

논문 2009-4-17

# Cognitive Radio에서 서비스 영역 외부의 사용자를 위한 BBA 기반의 전력할당기법

## The BBA based Power Allocation Method for the User in Outside Service Area in Cognitive Radio

조주필\*

Ju-Phil Cho

요 약 Cognitive Radio 환경에서 서비스영역 밖에 있는 사용자는 통신을 하지 못하도록 규정을 하고 있다. 그 이유는 주사용자가 서비스를 제공받는데 피해나 간섭의 영향을 대비하기 위해서이다. 이와 같은 규정이 보장된다면, CR 사용자는 서비스 영역 밖에서도 충분히 서비스를 제공받을 수 있게 된다. 본 논문에서는 주 사용자에게 과도한 간섭을 발생시키지 않는 실용적 시스템에 대한 논의, 즉, 제안된 기법을 통해 부사용자를 위한 가능한 이득이 주사용자에게 비간섭이 되는 사항에 중점을 둔다. 본 논문에서는 그 방법을 BBA(Bi-directional Beamforming Antenna), 즉 지향성 양방향 안테나를 이용하여 제시한다.

**Abstract** Cognitive Radio rules provide that the user outside service region should not utilize communication system in Cognitive Radio environment. The reason why main user should use service without any loss and interference. If this rule is guaranteed, CR users are able to be offered enough services outside service region. In this paper, we target the issue which can operate practical cognitive systems even without causing excessive interference to legacy users. Also, we focus use on non-interference to the primary system rather than realizable benefits for the secondary systems, and using the proposed device. In this paper, we present the possible scheme using Bi-directional Beamforming Antenna.

**Key Words :** SINR, Cognitive Radio, BBA, PU, PR, SU, ST

### I. 서 론

최근 3G, 4G로 기술이 발전 되면서, 이용이 가능한 주파수가 거의 포화가 되고, 있어 사용할 수 있는 대역의 주파수는 점점 줄어들고 있다.

더군다나 우리나라와 같이 다른 나라에 비해 인구밀도가 높으며 비교적 면적이 작은 나라와 같은 경우 주파수를 재사용함에 있어서는 더 큰 제약이 가져 올수 있을 것이다.[1] 미국의 FCC(미국 연방 통신위원회)에서 발표

된 자료에 보면 뉴욕과 같은 대도시 몇몇 지역을 제외하고 대부분 주파수 활용 효율이 평균 30%이어서 주파수 효율성이 너무나 부족한 현실이다.[2],[3] 이는 주파수를 할당해 놓았지만 사용하지 않아 심각한 주파수 낭비가 되고 있음을 알 수 있으며 앞으로 다가올 주파수 고갈의 문제를 해결하고자 Mitora가 Cognitive Radio를 주창했다[4]. IEEE 802.22 WRAN[3]은 미국, 브라질등 유선랜을 가설하기 힘든 광활한 지역에서 무선 인터넷 접속이 가능하기 위하여 VHF/UHF대역의 TV대역 중 사용되지 않는 채널을 활용하여 통신을 하도록 하고 있다.[5] CR을 효율적으로 수행하기 위해선 스펙트럼 센싱, 동적스펙트

\*정회원, 군산대학교 방송매체공학과  
접수일자 2009.6.23, 수정완료 2009.8.7

림 할당, 잉여주파수 확보의 기술이 필요하다. 하지만 이런 기술들은 실시간으로 스펙트럼 센싱 문제 및 심각한 전력소모 발생으로 이동성에는 취약한 단점이 있다. 본 논문은 스펙트럼 센싱이 필요하지 않고 일정한 규정치를 만족시킬 시 같은 주파수를 사용하게끔 하는 Underlay System에 중점을 둔다.

일반적으로 CR을 서비스하는 영역을 벗어나면 CR사용자는 서비스를 받지 못하게끔 제한이 되어 있다. 하지만 BBA를 이용할 경우 주 사용자에게 통신환경을 보장할 수 있음과 동시에 CR 사용자도 통신할 수 있는 방법을 이 논문에서 제안한다.

