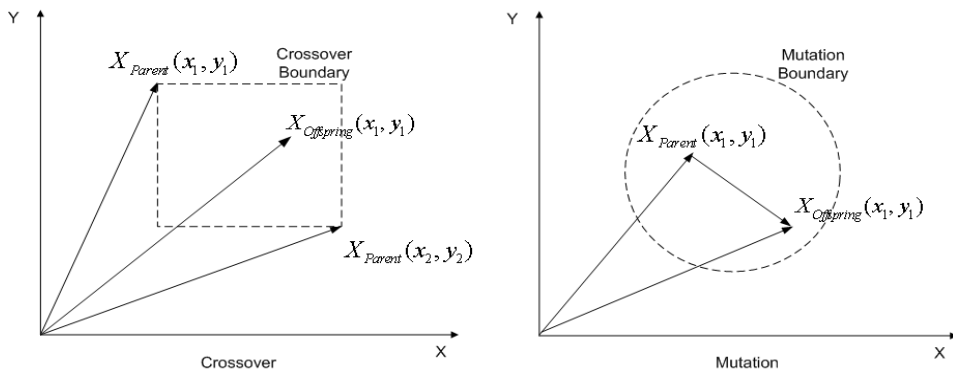


그림 2. 유전 알고리즘의 교차와 돌연변이 연산과정

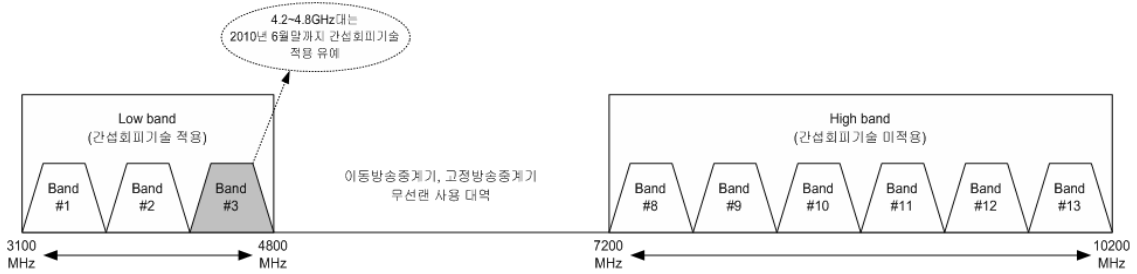


그림 3. 국내 UWB 통신 주파수 분배

되는 대역이 존재하는 경우, 그 대역에 해당하는 부 반송파의 출력을 차단하고 타 시스템에 방해를 주지 않을 수 있다. 타 시스템의 사용 대역을 피하기 위해 사용 주파수 대역에 노치(Notch)를 발생시키는 것이다. 주파수 영역에서 노치를 발생시키는 가장 일반적인 기법이 송출 금지 대역과 중첩되는 부 반송파를 제거(Zero out)시키는 것이다. 이 기법의 장점은 송신기의 복잡도를 증가시키지 않는다.<sup>[6]</sup>

정보통신부는 u-홈 시대의 무선 네트워크로 각광 받고 있는 근거리 초 광대역 무선통신인 UWB(Ultra Wide Band) 주파수 분배 안을 마련하였다.<sup>[1]</sup> 공청회에서 제안한 국내 UWB 통신 주파수 분배를 MB-OFDM UWB 시스템에 맞게 수정하여 그림 3에 나타냈다.

각 주파수 대역은 약 528MHz의 대역폭을 가진다. 전파 송출 금지 대역을 찾아내는 방법으로 간섭 온도를 이용한 무선 인지 기술을 적용한다. 인지 엔진의 연산과정에 유전 알고리즘을 사용한다. 간섭 온도가 가장 높은 주파수 대역을 찾아 그 지점의 전파 송출을 막거나 TFI(Time Frequency Interleaving) 패턴을 다시 설정할 것이다. 표2에 MB-OFDM UWB시스템 PHY계층에서 노브로 사용할 변수를 나타냈다.

