論文2000-37SP-1-2

관심영역을 이용한 DCT기반 워터마킹 기법

(DCT Based Watermarking Technique Using Region of Interest)

申 宰 旭 *, 鄭 東 錫 **

(Jae-Wook Shin and Dong-Seok Jeong)

요 약

영상에서 관심영역을 추출하여 그 부분에만 워터마크 정보를 넣는다. 관심영역은 영상의 복잡도를 나타내는 방법중의 하나인 PIM(picture information measure)을 변형하여 사용한다. 이렇게 추출된 영역에 대하여 DCT(discrete cosine transform)를 이용하여 주파수 공간으로 신호를 변형시킨 후, DCT 계수 값들의 성질인 방향성 정보와 주파수 특성을 이용하여 워터마크 정보를 넣는다. 기존에 제안된 방법의 단점은 영상의 특징을 사용하지 않고 영상의 전 부분에 걸쳐 워터마크 정보를 넣었기 때문에 영상의 왜곡이 심하다. 제안된 방법은 영상의 특징을 이용하기 때문에 영상의 왜곡을 줄일 수 있었다. 그리고 영상의 재표본화(resampling), 잡음과 같은 신호처리에 의한 변화에도 강인함을 보여준다. 또한 블록에 기반 하여 워터마크를 집어넣기 때문에 JPEG이나 MPEG과 같은 영상의 압축에도 강인한 성질을 갖는 것을 확인 할 수 있었다.

Abstract

The proposed method inserts a watermark information not into a whole image region but only into regions of interest(ROIs). To extract the ROIs, we divide an original image into sub-blocks and use modified Shi-Kuo Chang's PIM(picture information measure) as the criteria to select the ROIs. Considering the directional information and frequency bands, we insert the watermark information into sub-blocks in the DCT domain. The proposed method can reduce the distortion in comparison with the other methods which utilize the whole image as an ROI. The proposed method makes much less damaged images in comparison to the other methods. And those images processed by the proposed algorithm are more robust to the changes caused by signal processing operations such as resampling, clipping, noise, and so on. Also due to the block-based watermark insertion, the proposed method has the robustness to the image compression processes such as JPEG and MPEG.

I. 서 론

지난 몇 년 동안 디지털화 된 정보의 사용이 폭발적으로 증가되어 왔다. 특히 인터넷과 웹(web or world wide web)의 발달은 멀티미디어 정보의 증가를 더욱 가중시키고 있다.

전자문서, 음성 신호, 오디오 신호, 정지영상, 동영상 등과 같은 멀티미디어 데이터는 아날로그 데이터-문서나 서류, 사진, 그림 등-에 비해 많은 편리한 특징을 가지고 있다. 우선 많은 양의 정보를 보관하거나 옮기기가 쉽다. 또한 원본과의 질적인 차이가 없이 조작이나 복사가 간단하다. 하지만 이러한 장점들이 디지털 정보를 만들거나 판매하는 사람에게는 새로운 문제점으로 나타나고 있다. 디지털 정보의 경우도 기존의 아

* 正會員, (株)韓國컴퓨터 技術 硏究所
(Dept. of Development, Korea Computer Inc)
** 正會員, 仁荷大學校 電子工學科
(Dept. of Electronic Engineering, Inha University)
接受日字 : 1999年5月26日, 수정완료일 : 1999年12月7日

날로그 데이터의 경우와 같이 저작권 보호법에 의해서 법률로 보호되고 있지만 저작권 보호법이 모든 것을 해결해 주는 것은 아니다[1,2]. 이러한 이유로 많은 디지털 데이터를 보호하는 방법들이 필요하게 되었다.

디지털 워터마킹(watermarking), 혹은 데이터 하이딩(hiding)은 이러한 방법들 중 하나이다[3,4]. 본 논문에서는 새로운 디지털 워터마킹 방법을 제안한다. Ⅱ장에서는 디지털 워터마킹의 정의와 디지털 워터마킹의 성질 그리고 응용분야에 대해서 설명한다. Ⅲ장에서는 디지털 워터마킹 방법들에 대해서 설명한다. Ⅳ장에서는 기존의 연구방법을 설명하고 Ⅴ장에서는 본 논문에서 제안한 방법에 대한 이론을 설명하고, Ⅵ장에서는 실험결과를 보여 준다. 끝으로 Ⅶ장에서는 결론을 맺는다.

