

차세대 ITS/DSRC 물리계층 성능분석 및 개선에 관한 연구

A Study on the Performance Analysis and Improvement of Physical Layer for Next Generation ITS/DSRC

정재승*, 박성진**, 이병섭***

Jae-Seung Jeong*, Sung-Jin Park**, and Byung-Seub Lee***

요 약

본 논문에서는 현재 10Mbps급으로 개발되고 있는 차세대 ITS/DSRC시스템의 정확한 성능분석을 위하여 Ray Tracing 기법을 적용한 6-ray 채널모델을 설정하였으며, 설정된 채널환경에 ISI의 영향을 다중 반송파와 보호시간으로 감소시키고, 점유 주파수대역 등에서 우수한 성능을 보이는 OFDM을 적용하여 성능을 분석하였다. 또한 성능 향상을 위하여 One-Tap 등화기를 적용하여 BER 성능을 분석하였다. 32개의 부반송파를 가지는 OFDM은 E_b/N_0 가 23 dB 이상이 되어야만 10, 50, 100m 지점 모두에서 10^{-6} 이하의 BER 성능을 얻을 수 있었으며, One-Tap 등화기를 적용하였을 경우에는 약 17dB의 E_b/N_0 로 신뢰할 수 있는 데이터 통신을 위한 BER인 10^{-6} 이하를 얻을 수 있었다.

Abstract

In this paper, the channel environment for next generation ITS/DSRC which is developed for 10Mbps is modeled with ray tracing technique and, we analyzed BER of OFDM which has an advantage over reducing the effect of ISI with multi-carrier and guard time, occupying bandwidth on 6-ray channel environment. Also, we applied the one-tap equalizer to improve the performance of BER. In case only OFDM is applied with 32 sub-carrier, the result of BER is under 10^{-6} from 10 to 100m if E_b/N_0 is more than 23dB. But in case OFDM and one-tap equalizer are applied with 32 sub-carrier, E_b/N_0 is required of about 17dB to achieve BER under 10^{-6} .

I. 서 론

지능형 교통 시스템(ITS : Intelligent Transportation System) 기술은 기초 교통시설에 첨단 전자통신 정보기술을 응용함으로써 교통 시설운영 효율성의 극대화, 교통사고의 획기적인 감소, 물류비 절감 및 첨단 교통산업의 육성 등이 기대되는 산업이

다. 특히 첨단 데이터 통신 기술을 이용하여 운전자에게 교통 혼잡, 교통 사고 등과 같은 실시간 교통 정보를 제공함으로써 운행 시간, 에너지 낭비, 교통 공해 등을 줄일 수 있는 효과적인 해결책으로 급부상하고 있다. ITS의 도입에 따라 새로운 개념의 통신 수단으로 등장하게 된 단거리 무선 통신(DSRC : Dedicated Short Range Communication)의 특징

* (주) SK C&C

** (주) 엠티아이

*** 한국항공대학교 항공통신정보공학과(Dept. of Avionics Eng., Hankuk Aviation Univ.)

· 논문번호 : 2001-1-5

· 접수일자 : 2001년 5월 21일

은 노변-차량간 거리가 100m 이하의 근거리 통신이고 데이터 전송속도는 1Mbps로 고속이며, 항상 LOS(Line-of-Sight)가 유지되는 특성을 가진다 [1]. 하지만, DSRC 시스템을 이용한 ITS 서비스로 다양한 멀티미디어 서비스와 자동항법시스템(Automated Highway System), 그리고 교통정보 등을 제공하기 위해서는 더 높은 데이터 전송속도가 요구되고, 현재 차세대 ITS/DSRC 시스템의 데이터 전송 속도는 10Mbps급으로 추진되고 있다.

10Mbps급 차세대 DSRC시스템의 변조방식은 데이터 전송속도 증가로 인하여 현재 개발된 1Mbps급 DSRC 시스템의 변복조 방식인 ASK 변조방식으로는 대역폭, 전송전력, BER성능 등에서 충분한 성능을 기대할 수 없으며, 채널등화와 이동환경에 강한 변복조 방식이 요구된다[2],[3]. 그러므로, 본 논문에서는 고속 데이터 통신시스템으로 DAB(Digital Audio Broadcasting), Wireless LAN 등에서 널리 적용되고 있으며, 현재 가장 유력한 차세대 DSRC 시스템의 변복조 방식인 OFDM을 Ray Tracing 기법을 이용하여 모델링한 6-Ray 채널 모델에 적용하여 거리에 따른 BER 성능을 분석하였다. 그리고, 차세대 ITS/DSRC 시스템의 성능 개선방안으로 One-Tap 등화기를 적용하여 향상된 BER 성능을 분석하였다.

