

레터논문-09-14-1-10

WPAN을 위한 무선인지기술에서의 BBA 기반 전력할당기법

김 대 익^{a)}, 조 주 필^{b)‡}, 차 재 상^{c)}

BBA based Power Scaling Method in Cognitive Radio Technique for WPAN

Kim Dae-Ik^{a)}, Cho Ju-Phil^{b)‡} and Cha Jae Sang^{c)}

요 약

본 논문에서는 위치인식기반 WPAN에 적용 가능한 무선인지 기술 중에서 BBA 기반의 전력할당기법에 논의한다. Cognitive Radio 환경을 벗어난 서비스영역 밖에 있는 CR사용자의 관점에서 통신이 가능하게 하는 방법을 찾는 것이 관점이다. CR에서는 서비스 영역 밖에서는 통신을 하지 못하도록 규정을 하고 있다. 그 이유는 주사용자가 서비스를 제공받는데 피해나 간섭의 영향을 최소화하기 위해서이며, 이런 것이 선행되지 않고서는 값비싼 주파수라는 자원을 공유하기를 꺼려 하기 때문이다. 하지만 이와 같은 피해를 주지 않게 보장을 한다면 CR사용자는 서비스 영역 밖에서도 충분히 서비스를 제공받을 수 있게 된다. 그 방법을 BBA(Bi-directional Beamforming Antenna), 즉 지향성 양방향 안테나를 이용하여 가능한 방법을 제시하려 한다.

Abstract

In this paper, we discuss the BBA based power scaling scheme in cognitive radio technique for WPAN system. We focus on Cognitive Radio environment which is currently ongoing standard procedure and is able to focus on future communication and show the transmitted power scaling of CR user. We suggest the available communication method of CR user, while it is simultaneously satisfying both minimum interference of PU(Primary User) and possible communication of CR user. The method is using the BBA, and we show several merits in face of received SINR. and we prove that CR vary its transmit power while maintaining a guarantee of service to primary users.

Keywords : Wireless PAN, Cognitive Radio, BBA

1. 서 론

최근 3G, 4G기술이 발전 되면서, 이용이 가능한 주파수가 거의 포화가 되고, 있어 사용할 수 있는 대역의 주파수는

점점 줄어들고 있다. 현재 IT분야의 선두를 달리고 있으며 계속적으로 발전하고 있는 우리나라의 경우 이와 같은 문제는 기술발전에 큰 제약을 주게 된다.

더군다나 우리나라와 같이 다른 나라에 비해 인구밀도가 높으며 비교적 면적이 작은 나라와 같은 경우 주파수를 재사용함에 있어서는 더 큰 제약을 가져 올수 있을 것이다.^[1]

미국의 FCC(미국 연방 통신위원회)에서 발표된 자료에 보면 뉴욕, LA와 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

a) 전북대학교 전자공학과
Chonbuk National University

b) 군산대학교 전자정보공학부
Kunsan National University

c) 서울산업대학교 매체공학과
Seoul National Univ. of Tech.

‡ 교신저자 : 조주필(jpcho33@hanafos.com)

※ 본 연구의 일부는 한국과학재단 특정기초연구 (No. R01-2006-000-11183-0(2008)) 지원으로 수행되었음.

주파수 낭비가 되고 있음을 알 수 있다. 우리나라의 경우 주파수를 사용하는 형태와 모든 통신 주파수 전 대역을 조사해 보면 사용효율이 미국과 비슷한 범위에 있을 거라 생각된다. 한 예로, 공중파 방송의 텔레비전 주파수와 같은 경우엔 시청시간이 아닌 오후 1시에서 5시 사이엔 방송을 하지 않은 경우가 그것이 될 것이다. 이와 같은 주파수 낭비를 줄이고 앞으로 다가올 주파수 고갈의 문제를 해결하고자 Mittra가 Cognitive Radio를 주창했다^[4].

IEEE 802.22 WRAN^[3]은 미국, 캐나다, 브라질등 유선랜을 가설하기 힘든 광활한 지역에서 무선 인터넷 접속이 가능하기 위하여 VHF/UHF대역(54-862[MHz])의 TV대역 중 사용되지 않는 채널을 활용하여 통신하는 것이다. [5] 우선 CR을 하기 위해선 스펙트럼 센싱, 동적스펙트럼 할당, 잉여주파수 확보의 기술이 필요하다. 하지만 이런 기술들은 실시간으로 스펙트럼 센싱을 해주어야 하는 불편함이 있으며, 심각한 전력소모가 심하여 이동성에는 취약한 단점이 있다. 본 논문은 스펙트럼 센싱이 필요하지 않고 일정한 규정치를 만족시킬 시 같은 주파수를 사용하게끔 하는 Underlay System관점에서 논문을 전개한다.

