

## CDMA 무선채널에서 압축된 정지영상 전송 시스템의 성능 시뮬레이션

황 태 옥, 김 영 철, \*노 재 성, 조 성 준  
한국항공대학교 항공통신정보공학과, \*서일대학 정보통신과  
전화 : 02-3158-1518 / 팩스 : 02-3158-1935

### Simulation of Performance in Compressed Still Image Transmission System over Wireless CDMA Channel

Tae-Wuk Hwang, Young-Chul Kim \*Jae-Sung Roh, Sung-Joon Cho  
Dept. of Telecomm. & Inform. Eng., Hankuk Aviation Univ.  
\*Dept. of Inform. & Comm. Eng., Seoil College  
E-mail : salome9@mail.hankong.ac.kr

#### Abstract

In this paper, the performance of DS/CDMA-BPSK system for image transmission is simulated by computer, and received image is compared with the origin image. In order to transmit standard image 'Lena', the image is discrete-cosine-transformed and quantized. Then image transmission data is made through assigning 8 bits to the image and high frequency data part of the image is compressed for reducing the size of data. The source-coded image is transmitted and received by the DS/CDMA-BPSK system. The BER, PSNR, and source quality are changed according to the number of multiple access users, processing gain of the system, and SNR.

#### I. 서론

기존 음성 위주의 이동통신 서비스에 대한 소비자의 욕구 불만을 충족시킬 수 있는 멀티미디어 통신 서비스가 IMT-2000이라는 제3세대 이동통신으로 가까이 다가오고 있다. IMT-2000시스템에서는 현재의 기본 음성 서비스 및 저속의 데이터 서비스는 물론 고속의 서비스를 제공해야 되기 때문에 간섭잡음이 더욱 감소하여야 하고, 이를 충족시키기 위해서는 한 기지국에서 서비스 되는 사용자의 수가 더욱 제한되어야 한다. 따라서 인터넷 서비스와 비디오 동영상 전송 등 고속의 데이터 전송 시 요구되는 낮은 BER 조건과 시스템의 용량 증대를 위해서 우선적으로 DS/CDMA 무선 채널 환경에서의 성능 분석이 이루어져야 한다.

대부분의 DS/CDMA 시스템에 대한 연구는 에러확률

로 시스템의 성능을 평가하지만 차세대 이동통신에서는 영상전송을 하기 때문에 에러확률뿐만 아니라 전송된 영상과 원영상을 비교해 보아야 한다. 성능평가의 척도로서 PSNR(Peak Signal to Noise Power Ratio)과 실제 전송된 영상의 열화된 부분을 눈으로 확인 할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 실제 정지 영상 신호를 CDMA 무선채널에서 전송해 봄으로써 무선채널의 영향에 따른 원영상과 복원된 영상을 비교·분석하고자 한다.

2장에서 영상 전송 시스템에 대하여 영상 압축과 DS/CDMA-BPSK 시스템을 설명하고, 3장에서는 AWGN 채널과 페이딩 채널에서의 시뮬레이션 모델을 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션에 대한 성능분석을 하고 5장에서 결론을 맺는다.

#### II. 영상 전송 시스템

##### 1. 영상 압축

일반적으로 정지영상의 압축에는 손실 압축(lossy compression)의 일종인 JPEG(Joint Picture Experts Group)이나 웨이블릿 변환 등이 적용되고 있다[2]. JPEG은 DFT(Discrete Fourier Transform)을 기반으로 하는 DCT(Discrete Cosine Transform)와 허프만 부호화를 사용한다. DCT는 디지털 화상 데이터의 압축 방법에 대해서 화상 데이터의 분포에 잘 맞기 때문에 현재 JPEG, MPEG에서 이용되고 있다. 허프만 부호화나 산술 부호화와 같은 가변 길이 부호화(Variable Length Coding)를 적용하여 압축한 후 전송하게 되면, 채널에서 발생한 에러 때문에 영상의 복원이 어려워지는 특성을 가지고 있다.

