

OFDM 방식의 차세대 단거리전용통신(DSRC) 시스템에 대한 성능 평가 및 분석

Performance Estimation and Design for the Next DSRC System using OFDM

고윤진, 전재춘, 정미선, 황인관, 안동현*, 임춘식*

Yun-Jin Ko, Jae-Choon Jeon, Mee-Seon Jeong, In-Kwan Hwang,
Dong-Hyun Ahn*, and Choon-Sik Yim*

요 약

본 논문에서는 지능형 교통망 시스템 서비스에 사용될 5.8 GHz대역에서 OFDM을 이용한 단거리 전용 통신 시스템의 성능 평가 및 분석하였다. 근거리 전용 통신 시스템에 적합한 변조방식과 물리 계층의 성능 향상 방안으로 간섭 성분을 제거하는 기술에 대해 분석하였다. DSRC 물리 계층의 정확한 성능 평가를 위해 노변 기지국과 이동국 단말 사이의 채널 모델링을 제시하였다. 아울러 송신전력에 따른 채널 성능을 분석하여 전체 시스템의 링크 버짓을 계산하였고 파일럿 신호를 이용한 방식과 RSSI 알고리즘을 이용하여 적응 변조를 제안하였다.

Abstract

In this paper, we investigated performance for 5.8 GHz dedicated short range communication system using OFDM which will be applied to Intelligent transportation system services. We analyzed modulation technique and interference cancellation method to improve performance in physical layer. We presented channel model to estimate performance between Roadside Unit and Onboard Unit, finally, We calculated the link budget of entire system which analyzed performance of channel according to transmission power, presented the adaptive modulation using pilot signal and RSSI algorithm is proposed.

I. 서 론

교통량의 증가에 따른 교통, 환경, 에너지, 국가 경쟁력 등의 문제 해결과 보다 향상된 주행 서비스를 제공하기 위한 지능형 교통 시스템(ITS : Intelligent Transportation System)의 연구가 세계 각국에서 이루어지고 있다.

단거리 전용 무선 통신(DSRC : Dedicated Short Range Communication)은 ITS의 실현에 따라 새롭게 도입된 개념으로 노변 기지국과 차량간 거리가 100 m이하인 양방향 통신이며, 항상 LOS가 유지되는 특성이 있다. 기존의 DSRC 시스템과 차세대 DSRC 시스템의 가장 큰 차이는 데이터의 전송 속도의 증가로 인하여 무선 다중 경로 채널에서 ISI가 발생하여 주파수 선택성 페이딩 채널 환경이 되는

충북대학교(Chungbuk National University)

* 한국전자통신연구원(Electrons and Telecommunications Research Institute)

· 논문번호 : 2001-2-7

· 접수일자 : 2001년 11월 30일

것이다. 현재 개발된 1 Mbps급 시스템은 값싸고 단순한 회로로 구현되지만 주파수 선택성 페이딩 채널 하에서 충분한 성능을 기대할 수 없기 때문에, 현재 고속 데이터 전송 통신시스템에서 가장 널리 이용되는 OFDM을 차세대 DSRC 채널 환경에 적용하여 성능을 분석하였다.

본 논문에서는 ITU에서 ITS 주파수 대역으로 권고하는 5.8 GHz 대역을 사용하고, 다중 경로 성분을 고려한 6-ray 라이시안 페이딩 채널 환경에서 BPSK, QPSK, 16QAM 변조방식을 사용하는 OFDM 시스템을 모델링하였다. 또한 주파수 선택성 페이딩 환경에서는 성능의 열화 정도가 크기 때문에 이를 극복하기 위해 별도의 기술이 요구된다. 따라서 성능 개선의 방법으로 부호율 1/2, 구속장 7인 길쌈 부호와 전송 속도 10 Mbps급 이상의 성능을 갖기 위해 부호율 3/4인 punctured 길쌈 부호를 사용하였다. 또한 단일 탭 LMS 등화기를 사용하여 진폭과 위상에 대한 왜곡을 보상하였다. 송신 전력에 따른 채널 성능을 분석하여 전체 시스템의 링크 버짓을 계산하였고 파일럿 신호를 이용한 방식과 RSSI 알고리즘을 이용하여 적응 변조를 제안하였다.

II. OFDM 시스템

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)은 스펙트럼 효율이 좋은 다중 반송파전송 방식으로서 광대역 신호를 상호 직교성을 갖는 협대역의 부 채널로 나누어 이를 중첩시켜 동시에 전송하므로 큰 전송 속도를 갖는다. 또한 인접한 OFDM 심볼 사이에 채널의 임펄스 응답 길이보다 긴 보호

구간(Guard Interval)을 두어 인접 심볼간 간섭과 인접 채널간 간섭을 쉽게 제거할 수 있다. OFDM [1] 시스템의 일반적인 구조는 그림 1에 나타내었으며 다수의 반송파를 변복조하는 과정은 IFFT와 FFT를 사용하여 수행된다.

