

# 근거리 차량간 DS/CDMA 통신시스템의 성능 분석

## Performance Analysis of Short Range Inter-Vehicle DS/CDMA Communication System

오세갑\*, 강희조\*\*, 최용석\*\*\*, 조성준\*\*\*\*

Se-Kab Oh\*, Heau-Joh Kang\*\*, Yong-Surk Choi\*\*, and Sung-Joon Cho\*\*

### 요 약

본 논문에서는 60GHz대의 밀리미터파 대역에서 강우감쇠와 산소흡수의 영향을 고려하여 근거리 차량간 통신(Inter-Vehicle Communication)채널을 3가지로 모델링하고 첨단차량도로시스템(AVHS)의 최종 목표인 플래튼 주행에 적합한 1-경로 Rician 모델에서 DS/CDMA 통신 시스템의 BER 성능을 분석하였다. 또한 60GHz에서 지면 반사계수를 계산해 내었다. 성능 개선 기법으로서는 BCH 채널 부호화 기법과 MRC 다이버시티 수신 기법을 함께 채용하였고 패킷 길이, Rician 심도, 차량간 거리를 함수로 하여 시스템의 오율을 구하였다.

### Abstract

In this paper, short range IVC (Inter-Vehicle Communication) channel is modeled in three kinds considering rain attenuation and oxygen absorption. And the performance of DS/CDMA communication system in one path Rician model suitable for platoon driving which is the final goal of AVHS (Advanced Vehicle & Highway System) is analyzed. Also, the reflection coefficients in 60 GHz is calculated. For the performance improvement both BCH channel coding and MRC diversity reception technique are adopted. The BER performance is evaluated as a function of packet length, Rician depth and the distance between vehicles.

### I. 서 론

급속도로 증가하는 차량으로 인한 교통체증과 사고로 운전자의 안전이 사회적, 경제적으로 심각한 문제가 되고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 제안된 것이 ITS(Intelligent Transport System)

이며, 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서 지속적으로 발전하고 있다[1].

유럽의 PROMETHEUS, 미국의 PATH (Partners for Advanced Transit and Highway), 그리고 일본의 RACS (Road Automobile Communication System)라는 프로젝트들을 통해 ITS 시스템 구축에 대한 연구가 활발하다. 우리나라에서도 건설교통

\* (주) 세영통신(Say-Young Telecomm.)

\*\* 동신대학교 전기전자공학과(Dept. of Electric & Electronics Eng., Dongshin Univ.)

\*\*\* 한국전자통신연구원 무선방송연구소 전파응용연구팀(Radio Technology Department, ETRI-Radio & Broadcasting Technology Laboratory)

\*\*\*\* 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과(Dept. of Telecomm. & Inform. Eng., Graduate School of Hankuk Aviation Univ.)

· 논문번호 : 2000-2-4

· 접수일자 : 2000년 11월 13일

부 주관으로 5가지의 ITS 시스템을 선정했는데 이들은 첨단 교통관리시스템, 첨단 교통정보시스템, 첨단 대중교통시스템, 첨단 물류관리시스템, 첨단차량/도로시스템이다[2].

차량의 안전성과 도로의 효율성을 높이기 위해서는 주행 차량에 교통정보의 제공과 각각의 주행 차량들 사이에 차량의 상태에 관한 정보교환이 필요하다. 차량의 주행에 관련된 정보로는 앞 차량의 속도, 가속도, 앞·옆 차량과의 거리 등이 있으며, 이러한 정보를 교환하기 위하여 신뢰성 있는 통신시스템의 구축이 요구된다.

차량간 통신 방식으로는 잡음에 강하고 많은 용량을 수용할 수 있는 스펙트럼 확산(Spread Spectrum) 방식과 광(Optic)을 사용한 부메랑 통신(Boomerang Communication)이 제안되었다[3].

차량간 통신시스템으로 초기에는 적외선이나 광을 이용한 연구가 활발하였다. 그러나, 적외선이나 광통신은 강우에 의한 신호감쇠가 너무 커서 통신이 두절되는 등의 치명적인 단점이 있다. 그래서, 최근에는 산소 흡수나 강우 감쇠에 강한 60 GHz대의 밀리미터파 대역에서 광대역 스펙트럼을 이용하는 차량간 통신시스템에 관한 연구가 활발하다. 특히, 밀리미터파 대역을 이용하는 차량간 통신시스템에서 무선 채널은 셀룰라 시스템이나 PCS에서 고려되는 채널과는 달리 전송 거리가 매우 짧고, 강우 감쇠나 산소 흡수에 의한 영향이 크다는 특성이 있다[4].