제안한 MB-OFDM UWB시스템 송신기의 채널 용량을 계산하기 위해 유전알고리즘의 연산과정에 사용되는 염색체에 해당하는 변수(노브)를  $P_R, B_R,$

표 2. PHY계층에서 사용할 노브

기호	의미
$P_R$	사용자 신호의 전력
$B_R$	사용자 신호의 대역폭
$T_R$	사용자 신호의 온도
$f_R$	사용자 신호 반송파의 중심 주파수
$b$	유전 알고리즘 변이율 조정 변수

$f_R$ 로 정하고 시스템의 채널용량에 관한 식을 유도한다. 식 (2)에서  $P = \frac{1}{B} \int_0^B S(f)df$ 이므로 사용자 신호의 온도는 아래 식과 같이 설명한다.

$$T_R(f_R, B_R) = \frac{1}{B_R^k} P_R \quad (7)$$

MB-OFDM UWB 시스템의 채널 용량 함수는 (3)식으로부터 다음 식과 같다.

$$C(T_R, f_R, B_R) = B \log_2 \left( 1 + \frac{L(T_R(f_R, B_R) - T_I(f_C, B))}{MT_I(f_C, B)} \right) \quad (8)$$

제안한 MB-OFDM UWB시스템의 최적의 채널 용량을 계산하기 위해 (8)식을 이용하여 유전알고리즘 연산과정에 사용되는 될 식을 표현하면 다음과 같다.

$$C_{\max} = C^i(T_R^i, f_R^i, B_R^i) \quad 1 \leq i \leq 50 \quad (9)$$

식 (9)에서  $i$ 는 세대 수를 의미한다. 채널 용량이 최대가 되는  $T_R^i, B_R^i, f_R^i$ 의 값을 가지고 타 통신 시스템과 사용 주파수 대역이 겹치는 것을 회피할 수 있다. 그림 4는 인지 엔진에 사용되는 유전 알고리즘 연산의 순서도이다.

그림 5는 제안한 MB-OFDM UWB 시스템의 블록도를 나타낸 것이다. 제안한 시스템에서는 무선 인지 기술을 이용하여 간섭 온도를 측정한다.

인지 엔진이 간섭온도에 따라 사용자 시스템의 대역폭과 전송 전력, TFI코드에 따른 사용 주파수 대역 재설정을 결정하여 신호의 전송을 제어한다.

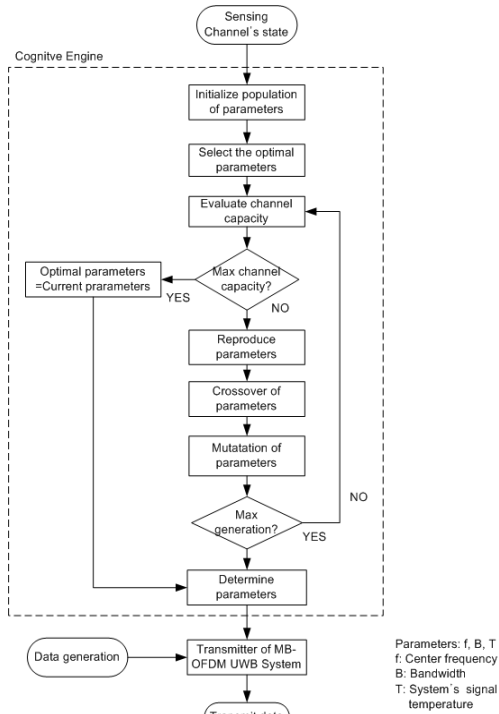


그림 4. 유전 알고리즘 연산 순서도

체로 끝나게 되었으므로 해당 대역 내에 존재할 UWB 신호는 DS-SS UWB신호와 MB-OFDM UWB 신호가 될 것이다.

