
밀리미터파 무선통신로에서 컨볼루션 코딩과 MRC 다이버시티에 의한 DS-CDMA/QPSK 시스템 성능 개선

김춘구* · 강희조* · 최용석**

Improvement Performance of DS-CDMA/QPSK System
with Convolution Coding and MRC Diversity in Millimeter Wave RF Channels

Choon-Gu Kim* · Heau-Jo Kang* · Young-Suk Choi**

이 논문은 2001년도 ETRI의 지원을 받아 연구되었음

요약

본 논문은 근거리 차량간 통신(IVC)에서 첨단차량도로시스템(AVHS)의 플래튼 주행에 적합한 One-Ray Rician 채널 모델을 적용하여 간섭신호에 강한 장점을 지닌 60GHz 밀리미터파에서 패킷 오율 특성을 분석하였다. 차후에 사용자의 욕구 증대에 따른 멀티미디어 서비스를 만족시키기 위해서 Convolution 부호화 기법과 MRC 다이버시티 수신 기법을 동시에 적용하였으며 그에 따른 DS-CDMA/QPSK System의 패킷 오율 특성을 분석하였다.

ABSTRACT

In this paper is adopted the One-Ray Rician channel model for AVHS's platoon to short-range IVC (Inter-Vehicle Communication System) and analyzed packet probability characteristics in 60GHz millimeter wave with very powerful to MP(multipath-wave). Both Convolution coding and MRC diversity is adopted that Multimedia service is satisfied following user's desire increase in the next and analyzed packet probability characteristics of DS-CDMA/QPSK systems.

키워드 : One-Ray Rician channel model, AVHS, IVC, 60GHz, Convolution coding, MRC diversity

1. 서론

지능형 교통체계, ITS의 한 분야인 첨단도로 교통 체계(AVHS : Advanced Vehicle Highway Systems)

는 지금까지의 교통기술은 교차로에서의 차량대기시간을 줄이기 위한 신호제어체계 중심으로 발전해 왔다.

사실 이러한 국부적 해결방식은 통과하는 수많은 교차로 중 어느 한 교차로만이 막히게 되더라도 관련

* 동신대학교 전기전자공학부
접수일자: 2001. 4. 20

** 한국전파통신연구원 무선·방송 연구소 전파자원연구팀

지역의 교통마비가 뒤따르고 목적지까지의 운행소요 시간을 최소화는 물론 예측조차도 할 수가 없게된다. 또한 기하급수적으로 증가하는 차량으로 인한 교통체증은 물론 운전자의 안전 그리고 이에 따른 물류비용의 증가로 사회적, 경제적 문제는 매우 심각한 상태이다. 더구나 이러한 추세는 앞으로도 계속될 전망이다. 만 차량의 증가에 따라 계속적으로 도로를 확충하기는 불가능하며 지역에 따라서는 이미 포화가 된 경우도 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 전자, 전기, 제어, 무선통신, 정보통신 등과 같은 최첨단 기술을 접목시켜 차량간의 주행 간격을 현재의 인간 운전자에 의한 주행 안전 간격보다 훨씬 좁힘으로써 단위 도로 면적 당, 또 단위시간 당 주행할 수 있는 차량의 대수를 2배 혹은 3배까지도 증가시키는 것을 목표로 하는 미래형 교통체계이다[1].

