

OFDM/QPSK 무선 채널 환경에서 RS 부호화 기법을 적용한 DM-SS 워터마킹 성능 개선에 관한 연구

조송백*, 김지웅**, 강희조*

요약

본 논문에서는 이미지 데이터의 저작권 보호를 위해 워터마크 삽입시 워터마크 영상에 DM-SS 기법을 적용하고, DM-SS 방식에서의 Burst성 에러에 강인한 Reed-Solomon 부호화를 적용하여 워터마크 복원에 대한 성능 개선을 하였다. 그리고 영상에 대한 외부 공격으로는 OFDM/ QPSK 전송 시스템을 이용하여 전송 시 생기는 여러 가지 요인을 고려하였다.

A Study on the Performance Improvement of DM-SS Watermarking with RS code in OFDM/QPSK Wireless channel Environment

Song-Back Jo*, Ji-Woong Kim**, Heau-Jo Kang*

Abstract

In this paper, we propose DM-SS technique for copyright protection of image data to insert watermark. And, we improve performance of restoration watermark by Reed-Solomon coding that robust burst error. In here, we consider several factors about external effect of image over OFDM/QPSK transmission system.

Key words : DM-SS Watermarking, RS(Reed-Solomon) coding

1. 서론

최근 인터넷에 멀티미디어 데이터의 디지털화 현상은 멀티미디어 데이터의 편집, 전송 및 저장에 편리함을 제공해 주는 반면, 저작권 분쟁과 무단 복사 등과 같은 문제점들을 발생시킬 수 있다.

또한 통신과 컴퓨터 기술의 비약적인 발전에 따른 인터넷의 급속한 발달과 성장으로 인하여 인터넷상의 멀티미디어 데이터들에 대한 저작권 보호와 인증에 대한 문제점들이 부각되었다. 이에 따라 디지털 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호하기 위한 방법으로 디지털 워터마킹에 관한 연구 또한 활발하게 이루어지고 있으나 아직 완벽한 해결책은 나오지 않고 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 주파수영역에서의 방법으로 나눌 수 있다.

공간영역에 워터마크를 삽입할 경우 일반적인 영상 처리에도 쉽게 지워지며 비트 열이 첨가된 위치를 알고 있으므로 다른 비트열을 대신 넣을 경우 워터마크가 쉽게 바뀐다는 단점을 가지고 있다. 이러한 공간영역의 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 확산된 데이터를 DCT변환을 이용하여 주파수 변환을 한다. 변환된 데이터를 워터마크 영상 복원 시 복원율을 높이기 위해 RS 부호화를 수행하여 원영상에 삽입하였다. 영상에 대한 외부공격으로는 OFDM/ QPSK 전송시 생기는 영향을 고려하였다.

2장에서는 본 논문에서 사용한 워터마킹 기법과 개선 방안에 대하여, 3장에서는 영상에 대한 외부공격으로

* 제일저자(First Author) : 조송백

접수일 : 2004년 10월 24일, 완료일 : 2004년 11월 27일

* Mokwon대학교 대학원 컴퓨터멀티미디어공 학부(석사과정)

kkang100@mokwon.ac.kr

로 사용된 OFDM/QPSK 시스템에 대하여, 4장에서는 시뮬레이션 및 검토, 마지막 결론으로 본 논문의 끝을 맺겠다.

2. 워터마킹 기법

본 논문에서는 워터마크가 삽입될 영상으로 0과 255의 명암도를 가지는 128×128 크기의 그레이스케일을 사용하였다. 삽입될 워터마크는 32×32 크기의 이진 그레이스케일의 심볼을 DM-SS의 확산후 RS부호화를 이용하여 원영상에 삽입하였다.

2.1 DM-SS 방식[5]

I를 $N_1 \times N_2$ 크기의 그레이 레벨인 원 영상이라 하고, W를 $M_1 \times M_2$ 크기의 2진 레벨인 워터마크 영상이라 하면, 이 영상 I와 워터마크 영상 W는 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, L은 각 화소에서 사용되는 비트의 수이다.

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

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. 식 (3)과 (4)는 각각 저작권자의 개인 ID와 부호화된 워터마크 영상 Winsert에 대하여 보여주고 있다.

