

# Cognitive Radio 센서로 이용되는 Energy Detection 및 Matched Filter 기법의 기술특성 분석에 관한 연구

\*문경환 \*\*이일규 \*\*\*이정석 \*\*\*\*곽진교 \*\*\*\*성향숙 \*\*\*\*위규진 \*\*\*\*\*차재상<sup>Ⓢ</sup>  
\*성균관대학교 \*\*공주대학교 \*\*\*삼성전기 \*\*\*\*전파연구소 \*\*\*\*\*서울산업대학교  
\*pscal@paran.com, \*\*\*\*\*chajs@snut.ac.kr<sup>Ⓢ</sup>

## A study of analysis of energy detection method and matched filter used for cognitive radio sensor

\*Moon, Kyung-Hwan \*\*Lee, Il-Gyu \*\*\*Lee, Jung-Seok \*\*\*\*Kwak, Jin-Gyo  
\*\*\*\*\*Sung, Hyang-Suk \*\*\*\*Wi, Gyu-Jin \*\*\*\*\*Cha, Jae-Sang  
\*Sung Kyun Kwan University. \*\*Kongju University. \*\*\*Samsung Electro-Mechanics Co. Ltd.  
\*\*\*\*Radio Research Laboratory. \*\*\*\*\*Seoul National University of Technology.

### 요약

방송 및 비면허 대역에서의 주파수 자원을 효율적으로 활용하기 위한 Cognitive Radio(CR)기술의 구현을 위해서는 우선적으로 해결해야할 점이 무선 상에 존재하는 관련 주파수 스펙트럼을 센싱하는 기술의 구현이라고 할 수 있다. 이러한 주파수 스펙트럼 센싱 기술이 구현되어야만, 센싱을 통해서 획득된 주파수 할당 데이터를 기반으로 CR의 개념이 원활하게 동작됨과 동시에 기존의 무선통신 주파수의 우선 이용자간의 간섭문제 또한 야기되지 않는다는 특징을 갖게 된다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 Cognitive Radio 센서로 이용되는 Energy Detection 및 Matched Filter 기법의 기술특성 분석 및 최신기술동향에 대하여 기술하였다.

## 1. 서론

최근, 유비쿼터스 네트워크를 궁극적인 목적으로 하는 무선통신의 폭발적인 수요 창출은 IT 및 유관산업의 활성화와 국가 경쟁력 제고에 선도적이며 중추적인 역할을 해오고 있다. 이러한 이동통신 수요의 급격한 증가와 새로운 초고속 무선 인터넷 및 멀티미디어 서비스 등은 눈부시게 발전하고 있으나, 이를 지원하기 위한 신규 주파수 자원은 거의 고갈되어 있는 상태이며, 면허가 필요 없이 소출력 무선기기의 통신이 허가되는 비면허(Unlicense)주파수 대역조차도 다양한 홈 네트워크 및 소출력 무선기간 간섭이 큰 문제가 되고 있는 실정이다[1].

이러한 상황에서 주파수 간섭을 해결하고 한정된 주파수 자원을 효율적으로 활용하기 위한 Cognitive Radio(CR)기술이 차세대 무선통신의 핵심 기술로 인식되고 있다.

Cognitive Radio기술은 포화상태에 놓여있는 기존 주파수 자원을 최대한 효율적으로 이용하기 위한 기술로서, 수시로 가변하는 유휴 스펙트럼을 찾아내어 활용함으로써 전체적인 주파수 효율성을 향상시킬 수 있는 획기적인 신기술이라고 할 수 있다.

이러한, Cognitive Radio 기술의 구현을 위해서는 무엇보다도 우선적으로 해결해야할 점이 무선 상에 존재하는 관련 주파수 스펙트럼을 센싱 하는 기술의 구현이라고 할 수 있다. 이러한 주파수 스펙트럼 센싱 기술이 구현되어야만, 센싱을 통해서 획득된 주파수 할당 데이터를 기반으로 Cognitive Radio의 개념이 원활하게 동작됨과 동시에 기존의 무선통신 주파수의 우선 이용자 간의 간섭문제 또한 야기되지 않는다는 특징을 갖게 된다.