Vordone는 60 GHz에서 트래픽 모델에 따른, 차량간 CDMA(Code Division Multiple Access)와 TDMA(Time Division Multiple Access) 액세스 방식에 있어서의 순단락을 해석하였다[5]. 또한 Lin-nartz는 플래툰 모델을 제시하고 3가지 액세스 방식(CDMA, TDMA, MC-CDMA(MultiCarrier-CDMA))의 신뢰도를 비교·분석하였다[1].

문헌 [2]에서는 차량에서의 데이터량을 정규화시켜, CDMA 방식과 TDMA 방식의 성능을 비교하였고, 문헌 [1]은 일반적인 라이시안 채널에서 플래툰 주행 함수인 통신 사이클을 이용하여 각 통신방식의 신뢰도를 분석했다. 그렇지만 60 GHz에서 차량간 채널에 대한 연구가 충분하지 않고, 차량간 통신시스템에 채널 부호화 기법과 다이버시티 수신기법을

적용한 연구는 아직 이루어지지 않은 상태이다.

본 논문에서는 강우감쇠와 산소흡수의 영향에 강한 60GHz의 밀리미터파 대역을 이용하는 근거리 차량간 통신(Inter-Vehicle Communication)채널을 3가지로 모델링하고, 이중 첨단차량도로시스템(AV-HS)이 최종 목표로 삼고 있는 플래툰 주행에 적합한 1-경로 Rician 모델에서의 DS/CDMA 통신시스템의 비트 오율 특성을 구한다. 1-경로 Rician 페이딩 환경에서 주위로부터 받는 간섭의 영향을 완화시키기 위해서 BCH 채널 부호화 기법과 MRC 다이버시티 수신 기법을 채용하여 시스템의 성능을 분석한다.

## II. 차량간 통신시스템

### 2-1 차량간 채널 모델

그림 1은 차량간 통신 채널의 전파 모델이다. 차량간 통신시스템(IVC)에서 인접 차량간 데이터 교환은 매우 중요하다. 차량간 통신시스템에서 송신기와 수신기 사이에는 강한 직접파(Line of Sight) 성분, 지면 반사파 성분, 그리고 주위의 환경에 따른 다중경로가 존재할 것으로 예상된다. 따라서, 차량간 통신 채널은 환경에 따라 3가지로 모델링할 수 있다. 즉, 지면 반사파 성분이 없고 직접파 성분과 주위 환경(옆 차선의 차량, 도로 분리대 등)으로부터 발생하는 다중경로 성분으로 구성된 1-경로 라이시안 모델, 직접파 성분과 지면 반사파 성분으로 구성된 2-경로 라이시안 모델, 마지막으로 2-경로 라이시안 모델에 다중 경로 성분이 더해진 모델로 나눌 수 있다. 여기서 1-경로 라이시안 모델은 차량간 거리가 매우 짧아서 반사파가 존재하지 않는 경우로 차량간 통신의 최종 목표인 플래툰 주행에 적용 가능한 모델이다.

또한 차량간 채널모델에서 차량간 거리가 근거리이므로 지면 반사파의 영향이 크다. 지면의 표면은 완전한 도체도 유전체도 아니므로 반사계수  $\Gamma(\alpha)$ 는 지면의 유전율  $\epsilon_c$ 과 도전율  $\sigma$ 의 함수로 표현된다. 지면의 반사계수  $\Gamma(\alpha)$ 는 다음과 같다.

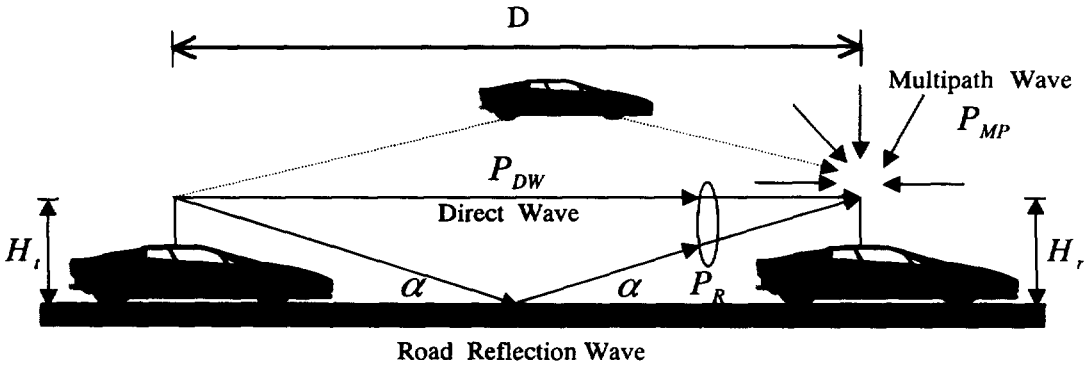


그림 1. 차량간 통신 채널 모델

Fig. 1. Inter-vehicle communication channel model.

