

OFDM 방식의 차세대 단거리 전용통신시스템에서 등화기의 성능 분석

김만호* · 강희조*

*목원대학교 컴퓨터공학부

Performance Analysis of Equalizer for Next Generation DSRC with OFDM System

Man-ho Kim* · Heau-jo Kang*

Division of Computer Engineering, Mokwon University

E-mail : mhkim@mokwon.ac.kr

요 약

본 논문에서는 지능형 교통망 시스템 서비스에 사용되는 5.8GHz 대역에서 OFDM을 이용한 단거리 전용 통신 시스템을 제안하고 제안 시스템의 성능을 평가하고 이를 분석하였다. 무선 다중경로 채널에서 데이터를 고속으로 전송할 경우, 신호는 페이딩, ISI(inter-symbol interference) 등의 영향으로 높은 에러율을 가지게 된다.

OFDM 방식은 보호구간을 사용해 채널의 ISI를 제거하므로 일반적으로 등화기가 필요 없으나, OFDM 각 심볼 주기마다 보호구간의 사용은 채널 사용 면에서 매우 비효율적이 된다. 따라서 채널의 지연확산이 커질 경우, 보호구간만으로는 ISI를 완전히 제거할 수 없으며, 성능 개선을 위하여 등화기가 필요하게 된다. 본 논문에서 제안된 시스템에서는 ITS 권고 주파수 대역인 5.8GHz에서 국제 표준화 규격인 IEEE 802.11a 근거하여 OFDM 시스템을 모델링 하였으며, 단일 텀 등화기를 적용하여 제안 시스템을 시뮬레이터 기법에 의하여 성능을 비교 분석하였다.

I. 서 론

지능형 교통 시스템(ITS: Intelligent Transportation System) 기술은 교통 시설에 첨단 통신 정보 기술을 응용함으로써 교통 시설 효율성의 극대화, 물류비 절감 및 첨단 교통산업의 육성 등이 기대되는 산업이다. 특히 첨단 데이터 통신 기술을 이용하여 운전자에게 교통 혼잡 교통사고 등과 같은 교통 정보를 제공함으로써 교통공해, 에너지 낭비 등을 줄일 수 있는 효과적인 해결책으로 부상하고 있다. ITS의 도입에 따른 새로운 통신 수단으로 단거리 무선 통신 DSRC (Dedicated Short Range Communication)이 등장하게 되었다.

기존 DSRC 시스템과 다른 차세대 DSRC 시스템은 다양한 멀티미디어 서비스와 교통정보 등을 제공하기 위해서 더 높은 데이터 전송속도가 요구되고, 현재 차세대 ITS/DSRC 시스템의 데이터 전송속도는 10Mbps 급으로 추진되고 있다.

10Mbps 급 차세대 DSRC 시스템의 변조방식은 데이터 전송속도 증가로 인하여 채널 등화와 이

동환경에 강한 변복조 방식이 요구된다[1][2].

따라서 본 논문에서는 IEEE 802.11a에서 권고하는 5.8GHz 대역의 주파수를 사용하였고, 페이딩에 강한 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 적용하여 시스템이 오류 없이 정상적으로 동작하는지를 확인 하였다[3].

채널 환경으로 다중 경로 성분을 고려하여 ITU-R M.1225을 이용한 three-ray 모델을 이용하여 OFDM 시스템을 모델링 하였으며, 또한 변조 방식은 QPSK, 16QAM, 64QAM을 사용하였고, 부호율 1/2, 3/4, 구속장 7의 컨벌루션 부호와 경판정, 연판정 비터비 복호를 적용하여 시스템의 성능을 분석하였다[4][5].

다중 경로 주파수 페이딩에 의한 ISI 간섭을 제거하기 위해 단일 텀 등화기를 사용하여 진폭과 위상에 대한 왜곡을 보상하였다.

