

# WiFi 기반 V2I 통신을 위한 적응형 데이터 전송

진 경 군\*, 위 예 교\*, 황 승 훈<sup>o</sup>

## Adaptive Data Rate Transmission for WiFi-Based V2I Communication

Jingjun Chen\*, Yiqiao Wei\*,  
Seung-Hoon Hwang<sup>o</sup>

### 요 약

WiFi 기반 차량 대 인프라 (V2I) 통신에서 AP의 부재로 인한 연속성 및 신뢰성이 가장 심각한 문제이다. 이로 인해 차량과 WiFi AP 간의 연결을 안정적으로 유지할 수 없다. 본 논문에서는 AP 수에 따른 적응형 데이터 전송을 통해 차량과 AP 간의 신뢰성 있는 데이터 전송을 제공하는 방법을 제안하고 그 성능을 조사한다. 시뮬레이션 결과는 제안된 방법이 레일리 페이딩 채널에서 기존의 방법보다 우수한 수율 성능을 보임을 보여준다.

**Key Words** : Adaptive modulation, V2I communication, Vehicular, WiFi, Access point.

### ABSTRACT

In vehicle-to-infrastructure (V2I) communications, continuity and reliability are the most severe issues. Owing to the high-speed mobility of vehicles and frequent hand-off, the connection between the vehicle and access point (AP) could not be kept stable. According to the number of APs and the adaptive data rate transmission, we investigate the performance of the proposed method which provides reliable data transmission between the vehicle and the APs. Our simulation results clearly show that the proposed method shows better performance than the existing

methods in Rayleigh fading channels.

### I. 서 론

지난 몇 년 동안 차량 통신 시스템 분야에서 중요한 발전이 이루어졌다<sup>[1]</sup>. 차량 통신은 차량 기술 분야에서 중요하고 새로운 연구 분야이다<sup>[2]</sup>. 차량 통신 기술은 주로 차량과 차량 (V2V) 통신 및 차량과 인프라 (V2I) 통신으로 나뉜다. V2V는 인프라의 지원 없이 자체 네트워크를 구성하여 운전자의 안전을 위해 사용될 것으로 예상된다. V2I는 운전자나 지도와 같은 서비스 제공 업체를 위해 사용될 것으로 예상된다. V2I 기술은 액세스 포인트 (AP) (또는 기지국)에서 차량으로의 정보 수신뿐만 아니라 차량에서 서버에 연결된 AP(또는 기지국)로의 정보도 전송한다<sup>[3]</sup>. WiFi 사용자는 신호가 잡히는 지역 어디에서나 동작할 수 있으며 비면허대역을 사용하므로 셀룰라 사업자가 아니더라도 적은 비용으로 쉽게 네트워크 구축 및 유지가 가능하다<sup>[4,5]</sup>. 하지만 지역을 전체적으로 커버하는 WiFi 네트워크를 구축하기는 현실적으로 어렵다<sup>[6]</sup>. 따라서 WiFi를 사용하는 V2I 통신에서 전 영역을 커버하지 못하는 WiFi AP의 부재로 인한 데이터 전송의 연속성 및 신뢰성은 중요한 문제이다. 참고문헌 [7]에서 우리는 이 문제를 해결하려고 노력했고 AP의 수의 변화에 따라 적응적인 데이터율로 정보를 전송함으로써 차량과 AP 간의 신뢰성 있는 데이터 전송을 제공하는 방안을 제안했다. 그러나 간단한 분석을 하기 위해 AWGN 채널에서 분석했다<sup>[7]</sup>. 따라서 본 논문에서는 제안된 방식의 성능을 보다 현실적인 레일리 페이딩 채널에서 검토하여 이동 무선 채널에서 여전히 이득이 유지되는지를 확인하고자 한다. 본 연구에서는 레일리 페이딩 채널에서 제안된 방법과 알고리즘을 기술하고 시뮬레이션에 의한 비트 오류율 (BER), 프레임 오류율 (FER) 및 수율 (throughput) 성능을 기존 방법과 비교하고자 한다.

