

# 다중 경로 페이딩 채널 환경에서 다중반송파 DS-CDMA 시스템의 간섭 제거 성능 분석

정회원 박 태 윤\*, 최 재 호\*\*

## Performance Analysis of MC-DS-CDMA System Using a Interference Suppression Method in a Multipath Fading Channel

Tae-yoon Park\*, Jae-ho Choi\*\* *Regular Members*

### 요 약

이동 통신 채널의 특성으로 인하여 발생하는 간섭 잡음의 영향으로 CDMA 기종의 다중 접속 데이터 전송 시스템의 성능은 제한을 받는다. 동시 접속 사용자의 수에 비례하여 증가하는 사용자간의 간섭, 다중 경로 페이딩에 의한 심벌간, 칩간의 간섭 등은 신호의 직교성을 손상시켜 자기신호의 수신에 장애가 되는 주요 요소이다. 본 논문에서는 다중 사용자간의 간섭을 제한하여 CDMA 시스템의 성능을 향상시키기 위한 목적으로 CDMA 시스템 중에서 주파수 선택적 페이딩 환경에 적합한 것으로 알려진 다중 반송파 DS-CDMA 시스템을 사용하였으며, 심벌간 및 칩간의 간섭을 제거하기 위해 칩 단위 순환 접두부 삽입과 적응적 단일 탭 DFE 등화기를 적용한 MC-DS-CDMA 기법을 제안한다. 제안한 시스템의 성능을 평가하기 위하여 다중 경로 레일리 페이딩을 겪는 역방향 링크에서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한 결과, 제안한 시스템이 기존의 DS 및 MC-DS-CDMA 기법에 비하여 SNR 대 BER 측면에서 우수한 성능을 가지고 있음을 검증하였다.

### ABSTRACT

The performance of existing CDMA-type multiple access data transmission systems is limited by interferences due to adverse mobile communication channel characteristics. Among them, the multi-user interference becomes one of the major performance degradation factors because the signal-to-signal orthogonality can be easily perturbed when numerous user signals are distorted by multipath fading channels and mixed together. In order to enhance the performance of CDMA-type systems by suppressing the multi-user interference, we have adopted chip-based cyclic prefix insertion along with adaptive one-tap DFE equalization into MC-DS-CDMA, which is known for its robustness in the frequency selective multipath fading channel environment. In order to assess the performance of the proposed system, a set of computer simulations is performed in the reverse link in which each user signal undergoes different multipath Rayleigh fading. The results show us a superior performance of our system over other CDMA systems in terms of SNR to BER measurements.

### 1. 서론

주파수 대역의 이용 효율을 고려한 통신 신호 처리 기법들 중의 한 갈래인 CDMA 기술은 시스템 용량 측면에서 여타의 다중 접속 기술에 비하여 가

장 우수한 기법으로 알려져 있다. 특히, 확산 수열을 사용하는 DS-CDMA 방식은 시스템 구현이 용이한 구조를 가지고 있어 이 시스템의 성능 향상을 위한 많은 연구가 최근 10년에 걸쳐 진행되어 왔다<sup>[1-3]</sup>. 그러나 데이터 전송률을 높이는 과정에서 발생

\* 전북대학교 전자정보공학부 미디어통신연구실(thilbong@chollian.net), \*\* 전북대학교 전자정보공학부(wave@moak.chonbuk.ac.kr)

논문번호 : 020054-0205, 접수일자 : 2002년 2월 5일

전북대학교부설공학연구원 공업기술연구센터

※ 본 논문은 2002년 정보통신부 대학기초연구지원에 의한 연구 결과입니다.

하는 신호의 고속화는 이동통신 채널 환경에서 칩간의 간섭과 심벌간의 간섭 잡음을 현저히 증가시킴으로써 DS-CDMA 시스템의 성능이 상대적으로 저하되는 문제가 발생한다. 이에 따라 고속 데이터 전송 환경에서 페이딩 채널의 효과에 의한 간섭 잡음을 효과적으로 줄일 수 있는 또 다른 종류의 CDMA 기법이 제안되었고 그 가운데 대표적인 기술로서 다중 반송파 CDMA 방식이 있다<sup>[4-6]</sup>.

