

論文 2000-37TE-2-11

다중부호와 다중반송파 CDMA 방식의 성능 비교

(A Performance Comparison of Multicode and Multicarrier CDMA System)

金 官 玉 *, 崔 承 圭 **

(Kwan Ohk Kim and Seung Gyu Choi)

요 약

본 논문에서는 IMT-2000 채널 환경에서 광대역 CDMA 확산변조 기술을 이용한 무선 시스템을 설계하기 위한 연구과제로 multicode와 multicarrier CDMA 방식의 시스템에 대한 컴퓨터 모의실험용 프로그램들을 작성하여 그 성능을 비교 분석한 결과를 기술하였다. 컴퓨터 모의실험 결과, multicode와 multicarrier CDMA 방식이 비슷한 성능을 보였다. 그리고 IMT-2000 채널의 outdoor B와 vehicular B 채널 환경에서는, RAKE 수신기를 사용하는 다이버시티 기법을 활용하면 두 시스템 모두 크게 성능을 개선시킬 수 있으며, 직교성이 유지된다면 직교부호로 Hadamard행렬이나 PN시퀀스 중 어떤 부호를 사용하여도 무방하고, 칩율은 가급적 크게 설정하는 것이 유리하며, 사용자수가 많아질수록 성능이 다소 떨어짐을 보였다.

Abstract

In this paper, described is the comparison of performances based on the computer simulation under IMT-2000 environment between multicode and multicarrier CDMA system for the design of wireless systems using wideband CDMA technology. From simulation results, it can be concluded that both multicode and multicarrier CDMA scheme show comparable performances. Diversity scheme of RAKE receiver is indispensable for both multicode and multicarrier CDMA systems under IMT-2000 outdoor B and vehicular B channel environment. Either Hadamard matrix or PN sequence can be used as the orthogonal code as far as the orthogonality is kept. Finally, with increasing chip rate and less users, performance is getting better.

1. 서 론

제 3세대 이동통신시스템을 위한 무선 전송 기술의 예상 발전 시나리오는 제 2세대 시스템으로부터의 천

* 正會員, 大林大學 電子情報通信科
(Electronics, Information and Communication Dept.
Daelim College)

** 正會員, 慶熙大學校 情報通信大學院
(Graduate School of Information and communications,
KyungHee University)

接受日字:2000年4月18日, 수정완료일:2000年6月12日

이나 진화를 들 수 있다. 유럽의 차세대 이동통신시스템인 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)의 개발을 위한 RACE(Research and development in Advanced Communications technologies in Europe)의 CODIT (Code Division Testbed)과 ATDMA(Advanced TDMA), 그리고 일본 ARIB (Association of Radio Industries and Business)를 통하여 발표되고 있는 multicode(다중부호) CDMA와 multicarrier(다중 반송파) CDMA가 이에 속한다^[1]. 최근에는 IMT-2000을 위한 광대역 CDMA 방식으로 multicode CDMA 방식이 고려되고 있고, 무선 LAN의 개발과 디지털 지상파 방송 등에서는 multicarrier CDMA 방식을 이용하고 있는 실정이다^[2]. 그러나 각

방식에 대한 성능분석은 독립적으로 수행되고 있어서 같은 조건에서 두 방식의 성능 비교는 이루어지지 않고 있다. 본 논문에서는 광대역 CDMA 기술을 이용한 특정용도의 무선 시스템을 설계할 때 어떤 방식의 채택이 더 좋은지를 알아보기 위하여 multicode CDMA와 multicarrier CDMA 방식의 시스템에 대한 컴퓨터 모의실험용 프로그램을 작성하여 다양한 동작환경에서 그 성능을 비교하고 분석하는 연구를 수행함으로써 두 방식의 성능비교는 물론 실제 시스템 설계에 필요한 중요 파라미터 값들의 설정 범위에 대한 아이디어를 얻고자 하였다. 2장에서는 차세대 이동통신시스템에서 사용할 수 있는 채널 모델링에 대해 소개하였다. 3장에서는 광대역 CDMA의 구현에 관련된 기술들로 이 시스템에 적용할 수 있는 Walsh부호, 채널부호 및 인터리빙 등에 대해 간략히 다루었으며 multicode CDMA 시스템과 multicarrier CDMA 시스템의 원리에 대해 설명하였다. 4장에서는 본 논문에서 제안한 시스템의 전체 블록도와 모의실험에서 사용한 파라미터들에 관하여 설명하였으며 그 결과를 나타내고 분석하였다. 마지막으로 5장에서는 위에서 도출한 연구 결과를 바탕으로 결론을 맺었다.

