

Cognitive UWB에서의 코드분할방식을 이용한 간섭 탐지 알고리즘

The Interference detection using the code division method in Cognitive UWB system

최낙현(인하대학교, 석사), 황재호(인하대학교, 석사), 손성환(인하대학교, 박사),
김재명(인하대학교, 교수)

Key Words : Interference detection, Cognitive, UWB

목 차

1. 서론
2. Cognitive UWB란?
3. Prospsed System
4. 시뮬레이션을 통한 성능 분석
5. 결론 및 추후 연구 방향

1. 서론

최근 U-City, 홈네트워크와 같이 전파를 이용한 기술이 일상생활과 밀접한 관련을 가지고 있다. 이와 같이 앞으로의 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 야기시키고 있다. 뿐만 아니라 홈 네트워크와 같이 근거리에는 많은 무선기기를 사용하는 경우 사용 주파수 밴드 고갈 뿐만 아니라 상호간에 간섭을 주게 되어 통신의 질을 저하시키는 문제점이 발생한다. 이와 같은 주파수 부족 문제와 간섭문제를 해결하기 위해 UWB(Ultra Wide Band)와 CR(Cognitive Radio)과 같이 새로운 주파수 자원을 공유하는 기술이 개발 되고 있다.[1]

CR 기술은 SDR(Softward Define Radio) 기술의 발전된 형태로서 2001년 J.mitola에 의해서 등장한 개념으로써 통신 단말기 및 네트워크가 능동화되어 동적으로 변화하는 사용자의 요구 및 무선자원 상황을 인지하여 가용 무선자원을 최적으로 활용하고자 하는 기술이다. 이 기술은 외부환경을 인지하고 그에 맞추어 스펙트럼 환경에 적용할 뿐 아니라 그간의 경험을 무선 컴포넌트가 학습하여 최적의 상황을 맞추어 내는 지능적인 통신시스템으로 현재에는 스펙트럼을 할당 받은 우선 사용자에게 간섭을 미치지 않는 조건에서 그 스펙트럼을 공유하여 사용할 수 있는 공유 기술로 많이 논의 되고 있다. 또한 주변 상황 즉 채널 상태, 간섭의 크기, 서비스 시간 대 등과 같은 유동적인 외부 환경을 인지하고 변조방식 채널 코딩, 출력크기 데이터 전송률을 조절하여 QoS와 통신 서비스 질을 최적으로 만들어 주어 사용자에게 만족을 주도록 조절 하는 역할을 한다.[2]

주파수 자원을 공유하는 또 한 가지 방법은 초 광대역의 주파수 대역을 통해 전송하는 UWB기술이다. 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 4a가 UWB 기술을 채택하고 있으며 표준화가 진행 중이다. [3]

이와 같은 UWB 기술은 넓은 대역을 사용함으로써 높은 전송용량으로 인한 고속 데이터 전송이 가능하며, UWB 펄스를 사용함으로써 기존의 캐리어 전송 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 성능 저하를 야기 시킨다. UWB 펄스는 시간 측면에서 보면 강한 파워를 가지는 짧은 펄스 신호이므로 다른 시스템에 영향을 미치게 된다. 뿐만 아니라 각국에서는 자국의 주파수 사용 환경에 맞추어 각기 다른 주파수 방출 규정이 있어 UWB 제품의 기술 개발 및 수출에 영향을 미칠 것이다. 이와 같은 문제점은 채널 환경과 각기 다른 주파수 방사 규정에

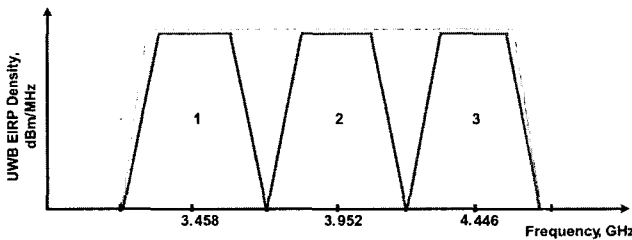
적응적인 시스템 개발을 요구한다. 이에 넓은 주파수 대역을 사용하는 UWB 기술과 채널 환경을 인지하여 사용하지 않는 비어있는 주파수 대역을 이용하는 CR 기술이 합해진 기술로 Cognitive UWB System이 제안되었다.[4]