2장에서는 본 논문에서 사용하게 되는 모델을 제시하며, 4장은 사용자가 하나일 때와 다수의 사용자가 있는 경우의 전력할당, 5장은 모의 실험, 그리고 6장에서는 결론을 맺는다.

## II. 서비스 영역을 벗어난 ST의 전력

### 2.1 서비스 영역을 벗어난 모델

[6]의 논문에서 보았듯이 서비스 영역 밖을 벗어나면, CR사용자인 ST(Secondary Transmitter)는 통신을 할 수 없게 된다. 왜냐하면 PU(Primary)영역의 주사용자인 PR(Primary Receiver)서비스를 보호하기 위해서 취해진 조치이다.

하지만, BBA를 이용한 경우 정확한 감쇄지수를 선택함으로써 주사용자에게 미칠 간섭의 양을 정확히 계산해 낼 수 있으며, 주사용자가 요구하는 SINR 10[dB]이상을 만족시킬 수 있는 값을 안다면[9], ST는 SU영역 외부에서도 통신이 가능하다.

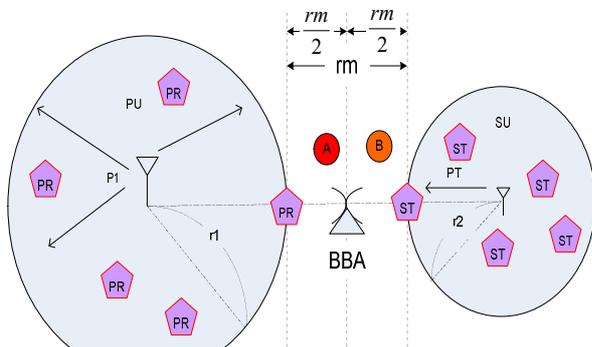


그림 1. 서비스 영역을 벗어난 ST  
Fig. 1 ST beyond service region

그림 1에서 보는 바와 같이 ST가 SU영역의 밖에 존재할 경우(A,B)엔 CR서비스를 하지 못하게 된다. 이는 앞서 설명했듯이 PR의 서비스를 보호하기 위해서이다. 하지만, 앞서 말한 PR에 SINR을 10[dB]이상을 만족할 경우 ST도 통신이 가능함을 보였다.[9]

### 2.2 서비스 영역을 벗어난 경우 : A의 경우

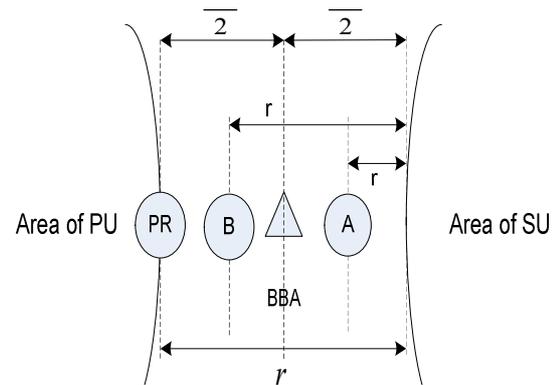


그림 2 서비스 영역을 벗어난 실제모델  
Fig. 2. Real model in outside service region

그림 2에서 A일 때의 경우 PR의 SINR값을 구하면 식 (1)과 같다. r은 SU영역에서 떨어진 거리를 나타내며 각 변수들은 다음과 같다.