### II. 제안된 방법

본 장에서는 제안된 방법인 AP 개수에 따른 차량과 AP간의 적응형 데이터 전송방식을 기술하고자 한다. 차량의 Wi-Fi 모듈은 주변 AP에서 수신한 비콘

\* First Author : Dongguk University, Division of Electronics and Electrical Engineering, chenjingjun89@gmail.com, 학생회원

<sup>o</sup> Corresponding Author : Dongguk University, Division of Electronics and Electrical Engineering shwang@dongguk.edu, 종신회원

\* Dongguk University, Division of Electronics and Electrical Engineering, weiyiqiao@dongguk.edu, 학생회원

논문번호 : KICS2017-07-211, Received July 31, 2017; Revised September 4, 2017; Accepted September 5, 2017

신호로 사용 가능한 연결 AP 수를 결정한다. AP 수가 많은 경우 보통 낮은 데이터 속도로 전송하고, AP 수가 적어지면 더 높은 데이터 속도로 전송한다. 이와 같이 하면 AP와의 연결이 끊어진 경우 데이터 전송을 하지 못하는 경우를 대비하여 보다 신뢰성 있는 데이터를 지속적으로 AP와 송수신할 수 있다. 이를 위하여 몇 가지 방법을 제안할 수 있는데, 대표적인 방법으로 본 논문에서 고려한 고차변조 방식의 응용이다. 또는 Wi-Fi 모듈 버퍼에 저장된 차량 정보의 데이터 전송 주기 자체를 변경하여 데이터 속도를 변경할 수 있다. 즉, 버퍼에 누적된 데이터의 전송주기를 증가시킴으로써 동일한 시간 동안 더 적은 데이터를 전송함으로써 데이터 속도를 감소시킬 수 있다. 반대로 버퍼에 축적된 데이터 전송주기를 줄임으로써 같은 시간에 더 많은 데이터를 전송함으로써 데이터 전송률을 낮출 수도 있다. 그림 1은 차량과 AP 간의 데이터 전송률을 AP 개수에 따라 적응적으로 변화시키기 위한 순서도를 보여준다. 차량이 작동하여 이동을 시작하면 주변 AP에서 비콘 신호를 계속 수신한다. 이러한 방식으로, 차량은 주기 T에서 수신된 비콘 신호를 통해 접속 가능한 AP의 수, N을 결정한다. 그 수가 0과 같다면, 근처에 연결 가능한 AP가 없기 때문에 정보는 데이터를 전송하지 않고 버퍼에 저장됩니다. 반면 연결 가능한 AP의 수가 0이 아니면, AP의 수에 따라 이 방법은 최적의 데이터 속도를 결정할 것이다. 제안된 방법은 WiFi 부재로 인한 차량과 AP간 통신의 연속성 악화를 방지하여 V2I 통신에서의 연결의 신뢰성을 향상시키는 것을 목적으로 한다<sup>[7]</sup>.

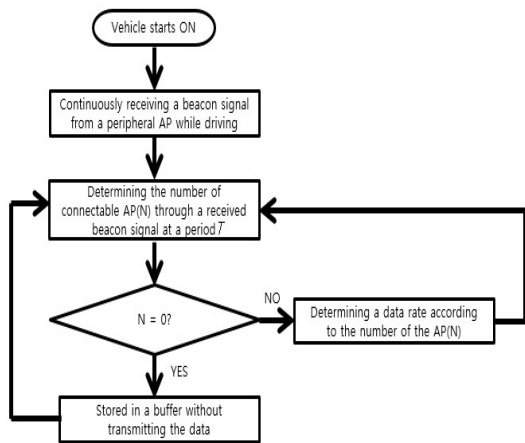


그림 1. 차량과 AP 사이의 적응형 전송 데이터 속도를 위한 알고리즘 순서도  
 Fig. 1. Proposed algorithm for adaptive transmission data rate between vehicle and APs

### III. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 설정과 관련된 두 가지 주요 가정이 있다. 첫째, 차량의 이동성으로 레일리 페이딩 채널 환경을 가정한다. 둘째, 주변 AP에 연결할 수 없는 경우 데이터는 버퍼에 저장된다. 레일리 페이딩 모델을 선택하는 이유는 차량과 AP 간에 많은 산란자가 존재할 수 있기 때문이다. 따라서 레일리 페이딩 모델은 송신기와 수신기 사이에 직접 경로가 없는 복잡한 도심을 모델링하는 데 유용하며 많은 건물과 다른 물체로 신호는 감쇠, 반사, 굴절 및 회절을 경험한다<sup>[8]</sup>. 제안된 방법에 따르면, 변조 방식은 주변 AP의 수가 변화함에 따라 변한다. 최적의 선택은 주변 AP의 수가 적을 때 높은 변조 레벨을 선택하고, 주변 AP의 수가 클 때 낮은 변조 레벨을 선택하는 것이다. 주변 AP의 수가 0이면 두 가지 방법 모두 데이터를 전송할 수 없다. 시뮬레이션 매개 변수는 표 1에 요약되어 있다.

