

# 무선 이미지 전송에서 가변확산부호를 적용한 Digital Watermarking 기법

조복은, \*노계성, 조성준  
한국항공대학교 대학원 정보통신공학과, \*서일대학 정보통신과  
전화 : 02-3158-1518 / 핸드폰 : 017-205-2559

## Digital Watermarking Scheme Adopting Variable Spreading Sequence in Wireless Image Transmission

Bog-Un Cho, \*Jae-Sung Roh, Sung-Joon Cho  
Dept. of Inform. & Telecom. Eng., Graduate School of Hankuk Aviation University  
\*Dept. of Inform. & Comm. Eng., Seoil College  
E-mail : storm@mail.hangkong.ac.kr

### Abstract

In this paper, we propose the efficient digital watermarking scheme to transmit effectively the compressed medical image that embedded with watermarking data in mobile Internet access channel. The wireless channel error based on multiple access interference (MAI) is closely related to the length of spreading sequence in CDMA system. Also, the fixed length coded medical image with watermark bit stream can be classified by significance of source image. In the simulation, we compare the peak signal to noise ratio (PSNR) performance when the watermarked image with a simple symbol and when the watermarked image with a text file is transmitted using variable length of spreading sequences in case of limited length of spread sequence.

### I. 서론

최근 인터넷과 네트워크 등을 통한 멀티미디어의 공급이 대량화되면서 다양한 멀티미디어 정보를 손쉽게 구하고 제작할 수 있게 되었으며, 이러한 멀티미디어 정보를 무분별하게 복제하여 사용하고 있어서 디지털 정보를 보호하기 위한 방법들이 필요하게 되었다.

이에 따라 디지털 영상 정보 또한 저작권보호 등을 위한 방법이 다양하게 제시되고 있다 [1]. 디지털 워터마킹(Digital watermarking)에 대한 연구는 인터넷을 통한 정보 유통에 절대적으로 필요한 저작권보호 솔루션으로 인식되고 있으며 표준화된 저작권 정보의 확립과 함께 디지털 정보의 유통 질서를 위해서 반드시 필요한 기술로 인정받고 있다. 이러한 디지털 워터마킹의 필요성은 병원간의 데이터베이스의 교환에 있어서 환자의 진료비 부담을 줄이기 위한 효과적인 전송 시스템에서도 요구되고 있다. 병원간의 정보 교환은 환자정보, 바이오시그널(Biosignal), 문서, 의학영상과 같은 중요한 정보를 포함하게 된다. 이러한 정보를 인터넷과 같은 미디어를 통해 따로 따로 분리하여 전송하게 된다면, 인가 받지 않은 사람의 정보 접근, 전송시간의 증가, 과도한 비용 초래 등과 같은 문제가 발생하게 될 것이다 [2].

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 워터마크 기술과 접목하여 중요한 환자의 정보를 암호화하고 디지털 워터마크로 삽입하여 병원간 효율적인 전송과 불필요한 저장 공간을 줄일 수 있는 방법을 제안한다.

### II. 고정길이 압축기법

이동통신과 같은 많은 비트수의 에러가 발생하는 환경에서 자주 사용되는 DCT(Discrete Cosine Transform) 기반의 FLC(Fixed length Coding)는 일정한 압축율을

보장하면서 재동기 마커가 요구되지 않는 장점을 가진다. 하나의 영상은 8x8 서브 블록들로 먼저 분할된다. 그런 후 서브 블록들은 DCT 변환되고 변환된 계수들은 양자화 테이블로 양자화된다. 양자화된 DCT 계수들 중에서 거의 모든 고주파수 계수들은 '0'이거나 매우 작은 값이 되므로 그들에게 비트를 할당할 필요는 없다 [3]. 따라서 본 논문에서는 그림 1과 같은 비트 할당 맵을 이용하여 각각의 계수에 차등적으로 비트를 할당한다.

