

Cognitive UWB 기술을 이용한 UWB 시스템에서의 간섭 회피 기술

준희원 황재호*, 손성환*, 이성준*, 종신회원 김재명*

Interference Avoidance Technology Using Cognitive UWB in Ultra Wideband Systems

Jae-ho Hwang*, Sung-hwan Sohn*, Sung-jun Lee* *Associate Members*,
Jae-moung Kim* *Lifelong Member*

요 약

유비쿼터스 사회가 도래함에 따라 모든 사회가 무선통신과 밀접한 연관성을 가지게 되었다. 하지만 늘어나는 주파수 수요는 주파수 자원의 고갈을 야기하였다. 이와 같이 주파 주파수 자원의 중요성이 부각되어 주파수 공유 기술이 필요하게 되었다. 제한한 Cognitive UWB 시스템은 넓은 주파수 대역을 사용하는 UWB(Ultra Wideband) 기술과 채널 환경을 인지하여 사용하지 않는 비어있는 주파수 대역을 이용하는 CR(Cognitive Radio) 기술이 합해진 기술이다. 본 논문에서는 Cognitive UWB 시스템의 세부 기술을 설명하고 시뮬레이션을 통하여 원하는 마스크를 충족시키고 타 시스템의 간섭을 회피하여 성능향상을 보였다.

Key Words : Ultra wideband, Cognitive UWB, Cognitive Radio, Interference avoidance

ABSTRACT

Wireless Communication is playing a key role in implementing the ubiquitous society. However, due to the increasing wireless and mobile devices occupying the spectrum, the frequency resources are believed to become more and more limited. In order to deal with the problem, coexistence is considered to be a effective method to improve the efficiency of spectrum utilization between several different systems. Here, we utilize the UWB system to realize the coexistence, because it is an ultra wide band system which can co-exist with other narrow band systems. On the other hand, 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; Furthermore, the interference to other systems can be effectively avoided.

I. 서 론

최근 U-City, 홈네트워크와 같이 전파를 이용한 기술이 일상생활과 밀접한 관련을 가지고 있다. 이와

같이 미래 사회에는 무선통신을 이용한 언제 어디서나 자유롭게 통신을 할 수 있는 유비쿼터스 사회로 진입할 것이다. 하지만 이와 같이 많은 무선 제품 사용은 한정된 주파수 자원의 고갈현상을 야기 시키

※ 본 연구는 한국과학재단 국가지정연구실사업(M1060000019406)의 일환으로 수행되었습니다.

※ 본 연구는 대학 IT 연구 센터(인하 UWB-ITRC) 육성 지원사업의 연구 결과로 수행되었습니다.

* 인하대학교 정보통신대학원 (hoho3676@naver.com)

논문번호 : KICS2007-02-091, 접수일자 : 2007년 2월 27일, 최종논문접수일자 : 2007년 7월 30일

고 있다. 뿐만 아니라 홈네트워크와 같이 근거리에서 많은 무선기기를 사용하는 경우 사용 주파수 밴드 고갈뿐만 아니라 상호간에 간섭을 주게 되어 통신의 질을 저하 시키는 문제점이 발생한다. 이와 같은 주파수 부족 문제와 간섭문제를 해결하기 위해 UWB와 CR과 같이 새로운 주파수 자원을 공유하는 기술이 개발되고 있다.^[1]

효율적인 스펙트럼 공유 방안으로 J. Mitola는 할당 되어진 주파수 대역 중에 실제로 사용되지 않고 비어있는 주파수 대역을 감지하여 이용하는 CR(Cognitive Radio) 기술을 제안하였다. CR 기술은 실제로 30%가 넘지 않는 주파수 사용률을 높이기 위해 해당 대역에 대해 시간적 공간적으로 이용하지 않는 주파수 대역을 탐지하고 적응적으로 판단하여 좋은 환경의 주파수 대역을 선택하여 사용한다. 뿐만 아니라 주변 상황 즉 채널 상태, 간섭의 크기, 서비스 시간대 등과 같은 유동적인 외부 환경을 인지하고 변조방식 채널코딩, 출력크기 데이터 전송률을 조절하여 QoS와 통신 서비스 질을 최적으로 만들어 주어 사용자에게 만족을 주도록 조절 하는 역할을 한다.^{[2][3]}

CR 기술은 주파수 자원을 할당받은 사용자 IU(Incumbent User)에게 간섭을 주지 않는 조건하에서 주파수자원을 효율적으로 이용하는 기술로 주파수의 사용 현황을 파악할 수 있는 스펙트럼 검출(Spectrum Sensing) 기법과 비어있는 주파수 대역을 유동적으로 이동하며 전송하는 동적 주파수 선택(Dynamic Frequency Selection)이 필요하다. 하지만 IU에게 간섭을 주지 않기 위해 정밀한 스펙트럼 검출 기법이 필요하며 이를 위해 복잡한 알고리즘이 필요할 뿐 아니라 Hidden node와 Clash 같은 문제점도 발생하여 이를 해결하기 위해 시스템의 복잡도가 증가하는 단점이 있다. 뿐만 아니라 CR 기술은 주파수 사용률이 낮은 주파수 대역을 공유하는 방식으로 도시와 같은 주파수 사용률이 높은 곳에서는 사용이 비효율적이다.

주파수 자원을 공유하는 또 한 가지 방법은 초 광대역의 주파수 대역을 통해 전송하는 UWB(Ultra Wideband)기술이다. UWB는 넓은 대역폭에 매우 낮은 저 전력을 이용하므로 기존의 협대역 시스템과의 공유가 가능하다. FCC에서는 UWB 신호를 중심주파수의 20% 이상의 점유 대역폭을 가지는 신호 또는 점유 대역폭과 상관없이 500MHz 이상의 넓은 대역폭을 갖는 신호로 규정하고 있으며 3GHz에서 10GHz 사이의 주파수 대역에 대하여 UWB 신호의

송출 전력 한계를 정하여 스펙트럼 마스크로 규정하고 있다. 현재는 IEEE802.15에서 3a와 4a가 UWB 기술을 채택하고 있으며 저속 UWB인 4a에서는 표준화가 진행 중이다.^[4]

이와 같은 UWB 기술은 넓은 대역을 사용함으로써 높은 전송용량으로 인한 고속 데이터 전송이 가능하며, UWB 펄스를 사용함으로써 기존의 캐리어 전송(Super Heterodyne) 방식과 달리 주파수 천이 과정이 필요하지 않아 보다 간단한 구조를 가지며 보다 낮은 전력으로 전송할 수 있다. 뿐만 아니라 UWB는 높은 분해능을 가지는 매우 짧은 펄스를 이용하여 거리 및 위치 추정과 같은 위치 기반 기술의 적용도 용이하다.