Ⅱ. 디지털 워터마킹

워터마크(watermark)의 사전적 의미는 '①물이 흔들릴 때 밝게 빛나는 부분, ②종이나 서류에 투명한 표시를 하여 빛에 밝게 비추어 보면 나타나는 무늬, 문양'이다[5]. 이와 같이 돈이나 서류에 진품임을 나타내기 위해 젖어있는 상태에서 그림을 인쇄하고 이를 말린 다음 양면 인쇄를 하여 그림을 넣는 기술을 워터마크라 한다. 이러한 기술을 디지털 데이터의 저작권 보호를 위해 적용한 것을 디지털 워터마킹이라 한다. 그리고 여기에 들어가는 정보가 워터마크이다. 일반적으로 사용하는 디지털 워터마킹은 저작권(copyright)의 보호나 인증(authentication)을 위한 표시를 디지털 데이터에 넣는 것이다. 또 다른 용도로는 디지털 데이터 안에 그 정보를 설명하는 내용(caption)을 넣어두는 것도 있다[3].

이러한 디지털 데이터를 보호하는 방법으로는 디지털 워터마킹뿐만 아니라 암호화하는 방법이 있다. 암호화 방법의 경우 웹과 같은 곳에서는 암호화 된 것에 직접 접근할 수 없기 때문에 멀티미디어 데이터를 보거나 들을 수 없다. 또한 암호화된 디지털 데이터를 해독하면, 보통의 디지털 데이터와 같이 계속 복사하거나 편집해서 사용할 수 있다. 이처럼 디지털 워터마킹은 암호화하는 방법과는 다른 특징을 가지고 있다.

1. 디지털 워터마킹의 성질

디지털 워터마킹은 다음과 같은 성질을 만족해야 한다[1,3,4].

첫째, 감지할 수 없어야 한다. 디지털 워터마킹은 원래의 데이터 안에 사용자의 고유 번호나, 암호화된 코드를 넣는 방법이므로 원 데이터에 변형을 일으킬 수 있다. 그 변형된 정보는 워터마킹으로서의 가치가 없어지고, 원래의 데이터가 손상되기 때문에 원래의 데이터 그 자체로써의 가치도 줄어들게 된다. 따라서, 이러한 워터마크 데이터는 눈으로 보거나 귀로 들었을 때 우리가 느낄 수 없어야 한다.

둘째, 여러 가지 신호처리에 의한 변화들에 대해 강인(robust)해야 한다. 워터마킹된 영상에 불법복사를 하거나 워터마크 데이터를 지우려는 시도가 있을 수 있다. 또한 통신상의 에러에 의해 데이터가 변형이 될 수 있다. 그리고 축소, 확대, 회전 그리고 압축 등에도 워터마크의 변형이 적어야 한다.

셋째, 다른 워터마킹 방법과도 같이 사용될 수 있어야 한다. 디지털 워터마킹이 된 영상에 다른 사람이 새로운 방법으로 워터마크를 넣을 수 있다. 이러한 경우 기존의 워터마크가 사라질 수 있다. 그리고 한가지 데이터에 여러 사람이 사용하도록 여러 번 워터마크 정보를 넣을 수 있다. 이러한 경우에도 각각의 워터마크 정보가 서로에게 영향을 주지 않고 공존할 수 있어야 한다.

넷째, 확장성이 있어야 한다. 기존의 디지털 워터마크 시스템이 완벽하다고 해도 미래에도 그러하리라는 보장을 할 수는 없다. 그러므로 현재의 방법이 미래의 방법과 호환성을 가지고 있어야 하고 디지털 워터마킹을 부호화(encoding) 하거나 복호화(decoding) 하는데 드는 비용을 생각해야 한다. 이는 상업적인 시스템을 만드는데 있어서 중요한 문제이다.

2. 응용분야

디지털 워터마킹은 여러 분야에서 사용 될 수 있다. 우선 전자문서의 경우 종이로 된 문서보다 위조가 쉽기 때문에 위조를 방지하기 위해서 사용이 된다. 오디오나 음성 신호와 같은 경우, 음반의 불법 복사를 방지할 수 있다. 또한 라디오 방송과 같은 경우 상업광고를 하는 광고주가 언제 그리고 얼마나 오래 광고를 하는지 등을 알 수 있다. 영상에서는 그 응용이 더욱 다양하다. 인터넷과 같이 데이터를 접근할 수 있는 곳에서도 디지털 워터마킹을 사용할 수 있다. 중요한 영상의 경우 워터마킹을 해두면 그 영상을 누가 복사를 했는지, 어디에서 복사를 했는지도 알 수가 있다. 그러므로 저작권을 표시한 사진이 인터넷을 통해 불법 유통되는

것을 막을 수 있다. 그리고 DVD(digital versatile disk)와 같은 경우에는 NEC와 IBM Japan에서 디지털 워터마킹을 표준화하여 사용하기로 결정했다[8].