기저 대역에서 전송되는 OFDM 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서 m 은 반송파의 수, T_s 는 OFDM 심볼의 주기, $C_{m,k} = a_{m,k} + jb_{m,k}$ 는 k 번째 부채널을 통해 전송되는 심벌로 변조 신호이다. $P_m(t)$ 은 m 개의 반송파를 사용한 펄스 성형 함수이다.

OFDM 시스템에서 신호대 잡음비가 낮은 부채널을 통해 전송되는 신호에는 많은 에러가 발생하게 되므로 채널부호화가 필수적이다. 본 논문에서는 채널 부호화 방법으로 부호율 1/2, 구속장 7인 길쌈 부호를 사용한다. 또한 변조 방법에 따라 부호율이 2/3, 3/4인 동일한 점유 대역폭을 유지하면서도 높은 데이터 전송률과 여러 성능이 요구되어지는 punctured 길쌈 부호를 사용한다. punctured 길쌈 부호는 부호율이 낮은 코드의 부호기 출력 심벌 중 특정 패턴에 의해 주기적으로 몇 개의 심벌을 제거함으로써 높은 부호율을 얻는다. punctured 길쌈 부호는 천공 패턴 행렬로 표현하고 패턴을 적절히 조절함으로써 부호율과 형태를 바꿀 수 있다. 비터비 복호는 길쌈 부호화 된 신호의 복호 방법 중 가장 성능이 우수한 것으로 알려진 수신단에서 MLSE (Maximum Likelihood Sequence Estimation)를 수행하는 알고리즘이다. 이는 수신 신호열에 대하여 constellation에서 모든 경로의 확률을 계산하여 가장 큰 확률을 갖는 경로를 선택하는 알고리즘이다. 부호화 된 punctured 코드는 비터비 알고리즘을 이용해 복호화 할 때에는 부호율이 1/2인 원래 코드에 대해 복호화하는 방식과 동일한 방식으로 수행하게 되는데, 다만 제거된 비트에 대해서는 가상 비트를 삽입한다.

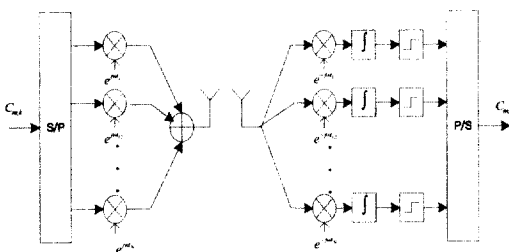


그림 1. OFDM의 기본 구조
Fig. 1. Basic structure of OFDM.

2-1 채널 모델

DSRC에서 노변 기지국(RSU : RoadSide Unit)와 차량(OBE : OnBoard Equipment)간의 무선 통신 채널은 LOS가 존재하는 라이시안 페이딩 채널이며 송수신단의 거리가 100 m 이하로 가깝기 때문에 수신단에서의 C/N가 높은 특성을 가진다. 또한 최악의 상태를 가정할 경우, 차량 속도가 180 km/h로 도플러 주파수 970 Hz의 영향을 받는다. 그리고 데이터 전송 속도가 10 Mbps 급인 고속 패킷 통신이므로 실제 무선 채널 환경에서는 반사파로 인한 간섭이 발생하게 된다. 본 논문의 시뮬레이션에서는 실제 무선 통신 채널 상황에서 발생할 수 있는 직접파와 지면 반사파로 구성되는 일반적인 라이시안 페이딩 모델을 이용했으며, 이때 임펄스 응답은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$h(t) = \delta(t) + \sum_{l=1}^L \alpha_l \exp(j\phi_l) \delta(t - \tau_l) \quad (2)$$

식 (2)의 첫 번째 성분 $\delta(t)$ 는 LOS 성분이고, α_l 는 반사파 성분의 임의의 이득, 위상이다. 그리고 τ 는 반사파 성분의 임의의 지연 시간이다. 라이시안 페이딩 채널 환경에서 k 는 LOS 성분의 전력과 간섭 성분의 전력의 비로써 나타낸다. 그림 2는 라이시안 지수(k)에 의한 QPSK 성능을 나타낸 것이다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 BER성능을 결정 짓는 가장 중요한 요소는 직접파와 간섭파의 비인 라이시안 지수이다. 그리고 라이시안 지수에 의한 시뮬레이션 결과치의 BER성능은 그림 2와 같이 k 가 10 dB에서 고서 고속패킷 데이터 전송 시 신뢰성 있는 데이터 통신을 위한 BER인 10^{-6} 이하를 보장하지 못한다. 그러므로 신뢰성 있는 고속 패킷 데이터 전송을 위해서는 DSRC물리계층의 향상 방안으로 간섭 성분을 제거하는 기술이 요구되어진다. 무선통신 시스템에서는 서로 다른 다중 경로채널을 비교하기 위하여 다중 경로 채널을 정규화하기 위한 파라미터를 사용하는데 평균초과지연과 rms 지연 확산은 전력 지연 프로파일로부터 결정지어질 수 있는 다중경로채널 파라미터이다. 평균초과지연은 전력 지연프로파일의 2차 모멘트로서 다음과 같이 정의되며,