일반적으로 CR을 서비스하는 영역을 벗어나면 CR사용자는 서비스를 받지 못하게끔 제한이 되어 있다. 그 이유는 주사용자의 통신을 보호하고 간섭의 영향을 없애기 위해서다. 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 유저가 하나일 때와 다수의 유저일경우의 전력할당을, 5장은 모의 실험을, 그리고 6장에서는 결론을 맺는다.

II. 서비스 영역을 벗어난 ST의 전력

1. 서비스 영역을 벗어난 모델

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

하지만, [7][8]논문에서 BBA를 이용한 논문에서 보았듯이 정확한 감쇄지수를 선택함으로써 주사용자에게 미칠 간섭의 양을 정확히 계산해 낼 수 있으며, 주사용자가 요구하는 SINR(Signal to Interference and Noise Ratio) 10[dB]이상을 만족시킬 수 있는 값을 알기만 한다면[9], ST는 SU영역을 벗어났다고 하더라도 통신을 할 수가 있게 된다.

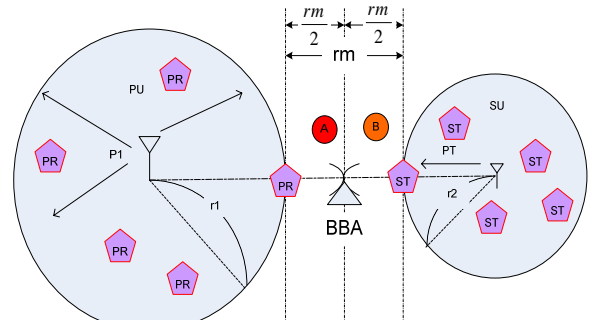


그림 1. 서비스 영역을 벗어난 ST
Fig. 1 ST beyond service region

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. 서비스 영역을 벗어난 경우 : A의 경우

그림 2에서 A일 때의 경우 PR의 SINR값을 구하면 수식 (1)과 같다. r은 SU영역에서 떨어진 거리를 나타낸다.

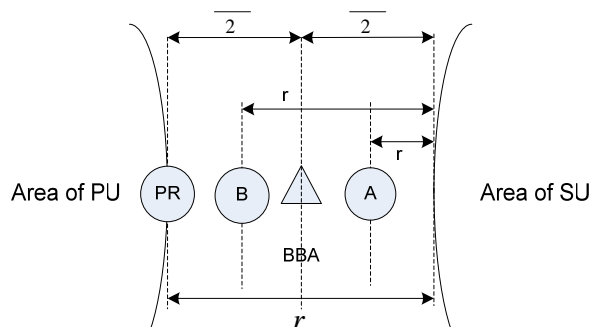


그림 2. 서비스 영역을 벗어난 실제모델
Table 2. Fig. 2. Real model beyond service region

- A_1 : PU영역에서 기지국과 PR의 송수신안테나이득
- A_2 : ST와 PR의 안테나 이득
- P_1 : PU의 기지국의 전력
- P_2 : ST의 전력
- f : 직교성인자
- r_m : PU와 SU의 이격거리
- σ^2 : AWGN 잡음

여기서 f 는 직교성 인자라서 중심주파수의 미세한 변화를 의미한다. 즉, 같은 중심 주파수일 경우 직교성인자는 1을 가진다.

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

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

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

수식 (2)가 ST가 서비스영역 밖에(A의 경우) 있을 경우

최대로 사용할 수 있는 전력 P_2 가 된다.

이 값을 벗어나지 않으면 ST는 PR에 피해나 간섭의 영향을 미치지 않을 수 있다.

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.

$$P_2 = \frac{P_1 A_1 r_1^{-\alpha_1} 10^{-\frac{SINR_{PR,B}}{10}} - \sigma^2}{f A_2} (r_m - r)^{-\alpha_2} \quad (4)$$

수식 (4)가 ST가 서비스영역 밖에(B의 경우) 있을 경우 최대로 사용할 수 있는 전력 P_2 가 된다.

이 값을 벗어나지 않으면 ST는 PR에 피해나 간섭의 영향을 미치지 않을 수 있다.

