

# 무선 채널 환경에서 워터마크가 삽입된 OFDM/QPSK 영상전송 시스템 시뮬레이터 구현에 관한 연구

## A Study on the Simulator Design of OFDM/QPSK Image Transmission System Embedded Watermark in Wireless Channel Environment

서 인 혜\*  
Seo, In Hye

김 지 웅\*\*  
Kim, Ji Woong

강 희 조\*\*\*  
Kang, Heau Jo

### 요 약

본 논문에서는 무선 채널환경에서 워터마크가 삽입된 OFDM/QPSK 영상전송 시스템 시뮬레이터를 구현하였다. 성능분석으로써 무선 멀티미디어 서비스를 위해 OFDM/QPSK 영상전송 시스템을 이용하여 가우시안잡음, 다중경로페이딩이 고려된 무선 채널 환경에서의 정지영상 이미지와 워터마크로 사용된 정보에 미치는 영향을 분석하였다. 워터마크 정보는 DM-SS 이미지 워터마킹 기법을 적용하였고, 무선 채널에서 영상에 삽입된 워터마크의 손상을 경감시키기 위해 인터리빙 기법을 도입하였다. 실험 결과, 같은 다중경로페이딩 환경에서 인터리빙을 적용하였을 때 워터마크 이미지의 PSNR이 54.2371dB로 약 1dB정도 개선된 것을 알 수 있었다.

### Abstract

In this paper, we designed about OFDM/QPSK image transmission system simulator embedded watermark in wireless channel environment. Channel environment used OFDM/QPSK still image transmission system considering AWGN, Multi-path fading. And, we analyzed effect of still image and watermark information in considered channel environment. Watermark information is coded by DM-SS (Direct Matrix/Spread Spectrum) image watermarking scheme. Also, we used interleaving scheme for mitigating the degradation in watermarking data under wireless channel. As a results, we could know that PSNR of watermark image improved of about 1dB by 54.2371dB then apply interleaving in same multi-path fading environment.

☞ Keyword : DM-SS Watermarking, OFDM/QPSK , Interleaving, Multi-path Fading

## 1. 서 론

최근 컴퓨터 통신, 인터넷과 같은 네트워크의 급속한 발전과 디지털 데이터의 증가로 인하여 불법복제로부터의 지적 소유권문제가 크게 부각되고 있다. 이에 따라 디지털 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호하기 위한 방법으로 디지털 워터마킹에 관한 연구 또한 활발하게 이루어지고

있으나 아직 완벽한 해결책은 나오지 않고 있다. 따라서 소유권자의 동의가 없는 불법적 복제를 방지하고 소유권을 효과적으로 보호하기 위한 저작권보호기법의 기술이 요구되고 있다[1,2].

워터마크란 저작권 보호를 위해 영상이나 음성 데이터에 표시한 보이지 않는 마크(Mark)로써, 영상이나 음성 등의 신호에 삽입되는 특정한 부호나 패턴을 말한다. 이 워터마크의 삽입 여부 및 변조 여부를 측정함으로써, 원 신호의 위조나 도용이 이루어졌는지를 검사할 수 있는 저작권 보호의 방법으로 사용될 수 있다. 이러한 워터마크의 종류로는 크게 공간영역과 주파수 영역에서의 방법으로 나눌 수 있다. 공간영역에 워터마

\* 준 회 원 : 목원대학교 대학원 IT공학과 석사과정  
ihseo@mokwon.ac.kr(제 1저자)

\*\* 정 회 원 : (주) 휴메이트 개발부  
kjwcomm@korea.com(공동저자)

\*\*\* 정 회 원 : 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 조교수  
hjkang@mokwon.ac.kr(공동저자)

[2004/12/15 투고 - 2005/03/14 심사 - 2005/05/26 심사완료]

크를 삽입할 경우 일반적인 영상처리에도 쉽게 지워지며 비트 열이 첨가된 위치를 알고 있으므로 다른 비트열을 대신 넣을 경우 워터마크가 쉽게 바뀐다는 단점을 가지고 있다. 이러한 공간 영역의 단점을 보완하기 위해 주파수 영역에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[3,4].

