

OFDM/16QAM 시스템에서 강건한 워터마크가 삽입된 영상의 전송

Transmission of Image Embedded with Robust Watermark through OFDM/16QAM System

원기섭*, 노재성**, 조성준***

Gi-Sup Won*, Jae-Sung Roh**, and Sung-Joon Cho***

요 약

본 논문에서는 영상에 삽입된 디지털 워터마크를 무선 채널상에서 신뢰성 있게 전송하는 기법에 대해 연구하였다. 멀티미디어 영상을 무선 채널에서 전송할 때는 높은 비트 에러율 때문에 데이터 손실이 발생하게 되는데, 이로 인하여 영상에 삽입된 워터마크도 손상받게 된다. 본 논문에서는 무선 채널에서 영상에 삽입된 워터마크의 손상을 경감시키기 위해 오류 정정 기법을 도입하였다. 워터마크가 삽입된 영상을 OFDM/16QAM 으로 변조하여 무선상으로 전송하였을 때, 오류 정정 기법의 채택 여부에 따른 수신단에서의 데이터 에러율을 비교하였다. 시뮬레이션 결과 오류 정정 기법을 사용한 경우 디지털 워터마크를 삽입한 영상이 손상되어 수신되더라도 워터마크 데이터는 심한 손상을 받지 않고 수신이 가능함을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we have studied the reliable scheme for transmission of digital watermarking-inserted image data through wireless channel. Multimedia data and watermarking data are degraded because of the high BER (Bit Error Rate) and the effect of fading in wireless channel. We adapt the error correction scheme for mitigating the degradation in watermarking data. We have evaluated the error performance of watermarking data modulated by OFDM/16QAM and sent through Rician fading channel. The simulation results show that when error correcting scheme is used the watermarking data can be detected without severe error even though watermarking-inserted image data is suffered from severe damage.

Key words : Digital Watermarking, Hamming Code, OFDM/16QAM, Rician Fading

I. 서 론

최근 핸드폰과 WLAN (Wireless Local Area Network) 상에서 멀티미디어 콘텐츠의 공급이 대량화 되면서 다양한 멀티미디어 정보를 손쉽게 구하고

* 한국항공대학교 대학원 정보통신공학과 (Dept. Graduate School of Information and Telecommunication Eng., Hankuk Aviation University)

** 한국대학교 전자정보대학(Dept. of Information and Communication, Seoul College)

*** 한국항공대학교 전자·정보통신·컴퓨터공학부(Schools of Electronics, Telecommunication, and Computer Eng., Hankuk Aviation University)

· 논문번호 : 2004-1-2

· 접수일자 : 2003년 11월 25일

제작할 수 있게 되었다. 그러나 이러한 멀티미디어 콘텐츠를 무분별하게 복제하여 사용하고 있어서 디지털 정보를 보호하기 위한 방법들이 필요하게 되었다. 이에 따라 디지털 영상 정보 또한 저작권 보호 등을 위한 방법이 다양하게 제시되고 있다[1]. 디지털 워터마킹은 멀티미디어 정보에 대해서 가장 적절한 저작권 보호 솔루션으로 인식되고 있다. 그러나 무선 상에서 전송할 때 높은 에러 발생으로 인해 디지털 워터마킹이 손실될 우려가 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 워터 마크 기술과 접목하여 삽입하는 중요한 정보를 암호화하고 무선 전송 시 디지털 워터마크가 손실되지 않게 코딩한 후 삽입하여 효율적인 전송을 가능하게 하는 방법을 제안한다.

II. 워터마킹 알고리즘

2-1 고정길이 압축기법

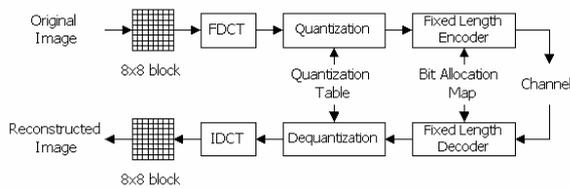


그림 1. FLC에서 영상 부호기와 복호기
Fig. 1. Image encoder and decoder in FLC.

이동 통신과 같은 많은 비트 수의 에러가 발생하는 환경에서 자주 사용되는 DCT (Discrete Cosine Transform) 기반의 FLC (Fixed Length Coding)는 일정한 압축률을 보장하면서 재동기 마커가 요구되지 않는 장점을 가진다. 그림 1은 DCT 기반의 FLC를 사용하는 영상 부호기와 복호기의 블록도를 보인다.