4. 통신 가능 여부의 판단

수식 (3)과 수식 (4)에서 계산된 값이 ST의 최소 전력을

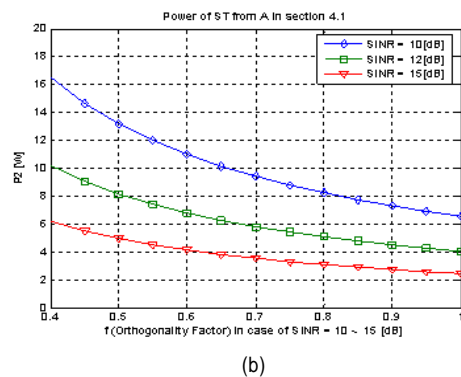
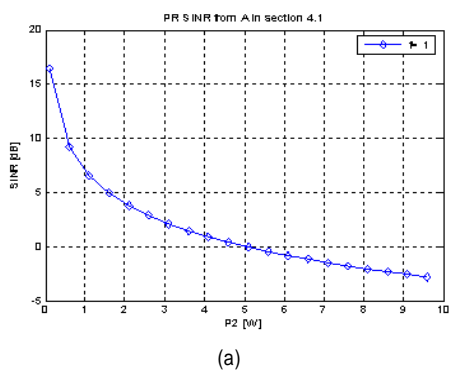


그림 3. ST가 A일 경우 (a) ST의 전력과 PR의 SINR (b) 직교성 인자를 이용하여 ST의 전력할당 PR의 SINR=10, 12, 15[dB]
 Fig. 3. In case ST=A, (a) Power of ST and SINR of PR, (b) Power allocation of ST using orthogonal factor, SINR of PR = 10, 12, 15[dB]

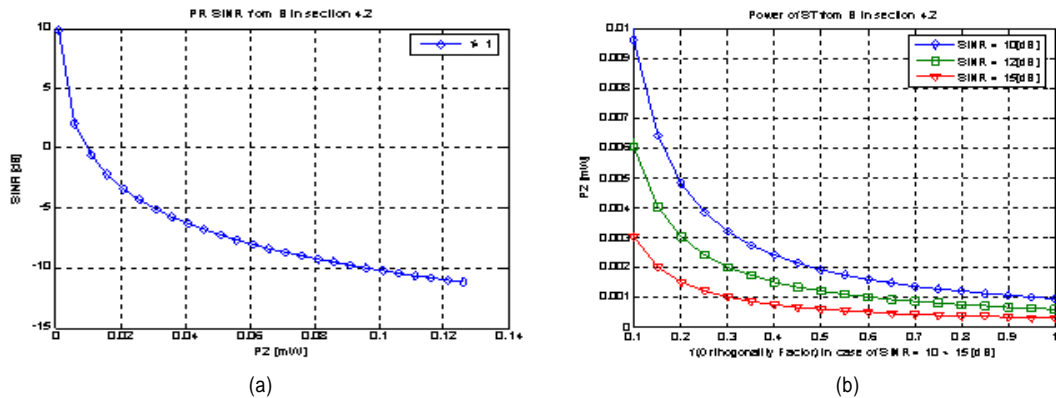


그림 4. ST가 B일 경우 (a) ST의 전력과 PR의 SINR (b) 직교성 인자를 이용하여 ST의 전력할당 PR의 SINR=10, 12, 15[dB]
 Fig. 4. In case ST=B, (a) Power of ST and SINR of PR, (b) Power allocation of ST using orthogonal factor, SINR of PR = 10, 12, 15[dB]

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 진행하였다.

[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.

IV. 결론

본 논문에서는 위치인식기반 WAPN 시스템에서 적용 가능한 무선인지 기술 중에서 BBA 기반의 전력할당기법에 논의하였다. Cognitive Radio 환경을 벗어난 서비스영역 밖에 있는 CR사용자의 관점에서 통신이 가능하게 하는 방법을 구하였으며 그 성능을 분석하였다. 이 논문에서 제시된 서비스 영역 밖에서의 통신을 보장되어야 함은 물론이며, 차후 주사용자나 서비스를 보호 받아야 하는 사용자에 대한 간섭

의 영향과 통신을 보장까지 해야 하는 어려움이 있다.

따라서 CR자체의 노력도 중요하지만 최근에 등장한 통신 이론들의 접목이 필요하다. 그 예는 Relay 시스템과 연계를 통하여 하는 경우가 있을 것이다.

하지만 주파수라는 값비싼 자원을 효율적으로 사용하는 것 자체에 연구할 가치가 있으며 매력적이다. 지금까지 BBA를 이용하여 CR의 서비스 영역을 벗어난 사용자의 할당 가능한 전력에 대해 살펴보았다. 예상대로 PR이 요구하는 SINR값이 커질수록 ST의 할당 가능한 전력이 줄어드는 것을 볼 수 있었다.

참고 문헌

- [1] <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" WirelssCom05 Symposium on Emerging Networks, Technologies and Standards, Maui, Hawaii, June 2005
- [7] 김대익, 조주필, 백홍기, "Cognitive Radio 환경에서 직교성 인자를 이용한 Power Scaling 기법" 2008 IT-컨버전스 합동학술대회 논문집, pp.259-261, Feb, 2008
- [8] 김대익, 조주필, 안봉만, 백홍기 "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