

다중중계기가 존재하는 무선 인지 차량 네트워크의 성능 분석

*이주현, **이재홍

서울대학교 전기·컴퓨터공학부, 뉴미디어통신공동연구소

*ljh1112@snu.ac.kr

Performance Analysis for Cognitive Vehicular Networks with Multiple Relays

*Juhyun Lee and **Jae Hong Lee

Department of Electrical Engineering and INMC

Seoul National University

요 약

본 논문에서는 다중중계기가 존재하는 인지 차량 네트워크의 성능 분석을 한다. 기존 연구에서 무선 인지 네트워크의 성능 분석에 관한 연구는 많았지만 무선 인지 네트워크에 차량 통신을 접목시킨 무선 인지 차량 네트워크의 성능 분석에 관한 연구는 많지 않았다. 본 논문에서는 언더레이(underlay) 무선 인지 네트워크를 가정하고 차량간 통신이 일어나는 2차 사용자 네트워크의 채널들을 cascaded Rayleigh fading으로 모델링 한다. 성능 분석의 지표로 불능 확률을 사용하고 컴퓨터 모의실험을 통해 분석된 불능확률 값과 모의실험을 통해 얻어진 불능확률 값이 거의 일치한다는 것을 보인다.

1. 서론

무선 인지 네트워크는 주파수 대역폭을 효과적으로 사용할 수 있게 도와주기 때문에 최근 급증한 데이터 트래픽으로 인한 주파수 대역 부족 문제를 해결할 방안 중에 하나로 거론되고 있다. 이러한 무선 인지 네트워크에는 1차 사용자가 사용하지 않는 스펙트럼을 2차 사용자가 감지하여 사용하는 인터위브(interweave) 무선 인지 네트워크와 1차 사용자가 허용할 수 있는 간섭량 이내에서 2차 사용자가 사용하는 언더레이(underlay) 무선 인지 네트워크가 있다 [1]. 이러한 무선 인지 네트워크를 차량통신에 접목시킨 무선 인지 차량 네트워크(cognitive vehicular network)에 관한 연구는 최근 들어서 진행되고 있지만 물리계층 영역에서의 분석은 아직 미비한 수준이다 [2].

물리계층에서의 차량통신 연구는 최근 들어 활발히 연구되고 있으며 특히 차량간 통신에서 좀 더 정확한 분석을 위해 다양한 채널 모델들이 제안되었다. 그 중 cascaded Rayleigh fading 모델은 small scale fading 채널 모델 중에 하나로 연구되고 있다 [3].

본 논문에서는 무선 인지 차량 네트워크에 대한 성능 분석한다. 언더레이 무선 인지 네트워크를 가정하고 차량통신은 다중 중계기가 존재하는 이중 홉 중계기법을 사용하며 성능 분석의 지표로 불능확률을 이용한다. 또한 모의실험을 통해

분석결과를 검증한다.

2. 본론

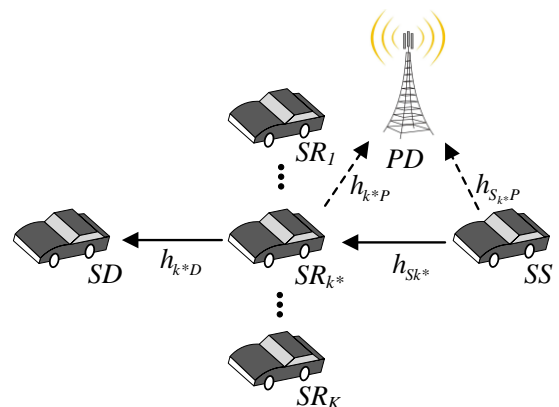


그림 1. 시스템 모델.

본 논문에서 고려하고 있는 시스템 모델은 그림 1과 같다. 그림을 보면 알 수 있듯이, 1차 사용자의 수신기인 PD와 차량통신을 하는 2차 사용자 네트워크로 구성되어있다.

차량통신에서는 데이터를 보내고자 하는 차량인 SS가 K개의 SR 중에 하나인 SR_{k*}의 도움을 받아 다른 차량 SD로 데이터를 전송한다. 또한 1차 사용자의 데이터 전송을 보장하기 위해 PD에서 차량통신으로부터 발생하는 간섭의 영향이 특정 임계값 \bar{I} 를 넘지 않도록 전력을 조절하여 차량통신을 하게 된다. 각 채널에 대한 채널 계수는 그림 1에 표기한 것과 같고, 차량통신이 이루어지는 2차 사용자 네트워크상의 채널 모델은 cascaded Rayleigh fading으로, 차량과 PD 사이의 채널은 일반적인 Rayleigh fading으로 모델링하였다. 이와 같은 시스템 모델에 대하여 불능확률을 알아보도록 한다.

