

---

# 위상을 고려한 광대역 DS/CDMA 셀룰라 시스템에서 MRC 다이버시티를 이용한 성능분석

김원섭\* · 정근열\* · 박진수\*

Performance Analysis of Wide-Band  
DS/CDMA Cellular System Using MRC Diversity

Won-Sub, Kim\* · Keun-Yeol, Jeong\* · Jin-Soo, Park\*

---

이 논문은 과학기술부 · 한국과학재단 지정 청주대학교 정보통신연구센터의 지원을 받았음

---

## 요약

본 논문에서는 DPSK 변조 방식을 고려하여 나카가미- $m$  페이딩 채널로 다중경로 페이딩을 모델화하였으며, 각 브랜치에서의 나카가미 페이딩 지수( $m$ )는 전파 환경에 따라 일정하지 않을 것이며 각 MRC 다이버시티의 브랜치에서 나카가미 페이딩 지수가 낮은 값을 가지는 브랜치를 제거할 경우 성능이 좋아 질 수 있을 것이다.

따라서 본 논문에서는 나카가미 페이딩 지수를 임의의 값으로 주었을 경우 광대역 DS/CDMA 시스템에서 각각의 경로로 수신된 신호의 평균 SNR(signal to Noise Ratio)이 시스템의 BER에 미치는 영향을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하고 나카가미 페이딩 지수( $m$ )값이 낮은 브랜치를 제거한 경우의 광대역 DS/CDMA 셀룰라 시스템에서 각각의 경로로 수신된 신호의 평균 SNR(signal to Noise Ratio)이 시스템의 BER에 미치는 영향을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

## ABSTRACT

It is considered DPSK modulation and the channel is modeled as multipath Nakagami fading type which has been recently taken as a general model in the communication environments in this paper. Most paper assumed that Nakagami fading index( $m$ ) of each branch of Rake receiver was fixed the same value in recent years.

However, Nakagami fading index( $m$ ) of each branch of Rake receiver takes several value through communication environments. In this case, the branch, which takes a small Nakagami fading index( $m$ ), exclude. So we can improve performance.

We are considered phase error and analyzed wideband DS/CDMA cellular system. When nakagami fading index( $m$ ) takes voluntary value, we analyze BER of wideband DS/CDMA cellular system.

Finally, When the branch, which takes a small Nakagami fading index( $m$ ), exclude, we analyze BER of wideband DS/CDMA cellular system

---

\* 청주대학교 전자공학과  
접수일자: 2001. 4. 26

### 1. 서론

현재까지의 연구에서는 다양한 페이딩 환경하에서 완전동기된 CDMA 시스템의 성능을 분석하였다. 그러나 수신기가 고속으로 이동중이거나 또는 수신기에 도달한 수신전파의 세기가 일정한 크기이하인 경우 수신기에서 수신한 신호는 심각한 위상에러를 지니게 되며 수신기의 수신성능에 많은 영향을 주게 된다.[1][2] 나카가미 페이딩 채널 하에서 레이크 수신기를 가지고 있는 광대역 DS/CDMA 셀룰라 시스템의 셀사이트에서 역방향 링크는 다중신호가 비동기적으로 전송되고 파이프라인이 사용되지 않기 때문에 시스템의 용량에는 한계가 있으므로 역방향 링크의 성능분석은 고려하지 않는다.

나카가미 분포는 최근 Rician 분포 대신 채택되는 일반적인 모델로써 적당한 다중경로수와 페이딩지수를 선택하여 여러 페이딩 환경을 모델화 할 수 있다.

본 논문에서는 변조 방법 중 동기톤이 없는 동기 검출을 하기 어렵기 때문에 DPSK 변조방법을 고려한다. 또한 현재까지 연구된 논문들에서는 레이크 수신기에서의 MRC 다이버시티 수신 방법을 채택할 경우 각 브랜치의 나카가미 페이딩 지수(m)를 일정하다고 가정하고 분석하였으나, 실제 각 브랜치에서의 나카가미 페이딩 지수(m)는 일정하지 않을 것이며 또한 각 브랜치에서 나카가미 페이딩 지수가 낮은 값을 가지는 브랜치를 제거할 경우 성능이 좋아 질수 있을 것이다.