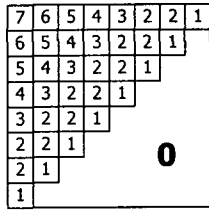


그림 1. 영상 압축을 위한 비트 할당 맵

이러한 FLC를 이용하여 간단한 X-ray 영상을 압축한 경우를 그림 2에 나타내었는데 압축한 영상의 PSNR은 36.38 dB를 나타내었다. PSNR은 다음과 같이 나타낸다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2}{\frac{1}{L_x L_y} \sum_{x=0}^{L_x-1} \sum_{y=0}^{L_y-1} (S_{x,y} - S'_{x,y})^2} \right) \quad (1)$$

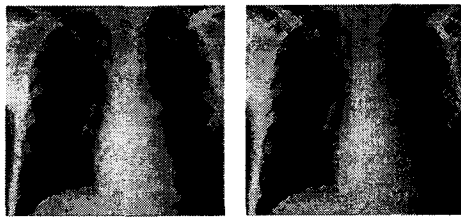


그림 2. FLC를 이용한 압축전(a)과 후(b)

### III. 디지털 워터마크 데이터 처리

본 연구에서 워터마크가 삽입될 영상으로 0과 255의 명암도를 가지는 256x256 크기의 비트맵 그레이스케일을 사용하였고, 삽입될 워터마크 데이터는 64x64 크기의 2진 비트맵 심볼 이미지와 데이터 크기가 비슷한 텍스트 파일을 사용하였다. 이 두 데이터는 동일한 알고리즘을 사용하여 암호화하였다. 심볼의 경우 랜덤하게 위치를 재배치하여 새로운 이미지를 만들어 내었다. 이렇게 재배치되는 순서를 워터마크 키로도 사용할 수 있을 것이다 [4]. 그림 3에 워터마크를 랜덤하게 재배치한 그림을 보인다.

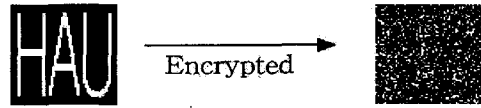


그림 3. 64x64 크기의 2진 비트맵 암호화

텍스트 파일의 경우 8비트 ASCII 코드로 바꾸고 이를 다시 1비트씩 나누어 그 위치를 재배치하였다. 워터마크 데이터로 텍스트를 사용하였을 경우 전송중에 단 하나의 비트에 에러가 발생하게 되어도 그 의미가 달라지게 되는 문제가 발생하게 된다. 이를 보완하기 위해서 텍스트를 워터마크로 된 영상에 삽입하기 전에 텍스트 워터마크 보호를 위해 구속장이 4이고 부호화율이 2/3인 컨볼루션 부호를 사용하여 삽입된 워터마크에 에러가 발생하여도 이를 정정할 수 있도록 하였다 [5]. 그림 4는 8비트 ASCII 코드를 암호화하여 얻은 결과를 나타낸다.

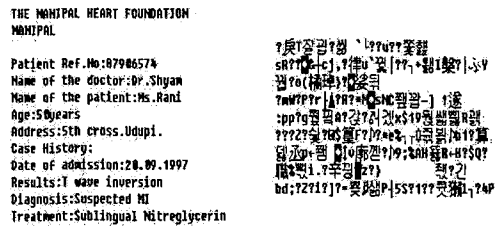


그림 4. 8비트 ASCII 코드를 암호화하여 얻은 결과

## IV. CDMA 무선채널에서 가변확산부호 할당 방식을 이용한 디지털 워터마크

### 4.1 CDMA 시스템 모델

CDMA 시스템의 블록도를 그림 5에 나타낸다. 송신기에서는 먼저 전송신호를 BPSK 변조하고 확산한다. 그런 후 다른 사용자들의 신호와 더해지는데 다른 사용자의 데이터가 전송신호의 칩 구간에서 접속될 수 있도록 확산 신호를 오버샘플한다.