$$\Gamma(\alpha) = \frac{\sin \alpha - a\sqrt{\epsilon_c - \cos^2 \alpha}}{\sin \alpha + a\sqrt{\epsilon_c - \cos^2 \alpha}} \quad (1)$$

여기서,

$\alpha$  : 반사파의 입사각,

$\epsilon_c$  : 복소 유전율 ( $\epsilon_r - j(\sigma/\omega\epsilon_0)$ )

$$= \epsilon_r - j60\sigma,$$

$a : 1/\epsilon_c =$ 수직 편파,  $1=$ 수평 편파

이다. 2-경로 모델에서 직접파와 지면 반사파 성분의 합인 수신신호 전력  $P_R$ 은 다음과 같다.

$$P_R = P_{DW}[1 + \Gamma(\alpha)^2 + 2\Gamma(\alpha)\cos(\Delta\phi)] \quad (2)$$

여기서,  $\Gamma(\alpha)$ 는 지면의 반사계수이고,  $P_{DW}$ 는 자유공간 전파에 따른 거리  $D$ 에서의 평균 수신신호 전력이다. 즉 지면 반사파가 없을 때의 수신전력을 나타낸다.  $P_{DW}$ 는 송·수신 간 거리에 따라 변화하기 때문에 기준 거리  $D_{ref}$ 에서 수신신호 전력  $P_{ref}$ 을 도입시켜 유도되어야 한다. 이때  $P_{ref}$ 는 식 (3)과 같이 주어진다.

$$P_{ref} = P_t \left( \frac{\lambda}{4\pi D_{ref}} \right)^2 G_t G_r \quad (3)$$

$$P_{DW} = P_{ref} \left( \frac{D_{ref}}{D} \right)^2 10^{(-\alpha_{Oxygen} + Rain \cdot D)/10} \quad (4)$$

1-경로 라이시안 모델에서 수신되는 순신호 전력  $P$ 에 대한 확률밀도함수는 다음과 같이 주어진다[6].

$$p_1(P) = \frac{K_{r_1} + 1}{P_1} e^{-(K_{r_1} + 1)\frac{P}{P_1} - K_{r_1}} \cdot I_0 \left( 2\sqrt{K_{r_1}(K_{r_1} + 1)\frac{P}{P_1}} \right) \quad (5)$$

여기서 전체 수신 평균전력은  $P_1 = P_{DW} + P_{MP}$ 이고,  $P_{MP}$ 는 다중경로를 거쳐 수신되는 수신신호 전력이다.  $K_{r_1} = P_{DW}/P_{MP}$ 은 직접파 대 다중경로파 전력 비로서 라이시안 파라미터이다.  $I_0(\cdot)$ 는 0차의 제1종 변형 베셀 함수이다.

2-경로 라이시안 채널에서 다중경로 파가 함께 수신되면 순신호 전력  $P$ 의 확률밀도함수는 다음과 같이 주어진다.

$$p_2(P) = \frac{K_{r_2} + 1}{P_2} e^{-(K_{r_2} + 1)\frac{P}{P_2} - K_{r_2}} \cdot I_0 \left( 2\sqrt{K_{r_2}(K_{r_2} + 1)\frac{P}{P_2}} \right) \quad (6)$$

단,  $K_{r_2} = (P_R/P_{MP} \cdot (1 + \Gamma(\alpha)^2 + 2\Gamma(\alpha)\cos\theta))$ .

2-경로 라이시안 채널에서 다중경로 파가 함께 수신될 때 평균 수신신호 전력을  $P_2$ 라고 하면  $P_2$

표 1. 열 잡음 파라미터

Table 1. Parameters of thermal noise.

볼츠만 상수 : K	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
수신기 잡음 온도 : T	300 K
수신기 잡음지수 : F	10 [dB]
무선 신호의 대역폭 : B	15 [MHz]

표 2. 시스템 파라미터

Table 2. Parameters of system.