먼저 하나의 영상을 8 × 8 서브 블록들로 분할한다. 분할 한 서브 블록들을 DCT 변환하고 변환한 계수들을 양자화 테이블로 양자화 한다. 양자화를 거친 DCT 계수들 중에서 AC (Account Current) 성분들은 대부분 '0'이거나 매우 작은 값이어서 AC

성분에는 적은 비트를 할당할 수 있다[2]. 본 논문에서는 그림 2와 같은 비트 할당 맵을 이용하여 각각의 계수에 차등적으로 비트를 할당한다. 그림의 사각형 안의 수는 할당되는 비트 수를 의미한다. 그러므로 FLC를 적용함으로써 512 비트에서 99비트로 감소하였다.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | | |
| 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | | | |
| 3 | 2 | 2 | 1 | | | | |
| 2 | 2 | 1 | | | | | |
| 2 | 1 | | | | | | |
| 1 | | | | | | | |

그림 2. 영상 압축을 위한 비트 할당 맵
Fig. 2. Bit assignment map for image compression.

이러한 FLC를 사용하여 'X-ray' 영상을 압축한 경우 PSNR은 36.38 [dB]가 되었고, PSNR 식은 다음과 같다[3].

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{\frac{1}{L_x L_y} \sum_{x=1}^{L_x} \sum_{y=1}^{L_y} (S_{x,y} - \hat{S}_{x,y})^2} \right) \quad (1)$$

여기서 L_x, L_y 는 각각 영상의 수평, 수직 크기를 의미하고, $S_{x,y}, \hat{S}_{x,y}$ 는 원 영상과 복원 영상을 의미한다.

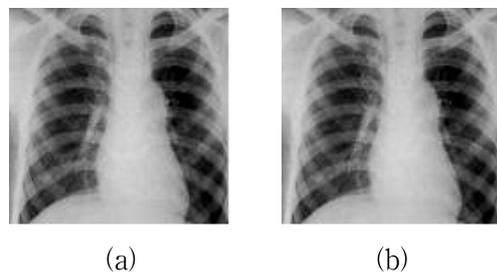


그림 3. FLC를 이용한 압축 전(a)와 후(b)
Fig. 3. Before (a) and after (b) using FLC compression.

2-2 디지털 워터마크 데이터 처리

본 연구에서 워터마크가 삽입될 영상으로 0부터 255의 명암도를 가지는 256 × 256 크기의 그레이스케일 비트맵을 사용하였고, 삽입 될 워터마크 데이터는 64 × 64 크기의 2진 비트맵 심볼 이미지를 사용하였다. 그리고 무선 상에서 디지털 워터마크의 에러를 정정하기 위하여 해밍 코드를 추가한 후 스크램블 하였다.



그림 4. 64 × 64 크기의 2진 비트맵 이미지 스크램블
Fig. 4. The scramble of 64 × 64 binary bitmap image.

표 1. 해밍 코드

Table 1. Hamming code.

| 10진수 | 1 (C1) | 2 (C2) | 3 | 4 (C4) | 5 | 6 | 7 |
|------|-----------|-----------|---|-----------|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 13 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

해밍 코드는 단일 오류 정정에 사용하는 코드다. 해밍 코드의 의미와 원리 및 표현은 아래의 표 1과 같으며, 이 표에서 1, 2, 4 행에는 패리티 비트 (parity bit)가 들어가고 3, 5, 6, 7 행에는 정보 비트가 들어간다. 해밍 코드의 패리티 체크 비트 (parity

check bit) 중에서 C1, C2, C4는 각각 다음과 같은 기능을 한다.

- C1 → 행 1, 3, 5, 7에 대해서 짝수 패리티를 체크한다.
- C2 → 행 2, 3, 6, 7에 대해서 짝수 패리티를 체크한다.
- C4 → 행 4, 5, 6, 7에 대해서 짝수 패리티를 체크한다.

예를 들어, 10진수 9에 대한 교정 과정은 다음과 같다. 9에 대한 정상적인 해밍 코드 표현은,

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

이다. 그런데 오류가 발생하여 이 내용이

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

로 잘못되었다고 가정하자. 이 때, 행 1, 3, 5, 7 비트를 짝수 패리티 체크하면 0, 행 2, 3, 6, 7 비트를 짝수 패리티 체크하면 1, 행 4, 5, 6, 7 비트를 짝수 패리티 체크하면 1이므로 C4 C2 C1 순으로 나열하면 110이 되고, 이것은 십진수 6에 대응한다. 즉, 6번째 비트에 오류가 있음을 검출할 수 있다. 검출한 비트를 1과 XOR 연산하면 원래의 비트로 정정이 된다[4].

