

임펄스 잡음과 나카가미 페이딩이 존재할 때 다이버시티 기법과 오류정정 부호를 이용한 무선통신 DS/CDMA 시스템의 오율 특성

Performance of Radio Communication DS/CDMA System with Diversity Technique and BCH Coding under Impulsive Noise and Nakagami Fading

김지웅* · 강희조* · 이권현**

Ji-Woong Kim* · Heau-Jo Kang* · Kwon-Hyun Lee**

요 약

본 논문에서는 다중접속간섭, 임펄스 잡음과 나카가미 페이딩 환경에서 DS/CDMA DQPSK 통신시스템의 BER 성능을 분석하였다. 고려되는 DS/CDMA DQPSK 통신시스템은 제안한 시스템의 성능을 향상시키기 위하여 최대비 합성(MRC) 다이버시티 수신기법과 오류 정정 BCH 부호화 기법을 채용하였다. 유도한 오율 식을 이용하여 DS/CDMA DQPSK 통신시스템의 성능을 구하여, 임펄스 지수(A), 가우시안 잡음 전력 대 임펄스 잡음 전력비(I'), 다중접속간섭(K), 나카가미 페이딩 파라미터(m), MRC 다이버시티 가지수(L), 부호의 오류 정정 능력(t), 직접확산 처리 이득(N)과 신호 전력 대 잡음 전력비(E_b/N_0)을 함수로 하여 오율 그래프로 나타내고 분석하였다. 분석한 결과, 제안하는 시스템의 성능은 무선통신시스템환경에서 다중접속간섭, 임펄스 잡음과 나카가미 페이딩에 의해 영향을 받을 수 있다. 또한 희망하는 신호의 전력이나 임펄스 지수, 가우시안 잡음 전력 대 임펄스 잡음 전력비를 증가시켜 DS/CDMA DQPSK 통신시스템의 BER 성능을 개선할 수 있음을 알 수 있었다. 그리고 다중접속간섭, 임펄스 잡음과 나카가미 페이딩의 영향을 억압하기 위해서는 MRC 다이버시티 수신된 DS/CDMA DQPSK 통신시스템보다는 BCH(15,7) 부호화 기법을 적용한 DS/CDMA DQPSK 시스템이 효율적임을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, the bit error rare (BER) performance of DS/CDMA DQPSK communication system in the presence of multi access interference, impulsive noise and Nakagami fading is investigated. The DS/CDMA DQPSK communication system adopts Maximum Ratio Combining (MRC) diversity reception and error correcting BCH code technique to enhance system performance. Using the derived error probability equation, the error rate performance of DS/CDMA DQPSK communication system has been evaluated and shown in figures to discuss as a function of impulsive index(A), Gaussian noise to impulsive noise power ratio(I'), multi access interference(K), Nakagami fading parameter(m), the number of diversity branch (L), the number of error correction symbol (t), PN code sequence length(N) and E_b/N_0 . The error performance of DS/CDMA-MDPSK signals

* 동신대학교 전기전자공학과(Dept. of Electrical and Electronic Eng., Dongshin Univ.)

** 독립담양대학 전기전자과(Dept. of Electrical and Electronic, Provincial College of Damyang)

· 논문 번호 : 990205-010

· 수정완료일자 : 1999년 5월 6일

improve by adopting MRC diversity and BCH(15,7) coding technique in the environment of impulsive noise plus Nakagami fading. From the results, we known that proposed system is affected by multi access interference, impulsive noise and Nakagami fading in radio communication system environment. Also, BER performance of DS/CDMA DQPSK communication system cam be improved increasing either the power of desired signal or the value of Gaussian noise to impulsive noise power ratio. And BCH(15,7) code technique is more effective to restrain the affection of multi access interference, impulsive noise and Nakagami fading in DS/CDMA DQPSK communication system than MRC diversity reception technique.

I. 서 론

최근 들어 사회생활이 복잡해지고 고도화됨에 따라 병원, 공장, 공항, 사무실, 백화점 등의 실내에서 다수의 이용자들에게 고품질의 다양한 무선 통신 서비스(무선 LAN, 무선 PABX)를 제공할 수 있는 실내 무선 통신 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{[1],[2]}.

현재 차세대 무선 LAN에 SS(Spread Spectrum : 대역확산)기법을 이용하려는 연구가 진행중에 있다. SS는 원래 의도적 전파방해(jamming)에 대해 비화가 가능하여 과거에는 군사용 목적으로 사용되었으나 최근 들어 이의 장점을 상업적으로 이용하려는 연구가 활발하다. 특히 무선 LAN, PCN(개인 휴대통신), 디지털 셀룰라 시스템과 같은 새로운 분야에서 SS 방식을 보다 효율적으로 활용할 수 있는 "Reoptimized"에 대한 연구가 진행되고 있다. SS기법은 반사로 인해 발생하는 다중경로 페이딩에 강하다는 장점을 가지고 있고 다중접속이 가능하다. 또한 주어진 주파수 대역을 보다 효율적으로 사용할 수 있으며, 각 사용자마다 고유한 ID 코드(PN 코드)를 사용하므로써 개인의 비밀을 보장할 수 있는 능력을 가지고 있다^{[3],[4]}.

실내무선채널의 페이딩율은 데이터 비트율보다 늦어 채널 특성 파라메타는 연속적인 2 비트 간격에서는 크게 변동되지 않는다. 따라서 실내 무선채널에서는 DPSK(Differential PSK)변조방식이 유

리하다^{[5],[6]}.

