
Nakagami 페이딩 채널에서 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 신호의 성능 분석

조 성 언*

Performance Analysis of Multicode DS/CDMA-BPSK Signal in
Nakagami Fading Channel

Sung-Eon Cho

요 약

본 논문에서는 다중 사용자 간섭과 Nakagami 페이딩이 존재하는 채널 환경에서 멀티코드 DS/CDMA - BPSK 통신 시스템의 BER 성능을 분석하였다. 논문에서는 데이터의 전송속도를 증가시키기 위하여 멀티코드 기법을 DS/CDMA-BPSK 통신 시스템에 적용하였다. 다중사용자의 수와 Nakagami 페이딩의 지수 그리고 데이터 전송 속도의 영향을 분석하기 위하여 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 통신시스템의 BER 성능을 그래프로 나타내었다.

얻어진 결과로부터 DS/CDMA-BPSK 신호의 전송속도는 멀티코드 기법을 적용하여 개선됨을 알 수 있었다. 그리고 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 통신시스템의 BER 성능을 저해하는 주요한 파라미터는 페이딩의 심도보다는 다중 사용자 간섭의 영향임을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, the bit error rate (BER) performance of Multicode DS/CDMA-BPSK communication system is investigated in the presence of multi user interference and Nakagami fading channel environments. The DS/CDMA-BPSK communication system adopts multicode technique to enhance the data transmission rate. Using the calculated BER performance, BER figures of Multicode DS/CDMA-BPSK communication system are shown to discuss the effect of the number of multi user interference, Nakagami fading index, and data

* 순천대학교 공과대학 정보통신공학과
접수일자 : 1999년 12월 31일

transmission rate.

From the results, the transmission rate of DS/CDMA-BPSK signal improve by adopting Multicode technique. And we know that the major parameter of BER performance degradation in Multicode DS/CDMA system is the effect of multi user interference than the fading depth.

1. 서 론

언제, 어디서나, 누구와도 저렴한 비용으로 정보를 교환하는 것이 이동통신의 궁극적인 목적이며 이를 실현하기 위해 이동통신은 눈부시게 발달되어 가고 있다. 세계 최초의 상업용 이동전화 서비스가 시작된 것은 지금부터 20여년 전이었으며 우리 나라는 1984년에 아날로그 방식의 이동전화 서비스가 처음으로 등장했다.

아날로그 방식이 이동통신 1세대에 해당한다면 2세대는 90년대 중반에 등장한 디지털 방식이다. 디지털 방식은 이동통신에 대한 수요가 폭증하면서 제한된 주파수 대역내에 더 많은 가입자를 수용할 수 있어야 한다는 필요성이 대두되어 개발되었으며, 우리나라가 세계 최초로 상용화에 성공한 CDMA (Code Division Multiple Access : 부호분할 다중접속)와 유럽 시장을 석권한 TDMA(Time Division Multiple Access : 시분할 다중접속) 방식이 있다[1],[2].

국내에서 CDMA 디지털 이동전화에 이어 1997년 10월부터 상용 서비스가 시작된 PCS(Personal Communication Service)는 CDMA 방식의 계보를 잇는 2.5세대 이동통신 기술로 평가받고 있다. CDMA 기술을 바탕으로 하였으나 기존 이동전화와 사용 주파수가 다르고, 통화품질과 서비스 내용면에서 차별성을 갖기 때문이다. PCS는 800 MHz대 주파수를 사용하는 기존 셀룰러 이동전화와 달리 전파의 직진성이 우수하고 혼신이 적은 1.7~1.8 GHz 대의 주파수를 이용한다. 또한 13 Kbps 보코더를 채용해 원음 재생력이 뛰어날 뿐만 아니라 데이터 전송속도와 처리용량에 있어서도 셀룰러 이동전화를 능가한다. PCS의 이같은 특성은 향후 무선 멀티미디어 서비스를 지향하는 IMT-2000의 토대를 이룰 것으로 기대된다. PCS는 현존하는 이동통신 시스템 가운데 가장 앞선 기술로 평가받고 있으나, PCS 단말기의 국가간 이동성에 제한이 있다는 점

이 단점으로 지적되고 있다. PCS의 국가간, 지역간 무선접속규격이 달라 가입자 본인의 단말기를 이용한 국제 로밍(Roaming)[1] 사실상 불가능하기 때문이다. 이와 같은 단점을 극복하기 위해 새롭게 개발되고 있는 기술이 IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000)[1][2][3]-[5].