2-3 워터마크 삽입

FLC를 이용하는 압축은 앞에서 설명한 바와 같이 양자화 한 DCT 계수를 고정된 비트 수로 표현하는 방법이다. 따라서 각각의 비트를 중요도에 따라 분류하는 것이 가능하다 [5]. 본 논문에서는 영상의 객관적인 화질 평가 기준으로 많이 사용하는 PSNR을 기준으로 중요도를 분류한다. 각 비트의 중요도를 얻기 위해 그림 5와 같이 전송 패킷이 구성되면 각 서브블록의 동일한 위치의 비트에 고의적인 에러

를 발생시켜 그 때의 PSNR을 계산한다.

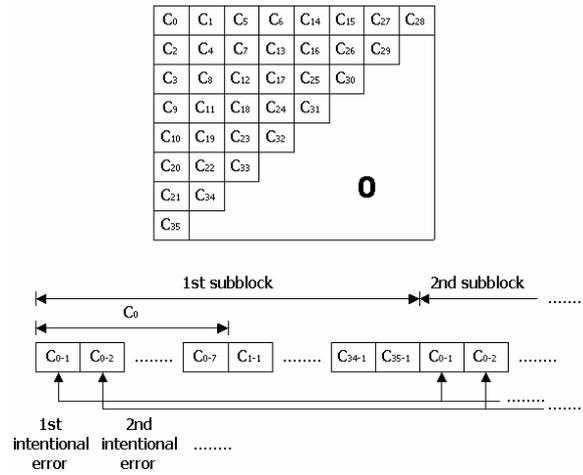


그림 5. 고의적인 에러 발생

Fig. 5. Intentional error generation.

덜 중요한 비트일수록 PSNR에 미치는 영향은 적어서 높게 나타나고 중요한 비트일수록 화질에 미치는 영향이 크기 때문에 PSNR은 낮게 계산된다. 그림 6에 각 비트의 중요도를 도시한다. 이렇게 분류된 중요도를 기반으로 원 영상에 영향을 덜 미치는 부분에 스크램블 된 워터마크 비트를 삽입한다. 8×8 서브 블록을 나타내는 비트 열을 $V_{host(1st)}$ 라고 하면 (2)와 같이 나타낼 수 있고,

$$V_{host(1st)} = [c_{0-1}, c_{0-2}, c_{0-3}, \dots, c_{0-99}] \quad (2)$$

삽입될 워터마크 비트 열을 V_{WM} 라 하면, (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{WM} = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_n] \quad (3)$$

V_{WM} 을 V_{host} 에 삽입하기 위해 이들 두 벡터의 크기를 고려하여 첫 번째 8×8 서브 블록에 삽입한 비트 열을 $I_{WM(1st)}$ 라고 했을 때 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$I_{WM(1st)} = [c_{0-1}, c_{0-2}, \dots, c_{0-12}, w_{1(0-13)}, c_{0-14}, \dots, c_{0-41}, w_{7(0-42)}, c_{0-43}, \dots, c_{0-99}] \quad (4)$$

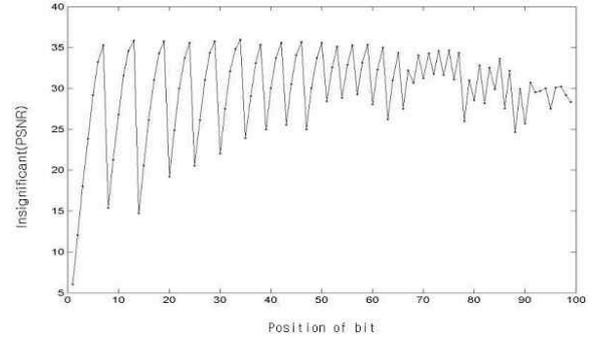


그림 6. 서브 블록의 비트에 에러를 발생시켰을 경우 PSNR의 변화

Fig. 6. Variation of PSNR according to the error generated in a bit of sub-block.