하지만 UWB는 넓은 주파수 대역을 점유하는 시스템의 특성상 기존의 협대역 시스템과의 간섭을 피할 수 없다. 낮은 전력의 주파수 방출은 기존의 주파수 자원을 할당받은 사용자에게는 잡음으로 작용하고 협대역의 강한 신호는 UWB 시스템에 간섭으로 영향을 주어 성능저하를 야기 시킨다. UWB 펄스는 시간 측면에서 보면 강한 파위를 가지는 짧은 펄스 신호이므로 다른 시스템에 영향을 미치게 된다. 뿐만 아니라 각국에서는 자국의 주파수 사용 환경에 맞추어 각기 다른 마스크 규정을 발표하고 있어 UWB 제품의 기술 개발 및 수출에 영향을 미칠 것이다. 이와 같은 문제점은 채널 환경과 각기 다른 주파수 방사 규정에 적응적인 시스템 개발을 요구한다.^[5]

본 논문은 초 광대역 주파수 대역을 사용하는 UWB 기술과 채널 환경을 인지하여 비어있는 좋은 채널을 사용하는 Cognitive Radio 기술의 장점을 융합시켜 Cognitive UWB를 제안한다. Cognitive UWB시스템의 필요성과 시스템 구성 그리고 기존의 시스템과의 성능비교를 한다. II장에서는 Cognitive UWB 시스템의 기본적인 구성 방식과 시스템의 특징을 설명 하고 시스템 구성을 위해 필요한 기초펄스 생성부, PMC 생성부 그리고 Cognitive UWB 펄스 생성기의 구조를 자세하게 설명한다. III장에서는 Cognitive UWB 기술을 이용하여 주파수 규정과 채널 환경에 적합한 펄스를 생성하고 이를 이용하여 기존의 UWB 시스템과의 성능을 비교한다.

II. Cognitive UWB 시스템 모델

2.1 주파수 자원 공유 방식

한정된 주파수 자원을 공유하는 기술로 overlay

방식과 **underlay** 방식이 있다. **overlay** 방식은 시간적 공간적으로 이용되지 않는 주파수 자원을 실시간으로 탐색하여 1차 사용자와 동일한 수준의 출력을 할 수 있지만 1차 사용자에게는 일체 간섭을 주지 않아야 한다. 이와 같은 **overlay** 방식에 가장 대표적인 기술은 **CR**이 있다. **Underlay** 방식은 **overlay** 방식과 달리 낮은 출력을 사용하여 1차 사용자에게 간섭을 주지 않지만 1차 사용자에게 간섭은 수용하는 방식으로 주파수를 공유한다. 이 방식으로 가장 대표적인 기술은 **UWB** 기술이 있다.

underlay의 **UWB** 기술은 500MHz 이상의 넓은 주파수 대역을 통하여 -41.3dBm/MHz 이하의 파워로 전송하는 기술이다. 낮은 파워의 출력은 1차 사용자에게는 간섭을 주지 않지만 **UWB** 시스템은 1차 사용자의 높은 파워의 간섭을 허용하게 된다. 하지만 이렇게 허용되는 간섭은 **UWB** 시스템의 성능을 열화시킨다. 뿐만 아니라 1차 사용자에게 간섭문제 또한 최근 야기 되고 있으며 각국에서도 주파수 정책에서 **UWB** 대역과 충돌되는 1차 사용자 및 신종 사용자들과의 간섭문제로 인해 **DAA (Detect And Avoid)**와 같은 간섭 회피 기술을 권고 하고 있다. **Cognitive UWB** 기술은 기존의 **UWB** 문제점을 해결하기 위해서 **CR**의 **DFS** 기술을 이용하여 기존의 1차 사용자에게 최소한의 간섭을 피하며 **UWB** 시스템 또한 강한 간섭을 피하여 좋은 채널을 이용하는 방식이다.

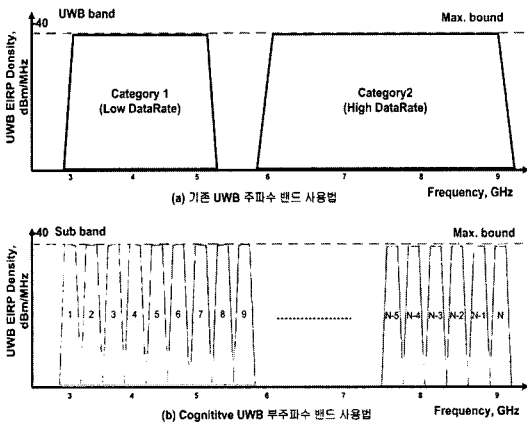


그림 1. UWB 시스템의 주파수 대역의 분할 방식과 제한한 Cognitive UWB 시스템의 부주파수의 분할 방식

그림 1은 **Cognitive UWB** 기술의 주파수 공유방식을 설명해 주는 그림이다. 그림 (a)은 기존의 **UWB** 주파수 분할 방식으로 고속(High Rate) 저속(low Rate)과 같이 시스템의 특성에 따라 몇 개의

범주로 분할되어 각각 넓은 주파수 대역을 점유하고 있다. 이렇게 연속적으로 점유된 넓은 주파수 밴드는 1차 사용자들에게 간섭을 줄 뿐만 간섭을 받게 된다. 그림 (b)에서와 같이 **Cognitive UWB** 시스템은 기존의 사용 가능한 **UWB** 밴드를 여러 개의 부 주파수 대역으로 분할한다. 이와 같이 분할된 주파수 중 마스크 규정을 만족하고 타 시스템의 간섭도 없는 부 주파수를 조합하여 사용하면 다른 시스템의 간섭을 피하기 쉬워질 뿐만 아니라 상황에 따라서 더 넓은 주파수 대역을 사용할 수 있어 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다.^[6]

2.2 시스템 블록도

그림 2는 **Cognitive UWB** 시스템의 송수신기 블록도이다. 변복조 방식은 **PPM(pulse position modulation)** 방식으로 펄스의 위치에 정보를 실어 보낸다. 그리고 에러 정정을 위해 채널 코더와 디코더를 삽입하였으며 동기를 위해 프리엠블을 사용하였다. 여기에 마스크 규정과 채널 환경에 적응하는 시스템을 위해 마스크 정보 삽입부와 스펙트럼 검파기를 내장하고 있는 **PMC** 생성기를 삽입하였으며 **Cognitive UWB** 펄스 생성기를 추가 하였다. 마스크 정보 삽입부와 스펙트럼 검파기를 이용하여 주파수 규정과 채널 환경을 인지하고 **Cognitive** 펄스 생성기를 이용하여 이에 적합한 **Cognitive UWB** 펄스를 만든다. 이 펄스를 **PPM** 변복조에 사용하여 채널과 주파수 규정에 적응하는 **Cognitive UWB** 시스템을 생성하게 된다.

