

# IEEE802.11p 시스템에서 가상 부반송파를 활용한 채널 추정 기술의 성능 평가를 위한 필드 테스트에 관한 연구

박진수, 송창익

한국교통대학교

j.park@ut.ac.kr, c.song@ut.ac.kr

## A Study on Field Trial of Virtual Subcarrier Aided Channel Estimation Scheme for Performance Assessment in IEEE802.11p System

Jinsu Park, Changick Song

Korea National University of Transportation

### 요약

본 논문은 IEEE802.11p 수신 단에서 가상 부반송파를 활용한 채널 추정 기술에 대한 V2V 환경 성능 평가방법과 그 결과를 소개한다. 실험을 위해 본 연구팀은 LabVIEW Communications 소프트웨어와 USRP 장비를 사용하여 차량 실험용 테스트베드를 구축하였으며 고속도로, 도심, 교외 등의 다양한 차량 통신 시나리오에서 실험을 수행하였다. 그 결과 제안하는 알고리즘이 주행 시나리오와 관계없이 STA, CDP, TRFI 등의 기존 DPA 채널 추정 알고리즘보다 높은 패킷 전달률을 가지는 것을 확인하였다.

## I. 서 론

최근 자율주행자동차 산업과 이와 공생하는 여러 산업들이 눈부신 성장을 이루고 있는 가운데 자율주행의 안전성을 비약적으로 향상시킬 수 있는 통신 산업의 위상이 더욱 높아지고 있다. 특히 도로 위의 여러 객체들에 초연결성을 부여해 도로 상황을 실시간으로 공유함으로써 원활한 교통흐름 제공과 교통안전과 관련된 여러 사회·경제적인 문제들을 해결할 수 있을 것으로 기대되는 V2X(Vehicle-to-Everything) 기술에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 이를 지원하기 위해 개발된 DSRC(Dedicated Short Range Communication)[1] 통신 기술에서는 IEEE802.11p 표준이 물리 계층을 정의하고 있으며 심볼간 간섭에 강인한 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술을 사용하여 자율주행 실현을 위해 노력하고 있다.

한편, 차량 통신 환경에서 수신기는 빠르게 변화하는 채널을 정확하게 추정해야 하며 이를 위해 DPA(Data Pilot Aided) 기법을 기반으로 하는 많은 채널 추정 알고리즘들[2]-[4]이 개발되었으며 [5]에서 차량 주행 환경 성능분석이 이루어졌다. 하지만, 제안된 기술들은 차세대 V2X 애플리케이션을 위한 고신뢰·저지연의 요구조건을 만족시키기 어렵다는 한계점이 존재한다. 본 연구팀은 고성능 채널 추정기를 위해 [6]에서 가상 부반송파를 활용한 새로운 채널 추정 기술을 제안했으며 컴퓨터 모의실험 결과를 통하여 기존 채널 추정 알고리즘보다 뛰어난 성능을 가지는 것을 확인하였다. 본 논문에서는 [6]의 기술에 대한 실 환경 성능 검증을 위해 본 연구팀이 구축한 SDR 테스트베드를 기반으로 수행한 차량 실험에 대해 소개하고 기존 DPA 채널 추정 기술들과 패킷 전달률의 관점에서 비교함으로써 성능을 검증한다.

## II. 본론

본 장에서는 차량 실험이 수행된 환경과 그 결과로 얻어진 채널 추정 기술의 성능을 패킷 전달률의 관점에서 분석한다.

### II-1. 차량 실험 환경

그림 1은 차량 실험을 위해 본 연구팀이 구축한 테스트베드의 모습이며 각각의 송·수신 차량 내부에는 기저대역 신호를 통과대역 신호로 변환(수신 단에서는 역변환)하여 송신해주는 USRP 장비와 이를 제어하기 위한 host-PC를 설치하였고 연장 케이블을 사용해 차량 지붕에 안테나를 설치하였다.

차량 실험을 수행하는 동안 송·수신 차량은 동일한 방향으로 주행하였으며 고속도로에서는 100km/h, 교외에서는 70km/h 그리고 도심에서는 높은 차량 밀집도와 보행자 신호 등의 제한조건으로 인하여 30-40km/h의 속도를 유지하였다. 차량 실험에 사용한 파라미터는 표 1을 통하여 확인 할 수 있다.



그림 1. 차량 실험을 위한 Testbed

Parameter	Value
Center frequency	5.85 GHz
Bandwidth	10 MHz
Modulation Level	QPSK
Data Rate	6 Mbps

표 1. 차량 실험에 사용한 V2X 시스템 파라미터

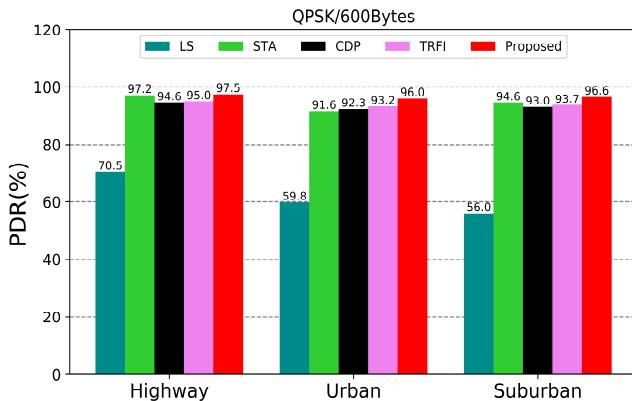


그림 2. 채널 추정 알고리즘에 따른 PDR 성능

## II-2. 성능검증 결과

그림 2로부터 각각 고속도로, 도심, 교외지역에서 획득한 채널 추정 기술들의 PDR(Packet Delivery Ratio) 성능을 확인할 수 있다.