MC-CDMA는 시스템의 확산 코드 할당을 부채널 별로 처리하므로 칩 지속 시간이 부채널 수만큼 길어져, 채널의 전송 지연에 따른 칩간의 간섭 영향을 줄일 수 있다. 그러나 역방향 링크에서 다중 경로 페이딩을 겪을 경우, 각 사용자마다 부채널에서의 페이딩이 상이하여 확산 코드의 각 칩별로 다른 페이딩을 겪게 되어 확산 코드간의 직교성이 손상되는 단점이 있다<sup>[7-9]</sup>.

그 대안으로 MC-DS-CDMA 시스템이 제안되었는데, 이것은 DS-CDMA 기법과 다중 직교 주파수 분할 접속 방식을 결합한 기술의 하나로, 각 부채널 별로 DS-CDMA 기법을 적용한 뒤 IDFT/DFT 다중 채널 변복조기로 전송하는 것이다. 이 시스템은 MC-CDMA에 비하여 부채널간의 직교성이 효과적으로 유지될 수 있는 장점이 있으나 여전히 심벌간, 칩간의 간섭은 존재한다<sup>[10]</sup>.

본 논문에서는 MC-DS-CDMA 시스템을 바탕으로 확산 코드의 칩과 칩 사이에 보호 구간 역할을 하는 순환 접두부(CP: cyclic prefix)를 첨부하여 다중 경로 채널로 인한 칩간 및 심벌간 간섭을 효과적으로 제거하는 방안을 제안하였다.

2장에서는 일반적인 MC-CDMA의 구조와 문제점을 알아보고, 3장에서는 기존의 MC-DS-CDMA 시스템의 구조와 우리가 제안한 CP를 첨부한 MC-

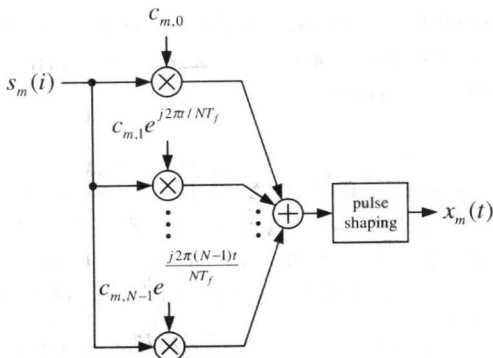


그림 1. MC-CDMA 시스템의 송신기 구조

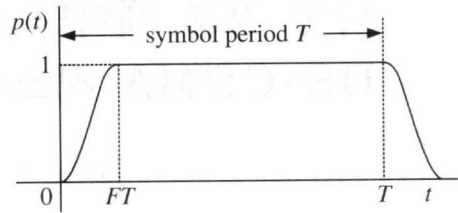


그림 2. 성형 펄스의 모양

DS-CDMA 시스템의 구조를 제시하였다. 4장에서는 본 논문에서 제안한 시스템에서 사용할 수 있는 등화기법을 알아보았고 5장에서는 시뮬레이션 결과를 보이고, 6장에서 결론을 내렸다.

## II. MC 및 MC-DS-CDMA 시스템

일반적인 MC-CDMA 송신기의 구조는 그림 1과 같이 나타낼 수 있고, 시스템의 송신 신호를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$x_m(t) = \sqrt{\frac{T_s}{NT_f}} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{N-1} s_m(i)c_{m,n} e^{j\frac{2\pi n(t-iT)}{NT_f}} p(t-iT) \quad (1)$$

여기에서 T는 MC-CDMA 심볼 주기,  $1/T_f$ 는 사용하는 총 대역폭,  $T_s$ 는 샘플링 주기,  $p(t)$ 는 그림 2와 같이  $FT < t < T$ 인 구간에서 1값을 가지고  $t < 0$  또는  $t > T+FT$ 인 구간에서는 0의 값을 가지는 성형 펄스(shaping pulse)이다<sup>[11]</sup>. 여기서  $FT$  (filter time)는 성형 펄스의 지연 시간이다.

$c_{m,n}$ 은  $m$ 번째 사용자의  $n$ 번째 칩을 의미한다. 송신 신호는 모든 부채널에 똑같이 복사되어 각 부채널 별로 다른 칩이 곱해지고 변조된다. 수신기에서는 CP를 없애기 위해  $c$ 만큼의 시간 후에  $T_s$ 의 주기로 한 심벌 당  $N_s$ 개씩 샘플링을 한다. 그림 3은 0번째 MC-CDMA 심벌의 송신 신호를 보여주고 있다. 그림에서  $y_0$ 에서  $y_{N_s-1}$ 까지는 이상적인 채널로 전송되었을 때 수신기에서 샘플링될 위치와 그 값이다.