기존의 시스템인 ACC (ACC : Adaptive Cruise Control)는 자율자동주행 시스템으로 자차에만 거리 측정 센서 (예를 들어 레이더), 엑추레이터, 제어기 등을 장착함으로써 주변의 차량이나 도로와는 아무런 정보 통신 교환 없이 자율적으로 주행하는 장치이다. 이러한 연구는 일본, 미국, 유럽 등 선진 각 국에서 많은 연구가 수행되어 왔고 일부 자동차 회사에서는 상용화 단계에 있기까지 한다. 그러나 최근의 연구에 결과에 따르면 보다 많은 도로수용 능력의 증대는 차량의 개별적인 자동주행 에 의해서는 기대할 수 없고 차량간의 통신을 이용한 AVHS 주행에 의해 이루어질 수 있다고 알려져 있다. 즉, ACC는 차량의 개별적인 자체 제어으로써 주행되기 때문에 평균적으로 성취할 수 있는 차량의 간격이 플래툰 주행의 경우보다는 클 수밖에 없는 것이다. 또한 ACC 시스템은 일반도로상에서 인간 운전자에 의한 차량주행모드와 함께 주행하는 혼합주행을 대상으로 하기 때문에 적극적 개념의 도로용량 증대를 목표로 할 수는 없고 안전성 제고와 운전 편의성 증대를 목표로 하는 개념의 시스템인데 반해 AVHS 주행 제어 시스템은 일반 도로 환경이 아닌 고속도로와 같이 상당히 잘 제어된 교통 환경에서 전용차선을 이용할 경우 그 효과를 기대 할 수 있다. 이 시스템은 National Automated Highway Systems Consortium (NAHSC)에 의해 수년간 개발 지원 받은 결과를 1997년 8월 미국 샌디에고에서 AHS Demo를 통하여 전 세계적으로 성공적으로 발표하였다.

최근 차량간 이동통신에 관한 연구 동향은 광대역 스펙트럼을 이용하여 고속 디지털 전송이 가능하고, 전파의 특성상 파장이 짧아 안테나 및 기기의 소형화가 가능하고, 대역폭을 넓게 사용할 수 있어서 정보량을 고속으로 전송할 수 있으며 짧은 거리(수 Km)에서 대기의 주된 성분인 산소와 수증기의 감쇠가 심하게 일어나 주파수 재사용의 효율이 크며 간섭신호에 강한 장점을 지닌 60GHz 밀리미터파를 이용한 차량간 통신에 대한 연구가 세계 각 국을 비롯해 국내에서는 ETRI를 중심으로 활발한 연구가 진행중이다[2].

본 논문에서는 차량간의 통신에서의 신뢰성 확보를 위해 DS-CDMA/QPSK 시스템에 MRC 다이버시티 수신 기법과 Convolution 부호화 기법을 동시에 채용하였으며, AVHS의 플래툰 주행에 적합한 One-Ray 라이시안 채널 모델을 적용하여 차량간 거리에 따른 패킷 오류를 구하였다.

II. System Model

1. 차량간 통신 채널 모델

본 논문에서의 차량간 이동통신은 안테나가 가로등과 같이 낮은 위치에 설치되는 경우가 많아 송수신기 사이에 가시거리가 형성되어 직접파가 존재하는 채널 특성을 보인다. 최근 연구에 의하면 실외 마이크로 셀 채널 특성은 라이스 확률 분포를 갖는다고 밝혀졌다 [3]. 또한 선행차량에서 전송된 신호는 다중경로를 거친 후 후방 차량의 수신안테나에 수신되어 합쳐지게 되며 결과적으로 수신신호의 진폭이 매우 큰 계수 K_r 을 가지는 라이스 확률분포를 나타내게 된다[4].

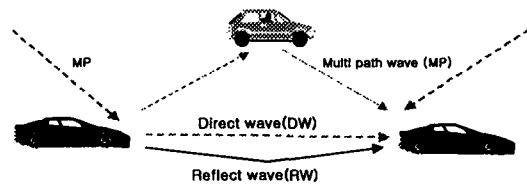


그림 1. 근거리 차량간 통신 채널 모델

그림 1은 차량간 통신채널의 전파모델을 보인 것이다. 차량 간 통신시스템 (IVC : Inter Vehicle Communication)에서 자신의 차와 근접한 차량과 데이터 교환

은 매우 중요하다. 이런 상황에서 송신기와 수신기 사이에 일반적으로 직접파가 존재하고, 동시에 지면 반사파 그리고 주위의 환경에 따른 다중경로가 존재하게 된다.

차량 간 통신 채널 모델은 환경에 따라 3가지를 생각할 수 있다.