II. Ray Tracing 기법을 적용한 채널 측정 / 시뮬레이션 채널 모델

2-1 Ray Tracing 기법을 적용한 채널 측정

DSRC 시스템의 채널환경은 LOS가 항상 유지되는 라이시안 페이딩 채널이며, 현재 추진되고 있는 서비스 영역은 100m 이하 단거리로 추진되고 있으므로, 도로면이나 이동중인 차량에서의 반사성분으로 인한 two-ray 라이시안 채널을 기본으로 모델링한다. 하지만 실제 채널환경에서는 노변기지국에서 송신한 신호가 도로면이나 인접 장애물에 의해서 반사되어 랜덤한 입사각을 가지고 수신되므로 수신단에서는 서로 다른 진폭과 위상을 가지고 도착하는 다중반사성분이 수신기에서 수신된다. 그러므로, 본

논문에서는 10Mbps급 DSRC 시스템의 정확한 성능 분석을 위해 Ray Tracing 기법을 이용하였으며, 실제 DSRC시스템의 채널환경과 좀 더 근접한 채널환경을 설정하기 위해서 기존의 two-ray 라이시안 채널 모델을 기본으로 확장한 six-ray 라이시안 채널 모델을 설정하였다[4].

본 논문에서 적용된 six-Ray 라이시안 채널 모델의 각 Ray의 모델은 그림 1과 같으며, 전파 경로(Link distance)는 노변기지국(RSE)과 이동국단말기(OBE)간의 거리(d)와 노변기지국(RSE)과 이동국단말기(OBE)간의 차선간 거리(y_0), 그리고 노변기지국(RSE)과 이동국단말기(OBE) 각각의 안테나 높이를 고려하여 3차원으로 적용되었으며 영상기법(Image method)을 사용하여 계산되었다.

그림 1의 six-ray 채널모델에 대한 채널전달함수는 식 (1)과 같다.

$$H(f) = H_1(f) + H_2(f) + H_3(f) + H_4(f) + H_5(f) + H_6(f) \quad (1)$$

여기서,

$$H_1(f) = \lambda e^{-jkL_1} / 4\pi L_1,$$

$$H_2(f) = R_{V,H} \lambda e^{-jkL_2} / 4\pi L_2,$$

$$H_3(f) = R_{V,H} \lambda e^{-jkL_3} / 4\pi L_3$$

$$H_4(f) = R_{V,H} \lambda e^{-jkL_4} / 4\pi L_4,$$

$$H_5(f) = R_{V,H} \lambda e^{-jkL_5} / 4\pi L_5,$$

$$H_6(f) = R_{V,H} \lambda e^{-jkL_6} / 4\pi L_6$$

$$L_{1,2} = \sqrt{d^2 + y_0^2 + (h_t \mp h_r)^2},$$

$$L_{3,4} = [\sqrt{d^2 + (2y_{2,1} \pm y_0)^2 + \Delta h^2}]$$

$$L_{5,6} = [\sqrt{d^2 + 2(y_1 + y_2) \mp y_0)^2 + \Delta h^2}]$$

$$k : \text{wave number} \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right)$$

그림 1의 six-ray channel model에서 six-ray 각각의 Link distance는 노변기지국(RSE)과 이동국단말기(OBE)간에 있어서 L_1 은 LOS(Line-of-sight) 성분, L_2 는 대지반사와 성분, L_3 는 building 2 wall

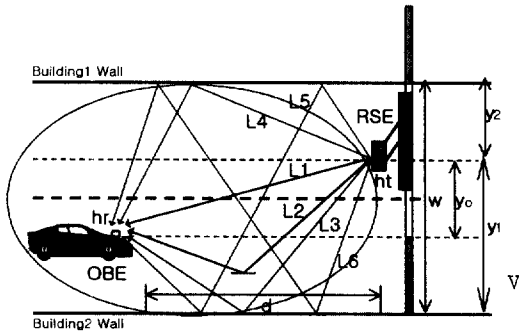


그림 1. Six-ray 채널모델
Fig. 1. Six-ray channel model.

