

코그니티브 라디오 시스템에서의 전력 제어를 이용한 무선 자원 공유

준회원 권양수*, 지영근*, 종신회원 정재학*

Radio Resource Sharing using Power Control of Base-station in Cognitive Radio System

Yangsoo Kwon*, Young-geun Ji* *Associate Members*, Jaehak Chung* *Lifelong Member*

요약

코그니티브 라디오(CR: Cognitive Radio)는 사업자에게 할당되어 있지만 실제로 사용되지 않는 주파수 대역을 이용하는 기술로써 IEEE 802.22 WRAN(Wireless Regional Access Network)에서 국제표준이 진행되고 있다. 이 표준에서 우선사용자가 채널 사용을 하게 되면 CR 사용자는 우선사용자의 신호 복호를 보장하기 위해 해당 채널의 사용을 종료하고 다른 채널을 이용하여야 하므로, 해당 채널을 통해 통신을 할 수 없고 채널 이동시 데이터의 전송이 지연되기 때문에 CR 사용자에게 서비스 품질의 보장이 어렵다. 본 논문은 이 문제를 최소화하기 위해 CR 기지국의 전력 제어를 통해 우선사용자 신호의 복호를 보장하고 단위 면적당 스펙트럼 효율을 향상시키는 방법과 통신을 종료하는 CR 사용자의 수를 최소화하는 무선 자원 공유 방법을 제안한다. 전산모의실험을 통해 제안된 무선 자원 공유 방법이 단위 면적당 스펙트럼 효율을 향상시키고 통신 중단확률이 줄어드는 것을 보였다.

Key Words : Cognitive Radio, Interference Temperature limit, Signal to Interference and Noise Ratio, Power Control, Outage Probability.

ABSTRACT

Cognitive radio(CR) technique which utilizes empty frequency bands allocated to private business but not being used temporally has been researched. According to the standard, CR users detect the primary user using the same channel, CR users should move to the another channel to guarantee the primary user's decodability. Thus, CR systems cannot use the same channel and support the CR users' QoS(Quality of Service) during the channel moving time. In this paper, we propose a radio resource sharing method that CR basestation controls the transmission power with the primary user's SNR(Signal to Noise Ratio) to increase the spectral efficiency of area and to minimize the outage of CR users. In addition, computer simulation demonstrates show that the proposed method improved spectral efficiency of area and decreased outage probability of CR users.

I. 서론

무선 통신 기술의 급속한 발달은 사용자들에게 보다 높은 데이터 전송률과 서비스 품질을 제공하

고 있다. 무선 통신 기술은 음성 데이터의 전송을 주요 목적으로 하던 제 2세대를 거쳐서 음성과 더불어 보다 많은 데이터의 송수신을 위한 제 3세대로 발전하였으며, 차세대 무선 통신 방식인 인터넷

* 본 연구는 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2006-331-D00337)

* 인하대학교 전자공학과 무선이동통신 연구실(snake_kwon@inhaian.net, ygii@inhaian.net, jchung@inha.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-03-106, 접수일자 : 2007년 3월 7일, 최종논문접수일자 : 2007년 9월 11일

서비스가 가능한 3G evolution, WiMax/WiBro와 같은 기술들이 표준화를 통해 상용화되고 있다.

그러나 이와 같이 급속히 발전하는 다양한 무선 통신 기술들의 출현과 사용자들의 데이터 요구량의 증가에 반해 무선 자원은 유한하기 때문에 새로운 통신 기술이 사용가능한 새로운 주파수 대역은 부족한 실정이다. 특히 채널 품질이 좋은 낮은 주파수 대역을 사용할 수 있는 여지는 거의 없는 실정이다. 이러한 문제점의 해결 방안으로 Mitola는 사업자에게 할당되어 있지만, 실제 사용되지 않고 있는 주파수 대역을 감지하여 무선 통신을 하는 기술인 코그니티브 라디오(CR: Cognitive Radio)의 기본 개념을 제시하였다¹⁾. 2002년 12월 FCC(Federal Communications Commission)는 주파수의 실제 사용률에 대한 연구를 시작하여, 할당되어 있는 주파수 대역에 대한 실제 사용 효율을 분석하였고, 그 결과 사업자에게는 할당되어 있으나 일시적, 또는 지역적으로 실제 이용 효율은 약 15%에서 약 85% 미만인 것으로 나타났다²⁾. 이 결과를 바탕으로 FCC는 보다 높은 주파수 사용 효율을 달성하기 위해 NPRM(Notice of Proposed Rule Making)을 통하여 비어 있는 주파수에 대한 중복 사용에 대한 내용을 발표하였다³⁾.