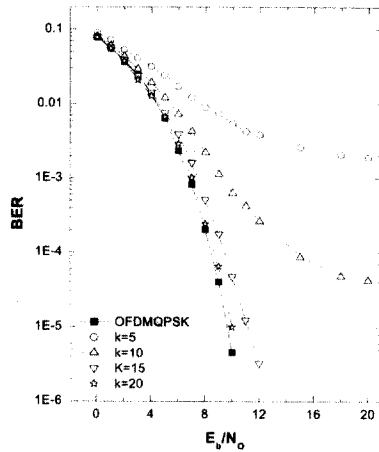


그림 2. 라이시안 지수에 따른 OFDM-QPSK 오류율
Fig. 2. BER of OFDM-QPSK(rician factor).

$$\bar{\tau} = \sum_{l=1}^L \frac{P_l}{P_d} \tau_l \quad (3)$$

rms 지연 확산은 전력 지연 프로파일의 2차 모멘트의 square root로서 다음과 같이 정의한다.

$$\tau_{rms} = \sqrt{\sum_{l=1}^L \frac{P_l}{P_d} (\tau_l - \bar{\tau})^2} \quad (4)$$

일반적으로 비트 주기의 10 %보다 rms 지연확산이 크면 등화를 필요로 하는 주파수 선택성 페이딩 채널 환경으로 간주한다. 따라서 등화가 필요한 조건을 식으로 나타내면 다음과 같다. 여기서 T_b 는 비트 주기이다.

$$\tau_{rms} > T_b / 10 \quad (5)$$

본 논문에서는 rms 지연확산을 150 ns로 ARIB (Association of Radio Industries and Businesses)의 측정치를 사용하였다. 단거리 전용통신 시스템의 무선 채널은 데이터의 전송 속도의 증가로 인하여 무선 다중 경로 채널에서 ISI가 발생하여 주파수 선택성 페이딩 채널 환경이 된다. 일반적인 라이시안 페이딩 채널은 다중 반사파 성분으로 인한 수신 신호의 빠른 변화를 정확히 예측할 수 없으므로 무선 다중 페이딩 채널 모델링이 필요로 한다. 본 논문에서

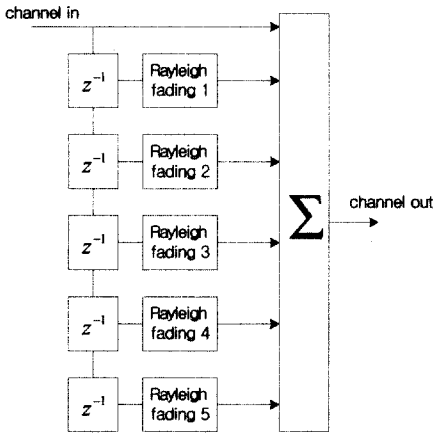


그림 3. 6-ray 라이시안 페이딩 채널 모델
Fig. 3. 6-ray rician fading channel model.

는 다중 경로 라이시안 페이딩 채널의 개념으로 그림 3과 같이 6-ray 라이시안 채널 모델을 구현한다.

2-2 단일 탭 등화기

OFDM 방식은 직렬 전송시 발생하는 ISI로 인한 주파수 선택성 페이딩 채널 환경을 병렬화하여 전송하게 되므로 각 부반송파에서 주파수 플랫폼 페이딩 채널 환경으로 바뀌게 된다. 일반적으로 OFDM 방식은 보호구간을 가지고 ISI를 제거하고, 이로 인한 ICI의 발생을 최소화하여 성능을 향상시킨다. 그러나 보호구간만으로 좋은 BER 성능을 가지지 못하면 성능향상을 위한 채널 등화가 요구된다. FFT 뒤에 등화기를 적용시킬 경우 부반송파 수만큼 등화기를 두어야 하므로 수행하는데 어려움이 있지만, 보호구간만으로 직교성이 유지된다면 진폭과 위상 왜

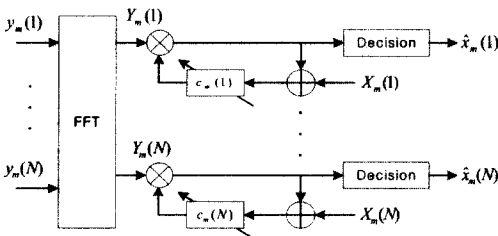


그림 4. OFDM의 단일 탭 등화기
Fig. 4. One tap Equalizer of OFDM.