에 반사된 성분, L_4 는 building 1 wall에 반사된 성분, L_5 는 building 2에서 building 1로 이중 반사된 성분, L_6 는 building 1에서 building 2로의 이중 반사된 성분을 의미한다.

위의 조건에서 도로면이나 인접 장애물에 반사되는 정도를 나타내는 반사계수(Reflection coefficient)는 도로면이나 장애물의 특성(유전율과 도전율), 입사각, 전파의 주파수에 의존하며 다음과 같이 나타낼 수 있다[5],[6].

$$R_{V,H} := \frac{\sin \alpha - a_{V,H} \sqrt{\epsilon - \cos^2 \alpha}}{\sin \alpha + a_{V,H} \sqrt{\epsilon - \cos^2 \alpha}} \quad (2)$$

여기서,

R_V : 수직편파(Vertical polarization)로써 $a_V = 1/\epsilon$ 이다.

$\{R_{V1,V2} : \epsilon_{1,2} = \epsilon_r - j\alpha\epsilon_2\text{ (일반대지 } (\epsilon_1) : \epsilon_r = 15\sigma = 0.005, \text{ 건물 } (\epsilon_2) : \epsilon_r = 4.44\sigma = 0.001)\}$

R_H : 수평편파(Horizontal polarization)로써 $a_H = 1$ 이다.

$\{R_{H1,H2} : \epsilon_{1,2} = \epsilon_r - j\alpha\epsilon_2\text{ (일반대지 } (\epsilon_1) : \epsilon_r = 15\sigma = 0.005, \text{ 건물 } (\epsilon_2) : \epsilon_r = 4.44\sigma = 0.001)\}$

α : 반사파의 입사각 ($\alpha_2 = \arctan \left(\frac{ht + hr}{d} \right)$,

$$\alpha_{3,4} = \frac{2y_{1,2} \pm y_0}{\sqrt{d^2 + \Delta h^2}} , \quad \alpha_{5,6} = \frac{2(y_1 + y_2) \mp y_0}{\sqrt{d^2 + \Delta h^2}}$$

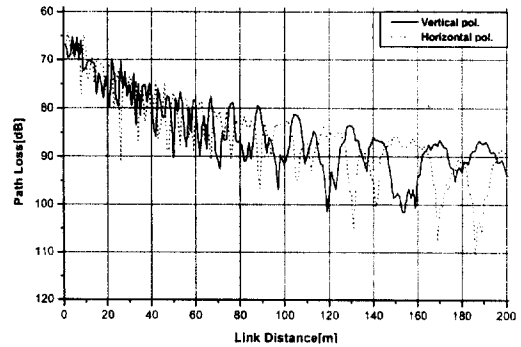


그림 2. Six-ray model의 Path Loss
Fig. 2. The path loss of Six-ray model.
[(carrier frequency : 5.8 GHz), (ht, hr : 8.7 m, 1.6 m)
(y_1, y_2, y_0 : 10 m, 4 m, 7 m)]

(1)과 식 (2)를 이용하여 six-ray 채널모델의 경로손실(path loss)를 구하면 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} PL[\text{dB}] &= 10 \log \frac{P_t}{P_r} = -10 \log [|H(f)|^2] \\ &= -10 \log \left[\left(\frac{\lambda}{4\pi L_1} \right)^2 \left| 1 \right. \right. \\ &\quad + R_{V1,H1} \frac{L_1 e^{-jk(L_2 - L_1)}}{L_2} \\ &\quad + R_{V2,H2} \frac{L_1 e^{-jk(L_3 - L_1)}}{L_3} \\ &\quad + R_{V2,H2} \frac{L_1 e^{-jk(L_4 - L_1)}}{L_4} \\ &\quad + R^2_{V2,H2} \frac{L_1 e^{-jk(L_5 - L_1)}}{L_5} \\ &\quad \left. \left. + R^2_{V2,H2} \frac{L_1 e^{-jk(L_6 - L_1)}}{L_6} \right|^2 \right] \quad (3) \end{aligned}$$

다중경로전파는 랜덤한 입사각을 가지고 수신되므로 수신단에서는 서로 다른 진폭과 위상을 가지고 도착하는 모든 전파를 수신하게 되며 그림 2에서 보는 바와 같이 수신 신호의 진동(fluctuation)이 매우 심함을 알 수 있다.