본 논문에서는 표준영상 'Lenna' (64×64 pixels)을 DCT부호화에 의해 압축을 하고 고주파 성분을 제거하는 방식으로 소스코딩을 하였다. 먼저 'Lenna' (64×64 pixels)을 8×8 blocks으로 분할하고, DCT에 의해 변환한 다음, 변환된 DCT계수들을 그림 1의 양자화 테이블

에 의해 양자화 시킨다. 양자화된 DCT 계수들의 거의 모든 고주파 요소들은 소실되거나 작은 값이 된다. DCT 계수의 양자화 결과를 저주파 성분으로부터 고주파 성분으로 향하는 지그재그 스캔을 행하면 그림 2와 같이 고역의 0의 성분을 모을 수 있다[3]. 그림 3에서는 고역의 성분을 제거하고 저역의 성분에 8bit의 고정된 bit수를 할당하여 영상 전송을 위한 데이터를 구성하였다.

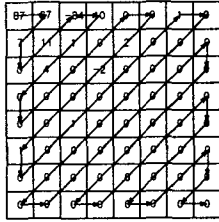


그림 1. 양자화테이블.

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	67	60	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

그림 2. 지그재그 스캔

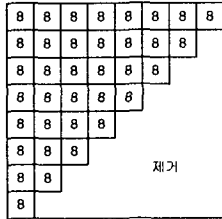


그림 3. 영상 코딩의 비트 배치도.

그 결과로, 영상에서 하나의 subblock(8\*8 pixels, 8bit/pixel)은 512 bit에서 288 bit로 감소되며, PSNR(Peak Signal to Noise Power Ratio)은 31.65 dB가 된다. 식(1)은 PSNR의 정의이다[4].

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\sigma_q^2} \text{ [dB]} \quad (1)$$

$\sigma_q^2$  : 원영상과 압축된 영상의 차이에 대한 자승 평균.

그림 4는 영상의 encoder와 decoder에 대한 블록도 이고, decoder는 encoder의 역과정으로 행하였다.

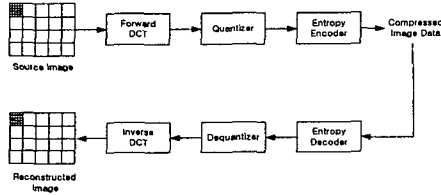


그림 4. 영상의 encoder와 decoder의 블록도.

## 2. DS/CDMA-BPSK 시스템

차세대 이동통신 시스템에서는 대용량 및 멀티미디어 정보를 효율적으로 무선 전송하기 위해서 한정된 스펙트럼을 보다 효율적으로 사용하는 대용량 무선 이동통신 시스템기술을 요구하고 있다. 대부분의 차세대 이동통신 시스템에서는 부호 분할 다중접속(Code Division

Multiple Access : CDMA) 시스템을 채택하고 있다. 이 시스템은 수용 용량이 큰 반면에 많은 다중사용자간섭(Multi-User Interference)과 다중경로(Multi Path)에 동일 주파수 대역을 사용함으로써 발생하는 다중사용자간섭과 다중경로 전파에 의한 다중경로 페이딩에 의해 시스템의 성능이 크게 열화된다.

현재 DS/CDMA 시스템에 사용되거나 제안되고 있는 변복조 방식은 BPSK 혹은 QPSK로 진폭 변조방식이다. M-ary 변복조 방식을 사용하면 차세대 이동통신 시스템의 멀티미디어 서비스가 요구하는 고속의 대용량 데이터 전송을 지원할 수 있지만, QPSK 이상의 변복조 방식이 고려되지 않는 이유는 M-ary인 경우 보다 큰  $E_b/N_0$ 가 요구되며, 특히 진폭 신호가 아닌 경우, 기존의 단일 사용자 검출방식을 이용한 DS/CDMA 시스템보다 간섭신호의 전력이 커져 용량이 저하될 수 있기 때문이다.

## III. 시뮬레이션 모델

IMT-2000에서 제안하고 있는 무선망은 다양한 통신 환경으로 인해 데이터 전송시 잡음, 페이딩, 간섭 등 다양한 형태의 오류가 발생한다.

본 논문에서는 CDMA 무선채널에서 압축된 정지영상 전송을 위해 AWGN 채널과 레일리 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 신호를 적용하였다.

### 1. 송신기

그림 5는 비동기식 DS/CDMA-BPSK 시스템의 시뮬레이션 모델을 나타낸다. K명의 다중접속 사용자가 동시에 접속하고 있다고 가정한다. k번째 사용자의 2진 데이터 시퀀스  $d_k(t)$ 는 확산 코드  $c_k(t)$ 에 의해서 확산되고 BPSK로 변조된다.