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

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

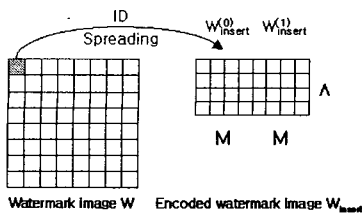


그림 1. 워터마크 이미지에 대한 DM-SS 확산

2.3 RS(Reed-Solomon) 부호화

RS(Reed-Solomon) 부호는 1960년에 I. S. Reed와 G. S. Solomon이 제안한 비 2진 BCH 부호로 오류정정 능력이 우수할 뿐만 아니라 선형블록부호의 일종인 RS부호는 심볼단위로 부호화와 복호화가 이루어진다. 따라서 이 부호는 연립오류를 효과적으로 정정할 수 있다. Reed-Solomon 부호는 2^m 개의 심볼로 이루어지는 유한체 GF(2^m)의 블록 계열이며 전송로상에서 발생한 t 개의 오류를 정정할 수 있는 RS부호의 특성은 다음과 같다[1].

블록길이 : $n = 2^m - 1$ [symbol]

정보의 크기 : k [symbol]

t개의 심볼 에러를 정정할 수 있는 크기 :

$$t = (n - k) / 2 \text{ [symbol]}$$

또는 패리티검사심볼의 크기 : $n - k = 2t$

최소거리 : $d_{min} = 2t + 1$ [symbol]

본 논문에서는 단축화 RS(204, 188)를 사용하였다.

2.3 워터마킹 시스템 구상도

원 영상에 부호화된 워터마크 영상을 삽입하는 과정을 그림 2에 나타내었다. DM-SS확산 기법을 통해 확산된 워터마크 영상은 DCT변환을 이용하여 주파수 변환을 하고 버스트성애러에 대한 강인성을 높이기 위하여 RS부호화를 수행하여 원영상의 주파수 성분에 삽입된다. 또한 그림 3은 워터마크가 삽입된 영상에서 워터마크 이미지를 추출하는 과정을 나타내고 있다. 복호화는 부호화 과정의 역과정으로 수행된다.

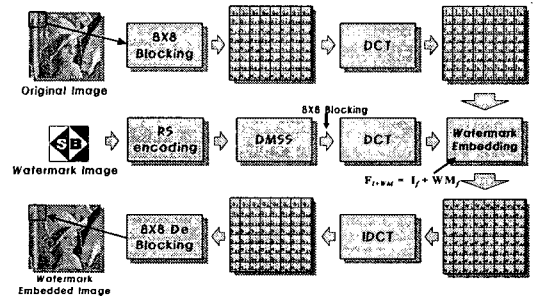


그림 2. 워터마크 이미지 삽입과정

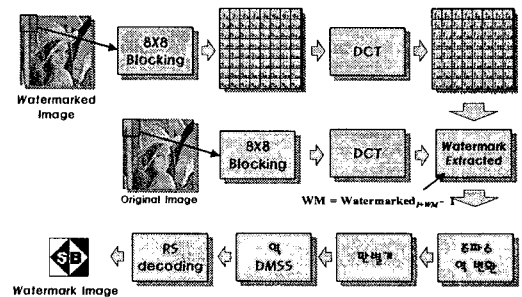


그림 3. 워터마크 이미지 추출과정

복호화된 영상 평가 척도로는 크게 실제 시각적인 면과 수치적 판단으로 나눌 수 있다. 복호 화상의 화질 판정은 쉽지 않다. 최종적으로 사람이 판단해야 하지만, 객관적인 평가척도로서 S/N비가 자주 사용된다. 이것은 일반적인 전송 S/N비와는 다르다. 아래의 식은 PSNR의 정의식으로 분자 단은 8비트/화소인 화상의 경우에 원화상의 최대 전력값 255를 갖는 신호를 나타낸다. 분모 단은 잡음을 표현한 식으로 복호 화상과 원화상의 차이를 이용한다[6].

$$PSNR(a, b) = 10 \log_{10} \left[\frac{255^2}{\frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} [a(x, y) - b(x, y)]^2} \right] \text{ [dB]}$$

위 식에서 a는 원영상이고, b는 복원된 영상이다. (x, y)는 pixel의 조합을 나타내고 있다.

