

라이시안 페이딩 환경에서 단거리전용통신(DSRC) 시스템의 성능 분석

Performance Analysis of Dedicated Short Range Communication System on the Rician Fading Channel

김만호*, 강희조*

Man-Ho Kim* and Heau-Jo Kang*

요 약

본 논문에서는 지능형 교통망 시스템 서비스에 사용될 5.8GHz 대역에서 OFDM을 이용한 단거리 전용 통신 시스템의 성능 평가 및 분석하였다. DSRC 채널은 차량의 이동 속도가 최대 180km/h 로 빠른 속도를 가지며, 이로 인하여 핸드 오프가 발생하지 않을 경우, 다양한 정보를 제공하기에는 서비스 시간이 매우 짧다. 따라서, 교통정보와 다양한 멀티미디어 서비스 등을 하기 위해서 더 높은 전송속도가 요구되며, 현재 차세대 DSRC 시스템의 데이터 전송 속도는 10Mbps 이상으로 추진되고 있다. 본 논문에서는 라이시안 채널에서의 수신 신호를 컴퓨터 시뮬레이터를 이용하여 실험하였고, BCH 부호화 기법을 적용하여 시스템의 성능을 분석하였다.

Abstract

In this paper, we investigated performance for 5.8GHz dedicated short range communication system using OFDM which will be applied to Intelligent transportation system services. The maximum speed of a vehicle in DSRC channel is very fast as 180km/h, so a service time is very short to serve a various traffic information if hand-off is not occurred. Therefore higher bit rate is required to provide advanced and intelligent service to the drivers of various vehicle and the data transmission rate of the next generation DSRC system if being promoted over 10Mbps. The signals received in Rician channel have been simulated using the computer simulator. For performance improvement, BCH coding scheme are adopted.

Key words : DSRC(Dedicated Short Ranged Communication), Rician channel, BCH coding

I. 서 론

교통량의 증가에 따른 교통, 환경, 에너지, 국가 경쟁력 등의 문제 해결과 더불어 보다 향상된 주행 서비스를 제공하기 위하여 지능형 교통시스템(ITS : Intelligent Transportation System)에 대한 연구가

시작되었고, 이를 구현하기 위한 효율적인 통신 방식으로 단거리전용통신(DSRC : Dedicated Short Range Communication)이 대두되었다. ITS는 기존의 교통 시설물에 첨단 정보통신기술을 접목시켜 시설 이용의 극대화를 꾀하는 차세대 교통 시스템으로서 현재의 교통 혼잡을 최소화하고, 교통사고 및 교

* 목원대학교 컴퓨터멀티미디어콘텐츠공학부(Division of Computer Eng., Mokwon University)

· 제1저자 (First Author) : 김만호

· 접수일자 : 2005년 11월 28일

통공해 문제를 대폭적으로 줄일 수 있는 효과적인 해결책으로 기대를 모르고 있다[1]–[4].

DSRC는 ITS의 서비스를 제공하기 위한 통신 수단의 하나로써, 노변 장치라 불리는 도로변에 위치한 소형기지국(RSE : Road Side Equipment)과 차량 내에 탑재된 차량탑재장치(OBU : On Board Unit)를 이용한 ITS용 단거리 전용통신을 의미한다[4]. 현재 차세대 DSRC 시스템의 데이터 전송속도는 10Mbps 이상으로 추진되고 있다[5]. 따라서 현재 고속 데이터 전송 시스템에서 가장 널리 이용되는 OFDM을 DSRC 시스템에 적용하였다.

ITS에서는 고속으로 주행하는 차량을 대상으로 신속하고 정확한 데이터 전송이 필수적이며, 이러한 시스템의 통신 품질을 극대화하기 위하여 DSRC 채널 환경 모델링과 이를 바탕으로 시스템의 성능 분석과 개선이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 라이시안 페이딩 환경에서 직접파 대 반사파(다중경로)의 비로 나타내어지는 지역 특성에 적합하도록 제안된 K 파라미터[6]를 바탕으로 AWGN과 라이시안 페이딩이 존재하는 채널에서의 OFDM/QPSK 시스템 오류를 구하였고, 성능 개선 기법으로 BCH 부호화 기법을 채용하여 시스템의 오류를 분석하였다.