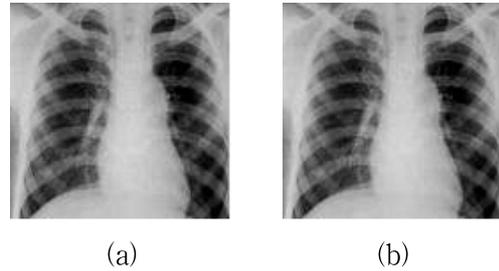


그림 7. FLC로 압축 후의 원 영상 (PSNR=36.38[dB]) (a)와 압축 후 워터마크 데이터를 삽입한 영상 (PSNR=34.44[dB]) (b)

Fig. 7. Source image (PSNR=36.38[dB]) (a) and watermarked image (PSNR=34.44[dB]) using FLC compression.

이와 같은 방법으로 나머지 서브 블록에 대해서도 같은 작업을 행해주면 전체 워터마크를 삽입할 수 있다. 이렇게 워터마크가 삽입된 영상의 PSNR 차이는 약 2 dB로써 약간의 열화만이 있었을 뿐이었다. 그림 7에서는 압축 후의 영상과 압축 후 워터마크가 삽입한 그림을 보인다[6].

III. OFDM/16QAM 채널 전송

3-1 OFDM/16QAM 송·수신기 구조

그림 8에서는 OFDM/16QAM 시스템의 송신기 구조를 보인다. N 개의 직렬 16QAM 데이터 심볼들을 $T = 1/f_s$ 간격으로 배치한다. 여기서, f_s 와 T 는 각각 직렬 데이터에 대한 심볼율과 심볼구간이다. 이러한 직렬 데이터들은 먼저 직·병렬 변환기에 의해 병렬 데이터 형태로 변환된 후에 N 개의 부반송파를 변조시키게 된다. 이렇게 변조한 부 반송파들을 모두 더한 후 주 반송파에 의해 원하는 주파수 대역 신호로 변환하여 무선 채널을 통해 전송한다. 실질적으로는 병렬 부 반송파의 합성 데이터들을 IFFT (Inverse Fast Fourier Transform)에 의해 발생시키고 직렬 형태의 데이터들로 변환하여 고주파 신호로 변환한 후 전송한다. 이러한 전송신호는 그림 8에서 기호 $s'(t)$ 로 표시하였으며 다음과 같은 식으로 나타난다[7],[8].

$$s'(t) = s(t)e^{j2\pi f_c t} \quad (5)$$

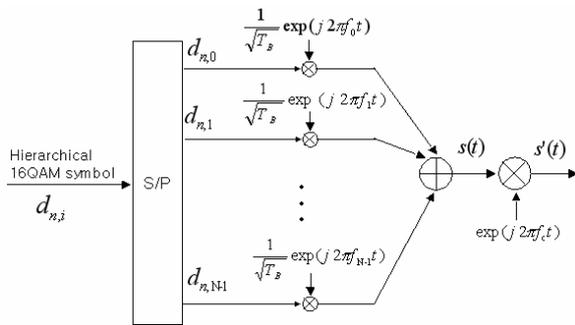


그림 8. OFDM/16QAM 시스템의 송신기 구조
Fig. 8. The transmitter of OFDM/16QAM system.

이러한 전송신호는 T 의 직렬 데이터 심볼 구간에서 $T_B = NT$ 의 병렬 데이터 심볼 구간으로 확장되므로 채널 지연확산에 덜 민감하게 되어 주파수 선택성 페이딩에 강한 특징을 갖게 된다. 또한 부반송파 주파수들 사이의 간격은 $1/T_B$ 로 설정되어 신호들 간에 직교성을 유지하게 되므로 채널에 의한 지연 성분이 없는 경우 수신단에서 완벽한 동기 검파가 이루어진다면 모든 부 반송파들의 수신 신호에 왜곡이 생기지 않는다. 그러나 실제 채널의 전파 환

경은 다중 경로 성분이 존재하므로 수신단에서 지연된 신호가 합성되는 현상에 의해 직교성이 떨어지므로 부 반송파들 간에 간섭현상이 발생해 신호 검파시에 에러가 발생한다.

그림 9에서는 일반적인 OFDM/16QAM의 수신기 구조를 보여주고 있다. 수신된 신호는 기저대역 신호로의 변환을 위해 주반송파에 의해서 곱해지고 각각의 부반송파에 대한 상관기에 의해 상관작용이 행해진 후 판정기를 거쳐 원하는 데이터 심볼들을 구해낸다. 마지막으로 동기 검파된 심볼들은 병·직렬 변환기에 의해 직렬 데이터로 변환되어 송신된 정보 심볼들로 복원하게 된다. 이러한 수신단에서의 일련의 과정들은 실질적으로 FFT (Fast Fourier Transform) 연산에 의해 이루어진다.