사용자의 송신단에서 측정된 간섭 신호의 대역폭에 따라 간섭 회피 기술을 적용한다. 간섭 신호를 찾아내기 위해 주기적으로 시험(test) 신호를 사용한다. MB-OFDM UWB시스템의 1개의 부반송파의 대역폭이 4.125MHz이므로, 10개의 부반송파의 대역폭은 41.25MHz가 된다. 사용하지 못하는 부반송파가 10개가 넘으면, 시스템의 데이터율이 많이 낮아지므로, 인지 엔진은 간섭 신호의 대역폭이 41.25MHz를 넘지 않는 경우에는 nulling기법을 사용하고, 41.25MHz를 넘는 경우에는 TFI코드를 재설정함으로써 간섭 신호를 회피하는 방법을 쓸 것이다.

인지 엔진은 요구되는 데이터율을 얻을 수 있는 경우 가능한 최소의 신호 전력을 사용하도록 시스템을 제어할 것이다. 이러한 과정은 실시간으로 이루어져야 하기 때문에 상위계층 프로토콜(Protocol)의 복잡도를 높일 수 있다. 하지만, UWB 시스템 사용자 간의 간섭을 피하기 위해서 UWB시스템에는 간섭 회피 기술이 적용되어야만 한다.

다른 사용자의 수신단의 위치가 정해져 있는 것이 아니기 때문에, 다른 사용자의 수신단이 아닌 사용자의 송신단에서 간섭도 측정이 이루어지는 것으로 한다.

그림 3에 나와 있는 국내 UWB 주파수 분배안에 따르면 대역 내에 존재하는 간섭 신호는 UWB 신호이기 때문에 굳이 FCC에서 제안한 Cognitive Radio기술처럼 먼 사용자들을 완벽하게 보호해야 할 필요는 없다. IEEE 802.15.3a 표준은 TG3a 해

#### IV. 모의실험 결과

##### 4.1 모의실험 환경

MB-OFDM UWB 시스템의 데이터율은 110Mbps로 하고 채널 환경은 S-V 채널 CM2로 선택하도록 한다. 그리고 주파수 영역 확산(frequency spreading)은 사용하고<sup>[7]</sup> 시간 영역 확산(time spreading)은 사용하지 않았다. 표 3에 모의실험 환경을 나타내었다.

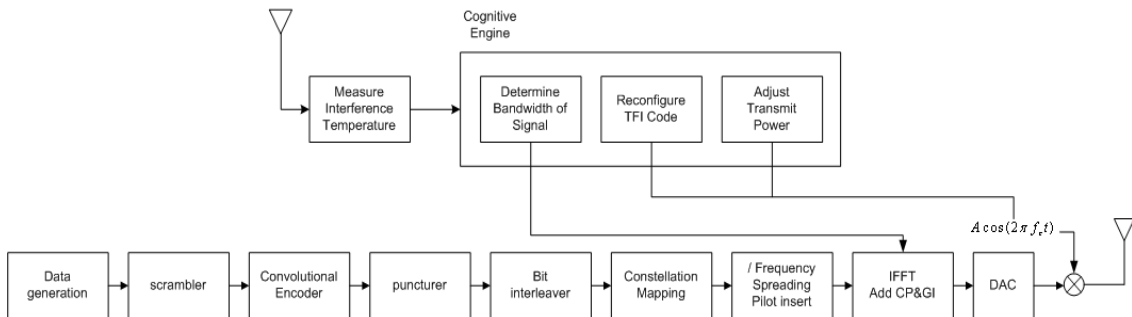


그림 5. 제안한 MB-OFDM UWB시스템의 송신기 블록도

표 3. 모의실험 환경

데이터 율(Data rate)	110[Mbps]
부호율(Coding rate)	11/32
주파수 영역 확산	사용
신호 전력	120[mW]
신호의 최대 대역폭	528[MHz]
채널 모델	S-V 채널(CM 2)