II. 채널 모델링

모의실험을 위한 채널 모델로 AWGN (additive white Gaussian noise) 채널 모델과 IMT-2000의 권고안에서 제안하는 두 가지의 채널 모델 즉, 옥외 이동자 (outdoor B) 테스트 환경 채널, 차량(vehicular B) 테스트 환경 채널 모델을 사용하였다.

1. AWGN 채널 모델

AWGN 채널은 가우시안 분포를 갖는 랜덤 잡음을 발생시켜서 원래의 정보에 더해주는 것으로 구성된다. 이 때의 가우시안 분포의 확률밀도함수는 다음의 식 (1)과 같다^[3].

$$p(n) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{n}{\sigma}\right)^2\right] \quad (1)$$

2. IMT-2000 채널 모델

모의실험을 위해 사용한 채널 모델은 그림 1과 같으며, 이산 WSSUS(wide sense stationary uncorrelated scattering) 채널 모델이다. 이 모델에서 수신신호는 평

균이 0이고 독립적인 complex Gaussian time variant process들에 의한 가중치를 갖는 입력 신호의 지연 성분의 합으로 표현된다. 특히, $z(t)$, $w(t)$ 가 채널 입력과 출력의 복소 저역통과 표현식이라면 식 (2)와 같이 된다^[3].

$$w(t) = \sum_{n=1}^N \sqrt{b_n} g_n(t) z(t - \tau_n) \quad (2)$$

여기서 b_n , $g_n(t)$, τ_n 은 각각 n번째 경로의 평균전력, 복소 가우스 과정, 시간지연을 나타낸다.

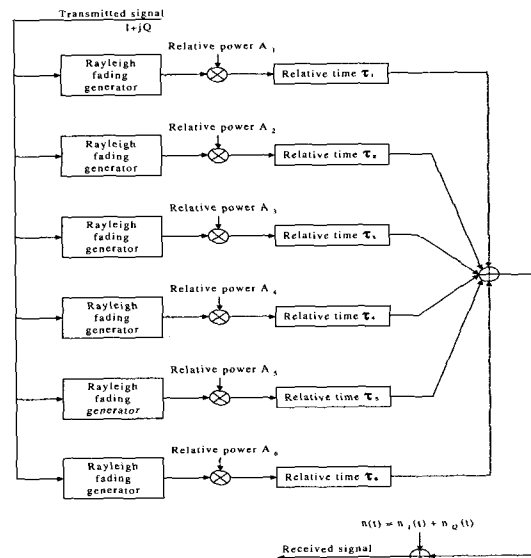


그림 1. IMT-2000 채널모델 블록도
Fig. 1. Block diagram of IMT-2000 channel model.

$g_n(t)$ 의 전력 스펙트럼 $P_n(v)$ 는, n번째 경로에서 발생된 페이딩의 비율을 나타내는 도플러 스펙트럼이다. 간소화를 위해 옥외 채널에서 수신되는 많은 전파들은 평면상의 같은 높이에서 균일하게 분포되어 있다고 가정하면^[2], 다음 식 (3)과 같은 도플러 스펙트럼이 생길 것이다. 즉,

$$P_n(v) = P(v) = \frac{1}{\pi} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{V}{\lambda}\right)^2 - v^2}} ; |v| < \frac{V}{\lambda} \quad (3)$$

여기서 V와 λ 는 각각 이동체의 속도와 파장을 나타낸다. 이 도플러 스펙트럼을 “CLASSIC”이라고 정의하며^[4], 옥외 채널 즉, 옥내외의 이동자 테스트 환경 채널과 차량 테스트 환경 채널에서 사용하였다. 지연 확산의 변화는 하나의 tapped delay line으로 구성할 수 없기

때문에, 각각의 환경에 대해 2개의 다중경로 채널이 정의된다. channel A는 자주 발생하는 낮은 지연 확산(low delay spread)이며, channel B는 역시 자주 발생하는 중간 지연 확산(median delay spread)이다. 2개의 채널은 각각 주어진 테스트 환경에서 같은 확률로 발생할 것이다^[1]. channel B의 각 탭에 따른 시간지연이 channel A의 각 탭에 따른 시간지연보다 크므로, 모의 실험에서는 옥내의 이동자 테스트 환경 채널과 차량 테스트 환경 채널에서 channel B만 고려하였다.