- $A_1$  : PU영역에서 기지국, PR의 송수신안테나이득
- $A_2$  : ST와 PR의 안테나 이득
- $P_1$  : PU의 기지국의 전력
- $P_2$  : ST의 전력
- $f$  : 직교성인자
- $r_m$  : PU와 SU의 이격거리
- $\sigma^2$  : AWGN 잡음

여기서  $\alpha$ 는 직교성 인자라써 중심주파수의 미세한 변화를 의미한다. 즉, 같은 중심 주파수일 경우 직교성인자는 1을 가진다.

$$\begin{aligned}
 SINR_{PR,A} &= 10 \log \left( \frac{P_1 A_1 r_1^{-\alpha_1}}{\sigma^2 + f P_2 A_2 \left( \frac{r_m}{2} + r \right)^{-\alpha_1} A_2 \left( \frac{r_m}{2} \right)^{-\alpha_2}} \right) \\
 &= 10 \log \left( \frac{P_1 A_1 r_1^{-\alpha_1}}{\left( \sigma^2 + f P_2 A_2^2 \left( \frac{r_m}{2} + r \right)^{-\alpha_1} \left( \frac{r_m}{2} \right)^{-\alpha_2} \right)} \right)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

수식 (1)을 ST의 전력인  $P_2$ 에 관하여 정리하면 수식 (2)와 같다.

$$P_2 = \frac{P_1 A_1 r_1^{-\alpha_1} 10^{-\frac{SINR_{PR,A}}{10}} - \sigma^2}{f A_2^2} \left( \frac{r_m}{2} - r \right)^{-\alpha_1} \left( \frac{r_m}{2} \right)^{-\alpha_2} \quad (2)$$

수식 (2)가 ST가 서비스영역 밖에(A의 경우) 있을 경우 최대 사용할 수 있는 전력  $P_2$ 가 된다. 이 값을 벗어나지 않으면 ST는 PR에 피해나 간섭의 영향을 미치지 않을 수 있다.

### 2.3 서비스 영역을 벗어난 경우 : B의 경우

이번 절에선 그림 1에서 ST가 SU영역의 밖에 존재할 경우인 B에 관해서 살펴 보도록 한다. 이때도 마찬가지로 PR에서 측정된 SINR값은 수식 (3)과 같이 볼 수 있다.

$$SINR_{PR,B} = 10 \log \left( \frac{P_1 A_1 r_1^{-\alpha_1}}{\sigma^2 + f P_2 A_2 (r_m - r)^{-\alpha_2}} \right) \quad (3)$$

수식 (3)을 ST의 전력인  $P_2$ 에 관해 정리하면 수식 (4)와 같다.

$$P_2 = \frac{P_1 A_1 r_1^{-\alpha_1} 10^{-\frac{SINR_{PR,B}}{10}} - \sigma^2}{f A_2} (r_m - r)^{-\alpha_1} \quad (4)$$

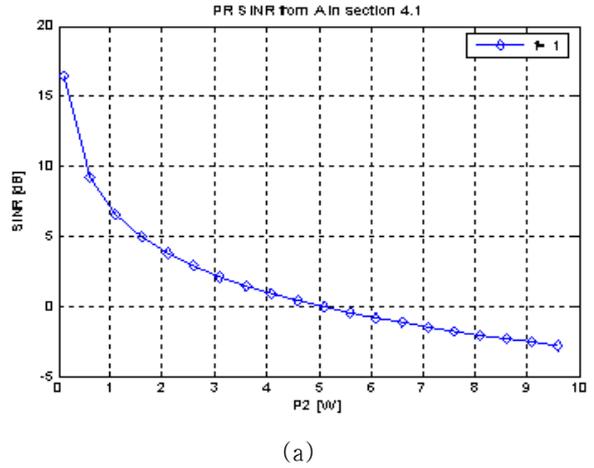
수식 (4)가 ST가 서비스영역 밖에(B의 경우) 있을 경우 최대 사용할 수 있는 전력  $P_2$ 가 된다. 이 값을 벗어나지 않으면 ST는 PR에 피해나 간섭의 영향을 미치지 않을 수 있다.

