



Cognitive Radio의 네트워크 및 물리계층 연구동향

조정일 · 서종필 · 유재호 · 정재학 (인하대학교 IT 공과대학 전자공학부)

I. 요약문

현대 사회에서 기하급수적으로 증가하는 방송 및 통신 시스템으로 인해 무선 주파수 자원의 고갈이 심각한 문제로 대두되고 있다. 가장 중요한 문제는 대부분의 주파수 분배 상황을 살펴보았을 때 거의 모든 주파수 대역이 고정 할당 되어 있고, 특히 양질의 서비스를 제공 할 수 있는 주파수 대역에는 여분의 주파수가 거의 없다는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 유휴 주파수를 사용하는 인지 라디오(Cognitive Radio)기술이 주목 받고 있다. 이 기술을 효과적으로 활용하기 위해서는 채널 센싱과 채널 변경 기법의 연구가 필수적이다. 따라서 본고에서는 현재까지 진행된 인지 라디오 요소 기술에 대해 알아보고, 표준안을 살펴봄으로써 인지 라디오 기술의 동향을 알아보려고 한다.

II. 서론

주파수 고갈 문제가 심각한 현대 사회에서 미연방 통신 위원회 FCC에서는 스펙트럼 사용 효

율을 높이고 새로운 서비스 도입을 용이하게 하기 위해 TV 대역을 대상으로 주파수를 공유하는 CR(Cognitive Radio)를 적용하기로 하고 관련 규정 제정 작업을 진행하고 있다. 이 때 CR 장치는 자신이 사용하고자 하는 주파수 대역에서 다른 우선사용자(Primary user)의 사용을 감지한 경우, 우선사용자들의 통신을 방해하지 않는 방식으로 동작해야 한다^[1].

CR 네트워크는 CR 사용자들에게 무선 통신 구조의 이질성(heterogeneous)과 동적 스펙트럼 할당 기술을 통해 효율적인 주파수 사용을 보장해야 한다. 이것을 달성하기 위해서는 동적이고 효율적인 스펙트럼 관리(management)기술을 이용해서 달성 할 수 있다. 그러나 CR 네트워크에서는 이용할 수 있는 스펙트럼이 시간에 따라서 유동적으로 변하기 때문에 소비자들에게 안정적인 QoS(quality of service)를 제공하는데 있어서 문제점이 발생한다. 이러한 문제점들에 대해서 CR 네트워크 내에 존재하는 CR 사용자들은 실시간으로 사용할 수 있는 스펙트럼 대역을 결정한 후 최상의 성능을 얻을 수 있는 채널을 선택해서 우선사용자(Primary user)에 대한 간섭 없이 동작해야 한다. 이러한 CR 사용자

들의 동작에 있어서 주요 과제는 스펙트럼 센싱, 결정, 공유 등 세 가지로 요약 할 수 있다.

그러므로 본 논문에서는 CR 네트워크상에서 CR 사용자들의 동작에 대해서 알아보고 스펙트럼 관리에 있어서 효과적인 방법들과 이러한 방법들의 구현에 있어서 필요한 기술들에 대해 알아본다. 그리고 IEEE 802.22 WRAN 등의 표준에서 CR기술의 적용에 대해서 알아본다.

III. CR (Cognitive Radio)

1. 주파수 사용 현황

현대 사회에서 통신에 활용 가능한 무선 주파수 영역은 한정적일 뿐 만 아니라 대부분 기존의 무선 통신 서비스에 이미 할당되어있기 때문에 추가적인 주파수 대역의 확보가 매우 힘든 실정이다. 게다가 기존 무선 통신 서비스에 활용되고

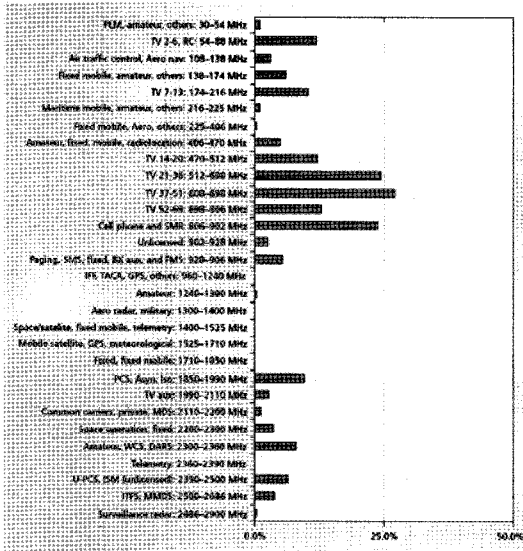
있는 주파수 대역 또한 산발적으로 이용되고 있기 때문에 상당량의 주파수 대역이 비효율적으로 이용되고 있다.

<그림 1> 은 30MHz에서 3GHz 주파수 대역 사이의 주파수 자원 이용률을 보여주고 있다. <그림 1>에서 볼 수 있듯이 우선사용자들에게 할당된 면허 대역(licensed spectrum)의 사용률이 전체적으로 낮다는 사실을 알 수 있다. 따라서 우선사용자가 해당 주파수 대역을 활용하지 않는 동안에 그 주파수 대역을 능동적으로 찾아 사용함으로써 우선사용자에 대한 간섭을 최소화함과 동시에 주파수 대역의 효율성을 높일 수 있는 CR 기술이 주목을 받고 있다.