주 파 수 : $f_c$	60 [GHz]
변조 방식	DS/CDMA BPSK
파 장 : $\lambda$	5.0 [mm]
송신 전력 : $P_t$	10 [dBm]
송신 안테나 이득 : $G_t$	5 [dB]
수신 안테나 이득 : $G_r$	5 [dB]
송신 안테나 높이 : $H_t$	1.5 [m]
수신 안테나 높이 : $H_r$	1.5 [m]
참고 거리 : $D_{ref}$	100 [m]
산소 흡수 : $\alpha_{\text{Oxygen Absorption}}$	15 [dB/km]
강우 감쇠 : $\alpha_{\text{Rain Attenuation}}$	17 [dB/km]

는 직접파 성분과 지면 반사파 성분의 합인  $P_R$  과 다중경로 성분 ( $P_{MP}$ ) 의 합으로 구성된다.

$$P_2 = P_R + P_{MP} \quad (7)$$

시스템의 오율 성능을 구하기 위해 이용할 순시 수신신호 전력 대 잡음 전력비  $\gamma$  와 평균 신호전력 대 잡음전력 비  $\gamma_{oi}$  는 각각 다음과 같다.

$$\gamma = \frac{P}{K \times T \times F \times B} \quad (8-a)$$

$$\gamma_{oi} = \frac{P_i}{K \times T \times F \times B} \quad (i = 0, 1) \quad (8-b)$$

여기서  $K$  는 볼츠만 상수,  $T$  는 수신기의 잡음 온도,  $F$  는 수신기 회로에서 잡음지수,  $B$  는 무선 신호의 대역폭이다. 시스템 해석시 고려해야 할 열

잡음 파라미터와 차량간 시스템의 파라미터를 나타내면 각각 표 1과 표 2와 같다.

### 2-2 차량간 통신시스템 모델

그림 2는 차량 A와 차량 B 사이의 통신 방법을 나타낸다.

1. 차량 A는 차량 A의 정보(DATA A)와 차량 A의 확산코드(PN CODE A)을 가진 패킷 (DATA A \* PN common \* PN CODE A)을 전송한다.
2. 차량 B는 차량 A로부터 패킷을 수신한다. 차량 B는 PN common를 이용해 역확산한다 (차량 A의 정보를 얻는다).
3. 차량 B는 차량 B의 정보(DATA B)와 확산코드(PN CODE A)를 가진 패킷 (DATA B \* PN CODE A)을 재 전송한다.
4. 차량 A는 차량 B로부터 패킷을 수신한다. 그리고 자신의 차량의 PN CODE A를 곱해 역확산한다(차량 B의 정보를 얻는다).

부가성 백색 가우시안 잡음(AWGN) 채널의 DS-CDMA BPSK 시스템의 오율식은 다음과 같다[7].

$$P_{e(AWGN)}(\gamma) = Q(\sqrt{2\gamma_{DS}}) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(\sqrt{\gamma_{DS}}) \quad (9)$$

$$\gamma_{DS} = \left[ (\gamma)^{-1} + \frac{2(M-1)}{3N} \right]^{-1} \quad (10)$$

여기서  $\gamma_{DS}$  는 DS/CDMA 시스템의 신호 대 잡음전력 비,  $(M-1)$  은 다른 차량에서 오는 간섭 신호 수,  $N$  은 PN 코드의 길이,  $\gamma$  는 BPSK 시스템의 신호 대 잡음전력 비이다.

라이시안 페이딩 채널에서의 오율은 AWGN 채널에서 구한 오율식인 식 (9)를 뒤에서 주어질 라이시안 페이딩 환경에서의  $(\gamma)$  에 대한 확률밀도함수인 식 (14)를 이용하여 다음과 같이 평균을 취하여 얻는다.

$$P_{e(Radiat)} = \int_0^{\infty} P_{e(AWGN)}(\gamma) \cdot p(\gamma) d\gamma \quad (11)$$