II. OFDM 시스템

2-1 OFDM 통신 시스템

그림 1과 그림 2에 OFDM(OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 신호를 생성하는 변복조기의 블록선도를 제시하였다.

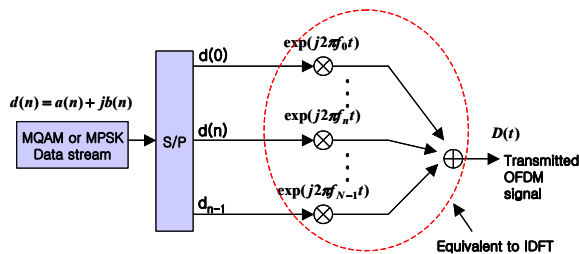


그림 1. OFDM 시스템의 송신기
Fig. 1. OFDM transmitter system.

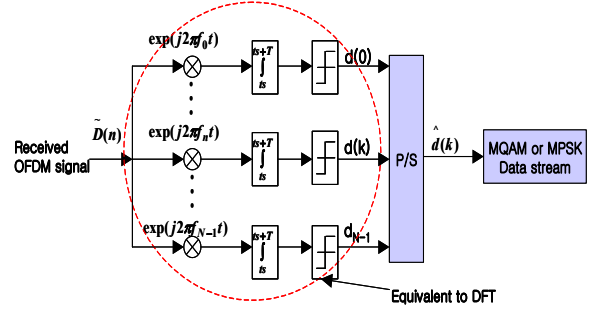


그림 2. OFDM 시스템의 수신기
Fig. 2. OFDM receiver system.

먼저 N 개의 직렬 데이터 블록이 입력되면, 병렬 형태의 데이터로 변환된다. 병렬 형태로 변환된 데이터는 각기 다른 부반송파로 변조되며, 각각의 부반송파로 변조되는 심볼의 주기는 이전 직렬 데이터 심볼 주기의 $1/N$ 이 된다. 서로 다른 부반송파로 변조된 신호는 더해진 다음, 반송파 신호와 곱하여져 수신측으로 전송된다. 그림 1에서 발생된 OFDM 신호를 복소 저역통과 신호 형식으로 표시하면 다음과 같다.

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{i=0}^{N-1} \frac{A}{\sqrt{T}} a_{n,i} e^{j2\pi f_i t} g(t - nT_s) \quad (1)$$

여기서 A 는 신호의 전력을 결정하는 상수이고, T_s 는 심볼의 주기이다. 그리고 $g(T)$ 는 펄스 성형 함수로서 T_g 를 OFDM의 보호구간이라 할 때 다음과 같다.

$$g(t) = \begin{cases} 1, & T_g \leq t \leq T_s \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

심볼 주기에서 보호구간을 제외한 시간을 유효 심볼시간이라 하며, 유효 심볼시간 $T = T_s - T_g$ 의 관계를 가진다. f_i 는 N 개의 부채널 가운데 i 번째 채널의 부반송파 주파수이며, 단위 유효 심볼구간에서 상호직교성을 가져야 하므로 $f_i = i/T$ 의 조건을 만족시킨다[7]. 그리고 $a_{n,i}$ 는 n 번째 신호 구간에서 부채널 i 로 전송되는 심볼을 나타낸다.

III. DSRC 시스템

3-1 DSRC Rician 채널 모델

가시거리 전파경로와 같이 페이딩의 영향을 받지 않은 신호 성분이 있을 때 소규모 페이딩 포락선은 라이시안 분포를 나타낸다[8].