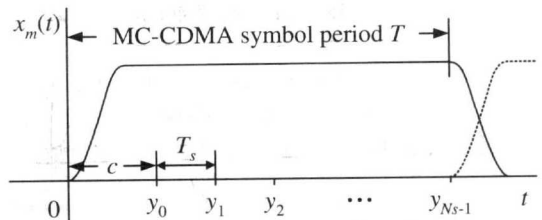


그림 3. MC-CDMA 시스템의 송신 신호 타이밍

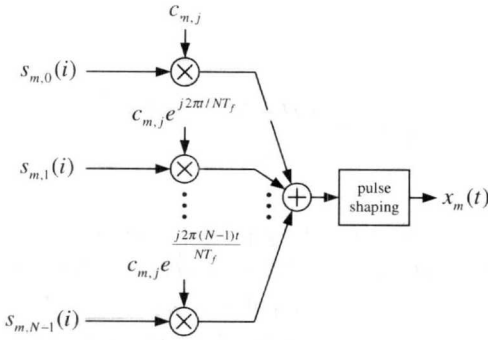


그림 4. MC-DS-SS 송신기 구조

이것은 곧 복조되고 등화되어 원래의 송신 신호를 판별하게 된다.

이러한 MC-SS 시스템은 순방향 전송에서는 모든 이동 단말기에 대한 전송 신호가 같은 채널을 통하여 전송되므로 채널 추정이 용이하여 등화가 쉬우나, 역방향 전송에서는 기지국이 서로 다른 전송 경로를 통하여 섞여 수신된 여러 단말기로부터의 신호를 받게 되므로 채널 추정이 어렵게 되고, 채널 추정이 된다 하여도 부채널의 칩 사이에 직교성이 손상되어 역확산이 어렵게 되는 문제가 있다.

이와 같은 역방향 전송에서의 문제점을 해결하면서 주파수 다양성의 이점을 유지하기 위한 방법의 하나로 MC-DS-SS 시스템이 제안되었으며, 그림 4에 송신기의 구조를 나타내었다. 하나의 확산 코드의 각 칩을 해당 부채널의 송신 비트에 곱하여 전송하는 MC-SS 시스템과 달리 MC-DS-SS 시스템은 각 부채널에 대하여 전체 확산 코드를 사용한다. 또한 부채널 별로 서로 다른 비트가 전송될 수 있다.

이러한 MC-DS-SS 시스템은 각 부채널 별로 DS-SS의 형식을 취하므로 역방향 전송의 경우에도 역확산시 직교성이 손상되는 점을 방지할 수 있다. 그러나 다중 경로 페이딩으로 발생하는 심벌 간 간섭 및 칩간의 간섭이 아직 남아 있어 성능 저하의 요인이 된다.

### III. 칩 단위의 CP를 사용한 MC-DS-SS

이러한 간섭을 제거하고자 우리는 칩 단위로 CP를 사용하는 MC-DS-SS 시스템을 제안하였다. 확산 코드 칩의 개수가 P라 할 때, MC-SS 시스템의 P개의 심벌이 묶여 하나의 MC-DS-SS 심벌을 형성한다. 즉, MC-SS에서의 심벌 주기

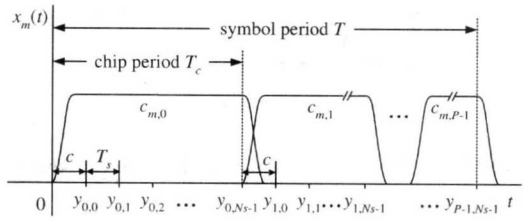


그림 5. 칩 단위 CP를 사용한 MC-DS-SS 시스템의 송신 신호 타이밍

T는 시간 길이의 변화 없이 MC-DS-SS에서의 칩 지속시간  $T_c$ 로 바뀐다. MC-DS-SS 시스템의 심벌 주기 T는 MC-SS 경우의 P배로 늘어난다. 즉,  $T = PT_c$ 이다. 또한 매  $T_c$ 마다 모든 부채널에는 똑같은 확산 코드가 곱해진다.