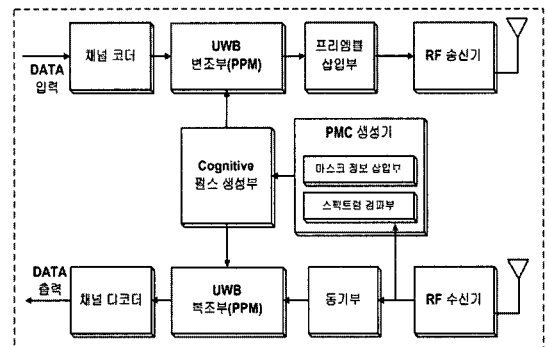


그림 2. Cognitive UWB 시스템의 송수신기 블록도

2.3 펄스 생성 정보, PMC

Cognitive UWB 시스템은 넓은 광대역 주파수 대역중 사용 국가의 주파수 배출 규격에 맞고 좋은 환경의 주파수 대역을 가지는 펄스 생성을 위하여 마스크 정보와 채널 환경 정보가 필요하다. 이를 본

논문은 PMC (pulse mask code)라 하여 이 정보를 송수신단에서 공유하여 채널환경과 국가 규정에 적합한 펄스를 만들게 된다. 이와 같은 PMC 는 마스크 정보와 채널 환경 정보 두 가지로 구성된다.

마스크 정보를 이용하는 이유는 각 국가 마다 주파수 사용 정책이 다를 뿐 아니라 같은 국가에서도 실내와 실외를 달리 사용하고 있어, 이와 같이 서로 다른 규정은 제품 개발 및 이용에 많은 문제점을 해결하기 위해서이다. 이를 위해 각 나라별로 마스크 규정에 맞는 펄스를 생성하는 것이 아니라 각 나라별 마스크 정보를 이용하여 모든 국가 규정에 유동적인 시스템을 가능하게 한다. 뿐만 아니라 채널 환경 정보는 스펙트럼 센싱을 통하여 채널의 상태를 파악하여 이미 사용 중인 주파수 대역을 피하여 채널 상황에 적합한 펄스를 만들기 위해서 필요한 정보이다.

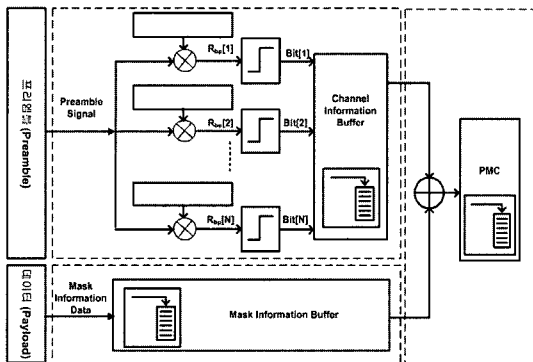


그림 3. 프리앰블과 데이터(Payload)에서 채널 정보와 마스크 정보를 얻어내기 위한 PMC 생성 블록도

그림 3은 마스크 정보와 채널 환경 정보를 얻기 위한 PMC 생성기이다. 채널 정보를 얻기 위해 채널 센싱 기법은 정합 필터 기법을 사용한다. 정합 필터 기법은 미리 알고 있는 신호를 이용하여 정합을 취하여 신호를 검출하는 방식으로 미리 정해진 프리앰블(Preamble) 신호를 각각의 부 주파수 대역에서 정합을 취하여 측정된 값을 한계 비교기(threshold comparator)를 이용하여 좋은 특성의 SNR(signal to noise ratio)를 가지는 부 주파수 대역을 선별하여 간섭이 없거나 사용하지 않는 좋은 채널환경을 검출하게 된다. 다음과 같이 선별된 채널 환경 정보는 디지털로 코드화된다. 마스크 정보는 미리 입력된 각국의 마스크 정보를 선택하여 신호 프레임의 페이로드(payload)에 실어 전송된다. 이렇게 전송받은 마스크 정보와 채널 센싱을 이용하여 얻어진 채널 정보

를 조합하여 PMC 정보를 얻게 된다.

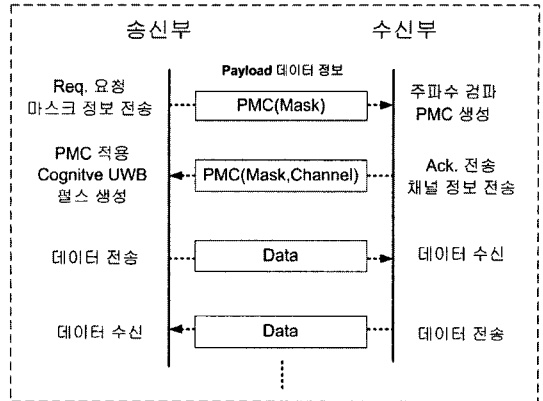


그림 4. PMC 정보 공유를 위한 개념도

두 가지 정보 즉 마스크 정보와 채널 정보를 송수신 단에서 서로 공유하기 위해서 그림 4와 같은 정보 교환 과정이 필요하다. Cognitive UWB 시스템이 처음 전송을 시작할 때 송신기는 마스크 정보를 실어 수신기 Req. 신호를 요청한다. 이때 사용하는 전송 채널은 마스크 정보만을 이용한 주파수 대역이다. 수신기는 신호를 수신시 스펙트럼 센싱을 통하여 채널 정보를 획득한다. 이와 같이 획득한 채널 정보와 수신된 마스크 정보를 조합하여 PMC 를 생성하고 이 정보를 이용하여 Cognitive UWB 펄스를 생성한다. 이 펄스를 이용하여 Ack. 신호를 전송하게 되는데 이때 페이로드에 채널과 마스크 정보가 들어있는 PMC 정보를 다시 송신측으로 전송하게 된다. 송신기 또한 PMC 코드를 수신하여 Cognitive UWB 펄스를 생성하게 된다. 두 송수신단은 같은 PMC 정보 즉 동일한 마스크 정보와 채널 정보가 공유되어 주파수 방출 규정에 맞고 사용하지 않는 좋은 채널을 이용하는 Cognitive UWB 펄스를 이용하여 통신을 하게 된다.