III. 광대역 CDMA 시스템 모델

본 논문의 시스템 모델에서 사용한 직교부호는 Walsh 함수에 의해 생성된다. Walsh 부호를 만드는 방법은 여러 가지가 있으나^[3], 본 논문에서는 Walsh 함수를 균일한 시간 간격으로 샘플링한 Hadamard 행렬로부터 만드는 방법과 의사불규칙 시퀀스로부터 만드는 방법의 두 가지를 사용하였다. 본 논문에서는 채널부호화를 위하여 길쌈부호기(convolutional encoder)와 Viterbi 복호기를 사용하였다. 길쌈부호기에서 구속장(constraint length)이 9이며 생성시퀀스가 8진수로 (561, 753)이고 부호율이 1/2인 부호를 사용하였다. Viterbi 복호기에서는 연성관정으로 4비트를 쓰고, traceback depth가 64이고, 프레임 모드로 동작하도록 설계하였다. 여기서 사용한 채널부호인 길쌈부호는 AWGN과 같은 산발오류 채널에서 우수한 오류정정 능력을 보인다. 또한 부호기를 거친 다음 적절한 인터리버를 사용하면 성능이 더욱 향상되므로, 길쌈부호기를 거친 후 각 프레임에 맞도록 인터리버를 사용하고, Viterbi 복호기 전에 디인터리버를 수행한다. 본 논문에서는 320 비트로 구성된 블록의 경우는 16×20 행렬을 사용하고, 1280 비트로 구성된 블록의 경우는 32×40 행렬을 사용한다.

1. Multicode CDMA 방식

Multicode CDMA 방식은, 기존의 DS-SS 방식이 고속으로 데이터를 전송할 때 스펙트럼 효율이 나빠지는 단점을 극복하기 위해 제안된 방식으로서, 고속 데이터 전송이 가능하고 다양한 속도로 멀티미디어 정보를 전송할 수 있으며 스펙트럼 효율이 좋다^[5]. 이 방식은 그림 2와 같이 직렬로 입력된 정보 신호를 병렬로 변환하여 M 개의 병렬 가지로 나눈 후 각 가지마다 고유의 직교 확산 부호를 곱하여 확산시키고, 다시 더

하여 I-채널과 Q-채널의 의사불규칙 시퀀스를 구성한 다음 더해진 신호가 송신된다. 여기서 의사불규칙 시퀀스를 사용하여 송신 신호를 대역 확산시켜 전체 송신 대역에 대하여 일정하게 분포시킨다^[2]. 수신기에서는 송신기의 역과정을 수행하는데, 이때 다중경로 다이버시티를 이용하기 위하여 RAKE 수신기를 사용한다^[5].

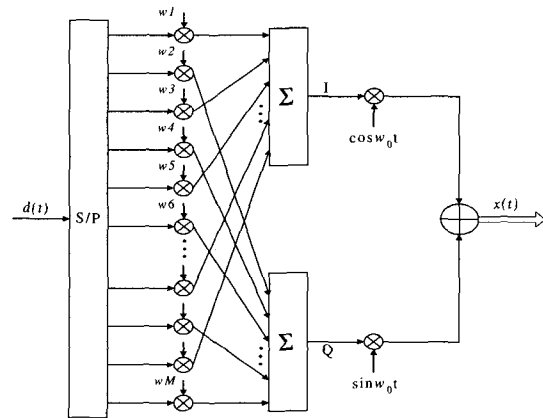


그림 2. Multicode CDMA 시스템의 송신기 구조
Fig. 2. Transmitter structure of multicode CDMA system.

본 논문에서는 다이버시티 3을 사용하는데, 다이버시티 3이란 그림 1의 IMT-2000 채널모델에 있는 6개의 경로중에서 가장 전력이 큰 3개의 경로로 분해하여 각 경로에서 역 확산된 칩들을 합성함을 의미한다. 본 논문에서는 합성방법으로 각 경로의 이득에 가중치를 두지 않는 등이득 합성방법을 이용하였다.

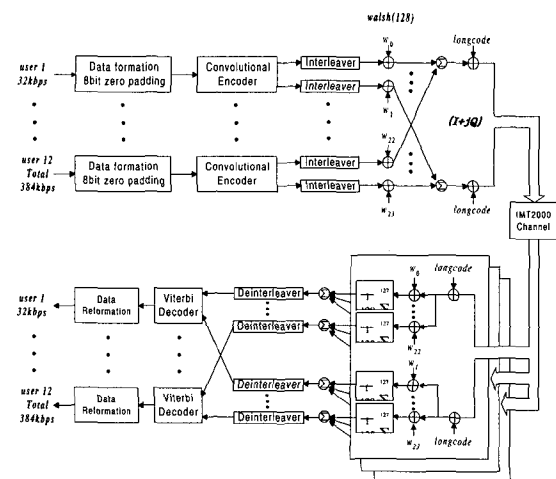


그림 3. IMT-2000 채널에서 384 kbps multicode CDMA 시스템 블록도
Fig. 3. System block diagram for 384 kbps multicode CDMA in IMT-2000 channel.