주파수 스펙트럼을 센싱하는 스펙트럼 센서는 교외 지역까지 초고속 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해 허가(Licensed) 주파수 대역인 54~862 MHz의 TV 방송대역에서 기존 주파수 우선 사용자의 이용 현황을 감지하고 간섭을 일으키지 않고 사용하는데 유연한 기능을 보장할 수 있으며, 비허가(Unlicensed) 주파수 대역인 ISM 대역, UNII 대역 등에서도 미사용 주파수를 검출하여 상황에 따라 채널을 신속하게 변경하며 사용할 수 있는 핵심적인 요소 기술이다[2].

따라서 본 논문에서는 Cognitive Radio 기술의 개략적인 설명과 이를 구현하기 위한 필요 요건들에 대해 기술하고, Cognitive Radio 센서로 이용되는 Matched Filter 및 Energy Detection 기법의 기술특성에 대해 분석하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장에서는 Cognitive Radio 기술 및 센서기술의 필요성을 언급하였고, 2장에서는 Cognitive Radio 기술의 간략한 설명과 Cognitive Radio 기술과 연계된 표준화 동향을 기술하고자 한다.

이어서 3장에서는 Cognitive Radio 센서로 이용되는 대표적인 Detector별 센싱 기술에 대한 설명 및 분석을 통해 주파수 자원을 효율적으로 센싱하는 방안을 제시하고 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

## 2. Cognitive Radio 기술의 개념 및 표준화 동향

### 가. Cognitive Radio 기술의 개념

Cognitive Radio기술은 앞에서 설명한 바와 같이 기존의 무선

통신 주파수 이용자에게 간섭 신호를 일으키지 않고 비어 있는 주파수를 검색하여 유휴 주파수 대역을 사용하는 기술로서 4G(Generation) 차세대 무선 이동통신 기술과 더불어 중용하게 사용될 수 있는 개념의 기술이다. 그리하여 Cognitive Radio의 구조는 일반적인 무선통신 시스템에 추가적으로 주파수 검출기능과 이에 대한 운용 기술을 부가해서 사용하여야 한다.

그림 1은 Cognitive Radio 기술의 Block Diagram과 각 블록마다 Cognitive Radio에 사용되는 기능들을 나타냈다[3].

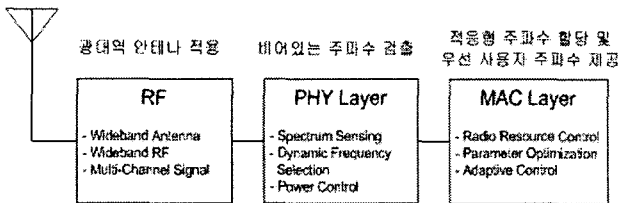


그림 1. Cognitive Radio의 Block Diagram

그림 1에서 주파수 스펙트럼 검출과 관련된 시스템의 동작 원리를 설명하면, 먼저 안테나로부터 입력되는 광대역 RF 신호의 주파수 스펙트럼 환경을 임의로 정한 채널 대역폭과 동일 대역폭으로 검출하고 그 결과를 데이터화하여 임의의 시간에 사용 중인 채널과 비어 있는 채널을 확인하고, 비어 있는 채널을 이용하여 신호를 송신하거나 수신한다. 비어 있는 채널을 송신 채널로 이용한다면, 송신기는 채널 대역폭에 적합한 송신전력, 변조방식, 주파수 등을 선택한다. 또한 수신 채널로 이용한다면 채널 추정(Channel Estimation), 간섭 억압 기술을 이용하여 최적의 신호를 복원한다.

이때 비어 있는 채널은 단일 채널 또는 복수 개의 채널을 구성할 수 있다. 그러나 주파수 채널 환경이 시간, 지역적으로 변화할 수 있기 때문에 일정한 간격으로 주파수 스펙트럼 환경 검출 결과를 업데이트 하여야 하며, 해당 주파수를 사용하는 우선 사용자의 경우에는 언제나 간섭을 주지 않고 다른 주파수 대역으로 옮겨서 통신을 수행하여야 한다.

## 나. Cognitive Radio와 연계된 표준화 동향

최근 무선 통신 시장이 급격히 커지면서 주파수 부족 현상이 심화되고 이를 극복하기 위해서 Cognitive Radio나 UWB와 같은 주파수 공유 기술이 필요하게 되었다.