4.2 모의실험 환경에서의 신호 간섭 상황

4.2.1 간섭 신호의 대역폭이 41.25MHz보다 높은 경우  
 UWB 신호 간에 간섭이 있는 경우를 그림 6에 나타내었다. 그림 6(a)의  $f_1$ 은 3432Mhz,  $f_2$ 는 3960Mhz,  $f_3$ 는 4488Mhz를 나타낸다. 사용자의

UWB 시스템은 {1, 2, 3}의 TFI 코드를 갖는다. 따라서 그림 6(a)의  $A_2$ 에 해당하는 데이터는 간섭 신호와 충돌이 발생할 수밖에 없다. 간섭신호의 대역폭이 528MHz인 경우이므로 TFI 코드를 재설정 할 필요가 있다. 인지 기술이 간섭 온도를 측정하여 현 간섭 상황에 알맞은 TFI 코드를 재설정 한다. 이를 나타낸 것이 그림 6(c)와 (d)이다. 무선 인지 기술에 따라 재설정된 TFI 코드는 {1, 3, 3}이다.

그림 7은 인지엔진에 의해 수행된 유전 알고리즘의 연산에 따른 채널 용량을 나타낸 것이다. 인지 엔진은 최대의 채널 용량을 가지는 대역을 찾도록 연산을 수행했다. 그림 7의 결과를 보면, 유전 알고리즘은 전역적인 초기 값을 가지고 연산을 수행하기 때문에 최적 값을 찾는 연산횟수가 다른 알고리즘보다 적은 것을 쉽게 알 수 있다. 표 4에는 유전