그림 3은 IMT-2000 채널에서 최대 데이터 전송율이 384kbps이고 확산율이 128배인 multicode CDMA 시스템 모델의 블록도이다. 각 병렬가지에서는 2개의 직교 부호를 사용하며, 채널로 전송하기 전에 데이터 랜덤화를 위하여 주기가 $2^{22}-1$ 인 long code로 다시 확산시킨다.

2. Multicarrier CDMA 방식

DS-CDMA 시스템은 고속 데이터를 전송할 때 다중 사용자와 심볼간 간섭에 대한 한계성을 나타내므로, 차세대 이동통신 시스템은 이러한 간섭을 제거함으로써 높은 대역 효율을 가져야한다. Multicarrier CDMA 방식은 1993년에 처음으로 Linnartz, Yee, Fettweis^[6]와 Fazel, Papke^[7] 등에 의해 독립적으로 제안되었으며 기존의 DS-CDMA 기술과 OFDM 기술을 조합한 방식으로 고속의 데이터 전송에 적합한 기술이다. OFDM 기술은 직렬 데이터를 병렬 데이터로 변환하여 유효 심볼구간을 키움으로써 심볼간 간섭을 최소화하고, 이 병렬 데이터를 다수의 직교 부반송파들로 전송함으로써 스펙트럼 효율을 높이는 기술이다^[6]. Multicarrier CDMA 방식이 다중 경로 채널에 대하여 강인하고 스펙트럼 효율이 높다는 장점에도 불구하고 전송되는 부반송파들은 페이딩의 영향을 받는데, 이 때 전송되는 데이터를 보호하기 위해 채널부호를 사용한다. 그림 4는 N_u 의 사용자까지를 수용할 수 있는 multicarrier CDMA 시스템의 송신기 구조를 나타낸다. 각 사용자 신호에 L칩 크기의 확산코드를 각각 곱한후 모두 더하여 직렬/병렬 변환하면 L개의 칩 성분(S_1, S_2, \dots, S_L)이 생성되는데, 각 칩을 주파수 영역에서 확산하기 위하여 OFDM을 수행한다. OFDM과정은 IDFT와 P/S 변환과정으로 이루어지므로 전송신호는 식 (4)와 같이 표현된다.

$$S(t) = \sum_{l=1}^L S_l \cdot e^{j2\pi(l-1)t/T_s} \cdot e^{j\omega_c t} \quad (4)$$

여기서 T_s 와 f_c 는 각각 심볼 구간과 반송파 주파수를 나타내며, 전송대역폭이 B라고 하면 각 칩 성분들은 직교성 유지를 위하여 $1/T_s=B/L$ 만큼 떨어지게 된다.

수신기는 송신기의 역 과정이므로 IOFDM과정을 거쳐 역확산되는데 여기에서도 다중경로 다이버시티를 이용하기 위하여 그림 1과 같은 채널 모델을 사용하였다.

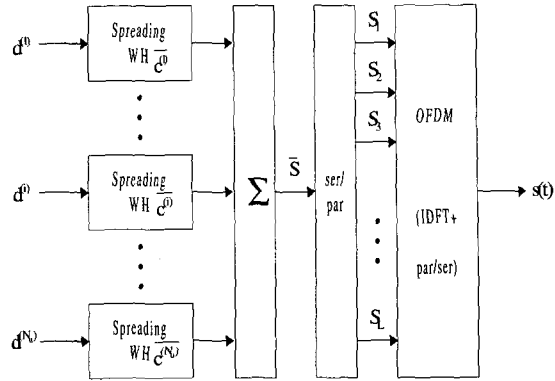


그림 4. Multicarrier CDMA시스템의 송신기 구조
Fig. 4. Transmitter structure of multicarrier CDMA system.

Multicarrier CDMA 시스템 모델에서는 부반송파의 수를 128개로 고정시켜서 주파수 영역에서 128배 확산이 이루어지도록 하였다. 그림 5는 IMT-2000 채널에서 최대 데이터 전송율이 384 kbps이고 주파수 영역에서의 확산율이 128배인 시스템 블록도이다.