Ⅲ. 영상에 대한 디지털 워터마킹

영상의 디지털 워터마킹 방법은 사람의 시각 특성(HVS-human visual system)을 이용하여 디지털 워터마킹 시스템을 발전시켜 왔다. 다음은 여러 가지 워터마킹 시스템들이다.

1. 눈에 보이는 워터마킹 시스템

말 그대로 워터마크 정보를 눈으로 볼 수 있는 시스템이다. 이는 영상에 회사의 로고나 상표를 넣는 방법이다. 이것은 영상을 복사하였을 때 복사된 영상에도 로고나 상표가 같이 복사된다. IBM에서 하고 있는 바티칸 도서관의 디지털 도서관 구축 프로젝트에서도 눈에 보이는 워터마킹 시스템이 사용되고 있다[7].

그러나 이 시스템의 가장 큰 단점은 원본 데이터에 많은 왜곡이 생겨 원래의 데이터 속성을 잃어버리게 되는 것이다.

2. 눈에 보이지 않는 워터마킹 시스템

이 방법은 일반적인 워터마킹 시스템을 일컫는다. 영상의 경우는 공간상의 신호이든 주파수상에서의 신호이든 그 신호에 워터마크 정보를 넣어 그것을 눈에 보이지 않게 하는 방법이다.

1) 공간 영역 코딩[10]

공간상에서 사용하는 방법은 워터마킹 시스템의 초기에서부터 사용되어오던 방법이다. 이 방법들은 쉽고 간단하다.

첫째, LSB(least significant bit) 방법은 영상의 LSB 값을 모두 0으로 만든 뒤 원하는 이진 데이터나 아니면 이진 영상을 넣는다. 이 방법은 여러 가지 신호처리에 의한 변형이나 잡음에 워터마크의 변화가 심하게 일어난다. 이러한 변형을 없애기 위해 프렉탈(fractal) 압축방법의 원리나 난수 발생 방법 등을 사용한다.

둘째, 패치워크(patchwork) 방법은 지워지지 않는 워터마크를 영상에 넣는 저작권 보호를 위한 시스템이다. 이 방법은 JPEG와 같은 압축과 다른 여러 가지 방법에 강한 워터마킹 기법이다.

셋째, 텍스쳐 매핑(texture mapping) 방법은 임의(random)의 텍스쳐 영역을 이용하여 비슷한 영역의 한 곳에서 다른 한곳으로 영상을 복사하는 방법이다. 이 방법에서 워터마크가 들어간 영역은 신호의 자기 상호관계 함수(autocorrelation)를 이용하여 계산한다.

넷째, Affine Invariance 방법이 있다. 모든 디지털 워터마킹 방법이 여러 가지 신호처리에 대해서 잘 견디기는 어렵기 때문에 한가지 특정한 신호처리 혹은 변형(transform)에 대한 저항성을 갖고 있는 방법을 제공하는 것이 affine invariance 방법이다. 이 방법은 영상의 축소, 확대 그리고 회전과 같은 affine 변환에 특히 강인함을 보여 준다.

하지만 이 방법들은 여러 가지 신호처리에 워터마크 정보가 살아남지 못하는 단점이 있다.

2) 주파수 영역 코딩

여기서 사용하는 변환에는 DFT(discrete Fourier transform)와 DCT, 그리고 DWT(discrete wavelet transform)의 다양한 방법들이 있고, 각각은 조금씩 다른 특징들을 갖는다[9,11,12].

첫째, 주파수 대역 확산(frequency spread spectrum) 방법은 현재까지 알려진 가장 일반적인 방법이고, 강력한 디지털 워터마킹 방법이다. 이 방법은 원래 통신 시스템에서 사용되던 방식으로 주파수 대역에 정보를 넣는 방법이다. 여기에 들어가는 워터마크 정보는 의사 난수 수열(pseudo random sequence)을 사용한다. 이 방법은 다른 사람들에게 감지되지 않는 장점을 가지고 있다. 왜냐하면 원래의 데이터에 들어가는 워터마크 정보가 낮은 에너지를 가지고 있고, 넓은 대역에 걸쳐서 분포하기 때문이다. 그리고 여기서 사용하는 의사 난수 수열을 알기 위해서는 키(key)를 알고 있어야 하기 때문에 그것을 모르면 그 수열을 구할 수 없다는 장점이 있다.