수신신호에 대한 표현식은 채널을 통과하고 수신단에서 잡음이 더해지는 것을 고려하면 다음 식으로 쓸 수 있다.

$$r'(t) = s'(t) * h(t) + n(t) \quad (6)$$

$$= s'(t) + bs'(t - \tau)e^{j\theta} + n(t)$$

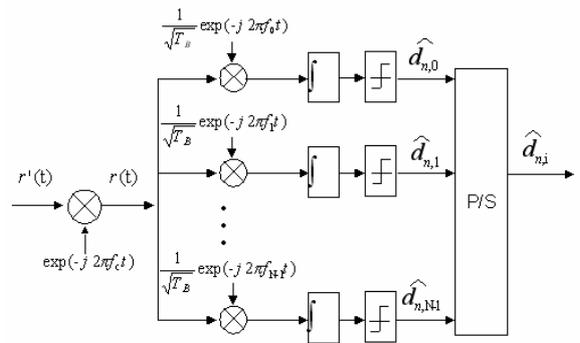


그림 9. OFDM/16QAM 시스템의 수신기 구조
Fig. 9. The receiver of OFDM/16QAM system.

여기서 *는 컨볼루션 연산을 나타내며 $n(t)$ 는 양측전력스펙트럼 밀도가 $N_0/2$ 인 AWGN (Additive White Gaussian Noise) 이다.

본 논문에서는 무선 전송을 위한 시스템으로 OFDM/16QAM 시스템 모델을 사용하였는데, 그림 10에 OFDM/16QAM 시스템의 블록도를 보인다. 이

그림에서 상측 경로는 송신부이고, 하측 경로는 수신부이다.

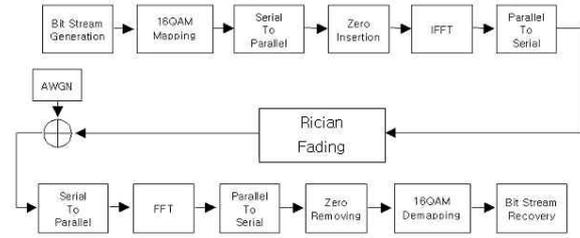


그림 10. OFDM/16QAM 시스템의 시뮬레이션 블록도
Fig. 10. Simulation block diagram of OFDM/16QAM system.

발생된 비트 스트림들은 먼저 16QAM 심볼로 맵핑되고, 맵핑된 직렬 복소 심볼들을 병렬형 데이터로 변환한 후 제로 비트들을 삽입한다. 다음으로 16QAM 심볼들을 IFFT에 입력하여 N 개의 부반송파로 변조시키고, 변조한 병렬 데이터 심볼들을 직렬형태로 변환하여 한 블록의 OFDM/16QAM 신호를 구성한 후 무선 채널로 전송한다. 수신단에서의 복조 과정은 송신부 과정의 역 과정으로 수행한다. 그리고 채널의 추정은 완벽하다고 가정하였다

3-2 Rician 페이딩

송·수신기 사이의 통신채널을 Rician 페이딩 모델로 가정할 경우 채널의 복소 저역등가 임펄스 응답 $h(t)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$h(t) = \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_i \exp(-j\theta_i) \delta(t - \tau_i) \quad (7)$$

여기서, α_i 은 i 번째 경로의 이득, θ_i 은 i 번째 경로의 위상, τ_i 은 i 번째 경로의 지연을 나타낸다.

Rician 페이딩 모델링은 직접파 성분과 분산이 σ^2 인 반사파 성분으로 구성되며, 이 성분들이 복합 수신된 신호로 표현되는 채널 상황을 나타낸다. 따라서 수신된 신호의 진폭 R 에 대한 Rician 페이딩

의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$p(R) = \frac{R}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{R^2 + A^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{RA}{\sigma^2}\right), R \geq 0 \quad (8)$$

여기서, R 은 Rician 페이딩을 받은 수신 신호의 진폭, A 는 직접파의 진폭, 그리고 $I_0(\cdot)$ 는 0차의 변형 베셀 함수이다.