제3세대 이동통신으로 불리고 있는 IMT-2000은 2000년경 서비스를 개시할 예정이다. ITU(International Telecommunication Union)는 IMT-2000에 관한 여러 권고안을 개발하고 있으며 이를 토대로 IMT-2000은 세계적인 단일 규격으로 다양한 특징과 서비스 기능을 갖춘 이동통신 서비스를 제공하는 기술로 자리잡아 갈 것이다. IMT-2000 시스템은 회선 방식의 음성 및 데이터 서비스를 지원하는 기존 이동전화 시스템의 기능을 포함하며, 데이터 전송율을 최대 2 Mbps로 광대역화하여 고속 데이터 및 패킷 데이터 서비스 기능을 추가함으로써 이동 무선통신 서비스의 통합과 전세계적인 통화 영역을 형성함으로써 어느 곳에서나 하나의 단말로 고품질 서비스가 가능하도록 국제 표준화된 이동 전화망의 접속 표준을 사용하는 차세대 이동통신 시스템으로 정의하고 있다[6]-[8].

현재 차세대 이동통신 시스템의 표준화 관련 활동은 유럽과 일본에서 활발히 진행되고 있으며, 우리나라의 경우도 ITU-R 무선접속규격 및 무선전송 관련 검증 그룹의 일원으로 활동하고 있다. 특히 IMT-2000 시스템 물리계층의 핵심부분인 무선접속규격으로 멀티코드 DS/CDMA 시스템의 성능을 분석하는 것은 이미 협대역 CDMA로 디지털 이동통신 시스템이 구축되어 있는 국내의 경우 앞으로 개발될 IMT-2000 시스템이 기존의 기반 구조를 활용할 수 있어서 투자의 효율성 및 가입자 서비스 측면에서 매우 유리할 것이다.

본 논문에서는 Nakagami 폐이딩 채널에서 고속의 데이터 전송을 실현하기 위한 멀티코드 DS/CDMA 시스템을 대상으로 이 시스템의 BER

성능과 채널 용량을 분석하였다. Nakagami 폐이딩 채널은 실험을 통하여 얻어진 채널 모델로써 현재 이론적인 성능 분석을 위하여 많이 사용되고 있다. 이러한 무선 채널 모델에서 데이터의 전송속도와 다중접속 사용자에 의한 간섭 영향을 분석하는 것은 향후의 고속 멀티미디어 시스템을 설계하는데 필요한 사항이다.

본 논문은 1장의 서론에 이어 2장에서 IMT-2000 시스템의 개요 및 물리계층 표준화에 대하여 분석하며, 3장에서 IS-95를 개선하여 고속의 데이터 전송을 실현하는 무선접속 방식인 멀티코드 DS/CDMA 시스템의 BER 성능과 채널 용량을 분석한다. 그리고 4장에서 IMT-2000 시스템의 물리계층 핵심기술인 멀티코드 DS/CDMA 시스템의 성능을 전송속도와 다중사용자의 수, 폐이딩 지수 등 주요한 파라미터를 통하여 분석 결과를 제시한다.

2. IMT-2000 시스템 개요

IMT-2000 시스템은 음성, 화상, 데이터 등 멀티미디어 데이터 서비스뿐만 아니라, 기존의 다양한 이동통신 서비스 기능을 언제, 어디서나, 누구에게나 제공할 수 있도록 하는 차세대 이동통신 서비스 시스템으로 여러 종류의 이동 서비스를 제공하기 위한 망들을 하나로 통합하고, 지상과 위성간의 상호 보완적인 망을 구성하여, 이를 통해 고정망과 동등한 품질로 가능한 모든 다양한 이동통신 서비스를 제공하려는 유연성 있는 무선접속 능력과 멀티미디어 및 멀티 환경에 대처할 수 있는 능력을 갖춘 차세대 이동통신이다[2]-[3]. 그림 1은 IMT-2000

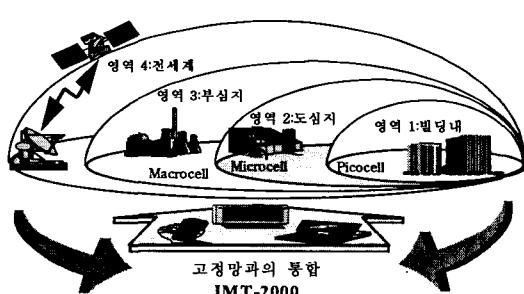


그림 1. IMT-2000의 서비스

시스템의 서비스 영역 및 통합 서비스의 형태를 나타내고 있다.