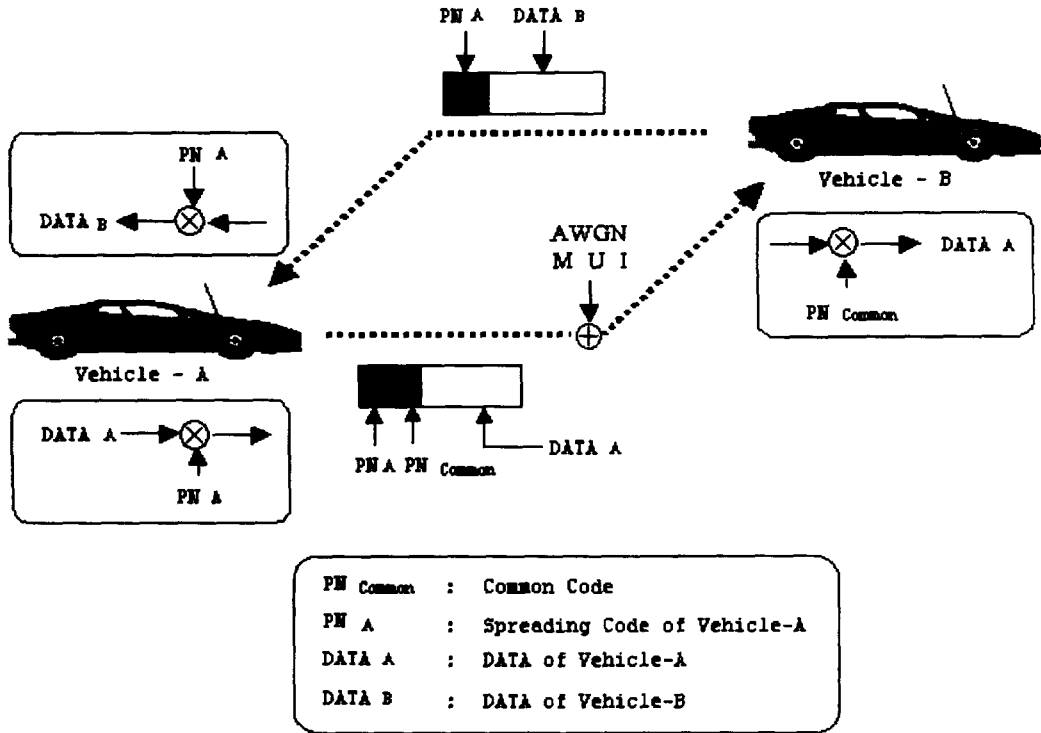


그림 2. 차량간 DS/CDMA 통신시스템

Fig. 2. Inter-vehicle DS/CDMA communication system.

단, 식 (14)에서 다이버시티 가지수가  $L=1$  인 경우로서 다이버시티를 사용하지 않을 때이며  $\gamma_o = \gamma_{o_1}$  이고,  $K_r = K_{r_1}$  에 해당된다.

### III. 차량간 DS/CDMA 통신 시스템의 성능 개선

#### 3-1 BCH 부호화

BCH 부호는 다중에러 정정 능력을 가지는 순회 부호의 일종이다. 블록 부호 방식인 BCH 부호는  $k$  개의 정보 비트와  $p$  개의 패리티 검사 비트로 구성되므로 부호어의 비트수는  $n=k+p$ 이며,  $BCH(n, k, t)$  로 표시된다. 이때 부호의 길이는  $n=2^m - 1$  이고, 여러 정정 능력  $t$  는 다음과 같다.

$$t = \lfloor p/m \rfloor \quad (12)$$

이때 BCH 부호를 사용하면 오율식은 다음과 같다[7].

$$P_{BCH} = \frac{1}{n} \sum_{i=t+1}^n i \binom{n}{i} P_e^i (1 - P_e)^{n-i} \quad (13)$$

여기서  $P_e$ 는 부호화를 하지 않았을 때의 오율로서  $P_{e(AWGN)}$  또는  $P_{e(Channel)}$  이다.

#### 3-2 MRC 다이버시티 수신기법

최대비 합성법(Maximal Ratio Combining : MRC)은 수신기 앞단에 위상 검출기가 있어서 각 다이버시티 가지(Branch) 입력의 위상을 같은 위상이 되도록 조정하여, 각각의 포락선에 비례하여, SNR이 큰 것일수록 가중치(weight)를 크게 가하고

SNR이 작은 것에는 가중치를 적게 가하는 검파전 합성법이다.

라이시안 페이딩 환경에서 다이버시티 가지(branch)의 수가  $L$  개인 MRC 다이버시티 수신시의 확률밀도함수는 다음 식과 같다[8].

$$p_{MRC}(\gamma) = \left(\frac{K_r + 1}{\gamma_0}\right)^{\frac{L+1}{2}} \left(\frac{\gamma}{K_r L}\right)^{\frac{L-1}{2}} \cdot \exp\left(-K_r L - \frac{(K_r + 1)\gamma}{\gamma_0}\right) \cdot I_{L-1}\left(2\sqrt{\frac{K_r(K_r + 1)L\gamma}{\gamma_0}}\right) \quad (14)$$

여기서,  $\gamma$ 는 순시 신호 전력 대 잡음전력 비,  $\gamma_0$ 는 평균 신호 전력 대 잡음 전력 비, 그리고  $L$ 은 다이버시티 가지(branch)의 수,  $I_L(\cdot)$ 는  $L$ 차의 제1종 변형 베셀함수를 나타낸다.