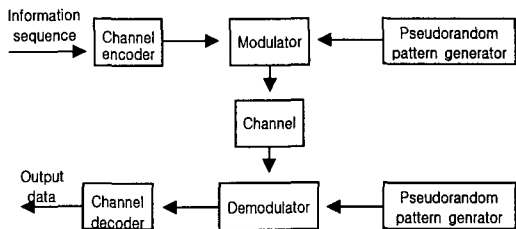


그림 5. CDMA 시스템의 블록도

오버샘플된 임의의 구간에서 접속된 다른 사용자의 신호와 전송신호는 더해지고 위상 지연을 가지는 반송파 신호와 곱해져서 전송된다. 수신기에서는 수신된 신호를 검파하고 나서 다운샘플과 역확산 과정을 거쳐 BPSK 복조한다. AWGN이 부가된 복조 신호는 판정기를 거쳐 수신 데이터로 간주된다. 그림 6은 전체 시스템 블록도를 보이고 있다.

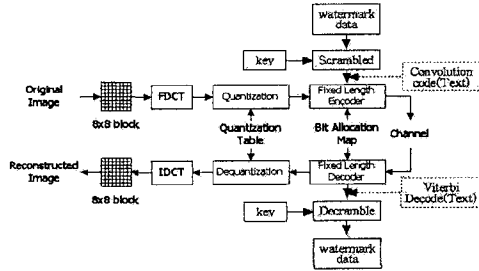


그림 6. 전체 시스템 블록도

FLC를 이용하는 압축은 양자화된 DCT 계수를 고정된 비트수로 표현하는 방법이다. 따라서 각각의 비트를 중요도에 따라 분류하는 것이 가능하다. 본 논문에서는 영상의 객관적인 화질 평가 기준으로 많이 사용하는 PSNR을 기준으로 중요도를 분류한다.

각 비트의 중요도를 얻기 위해 각각의 서브 블록의 같은 위치에 고의적으로 에러를 발생시켜 그림 7과 같은 그래프를 얻어 낼 수 있었다.

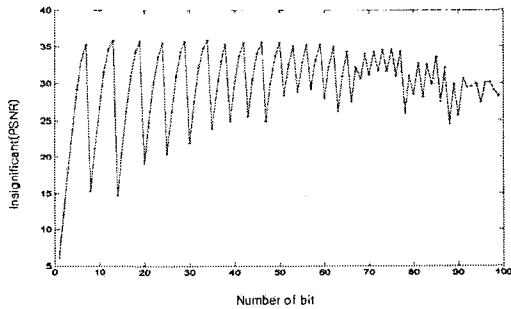


그림 7. 각각의 비트에 에러를 발생시켰을 경우의 PSNR의 변화

이렇게 얻어진 PSNR을 바탕으로 중요도가 가장 낮은 비트를 선택할 수 있다. 이러한 그래프는 다른 영상에서도 최대 PSNR은 다르지만 그 중요도 분포는 같음을 알 수 있었다. 워터마크 데이터와 원 영상의 크기를 고려하여 원 영상의 중요도가 가장 낮다고 판정되는 8x8 서브 블록의 99개 비트열 중에서 13, 19, 29, 34번째 비트를 선택하여 워터마크 데이터로 교체하였다. 이와 같은 방법으로 나머지 서브 블록에 대해

서도 같은 작업을 행해주면 전체 워터마크를 삽입할 수 있다. 이렇게 워터마크가 삽입된 영상의 PSNR 차이는 약 1 dB로써 약간의 열화만이 있었을 뿐이었다. 그림 8은 압축후의 영상과 압축후 워터마크가 삽입된 그림을 보인다.