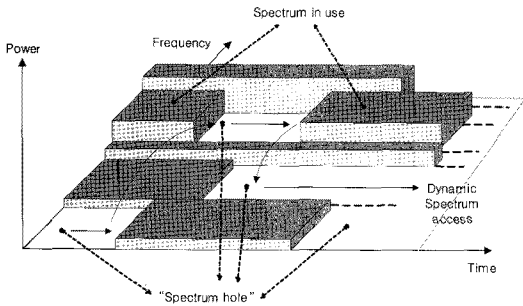
2. CR 기술

CR 네트워크를 활성화는 스펙트럼 자원을 기회적 방법(opportunistic manner)으로 공유할 수 있는 CR 기술을 이용함으로써 가능해진다. 이와 같이 CR은 주변 환경과의 상호작용을 통해 송신 파라미터를 변화시킬 수 있는 기술로 정의된다. 이 정의에 의해 CR의 특성은 다음과 같이 두 가지로 표현할 수 있다.

■ 주파수 상황 인지 기능: 실시간으로 주변 라디오 환경과의 상호작용을 통해 특정시간 또는 특정 위치에서 사용하지 않고 있는 스펙트럼 검출이 가능하다. <그림 2>에서 볼 수 있듯이 CR은 일시적으로 이용하지 않는 스펙트럼 홀(spectrum hole)을 사용할 수 있다. 그러므로 우선사용자에 대한 간섭 없이 사용하지 스펙트럼 대역을 찾아 다른 CR 사용자들과의 스펙트럼 공유를 통해 통신이 가능해 진다.



<그림 1> 스펙트럼 사용 현황^[2]



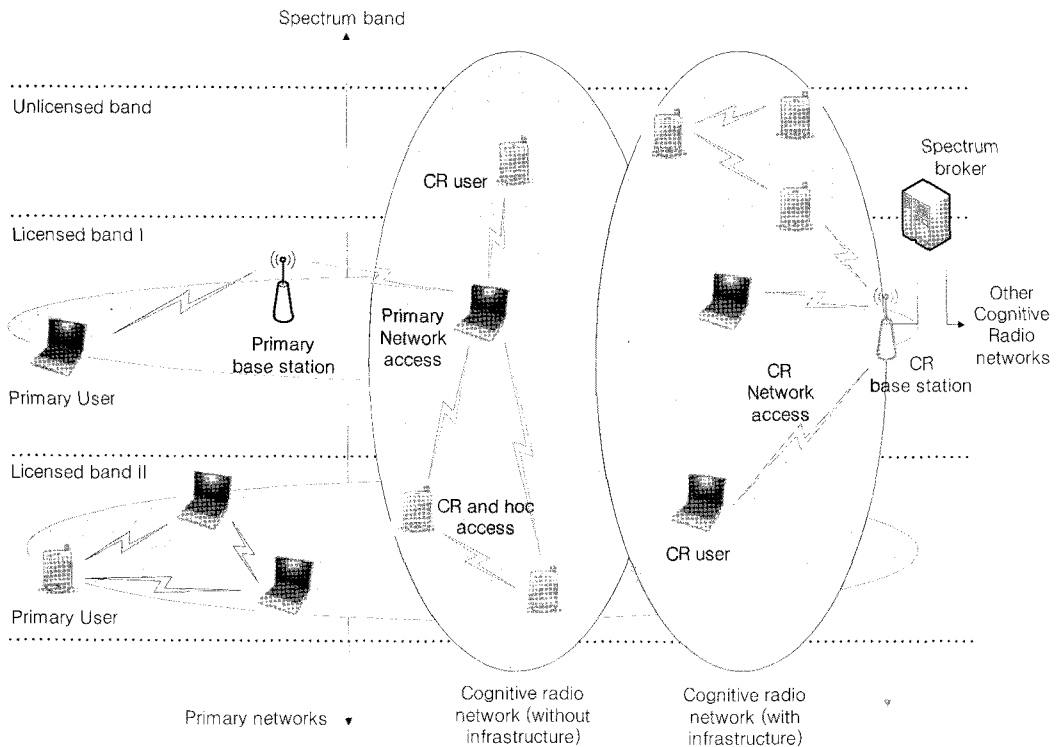
〈그림 2〉 Cognitive Radio 시스템에서의 유동적 주파수 활용^[1]

■ 시스템 재구성 기능: CR은 사용할 수 있는 주파수 자원에 따라 송신단과 수신단의 파라미터를 유동적으로 변화시켜 시간에 따라 변하는 통신 환경에 능동적으로 반응하여 효율적인 통신이 가능하다.

3. CR 네트워크 구조

CR 네트워크 구조의 구성요소는 〈그림 3〉에서 볼 수 있듯이 크게 우선사용자 네트워크(primary network)와 CR 네트워크로 구분할 수 있다. 우선사용자 네트워크는 우선사용자가 특정 스펙트럼 밴드에 대한 우선 사용권을 갖고 있는 네트워크를 나타낸다. 만일 기존사용자 네트워크가 기본 시설(infrastructure)를 가지고 있다면 우선사용자는 우선사용자 기지국(base station)의 통제에 의해 동작한다. 이 기존사용자 네트워크 상에서 우선사용자들의 스펙트럼 접속에 대한 우선권 때문에 우선사용자들은 비 면허 사용자들의 동작에 의해 영향을 받지 말아야 한다.

비 면허 사용자인 CR 네트워크는 원하는 스펙



〈그림 3〉 CR 네트워크 구조

트럼 밴드 사용에 대한 허가(license)가 없기 때문에 CR 사용자들은 면허 스펙트럼 밴드 사용권에 대한 공유를 위해 추가적인 확장 기능들이 요구된다. 또한 CR 네트워크에서는 CR 사용자와의 단일 홉(single hop)연결을 하는 CR 기지국이 있어야 한다. 그리고 CR 네트워크는 스펙트럼 자원을 서로 다른 CR네트워크에 분배 해줄 수 있는 스펙트럼 중개 장치(broker)도 포함하고 있다.