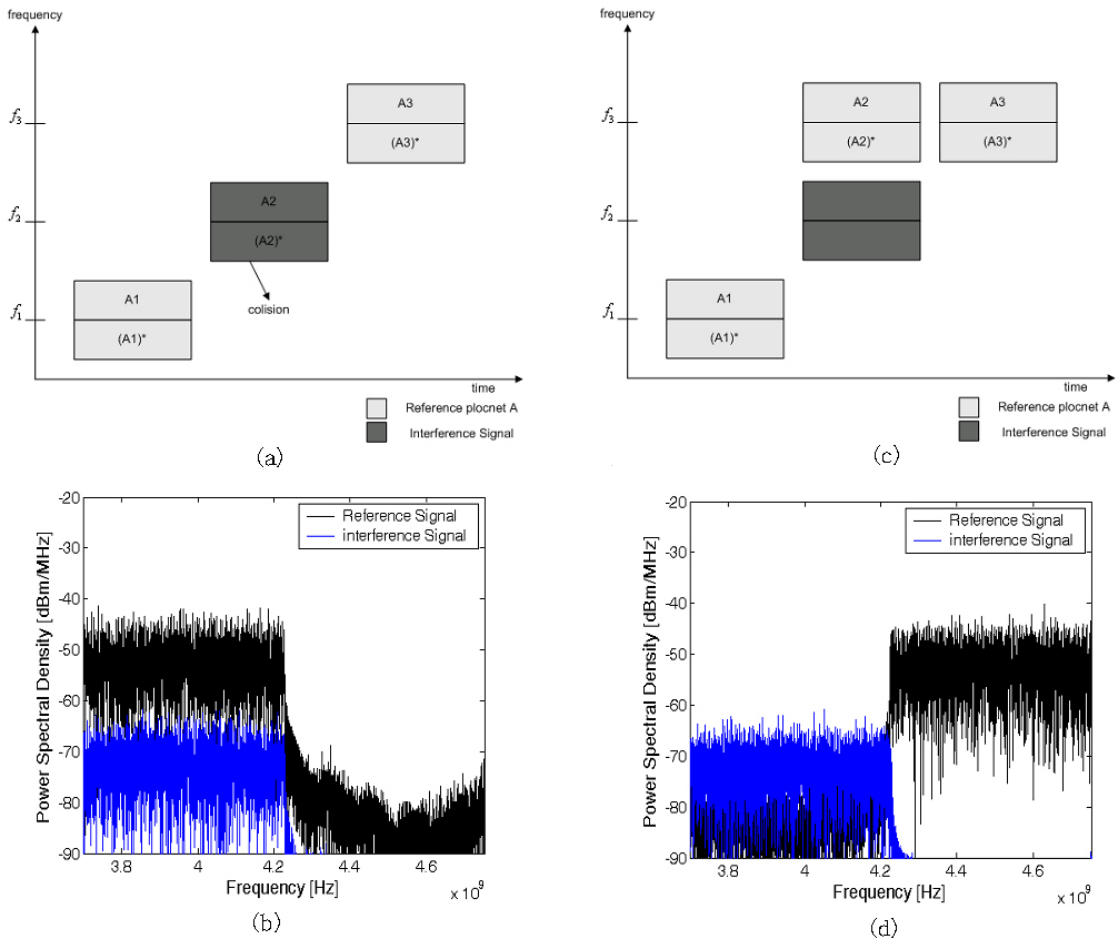


그림 6. UWB 신호간의 간섭상황 및 간섭회피

표 4. 유전 알고리즘에 의한 연산결과

세대수 ( <i>i</i> )	중심주파수 [MHz]	대역폭 [MHz]	사용자신호 온도[K]	간섭신호 온도[K]	채널용량 [Mbps]	BER
1	4003.6	475.2	349.86	291.860	337.43	0.01124
2	4032.8	528	349.86	242.37	351.59	0.00874
3	4003.6	501.6	349.86	141.99	392.32	0.009
4	4295.8	528	349.86	95.545	422.5	0.00204
5	4471.1	501.6	349.86	91.847	425.5	0.00002

알고리즘의 연산 과정에 쓰이는 노브와 메터를 나타냈다. 5세대부터는 결과 값이 같기 때문에 1세대부터 5세대까지만 나타냈다.

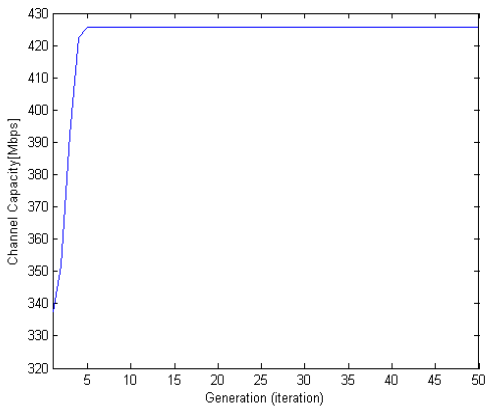
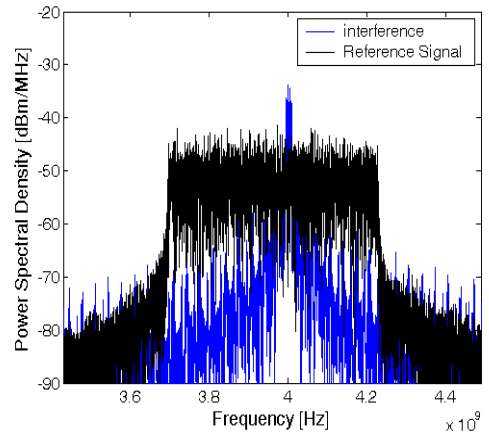


그림 7. 유전 알고리즘 연산의 세대수(연산횟수)에 따른 Channel capacity

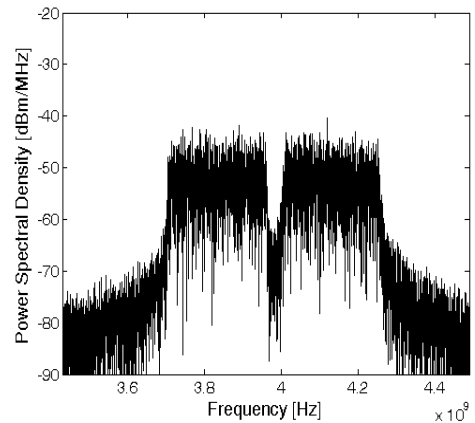
4.2.2 간섭 신호의 대역폭이 41.25MHz보다 낮은 경우 40MHz에 대역폭을 가지는 간섭 신호가 존재하는 경우를 그림 8(a)에 나타냈다. 무선 인지 기술에 의한 유전 알고리즘 연산과정을 수행한 후 얻어진 결과가 그림 8(b)이다.