Rician 페이딩을 받은 순시 신호의 진폭(R) 대신에 R^2 에 비례하는 수신 신호 전력 대 잡음 전력비(r)를 함수로 하는 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$p_{Rice}(r) = \frac{K_R + 1}{\Gamma} - \frac{(K_R + 1)r}{\Gamma} I_0\left(2\sqrt{\frac{K_R(K_R + 1)r}{\Gamma}}\right) \quad (9)$$

여기서, $K_R = A^2/2\sigma^2$ 는 직접파 전력 대 반사파 전력비, r 는 순시 신호 전력 대 잡음 전력비, Γ 는 평균 신호 전력 대 잡음 전력비를 나타낸다. 식 (9)에서 $K_R = 0$ 인 경우는 직접파 성분이 없는 레일리 페이딩의 확률밀도함수가 된다[9].

$$p_{Ray}(r) = \frac{1}{\Gamma} \exp\left(-\frac{r}{\Gamma}\right) \quad (10)$$

IV. 시뮬레이션 결과 및 검토

그림 11은 OFDM/16QAM 시스템에서 워터마크된 이미지의 BER 성능을 나타낸 그래프이다. 시뮬레이션에서 사용한 OFDM 채널 환경은 1-path Rician 페이딩 채널로서 Rician factor $K_R=20$ dB로 정하였다[10].

에러 정정 비트는 워터마크 데이터에만 삽입되었으므로 에러 정정 비트의 추가 유무와 상관없이 BER 성능은 이론 치와 같게 나옴을 확인할 수 있다. 그리고 무선 데이터 통신에서는 BER의 threshold 기준은 10^{-6} 이하이므로, $E_b/N_0=16$

dB 이상의 범위가 필요함을 알 수 있다.

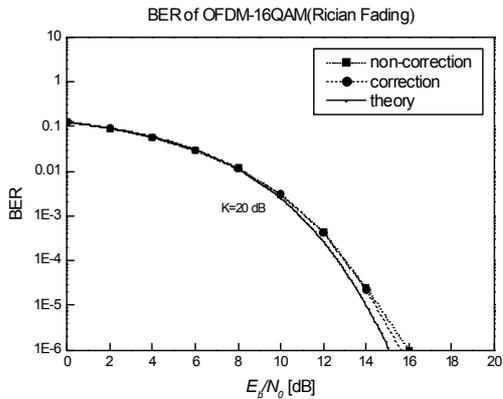


그림 11. E_b/N_0 와 OFDM/16QAM의 BER
Fig. 11. E_b/N_0 and BER of OFDM/16QAM.

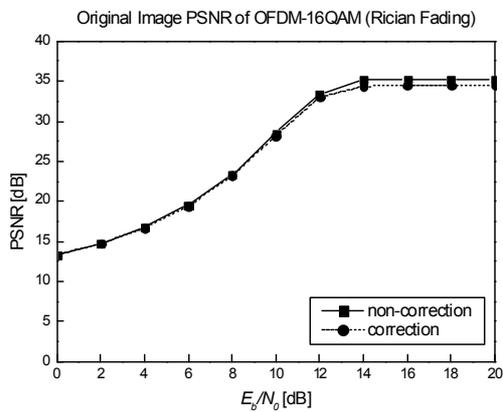


그림 12. E_b/N_0 와 오류 정정 부호에 따른 PSNR의 변화
Fig. 12. E_b/N_0 and PSNR variation according to the error correction code.

그림 12는 워터마크가 삽입된 이미지에 오류 정정 코드를 추가한 이미지와 아닌 이미지의 PSNR을 비교한 것이다. 오류 정정 코드를 추가한 경우 하지 않은 경우보다 8×8 서브 블록 당 3 비트씩 데이터가 더 할당되므로 PSNR이 약 1 dB 정도 감소한 것을 확인할 수 있다. 그러나 이미지의 경우는 30 dB 이상일 경우는 열화가 없다고 가정하므로, 에러 정정 코드를 추가한 이미지에도 열화는 없었다.

그리고 그림 13은 위의 시뮬레이션 결과 중 에러 정정 부호를 쓰지 않은 경우에 E_b/N_0 가 각기 4 dB, 8 dB, 12 dB, 16 dB인 경우의 복원 영상을 나타냈다.