첫 번째 모델은 지면 반사파 없이 직접파와 주위 환경(옆 차선의 차량, 도로 분리대 등)에서 생기는 다중경로파로 구성된 One-Ray 채널 모델이고 두 번째 모델은 직접파와 지면 반사파로 구성된 2-패스 채널 모델 그리고 마지막으로 3번째 모델은 2-패스 채널 모델에 멀티패스 성분이 더해진 Two-Ray 채널 모델이다.

본 논문에서는 플라톤(Platoon)주행 시 차량간 거리가 매우 짧아지게 되어 지면 반사파가 존재하지 않기 때문에 플라톤 주행에 적합한 One-Ray Rician 채널 모델을 채용한다[4].

60GHz 주파수대역으로 매우 높은 밀리미터파는 단거리 통신에 장점을 가지고 있어 거리에 따른 경로손실(Path Loss)은 매우 크다. 일반적으로 등방성 안테나를 사용했을 경우 경로손실은

$$L = \left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)^2 \quad (1)$$

이다. 여기서, D 는 송신기와 수신기사이의 거리이고, λ 는 주파수의 파장이다. 식(1)을 dB로 변환하면 식(2)와 같다.

$$L = 92.4 + 20 \log f + 20 \log R \quad (2)$$

여기서, f 는 주파수, R 은 안테나간이 가지거리이다.

60GHz대역에서는 산소와 수증기에 의한 영향이 크다. 따라서 이들의 감쇠를 고려한 수신신호는 식(3)과 같다.

$$P_r(\text{dBm}) = P_t(\text{dBm}) + G_t + G_r - \{(\alpha_{\text{oxygen}} + \alpha_{\text{rain}})d\} - L \quad (3)$$

그림 2는 송신 전력 P_t , 주파수의 파장(Wave Length) λ , 그리고 송신기와 수신기의 안테나 이득 G_t 와 G_r 을 고려하고, 60 GHz에서 산소 흡수 15 [dB/Km]와 강우량이 50 [mm/h]일 때의 감쇠량 17(dB/Km)을 이용하여 계산한, 거리에 따른 차량간 채널 모델의 수신신호 전력을 나타낸 것이다.

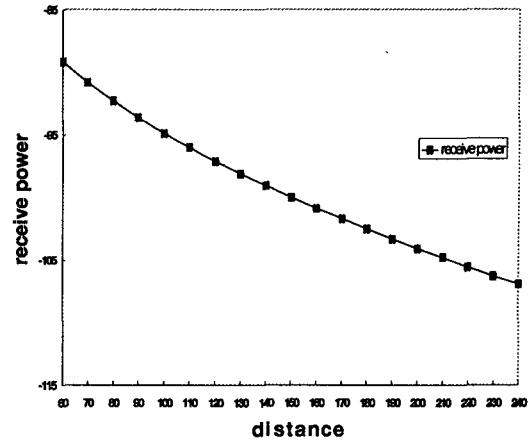


그림 2. 60GHz대역에서 산소흡수와 강우감쇠를 고려한 거리에 따른 수신신호 전력

P_{DW} 는 차량간 거리 d 에서 자유공간 전파에 따른 수신신호전력이다. 즉 지면 반사파가 없을 때의 수신전력을 나타낸다. P_{DW} 는 송수신간 거리에 따라 변하고, 참고거리 D_{ref} 에서 수신신호전력 P_{ref} 를 도입하여 도출하였다.

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

$$P_{DW} = P_{ref} \left(\frac{D_{ref}}{d}\right)^2 10^{(-\alpha_{\text{oxygen}} d)/10} \quad (5)$$

One-Ray Rician 채널 모델의 전력밀도 함수는

$$P_{ONE}(P) = \frac{K_1 + 1}{P_1} e^{-(K_1 + 1)\frac{P}{P_1} - K_1} \cdot I_0\left(2\sqrt{K_1(K_1 + 1)\frac{P}{P_1}}\right) \quad (6)$$

이다[5]. 여기서 $P_1(P_{DW} + P_{MP})$ 은 평균 수신전력, $K_1(P_{DW}/P_{MP})$ 은 직접파 전력대 반사파 전력비 그리고 $I_0(\cdot)$ 는 0차의 제 1종 변형 베셀 함수이다.