CR 기술은 크게 우선 사용자의 감지를 위한 스펙트럼 센싱, CR 사용자의 서비스 품질(QoS: quality of service)을 보장하기 위한 동적 주파수 할당 그리고 우선 사용자의 인지 시 다른 채널로 이동하는 기술로 분류될 수 있다^{4,5,6,7)}.

이러한 CR 기술을 바탕으로 IEEE 802.22 국제 표준이 진행되고 있다. 이 표준에 따르면 CR 사용자가 사용 중이던 채널에 우선사용자가 통신을 개시하면 CR 시스템은 우선사용자를 인지함과 동시에 가용한 새로운 채널을 검색하여 이동해야 한다. 이때 CR 시스템은 최대 2초의 채널 이동시간 동안

데이터전송이 지연될 수 있다⁸⁾. 이 경우 지연시간이 50ms인 VoIP 또는 150ms인 MPEG-4등과 같은 실시간 양방향 서비스를 효과적으로 지원할 수 없는 단점이 있다⁹⁾.

본 논문에서는 이러한 단점을 최소화하기 위해 우선사용자에게 신호의 복호를 보장하는 범위 내에서 CR 기지국의 전력을 제어함으로써 채널이동으로 인한 데이터 전송이 지연되는 CR 사용자의 수를 최소화하는 무선자원 공유방법을 제안한다. 전산모의 실험을 통해 제안된 방법이 단위 면적당 스펙트럼 효율을 증가시키고 통신 중단확률을 줄여들게 하는 성능 개선효과를 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장은 간섭 온도 제한과 그에 따른 시스템 모델을 설명하였고, 제 III장에서는 제안한 전력 제어를 통한 무선 자원 공유 방법의 설명, 그리고 제 IV장에서는 제 III장에서 언급된 방법에 대한 전산 모의실험 결과를 보이고 이를 분석하였으며, 마지막으로 제 V장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

2.1 간섭 온도 제한

무선통신시스템이 통신 중에 다른 무선시스템의 신호 전력을 수신하게 되면 이 신호는 간섭신호로 작용하여 수신기의 신호 대 간섭 잡음비(SINR: Signal to Interference and Noise Ratio)에 영향을 미치게 되고 수신 성능에 영향을 주게 된다. 이러한 간섭의 양을 수치화한 것을 간섭온도(interference temperature)라 한다. 만일 외부 간섭신호의 영향으로 수신단의 신호 대 간섭 잡음비가 수신 가능한 전력 비율이하가 되면 수신기의 신호 복호가 불가능하게 된다. 이 경우의 최대 간섭온도 한계량을 간

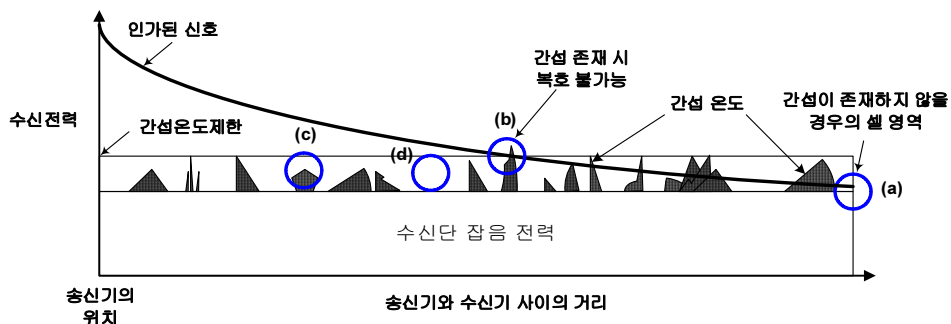


그림 1. 간섭 온도 제한(Interference Temperature Limit)

섭 온도 제한(interference temperature limit)이라 하며^{[10],[11]}, 일반적으로 수신기의 신호 대 간섭 잡음비를 이용해 표현이 가능하다.