II. OFDM 시스템

10Mbps급으로 추진되고 있는 차세대 DSRC 시

스텝의 변복조 방식으로 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)의 적용은 점유 주파수 대역폭 효율과 다중경로 페이딩 채널상에서 발생하는 ISI 영향 등에서 장점이 있다. 그리고 이러한 장점으로 인하여 OFDM은 고속의 데이터 전송속도를 가진 다양한 무선 응용 시스템의 변조방식으로 선정되고 있다[7]. OFDM은 고속의 데이터 열을 여러 개의 부반송파로 나누어서 저속의 데이터 열로 동시에 전송한다. 그러므로 여러 개의 부반송파를 이용하여 데이터를 저속으로 변환하여 전송하는 경우 한 심볼의 주기가 길어지게 되므로 다중경로 지연에 의한 영향을 덜 받게 된다. 그러나 여러 개의 부반송파를 동시에 전송하므로 서로 간의 간섭이 발생하므로, 부반송파 간 간섭을 막기 위하여 보호시간을 둔다. 그러므로 OFDM에서는 부반송파와 보호구간을 증가시켜서 ISI의 영향을 경감 시킨다.

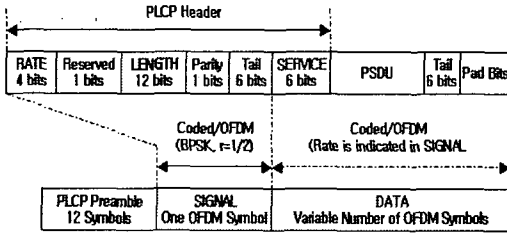


그림 1. IEEE 802.11a 무선 모드의 프레임 포맷

그림 1은 OFDM PLCP(Physical Layer Convergence Protocol) 프리앰블, OFDM PLCP 헤더, PSDU(PLCP Service Data Unit), Tail 비트, Pad 비트로 구성된 IEEE 802.11a의 PPDU(PLCP Protocol Data Unit) 프레임 포맷을 보여준다.

PLCP 헤더는 RATE, Reserved 비트, LENGTH, 짝수 패리티 비트, Tail 비트, SERVICE 필드로 구성되는데, 이 중 RATE, Reserved 비트, LENGTH로 정의된 별도의 1 OFDM 심볼로 구성되어 가장 안정적인 BPSK 변조와 1/2 부호화를 거쳐 전송된다. PLCP헤더의 SERVICE 필드, PSDU, Tail 비트, Pad 비트는 DATE로 정의되고 RATE 필드에 정의된 데이터 전송률로 전송되며 OFDM 심볼들로 구성된다.

OFDM 시스템의 일반적 구조는 그림 2에 나타내었다.

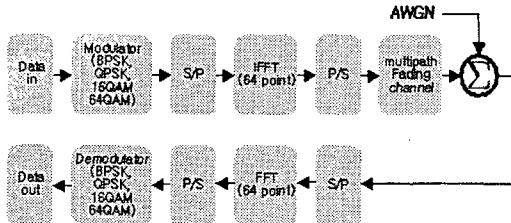


그림 2. OFDM 시뮬레이션 모델

기저 대역의 OFDM 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x(t) = \sum_{m=1}^M C_{m,k} P_m(t - kT_s) \exp\left(j2\pi \frac{m}{T_s} t\right) \quad (1)$$

$$KT_s \leq t \leq (K+1)T_s$$

여기서 m 은 부반송파의 수, T_s 는 OFDM 심볼의 주기, $C_{m,k} = a_{m,k} + jb_{m,k}$ 는 k 번째 부태널을 통해 전송되는 변조 신호를 나타내며 $P_m(t)$ 는 m 개의 부반송파를 사용한 펄스 함수이다.

신호 전송시에는 많은 에러가 있을 수 있으므로 채널 부호화가 필수적이다. 본 논문의 채널 부호화에는 부호율 1/2, 3/4 구축장이 7인 컨벌루션 부호화를 사용한다. 컨벌루션 부호기는 부가성 백색 가우스 통신로에서 에러정정 능력이 우수하고, 연접특성의 에러가 발생하는 채널에 대해서도 인터리버/디인터리버와 함께 사용하여 연접에서 에러 정정 능력을 높일 수 있다[6].

인터리빙은 두 단계로 진행이 되는데 첫 번째 단계에서는 인접하는 비트가 서로 인접하지 않는 분반송파에 실리는 것이며 두 번째 단계에서는 매핑도에서 비트 위치를 바꾸어 주게 된다.