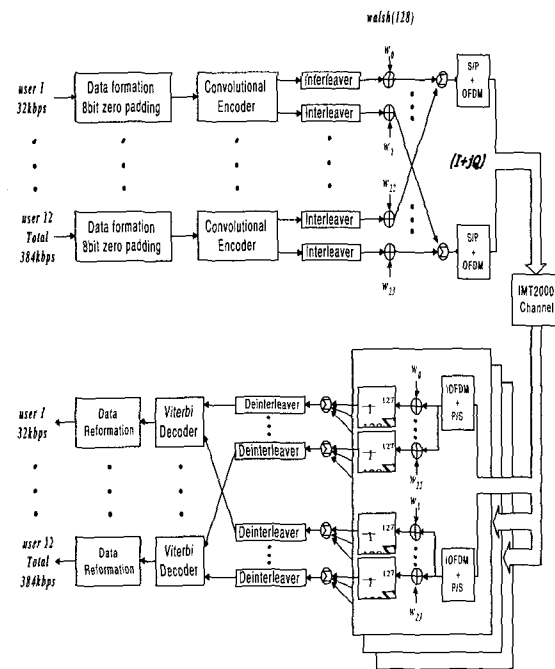


그림 5. IMT-2000 채널에서 384 kbps multicarrier CDMA 시스템 블록도
Fig. 5. System block diagram for 384 kbps multicarrier CDMA in IMT-2000 channel.

IV. 모의실험 및 결과

1. 시스템 모델의 구현

모의실험에서 사용한 multicode와 multicarrier CDMA 전체 프로그램 흐름도를 각각 그림 6과 그림 7에 나타내었다. IMT-2000에서는 1차적으로 옥외보행자용으로 384kbps, 차량용으로 2.048Mbps까지의 데이터 전송율을 요구하므로^[2], 본 논문에서도 최대 데이터 전송율을 384kbps와 2.048Mbps로 설정하였고, 이에 따라 단일 사용자당 비트율과 사용자수를 각각 32kbps(저속), 12사용자와 128kbps(고속), 16사용자로 설정하였다.

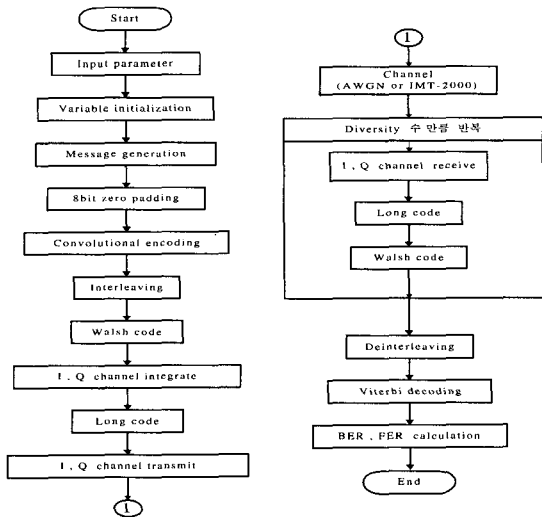


그림 6. Multicode CDMA 전체 프로그램 흐름도
Fig. 6. Main program flowchart for multicode CDMA.

다이버시티를 사용하지 않은 경우(다이버시티 1)와 다이버시티가 3인 경우에 대하여 모의실험을 수행하였고, 칩율은 저속인 경우 4.096Mcps를 사용하였으며, 고속인 경우 16.384Mcps를 사용하였다. 프레임 크기는 10 ms로 설정하여, 프레임당 비트수로 저속인 경우 320 비트를 사용하였고, 고속인 경우 1280 비트를 사용하였다. 그러나 확산된 후의 프레임당 칩수는 고속인 경우 163840 칩을, 저속인 경우 40960 칩을 사용하였다. Walsh 부호는 Hadamard 행렬로부터 만든 직교부호를 사용하였으며, 직교 부호의 선택에 따른 효과를 비교하기 위하여 추가로 저속일 때에 한하여 PN 시퀀스를 이용한 직교부호를 사용하였다. 채널부호율과 확산율은,

1/2과 128로 고정하여 사용하였다.