차량간 통신 채널 즉, 라이시안 페이딩환경에서 MRC 다이버시티 수신기법을 채용했을 때 DS/CDMA BPSK 신호의 오류식은 잡음(AWGN) 환경에서 구한 오류식인 식 (9)에 최대비 합성 다이버시티 확률밀도함수인 식 (14)를 적용하여 다음과 같이 하여 얻는다.

$$P_{e(MRC)} = \int_0^{\infty} P_{e(AWGN)}(\gamma) \cdot p_{MRC}(\gamma) d\gamma \quad (15)$$

#### IV. 수치 해석 및 검토

그림 3은 60 GHz에서 산소 흡수가 15 [dB/km], 강우량이 50 [mm/h]로서 감쇠량이 17 [dB/km], 송신 전력  $P_t$ , 파장  $\lambda$ , 송신기와 수신기의 안테나 이득  $G_t$ 와  $G_r$ 을 적용했을 때, 거리에 따른 차량간 채널 모델의 수신신호 전력을 나타낸 것이다.

그림 4는 주파수에 60GHz에서 반사체의 종류에 따라 반사계수의 변화를 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 것처럼 60GHz에서 수직편파가 수평편파보다 반사계수가 작은 것을 알 수 있고, 반사계수가 특정한 입사각에서 영이 되는데 이 각을 Brewster 각이라 한다. Brewster 각은 두 매질이 손실이 없고 투자

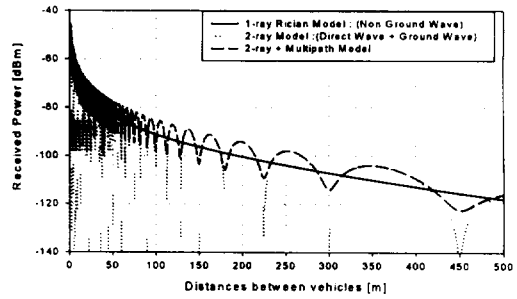


그림 3. 채널모델과 차량간 거리에 따른 수신 신호 전력의 변화

Fig. 3. Variation of receiver signal power according to channel model and vehicles distance.

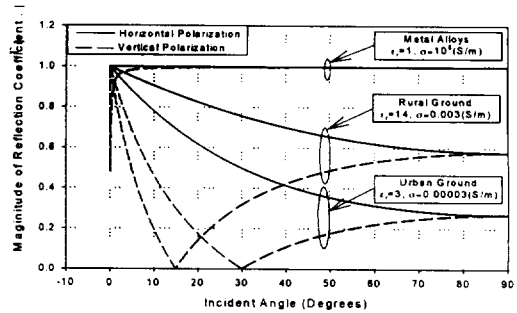


그림 4. 60GHz에서 수직 및 수평 편파 신호의 반사계수

Fig. 4. Reflection coefficient of vertical & horizontal polarization signal in 60GHz.

율이 같으며 입사각의 편파가 수직 편파일 때 발생되게 하는데 입사각이 30°에서 반사가 없는 전투과 현상(Total Transmission)이 일어난다.

그림 5는 1-경로 라이시안 채널 모델 ( $K_r = 7.10$  [dB])에서 패킷 길이에 따른 DS-CDMA/BPSK 신호의 비트 오류 특성을 나타낸 것이다. 차량간 거리 (D)가 200m 내에서 음성 서비스의 기준 오류인  $10^{-3}$ 을 만족시키려면 최소  $K_r$ 이 10 [dB] 이상, 패킷 길이가 200 비트(Bit)어야 한다.

그림 6은 1-경로 라이시안 모델 ( $K_r = 7$  [dB])에서 BCH 부호화 기법을 채용했을 때의 DS-CDMA/BPSK 신호의 비트 오류 특성이다. 여기서  $M=2$ ,

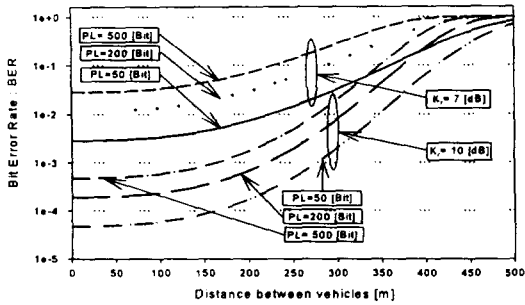


그림 5. 1-경로 라이시안 모델에서 패킷 길이에 따른 DS-CDMA/BPSK 신호의 비트 오율 ( $K_r=7, 10$  [dB],  $M=2$ ,  $PN=127$ )

Fig. 5. Bit error rate of DS-CDMA/BPSK Signal in One-Ray Rician Model according to packet length ( $K_r=7, 10$  [dB],  $M=2$ ,  $PN=127$ ).