OFDM 방식의 장점은 ICI의 발생을 억제하여 성능을 향상 시키고, 보호구간을 적절히 설정하여 ISI를 제거 할 수 있다. 그러나 보호구간을 아무리 잘 설정하여도 높은 신뢰도의 BER을 얻을 수 없게 되며 이를 개선하기 위해 채널등화가 필요하다[7].

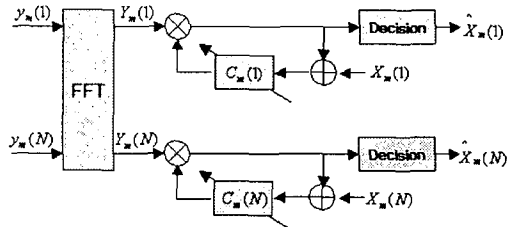


그림 3. OFDM 시스템에서의 단일 탭 등화기

그림 3은 OFDM 시스템에서 사용된 단일 탭 등화기의 구조이다. N 개의 부반송파에 대해서 각 N 개의 단일 탭 등화기가 필요하다. 단일 탭 등화기의 구조와 동작은 FFT 출력 신호와 오차신호(Error signal)를 이용하여 가중치(Weight)를 갱신한다.

III. 시뮬레이션 채널 모델

ITU-R M.1225[8][9]에서는 무선 채널 환경의 성능 평가를 위한 다중 경로 페이딩 채널을 제시하였다. 제시된 무선 채널 환경은 상대적으로 작

은 지연 확산을 가지는 채널 A와 중간 지연 확산을 가지는 채널 B로 구분된다. 그리고 차량 이동 환경(Vehicular)에 대한 TDL(Tapped Delay Line) 모델에 따른 파라미터를 규정하고, 경로의 수와 경로들의 상대적인 지연 및 전력으로 나타내었다.

차량 이동 환경은 120km/h 에 해당하는 속도로 명시하여 시뮬레이션에 이용 하고 있다.

본 논문에서는 차량이동 환경에서 작은 지연 확산을 가지는 채널 A 환경의 파라미터로 시뮬레이션하였다.

표 1에 ITU-R M.1225에서 제시된 다중 경로 페이딩 채널에 대한 파라미터를 표시하였다.

표 1. 차량 이동 환경 TDL 파라미터

Tap	ITU-R M.1225		Modeling Parameter
	Channel A		Channel B
	Delay(ns)	Average Power(dB)	Tap Weight
1	0	0	0.4850
2	310	-1.0	0.3852
3	710	-9.0	0.0611
4	1090	-10.0	0.0485
5	1730	-15.0	0.0153
6	2510	-20.0	0.0049

IV. 성능분석

표 2는 본 논문에서 사용한 OFDM 통신 시스템의 시뮬레이션 파라미터를 나타낸 것이다.

표 2. OFDM 시뮬레이션 파라미터

Modulation	QPSK	16QAM	64QAM
Data Rate	12Mbps	24Mbps	48Mbps
RATE	1/2	1/2	3/4
data subcarriers	48		
Pilot subcarriers	4		
FFT size	64		
FFT period	3.2μs		
GI duration	0.8μs		
Channel Enviornments	- Multipath Channel - 단일 탭 등화기		

AWGN과 다중경로 페이딩 채널 환경에서 컨벌루션 부호와 비터비 복호 및 단일 탭 등화기를 적용하여 변조방식에 따른 OFDM 시스템의 성능을 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

다중경로 페이딩 채널 환경에 부호율 1/2, 3/4 를 적용한 등화기 사용 유무에 따른 변조 방식별 BER 성능을 그림 4와 그림 5에 나타내었다.