가. 스펙트럼 이질성(heterogeneity)

CR 사용자는 광대역 접속(access) 기술을 이용하여 우선사용자에 의해 사용되고 있는 면허 스펙트럼(licensed spectrum) 밴드와 비 면허(unlicensed spectrum) 밴드를 모두 사용 할 수 있다. 결과적으로 CR 네트워크의 동작 형태는 다음 두 가지로 구분할 수 있다.

■ 면허 대역에서의 동작: 면허 대역은 우선사용자 네트워크에 의해 우선적으로 사용된다. 따라서 면허 대역 사용에 있어서 CR 네트워크는 우선 사용자의 동작을 검출하는데 초점을 맞추고 있다. 만약 CR 사용자가 차지하고 있는 스펙트럼 밴드에 우선사용자가 출현한다면 CR 사용자는 곧바로 다른 유휴 스펙트럼 밴드로 이동하여야 한다.

■ 비 면허 대역에서의 동작: 비 면허 대역에서 CR 사용자는 스펙트럼 접속에 있어서 우선 사용자와 동등한 권한을 갖게 된다. 따라서 비 면허 대역에서 CR 사용자는 CR 사용자 간에 다소 복잡한 스펙트럼 공유 방법이 요구된다.

나. 네트워크 이질성

<그림 3>에서 볼 수 있듯이 CR 사용자는 세

가지의 다른 접속 방식을 가질 수 있다.

■ CR 네트워크 접속: CR 사용자는 면허, 비 면허 스펙트럼 밴드 모두에서 CR 기지국에 접속할 수 있다. CR 사용자들의 모든 동작들이 CR 네트워크상에서 이루어지기 때문에 CR사용자들의 스펙트럼 공유 방법은 우선사용자 네트워크에서의 스펙트럼 공유 방법과 독립적으로 이뤄져야 한다.

■ CR 애드혹(ad-hoc)접속: CR 사용자는 면허, 비면허 스펙트럼 대역 모두에서 서로 다른 CR 사용자와 애드혹 접속을 통한 통신이 가능하다.

■ 우선사용자 네트워크 접속: CR 사용자는 면허 스펙트럼 대역을 통하여 우선 기지국(primary base station)에 접속이 가능하다. 다른 접속 방식들과 달리 다중 우선사용자 네트워크에 로밍(roaming)을 가능하게 하는 MAC(media access control) 프로토콜 방식이 요구된다.

다. 스펙트럼 관리 구조

CR 네트워크는 우선사용자 네트워크와의 공존으로 인해 CR 네트워크만의 독특한 시스템 설계 요구사항이 생긴다. 주요 설계 사항은 우선사용자 네트워크와의 간섭 회피와 시간에 따라 변화하는 통신 환경 속에서 균일한 통신 성능이 유지되어야 하는 것이다. 이러한 스펙트럼 관리에 필요한 기능은 다음 네 가지 단계로 구성할 수 있다.

■ 스펙트럼 센싱: CR 사용자는 유휴 스펙트럼 대역을 이용해서만 통신이 가능하다. 그러므로 CR 사용자는 이용할 수 있는 스펙트럼 밴드

를 실시간으로 관찰하여 스펙트럼 홀을 검출 해야 한다.

■ 스펙트럼 결정: 스펙트럼 센싱의 결과를 이용하여 CR 사용자는 데이터 전송에 필요한 채널을 결정할 수 있게 된다.

■ 스펙트럼 공유: 스펙트럼 결정에 의해 할당된 스펙트럼 밴드 사용에 있어서 다중 CR 사용자간에 충돌이 있어서는 안된다.

■ 스펙트럼 이동: 만약 CR 사용자가 사용하고 있는 스펙트럼 밴드에 대해 우선 사용자가 사용권을 요구한다면 CR 사용자는 그 스펙트럼 밴드를 우선 사용자에게 양도 후 다른 유휴 스펙트럼 밴드를 이용해 통신해야 한다.

상기 기능들은 CR시스템에서 매우 중요한 기술이므로 다음 절부터 자세히 알아보도록 한다.

IV. 스펙트럼 센싱

CR은 변화하는 주변 환경을 인지하도록 설계되기 때문에 그러한 주변 환경의 인지에 있어서 스펙트럼 센싱은 CR 네트워크 형성에 중요한 기술이라 할 수 있다. 스펙트럼 센싱은 CR 사용자가 우선사용자 네트워크에 간섭을 주지 않으면서 스펙트럼 홀을 검출 할 수 있도록 한다.

일반적으로 스펙트럼 센싱 기술은 우선 송신단(primary transmitter) 검출, 우선 수신단(primary receiver) 검출 등으로 구분 할 수 있다.

1. 우선사용자 송신단 검출(primary trans-mitter detection)

송신단 검출은 CR 사용자들의 지역적 관측(local observation)을 통해 우선사용자 송신단

으로 부터의 신호를 검출함으로써 이루어진다. 일반적으로 에너지 검출(energy detection), 신호 특징 검출(feature detection), 정합필터 검출(matched filter detection) 등이 이용될 수 있다.

