

WAVE 시스템을 위한 채널 등화 기법

김용성* · 서창우** · 홍대기**
*전자부품연구원 **상명대학교
E-mail : apples021@smu.ac.kr

Channel Equalization Algorithms for an WAVE System

Yong-sung Kim* · Chang-woo seo** · Dae-ki Hong**
*Korean Electronics Technology Institute **Sang Myung University

요 약

현재 IEEE 802.11p 규격은 기존의 IEEE 802.11a 규격을 기반으로 하여 표준화가 진행되고 있다. 기존의 IEEE 802.11a 규격은 무선랜 (WLAN: Wireless Local Area Network) 규격으로서 고속으로 이동하는 차량 통신환경 즉 WAVE (Wireless Access for Vehicular Environment) 환경에 그대로 적용할 경우 수신 성능이 급격히 떨어지게 되는 문제점이 있다. 본 논문에서는 긴 훈련 심볼 (LTS: Long Training Sequence)을 이용하는 기존의 채널 추정 기법을 기반으로 하되 WAVE 채널처럼 빠르게 변화하는 채널에 대응하기 위해 일정한 심볼 주기마다 미드앰블 (Mid-Amble)을 삽입하는 전송구조를 제안한다. 또한, 미드앰블 사이의 심볼들의 위상과 크기를 3차원 스플라인 보간법을 적용하여 추정하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘의 성능실험을 위해 WAVE 채널을 모델링하였으며 이러한 채널에서 성능실험을 수행하였다. 실험결과에 의하면 제안된 알고리즘은 빠른 시변 채널에서도 매우 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다.

key words : WLAN, LTS, WAVE, Mid-Amble

1. 서론

직교 주파수 분할 다중화 (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)는 고속 데이터 전송을 위해 다중 반송파를 이용하는 통신 방식이다. 광대역 신호를 서로 직교하는 여러 개의 부 반송파로 나누어 병렬로 전송하는 방식으로써 광대역의 주파수 선택적 페이딩 (Frequency Selective Fading) 채널 특성이 부 반송파별로 협대역의 주파수 비 선택적 페이딩 (Frequency Flat Fading) 채널 특성으로 바뀌는 효과가 있다. 또한 서로 다른 주파수를 가지는 여러 개의 직교 부반송파로 변조시켜서 동시에 전송함으로써 전송 심볼은 원래 데이터의 주기보다 FFT 크기만큼 길어지게 된다[1][2]. 따라서 심볼간 간섭 (ISI: Inter symbol interference)의 영향을 크게 줄일 수 있다.

이와 같이 OFDM이 주파수 선택적 감쇠에 강한 특징을 갖지만 변조된 심볼은 채널을 통과하는중

에 크기와 위상의 감쇄를 겪게 되므로 채널에서 겪는 감쇄를 추정하여 보상해 주어야 한다. 정확한 채널 추정과 보상이 OFDM 시스템의 성능을 높이는 데 중요한 역할을 한다. OFDM 채널을 추정하는 기법은 크게 훈련 심볼을 이용한 채널 추정 기법과 파일럿 심볼을 이용한 채널추정 두 가지 형태로 나눌 수 있다[2][3].

파일럿 심볼을 이용한 채널 추정 기법은 시간에 따라 빠르게 변화하는 채널환경에 적응하기 위해 파일럿 심볼을 지속적으로 삽입하여 이 파일럿 심볼의 선형 조합을 통해 채널을 추정하는 기법이다. 따라서 이동통신 시스템과 같이 큰 넓은 지역의 셀을 갖는 경우 도플러 확산과 지연 확산이 크고 시간과 주파수축에서 급격하게 채널 값이 변하는 환경에 적합한 채널 추정기법이다. 하지만 파일럿 심볼을 이용한 채널 추정 기법은 너무 많은 연산량을 요구하므로 복잡도가 크다는 단점이 있다.

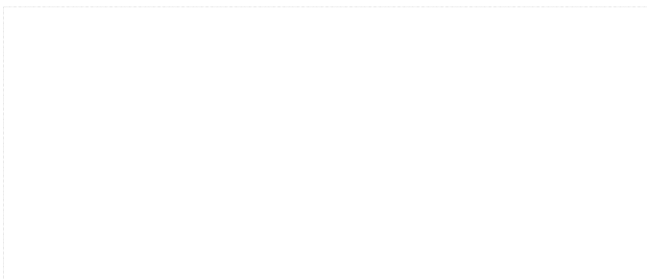
혼련 심볼을 이용하는 채널추정기법은 적은 연산량을 가지고 채널을 추정하고 보상할 수 있다. 하지만 매우 빠르게 변화하는 채널에서는 성능이 급격히 떨어진다[4]. 본 논문에서는 혼련 심볼을 이용하는 채널추정 기법을 기반으로 하되 WAVE 채널처럼 빠르게 변화하는 채널에 대응하여 일정한 심볼 주기마다 미드앰블(Mid-Amble)을 삽입하는 전송구조를 제안한다. 또한, 미드앰블 사이의 심볼들의 위상과 크기를 3차원 스플라인 보간법을 적용하여 추정하는 알고리즘을 제안한다.

