

논문 2009-6-6

DTV와 CR 시스템의 구별을 위한 효과적인 알고리즘

Study on Effective Sensing Algorithm for Distinction between DTV and CR Systems

이소영*, 김윤현**, 김진영**

So-Young Lee, Yoon-Hyun Kim, Jin-Young Kim

요 약 주파수 부족 및 비효율적 활용을 완화시키기 위해 제안된 무선인지시스템은 기존의 1차 사용자에게 대한 간섭을 주지 않도록 하면서 유휴주파수를 사용하게 하는 기술로서 최근 주목받고 있는 차세대 이동통신 시스템이다. 최근 FCC는 실질적으로 TV대역에 무선인지 시스템을 적용하도록 하면서 관련된 규정을 개정하였고 TV대역의 유휴주파수에 대하여 고정기기 및 개인 휴대기기에 대한 사용을 허가하도록 방침을 정하였으며 2009년 DTV로 전환 완료이후 해당 기기들의 사용은 본격화 될 것이다. TV 대역 개방에 따른 DTV 신호의 검출을 위해 DTV신호의 센싱방법 중 하나인 파일럿 센싱을 적용하면 파일럿의 위치에 다른 CR 시스템의 신호가 나타났을 때 DTV 신호와 CR 시스템의 신호를 혼동하게 되어 오검출을 하게 되는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 PN 511 sequence를 이용하여 DTV와 CR시스템간의 구별하도록 제안한다.

Abstract Cognitive radio (CR), which is proposed as a technology that utilizes the frequency resources effectively, has studied to relive scarcity of the frequency resources. Also, FCC revises the regulation to reuse the TV white spaces for applying CR system and allows to use the TV white spaces by CR devices and use of CR device may be regularized after conversion by DTV in 2009. If CR system's signal appeared in pilot's position, pilot sensing performs false alarm detection because pilot sensing scheme confuse DTV signal and CR system. In order to improve false alarm detection, we propose distinction scheme between DTV and CR system using PN511 sequence in this paper.

Key Words : Cognitive radio, DTV, PN 511 sequence, System distinction

I. 서 론

최근 무선 통신 서비스의 사용 확대로 인한 주파수에 대한 수요가 급증하면서 주파수 자원의 부족현상이 나타나고 있다. 주파수 자원은 각 나라 별 주파수 정책에 따라서 법적으로 분배되어 주파수를 할당받은 우선순위 사용자가 해당 주파수를 사용하지 않더라도 빈 주파수를 사용할 수 없었다. 그러므로 주파수 자원의 효율적 활용

이 어려웠다. 그러나 연방 통신 위원회 (FCC : Federal Communications Commission)의 주파수 사용에 대한 조사결과에 따르면 할당된 주파수 자원은 특정 시간 및 특정 주파수대역에만 집중되어 실제 사용률은 매우 낮은 것으로 나타났다[1]. 주파수자원의 효율적 사용을 위해 제안된 주파수 공유기술인 인지무선 시스템 (CR : Cognitive Radio)은 주파수 스펙트럼을 SDR (Software defined radio) 기반의 인공지능으로 감지하여 지역별, 시간대별로 유휴 주파수를 인지하여 상황에 맞게 효율적으로 채널을 변경하여 기존 사용자(Incumbent user)에게 간섭을 주지 않고 사용하도록 하는 기술이다[2-4].

*준회원, 광운대학교 전파공학과

**정회원, 광운대학교 전파공학과

접수일자 2009.10.5, 수정일자 2009.11.5

또한 최근 FCC는 실질적으로 TV대역에 무선인지 시스템을 적용하도록 하면서 관련된 규정을 개정하였고 TV대역의 유휴주파수에 대하여 고정기기 및 개인 휴대 기기에 대한 사용을 허가하도록 방침을 정하였으며 2009년 DTV로 전환 완료이후 해당 기기들의 사용은 본격화 될 것이다 [5]. DTV 서비스의 도입으로 White Space의 효율적 이용과 본 대역에 존재하는 기존 사용자인 DTV 신호에 대한 정확한 센싱 및 보호, 향후 등장할 수 있는 통신서비스와의 공존기술에 대한 연구 개발이 필요하다.