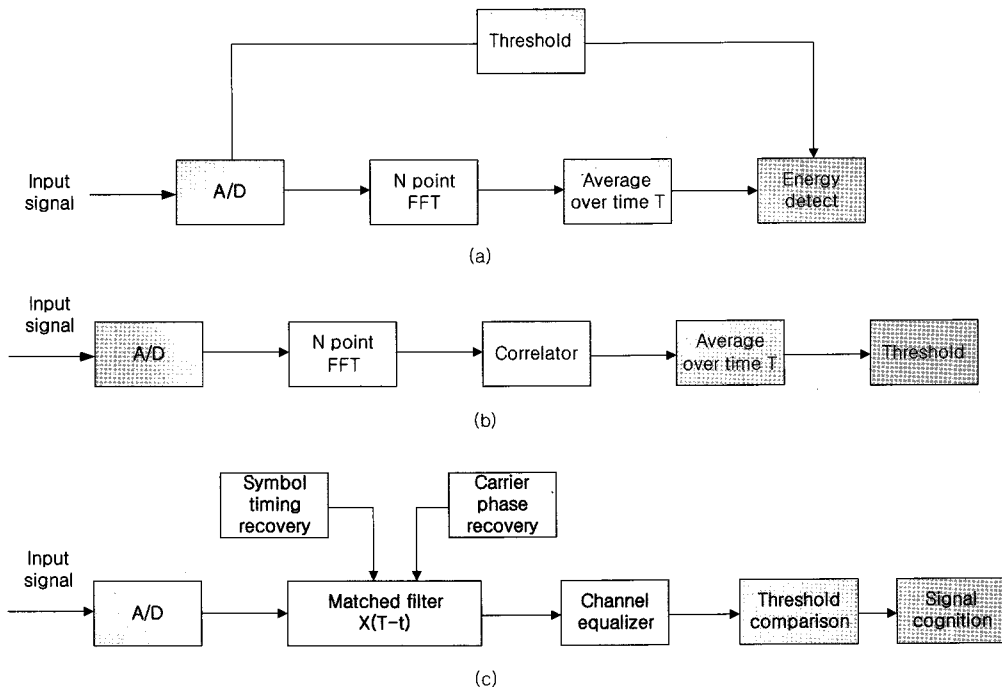
가. 에너지 검출기(Energy detector)

일반적인 에너지 검출법은 <그림 4> (a)에서 볼 수 있듯이 단순히 해당 주파수 대역에서 측정된 신호의 에너지 레벨에 따라서 우선 사용자의 존재 유무를 판단하는 기법이다. 즉 측정된 에너지 레벨이 일정한 임계값 이하일 경우 우선 사용자가 존재하지 않는다고 판단한다. 이 기법은 우선 사용자에 대한 사전 정보 없이 검출 할 수 있다는 장점이 있지만 우선 사용자의 존재 유무만 판단 할 수 있을 뿐이고 측정된 주파수 대역에 대한 보다 많은 정보를 파악할 수 없기 때문에 자세한 센싱은 불가능 하다.

나. 신호특징 검출기(Feature detector)

대부분의 신호는 신호 자체가 가지고 있는 특성에 의해 구분될 수 있다. 특히 신호가 갖고 있는 스펙트럼 상관관계(correlation)는 각 신호마다 유일한 특성을 갖고 있기 때문에 신호특징 검출기는 CR시스템의 잡음과 간섭에 영향을 받고 있는 신호에서 본래 신호의 특징을 검출할 수 있다. 이러한 특징들은 <그림 4> (b) 에서 볼 수 있듯이 신호의 상관관계에 대한 값을 통해서 관찰할 수 있다^[4].

신호 특징 검출기의 특징은 간섭이나 잡음 검출에 뛰어난 성능을 보이지만 상관관계 연산에 대한 복잡도가 다소 높아 효율적으로 우선 사용자를 검출 하는 데에는 어려움이 있다.



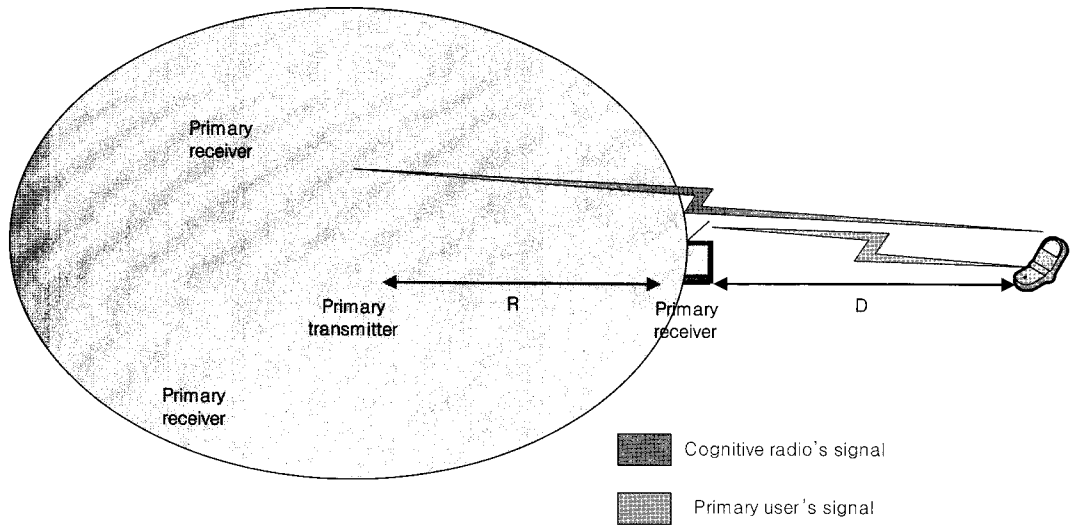
〈그림 4〉 (a) 에너지 검출기 (b) 일반적인 신호 특징 검출기 (c) 정합 필터 검출기

다. 정합 필터 검출기(Matched filter detector)

정합 필터 검출기는 CR 사용자가 우선 사용자에 대한 정보를 알고 있을 때 가우시안 잡음(Gaussian noise) 존재하는 환경에서 가장 최적의 우선 사용자 검출 기법이다. 정합 필터(matched filter)는 <그림 4> (c)에서 볼 수 있듯이 수신 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)를 최대화하여 원래 신호를 복조하는 최적의 신호 검출 방식으로 잘 알려져 왔다. 하지만 이 검출기는 우선 사용자에 대한 사전 정보(priori information)를 미리 알아야 한다는 단점을 가지고 있다. 그러므로 정합 필터를 사용하여 CR 시스템을 위한 우선 사용자 검출 과정을 수행하게 될 경우, 우수한 센싱 성능이 갖지만 에너지 검출기에 비해 수신기가 다소 복잡한 단점을 가진다.