곡만 발생하게 되므로 단순한 구조를 가진 단일 탭 등화기로 충분히 보상할 수 있다. 그림 4는 MMSE (Minimum Mean Square Error) 기준을 갖는 LMS (Least Mean Square) 등화기를 나타낸다.

III. 성능 평가 및 분석

AWGN과 6-ray 라이시안 페이딩 채널 환경에서 비터비 복호를 사용하는 길쌈 부호와 단일 탭 LMS 등화기를 적용하여 OFDM 시스템의 성능을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 사용된 OFDM 시스템의 파라미터는 표 1에 나타내었다. AWGN 환경에서 변조 방식에 따른 OFDM의 성능은 AWGN에서 OFDM 방식과 단일 반송파 시스템의 성능은 동일하며 이는 이론적인 값과도 일치함을 시뮬레이션을 통해 알 수 있었다.

DSRC채널 환경을 적용한 6-ray 라이시안 페이딩 채널에서 부호율 1/2, 3/4 길쌈 부호를 적용해 보면 그림 5와 같음을 알 수 있다. 부호율 1/2를 적용한 BPSK, QPSK의 경우 BER 10⁻³에서 5 dB 이상의 코딩 이득을 얻을 수 있었으나 16 QAM에서는 길쌈 부호를 사용하여도 만족할 만한 성능을 얻지 못하였

표 1. OFDM 시스템 파라미터

Table 1. OFDM system parameter.

Data rate	6, 9, 12, 18, 24, 36 Mbit/s
Modulation	BPSK, QPSK, 16QAM
FFT size, N	64
The number of subcarrier	48(data)+4(pilot)
Effective symbol duration, T	3.2 μs
Guard interval duration, T _g	0.8 μs
Channel coding	Coding rate - 1/2, 3/4 Convolutional coder
Fading channel	6-ray rician fading 도플러 주파수-970 Hz (180 km/h)
Equalizer	단일 탭 등화기
rms delay	150 ns

다. 부호율 3/4일 경우 전송 속도는 증가하지만 모든 변조 방식에서 높은 코딩 이득을 얻지 못하였고, 부호율 1/2보다 성능이 향상되지 않음을 볼 수 있다. 변조 방식 BPSK, QPSK는 길쌈 부호만으로 DS-RC채널 환경에서 성능열화가 적음을 그림 5를 통해 알 수 있다. 그러나 16QAM의 경우 페이딩 채널 환경에서 성능의 열화가 크기 때문에 이를 극복하기

위해 단일 탭 등화기를 사용하여, 그림 7, 그림 8을 통해 성능이 향상됨을 확인할 수 있다. 그림 7, 그림 8에서 보는 바와 같이 BPSK는 부호율 1/2, 3/4인 길쌈 부호에 등화기를 적용하여도 성능 향상이 나타나지 않았다. 이는 OFDM 심볼 전송시 삽입한 보호구간에 의해 ISI가 거의 제거되었음을 보여 준다. QPSK에 등화기를 적용하였을 때 부호율 1/2일 때

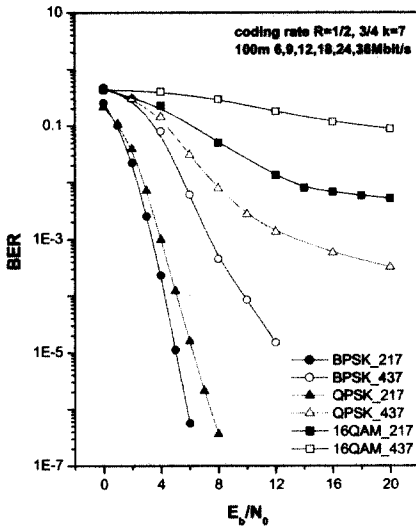


그림 5. 부호율 1/2, 3/4의 성능 평가
Fig. 5. BER of coding rate 1/2, 3/4.

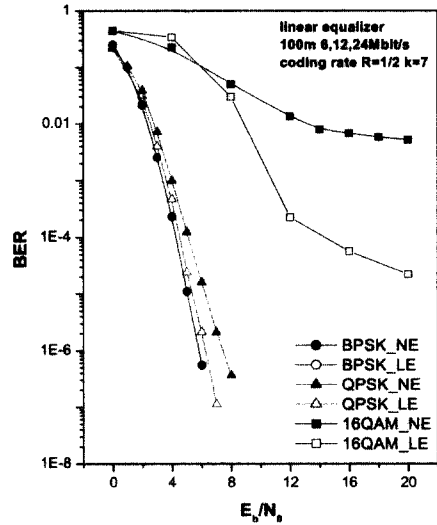


그림 7. 부호율 1/2에서 등화기의 성능 평가
Fig. 7. BER of Equalizer to coding rate=1/2.