IMT-2000 시스템을 구현하기 위해서는 이동통신 기술이 디지털화, 고속 및 광대역화, 멀티미디어화가 되어야 하며, 이에 따른 IMT-2000 시스템의 주요한 특징은 다음과 같다.

- 세계의 공통성을 위한 전 세계적인 표준
- 공통된 주파수의 할당 및 사용
- 단말기의 세계적인 로밍
- 고정망 수준의 품질 및 통합성
- B-ISDN 접속의 용이성 및 ATM 기술의 이용
- 통신망에 대한 진화의 유연성(개방형 구조)
- 다양한 멀티미디어 서비스 지원
- 향상된 보안성 및 인증
- 위성부분과 지상부분의 통합
- Global Universal Mobility의 제공(단말 및 개인의 이동성)

IMT-2000 시스템의 표준화는 한대의 이동 단말 기로 세계 어디서나 사용할 수 있도록 무선접속 방식의 국제적인 표준을 정하고 나아가 시스템 자체도 표준화하려는 것이 목표이다. 이동통신은 셀룰라, PCS, IMT-2000 1세대로 발전되었고 궁극적으로 2 Mbps 이상의 패킷 서비스를 제공하는 IMT-2000 2세대에서는 이동멀티미디어 통신으로 발전할 것으로 예상된다. 유럽에서는 IMT-2000 2세대를 MBS라고 말하며, 이것은 유럽의 GSM에서 출발하여 UMTS를 거쳐 MBS로 발전하게 될 것이다.

3. 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 시스템의 성능 분석

본 장에서는 IMT-2000 시스템의 서비스 요구 사항 중에서 고속의 데이터 전송을 위한 CDMA 다중접속 구조인 멀티코드 DS/CDMA 시스템의 성능을 분석한다. 멀티코드 DS/CDMA 시스템은 기존의 IS-95를 유지하면서 고속의 데이터를 전송할 수 있는 구조이다.

3.1 다중 사용자 간섭 채널에서 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 시스템의 BER 성능

그림 2는 다중 사용자 간섭의 영향 해석을 위해

논문에서 설정한 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 시스템의 성능 분석을 위한 해석 모델이다. 무선채널은 U명의 다중 사용자 간섭과 AWGN으로 가정한다. 그리고 수신단에서는 전력제어가 완전하게 이루어졌다고 가정한다.

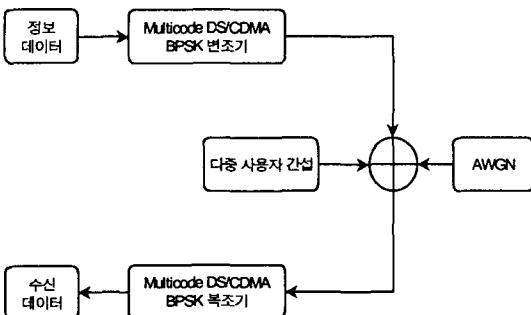


그림 2. 다중 사용자 간섭의 영향 해석을 위한 모델

잡음과 다중 사용자 간섭이 존재하는 무선채널에서 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 시스템의 BER 성능은 다음과 같다.

$$P_e = Q[\sqrt{2 \text{SNR}^e}] \quad \dots \dots \dots (1)$$

여기서, $Q(\cdot)$ 은 Q 함수이고, 등가 신호 전력 대 잡음 전력비 SNR^e 는 다음과 같이 잡음전력과 $U-1$ 명의 다중 사용자 간섭 전력, 병렬가지의 처리이득 PG_P 으로 구성된다.

$$\begin{aligned} \text{SNR}^e &= \frac{E_b}{N_o + \frac{2}{3 PG_P} E_b (U-1) MC} \\ &= \frac{1}{\left(\frac{E_b}{N_o}\right)^{-1} + \frac{2(U-1)MC}{3 PG_P}} \quad \dots \dots \dots (2) \\ &= \left[\left(\frac{E_b}{N_o}\right)^{-1} + \frac{2(U-1)MC}{3 PG_P} \right]^{-1} \end{aligned}$$

여기서, $E_b/N_o (= \gamma)$ 은 비트 에너지 대 잡음 전력비, PG_P 는 병렬가지에서 데이터의 속도(T_R)과 PN chip율(T_C)에 의한 처리이득(T_C/T_R), U 는 전체 사용자의 수, 그리고 MC 는 멀티코드의 수이다.