채널 추정 기술별 성능을 살펴보면 LS(Least Square) 기법을 제외한 나머지 기법들이 90% 이상의 높은 PDR 성능을 얻을 수 있었으며 특히, 제안하는 기법의 경우 모든 환경에서 96% 이상의 우수한 PDR 성능이 확보됨을 확인할 수 있었다. LS 기법은 긴 훈련 심볼을 가지는 프리앰블 단에서 획득한 초기 채널 추정 값으로 모든 데이터에 대해 등화를 수행하므로 변화하는 채널에 대응할 수 없어 가장 낮은 성능을 보인다. 반면에 시변하는 채널에 어느 정도 대응할 수 있는 DPA 기법을 기반으로 설계된 STA(Spectral Temporal Averaging) 기법의 경우 주파수와 시간 영역에서의 평균화 과정을 통한 잡음 제거에 기인한 성능 이득이 있었으며, CDP(Constructed Data Pilots), TRFI(Time-domain Reliability test and Frequency-domain Interpolation) 기법은 각각의 신뢰성 테스트를 기반으로 성능 이득을 얻을 수 있었다. 제안하는 기법의 경우 크게 3단계로 설명할 수 있는데 1) TDLS(Time-Domain LS)를 통한 불필요한 잡음 성분 제거, 2) 유클리디안 거리 기반의 신뢰성 테스트, 3) 가상 부반송파를 활용한 보간의 신뢰성 향상에 기인하여 가장 좋은 성능을 달성을 확인할 수 있었다. 각 과정에 대한 자세한 설명은 [6]에서 확인할 수 있다.

V2V 시나리오에 따른 성능변화는 전반적으로 고속도로, 교외, 도심 순으로 성능 손실이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 고속도로 주행 환경의 경우 속도는 가장 빠르지만 주변에 구조물들이 존재하지 않아 신호세기가 큰 LoS(Line of Sight) 신호를 수신하기 때문에 가장 우수한 성능을 달성할 수 있었던 반면에 교외와 도심에서는 주행 중 주변에 구조물들이 존재하므로 None-LoS 신호를 수신할 확률이 커져 성능이 감소하는 경향을 보인다.

## III. 결론

본 논문에서는 자율주행자동차의 안전성 향상과 운전자의 편리성 증대 목적으로 개발된 V2X 통신 시스템에서 가상 부반송파를 활용한 채널 추정 알고리즘에 대한 차량 실험 환경과 그 결과에 대해 소개하였다. 본 실험을 위해 고속도로, 도심, 교외 등의 V2V 시나리오를 구상하였고 본 연구팀이 자체적으로 구축한 SDR 테스트베드를 사용하여 차량 실험을 수행하였다. 그 결과, 가상 부반송파를 활용한 채널 추정 기술이 주행 환경에 관계없이 기존 DPA 기반의 채널 추정 기술들보다 항상 우수한 성능을 가짐을 확인하였다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단 이공분야기초연구지원사업(NRF-2018R1D1A1B07049824) 및 정보통신기획평가원(IITP-2016-0-00500)의 지원에 의해 수행되었음.

## 참 고 문 헌

- [1] J. B. Kenney, "Dedicated short-range communications(DSRC) standards in the United States," Proc. IEEE, vol. 99, no. 7, pp. 1162-1182, July. 2011.
- [2] J. A. Fernandez, K. Borries, L. Cheng, B. V. K. Vijaya Kumar, D. D. Stancil and F. Bai, "Performance of the 802.11p Physical layer in vehicle-to-vehicle environments," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 61, no. 1, pp. 3-14, Jan. 2012.
- [3] Z. Zhao, X. Cheng, M. Wen, C.-X. Wang and B. Jiao, "Channel estimation schemes for IEEE 802.11p standard," IEEE Intell Transp. Syst. Mag., vol. 5, no. 4, pp. 38-49, 2013
- [4] Y. -K. Kim, J. -M. Oh, Y. -H. Shin and C. Mun, "Time and Frequency Domain Channel Estimation Scheme for IEEE 802.11p," in Proc. IEEE Int. Conf. Intell. Transp. Syst., pp. 1085-1090, Qingdao, China, Oct. 2014.
- [5] J. Park, S. Han and C. Song, "Performance evaluation of IEEE802.11p channel estimation schemes in vehicle-to-vehicle environments based on SDR testbed," in Proc. IEEE VNC'19, Los Angeles, CA, USA, Dec. 2019.
- [6] S. Han, J. Park and C. Song, "Virtual Subcarrier Aided Channel Estimation Schemes for Tracking Rapid Time Variant Channels in IEEE 802.11p Systems," in Proc. IEEE VTC2020-Spring, Antwerp, Belgium, June. 2020.