본 논문에서 고려하는 CR 시스템에서 우선사용자 i 의 신호 대 간섭 잡음비는 다음의 식 (1)과 같다.

$$SINR_i = 10\log_{10} \left(\frac{P_i d_i^{-\alpha_i}}{\sum_{j \neq i, j=1}^N P_j d_j^{-\alpha_j} + \sigma_i^2} \right) \quad (1)$$

여기서, P_i 는 우선사용자 기지국의 송신 전력을 나타낸다. d_i 는 우선사용자의 수신기로부터 기지국까지의 거리이며, σ_i^2 는 우선 사용자 수신기의 잡음 전력을 나타낸다. 그리고 P_j 는 CR 기지국의 송신 전력, d_j 는 CR 시스템 사용자로부터 CR 기지국까지의 거리를 나타낸다. α_i 와 α_j ($\alpha_i, \alpha_j > 0$)는 우선 사용자 시스템과 CR 시스템의 경로 손실 지수로써 일반적으로 2~4의 값을 갖는다.

수신기의 송신전력이 거리에 따라 변화하는 수신기의 수신전력 관계를 간섭 온도 제한 및 수신기의 잡음 전력과 같이 도식화하면 그림 1과 같다. 그림 1의 왼쪽의 수신기에서 전송된 신호는 일정한 전력으로 신호를 송신하고 이는 무선 채널의 거리에 따른 경로 손실(path loss)을 겪게 된다. 이 때문에 수신기에서 수신된 신호의 세기는 거리에 따라 감소하게 되어 신호 대 잡음비는 감소한다. 여기에 외부 간섭이 더하여지면 수신 신호의 신호 대 간섭 잡음비는 더욱 감소하게 된다. 그림 1에서 위치 (a)의 수신기는 영향을 주는 간섭이 존재하지 않지만, 수신 신호의 세기가 작아 간섭 온도 제한 아래에 존재하기 때문에 복호가 불가능하다. 반면 (b) 위치의 수신기는 (a) 위치에 비해 기지국과의 거리가 가깝고, 간섭온도제한 이상의 수신 전력을 갖지만 외부 간섭신호의 영향으로 수신신호의 신호 대 간섭 잡음비가 잡음전력보다 낮아져 신호의 복호가 불가능하다. 또한 (c)와 (d)의 위치에서는 수신신호의 전력이 높고 간섭의 양이 적기 때문에 간섭 온도 제한과 수신신호의 전력차이 만큼의 간섭 신호에 대한 잉여의 신호 대 간섭 잡음비의 여지를 가지게 된다.

2.2 시스템 모델

상기 언급한 간섭 온도 제한 관계를 CR 시스템과 우선사용자 시스템의 셀에 적용하면 그림 2와 같이 표현할 수 있다. 왼쪽 셀을 CR 시스템의 셀이라 하고, 오른쪽 셀을 우선사용자의 셀이라고 정의

할 때, 우선 사용자 셀을 크게 보호구역, 복호가능 구역 그리고 간섭제한 구역으로 나눌 수 있다. 여기서, d_{PRO} , d_{DEC} 그리고 d_{NT} 는 우선사용자 기지국으로부터 각 구역의 경계(파선)까지의 거리를 나타낸다. 그리고 각 경계에서의 우선사용자의 최소 요구 신호 대 잡음비를 데시벨(dB)로 나타내면 각각 Γ_{PRO} , Γ_{DEC} 그리고 Γ_{NT} 라 정의할 수 있다^[11].

CR 시스템이 우선사용자와 주파수를 공유할 때 CR 기지국의 송신 전력은 거리에 따라 감소하게 되지만, 우선사용자에게 간섭으로써 작용하므로 우선사용자가 수신하는 신호 전력이 낮아진다. 따라서 우선사용자 시스템은 외부 간섭 신호로부터 우선 사용자의 신호 복호를 보장하기 위해 일정거리 이상의 간섭 제한 구역 밖의 우선사용자 셀 외곽에 CR 기지국을 위치시켜야 우선사용자 셀의 내부에는 일정한 신호 대 간섭 잡음비의 여지를 갖는데 이 영역을 보호구역이라 한다.

복호 가능구역은 보호 구역에 비해 CR 기지국과의 거리가 가깝기 때문에 우선사용자의 신호 대 간섭 잡음비의 여지가 없는 지역을 나타낸다. CR 사용자가 간섭 제한 구역 내에 위치하고 우선사용자와 채널을 공유하여 우선사용자에게 간섭을 준다면 복호 가능구역내의 우선사용자 수신기의 신호 복호를 보장하고 CR 시스템의 채널공유를 위해서는 CR 시스템의 송신전력을 조절할 필요가 있다.