본 논문에서는 원 영상에 삽입할 워터마크 영상을 DM-SS 방식으로 확산을 수행한 후 DCT 변환을 이용하여 주파수 변환을 한다. 변환된 데이터의 복원률을 높이기 위하여 인터리버를 수행하여 원 영상에 삽입하고 OFDM/QPSK 무선 채널에서 전송될 때 전송 에러가 영상의 화질에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 또한, 워터마크가 삽입된 영상을 무선채널환경 전송 시, 발생하는 열화에 대한 성능 척도로 BER 과 PSNR (Peak Signal to Noise Power Ratio)의 비교를 통하여 성능을 평가하고 실제 전송된 영상의 열화 된 부분을 시각적으로 확인함으로써 원영상과 복원된 영상을 비교-분석 하였다.

## 2. 디지털 워터마킹 기법

디지털 워터마킹은 디지털 콘텐츠에 사람의 지각으로 판별할 수 없는 저작권 정보(워터마크)를 삽입하는 기술이다. 이렇게 저작권 정보인 워터마크를 삽입함으로써 디지털 콘텐츠의 유통과정에서 지적 재산권 분쟁이 발생했을 경우 디지털 콘텐츠에 대한 소유권을 주장할 수 있다. 이러한 디지털 워터마킹 기법의 요구 조건으로는 비가시성(Invisibility), 강인성(Robustness), 보안성(Security), 명확성(Unambiguity)이 있다. 비가시성은 삽입 후에도 원본의 변화가 거의 없고, 워터마크의 삽입 여부를 감지 할 수 없어야 하는 것이고 강인성은 워터마킹된 영상을 변형하거나 영상 처리 시 워터마크가 깨지지 않아야 하는 것이며 보안성은 관련된 키 값(ID, 자신만의 정보)등을 알고 있는 경우에만 워터마크의 확인이 가능해야 하는 것이다. 마지막으로 명확

성은 워터마크가 삽입된 데이터에 대해 소유권을 주장할 수 있어야 하는 것이다[1].

본 논문에서는 워터마크가 삽입될 영상으로 0부터 255의 명암도를 가지는 128×128 크기의 그레이스케일영상을 사용하였다. 삽입될 워터마크 영상은 32×32 크기의 2진 로고영상을 DM-SS 확산하여 삽입하였다.

### 2.1 DM-SS 워터마킹 알고리즘[5]

$I$ 를  $N_1 \times N_2$ 크기의 그레이 레벨인 원 영상이라고 하고,  $W$ 를  $M_1 \times M_2$ 크기의 2진 레벨인 워터마크 영상이라고 하면, 원 영상  $I$ 와 워터마크 영상  $W$ 는 각각 식 (1)과 식 (2)와 같이 쓸 수 있다.

$$I = \{i(x,y) | 0 \leq x < N_1, 0 \leq y < N_2\} \quad (1)$$

여기서  $i(x,y) \in \{0, \dots, 2^L - 1\}$ 는 화소  $i(x,y)$ 의 세기(intensity)이고,  $L$ 은 각 화소에서 사용되는 비트 수 이다.

$$W = \{w(x,y) | 0 \leq x < M_1, 0 \leq y < M_2\} \quad (2)$$

여기서  $W(x,y) \in \{0,1\}$ 이다.

워터마크 영상은 확산을 위해 원 영상과 최소  $N_1 \geq 2M_1, N_2 \geq 2M_2$ 인 관계를 만족해야만 한다. 또한 저작권의 개인 ID가 없으면 워터마크 영상을 검증할 수 없도록 하기 위해서, 각 저작권의 개인 ID를 확산 행렬(spread matrix)로 사용한다. 이때 저작권의 개인 ID는 대역확산 통신 시스템에서 각 사용자를 확산하기 위해 사용되는 PN수열(pseudo-noise sequence)로 간주할 수 있다. 저작권자의 개인 ID는 2진수로 구성된 벡터나 행렬이 될 수 있으며, 2진 영상으로도 볼 수 있다. 저작권자의 개인 ID는 식 (3)과 같이 정의한다.

$$ID = \{id(x,y) | 0 \leq x < K_1, 0 \leq y < K_2\} \quad (3)$$

식 (3)에서  $K_1$ 과  $K_2$ 의 값은 워터마크 영상  $W$

의 크기에 따라 달라지며, 각각  $K_1 \leq [N_1/M_1]$ ,  $K_2 \leq [N_2/M_2]$ 의 관계를 만족해야 한다.

