

# DS-CDMA/DPSK 셀룰라 이동통신 시스템에서 간섭 제거기와 최대비 합성 다이버시티에 의한 성능의 개선

(Improvement of Performance in the DS-CDMA / DPSK Cellular Mobile Communication System using CCI Canceller and MRC Diversity)

우 병 훈\* · 오 창 현\*\* · 조 성 준\*\*\*

(Byung Hoon Woo · Chang Heon Oh · Sung Joon Cho)

## 요 약

CCI Canceller와 MRC 다이버시티 수신 기법을 채용하는 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 이동통신 시스템의 오율을, 가산성 가우스 잡음과 다중접속간섭(MUI) 및 m-분포 페이딩에 의해 특정지워지는 셀룰라 무선채널에서 해석하였다. 셀당의 사용자수를 나타내는 시스템의 용량을 유도하여 수치 계산한 결과를, PN 코드의 길이, 페이딩 지수, BER, 다이버시티 가지수,  $E_b/N_o$ , 등을 함수로 하여 그림으로 나타내었다. 본논문에서는 음성구동계수를 3/8으로 가정하였고 셀은 3개의 섹터로 나뉘어져 있다고 가정하였으며 다중접속간섭은 가우시안 랜덤과정으로 가정하였다. 얻은 결과로부터, 가산성 가우스 잡음과 다중접속간섭의 존재하에서 PN 코드의 길이에 따른, CCI Canceller를 채용하는 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 이동통신 시스템의 용량을 구할 수 있었고, m-분포 페이딩 환경에서 페이딩 지수와 다이버시티 가지수의 변화에 따른 시스템 용량의 증가를 구할 수 있었다.

## Abstract

The error probability of the DS-CDMA/DPSK cellular mobile communication system with CCI canceller and MRC diversity reception technique has been analyzed in the cellular radio channel which is characterized by AWGN, Multi-User Interference (MUI) and m-distribution fading. System capacity i.e., number of user per cell has been derived and the evaluated results are shown in figures as a function of PN code sequence length, fading index, BER, number of diversity branches and  $E_b/N_o$ . Here, the voice activity factor is assumed to be 3/8, the number of sectors in a cell 3 and Multi-User Interference is modeled as Gaussian process.

---

\* 고등기술연구원 정보통신연구실  
Electronic Signal Processing Lab., Institute for Advanced Engineering  
\*\* 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과  
Dept. of Avionics Eng., Graduate School, Hankuk Aviation University  
\*\*\* 한국항공대학교 항공통신정보공학과  
Dept. of Telecomm. and Infor. Eng., Hankuk Aviation University

From the results, the capacity of the DS-CDMA /DPSK cellular mobile communication system with CCI canceller can be obtained in proportion to the length of PN code sequence in the presence of AWGN plus MUI and the amount of increasement of capacity in accordance with the fading index and the number of diversity branches can be found in m-distribution fading environment.

## I. 서 론

현재 사용중인 아날로그 방식의 이동통신 시스템은 서비스 지역을 여러 개의 셀로 분할하고 주파수를 재사용하므로써 시스템 용량을 증가시키고는 있으나 사용자 용량은 거의 포화된 상태이다. 따라서 다가오는 통신망의 ISDN(Integrated Services Digital Network)화와 이동 통신망과의 접속에 따른 다양한 서비스 욕구에 부응하기 위해서는 디지털 이동통신 시스템의 도입이 예견되고 있다[1], [2].

이동통신 시스템의 다중접속 방식은 크게 TDMA (Time Division Multiple Access), FDMA (Frequency Division Multiple Access), CDMA(Code Division Multiple Access) 방식으로 나눌 수 있으며, CDMA 방식은 DS-CDMA 방식과 FH-CDMA 방식으로 대별된다 [3], [4].

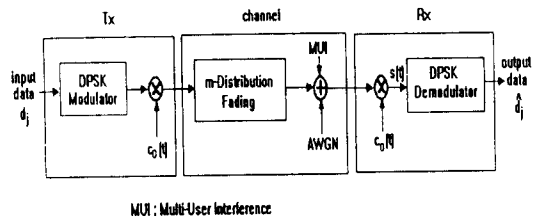
DS-CDMA 셀룰라 시스템의 성능 분석에 관해서는 Lee[3]가 다중접속간섭이 존재하는 환경에서, Bhargava 등[4]이 다중접속간섭과 Lognormal 페이딩 환경에서 사용자수를 계산하였으며, Holtzman 등[5]은 대역 제한된 DS-CDMA 시스템에서 사용자수에 따른 오율 특성을 구한 바 있다. 그러나 이들 연구에서는 가우스 잡음을 무시하거나 레일리 페이딩이나 Lognormal 페이딩 환경에서 해석하였다.

본논문에서는 기존의 논문을 확장하는 입장에서 가우스 잡음과 다중접속간섭이 존재하는 무선 채널에서 DS-CDMA /DPSK 시스템의 오율식을 유도하여 셀당 사용자수에 따른 성능을 해석하고 Co-Channel Interference (CCI) Canceller를 채용하여 다중접속간섭을 제거시킬 경우의 신호의 오율 특성을 구한다. 또한 m-분포 페이딩이 혼재하는 무선 채널에서의 오율식도 구

하고 성능 개선이 가장 우수한 L-branch 최대비 합성 (MRC: Maximal Ratio Combining) 다이버시티 수신 기법을 채용하여 branch의 수에 따라 시스템 성능이 개선되는 정도를 분석한다.