III. 제안한 전력 제어를 이용한 무선 자원 공유 방법

현재 진행 중인 IEEE 802.22 표준은 CR 시스템이 우선사용자의 존재 인지 시 사용 중이던 채널의 통신을 중지하도록 규정하고 있다. 따라서 지속적인 통신을 위해 CR 시스템이 가용한 채널로 이동하는

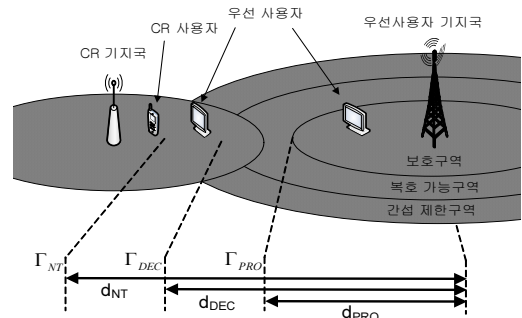


그림 2. 간섭온도제한을 고려한 셀 구조

2초 동안 CR 사용자는 서비스품질(QoS: Quality of Service)을 보장받지 못하게 된다. 이 경우 실시간 양방향 송수신을 요구하는 무선통신시스템을 효과적으로 지원할 수 없게 된다.

본 절에서는 이러한 문제점을 최소화하기 위해 우선 사용자의 신호 대 간섭 잡음비를 이용하여 CR 기지국의 전력을 제어함으로써 셀의 영역을 조절하는 무선 자원 공유방법을 제안한다. 제안된 방법을 적용한 CR 시스템은 우선 사용자 신호의 복호를 보장하고 CR 사용자에게 서비스를 중단 없이 지원함으로써 서비스 품질을 보장할 수 있다. 또한 제안된 방법을 사용하는 CR 시스템의 단위 면적당 스펙트럼 효율과 통신종료확률을 줄일 수 있다.

3.1 제안한 CR 기지국의 전력제어 방법

우선사용자와 무선 자원을 공유하기 위해 본 논문에서 제안한 방법은 우선사용자의 신호 복호를 보장하도록 CR 기지국의 송신 전력을 조절하는 방법이며, IEEE 802.22 표준에도 적용이 가능하다. 새로운 송신전력은 다음의 방법을 통해 얻어진다. 우선사용자의 신호 복호의 보장을 위해서 우선사용자의 신호 대 간섭 잡음비($SINR_{PU}$)는 복호 가능 신호 대 간섭 잡음비(Γ_{DEC}) 이상의 값을 가져야 하므로($SINR_{PU} \geq \Gamma_{DEC}$) 다음의 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$10\log_{10}\left(\frac{P_{PU}d_{PRO}^{\alpha_{PW}}}{P_{CR}d_{CR}^{\alpha_{CW}} + \sigma_{PU}^2}\right) \geq \Gamma_{DEC} + \beta. \quad (2)$$

여기서, P_{PU} 와 P_{CR} 는 우선사용자와 CR 기지국의 송신 전력이고, $d_{PRO}^{\alpha_{PW}}$ 와 $d_{CR}^{\alpha_{CW}}$ 은 우선사용자 기지국과 CR 기지국으로부터 각 수신기까지의 경로 손실을 나타낸다. 또한, σ_{PU}^2 은 우선사용자의 수신 잡음 전력을 나타내며 β 는 복호 가능 최소 요구 신호 대 간섭 잡음비에 대한 여지를 나타낸다. 그리고 식 (2)의 왼쪽 변에서 분자에 사용되는 우선사용자의 수신 전력($P_{PU}d_{PRO}^{\alpha_{PW}}$)이며 IEEE 802.22 표준의 휴지 기간(quiet time)과 같은 조건에서 CR 사용자에 의해 측정될 수 있다.

식 (2)에서 우선 사용자의 신호 대 간섭 잡음비는 CR 기지국의 송신 전력 제어를 통해 조절이 가능하므로 CR 기지국의 전력 제어가 필요하게 된다. 식 (2)를 만족하는 CR 기지국의 새로운 송신 전력 P_{CR}^* 은 식 (3)과 같다.

$$P_{CR}^* \leq \left(P_{PU}d_{PRO}^{\alpha_{PW}} 10^{\frac{-\Gamma_{DEC}}{10}} - \sigma_{PU}^2\right)d_{CR}^{\alpha_{CW}}. \quad (3)$$

즉, CR 사용자는 위의 식 (3)을 이용해 기지국의 새로운 송신전력을 계산한다.