2.4 Cognitive UWB 펄스 생성부

Cognitive UWB 펄스 생성부는 그림 5과 같이 구성된다. 기초 펄스 생성기와 PMC 생성기의 조합으로 각 부 주파수 대역의 기초 펄스를 PMC 정보에 의해 주파수 방출 규격에 맞고 간섭이 적은 좋은 환경의 채널만을 사용하여 펄스를 생성하게 된다.

기초 펄스 생성부는 각각의 부주파수대역을 나타내는 기초 펄스를 생성하는 부분이다. 기초 펄스는 다음과 같은 특성을 가진다. 첫째 기초 펄스는 UWB 펄스와 같이 짧은 시간(수 ns)의 펄스폭을 가

진다. 둘째 기초 펄스의 주파수 특성은 UWB 신호와 같이 mask 특성을 만족 시킨다. 셋째 기초펄스는 서로 직교성을 가져 서로 간섭을 주지 않으며 서로 조합하여 새로운 UWB 펄스를 만들 수 있다.^{[6][7]}

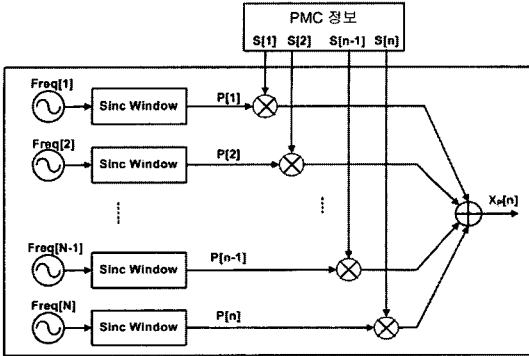


그림 5. Cognitive UWB 펄스 생성기

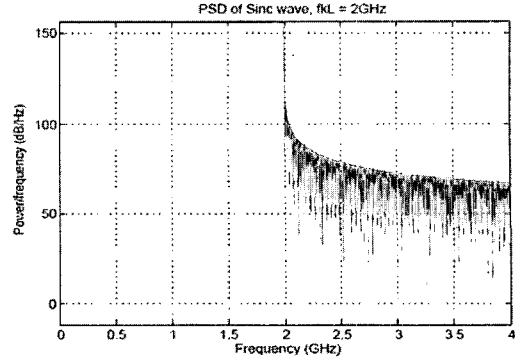
기존의 기초 펄스 생성 기법은 두 개의 sinc 함수 생성기를 이용하여 부 주파수 대역의 폭을 정하는 방식이다. 식 1과 같이 주파수 영역에서 f_{kU} 에서 f_{kL} 의 주파수 대역을 가지는 신호를 생성하기 위해 식 2와 같이 시간 축에서 f_{kU} 와 f_{kL} 를 가지는 sinc 함수를 생성하고 각각의 주파수 크기의 상수로 평준화를 한 후 Upper bound를 나타내는 f_{kU} 에서 Lower bound의 f_{kL} 를 제거하여 원하는 주파수 대역을 가지는 펄스를 얻게 된다.^[7]

$$H_{window}(f) = \begin{cases} 1, & f_{fL} < f < f_{fU} \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

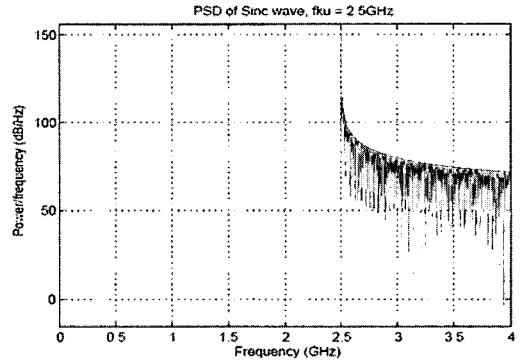
$$P_k(t) = 2f_{kU} \text{sinc}(2f_{kU}t) - 2f_{kL} \text{sinc}(2f_{kL}t) \quad (2)$$

그림 6은 기존의 펄스 생성 기법을 통하여 2GHz에서 2.5GHz의 주파수 대역을 가지는 기초 펄스를 만드는 예이다. 우선 Upper bound와 Lower bound를 나타내는 두 개의 sinc 함수를 만든다. 이는 그림 6 (a)와 (b)와 같이 f_{kU} , f_{kL} 까지 주파수를 점유하는 것을 알 수 있다. 이 두 신호를 평준화한 후 빼주면 그림 6 (c)와 같이 f_{kU} 와 f_{kL} 을 경계로 가지는 부주파수 대역을 점유하는 펄스를 얻게 된다.

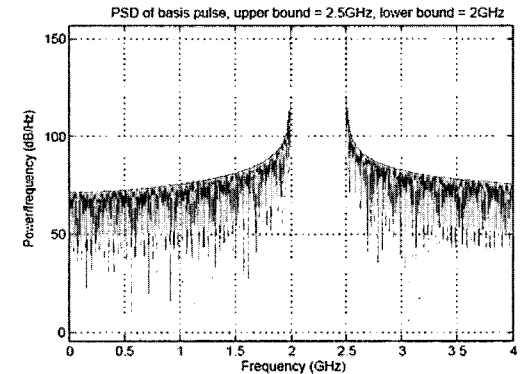
하지만 이와 같은 방식은 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 첫째, 복잡한 sinc 함수 생성기가 필요하다. 기초 펄스를 생성하기 위하여 두 개의 sinc 함수가 필요한데 보통 UWB에서 사용되는 주파수가 수 GHz로 높은 주파수를 가진다. 이는 시스템의 복잡



(a) Lower Sinc 함수의 주파수 특성



(b) Upper Sinc 함수의 주파수 특성



(c) Basis 펄스의 주파수 특성

그림 6. 두 개의 Sinc 함수를 이용한 basis pulse 생성 방식의 주파수 특성

도를 높일 뿐 아니라 구현에도 어려움이 있다. 뿐만 아니라 Cognitive UWB에서는 여러 개의 부주파수 대역이 필요한데 N개의 부주파수 대역을 만들기 위해 N+1개의 sinc 함수가 필요하게 된다.