Cognitive Radio 기술을 적용한 시스템은 현재 국내외적으로 아직 개념이 도입되고 있는 단계에 있으므로 구체적인 상용화 데이터나 관련 통계 자료를 취득하는 것은 아직까지는 시기상조라고 할 수 있다. 하지만, Cognitive Radio 개념은 최근 들어서, SDR 및 IEEE 802.22 WRAN시스템과 연계되어 활발한 논의가 진행 중이며, 방송주파수 대역 및 비면허 주파수대역을 사용하는 시스템들에 있어서도 표준화와 일부 연계되어 활발한 논의가 진행 중이다[4].

이에 대한 Cognitive Radio와 연계되는 IEEE 802.22의 표준화 동향을 간략히 살펴보면, 우선 2003년 12월에 FCC NPRM(Notice of Proposed RuleMaking)에서 주파수 공유 사용 가능성이 언급된 이후 이를 현실적인 시스템으로 개발하려는 노력으로 IEEE802.22이라는 표준화 기구를 탄생시켰다. 2004년 11월에 IEEE802.22 첫 모임을

가졌으며, 이 후 2개월에 한번씩 표준화 미팅을 하고 있고, 2006년에 1월 회의에서 ETRI-삼성-필립스 등이 통합하여 메이저 그룹으로 자리 잡으면서 표준화를 주도하게 되었고, 이의 영향으로 2006년 3월 회의에서는 RUNCOM-ST Micro 등의 모든 Proposal 제안 그룹이 메이저 그룹에 통합하는 데 합의하였다. 현재에는 FCC가 SDR 다음 단계로 ISM (industrial scientific and medical equipment) 대역인 900MHz, 2.4GHz, 5GHz 대역에 CR 기술 도입을 추진하고 있고, TV 방송 일부 주파수대에도 CR 적용을 검토하고 있다. 그러나 다양한 기술적인 논의의 필요성으로 국제적인 표준화 수립 일정은 다소 늦춰질 전망이다.

IEEE802.22 사용 대상은 미국이나 캐나다의 도시 외곽 지역이나 개발도상국이며, TV 대역에 CR을 사용하여 무선통신 서비스를 제공하는 것이 목표이다. 정지된 사용자에게 패킷(Packet) 데이터를 전송한다는 측면에서 보면 IEEE802.22의 사용자는 IEEE802.16의 Wimax와 유사하지만 목표 시장에서 다소 차이가 있다. IEEE802.22 WRAN은 인구 밀도가 IEEE802.16 (WMAN : wireless metropolitan area network)에서 대상으로 하는 것보다 낮은 지역에서 사용된다. 이런 면에서 보면 현재 무선 단말기 제조업체나 무선통신 사업자들에게는 시장 규모가 현재 사용되고 있는 시장보다 상대적으로 작아서 많은 관심을 끌지 못할 것으로 예상되지만 Cognitive Radio라는 새로운 개념의 통신방식이 처음으로 표준화가 진행되고 있고 이의 개량된 형태가 차세대 무선통신 기술과 접목하여 사용될 수 있기 때문에 관심을 가지고 있다.

표 1은 IEEE 802.22 WRAN 시스템에서 제시되고 있는 스펙트럼 센싱 및 채널 이용기준의 주요 파라미터를 나타낸 것이다[5].

표 1. IEEE 802.22 WRAN에서의 스펙트럼 센싱 및 채널 이용기준

DFS 파라미터	part 74 Devices	TV 브로드캐스팅
채널 이용 체크 시간	30sec(recommended)	30sec(recommended)
비점유 주기(최소)	10minutes (recommended)	10minutes (recommended)
채널 판정 시간	<= 2sec to >= 90% Probability of Detection with a False Alarm rate of <= 10%	<= 2sec to >= 90% Probability of Detection with a False Alarm rate of <= 10%
채널 준비 시간	2 sec	2 sec
채널 오프닝 전송시간 (총 전송시간)	100 msec	100 msec
채널 이동 시간 (In-service monitoring)	2 sec	2 sec
채널 클로징 전송시간 (총 전송시간)	100 msec	100 msec
기준 판정 임계값	-107 dBm (200kHz BW)	-116 dBm (6 MHz BW) for DIV

표 1의 파라미터들을 간략하게 설명하면, 채널 이용 체크시간은 무선 마이크로 폰(part 74 Devices) 및 해당 TV 채널의 WRAN 사용자가 사용하기 이전에 채널사용이 가능한가를 검사하는 시간이고, 비점유 주기(최소)는 우선 사용자 신호가 검출된 채널에 대하여 WRAN 사용자로 하여금 사용을 금지하는 기간, 그리고 채널 판