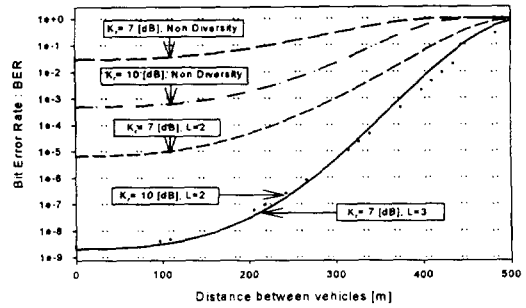


그림 7. 1-경로 라이시안 모델에서 MRC 다이버시티 수신 기법을 채용했을 때 DS-CDMA/BPSK 신호의 비트 오율

Fig. 7. ( $K_r=7$  [dB],  $M=2$ ,  $PN=127$ ,  $PL=500$  [Bit]) Bit error rate of DS-CDMA/BPSK Signal in One-Ray Rician Model when MRC Diversity scheme is adopted in One-Ray Rician Model ( $K_r=7$  [dB],  $M=2$ ,  $PN=127$ ,  $PL=500$ [Bit]).

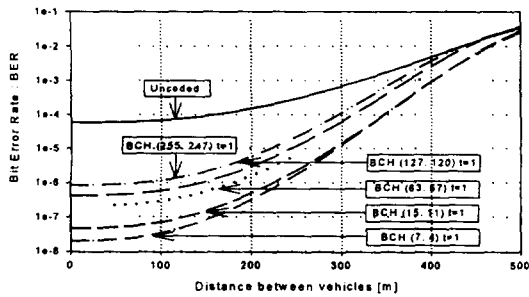


그림 6. 1-경로 라이시안 모델에서 BCH 부호화 기법을 채용했을 때 DS-CDMA/BPSK 신호의 비트 오율 ( $K_r=7$  [dB],  $M=2$ ,  $PN=127$ )

Fig. 6. Bit error rate of DS-CDMA/BPSK Signal in One-Ray Rician Model when BCH coding scheme is adopted in One-Ray Rician Model ( $K_r=7$  [dB],  $M=2$ ,  $PN=127$ ).

PN 코드의 길이는 127로 가정하였다. 차량간 거리가 100 [m], 즉 신호 대 잡음 전력 비가 약 30.68 [dB]에서 비트 오율 성능을 비교하면 부호화 기법을 채용하지 않았을 때는  $6.76 \times 10^{-5}$  이고, BCH (255, 247, 1) 부호화 기법을 채용했을 때는  $1.16 \times 10^{-6}$  으로, 오율 성능 면에서 약 50배 정도의 부호화 이득이 있음을 알 수 있다.

그림 7은 1-경로 라이시안 모델 ( $K_r = 7$  [dB], 10 [dB])에서 최대비 합성 다이버시티 수신 기법을 채용했을 때의 DS-CDMA/BPSK 신호의 비트 오율 특성을 나타낸 것이다. 여기서  $M=2$ , PN 코드의 길이는 127, 패킷 길이는 500 [비트]로 가정하였다.  $K_r$ 이 7 [dB]이고 MRC 다이버시티 가지의 수가 3개인 경우와  $K_r$ 이 10 [dB]이고 MRC 다이버시티 가지의 수가 2개인 경우의 성능을 서로 비교해 보면 차량간 거리가 약 200[m]까지는 데이터 서비스의 기준인  $10^{-6}$  을 만족하고 이 경우 시스템 성능은 거의 같게 나타남을 알 수 있다.

## V. 결론

본 논문은 AVHS의 구축을 위해 요구되어지고 있는 근거리 차량간 DS/CDMA 통신시스템의 오율 성능을 분석하였다. 차량간 통신은 운전자의 안전과 직결되기 때문에 신뢰성 확보를 위해 차량간 BCH 채널 부호화 기법과 MRC 다이버시티 수신기법을 채용할 경우를 생각하였다.