DTV신호의 센싱방법 중 하나인 파일럿 센싱은 스펙트럼 센싱 성능이 우수한 방법으로 DTV 신호의 파일럿의 특징을 이용하여 센싱하는 방법이다[6]. 그러나 파일럿 센싱을 수행할 경우 파일럿 신호의 위치에 다른 무선 기기의 신호가 존재하면 이를 DTV신호로 인식하여 오검출을 하게 되는 문제점이 발생한다. 인지무선기술에서 기존 사용자인 DTV 신호가 검출되면 해당 주파수대역을 임의로 사용 중이던 CR 기기들은 기존 사용자에게 간섭을 주지 않기 위해 다른 유휴 주파수를 찾아서 사용해야한다. 하지만 오검출을 하게 되면 해당 대역을 사용하던 CR기기는 다른 유휴 주파수를 찾아야 하므로 서비스의 지속성이나 효율성의 열화를 가져오게 된다. 이와같은 성능의 열화를 방지하기 위하여 본 논문은 DTV신호와 CR 시스템간의 구별을 위해 PN511 Sequence를 활용하여 두 신호의 구별을 하도록 한다[7].

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 II장에서는 시스템 모델과 간략한 구별 알고리즘을 제시하였으며, 제 III장에서는 기존에 제안된 결합 방법 및 본 논문에서 제안한 다수결합 판정의 개념에 대해서 상세히 기술하였다. 제 IV장에서 모의실험 결과를 제시하였고 마지막으로 본 논문의 결론을 제 V장에서 나타내었다.

II. 시스템 모델

ATSC digital television standard에 나와 있는 DTV 신호의 Data frame구조는 다음의 그림 1과 같다.

그림 1에서 볼 수 있듯이 각 데이터 프레임은 2개의 데이터 필드로 이루어져 있고 각 필드는 313 Segment로 이루어져 있다.

각 데이터 필드의 첫 번째 Segment는 동기용 신호인 데이터 필드 동기 신호이고 이 신호는 수신기의

Equalizer에서 사용되는 training sequence를 포함하고 있다.

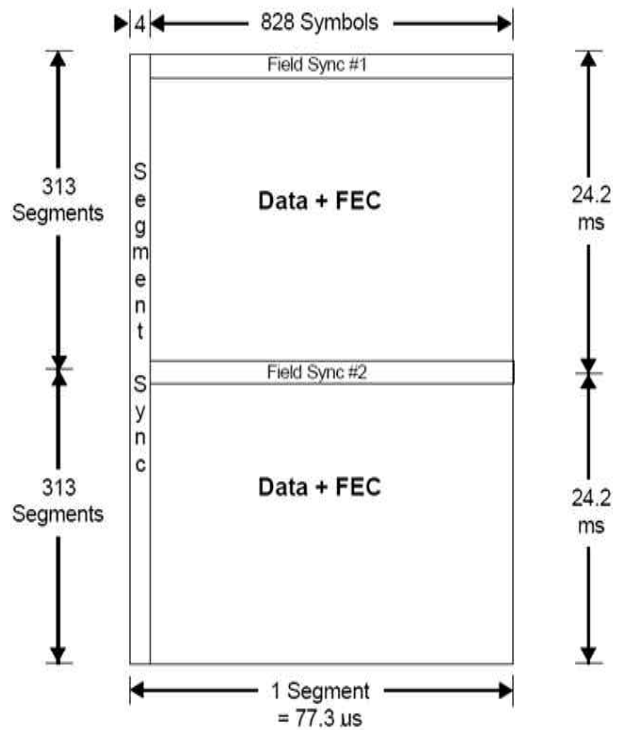


그림 1. DTV의 데이터 프레임 구조
Fig. 1. VSB Data frame

Filed Sync Segment를 제외한 나머지 312데이터 Segment들은 각각 188바이트 트랜스포트 패킷에 FEC (Forward Error Correction)용 데이터가 20byte씩 실려 있다. 각 데이터 Segment에 있는 실제 데이터는 데이터 인터리빙을 방지하기위해 다수의 패킷들로부터 추출된다.