2-2 시뮬레이션 채널모델(Simulation Channel Model)

우리나라와 유사한 DSRC 채널환경을 가진 일본은 ARIB에서 1998년에 채널측정을 수행하였으며,

송수신기의 거리를 100m로 두고 여러 상황에서 측정된 RMS 지연확산의 평균치는 150nsec이고, 최대 지연확산은 570nsec이다[3]. 하지만, 1세대 DSRC 시스템의 경우에는 실제 서비스 범위가 100m보다 훨씬 작은 범위에서 주로 서비스가 이루어질 것으로 예상되므로, ARIB의 측정치보다 낮은 지연확산을 가질 것으로 기대된다. 그러므로 1세대 DSRC 시스템의 채널 환경은 ISI가 발생하지 않는 주파수 플랫 페이딩 채널환경으로 설정하였다. 그러나, 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 추진되고 있는 10Mbps급 차세대 DSRC 시스템의 채널 환경은 ISI의 영향으로 등화가 요구되는 주파수 선택성 페이딩 채널이다.

차세대 DSRC 시스템의 채널환경을 구성하기 위해서 Ray Tracing 기법을 이용하여 추정된 각 Ray 별 수신전력을 LOS의 수신전력을 이용하여 정규화시킨 채널 파라미터는 표 1과 같다. 표 1에서 10 m 지점과 50 m 지점에서 정규화된 파라미터 값의 차이가 있는 것은 거리에 따른 LOS 성분의 전력 감쇄가 50 m 이전까지는 급격하게 이루어졌기 때문이다. 하지만, 50m ~ 100 m 까지는 이론적인 LOS 성분의 전력 감쇄가 크지 않아서 파라미터의 값 차이가 크지 않았으며, 실제 채널 환경에서도 100m 이내의 거리에서 채널 환경이 유사하다면, 표 1과 근사한 채널 환경을 가질 것으로 추정된다.

표 1. Ray Tracing 기법을 적용하여 얻은 채널 파라미터
Table 1. Channel parameter with Ray Tracing Technique.

	2-Ray / LOS	3-Ray / LOS	4-Ray / LOS	5-Ray / LOS	6-Ray / LOS
10 m	0.222	0.046	0.06	0.003	0.001
30m	0.329	0.108	0.113	0.011	0.007
50m	0.339	0.117	0.121	0.014	0.011
70m	0.343	0.122	0.124	0.015	0.013
100m	0.346	0.125	0.125	0.016	0.014

III. 차세대 ITS/DSRC 채널환경에 OFDM 적용시 성능 분석

10Mbps급으로 추진되고 있는 차세대 DSRC 시스템의 변복조 방식으로 OFDM의 적용은 점유 주파수 대역폭 효율과 다중경로 페이딩 채널상에서 발생하는 ISI 영향 등에서 강점이 있다. 그리고 이러한 장점으로 인하여 OFDM은 고속의 데이터 전송속도를 가진 다양한 무선 응용 시스템의 변조방식으로 선정되고 있다[7]. OFDM은 고속의 데이터 열(stream)을 여러 개의 부반송파(subcarrier)로 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. 하지만 여러 개의 부반송파를 동시에 전송하므로 서로 간에 간섭은 발생하게 되고, 부반송파간 간섭을 막기 위하여 보호시간을 둔다. 그러므로, OFDM에서는 부반송파(subcarrier)와 보호구간(guard interval)을 증가시켜서 ISI의 영향을 경감 시킨다[7].

그림 3은 OFDM 시뮬레이션 모델을 보인 것이며, 전송될 입력 데이터는 QPSK 코딩을 거친 후 부반송파의 수 만큼 병렬화 시킨다. 그리고 IFFT 신호 처리를 한 후 직렬 신호로 바꾸어서 전송되고, 주파수 플랫 페이딩 채널환경을 거친 후 수신기에서 송신기의 과정을 역으로 처리함으로써 원래의 신호를 복원한다. 표 2는 OFDM 통신 시스템의 시뮬레이션 파라미터를 나타낸 것이다. 데이터 변조 방식으로 이동통신 채널환경을 고려하여 코딩률(coding rate)을 가진 QPSK를 적용하였다. 그리고 부반송파의 수를 16, 32개로 두가지 경우에 대해서 시뮬레이션

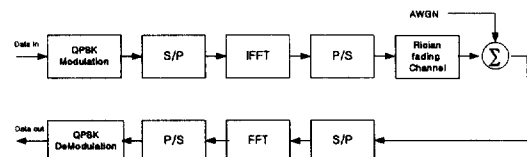


그림 3. OFDM 시뮬레이션 모델
Fig. 3. OFDM simulation model.