그림 5에 본 논문에서 제안한 MC-DS-SS 송신 신호의 샘플링 타이밍이 나타나 있다. 제안된 시스템에서 송신되는 한  $T_c$  시간 동안의 샘플링 타이밍 구조는 그림 3에 나타낸 MC-SS 심벌의 타이밍 구조와 동일하며, 같은 구조를 가지는 칩이 한 심벌 주기 동안 P번 반복된다. 각 칩에는 모두 같은 길이 c만큼의 CP가 포함되어 있어 칩간의 간섭을 제거할 수 있도록 한다. CP를 사용하지 않는 일반적인 MC-DS-SS의 경우  $c = 0$ 이다. 따라서 한 칩 동안의 샘플링 회수를  $N_s$ , 샘플링 주기를  $T_s$ 라 할 때, 한 칩의 지속 시간은  $T_c = N_s T_s + c$ 이며, 전체 심벌 주기는  $T = P(N_s T_s + c)$ 이다.

제안된 시스템이 어떻게 사용자간의 간섭과 ISI, ICI를 효과적으로 제거할 수 있는지 수식적으로 유도하였다. 먼저 m번째 사용자의 송신신호  $x_m(t)$ 를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$x_m(t) = \sqrt{\frac{T_s}{NT_f}} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=0}^{P-1} \sum_{n=0}^{N-1} s_{m,n}(i) c_{m,j} e^{j \frac{2\pi n(t-i-jT_c)}{NT_f}} p(t-iT-jT_c) \quad (2)$$

여기서 j는 확산 수열 칩의 인덱스이다.

또한, 수신 신호는

$$y_m(t) = \sum_{l=1}^d \alpha_{m,l}(t) x_m(t - \tau_{m,l}) \quad (3)$$

와 같이 모델링 할 수 있다. 이동 통신 채널 경로의 수는 d이며 여기서  $\alpha_{m,l}(t)$ 는 사용자 m의 신호가 l번째 경로로 전송될 때 겪는 복소 채널 감쇠 계수이며  $\tau_{m,l}$ 은 각 경로의 지연 시간이다. 식 3을 식 2에 대입하면 다음과 같다.

$$y_m(t) = \sqrt{\frac{T_s}{NT_f}} \sum_{l=1}^d \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=0}^{P-1} \sum_{n=0}^{N-1} s_{m,n}(i) c_{m,j} e^{j \frac{2\pi i(t-iT-jT_c-\tau_{m,l})}{NT_f}} \times \alpha_{m,l}(t) p(t-iT-jT_c-\tau_{m,l}) \quad (4)$$

역방향 전송에서 전체 사용자의 수신 신호와 AWGN를 고려하면,

$$y(t) = \sqrt{\frac{T_s}{NT_f}} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{l=1}^d \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=0}^{P-1} \sum_{n=0}^{N-1} s_{m,n}(i) c_{m,j} e^{j \frac{2\pi i(t-iT-jT_c-\tau_{m,l})}{NT_f}} \times \alpha_{m,l}(t) p(t-iT-jT_c-\tau_{m,l}) + n(t) \quad (5)$$

이 된다. 수신기에서  $T_s$ 의 샘플링 주기로 한 칩에서  $N_s$  개의 샘플을 취한다고 할 때,  $I$  번째 심벌에 대한  $J$  번째 칩의  $k$  번째 샘플을 수식으로 표현하면

$$y_{J,k}(I) = y(IT+JT_c+c+kT_s) = \sqrt{\frac{T_s}{NT_f}} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{l=1}^d \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=0}^{P-1} \sum_{n=0}^{N-1} s_{m,n}(I) c_{m,j} e^{j \frac{2\pi i((I-i)T+(J-j)T_c+c+kT_s-\tau_{m,l})}{NT_f}} \times e^{j \frac{2\pi i(c+kT_s-\tau_{m,l})}{NT_f}} \times \alpha_{m,l}(IT+JT_c+c+kT_s) \times p((I-i)T+(J-j)T_c+c+kT_s-\tau_{m,l}) + n(IT+JT_c+c+kT_s) \quad (6)$$

이다. 여기서  $\tau_{max}$ 가 이동 통신 채널의 최대 지연 확산 시간이라고 할 때, 만약  $FT + \tau_{max} < c$  라면 위 식에서  $I=i$  및  $J=j$ 일 때에만 성형 펄스  $p(t)$ 의 값이 1이 되고, 나머지 경우에는 모두 0이므로 식 6을 아래와 같이 줄일 수 있다.