위의 Data frame에서 첫 번째 Segment인 Filed Sync Segment는 DTV 신호의 특징이 삽입된 Segment로서 본 연구에서 DTV와 다른 CR 시스템을 구별하기위해 활용될 PN 511 시퀀스가 삽입된 Segment이다. 다음의 그림 2는 Filed Sync segment의 구조를 자세하게 나타내고 있다.

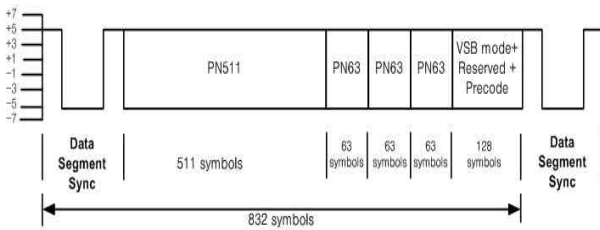


그림 2. DTV 신호의 Filed Sync segment 구조
Fig. 2. ATSC DTV Signal Field Sync Segment

각 데이터 세그먼트는 832개의 심볼로 이루어져 있다. 첫 번째 4개 심볼은 2레벨(±5) 신호로 전송되고 Segment 동기화를 위해 사용된다. 나머지 828개의 심볼은 8레벨(±1, ±3, ±5, ±7) 신호로서 전송된다[8].

III. DTV와 CR 시스템 구별을 위한 알고리즘

본 논문에서는 DTV 신호와 다른 CR 시스템의 신호 구별을 위하여 DTV 신호의 PN 511 sequence를 이용하여 각 시스템의 수신신호와 Correlation을 취하여 그 결과에 따라 DTV신호인지 아닌지 구별하도록 하였다.

아래의 그림 3은 PN 511 sequence를 이용한 DTV신호와 CR 시스템의 구별에 관한 과정을 간략하게 도식화하여 설명하였다.

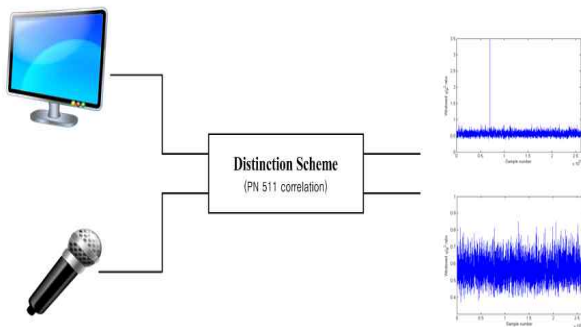


그림 3. DTV와 CR 시스템 신호 구별 블록도
Fig. 3. Simple block diagram of Distinction between DTV and CR Systems

두 신호를 구별하기 시스템은 DTV신호가 존재할 때와 존재하지 않을 때, 즉 PN 511 sequence의 특징이 없는 CR시스템이 존재할 경우의 두가지 상태로 가정 할 수 있으며 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$H_0 = w(n) \quad n = 0, \dots, N-1 \quad (1)$$

$$H_1 = \begin{cases} s(n) + w(n), & n = 0, \dots, N-1 \\ x[n-n_0] + w(n) & n = n_0, \dots, n_0 + M-1 \end{cases} \quad (2)$$

위의 식 (1)과 (2)에서 $w(n)$ 은 독립적인 부가적인 백색 가우시안 잡음 (AWGN : Additive White Gaussian Noise)이고, $s(n)$ 은 DTV의 신호, $x(n)$ 은 PN 511 sequence 이다. 식(1)의 H_0 는 DTV 신호가 존재하지 않는 상황으로 CR 시스템이 해당 스펙트럼에 존재할 경우로 가정할 수 있으며 H_1 은 DTV신호가 존재하는 상황으로 가정할 수 있다.