2. 차량 간 무선통신 페이딩 채널의 모델링

본 장에서는 WAVE 채널을 모델링 해봄으로써 채널특성을 파악해 본다. 또한 이러한 채널에서 제안된 전송구조의 필요성을 제시해본다.

아래의 표는 WAVE에서 제시한 채널 모델 중 하나의 채널 프로파일을 나타낸 것이다. 아래의 표는 속도가 140km/h로 이동하는 이동체에 관한 것이며 송신 이동체와 수신 이동체 사이의 거리는 300-400m인 경우이다.

[표 1] WAVE 페이딩 채널



위의 표를 시뮬레이터로 구축함에 있어서 다소의 근사화를 수행하였다. 먼저 주어진 탭 번호 중 가장 첫 번째 경로(Path)만을 고려하였다. 또한 첫 번째 탭의 특성이 Rician을 형태를 가지고 있는데 반해서 본 논문에서 구축한 시뮬레이터의 첫 번째 탭은 Rayleigh 분포를 가지고 있다. 마지막으로 페이딩 스펙트럼의 형태는 모두 고전적인 Jake 페이딩 스펙트럼을 따른다고 가정하였다. 이러한 가정들을 적용함에 따라 실제 설계된 시뮬레이터의 채널 값들은 표준에서 요구하는 값에 비해 오차가 있지만 그 오차의 양은 그다지 크지는 않을 것으로 예상된다. 굳이 두 근사화된 모델과 근사화 하지 않은 모델과의 차이점을 고려하자면 근사화한 모델의 첫 번째

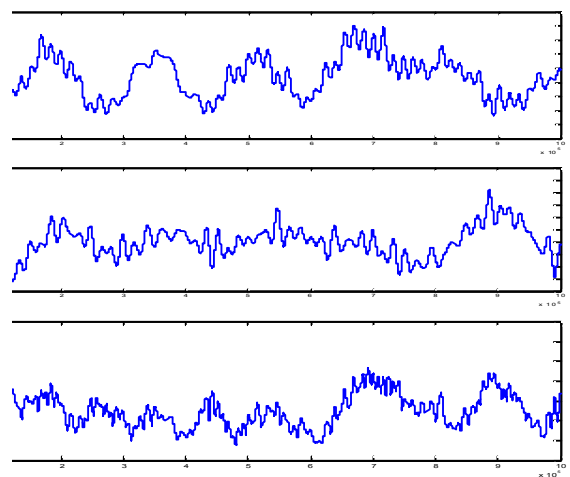
탭이 Rayleigh 분포를 가지고 있고 페이딩 스펙트럼 형태가 더 많은 고주파 성분을 가지고 있으므로 근사화하기 전보다 더 열악한 환경임을 알 수 있다. 이러한 가정들을 적용한 새로운 지연 프로파일을 아래의 표에 다시 나타내었다.

[표 2] 근사화된 WAVE 페이딩 채널

	Path Loss (dB)	Delay Value (ns)	Fad. Dop. (Hz)	Modulation	Fad. Spec. Shape
1	0.0	0	60	Rayleigh	Jake
2	-6.3	100	655	Rayleigh	Jake
3	-25.1	200	823	Rayleigh	Jake
4	-22.7	300	110	Rayleigh	Jake

아래의 그림은 새롭게 수정된 채널 모델을 이용하여 앞선 예와 같이 변조되지 않고 크기가 1인 반송파를 이용해 1000000개의 수신신호 샘플을 받아본 결과이다. 첫 번째 그림은 수신신호의 동위상 성분, 두 번째 그림은 직교위상 성분, 마지막으로 세 번째 그림은 크기 성분을 표시한 것이다. 실험에 사용된 파라미터를 순서대로 나열하면 다음과 같다[5].

- 1회의 루프 시뮬레이션 시간 : 100000us
- 시뮬레이션 최소 시간 해상도 : 0.1us = 8us(1 OFDM 실볼의 시간적 길이)/80(Samples)
- 직접파에 대비한 지연파의 평균 신호전력감쇄 : 6.3dB, 25.1dB, 22.7dB
- 직접파에 대비한 지연파의 평균 시간지연 : 0.1us, 0.2us, 0.3us