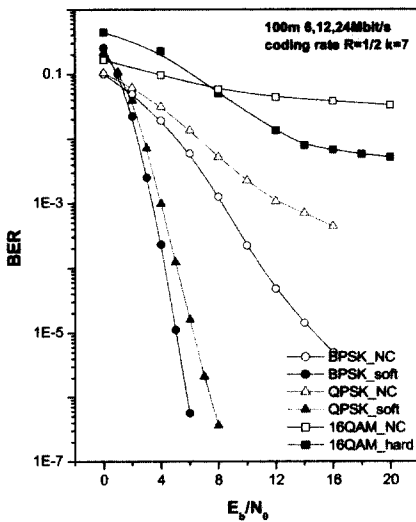


그림 6. 부호율 1/2의 성능 개선
Fig. 6. Improved BER of coding rate 1/2.

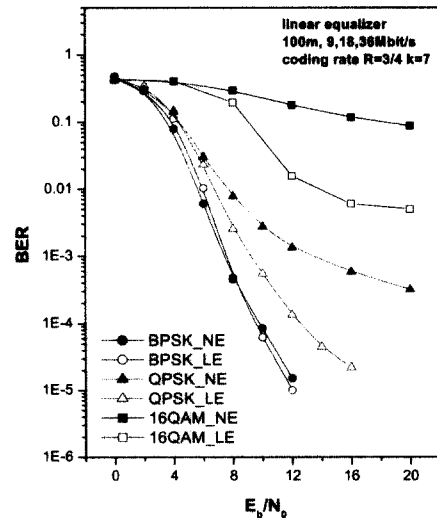


그림 8. 부호율 3/4에서 등화기의 성능 평가
Fig. 8. BER of Equalizer to coding rate=3/4.

표 2. 링크 버짓에 관련된 파라미터

Table 2. Link Budget parameter.

파라미터	값
반송주파수	5.8~5.9 GHz
거리	6~10, 6~100 m
노변기지국 점유대역폭	16.6 MHz
변조방식	BPSK, QPSK, 16 QAM
최대 EIRP	BPSK, QPSK : 10 dBm 16QAM : 20 dBm
전송 속도	6~36 Mbps
비트 에러율	10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}
송수신 동작온도	-20~50°C
Noise Figure	15 dB
도플러 주파수	970 Hz
전체 전파손실	10 dB

약간의 성능 개선이 있었고, 부호율 3/4의 경우 BER 10^{-3} 에서 5 dB 정도의 성능이 향상됨을 알 수 있다. 16 QAM의 경우 부호율 1/2일 때 BER 10^{-4} 을 얻기 위해 약 12 dB 이상의 SNR이 요구되어진다. 이는 같은 채널 환경에서 변조 방법에 따라 데이터 전송 속

표 3. BPSK에 대한 링크 버짓 계산 결과

Table 3. Result of Link Budget to BPSK.

BER	1E-3	1E-4	1E-5	1E-6	단위
(E_b/N_0)	3.35	4.25	5.05	5.8	[dB]
노변기지국 EIRP	10				[dBm]
경로 손실(6 m)	63.42				[dB]
경로 손실(100 m)	77.86				[dB]
수신신호레벨 High	-53.42				[dBm]
수신신호레벨 Low	-67.86				[dBm]
차량안테나이득	2				[dBi]
기타 손실	10				[dB]
차량단말기 실제수신레벨	-75.86				[dBm]
차량단말기 수신감도	-87.37767	-86.47767	-85.67767	-84.92767	[dBm]
링크마진	11.517671	10.617671	9.8176714	9.0676714	[dB]

도가 빨라질수록 ISI 영향이 심각해지기 때문이다.

IV. 링크 버짓

시스템 설계를 위해 링크 버짓을 계산하였다. 링크 버짓에 필요한 파라미터를 표에 보여주고 있으며 이밖에도 많은 파라미터들은 IEEE 802.11a 규격을 따른다.

그림 7은 링크 버짓을 계산하기 위해 변조방식과 부호율 1/2에 따른 성능을 보여준다. 원하는 성능의 BER에 대한 SNR의 값을 근사적으로 찾아서 수신 신호레벨 및 링크마진을 계산하였다. 노변 기지국과 차량간 거리가 100 m인 환경에서만 살펴보도록 한다. 16 QAM의 경우 BER을 10^{-4} 까지만 수행하였는데, 이것은 그림 7에서 볼 수 있듯이 16 QAM의 성능이 10^{-5} 이하로 떨어지기 위해서는 SNR이 커지게 되어 링크마진의 계산 결과가 작아지고 음수로 나타나기 때문이다.