각 시스템의 수신신호와 PN 511 sequence 결과를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$r(k) = \sum_{n=0}^{N-1} r_{n+k} x(n) \quad (3)$$

위 수식에서 $r(n)$ 은 각 시스템의 수신신호이고, $x(n)$ 은 PN 511 sequence이고 $r(n)$ 은 시스템의 수신신호와 PN 511 sequence의 correlation 결과이다.

그림 3에서와 같이 수신신호 $r(n)$ 이 DTV 신호인 경우에는 PN 511 sequence가 삽입된 위치에서 peak값을 가지게 되지만 기타 CR시스템일 경우에는 어떠한 peak값도 나타나지 않는다. 이러한 correlation의 특징을 이용하여 DTV 신호와 다른 CR 시스템의 신호 구별하도록 한다.

IV. 실험 및 결과

이번 장에서는 DTV 신호 CR시스템을 구별하기 위하여 PN 511 sequence를 이용한 SNR에 따른 Correlation 결과를 나타내었다.

본 모의 실험은 CR 시스템 기기를 각각 무선마이크와 OFDM신호로 임의로 생성한 신호를 CR 시스템으로 가정하여 실험 하였다.

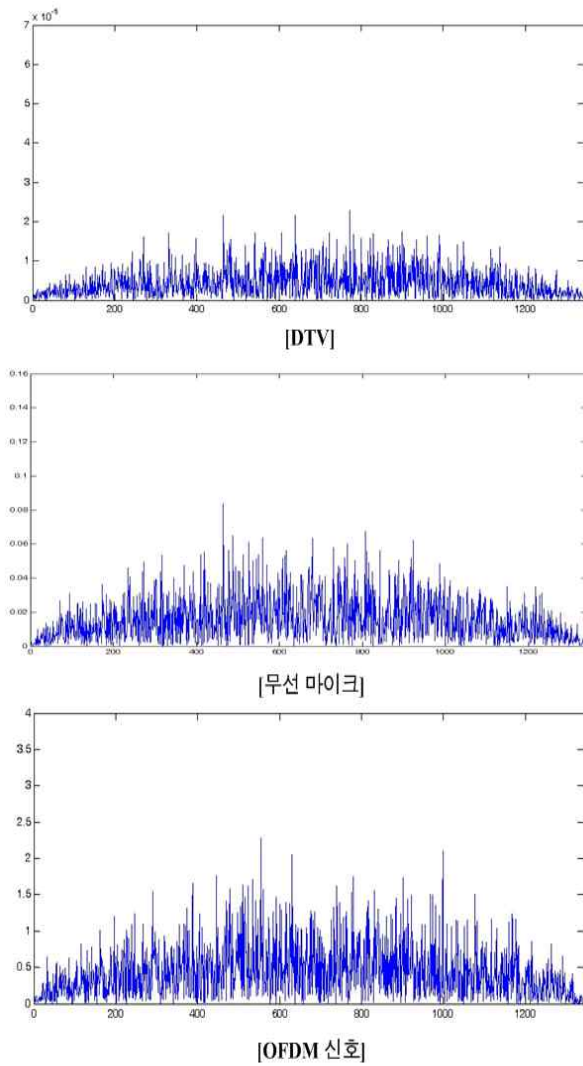


그림 4. SNR -10dB 에서 각 시스템별 correlation결과
 Fig. 4. Correlation results of the DTV, Wireless microphone, OFDM signal(SNR = -10dB)

먼저 그림 4의 실험결과에는 SNR이 -10dB 일 때 DTV 신호와 CR 시스템의 PN 511 sequence와의 correlation 결과를 나타낸 것이다. 실험결과에 따르면 -10dB 일 때는 PN 511 sequence를 적용한 구별방식으로는 DTV와 다른 CR 시스템간의 구별이 잘 되지 않음을 알 수 있다. 이는 PN 511 sequence를 이용하여 DTV를 검출해내는 IEEE 802.22 기고문에서도 나타난 문제인데 향후 낮은 SNR에서도 PN 511 sequence를 적용하여 DTV신호를 측정할 수 있도록 추가 연구가 필요한 사항이다.