우선, 워터마크 영상  $w$ 로부터 원 영상  $I$ 에 삽입할 워터마크 영상  $W_{insert}$ 를 생성해야만 한다. 삽입할 워터마크 영상  $W_{insert}$ 의 생성은 워터마크 영상  $w$ 를 개인 ID로 부호화 시키는 것으로서, 원 워터마크 영상  $w$ 를 개인 ID를 사용해 확산시키면 된다. 이 과정은 개인 ID를 사용해 원 워터마크 영상  $w$ 의 화소들을 공간 영역에서 각각 확산시키는 과정으로  $w$ 의 각 화소마다 개인 ID를 곱하면 된다. 이때 개인 ID는 확산 행렬의 역할을 하게 된다. 따라서, 부호화된 워터마크 영상  $W_{insert}$ 는  $[N_1 N_2 / K_1 K_2]$ 개의  $W_{insert}^{(k)}$  ( $0 \leq k < [N_1 N_2 / K_1 K_2]$ )들로 구성된다. 그러므로 부호화된 워터마크 영상  $W_{insert}$ 는 다음 식 (4)와 같이 쓸 수 있다.

$$W_{insert} = w(x,y) \times ID, 0 \leq x < M_1, 0 \leq y < M_2 \quad (4)$$

여기서 원 영상에 삽입될 부호화된 워터마크 영상  $W_{insert}$ 는 원 영상  $I$ 보다 작거나 같게 된다. 그림 1은 개인 ID로 워터마크 영상을 확산시켜 삽입할 부호화된 워터마크 영상  $W_{insert}$ 를 생성하는 과정을 나타낸다.

## 2.2 워터마킹 시스템 구성도

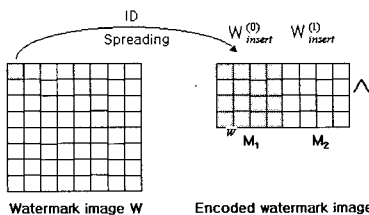
부호화된 워터마크 영상  $W_{insert}$ 는 주파수 영역에서 원 영상  $I$ 에 삽입된다. 원 영상에 부호화된 워터마크 영상을 삽입하는 과정을 그림 2에 나타내었다. DM-SS 확산 기법을 통해 확산된 워터

마크 영상은 DCT변환을 이용하여 주파수 변환을 하고 Burst성 에러에 대한 강인성을 높이기 위하여 인터리빙을 수행하여 원영상의 주파수 성분내에 삽입된다. 여기서  $\alpha$ 는 워터마크의 비가시성을 위한 것으로 상수 값이며 일반적으로 1보다 작은 값이 된다.

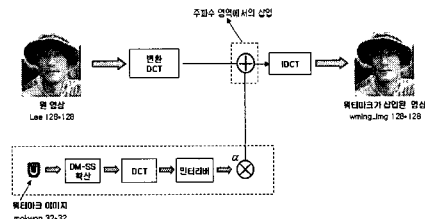
그림 3은 워터마크가 삽입된 영상에서 워터마크 이미지를 추출하는 과정을 나타내고 있다. 원 영상에 워터마크가 삽입된 영상은 무선채널 상으로 전송 시 영상 처리 및 잡음에 영향을 받게 된다. 이러한 영상 처리와 잡음으로 인해 변형된 영상을  $I_{\text{pack}}$ 이라 가정할 경우, 워터마크 영상을 복원하기 위해서는 식 (5)와 같이, 간단히  $I_{\text{pack}}$ 의 주파수 성분들과 원 영상  $I$ 의 주파수 성분들의 차를 구하면 된다.