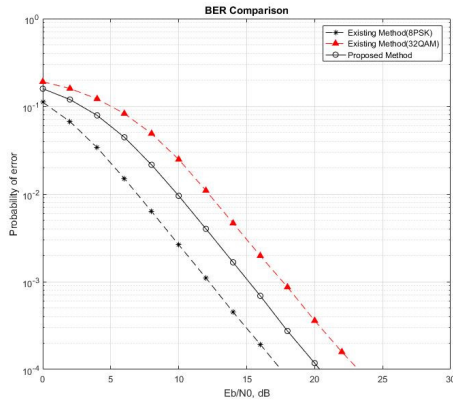
시뮬레이션에서 BER, FER 및 수율 등 세 가지의 성능을 계산하게 되는데 그중 수율은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\text{수율} = \frac{\text{Number of total frame} - \text{Number of error frame}}{\text{Average frame length}}$$

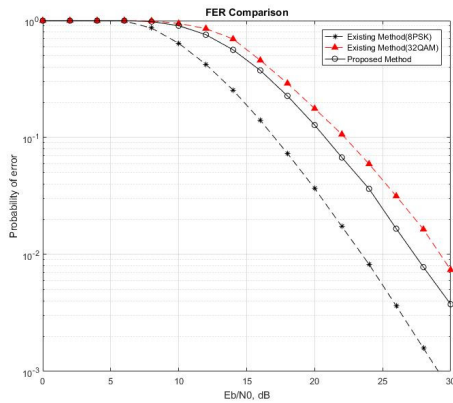
그림 2는 기존 고정변조 방식과 제안 적응변조 방식 간에 BER과 FER 성능 비교를 보여준다. 고정 변조로 8PSK와 32QAM을 사용하였다. 그림 2에서 제안 방식은 8PSK보다는 열화된 성능을 보이지만 32QAM보다는 BER과 FER에서 성능 개선을 관찰할 수 있다. 이는 고차 변조의 경우 8PSK보다 채널 오류에 약한 반면 적응변조로 인해 32QAM보다는 개선된 성능을 보이는 것이다. 그림 3은 수율 성능을 보여주고 있는데 제안 방법은 기존 방식 8PSK보다

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
 Table 1. Simulation parameters

Parameters	Existing method	Proposed method
Number of APs	Randomly changed from 0 to 3	
Modulation	8PSK/32QAM	According to number of APs AP=1, 64QAM AP=2, 32QAM AP=3, 16QAM
Channel	Rayleigh fading channel	
Coding	Convolutional coding (R=1/3)	



(a) BER 성능  
(a) BER performance



(b) FER 성능  
(b) FER performance

그림 2. 레일리 페이딩 채널에서 기존 방식과 제안 방식의 성능 비교  
Fig. 2. Performance comparison between existing and proposed method in Rayleigh Fading channel

$E_b/N_0=22\text{dB}$  이상에서 약 5% 정도 개선함을 보인다. 이와 같은 이득이 얻어지는 이유를 살펴보면 고정변조 방식인 기존 방법과 달리 제안 방법은 연결 가능한 AP 수가 0에 가까워지면 통신이 가능한 AP가 없어질 경우를 대비하여 적응 변조로 높은 데이터 전송률로 버퍼의 데이터를 보내므로 수율이 개선된다. 하지만 사용 가능한 AP 수가 충분한 경우 굳이 채널 오류에 취약한 고차 변조가 아닌 낮은 변조로 송신한다. 이를 통해 기존의 방법에 비해 개선된 수율 성능을 제공하며 V2I간 신호 전송의 연속성과 신뢰성을 보장하게 된다. 이는 수율 증대에만 목적이 있어 채널 품질 지시자(CQI)를 이용하여 고차변조를 사용하는 3GPP 표준과는 차이점이 있다.