라. 협력 채널 센싱 기법

CR 네트워크에서 스펙트럼 센싱의 정확도가 높아질수록 우선 사용자에 대한 보호를 강화할 수 있고 주파수 사용의 효율성을 높일 수 있다. 따라서 스펙트럼 센싱의 정확도를 높이기 위해 일정 주파수 대역에 대한 스펙트럼 센싱을 다수의 CR 노드에서 동시에 실행 하고 각 노드의 센싱 결과를 종합함으로써 보다 높은 수준의 채널 센싱을 수행 할 수 있는 협력 채널 센싱이 주목 받고 있다^[5,6]. 이러한 협력 채널 센싱 기법은 채널 센싱 기법을 교환 할 수 있는 CR노드의 수가 증가할수록 보다 효율적인 채널 센싱이 가능 하지만 센싱 결과를 공유하는 과정에서의 지연(delay)이 발생하기 때문에 이러한 시간 지연을 고려하여 협력 채널 센싱 기술을 적용해야 한다.



〈그림 5〉 CR의 간섭 범위

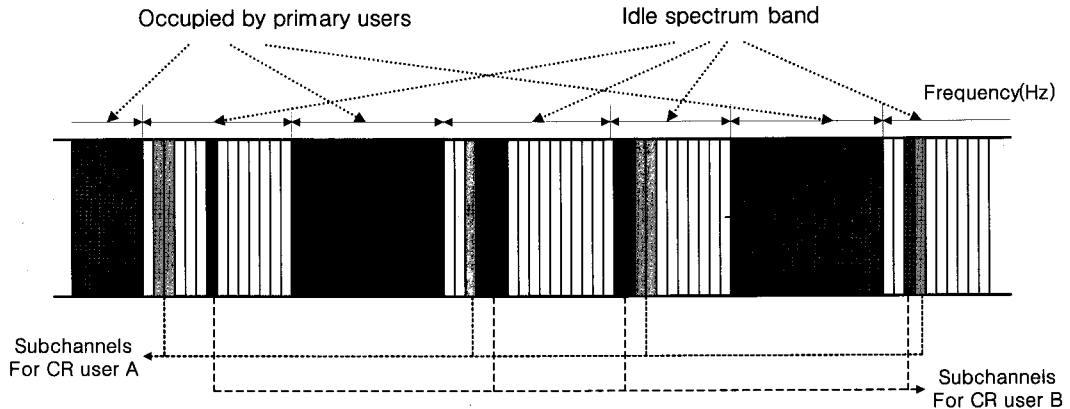
2. 우선사용자 수신단 검출(primary receiver detection)

스펙트럼 홀을 검출하는데 있어서 가장 효과적인 방법은 CR 사용자의 통신 범위(range)내에서 데이터를 수신하는 우선 사용자를 검출 하는 방법이다. 우선사용자 수신단에서 CR 네트워크에 대한 신호 대 간섭비 (signal to interference ratio)가 일정한 임계값보다 낮을 경우 CR 네트워크에서 발생한 간섭이 통신에 악영향을 끼친다. CR 사용자의 우선 사용자에 대한 간섭 범위는 CR 사용자의 송신단에서의 전력과 우선 사용자의 간섭 허용성(tolerance)에 의해 결정된다. 우선사용자 수신단이 CR 서비스 지역의 끝부분에 위치하더라도 CR 사용자의 간섭을 받을 수 있기 때문에 결과적으로 CR은 CR사용자의 간섭 범위내에서 우선 사용자가 없다고 결정하기 위해 <그림 5>에서처럼 R+D 범위내의 우선 사용자를 검출 할 수 있어야 한다.

3. 스펙트럼 센싱 기술의 과제

여러 명의 CR 사용자와 우선 사용자가 공존하는 다중 사용자 네트워크(multi user network)에서는 우선 사용자에 대한 간섭과 사용하지 않는 주파수 대역에 대한 검출이 어려워진다. 따라서 다중 사용자 네트워크 환경을 고려하여 보다 효율적인 스펙트럼 센싱 기술의 발달이 필요하다.

스펙트럼 센싱은 CR 송신단에서 패킷(packet)을 전송하는 동안 센싱이 불가능하다. 따라서 CR 사용자는 스펙트럼 센싱이 이루어지는 동안 데이터를 송신 할 수 없기 때문에 스펙트럼 효율이 떨어지게 된다. 결과적으로 스펙트럼 센싱과 데이터 전송사이의 최적의 균형을 이루는 것이 중요한 문제가 된다. 그리고 스펙트럼 센싱 시간은 전체적인 송신 성능(transmission performance)에 영향을 주기 때문에 일정한 센싱의 정확도를 유지하면서 센싱 시간을 최소화하는 것이 중요한 과제라고 할 수 있다.



〈그림 6〉 다중 스펙트럼 결정에서의 채널 구조

V. 스펙트럼 결정(spectrum decision)과 공유(sharing)

CR 네트워크는 특정 시스템의 QoS에 따라 주파수 대역 중에서 최적의 성능을 얻을 수 있는 주파수 대역을 결정할 수 있는 능력이 필요하다. 스펙트럼 결정은 우선 사용자의 동작(operation)과 사용하는 채널의 특성에 밀접하게 연관되어 있다. 또한 스펙트럼 결정은 무선 네트워크 내에서 우선 사용자들의 활동에 영향을 받는다.