둘째, 주파수 도약(frequency hopping) 방법 또한 통신 시스템에서 사용하던 방법으로 주로 군사용으로 사용하던 방식이다. 이 방법은 주파수 변환을 한 신호에 워터마크가 들어갈 위치를 계속 바꾸어 가며 사용한다.

Ⅳ. 기존의 연구 방법

기존에 제안되어온 방법은 영상 전체를 DFT나 DCT를 사용하여 공간상의 영상 정보를 주파수 영역으로 변환 한 후 영상의 중간 주파수 대역에 워터마크 정보를 넣는다[13]. 이러한 방법의 단점은 영상의 부분적인 특성을 고려하지 않았다는 것이다. 따라서 영상의 복잡

한 부분과 단순한 부분 모두에 워터마크 정보가 균일하게 들어간다. 그러므로 영상의 단순한 부분에서는 왜곡이 일어날 가능성이 크다. 그리고 영상이 잘려진 경우에는 워터마크 정보를 찾기가 쉽지 않다.

V. 제안된 방법

본 논문에서는 이러한 기존 방법들의 단점을 극복하기 위하여 전체 영상을 작은 블록으로 나눈 후 각각의 블록을 관심영역과 비 관심영역으로 나누어 관심영역에 대해서만 방향성 정보와 주파수대역의 특성을 이용하여 워터마크 정보를 넣는다.

1. 관심영역(ROI - region of interest) 추출

N×N 크기의 영상을 8×8 크기의 작은 블록들로 나눈다. 영상을 8×8로 나누는 이유는 영상 압축의 표준인 JPEG(joint picture expert group)과 MPEG(moving picture expert group)에서 사용되는 방법으로 영상의 압축에서도 강인한 워터마킹 성질을 나타내기 위해서이다. 각각 8×8로 나누어진 영역을 PIM(picture information measure)을 적용하여 영상의 복잡도를 계산한다. PIM은 *Shi-Kuo Chang*이 제안한 영상의 복잡도를 표현하는 한가지 방법이다[14,15]. PIM은 아래 식 (1)과 같이 정의된다.

$$PIM(f) = \sum_{i=0}^{L-1} h(i) - \underset{i}{Max}\,[h(i)] \qquad (1)$$

$f(=f(x, y))$: PIM을 계산 하고자 하는 원래 영상(또는 블록)

i : 영상의 밝기(gray level) 값, $0 \le i \le L-1$

L : 양자화 단계 수(또는 gray level 단계)

$h(i)$: gray level이 i인 pixel의 빈도수

PIM은 전체 픽셀(pixel) 수와 히스토그램의 최대 값과의 차이로 정의 할 수 있다. 예를 들어 $PIM(f) = 0$ 이면 영상은 한가지 밝기 값만 갖는다. 즉 단순한 영상이라 할 수 있다. 그와 반대로 여러 가지 밝기 값이 존재하여 상대적으로 작은 $\underset{i}{Max}\,[h(i)]$ 값을 가지면 $PIM(f)$가 매우 큰 값을 가지게 되는데 이러한 영상을 복잡한 영상이라 할 수 있다. $PIM(f)$의 위와 같은 성질을 이용하여 영상의 복잡도를 계산한다.

위에서 구한 $PIM(f)$값들을 크기 순서대로 정렬(sorting) 한 후 그 정렬된 값의 중간(median) 값을 구하여, 그 중간 값보다 큰 값을 영상의 복잡한 영역의 임계값으로 사용한다.

2. 워터마크 삽입(casting)

제안하는 알고리듬에서는 위에서 추출된 영역에 대해서만 워터마크 정보를 넣는다. 워터마크 정보를 식 (2)라 정의하면 아래와 같다.

$$\boldsymbol{P} = \{x_1, x_2, \cdots, x_M\} \qquad (2)$$

P는 길이가 M인 의사 난수 수열을 사용한다. 여기서 사용하는 워터마크 정보는 기존에 사용하던 이진 의사 난수 수열을 사용하지 않고, 가우시안 분포를 갖는 의사 난수 수열을 사용한다. 왜냐하면 워터마크 정보를 넣은 영상에 다시 새로운 워터마크를 넣었을 경우 이진수를 사용하는 워터마크는 검출을 할 수 없게 된다.