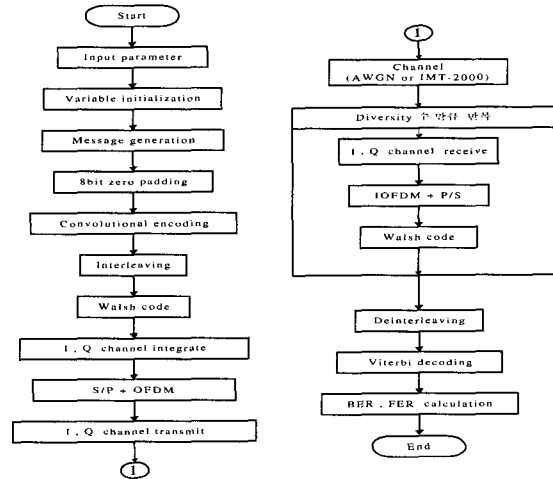


그림 7. Multicarrier CDMA 전체 프로그램 흐름도
Fig. 7. Main program flowchart for multicarrier CDMA.

2. 결과 분석

모의실험은 각 시스템 모델에 대하여 AWGN 채널, outdoor B 채널, vehicular B 채널에서의 비트에러율(BER) 및 프레임에러율(FER) 성능을 측정하고 분석하였다. 그러나 데이터량이 방대하므로 본 논문에서는 성능곡선으로 Hadamard 행렬로부터 만든 직교부호를 사용한 경우 사용자수, 전송속도, 변조방식에 따른 outdoor B 채널에서의 BER 성능을 비교한 그림만 나타내었으며, 그 밖의 데이터는 FER 성능을 표로 나타내었다.

1) 사용자수, 전송속도, 변조방식에 따른 각 채널에서의 성능

그림 8과 9에서는 multicode CDMA 시스템(cod)과 multicarrier CDMA 시스템(car)에 대하여, 각각 단일 사용자(U1)인 경우와 최대 사용자(Uf)인 경우, 그리고 저속인 경우(L)와 고속인 경우(H)에 대한 outdoor B 채널에서의 BER 성능을 나타내었다. 이때 BER 성능은 다이버시티가 3인 경우의 데이터를 사용하였다.

그림 8은 단일 사용자 환경의 multicode CDMA와 multicarrier CDMA에서 저속(32kbps)인 경우와 고속(128kbps)인 경우에 대하여 outdoor B 채널에서의 BER 성능을 보여 준다. 그림에서 보듯이 단일 사용자의 경우에는 변조 방식이나 프레임 크기에 관계없이 BER 성능이 거의 비슷하였다(10^{-4} BER을 달성하기

위하여 약 7~7.4 dB의 E_b/N_0 요구. 구체적으로 E_b/N_0 가 낮을 때는(8 dB 미만) 저속일 때의 multicarrier CDMA가 가장 우수하고 그 다음은 저속일 때의 multicode, 고속일 때의 multicarrier와 multicode CDMA의 순으로 우수하였다. 그러나 E_b/N_0 가 8 dB 이상일 때는, 역으로 고속일 때의 multicode가 가장 우수하였으며, 고속일 때의 multicarrier, 저속일 때의 multicode와 multicarrier의 순이었다.

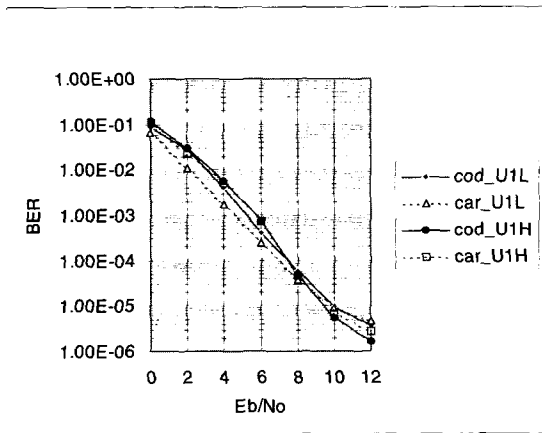


그림 8. Outdoor B 채널에서 단일 사용자 경우의 BER 성능
 Fig. 8. BER performance for single user in outdoor B channel.

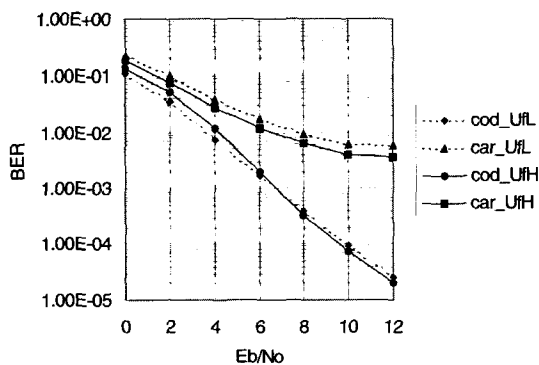


그림 9. Outdoor B 채널에서 최대 사용자 경우의 BER 성능
 Fig. 9. BER performance for maximum users in Outdoor B channel.