3. 영상 전송시스템 모델

3.1 OFDM/QPSK 시스템

그림 4에서는 OFDM/QPSK 시스템의 송신기 구조를 보인다. N개의 직렬 QPSK 데이터 심볼들을 $T=1/f_s$ 간격으로 배치한다. 여기서 f_s 와 T는 각각 직렬 데이터에 대한 심볼율과 심볼구간이다. 이러한 직렬 데이터들은 먼저 직·병렬 변환 계에 의해 병렬 데이터 형태로 변환된 후에 N개의 부반송파를 변조시키게 된다. 이렇게 변조한 부 반송파들을 모두 더한 후 주 반송파에 의해 원하는 주파수 대역 신호로 변환하여 무선 채널을 통해 전송한다. 이러한 전송신호는 기호 $s(t)$ 로 표시하였으며 다음과 같은 식으로 나타낸다[6],[7].

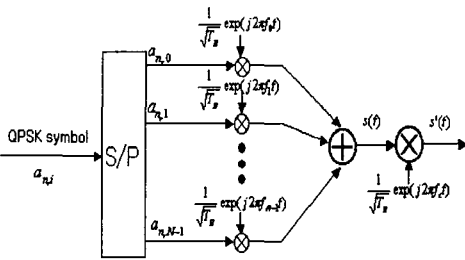


그림 4. OFDM/QPSK 시스템의 송신기 구조

그림 5에서는 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 검파된 심볼들은 병/직렬 변환기에 의해 직렬 데이터로 변환되어 송신된 정보 심볼들로 복원하게 된다. 수신신호에 대한 표현 식은 채널을 통과하고 수신단에서 잡음이 더해지는 것을 고려하면 다음 식으로 쓸

수 있다.

$$r'(t) = s'(t) * h(t) + n(t) = s'(t) + bs'(t-\tau)e^{\beta} + n(t) \quad (6)$$

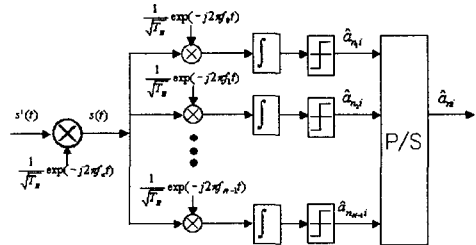


그림 5. OFDM/QPSK 시스템의 수신기 구조

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

본 논문에서는 무선 전송을 위한 시스템으로 OFDM/QPSK 시스템 모델을 사용하였는데 그림 6에 OFDM/QPSK 시스템의 블록도를 보인다. 이 그림에서 상측 경로는 송신부이고, 하측 경로는 수신부이다[6]

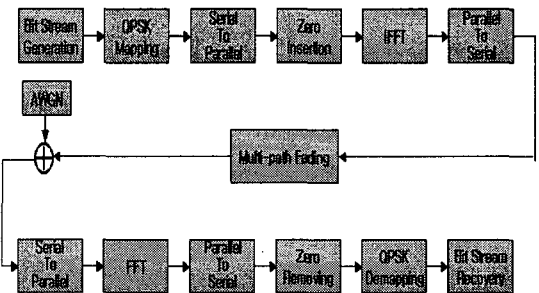


그림 6. OFDM/QPSK 시스템의 수신기 구조

3.2 다중 경로 채널 모델

ITU-R M.1225[7][8]에서는 무선 채널 환경에서 이동통신 시스템의 성능 평가를 위하여 제시한 파라미터 중 실내 사무실 환경에 대해서 보여주고 있다. 이 값은 실제 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.

표 1. 실내 사무실 환경 TDL파라미터(3km/h)

Tap	ITU-R M1225(Channel A)		Simulation Parameter
	Delay(ns)	Average Power(dB)	Tap Weight
1	0	0	0.6
2	50	-0.3	0.4

다중경로 페이딩 채널은 그림 7과 같은 two ray 모델로 표현될 수 있다. Two ray 모델은 VHF/UHF (Very High Frequency/Ultra High Frequency) 대역의 다중경로 전파 모델로 적당하다고 알려져 있다[9].

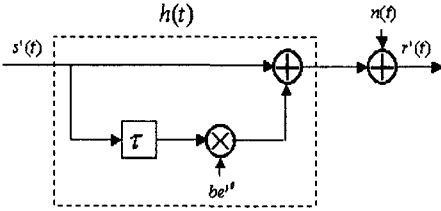


그림 7. Two ray 다중경로 채널 모델

4. 시스템 시뮬레이션 및 검토

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

표 2. 시뮬레이션 파라미터

시뮬레이션 파라미터	
원 영상	"lena128.bmp 128×128 pixel"
워터마크 영상	"sb32.bmp 32×32 pixel"
워터마크 확산 기법	DM-SS
워터마크 개선 기법	RS coding
주파수 변환	DCT
영상전송시스템	OFDM/QPSK+ Multipath fading

그림 8은 OFDM/QPSK 시스템에서 워터마킹 된 이미지의 채널 환경에 따른 BER 성능을 나타낸 그래프이다.