$$F_{W_{detect}} = F_{I_{\text{pack}}} - F_I \quad (5)$$

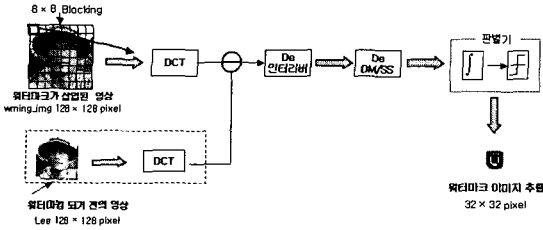
여기서  $F_{W_{insert}}$ 는 부호화된 워터마크 영상  $W_{insert}$ 가 영상 처리와 잡음에 의해 영향을 받은 영상  $W_{detect}$ 의 주파수 성분을 나타내고  $F_{I_{\text{pack}}}$ 은  $F_{I+W_{insert}}$ 가 영상처리와 잡음에 의해 영향을 받은 주파수 성분을 나타낸다. 다음으로 검출된 영상  $W_{detect}$ 는 복호화 되어야 한다. 복호화 과정은 부호화과정의 역 과정으로  $W_{detect}$ 를 개인 ID로 역 확산시키는 것이다. 역 확산 과정은 확산 과정의 역 과정으로 워터마크 영상의 복원은 그림 3에 나타난 상관기와 판단 회로를 사용함으로써 수행된다. 확산 과정이 워터마크 영상의 한 화소를 개인 ID



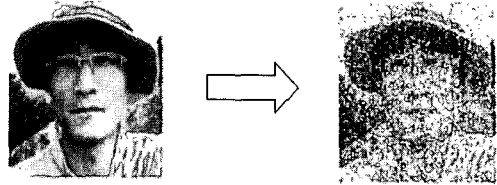
〈그림 1〉 워터마크 이미지에 대한 DM-SS 확산



〈그림 2〉 워터마크 이미지 삽입과정



〈그림 3〉 워터마크 이미지 추출과정



〈그림 4〉 원 영상과 복원 후 영상간의 시각적인 비교

의 크기로 확산시키기 때문에, 이러한 역 확산 과정은 워터마크 영상의 한 화소가 개인 ID 크기의 절반이상이 영상처리에 의해 에러로 발생되지 않는 한 복원된다. 즉, 워터마크 영상의 한 화소가 에러일 확률이 동일하다고 가정하면, 한 화소가 에러일 확률은 1/2 이 된다.

복호 화상의 화질 판정은 시각적인 측면과 수치적인 측면으로 판정할 수 있다. 시각적인 측면은 원영상과 복원후의 영상간의 차이를 시각적으로 확인하는 것으로써 그림 4와 같은 경우이다.

또한 수치적인 측면으로 객관적인 평가척도로써 S/N비가 자주 사용된다. 이것은 일반적인 전송 S/N비와는 다르다. 아래의 식은 PSNR의 정의식으로 분자 단은 8비트/화소인 화상의 경우에 원화상의 최대 전력 값 255를 갖은 신호를 나타낸다. 분모 단은 잡음을 표현한 식으로 복호 화상과 원화상의 차이를 이용한다[6].

$$PSNR(A, B) = 10 \log_{10} \left[ \frac{A}{B} \right] [dB] \quad (6)$$

여기서,

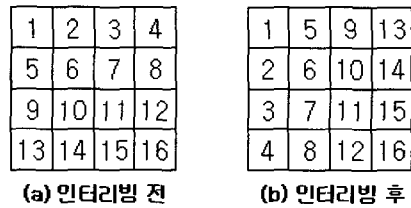
$$A = 255^2$$

$$B = \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} [a(x,y) - b(x,y)]^2$$

위 식에서 분자 단은 8비트/화소인 원화상의 최대 전력 값 255 이고 a는 원영상이고, b는 복원된 영상이다. N과 M은 행과 열의 수이고, (x, y)는 pixel의 조합을 나타내고 있다[7].

## 2.3 인터리빙(Interleaving)

일반적으로 에러정정 코드는 페이딩의 영향을 받아 발생하는 랜덤성 에러를 정정하는데 주로 이용된다. 그러나 페이딩의 영향이 심하거나 Burst성 에러가 발생 할 경우에는 에러 정정 코드만으로 이를 대처하기 쉽지 않다. 따라서 인터리빙은 부호어를 분산시키고 비트와 비트를 서로 독립적으로 배치시켜, 각 비트가 서로 독립적으로 페이딩의 영향을 받도록 하는 것이다[8].