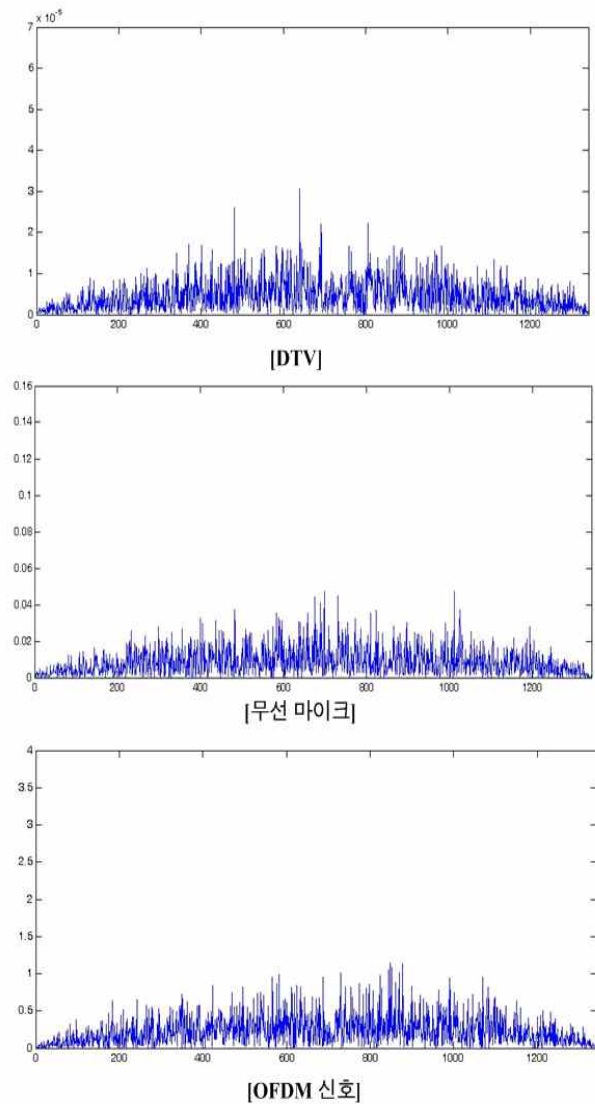


그림 5. SNR -8dB 에서 각 시스템별 correlation결과
 Fig. 5. Correlation results of the DTV, Wireless microphone, OFDM signal(SNR = -8dB)

다음의 그림 5는 SNR이 -8dB 에서 DTV와 CR 시스템의 correlation 결과 비교를 나타내었다. 실험 결과에 따르면 DTV의 경우 아래 두 시스템에 비하여 correlation 특성이 나타나고 있음을 알 수 있다. 위의 그림 4의 실험결과와는 확실히 차이가 실험을 통하여 알 수 있다. 다음의 그림 6은 SNR이 -5dB 에서 DTV와 CR 시스템의 correlation 결과 비교를 나타내었다.