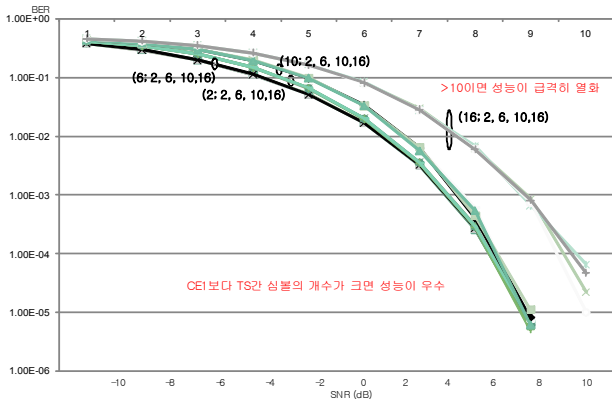


[그림 1] WAVE 페이딩 채널의 예

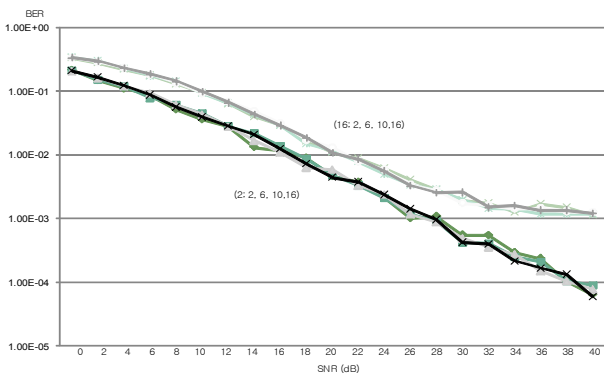
위의 모의 실험결과 100000개의 수신샘플의 크기, 위상의 변화는 시간에 따라 급격하게 이루어진다.

성능을 나타낸다. 그림 4의 CE1은 미드엠블간격내의 동일한 심볼 길이의 그룹별로 전체 패킷의 길이와 상관없이 동일한 성능을 보이지만 두 그룹 사이의 BER 성능곡선의 간격은 그림 6의 CE2에 비해 간격이 크다.

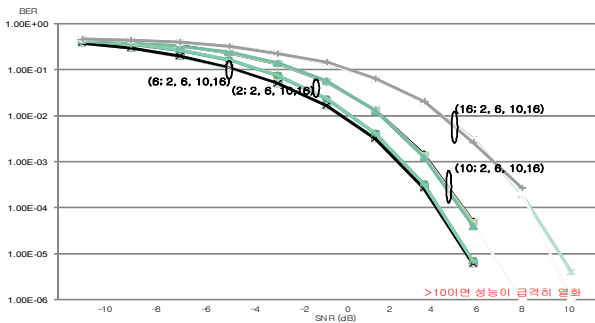
두 그룹 간 BER 간격이 좁아지는 것은 미드엠블간격내의 심볼 길이를 길게 해서 패킷을 보내더라도 짧게 해서 보내는 것과 거의 동일한 성능을 보인다는 것을 의미한다. 이는 CE2방식이 WAVE 채널에 잘 적용될 수 있음을 보이고 있다.



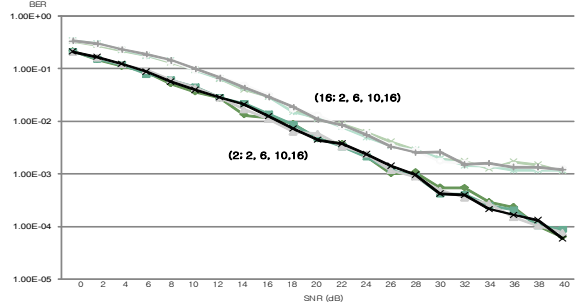
[그림 3] AWGN채널에서 CE1성능



[그림 4] WAVE채널에서 CE1성능



[그림 5] AWGN채널에서 CE2성능



[그림 6] WAVE채널에서 CE2성능

V. 결론

본 논문에서는 이동하는 차량 간 통신에서 채널추정의 정확도를 높이기 위한 2가지 방법을 제안하였다.

2장에서는 차량 간 통신환경모델을 구현해봄으로써 미드엠블 전송구조의 필요성을 제시해보았다. 3장에서는 미드엠블 간의 평균을 이용한 채널추정 방식 그리고, 3차 보간 채널 추정 방식을 설명하였다. 2가지 방식모두 실험결과 우수한 성능을 보였다. 그중 3차 보간법을 이용한 채널 추정 방식이 WAVE 채널에 잘 적용될 수 있음을 보여 주었다.

참고문헌

- [1] Richard Van Nee, "OFDM for Wireless Multimedia Communications," Artech House Publishers, 2000
- [2] 전자통신동향분석 제 21권 제 6호 2006년 12월
- [3] jap-jaap van de be and Ove Edfors, "On Channel Estimation in OFDM Systems," IEEE VTC, vol.2, July 1995.
- [4] 강연석, 김영수, 서덕영, "OFDM 시스템을 위한 LMMSE 채널추정기법의 성능 개선," 한국통신학회논문지, '05-02, Vol. 30, No. 2A
- [5] Hiroshi Harada and Ramjee Prasad, Simulation and software radio for mobile communications, Artech House, 2002
- [6] IEEE P802.11p/D1.1, Wireless LAN Medium Access Control (MAC), and Physical Layer (PHY) Specifications : Wireless Access in Vehicle Environment (WAVE), May. 2005