따라서 본 논문에서는 DS/CDMA 시스템에서 반드시 고려해야하는 위상에러를 추가하여 페이딩 채널 하에서 불완전하게 동기된 광대역 DS/CDMA 시스템의 성능을 분석하였고, 나카가미 페이딩 지수를 임의의 값으로 주었을 경우 광대역 DS/CDMA 시스템의 성능분석을 하였다.

마지막으로 나카가미 페이딩 지수(m)값이 낮은 브랜치를 제거한 경우의 광대역 DS/CDMA 셀룰라 시스템의 성능분석을 하였다.

### II. 시스템 모델

셀룰라 시스템의 배치는 그림1과 같고, 홈셀을 본 논문에서 기준 셀로 취한다. 그리고 각 셀들은 완전한 전력제어가 이루어 졌다고 가정한다.

우리가 고려하는 채널은 이산 다중 경로 나카가미 페이딩 채널이다.

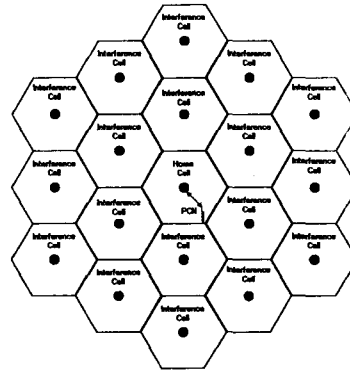


그림 1. 셀룰라 셀 구조  
Fig 1. Cellular cell structure

완전한 전력제어가 이루어졌다고 가정할때 홈셀에서 k번째 사용자에 대한 채널의 복소 저역통과 임펄스 응답은 다음과 같다.

$$h_{ik}(t) = \frac{1}{(d_{ik,1})^{r/2}} \sum_{l=1}^{L_k} \beta_{ikl} \delta(t - \tau_{ikl}) \exp(j\xi_{ikl})$$

.....(1)

여기서  $d_{ik,1} (d_{ik} \neq 0)$ 는 k번째 사용자의 i 번째 셀에서 주어진 셀 사이트의 거리를 나타내고 r 는 전파 경로 손실 지수,  $L_k$ 는 각 사용자에 연결된 경로의 수를 나타낸다.

$\beta_{ikl}, \tau_{ikl}, \xi_{ikl}$ 는 i 번째 셀에서 k번째 사용자의 l번째 경로 이득, 지연, 위상을 나타낸다.

$\beta_{ikl}$ 은 나카가미 랜덤 분포값이고  $\tau_{ikl}$ 는 [0,T]에서 균일분포이며,  $\xi_{ikl}$ 는  $[0, 2\pi]$ 에서 균일 분포를 가진다.

다른 경로와 다른 사용자에 대한 지연과 위상은 모두 통계적으로 독립이고, 시스템에 M개의 셀이 있을 때 각 셀의 실제 사용자는 K라고 가정한다.

각 셀 사이트에서 완벽한 전력제어가 된다고 고려하면 기준 셀 사이트에서 총 수신 신호는 다음과 같다.

$$r(t) = \sqrt{2P} \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^M \rho_{ik} \sum_{l=1}^{L_k} \text{Re} \{ \beta_{ikl} a_{ik}(t - \tau_{ikl}) \cdot b_{ik}(t - \tau_{ikl}) \cdot \exp[j(\omega_0 t + \phi_{ikl})] \} + n(t)$$

.....(2)

여기서 P는 기준셀에서 사용자들의 평균 수신 전력이고,  $\omega_0$ 는 기준 캐리어 주파수,  $\phi_{ikl}$ 는 랜덤 위상으로  $[0, 2\pi]$ 사이에서 균일 분포를 가진다.

i 번째 셀에서 k번째 사용자의 인증 시퀀스인  $a_{ik}(t)$ 의 칩 주기는  $T_c$ 이고  $b_{ik}(t)$ 는 비트 주기 T를 가진 차동 엔코드 시퀀스이다. 따라서 프로세싱 이득 N는  $N=T/T_c$ 가 되고,  $b_{ik}(t)$ 의 j번째 사각 펄스는 동일 확률에서 진폭이  $b_{ik}^{(j)}$ 이고  $[-1,+1]$ 의 값을 가지게 된다.