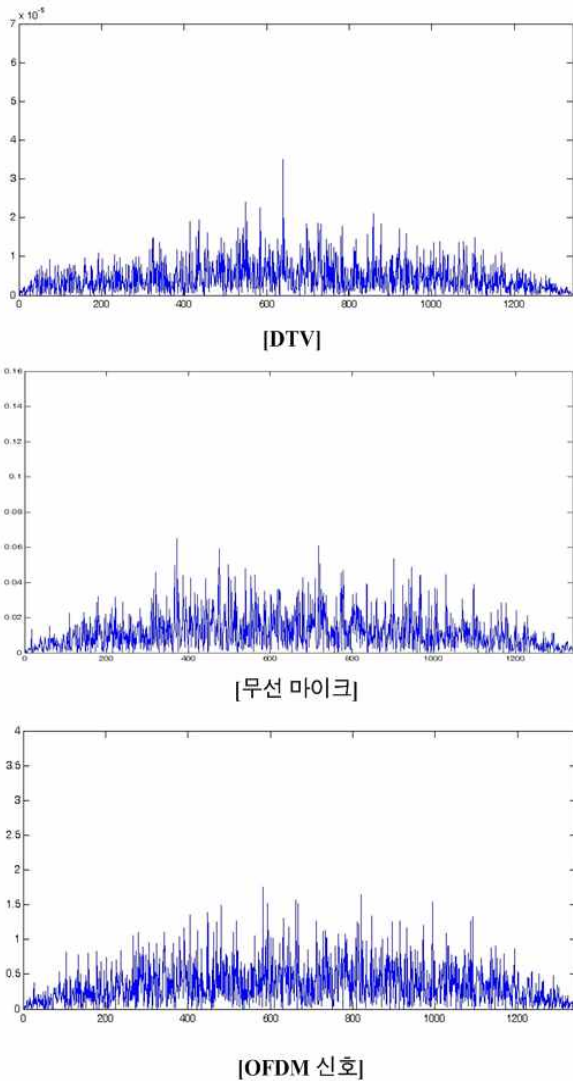


그림 6. SNR -5dB에서 각 시스템별 correlation결과
 Fig. 6. Correlation results of the DTV, Wireless microphone, OFDM signal(SNR = -5dB)

그림 6의 실험결과 역시 그림 5의 결과와 같이 DTV 신호가 다른 두 시스템과는 다른 correlation특징이 나타나는 것을 실험을 통하여 알 수 있다. 또한 SNR 특성이 좋아짐에 따라서 correlation의 특징도 더욱 명확하게 나타남을 알 수 있다. 다음의 그림 7은 0dB에서 DTV와 CR 시스템의 correlation 결과 비교를 나타내었다.

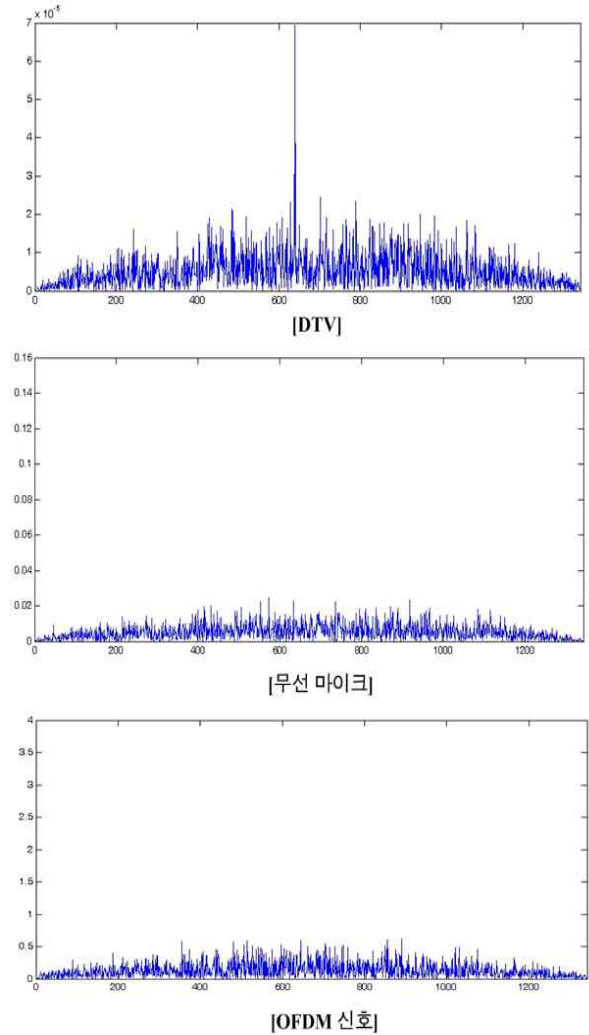


그림 7. SNR 0dB에서 각 시스템별 correlation결과
 Fig. 7. Correlation results of the DTV, Wireless microphone, OFDM signal(SNR = 0dB)