$$y_{J,k}(I) = \sqrt{\frac{T_s}{NT_f}} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{l=1}^d \sum_{n=0}^{N-1} s_{m,n}(I) c_{m,J} e^{j \frac{2\pi i(c+kT_s-\tau_{m,l})}{NT_f}} \alpha_{m,l}(IT+JT_c+c+kT_s) + n(IT+JT_c+c+kT_s) \quad (7)$$

수신기에서 각 칩 시간 별로 DFT를 통해 위 수신 신호를 복조하면  $I$  번째 심벌,  $J$  번째 칩,  $r$  번째 부채널에서 복조된 값은

$$Y_{J,r}(I) = \sqrt{\frac{T_s}{NT_f}} \sum_{k=0}^{N_s-1} y_{J,k}(I) e^{-j \frac{2\pi kT_s}{NT_f}} = \frac{T_s}{NT_f} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} s_{m,n}(I) c_{m,J} \sum_{k=0}^{N_s-1} e^{j \frac{2\pi(n-r)kT_s}{NT_f}} \times \sum_{l=1}^d \alpha_{m,l}(IT+JT_c+c+kT_s) e^{j \frac{2\pi i(c-\tau_{m,l})}{NT_f}} + N_{J,r}(I) \quad (8)$$

이 된다. 여기서

$$N_{J,r}(I) = \sqrt{\frac{T_s}{NT_f}} \sum_{k=0}^{N_s-1} n(IT+JT_c+c+kT_s) e^{-j \frac{2\pi kT_s}{NT_f}} \quad (9)$$

이다.

채널이 한 심벌 기간동안 변하지 않는다고 가정하면  $\alpha_{m,l}(IT+JT_c+c+kT_s) = \alpha_{m,l}(IT)$ 로 간단히 할 수 있다. 또한 복소 지수함수의 직교성으로 인하여 송수신 부채널이 동일할 때, 즉  $r=n$ 일 때에만

$$\sum_{k=0}^{N_s-1} e^{j \frac{2\pi(n-r)kT_s}{NT_f}} = N_s \quad (10)$$

의 값을 가지고 그 외의 경우에는 0이므로,

$$Y_{J,r}(I) = \frac{N_s T_s}{NT_f} \sum_{m=0}^{M-1} s_{m,r}(I) c_{m,J} \sum_{l=1}^d \alpha_{m,l}(IT) e^{j \frac{2\pi i(c-\tau_{m,l})}{NT_f}} + N_{J,r}(I) = \sum_{m=0}^{M-1} s_{m,r}(I) c_{m,J} A_{m,r}(I) + N_{J,r}(I) \quad (11)$$

로 간단히 할 수 있고, 이 때

$$A_{m,r}(I) = \sum_{l=1}^d \alpha_{m,l}(IT) e^{j \frac{2\pi i(c-\tau_{m,l})}{NT_f}} \quad (12)$$

이며, 식 12는 사용자  $m$ 의  $r$  번째 부채널에서 발생하는 감쇠 계수이다.

$v$  번째 사용자의 칩을 곱해 역확산하여  $I$  번째 심벌의  $r$  번째 부채널에 전송된 데이터를 복원하면

$$\tilde{s}_{v,r}(I) = \frac{1}{P} \sum_{J=0}^{P-1} Y_{J,r}(I) c_{v,J} = \frac{1}{P} \sum_{J=0}^{P-1} \sum_{m=0}^{M-1} s_{m,r}(I) c_{m,J} c_{v,J} A_{m,r}(I) + \frac{1}{P} \sum_{J=0}^{P-1} N_{J,r}(I) c_{v,J} = \frac{1}{P} \sum_{m=0}^{M-1} s_{m,r}(I) A_{m,r}(I) \sum_{J=0}^{P-1} c_{m,J} c_{v,J} + N_r(I) \quad (13)$$

이 된다. 위 식에서 사용자별 칩간의 직교성으로 인하여, 사용자  $m=v$ 일 때에만  $J$  인덱스에 관한 누적이  $P$  값을 가지게 되고 그 외의 경우에는 0이므로

$$\tilde{s}_{v,r}(I) = s_{v,r}(I) A_{v,r}(I) + N_r(I) \quad (14)$$

로 표현할 수 있다. 결국 주어진 채널 환경 가정 하

에서, 모든 사용자간의 간섭 성분은 효과적으로 제거된다.