## II. 해석 모델

본논문에서는 [그림 1]에서와 같이 가우스 잡음과 다중접속간섭(MUI: Multi-User Interference) 및 m-분포 페이딩이 혼재하여 존재하는 무선 채널을 고려한다.



[그림 1] 해석 모델

[Fig. 1] Analysis model

셀룰라 시스템의 셀 구성은 이상적인 육각 셀을 가정하였으며 사용자는 셀의 전 지역에 고르게 분포되어 있고 기지국에서 이동국으로 신호를 송신하는 경우인 down link의 경우에 대해서만 해석한다. 셀당 사용자수는 K로 모든 셀에서 같으며, 시스템의 전력제어는 고려하지 않는다. 음성 구동 계수( $V_{\text{avg}}$ ; Voice Activity Factor)는 3/8이고 한 셀은 3개의 지역(sector)으로 분할되었다고 가정한다[3], [4], [6]. 변조방식으로는 페이딩 채널에 강한 DPSK (Differential Phase Shift Keying) 변조 방식을 도입한다.

[그림 1]에서 수신된 DS-DPSK 신호  $s(t)$ 는 다음과 같이 나타내진다[4].

$$s(t) = \sqrt{2P_j} A_0 d_j c_0(t) \cos(2\pi f_c t) \quad (1)$$

단,  $(j-1)T_s \leq t < jT_s$ ,

윗 식에서  $P_j$ 는  $j$ 번째 심볼의 송신전력이고,  $d_j = \pm 1$ 로서  $j$ 번째 심볼 구간 동안 보내진 데이터 비트이며,  $f_c$ 는 반송파 주파수이다.  $c_0(t)$ 는 임의의 한 사용자에게 주어지는 고유한 PN코드로서 다음과 같이 표현된다.

$$C_0(t) = C_l = \pm 1 \quad (2)$$

단,  $(j-1)T_s + lT_c \leq t < (j-1)T_s + (l+1)T_c$   
여기서  $l = 0, \dots, M-1$ 이고  $T_c$ 는 칩 간격이다.

### 1. 다중접속간섭

기지국이 동일 셀내의 모든 사용자에게 같은 전력으로 신호를 송신한다면 간섭신호도 기준 신호와 똑같은 손실을 갖는다고 간주할 수 있다. 이때 DPSK 복조기내의 정합필터 출력단에서의 하나의 간섭신호의 출력 분산(power)은 다음과 같다[4].

$$\sigma_i^2 = \frac{E_b A_k^2}{3M} \quad (3)$$

단,  $M$ : PN코드의 길이

다른 사용자에게 의한 다중접속간섭을 가우시안 랜덤 과정으로 생각하면,  $\sigma_i^2 = \frac{N_I}{2}$ 이므로 하나의 간섭파가 다중접속간섭(MUI; Multi-User Interference)에 기여하는 정도는 다음과 같다[4].

$$MUI = N_I = \frac{2}{3M} E_b A_k^2 \quad (4)$$

동일 셀내에서 기준 사용자에게 간섭을 주는 실제의 다른 사용자 수를  $K_c$ 라고 가정하면 이들 사용자들에 의한 실제 간섭은 식 (4)에  $K_c$ 를 곱하여 얻어진다. 여기서  $K_c$ 는 다음과 같이 구해진다[4].

$$K_c = \frac{V_{om} K}{N_{sect}} - 1 \quad (5)$$

단,  $N_{sect}$ : 셀의 섹터수

$$V_{om}: \text{음성 구동 계수로서 } \frac{3}{8}$$

$K$ : 셀당 전체 사용자수

따라서, 동일 셀내에서의 간섭 전력  $I_1$ 은 다음과 같다.

$$I_1 = K_c \frac{2}{3M} E_b A_k^2 \quad (6)$$

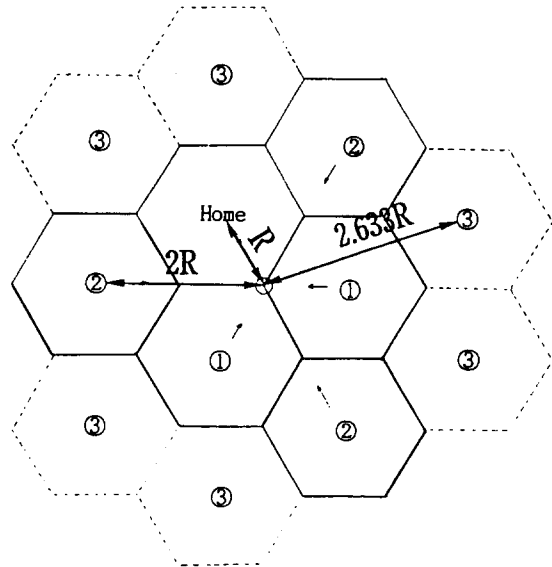
또한, 인접 셀로부터는  $K_c + 1$ 의 사용자에게 의해 간섭이 발생하므로 인접 셀로부터의 간섭 전력  $I_2$ 는 다음과 같다.