라이시안 분포의 확률 밀도 함수는

$$p(R) = \frac{R}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{(R^2 + A^2)}{2\sigma^2}\right] I_0\left(\frac{AR}{\sigma^2}\right), 0 \leq R < \infty \quad (3)$$

여기서 R 은 수신 신호의 순시 포락선이며 $R^2 = A^2 + 2\sigma^2$ 이다. A 는 가시거리 신호의 최대 진폭이고, $I_0(\cdot)$ 는 0차의 제1종 변형 베셀 함수이며 증가 함수이다.

라이시안 확률 분포는 아래에서 정의되는 K 를 이용하여 표현하기도 한다.

$$K = \frac{a^2}{\sigma^2} \text{ [또는 } K \text{ (in dB)} = 10 \log \frac{a^2}{2\sigma^2}] \quad (4)$$

이것은 직접파 전력 $\left(\frac{a^2}{2}\right)$ 과 다중경로로 산란된 파의 전력 $E\left(\frac{r^2}{2}\right) = \sigma^2$ 비이다.

K 파라미터가 0에서 ∞ 로 증가함에 따라 이에 상응하는 전파 환경은 대도시->중소도시->교외 지역->개활지->자유공간이라는 것은 잘 알려진 사실이나 정량적 분류는 어렵다. 이는 같은 교외 지역이라도 송수신기 위치에 따라 이에 상응하는 K 값은 큰 차이를 가질 수 있기 때문이다. 따라서 이에 대한 문헌을 종합하여 전파 환경에 따른 K 의 범위를 표 1과 같이 제안한다[6].

표 1. 전파 환경에 따른 K 파라미터 범위

Table 1. Range of K parameter according to propagation environment.

국내환경 제안Rician K-value	Urban		Suburban	
	대도시	중소도시	교외지역	개활지
	0~1.0	1.0~3.0	3.0~4.0	4.0~10

3-2 AWGN과 Rician 페이딩 채널에서의 시스템 오율

잡음(AWGN)이 존재하는 채널에서 QPSK 신호의 오율식은 다음과 같다.

$$P_e(\gamma) = \text{erfc}\left(\sqrt{\gamma} \cdot \sin \frac{\pi}{4}\right) \quad (5)$$

여기서 P_e 는 QPSK의 비트 에러율, γ 는 신호 전력 대 잡음 전력비이다.

DSRC에서 라이시안 페이딩 채널을 통하여 수신된 신호의 오율식은 잡음(AWGN) 환경에서의 오율식에 라이시안 페이딩의 확률밀도함수를 적용하여 다음과 같이 평균을 취하여 얻을 수 있다.

$$P_{(fading)} = \int_0^\infty P_e(\gamma) \cdot p(\rho) d\rho \quad (6)$$

여기서 $p(\rho)$ 는 라이시안 페이딩 채널에서의 전력 밀도 함수이고 다음과 같다.

$$p(x) = 2x(K+1) \exp[-K - x^2(K+1)] \cdot I_0(2x\sqrt{K(K+1)}) dx \quad (7)$$

여기서 K 는 라이시안 심도를 나타낸다.

K 를 파라미터로 SNR에 따른 비트 오율을 수치 해석적으로 구하여 그림 3에 표시하였다.

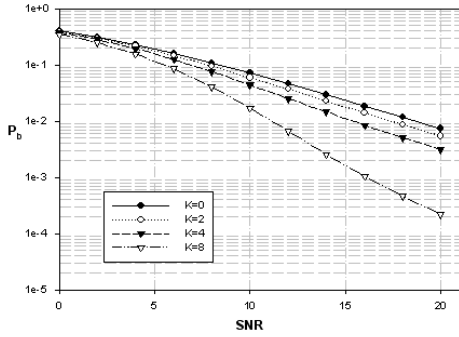


그림 3. 라이시안 채널에서의 K 에 따른 비트 오율
Fig. 3. BER according to the range of K in Rician Channel.