둘째, 평준화시 라운드 오프 문제로 인해 오차가 발생한다. 기존의 방식에서는 생성된 두 개의 sinc 신호를 빼주는 과정이 존재 하는데 lower bound 신호와 upper bound 신호의 크기가 일정하지 않아 각

신호에 주파수 신호의 크기만큼 곱해주어 신호의 크기를 맞춰주는 평균화과정이 필요하다. 하지만 평균화 상수는 수 기가(3~10G)의 높은 크기를 가지며 sinc 신호는 1이하의 작은 크기를 가진다. 이와 같이 매우 큰 수와 매우 작은 수를 곱하는 경우 시뮬레이션에서는 처리가 가능하나 실제 적용 시 라운드 오프 문제로 인해 오차를 발생 시킬 것이다.

셋째, 오차 발생 시 타 시스템에 많은 영향을 미친다. 기존의 기초 생성 기법은 f_{ku} 에서 f_{kl} 성분을 제거하여 원하는 대역만 사용하는 방식이다. 하지만 위의 두 가지 경우에 의해 오차가 생겼을 경우 f_{kl} 의 lower bound 이하의 성분이 완전히 제거 되지 않아 많은 사용자가 존재하는 주파수대역에 간섭을 미치게 된다.

본 논문에서 제안한 기초 펄스 생성 기법은 기존의 문제점을 해결하기 위해 sinc 윈도우를 이용하여 부 주파수 대역의 폭을 정하는 방식이다. 마스크 대역을 분할하는 기초 펄스를 만들기 위해 우선 부 주파수 대역의 폭을 결정하는 sinc 윈도우를 생성한다. 식3은 sinc 윈도우의 수식으로 f_p Hz의 주파수 성분을 가진다. 식4는 윈도우의 주파수 특성으로 이 윈도우 함수는 기저대역에서 f_p Hz의 대역을 가진다. 이는 부 주파수 대역폭의 반이다.

$$h_{window}(t) = \text{sinc}(2f_p t) \quad (3)$$

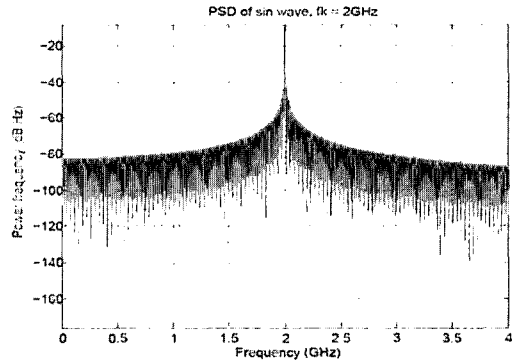
$$H_{window}(f) = \begin{cases} 1, & 0 < f < f_{fp} \\ 0, & f > f_{fp} \end{cases} \quad (4)$$

식5은 기초 펄스를 만드는 수식으로 부주파수 대역의 중심주파수를 가지는 사인파를 부주파수 대역을 가지는 윈도우에 통과 시켜 중심주파수에 원하는 대역폭을 가지는 기초 펄스를 얻게 된다.

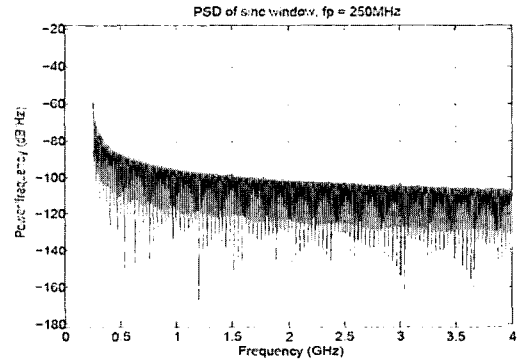
$$P_k(t) = h_{window}(t) \sin(2\pi f_k t) \quad (5)$$

다음은 2GHz에서 500MHz의 주파수 대역을 가지는 기초 펄스를 만드는 예이다. 우선 중심주파수를 나타내는 f_k 가 2GHz를 가지는 사인파를 만든다. 이 사인파의 주파수 측면에서는 그림7의 (a)와 같이 2GHz 대역에서 신호가 위치한다. 이 신호를 500MHz의 밴드를 가지는 윈도우에 통과 시킨다. 이 윈도우의 주파수 측면의 신호는 그림7의 (b)와 같으며 기저대역에 위치하여 윈도우 밴드 주파수 f_p

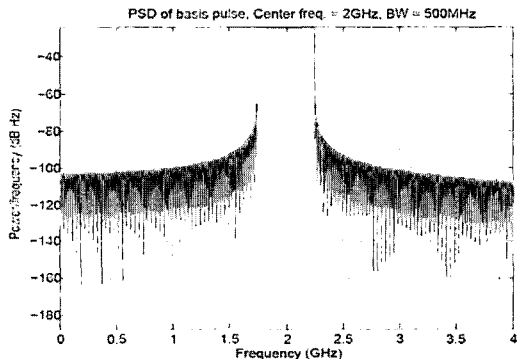
의 반인 250MHz의 밴드를 가진다. 이렇게 생성된 신호는 그림7의 (c)와 같이 중심주파수가 2GHz이고 대역폭이 500MHz인 기초 신호가 만들어진다.



(a) sin 신호의 주파수 특성



(b) sinc 윈도우의 주파수 특성



(c) Basis 펄스의 주파수 특성

그림 7. Sinc 윈도우를 사용하는 basis pulse 생성 방식의 주파수 특성

식 6는 Cognitive UWB 펄스의 생성을 식으로 나타낸 것이다. S_k 는 bit 신호로 PMC 코드이며 $P_k(t)$ 펄스 신호로 k 번째 기초 펄스를 나타낸다. N 개의 기초 펄스 신호를 PMC 코드에 의해 선택적으로 조

합하여 주파수 방사 제한 규정인 마스크 특성과 채널 환경에 적합한 Cognitive UWB 펄스를 생성하게 된다.

$$x_p(t) = \sum_{k=1}^N S_k P_k(t) \quad (6)$$

다음은 예를 통하여 마스크 정보와 채널 정보를 이용하여 채널과 마스크 규격에 적응적인 UWB 펄스를 만드는 과정을 보인다. 그림 8은 UWB mask와 다른 시스템의 사용 여부를 나타낸 주파수 스펙트럼을 나타낸 그림이다. Mask 정보는 PCS, 무선랜, WiBro, S-DMB, 2.4G ISM 밴드와 이동방송 중계기의 3.4~3.6GHz, 이동방송 중계기, 고정방송 중계기, 무선랜의 5.15~7.1GHz를 이미 사용함에 기존의 시스템에 영향을 안 미치도록 한 주파수 방출 규제 규정이다. 그리고 주파수 센싱을 통해 이미 다른 시스템이 3.2, 4.5, 5, 8.5 와 10GHz 근방에서 서로 다른 주파수 밴드와 주파수 대역 점유하며 서로 다른 파워로 간섭을 주고 있다.