정 시간은 10% 이하의 오경보 확률(probability of false alarm) 조건에서 90% 이상 우선 사용자 신호의 검출 확률을 갖는 센싱 시스템에서 2초 이하 간격의 센싱 주기(sensing period)를 설정하여 2초 이하의 시간에 우선 사용자 신호의 검출을 의미한다. 그리고 채널 준비 시간은 채널 오프닝 전송시간을 포함하고 있는데 채널 설정 과정에서 제어정보를 전송하기 위한 전송시간을 100msec 이내로 설정한 것이 채널 오프닝 전송시간이며, 채널 이동 시간에서는 채널 클로징 전송시간을 포함하고 있는데 채널 전환과정에서 제어정보를 전송하기 위한 전송시간을 100msec 이내로 설정한 것이 채널 클로징 전송시간이다. 따라서 센싱 수신기는 표 1의 파라미터들을 만족하도록 구현되어야 하며, MAC 프로토콜 또한 표 1의 파라미터들을 만족하도록 스펙트럼 센싱에 관련된 프로토콜을 작성해야 한다.

이와 같이, Cognitive Radio 구현을 위해서는 이러한 주파수 스펙트럼 센싱 기술이 구현되어야만, 센싱을 통해서 획득된 주파수 할당 데이터를 기반으로 Cognitive Radio의 개념이 원활하게 동작됨과 동시에 기존의 무선통신 주파수의 우선 이용자 간의 간섭문제 또한 야기되지 않는다는 특징을 갖게 된다.

따라서, 본 논문에서는 Cognitive Radio 센서로 이용되는 스펙트럼 센싱 기술에 대하여 언급하고, 이 중에서 Energy Detection 및 Matched Filter 기법의 기술특성 분석 및 효율적으로 센싱하는 방안에 대하여 제시하고자 한다.

### 3. Cognitive Radio의 스펙트럼 센싱 기술

#### 가. 스펙트럼 센싱 기술의 분류 및 특징

무선 광대역 시스템에서 주파수 자원의 효율성을 높이기 위한 일환으로 주파수 스펙트럼 센싱 기술을 이용하여 기존의 무선통신 주파수의 우선 이용자에게 간섭 신호를 일으키지 않고 비어 있는 주파수를 인지하여 초고속 멀티미디어 서비스를 도심 지역 또는 교외 지역까지 제공한다. 이와 같이, IEEE 802.22 표준화에서 제시되고 있는 각각의 스펙트럼 센싱 기술은 그림 2와 같이 Coarse 검출방식과 Fine/Feature 검출 방식으로 구성된다[6].

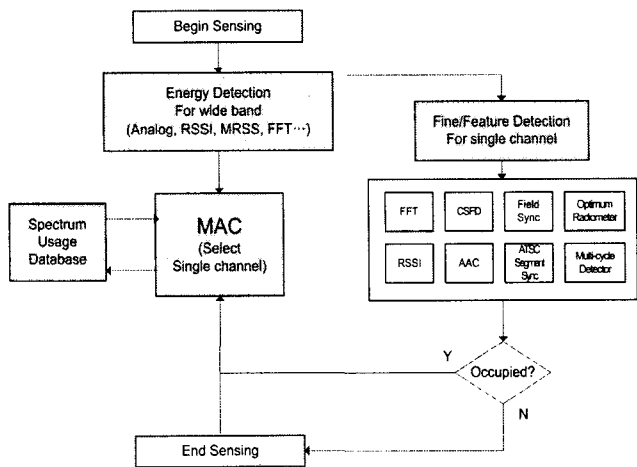


그림 2. 스펙트럼 센싱 기술의 분류 및 흐름도

그림 2에서의 스펙트럼 센싱 기술의 분류 중 Coarse 검출방식은 일반적으로 Energy Detection방법에 의해 수행되는데, 스펙트럼 센싱의 초기에 스펙트럼 전 대역을 센싱 하고자 할 때, 즉 빠른 시간 내에

전대역 채널에 대한 점유 여부를 검사하기 위해 센싱 시간(sensing duration)을 짧게 하는 기술이다.

이에 반해 Fine/Feature 검출방식의 기본적인 Matched Filter 기반의 센싱 기술은 미약한 우선 사용자 신호에 대한 검출 성능을 향상시키고 점유된 채널의 변조방식 및 신호구분을 위해 사용된다.

