

차량간 통신 시스템에서 성능개선

* 김 춘 구, * 강 희 조, ** 최 용 석

* 동신대학교 전기전자공학과

** 한국전파통신연구원 무선·방송 연구소 전파자원연구팀

Improvement Performance of MC/CDMA System in Inter-Vehicle Communication System

* Choon-Gu Kim, * Heau-Jo Kang, ** Yong-Seok Choi

* Dept. of Electron & Electronics Eng., Dongshin Univ.

** Radio Technology Department, ETRI-Radio

& Broadcasting Technology Laboratory

E-mail : ch29301@hanmail.net

요 약

본 논문은 대기에 의한 흡수율이 매우 큰 60GHz 대역에서의 전파 특성을 이용하여 근거리 차량간 통신 시스템에 적용하여 시스템을 분석한다. 근거리 차량간 통신에서는 전파환경이 직접파와 지면반사파 그리고 측면 차량, 도로벽면에 의한 다중경로가 존재하는 라이시안 분포의 특성이 존재하며 이러한 특성을 고려하여 밀리미터파 분석에 효율적인 Raytracing 방법을 도입하여 차량간 통신 시스템을 분석한다. 또한 차량간 통신은 운전자의 안전성과 연결되어지기 때문에 매우 높은 신뢰성이 요구되어지며 따라서 MC-CDMA/QPSK 방식을 도입하여 시스템의 신뢰성을 확보하였으며 수신 성능 향상을 위한 개선기법으로는 BCH 부호화 기법을 적용하여 시스템의 성능을 비교 분석한다.

키워드 : 60GHz, 근거리차량간통신, Raytracing방법, MC-CDMA/QPSK, BHC

I. 서 론

사회·경제 규모가 확대, 고도화됨에 따라 차량 및 교통수요가 폭발적으로 증가하여 대도시의 심각한 교통문제에 직면하게 되었다. 이러한 문제 해결책으로 등장한 ITS시스템은 국내에서 크게 5개 분야로 분류를 하고 있다. 이 중에서 AVHS는 차량의 전후방·측방 충돌예방, 교차로에서의 충돌예방, 전방 교통사고 및 급커브, 노면결빙 등 감속을 요하는 위험상황을 사전에 피할 수 있게 하는 시스템이다. 이를 위해서는 차량간의 통신이 필요하게 되며 그에 대한 연구를 행한다. 국내에서도 ETRI의 주도하에 차량간 통신 시스템에 대한 연구가 진행중에 있다.

II. 본 론

2.1 전파전파모델

본 논문에서는 전파의 분석방법으로는 광전파나 밀리미터파를 분석하는데 효과적인 Raytracing

방법을 이용하였다. 근거리차량간통신(IVC)에서 차량간 송수신 안테나의 위치가 가로등보다 낮은 위치에 있어 가시거리가 형성되어 직접파가 존재하는 채널 특성을 보인다. 참고문헌[2]에 의하면 실외 마이크로 셀 채널의 특성은 라이스 확률 분포를 갖는다고 밝혀졌다. 또한 선행 차량에서 전송되어지는 신호는 다중경로를 거친 후 타 차량의 수신안테나에 수신되어 합쳐지게 되어 결과적으로 수신신호의 진폭은 매우 큰 계수를 가지는 라이스 확률 분포를 나타내게 된다[3].

이러한 차량간 통신의 최근 연구 동향은 광대역 스펙트럼을 이용하여 고속 디지털 전송이 가능하고 전파의 특성상 파장이 매우 짧아지게 되어 안테나 및 기기의 소형화가 가능하고 대역폭을 넓게 사용할 수 있어서 정보량을 고속으로 전송할 수 있으며 근거리 통신 시스템에 적합하고 짧은 거리에서 높은 산소 흡수나 강우감쇠에 의한 간섭신호에 강한 장점을 지녀 주파수 사용 효율이 매우 좋

은 밀리미터파를 이용한 연구가 활발하다[3][4].

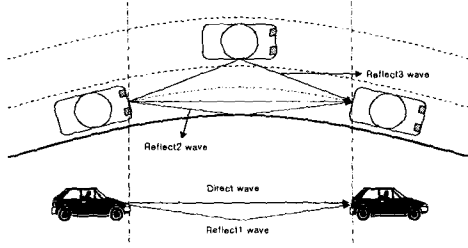


그림 1. 차량간 전파 모델

그림 1은 본 논문에서 고려하는 차량간 통신 모델이다[5]. 전파환경은 2차선으로 가정하고 커브 반지름 $R[m]$ 이고, 도로의 폭은 $L_r [m]$ 이다. 송신기 T_x 와 수신기 R_x 사이의 거리는 L_{TR} 로 정의한다. 직접파와 지면반사파, 콘크리트벽에 의한 반사 그리고 옆 도로를 달리는 차량 V_r 에 의한 반사파를 고려한 Two-Ray Rician channel 모델을 분석했다.

