

IEEE 802.11p/WAVE 시스템에서 TDA-CDP 기반의 채널 추정 연구

허성철, 이준수, 고균병*

한국교통대학교

1729146@ut.ac.kr, qhsdls52@ut.ac.kr, *kbko@ut.ac.kr

A Study on the channel estimation based on TDA-CDP
in IEEE 802.11p/WAVE systems

Seong-Cheal Heo, Jun-Soo Lee, Kyun-Byoung Ko*

Korea National University of Transportation

요약

본 논문은 IEEE.802.11p/WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) 시스템에서 기존 CDP (Constructed Data Pilots) 채널 추정기법의 과정에 연속적인 시간 축 평균화 (TDA, Time-Domain Averaging) 기법을 적용하여 성능 향상을 기대하는 TDA-CDP 기법을 제안한다. 그리고 제안하는 기법의 성능을 Cohda Wireless 사에서 제시하는 고속 환경의 채널 모델인 Highway LOS 환경에서 QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16QAM (16-Quadrature Amplitude Modulation)의 변조 방식으로 모의실험을 진행하고 기존 채널 추정 기법과 제안된 채널 추정 기법의 성능 비교를 통하여 검증한다.

I. 서론

최근 자율주행 자동차 기술의 발달로 사회적으로 관심이 몰리는 추세이다[2]. 자율주행을 위해 사물인터넷 (IOT: Internet of Things) 네트워크 망에서의 V2V (Vehicle-to-Vehicle) 기술과 V2I (Vehicle to Infrastructure) 기술 등을 포함한 V2X (Vehicle to Everything) 통신 기술이 미래 스마트 자동차 및 스마트 교통의 핵심 기술로 자리 잡아 가고 있다. IEEE 802.11 표준에 차량 이동 환경에서의 무선 액세스 (Wireless Access in Vehicular Environments, WAVE)를 추가한 IEEE 802.11p를 기반으로, 고속 시변 채널 환경에서 원활한 주행과 사고율 감소를 위한 차량 간 통신 서비스 제공을 위한 채널 추정 기법의 성능 향상을 위한 연구들이 지속적으로 진행되고 있다[3].

본 논문에서는 기존의 CDP (Constructed Data Pilots) 채널 추정 기법을 개선한 TDA-CDP (Time-Domain Averaging-Constructed Data Pilots) 채널 추정 기법을 제안한다. 그리고, Cohda Wireless 사의 고속 시변 채널 환경에서 모의실험을 수행하여 기존 CDP 기법보다 제안된 TDA-CDP 기법의 향상된 성능을 PER (Packet Error Rate) 및 BER (Bit Error Rate) 측면에서 확인한다.

II. 본론

IEEE 802.11p/WAVE 환경에서 기존의 기법인 LS (Least Square) 채널 추정기법, STA (Spectral Temporal Averaging) 기법, CDP 기법을 간략하게 설명한 후 논문에서 제안하는 CDP-TDA 방식을 설명한다.

1. LS 채널 추정 기법: LS 채널 추정 기법은 수신단에서 전송받은 수신 신호와 사전에 알고 있는 롱 트레이닝 심볼을 이용하여 채널을 추정하는 기법으로 가장 간단한 채널 추정기법이며 후술할 STA, CDP 기법에 있어서 초기 채널 추정 값을 구할 때 사용된다[1][4].
2. STA 기법[3]: STA 기법은 차량이 고속으로 주행할 때 시변 채널에 적응하기 위한 추정 기법으로 주파수 영역과 시간 영역에서 계속적으로

채널 추정 값을 업데이트하는 채널 추정 기법이다. 그리고 주파수 영역과 시간 영역에서의 평균화 과정을 통하여 디매핑 오차에 의한 채널 추정 오류를 감소시킬 수 있다[1][4].