성능 분석 결과 차량간 거리가 100 [m]일 때 부호화 기법을 채용하지 않았을 때 오율은  $6.76 \times 10^{-5}$  인데 비해, BCH(255, 247, 1) 부호화 기법을 채용한 경우에는  $1.16 \times 10^{-6}$  으로, 약 50배 정도의 성능 개선이 이루어진다는 것을 알 수 있었다. 라이시안 파라미터  $K_r$  이 7 [dB]이고 MRC 다이버시티 가지의 수가 3개인 경우와  $K_r$  이 10 [dB]이고 MRC 다이버시티 가지의 수가 2개인 경우, 차량간 거리가 약 200 [m] 까지는 데이터 서비스의 기준인 오율성능  $10^{-6}$  을 만족하며 두 경우의 시스템 성능은 거의 같다는 것을 알 수 있었다.

따라서, 채널부호화 기법과 다이버시티 수신기법이 차량간 통신시스템의 성능 개선을 위해 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] T. Tank and J. P. Linnartz, "Vehicle-to-vehicle communications for AVCS platooning," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 46, no. 2, pp. 528-536, May, 1997.
- [2] Hanbyeog. Cho, Sungjo. Kim, "Quality of services for ITS," in *Proceedings of the 4th International Workshop on Mobile Multimedia Comm.*, pp. 332-335, Sep., 1997.
- [3] K. Mizui, M. Uchida, M. Nakagawa, "Vehicle-to-vehicle communication and ranging system using spread spectrum technique," *IEEE Trans. Technol. Veh. Conf.*, pp. 335-338, 1993.
- [4] O. Andrisano, V. Tralli, R. Verdone, "Millimeter waves for short-Range multimedia communication systems," in *IEEE Proceedings*, vol. 86, no. 7, pp. 1383-1401, July, 1998.
- [5] O. Andrisano, D. Dardari and R. Verdone, "Code division and time division multiple access network for vehicle-to-vehicle communications at 60 GHz," *IEEE Trans. Technol. Veh. Conf.*, pp. 1859-1863, Jun., 1994.
- [6] W. Schafer, "Channel modelling of short-range radio links at 60 GHz for mobile intervehicle communication," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, pp. 314-319, May, 1991.
- [7] T. S. Rappaport, *Wireless Communications : Principles and Practice*, Prentice-Hall, Inc. 1996.
- [8] 주윤환, "디지털 無線 通信 시스템의 設計를 위한 性能의 理論 解析과 시뮬레이션," 한국항공대학교 석사학위 논문, 1996.



**오 세 갑(吳世甲)**



1994년 3월~1998년 2월 : 동신대학교 전기전자공학과(공학사)  
1998년 3월~1999년 8월 : 한국항공대학교 항공통신공학과(공학석사)  
1999년 8월~현재 : (주)세영통신 부설전파기술연구소

관심분야 : 무선통신, 이동통신, ITS

**강 희 조(姜熙照)**



1994년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과(공학박사)  
1994년 7월~1995년 12월 : 전자통신연구원 위성망연구소 초빙연구원  
1996년 8월~1997년 8월 : 오사카대학교 공학부 통신공학과 객원

교수

1998년 3월~1998년 8월 : 전자통신연구원 무선이동위성통신시스템 연구소 초빙연구원  
1997년 10월~현재 : 세종실업주식회사 기술고문  
1990년 3월~현재 : 동신대학교 전기전자공학부 부교수  
2000년 6월~현재 : 한국전자파학회 호남지부 지부장  
관심분야 : 무선통신, 이동통신 및 위성통신, 환경전자공학, 무선광통신, 밀리미터파, 전자발광(Electro Luminescence) 디스플레이

**최 용 석(崔容碩)**



1982년 : 연세대학교 천문우주공학과(이학사)  
1994년 : 동경대학교 대학원 전파물리학과(이학박사)  
1983년~1986년 : 공군 레이더 분석관(중위)  
1987년 2월~현재 : 한국전자통신

연구원 무선방송기술연구소 전파기술연구부 책임연구원  
관심분야 : 전파전파 특성 예측 모델링, 위성 및 지상 밀리미터파 무선통신

**조 성 준(趙成俊)**



1965년 4월~1969년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과(공학사)  
1973년 4월~1975년 2월 : 한양대학교 대학원(공학석사)  
1977년 4월~1981년 3월 : 오사카대학 대학원 통신공학과(공학박사)  
1969년 4월~1972년 7월 : 해군기

술장교

1972년 4월~현재 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 교수  
관심분야 : 무선통신, 이동통신, 위성통신, 환경전자공학