그림 3에서 제안 방식과 8PSK의 수율 곡선이

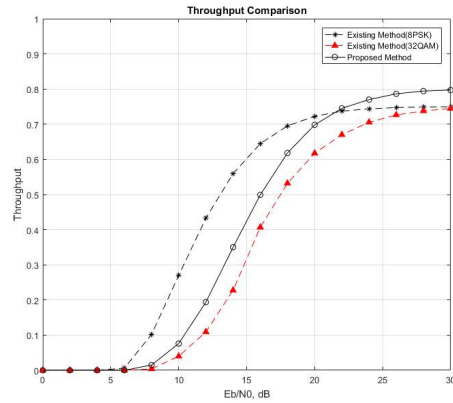


그림 3. 기존 및 제안된 방법의 수율 성능  
Fig. 3. Throughput performance comparison between existing and proposed method

$E_b/N_0=22\text{dB}$  근처에서 교차하는데 그 이유는 다음과 같다. 실험상에서 공평한 비교를 위해 전송된 프레임의 수를 동일하게 두었다. 그런데, 22dB 이하에서 고차변조는 채널과 잡음의 영향을 받아 보다 많은 데이터 비트를 전송했음에도 불구하고 실패 비트들이 많아 수율이 낮았지만, 22dB 이상에서는 큰 성공 비트의 수가 많아지므로 전체적인 수율 성능 향상을 가져온다. 따라서 수율 곡선의 교차가 생기는 것이며 이와 같은 수율 증가와 이에 따른 데이터 전송의 연속성과 신뢰성 개선을 목적으로 본 논문에서는 AP 수에 따른 적응변조를 제안하는 것이다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 WiFi 기반의 V2I 통신에 있어서 전 지역을 커버하지 못하는 AP로 인해 발생하는 차량과 AP간의 연속성과 신뢰성 문제를 해결하기 위해, 주변 AP 수에 따라 데이터 전송률을 고차변조 방식을 이용하여 조정하는 방법을 제안했다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 방법을 사용하여 더 많은 데이터를 전송할 수 있음을 보여 주며 결과적으로 수율이 5% 정도 증가한다. 이를 통해 개선된 통신의 연속성과 신뢰성은 핸드오프 과정에도 긍정적인 영향을 주어 신호의 끊김을 방지하는데도 도움을 줄 것이다. 향후 V2V 환경에서 해당 적응형 데이터 전송 방식의 적용을 연구할 예정이다.

#### References

[1] P. Papadimitratos, et al., "Secure vehicular

- communications: Design and architecture,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 46, no. 11, pp. 100-109, Nov. 2008.
- [2] S. K. Bhoi and P. M. Khilar, “Vehicular communication: a survey,” *IET Netw.*, pp. 204-217, Aug. 2013.
- [3] S.-H. Lee, S.-H. Lee, S.-H. Hwang, and S.-M. Lee, “Development of IoT equipment for car diagnostic information from OBD,” in *Proc. KICS Winter Conf.*, Jan. 2015.
- [4] K. Dar, et al., “Wireless communication technologies for ITS applications [Topics in Automotive Networking],” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 48, no. 5, pp. 156-162, May 2010.
- [5] S. Hu, et al., “Towards automatic phone-to-phone communication for vehicular networking applications,” in *Proc. IEEE, INFOCOM*, pp. 1752-1760, 2014.
- [6] K. Dhondge, et al., “WiFiHonk: smartphone-based beacon stuffed WiFi Car2X-communication system for vulnerable road user safety,” *IEEE 79<sup>th</sup> VTC Spring*, pp. 1-5, 2014.
- [7] S.-H. Lee, S.-H. Lee, and S.-H. Hwang, “Adaptive data rate transmission between vehicle and access point,” *ICTC*, pp. 209-211, Oct. 2015.
- [8] H.-S. Seo, H.-U. Kim, D.-G. Noh, and S.-S. Lee, “Algorithm design and implementation for safe left turn at an intersection based on vehicle-to-vehicle communications” *J. KICS*, vol. 38, no. 2, pp. 165-1710, Feb. 2013.