

CR네트워크에서 트래픽 패턴 기반 채널 선택 기법

박형근* · 유운섭** · 김남호**

*한국기술교육대학교 **한경대학교

Traffic Pattern-based Channel Selection for CR Networks

Hyung Kun Park*, Yun Seop Yu**, Nam Ho Kim**

*Korea University of Technology & Education, **Hankyong National University

E-mail : hkpark@kut.ac.kr

요 약

인지 무선 네트워크에서 제어 및 데이터 정보 전송을 위한 최적의 채널 선택 방법으로 주사용자의 트래픽 정보를 이용하여 유휴 채널 구간을 예측하는 기법을 제안한다. 채널예측을 통해 채널을 선택함으로써 주 사용자에 대한 충돌을 최소화하고 전송효율을 증가시킬 수 있다. 시뮬레이션 결과 제안한 방법이 시스템 수율을 향상시키고 동시에 주사용자에 대한 간섭 또한 적절한 임계치 이하로 줄이는 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, the spectrum hole prediction scheme was proposed for the cognitive radio networks usign the primary user 's traffic pattern. Using the channel prediction, the collision probability with primary users can be reduced and the system throughput can be improved. Simulation result shows that the proposed method can enhance the throughput and reduce the interference to the primary user below the desired threshold.

키워드

cognitive radio, traffic pattern, channel opportunities, channel selection

1. 서 론

인지라디오 기술은 기존 스펙트럼의 허가받은 주 사용자에 의해 사용되지 않는 시간, 즉 스펙트럼 홀 (spectrum hole)을 CR(cognitive radio) 사용자에게 할당하여 스펙트럼의 이용효율을 높일 수 있게 한다. [1] 인지라디오 네트워크에서는 허가된 사용자만이 할당된 스펙트럼을 사용할 권리를 갖는다. 따라서 CR사용자는 스펙트럼의 빈 시간만을 사용해야하며 주사용자에 대한 간섭을 최소화해야 한다. 기존의 채널할당방식에서는 전송효율의 극대화하려는 노력이 주요 이슈이지만 인지라디오 네트워크에서는 전송효율의 측면보다 주 사용자에 대한 간섭을 최소화하는 것이 더욱 중요한 문제이며 이를 위한 새로운 채널할당방식이 요구된다.

그동안 인지라디오 네트워크에서 채널할당을 포함한 매체접근방식에 대한 연구가 이루어져 왔다. OSA (Opportunistic spectrum access) 매체접근 제어 방식 [2]은 다중채널환경에서 기회적 채널선택방법을 제안하고 있으나 채널의 트래픽 패턴, 전송율 등의 채널특성을 고려하고 있지 않다. 에드혹 네트워크 환경에서 확률적 채널 할당방식 [3]은 모든

유휴채널에 대해 성공적 전송율을 예측하고 이를 최대로 할 수있는 채널을 선택하는 방식이나 유휴 채널의 증가에 따라 그 복잡도가 크게 증가하는 문제를 갖고 있다. 본 논문에서는 유휴채널의 증가에 따른 복잡도를 최소화하면서 채널 예측에 기반한 멀티채널 할당방식을 제안하려한다.

II. 스펙트럼 홀 예측

스펙트럼 홀을 예측하기 위해서는 주 사용자의 트래픽에 대한 모델이 필요하다. 주사용자에 대한 트래픽 모델로 포아송 모델을 사용하였다. 스펙트럼 홀을 예측하기 위해 채널 i 에서 주사용자의 패킷이 t 시간까지 도착하지 않을 확률 $s_i(t)$ 을 구한다. 본 논문에서는 스펙트럼 홀 t_h 를 한 채널에서 주 사용자와의 충돌없이 데이터를 전송할 수 있는 확률 임계값 α 로 정의한다. 각각의 채널은 작은 시간크기의 슬롯으로 나뉘어 지며 스펙트럼 홀 t_h 은 이와같은 슬롯의 수로 표현될 수 있다. CR사용자가 스펙트럼 홀 N_h 을 이용하여 패킷을 전송하려할 때 성공률은 최소 임계값 α 보다 더 커야한

다. 임계값 α 는 주 사용자에 대한 간섭을 제한하는 역할을 한다.

$$\alpha \leq s_i(N_{d,i}t_{slot}) = A_i e^{-\lambda_i N_{h,i} t_{slot}} \quad (1)$$

이때 t_{slot} 는 시간슬롯의 시간간격이다. 스펙트럼 홀은 식(1)를 만족시키는 최대 슬롯의 수가 된다. 스펙트럼 홀의 슬롯수 $N_{h,i}$ 는 전송성공률 α 를 만족시키면서 CR사용자에 의해 사용될 수 있는 최대 시간슬롯을 의미한다. 각각의 채널은 각각 다른 도착률 λ 를 갖을 수 있으며 각기 다른 스펙트럼 홀 $N_{h,i}$ 을 가질 수 있다.