그림 7의 실험결과는 SNR이 -8dB와 -5dB일때에 비하여 더욱 확실한 correlation특징을 보여주고 있다. SNR 성능이 개선됨에 따라서 DTV신호와 PN 511 sequence의 correlation의 결과가 뚜렷하게 나타나는 것을 알 수 있다. 위의 실험 결과를 모두 고려하여 SNR이 약 -8dB부터 DTV신호와 CR 시스템을 PN 511 sequence의 특성을 이용하여 구별 할 수 있음을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 PN511 sequence를 이용하여 DTV와 CR 시스템을 구별하도록 하였다. 파일럿 센싱 수행시 파일럿 위치에 CR 시스템의 신호가 발생하면 CR시스템의

신호를 DTV로 오검출 하여 성능의 효율성이나 서비스의 지속성면에서 열화가 발생하는 것을 방지하기 위해 제안된 방법이다.

본 논문에서 제안된 구별방법은 기존사용자인 DTV 신호는 면허 사용자로서 시스템에 어떠한 변경이나 다른 방법을 적용하기 어려운 점을 고려하여 기존의 DTV 신호가 가지고 있는 특징을 활용하였으며 구별하기 위한 알고리즘도 간단하다.

위의 실험결과를 바탕으로 PN 511 sequence를 이용한 DTV와 CR 시스템의 구별 가능성을 알 수 있었으며 SNR의 성능이 좋아질수록 DTV와 다른CR시스템의 구별이 더욱 확실해짐을 알 수 있었다. 향후 낮은 SNR에서도 PN 511 sequence한 DTV와 CR 시스템간의 구별이 가능하도록 지속적인 연구 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] I. F. Akyildiz, W. Y. Lee, M. Vuran, and S. Mohanty, "Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: a survey," Computer Networks, vol. 50, no. 13, pp.

2127 - 2159, May 2006.
 [2] J. Y. Kim. Cognitive Radio Communications, Seoul, Gyobo Publishers, 2008.
 [3] J. Mitola III and G. Q. Maguire Jr., "Cognitive radio: making software radios more personal," IEEE Personal Commun., vol. 6, No. 4, pp. 13-18, Aug. 1999.
 [4] S. Haykin, "Cognitive radio: brain-empowered wireless communications," IEEE J. Select. Areas Commun., vol.23, No.2, pp. 201-220, Feb. 2005.
 [5] FCC, ET Docket No. 08-260, "Second report and order and memorandum opinion and order," Nov. 2008.
 [6] M. Ghosh, "Text on FFT-based pilot sensing", IEEE 802.22, doc. no. 22-07-0298-01-000, Jul. 2007
 [7] IEEE 802.22 draft standard, "IEEE P802.22TM/D0.3 Draft Standard for Wireless Regional Area Networks," doc. no. 22-07-0126-00-0000, Mar. 2007.
 [8] J. C. Mckinny, R. Hopkins, "ATSC Digital Television Standard," Apr. 1995.

저자 소개

이 소 영(준회원)



- 2004년 광운대학교 전자공학부 학사 졸업.
- 2009년 현재 광운대학교 전자공학과 석사 과정.

<주관심분야 : 무선통신, 인지라디오>

김 윤 현(정회원)



- 2006년 광운대학교 전파공학과 학사 졸업.
- 2008년 광운대학교 전파공학과 석사 졸업.
- 2009년 현재 광운대학교 전파공학과 박사 과정.

<주관심분야 : 협력통신, 무선통신, 채널부호화, 가시광통신>

김 진 영(정회원)



- 1998년 서울대학교 전자공학과 공학 박사
- 2000년 미국 Princeton University, Research Associate
- 2001년 SK 텔레콤 네트워크연구원 책임 연구원
- 2009년 현재 광운대학교 전자공학과

부교수

- 2009년 현재 미국 MIT 공대 Visiting Scientist

<주관심분야 : 디지털통신, 무선통신, 채널부호화>