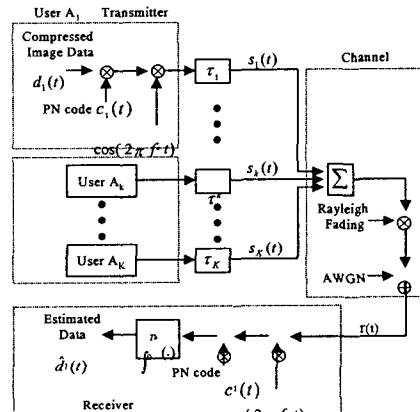


그림 5. DS/CDMA-BPSK 시스템의 시뮬레이션 모델.

k번째 사용자의 정보 데이터 및 확산 코드는 각각  $d_k(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} d_j^{(k)} p_{T_b}(t - jT_b)$  와  $c_k(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} c_j^{(k)} p_{T_c}(t - jT_c)$  로 주어진다 여기서,  $T_c$  와  $T_b$ 는 각각 칩 구간(chip duration)과 데이터 구간 (data duration)이며  $0 < y < x$

## CDMA 무선채널에서 압축된 정지영상 전송 시스템의 성능 시뮬레이션

에서  $P_x(y)=1$ 이고, 그 외의 영역에서는  $P_x(y)=0$  이다.  $d_j^{(k)}$ 와  $c_j^{(k)}$ 는 각각 동일한 확률을 가지며 0 또는 1, -1 또는 +1의 값을 취하는 독립적인 랜덤 변수로써 모델링된다. 또한 하나의 데이터 비트 구간에  $N$ 개의 확산 시퀀스 칩이 들어가므로  $T_b=NT_c$  이며, 모든  $-\infty < j < \infty$ 에 대하여  $c_j^{(k)} = c_{j+N}^{(k)}$ 이다.

이때  $k$ 번째 사용자의 송신 신호는 다음과 같이 주어진다.

$$s_k(t) = \sqrt{2P_k} b_k(t - \tau_k) c_k(t - \tau_k) \cos(2\pi f_c t + \theta_k). \quad (2)$$

여기서,  $P_k$ 는  $k$ 번째 사용자의 송신 전력,  $f_c$ 는 모든 사용자에게 공통으로 사용되는 반송파 주파수를 나타낸다.  $\tau_k$ 는 희망 사용자를 기준으로  $k$ 번째 사용자의 상대적인 시간 지연,  $\theta_k$ 는 희망 사용자를 기준으로  $k$ 번째 사용자의 상대적인 위상 차를 나타낸다. 따라서,  $K$ 명의 사용자에 대한 송신 신호는 다음과 같다[5].

$$s(t) = \sum_{k=1}^K s_k(t). \quad (3)$$

### 2. 페이딩 채널

단일경로(Single-Path) 레일리 페이딩 채널에 대한  $k$ 번째 사용자의 지역 등가 임펄스 응답은 다음과 같다.

$$h_k(t) = \alpha_k \exp^{j\phi_k} \delta(t - T_k). \quad (4)$$

여기서,  $L$ 은  $k$ 번째 사용자에 대한 다중경로 수이고,  $\alpha_k$ ,  $\phi_k$ ,  $T_k$ 는  $k$ 번째 사용자의 경로 이득, 위상 지연, 시간 지연을 각각 나타낸다. 이때, 서로 다른 사용자와 경로에 대하여 랜덤 변수  $\{\alpha_k\}$ ,  $\{\phi_k\}$ ,  $\{T_k\}$ 는 통계적으로 모두 독립이고, 랜덤 위상  $\{\phi_k\}$ 는  $[0, 2\pi)$  구간에서 일양하게 분포하며, 시간 지연  $\{T_k\}$ 는  $[0, T_b]$ 에서 일양하게 분포한다. 또한, 각 사용자는  $L$ 개의 경로를 가지며 각 경로는  $T_c$  구간 이상 떨어져 있다.

### 3. 수신기

수신기에서의 수신 신호는 송신 신호  $s_k(t)$ 와 채널의 임펄스 응답  $h_k(t)$ 의 컨볼루션으로 주어지며, 여기에 가우스 잡음이 부과된다.