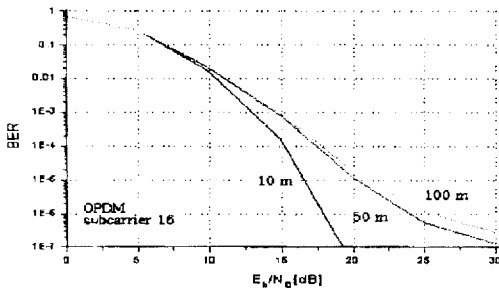
표 2. OFDM 시뮬레이션 파라미터

Table 2. OFDM simulation parameter.

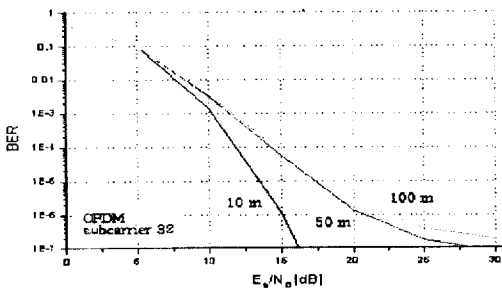
Modulation	QPSK-OFDM	
Carrier Frequency/ Data Rate	5.8GHz/10Mbps	
Number of subcarriers	16	32
Frequency Spacing between Subcarriers	588.2kbps	238.1kbps
FFT symbol duration	1.7 usec	4.2usec
Channel Enviornments	-Rician fading Channel -Delay pread · Rms : 150 nsec -Maximum : 510nsec -Doppler Frequency : 966.7Hz(180km/h) -Guard time : 600 nsec	

하였으며, 이에 따른 FFT 심볼 주기는 각각 1.7, 4.2 μ sec로 표 2에서 보인 바와 같다. 그리고 보호 시간 (Guard Time)은 rms 지연 확산 시간의 4배인 600 nsec로 설정하였다.

차세대 DSRC 통신 시스템의 채널환경에 OFDM의 적용은 데이터 전송속도와 rms 지연확산을 고려하여, 부반송파의 수를 16개와 32개일 때로 나누어서 수행하였다. 각 경우의 시뮬레이션 결과는 그림 4와 같다. 그림 4에서 부반송파의 수가 16개일 경우는 10m의 거리에서는 E_b/N_0 가 18 dB일 때, 신뢰할 수 있는 데이터 통신을 위한 BER인 10^{-6} 이하를 충분히 달성할 수 있었다. 하지만 50m와 100m의 거리에서는 E_b/N_0 가 20 dB일 때, 신뢰할 수 있는 BER인 10^{-6} 을 확보할 수 없었으며, E_b/N_0 의 크기가 약 25 dB 되어야만 10^{-4} 의 BER 성능을 확보할 수 있었다. 부반송파의 수가 32개일 경우에는 E_b/N_0 가 23dB 이상이면 10, 50, 100 m 지점 모두에서 충분한 BER 성능을 얻을 수 있다.



(a) 부반송파 수 16 (subcarrier number 16)



(b) 부반송파 수 32(subcarrier number 32)

그림 4. 10Mbps급 OFDM 통신 시스템 BER 성능비교
Fig. 4. The Comparison of BER with OFDM communication system of 10Mbps.

IV. One-Tap 등화기 적용시 성능 분석

4-1 One-Tap 등화기 구조 및 동작 원리

차세대 DSRC 시스템의 변복조 방식으로 OFDM의 적용은 대역폭 등에서 장점을 가지고 있으나, 채널등화를 하지 않았을 경우에는 그림 4에서 보인 바와 같이 BER 성능면에서 한계가 있다. 그러므로 등화기 또는 채널 코딩 등의 채널등화 기법이 요구되며, 본 논문에서는 FFT 블록 이후에 적용되는 One-Tap 등화기를 적용하여 성능 분석하였다[8],[9].