$$I_2 = (K_c + 1) \sum_{k=1}^C \frac{2}{3M} E_b A_k^2 \quad (7)$$

단,  $C$ : 간섭을 주는 인접셀의 수

$A_k$ :  $k$ 번째 기지국 신호의 순시 진폭

식 (7)의 간섭 전력  $I_2$ 는 기준 셀까지의 거리에 따른 전파감쇠정수( $\alpha$ )를 고려하면 [그림 2]와 같이 3부분으로 구분할 수 있다[7].



[그림 2] DS-CDMA 시스템의 다중접속간섭 모델  
[Fig. 2] Multi-User Interference model of DS-CDMA system

[그림 2]는 이동국의 위치가 기준셀에서는 가장 멀리 떨어지고 인접셀에서는 가장 가까운 위치에 있을 때로서 신호의 수신상태가 가장 열악한 경우이다. 기준 셀의 반경을 R이라 하면 셀 ①에 의한 간섭의 세기는 기준 셀의 간섭 세기와 같으며, 셀 ②에 의한 간섭의 세기와 셀 ③에 의한 간섭의 세기는 거리에 따라 다르게 나타난다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다[3].

$$\begin{aligned}
 I_2 &= (K_c + 1) \sum_{k=1}^c \frac{2}{3M} E_b A_k^2 \\
 &= (K_c + 1) \frac{2}{3M} E_b A_2^2 \\
 &\quad \cdot \left( \frac{2}{R^2} + \frac{3}{(2R)^2} + \frac{6}{(2.633R)^2} \right) \\
 &= (K_c + 1) \frac{2}{3M} E_b A_2^2 \cdot 2.467 \quad (8)
 \end{aligned}$$

단,  $\alpha = 3.5$ (전파감쇠정수)

$R = 1$ (기준 셀의 반지름)

$2R =$  셀 ②까지의 거리

$2.633R =$  셀 ③까지의 거리

따라서, 기준 사용자가 받는 다중접속간섭 MUI는 동일 셀내에서의 간섭 전력  $I_1$ 과 인접 셀로부터의 간섭 전력  $I_2$ 의 합으로 주어진다.

그러므로 DS-CDMA 시스템의 신호 전력 대 잡음 전력비(SNR)  $\gamma$ 는 다음과 같다.

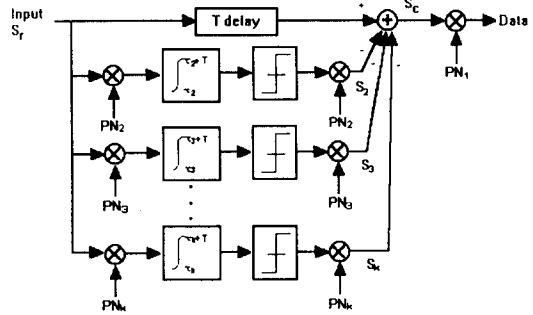
$$\begin{aligned}
 \gamma &= \frac{E_b A_0^2}{N_t + \frac{N_o}{2}} = \frac{E_b A_0^2}{I_1 + I_2 + \frac{N_o}{2}} \\
 &= \frac{E_b A_0^2}{\frac{2K_c}{3M} E_b A_0^2 + \frac{2(K_c+1)}{3M} E_b A_0^2 \cdot 2.467 + \frac{N_o}{2}} \quad (9)
 \end{aligned}$$

단,  $\frac{N_o}{2}$ : AWGN의 양측 전력 스펙트럼 밀도

## 2. CCI Canceller

수신단에서는 다중접속간섭을 제거하기 위하여 Co-

Channel Interference(CCI) Cancellation 기법을 도입한다[8], [9]. [그림 3]은 DS-CDMA에서 CCI Canceller를 채용하는 수신기 모델을 나타낸다[8].



[그림 3] 다중접속간섭 제거기

[Fig. 3] CCI Canceller

CCI Canceller 입력단에서의 기저대역 신호의 진폭이  $\pm 1$ 인 경우, 즉 전력이 1일 경우 입력신호  $S_r$ 의 신호 대 잡음비  $SNR_{DS1}$ 은 다음과 같다.

$$SNR_{DS1} = 1 / [(K_c \cdot 2/3M) + (N_o/2E_b)] \quad (10)$$

[그림 3]에서는 기준 사용자 이외의 모든 사용자 신호를 사용자 각각의 PN 코드로 역확산하고 상관 검파한 후 각각의 PN코드를 이용하여 다시 확산하여 이것들을 시간 T만큼 지연시킨 수신신호  $S_r$ 에서 빼주는 것을 나타내고 있다. 이때 수신 신호  $S_r$ 를 구성하고 있는 신호  $S_2, S_3, \dots, S_k$ 에 비트 에러가 발생하지 않았다면 다중접속간섭은 완벽하게 제거된다. 그러나 수신 신호  $S_r$ 에서  $i$ 번( $i = 2, 3, \dots, k$ ) 사용자 수신신호에만 상관 검파 과정에서 에러가 발생하였다면  $PN_i$ 에 의해 상관 수신되어 복원되는 신호는  $S_r$ 에 포함된  $S_i$ 의 신호와 다른 것이 되고 이것이 다시  $PN_i$ 에 의해 확산되어 T시간 지연된  $S_r$  신호에 더해지게 된다. 이때 에러가 발생한  $i$  번째 사용자의 신호는 수신신호  $S_r$ 에 다중접속간섭으로 더해지므로 신호  $S_c$ 는  $S_i$  사용자에 의한 다중접속간섭의 2배의 전압(전력면에서는 4배)를 포함하게 된다.