본 논문은 Cognitive UWB 시스템에서 기존에 제안된 간섭 탐지 회피 기술(DAA)에 코드분할 방식을 적용하여 복잡도를 낮춘 시스템을 제안하고 기존의 시스템과 제안한 시스템과의 성능을 비교한다. 2장에서는 IR-UWB에 대해서 간단히 소개한 후 Cognitive UWB 시스템의 기본적인 구성 방식과 기존의 DAA(Detection and Avoid) 방식에 대해서 설명한다. 3장에서는 기존의 DAA 방식의 문제점과 그 문제점의 해결책으로 코드분할 방식을 제안한다. 마지막으로 부호분할 방식을 적용했을 때 결과에 대해서 분석한다.

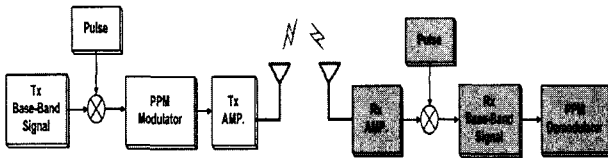
II. 본론

1. 기존의 UWB 시스템

그림 1에 기존의 IR-UWB 시스템을 나타내었다. (a)는 Low band의 주파수 분할 방식을 나타낸다. 전체 대역을 세 개의 대역으로만 나누어 사용하였다. (b)는 시스템의 블록도를 나타낸다. PPM 변조 방식을 사용하고 펄스를 이용하는 것을 볼 수 있다. Underlay 시스템의 대표적인 기술인 UWB는 넓은 대역폭에 매우 낮은 저 전력을 이용하므로 기존의 협대역 시스템과의 공유가 가능하며 높은 분해능을 가지는 매우 짧은 펄스를 이용하여 거리 및 위치 추정과 같은 위치 기반 기술의 적용도 용이하다.



(a) 주파수 분할 방식



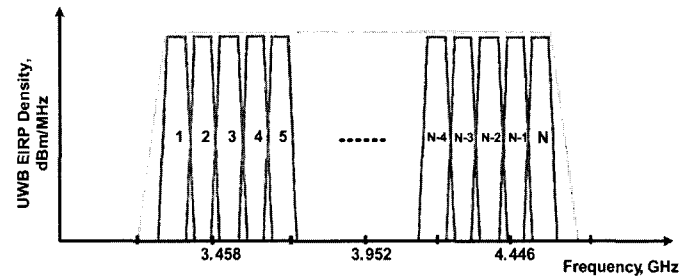
(b) block diagram

<그림 1 IR-UWB 시스템>

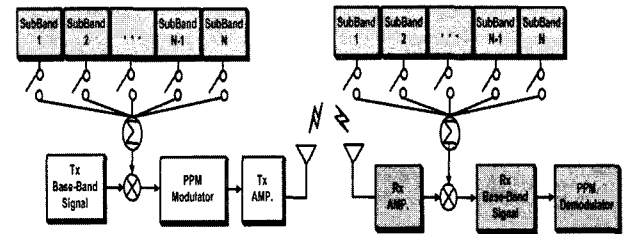
2. Cognitive UWB 시스템

하지만 UWB의 낮은 전력의 주파수 방출도 기존의 시스템처럼 넓은 영역에 걸쳐 주파수를 사용한다면 기존의 주파수 자원을 할당받은 사용자에게는 잡음으로 작용하여 1차 사용자는 자신의 대역폭을 함께 이용하는 것에 간섭으로 인식할 수 있고 협대역의 강한 신호는 UWB 시스템에 간섭으로 영