위에서 만들어진 의사 난수 수열 코드에 대하여 관심영역을 2차원 DCT를 하여 공간상의 정보를 주파수 대역으로 바꾼다. 우리가 일반적으로 사용하고 있는 DCT는 영상을 압축하기에 좋은 특성이 있다. 이는 영상에서 중요한 에너지 정보를 한곳으로 모아주는 특징이 있다. 가장 이상적인 변환은 Karhunen-Loève 변환이지만 이는 고속 알고리듬이 없기 때문에 이와 가장 비슷하며 고속 알고리듬을 가지고 있는 DCT를 사용한다. DCT를 한 영상은 공간상의 정보와 구별되는 몇 가지 특징을 가지고 있다.

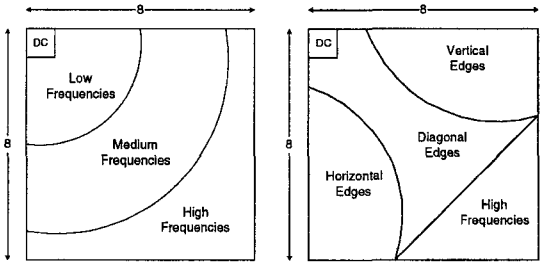


그림 1. 2차원 DCT계수의 (a) 주파수 대역 분포와 (b) 방향성 정보의 분포

Fig. 1. Distribution of 2-D DCT coefficients according to (a) frequency band (b) directional information.

우선 주파수 대역별로 보면 그림 1.(a)와 같이 DC(direct current) 계수 값에서부터 시작하여 반대편 대각선으로 가면서 저주파 정보에서 고주파 정보로 분포되어 있다. 그리고 방향성 정보, 또는 방향성 에너지의 분포를 보면 그림 1.(b)와 같이 왼쪽의 수직 방향으로 분포하는 에너지는 공간상에서 수평 성분의 에너지를 나타내고 오른쪽 위의 수평 방향으로 분포하는 에너지는 공간상에서 수직 성분의 에너지 분포를 그리고 대각선의 정보는 공간상에서의 대각선 방향의 정보를 나타낸다[16]. 이와 같은 DCT 계수의 주파수 대역 분포와 방향성 성질은 워터마크 정보를 넣는데 매우 중요하게 이용된다.

위에서 $PIM(f)$를 이용하여 관심영역으로 선택된 8×8 블록의 영상을 DCT를 이용하여 주파수 공간으로 변화시킨 DCT 계수 값들을 zigzag 부호화를 통하여 1차원 정보로 표현하면 식 (3)과 같다. 그리고 식 (3)은 그림 2와 같이 표현 할 수 있다[17].

$$\boldsymbol{T} = \{t_1, t_2, \cdots t_{64}\} \tag{3}$$

식 (3), 즉 1차원 정보로 만들어진 신호에 워터마크를 넣는다.

1	2	6	7	15	16	28	29
3	5	8	14	17	27	30	43
4	9	13	18	26	31	42	44
10	12	19	25	32	41	45	54
11	20	24	33	40	46	53	55
21	23	34	39	47	52	56	61
22	35	38	48	51	57	60	62
36	37	49	50	58	59	63	64

그림 2. 워터마크가 들어가도록 선택된 계수의 위치
Fig. 2. The chosen coefficients for watermarking insertion.

워터마크 정보를 넣는 방법은 매우 다양하다. 워터마크를 넣는 식은 아래와 같이 표현 할 수 있다.

$$t_i' = t_i + \alpha x_i \tag{4.a}$$

$$t_i' = t_i(1 + \alpha x_i) \tag{4.b}$$

$$t_i' = t_i(e^{\alpha x_i}) \tag{4.c}$$

여기서 t_i는 DCT 계수값이고, α는 0에서 1사이의 범위를 갖는 임의의 상수, 그리고 x_i는 워터마크 정보이다. 식 (4)를 보면 식 (4.a)는 역변환이 가능한 식이다. 그런데 식 (4.b)와 (4.c)는 ti≠0 일 경우에만 역변환이 가능하다. 그러나 식 (4.a)의 경우 입력되는 워터마크 값의 변화율이 제한된다. 예를 들어 $t_i = 10^6$이고 100이라는 값이 더해지면 여기서 더해지는 값은 무시된다. 반대의 경우 $t_i = 10$이고 더해지는 값이 100이면 원래의 데이터는 매우 왜곡이 된다. 그러므로 식 (4.a)를 사용할 때에는 주의가 필요하다. 이에 반해서 나머지 두 식은 워터마크의 입력 범위가 매우 크다.