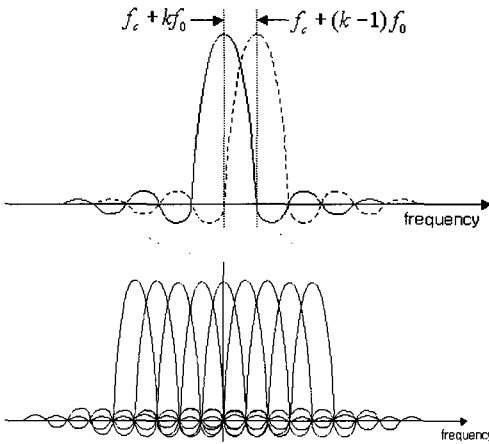


〈그림 5〉 인터리빙 과정

## 3. 시스템 모델

### 3.1 OFDM/QPSK 시스템

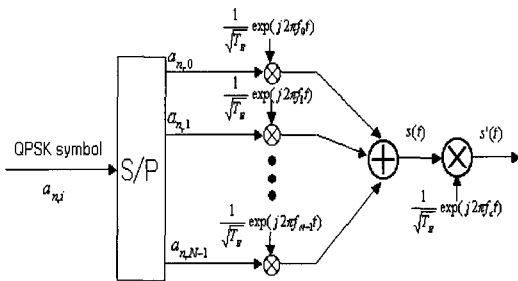
OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)은 일본과 유럽의 지상파 디지털 텔레비전방송 (DTTB : Digital Terrestrial Television Broadcasting) 방식으로 채용된 변조방식으로써 직렬로 입력되는 고속 데이터 열을 다수의 부반송파에 실어 저속의 병렬 채널로 동시에 전송하는 변조기법이다. 그림 6과 같이 각각의 부



〈그림 6〉 OFDM 신호의 전력 스펙트럼

반송파들은 스펙트럼 상에서 직교성을 유지하는 최소 간격으로 중첩을 허용하여 전송한다. 따라서 기존의 단일 반송파였던 기술의 문제점이었던, 멀티패스와 고속 전송에 대한 문제점을 보완한다.

그림 7에서는 OFDM/QPSK 시스템의 송신기 구조를 보인다.  $N$ 개의 직렬 QPSK 데이터 심볼들을  $T=1/f_s$  간격으로 배치한다. 여기서  $f_s$ 와  $T$ 는 각각 직렬 데이터에 대한 심볼율과 심볼구간이다. 이러한 직렬 데이터들은 먼저 직병렬 변환기에 의해 병렬 데이터 형태로 변환된 후에  $N$ 개의 부반송파를 변조시키게 된다. 이렇게 변조한 부반송파들을 모두 더한 후 주 반송파에 의해 원하는 주파수 대역 신호로 변환하여 무선 채널을 통



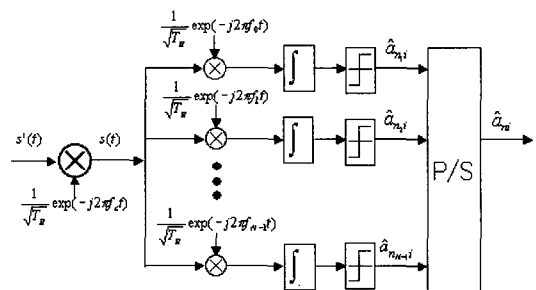
〈그림 7〉 OFDM/QPSK 시스템의 송신기 구조

해 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 4에서 기호  $s'(t)$ 로 표시하였으며 다음과 같은 식으로 나타난다[9,10].

$$s'(t) = s(t)e^{j2\pi f_c t} \quad (7)$$

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 특성을 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 부반송파들의 수신 신호에 왜곡이 생기지 않는다. 그러나 실제 채널의 전파 환경은 다중 경로 성분이 존재하므로 수신단에서 지연된 신호가 합성되는 현상에 의해 직교성이 떨어지므로 부반송파들 간에 간섭현상이 발생해 신호 검파 시에 에러가 발생한다.

그림 8에서는 일반적인 OFDM/QPSK의 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 검파



〈그림 8〉 OFDM/QPSK 시스템의 수신기 구조

된 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 수신 단에서 잡음이 더해지는 것을 고려하면 다음 식으로 쓸 수 있다.