본 논문에서 제안한 방법을 기존의 IEEE 802.22 표준에 적용하기 위해 추가적인 다섯 단계의 절차 (②~⑥)가 필요하며 이를 정리하면 다음과 같다.

- ① CR 사용자는 주기적 혹은 간헐적으로 우선사용자의 존재를 인지하기 위해 사용 중이던 채널을 검사한다.
- ② 만약 우선사용자가 채널을 사용한다면 이를 인지한 CR 사용자는 우선사용자의 신호 대 간섭 잡음비를 측정한다. 본 논문에서 CR 사용자는 우선사용자의 종류(즉, digital TV 또는 analog TV)에 대한 수신기의 잡음 전력을 안다고 가정한다. 이를 통해서 CR 사용자는 우선사용자 신호의 전력 크기를 구할 수 있다.
- ③ CR 사용자는 채널을 사용하는 우선사용자의 전력 크기를 이용해 우선사용자가 신호를 복호할 수 있도록 보장하기 위한 새로운 송신전력을 식 (3)을 통해 계산하게 된다.
- ④ CR 사용자는 계산된 새로운 전력을 해당 CR 기지국에 전송한다.
- ⑤ CR 기지국은 CR 사용자로부터 수신한 새로운 전력을 이용해 CR 사용자에게 신호를 송신하여 그림 3과 같이 셀의 크기를 조절한다.
- ⑥ 새로운 CR 셀 영역 밖의 CR 사용자들이 일정 시간 이상 해당 CR 기지국의 신호를 수신하지 못하게 되면 이 CR 사용자들은 일반적인 CR 시스템의 전송방식에 따라서 점유 중이던 채널의 사용을 중지하고 다른 채널을 검색하거나 백업채널을 이용해 채널을 이동하게 된다. 그러나 (b)와 같은 새로운 CR 셀 내의 사용자들은 지속적

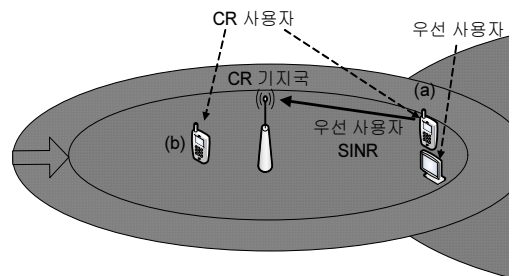


그림 3. 기지국의 전력을 이용한 셀 영역 조절

으로 통신을 유지할 수 있으므로 서비스 품질을 보장받을 수 있다.

3.2. CR 시스템의 단위 면적당 스펙트럼 효율

기존의 IEEE 802.22 표준은 주파수 사용 권리를 가진 우선사용자가 CR 시스템이 사용하는 채널을 이용하여 통신을 개시할 경우 CR 시스템은 해당 채널의 사용을 종료하고 가용한 새로운 채널로 이동하도록 한다. 그러나 제안된 방법을 사용하는 CR 시스템은 해당 채널을 사용하는 우선사용자의 신호 복호를 보장하면서 동시에 채널을 공유해 사용함으로써 기존의 CR 시스템에 비해 단위 면적당 주파수 사용효율이 증가하게 된다. 하나의 주파수 채널을 사용하는 경우를 그림 4에 나타내었다. 그리고 단위 면적당 주파수 효율은 식 (4)와 같이 정의할 수 있다.

$$E_{area} = \frac{BW(area_A + area_B)}{area\ of\ CR\ cell}. \quad (4)$$

위 식에서 BW 는 CR 시스템이 사용하는 하나의 TV 채널의 주파수 대역폭을 나타내고, $area_A$ 와 $area_B$ 는 각각 그림 4 (b)의 채널 A와 B가 지원되는 셀의 영역을 나타내고 $area\ of\ CR\ cell$ 은 새로운 전력을 이용하지 않는 기존의 CR 시스템의 셀 영역이다.