실내 무선 시스템의 오율특성에 관한 기존의 연구로서는 참고문헌^{[5]~[8]}이 있는데 이들 논문에서는 가우스 잡음과 레일리 페이딩 환경에서 시스템의 오율 특성을 분석하였다. 그러나 실내의 전파 환경은 사무실내의 기자재 및 기계로 발생하는 비가우스성(Impulsive) 인공잡음의 영향을 받을 수 있으므로^[9] 이에 대한 영향을 고려해야 한다. 참고 문헌 [5]~[8]에서는 2진(binary) DPSK 신호 방식에 대해서만 해석하였는데 본 논문에서는 Binary DPSK 신호 방식에 대한 해석을 M-ary로 확장하여 DS/CDMA-MDPSK 신호가 임펄스 잡음(impulsive noise)과 나카가미 페이딩 환경에서 어떤 영향을 받는가를 알아내기 위해 임펄스 지수 (A), 가우스 잡음 전력대 임펄스 잡음 전력비 (Γ'), 다중접속간섭 수 (K), PN 코드 길이(N), 페이딩 지수(m) 및 비트 에너지 대 잡음 전력밀도비 (E_b/N_0)를 변수로 하여 해석하고 성능개선 기법으로 최대비 합성 다이버시티기법과 오류 정정 부호인 BCH 부호화 기법을 적용하여 성능의 개선 정도를 해석하였다.

II. 해석모델

2-1 시스템 모델

본 논문에서는 나카가미 페이딩 환경에서 임펄스 잡음과 다중접속간섭이 존재하는 DS/CDMA

임펄스 잡음과 나카가미 페이딩이 존재할 때 다이버시티기법과 오류정정 부호를 이용한 무선통신 DS/CDMA 시스템의 오율 성능

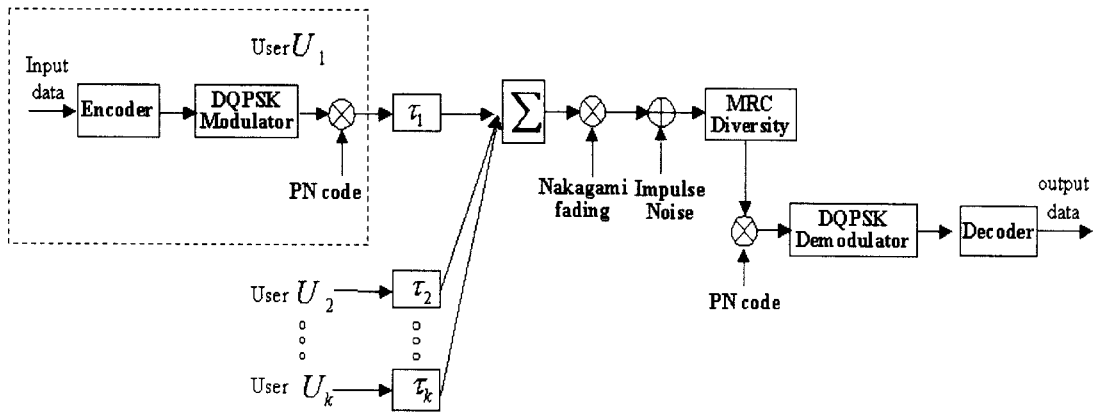


그림 1. 시스템 모델

Fig. 1. System model.

통신시스템의 역방향 링크 전송을 가정하며 해석 모델은 그림 1과 같이 나타내고, 다중접속간섭 수는 K (사용자 A_1, A_2, \dots, A_U) 이고, PN 코드 길이는 N , 정보 지속시간은 T 이다. 각각의 사용자는 동일한 전력과 서로 다른 PN 코드가 할당된다. Asynchronous 시스템에서 나타나는 시간지연 τ_i ($i=1, 2, \dots, K$)는 0과 T 사이의 임의의 값이다.

2-2 임펄스 잡음(Impulsive noise)

임펄스 잡음은 D. Middleton씨가 제안한 가우스 잡음을 포함시켜 무한개의 가우스 분포가 혼합된 형태로 해석하는 방법으로써 임펄스 잡음의 방사 지속 시간과 수신기의 ARI (Aperture-RF-IF)단에 있어서 대역폭의 관계에 따라 A급, B급, C급의 세 가지로 분류된다. 즉 수신기 front end의 대역폭보다 잡음의 대역폭이 좁은 것이 A급, 넓은 것이 B급, 양자를 포함하는 것이 C급이다. 본 논문에서는 그 중에서 수신기의 ARI단에 있어서 과도 현상을 무시할 수 있는 A급 임펄스 잡음 모델을 도입하기로 하는데, A급 협대역 임펄스 잡음의 동상 (inphase)축 및 역상(quadrature)축에 대한 p.d.f.는 각각 다음과 같다^[10].

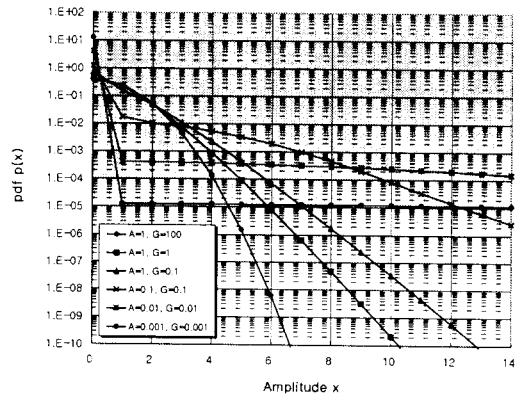


그림 2. A급 협대역 임펄스 잡음의 p.d.f.