전체 평균 수신 신호 전력을 평균 신호 전력 대 잡음 전력 비로 대치하면 Γ 는

$$\Gamma = \frac{P}{K \times T \times F \times B} \quad (7)$$

이다. 여기서 P 는 평균수신전력, K 는 볼츠만 상수, T 는 수신기의 잡음온도, F 는 수신기 회로에서 잡

음지수 그리고 B 는 무선신호의 대역폭이다.

III. 차량간 DS-CDMA/QPSK 시스템

성능 해석 변조 방식을 QPSK로 가정한다. AWGN 환경에서 DS/CDMA-QPSK 시스템의 오류율 P_e 는

$$\gamma = \left[\left(\frac{E_b}{N_0} \right)^{-1} + \frac{2(U-1)}{3PN} \right]^{-1} \quad (8)$$

$$P_{e(QPSK)} = \text{erfc} \sqrt{\gamma} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \quad (9)$$

이다. 여기서 γ 는 DS/CDMA 시스템의 신호 대 잡음 전력비, U 는 사용자수이며 PN 은 PN코드 길이 그리고 E_b/N_0 는 비트 에너지 대 잡음 전력비이다.

라이시안 채널에서의 비트오율식은 식(6)와 식(9)에 의해서 식(10)과 같이 표현된다.

$$P_e = \int_0^{\infty} P_{e(QPSK)} \cdot P_{\text{Onc}}(P) dr \quad (10)$$

차량간 라이시안 채널에서 패킷오율은 비트오율과 관계가 있고, 패킷오율은 다음과 같다.

$$PER = 1 - (1 - P_e)^{PL} \quad (11)$$

여기서 P_e 는 비트 오율, PL 은 패킷 당 비트의 수이다.

그림 3은 앞에서 유도한 패킷오율식을 다중접속 사용자수(U)와 PN코드의 길이(PN), Rician 심도(K_r) 등을 파라미터로하여 가우스 잡음 환경에서 계산한 결과를 나타낸 패킷오율특성 그래프이다. PN코드의 길이

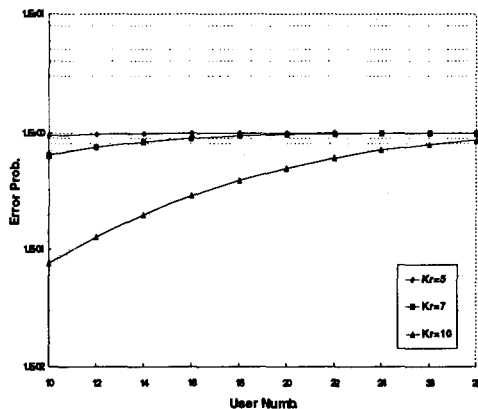


그림 3. DS-CDMA/QPSK 시스템 신호의 패킷오율특성을 255, 차량간 거리를 100M로 고정시키고 다중접속

사용자수 $U(U=10\sim 28)$ 를 변화시키는 경우에 대하여 다중접속 사용자수가 증가할수록 오류율이 현저하게 저하되며 특히 Rician 심도가 10인 경우 그 성능의 열화의 폭이 더 커짐을 알 수 있었다. 또한 계산된 결과치는 매우 열악한 결과치를 얻으며 Rician 심도의 값이 증가시키더라도 음성서비스 기준에 미치지 못함을 알 수 있었다.

M. 차량간 DS/CDMA 시스템의 성능 개선

4-1. MRC 다이버시티 수신기법

다이버시티 기법은 송신전력을 증가시키지 않으면서도 페이딩의 영향을 효과적으로 경감시킬 수 있는 방법으로 알려져 있다. 다이버시티 수신 기법이란 불완전한 신호레벨을 보상함으로써 페이딩의 영향을 줄이는 것을 말한다. 가장 많이 사용되고 있는 공간다이버시티는 공간적으로 서로 떨어진 다수개의 수신안테나를 이용하여 수신하되 다수개의 수신신호를 적당한 방법으로 합성하여 출력 신호를 얻는 방법이다. MRC 다이버시티는 다이버시티가지 입력의 위상을 모두 동상이 되도록 조정함과 더불어 각각의 포락선에 비례하여 가중치를 가하여 SNR이 큰 것일수록 합성 SNR이 크게 기여하도록 합성하는 방식이다.