$\rho_{ik}$ 는 다음과 같이 정의되는 브랜치 콘트를 요소이다.

$$\rho_{ik} = \left( \frac{d_{ik,i}}{d_{ik,1}} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(3)$$

여기서  $d_{ik,i}$ 는 k번째 사용자가 i 번째 셀에서 그 자신의 셀사이트까지의 거리이고,  $n(t)$ 는 양측 브랜치 스펙트럼 밀도  $\eta_0/2$ 를 가지는 AWGN이다.

다중 경로 페이딩에 대비하기 위해 연속 다중 경로 지연을 가진 레이크 수신기를 그림2에서 보여주고 있다. 다중 경로 지연은  $[0,T]$ 에서 연속적인 분포이다.

수신기는 그림 2에서 나타내지는 않았지만 도달 경로의 시간 지연이 발생하고, 이들 지연에서 수신된 신호가 검출되고 결합하므로 수신 신호는 채널 파라미터의 측정없이 Maximal ratio 센서에서 복조된다.

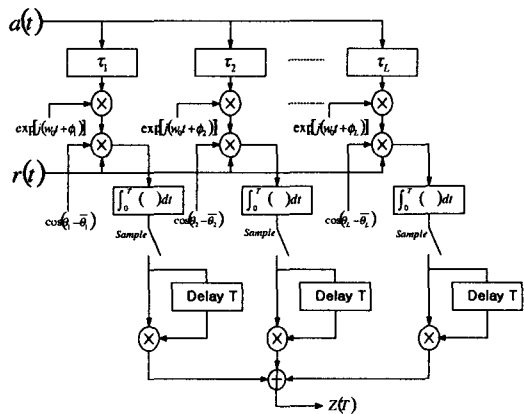


그림 2. 위상이 고려된 DPSK 복조를 위한 MRC 다이버시티 수신기

Fig 2. MRC diversity receiver for DPSK modulation with phase

### III. 성능분석

일반적으로 우리는 첫 번째 셀에서 첫 번째 사용자를 기준 사용자로 가정한다.

그림 2로부터 레이크 수신기의 테스트된 통계는 다음과 같이 쓸수 있다.

$$Z(T) = \sum_{j=1}^{L_R} [Z_j(0) Z_j(-1)] \dots\dots\dots(4)$$

여기서  $Z_j(-1)$ ,  $Z_j(0)$ 은 사전 비트와 현재 비트 사이에서 j 번째 브랜치의 출력이다.

고주파수를 제거한 후에  $Z(T)$ 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$Z(T) = Re \left\{ \sum_{j=1}^{L_R} \left[ \sqrt{\frac{P}{2}} T b_{11}^{(0)} \beta_{11} e^{j(\phi_{11} - \phi)} + N_j(0) \right] \cdot \left[ \sqrt{\frac{P}{2}} T b_{11}^{(-1)} \beta_{11} e^{-j(\phi_{11} - \phi)} + N_j(-1) \right] \right\} \dots\dots\dots(5)$$

여기서  $b_{11}^{(0)}$ ,  $b_{11}^{(-1)}$ 는 기준 사용자가 검출한 현재와 사전 비트를 말하고,  $\phi_j$ 는 j 번째 브랜치의 랜덤 캐리어 위상이고  $N_j(-1)$ ,  $N_j(0)$ 는 두 비트 사이에서 j 번째 브랜치의 출력에서 수신된 잡음 성분이다.