V. 적응 변조의 제안

일반적인 통신 시스템은 변조 방식 또는 전송 관련 파라미터가 시간에 따라 변하지 않는 형태를 갖

표 4. QPSK에 대한 링크 버짓 계산 결과

Table 4. Result of Link Budget to QPSK.

BER	1E-3	1E-4	1E-5	1E-6	단위
(E_b/N_0)	3.7	4.6	5.45	6.25	[dB]
노변기지국 EIRP	10				[dBm]
경로 손실(6 m)	63.42				[dB]
경로 손실(100 m)	77.86				[dB]
수신신호레벨 High	-53.42				[dBm]
수신신호레벨 Low	-67.86				[dBm]
차량안테나이득	2				[dBi]
기타 손실	10				[dB]
차량단말기 실제수신레벨	-75.86				[dBm]
차량단말기 수신감도	-84.01737	-83.11737	-82.26737	-81.46737	[dBm]
링크마진	8.1573715	7.2573715	6.4073715	5.6073715	[dB]

표 5. 16QAM에 대한 링크 버짓 계산 결과

Table 5. Result of Link Budget to 16QAM.

BER	1E-3	1E-4	단위
(E_b/N_0)	10.7	14.2	[dB]
노변기지국 EIRP	20		[dBm]
경로 손실 (6m)	63.42		[dB]
경로 손실 (100m)	77.86		[dB]
수신신호레벨 High	-43.42		[dBm]
수신신호레벨 Low	-57.86		[dBm]
차량안테나이득	2		[dBi]
기타 손실	10		[dB]
차량단말기 실제수신레벨	-65.86		[dBm]
차량단말기 수신감도	-74.0070715	-70.5070715	[dBm]
링크마진	8.147071496	4.647071496	[dB]

는다. 만약 이러한 시스템을 페이딩 채널과 같이 시간에 따라 채널 환경에서 사용한다고 하고, BER 성능이 항상 어떤 수준 이상이 되어야 한다고 하면 채널의 특성이 가장 악화되었을 때를 기준으로 전송방식을 결정해야 한다. 따라서 채널의 특성이 좋아졌

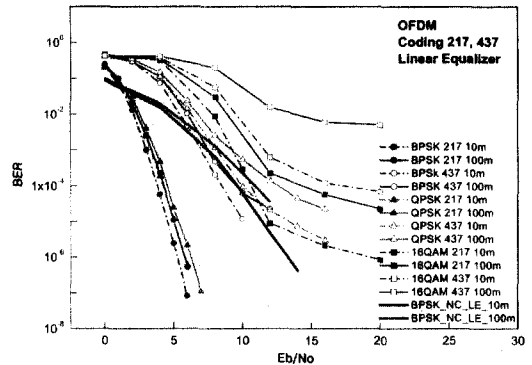


그림 9. 파일럿 신호와 각각의 변조방식 및 코딩에 따른 BER 곡선

Fig. 9. BER of pilot signal (modulation and coding).

을 때는 송신 전력이나 주파수 대역등의 주파수 자원을 낭비하는 결과를 초래하게 된다. 이러한 것을 개선하기 위한 방안의 하나로 연구가 되고 있는 것이 적응 변조 기술이다. 이 기술은 채널 환경의 변화에 따라 변조 레벨 크기, 송신 전력, 심볼 주기등을 변화시킴으로써 주어진 채널의 이용 효율을 극대화하고자 하는 기술이다.

5-1 파일럿 신호 이용 방식

적응변조를 수행하는 기준으로 파일럿 신호를 사용하는 방법이다. 파일럿 신호를 적응변조에 사용하는 것은 시스템적으로 간단한 구조를 제공할 수 있으나 채널 환경의 변화에 대해서 파일럿 신호의 성능이 변화할 수 있으므로 참조모델이 되기에는 부족하다.

5-2 RSSI(Receive Signal Strength Indicator) 이용 방식

IEEE 802.11a 규격에 따른 데이터 단위에서 PL-CP Preamble 이 수신되는 동안 측정된 수신 신호의 세기, 즉 RSSI를 측정하여 적응변조를 수행하는 방법이다.