널링(nulling)할 주파수 대역을 찾기 위해서 10개의 부반송파로 구성된 시험 신호를 사용하여 간섭 온도가 가장 높아지는 주파수 대역을 찾는다. 1개의 부반송파의 대역폭이 4.125 MHz이므로, 10개의 부반송파의 대역폭은 41.25 MHz가 된다.

그림 8(a)와 같은 간섭 발생상황이 발생한 경우 인지엔진이 10개의 부반송파로 구성된 신호를 사용하여 사용 주파수 대역의 간섭상황을 파악한 후, 무선 인지 기술을 사용하여 비워두어야 할 주파수대역을 결정한 후 신호를 전송한다. 이를 나타낸 그림이 그림 8(b)이다.



(a) 간섭과 존재



(b) 간섭과 회피

그림 8. 간섭회피를 위한 널링(nulling)

그림 9는 시스템의 채널 용량이 가장 높은 주파수 대역을 찾기 위해, 무선 인지 기술에 의한 유전 알고리즘이 연산을 한 횟수를 나타낸 것이다.

간섭 신호의 대역폭이 41.25MHz보다 낮은 경우에는 간섭온도가 메터로 쓰였다. 표 5는 유전 알고리즘에 의한 연산 결과를 나타낸다. 3세대 이후의 연산 결과는 같기 때문에 생략했다.



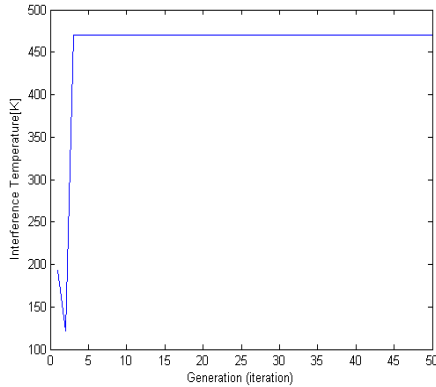


그림 9. 유전 알고리즘 연산횟수에 따른 간섭온도

표 5. 유전 알고리즘에 의한 연산결과

세대수 (i)	중심주파수 [MHz]	시험신호 온도[K]	간섭신호 온도[K]
1	3351.7	349.86	192.97
2	3750.7	349.86	121.56
3	3990.2	349.86	469.85

### V. 결론

본 논문에서는 MB-OFDM UWB 시스템의 간섭 회피 기술로서 간섭 온도 모델을 이용한 무선 인지 기술의 개념을 사용하였다. 인지 엔진의 연산 알고리즘으로 문제가 있었던 Hill Climbing 알고리즘과 고정점 반복 알고리즘 대신 유전 알고리즘을 사용하였다. 그림 6과 같은 간섭 상황에서 유전 알고리즘을 사용한 경우에는 연산횟수가 5회에 불과했다. 하지만 그림 6과 같은 간섭 상황에서 Hill Climbing 알고리즘을 사용하는 경우 신뢰성 있는 결과를 얻기 위해 송신신호의 중심 주파수를 3432Mhz에서 4488Mhz 까지 5.28Mhz씩 변화시켜가며 채널용량을 계산하게 되면, 최적 값이 되는 극점을 최대한 빨리 찾는다 하더라도 최소 100회 이상의 연산이 필요하다.<sup>[14]</sup> 따라서 인지 엔진의 연산 알고리즘으로 유전 알고리즘을 사용함으로써 최적 값을 찾기에 필요한 연산횟수를 Hill Climbing 알고리즘보다 획기적으로 줄여서 최적 해를 찾아 낼 수 있었다. 현재 UWB 시스템의 상용화에 많은 걸림돌이 되고 있는 간섭 문제는 본 논문에서 제시한 유전 알고리즘 기반 무선 인지 기술 개념을 이용하면 해소 될 수 있을 것이다.

