

## OFDM 시스템에서 위상 차이 기반의 새로운 CDP 채널 추정기법

이주승, 정하원, 고균병\*

한국교통대학교

jslee0741@ut.ac.kr, jha0824@ut.ac.kr, \*kbko@ut.ac.kr

## Novel CDP Channel Estimation Scheme based on Phase difference for OFDM systems

Lee Ju Seoung, Jung Ha Won, Ko Kyun Byoung\*

Korea National University of Transportation

## 요약

본 논문에서는 IEEE 802.11p/WAVE 시스템에서 적용 가능한 기존 CDP를 포함하는 새로운 형태의 CDP 채널 추정기법을 제시한다. 새로운 CDP 추정기법은 위상 차이를 기반으로 신뢰도를 판정함으로써 특히 낮은 SNR 영역에서 기존 CDP 대비 성능향상이 이루어짐을 확인한다. 제안하는 기법의 성능을 Cohda Wireless 사에서 제시하는 고속 환경의 채널 모델을 기반으로 모의 실험을 통하여 확인한다.

## I. 서론

최근 차량의 자율 주행에 대하여 관심이 집중되면서 자율 주행을 지원하기 위한 기술인 V2I 와 V2V 통신 기술에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[1-8]. 차량 통신 시스템 중 하나인 IEEE 802.11p/WAVE [1]에서 차량의 이동시에도 정확한 데이터를 주고받기 위해서 고속 시변 채널 환경에 적용이 가능한 여러 채널 추정 기법들이 연구되어 왔다[2-8]. 본 논문에서는 Cohda Wireless 사에서 제시하는 고속 채널 모델 환경에서 일반화된 새로운 CDP 기법을 제안하고 그 성능을 검증하고자 한다.

모의실험을 통하여 기존의 기법 대비 제안된 기법의 성능을 BER 및 PER 측면에서 확인한다.

## II. 본론

본 논문에서는 기존의 CDP 채널 추정에서는 새로운 채널추정 값  $\hat{H}_i(k)$ 과 과거의 채널추정 값 중  $H_{i-1}(k)$  신뢰도 테스트를 통하여 두 가지의 채널추정 값 중 하나를 선택한다.

$$H_i(k) = \begin{cases} \hat{H}_i(k) & \text{if } \hat{X}'_{i-1}(k) = \hat{X}''_{i-1}(k), k = -32, \dots, 31 \\ H_{i-1}(k) & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

위상 차이 기반의 새로운 CDP 채널 추정기법은 기존의 채널추정 기법을 포함하고 있다. 기존의 CDP와 동일하게 수신된 데이터 심볼을 다음과 같이 등화할 수 있다.

$$\hat{S}'_{i-1}(k) = \frac{Y_{Di-1}(k)}{\hat{H}_i(k)}, k = -32, -31, \dots, 31 \quad (2)$$

$$\hat{S}''_{i-1}(k) = \frac{Y_{Di-1}(k)}{H_{i-1}(k)}, k = -32, -31, \dots, 31 \quad (3)$$

과거의 채널 추정 값  $H_{i-1}(k)$ 를 균등화시킨  $\hat{S}''_{i-1}(k)$ 을 디모듈레

이션한 값을 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$\hat{X}_{i-1}(k) = D(\hat{S}'_{i-1}(k)), k = -32, -31, \dots, 31 \quad (4)$$

각각의  $\hat{X}_{i-1}(k), \hat{S}'_{i-1}(k), \hat{S}''_{i-1}(k)$  대하여 위상에 대하여 다음과 같이 나타 낼 수 있다. X, A, B에 해당하는 값을 다음과 같이 그림 1과 같이 대략적으로 표현할 수 있다.

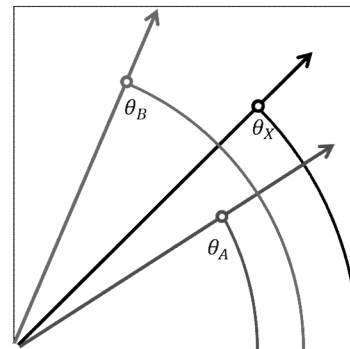
$$\Theta_{X_{i-1}}(k) = \angle \hat{X}_{i-1}(k), k = -32, -31, \dots, 31 \quad (5)$$

$$\Theta_{A_{i-1}}(k) = \angle \hat{S}''_{i-1}(k), k = -32, -31, \dots, 31 \quad (6)$$

$$\Theta_{B_{i-1}}(k) = \angle \hat{S}'_{i-1}(k), k = -32, -31, \dots, 31 \quad (7)$$

$$\Theta_{dA_{i-1}}(k) = |\Theta_{X_{i-1}}(k) - \Theta_{A_{i-1}}(k)|, k = -32, -31, \dots, 31 \quad (8)$$

$$\Theta_{dB_{i-1}}(k) = |\Theta_{X_{i-1}}(k) - \Theta_{B_{i-1}}(k)|, k = -32, -31, \dots, 31 \quad (9)$$



<그림 1> 제안된 기법에서의 위상 차이

이제 이 위상 차이 값을 가지고 신뢰도를 추정하는 알고리즘을 다음과 같이 일반화 하여 나타낼 수 있다.

$$H_i(k) = \begin{cases} \hat{H}_i(k) & \text{if } \Theta_{d,A,i-1}(k) + \alpha \geq \Theta_{d,B,i-1}(k), k = -32, \dots, 31 \\ H_{i-1}(k) & \text{else} \end{cases} \quad (10)$$