결과적으로 신호  $S_c$ 와  $S_1$  사용자의 수신신호 사이의 신호 대 잡음비  $SNR_{DS2}$ 는 다음식과 같이 주어진다[8].

$$SNR_{DS2} = 1 / [(A_v \cdot 2 / 3M) + (N_0 / 2E_b)]$$

$$= 1 / [4K_c \cdot Peb_{DS1} \cdot 2 / 3M + (N_0 / 2E_b)] \quad (11)$$

단,  $A_v = 4K_c \cdot Peb_{DS1}$

$Peb_{DS1}$ :  $SNR_{DS1}$ 을 이용한 DPSK 신호의 오율식

### 3. MRC(Maximal Ratio Combining) 다이버시티

이동 무선 통신로에서 발생하는 페이딩은 주파수, 전파모드, 전파로의 프로파일 등에 의해 변동 형태가 달라진다. 따라서 본논문에서는 페이딩 모델로서 수신파의 포락선의 변동 정도를 파라미터로 하는  $m$  분포 페이딩을 채택한다.  $m$  분포 페이딩은 페이딩 지수  $m$ 을 변화시키므로서 여러가지 심도의 페이딩을 나타낼 수 있는데  $m$ 이 커짐에 따라서 점차 얇은 변동을 나타내며,  $m=1$ 인 경우는 Rayleigh 페이딩 분포를,  $m \rightarrow \infty$ 의 극한은 페이딩 변동이 없는 상태를 나타낸다.  $m$  분포 페이딩 채널에서의 변수  $x$ 의 확률밀도함수는 다음과 같다[10].

$$p(x) = \frac{m^m x^{m-1}}{\Gamma(m) x_0^m} \exp\left(-\frac{m x}{x_0}\right) \quad (12)$$

단,  $\Gamma(\cdot)$ : 감마(gamma) 함수

$m(\geq \frac{1}{2})$ : 페이딩 지수

$x_0(= \bar{x}^2)$ : 평균

가지(branch)의 수가  $L$ 개인 MRC 다이버시티 출력단의 SNR,  $\gamma$ 는 다음과 같다[11].

$$\gamma = \sum_{k=1}^L \gamma_k \quad (13)$$

단,  $\gamma_k$ : 다이버시티 수신시 각 가지(branch)에서의 SNR

다이버시티 가지에는 서로 다른  $L$ 개의 신호가 수신되는데  $m/\gamma_0$  ( $\gamma_0$ 는 평균 SNR)비가 모든 가지에서 같고 서로 상관이 없다고 가정하면 MRC 다이버시티로 수신된 신호의 SNR에 대한 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$p_L(\gamma) = \frac{m^m \gamma^{mL-1}}{\Gamma(mL) \gamma_0^m} \exp\left(-\frac{m \gamma}{\gamma_0}\right) \quad (14)$$

단,  $L$ : 다이버시티 가지(branch)의 수

$\gamma_0$  = 평균 SNR

## III. CCI Cancellation 기법을 채용하는 DS-CDMA / DPSK 셀룰라 시스템의 성능

### 1. 가우스 잡음 환경에서의 오율 특성

가우스 잡음하에서 DS-CDMA / DPSK 신호의 오율식[12]은 2.1절에서 구한 인접셀의 다중접속간섭 모델과 음성구동계수 및 셀 섹터를 고려하면 다음과 같이 나타내진다.

$$P_{e1} = \frac{1}{2} \exp(-\gamma_1) \quad (15)$$

단,  $\gamma_1 =$

$$\frac{E_b A_0^2}{\frac{2K_c}{3M} E_b A_0^2 + \frac{2(K_c + 1)}{3M} E_b A_0^2 \cdot 2.467 + \frac{N_0}{2}}$$

$K_c$ : 다중접속간섭을 주는 실제 사용자 수

$M$ : PN 코드의 길이

$E_b/N_0$ : 비트 에너지 대 잡음 전력 스펙트럼 밀도비

### 2. CCI Cancellation 기법에 의한 성능 개선

가우스 잡음과 다중접속간섭이 존재하는 DS-CDMA / DPSK 셀룰라 시스템에서 CCI Cancellation 기법을 채용할때의 오율식은 식 (11)과 식 (15)를 이용하면 다음과 같이 나타내진다[13].