향을 주어 성능의 저하를 야기 시킨다. 또한 UWB 펄스는 시간 측면에서 보면 강한 파워를 가지는 짧은 펄스 신호이므로 다른 시스템에 영향을 미치게 된다. 이에 넓은 주파수 대역을 사용하는 UWB 기술과 채널 환경을 인지하여 사용하지 않는 비어있는 주파수 대역을 이용하는 CR 기술이 합해진 기술로 Cognitive UWB 시스템이 제안되었다. 그림 2에 Cognitive UWB 시스템을 나타내었다. (a)는 주파수 분할 방식으로 연속적인 주파수를 여러 개의 서브밴드로 나누어 간섭이 없는 부주파수 대역만을 사용하여 데이터를 전송하는데 사용할 수 있다. (b)는 여러 개의 서브밴드와 PPM 변조 방식을 나타낸 시스템 블록도이다.[4]



(a) 주파수 분할 방식

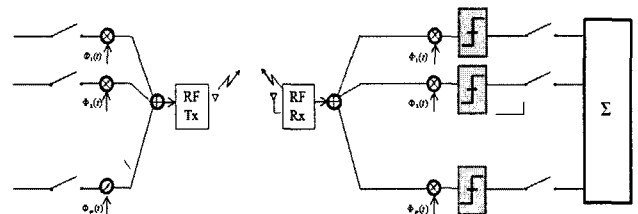


(b) block diagram

<그림 2 Cognitive UWB 시스템>

3. Code division 방식 적용

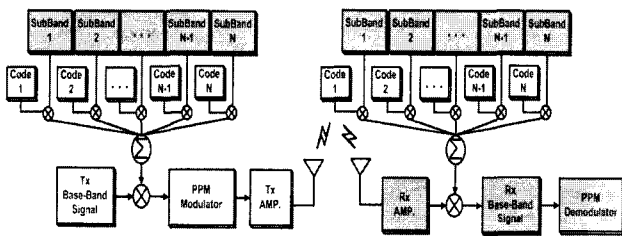
Cognitive UWB 시스템은 위에서 언급한 바와 같이 분할된 주파수 중 마스크 규정을 만족하고 타 시스템의 간섭도 없는 부주파수를 조합하여 사용하므로 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다. 하지만 이렇게 여러 개의 부주파수로 나누어 간섭의 유무를 확인하기 위해서는 검출기가 필요하다. 그림 3과 같이 부주파수마다 검출기를 사용할 경우 복잡도가 증가하게 된다. 본 논문에서는 이러한 복잡도를 줄이기 위해 코드분할 방식을 적용한 시스템을 제안한다.



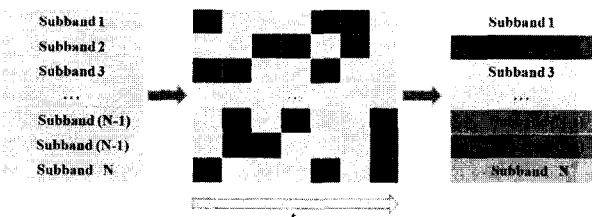
<그림 3 Conventional System의 detector>

그림 4는 Cognitive UWB 시스템에 간섭 탐지를 위해 코드 분할 방식을 적용한 것이다. 기존의 시스템에서는 각 서브밴

도 별로 나누어 보면 정보를 수신단 측에서 각 서브밴드 별로 분해하여 각각의 검출기를 사용하여 채널 환경을 파악한다. 이렇게 각 서브밴드 별로 파악된 정보로 간섭의 여부 즉 협대역 사용자가 그 채널을 사용하고 있는지를 알아낼 수 있다. 하지만 이러한 시스템 구조는 수 기가에 걸친 대역을 여러 개의 서브밴드로 나누어서 사용해야하는 Cognitive UWB 시스템에서는 많은 복잡도를 야기 시킨다. 이러한 복잡도를 낮추기 위해 각 서브밴드 별로 코드를 적용한다. 송신단에서 각 서브밴드 별로 서로 다른 코드로 적용시킨 후 합쳐서 보내면 수신단에서는 이러한 코드의 정보를 이용하여 각 서브밴드의 간섭 정보를 알아낼 수 있다. 서로 다른 코드를 사용하였으므로 잘못된 데이터의 위치에 따라 어떤 서브밴드의 채널환경이 좋은지 알아낼 수 있으며 이에 좋은 서브밴드만을 선택하여 통신에 사용할 수 있다. 코드를 사용함으로써 각 서브밴드 별로 검출기를 사용하지 않고 하나의 검출기만으로도 채널의 상태를 알아 낼 수 있다. 만약 n개의 서브밴드로 나누었다면 검출기를 사용함으로써 발생하는 복잡도는 1/n으로 줄어든다.