Fine/Feature 검출방식은 Coarse 검출방식보다 센싱 시간이 길어 지므로 통신 중에 자주 사용하게 되면 패킷 throughput이 감소하는 결과를 초래한다.

일반적으로 이러한 스펙트럼 센싱 기술에서 1차적으로 우선 사용자 유무를 검출하기 위한  $x(t)$  신호의 기본적인 검출방법을 수식으로 표현하면 다음 식 (1)과 같다.

$$x(t) = \begin{cases} H_0: & n(t) \\ H_1: & A_s(t) + n(t) \end{cases} \quad (1)$$

$t=1, \dots, N$  (observation interval)

수식 (1)에서의  $x(t)$ 는 광대역 RF 안테나를 통해 수신 받은 이상적인 신호이다. 수식 (1)에서  $s(t)$ 는 우선 사용자의 전송신호를 나타내며,  $A_s$ 는 채널의 진폭 값(Amplitude Gain)을 의미한다. 또한,  $n(t)$ 는 우선 사용자 신호에 부가되는 AWGN (Additive White Gaussian Noise) 잡음이다.

여기서, 특정 주파수 대역 안에 우선 사용자 신호가 없는 경우 (unlicensed user)를  $H_0$  로 가정할 수 있으며,  $H_1$ 은 우선 사용자 신호 (licensed user)가 발생되었을 경우를 나타낸다.

따라서, 상기 나타낸 방식으로 표현할 수 있는 Coarse 검출방식과 Fine/Feature 검출방식의 대표적인 에너지 검출 방식(Energy Detection)과 정합 필터 방식(Matched Filter)을 자세히 기술하면 다음과 같다.

#### 나. Detector별 센싱 기법의 특징 및 비교 분석

##### 1) 에너지 검출 방식 (Energy Detection)

Cognitive Radio에서의 스펙트럼 센싱을 위한 대표적인 Detector별 센싱 기법 중 에너지 검출 방식(Energy Detection)은 비동기 (Noncoherent)신호 검출방식으로 FFT(Fast Fourier Transform)에 의해 주파수 성분을 평균화하는 기술로 스펙트럼 분석기와 유사한 특성을 나타내며, 하드웨어 구조가 간단하다. 그러나 에너지 검출방식은 이미 설정된 해당 주파수 신호의 세기에 따라서 신호의 존재 유무를 검출하는 방식이므로 불규칙하게 변하는 간섭신호(Interference)에 대한 대비책이 없어서 정확한 신호 검출이 어려우며, 시간에 따라 신호의 특성이 변하거나 Spread Spectrum 방식과 같은 신호를 검출할 수 없다는 단점이 있다. 그림 3은 이러한 Energy Detection 방식의 구조를 나타낸 것이다[7].

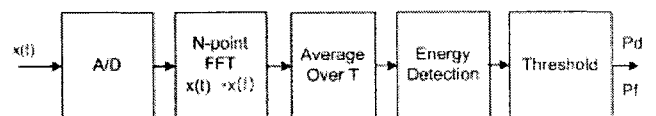


그림 3. 에너지 검출 방식(Energy Detection)의 구조

그림 3에서의 에너지 검출 방식의 구조를 살펴보면, 우선, 광대역 RF 안테나를 통해 수신 받은 전송신호  $x(t)$ 를 A/D 변환기를 거쳐 디지털

널 신호로 변환한 후, N-point를 갖는 FFT 연산 및 평균을 취한다. 다음으로 그 에너지를 구하여 특정 임계치(Threshold)와 비교하는 방법을 통해 해당 주파수 채널 내에 존재하는 신호세기의 존재 여부를 검출한다. 여기서, 처리 이득은 FFT 크기 N과 관측/평균 시간 T와 비례한다. FFT 크기 N을 증가시키면 협대역 신호에 대한 주파수 스펙트럼의 해상도(Resolution)가 개선되며, 평균 시간 T가 길어지면 잡음 전력 레벨이 감소하여 SNR(Signal to Noise Ratio)을 개선시킬 수 있다.