Fig. 2. The p.d.f of class A impulsive noise.

$$p(x) = e^{-A} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{A^j}{j!} \frac{1}{\sqrt{2\pi W \sigma_j^2}} \exp\left[-\frac{x^2}{2W \sigma_j^2}\right] \quad (1)$$

$$p(y) = e^{-A} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{A^j}{j!} \frac{1}{\sqrt{2\pi W \sigma_j^2}} \exp\left[-\frac{y^2}{2W \sigma_j^2}\right] \quad (2)$$

단, $\sigma_j^2 = \frac{j(A+\Gamma')}{1+\Gamma'}$, $W (= \sigma_G^2 + \Omega_1)$: 전체 잡음 전력, $\Gamma' (= \sigma_G^2 + \Omega_1)$: 가우스 잡음 전력대 임펄스 잡음 전력비, A : 임펄스 지수.

잡음전력 W 가 일정하다면 임펄스잡음 전력성

분이 크거나 (Γ' 가 작다) 임펄스의 발생빈도 A 가 작을 때가 임펄스성이 강한 잡음을 나타낸다. 즉, A 와 Γ' 의 값이 크면 클수록 가우스 잡음에 가까워지며 A 와 Γ' 의 값이 작으면 작을수록 임펄스성이 강한 잡음이 된다. 이를 그림 2에 나타낸다.

2-3 나카가미 페이딩

m 분포는 나카가미가 단파대에 있어서의 대규모 실험에 기초하여 찾아낸 것인데 심도 지표라고 부르는 파라미터 m 의 값에 의해 중단파부터 마이크로파에 이르는 무선통신로에서 발생하는 여러 가지 형태의 포락선 변동을 나타낼 수 있다. m -분포 페이딩에서 m 은 페이딩의 심도를 나타내는데 페이딩 지수(fading figure)라고도 부르며 이 값의 범위 $1/2 \leq m < \infty$ 이다. m -분포 페이딩에서 m 의 값이 1일 때는 레일리 페이딩이 되며 $m > 1$ 일 때는 라이시안 페이딩을 나타낸다^[11].

나카가미 페이딩을 받은 수신 신호의 순시 진폭 α 에 대한 확률분포함수는 다음과 같이 주어진다.

$$p_{\alpha}^2(\gamma) = \frac{m^m \cdot \gamma^{(m-1)}}{\Gamma(m) \cdot \gamma_b^m} \exp\left(-\frac{m\gamma}{\gamma_b}\right), \quad 0 \leq R \leq \infty \quad (3)$$

단, $m(\geq 1/2)$: 페이딩 지수, γ_b : 페이딩을 받는 신호의 평균 전력, γ : 순시 페이딩.

그림 3.1에 여러 가지 페이딩 지수 (m)에 따른 나카가미 페이딩 분포곡선을 나타낸다.

2-4 다중접속간섭 모델

기준 사용자에게 다른 사용자의 신호는 동일 채널 간섭신호가 되는데 일반적으로 사용자 i 로부터 간섭을 받을 때 간섭신호는 다음과 같이 표현된다.

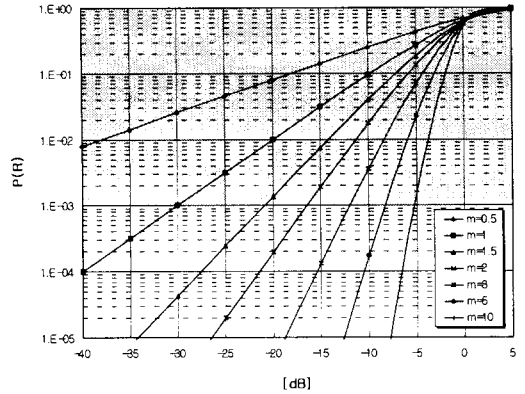


그림 3.1. 나카가미 분포

Fig. 3.1. Nakagami distribution.

$$s_i(t) = \sqrt{2P_i} a d_i c_i(t) \cos(2\pi f_c t + \phi). \quad (4)$$

여기서 P_i 는 i 번째 심볼의 송신전력이고 $d_i = \pm 1$ 로서 i 번째 심볼 구간 동안 보내진 데이터 비트이며, $c_0(t)$ 는 0번째 사용자에게 주어지는 고유한 PN 코드로서 다음과 같이 표현된다.

$$c_0(t) = c_1 = \pm 1$$

단 $(i-1)T_s + lT_c \leq t < (i-1)T_s + (i+1)T_c$.

여기서 $l=0, \dots, N-1$ 이고 T_c 는 칩 간격이다.

수신기에서의 수신 전력은 $\sqrt{2P_i} \cdot a$ 로 표현되며, 이때 a 는 순시 페이딩 진폭을 표시한다. T_s 는 N 개의 칩을 가지는 심볼의 주기로서 $T_s = N \cdot T_c$ 로 표현된다. 역확산후 상관 특성이 우수한 정합필터(matched filter)를 사용할 때 정합필터 출력단의 신호성분은 $d_i \alpha \sqrt{E_{bi}}$ 이며, $E_{bi} = P_i \cdot T_s$ 로서 i 번째 심볼 에너지이다. f_c 는 반송주파수로서 모든 사용자가 동일하며, ϕ 는 기준 사용자 신호에 대한 위상 차로서 $[0, 2\pi]$ 에서 일양 분포한다고 가정한다. 기지국이 동일 셀 내의 모든 사용자에게 같은 전력으로 신호를 송신한다면 간섭신