그림 9는 최대 사용자 환경의 multicode CDMA와

multicarrier CDMA에서 최대 데이터 전송율이 저속(384kbps)인 경우와 고속(2.048Mbps)인 경우에 대하여 outdoor B 채널에서의 BER 성능을 보여 준다. 그림에서 보듯이 최대 사용자의 경우, multicode CDMA는 BER 성능이 크게 떨어지지 않는 데 비하여 multicarrier CDMA는 그 성능이 크게 떨어지며 error flow가 생기게 된다. 그 이유는, 본 논문의 multicarrier CDMA 시스템 모델에서는 보호구간을 두지 않았고 부분반송파의 수를 확산칩수와 같도록 설정하였기 때문이라고 판단된다. 사용자그룹 개념을 도입하여 부분반송파 수를 늘리고 주파수 인터리빙을 하게 되면 다중사용자 환경에서의 성능은 개선되리라 생각한다. 한편 최대 사용자 환경에서 multicode CDMA의 BER 성능은 단일 사용자 경우보다 약 2.6 dB 가량 떨어졌고 384kbps인 경우는 2.048Mbps인 경우보다 약간(약 0.4 dB 가량) 열등하였다. 이는 multicode CDMA에서 사용자수가 증가하면 성능이 떨어지며, 칩율이 작아짐에 따라 BER 성능이 약간 감소한다는 것을 말하므로, multicode CDMA 시스템을 설계할 때는 가급적 사용자수를 줄이고 칩율을 크게 해야 할 것이다.

2) 다이버시티의 유무에 따른 각 채널에서의 성능

단일 사용자 경우의 고속과 저속 및 multicode와 multicarrier에 대하여 각각 다이버시티 1과 3인 여덟 가지 경우와 outdoor B 및 vehicular B 채널에 대하여 FER이 2×10^{-2} 일 때 요구되는 E_b/N_0 [dB]를 요약하면 표 1과 같다. 표 1에서 보듯이 다이버시티를 1에서 3으로 증가시키면 multicode에서는 약 7.1 dB, multicarrier에서는 약 6.7 dB 이상의 FER 성능 개선이 있음을 알 수 있다.

표 1. 다이버시티의 유무에 따른 각 채널에서의 FER이 2×10^{-2} 일 때 요구되는 E_b/N_0 [dB]

Table 1. Required E_b/N_0 [dB] at FER= 2×10^{-2} for the order of diversity in each channel.

채널	cod_L		cod_H		car_L		car_H	
	D1	D3	D1	D3	D1	D3	D1	D3
Outdoor B 채널	NA	5.0	NA	7.1	NA	4.2	NA	6.8
Vehicular B 채널	11.8	4.7	NA	5.8	12	5.3	NA	7.9

3) 직교부호가 Hadamard 행렬과 PN 시퀀스일 경우의 성능

Multitude와 multicarrier에서 Hadamard 행렬 및 PN 시퀀스를 사용한 네 경우와 AWGN, outdoor B, vehicular B 채널에 대해서 FER이 10^{-2} 일 때 요구되는 E_b/N_0 [dB]를 요약하면 표 2와 같다. 표 2에서 보듯이 직교부호의 변화에 의한 FER 성능 변화는 multicode의 vehicular B 채널에서 최대 0.5 dB, multicarrier의 outdoor B 채널에서 0.3 dB에 불과함을 알 수 있다.

표 2. 직교부호가 Hadamard 행렬과 PN시퀀스일 경우 FER이 10^{-2} 일 때 요구되는 E_b/N_0 [dB]

Table 2. Required E_b/N_0 [dB] at FER= 10^{-2} using Hadamard matrix and PN sequence as Walsh code.

경 우	AWGN 채널	Outdoor B 채널	Vehicular B 채널
Hadamard 행렬을 사용한 경우의 multicode	2.8	5.9	5.0
Hadamard 행렬을 사용한 경우의 multicarrier	2.8	5.3	5.7
PN 시퀀스를 사용한 경우의 multicode	2.8	5.9	5.5
PN 시퀀스를 사용한 경우의 multicarrier	2.9	5.6	5.7