잡음 성분  $N_j(n)$  ( $n = -1, 0$ )는 각각 다음과 같이 표현할수 있다.

$$N_j(n) = \sqrt{\frac{P}{2}} \left\{ \sum_{l=1, l \neq j}^{L_R} \beta_{11l} e^{j(\phi_{11l} - \phi)} I_{11}(T) + \sum_{k=2}^{K_L} \sum_{l=1}^{L_R} \beta_{1kl} e^{j(\phi_{1kl} - \phi)} I_{1k}(T) + \sum_{i=2}^M \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^{L_R} \rho_{ik} \beta_{ikl} e^{j(\phi_{ikl} - \phi)} I_{ik}(T) \right\} + N(T) \dots\dots\dots(6)$$

여기서  $N(T)$ 는 백색 가우시안 잡음에 의해 야기되는 백색잡음펄의 복소값이고

$$I_{ik}(T) = \int_0^T b_{ik}(t - \tau_{ikl}) a_{ik}(t - \tau_{ikl}) a_{11}(t) dt \dots\dots(7)$$

이다.

랜덤 인증 시퀀스에서 식 (7)의 분산은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\sigma_{I_a}^2 = \begin{cases} \frac{2T^2}{3N^2}(2N-1) & i=k=1 \\ \frac{2T^2}{3N} & otherwise \end{cases} \quad \dots(8)$$

K가 크면  $N_j(-1)$ ,  $N_j(0)$ 는 제로평균 복소값 가우시안 랜덤 변수로 모델화 할 수 있다.

여기서  $\rho_{ik}$ 의 2차 모멘터를  $\mu_i = E[\rho_{ik}^2]$ 로 정의하면  $N_j(n)$  ( $n=-1, 0$ )의 실수부와 허수부는 상관관계가 없고 다음과 같은 동일 분산값을 갖는다.

$$\sigma_N^2 = \frac{PT^2}{6N^2}(2N-1)(L_P-1)\Omega_0 + \frac{PT^2}{6N} L_P \Omega_0 \left( K-1 + K \sum_{i=2}^M \mu_i \right) + \frac{\eta_0 T}{4} \dots\dots\dots(9)$$

논문 [1]에서 경로 손실값  $\gamma$ 는 인접셀로부터 분석된 간섭이 4로 주어질 수 있다.

그래서 사용자들 균일 분포로 가정하면  $\mu_i$ 값은 다음과 같이 계산된다.

$$\mu_i = \begin{cases} 0.0535 & 2 \leq i \leq 7 \\ 0.0029 & 8 \leq i \leq 19 \end{cases} \quad \dots\dots(10)$$

단일 셀인 경우  $\mu_i$ 값이 0일 경우를 나타내고  $2 \leq i \leq 7$ 일 경우 one layer범위에서 적용한 것이며  $8 \leq i \leq 19$ 일 경우 two layer범위에서 적용한 것이다. 일반적으로 two layer범위 밖의 셀에서의 영향은 무시할 수 있다.

$L_R$ 쌍인  $\{N_j(0), N_j(-1)\}$ 은 서로 통계적으로 독립이고 복소 가우시안 값을 가지기 때문에 논문 [4]에서 보는 바와 같이 조건부 에러율은 다음과 같이 주어지게 된다.

$$P_e(\gamma_b) = \frac{1}{2^{2L_R-1}} e^{-\gamma_b} \sum_{n=0}^{L_R-1} g_n \gamma_b^n \quad \dots\dots\dots(11)$$

여기서  $g_n$ 는 다음과 같다.

$$g_n = \frac{1}{n!} \sum_{m_i=0}^{L_R-1-n} \binom{2L_R-1}{m_i} \dots\dots\dots(12)$$

$m_i$ 는 레이크 수신기의  $l$  브랜치에서의 나카가미 페이딩 지수를 나타낸다.