Rician 페이딩 환경에서 N 가지 MRC 다이버시티의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$p_{MRC}(\gamma) = \left(\frac{K_r+1}{\Gamma} \right)^{\frac{N+1}{2}} \left(\frac{\gamma}{K_r N} \right) \cdot \exp\left(-K_r N - \frac{(K_r+1)\gamma}{\gamma_0}\right) \cdot I_{N-1}\left(2\sqrt{\frac{K_r(K_r+1)N\gamma}{\gamma_0}}\right) \quad (12)$$

여기서 K_r 은 Rician 심도, γ 는 순신호 전력 대 잡음 전력비, γ_0 는 평균 신호 전력 대 잡음 전력비, N 은 다이버시티 가지 수 그리고 $I_N(\cdot)$ 은 N 차의 제1종의 변형 베셀함수이다[6].

Rician 페이딩하에서 MRC 다이버시티를 채용했을 경우 DS-CDMA/QPSK 신호의 오류율은 잡음 환경에서의 오류율에 최대비 합성 다이버시티 확률밀도함수

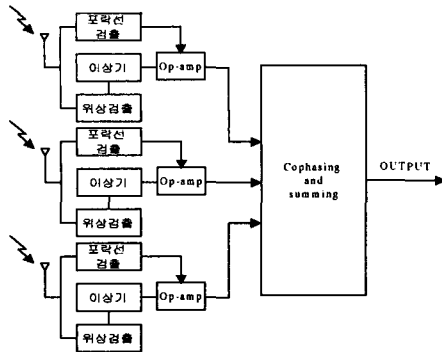


그림 4. 최대비 합성 다이버시티 (MRC 다이버시티)

를 이용하여 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$Pe_{(MRC)} = \int_0^{\infty} Pe_{(QPSK)} \cdot p_{MRC}(\gamma/\Gamma) d\gamma \quad (13)$$

여기서 γ 는 순시 신호 전력 대 잡음 전력비, Γ 는 검파기에 들어오는 평균 신호대 잡음 전력비이다

그림 5는 앞서 유도한 패킷 오류식을 Rician 심도 (Kr), 차량간 거리(d=100), PN 코드길이(PN) 등을 파라메타로 계산한 결과에 라이시안 페이딩 환경하에서 DS-CDMA/QPSK 시스템의 성능 향상을 위하여 공간 다이버시티기법 중, 최대비합성 다이버시티 수신기법을 이용하였으며 다이버시티 가지수(L=Non, 2, 3)를 적용하였을 때 다중접속 사용자수에 의한 패킷 오류 성능을 나타낸 그래프이다. 가지수가 2개인 경우에 약

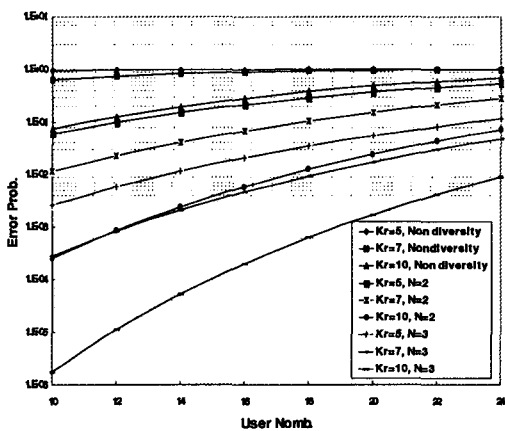


그림 5. 다중접속 사용자수에 따른 MRC다이버시티 수신기법을 채용한 DS-CDMA/QPSK 시스템 신호의 패킷오율특성

10^{-1} 의 성능 개선을 보이며 3개인 경우 Rician 심도가 10인 경우에 매우 큰 성능 개선을 보임을 알 수 있었다. 그러나 다중접속 사용자의 수가 증가할수록 성능의 열화가 심해짐을 알 수 있었다.