OFDM 전송방식은 직렬 전송시 발생하는 ISI로 인한 주파수 선택성 페이딩 채널환경을 병렬화하여 전송하게 되므로, 각 부반송파에서 주파수 플랫 페이딩 채널환경으로 바뀌게 하여 향상시킨다. 하지만, 보호시간만으로 충분한 BER 성능을 가지지 못하면, BER 성능 향상을 위한 채널 등화가 요구된다. 하지만, FFT 블록 뒤에 등화기를 적용시킬 경우 부반송파 수만큼 등화기를 두어야 하므로 수행하는데 어려움이 있다. 하지만, 보호시간으로 OFDM의 직교성

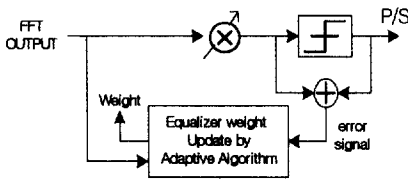


그림 5. One-Tap 등화기 구조
Fig. 5. The structure of one-tap equalizer.

이 유지된다면, 진폭과 위상 왜곡만 발생하게 되므로 One-Tap 등화기로 충분히 보상할 수 있다[7].

그림 5는 OFDM의 각 부반송파에 적용되는 One-Tap 등화기 구조를 나타낸 것이다. N 개의 부반송파에 대해서 N 개의 One-Tap 등화기가 필요하다. 그러므로, 시뮬레이션에서 부반송파의 수를 32개로 두었으므로, 32개의 One-Tap 등화기가 필요하다. One-Tap 등화기의 구조와 동작은 FFT 출력 신호와 오차 신호(Error signal)를 이용하여 가중치(Weight)를 갱신한다[10].

채널 모델링을 통해 설정된 라이시안 페이딩 채널환경을 거친 후의 수신된 OFDM 심볼, $x(t)$ 는 송신신호 모델 $s(t)$ 과 채널 임펄스 응답함수 $h(t)$ 의 컨볼루션(Convolution) 연산에 의해 잡음이 포함된 식으로 구할 수 있다.

$$x(t) = s(t) * h(t) + n(t) \quad (4)$$

등화기의 동작을 식으로 나타내면, 다음과 같다.

$$z(t) = w^* y(t) \quad (5)$$

$$w(t+1) = w(t) + \mu y(t) e^*(t) \quad (6)$$

$$e(t) = \hat{z}(t) - z(t) = \hat{z}(t) - w^* y(t) \quad (7)$$

여기서, w^* 는 가중치의 conjugate이고, $z(t)$ 는 등화기 출력이다. 그리고, 식 (5)와 식 (6)에 의해 에러 신호는 생성되고 가중치는 갱신된다. 그림 6은 등화기를 적용한 OFDM 시스템 시뮬레이션 모델을 나타내었다.

등화기를 적용한 위치는 FFT 출력 후로 두었으며, 이것은 부반송파 수만큼의 등화가 필요로 하는 단점을 가지고 있으나, 낮은 데이터 전송속도에서 신호처리를 할 수 있는 장점이 있다.

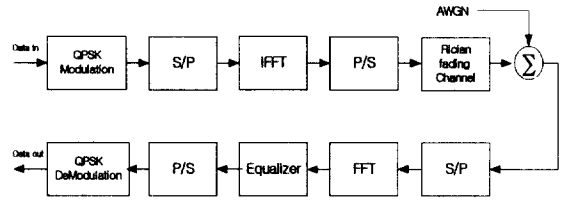


그림 6. 등화기를 적용한 OFDM 시뮬레이션 모델
Fig. 6. OFDM simulation model with equalizer.