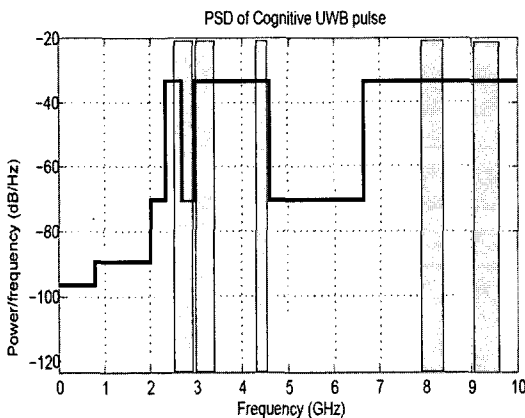
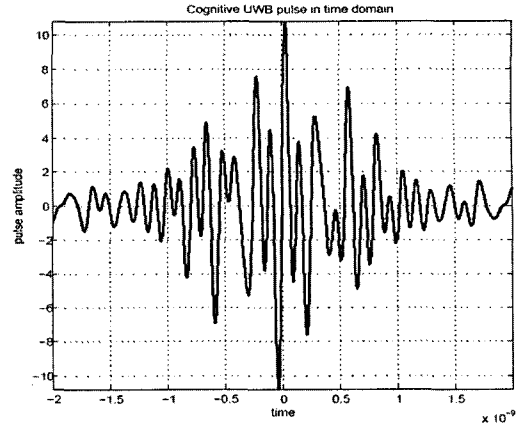
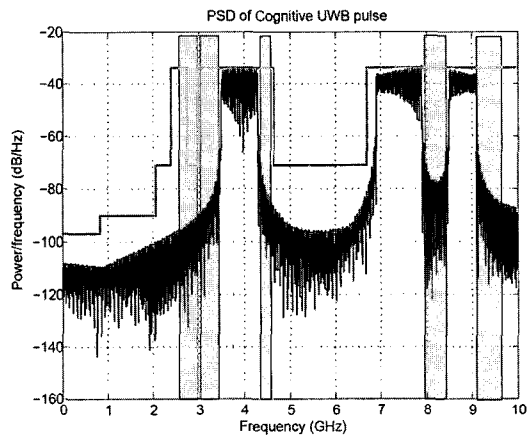


그림 8. UWB 주파수 대역에서의 UWB 주파수 방사 규정 마스크와 타 시스템의 간섭

이와 같이 얻어진 Mask 정보와 채널 환경을 통해 Cognitive UWB 시스템을 이용하여 그림 9 (a) 같은 UWB 펄스를 생성하게 되고 다음과 같이 얻어진 펄스 또한 기존의 UWB 펄스의 특징을 가지게 된다. 이와 같이 Mask 정보와 채널상황을 고려한 펄스는 그림 9 (b)와 같은 PSD를 가지게 된다. 그림7의 마스크 규정과 간섭의 위치를 비교하면 기존에 UWB mask를 따르며 기존의 다른 시스템 사용하는 주파수 대역을 Notch 시켜 기존에 사용하는 시스템에 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.



(a) 합성된 Cognitive UWB 신호



(b) 합성된 Cognitive UWB 펄스의 주파수 특성

그림 9. Cognitive UWB 펄스와 그 펄스의 주파수 특성

III. 시뮬레이션을 이용한 성능분석

3.1 시스템 파라미터

Cognitive UWB를 이용하여 기존의 시뮬레이션과 성능을 비교하였다. 시뮬레이션 환경은 표 1과 같이 4a UWB IR 시스템을 사용하였다. 변조 방법은 펄스의 위치에 데이터를 실어 보내는 PPM(Pulse Position Modulation) 방식과 펄스의 위상에 정보를 실어 보내는 BPSK(Binary Phase shift Keying)방식을 같이 사용한다. 에러 정정을 위해 채널 코딩은 RS 코드와 컨벌루션 코드를 사용하였다.

식 7는 UWB의 UWB 펄스 전송 신호를 식으로 표현한 것으로 두 개의 비트 정보를 표2와 같이 g0와 g1에 데이터를 전송하는데 g0의 정보는 위치 정보로 신호의 위치를 나타내고 g1의 정보는 BPSK 정보로 1인 경우 정 위상, -1인 경우 역 위상을 나타낸다. h(k)는 호핑 신호로 신호를 호핑 시켜 주며,

표 1. 시뮬레이션 파라미터

parameter	value
변조방식	2PPM+BPSK (pulse position modulation)
복조방식	에너지 디텍션(Energy detection)
Inner 채널코딩	RS 코딩 (64, 55)
Outer 채널코딩	컨벌루션 코딩
채널	AWGN, UWB 4a Channel Model, Interference

Sj는 스크램블러에 의해 생성된 간단한 pseudo random binary sequence (PRBS)이며 {-1.1}로 이루어져 있다. 스크램블 신호는 펄스의 Burst 신호를 PN 코드로 만들어 주어 여러 명의 사용을 가능하게 한다.^[8]

$$x^{(k)}(t) = \sum_{j=1}^{N_{burst}} g_1^{(k)} s_j p(t - g_0^{(k)} T_{ppm} - j T_c - h^{(k)} T_{burst}) \quad (7)$$

표 2. 변복조 신호 Mapping table

Information Bit (b ₁ , b ₀)	Modulation Bit(g ₁ , g ₀)
0 0	-1 0
0 1	-1 1
1 0	1 0
1 1	1 1

3.2 채널 파라미터

본 시뮬레이터에서 사용한 주파수 대역은 그림 10과 같습니다. 기존의 방식은 그림 10의 (a)와 같이 LR-UWB 카테고리를 사용하여 500MHz의 주파수 대역을 점유하는 1, 2, 3번 채널중 하나를 선택하여 사용한다. 반면 본 논문에서 제안한 Cognitive UWB 방식은 이 주파수 대역을 각각 10개 즉 30개의 부주파수 대역으로 분할하였다. 제안한 Cognitive UWB 기술을 적용하여 좋은 채널의 부주파수 밴드 10개를 선택적으로 사용하여 기존의 방식과 같이 500MHz를 점유하게 하였다. 간섭은 LR-UWB 카테고리 안에서 임의로 위치시키며 크기는 SINR 3dB로 하였다. 채널은 UWB 4a 채널을 사용하였으며 채널의 특성은 표 3과 같다. 채널 환경을 실내 가정, 실내 사무실, 산업현장 그리고 외부로 나누었으며 각 채널 모델은 NOS와 NLOS로 나뉘어져 있다.