(a) block diagram



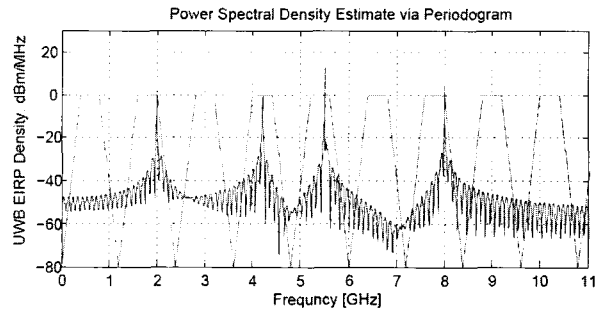
(b) code division

<그림 4 Code division이 적용된 시스템>

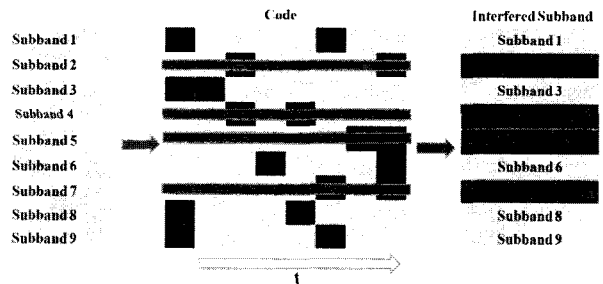
그림 4의 (b)는 각 서브밴드에 코드가 어떻게 적용되는지를 나타내었다. 각 서브밴드들에 서로 직교하는 코드들을 곱한 후 수신단에서는 이러한 다시 이 코드를 복호한다. 복호한 결과를 확인하면 어떤 서브밴드의 채널 상황이 좋은지 나쁜지 여부를 확인할 수 있다. 이는 마치 채널 코딩에서 에러 정정 비트를 확인하는 것과 같은 방법이다. 에러 정정 비트가 나타내는 비트가 바로 채널 상황이 나쁜 서브밴드이므로 이렇게 수신단에서 확인한 정보를 바탕으로 채널 상황이 나쁜 서브밴드는 사용하지 않을 수 있다.

다음은 구체적인 예를 통해서 코드를 이용한 각 서브밴드의 간섭 영향 여부를 판단하는 과정을 보인다. 그림 5는 광대역을 여러 개의 서브밴드로 나누고 임의의 협대역 간섭이 발생

한 것을 나타낸다. 9개의 서브밴드 중에 네 개의 서브밴드에 간섭이 발생하였음을 확인할 수 있다.



<그림 5 간섭이 발생한 서브밴드>



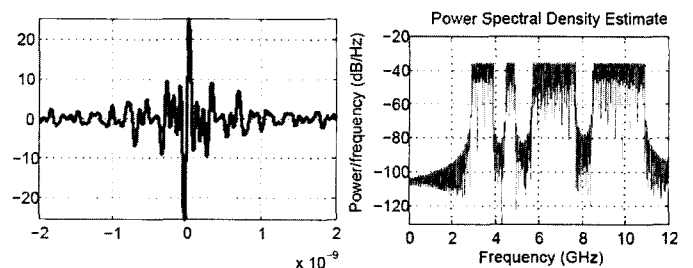
<그림 6 Code를 이용한 간섭 탐지>

그림 6은 코드를 각 서브밴드에 적용한 후 간섭의 영향을 4개의 서브밴드가 영향을 받는 것을 나타낸다.