결과적으로 (2)식을 (1)식에 대입하면 잡음과 다중 사용자 간섭 채널에서 MC개의 병렬가지를 가지는 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율식은 다음과 같이 얻어진다.

$$\begin{aligned} P_e(\gamma) &= Q[\sqrt{2 \text{SNR}^e}] \\ &= Q\left(\left[\left(\frac{2E_b}{N_o}\right)^{-1} + \frac{(U-1)MC}{3PG_P}\right]^{-1/2}\right) \\ &= Q\left(\left[\frac{1}{2\gamma} + \frac{(U-1)MC}{3PG_P}\right]^{-1/2}\right) \quad \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

여기서, $E_b/N_o (= \gamma)$ 은 비트 에너지 대 잡음 전력비, $PG_P (= T_C/T_R)$ 는 병렬가지에서 데이터의 속도(T_R)과 PN chip율(T_C)에 의한 처리이득, U 는 전체 다중접속 사용자의 수, MC 는 멀티코드의 수이다.

3.2 Nakagami 페이딩 채널에서 멀티코드 CDMA-BPSK 시스템의 성능

그림 3은 Nakagami 페이딩 채널에서 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 시스템의 성능 분석을 위한 해석 모델이다. 무선채널에는 U명의 다중 사용자 간섭과 AWGN이 존재한다고 가정한다. 또한 수신단에서는 전력제어가 완전하게 이루어졌다고 가정한다.

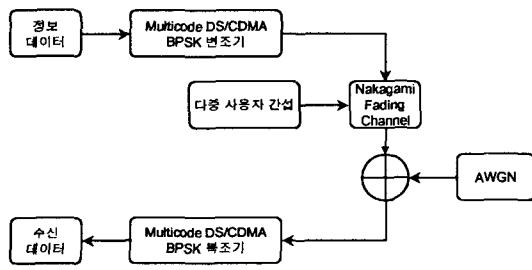


그림 3. 다중 사용자 간섭과 페이딩의 영향 해석을 위한 모델

Nakagami 페이딩 채널 모델은 Nakagami씨가 단파대에 있어서 많은 실험을 기초로 하여 얻은 결과이다. 이 분포는 m이라는 페이딩 심도를 함수로 하여 다양한 무선 통신로에서 발생하는 여러 가지

채널의 현상을 나타낼 수 있어서 많은 응용이 되고 있다. 페이딩 지수 m 은 범위 $1/2 \leq m \leq \infty$ 이며, m 의 값이 1인 경우는 도심지의 채널 환경을 나타내는 레일리 페이딩에 해당하며 m 이 커질수록 약한 페이딩 채널을 나타낸다.

Nakagami 페이딩 채널에서 수신된 희망신호의 신호전력대 잡음전력비 $E_b/N_0 (= \gamma)$ 의 확률밀도 함수 $f(\gamma)$ 는 다음과 같다[9],[10].

$$f(\gamma) = \frac{m^m \gamma^{(m-1)}}{\Gamma(m) \gamma_a^m} \exp\left(-\frac{m\gamma}{\gamma_a}\right) \quad \dots \dots \dots (4)$$

여기서, m 은 Nakagami 페이딩 채널의 페이딩 지수(fading index)이며 γ 는 순시 비트 에너지 대 잡음 전력비, γ_a 는 평균 비트 에너지 대 잡음 전력비를 나타낸다.

결과적으로 Nakagami 페이딩 채널에서 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 시스템의 BER 성능은 다음과 같이 잡음 채널에서의 오율식 $P_e(\gamma)$ 과 Nakagami 페이딩 채널에서 수신된 희망신호의 신호전력대 잡음전력비 γ 에 대한 적분을 통하여 얻을 수 있다.

$$P_{ef} = \int_0^\infty P_e(\gamma) \cdot f(\gamma) d\gamma \quad \dots \dots \dots (5)$$

여기서 $P_e(\gamma)$ 는 잡음 채널에서의 오율식, $f(\gamma)$ 는 Nakagami 페이딩 채널에서 수신된 신호 전력대 잡음전력비 γ 에 대한 확률밀도 함수이다.

4. 수치 해석 및 검토

본 절에서는 Nakagami 페이딩과 다중 사용자 간섭 채널에서 멀티코드 DS/CDMA -BPSK 신호의 오율 성능을 구하였다. 성능 분석을 위한 파라미터로는 비트 신호 전력 대 잡음 전력비 (E_b/N_0), 멀티코드의 수 (MC), 다중사용자의 수 (U), 전송 속도 (T_R), 페이딩 지수(m) 등이다. 수치계산에서는 현재 디지털 셀룰러 시스템에서 사용중인 파라미터의 값을 사용하였다. CDMA 시스템의 PN chip 율은 1.2288 Mcps를 적용하였고 데이터 전송 속도는 8 Kbps의 음성부호화기를 기준으로 하였을 경우에 부가비트를 고려한 9.6 Kbps를 설정하였다.