4-2 시뮬레이션 결과 및 검토

차세대 ITS/DSRC 시스템의 변조방식으로 OFDM을 적용하였을 경우, 점유 주파수 대역폭 측면에서는 효율이 높았지만, BER 성능은 차세대 DSRC 시스템의 변조방식으로 선정되기에는 한계가 있었다. 그러나, 적절한 채널 등화기법을 적용하면 OFDM의 BER 성능을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 현재 추진중인 1세대 DSRC 시스템의 대역폭에서 차세대 DSRC 시스템으로의 전환도 가능하다. 그러므로, 본 논문에서는 충분한 보호시간을 가지고 RMS 지연확산의 왜곡을 최소화한 OFDM 시스템의 FFT 블록 후단에 One-Tap 등화기를 적용하여 그 성능을 분석하였다. 그림 7은 부반송파의 수가 32개이고, 통신 거리가 100m일 때, OFDM만을 적용하였을 경우와 OFDM과 One-Tap 등화기를 적용하였을 경우의 BER 성능을 비교한 것이다. OFDM만을 적용하였을 경우

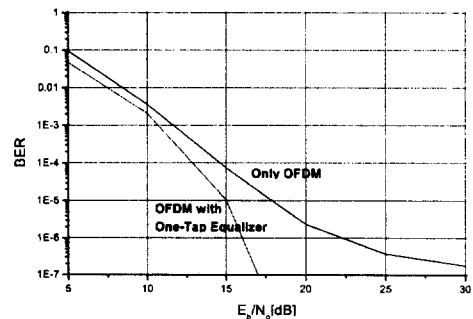


그림 7. One-Tap 등화기 적용시 BER 비교 (부반송파 수 : 32)
Fig. 7. The comparison of BER with one-tap equalizer (sub-carrier number : 32).

에는 E_b/N_o 의 크기가 약 25 dB 일때, 10^{-6} 의 BER 성능을 보였다. 하지만, OFDM과 One-Tap 등화기를 적용하였을 경우에는 약 17 dB의 E_b/N_o 로 신뢰할 수 있는 데이터 통신을 위한 BER인 10^{-6} 이하를 확보할 수 있었다.

V. 결 론

노변(RSE)-차량(OBE)간 거리가 100m 이하의 근거리 통신이고, LOS가 항상 유지되는 등의 채널특성을 가지는 1Mbps급 DSRC시스템은 값싸고 저렴한 변조 방식인 ASK 변조방식으로 충분한 BER성능을 확보할 수 있다. 하지만, 현재 추진되고 있는 10Mbps급 차세대 DSRC시스템의 변조방식은 고속의 데이터 전송속도로 인하여 발생하는 ISI의 영향에 강한 변조 방식이어야 하므로, 값싸고 저렴한 방식의 변조 방식인 ASK로는 신뢰할 수 있는 데이터 통신을 위한 BER성능을 기대할 수 없다. 그러므로, 본 논문에서는 ISI의 영향을 다중 반송파와 보호시간으로 감소시키고, 점유 주파수 대역에서 우수한 성능을 보이는 OFDM을 차세대 DSRC 채널환경에 적용하여 성능 분석하였다. 그리고 성능향상 방안으로 One-Tap 등화기를 적용하여 BER 성능을 분석하였다.

라이시안 페이딩 채널환경에서 통신시스템의 성능분석은 일반적으로 라이시안 지수 (K)를 이용하지만, 이것은 실제 채널환경의 라이시안 지수를 다시 추정해야 하는 문제점을 가지고 있다. 그러므로, 본 논문에서는 DSRC 시스템 물리계층의 정확한 성능평가를 위해 Ray Tracing 기법을 이용하여 6-Ray 라이시안 페이딩 채널환경을 설정하였으며, 설정된 채널 모델은 다중경로를 거치면서 서로 다른 진폭과 위상을 가지고 도착하여 그림 2에서 보는 바와 같이 신호의 변동(fluctuation)이 매우 심하였다. 그리고, 여기서 측정된 LOS 성분과 각 반사파 성분의 Path Loss를 이용하여 정규화된 수신 반송파 전력비를 거리별로 모델링하여 시뮬레이션 채널모델을 설정하였다. 여기서 측정된 채널환경을 근거로 현재 OFDM 방식으로 개발중인 10 Mbps급 차세대 DSRC 시스템의 BER성능을 거리에 따라 분석하였다.