수식 (3)과 수식 (4)에서 계산된 값이 ST의 최소 전력을 넘지 않을 경우 이 수식은 의미가 없게 된다. 이럴 경우  $f$ 를 이용하여 ST의 전력  $P_2$ 를 잠시 연장할 수 있는데 이는 모의 실험결과에 나와 있다.

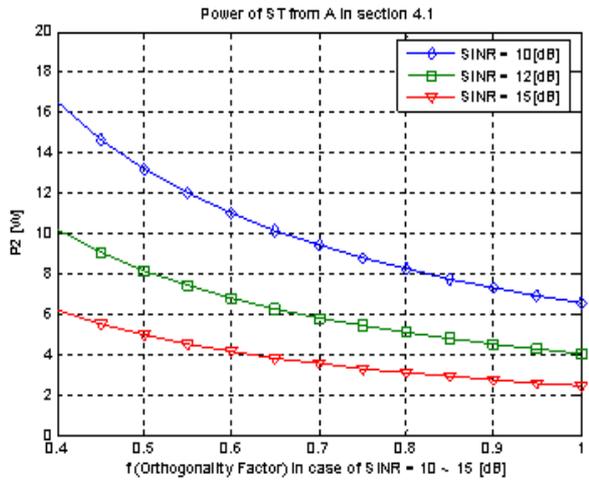
## III. 모의실험

이번 장에서는 모의실험을 통한 결과를 정리하였다. 모의실험의 파라미터는 IEEE 802.22 WRAN모델과 [7],[8]의 BBA에서 얻은 감쇄지수 값으로 실험을 진행하

였다. [7],[8]에서 얻은 감쇄지수는  $\alpha_1=3.5751$ ,  $\alpha_2=5.7266$ 이 나오며,  $r_m=100$  m로 두어 실험하였다. 실험 결과 역시 PR이 요구되는 SINR값이 증가할수록 서비스 영역 밖에 존재하는 ST의 전력사용 한계치는 줄어드는 것을 볼 수 있다. 또한 예상 대로 ST의 전력이 증가함에 따라 PR의 SINR은 점점 감소됨을 볼 수 있다.



(a)



(b)

그림 3. ST가 A일 경우

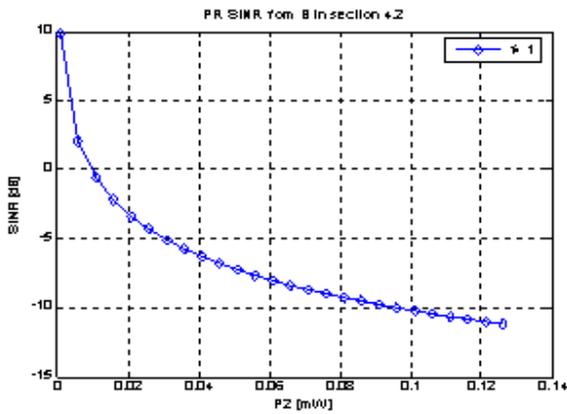
(a) ST의 전력과 PR의 SINR

(b) 직교성 인자를 이용한 ST의 전력할당, PR의 SINR = 10, 12, 15[dB]

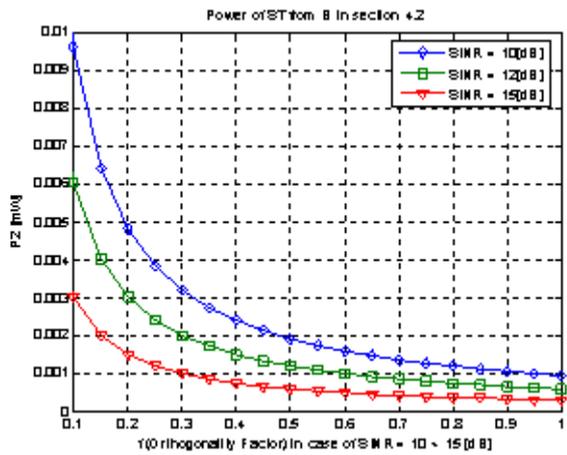
Fig. 3. In case ST is A

(a) Power of ST and SINR of PR

(b) Power Allocation using orthogonal factor, SINR of PR = 10, 12, 15[dB]