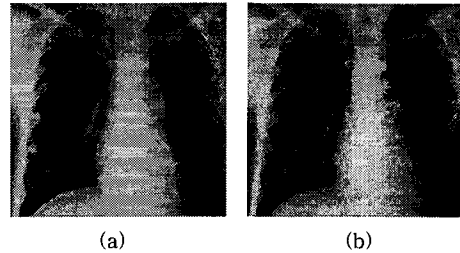


그림 8. FLC 압축후의 원영상(PSNR=36.38dB)(a)와 압축 후 워터마크 데이터를 삽입한 영상(PSNR=35.31dB) (b)

#### 4.2 확산부호 할당 기법

확산 부호의 길이는 에러율과 밀접한 관계가 있다. 따라서 긴 확산 부호가 할당되는 비트는 MAI에 보다 강인하다. 반대로 짧은 확산 부호가 할당되는 비트는 그 만큼 에러에 취약하게 된다. 그러나 에러가 미치는 영향이 중요도에 따라 큰 화질 차이를 보이는 영상 전송 시스템의 경우 덜 중요한 비트들이 화질에 미치는 영향은 그리 크지 않기 때문에 고정길이의 확산 부호를 사용하는 것보다는 전체적인 길이는 동일하면서 중요도에 따라 확산 부호를 가변적으로 사용하는 방법이 보다 효율적이다. 가변 길이의 확산 부호를 지정하기 위해서는 먼저 몇 개의 중요한 비트에 얼마나 긴 확산 부호를 사용해야 하는지 결정해야 한다. 본 연구에서는 중요한 비트에 고정 길이 확산 부호의 2배 길이를 할당하고 덜 중요한 비트에는 1/2배를 할당하는 방법을 사용한다. 위와 같은 방법으로  $E_b/N_0=10$  dB, 확산부호 길이를 중요비트  $2N=128$ , 덜 중요한 비트  $N/2=32$ 와  $N=64$ 일 때의 실험 결과 15개 비트에 2배 길이의 확산 부호를 할당하고 30비트에 1/2배 길이로 확산 할 때 가장 PSNR이 높다는 것을 보였다 [6].

이렇게 분류된 중요도를 토대로 하여 워터마크로 간단한 심볼이 삽입된 경우와 텍스트가 삽입된 경우로 나누어 확산부호 할당방법을 달리한다.

##### (1) 심볼을 삽입한 워터마크영상의 확산부호 할당

먼저 워터마크로 심볼이 삽입된 경우에는 채널전송 중 에러가 발생하여도 심볼을 인식하는 데에는 어려움이 없음을 알 수 있었다. 그래서 심볼이 삽입된 경우는 영상의 중요한 15개 비트에 긴 확산 부호를 할당하고 워터마크가 삽입된 덜 중요한 비트에는 짧은 확산 부호

를 할당한다. 그림 9는 심볼 워터마크의 다중 사용자 간섭과 AWGN 채널에서의 결과를 보이고 있다.



(a)k=2 (b)k=5 (c)k=8 (d)k=11 (e)k=14 (f)k=17 (g)k=20  
그림 9. 무선채널 전송후 추출한 심볼 워터마크,  
k = 다중사용자 수

그림 10은 심볼이 삽입된 영상을 가변확산부호에 의해 확산하여 전송할 때의 PSNR과 고정길이확산방식으로 전송했을 때의 PSNR을 보이고 있다.