일반적으로 RSSI의 값은 다음 식과 같이 나타내진다.

$$GP_r + kTB = RSSI \tag{6}$$

이다. 수신신호의 SNR은

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{GP_r}{kTB} \frac{B}{R} = \frac{GP_r}{kTB} T_b = \frac{GP_r}{kT} \left(\frac{T_s}{bN_s r} \right) \tag{7}$$

비트 주기의 값, T_b 는 부 반송파의 수를 N_s 라 하고 부호율을 R 이라 하면 $T_s/bN_s r$ 과 동일하다. 그리하여 수식을 좀더 정리하면 식 (8)과 같다.

$$GP_r = \frac{E_b}{N_0} \frac{kT(bN_s)}{T_s} \tag{8}$$

수신기에서는 52개의 부 반송파를 얻게 되는데 이 중 데이터에 대한 부 반송파가 48개, 파일럿 신호가 4개의 부 반 송파를 사용한다. 각각의 부 반송파의 수신신호세기 가 동일하다고 보면 파일럿 신호의 수신신호의 세기는 반송파수의 비로 나타낼 수 있고 구해진 RSSI의 값으로 성능곡선의 E_b/N_0 의 값을 환산하여 다시 그리면 그림 10과 같다.

$$GP_r = (GP_r)_{Data} + (GP_r)_{Pilot} = (GP_r)_{Data} \left(1 + \frac{1}{12} \right) \tag{9}$$

표 6~표 9는 위에서 보여준 성능 곡선을 목표 BER에 대해 다시 나타낸 것이다. 목표 BER을 얻기 위해 각각의 변조방식과 부호율 1/2, 3/4의 조합으로 이루어진 방식들을 사용하기 위한 RSSI의 최소

표 6. 목표 BER=10⁻³일 때
Table 6. Target BER=10⁻³.

	Target BER : 10 ⁻³				
	RSSI 값 (×10 ⁻¹⁴ W)				
	1	10	100	1000	10000
BPSK 217					
BPSK 437					
QPSK 217					
QPSK 437					
16QAM 217					
16QAM 437					NA

표 7. 목표 BER=10⁻⁴일 때
Table 7. Target BER=10⁻⁴.

	Target BER : 10 ⁻⁴				
	RSSI 값 (×10 ⁻¹⁴ W)				
	1	10	100	1000	10000
BPSK 217					
BPSK 437					
QPSK 217					
QPSK 437					
16QAM 217					
16QAM 437					NA

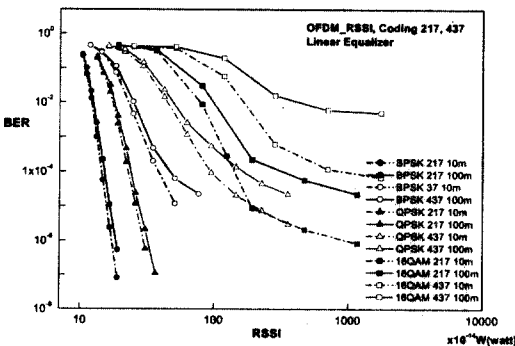


그림 10. RSSI로 환산된 각각의 변조방식 및 코딩에 따른 BER곡선

Fig. 10. BER of RSSI(modulation and coding).

표 8. 목표 BER = 10⁻⁵ 일 때

Table 8. Target BER = 10⁻⁵.

Target BER : 10 ⁻⁵					
	RSSI 값 (x10 ⁻¹⁴ W)				
	1	10	100	1000	10000
BPSK 217	[Bar chart showing performance across RSSI values]				
BPSK 437	[Bar chart showing performance across RSSI values]				
QPSK 217	[Bar chart showing performance across RSSI values]				
QPSK 437	NA				
16QAM 217	NA				
16QAM 437	NA				

표 9. 목표 BER = 10⁻⁶ 일 때

Table 9. Target BER = 10⁻⁶.

Target BER : 10 ⁻⁶					
	RSSI 값 (x10 ⁻¹⁴ W)				
	1	10	100	1000	10000
BPSK 217	[Bar chart showing performance across RSSI values]				
BPSK 437	NA				
QPSK 217	[Bar chart showing performance across RSSI values]				
QPSK 437	NA				
16QAM 217	NA				
16QAM 437	NA				

값을 볼 수 있으며 RSSI값의 변화에 따라 적응적으로 변조방식과 부호율을 변화시킬 수 있음을 확인할 수 있다. BPSK와 QPSK 변조방식에서 부호율 1/2 일 경우, RSSI의 크기를 변화시켜 원하는 성능을 모두 얻을 수 있었으나, 부호율 3/4일 경우와 16QAM 변조방식에서는 그렇지 못함을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문은 광대역 무선 액세스 방식으로 5 GHz대역을 사용한 OFDM시스템에 길쌈 부호와 단일 탭 등화기를 적용하여 성능을 비교 평가하였다. 이는 LOS가 존재하는 라이시안 페이딩 채널을 모델링하였고 반송파 주파수와 타이밍에 있어서 동기가 정확하다고 가정하였다. DSRC 물리계층의 정확한 성능 평가를 위해서 노변 기지국과 차량 사이의 채널을 정밀하게 예측하기 위해 채널 모델링이 필요하며, 라이시안 페이딩 채널을 기본 모델 채널로 하고 좀 더 정확한 채널 환경을 구현하기 위해 실제 도심 환