$$P_{e2} = \frac{1}{2} \exp(-\gamma_2) \quad (16)$$

단,  $\gamma_2 =$

$$4 \cdot P_{e1} \left[ \frac{2K_c}{3M} E_b A_0^2 + \frac{2(K_c + 1)}{3M} E_b A_0^2 \cdot 2.467 \right] \frac{E_b A_0^2}{N_0}$$

#### IV. MRC 다이버시티 기법을 채용하는 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 시스템의 성능

##### 1. 가우스 잡음과 $m$ -분포 페이딩 환경에서의 오율 특성

식 (15)는 페이딩의 순시 진폭  $A_0$ 가 일정할때 즉, 변동이 없을때의 조건부 오율식이므로  $A_0$ 가  $m$ -분포 페이딩에 의해 변동할때의 오율식은 식 (15)에  $\gamma$ 에 대한 확률밀도함수  $p(\gamma)$ 를 곱하여 평균을 취해야 얻어지므로  $m$ -분포 페이딩환경에서 DS-CDMA /DPSK 시스템의 오율식은 다음과 같이 하여 구한다[7], [10].

$$P_{ef} = \int_0^{\infty} P(e_1|A_0) \cdot p(\gamma) d\gamma$$

$$= \frac{1}{2(1 + \gamma_0/m)^m} \quad (17)$$

$$\text{단, } p(\gamma) = \frac{m^m \gamma^{m-1}}{\Gamma(m) \gamma_0^m} \exp\left(-\frac{m\gamma}{\gamma_0}\right)$$

$$\gamma_0 = \frac{\bar{E}_b}{\frac{2K_c}{3M} \bar{E}_b + \frac{2(K_c + 1)}{3M} \bar{E}_b \cdot 2.467 + \frac{N_o}{2}}$$

$$\bar{E}_b = E_b \bar{A}_0^2$$

##### 2. MRC 다이버시티 수신 기법에 의한 성능 개선

식 (14)를 이용하여  $m$ -분포 페이딩 환경에서 MRC 다이버시티 수신 기법을 채용하였을때 DS-CDMA /DPSK 신호의 오율식을 구하면 다음과 같다[13].

$$P_{efD} = \int_0^{\infty} P(e_1|A_0) \cdot p_L(\gamma) d\gamma$$

$$= \frac{1}{2(1 + \gamma_0/m)^{mL}} \quad (18)$$

$$\text{단, } p_L(\gamma) = \frac{m^{mL} \gamma^{mL-1}}{\Gamma(mL) \gamma_0^{mL}} \exp\left(-\frac{m\gamma}{\gamma_0}\right)$$

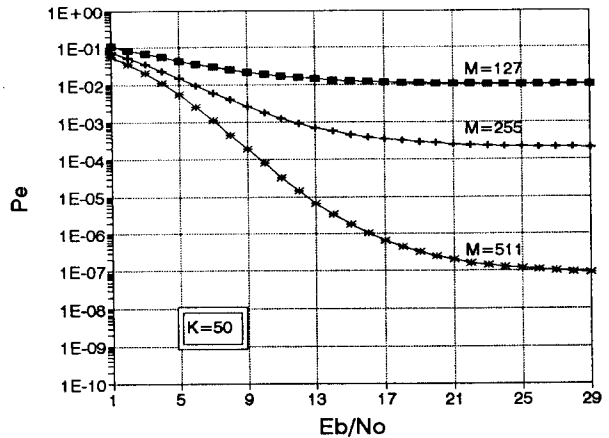
$$\gamma_0 = \frac{\bar{E}_b}{\frac{2K_c}{3M} \bar{E}_b + \frac{2(K_c + 1)}{3M} \bar{E}_b \cdot 2.467 + \frac{N_o}{2}}$$

$$\bar{E}_b = E_b \bar{A}_0^2$$

#### V. 수치계산결과 및 고찰

앞에서 유도한 가우스 잡음과 다중접속간섭 및  $m$ -분포 페이딩하에서의 DS-CDMA/DPSK 신호의 오율식과 CCI Canceller와 MRC 다이버시티 수신 기법을 채용했을때의 오율식에서 셀룰라 사용자수(K), PN 코드의 길이(M), 비트 에너지 대 잡음 전력 스펙트럼 밀도비 ( $E_b/N_o$ ), 페이딩 지수( $m$ ), 다이버시티 가지의 수(L) 등을 함수로 하여 수치계산한 결과를 [그림 4]~[그림 9]에 나타내었다.