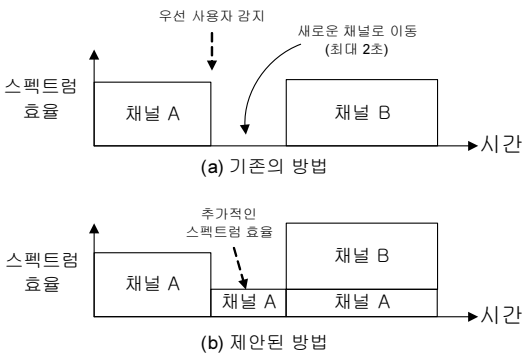


그림 4. 단위 면적당 스펙트럼 효율

3.3 CR 시스템의 통신종료확률

기존의 CR 시스템은 그림 4 (a)와 같이 우선사용자 감지 시 채널을 이동하므로 CR 사용자들의 통신을 종료해야 한다. IEEE 802.22 표준에 따르면 CR 사용자들은 채널을 이동하는 2초간 서비스 품질을 보장받을 수 없게 되고 다음의 식 (5)로 표현되는 통신종료확률은 100%의 값을 갖는다.

$$P_{out} = P(SINR \leq SINR_{THR}). \quad (5)$$

그러나 제안된 방법을 사용하는 CR 시스템은 그림 4 (b)와 같이 우선 사용자 인지 시 사용 중이던 해당 채널을 이용한 통신을 유지할 수 있는 CR 사용자들이 존재함으로써 기존의 통신을 종료하는 방법에 비해 향상된 통신종료확률을 얻게 된다.

IV. 전산 모의실험 환경 및 결과

본 논문에서 제안한 무선 자원 공유 방법을 적용하였을 때 CR 시스템의 단위 면적당 스펙트럼 효율과 통신 중단확률의 향상되는 정도를 알아보기 위해 전산 모의실험을 수행하였다.

본 논문의 전산 모의실험에서는 우선사용자 시스템으로써 DTV 시스템을 사용하였으며 구체적 시스템 파라미터는 표 1에 보였다. DTV 기지국의 송신 전력은 300kW로 하며 송신 안테나 높이는 지상으로부터 300m에 위치한다. 경로 손실 모델은 ITU-R P.1546-1을 사용하며, DTV 시스템의 셀의 크기는 반경 130km로 가정한다^[13].

표 2에서는 CR 시스템의 파라미터를 보였다. CR 시스템의 허용 주파수는 TV 주파수 대역인 54~862MHz로 제한하고 각 채널은 6MHz를 사용

표 1. DTV 시스템 파라미터

DTV 시스템	
항목	수치
기지국 송신전력	300kW
송신 안테나 높이	300m
셀 영역	130km
수신기 잡음전력	10dB
경로 손실 모델	ITU-R M.1546-1

표 2. CR 시스템 파라미터

CR 시스템	
항목	수치
가용 주파수 대역	54~862MHz
채널 당 주파수 대역	6MHz
기지국 송신전력	98.3W
송신 안테나 높이	75m
셀 영역	33km

하고, CR 시스템의 셀 영역은 반경 33km로 한다. CR 시스템이 우선사용자의 존재를 인지하여 주파수 대역을 옮길 필요가 있을 경우는 최대 2초 이내에 하도록 한다. CR 기지국의 송신 전력은 98.3W를 사용하며 안테나의 높이는 지상으로부터 75미터에 위치하고 채널 경로 손실 모델은 IEEE 802.22 표준을 사용하였다^{8,13,14,15}. 셀 내 CR 사용자들은 1km 간격의 링 위에 균일하게 분포(uniform distribution)하며 동일한 채널을 공유한다고 가정한다.

그림 5는 상기 언급된 파라미터를 사용하는 시스템에 제안된 무선 자원 공유 방법을 적용하였을 경우에 CR 시스템의 단위 면적당 스펙트럼 효율을 나타내는 그래프이며 식 (4)에 의해 구할 수 있다.