또한, 그림 3에서의 Energy Detection을 수식으로 나타내면 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$Y = \sum_{f} |X(f)|^2 \quad (2)$$

Energy Detection을 통해 도출된 Y값은 미리 준비된 특정 임계치 레벨(Threshold)  $\delta$ 와의 비교를 통해 최종적으로 에너지를 검출한 확률  $P_d$ 와 오판경보(false alarm)  $P_f$ 를 나타내며 이는 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} P_d &= P\{Y > \delta\} \\ P_f &= P\{Y < \delta\} \end{aligned} \quad (3)$$

## 2) 정합필터 방식 (Matched Filter)

Cognitive Radio에서의 스펙트럼 센싱을 위한 정합필터 방식(Matched Filter)은 동기(Coherent)신호 검출방식으로 펄스의 폭(주기 T)동안 펄스의 존재 여부를 판별하는 순간에 입력 신호의 성분을 최대한으로 강조하고, 동시에 잡음 성분을 억제해서 펄스의 존재 여부를 판별하여 에리 확률을 가장 적게 하는 기능을 갖는 검출 방식이다.

이러한 정합필터 방식은 임의의 검파 시간에 SNR을 최대화 할 수 있는 점에서 우선 사용자의 신호를 효과적으로 복조할 수 있다.

또한, 동기신호 검출에 있어서 타이밍 및 캐리어 동기, 채널 이퀄라이저를 이용하여 우선 사용자의 변조 방식, 순서, 신호 형태 및 패킷 형식에 대한 정보를 검출하고 파일럿, 프리앰블, 확산 부호 등을 파악할 수 있다. 예를 들면, TV는 오디오 및 비디오 캐리어를 위한 협대역 파일럿 신호가 있으며, CDMA는 파일럿 동기 채널을 위한 확산부호 신호, OFDM 패킷은 패킷 동기를 위한 프리앰블 신호를 가지고 있다. 이러한 신호를 검출하는데, 정합필터 방식이 짧은 시간에 최적의 신호 동기를 구현할 수 있다. 그러나 무선 광대역 시스템에 정합필터 방식을 이용하여 광대역에 분포하고 있는 우선 사용자의 송신 신호에 대한 정보를 검출하려면 우선 사용자 검출할 수 있는 전용 수신기가 필요하므로 시스템의 하드웨어 구조가 매우 복잡한 단점이 있다. 그림 4는 이러한 Matched Filter 방식의 구조를 나타낸 것이다[8].

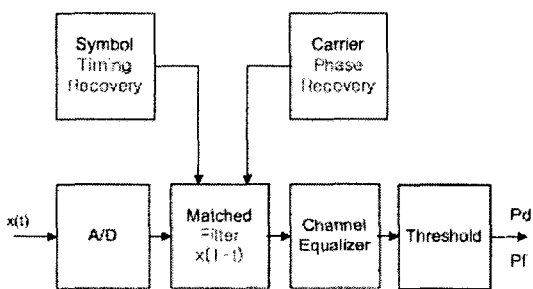


그림 4. 정합필터 방식(Energy Detection)의 구조

그림 4에서의 정합필터 방식의 구조를 살펴보면, 우선 전송 채널로부터 수신 받은 신호  $x(t)$ 를 디지털 신호로 변환하기 위해 A/D 변환기를 거치고, 우선 사용자 신호에 대한 확산코드를 정합필터 단에 참조신호로 두어 시간적으로 변화하는  $x(t)$ 에 대하여 정합되었을 경우 확산 처리이득(Process Gain)값을 통해 신호의 검출 여부를 판단한다.

또한, 정합필터 단에는 확산코드 정보이외의 심벌 타이밍 정보 및 캐리어 위상 정보를 포함할 수 있으며, 정합필터 후단에는 채널을 보상하기 위한 채널 이퀄라이저가 구성된다.

그림 4에서의 우선 사용자 신호가 발생하였을 경우 입력  $x(t)$ 는 다음 식 (4)와 같이 표현할 수 있다[9].

$$x(t) = A_r s(t) c(t) + n(t) \quad (4)$$

수식 (4)에서의 우선사용자의 전송신호는 확산신호  $c(t)$ 와 곱해지며 확산신호  $c(t)$ 를 다음 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$c(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n p(t - n T_c) \quad (5)$$

여기서,  $\{c_n\}$ 은  $\pm 1$ 인 2진 확산코드이며,  $p(t)$ 는 지연시간이  $T_c$ 인 구형파이다. 구형파  $P_1$ 는 일반적으로 칩이라 불리고, 이 신호의 지연시간  $T_c$ 는 칩 간격이라 한다. 역수  $1/T_c$ 는 칩 비율이라 하며, 전송신호의 대역폭  $W$ 와 일치한다. 비트 간격  $T_b$ 와 칩 간격  $T_c$ 의 비는 확산 처리이득이며 이는 식 (6)과 같이 표현할 수 있다.

$$G_c = \frac{T_b}{T_c} \quad (6)$$

수식 (6)에서  $G_c$ 는 정보 비트당 확산되는 칩의 수를 의미한다. 또한, 확산신호가 부가된 우선 사용자 신호를 복조하기 위해서는 수신신호에 참조신호로 포함되어 있는 확산신호  $c(t)$ 를 다시 곱한다.