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sqrt{2P_k} a_k b_k(t - \Delta_k) c_k(t - \Delta_k) \cdot \cos(2\pi f_c t + \phi_k) + n(t). \quad (5)$$

여기서,  $\Delta_{k,l} = \tau_k + T_k$ 는  $k$ 번째 사용자의 수신시 지연 시간이며,  $[0, T_b)$  구간에서 일양 분포하는 독립적인 랜덤 변수이다.  $\phi_k = \theta_k - \phi_k - 2\pi f_c T_k$ 은  $k$ 번째 사용자의 수신 경로의 위상이며, 각각의  $k$ 와  $l$ 에 대하여  $[0, 2\pi)$ 에서 일양 분포하는 독립적인 랜덤 변수이다. 일반성을 잃지 않기 위해서  $i$ 번째 사용자를 희망 사용자라 하고 동기 검파를 가정하면, 희망 사용자의 수신기는 희망 사용자 신호의 첫 번째 경로로 수신되는 신호에 해당하는 반송파 위상과 시간 지연을 복원한다. 따라서  $i$ 번째 사용자의 상관 수신기의 출력 값은 다음과 같다.

$$Z_i = \int_0^{T_b} r(t) c_i(t) \cos(2\pi f_c t + \phi_i) dt. \quad (6)$$

수신되는 모든 사용자의 전력이 동일( $P_k = P$ , 즉, 완벽한 전력제어)하고 다중사용자간섭은 기준신호와 같은 크기의 전력세기와 경로 손실을 갖는다고 가정한다.

## IV. 성능분석

본 논문에서 시뮬레이션은 사용자 수( $K$ ), 처리이득(PG), 신호대 잡음비(SNR) 등을 고려하였다. 3장에서 구성된 시뮬레이션 모델에 의해 전송된 영상데이터를 송신단과 역과정을 거쳐서 수신한 후 무선채널에서의 다중 사용자 수와 시스템 처리이득, 그리고 신호대 잡음비를 달리하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 처리이득은 4로 제한하였다.

그림 6은 압축하기 전의 원영상(lenna 64×64 pixels)

이며, 그림 7은 DCT 변환과 양자화를 한 후 압축된 영상을 CDMA 채널로 전송하지 않고 복원한 영상이다.

첫 번째 시뮬레이션은 AWGN 채널에서 처리이득 PG = 4와 SNR = 15 dB를 주었으며, 다중 사용자를 3명부터 10명까지로 하여 시뮬레이션 하였다. 그림 7에서 다중사용자( $K$ )에 따른 BER과 복원된 영상의 PSNR 및 영상을 비교하였다. 그림과 표에서 알 수 있듯이 동시사용자의 수가 증가할수록 BER의 값은 커져서 다른 사용자의 신호가 간섭으로 작용하고 PSNR의 값은 작아져서 영상 복원이 어렵게 된다.

두 번째 시뮬레이션은 동일한 PG = 4와 다중 사용자를 3명으로 했을 경우 SNR 값을 달리 하였을 때 그림 8과 같이 BER과 PSNR 및 영상을 비교하였다. 그림과 표를 통해서 SNR의 값이 커지면 BER의 값은 작아지고 PSNR은 전송되기 전의 영상과 거의 동일한 값을 갖는다.

레이리 페이딩 채널 시뮬레이션에서도 AWGN과 동일하게 처리 이득 PG = 4와 동시 사용자 수를 3명으로 설정하였다. 시뮬레이션 결과, SNR에 대해서 BER과 PSNR이 그림 9와 같이 변하는 것을 알 수 있었다. AWGN 채널과 레일리 페이딩 채널에서의 SNR과 PSNR을 비교했을 때, 레일리 페이딩 채널에서 더 심한 성능 열화를 보였다.

## V. 결론

본 논문에서는 CDMA 무선 채널 환경에서 압축된 영상 전송 시스템의 성능을 분석하였다. 그 결과로서, AWGN 채널에서는 다중 사용자의 수가 증가할수록 같은 시스템에 속한 다른 사용자로부터의 간섭잡음 BER이 증가하여 PSNR이 감소하므로 화질의 열화가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 또한 SNR이 증가함에 따라 BER이 감소하여 원 영상에 가까운 화질 개선을 볼 수 있었다. 레일리 페이딩 채널에서는 다중 사용자의 수에 관계없이 화질의 열화가 심하였다. AWGN채널에서 SNR 값은 20 dB으로 주었을 때, 복원된 영상이 원영상과 거의 같았지만, 레일리 페이딩 채널에서는 복원된 영상이 원영상의 절반 미만의 PSNR과 화질 열화를 보였다. 그러므로 레일리 페이딩 채널에서는 채널코딩 또는 간섭제거