CR 시스템이 하나의 채널만을 사용한다면, 기존 CR 시스템은 우선사용자가 나타났을 경우 사용 가능한 새로운 주파수 대역으로 옮겨 통신을 하므로

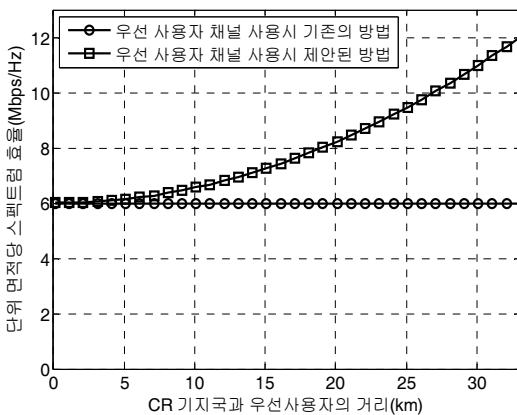


그림 5. 우선사용자의 위치에 따른 단위 면적당 스펙트럼 효율

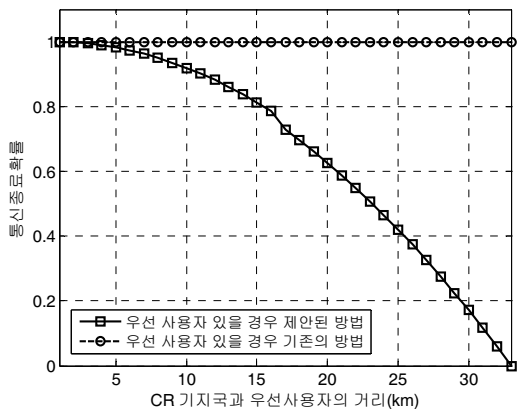


그림 6. 우선사용자의 위치에 따른 CR 시스템 통신 중단 확률

단위 면적당 스펙트럼 효율은 6 Mbps의 일정한 값을 보인다. 그러나 제안된 방법을 사용하여 채널을 공유하게 되면 새로운 주파수 대역과 기존의 주파수 대역의 사용이 가능함으로써 두 채널을 모두 이용하게 되므로 기존의 방법에 비해 높은 스펙트럼 효율을 보인다. 그리고 단위 면적당 스펙트럼 효율은 새로운 채널이 통신을 지원하는 면적에 비례하므로 CR 기지국과 우선 사용자의 거리가 증가할수록 커지게 되고 그림 5와 같이 최대 12Mbps의 값을 보인다.

그림 6은 CR 기지국으로부터 일정한 거리를 두고 통신을 개시하는 우선사용자가 인지될 경우 제안된 무선 자원공유 방법에 의해 새로운 채널로 이동하지 않고 기존 채널을 사용하는 CR 사용자의 통신종료확률을 식 (5)에 의해 나타낸 그래프이다. 우선사용자 시스템과 CR 시스템 기지국은 앞서 언급한 시스템 파라미터를 사용하며 CR 사용자 수신기의 복호 가능 최소 요구 신호 대 잡음비는 5.6dB로 가정하였다⁸. 이 경우 기존의 IEEE 802.22 표준은 우선 사용자 존재 시 새로운 채널로 이동하는 시간동안 통신을 종료하여야 하므로 CR 사용자의 통신종료확률은 100%로 나타난다. 그러나 제안된 방법을 적용한 CR 시스템은 우선사용자 인지 시 CR 기지국의 전력 제어를 통해 우선사용자의 신호 복호를 보장하여 CR 시스템의 동일 채널사용을 가능케 하기 때문에 CR 기지국과 우선사용자의 거리가 멀수록 낮은 통신 중단 확률을 보인다. 그림 6에서 우선사용자가 CR 기지국으로부터 5km의 거리에 있을 때 기존의 채널을 공유하는 CR 사용자는 전체 사용자의 1.8%이지만 23km이상의 거리에서는 약 50%이상 CR 사용자의 채널 공유가 가능하다. 또한 30km의 거리에서는 전체 CR 사용자의 83%가 우선사용자와 채널을 공유하여 통신을 종료하지 않을 확률을 보인다.

V. 결론

IEEE 802.22 표준은 주파수 사용 권리를 가진 우선사용자의 채널 사용을 인지할 경우 CR 사용자의 동일 채널을 이용한 통신을 종료하고 사용 가능한 다른 채널로 이동해야한다. 이 때, CR 시스템은 채널을 이동하는 동안 통신을 사용할 수 없기 때문에 CR 사용자의 서비스품질을 보장할 수 없는 문제점이 있다. 본 논문은 이 단점을 최소화하고 우선 사용자의 신호 대 간섭 잡음비를 이용해 우선 사용