임펄스 잡음과 나카가미 페이딩이 존재할 때 다이버시티기법과 오류정정 부호를 이용한 무선통신 DS/CDMA 시스템의 오율 성능

호도 기준 신호와 똑같은 경로손실을 갖는다고 간주할 수 있다. 이때 DPSK 복조기내 정합필터 출력단에서의 하나의 간섭신호의 출력은 다음과 같다^[12].

$$\sigma_I^2 = \frac{E_b \cdot \alpha^2}{3PN}, \quad (5)$$

단, PN : 확산처리이득

기준 사용자 이외의 다른 사용자에 의한 다중접속간섭은 가우시안 랜덤 변수로 간주할 수 있다. 따라서 간섭신호의 전력 스펙트럼 밀도를 N_I 라고 하면 $\sigma_I^2 = N_I/2$ 이므로 하나의 간섭신호가 다중접속간섭에 기여하는 정도는 다음과 같다^[12].

$$MAI = N_I = \frac{2}{3PN} E_b \cdot \alpha^2, \quad (6)$$

그러므로 모든 다중접속간섭을 고려한 DS/CDMA 시스템의 신호 대 잡음비 (SNR)는 다음과 같다.

$$SNR = \frac{E_b \cdot \alpha^2}{\frac{2(K-1)}{3PN} E_b \cdot \alpha^2 + \frac{N_0}{2}} \quad (7)$$

단, $N_0/2$: 가우시안 잡음의 전력스펙트럼 밀도, K : 다중접속간섭 수.

III. 나카가미 페이딩 환경에서 임펄스 잡음과 다중접속간섭이 존재하는 DS/CDMA 통신시스템의 오율 특성

페이딩이 존재하지 않는 환경에서 단지 가우시안 잡음의 영향에 의한 신호의 오율식은 그림 3.2의 신호점 P_1 이 판정 레벨을 넘어서 P_2 로 잘못 판정될 확률이므로 잡음의 확률밀도함수 $p_G(x)$ 를 �레쉬홀드 $d_M/2$ 에서 무한대까지 적분하면 된다^{[13],[14]}.

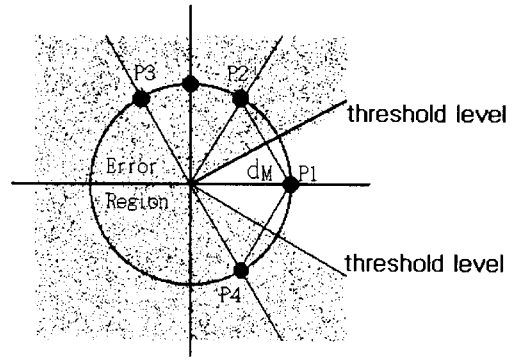


그림 3.2. 수신 신호의 합성 페이저도

Fig. 3.2. Composite phase diagram of reception signal.

$$\begin{aligned} P_{eG1} &= \int_{\frac{d_M}{2}}^{\infty} p_G(x) dx \\ &= \int_{S \sin(\pi/M)}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_G^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_G^2}\right) dx \\ &= \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{SNR} \cdot \sin \frac{\pi}{2M}\right). \end{aligned} \quad (8)$$

또한 P_{eG1} 의 면적과 P_{eG2} 의 면적은 같으므로 전체 부호오율은 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} P_{eG-MDPSK} &= P_{eG1-MDPSK} + P_{eG2-MDPSK} \\ &= \operatorname{erfc}\left(\sqrt{SNR} \cdot \sin \frac{\pi}{2M}\right), \end{aligned} \quad (9)$$

단, SNR : 비트 에너지 대 잡음 전력 밀도비 (E_b/N_0), S : 송신신호의 진폭, σ_G^2 : 잡음의 전력.

3-1 임펄스 잡음이 존재할 때

임펄스 잡음에 의한 DS/CDMA-MDPSK 신호의 오율식 P_{eI} 는 가우시안 잡음의 p.d.f.와 임펄스 잡음의 p.d.f. 사이의 관계에 의해 곧바로 식 (4)로부터 다음과 같이 구해진다.

$$P_{eI} = e^{-A} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{A^j}{j!} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{SNR/\sigma_j^2} \cdot \sin \frac{\pi}{2M}\right) \quad (10)$$

3-2 임펄스 잡음과 페이딩이 함께 존재할 때

나카가미 페이딩을 받고 임펄스 잡음의 영향을 받을 경우 신호의 오율식은 다음과 같이 구해진다.

$$P_{eIF} = \int_0^\infty e^{-A} \sum_{j=0}^\infty \frac{A^j}{j!} \operatorname{erfc}(\sqrt{SNR/\sigma^2} \cdot \sin \frac{\pi}{2M}) \cdot p_a^2(\gamma) d\gamma \quad (11)$$

3-3 임펄스 잡음에 나카가미 페이딩과 다중접속 간섭이 존재할 때 다이버시티와 부호화 기법에 의한 성능 해석

3-3-1 MRC 다이버시티 기법

다이버시티 수신 기법은 동일한 신호를 2개 이상의 가지(branch)로 수신하여 송신전력을 증가시키지 않으면서도 페이딩의 영향을 효과적으로 줄일 수 있다. 본 논문에 고려한 MRC 다이버시티 기법은 다이버시티 가지 입력의 위상을 모두 동상이 되도록 조정함과 동시에 각각의 포락선에 비해하여 가중치를 가하여 SNR이 큰 신호일수록 합성 SNR에 크게 기여하는 방식으로서 여러 다이버시티 기법 중 가장 효과적이다^[15]. 그림 4는 가지 수가 2인 MRC 다이버시티 구조를 나타낸다. 본 논문에서는 다이버시티 수신 기법중 개선 효과가 가장 우수한 MRC 다이버시티 합성 기법을 채용하여 페이딩에 의한 성능 저하를 보상한다. 가지의 수가 L인 MRC 다이버시티 출력단의 SNR은 다음과 같다.