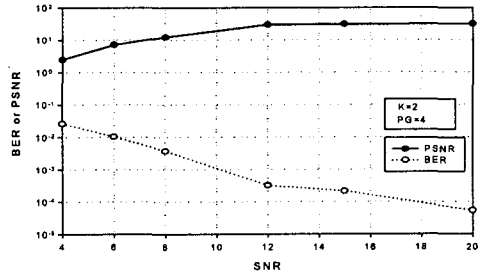
기와 같은 성능 개선기법이 필요할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] J. Wu and R. Kohno, "Wireless Multi-Media CDMA System Based on Transmission Power Control," *IEEE Proc. of PIMRC*, pp. 36-40, 1995.
- [2] G. K. Wallace "The JPEG Still Picture Compression Standard," *IEEE Transaction on consumer Electronics*, vol.38, no.1 pp. 18-34, Feb, 1992.
- [3] 이상길 역, *C언어에 의한 디지털 영상처리*, 성안당 1998.
- [4] K. I. Ogura, A. Miyazaki, Y. Akaiwa, "An error resilient still image transmission system for mobile radio communication," *VTC*, vol. 3, pp. 2004 -2008, 1999.
- [5] 강희곡, 김영철, 박기식, 조성연, 오창현, 조성준, "다중경로 레일리 페이딩 채널에서 터보코드를 사용하여 짧은 프레임을 전송하는 비동기 DS/CDMA 시스템의 성능 분석," *한국통신학회논문지 제26권 제1A호*, pp. 1-8, 2001년 1월.



(a) SNR=6dB, PSNR=7.28dB (b) SNR=8dB, PSNR=12.46dB (c) SNR=12dB, PSNR=30.04dB



SNR(dB)	4	6	8	12	15	20
BER	$2.67 \times 10^{-1}$	$1.07 \times 10^{-2}$	$3.8 \times 10^{-3}$	$3.26 \times 10^{-4}$	$2.17 \times 10^{-4}$	$5.43 \times 10^{-5}$
PSNR(dB)	2.54	7.28	12.46	30.04	31.07	31.55

그림 8. AWGN 채널에서 SNR 값에 따른 복원된 영상 및 BER과 PSNR (PG=4, K=2).

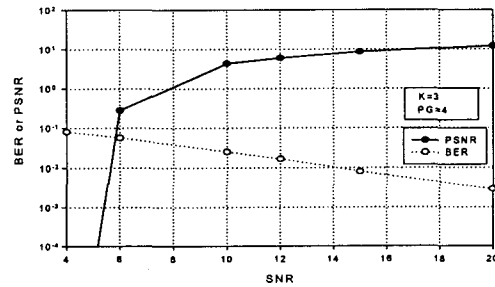


(a) 원영상(64×64) (b) 압축된 영상(PSNR=31.65dB)

그림 6. 원영상과 복원된 영상.



(a) SNR=4dB, PSNR=4.34dB (b) SNR=15dB, PSNR=8.65dB (c) SNR=20dB, PSNR=12.14dB

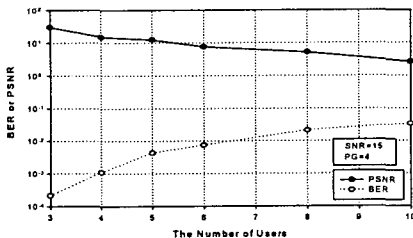


SNR(dB)	4	6	10	12	15	20
BER	$8.12 \times 10^{-2}$	$5.72 \times 10^{-2}$	$2.56 \times 10^{-2}$	$1.71 \times 10^{-2}$	$8.1 \times 10^{-3}$	$2.9 \times 10^{-3}$
PSNR(dB)	0	0.28	4.34	5.94	8.65	12.14

그림 9. 레일리 페이딩 채널에서 SNR 값에 따른 복원된 영상 및 BER과 PSNR (PG=4, K=3).



(a) K=3, PSNR=31.07dB (b) K=5, PSNR=12.70dB (c) K=8, PSNR=5.17dB



K	3	4	5	6	8	10
BER	$2.17 \times 10^{-4}$	$1.1 \times 10^{-3}$	$4.3 \times 10^{-3}$	$7.5 \times 10^{-3}$	$2.07 \times 10^{-2}$	$3.27 \times 10^{-2}$
PSNR(dB)	31.07	15.28	12.70	7.71	5.17	2.66

그림 7. AWGN 채널에서 동시 사용자 수에 따른 복원된 영상 및 BER과 PSNR (PG=4, SNR=15dB).