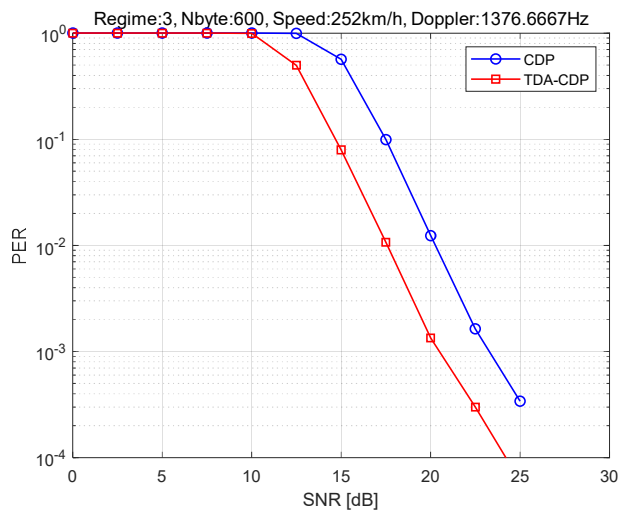
3. CDP 기법[3]: CDP 채널 추정 기법은 시간 영역에서의 연속된 두 OFDM 심볼의 높은 채널 상관 특성을 이용하여 신뢰도 테스트를 통해 채널 추정 값을 업데이트하고 업데이트된 채널 추정 값에 대한 신뢰도 테스트를 수행한 후, 신뢰도가 높은 채널 추정 값을 선택함으로써 고속 시변 채널에서의 성능 향상을 기대하는 기법이다. STA에서 이용하는 주파수, 시간 영역에서의 평균 기법보다 우수하게 디매핑 오류를 완화시킬 수 있는 장점이 있다[1][4].
4. 새롭게 제안하는 TDA-CDP 기법: 수신단에서 수신 신호 $Y(k)$ 를 전송받으면, IEEE.802.11p/WAVE 시스템의 패킷 구조상, 채널 추정에 사용되는 롱 트레이닝 심볼로부터 LS 채널 추정 과정을 거쳐[4] $i=1$ 일 때의 채널 추정값 $H_0(k)$ 를 구한다. 제안된 기법은 CDP 기법과 유사하게 i 번째 수신 신호의 k 번째 부반송파와 신호 $Y_{D,i}(k)$ 에 대하여 순시 채널 추정값 $\tilde{H}_i(k)$ 를 구하고 TDA 적용을 위해 다음 수신 신호 $Y_{D,i+1}(k)$ 에 대해 순시 채널 추정값 $\tilde{H}_{i+1}(k)$ 를 구한다. 그리고, $\hat{H}_i(k) = (\tilde{H}_i(k) + \tilde{H}_{i+1}(k))/2$ 로 초기 채널 추정 값을 구한다. 따라서 기존 CDP 기법과는 다르게 두 개의 시간축 값에 대한 평균값이기 때문에 AWGN에 더욱 강인하다. 채널 추정의 나머지 부분은 CDP 과정과 동일하다. 시간 인덱스 i 가 데이터 필드의 마지막 OFDM 심볼일 경우에는 TDA를 적용할 수 없으므로 기존 CDP 기법과 동일한 동작을 수행한다.

III. 모의실험 결과 및 결론

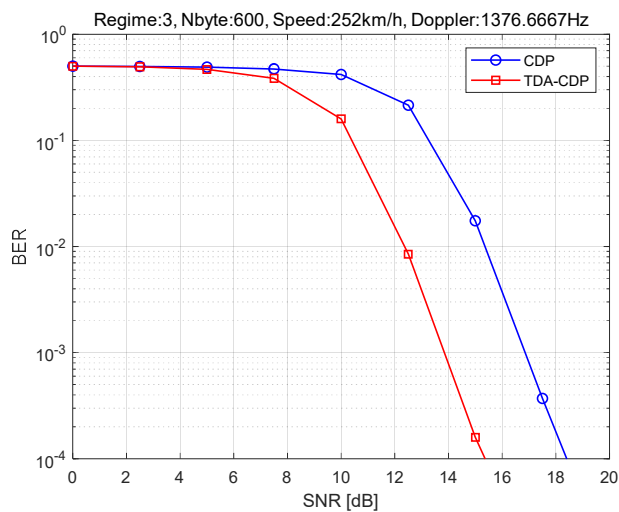
제안된 기법의 성능 검증을 위하여 IEEE 802.11p/WAVE 표준의 물리

계층 시뮬레이터를 개발하고 Cohda Wireless 사에서 제시한 Highway LOS 채널 환경에서 모의실험을 진행하였다. 모의실험에서는 IEEE 802.11p 표준의 프레임 구조를 따르며, 데이터 필드의 개수는 100 및 5000프레임을 가정하였다. 변조 방식은 QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 및 16QAM (16-Quadrature Amplitude Modulation), 코드는 1/2를 사용하였다. 제안된 TDA-CDP 기법의 성능 검증에 위하여 기존 CDP 기법의 성능과 비교하였다.