1. 스펙트럼 결정 절차

사용 가능한 스펙트럼 대역이 결정된 후 이 대역 중 시스템이 요구하는 QoS를 고려해서 최적의 성능을 얻을 수 있는 스펙트럼 밴드가 선택되어야 한다. CR 네트워크의 동적 성향(dynamic nature)를 설명하기 위해 CR 사용자가 데이터를 송신하는 동안 우선 사용자가 나타날 확률을 표현 하는 변수인 우선 사용자 활동도(primary user activity)변수가 필요하다^[7]. 이는 우선 사용자의 존재 속에 CR사용자의 스펙트럼 밴드 사

용을 보장할 수 없기 때문이다. 결국 CR 사용자는 우선사용자의 활동도를 알지 못한다면 사용자의 요구에 만족하는 단일 스펙트럼 밴드를 검출할 수 없게 된다. 이런 문제를 해결하기 위해 〈그림 6〉에서 볼 수 있듯이 CR네트워크에서 데이터의 전송을 위한 다중 비접촉(noncontiguous) 스펙트럼 밴드가 동시에 사용될 수 있다.

이 방법은 높은 데이터 처리량(throughput)을 갖고 간섭에 영향을 받지 않음과 동시에 우선사용자 활동도에 상대적으로 영향을 받지 않는 신호를 생성할 수 있다. 그러므로 특정 스펙트럼 밴드 중 한 부분에서 스펙트럼 핸드오프(hand off)가 발생하더라도 다른 부분의 스펙트럼 밴드를 이용하여 데이터 전송을 유지할 수 있게 된다.

2. 스펙트럼 공유(spectrum sharing)

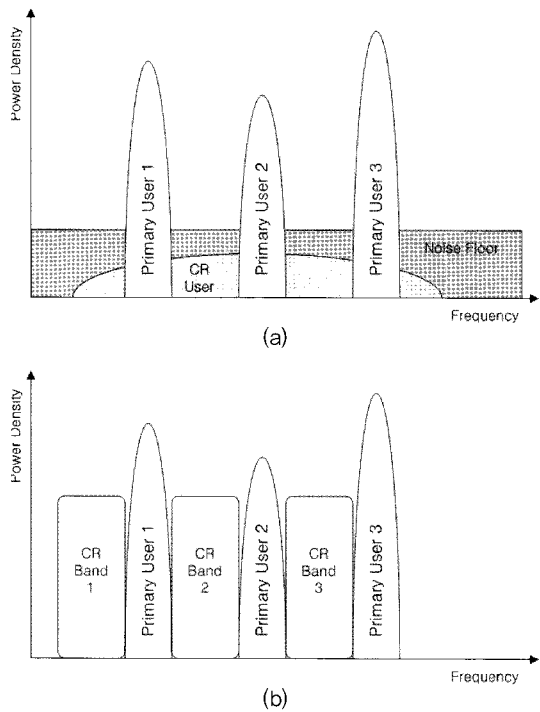
스펙트럼 공유법은 크게 구조적 방법(architecture), 스펙트럼 할당 방법(spectrum allocation behavior), 스펙트럼 액세스 방법(spectrum access technique)에 따라 구분 할 수 있다.



구조적 방법은 다시 중앙 집중적 스펙트럼 공유 방법과 분산 스펙트럼 공유 방법으로 나눌 수 있는데 중앙 집중적 스펙트럼 공유 방법은 스펙트럼 할당과 액세스 과정 모두가 중앙 기지국을 중심으로 제어된다. 기지국을 중심으로 서비스 범위내에 있는 CR 사용자들에 의해 분산 센싱 절차가 이루어지고 센싱 결과를 중앙 기지국에 보고하게 된다. 이후 중앙 기지국은 특성 시간동안 센싱 결과를 토대로 CR 사용자들에게 스펙트럼을 할당하는 과정을 반복한다. 이와는 반대로 분산 스펙트럼 공유법은 스펙트럼 할당과 액세스가 지역적으로 분산된 CR 노드들에 의해 이루어진다.

스펙트럼 할당 방법은 협력 스펙트럼 공유 방법과 비협력 스펙트럼 공유 방법으로 나눌 수 있다. 협력 스펙트럼 공유 방법은 지역적으로 분포된 각 CR 노드에서 통신에 방해가 되는 간섭 정도를 측정하여 간섭 정보를 서로 공유할 수 있는 방법을 말하며 중앙 집중적, 분산방법을 효과적으로 균형을 이룰 수 있게 해준다. 비협력 스펙트럼 공유방법은 단일 CR 노드만을 고려한다. 협력 스펙트럼 공유 방법과는 달리 다른 CR 노드에서의 간섭은 고려하지 않기 때문에 결과적으로 스펙트럼 이용률에서는 성능이 떨어진다.