2.2 Boomerang Transmission System

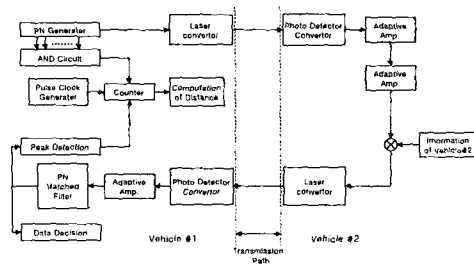


그림 2. 부메랑 전송 시스템

그림 2는 부메랑 전송 시스템의 블록도를 보인 그림이다[6]. 차량 #2가 차량#1의 PN code를 안다는 것은 불가능하다. 그러나 부메랑 전송 시스템은 차량 #2가 차량 #1에서 보내진 정보는 차량 #2에서 common PN code를 이용하여 정보를 얻고 차량 #2의 정보를 차량 #1의 PN code와 함께 재전송을 하면 차량 #1은 자신의 PN code를 이용하여 역확산하여 차량 #2의 정보를 얻는 방법이다.

2.3 Two-Ray Rician channel 모델

각 패스에 의해 수신된 신호전력은 다음과 같이 주어진다.

$$[P_{ri}] = 20 \log \left\{ \frac{4\pi l_A^2}{\lambda^2} \sin^2 \left(\frac{\pi l_A \sin \theta_i}{\lambda} \right) \right\}$$

$$+ 20 \log \left(\frac{\lambda \cos \theta_i}{4\pi L_{TR}} \right) - \frac{\gamma_o L_{TR}}{\cos \theta_i} + 10 \log \rho_g + 10 \log \rho_w + 10 \log \rho_v \quad (1)$$

($i=0, 1, 2, 3$)

여기서 P_{r0} 와 θ_0 는 직접파 패스의 수신된 신호전력과 직접파 패스의 incident angle이다. 그리고 P_{ri} 와 θ_i ($i = 1, 2, 3$)은 반사파 패스의 수신된 전력과 i 번째 반사파 패스의 incident angle이다. 또한 l_A 는 rectangular aperture horn antennas의 길이이다. 그리고 λ 는 파장이고, γ_o [dB]는 산소흡수 감쇠계수이다. 그리고 ρ_g, ρ_w, ρ_v 는 지면, 콘크리트벽 그리고 옆 차선을 달리고 있는 차량에 의해 각각 반사된 계수이다. 따라서 직접파 패스의 전력에 대한 반사파 성분의 상대적 전력 P_i 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$[P_i]_{dB} = [P_{ri}]_{dB} - [P_{r0}]_{dB} \quad (i=0, 1, 2, 3) \quad (2)$$

안테나 위치의 offset를 무시한다고 가정한다면 incident angle(θ_i)(도달각)은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\theta_0 = \frac{\theta}{2} \quad (3)$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \left[\cos \frac{\theta}{2} \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{d_H}{R \sin \frac{\theta}{2}} \right)^2}} \right] \quad (4)$$

$$\theta_2 = \frac{\theta}{2} + \tan^{-1} \left[\frac{-R \left(\frac{1 - \cos \theta}{2} \right) + \frac{L_{TR}}{2}}{R \sin \theta/2} \right] \quad (5)$$

$$\theta_3 = -\frac{\theta}{2} + \tan^{-1} \left[\frac{R(1 - \cos \theta) + L_{TR} - \frac{d_w}{2}}{R \sin \frac{\theta}{2}} \right] \quad (6)$$

여기서 L_{TR} 은 송신기와 수신기사이의 거리(차량간 거리)이고, R 은 curvature radius, d_w 는 차량의 폭이다. 그리고 θ 는 도로의 central angle이다.

옆 차선에 차량 V_r 이 존재한다면 반사 패스 3이 존재한다. 반사 패스 3이 존재할 확률은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$q = \frac{d_L}{d_L + \frac{1}{\lambda_v}} \quad (7)$$

여기서 d_L 은 차량의 길이, λ_v 는 달리는 차량의 대수이다. 반사 패스의 수는 차량의 트래픽에 의해 변한다.