우리는 첫 번째 식 (4.a)를 변형하여 식 (5)를 만들어 사용한다[13]. 그 이유는 DCT를 했을 때 그 계수들의 값이 0이 될 확률이 있기 때문이다. 그리고 변형한 식은 워터마크의 변화율을 증가시킬 수 있다.

$$t_{ij}' = t_{ij} + \alpha |t_{ij}| x_{(i+j\times 7)} \tag{5}$$

여기서 j는 선택된 블록의 번호를, i는 블록 내에서의 위치를 나타낸다. 그리고 x는 M개를 발생시킨 수열 P에 대하여 t'_{ij}에 대해 $x_{(i+j\times 7)}$의 순서로 뽑아내어 사용한다. 식 (5)를 이용하여 워터마크가 들어간 식은 식 (6)과 같다.

$$\boldsymbol{T}_j' = \{t_{1j}, \cdots t'_{4j}, t_{5j}, t'_{6j}, t'_{7j} \cdots t_{64j}\} \tag{6}$$

식 (6)과 그림 2에서 보는 바와 같이 계수들 중 4, 6, 7, 8, 9, 10, 13번째 계수 자리에 값을 넣는다. 위에서 선택된 계수 위치들은 그림 1에서 보았듯이 DCT의 방향성 정보와 주파수 대역 특성을 이용하여 결정하였다. 여기에서 중간 주파수 부분에 워터마크를 넣는 이유는 고주파 성분에 워터마크를 넣으면 워터마크된 영상의 화질 열화(degradation)는 줄일 수 있지만, 영상의 압축과 같은 변형에 대하여 워터마크의 많은 손실이 있다. 그러므로 워터마크된 영상 화질의 열화와 워터마크의 강인성 사이의 조화를 이루어 결정한다.

3. 워터마크 검출

워터마크가 들어간 영상은 일반적인 신호처리에 의해서 변형이 일어날 수 있다. 워터마크가 삽입된 후에

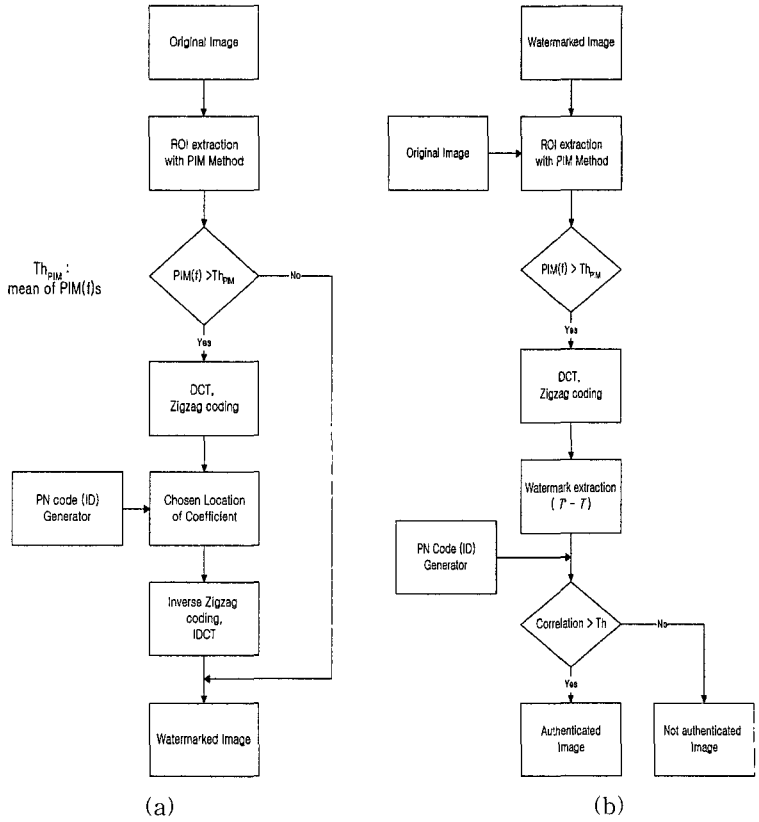


그림 3. 워터마크 시스템의 블록 다이어그램 (a) 워터마크 부호화 (b) 워터마크 복호화
Fig. 3. Block diagram of watermarking system (a) watermark (b) decoding.