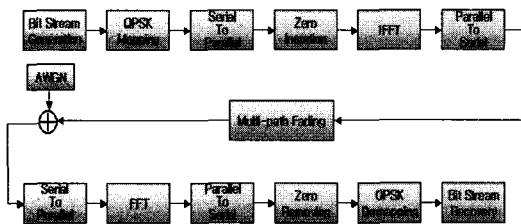
$$r'(t) = s'(t) * h(t) + n(t) \tag{8}$$

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

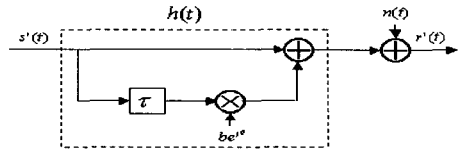
여기서 \*는 컨볼루션 연산을 나타내며  $n(t)$ 는 양측전력스펙트럼 밀도가  $N_0/2$ 인 가우시안잡음이다.

본 논문에서는 무선 전송을 위한 시스템으로 OFDM/QPSK 시스템 모델을 사용하였는데 그림 9에 OFDM/QPSK 시스템의 블록도를 보인다. 이 그림에서 상측 경로는 송신부이고, 하측 경로는 수신부이다[11].

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



〈그림 9〉 OFDM/QPSK 시스템의 수신기 구조



〈그림 10〉 2경로 채널 모델

### 3.2 다중 경로 채널 모델

ITU-R M.1225[12,13]에서는 무선 채널 환경에서 이동 통신 시스템의 성능 평가를 위하여 제시한 파라미터를 보여주고 있다. 이 값은 실측 자료를 근거로 다양한 이동통신 환경을 고려한 것으로써 통신 시스템 구축을 위한 모의실험 파라미터로 사용되고 있다.

표 1에서 제시된 무선 채널 환경은 상대적으로 작은 지연 확산을 가지는 채널이다.

다중경로 페이딩 채널은 그림 10과 같은 two ray 모델로 표현될 수 있다. Two ray 모델은 VHF/UHF 대역의 다중경로 전파 모델로 적당하다고 알려져 있다[14].

### 4. 시스템 시뮬레이션 및 검토

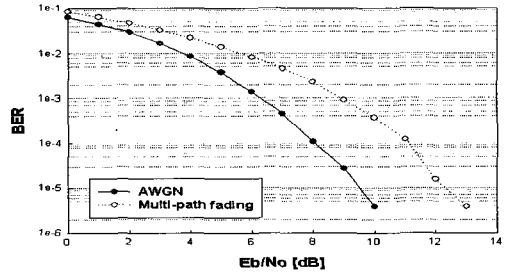
본 논문에서는 다음의 환경에서 실험하였다. 128×128의 그레이스케일 원 영상과 32×32의 이진 위터마크 영상을 사용하였고, 프로그램 툴로써 MATLAB 6.5를 사용하였다. 또한, 본 실험에서는 주파수 영역으로의 변환을 위해서 이산 여현 변환을 사용하였다. 그리고 실험을 통해

〈표 1〉 실내 사무실 환경 TDL파라미터(3km/h)

Tap	ITU-R M.1225(Channel A)		Simulation Parameter
	Delay(ns)	Average Power(dB)	Tap Weight
1	0	0	0.6
2	50	-0.3	0.4

〈표 2〉 시뮬레이션 파라미터

시뮬레이션 파라미터	
원 영상	"lee128.bmp 128×128"
워터마크 영상	"mokwon32.bmp 32×32"
워터마크 확산 기법	DM-SS
워터마크 개선 기법	인터리빙
주파수 변환	DCI
영상전송시스템	OFDM/QPSK+Multipath fading



〈그림 11〉 채널 환경에 따른 OFDM/QPSK의 BER

서 제안한 워터마킹이 강인성과 비가시성을 만족하는지 여부에 중점을 두었다. 따라서, 워터마크를 삽입한 후에 영상의 PSNR을 측정하고, 무선채널에서의 전송 후에 워터마크를 검출할 수 있는지 확인하였다.

표 2는 무선 채널 환경에서 워터마크가 삽입된 OFDM/QPSK 영상전송 시스템 시뮬레이션 구현에 관한 파라미터를 보여주고 있다.

그림 11은 OFDM/QPSK 시스템에서 워터마킹 된 이미지의 채널 환경에 따른 BER 성능을 나타낸 그래프이다.

그림 11에서 알 수 있듯이 다중경로페이딩 환경이 가우시안잡음보다 약 SNR 3dB 정도의 열

화 된 성능을 보임을 알 수 있었다.