IV. DSRC 시스템의 성능 개선

4-1 BCH 부복호화

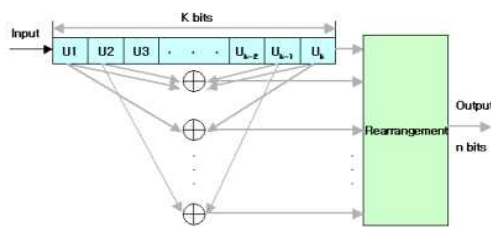


그림 4. BCH 부호기의 구조
Fig. 4. BCH encoder.

순회 부호 중에서 많이 쓰이고 있는 부호로써 BCH(Bose Chaudhuri-Hocquenghem)가 있는데 이는 통신로에서의 에러를 정정하기 위해 사용된다. 블록 부호 방식인 BCH 부호는 k 개의 정보 비트와 p 개의 패리티 검사 비트로 구성되므로 부호어의 비트수 $n = k + p$ 가 되며 $BCH(n,k,t)$ 라고 표시된다. 이때 부호 길이 $n = 2^m - 1$ 이고, n 비트 부호에서 정정될 수 있는 에러, 즉 에러 정정 능력 t 는 다음과 같다.

$$t = \lfloor p/m \rfloor \quad (8)$$

BCH 부호화를 행한 오율식은 다음과 같다[9].

$$P_{BCH} = \frac{1}{n} \sum_{i=t+1}^n i \binom{n}{i} P_e^i (1 - P_e)^{n-i} \quad (9)$$

여기서 P_e 는 부호화를 하지 않았을 때 채널의 오율값이다.

4-2 수치해석 및검토

그림 5와 그림 6은 라이시안 페이딩 채널에서 BCH 부호화 기법을 적용하여 라이시안 심도 K 와 SNR에 따른 OFDM/QPSK 시스템의 오율을 나타내었다.

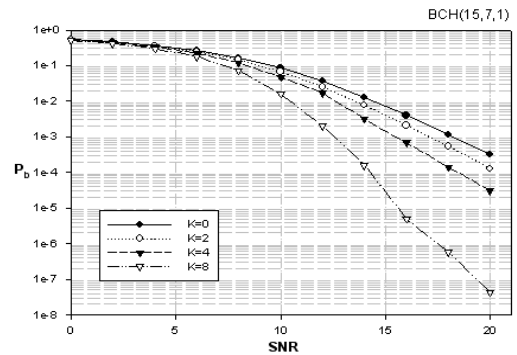


그림 5. 라이시안 채널에서의 K 에 따른 비트 오율 (BCH(15,7,1))
Fig. 5. BER according to the range of K in Rician Channel(BCH(15,7,1)).

그림 6은 BCH(127,120,1) 부호화 기법을 채용했을 때의 BER특성을 나타낸다.

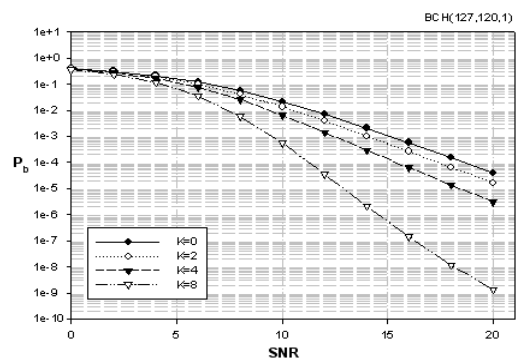


그림 6. 라이시안 채널에서의 K 에 따른 비트 오율 (BCH(127,120,1))
Fig. 6. BER according to the range of K in Rician Channel(BCH(127,120,1)).