그림 4는 다중사용자의 수가 5인 채널에서 멀티코드의 수에 따른 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 성능을 나타낸다. 멀티코드의 수가 1인 경우는 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 성능과 일치한다. 멀티코드의 수가 2, 4, 8로 증가함에 따라서 하나의 사용자가 접유하는 채널의 수는 2배, 4배, 8배로 증가한다. 따라서 무선 채널에서의 간섭의 수 또한 증가하게 되어 신호의 오율 성능이 열화하게 된다.

그림 5는 다중사용자의 수가 15인 채널에서 멀티코드의 수에 따른 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 성능을 나타낸다. 그림 4와 비교 시 다중사용자의 수가 5명에서 15명으로 증가하여 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 성능이 그림 4에 비하여 열화됨을 알 수 있다.

그림 6은 다중사용자의 수에 따른 MC=4인 멀티코드 DS/CDMA - BPSK 신호의 오율 성능을 나타낸다. MC=4인 경우는 직병렬 변환기를 거친 후의 가지가 4개인 경우이다. 병렬가지의 데이터 전송속도가 9.6 Kbps이므로 직렬가지의 데이터 전송 속도는 9.6 Kbps \times 4에 해당하는 38.4 Kbps로 전송하게 된다. 다중사용자의 수가 5명, 10명, 15명으로 증가함에 따라서 오율성능은 저하되는 현상을 볼 수 있다. 특히 다중 사용자의 수가 5명에서 좋은 10명으로 증가함에 따라서 오율성능이 많이 저하되었고 10명에서 15명 사이에서는 변화의 폭이 적었다.

그림 7은 다중사용자의 수에 따른 MC=8인 멀티코드 DS/CDMA - BPSK 신호의 오율 성능을 나타낸다. 병렬가지의 수가 8이므로 직렬가지의 데이터 전송속도는 9.6 Kbps \times 8에 해당하는 76.8 Kbps로 전송하게 된다. 그림 6보다는 병렬가지의 수가 4에서 8로 증가됨에 따라서 오율성능이 열화되었고 다중사용자의 수에 따른 오율성능의 차이도 커짐을 알 수 있다. 예를 들어 MC=4이고 $E_b/N_0 = 20$ 인 경우 U가 5에서 10으로 증가하면 오율은 2×10^{-6} 에서 5×10^{-3} 으로 열화되며 MC=8이고 $E_b/N_0 = 20$ 인 경우 U가 5에서 10으로 증가하면 오율은 4×10^{-4} 에서 3×10^{-2} 으로 열화되어서 MC의 수가 증가함에 따라서 오율은 저하되며 U에 따른 영

향이 감소되는 것을 볼 수 있다.

그림 8은 $E_b/N_0 = 15$ 인 경우에 다중사용자의 수와 멀티코드의 수에 따른 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율성능을 나타낸다. 다중사용자의 수와 멀티코드의 수가 증가함에 따라서 오율성능은 비선형적으로 증가함을 알 수 있고 다중사용자의 수에 따른 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율이 균일하지 않음을 알 수 있다.

그림 9는 그림 8과 마찬가지로 $E_b/N_0 = 15$ dB인 경우에 다중사용자의 수와 멀티코드의 수에 따른 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율성능을 나타낸다. 멀티코드 DS/CDMA - BPSK 시스템의 성능은 다중사용자의 수가 적은 경우에 우수한 성능을 나타내지만 다중사용자의 수가 큰 경우에는 MC의 수가 커질수록 먼저 error flow 현상이 발생함을 알 수 있다.

그림 10은 병렬가지의 전송속도에 따른 MC=4인 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 성능을 나타낸다. 직렬가지의 전송속도는 MC의 수와 병렬가지의 전송속도를 곱하면 되므로 결국 4800 bps에서부터 38400 bps의 속도까지 데이터를 전송하게 된다. 잡음채널에서 비트 에너지 대 잡음 전력비(E_b/N_0)가 12 dB, 병렬가지의 전송속도(T_R)가 1200 bps인 경우에 MC=4인 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율성능은 4×10^{-6} 정도를 얻을 수 있다.