표 3은 가우시안잡음과 다중경로페이딩 환경에서 인터리빙을 적용하였을 경우 SNR의 변화에 따른 성능 차이 비교를 위하여 무선 채널 전송후의 원 영상과 복원된 워터마크 이미지를 보여주고 있다. 또한 수치적인 비교를 위하여 BER과 PSNR을 나타내고 있다. 여기서 비가시성을 만족하여 위한  $\alpha$ 계수는 0.1로 하였다.

결과에 따르면 시각적으로 가우시안잡음 환경에서는 약 SNR 7dB 정도에서 추출된 워터마크 이미지가 알아볼 수 있을 정도로 복원되었지만 다중경로페이딩 환경에서는 약 SNR 9dB 정도에서 추출된 워터마크 이미지가 알아 볼 수 있

〈표 3〉 채널 환경에 따른 OFDM/QPSK의 SNR의 변화에 따른 비교 (인터리빙 적용,  $\alpha = 0.1$ )

	SNR	1	3	5	7	9	11	13	15
	A W G N	BER	0.0442	0.0164	0.0038	4.4250e-004	2.6709e-005	0	0
PSNR		14.9566	19.1692	25.3700	33.0428	47.5934	51.3820	51.3820	51.3820
이미지									
다 중 경 로 환 경	BER	0.0634	0.0327	0.0138	0.0046	9.1553e-004	1.2207e-004	3.8147e-006	0
	PSNR	13.7767	16.8984	20.6316	25.8233	33.8864	39.9522	51.3831	51.3820
	이미지								
	워터마크 이미지								
	워터마크 이미지								

<표 4> 인터리빙 적용 유·무에 따른 비교

인터리빙 적용안함			인터리빙 적용		
외부 공격	AWGN 에서의 OFDM/QPSK	다중경로환경에서의 OFDM/QPSK	외부 공격	AWGN 에서의 OFDM/QPSK	다중경로환경에서의 OFDM/QPSK
PSNR	39.0258	29.0883	PSNR	39.0432	29.1927
IMAGE			IMAGE		
워터마크 이미지			워터마크 이미지		
	57.8996	53.3062		58.1476	54.2371
원 영상			워터마크 이미지		

을 정도로 복원되어 약 SNR 2dB 정도의 성능 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 또한 표 4는 같은 SNR에서의 인터리빙 적용 유무에 따른 성능 차이를 보여주고 있다.

결과에 따르면 같은 SNR인 8dB에서 비교하여 보았을 때 원 영상의 PSNR은 큰 차이를 보이지 않았으나 추출된 워터마크 이미지가 인터리빙을 적용하지 않았을 때보다 인터리빙을 적용하였을 때 시각적으로 큰 차이를 보여 인터리빙 적용후의 워터마크 이미지가 더 선명하게 보이는 것을 알 수 있었고, 또한 수치적 표현인 PSNR도 약 1dB 정도의 나은 성능을 보임을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 이미지 데이터의 저작권 보호를 위한 워터마크 삽입 시 워터마크 영상에 DM-SS 확산 기법을 적용하고, DM-SS 방식에서의 Burst성 에러에 강인한 인터리빙 기법을 적용하여 워터마크 복원에 대한 성능 개선을 하였다. 또한 영상에 대한 외부 공격으로는 가우시안잡음과 Mutil-path fading이 고려된 OFDM/ QPSK 전송시스템 시뮬레이터를 이용하여 전송 시 생기는 여러 가지 요인을 고려해본 결과 시각적으로 원 영상뿐만 아니라 워터마크 영상은 각 픽셀의 이진 데이터의 값들이 변하여 추출 시 알아

보기 힘들 정도의 워터마크를 생성하였고, 다중경로 페이딩 환경이 가우시안잡음환경보다 10dB 이상의 열화 된 성능을 보이는 것을 알 수 있었다.

특히 인터리빙 적용 유무에 따른 시뮬레이션 결과 인터리빙을 적용하였을 때, 같은 다중경로 페이딩 환경에서 워터마크 이미지의 PSNR이 54.2371dB로 1dB정도 나은 성능을 보임을 알 수 있었다. 차후 연구에서는 Burst성 에러뿐 만 아니라 랜덤성 에러에 강인한 좀 더 높은 성능을 갖는 기술에 대하여 연구하겠다.