(a)



(b)

그림 4. ST가 B일 경우

- (a) ST의 전력과 PR의 SINR
- (b) 직교성 인자를 이용하여 ST의 전력할당, PR의 SINR=10, 12, 15[dB]

Fig. 4. In case ST is B

- (a) Power of ST and SINR of PR
- (b) Power Allocation using orthogonal factor, SINR of PR = 10, 12, 15[dB]

#### IV. 결론

본 논문에서는 Cognitive Radio 환경과 제안된 모델에서 BBA를 통해 얻을 수 있는 ST의 할당 가능한 전력기법에 대해 연구하였다. ST의 할당 가능한 전력은 PR의 요구하는 SINR이 어느 정도 보장하느냐 뿐만 아니라 감쇄지수에 의한 양도 중요하다는 것을 확인할 수 있었다.

또한, BBA를 이용하여 PR이 요구하는 SINR값이 커질수록 ST의 할당 가능한 전력이 줄어드는 것을 볼 수 있었다. BBA를 사용하지 않아 감쇄 지수 값을 결정할 수 없어 임의의 값을 선정하여 전력을 할당할 경우 많게는 30mW까지 사용 허용치를 넘게 되어 PR에게 간섭을 줄 수 있는 여지가 될 수 있음을 보였다. 감쇄지수를 너무 크게 선정했을 시엔 많게는 15mW 까지 전력의 손해를 볼 수 있음을 확인했다. 향후 BBA 특성에 영향을 미치는 요소들에 대한 연구를 병행하면 더욱 좋은 성능 개선을 기대할 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] [www.rapa.or.kr/frequency/korean/15.pdf](http://www.rapa.or.kr/frequency/korean/15.pdf)
- [2] J.Mitola III, "Cognitive Radio for Flexible Mobile Multimedia Communications," IEEE Mobile Multi-media Conf, pp3-10, 1999
- [3] <http://www.ntla.doc/osmhome/allochrt.pdf>
- [4] S.Haykin, "CR:Brain-empowered Wireless Communications," IEEE JSAC, vol,23, No.2, pp.202-220, Feb, 2006
- [5] <http://www.ieee.802.org/22/>
- [6] Niels Hoven, Anant Shahai, "Power Scaling for Cognitive Radio" WirelsssCom05 Symposium on Emerging Networks, Technologies and Standards, Maui, Hawaii, June 2005
- [7] 김대익, 조주필, 백흥기, "Cognitive Radio 환경에서 직교성 인자를 이용한 Power Scaling 기법" 2008 IT-컨버전스 합동학술대회 논문집, pp.259-261, Feb, 2008
- [8] 김대익, 조주필, 안봉만, 백흥기 "Adjusting power usage using the proposed device in Cognitive Radio" 2008 ICEIC 논문집
- [9] M.Marus, "Unlicensed Cognitive Sharing of TV Spectrum," IEEE CommMag, pp.24-25, May, 2005

※ 본 연구는 지식경제부 부품소재산업진흥원 부품소재기술개발사업 (주관기관 : 삼성전기, 위탁기관 : 군산대학교)의 지원으로 수행된 것입니다.

저자 소개

조 주 필(정회원)



- 1992년 2월 : 전북대학교 정보통신공학과 학사
- 1994년 2월 : 전북대학교 전자공학과 석사
- 2001년 2월 : 전북대학교 전자공학과 박사
- 2000년~2005년 : 한국전자통신연구원

이동통신연구단 선임연구원

- 2006년~2007년 : 한국전자통신연구원 초빙연구원
- 2005년 ~ 현재 : 군산대학교 방송매체공학과 부교수

<주관심분야> 통신신호처리, WiBro, MMR, CR, MIMO-OFDM, UWB