그리고  $\gamma_b$ 는 다음과 같이 정의되는 수신기 출력에서의 조건부 신호대 잡음비가 된다.

$$\gamma_b = \frac{\gamma_0}{\Omega_0} \sum_{j=1}^{L_R} \beta_{11j}^2 = \sum_{j=1}^{L_R} \gamma_j \quad \dots\dots\dots(13)$$

여기서  $\gamma_j = \frac{\gamma_0}{\Omega_0} \beta_{11j}^2$ 는  $j$ 번째 브랜치의 순간 신호대 잡음비이며  $\gamma_0$ 는 다음과 같다.

$$\gamma_0 = \left[ \frac{2}{3N^2}(2N-1)(L_P-1) + \frac{2}{3N} L_P \left( K-1 + K \sum_{i=2}^M \mu_i \right) + \frac{\eta_0}{E\Omega_0} \right]^{-1} \quad \dots\dots(14)$$

여기서 E는 비트당 에너지이고  $E\Omega_0/\eta_0$ 는 각 경로에서 비트당 평균 수신 신호대 잡음비를 나타낸다. 평균 에러율  $\gamma_b$ 에 대한  $f(\gamma_b)$ 는 확률밀도함수를 이용하여 구할 수 있으며, 평균  $P_e(\gamma_b)$ 는 조건부 BER로부터 계산될 수 있다. 특성 함수 방법에 의해 우리는  $f(\gamma_b)$ 를 쉽게 정의 할 수 있다.

$$f(\gamma_b) = \frac{1}{\Gamma(m_i L_R)} \left( \frac{m_i}{\gamma_0} \right)^{m_i L_R} \gamma_b^{m_i L_R - 1} \cdot \exp\left(-\frac{m_i}{\gamma_0} \gamma_b\right) \quad \dots\dots(15)$$

따라서 평균BER은 다음과 같이 될 수 있다.

$$P_e = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^{L_R} \int_0^\infty P_e(\gamma_b) f(\gamma_b) d\gamma_b \quad \dots\dots\dots(16)$$

각각의 브랜치에 PLL을 적용함으로써 수신신호에서 발생한 위상에러를 제거하기 위해 위상에러를 고려하면 PLL의 출력위상  $\overline{\theta}_l$ 은 각각의 경로로 수신된 신호의 위상  $\theta_l$ 과 위상에러  $\Delta\theta_l$ 의 합이고, 위상에러  $\Delta\theta_l$ 의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$p(\Delta\theta_i) = \frac{\exp(\gamma_i \cos \Delta\theta_i)}{2\pi I_0(\gamma_i)} : -\pi < \Delta\theta < \pi \quad (17)$$

$$SNR = \gamma_i = \frac{A_c^2}{N_0 B_{eq}} \dots\dots\dots (18)$$

여기서  $I_0(\cdot)$ 는 개선된 1종 0차 베셀함수이며  $\gamma_i$ 는 PLL루프내의 신호대 잡음비이다. 수식 (18)에서  $B_{eq}$ 는 루프의 등가 잡음 대역폭이고,  $A_c$ 는 PLL에서 발생시킨 신호의 진폭을 의미한다. Tikhonov 분포로 불리는 이 확률분포는  $\gamma_i = 0$ 일 때 단위함수의 분포형태에서부터  $\gamma_i = \infty$ 일 때 임펄스함수의 형태를 갖는다.[3] Tikhonov 분포는 그림 3에 나타나 있다.

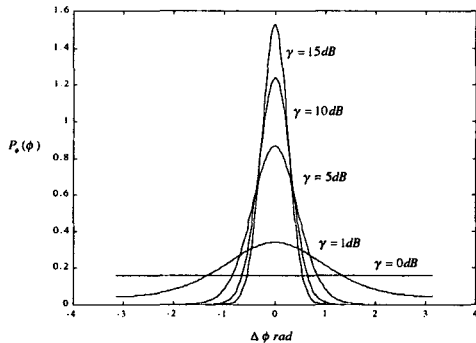


그림 3. Tikhonov 확률밀도함수  
Fig 3. Tikhonov Probability Density Function

여기서 파라미터  $\gamma_i$ 는 루프 내부에 존재하는 순간 SNR이며,  $\gamma_i$ 는 각각의  $n$ 에 대해  $\beta_1^2$ 에 비해 하기 때문에 지수함수 분포를 갖는 랜덤함수이다. 이러한 확률밀도함수를 표현하면 다음과 같다.

$$p(\gamma_i) = \frac{1}{\sigma_L} \exp\left(\frac{-\gamma_i}{\sigma_L}\right) \dots\dots\dots (19)$$

여기서,  $\sigma_L = E[\gamma_i]$ 는 루프의 평균 SNR이고 모든 루프가 같다고 가정한다.