스펙트럼 액세스 방법은 크게 underlay 와 overlay 기법으로 나눌 수 있다. underlay 기법은 <그림 7> (a)에서 볼 수 있듯이 우선사용자가 사용 중인 주파수 대역이라도 매우 낮은 전송 전력을 사용함으로써 우선사용자에게 간섭을 주지 않는 범위에서 CR 네트워크가 동시에 데이터를 전송할 수 있는 기법을 말한다. 이때 underlay 기법은 우선사용자가 겪는 간섭의 정도를 CR 네트워크에서 정확히 알아야 하기 때문에 구현이 어렵다는 단점을 가지고 있다. overlay 기법은 <그



<그림 7> (a) Underlay 기법, (b) Overlay 기법

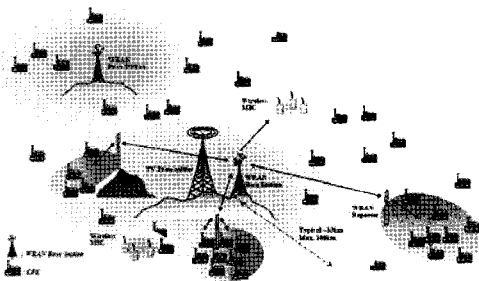
림 7> (b)에서 볼 수 듯이 underlay 기법과는 달리 우선사용자가 사용하고 있는 주파수 대역에서는 CR 네트워크가 통신을 할 수 없으며, 우선사용자가 사용하고 있지 않은 주파수 대역을 통한 통신만이 가능하다. underlay 기법의 대표적인 기술로는 UWB(ultra wide band)기술이 언급된다. 물론 UWB의 경우 비어있는 주파수에 대하여 송신 전력을 높여서 전송한다면 overlay로도 사용이 가능하며 광대역을 사용 시에는 underlay 와 overlay의 혼합된 기술도 사용 가능하다.

VI. CR 접목 네트워크 기술

본 장에서는 CR 기술을 접목한 네트워크 구조 및 이에 요구되는 주요 기술에 대해 살펴보고자 한다.

1. IEEE 802.22 WRAN

IEEE 802.22 WRAN 시스템은 VHF/UHF TV 주파수 대역을 사용하여 약 33km의 광역 셀을 기반으로 가정, 다주택 건물, 학교 등에 다양한 형태의 음성 및 데이터 서비스를 제공하기 위한 차세대 통신 환경으로 CR 기술이 처음으로 접목된 시스템이다. Wibro/WiMax 환경을 기본 구조로 개발되었지만 Wibro /WiMax에서 고려한 사용자의 이동성은 고려하지 않았다. 기본적으로 건물, 학교등과 같은 고정된 형태의 사용자에게 서비스를 제공하기 때문에 고정된 채널 환경을 고려할 수 있어 주파수 사용 여부의 인지가 매우 용이하다. <그림 8>은 IEEE 802.22 WRAN 시스템에서 고려하고 있는 서비스 시나리오를 보여주고 있다^[7]. <그림 8>을 살펴 보면 셀 반경 내 WRAN 기지국과 다수의 CPE(customer premise equipment)의 형태로 구성되어 있다. 또한 셀 영역을 벗어난 지역에서는 WRAN 중계기를 설치하여 셀 영역 확장도 할 수 있다^[8]. 이 시스템에서 주로 고려하는 주 사용자는 디지털 TV, 아날로그 TV, Part 74 신호를 사용하는 것으로 정의되어 있다. 이때 Part 74는 범용 라디오, 저출력 TV, 무선 마이크 등에 사용되는 신호



<그림 8> WRAN 시스템의 서비스 시나리오

<표 1> IEEE 802.22 WRAN 시스템 기본 요구사항

항목	요구사항
주파수 대역	UHF, VHF (<1GHz, 47-806MHz(PAL), 54-746MHz(ATSC))
대역폭	6, 7, 8MHz, 해당 대역의 일부 또는 다중 밴드 사용가능
듀플렉싱	FDD or TDD
채널 환경	고정 환경, 전파지연 : 최대 186 μ s RTD(Round trip delay), 기준모형(기지국 안테나 높이 : 75m CPE 안테나 높이 : 10m)
셀 형태	반경이 넓은 단일 셀 또는 다중 셀
셀 크기	33km
사용자 밀도	1.5users/m ²
안테나	등방형 또는 방향성 안테나(센싱을 위해서는 등방형 이용) TV 방송 센싱 : 수평편광, CPE 센싱 : 수직편광 사용
Repeater	선택적 지원
WPAN	98.3W
기지국 EIRP	용량 : 평균적으로 18Mbps/6MHz
용량	평균적으로 18Mbps/6MHz
최대 전송률	하향링크 : 셀 경계에서 가입자 당 1.5 Mbps, 상향링크 : 셀 경계에서 가입자 당 384kbps
주파수 효율	최대 5 bits/(sec ² Hz), 평균 3bits/(sec ² Hz)(오류정정 포함)
Target PER	무선 링크 : 0.1, MAC 버전을 패킷 오류율 : 10 ⁻⁹

이다. WRAN 시스템의 기본 요구사항은 <표 1>과 같다.

CR에서 사용되는 기술은 단지 IEEE 802.22 뿐만 아니라 다중 채널에 대한 무선 채널 관리와 분배, 간섭 검출 기술로서 향후 차세대 무선 통신과 연동하여 서로 상호 보완적으로 사용될 가능성이 높다. 예를 들어 셀룰라(cellular) 환경에서 발생하는 음영 지역이나 셀의 크기를 키워야 하는 시골 지역 등에서 CR은 주파수 간섭을 일으키지 않고 효과적으로 고속 데이터를 전송할 수 있는 좋은 대안이 될 것이다.