#### IV. 등화 기법

페이딩 채널에 의하여 발생하는 왜곡  $A_{v,r}(I)$ 를 제거하기 위하여 부채널 별로 단일 탭을 사용하는 적응적 DFE 등화기를 적용하였다. 느리게 변화하는 다중 경로 페이딩 환경에서 심벌과 심벌 사이의 상관관계를 가정하고, 등화기에서는 이전 심벌 시간에 평가한 채널 정보를 현재 심벌의 등화에 사용하는 방법을 그림 6에 나타내었다. 심벌  $I$ , 사용자  $v$ , 부채널  $r$ 에서의 등화기 계수를  $q_{v,r}(I)$ 라 하면 등화기를 거친 출력은 다음과 같다.

$$\hat{s}_{v,r}(I) = \hat{s}_{v,r}(I)q_{v,r}(I) \quad (15)$$

등화기의 계수는 다음과 같이 갱신된다.

$$q_{v,r}(I) = \frac{\bar{s}_{v,r}(I-1)}{\hat{s}_{v,r}(I-1)} \quad (16)$$

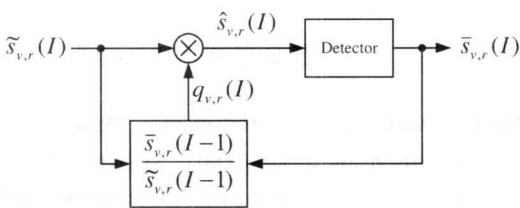


그림 6. 제안된 시스템의 단일 계수 등화기 구조

여기에서  $\bar{s}_{v,r}(I-1)$ 은 등화된 수신 심벌  $\hat{s}_{v,r}(I-1)$ 에 대한 판별기의 출력이며, 송신 심벌에 대한 추정치이다. 제안한 다중 채널 시스템에서는 이러한 간단한 등화기가 각 부채널마다 필요하다.

#### V. 컴퓨터 시뮬레이션

컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 CP를 사용한 MC-DS-CDMA 시스템과 기존의 MC-DS-CDMA, DS-CDMA 시스템 등을 역방향 링크에서 비교하였다. 여기에서 MC-CDMA 시스템은 역방향 링크에서 직교성의 손상과 채널 추정의 어려움 등의 문제로 사용되지 못하므로 제외하였다.

레이리 페이딩을 겪는 4개의 다중경로 채널 환경을 고려하였으며 최대 지연은  $0.1\mu s$  이내로 하였다. 모든 시스템은 동기식을 가정하였다. 사용할 수 있

는 확산 코드의 종류는 다양하지만 본 논문에서는 32개의 칩을 가지는 Walsh-Hadamard 코드를 사용하였다.

MC-DS-CDMA 시스템에서 부채널의 수는 32개, 각 칩의 지속시간은  $1.2\mu s$ , 확산 코드의 칩의 수가 32이므로 하나의 심벌 지속시간은  $38.4\mu s$ 가 된다. 샘플링 시간은 CP를 사용하지 않는 경우에  $0.0375\mu s$ ,  $0.4\mu s$ 의 CP를 사용했을 경우  $0.025\mu s$ 이다. DS-CDMA의 경우 심벌 지속시간은  $1.2\mu s$ 로 하였고 이 경우 칩 지속시간은  $0.0375\mu s$ 가 된다. 모든 시스템에서 데이터 전송율은 833kbps로 같도록 고정하였다. 표 1에서 모의실험에 사용된 파라미터를 정리하였다. 주파수 효율면에서는 제안된 CP를 사용한 MC-DS-CDMA 시스템만이 67.7%로 그 일부를 CP에 사용하고 있다. 부채널의 개수를 늘리면 늘일 수록 CP의 길이는 고정되고 칩 지속시간은 부채널의 개수에 비례하여 증가하므로 주파수 사용 효율은 증가하게 된다.

표 1. 모의실험에 사용된 파라미터

	DS-CDMA	MC-DS-CDMA w/o CP	MC-DS-CDMA with CP
data rate	833kbps	833kbps	833kbps
심벌지속시간	$1.2\mu s$	$38.4\mu s$	$38.4\mu s$
칩 개수	32	32	32
칩 지속시간	$0.0375\mu s$	$1.2\mu s$	$1.2\mu s$
샘플링 주기	$0.0375\mu s$	$0.0375\mu s$	$0.025\mu s$
CP 길이	0	0	$0.4\mu s$
주파수 사용 효율	100%	100%	66.7%