V. 결 론

광대역 CDMA 기술을 이용하는 특정 용도의 무선 시스템을 설계하려면, multicode와 multicarrier CDMA 방식 모두 사용 가능하나 적용할 채널 환경에 따라 확산변조 방식을 결정하여야 한다. 즉, outdoor B 채널환경에서는 multicarrier 방식을, vehicular B 채널환경에서는 multicode 방식을 사용하면 약간(1dB 내외) 성능을 개선할 수 있다. 그러나 제안된 구조의 multicarrier CDMA 시스템은 error flow 때문에 다중 사용자 환경에서 사용할 수 없으므로 구조를 변경하여야 한다. 시스템 설계에 있어서 주어지는 최대 데이터 전송율은 비트율과 최대 사용자수의 곱이므로, 고속 전송을 위해서는 비트율 또는 칩율(비트율에 비례함)을 높이거나 최대 사용자수를 늘려야 한다. 모의실험에서 칩율 증가에 의한 성능저하는 약 0.4dB, 사용자수 증가

에 의한 성능저하는 약 2.6dB이므로, 고속 전송 시스템은 사용자수 증가보다는 칩율이 증가하는 구조를 가지는 것이 좋다. 그리고 IMT-2000 채널에서는, RAKE 수신기를 사용하는 다이버시티 기법을 활용하면 두 시스템 모두 크게 성능을 개선시킬 수 있으며(multicode 7.1dB, multicarrier 6.8dB), 직교 부호는 직교성이 유지된다면 Hadamard 행렬이나 PN 시퀀스중 어떤 부호를 사용하여도 무방하다. 본 논문에서는 multicarrier 와 multicode CDMA 시스템을 다양한 동작 환경에서 성능을 비교하고, 고속 무선 전송 시스템을 설계할 때 칩율과 사용자수 중 어느 파라미터 값을 높이는 구조가 좋은지를 판단하는데 주안점을 두었다. 향후에는 각 시스템의 성능 개선에 대한 연구가 필요하다고 판단된다. multicode CDMA 시스템의 성능 개선을 위해서 간섭 제거기, multicarrier CDMA 시스템의 성능 개선을 위해서는 보호구간 삽입과 부반송파 수의 증가 그리고 등화기 등에 대한 연구를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] A. Baier, U. Fiebig, W. Granzow, W. Koch, P. Teder, J. Thielecke, "Design Study for a CDMA-Based Third- Generation Mobile Radio System," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol. 12, No. 4, pp. 733-743, 1994.
- [2] N. Nakajima, F. Adachi, "Wideband DS-CDMA for 3rd Generation Mobile Communication Systems," Telecommunication Review, Vol. 7, No. 2, pp. 178-187, 1997.
- [3] J. Proakis, "Digital Communications," Third Edition, McGRAW-Hill, 1995.
- [4] Recommendation, "Requirements for the Radio Interface(s) for Future Public Land Mobile Telecommunication Systems(FPLMITS)," ITU-R M1034.
- [5] I. Chin-Lin, G. Pollini, L. Ozarow, R. Gitlin, "Performance of Multicode CDMA Wireless Personal Communication Networks," VTC '95, pp. 907-977, 1995.
- [6] N. Yee, J. Linnartz, G. Fettweis, "Multi-Carrier CDMA in indoor wireless radio networks,"

PIMRC '93, pp. 109-113, 1993.

- [7] K. Fazel, L. Papke, "On the Performance of Convolutionally-Coded CDMA/OFDM for Mobile Communication System," PIMRC '93, Vol. 3, pp. 468-472, 1993.

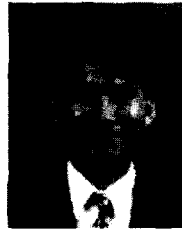
저 자 소 개



金 官 玉(正會員)

1956년 1월 5일생. 1974.3-78.2 서울대학교 전자공학과. 1978.3-85.6 국방과학연구소 연구원. 1985.9-88.5 미국 Univ. of Southern California 전기공학과 대학원석사(1986.12) 및 박사과정 수료(통신전공). 1987.1-88.

4 미국 LINCOM 연구소 연구원. 1988.5-90.8 미국 CPI 사 선임연구원. 1990.9-96.2 삼성전자 수석연구원. 1996.9-99.2 건국대학교 전자공학과 공학 박사. 1996.3-현재 大林大學 電子情報通信科(Electronics, Information and Communication Dept., Daelim College) 교수. <주관심분야> 디지털신호처리, 디지털통신 및 이동통신



崔 承 圭(正會員)

1967년 7월 20일생. 1996년 안양대학교 정보통신공학과 학사. 1998년 경희대학교 전파공학과 석사. 2000년 현재 慶熙大學校 情報通信大學院 (Graduate School of Information and communications, KyungHee

University) 조교. <주관심분야> 통신 및 신호처리, 원격의료진단 시스템