$$r = \sum_{k=1}^L r_k \quad (12)$$

여기서, $r_k(k=1, 2, \dots, L)$ 는 k 번째 다이버시티가지의 신호 전력 대 잡음 전력비이다. 각각의 페이딩이 독립적이라고 가정하면, 나카가미 페이딩 채널에서 MRC 다이버시티 수신기에서 수

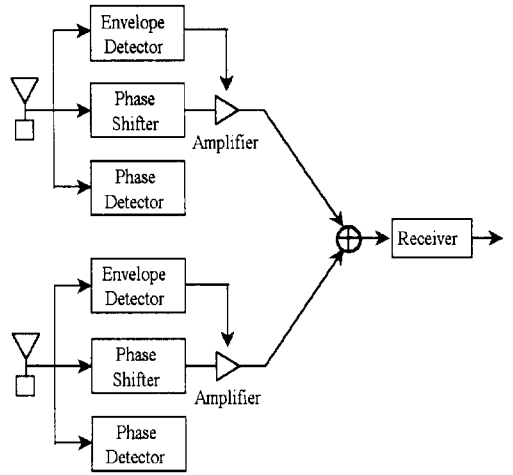


그림 4. 최대비 합성 다이버시티 수신 기법 구조
Fig. 4. Maximum ratio combining diversity reception technique structure.

신된 신호의 확률밀도함수는 다음과 같다^[16].

$$p_L(\gamma) = \frac{m^{mL} \gamma^{mL-1}}{\Gamma(mL) \gamma_{av}^{mL}} \exp\left(-\frac{m\gamma}{\gamma_{av}}\right), \quad (13)$$

단, L 은 다이버시티 가지수.

임펄스 잡음과 나카가미 페이딩이 존재하는 환경에서 MRC 다이버시티 기법에 의한 DS/CDMA-MDPSK 신호의 오율식은 다음과 같다.

$$P_{eIFD} = \int_0^\infty P_{eI} \cdot p_L(\gamma) d\gamma \quad (14)$$

3-3-2 BCH 부호화 기법

앞절에서는 가우시안(AWGN)잡음과 나카가미 페이딩과 임펄스 잡음이 함께 존재하는 무선통신 환경에서 DQPSK 신호를 다이버시티 기법으로 수신했을 경우의 오율성능에 대해 다루었다. 그러나 이런 환경에서 발생하는 에러는 다이버시티 기법만으로는 신호의 품질이나 신뢰성을 높일 수 없기 때문에 이런 에러를 제어하기 위한 방법으로 에러 정정 부호를 이용하므로써 통신로에서 발생하는

에러를 수신측에서 제어할 수 있다. 선형부호 중의 하나로 순회 부호가 있는데 순회부호는 풍부한 대수적 구조를 가지고 있어서 지금까지 많은 연구 결과가 발표되어 있다. 순회부호는 부호화와 신드롬 계산 회로 구성이 간단하여 가장 많이 실용화되어 있으며, 순회부호 중 BCH(Bose-Chaudhuri-Hocquenghem Codes) 부호는 에러 정정 부호로서 잘 알려진 부호 중의 하나이다. BCH 부호화는 넓은 범위의 부호장과 에러 정정 능력을 갖고 있으며 부호장이 수천 이하의 경우, 같은 정도의 부호장과 에러 정정 능력을 갖는 부호 중에서 용장도가 제일 작은 우수한 부호이다.

일반적으로 부호화 기법을 도입하면 오율의 성능은 개선되나 대역폭이 넓어지므로 주어진 대역폭내에서 전송속도는 떨어지게 되는데 본 논문에서는 부호화를 행하더라도 정보전송을 하기 충분한 전송 대역폭이 확보될 수 있다는 가정 하에 해석한다^{[17],[18]}.

BCH 부호화를 할 경우 신호가 직교 신호일 때 오율 식은 다음과 같다.

$$P_{elFB} = \frac{1}{n} \sum_{i=t+1}^n i \binom{n}{i} P_{elF}^i (1 - P_{elF})^{n-i} \quad (15)$$

단, $\gamma(=k/n)$: 부호율, $t=[(d-1)/2]$: 채널의 비트 에러수, 즉 에러 정정 능력, a : 부호의 최소 거리, n : 블록의 최소 거리.

IV. 해석결과 및 검토

본 장에서는 직접확산 기법에 다중접속 간섭과 나카가미 페이딩에 임펄스 잡음이 동시에 존재하는 통신시스템에서 MRC 다이버시티 수신기법과 BCH 부호화 기법을 적용한 DS/CDMA DQPSK 시스템의 성능을 신호 전력 대 잡음 전력비, 다중접속간섭, 나카가미 페이딩 파라미터, MRC 다이버시티 가지 수, 부호 오류 정정 능력, 직접확산 처리 이득을 함수로 하여 임펄스 잡음과 나카가미

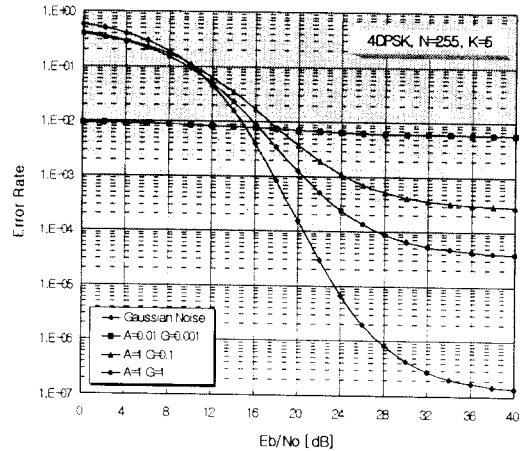


그림 5. 임펄스 잡음환경에서의 DS/CDMA-QDPSK 신호의 오율 특성 ($N=255, K=5$)

Fig. 5. Error probability of DS/CDMA-QDPSK signal in impulsive noise environment.