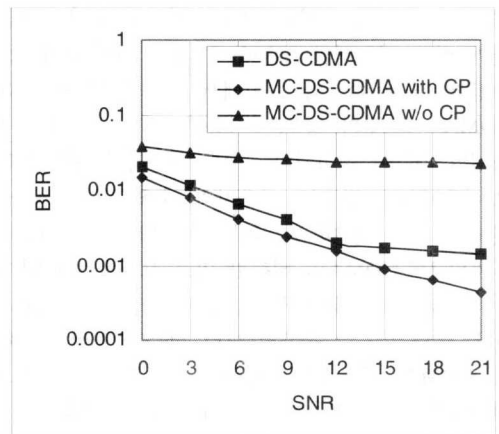


그림 7. 사용자 2명에서의 BER 성능 비교

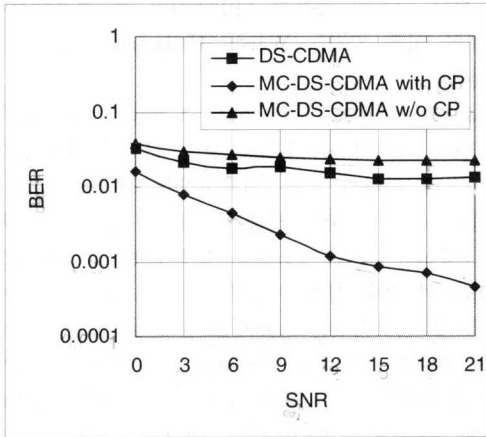


그림 8. 사용자 10명에서의 BER 성능 비교

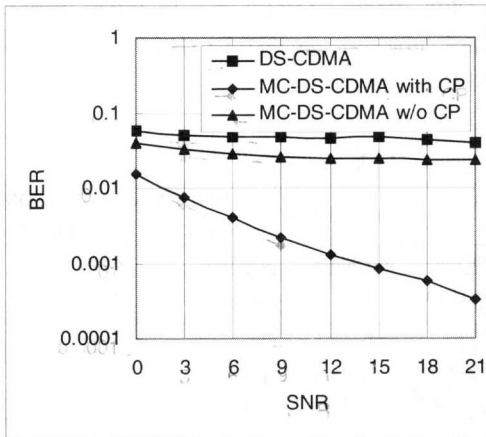


그림 9. 사용자 32명에서의 BER 성능 비교

그림 7~9는 각각 사용자가 2명, 10명, 32명일 때, 본 논문에서 가정된 채널 환경에서 제안한 시스템과 비교 시스템의 성능을 SNR에 대한 BER으로 측정된 결과이다. 각 그림에서 볼 수 있듯이 DS-CDMA 시스템의 경우, 사용자 수가 증가하면 시스템의 성능이 저하된다. CP를 사용하지 않는 MC-DS-CDMA의 경우는 사용자의 수에 따른 성능의 변화가 거의 발생하지 않았으나 전반적으로 32 사용자의 DS-CDMA와 비슷한 비트 오류를 나타낸다.

하지만, 칩 단위 CP의 삽입과 적응적인 단일 탭 DFE 등화기를 각 부채널 마다 적용한 우리의 MC-DS-CDMA 시스템의 경우에는 식 14까지 유도된 결과에서 예측되었듯이, 사용자간 신호 간섭이 효과적으로 제거된 성능의 차이가 컴퓨터 시뮬레이션 결과에 잘 반영되어 있음을 알 수 있다.

## VI. 결론

본 논문에서는 MC-DS-CDMA 시스템의 성능을 향상하는 목적으로 칩 단위의 순환 접두부를 삽입하는 동시에 적응적 단일 탭 DFE 등화기를 각 부채널에 적용하여 다중 사용자간 신호의 간섭을 제거하는 기법을 설명하였다. 제안한 MC-DS-CDMA 시스템의 성능을 다중경로 레일리 페이딩이 발생하는 역방향 이동 통신 채널 환경에서 분석하였으며 컴퓨터 시뮬레이션으로 검증하였다. 그 결과 CP를 적용한 MC-DS-CDMA 시스템의 경우, 할당된 주파수의 일부를 CP에 사용하여 주파수 효율 면에서 다소 약점을 보이지만, 다중 사용자의 간섭 및 심벌간 칩간의 간섭을 효과적으로 제거할 수 있어서, 수식으로 유도한 결과대로 사용자의 증가와 무관하게 타종의 CDMA 시스템에 비교되는 우수한 성능을 나타내었다.