그림 11은 병렬가지의 전송속도에 따른 MC = 8인 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 성능을 나타낸다. 직렬가지의 전송속도는 9600 bps에서부터 76800 bps의 속도까지 데이터를 전송하게 된다. 이 경우는 그림 10에 비하여 직렬가지의 전송속도는 4배로 증가함을 알 수 있다. 반면에 오율성능은 그림 10에 비하여 열화됨을 알 수 있다. 이러한 원인은 사용자당 점유하는 부채널의 수가 2배로 증가하여 무선채널상에서 다중사용자에 의한 간섭이 2배로 증가하였기 때문이다. 잡음채널에서 비트 에너지 대 잡음 전력비(E_b/N_0)가 12 dB, 병렬가지의 전송속도(T_R)가 1200 bps인 경우에 MC = 8인 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율성능은 6×10^{-5} 정도를 얻을 수 있다.

그림 12는 Nakagami 페이딩 채널에서 페이딩 지수에 따른 MC=4인 Multicode CDMA - BPSK 신호의 오율 특성을 나타낸다. 그리고 다중 사용자의 수 U=5이다. 그래프에서 Nakagami 페이딩 지수 m이 증가함에 따라서 BER 성능은 향상됨을 알 수 있다. 그리고 m=3 이상인 Nakagami 페이딩 채널에서 MC=4인 멀티코드 DS/CDMA-BPSK 신호가 오율성능 1×10^{-3} 정도 이하를 얻기 위해서는 비트 에너지 대 잡음 전력비(E_b/N_0)가 10 dB 정도가 필요함을 알 수 있다.

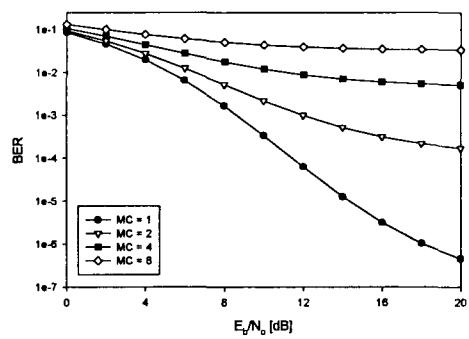


그림 4. 잡음 채널에서 다중부호의 수에 따른 Multicode CDMA-BPSK 신호의 오율 특성 (사용자수 5 명)

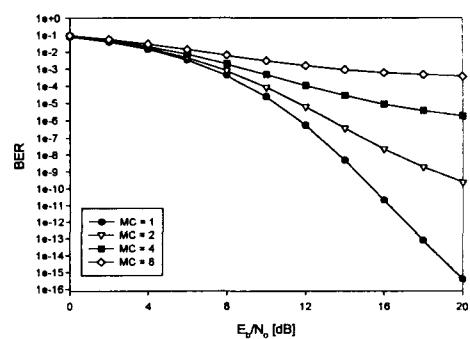


그림 5. 잡음 채널에서 다중부호의 수에 따른 Multicode CDMA-BPSK 신호의 오율 특성 (사용자수 15 명)

그림 13은 Nakagami 페이딩 채널에서 다중사용자 수에 따른 MC=4인 Multicode DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 특성을 나타낸다. 그리고 기준 $E_b/N_0 = 10\text{dB}$ 이다. 다중사용자 수가 증가하고 m 이 감소함에 따라서 BER 성능은 열화됨을 알 수 있었다. 그리고 다중사용자 수가 적은 경우에는 페이딩 지수 m 에 따른 영향이 적었으나 다중사용자 수가 많아짐에 따라서 페이딩 지수 m 에 따른 영향이 커짐을 알 수 있다.

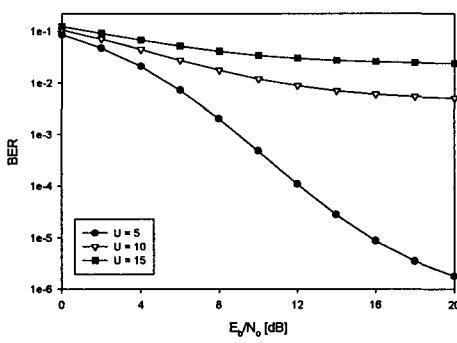


그림 6. 잡음 채널에서 다중사용자 수에 따른 Multicode CDMA-BPSK 신호의 오율 특성 (MC=4)