	Metric								Usable Subband	
Subband 1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	Subband 1
Subband 2	0	0	1	1	1	1	1	1	2	
Subband 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Subband 3
Subband 4	0	0	1	1	2	2	2	2	2	
Subband 5	0	0	0	0	0	0	1	2	2	
Subband 6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Subband 6
Subband 7	0	0	0	0	0	1	1	2	2	
Subband 8	0	0	0	0	1	1	1	1	1	Subband 8
Subband 9	0	0	0	0	0	1	1	1	1	Subband 9

<그림 7 Metric>

그림 7은 각 서브밴드 코드들의 가중치를 나타낸 것이다. 간섭이 발생한 서브밴드의 코드는 가중치가 증가 하게 되어 최종적으로 가중치가 가장 작은 서브밴드들만을 선택하여 사용할 수 있다. 위의 예에서는 2, 4, 5, 7번째 서브 밴드의 가중치가 2이므로 간섭이 발생했음을 감지할 수 있다. 그러므로 가중치가 작은 5개의 서브밴드를 데이터 전송을 위하여 사용할 수 있다.



(a) 펄스

(b) PSD

<그림 8 간섭탐지 후 생성된 펄스와 PSD>

그림8은 부호를 이용하여 간섭을 탐지 한 후의 생성된 펄스와 주파수 영역에서의 PSD를 나타내었다. 간섭이 발생한 서브밴드의 주파수 대역을 Notch 시켜 채널환경이 좋은 서브밴드만을 사용할 수 있다. 또한 간섭을 미치던 협대역 시스템에 게도 영향을 미치지 않게 된다.

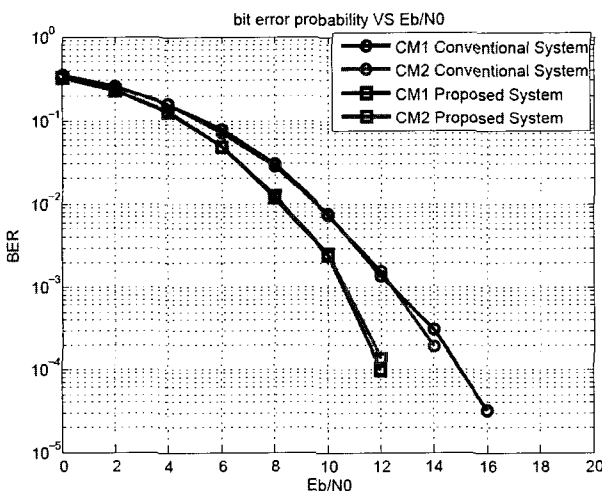
4. 시뮬레이션을 통한 성능 분석

Cognitive UWB를 이용하여 기존의 시뮬레이션과 성능을 비교하였다. 시뮬레이션 환경은 802.15.4a UWB IR 시스템을 사용하였다. 전체 주파수 대역을 15개의 서브밴드로 나누었으며 각 서브밴드별로 각각의 부호를 적용하였다. 간섭탐지를 위해서 에너지 탐지 방식을 사용하였으며 서브밴드의 채널 상황이 좋지 않은 경우도 간섭에 영향이 있는 것으로 판단하여 데이터 전송을 위한 서브밴드를 선택하였다. 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.