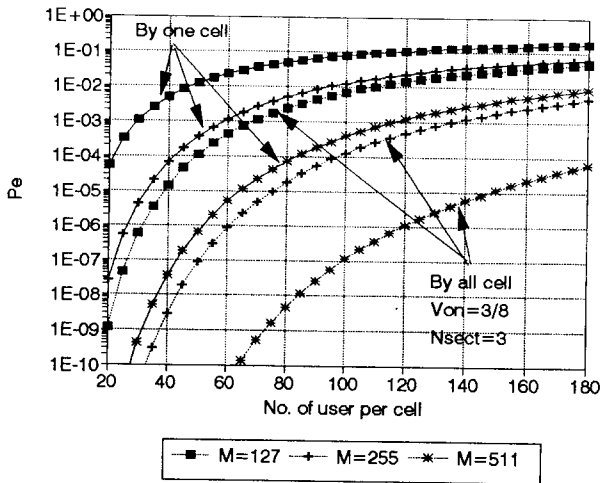
[그림 4]는 가우스 잡음과 다중접속간섭이 함께 존재하는 환경에서 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 시스템의 오율 특성을 사용자 수가 50일때  $E_b/N_o$ 값에 따라 나타낸 것으로 PN 코드의 길이(M)가 길수록 사용자수가 증가됨을 나타낸다. M = 127, M = 255일때  $E_b/N_o = 17$ dB 이상에서 오율은 거의 개선되지 않음을 알 수 있으며 M = 511인 경우는 25dB 이상에서 오율이 거의 개선되지 않았다. 따라서 본논문에서는  $E_b/N_o = 17$ dB를 기준으로 하여 해석하였다.



[그림 4] 기준 셀에서 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 이동통신 시스템의 오율 특성(K=50)

[Fig. 4] Error performance of the DS-CDMA/DPSK cellular mobile communication system in reference cell(K=50)

[그림 5]는 가우스 잡음과 다중접속간섭하에서  $E_b/N_o = 17\text{dB}$ 일때 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 시스템의 사용자의 수에 따른 오율 특성을 인접셀의 다중접속간섭, 음성구동계수, 셀 분할 등을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우에 대해 나타낸 것이다. 인접셀의 다중접속간섭을 고려할때 음성구동계수와 셀 분할에 의해 사용자의 수를 증가시킬 수 있다. PN 코드의 길이(M)가 길수록 사용자의 수가 현저히 증가하며, 오율이  $1 \times 10^{-3}$ 일때  $M = 127$ 인 경우는 사용자의 수가 30에서 65명으로 35명 정도의 사용자가 증가하며,  $M = 255$ 인 경우는 80명 정도의 사용자 수의 증가를 얻을 수 있다.



[그림 5] 가우스 잡음과 다중접속간섭하에서 PN 코드 길이 M에 따른 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 시스템의 오율 특성

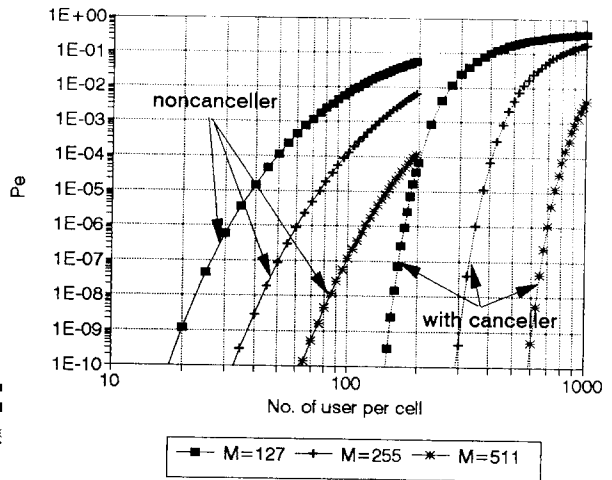
( $V_{on}; 3/8, N_{sect}; 3, E_b/N_o = 17\text{dB}$ )

[Fig. 5] Error performance of the DS-CDMA/DPSK cellular system in AWGN and MUI

( $V_{on}; 3/8, N_{sect}; 3, E_b/N_o = 17\text{dB}$ )

[그림 6]은 가우스 잡음과 다중접속간섭하에서  $E_b/N_o = 17\text{dB}$ 일때 CCI Cancellation 기법을 채용하는 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 시스템의 사용자 수의 변화에 따른 오율 특성을 나타낸 것으로 CCI Cancellation 기법을 채용할 경우 사용자의 수가 현저하게 증가됨을 알 수 있다. 오율이  $1 \times 10^{-3}$ 일때  $M = 127$ 인 경우 사용

자의 수가 70명에서 225명으로 155명이 증가하고  $M = 255$ 에서는 215명,  $M = 511$ 인 경우는 사용자 수가 더욱 많이 증가한다.

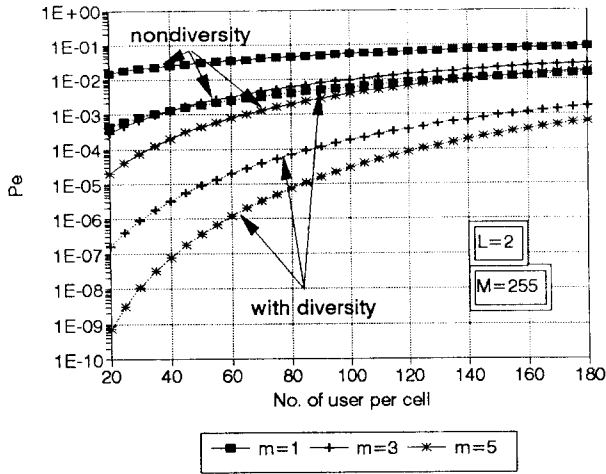


[그림 6] CCI canceller를 채용하는 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 시스템의 오율 특성( $E_b/N_o = 17\text{dB}$ )