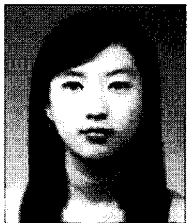
## 참고 문헌

- [1] A. Z. Tirkel, R. G. Schyndel and C. F. Osborne, "A digital watermark," *In Proc. of IEEE ICIP'94*, vol. 2, pp. 86-90, Nov. 1994.
- [2] A. Z. Tirkel, C. F. Osborne and R. G. Schyndel, "Image watermarking - a spread spectrum application," *In Proc. of IEEE ISSSTA'96*, vol. 2, pp. 785-789, Sep. 1996.
- [3] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto and A. Lu, "Techniques for data hiding," *IBM Systems Journal*, vol. 35(3/4), pp. 313-336, 1996.
- [4] I. Pitas, "A method for signature casting on digital images," *In Proc. of IEEE ICIP'96*, vol. 3, pp. 215-218, 1996.
- [5] 박영, 이주신 "저작권 보호를 위한 새로운 DM/SS 이미지 워터마킹 기법", *한국통신학회 논문지 '01-10* vol. 26 pp. 1428-1435, 2001.
- [6] King N. Ngan, Chi W. Yap, and Keng T. Tan, "Video Coding for Wireless Communication Systems," Marcel Dekker, 2001.
- [7] 조송백, 강희조, 김윤호, "CDMA/QPSK 무선 채널 환경에서 인터리빙 기법을 적용한



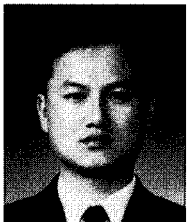
- DM-SS 워터마킹에 대한 성능 개선에 관한 연구”, *한국정보기술학회 하계학술대회*, pp. 49-54, 2004
- [8] 이상근, 방효창 역, “*IMT-2000 CDMA 기술*”, 도서출판 세화, 2001.
- [9] R. Prasad, “*Universal Wireless Personal Communications*,” Artech House Publishers, 1998.
- [10] L. J. Cimini Jr., “Analysis and simulation of a digital mobile channel using orthogonal frequency division multiplexing,” *IEEE Trans. Comm.*, vol. com-33, pp. 665-575, July 1985.
- [11] 원기섭, 노재성, 조성준 “OFDM/16QAM 시스템에서 강건한 워터마크가 삽입된 영상의 전송”, *한국항행학회 논문지* 제 8권 제 1호 pp. 1-9, 2004년 6월.
- [12] Recommendation ITU-M.1225, Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000, 1997.
- [13] ARIB, “Evaluation Methodology for IMT-2000 Radio Transmission Technologies,” Sep. 1998.
- [14] N. A. B. Svensson, “On optimum and suboptimum coherent detection of continuous phase modulation on a two-ray multipath fading channel,” *IEEE Trans. Comm.*, vol. 35, pp. 1041-1049, Oct. 1987.

## ● 저 자 소 개 ●



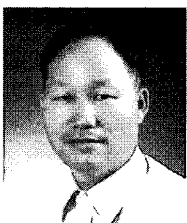
### 서인혜 (Seo In Hye)

2005년 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 졸업 (공학사)  
 2005년 3월 ~ 현재 목원대학교 대학원 IT공학과 석사과정  
 관심분야 : 무선통신, 영상전송시스템, OFDM, 유비쿼터스  
 E-mail : ihseo@mokwon.ac.kr



### 김지웅 (Kim Ji-Woong)

2001년 동신대학교 대학원 전기전자공학과 (공학박사)  
 2001년 ~ 현재 동신대학교 전자공학과 겸임교수  
 2003년 ~ 현재 (주) 휴메이트 H/W 개발부  
 관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, 텔레매틱스, 무선통신시스템, 이동통신  
 E-mail : kjwcomm@korea.com



### 강희조 (Kang Heau Jo)

1994년 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과 (공학박사)  
 1996년 ~ 1997년 오사카대학교 공학부 통신공학과 객원교수  
 1990년 ~ 2003년 2월 동신대학교 전자정보통신공학부 교수  
 2003년 ~ 현재 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 조교수  
 관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, 텔레매틱스, 무선통신, 가시광통신, 이동통신 및 위성통신, 환경전자공학, 무선광통신, RFID, 디지털컨텐츠  
 E-mail : hjkang@mokwon.ac.kr