III. 스펙트럼 홀 예측을 통한 채널할당

인지라디오 네트워크에서는 주사용자에 대한 간섭을 최소화하는 것은 가장 중요한 요소이다. 따라서 다중채널전송에서 CR사용자는 주 사용자에 대한 간섭을 최소화 할 수 있는 채널을 선택해야하며 주 사용자의 출현에 대비하여 전송할 데이터의 양을 제한해야한다. 만약 CR 사용자가 데이터를 전송하기 위해 N_D 시간 슬롯과 M 개의 채널을 필요로 한다면 전송 성공율은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$S = \prod_{i=0}^{M-1} s_i(N_{d,i}t_{slot}) \quad (2)$$

$$= \text{Exp}\left(-t_{slot} \sum_i \lambda_i (N_{d,i} + N_{o,i})\right)$$

$$N_{d,i} \leq N_{h,i}, \quad N_{d,0} + N_{d,1} + \dots + N_{d,L-1} = N_D$$

이때 $N_{d,i}$ 는 CR데이터를 전송하기 위해 채널 i 에 할당된 시간슬롯 수이다. 본 논문에서는 전송성공률을 보다 간단히 표현하기 위해 채널 i 간섭길이 L_i 를 다음과 같이 정의한다.

$$L_i(N_{d,i}) = \lambda_i(N_{d,i} + N_{o,i}) \quad (3)$$

전송 채널에 대한 간섭길이의 총합은 전송성공률과 직접적으로 관련된다. CR사용자들은 데이터 전송을 위해 채널을 선택하고 전송 성공률을 극대화하도록 각 채널별 전송할 데이터양 $N_{d,i}$ 을 결정해야한다. 성공률을 최대화 하는 최적의 전송데이터 $\overline{N}_d^* = [N_{d,0}^*, N_{d,1}^*, \dots, N_{d,L-1}^*]$ 를 결정한다.

$$\overline{N}_d^* = \underset{\overline{N}_d}{\text{argmin}} \sum_{i=0}^{M-1} L_i(N_{d,i})$$

subject to $\sum_{i=0}^{M-1} N_{d,i}^* = N_D$ and $N_{d,i}^* \leq N_{h,i}$ (4)

IV. 시뮬레이션 및 결과

제안된 채널할당방식에 대한 성능분석을 위해

Matlab을 사용한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 1는 주사용자의 평균부하에 따른 충돌확률을 보여주고 있다. 주 사용자의 평균부하가 커짐에 따라 충돌확률이 증가하나 최소 성공률 임계값 α 가 커짐에 따라 낮은 충돌확률을 유지함을 알 수 있다. 또한 랜덤선택방식에 비해 제안한 방식들 모두 어떤 임계값을 사용하던지 낮은 충돌확률을 나타내고 있다. 이는 데이터를 전송할 수 있는 슬롯 수를 예측된 스펙트럼 홀만큼으로 제한함으로써 그 만큼 충돌이 줄어들음을 알 수 있다.

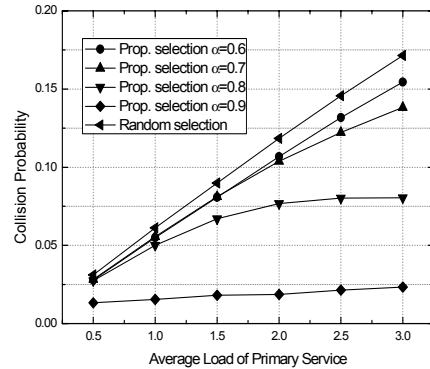


그림 1. 주 사용자의 평균부하에 따른 충돌확률

V. 결론

제안된 채널선택 기법에서는 스펙트럼 홀을 예측하고 데이터의 전송을 제한함으로써 주 사용자에 대한 간섭을 억제할 수 있다. 또한 채널 성공률 임계값을 조절함으로써 전송효율과 충돌확률을 제어할 수 있어 주 사용자 네트워크에 따른 채널할당을 가능케 하였다.

참고문헌

- [1] S. haykin, "Cognitive radio: brain-empowered wireless communications," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol.23, pp.201-220, Feb. 2005
- [2] Long Le and Ekram Hossain, "OSA-MAC: A MAC Protocol for Opportunistic Spectrum Access in Cognitive Radio Networks," *Proc. of WCNC*, 2008.
- [3] A. C.-C. Hsu, D. S. L. Wei, and C.-C. J. Kuo, "A cognitive MAC protocol using statistical channel allocation for wireless ad-hoc networks," *Proc. of IEEE WCNC*, March, 2007.