페이딩 영향을 알아보고 MRC 다이버시티와 BCH 부호화 기법을 적용한 DS/CDMA DQPSK 시스템의 성능 개선량을 정량적으로 비교, 분석하여 그림 5~8에 나타내었다.

그림 5는 $N=255$ 이고 $K=5$ 인 경우에 대해 DS/CDMA DQPSK 신호의 오율특성을 A 와 Γ' 의 변화에 따라 나타낸 것인데, 강한 임펄스 잡음 환경($A=0.001, \Gamma'=0.001$)에서는 E_b/N_0 를 20 [dB]가 되더라도 오율특성에는 거의 변화가 없으나 A 와 Γ' 가 커질수록 즉, 가우스 잡음에 가까울수록 E_b/N_0 증가하는데 따라 오율특성이 좋아진다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, E_b/N_0 를 20 dB로 부터 30 dB로 10 dB만큼 증가시켰을 때 A 와 Γ' 에 따른 오율특성의 개선 정도를 나타내면 강한 임펄스 잡음 환경($A=0.001, \Gamma'=0.001$)에서는 오율의 개선이 거의 없으며 비교적 약한 임펄스 잡음 환경($A=1, \Gamma'=0.1$)에서는 약 1×10^{-1} 의 성능 개선이 있으며 $A=1, \Gamma'=1$ 인 환경에서는 약 6×10^{-2} 의 성능개선이 있었다. 그림 6은 $N=255$ 인 경우 DS/CDMA DQPSK 신호에

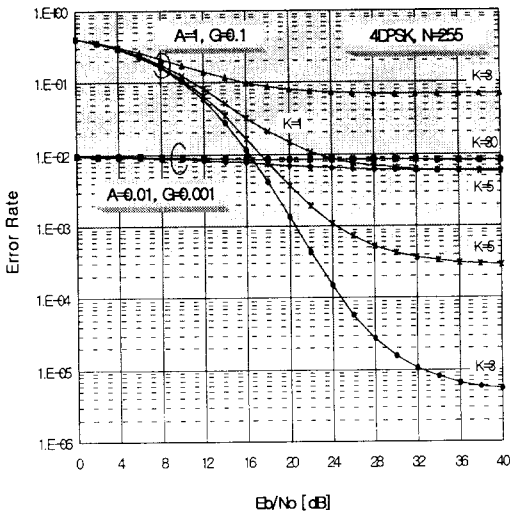


그림 6. 임펄스 잡음과 다중접속 간섭에 의한 DS/CDMA-QDPSK 신호의 오율 특성 ($N=255$)
 Fig. 6. Error probability of DS/CDMA-QDPSK signal in multi-access interference and impulse noise.

대해, 다중접속간섭 K 의 변화에 따른 오율특성을 나타낸 것으로써 강한 임펄스 잡음 환경 ($A=0.001, \Gamma'=0.001$)과 비교적 약한 임펄스 잡음 환경 ($A=1, \Gamma'=0.1$)을 비교하여 나타낸 것이다. 비교적 약한 임펄스 잡음 환경에서는 시스템에 접속되는 다중접속간섭 K 가 감소하는데 따라 오율특성이 크게 개선되지만 강한 임펄스 잡음 환경에서는 사용자 수의 변화에 따라 오율특성이 그다지 변화하지 않는다는 것을 알 수 있다. 예를 들어 시스템에서 요구하는 오율이 약 1×10^{-3} 이라고 할 때, $A=1, \Gamma'=0.1$ 인 환경에서는 다중접속간섭 K 가 5이하일 때 $E_b/N_0 = 26$ dB 이상에서는 시스템의 사용이 가능하지만 $A=0.01, \Gamma'=0.001$ 인 환경에서는 다중접속간섭 K 에 관계없이 E_b/N_0 40 dB을 이상으로 증가시킨다고 하더라도 시스템의 사용이 불가능하다. 따라서 그림 5와 그림 6으로부터 임펄스 잡음이 DS/CDMA DQPSK 신호의 성능에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 그림 7은 $A=0.5$ 이고 $\Gamma'=0.5, K=5$ 인 경우에 PN

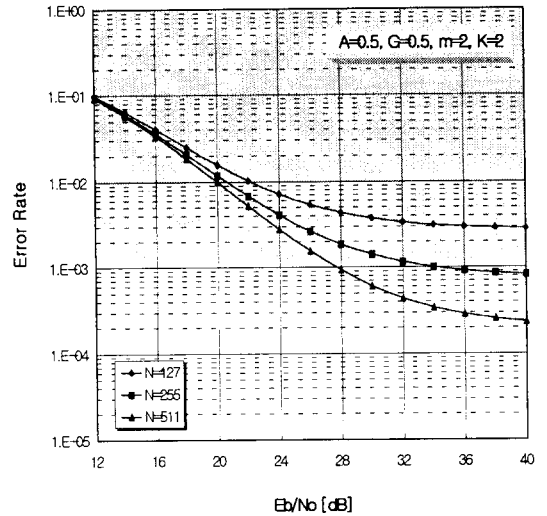


그림 7. 임펄스 잡음과 나카가미 페이딩하에서 PN 코드길이 (N)의 변화에 따른 DS/CDMA-DQPSK 신호의 오율 특성 ($K=5, A=0.5, G(\Gamma')=0.5$)
 Fig. 7. The error rate performance of DS/CDMA-DQPSK signal in impulse noise and Nakagami fading with the variation of N ($K=5, A=0.5, G(\Gamma')=0.5$)