본 논문에서는  $\gamma_i$ 가 최소한 몇 비트 동안 상수로 취급되어지게 하기 위해서 감쇠대역폭이 PLL의 대역

폭보다 훨씬작다고 가정한다. 이 저속페이딩에 대한 가정은 평균 BER계산을 간단하게 하고, 위상에러에 대한 Tikhonov 분포의 사용이 신호 진폭의 변화에도 유용하도록해 준다.[9] 이러한 상태로 고정되었을 때 랜덤변수인  $\cos(\Delta\theta)$ 를 기대값으로 대치하여도 심각한 오류를 발생시키지 않는다. 그러므로 복조에 사용되는 수신기의 위상기대값은 다음과 같이 표현된다.

$$e^{j\bar{\theta}_i} = E_{\Delta\theta} [e^{j(\theta_i + \Delta\theta)}] \dots\dots\dots (20)$$

여기서  $E_{\Delta\theta}$ 는 위상에러  $\Delta\theta_n$ 의 기대값으로 재 표현된다.

$$E_{\Delta\theta} [\cos(\Delta\theta)] = \int_0^{2\pi} \cos(\Delta\theta_i) \frac{\exp(\gamma_i \cos \Delta\theta_i)}{2\pi I_0(\gamma_i)} d\Delta\theta_i \dots\dots\dots (21)$$

따라서 위상에러를 고려하여 시스템의 평균BER을 계산하게 되면 다음같이 표현할 수 있다.

$$P_e = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^{L_R} \int_0^\infty P_e(\gamma_b) f(\gamma_b) d\gamma_b \cdot E_{\Delta\theta} [\cos(\Delta\theta_n)]$$

$$= \frac{1}{L} \sum_{l=1}^{L_R} \frac{1}{2^{2L_R-1} \Gamma(m_l L_R) (1 + \frac{\gamma_0}{m_l})^{m_l L_R}}$$

$$\cdot \sum_{n=0}^{L_R-1} \frac{g_n \Gamma(n + m_l L_R)}{(1 + \frac{m_l}{\gamma_0})^n}$$

$$\cdot \int_0^{2\pi} \cos(\Delta\theta) \frac{\exp(\gamma_i \cos \Delta\theta)}{2\pi I_0(\gamma_i)} d\Delta\theta_i \dots\dots\dots (22)$$

$m_l$ 가 정수일 때  $P_e$ 는 다음과 같이 나타낼수 있다.

$$P_e = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^{L_R} \frac{1}{2^{2L_R-1} (m_l L_R - 1)!} \left(\frac{m_l}{m_l + \gamma_0}\right)^{m_l L_R}$$

$$\cdot \sum_{n=0}^{L_R-1} g_n (n + m_l L_R - 1)! \left(\frac{\gamma_0}{m_l + \gamma_0}\right)^n$$

$$\cdot \int_0^{2\pi} \cos(\Delta\theta) \frac{\exp(\gamma_i \cos \Delta\theta)}{2\pi I_0(\gamma_i)} d\Delta\theta_i \dots\dots\dots (23)$$

MRC 레이크 수신기에서 신호를 수신한 후 나카가미 페이딩 지수가 가장 낮은 임의의 한 브랜치를 제거했을 경우의  $P_e$ 는 다음과 같이 나타낼수 있다.

$$P_e = \frac{1}{L-1} \sum_{l=1}^{L_R-1} \frac{1}{2^{2L_R-1} (m_l L_R - 1)!} \left( \frac{m_l}{m_l + \gamma_0} \right)^{m_l L_R} \cdot \sum_{n=0}^{L_R-1} g_n (n + m_l L_R - 1)! \left( \frac{\gamma_0}{m_l + \gamma_0} \right)^n \cdot \int_0^{2\pi} \cos(\Delta\theta) \frac{\exp(\gamma_l \cos \Delta\theta)}{2\pi I_0(\gamma_l)} d\Delta\theta$$

.....(24)

**N. 수학적 결과**

본 논문에서는 레이크 수신기의 브랜치수와 다중경로수를 4로하고 기준 사용자를 제외한 사용자의 수를 50으로 한 후 CDMA 시스템의 프로세싱 이득값을 1023으로 설정하였다.