SR_{k*}는 SS로부터 받은 신호를 복호후재전송 기법을 이용하여 SD에 전달한다고 가정한다. SS에서의 전송 전력을 P_S , SR_{k*}에서의 전송전력을 P_R 이라고 할 때 2차 사용자 네트워크의 불능확률은 다음과 같다.

$$P^{out} = \Pr \left[\frac{1}{2} \log_2 \left\{ 1 + \min \left\{ \frac{P_S}{N_0} |h_{S,k^*}|^2, \frac{P_R}{N_0} |h_{k^*,D}|^2 \right\} \right\} \leq R \right] \quad (1)$$

여기서 N_0 는 복소 가산 백색 가우시안 잡음의 분산이고 R 은 최대전송률이다. PD에서 SS와 SR_{k*}로부터 받는 간섭량이 \bar{I} 를 넘지 않아야 하므로 각 전송전력은 $P_S = \bar{I} / |h_{S,p}|^2$, $P_R = \bar{I} / |h_{k^*,p}|^2$ 로 나타낼 수 있다. 또한 복호후재전송 기법을 사용할 때 불능확률 최적화 중계기 선택 기법을 사용하면 다음과 같이 중계기를 선택하게 된다.

$$k^* = \arg \max_{k \in \{1, \dots, K\}} \min \left\{ \frac{\bar{I}}{|h_{S,p}|^2} |h_{S,k}|^2, \frac{\bar{I}}{|h_{k,p}|^2} |h_{k,D}|^2 \right\} \quad (2)$$

차량간 채널을 cascaded Rayleigh fading으로 모델링하였기 때문에 두 개의 Rayleigh fading 채널 계수의 곱에 대한 CDF를 구한 뒤에 (1), (2)를 이용하면 불능확률을 도출할 수 있다.

3. 모의실험

모의실험에 사용된 시스템 모델에서 R은 0.5bps/Hz로 가정하였고 각 채널 이득의 평균값은 같다고 가정하였다. 그림 2는 모의실험과 수식분석으로 얻어진 불능확률을 \bar{I}/N_0 에 대하여 도시한 것이다. 중계기의 개수는 1, 2, 3개를 사용하였고 비교분석을 위해 2차 사용자 네트워크의 채널 모델이 Rayleigh fading인 시스템도 도시하였다. 그림을 보면 알 수 있듯이, 모의실험을 통해 얻어진 불능확률 값과 수식분석을 통해 얻어진 불능확률 값이 유사함을 알 수 있었고 2차 사용자 네트워크의 채널 모델이 Rayleigh fading인 시스템인 경우에 비해서는 불능확률이 좋지 않음을 확인할 수 있었다.

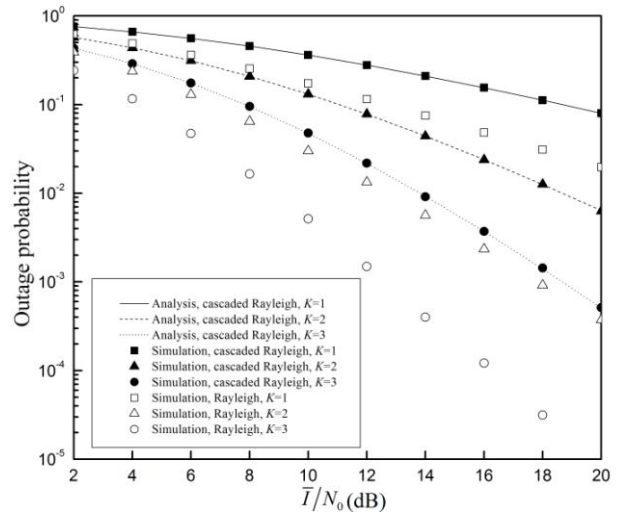


그림 2. 2차 사용자 네트워크의 불능확률

4. 결론

본 논문에서는 다중중계기가 존재하는 무선 인지 차량 네트워크에서 성능을 분석을 하였다. 시스템 모델에 대하여 수식적 분석을 통하여 얻어진 불능확률 값과 모의실험을 통해 얻어진 불능확률 값을 비교하여 수식적 유도가 올바르게 되었음을 증명하고 다른 시스템 모델과 성능비교를 통하여 제안된 모델의 성능 또한 확인하였다.

감사의글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (No. 2012-0005692, 2012-0000919)

참고문헌

- [1] J. Lee, H. Wang, J. G. Andrews, and D. Hong, "Outage probability of cognitive relay networks with interference constraints," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 10, no. 2, pp. 390–395, Feb. 2011.
- [2] M. Pan, P. Li, and Y. Fang, "Cooperative communication aware link scheduling for cognitive vehicular networks," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 30, no. 4, pp. 760–768, May 2012.
- [3] M. Seyfi, S. Muhaidat, J. Liang, and M. Uysal, "Relay selection in dual-hop vehicular networks," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 18, no. 2, pp. 134–137, Feb. 2011.