[Fig. 6] Error performance of the DS-CDMA/DPSK cellular system with CCI canceller ( $E_b/N_o = 17\text{dB}$ )

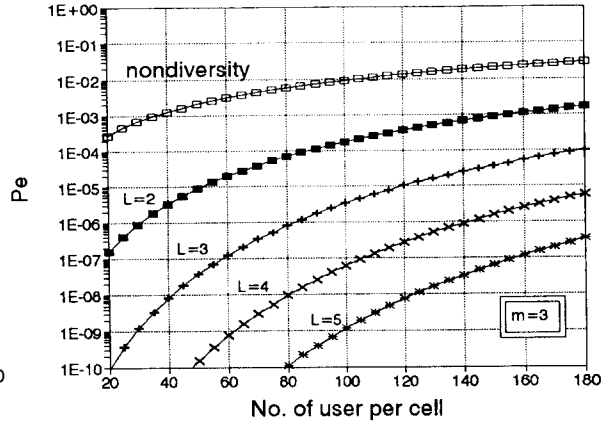
[그림 7]은 가우스 잡음과 다중접속간섭 및  $m$ -분포 페이딩하에서 MRC 다이버시티 수신 기법을 채용하는 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 시스템의 사용자 수(K)와 페이딩 지수( $m$ )의 변화에 따른 오율 특성을 나타낸 것으로서  $M = 255, L = 2, E_b/N_o = 17\text{dB}$ 인 경우이다.  $m$ 이 증가할수록 즉, 페이딩이 약할수록 사용자의 수는 증가하지만  $m = 1$ 인 레일리 페이딩 환경에서는 사용자의 수에 관계없이  $1 \times 10^{-3}$  이하의 오율 특성이 얻어지지 않으므로 신뢰성 있는 통신이 어렵다. 그러나 MRC 다이버시티 수신 기법을 채용하면 레일리 페이딩 환경에서도 35명 정도의 사용자 용량을 얻을 수 있고  $m = 3, m = 5$  경우는 다이버시티를 사용하지 않은 경우에 비해 각각 115명, 130명 정도 사용자의 수가 증가한다.

[그림 8]~[그림 9]는 가우스 잡음과 다중접속간섭 및  $m$ -분포 페이딩하에서 MRC 다이버시티 수신 기법을 채용한 DS-CDMA/DPSK 시스템에서  $M = 255$ 일



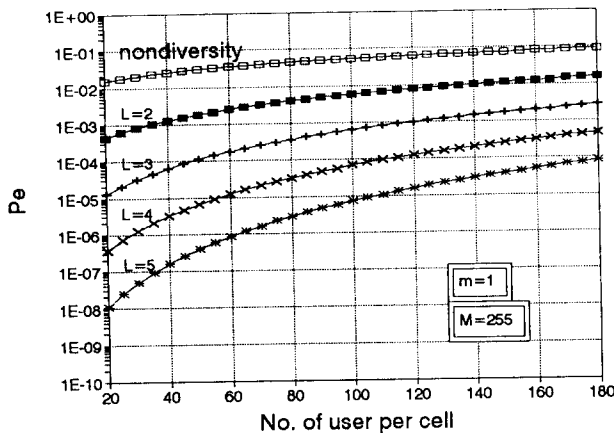
[그림 7] MRC 다이버시티 수신 기법을 채용하는 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 시스템의 오율 특성 ( $L=2, M=255, E_b/N_0 = 17\text{dB}$ )

[Fig. 7] Error performance of the DS-CDMA/DPSK cellular system with MRC diversity technique ( $L=2, M=255, E_b/N_0 = 17\text{dB}$ )



[그림 9]  $m$ -분포 페이딩 환경하에서 다이버시티 가지의 수에 따른 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 시스템의 오율 특성( $m=3, M=255, E_b/N_0 = 17\text{dB}$ )

[Fig. 9] Error performance of the DS-CDMA/DPSK cellular system with a variation of the number of the MRC diversity branch in  $m$ -distribution fading environment ( $m=3, M=255, E_b/N_0 = 17\text{dB}$ )



[그림 8] 레일리 페이딩 환경하에서 다이버시티 가지의 수에 따른 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 시스템의 오율 특성( $m=1, M=255, E_b/N_0 = 17\text{dB}$ )

[Fig. 8] Error performance of the DS-CDMA/DPSK cellular system with a variation of the number of the MRC diversity branch in Rayleigh fading environment ( $m=1, M=255, E_b/N_0 = 17\text{dB}$ )

때 다이버시티 가지의 수( $L$ ) 및 사용자의 수( $K$ )에 따른 오율 특성을 나타낸 것인데 [그림 8]은 페이딩 지수가  $m=1$ 인 레일리 페이딩 환경을, [그림 9]는  $m=3$ 인 경우를 나타낸다.  $m=3$ 인 경우는 일반적으로 널리 알려진 라이시안 페이딩의 직접파 대 반사파 전력비 4.45에 해당하는 것으로서  $m=1$ 인 경우에 비해 오율 특성이 개선되고 다이버시티 가지의 수가 증가할수록 사용자의 수는 현저히 증가함을 알 수 있다.  $m=1$ 인 레일리 페이딩 환경에서 100명 정도의 사용자가  $1 \times 10^{-3}$ 의 통화 품질을 만족하기 위해서는 다이버시티 가지의 수( $L$ )가 3이상이 되어야 한다는 것을 알 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 DS-CDMA/DPSK 신호의 오율식을 가우스 잡음과 다중접속간섭 및  $m$ -분포 페이딩이 혼재하는 무선 채널에서 구하고 CCI Cancellation 기법과



MRC 다이버시티 수신 기법을 채용할때의 오율식을 유도하여 성능 개선의 정도를 계산해 내어 그림으로 나타내고 이에 대해 고찰하였다.