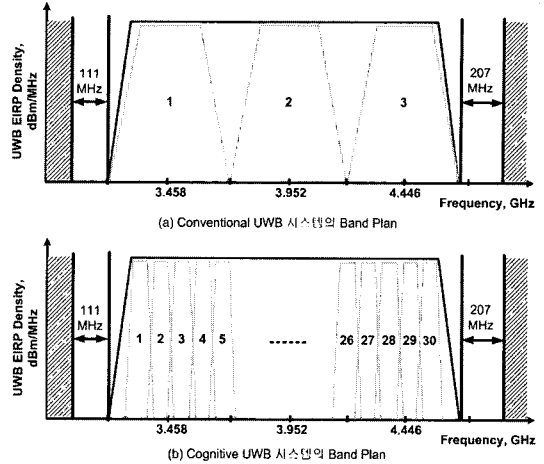


그림 10. 시뮬레이터에서 사용한 band plan, 기존의 4a UWB 시스템의 band plan 과 제안한 Cognitive UWB 시스템의 band plan

표 3. UWB 채널 모델

	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8
Environment	Indoor	Indoor	office	office	industry	industry	outdoor	outdoor
Condition	LOS	NLOS	LOS	NLOS	LOS	NLOS	LOS	NLOS
valid Range of d(m)	7~20	7~20	3~28	3~28	2~8	2~8	5~17	5~17
Path gain(dB)	-43.9	-48.7	-35.4	-59.9	-56.7	-56.7	-45.6	-73.0
Pathloss exponent	1.79	4.58	1.63	3.07	1.2	2.15	1.76	2.5
mean # cluster	3	3.5	5.4	1	4.75	1	13.6	10.5
inter cluster decay constant	22.61	26.27	14.6	NA	13.47	NA	31.7	104.7

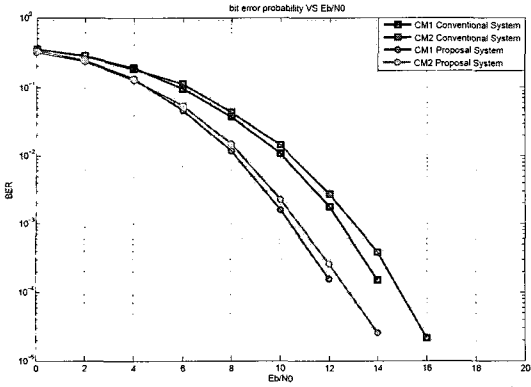


그림 11. 실내 환경(CM1, CM2)에서 Cognitive UWB 시스템과 기존 시스템의 성능 분석

그림 11은 실내 환경(CM1,2)에서 기존의 시스템과 Cognitive UWB 시스템을 비교한 것이다. CM1은 LOS 상황으로 직접 패스가 존재하는 환경이다. CM2는 NLOS 상황으로 존재하지 않는 경우이다. 기존 시스템인 경우 직접 패스가 존재하는 CM1이 CM2보다 3.5dB 좋은 성능을 가진다. 하지만 이 경우 외부 간섭에 영향을 받게 된다. 반면 좋은 채널만 선택적으로 사용하는 Cognitive UWB 시스템인 경우 같은 채널에 간섭을 제거하여 좋은 채널만 사용하여 CM1, 2 모두 성능 향상을 보였다.

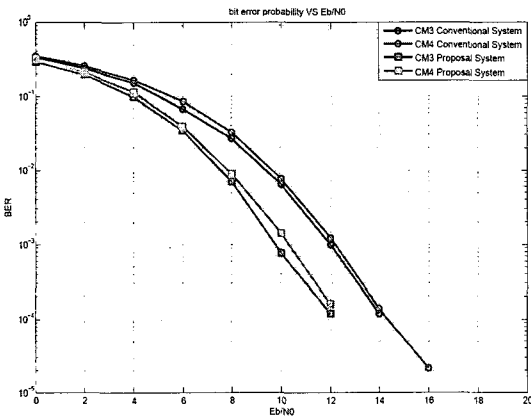


그림 12. 사무실 환경(CM3, CM4)에서 Cognitive UWB 시스템과 기존 시스템의 성능분석

그림 12는 사무실 환경(CM3,4)에서 기존의 시스템과 Cognitive UWB 시스템을 비교한 것이다. CM3은 LOS 상황이고 CM4는 NLOS 상황이다. 사무실은 실내로 실내 주거환경과 유사한 성능을 보인다. 직접 패스가 존재하는 CM3이 CM4보다 2dB 좋은 성능을 가진다. 이경우도 Cognitive UWB 시스템의 경우와 비교하여 성능향상을 보인다.

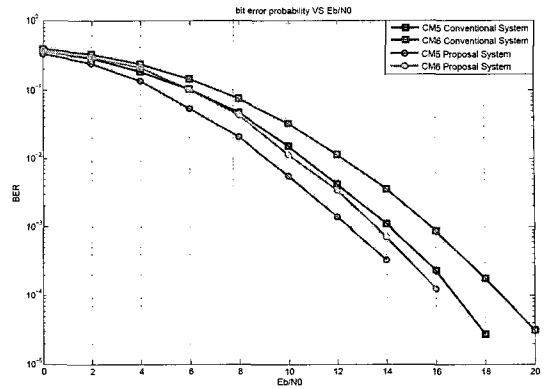


그림 13. 외부 환경(CM5, CM6)에서 Cognitive UWB 시스템과 기존 시스템의 성능분석

그림 13는 외부 환경(CM5,6)에서 기존의 시스템과 Cognitive UWB 시스템을 비교한 것이다. CM5은 LOS 상황이고 CM6는 NLOS 상황으로 CM5가 CM6보다 4dB 좋은 성능을 가진다. 외부 환경은 실내 환경 보다 더 나쁜 성능을 보인다. 이는 저 전력으로 통신하는 시스템이 외부의 강한 주파수 환경에 약해지기 때문이다. 하지만 이와 같은 나쁜 채널 환경에서도 성능 향상을 보인다.