2. 기타 표준화 관련 동향

앞서 살펴본 IEEE 802.22 WRAN의 표준화 이외에 CR 기술과 연관될 수 있는 응용분야는 초고속 WLAN, WPAN, 3G, 4G, WiMax, SDR, 정보보호기술, 홈 네트워킹 등 다양한 응용분야에 접목이 가능하다. 이러한 CR 기술과 연관되

<표 2> CR기술과 연관되는 응용분야들의 표준화 기구 및 기술 분석표

연관 기술	내 용	표준화기구/단체	
		국내	국외
초고속 WLAN	스펙트럼 센싱을 통하여 자원관리, 간섭 회피 기능을 수행하는 방안에 대한 표준화(802.11h,k)	TTA	IEEE HyperLAN
WPAN	CR기술을 사용하여 가용 주파수 인지, 전송 속도 최적화가 가능하여 시스템의 효율을 높일 수 있음	TTA	IEEE HyperLAN
3G,4G 이동통신 시스템	CR 기술을 사용하여 자원 관리의 최적화, 전송효율의 최적화가 가능하며, 이종 시스템간의 연동을 가능하게 함	TTA	IEEE 3GPP
WiMax (WiBro포함)	사용 가능 대역의 확장을 위해 CR 기술 사용이 가능하며 전송 효율의 최적화 가능	TTA	IEEE
SDR	재구성 송수신기 기술을 CR의 플랫폼 구현에 활용 가능. CR기술과 융합하여 동종 또는 이종 시스템간 원활한 로밍 제공	TTA	SDR Forum ITU-R WAP
정보보호 기술	사용자 인증, 정보 보호 기술은 모든 네트워크에 공통적으로 필요한 기술이며, 주파수를 공유하는 CR망의 경우 더욱 중요함	TTA, ECIF, ISTF	W3C, OASIS, IETF, OMA
무선 홈 네트워킹 기술	좁은 영역에서 다양한 무선 시스템이 공존하게 될 것 이므로 CR 의 간섭 회피, 적응형 자원할당 기술이 활용될 수 있음.	TTA, 홈네트워크 포럼,	UPnP, OSGi, DHWG, HAVI 등

는 응용분야들의 표준화 및 기술 분석표를 <표 2>에 정리하여 기술하였다.

VII. 결 론

CR 기술은 2000년 초 대두되기 시작하였고 무선 통신 시스템이 발전함에 따라 주파수 자원 부족 문제와 최적화된 통신 상태를 제공해 주기 위한 하나의 차세대 기술로 그 가치를 인정받고 있다.

본 고에서는 CR 기술에 대한 개념과 필수적인 기술, 특히 스펙트럼 센싱, 결정, 공유 기술에 대해 알아보았고 각종 무선 표준에서 CR 기술이 어떤 식으로 적용되었는지에 대해 알아보았다.

앞에서 살펴본 바와 같이 주변 통신 네트워크의 환경의 상태를 인지하고 능동적인 주파수 자원 사용하는 CR 기술은 현재 주목받고 있는 유비쿼터스 통신 시대의 핵심기술로 판단할 수 있다. 따라서 CR 기술에 대한 끈임 없는 연구와 투자가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] Ian F. Akyidiz, Won-Yeol Lee, Mehmet C. Vuran, and Shantidev Mohanty, "A Survey on Spectrum Management in Cognitive Radio Networks," IEEE Communications Magazine, Vol.46, Issue 4, pp.40-48, Apr.,

2008.

- [2] M. A. McHenry, "NSF Spectrum Occupancy Measurements Project Summary," shared spectrum co. report, Aug. 2005.
- [3] A. Ghasemi, E. S. Sousa, "Spectrum Sensing in Cognitive Radio Networks: Requirements, Challenges and Design Trade-offs," IEEE Communications Magazine, April, 2008, pp.32-39.
- [4] I. F. Akyildiz, et al., "NeXt Generation /Dynamic Spectrum Access/Cognitive Radio Wireless Networks: A Survey," ACM ComNet, May., 2006.
- [5] D. Cabric, A. Tkachenko, and R. W. Brodersen, "Spectrum-sensing measurements of pilot, energy, and collaborative detection," in Proc. IEEE MILCOM, Oct., 2006.
- [6] H. Urkowitz, "Energy detection of unknown deterministic signals," Proc. IEEE, Vol.55, No.4, pp.523-531, Apr., 1967. publication, 2008.
- [7] IEEE802.22, "Functional Requirements for the 802.22 WRAN Standard," IEEE 802.22-05/007r46, Sep., 2005.
- [8] 황준호, 신요안, 이원철, 유명식, "인지 라디오 접목 네트워크 기술 동향 분석", 한국정보과학회 학술지, 제 22권, 제 2호, pp.8-9. 2008. 11.

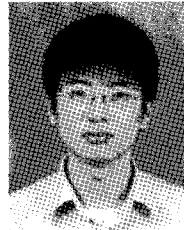
저자소개



조 정 일

2009년 2월 인하대학교 전자공학과 학사
2009년 ~ 현재 인하대학교 전자공학과 석사과정

주관심 분야 : cognitive radio, MIMO, OFDM 시스템, cooperative MIMO



서 종 필

2009년 2월 인하대학교 전자공학과 학사
2009년 ~ 현재 인하대학교 전자공학과 석사과정

주관심 분야 : 차세대 무선 이동 통신, MIMO-OFDM, UWB, cognitive radio



저자소개



유 재 호

2008년 2월 인하대학교 전자공학과 학사

2008년 ~ 현재 인하대학교 전자공학과 석사

주관심 분야 : IMT-Advanced, cognitive radio,
OFDM 시스템, MIMO, UWB



정 재 학

1988년 연세대학교 전자공학과 공학사

1990년 연세대학교 전자공학과 공학석사

2000년 University of Texas at Austin 전기전산 학과
공학박사

1990년 ~ 1996년 선임연구원, 신도리코

2000년 ~ 2001년 Research Fellow, University of
Texas at Austin

2001년 ~ 2004년 수석연구원, 삼성종합기술원

2005년 ~ 현재 부교수, 인하대학교

주관심 분야 : cognitive radio, 차세대 무선 이동
통신, MIMO-OFDM, UWB, cross
layer 설계