

IEEE 802.11p/WAVE 시스템에서 TDA-WSUM 기반의 채널추정에 관한 연구

권오성, 김대영, 고균병*

한국교통대학교

dhehf8538@naver.com, yyk6632@naver.com, kbko@ut.ac.kr*

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

O-Seong Kwon, Dae-Yeong Kim, Kyunbyoung Ko*

Korea National University of Transportation

요약

본 논문은 IEEE 802.11p/WAVE 시스템에 적용 가능한 채널 추정 기법들 중 기존의 기법에서 성능을 향상시킨 TDA-WSUM 채널 추정 기법을 제안한다. TDA-WSUM 기법은 기존의 CDP 채널 추정 기법에서 성능을 향상시킨 TDA-CPP 기법에 WSUM 채널 추정 기법을 적용하는 방식으로 제안된다. 제안하는 기법의 성능을 Cohda Wireless 사에서 제시하는 고속 환경의 채널 모델의 Highway LOS 환경에서 QPSK와 16QAM 변조기법에 대한 모의실험을 통해 Coded BER 및 PER 관점에서 비교 검증한다.

I. 서론

최근 스마트 자동차에 대하여 관심이 집중되고, 이와 관련된 기술이 발달하면서 자율 주행 및 차량 간 통신을 통한 V2V(vehicle to vehicle)와 V2I(vehicle to infrastructure) 기술을 포함한 V2X(vehicle to everything) 통신 기술에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[1]. 차량을 통한 통신을 위한 고속 시변 채널 환경에 강인한 기술 개발을 위해 차량 통신 시스템 중 하나인 IEEE 802.11p/WAVE[1] 시스템에 여러 채널 추정 기법들이 연구되어 왔다[2].

본 논문에서는 Cohda Wireless 사에서 제시하는 고속 채널 모델 환경에서 우수한 성능을 나타내는 채널 추정 기법을 제안하고자 한다. 제안된 기법에서는 이전의 제안된 CDP 채널 추정 기법[2]에서 성능을 향상시킨 TDA-CDP 기법에 WSUM 기법[3]을 적용한다. 기존의 기법 대비 제안된 기법의 성능을 모의실험을 통하여 BER 및 PER 측면에서 확인한다.

II. 본론

IEEE 802.11p/WAVE 시스템에 기존 기법으로 LS 채널 추정, STA, CDP, WSUM을 간략하게 설명한 뒤 본 논문에서 제안하는 TDM-WSUM 기법을 설명한다.

1. LS 채널 추정[2]: LS 채널 추정 기법은 수신 단에서 전송받은 수신 신호와 사전에 알고 있는 롱 트레이닝 심벌을 이용하여 채널을 추정하는 기법으로 STA, CDP, WSUM 기법에 초기 채널 추정값을 구하는 데 사용된다.
2. STA[2]: STA 기법은 주파수 영역과 시간 영역에서 평균을 취하는 방식으로 디매핑에 의한 채널 추정 오류를 감소시킨다.
3. CDP[2]: CDP 기법은 시간 영역에서 인접한 두 OFDM 심벌 사이에 높은 채널 상관 특성을 이용하여 신뢰도 테스트를 통해 채널 업데이트

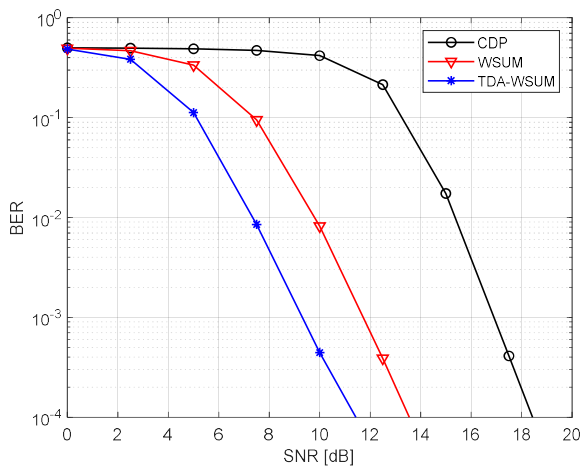
를 진행하는 방식이다. 고속 시변 채널에 적합하지만 성능의 한계가 있다.