제안된 시스템은 단말기의 이동성이 낮은 작은 셀 환경에서 멀티미디어 데이터 전송에 적합한 기술로서 활용이 기대된다.

## 참고 문헌

- [1] P. Patel and J. Holtzman, "Performance comparison of a DS-CDMA system using a successive interference cancellation scheme and a parallel IC scheme under fading," *Proc. of ICC/SUPERCOMM'94*, vol. 1, New Orleans, LA, pp. 510-514, May 1994.
- [2] D. Divsalar and M. Simon, "Improved CDMA performance using parallel interference cancellation," *Proc. of MILCOM '94*, vol. 3, Fort Monmouth, NJ, pp. 911-917, Oct. 1994.
- [3] U. Madhow and M. L. Honig, "MMSE interference suppressor for direct-sequence spread-spectrum CDMA," *IEEE Trans. on Comm.*, vol. 42, pp. 3178-3188, Dec. 1994.
- [4] N. Yee, J. P. Linnartz and G. Fettweis, "Multi-carrier CDMA in indoor wireless radio networks" *Proceedings PIMRC '93*, Yokohama, Japan, pp. 109-113, 1993.
- [5] S. Hara and R. Prasad, "DS-CDMA, MC-CDMA and MT-CDMA for mobile multi-media communications," *Vehicular Tech. Conf.*, 1996.

*Mobile Tech. for the Human Race., IEEE 46th*, vol. 2, Atlanta, GA, USA, pp. 1106-1110, 1996.

[6] N. Morinaga, M. Nakagawa, and R. Kohno, "New concepts and technologies for achieving highly reliable high-capacity multimedia wireless communications systems," *IEEE Comm. Mag.*, vol. 35, no. 1, pp. 34-40, Jan. 1997.

[7] A. Chouly, A. Brajal, S. Jourdan, "Orthogonal multi-carrier techniques applied to direct sequence spread spectrum CDMA systems," *Proc. of the IEEE GLOBECOM '93*, Houston, TX, U.S.A, pp.1723-1728, Nov./Dec. 1993.

[8] G. Fettweis, K. Anvari, and A. S. Bahai, "On multi-carrier code division multiple access (MC-CDMA) modem design," *Proc. of the IEEE VTC '94*, Stockholm, Sweden, pp. 1670-1674, June 1994.

[9] H. Atarashi, S. Abeta and M. Sawahashi, "Broadband packet wireless access appropriate for high-speed and high-capacity throughput," *Vehicular Technology Conference, 2001. IEEE VTS 53rd*, vol. 1, pp. 566-570, 2001.

[10] V. M. Dasilva and E. S. Sousa, "Multicarrier orthogonal CDMA signals for quasi- synchronous communication systems," *IEEE J. Select. Areas Comm.*, vol. 12, no. 5, pp. 842-852, June 1994.

[11] Yi Sun, Lang Tong, "Channel equalization for wireless OFDM systems with ICI and ISI," *Proc. of the 1999 IEEE International Conference on Comm.*, vol. 1, pp. 182-186, June 1999.

[12] J. G. Proakis, *Digital Communications*, 3rd Ed., McGraw-Hill, 1995.

최재호(Jae-ho Choi)

정회원

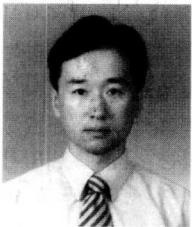


1985년 : 노스캐롤라이나  
주립대학교 전자공학과 졸업  
1988년 : 노스캐롤라이나  
주립대학교 전자공학과  
공학석사  
1993년 : 노스캐롤라이나  
주립대학교 컴퓨터공학  
공학박사

1990~1993년 : 미국 리서치트라이앵글 연구소 시스템공학 연구센터 연구원  
1999~2001년 : 전북대학교 컴퓨터공학 대학원 주임교수  
1994년~현재 : 전북대학교 전자정보공학부 부교수  
<주관심 분야> 통신신호처리, 멀티미디어통신

박태윤(Tae-yoon Park)

정회원



1995년 2월 : 전북대학교  
컴퓨터공학과 졸업  
1998년 2월 : 전북대학교  
컴퓨터공학과 석사  
1998년 3월~현재 : 전북대학교  
컴퓨터공학과 박사과정

<주관심 분야> 신호처리, 멀티미디어 통신