그림 5에서 라이시안 페이딩이 존재하는 채널에서는 BCH(15,7,1) 부호화 기법을 채용했을 때 10^{-6}

을 기준으로 라이시안 심도 값이 8일 때 15dB ~ 20dB에서 기준을 만족하였으나 심도 값이 8이하일 때는 기준 BER을 만족하지 못함을 알 수 있다. 따라서 K 값이 0~3으로 나타낼 수 있는 대도시나 중소도시에서는 기준을 만족 시키는데 많은 어려움이 있고, 라이시안 페이딩에서 간접파의 전력이 증가함에 따라 BER특성이 열화하는 것을 알 수 있었다. 또한 그림 6에서는 BCH(127, 10, 1) 부호화 기법을 채용함으로써 영상서비스 기준인 10^{-9} 이하를 만족 시킬 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 라이시안 페이딩 환경에서 직접파 대 반사파의 비로 나타내어지는 지역 특성에 적합하도록 제안된 K 파라미터를 바탕으로 AWGN과 라이시안 페이딩이 존재하는 채널에서의 OFDM/QPSK 시스템의 성능을 분석하고, 성능 개선 기법으로 BCH 부호화 기법을 채용하였다. 그 결과 AWGN과 라이시안 페이딩 환경에서는 BCH (15,7,1)부호화 기법을 채용하면 라이시안 심도 K 의 값이 8일때 BER 10^{-6} 이하를 만족시켰으며, BCH (127,120,1)에서는 K 의 값이 8일때 10^{-9} 을 이하를 만족시킴으로써 약 10^{-4} 정도의 성능 개선 효과를 얻을 수 있었다.

DSRC는 100m 이내의 소규모 셀을 고속으로 주행하는 차량을 대상으로 한 통신이기 때문에 신뢰성 있는 통신 품질 유지가 필수적이다. 차량의 주행 환경이 라이시안 페이딩에 쉽게 노출됨을 고려할 때 BCH 코딩기법은 적절한 성능 개선 기법이 될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구 결과로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] Scott D. Elliott, Daniel J. Dailey, *Wireless Communications for Intelligent Transportation System*, Artech House Inc., 1995.
- [2] Rachard Whelan, *Smart Highways, Smart Cars*, Artch House Inc., 1995.
- [3] 이상건, 이승환, "ITS 서비스 구현을 통한 교통 정보화 추진방향," *Telecommunications Review*, 제9권 4호, pp. 474-485, 1999.
- [4] 한국전산원, 지능형 교통시스템(ITS) 통신 프로토콜 및 통신망 구성 연구, 1998년 11월.
- [5] 10Mbps 패킷 데이터 전송을 위한 무선채널 환경 연구, 최종 연구 보고서, 한국항공학회.
- [6] 이범선, 이일용, 박정일, 박경룡, 연광일, 어익수, 강 인, "라이시안 채널에서의 수신 신호 모의 실험 및 검증," 한국전자과학회 논문지 제 9권 3호, pp. 347-358, 1998.
- [7] N. A. B. Svensson, "On optimum and sub-optimum coherent detection of continuous phase modulation on a two-ray multipath fading channel," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 35, pp.1041-1049, Oct. 1987.
- [8] Seiichi Sampei, *Applications of Digital Wireless Technologies to Global Wireless Communications*, Prentice-Hall Inc., 1997.
- [9] J. L. Massey, "Shift-register synthesis and BCH decoding," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol IT-15, pp. 127-127, Jan. 1969.

김 만 호 (金萬昊)



2005년 2월 : 목원대학교 컴퓨터공
학과(공학사)

2005년 3월 ~ 현재 : 목원대학교
컴퓨터멀티미디어콘텐츠공학부
석사과정

관심분야 : OFDM, 텔레매틱스,
DSRC 등

강 희 조 (姜熙照)



1994년 2월 : 한국항공대학교
대학원 항공전자공학과 (공학박사)

1996년 8월~1997년 8월 : 오사카
대학교 공학부 통신공학과 객원교
수

1990년 3월~2003년 2월 : 동신대
학교전자정보통신 공학부 교수

2003년 3월~현재 : 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부
조교수

관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, 텔레매틱스, 무
선통신, 가시광통신, 이동통신 및 위성통신, 환경전자
공학, 무선광통신, 디지털콘텐츠, RFID 등