코드길이 처리이득의 변화에 따른 DS/CDMA-DQPSK 신호의 오율 변화를 나타낸 것인데, 직접 확산코드의 길이 N 이 길어질수록 오율특성이 좋아진다는 것을 알 수 있다. N 이 커질수록 대역확산 시스템의 처리이득이 증가함으로서 시스템의 성능이 개선되는 것을 알 수 있다. 그림 8은 가우스/임펄스 잡음과 다중접속간섭에 나카가미 페이딩 환경에서의 MRC 다이버시티 수신기법과 오류정정 BCH 부호화 기법을 도입하여 DS/CDMA DQPSK 신호의 오율 특성을 나타낸 것으로써 만족할만한 성능 개선을 얻을 수 있었다. 이상의 결과로부터 나카가미 페이딩 환경에서는 임펄스성 잡음보다는 가우스성 잡음이 신호에 주된 열화요인이 된다는 것을 알 수 있고, 또 가우스 잡음일 경우, E_b/N_0 가 높을 때는 다중접속간섭 K 와 직

임펄스 잡음과 나카가미 페이딩이 존재할 때 다이버시티기법과 오류정정 부호를 이용한 무선통신 DS/CDMA 시스템의 오율 성능

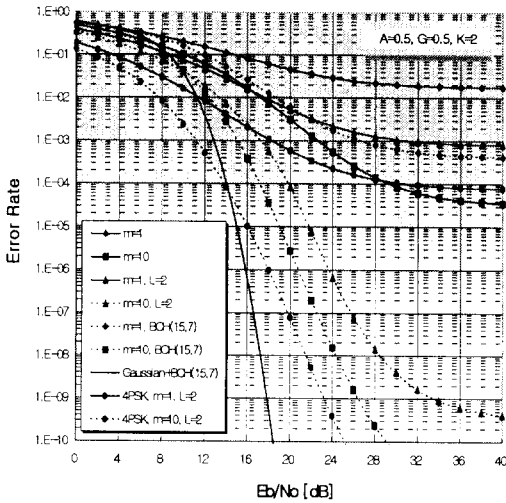


그림 8. 나카가미 페이딩과 임펄스 잡음환경에서 MRC 다이버시티, BCH(15,7) 부호화 기법을 도입하였을 경우의 오율 특성

Fig. 8. Error probability of DS/CDMA-QDPSK signal with MRC diversity and BCH(15,7) coding technique in Nakagami fading and impulsive noise environments.

적확산코드길이 N 을 변화시키는데 따른 오율의 성능 변화 폭이 크지만 강한 임펄스성 잡음의 경우는 그 성능의 개선의 변화 폭이 작다는 것을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 직접확산 기법에 다중접속 간섭과 나카가미 페이딩에 임펄스 잡음이 동시에 존재하는 무선통신로 환경에서 DS/CDMA DQPSK 시스템의 오율 특성 성능을 개선시키는 방안을 제안하였다. 또한 무선통신로 환경에서 임펄스 잡음과 다중접속간섭에서 페이딩에 의한 오율특성 저하를 극복하기 위하여 MRC 다이버시티 수신기법과 오류 정정 BCH 부호화 기법을 채용하여 DS/CDMA DQPSK 시스템의 성능을 신호 전력 대 잡

음 전력비, 다중접속간섭, 나카가미 페이딩 파라미터, MRC 다이버시티 가지수, 부호의 오류 정정 능력, 직접확산 처리 이득을 함수로 하여 임펄스 잡음과 나카가미 페이딩의 영향을 알아보고 MRC 다이버시티와 BCH 부호화 기법을 적용한 DS/CDMA DQPSK 시스템의 성능 개선량을 정량적으로 비교, 분석하였다. 결과에 의하면 페이딩 영향이 작을 때 가우시안 잡음에 의한 영향은 신호 전력 대 잡음 전력비가 증가하면 쉽게 오율 개선이 좋아지지만, 임펄스가 강하면 신호 전력 대 잡음 전력비가 증가해도 오율 성능이 크게 개선되지 않는다. 또한 강한 페이딩 환경에서 에러는 주로 가우스성 잡음에서 발생하나, 페이딩의 영향이 적어짐에 따라 가우스성 영향이 크게 줄어드는 반면 임펄스성 잡음의 영향이 그대로 남아 시스템의 성능을 저하하며 다중접속간섭에서 임펄스의 영향이 약하면 페이딩의 영향을 크게 받는 점을 알 수 있었고, 이러한 결과로부터 성능개선을 위한 기법으로 공간 다이버시티 최대비협성 다이버시티 수신 기법과 오류 정정 BCH 부호화 기법을 사용하여 성능 개선을 향상시킬 수 있었고, MRC 다이버시티 수신 기법을 채용할 때보다 오류 정정 BCH 부호화 기법을 채용할 때가 시스템의 오율 성능이 더 좋을 수 있었으며, 나카가미 페이딩 환경에서 다중접속 간섭과 임펄스의 영향에 효과적이며 만족할 만한 성능을 얻었다.