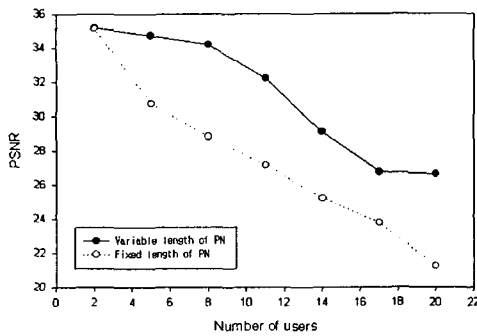


그림 10. 심볼이 삽입된 경우의 다중 사용자에 대한 워터마크된 영상의 PSNR

(2) 텍스트를 삽입한 워터마크영상의 확산부호 할당

그림 11은 텍스트가 삽입된 영상을 가변부호확산방식으로 확산한때의 다중사용자에 대한 PSNR과 고정길이확산방식에 대한 PSNR을 보이고 있다. 워터마크로 텍스트가 삽입된 경우에는 앞에서 언급하였듯이 채널전송 중 에러가 발생하게 되면 텍스트가 가지고 있는 의미가 달라지게 된다. 그래서 호스트 영상의 중요한 11개 비트에 긴 확산 부호를 할당하고 워터마크가 삽입된 덜 중요한 4개 비트도 중요한 비트로 취급하여 긴

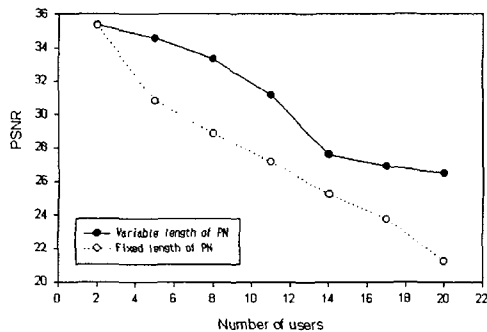


그림 11. 텍스트가 삽입된 경우의 다중 사용자에 대한 워터마크된 영상의 PSNR.

확산 부호를 할당한다. 시뮬레이션 결과 에러 정정 기능이 있는 컨볼루션 코딩을 텍스트에 적용하고 고정길이 확산부호 방식으로 전송하였을 때 추출된 텍스트에는 에러가 발생하였지만, 가변길이 확산부호 방식을 사용하였을 때에는 텍스트에 전혀 에러가 발생하지 않음을 확인 할 수 있었다.

## V. 결론

본 논문은 AWGN과 다중 사용자 간섭을 고려한 CDMA 시스템에서의 정지 영상에 대한 효과적인 워터마크 삽입방법과 효율적인 전송 방법을 제안하였다. FLC로 압축된 정지 영상의 경우 비트 할당 맵을 이용하여 고정된 비트 수를 양자화된 DCT 계수에 적용시킴으로써 복원 영상에서 전파되는 에러를 국한시킬 수 있었다. 그리고 CDMA 무선채널에서 원 영상을 압축하고 일부의 데이터를 워터마크가 삽입된 비트열로 대체하여 전송하였을 경우, 무선채널에서 발생하는 에러에 견고하도록 하기 위해 압축된 비트열을 중요도에 따라 분류하여 중요한 비트는 긴 확산 부호를 할당하고 덜 중요한 비트는 짧은 확산 부호를 할당하는 방법을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 기존 CDMA 시스템에서 적용시킬 수 있도록 시스템 자체를 크게 변화시키지 않고 워터마크가 삽입된 영상을 전송하는 경우에 적용하여 우수한 PSNR을 얻을 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] 원치선, "디지털 영상의 저작권 보호," 정보과학회지 제15권 제12호, pp. 22-27, 1997.12.
- [2] A. U. Rajendra, D. Anand, B. P. Subbanna, and U. C. Niranjan, "Compact storage of medical images with patient information," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 5, No. 4 pp. 320-323, Dec. 2001.
- [3] J. S. Lim, *Two-Dimensional Signal and Image Processing*, Prentice Hall, pp. 694, 1990.
- [4] G. S. Gulstad and K. Bruvold, "An adaptive digital image watermarking technique for copyright protection," <http://www.engineering.ucsb.edu/~bruvold/ece178/report/team6report.html#>, 2000
- [5] J. G. Proakis and M. Salehi, *Contemporary Communication Systems using MATLAB*, Brooks/Cole Thomson Learning, pp. 373-385, 2000.
- [6] 최은석, "무선 DS/CDMA 채널에서 효율적인 정지 영상 전송에 관한 연구," 한국항공대학교 대학원, 공학석사 학위논문, 2002. 2.