여기서  $\alpha$ 를 통하여 Update되는 위상각의 범위를 조절 할 수 있다. 기존의 CDP와 동일한 동작을 위해서는 위와 같이 조절해 동일한 성능을 나타내는 것을 볼 수 있다.

$$H_i(k) = \begin{cases} \hat{H}_i(k) & \text{if } \frac{\pi}{4} \geq \Theta_{d,B,i-1}(k), k = -32, \dots, 31 \\ H_{i-1}(k) & \text{else} \end{cases} \quad (11)$$

### III. 모의실험 결과와 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11p 표준의 물리계층에서 기존에 제안된 STA 채널추정기법, CDP 채널추정기법 그리고 새롭게 제안된 NEW CDP를 시뮬레이터를 통해 비교분석을 하였다. 채널환경은 Cohda Wireless사의 채널모델 중 시나리오 4인 Highway LOS를 선택하였다. 낮은 SNR에서 기존 CDP보다 성능이 우수해지는 것을 확인할 수 있으며 이는 적절한 위상범위를 조절하여 Update되는 양을 기존 CDP 보다 조절함으로써 복잡도 증가 없이 성능 향상을 얻을 수 있음을 의미한다.

PER에서 기준으로 CDP보다 NEW CDP에서 tight하게 잡은 기법들이 3dB정도 더 좋게 나왔으며, 마찬가지로 BER 에서도 그래프에서 나온 것처럼 CDP보다 3dB정도 우수한 성능을 확인할 수 있으며 이는 복잡도 증가 없이 CDP 기법에서 보다 신뢰성이 좋은 반송파만을 Update 함으로써 성능향상을 얻을 수 있음을 의미한다.

### ACKNOWLEDGMENT

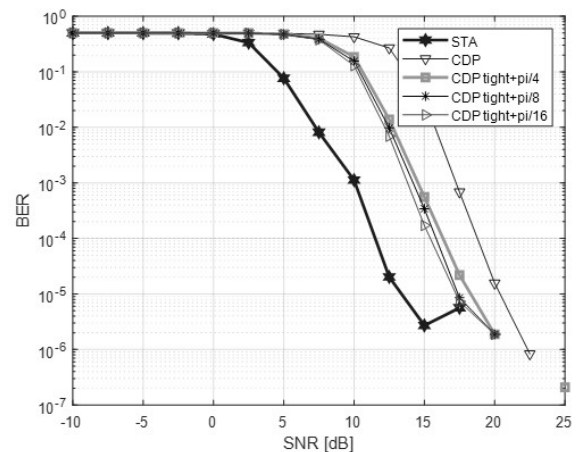
This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2020R1A2C1005260).

### 참 고 문 헌

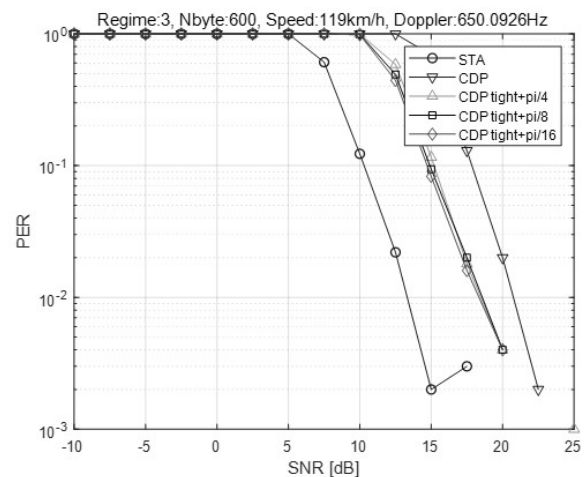
- [1] IEEE 802.11p, IEEE Standard for Information Technology Telecommunication and Information Exchange Between Systems Local and Metropolitan Area Networks Specific Requirements. Part 11: Wireless LAN MAC and PHY Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments, Jul. 22, 2014.
- [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] Seungho Han and Changick Song, "Study on Channel Estimation Technique Using MRC Technique in 802.11p WAVE Environment", KICS 2017, pp. 543-544, 2017.
- [4] Cho-Eun Park, Kyun-Byoung Ko, "Novel Channel Estimation Methods based on Updated Matrix for IEEE 802.11p/WAVE Systems", ICC 2017, vol. 15, no. 2, pp. 23-24, 2017
- [5] 유기훈, 정의석, 장동선, 고균병, "다중 수신 안테나를 가지는 IEEE

802.11p / WAVE 시스템에서 MRC 와 향상된 CDP 채널 추정 기법 연구," 2018년 한국통신학회 하계종합학술발표회, 제주도 신화월드 랜딩컨벤션센터, 세션 8A, pp. 0165-0166, 2018년 6월20일(수)-22일(금)

- [6] DongSeon Jang, Uiseok Jeong, and Kyunbyoung Ko, "Advanced MMSE Channel Estimation Method Using WSUM and TDA Scheme in IEEE 802.11p / WAVE System," in Proceedings of 2018 International Conference on Convergence Content (ICCC 2018) Dec. 17-19, 2018,
- [7] Gihoon Ryu and Kyunbyoung Ko, "MRC based Channel Estimation method using Data Pilot Construction and Reliability Test in IEEE 802.11p/WAVE systems with Multiple Receive Antennas," in Proceedings of 2018 International Conference on Convergence Content (ICCC 2018) Dec. 17-19, 2018,
- [8] DongSeon Jang and Kyunbyoung Ko, "Advanced Channel Estimation Method for IEEE 802.11p/WAVE System," International Journal of Contents, Vol.15, No.4, pp.27-35, Dec. 1, 2019.



(a) Coded BER vs. SNR



(b) PER vs. SNR

<그림 2> Highway NLOS, QPSK