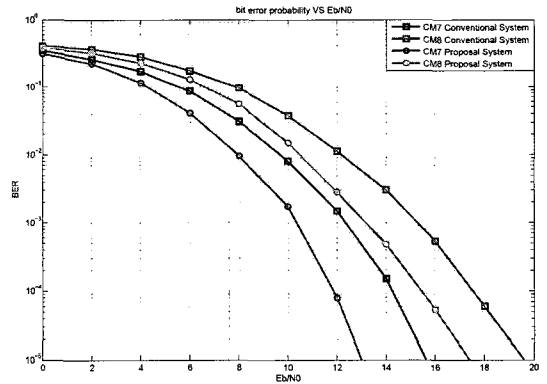


그림 14. 산업 환경(CM7, CM8)에서 Cognitive UWB 시스템과 기존 시스템의 성능분석

그림 14는 산업 환경(CM7,8)에서 기존의 시스템과 Cognitive UWB 시스템을 비교한 것이다. CM7은 LOS 상황이고 CM8은 NLOS 상황으로 LOS 상황인 CM7이 4dB 더 좋은 성능을 가진다. 산업 환경은 실내 주거환경과 사무실 환경보다 나쁜 성능을 가지는데 이는 금속성 기계들이 많아 강한 파위의 multipath가 존재하여 신호의 왜곡이 심해 신호의 추정정이 어렵기 때문이다. 하지만 이 경우에도 제안한 시스템을 사용하였을 경우 외부 간섭을 제거하여 좋

은 성능을 보인다.

이와 같이 Cognitive UWB 시스템을 사용하였을 경우 앞의 경우에서와 같이 주거, 사무실, 산업현장, 외부 등 어느 환경에서도 다른 시스템의 간섭을 회피 하여 좋은 환경의 채널을 무선 통신에 이용하게 된다. 이와 같은 시스템 주파수 사용 특성은 BER 성능의 향상을 보인다. 다음과 같이 본 논문에서 제안한 Cognitive UWB 기술을 사용하였을 경우, 협대역의 강한 파워의 간섭들을 회피하고 좋은 채널을 사용함으로써 성능향상을 가지는 것을 보였다.

IV. 결론

UWB와 CR 기술을 조합 하여 Cognitive UWB 시스템을 제안하였다. 넓은 주파수 대역을 각각의 부주파수 대역으로 나누고 그것의 기초 펄스를 조합하여 채널 환경에 적합한 Cognitive UWB 펄스를 생성하게 된다. 이와 같이 Cognitive UWB system을 사용하면 다른 시스템에 영향을 미치지 않는 범위에서 비어있는 주파수를 찾아서 전송하는 시스템이 가능하며 국가 간 다른 주파수 정책은 물론 전쟁과 참사와 같은 국가 비상사태에 주파수 이용에 좀 더 유연적으로 적용이 가능하다.

Cognitive UWB 시스템은 펄스 전송방식으로 적은 파워, 적은 비용, 낮은 복잡도, 낮은 간섭, 높은 전송속도, 높은 Ranging 능력과 같이 장점을 가진다. 뿐만 아니라 초 광대역의 주파수 자원을 공유하여 휴대폰, 무선랜, BlueTooth, ISM 밴드의 소출력 기기 등과 같은 다른 무선 시스템과의 공존도 가능하다. 더나가 사용자의 이용방식, 사용자의 위치, 채널의 상태에 따라서 전송속도나 QoS를 효율적으로 관리하여 좀 더 지능적인 서비스 할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 유비쿼터스 시대를 대비한 주파수 공유 기술의 발전방향 및 시사점, 전자통신동향분석 제21권 제2호 2006 4월

[2] Joseph Mitola III, "Cognitive Radio for Flexible Mobile Multimedia Communications", IEEE International Workshop on Mobile Multimedia Communications, pp.3-10, November 1999.

[3] S. Haykin, "Cognitive radio; Brain-empowered wireless communication," IEEE j.Sel. Areas Commun., vol. 23, no. 2, pp. 201-220, Feb.

2005.

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

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

[6] 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.

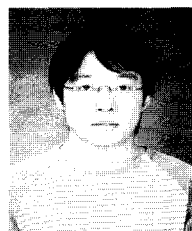
[7] Honggang Zhang, Xiaofei Zhou, Kamyar Yekhe Yazdandoost, Imrich Chlamtac, "Multiple Signal Waveforms Adaptation in Cognitive Ultra-Wideband Radio Evolution" IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 24, NO. 4, APRIL 2006.

[8] IEEE P802.15 Working Group for WPANs, "PART 15.4 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)," TG4a drafting, Dec. 4. 2005.

[9] A. F. Molisch et al., "IEEE 802.15.4a channel model-final report," IEEE 802.15.4a subgroup, Feb. 2005.

황 재 호 (Jae-ho Hwang)

준회원



2006년 2월 인하대학교 전자공학
과 졸업
2006년 3월~현재 인하대학교 정
보통신대학원 석사과정
<관심분야> UWB, 무선인지기술,
통신 공학

손 성 환 (Sung-hwan Sohn)

준회원



2004년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업
2006년 2월 인하대학교 정보통신대학원 석사과정
2006년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 박사과정
<관심분야> 이동통신, 무선인지기술

이 성 준 (Sung-jun Lee)

준회원



2006년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업
2006년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 석사과정
<관심분야> RFID, 무선인지기술, 통신 공학

김 재 명 (Jac-moung Kim)

중신회원



1974년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업
1981년 8월 미국 남가주대학교 (USC) 전기공학과 석사
1987년 8월 연세대학교 전자공학과 박사
1974년 3월~1979년 6월 한국과학기술연구소, 한국통신기술연구소 근무
1982년 9월~2003년 3월 한국전자통신연구원 위성통신연구단장 / 무선방송연구소 소장 역임
2003년 4월~현재 인하대학교 정보통신대학원 원장/교수, 현재 통신위성 우주산업연구회 회장 외 기술자문으로 다수 활동 중
<관심분야> 광대역 무선전송, 이동통신 및 위성통신, Cognitive Radio 및 UWB 무선통신 분야