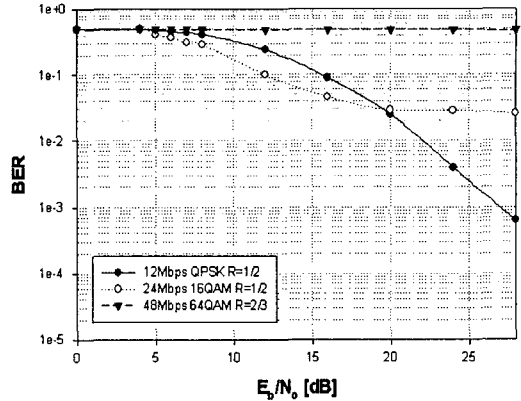


그림 4. OFDM 통신 시스템 BER 성능 (등화기적용 전)

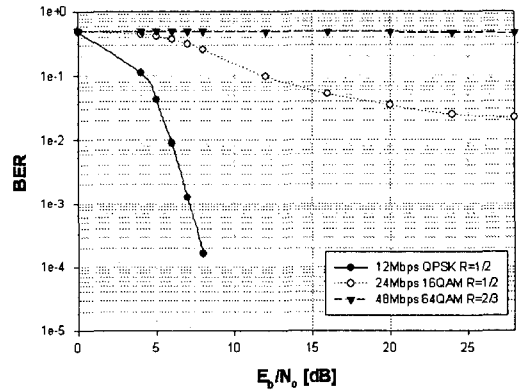


그림 5. OFDM 통신 시스템 BER 성능 (등화기적용 전)

차량 이동 환경에서 부호율 1/2을 적용한 QPSK의 경우 단일 탭 등화기를 사용하여 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다. 부호율 1/2의 16QAM과 부호율 2/3의 64QAM은 전송속도는 증가하지만, 높은 코딩 이득을 얻지 못하였고, 페이딩 채널 환경에서 성능의 열화가 크기 때문에 등화기 적용 후에도 성능 향상이 나타나지 않았다. 이는 같은 채널 환경에서 변조 방법에 따라 데이터 전송 속도가 빨라질수록 ISI 영향이 심각해지기 때문이다.

V. 결론

도심 환경에서 무선 통신은 빌딩이나 장애물이 존재하므로 다중경로에 의한 페이딩을 받게 된다. 특히 수신 단말기가 움직이는 상태에서는 이러한 페이딩이 에러를 유발하여 구성된 채널의 깊이나 통신의 신뢰성이 떨어진다.

본 논문에서는 이와 같은 환경에서 통신 신뢰

성 확보를 위하여 IEEE 802.11a에서 권고하는 5.8GHz 대역의 주파수를 사용하였고, 페이딩에 강한 OFDM을 적용하여 시스템 성능을 분석하였다. 또한 ISI를 줄이기 위해 구조가 비교적 간단한 단일 탭 등화기를 사용함으로써 ISI를 보상하였다.

그림 4, 5에서 10Mbps 급 차세대 DSRC 시스템에서는 등화기를 사용한 경우가 사용하지 않은 경우 보다 데이터 통신의 신뢰성을 확보할 수 있음을 알 수 있었고, 차량 속도가 빨라지고 데이터의 전송 속도가 빨라질 수록 더욱 효과적으로 ISI를 제거 할 수 있는 기법이 반드시 적용되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] J. B.Reddy, K. Herrmans, L. V. Perre, B. Gyselinkx, M. Engels, "Hybrid OFDM for Future DSRC Applications", IEEE Trans. VTC 50th, pp. 2054-2059, 2000
- [2] H. Takanashi, M. Morikura, and R. CVan Nee, "OFDM physical layer specification for the 5GHz band", IEEE P802.11-98/72-r5, July, 1998.
- [3] IEEE, 802.11a Part 11, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specification : High speed physical layer in the 5 GHz Band", 1999.
- [4] Recommendation ITU-M.1225, "Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000", 1997.
- [5] ARIB, "Evaluation Methodology for IMT-2000 Radio Transmission Technologies", Sep. 1998.
- [6] John G. Proakis, *Digital Communication*, 4thed, McGraw-Hill, 2001.
- [7] Won Gi Jeon, Hyung Hi Chang and Yong Soo Cho, "An Equalization Technique for Orthogonal Frequency Division Multiplexing Systems in Time Variant Multipath Channels", *IEEE transactions on communications*, vol.47, no.1, pp.27-32, January 1999.