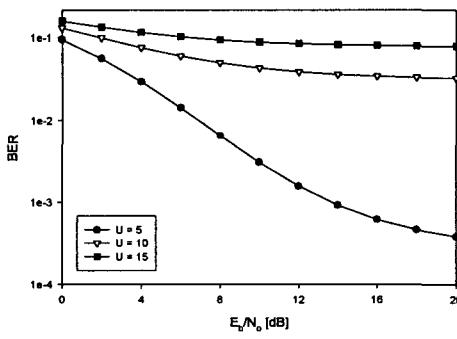


그림 7. 잡음 채널에서 다중사용자 수에 따른 Multicode CDMA-BPSK 신호의 오율 특성 (MC=8)

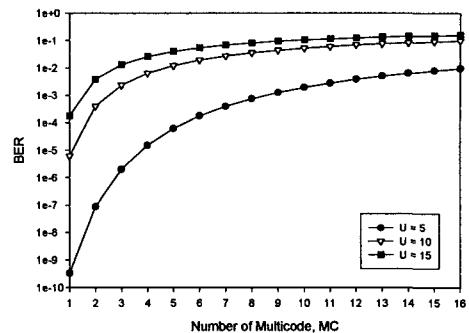


그림 8. 잡음 채널에서 다중부호의 수에 따른 Multicode CDMA-BPSK 신호의 오율 특성 ($E_b/N_0 = 15\text{ dB}$, , $U= 5, 10, 15$)

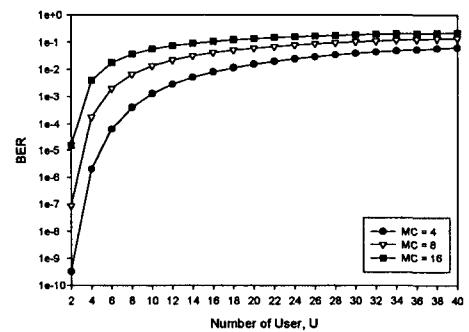


그림 9. 잡음 채널에서 다중사용자 수에 따른 Multicode CDMA-BPSK 신호의 오율 특성 ($E_b/N_0 = 15\text{ dB}$, , MC= 4, 8, 16)

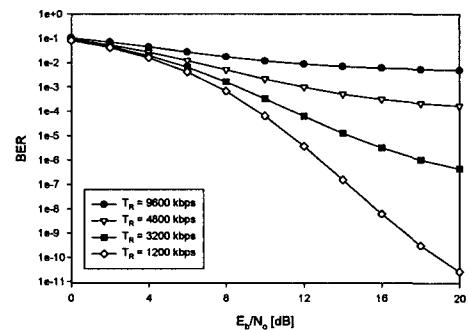


그림 10. 잡음 채널에서 전송속도에 따른 Multicode CDMA-BPSK 신호의 오율 특성 (MC=4)

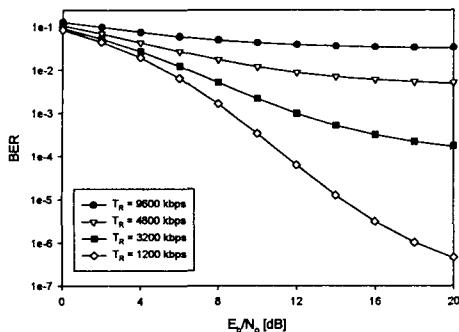


그림 11. 잡음 채널에서 전송속도에 따른 Multicode CDMA-BPSK 신호의 오율 특성 (MC=8)

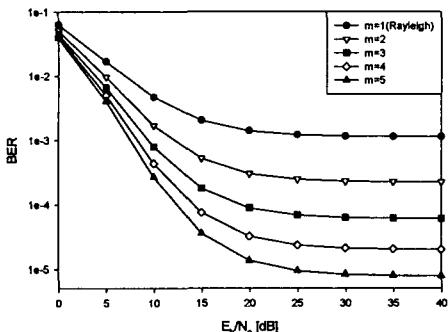


그림 12. Nakagami 페이딩 채널에서 페이딩 지수에 따른 Multicode CDMA-BPSK 신호의 오율 특성 (MC=4, T_R=9600 bps, U=5)

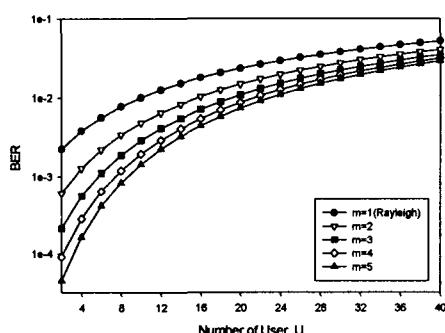


그림 13. Nakagami 페이딩 채널에서 다중사용자 수에 따른 Multicode CDMA-BPSK 신호의 오율 특성 (MC=4, T_R=9600 bps, U=5, E_b/N₀=10 dB)