차량간 통신시스템의 bit error rate을 분석하기 위해서 반사와 성분의 전력대 직접파 성분의 전력비(R/D)를 도출하는게 필요하다. 반사와 성분 전력 대 직접파 성분의 전력 비는 다음과 같이 주어진다.

$$[R_{rd}]dB = [P_1 + P_2 + qP_3]dB$$

$$= [P_1 + P_2 + \frac{d_L}{d_L + \frac{1}{\lambda_v}} P_3]dB \quad (8)$$

수신된 신호의 순서 CNR(Carrier-to-Noise Power Ratio) γ 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\gamma = \frac{\rho^2}{2\rho^2} \quad (9)$$

여기에서 ρ 는 수신신호의 진폭(Received Signal Envelope)이다. 그리고 ρ^2 (Noise Power)은 잡음 전력을 나타낸다.

평균 CNR(Carrier-to-Noise Power Ratio), Γ_0 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\Gamma_0 = \frac{P_{ro}(1 + R_{rd})}{kTBF} P_T \quad (10)$$

여기서 P_T 는 전송 전력이다. 그리고 P_{rd} 는 각 패스의 수신신호이고 파라미터 k, T, B, F는 수신기의 열 잡음(Thermal Noise)이다. 여기서 k는 볼츠만 상수(Boltzmann constant), T는 수신기의 잡음 온도(Noise Temperature)이다. 그리고 B는 무선신호의 대역폭이다. 그리고 F는 수신기 회로에서 잡음지수(Noise Figure)이다.

γ 의 확률밀도 함수는 다음과 같이 표현된다.

$$p(\gamma) = \frac{R_{rd} + 1}{R_{rd}} e^{-\left\{ \frac{(R_{rd} + 1)\gamma}{R_{rd}\Gamma_0} + \frac{1}{R_{rd}} \right\}}$$

$$\cdot I_0 \left(\frac{2}{R_{rd}} \sqrt{\frac{(R_{rd} + 1)\gamma}{\Gamma_0}} \right) \quad (11)$$

여기서 $I_0(\cdot)$ 는 다음과 같이 정의되는 베셀 함수이다.

$$I_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} e^{x \cos \theta} d\theta \quad (12)$$

2.3 차량간 MC-CDMA/QPSK 시스템

성능 해석 변조 방식을 QPSK로 가정한다. AWGN 환경에서 DS/CDMA-QPSK 시스템의 오율식 $P_{eMCQPSK}$ 는

$$P_{eMCQPSK} = Q \left[\sqrt{\frac{E_s}{n_w}} \right]$$

$$\approx Q \left[\left\{ \frac{(U-1)}{(G_{MC}+1)} + \frac{N_0}{2E_b} \right\}^{-1/2} \right] \quad (13)$$

이다. 여기서 E_b/N_0 는 신호 대 잡음 전력비, U 은 사용자수이며 G_{MC} 는 처리이득이다.

라이시안 채널에서의 비트오율식은 식(11)와 식(13)에 의해서 식(14)와 같이 표현된다.

$$pe = \int_0^\infty P_{eMCQPSK} \cdot p(r) dr \quad (14)$$

III. 성능 개선 기법

3.1 BCH 부호화 기법

BCH 부호는 단일 오류만 수정할 수 있는 해밍 부호에서 여러 개의 산발 오류를 수정할 수 있는 다중 오류 수정부호로 확대시킨 것으로 이 부호 방식은 블록 길이, 부호율, 크기, 오차 정정 능력에 관한 광범위한 선택을 제공하는 강력한 순환 부호 방식에 속한다. 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 부호길이 $n = 2^m - 1$ 이고 n 비트 부호어에서 정정될 수 있는 에러, 즉 에러 정정 능력 t 는

$$t = \lfloor p/m \rfloor \quad (18)$$

이다. BCH 주어진 최소 거리 d_{min} 과 에러 정정 능력은 $2t + 1 \leq d_{min} \leq 2t + 1$ 인 관계가 있다 [8].

BCH 부호화를 행한 오율식 P_{BCH} 는

$$P_{BCH} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i \binom{n}{i} pe^i (1-pe)^{n-i} \quad (19)$$

이다. 여기서 P_e 는 부호화를 하지 않았을 때 채널의 오율값이다.

IV. 해석결과 및 검토

그림 3은 라이시안 심도가 10일 때 MC/CDMA 시스템 신호의 비트오율특성을 나타낸 그래프이다. 라이시안 심도가 10인 경우는 차량간 데이터 통신을 위한 시스템으로는 부적절함을 알 수 있었다.

그림 4는 그림 3과 동일한 조건에서 라이시안 심도가 12일 때의 MC/CDMA 시스템 신호의 비트오율특성을 나타낸 그래프이다. 라이시안 심도가 12인 경우에도 차량간 데이터통신을 위한 시스템으로는 부적절함을 알 수 있었다.