<그림 1>은 Highway LOS, 252km/h, QPSK, 코드율 1/2 일 때 PER 및 BER 결과를 나타낸다. 제안된 기법을 기존 CDP 기법과 비교할 때 $PER=10^{-2}$ 기준으로 약 2.5dB SNR 이득을 보이며, $BER=10^{-4}$ 기준으로 약 3dB SNR 이득을 보인다. <그림 2>는 Highway LOS, 252km/h, 16 QAM, 코드율 1/2 일때 PER 및 BER 결과를 나타낸다. 제안된 기법은 기존 CDP 기법 대비 $PER=10^{-2}$ 기준 약 3.6dB SNR 이득을 보이며, $BER=10^{-4}$ 기준 약 4.3dB SNR 이득을 보인다. 두 그림을 통하여 제안한 기법이 Highway LOS 채널 환경에서 QPSK 및 16QAM 변조 방식 모두에서 기존의 CDP 채널 추정 기법보다 더욱 향상된 성능을 보임을 확인하였다.



(a) PER vs. SNR



(b) Coded BER vs. SNR

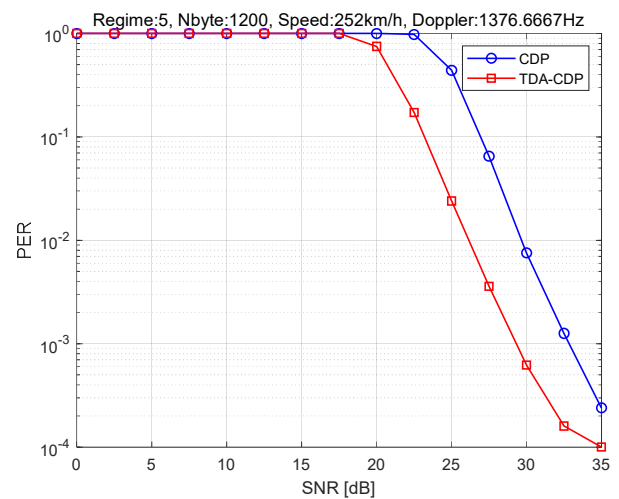
<그림 1> Highway LOS, 252km/h, QPSK

ACKNOWLEDGMENT

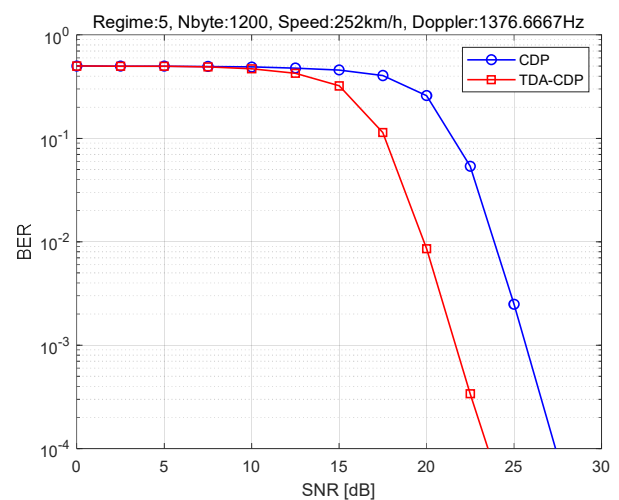
This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2020R1A2C1005260).

참 고 문 헌

- [1] Advanced Channel Estimation Schemes Using CDP based Updated Matrix for IEEE802.11p/WAVE Systems 2018, vol.14, no.1, pp. 39-44 (6 pages)
- [2] 이상민. (2020). 전기자동차 자율주행 기술동향. 전기의세계, 69(5), 31-35.
- [3] Z. Zhao, X. Cheng, M. Wen, B. Jiao and C. -X. Wang, "Channel Estimation Schemes for IEEE 802.11p Standard," in IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, vol. 5, no. 4, pp. 38-49, winter 2013, doi: 10.1109/MTS.2013.2270032.
- [4] 박조은. "IEEE 802.11p / WAVE 시스템에서 데이터 파일럿 심볼에 대한 업데이트 가중치 매트릭스 기반의 채널 추정 기법." 국내석사학위논문 한국교통대학교 일반대학원, 2018. 충청북도



(a) PER vs. SNR



(b) Coded BER vs. SNR

<그림 2> Highway LOS, 252km/h, 16QAM