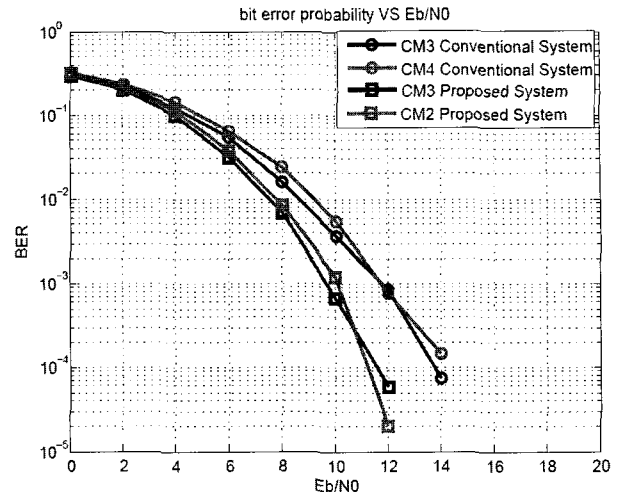
$$x^{(k)}(t) = \sum_{j=1}^{N_{burst}} g_1^{(k)} s_j p(t - g_0^{(k)} T_{ppm} - jT_c - h^{(k)} T_{burst}) \quad (1)$$

식 1은 UWB의 펄스 전송 신호를 식으로 표현한 것으로 두 개의 비트 정보를 표2와 같이 g_0 와 g_1 에 데이터를 전송하는데 g_0 의 정보는 위치 정보로 신호의 위치를 나타내고 g_1 의 정보는 BPSK 정보로 1인 경우 정 위상, -1인 경우 역 위상을 나타낸다. $h(k)$ 는 호핑 신호로 신호를 호핑 시켜 주며, S_j 는 스크램블러에 의해 생성된 간단한 pseudo random binary sequence (PRBS)이며 $\{-1,1\}$ 로 이루어져있다. 스크램블 신호는 펄스의 Burst 신호를 PN 코드로 만들어 주어 여러 명의 사용을 가능하게 한다.

그림 9는 실내 환경에서 기존의 시스템과 Code division을 적용한 Cognitive UWB 시스템을 비교한 것이다. Code를 사용하여 좋은 채널만을 선택적으로 사용한 제안된 시스템이 CM1과 CM2 모두에서 기존의 시스템보다 좋은 성능을 보인다

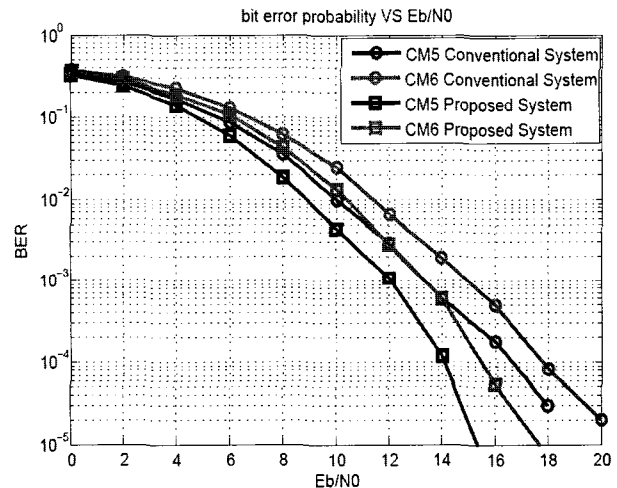


<그림 9 실내 환경에서의 성능 분석>



<그림 10 사무실 환경에서의 성능 분석>

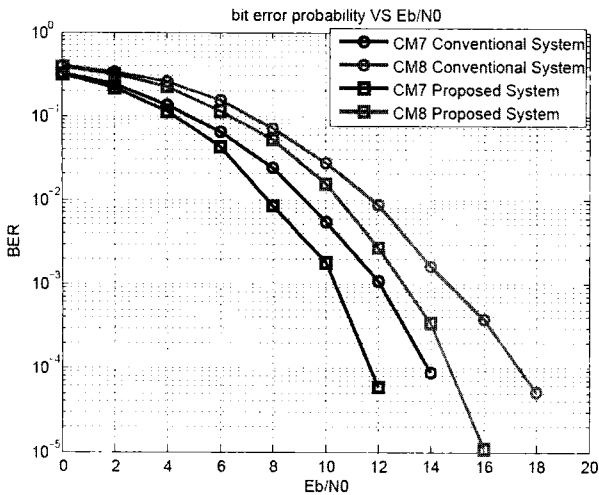
그림 10은 사무실 환경에서 기존의 시스템과 Code division을 적용한 Cognitive UWB 시스템을 비교한 것이다. 사무실은 앞에서 비교한 실내 환경과 유사하므로 결과도 비슷한 것을 볼 수 있다. 이 경우에서도 기존의 시스템보다 좋은 성능을 보이는 것을 볼 수 있다.