참고 문헌

- [1] A. A. M. Saleh and R. A. Valenzuela, "A statistical model for indoor multipath propagation", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. SAC-5, pp. 128-137, Feb., 1987.
- [2] A. S. Acampora, J. H. Winters, "A wireless network for wide-band indoor communications," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. SAC-5, pp. 796-805, June, 1987.

- [3] R. L. Pickholtz, L. B. Milstein and D. L. Schilling, "Spread spectrum for mobile communications", *IEEE Trans. Vehicular Tech.*, vol. 40, no. 2, May, 1991.
- [4] D. L. Schilling, L. B. Milstein, R. L. Pickholtz, M. Kullback, and F. Niller, "Spread spectrum for commercial communications", *IEEE Commun. Mag.*, pp. 66-79, April, 1991.
- [5] J. Wang and M. Moeneclaey, "Hybrid DS/SFH spread spectrum multiple access with predetection diversity and coding for indoor radio", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 10, no. 4, pp. 705-713, May, 1992.
- [6] M. Kaverhrad and B. Ramamurthi, "Direct-sequence spread spectrum with DPSK modulation and diversity for indoor wireless communication", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 35, pp. 224-236, Feb., 1987.
- [7] M. Kavehrad and P. J. McLane, "Performance of low-complexity channel coding and diversity for spread spectrum in indoor wireless communications," *AT & T Tech. J.*, vol. 64, no. 8, pp. 1927-1965, oct., 1985.
- [8] E. A. Geraniotis, "Performance of noncoherent direct-sequence spread-spectrum multiple-access communications," *IEEE Select. Areas Commun.*, vol. asc3, no. 5, pp. 687-694, Sept., 1985.
- [9] T. S. Rappaport, "Indoor radio communications for factories of the future." *IEEE Trans. on Electromag. Compt.*, vol. 25, pp. 15-24, May, 1989.
- [10] D. Middleton, "Statistical-Physical models of electromagnetic interference." *IEEE Trans. on Electromagn. Compat.*, vol. EMC-19, no. 3, pp. 106-127, Aug., 1997.
- [11] M. Nakagami, "The m-distribution A general Formular of intensity distribution of rapid fading." In statistical methods of radio wave propagation, W.C. Hoffman Ed., New York : Pergamon Press, pp. 3-36, 1960.
- [12] Kerr, R., Wang, Q., and Bhargava, V. K., "Capacity Analysis of Cellular CDMA", in Proc. ISSTA'92, pp. 235-238, Nov., 1992.
- [13] A. B. Carlson, Communication systems, 3rd ed., McGraw-Hill: New York, 1986.
- [14] J. G. Proakis, Digital communications. 2nd ed., McGraw-Hill: New York, 1989.
- [15] M. Schwartz, W. R. Bennett, and S. Stein, Communiacion System and Techniques. New York: McGraw-Hill, 1966.
- [16] E. Al-Hussaini and A. Al-Bassiouni, "Performance of MRC diversity systems for the detection of signals with Nakagami fading," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-33, no. 12, pp. 1315-1319, Dec., 1985.
- [17] Shu Lin, Error-correcting codes, Prentice-Hall, 1970.
- [18] J. L. Masser, "Shift-Regesiter Synthesis and BCH decoding", *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. IT-15, pp. 122-127, Jan., 1969.

김 지 응



1971년 8월 25일 생
 1996년 2월 동신대학교 전자공학과
 (공학과)
 1998년 2월: 동신대학교 대학원 전
 기전자공학과(공학석사)
 1998년 3월~현재: 동신대학교 대학
 원 전기전자공학과 박사과정 중

[주 관심분야] 디지털 통신시스템, EMI/EMC, 이동통신

강 희 조



1961년 1월 26일 생
 1986년 2월: 원광대학교 전자공학과
 (공학사)
 1988년 2월: 숭실대학교 대학원 반
 도체공학과(공학석사)
 1994년 2월: 한국항공대학교 대학원
 항공전자공학과(공학박사)

1994년 7월~1995년 12월: 한국전자통신연구소 위성망연
 구소 초빙연구원

1996년 8월~1997년 8월: 오사카대학교 공학부 통신공학
 과 객원교수

1998년 3월~현재: 한국전자파학회 호남지부 부지부장

1990년 3월~현재: 동신대학교 전기전자공학과 부교수

[주 관심분야] 통신시스템, 대역확산통신, 이동통신, 위
 성통신, EMI/EMC, 밀리미터파, 무선광통신, EL 디스
 플레이

이 권 현



1972년 2월: 조선대학교 공과대학
 전기공학과(공학사)
 1976년 8월: 연세대학교 대학원 전
 기공학과(공학석사)
 1985년 8월: 서독 Duisburg대학교
 대학원(공학박사)
 1985년 9월~1986년 5월: 현대중전

기(주) 기술연구소 책임연구원
 1986년 6월~1987년 2월: 삼성전기(주) 종합기술연구소
 연구부장

1990년 6월~1991년 9월: 서독 Aachen대학교 통신기기
 연구소 객원교수

1994년 7월~1994년 8월: 일본 Musashi공업대 전기기기
 연구소 객원교수

1995년 7월~1995년 8월: 서독 Imech연구소 객원교수

1987년 3월~1998년 1월: 동신대학교 전기전자공학과 교
 수

1998년 2월~1999년 현재: 도립담양대학 전기전자과 교
 수

[주 관심분야] 광시스템, EMI/EMC, 측정시스템, 특수
 전기기기