그림 6은 그림 5와 같은 조건에서 다이버시티 가지수(L=Non, 2, 3)를 적용하였을 때 다중접속 사용자의 수를 20으로 고정하고 차량간 거리에 따른 패킷 오류 성능을 나타낸 그래프이다. 차량간 거리에 따른 성능의 개선 폭을 크기 않으며 가지수가 3개, Rician 심도가 10인 경우에 음성서비스기준 (10^{-3})을 만족하고 있음을 알 수 있었다.

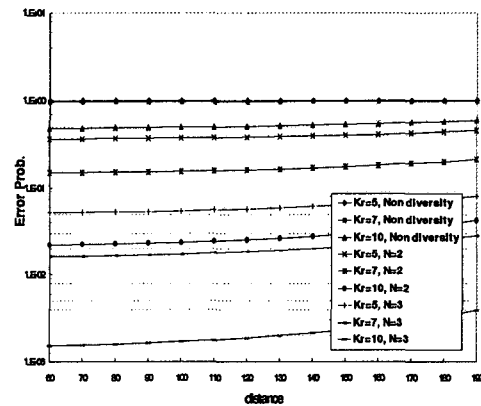


그림 6. 차량간 거리에 따른 MRC 다이버시티 수신기법을 채용한 DS-CDMA/QPSK 시스템 신호의 패킷오율특성

4-2. Convolution 부호화기법

에러검출 및 정정을 위한 부호화기법에는 크게 선형블록 부호화와 컨벌루션 부호화가 있다. 블록 부호화와 컨벌루션 부호에 대한 근본적인 차이는 기억장치의 유무에 있으며 블록부호의 부호기는 k비트의 정보를 n비트의 부호어로 만들어 내는 무기의 장치인 반면에 컨벌루션 부호의 부호기는 출력계열에 의해서도 결정되므로 기억이 있는 장치로 간주된다. 컨벌루션 부호의 특징은 가우스 잡음의 통신로에서 에러정정능력이 특히 우수하여 디지털 통신분야에서 그 성능이 인정되고 있다[7].

컨벌루션 코드의 인코더는 그림 2와 같은 모델을 이용하여 설명될 수 있다. 그림 7는 구속장이 3이고 부호율이 1/2인 컨벌루션 부호기를 나타낸다.

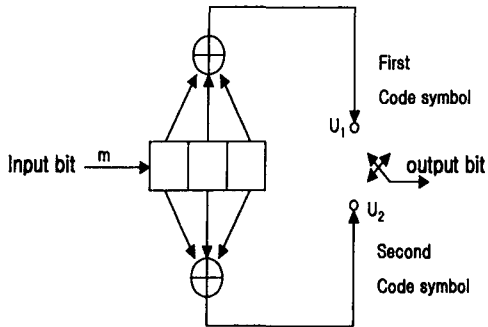


그림 7. 컨벌루션 부호기

여기서 U_1 은 위쪽 출력단을 표시하고 U_2 는 아래쪽 출력단을 나타낸다. 즉 1비트의 입력이 들어갈 때마다 2비트의 출력이 나온다. 본 논문에서 부호율이 1/2, 부호장이 7인 컨벌루션 부호의 비트 오류율은 다음과 같다.

$$P_{ec} \leq \frac{1}{2} (7D^7 + 39D^8 + 104D^9 + 352D^{10} + \dots) \quad (14)$$

여기서 D 는 Bhattachayya의 상한식으로서 다음과 같이 주어진다[8].

$$D = 2\sqrt{\frac{Pe(1-Pe)}{M-1}} + \left(\frac{M-2}{M-1}\right) \cdot Pe \quad (15)$$

여기서 Pe 는 변조신호의 오류율이다.