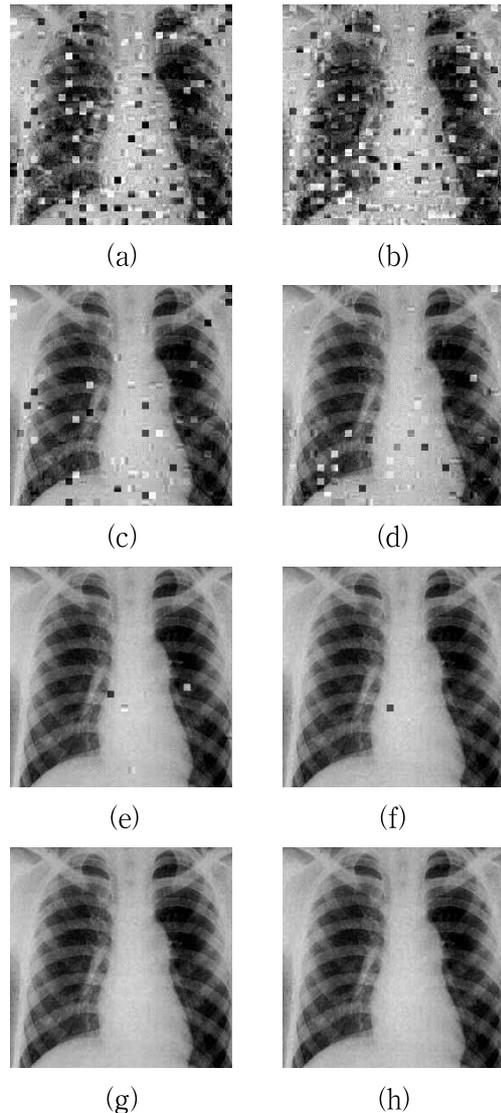


그림 13. 수신기에서 재구성된 이미지
Fig. 13. Deassembled image by receiver.

마지막으로 그림 14에서는 오류 정정 코드의 추가 유무에 따른 워터마크 복원 데이터의 MSE를 나타낸 그림이다. 오류 정정 코드를 추가한 경우 하지 않은 경우보다 무선 상에서 오류가 일어나더라도 워터마크 데이터가 복원 되는 것을 그림 15의 예에서도 볼 수 있다. 복원 데이터의 MSE의 경우 오류 정

정 부호의 추가 유무에 따라 약 2배 정도 좋아짐을 확인할 수 있다.

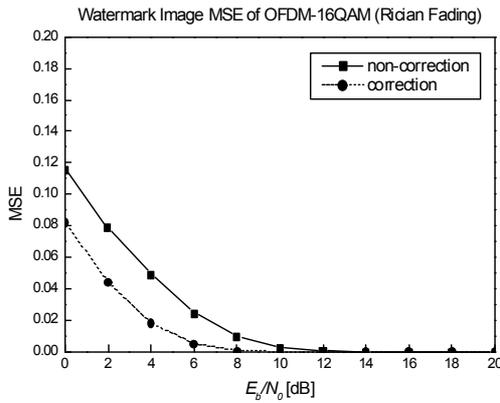


그림 14. E_b/N_0 와 오류 정정 부호에 따른 MSE의 변화

Fig. 14. E_b/N_0 and MSE variation according to the error correction code.

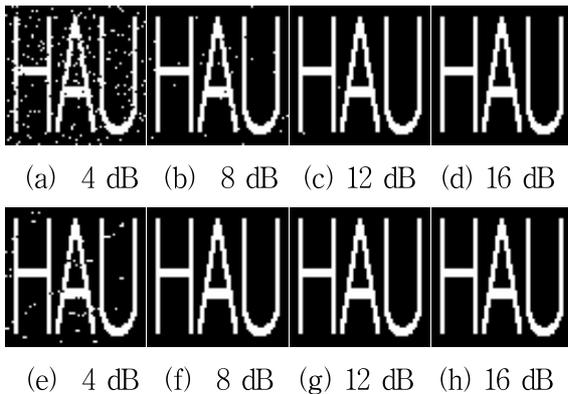


그림 15. 원 영상 수신 후 추출한 워터마크 이미지
(a)~(d) : 정정 부호가 없는 워터마크
(e)~(f) : 정정부호가 추가된 워터마크

Fig. 15. Extracted watermark image after source image is received.
(a)~(d) : watermark embedded non-correction
(e)~(f) : watermark added correction