DS-CDMA/DPSK 셀룰라 이동통신 시스템에 미치는 인접 셀에 의한 다중접속간섭은 기준 셀의 간섭보다 2.46배 정도 크며 가우스 잡음과 다중접속간섭하에서는 PN 코드의 길이(M)가 길수록 사용자의 수가 증가하였다. 가우스 잡음과 다중접속간섭 및 m-분포 페이딩이 혼재하는 환경에서는 페이딩 지수(m)가 클수록 시스템의 사용자의 수가 증가했다.

DS-CDMA/DPSK 셀룰라 이동통신 시스템은 다중접속간섭과 페이딩에 의해 성능이 현격하게 저하되는데 CCI Canceller와 MRC 다이버시티 수신 기법을 채용하므로써 성능을 개선시킬 수 있었다. CCI Cancellation 기법을 채용하면 사용자의 수가 크게 증가하고 사용자의 수가 적을수록 오율 특성이 크게 개선되었다. 통화품질 기준을  $1 \times 10^{-3}$ 으로 할때 M = 255에서 사용자의 수는 450명 정도가 된다. MRC 다이버시티 수신 기법을 채용하면 다이버시티 가지(branch)의 수가 많을수록 사용자의 수가 증가하며, 페이딩 지수(m)가 1인 레일리 환경에서 100명 정도의 사용자가  $1 \times 10^{-3}$ 의 오율을 얻으려면 다이버시티 가지(branch)의 수가 3이상이어야 한다. 또한 일반적으로 널리 알려진 라이시안 페이딩의 직접파 대 반사파 전력비 4.45 정도에 해당하는 페이딩 지수(m)가 3인 환경에서는 다이버시티 가지의 수가 2 이상이 되어야  $1 \times 10^{-3}$ 의 오율이 얻어진다.

### 참 고 문 헌

1. 한영남, "디지털 이동통신의 CDMA 방식에 관한 고찰," 전자통신동향 분석, pp.69-76, 1993년 4월.
2. 성태경, 차균현, 셀룰라 이동전화 시스템. 생능, 1993년 1월.
3. W.C.Y.Lee, "Overview of cellular CDMA," IEEE Trans. on Veh. Technol., vol.40, no.2, pp.291-301, May 1991.
4. R.Kerr, Q.Wang, and V.K.Bhargava, "Capacity analysis of cellular CDMA," IEEE Proc. ISSSTA

'92, pp.235-238, Nov. 1992.

5. Y.Asano, Y.Daido, and J.M.Holtzman, "Performance evaluation for band-limited DS-CDMA communication system," IEEE Proc., 43rd VTC, pp. 464-468, May 1993.
6. K.S.Gilhousen, et al., "On the capacity of a cellular CDMA system," IEEE Trans. on Veh. Technol., vol.40, no.2, pp.303-312, May 1991.
7. 우병훈, 오창현, 조성준, "페이딩하에서 DS/CDMA 셀룰라 시스템의 성능 분석," 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, vol.11, no.1 pp.599-603, 1993년 7월.
8. S.Tachkawa, "Characteristics of M-ary /spread spectrum multiple access communication systems using co-channel interference cancellation techniques," IEICE Trans. Commun., vol.E76-B, no.8, pp.941-946, Aug. 1993.
9. Y.C.Yoon, R.Kohno, and H.Imai, "Cascaded co-channel interference cancelling and diversity combining for spread spectrum multi-access over multipath fading channels," IEICE Trans. Commun., vol.E76-B, no.2, pp.163-168, Feb. 1993.
10. 滑川敏彦, 奥井重彦, 通信方式. (日本)森北出版株式會社, 1990.
11. E.Al-Hussaini and A. Al-Bassiouni, "Performance of MRC diversity systems for the detection of signals with Nakagami fading," IEEE Trans. on Commun., vol.COM-33, no.12, pp.1315-1319, Dec. 1985.
12. 오창현, 조성준, "실내 무선 채널상에서의 DS-SSMA/DPSK 신호의 오율 특성," 대한전자공학회 추계학술발표회 논문집, pp.59-63, 1992년 11월.
13. 우병훈, 오창현, 조성준, "CCI canceller와 MRC 다이버시티 기법을 채용하는 DS-CDMA/DPSK 셀룰라 이동통신 시스템의 성능 분석," 한국통신학회 추계종합학술발표회 논문집, vol.12, no.2, pp.591-595, 1993년 11월.