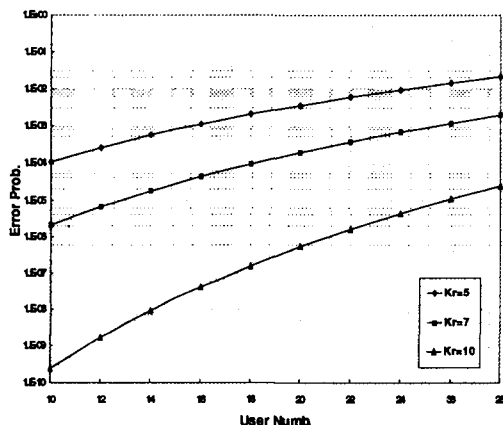


그림 8. One-Ray Rician 채널 환경에서 Convolution 부호화 기법을 채용한 DS-CDMA/QPSK 시스템 신호의 패킷오율특성

그림 8은 One-Ray Rician 환경하에서 DS-CDMA/

QPSK 시스템에 대하여 컨벌루션 부호화기법을 채용하였다. MRC 다이버시티 수신 기법을 채용한 결과에 비해 그 성능의 개선 폭이 매우 크울 알 수 있었으며 Rician 심도가 10인 경우는 약 10^{-8} 의 매우 큰 성능의 개선을 보임을 알 수 있었다.

4-3. MRC 다이버시티와 Convolution 부호화 기법을 동시에 이용한 성능 개선

컨벌루션 부호화기법과 MRC 다이버시티 수신기법을 동시에 적용한 경우 그림 9과 같은 패킷오율특성을 보인다.

그림 9는 Rician 심도(Kr), 차량간 거리(d=100), PN 코드길이(PN) 등을 파라메타로 계산한 결과에 라이시안 페이딩 환경하에서 DS-CDMA/QPSK 시스템의 성능 향상을 위하여 최대비합성 다이버시티 수신기법(L=2)과 컨벌루션 부호화 기법을 동시에 채용하여 다중접속 사용자수에 의한 패킷 오율 성능을 나타낸 그래프이다. Rician 심도의 크기가 증가함에 따라 성능의 개선 폭은 매우 커짐을 알 수 있었으며 다중접속 사용자에 의한 성능의 열화의 폭 또한 매우 커짐을 알 수 있었다.

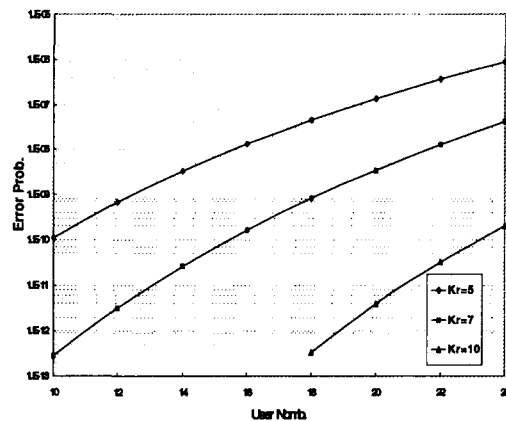


그림 9. One-Ray Rician 채널 환경에서 MRC 다이버시티 수신기법과 컨벌루션 부호화 기법을 동시에 채용한 DS-CDMA/QPSK 시스템 신호의 패킷오율특성

V. 결론

본 논문은 AVHS의 구축을 위해 요구되어지고 있는 단거리 통신 시스템의 성능을 분석하였다. 차량간

통신에서는 운전자의 안전과 직결되기 때문에 신뢰성 있는 차량간 통신이 요구된다.

따라서 신뢰성 확보를 위해 차량간 MRC 다이버시티 수신 기법과 Convolution 부호화 기법을 동시에 채용하였으며, AVHS의 플래튼 주행에 적합한 One-Ray 라이시안 채널 모델을 적용하여 차량간 거리에 따른 패킷 오율을 구하였다.

60GHz에서 산소 흡수 감쇠량이 15 [dB/Km]와 시간당 강우량이 50mm일 때의 강우에 의한 감쇠량이 17[dB/Km]일 때 시스템의 성능 분석 결과 One-Ray Rician fading 환경인 경우에 산소 흡수와 강우 감쇠에 따른 성능의 저하로 인해 음성 서비스 기준에도 미치지 못하는 매우 열악한 결과를 얻을 수 있었다. 성능 개선 기법으로 MRC 다이버시티 수신 기법을 채용한 결과 가우시안 잡음 환경과 마찬가지로 다중접속 사용자 수가 20명으로 증가 될 때 즉 플래튼 주행에서 가장 많은 사용자가 동시에 접속한다면 음성서비스에 미치지 못함을 알 수 있었다.