그림 5는 앞서 유도한 오율식을 차량간 거리 ($I=100$) 등을 파라메타로 계산한 결과에 라이시안 페이딩 환경하에서 MC/CDMA 시스템의 성능 향상을 위하여 BCH부호화기법(15, 7, 2)을 적용하였

을 때 다중접속 사용자수에 의한 오율 성능을 나타낸 그래프이다. $G_{mc}=512, 1024$ 일 때 데이터 서비스를 만족함을 알 수 있었다.

그림 6는 그림 5와 동일한 조건에서 라이시안 심도가 12일 때의 MC/CDMA 시스템 신호의 비트 오율 특성을 나타낸 그래프이다. 라이시안 심도가 12인 $G_{mc}=256, 512, 1024$ 인 경우에 차량간 데이터 서비스 기준을 만족함을 알 수 있었다.

IV. 결론

본 논문은 고신뢰도를 얻기 위해 MC/CDMA 시스템을 사용하였다. 수신신호의 수신성능 개선을 위해 BCH부호화기법을 적용하였다. BCH부호화기법 사용 결과 라이시안 심도가 10($G_{mc}=512, 1024$)인 경우와 라이시안 심도가 12($G_{mc}=256, 512, 1024$)인 경우에 근거리 차량간 데이터 서비스를 위한 비트오율특성을 보임을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] R. J. Bultitude & G. K. Bedal, "Propagation Characteristics on Micro Cellular Urban Radio Channels at 910MHz", *IEEE, Select. Area Commu.*, vol. 7, Jan. 1980.
- [2] Trnshar. Tank, Nathan, Yee and J. Linuartz, "Vehicle to Vehicle Communication for AVHS Platoon", *Proc. 44th IEEE Veh Tech. Cong.*1994.
- [3] W. Schafer, "Channel modelling of short range radio links at 60GHz for mobile inter vehicle communication," *IEEE TRANS. Technol.*, pp.314-319, May. 1991.
- [4] T. Imai and T. Fujii, "Indor Micro Cell Area Prediction System Using Ray-Tracing for Mobile Communication System," *IEEE Proc. PIMRC '96*, vol. 1, pp. 24-28, Oct. 1996.
- [5] K. Mizui, M. Uchida and M. Nakagawa. "Vehicle to vehicle communication and ranging systems using spread spectrum techniques." *In 13rd IEEE Veh. Tech. Conf.*, pp 335-338, Yokohama, May 1993.
- [6] J. L. Massey, "Shift-register synthesis and BCH encoding," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. IT-15, pp. 127-127, Jan. 1969.

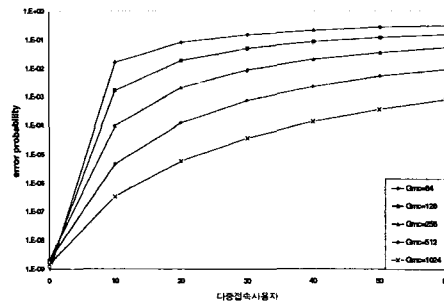


그림 3. K=10일 때 MC/CDMA 시스템 신호의 비트오율특성그래프

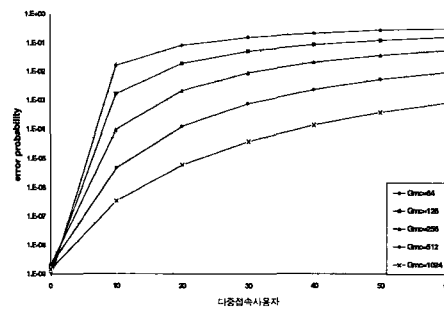


그림 4. K=12일 때 MC/CDMA 시스템 신호의 비트오율특성그래프

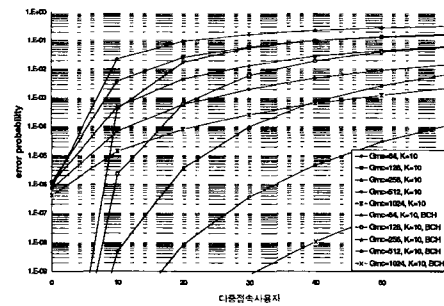


그림 5. K=10일 때 MC/CDMA 시스템에 BCH부호화 기법을 채용한 비트오율특성그래프

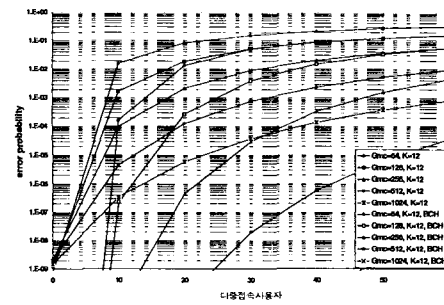


그림 6. K=12일 때 MC/CDMA 시스템에 BCH부호화 기법을 채용한 비트오율특성그래프