부반송파의 수가 16개인 OFDM변조방식만을 적용한 차세대 DSRC시스템은 10m의 거리에서 E_b/N_o 가 18 dB일 때, 신뢰할 수 있는 데이터 통신을 위한 BER인 10^{-6} 이하를 달성할 수 있었다. 하지만 50m와 100m의 거리에서는 E_b/N_o 가 20dB일 때, 신뢰할 수 데이터 통신을 위한 BER인 10^{-6} 을 확보할 수 없었으며, E_b/N_o 의 크기가 약 25 dB이상 되어야만 10^{-6} 의 BER 성능을 확보할 수 있었다. 부반송파의 수가 32개일 경우에는 E_b/N_o 가 23dB이상이 되어야만 10, 50, 100 m 지점 모두에서 10^{-6} 이하의 BER 성능을 얻을 수 있었다. 그러나, 32개의 부반송파와 One-Tap 등화기를 적용하였을 경우에는 약 17 dB의 E_b/N_o 로 신뢰할 수 있는 데이터 통신을 위한 BER인 10^{-6} 이하를 얻을 수 있었다.

그러므로, 10Mbps급 차세대 DSRC 시스템의 변조방식으로 OFDM 만을 적용하였을 경우에는 시뮬레이션 결과에서 보인 바와 같이 신뢰할 수 있는 데이터 통신을 위한 BER을 얻기 위해 높은 전송전력이 요구되므로, One-Tap 등화기도 함께 적용되어야 한다. 그리고, 32개의 부반송파를 가진 QPSK-OFDM이 요구하는 주파수 대역은 약 8MHz이므로, 현재 개발된 1Mbps급 DSRC시스템의 채널 안에서 낮은 데이터 전송속도에서부터 고속의 데이터 전송속도를 요구하는 다양한 ITS서비스를 위해 하이브리드(hybrid) 방식으로 적용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 오현서, 임춘식, "지능형 교통시스템용 5.8 GHz 근거리 전용 고속 패킷 통신 시스템 개발", *Telecommunications Review*, 제9권 4호, 1999.
- [2] J. B.Reddy, K. Herremans, L. V. Perre, B. Gyselinkx, M. Engels, "Hybrid OFDM for Future DSRC Applications", *IEEE Trans. VTC 50th*, pp. 2054-2059, 2000
- [3] H. Takanashi, M. Morikura, and R. Van Nee, "OFDM physical layer specification for the 5 GHz band", Doc : IEEE P802.11-98/72-r5, July, 1998.

- [4] W. Zhang, "Physical modeling of wide-band propagation for urban line-of-sight micro-cellular mobile and personal communication", *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, vol. 11, pp 1633-1648, 1997.
- [5] Henry L. Bertoni, *Radio Propagation for Modern Wireless Systems*, Prentice Hall, 2000.
- [6] Richard Klukas, Michal Fattouche, "Line-of-sight angle of arrival estimation in the outdoor multipath environment", *IEEE Trans. Vehc. Technol*, vol. 47, no. 4, Feb., 1998.
- [7] Richard Van Nee, Ramjee Prasad, *OFDM for wireless multimedia communications*, Artech House Publishers, 2000.
- [8] Hanli Zou, Hea Joung Kim, Daneshrad. B. Wesel. R, Magione-Smith. W, "Equalized GMSK, equalized QPSK and OFDM, a comparative study for high- speed wireless indoor data communications", *IEEE Trans. VTC 49th*, vol. 2 , pp. 1106 -1110, 1999.
- [9] Roberto Verdone, "Outage Probability Analysis for Short Range Communication System at 60 GHz in ATT Urban Environments", *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 46, Nov., 1997.
- [10] B. Widrow and S. D. Stearns, *Adaptive Signal Processing*, Prentice-Hall Inc., 1995.

정재승

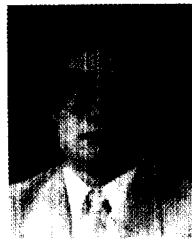


1992년 3월~1999년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학(공학사)
 1999년 3월~2001년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 대학원(공학석사)
 2001년 1월~현재 : (주)SK C&C

재직 중

관심분야 : DSRC, 스마트 안테나 다중사용자수신기

이병섭



1979년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공학사)
 1981년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1981년 2월~1992년 1월 : 한국전자통신연구소(ETRI)
 1990년 5월 : New Jersey Institute of Technology(공학박사)

1992년 9월~현재 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 부교수

관심분야 : 위성통신, 신호처리, Adaptive Arrays

박성진

1995년~1999년 2월 : 관동대학교 전자통신공학과(공학사)

1999년 3월~2001년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공학석사)

2001년 1월~현재 : (주) 엠티아이 재직 중

관심분야 : DSRC, 스마트 안테나, 다중사용자수신기