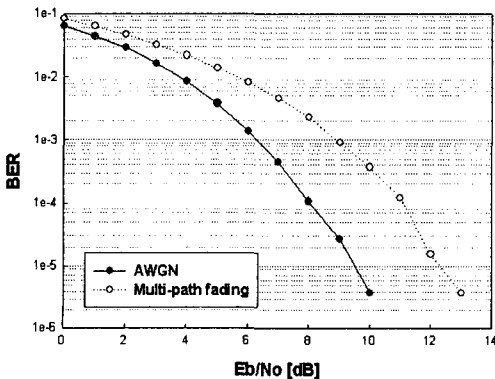


그림 8. 채널 환경에 따른 OFDM/QPSK의 BER

표 3. 채널 환경에 따른 OFDM/QPSK시스템에서 워터마킹된 영상 전송에 따른 결과와 워터마크 추출결과 (SNR=7dB 기준)

	RS coding 비적용	RS coding 적용
PSNR	24.9924	
워터마크가 삽입된 이미지		
워터마크 이미지		
	46.6866	48.5724
원 영상		

표 3은 다중경로 무선 채널환경에서 OFDM/QPSK 시스템에서 워터마킹된 영상 전송에 따른 결과를 SNR 8dB 기준으로 워터마크 삽입시 워터마크 데이터에 RS 부호화를 적용한 경우와 적용하지 않는 경우를 보여주고 있다.

결과에 따르면 워터마크 데이터에 RS부호화를 적용한 경우 적용하지 않았을 때보다 워터마크 복원도가 시각적인 복원률과 PSNR이 높음을 알 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 이미지 데이터의 저작권 보호를 위해 워터마크 삽입 시 워터마크 영상에 DM-SS 기법을 적용하고, DM-SS 방식에서의 Burst성 에러에 강인한 RS coding을 적용하여 워터마크 복원에 대한 성능 개선을 하였다. 그리고 영상에 대한 외부 공격으로는 OFDM/ QPSK 전송 시스템을 이용하여 전송시 생기는 여러 가지 요인을 고려하여 시뮬레이션한 결과, RS coding를 적용한 경우 적용하지 않았을 때 보다 좋은 성능을 보여주고 있다. 차후 연구에서는 연립에러 뿐만 아니라, 랜덤성 에러등 에러에 강인한 기술에 대하여 연구하겠다.

참 고 문 헌

- [1] A. Z. Tirkel, R. G. Schyndel and C. F. Osborne, "Adigital 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 ICIP'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] <http://www.watermarking.net/watermarking/watermarking.htm>
- [6] R. Prasad, Universal Wireless Personal Communications, Artech House Publishers, 1998.
- [7] 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. 665-675

강 희 조



1994년 한국항공대학교 대학원 항공 전자공학과 (공학박사)

1996년 8월~1997년 8월 오사카대학교 공학부 통신공학과 객원교수

1990년 3월~2003년 2월 동신대학교 전자정보통신 공학부 교수

2003년 3월~현재 목원대학교 컴퓨터멀티미디어 공학부 조교수

관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, 텔레매틱스, 무선통신, 가시광통신, 이동통신 및 위성통신, 환경전자공학, 무선광통신, 디지털콘텐츠, RFID 등

조 송 백



2003년 2월 : 동신대학교 전기 전자 공학부 졸업(공학사)

2004년 3월 - 현재 : 목원대학교 대학원 컴퓨터멀티미디어공학부(석사과정)

관심분야 : 멀티미디어통신, 디지털 워터마킹, 영상처리 무선통신시스템, 유비쿼터스

김 지 용



1996년 2월 동신대학교 전자공학과 졸업
1998년 2월 동신대학교 대학원 전기전자공학과 졸업(공학석사)
2001년 2월 동신대학교 대학원 전기전자공학과 졸업(공학박사)

2001년 3월 - 2003년 12월 도립담양대학 초고속정보통신공학부겸임교수

2003년 7월 - 현재 (주) 휴메이트 H/W 개발부

관심분야 : 멀티미디어 통신, 유비쿼터스, 텔레매틱스, 무선통신시스템, 이동통신, 환경전자공학