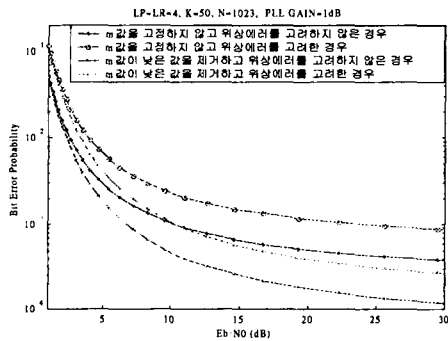


그림 4. 성능비교 1  
Fig 4. Comparison of performance (PLL Gain 1)

그림4는 주어진 조건에서 PLL 이득값이 1dB인 경우 4개의 브랜치에서 m값이 낮은 브랜치 하나를 제거했을 경우와 제거 하지 않은 경우에 대해 성능 분석을 하였다.

비트 에러확률 10<sup>-3</sup> 을 얻기 위해 필요한 시스템의 Eb/N0값은 m값이 낮은 브랜치를 제거하지 않은 경우에 대해 위상을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우, m값이 낮은 브랜치를 제거한 경우에 대해 위상을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우 각각 23.5dB, 10.2dB, 10.3dB, 6.8dB임을 알 수 있다.

그림5는 주어진 조건에서 PLL 이득값이 5dB인 경우 4개의 브랜치에서 m값이 낮은 브랜치 하나를 제거했을 경우와 제거 하지 않은 경우에 대해 성능 분석을 하였다. 비트 에러확률 10<sup>-3</sup> 을 얻기 위해 필요한 시

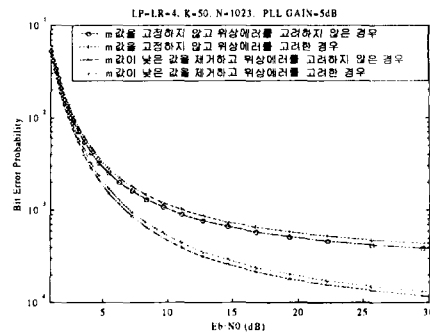


그림 5. 성능비교 2  
Fig 5. Comparison of performance (Loop Gain 5)

스템의 Eb/N0값은 m값이 낮은 브랜치를 제거하지 않은 경우에 대해 위상을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우, m값이 낮은 브랜치를 제거한 경우에 대해 위상을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우 각각 11.2dB, 10.2dB, 7.1dB, 6.7dB임을 알 수 있다.

m값이 낮은 브랜치를 제거한 경우대해 위상을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우 각각 4.1dB와 3.5dB 차가 남을 알 수 있다.

그림6은 주어진 조건에서 PLL 이득값이 5dB로 주어졌을 경우 m값이 2로 고정된 경우와 m값을 1, 2, 2, 3으로 주어졌을 경우 및 m값이 낮은 브랜치를 제거했을 경우에 대한 성능 분석을 하였다.

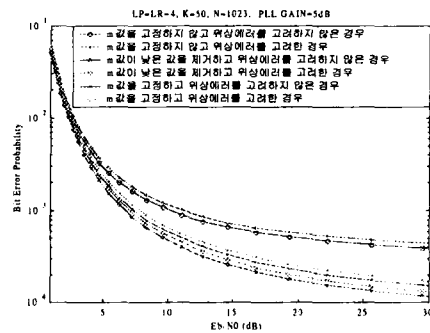


그림 6. 성능비교 3  
Fig 6. Comparison of performance (PLL Gain 5)

m값이 고정된 경우는 m값이 다르게 주어지는 경우보다 이상적이지만 실제 환경에서는 m값이 다르게 주어지게 된다. m값이 다르게 주어진 경우 성능이 나빠지게 되며 이에 대한 개선을 위해 m값이 낮은 한

브랜치를 제거하면 성능이 개선됨을 알 수 있다.