경에서 빌딩이나 이동하는 장애물이 존재하기 때문에 발생하게 되는 많은 다중 경로 성분들을 고려하여 채널 모델을 선정하였다. 6-ray 라이시안 페이딩 채널을 모델링하고, BER 성능을 향상시키기 위해 길쌈 부호를 사용하여 부호율에 따른 성능을 평가 비교하였다. 또한 ISI를 줄이기 위해 구조가 비교적 간단한 단일탭 등화기를 사용함으로써 ISI를 충분히 보상할 수 있음을 보였다. 그림 5~그림 8의 그래프에서 보듯이 DSRC 환경을 고려한 6-ray 라이시안 페이딩 채널에서 성능이 향상됨을 알 수 있었다. 그리고 링크 버짓의 계산 결과를 통해 향후 시스템 구현 시 용이하게 사용될 수 있다. 계산과정에서 파라미터들의 변화가 있을 경우에도 계산과정이 간단한 덧셈과 뺄셈으로 이루어지므로 RF소자나 환경 등의 변화로 바뀌는 값이 있어도 쉽게 변경 가능하다. 또한 적응방식을 채택함으로써 주어진 채널에 대해서 더 나은 효율성을 얻을 수 있다.

따라서 6-36Mbps의 전송 속도를 갖는 OFDM시스템은 6-ray 라이시안 채널에서 성능 열화가 적어 향후 DSRC 채널 환경에서 시스템 설계 시 기초 자료로 활용 될 것이다.

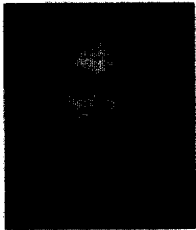
참 고 문 헌

- [1] R. Van Nee and R. Prasad, *OFDM for Wireless Multimedia Communications*, Artech House, 2000.
- [2] John G. Proakis, *Digital Communications*, 3rd ed, McGraw-Hill, 1995.
- [3] IEEE 802.11a Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) AND Physical Layer(PHY) specification : High speed physical layer in the 5 GHz band, 1999.
- [4] C. Y. Wong, and R. S. Cheng, "Multiuser OFDM with Adaptive Subcarrier, Bit, and Power Allocation", *IEEE. J. Select Areas Commun.* vol. 17, no. 10, pp.1747-1999, Oct. 1999.
- [5] M. L. Ammari, P. Fortier and T. H. Huynh, "Performance of sub-carrier synchronized

OFDM Vehicular", *Technology Conference Proceedings, VTC 2000-Spring Tokyo, IEEE, Vol. 1, pp. 225-229, 2000.*

[6] 10Mbps 패킷 데이터 전송을 위한 무선 채널 환경 연구, 한국항공학회, 2000.

고 윤 진(高允珍)



1999년 2월 : 충북대학교 전파공학과 (공학사)
2000년 3월~현재 : 충북대학교 전파공학과 석사과정
관심분야 : DSRC/ITS, IMT-2000, 신경망, 이동/위성통신

황 인 관(黃寅寬)



1975년 : 아주대학교 전자공학과 (공학사)
1987년 : Polytechnic University (공학석사)
1990년 : Polytechnic University (공학박사)
관심분야 : 신경망, 다중사용자 신호검출, IMT-2000, 위성통신, DSRC

전 재 춘(田在春)



2001년 2월 : 충북대학교 정보통신과 (공학사)
2001년 3월~현재 : 충북대학교 전파공학과 석사과정
관심분야 : 이동통신, IMT-2000, 신경망, 다중사용자 신호검출, ITS

안 동 현

1986년 : 울산대학교 산업공학과 (공학사)
1993년 : 한국과학기술원 경영과학 (공학석사)
1986년~현재 : 한국전자통신연구원

정 미 선(鄭漢仙)



2000년 2월 : 충북대학교 전파공학과 (공학사)
2000년 3월~현재 : 충북대학교 전파공학과 석사과정
관심분야 : 이동/위성통신, IMT-2000, 신경망, ITS

임 춘 식

1975년 : 한국항공대학교 통신공학과 (공학사)
1986년 : 한국항공대학교 대학원 (공학석사)
1978년 : 국방과학연구소 연구원
1988년 : 일본 요코하마 국립대학 전자정보공학과 (공학박사)
1980년~현재 : 한국전자통신연구원