변형이 일어난 신호를 T^*라 하면 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$T^* = \{ t_1^*, t_2^*, \cdots t_{64}^* \} \tag{7}$$

위의 식 (7)에서 우리가 넣은 워터마크를 찾는 방법은 상호관계함수(correlation function)를 구하여 그들의 값과 워터마크의 임계값을 비교하여 워터마크를 찾아내는 것이다. 상호관계함수는 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$S = \frac{1}{M}(T^* - T) \cdot P \tag{8}$$

여기에서 M은 워터마크 정보 P의 길이며 T^*, T, P는 벡터이다. 식 (8)은 워터마크가 들어간 후 변형이 일어난 식 (7)과 원 영상에 DCT를 취한 후 zigzag 부호화를 한 식 (3)과의 차이값과 워터마크 값 P와의 상호관계함수(또는 벡터의 내적)를 이용하여 계산한다. 이렇게 계산되어진 상호관계함수 값이 우리가 원하는 워터마크인지를 판단하는 것은 식 (9)와 같다.

$$\textit{Threshold} = \frac{\beta}{M}(P \cdot P) \tag{9}$$

식 (9)는 워터마크 신호의 상호관계함수의 값을 구한 다음 그 값의 정규화(normalization)된 값을 이용하여 임계값으로 사용한다. β는 실험으로 얻어지는 상수이며 $P \cdot P$는 벡터의 내적을 나타낸다.

그림 3은 지금까지 설명한 워터마킹 방법 블록 다이어그램으로 보여준다.

VI. 실험 결과

실험에 사용한 영상은 256×256의 크기를 갖는 lena 영상이다. 밝기 값은 256단계이고, 흑백(gray) 영상이다. 그림 4는 원본 영상을 보여주고 있다.

그림 4. 실험에 사용된 원본 영상
Fig. 4. Orignal image used in experiments.

1. 관심영역 추출

256×256 크기의 영상을 8×8의 크기를 갖는 영상으로 나눈다. 나누어진 영상에 대해서 PIM을 이용하여 영상의 복잡도를 계산한다. 여기에서 사용하는 PIM방법은 계산 속도의 향상과 작은 부분에서 영상의 복잡도를 나타내기 위해 영상의 밝기 값을 256단계에서 32단계로 낮춘다. 영상의 밝기 값을 32단계로 낮추어 사용하여도 사람의 눈으로 영상의 복잡한 영역과 단순한 영역을 구분하는데는 별 차이가 없다. 그리고 32단계의 밝기를 갖는 영상에 대해서 각 블록의 PIM 값을 구한다.

그림 5. 선택된 관심영역 블록들
Fig. 5. Selected interesting blocks.

각 블록의 PIM 값을 정렬하여 그 값의 중간 값을 복잡한 영역과 단순한 영역의 임계값으로 사용한다. 결과 영상은 그림 5와 같다. 그림 5에서 보이는 바와 같이 옆의 기둥 부분과 머리 부분 그리고 얼굴 등 중요한 부분은 PIM을 통하여 관심영역으로 판단할 수 있다.

2. 워터마크 삽입

위에서 추출된 관심영역에 대하여 식 (5)를 이용하여 워터마크를 넣는다.

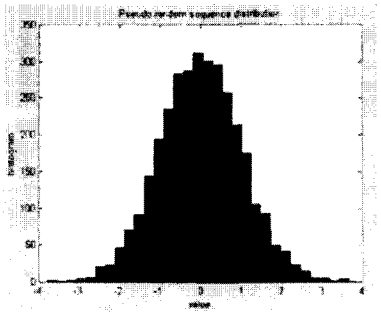


그림 6. 의사 난수 수열의 분포
Fig. 6. Pseudo random sequence distribution.

여기서 $\alpha = 0.2$로 하고 가우시안 분포를 갖는 의사 난수 수열을 이용한다. 여기서 P의 길이 M은 위에서 PIM으로 추출된 영역에 7을 곱하여 계산된 값을 사용한다. 그림 6에서 보는 바와 같이 우리가 사용한 워터마크 신호 P는 가우시안 분포를 가지고있다. 워터마크를 넣은 영상을 다시 역 zigzag 부호화를 한 후 역 DCT를 취하여 공간상의 영상으로 바꾼다.

한편, 앞 절의 식 (5)를 이용하여 워터마크를 넣을 때 후처리가 필요하다. 영상의 경우는 0부터 255까지의 밝기 값을 가질 수 있다. 하지만 원래의 영상의 밝기 값에 잡음 성분 P를 더하였기 때문에 영상의 값이 0보다 작거나 255보다 커질 수 있다. 그러한 경우에 대하여 값의 보정이 필요하다.