<그림 11 외부 환경에서의 성능 분석>

그림 11은 외부 환경에서 기존의 시스템과 Code division을 적용한 Cognitive UWB 시스템을 비교한 것이다. 외부 환경은 실내 환경보다 주변의 간섭이 더 심하므로 LOS인 CM5가 NLOS인 CM6보다 좋은 성능을 가진다. 하지만 외부 환경에서도 제안된 시스템이 좋은 성능을 보이는 것을 볼 수 있다.

그림 12는 외부 환경에서 기존의 시스템과 Code division을 적용한 Cognitive UWB 시스템을 비교한 것이다. 산업 환경은 실내 환경보다 주변의 간섭이 더 심하므로 LOS인 CM7이 NLOS인 CM8보다 약 4dB의 좋은 성능을 가진다. 이 경우에도 Code를 사용하여 간섭이 심한 부주파수 대역을 피하여 사용하므로 제안된 시스템이 더 좋은 성능을 보이는 것을 볼 수 있다.



<그림 12 산업 환경에서의 성능 분석>

지금까지 실내, 사무실, 외부, 산업 환경 각각의 채널 상황에 따른 제안된 시스템이 더 좋은 BER 성능을 보이는 것을 확인하였다. 본 논문에 제안된 시스템은 Code division 방식을 적용하여 협대역의 간섭들이 점유하고 있는 부주파수 대역은 피하고 좋은 채널 상황인 부주파수 대역을 우선적으로 사용함으로써 우수한 성능을 보이는 것을 확인하였다.

III. 결론

기존의 Cognitive UWB에 코드 분할 방식을 적용하여 복잡도를 줄이는 시스템을 제안하였다. 광대역의 주파수 대역을 부주파수 대역으로 나누어서 사용할 때 코드를 사용함으로써 부주파수 대역마다 각 각의 감지기를 사용하지 않아도 되므로 복잡도는 줄어들게 된다. 이렇게 복잡도를 줄인 시스템은 비어있는 주파수 대역을 찾아서 사용하는 Cognitive UWB의 활용도를 더욱 높일 수 있으며 다른 무선시스템과의 공존에서도 좀 더 지능적인 서비스 할 수 있을 것이다.

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

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

참고문헌

- [1] 유비쿼터스 시대를 대비한 주파수 공유 기술의 발전방향 및 시사점, 전자통신동향분석 제21권 제2호 2006년
- [2] 김재명, "Cognitive Radio 기술의 구조 및 응용" 한국통신학회지 제24권 No.9호, 2007년 p31-41
- [3] K. Siwiak, "Ultra-Wideband Radio : Introducing A New Technology," IEEE VTC-2001, vol. 2, no. 2, pp. 1083-1093, May 2001.
- [4] 황재호, 이성준, 손성환, 김재명, "Cognitive UWB 기

술을 이용한 UWB 시스템에서의 간섭 회피 기술" 한국통신학회 논문지 제33권 No.8호, 2007년 p836-846

- [5] Joseph Mitola III, "Cognitive Radio for Flexible Mobile Multimedia Communications", IEEE International Workshop on Mobile Multimedia Communications, pp.3-10, November 1999.
- [6] S. Haykin, "Cognitive radio; Brain-empowered wireless communication," IEEE j.Sel. Areas Commun., vol. 23, no. 2, pp. 201-220, Feb. 2005.
- [7] Lansford, J., "UWB Coexistence and Cognitive Radio" Joint UWBST & IWUWBS. 2004, pp. 35-39, May 2004.
- [8] 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.
- [9] Honggang Zhang, Xiaofei Zhou, Kamyar Yezdandoost, 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.