자가 사용하는 채널을 공유하는 방법을 제안하였으며, 이로부터 단위 면적당 스펙트럼효율을 향상시키고 통신을 종료하고 채널을 이동하는 CR 사용자의 수를 최소화하였다. 전산 모의실험을 통해 제안된 방법이 향상된 단위 면적당 스펙트럼 효율과 우선 사용자가 CR 기지국과 23km이상 떨어져있을 때 기존의 CR 시스템이 100%의 통신 중단 확률을 보인 반면 CR 사용자의 통신종료확률이 50%로 나타남으로써 향상된 서비스 품질의 보장을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] J. Mitola, "Cognitive radio for flexible mobile multimedia communications," Proc. of IEEE workshop on Mobile Multimedia Comm., Nov. 1999.
- [2] FCC, Spectrum policy task force report, ET Docket No. 02-155, Nov. 2002.
- [3] FCC. ET. Docket No, 03-322, "Notice of Rule Making and Order," Dec. 2003.
- [4] H. Urkowitz, "Energy detection of unknown deterministic signals", Proc. IEEE, vol. 55, 1967.
- [5] N. Han, S. Shon, J. Chung and J. Kim, "Spectral correlation based detection method for spectrum sensing", ICACT 2006, vol 3, Feb. 2006.
- [6] A. Laufer, and A. Leshem, "Distributed coordination of spectrum and the prisoners dilemma", DySPAN 2005, Nov. 2005.
- [7] P. Papadimitratos, S. Sankaranarayanan and A. Mishra, S. Hershey "A bandwidth sharing approach to improve licensed spectrum utilization", DySPAN 2005, Nov. 2005.
- [8] IEEE 802.22-06/0004r0, A PHY/MAC Proposal for IEEE 802.22 WRAN systems, Part 1:The PHY, Jan. 2006.
- [9] W. Xiao, A. Ghosh, D. Schaeffer, L. Downing, "Voice over IP (VOIP) over cellular: HRPD-A and HSDPA/HSUPA," VTC-2005-fall, Sept. 2005
- [10] S. Haykin, "Cognitive Radio : Brain Empowered Wireless Communications," in Proc. IEEE, vol. 23, No. 2, Feb. 2005.
- [11] A. Sahai, N. Hoven and R. Tandra, "Some fundamental limits of cognitive radio," in *Forty-second Allerton Conference on Communication, Control and Computing, Monticello, IL*, Oct. 2004.
- [12] R. Tandra and A. Sahai, "Fundamental limits on detection in low SNR under noise uncertainty," in *WirelessCom 2005*, Maui, HI, June 13~16 2005.
- [13] IEEE 802.22-06/0052r1, WRAN Keep-out Region, May 2006.
- [14] IEEE 802.22-06/0242r2, Draft Recommended Practice", Nov. 2006.
- [15] ITU-R Recommendation P.1546-1, "Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30MHz to 3000MHz", Geneva, 2003.
- [16] C. M. Cordeiro, K. Challapali, D. Birru, and S. Shankar, "IEEE 802.22: An Introduction to the First Wireless Standard based on Cognitive Radios", in the Journal of Communications, Special Issue from selected papers from DySPAN 2005, Vol. 1, No. 1, April 2006.

권 양 수 (Yangsoo Kwon)

준회원

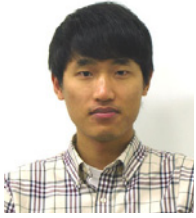


2006년 2월 인하대학교 전자 공
학과 졸업
2006~현재 인하대학교 전자 공학
과 석사
<관심분야> cognitive radio, 차세대
무선 이동 통신, network
coding, cooperative MIMO,

MIMO-OFDM

지 영 근 (Young-geun Ji)

준회원



2006년 2월 인하대학교 전자 공
학과 졸업
2006~현재 인하대학교 전자 공학
과 석사
<관심분야> cognitive radio, 차세
대 무선 이동 통신, cooperative
MIMO, UWB

정 재 학 (Jaehak Chung)

종신회원



1988년 2월 연세대학교 전자 공학
과 졸업
1990년 2월 연세대학교 전자 공
학과 석사
2000년 University of Texas at
Austin 전기전산 학과 박사
2000년~2001년 post doctoral
fellow, University of Texas at Austin
2001~2005년 수석연구원, 삼성종합기술원
2005~현재 조교수, 인하대학교
<관심분야> cognitive radio, 차세대 무선 이동 통신,
MIMO-OFDM, UWB, cross layer 설계