4. WSUM[3]: CDP 기법의 성능 한계를 개선한 기법으로 CDP 기법에 업데이트 매트릭스를 이용하여 주파수 축에서 선택적으로 평균을 취하는 방식이다.
5. 제안된 기법: 제안된 기법은 다음 단계를 따른다. IEEE 802.11p의 패킷 구조에서 채널 추정에 사용되는 롱 트레이닝 심벌을 이용하여 LS 채널 추정 기법[2]으로 초기 채널 추정 값 $H_0(k)$ 를 구한다. 초기 채널 추정 값 $H_0(k)$ 에 대해 WSUM 기법[3]을 적용하고, 등화 과정에서 TDA 기법을 다음과 같이 적용한다. i 번째 심벌의 k 번째 부반송파와 데이터 심벌 $Y_{Di}(k)$ 와 $(i+1)$ 번째 심벌의 k 번째 부반송파와 데이터 심벌 $Y_{Di+1}(k)$ 을 $(i-1)$ 번째 채널 추정 값 $H_{i-1}(k)$ 를 이용하여 각각 등화 한다. 이때 i 번째 수신된 데이터 심벌을 등화 하는데 필요한 채널 추정 값 $H_{i-1}(k)$ 는 심벌의 인덱스 i 에 따라 달라진다. ($i=1$) 일 경우, LS 채널 추정 기법에 의한 초기 채널 추정 값 $H_0(k)$ 를 사용한다 [2]. 이후 등화 된 데이터 심벌을 디매핑하여 구한 두 변조 심벌 $\hat{X}_i(k)$ 와 $\hat{X}_{i+1}(k)$ 을 이용하여 i 번째 심벌에 대한 각각의 채널 추정 값 $\hat{H}_i(k)$ 와 $\hat{H}_{i+1}(k)$ 를 구한다. 두 채널 추정값 $\hat{H}_i(k)$ 와 $\hat{H}_{i+1}(k)$ 에 대해 시간 영역 평균화를 적용하여 최종적인 초기 채널 추정 값 $\tilde{H}_i(k) = (\hat{H}_i(k) + \hat{H}_{i+1}(k)) / 2$ 를 결정한다. 기존 CDP, WSUM 기법과는 다르게 두 개의 시간축 값에 대한 평균값이기 때문에 AWGN에 더욱 강인하다. 채널 추정의 나머지 부분은 WSUM 과정과 동일하다. 시간 인덱스 i 가 데이터 필드의 마지막 OFDM 심벌일 경우에는 TDA를 적용할 수 없으므로 기존 WSUM 기법과 동일한 동작을 수행한다.

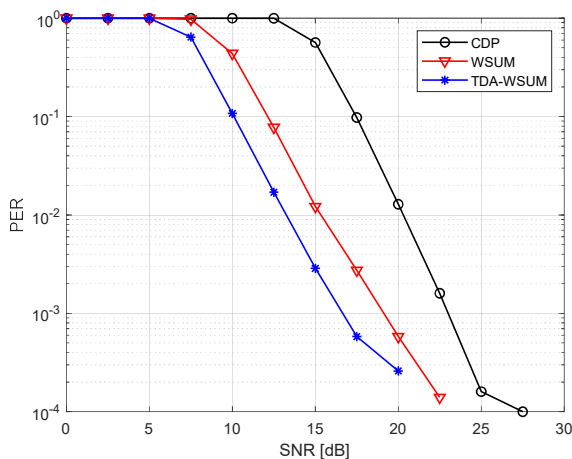
III. 결론

제안된 기법의 성능 검증을 위하여 IEEE 802.11p/WAVE 표준의 물리 계층 시뮬레이터를 개발하고 Codha Wireless 사에서 제시한 Highway LOS 채널 환경에서 모의실험을 진행하였다. 모의실험에서는 IEEE 802.11p 표준의 프레임 구조를 따르며, 데이터 필드의 개수는 100 및 5×10^4 프레임을 가정하였다. 변조 방식은 QPSK 및 16QAM, 코드는 1/2를 사용하였다. 제안된 TDA-WSUM 기법의 성능 검증을 위하여 기존 CDP, WSUM 기법의 성능과 비교하였다.