5. 결 론

본 논문은 현재 우리나라에서 IS-95에 기초한 CDMA 이동통신 시스템을 사용하고 있으므로 W-CDMA 방식의 IMT-2000 서비스 제공사 이미 구축된 CDMA 망을 효율적으로 활용하여 고속의 무선 멀티미디어 전송을 위한 방안을 연구하였다. 그 결과 이미 구축된 CDMA 망을 활용하여 향후 고속 무선 멀티미디어 전송을 위기 위해서는 멀티코드 DS/CDMA 방식이 효과적임을 알았다.

멀티코드 DS/CDMA를 적용한 시스템의 성능 분석 결과 멀티코드의 수가 증가함에 따라서 하나의 사용자에게 점유되는 채널의 수가 증가하여 무선 채널 상에서 많은 간섭이 존재하게 된다. 이로 인하여 시스템의 성능은 열화되나 반면에 시스템에서 제공할 수 있는 서비스의 속도는 멀티코드의 수에 비례하여 증가함을 알 수 있었다. 멀티코드 DS/CDMA 시스템은 데이터 통신에 활용되기 때문에 많은 사용자가 존재하지 않을 것으로 예상되므로 무선 채널에서 음성과 데이터 트래픽이 동시에 존재하여도 시스템의 BER 성능에는 큰 영향은 없을 것으로 예상된다. 또한 얻어진 결과로부터 멀티코드 DS/CDMA를 사용하는 데이터 서비스 사용자의 수가 적을 경우(5명)에는 신호 전력 대 잡음전력비 12 dB 이상에서 BER = 10^{-4} 이하를 얻을 수 있었다. 그리고 멀티코드 DS/CDMA 시스템의 성능은 다중 사용자의 수가 적은 경우에 우수한 성능을 나타내지만 다중 사용자의 수가 많은 경우에는 멀티코드의 수가 커질수록 신호 전력 대 잡음전력비를 증가시켜도 시스템의 성능이나 용량이 증가하지 않는 error flow 현상이 먼저 발생함을 알 수 있었다.

다중사용자 수가 증가하고 페이딩 지수 m이 감소함에 따라서 BER 성능은 열화됨을 알 수 있었다. 그리고 다중사용자 수가 적은 경우에는 페이딩 지수 m에 따른 영향이 적었으며 다중사용자 수가 많아짐에 따라서는 페이딩 지수 m에 따른 영향이 큼을 알 수 있었다.

참고문헌

1. W. C. Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications Systems : Analog and Digital Systems*, New York, McGRAW Hill, 1995.
2. J. G. Proakis, *Digital Communications* : New York, McGraw-Hill, 1983.
3. 이한섭 외, “한국통신의 IMT-2000 개발현황,” 한국통신학회지, 제14권, 1997년11월.
4. 김병무, “SK 텔레콤의 IMT-2000 연구개발현황,” 한국통신학회지, 제14권, 1997년,11월.
5. KMT-PCS 시험용 시스템 무선접속규격안, 한국이동통신,1995년, 6월.
6. 구준모 외, “SK Telecom IMT-2000 무선접속 설계,” SK 텔레콤 Technical Journal, 1997. 8.
7. 김제우, “IMT-2000을 위한 무선접속방식의 진화 및 연동방안, SK 텔레콤 연구 보고서,” 1998. 2.
8. TIA/EIA/IS95, Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual Mode Wideband Spread Spectrum Celluar System, TIA/EIA Interim Standard,July, 1993.
9. H. Suzuki, “A statistical model for urban radio propagation,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-25, pp. 673-680, July 1977.
10. U. Charash, “Reception through Nakagami fading multipath channel with random delays,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-27, pp. 657-670, Apr. 1979.



조 성 언(Sung-Eon Cho)

1989. 2 한국항공대학교 항공
통신정보공학 졸업 (공
학사)

1991. 2 한국항공대학교 대학
원 항공통신정보공학 졸
업 (공학석사)

1997. 2 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과
졸업 (공학박사)

1991. 3 ~ 1992. 2 한국항공대학교 항공통신정보
공학과 조교

1997. 3 ~ 1999. 3 (국립) 순천대학교 공과대학
정보통신공학과 전임강사

1999. 4 ~ 현재 (국립) 순천대학교 공과대학 정
보통신공학과 조교수

*관심분야 : 전파공학, 전자파환경공학, Wireless
communication