### 참고 문헌

- [1] 윤두영, “UWB 기술 개요 및 주파수 정책 동향”, 정보통신정책 제 18 권 13호 통권 397호
- [2] “Cognitive Radio Technology”, Fette, Newnes 2006.
- [3] T. W. Rondeau, C. J. Rieser, B. Le, and C. W. Bostian, “Cognitive Radios with Genetic Algorithms: Intelligent Control of Software Defined Radios,” *SDR Forum Technica Conference*, Phoenix , pp. C-3 - C-8, 2004.
- [4] T. Clancy, “Formalizing the Interference Temperature Model”, *Wiley Wireless Communications and Mobile Computing*, 2006.
- [5] Christopher R. Houck A, “Genetic Algorithm for Function Optimization A Matlab Implementation”, Gaot ver.5, <http://www.i-se.ncsu.edu/mirage/GAToolBox/gaot/>, 1996.
- [6] Anuj Batra, “고속 초광대역 통신용으로 멀티 밴드 OFDM이 DS방식보다 나은 이유”, *반도체네트워크*, may, 2005.
- [7] Anuj Batra et al. “TI Physical Layer Proposal for IEEE 802.15 Task Group 3a”, March 2003.
- [8] “패턴인식 개론”, 한학용, 한빛미디어 2006.
- [9] “유전 알고리즘”, 문병로, 다성출판사, 2001.
- [10] Bernard Sklar, “Digital Communications fundamentals and applications,” Prentice Hall PTR, 2002.
- [11] Federal Communications Commission, “Spectrum Policy Task Force ,” Rep. ET Docket no. 02-135, Nov. 2002.
- [12] S. Haykin, “Cognitive radio: Brain empowered wireless communications,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol.23, no.2, pp.201 - 208, Feb. 2005.
- [13] S. Y. Park, G. Shor, and Y. S. Kim, “Interference resilient transmission scheme for multi-band OFDM system in UWB channels,” in *Proc. IEEE Int. Circuits and Systems Symp.*, vol. 5, pp. 373 - 376, May 2004.
- [14] 김태훈, 광경섭, “유전 알고리즘을 이용한 Cognitive Radio MB-OFDM UWB 시스템의 성능 분석”, *한국통신학회 하계종합학술발표회*, vol.35, pp.451, Sep. 2007.

김 태 훈 (Tae Hun Kim)

준회원



2006년 2월 인하대학교 전자 전기 컴퓨터 공학부 (전기전공) 학사 졸업  
2006년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 석사과정  
<관심분야> Cognitive Radio, UWB, OFDM, RFID

남 상 균 (Sang Kyun Nam)

준회원



2007년 2월 인하대학교 컴퓨터 공학부 학사 졸업  
2007년 3월~현재 인하대학교 정보공학과 석사과정  
<관심분야> Ubiquitous Computing, Wireless Networking, and Home Networking

김 동 희 (Dong Hee Kim)

준회원



2006년 2월 경원대학교 전기 전자 공학부(전자공학 전공) 학사 졸업  
2006년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 석사과정  
<관심분야> Cognitive Radio, UWB, OFDM

곽 경 섭 (Kyung Sup Kwak)

종신회원



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 정보통신 대학원 원장

2006년 1월~2006년 12월 한국통신학회 회장

2000년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 교수

2003년 8월~현재 인하대학교 초광대역 무선통신 연구센터(UWB-ITRC) 센터장

<관심분야> 위성 및 이동통신, UWB, 무선네트워크

장 흥 모 (Hong Mo Jang)

준회원



2006년 2월 명지대학교 전기 전자 공학부(전자공학 전공) 학사 졸업  
2006년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 석사과정  
<관심분야> Cognitive Radio, UWB, OFDM