### V. 결론

본 논문에서는 나카가미- $m$  페이딩 채널하에서 MRC 레이크 수신기를 이용하여 위상이 고려된 광대역 DS/CDMA 셀룰라 시스템에서 페이딩 지수( $m$ )값이 각 경로를 통해 들어올 때 임의의 값을 가진 경우와 고정된 경우를 비교 분석하여 컴퓨터 시뮬레이션으로 성능 분석을 하고 페이딩 지수( $m$ )값이 낮은 브랜치를 제거하였을 경우의 시스템 성능분석을 하였다.

레이크 수신기의 브랜치수와 다중경로수를 4로하고 기준 사용자를 제외한 사용자의 수를 50으로 한 후 CDMA 시스템의 프로세싱 이득값을 1023으로 설정했다.

Loop Gain 값이 각각 1dB, 5dB, 10dB인 경우에  $m$ 값의 변화에 따른 성능 분석을 하였으며,  $m$ 값이 각각 1, 2, 4인 경우에 Loop Gain에 따른 성능분석을 하였다.

또한 PLL Gain 값이 1dB, 5dB인 경우  $m$ 값이 고정된 경우와  $m$ 값이 변화할때의 성능분석 및  $m$ 값이 낮은 브랜치를 제거한 경우와 제거하지 않은 경우의 성능을 분석하였다.

그 결과, 위상을 고려하지 않은 경우의 성능에 근접하기 위해서는  $m$ 값에 따라서 조금씩 차이가 있지만 PLL Gain 값이 10dB 이상이 되어야 함을 볼 수 있었다.

또한,  $m$ 값이 낮은 브랜치를 제거한 경우에 제거하지 않은 경우보다 성능이 좋아짐을 알 수 있었다. 따라서 실제 통신 환경에서 주어지는 임의의  $m$ 값에 대해  $m$ 값이 낮은 브랜치를 제거함으로써 성능의 개선을 이룰 수 있음을 알 수 있었다.

### 참고문헌

[1] K.S.Gilhousen et al., "On the capacity of a cellular CDMA system," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol.40, PP.303-312, May 1991  
 [2] W.C.Y.Lee, "Overview of cellular CDMA," IEEE Trans. Vehic. Technol., vol. 40, pp.291-302, May, 1991.  
 [3] Peterson, Ziemer, Borth, " Introduction to Spread Spectrum Communication", Prentice-hall, 1995

[4] J.Wang et al., "DS-CDMA with predetection diversity for indoor radio communication," IEEE Trans. Commun., vol. 42, pp. 1929-1938, Feb/Mar/Apr.1994

[5] J. G. Proakis, "Digital Communications." New York: McGraw-Hill, 1995

[6] 대한전자공학회, "스펙트럼확산 통신 방식", 대한전자공학회, 1986



김원섭(Won-Sub, Kim)

1999년 청주대학교 전자공학과 졸업 (학사)

2001년 청주대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

2001년~현재 청주대학교 대학원 전자공학과 박사과정 2000년~현재 청주대학교 정보통신연구센터 기술연구원

관심분야: 디지털 이동통신, 부호이론, 대역확산 통신, Multimedia 통신, 영상통신



정근열(Keun-Yeol, Jeong)

1993년 청주대학교 전자공학과 졸업 (학사)

1995년 청주대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

2000년 청주대학교 대학원 전자공학과 박사수료

관심분야: 디지털 이동통신, 부호이론, 대역확산 통신, Multimedia 통신, 영상통신



박진수(Jin-Soo, Park)

1975년 한양대학교 전자공학과 졸업 (학사)

1977년 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사)

1985년 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학박사)

1978 ~ 현재 청주대학교 전자공학과 교수  
 1999 ~ 현재 청주대학교 정보통신연구센터 소장

관심분야: 디지털 이동통신, 부호이론, 대역확산 통신, Multimedia 통신, 영상통신