그림<1>은 Highway LOS, 252km/h, QPSK, 코드는 1/2일 때 BER 및 PER 결과를 나타낸다. 제안된 기법은 기존 CDP, WSUM 기법 대비 $PER=10^{-2}$ 기준으로 각각 약 7dB, 2dB의 SNR 이득을 보이고, $BER=10^{-4}$ 기준으로는 각각 약 7dB, 2dB의 SNR 이득을 보인다. 그림 <2>는 Highway LOS, 252km/h, 16QAM, 코드는 1/2일 때 BER 및 PER 결과를 나타낸다. 제안된 기법은 기존 CDP, WSUM 기법 대비 $PER=10^{-2}$ 기준으로 각각 약 8.5dB, 2.5dB의 SNR 이득을 보이고, $BER=10^{-4}$ 기준으로는 각각 약 10dB, 3dB의 SNR 이득을 보인다. 두 그림을 통하여 제안한 기법이 Highway LOS 채널 환경에서 QPSK 및 16QAM 변조 방식 모두에서 기존의 CDP, WSUM 채널 추정 기법보다 더욱 향상된 성능을 보임을 확인하였다.



(a) Coded BER vs. SNR



(b) PER vs. SNR

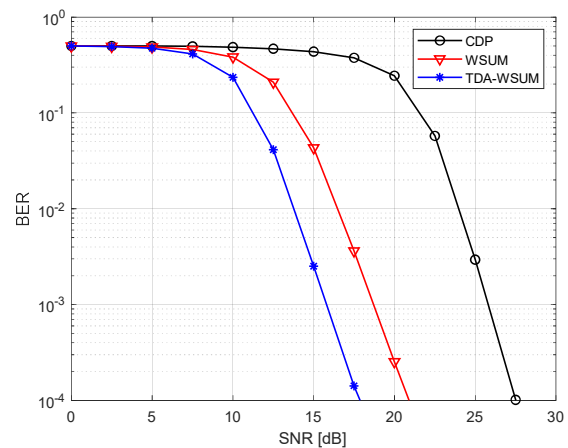
<그림 1> Highway LOS, QPSK

ACKNOWLEDGMENT

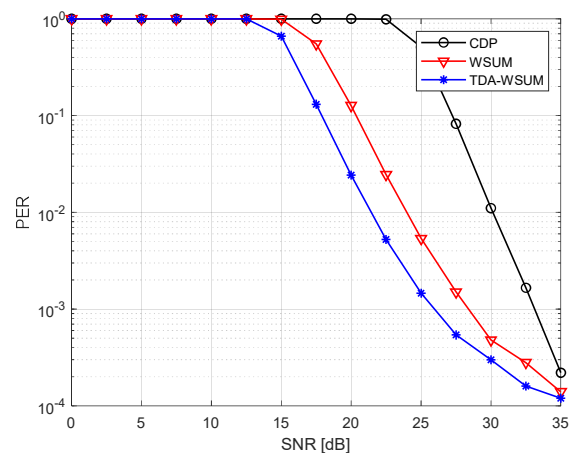
This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2020R1A2C1005260).

참 고 문 헌

- [1] IEEE 802.11p, IEEE Standard for Information Technology Telecommunication and Information Exchange Between Systems Local and Metropolitan Area Networks Specific Requirements. Part 11: Wireless LAN MAC and PHY Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments, Jul. 22, 2014.
- [2] J. Zhao, X. Cheng, M. Wen, B. Jiao, and C.-X. Wang, "Channel Estimation Schemes for IEEE 802.11p Standard," IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, vol. 5, no. 4, pp. 38-49, winter. 2013.
- [3] 박초은. "IEEE 802.11p / WAVE 시스템에서 데이터 파일럿 심볼에 대한 업데이트 가중치 매트릭스 기반의 채널 추정 기법." 국내석사학위 논문 한국교통대학교 일반대학원, 2018. 충청북도



(a) Coded BER vs. SNR



(b) PER vs. SNR

<그림 2> Highway LOS, 16-QAM