Convolution 부호화 기법을 채용했을 때는 Rician 심도가 7인 경우 음성 서비스를 10인 경우 데이터 서비스를 만족할 정도로 매우 성능의 개선 폭이 큼을 알 수 있었다. 그러나 앞으로 사용자의 욕구 증대에 따른 멀티미디어 서비스 기준에는 미치지 못함으로 이를 개선 하고자 MRC 다이버시티 수신 기법과 Convolution 부호화 기법을 동시에 적용하였으며 Rician 심도가 7, 10인 경우에 멀티미디어 서비스 기준을 만족함을 알 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안하고 있는 MRC 다이버시티 수신 기법과 Convolution 부호화 기법을 동시에 적용함으로써 향후 플래튼 주행 시 차량간 이동 통신에서 멀티미디어 서비스를 만족함을 알았다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 ETRI 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참고문헌

[1] S. D. Elliott, and D. j. Dailey, "Wireless Communications For Intelligent Transportation Systems," Norwood, MA: Artech House, 1995.
 [2] W. Schafer, "Channel modelling of short range radio links at 60 GHz for mobile inter

vehicle communication," IEEE Trans. Tech., pp. 314-319, May 1991.

[3] R.J.Bultitude and G.K.Bedal, "Propagation characteristics on micro cellular urban radio channels at 910MHz", IEEE J. Select. Area Commun., vol. 7, pp 31-39, Jan. 1980.
 [4] T. Tank, Nathan. Yee & J. Linuartz, "Vehicle-to-vehicle communication for AVHS Platoon", Proc. 44th IEEE Veh Tech. Cong. 1994.
 [5] N. Naitou, "Micro and Millimeter Wave Engineering," Corona pub., LTD, 1986.
 [6] M. Schwartz., Communication System and Techniques, New York : McGraw-Hill, 1996.
 [7] Rhee, M. Y., Error Correcting Coding Theory. McGraw-Hill, 1989.
 [8] Viterbi, A. J., "Convolution codes and their performance in communication system," IEEE Trans. commun. Technol., col. COM-19, pp. 751-772, Oct. 1971.



김춘구(Choon-Gu Kim)

1975. 7. 24일생
 2000. 2 동신대학교 전기전자공학과 졸업(학사)
 2000. 3~현재 동신대학교 전기전자공학과(석사과정)
 1998. 10~현재 동신대학교

전기전자공학과 무선고도정보시스템 Lab
 [주 관심분야]: ITS통신시스템, PELD, 밀리미터파 통신



강희조(Heau-Jo Kang)

1994. 2 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학박사)
 1994. 7 ~ 1995. 12 전자통신연구원 위성망 연구소 초빙연구원
 1996. 8 ~ 1997. 8 오사카 대학교 공학부 통신공학과 post Doc.

1998. 3 ~ 1998. 8 전자통신연구원 무선이동 위성통신시스템 연구소 초빙연구원
 1990. 3 ~ 현재 동신대학교 전기전자공학부 교수

1999.12~ 현재 동신대학교 기술혁신센터 부소장
2000. 7 ~ 현재 동신대학교 지역산업정보화센터장
[주 관심분야]: 무선통신, 이동통신 및 위성통신, 환경전자공학, 무선광통신, 밀리미터파 통신, ITS 통신 시스템, 멀티미디어통신, PELD



최 용 석(Young-Suk Choi)

1982 연세대학교 천문우주공학과
(이학사)

1994 동경대학교 대학원 전파물리
학과(이학박사)

1983~1986 공군 레디다 분석관
(중위)

1987. 2~현재 한국전자통신연구원 무선방송기술연
구소 전파기술 연구부 책임연구원(전파응용연구팀
팀장)

[주 관심분야]: 전파전파 특성 예측 모델링, 위성 및
지상 밀리미터파 무선통신