V. 결 론

본 논문에서는 영상 전송에 사용될 경우 보호해

야할 정보를 워터마크 형식으로 원 이미지에 최소한의 영향을 끼치는 비트를 찾아 삽입하면서 에러 정정 코드를 추가하여 무선 전송 시 강건함을 유지하는 방법을 제안하였다. FLC로 압축된 정지 영상의 경우 비트 할당 맵을 이용하여 고정된 비트 수를 양자화된 DCT 계수에 적용시킴으로써 복원 영상에서 전파되는 에러를 국한 시킬 수 있었다. 워터마크를 삽입할 경우 영상에 고의적인 에러를 발생시켜 원 영상에 영향을 최소한으로 미치는 부분을 찾아 워터마크를 삽입하여 원영상과의 열화가 2 dB정도 차이가 났다. 게다가 오류 정정 부호의 추가로 삽입된 워터마크 데이터의 경우 전보다 약 2배 정도의 에러를 감소 시켰다. OFDM/16QAM 시스템을 모델링하고 Rician fading과 AWGN 채널의 E_b/N_0 에 따라 전송된 영상을 재구성하고, 삽입된 워터마크에 대해 해밍 코드를 사용하여 오류 정정한 후 추출하여 그 결과를 살펴보았다. 이렇게 워터마크가 삽입된 영상에 대해 OFDM/16QAM 시스템을 통하여 전송하고 무선 환경에서의 영향을 살펴본 결과 원 영상에 열화가 많이 생겨도 삽입되어 있는 워터마크 데이터를 인지하는 데에는 큰 어려움이 없었다.

감사의 글

본 논문은 과학기술부·한국과학재단 지정 경기도 지역협력연구센터(RRC)인 한국항공대학교 인터넷 정보검색 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- [1] 원치선, “디지털 영상의 저작권 보호,” 정보과학회지 제 15권 12호, pp.22-27, 1997. 12.
- [2] J. S. Lim, *Two-Dimensional Signal and Image Processing*, Prentice Hall, 1990.
- [3] 황재정, *디지털 영상공학*, 아진 1999.
- [4] B. A. Forouzan, *Data Communications and Networking 2nd Edition*, McGraw-Hill, June 2000.
- [5] 최은석, “무선 DS/CDMA 채널에서 효율적인

정지 영상 전송에 관한 연구,” *한국항공대학교 항공통신정보공학과 석사학위 논문*, 2002. 2.

[6] 조복은, “디지털 워터마킹된 영상의 무선 전송 시뮬레이션,” *한국항공대학교 항공통신정보공학과 석사학위 논문*, 2003. 2.

[7] R. Prasad, *Universal Wireless Personal Communications*, Artech House Publishers, 1998.

[8] L. J. Cimini Jr., “Analysis and simulation of a digital mobile channel using orthogonal frequency division multiplexing,” *IEEE Trans. Comm.*, vol. com-33, July 1985, pp. 665-575.

[9] 노재성, “Lognormal-Rice 페이딩과 Intra/ Inter 셀 간섭이 존재하는 채널에서 연쇄 부호화 기법과 다이버시티 수신기법을 이용하는 Multi-Carrier CDMA 시스템의 성능 분석,” *한국항공대학교 항공통신정보공학과 박사학위 논문*, 2000. 8.

[10] R. E. Ziemer and R. L. Peterson, *Introduction to Digital Communication 2nd Edition*, Prentice Hall, 2001.

1992년 3월 ~ 1997년 5월 : (주)한화정보통신 연구소 연구원
 1999년 3월~2000년 8월 : 독립 강원전문대학 정보통신과 전임강사
 2000년 9월~현재 : 서일대학 정보통신전공 조교수
 관심분야: 이동통신망 성능분석, 모바일 인터넷, 멀티미디어 콘텐츠 정보보호



1969년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과(공학사)
 1975년 2월 : 한양대학교 대학원(공학석사)
 1981년 3월 : 오사카대학 대학원(공학박사)
 1972년 8월~현재 : 한국항공대학교 전자·정보통신·컴퓨터공학부 교수

관심분야 : 이동통신, 무선통신, 환경전자공학, 이동무선 인터넷

원 기 섭(元奇燮)



2003년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공학사)
 2003년 3월~현재 : 한국항공대학교 정보통신공학과 석사과정
 관심분야: 멀티미디어 콘텐츠, 이동무선 인터넷, 이동통신망

노 재 성(盧在成)



1990년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공학사)
 1992년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공학석사)
 2000년 8월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공학박사)

사)