이는, 수신단에서  $c(t)$ 와 곱하여 송신단에서의 확산된 신호를 원래 상태로 복구하기 위함이다. 이에 대한 수신신호는 다음 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y(t) = A_r s(t) c^2(t) = A_r s(t) \quad (7)$$

수식 (7)에서 입력되는 잡음 신호는 무시하고, 신호 성분만을 살펴보면, 모든  $t$ 에서  $c^2(t)=1$ 이므로 전송된 우선 사용자 신호의 유무를 식 (3)에 대입하여 검출할 수 있다.

따라서, 상기 Cognitive Radio 센서로 이용되는 Energy Detection 방식 및 Matched Filter 방식을 수학적 모델로 비교 분석함으로써, 다양한 스펙트럼 센싱 기술의 검증 및 개발이 가능할 것이다.

또한 주파수 스펙트럼 환경이 시간에 따라 가변하고 보다 정밀한 스펙트럼 성분을 검출하기 위해서는 Energy Detection 방식과 Matched Filter 방식이 상호 보완적으로 구현되는 것이 유리할 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 논문에서는 최근 급속하게 대두되고 있는 Cognitive Radio의 기술에 대하여 살펴보고 Cognitive Radio 센서로 이용되는 Energy Detection 및 Matched Filter 기법의 기술특성 및 수학적 모델을 정립하였다. 현재 Cognitive Radio 기술은 아직까지도 구체적인 표준규격 및 상용화레벨의 기술개발이 확립되지 않은 단계이며 Cognitive Radio 기술에 이용되는 스펙트럼 센서기술 역시 국내외 산업체 및 연구기관에서 연구 개발되고 있지만 아직 연구개발 단계가 미흡한 실정이다.

따라서 본 논문을 통해 소개된 Energy Detection 방식 및 Matched Filter 방식의 기술특성 분석을 통해 향후 스펙트럼 센서가 성공적으로 개발된다면, 무선 광대역 시스템뿐만 아니라 기존의 WLAN, WPAN 등의 시스템에 적용되어 다양한 무선통신 솔루션을 제공할 것으로 사료된다.

본 연구 성과의 일부는 전파연구소의 2006년 주파수 공유를 위한 무선인지 기반기술 연구용역지원(제2006-004호)에 의하여 수행된 결과물임

## References

- [1] 정재학, 이원철, "Cognitive Radio 기술동향", 전파지 전파특집 SDR 3호, 2005년 5월
- [2] 홍현진, "유비쿼터스 시대를 위한 스펙트럼 이용기술", ETRI 2005년 6월.
- [3] 유남철, "무선인지(Cognitive Radio) 개념 및 기술동향", 전자정보센터(EIC), 2006년 2월
- [4] 김창주, "Cognitive Radio 기술 및 IEEE802.22 표준화 동향", ETRI, 2005년
- [5] IEEE 802.22, "Functional Requirements for the 802.22 WRAN Standard", IEEE 802.22-05/007r46, September 2005.
- [6] 임규태, 허영식, 이정석, 이창호, 김학선, Joy Laskar, "Spectrum Sensing Technologies for Cognitive Radio Interactive Broadcasting Services", 방송공학회지 제11권 제1호, 2006년 3월.
- [7] D.Cabric, A.Tkachenko, R.W.Brodersen, "Experimental Study of Spectrum Sensing based on Energy Detection and Network Cooperation", IEEE MILCOM, 2006.
- [8] 강법주, "스펙트럼 센싱 기술", 방송공학회지 제11권 제1호, 2006년 3월.
- [9] Jae-sang Cha, Nam-young Hur, Kyoung-hwan Moon, Chong-hyun Lee, "ZCD-UWB System using Enhanced ZCD codes", Joint UWBST & IWUWBS 2004 Japan, FA2-5, May 2004.