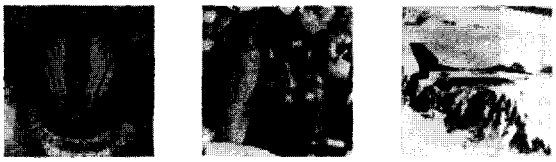
그림 7은 원 영상인 그림 4에 워터마크를 넣은 영상이다.

그림 7. 워터마크가 들어간 영상
Fig. 7. Watermarked image.

3. 워터마킹 된 영상의 화질 비교

다음은 제안된 방법이 기존의 방법보다 어느 정도

화질이 개선되었는지를 보여 준다. 화질의 개선 정도는 PSNR(peak-to-peak signal-to-noise ratio)을 사용하였다. 이 실험에서는 lena 영상 이외에 그림 8의 영상들에도 적용 실험하였다.



(a) (b) (c)

그림 8. PSNR 비교에 사용된 영상들
Fig. 8. Image used for PSNR comparison.

표 1은 여러 가지 영상에 대해 제안된 방법을 적용한 예와 Piva의 방법을 적용한 예에서의 PSNR 값을 보여 준다.

표 1. Piva의 방법과 제안된 방법의 PSNR 비교
Table 1. Comparison of PSNR values : Piva versus proposed method.

	PSNR(dB)	
	Piva	proposed
lena	38.8792	41.1230
baboon	32.1632	42.1837
peppers	35.5003	42.1837
airplane	38.4866	39.4189

표에서 보이는 바와 같이 관심영역을 추출하여 그 부분에만 워터마크 정보를 넣으면 화질의 열화를 줄일 수 있음을 확인할 수 있다. 여기서 비교한 Piva[13]의 방법은 Cox[4]의 방법을 개선한 것이다.

4. 워터마크 검출

위에서 워터마크가 들어간 영상에 대하여 그림 3.(b)와 같이 워터마크 정보를 추출한다. 즉, 원 영상을 이용하여 관심영역을 추출한 후 그 내용을 기반으로 워터마크가 들어간 영상에 대하여 관심영역을 정하고, 관심영역에 대하여 DCT를 취한다. 워터마크가 들어간 영상의 DCT 계수 값과 원 영상의 DCT 계수 값과의 차이를 구하여 변형된 워터마크 정보를 추출 해 낸다. 추출된 워터마크 정보와 원 워터마크 정보에 대해 식 (8)을 이용하여 두 정보의 유사도를 판별한다.

여기서 $\beta = 3$을 사용하고, M은 P 수열의 길이 값을 사용하여 임계값을 구하고 유사도 값이 임계값보다 크면 우리는 그 영상을 우리가 만든 영상이라고 판별한다. 아래의 모든 실험은 P와 길이가 같고 성질이 같은 가우시안 분포의 의사 난수 수열을 발생시킨다. 그 수열을 P_i^*라 정의하고 식 (10)에 적용한다.

$$S = \frac{1}{M}(T^* - T) \cdot P_i^* \qquad (10)$$

for $1 \le i \le 1000$, $P_{100}^* = P$

P_{100}^* : P (원 워터마크 신호)

이렇게 적용하여 100번째 신호는 워터마크를 넣고 나머지 999개의 다른 신호들과 비교하여 워터마크 정보를 찾아낸다. 그림 9는 워터마크 정보를 넣은 영상의 워터마크 검출 결과를 보여 준다.

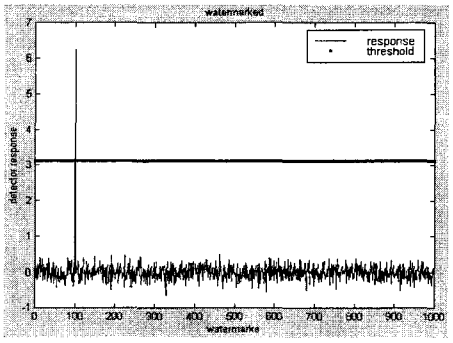


그림 9. 그림 7의 워터마크 검출 결과
Fig. 9. Watermark detector response with figure 7.

5. 강인성의 실험

강인성에 대한 실험은 재표본화, 압축, 잡음, 그리고 여러 번 워터마크를 넣었을 때이다. 다음에 나오는 그림은 워터마크에 대한 강인성을 보여준다.

첫 번째 실험은 영상에 대한 신호처리 방법 중의 하나인 재표본화의 실험 결과를 보여준다. 그림 10에서는 영상의 크기를 반으로 줄인 그림을 확대하여 원본영상과 같은 크기로 나타내었다. 그림 11은 그림 10으로부터의 워터마크 정보 검출 결과를 보여준다.

두 번째 실험은 제안한 방법이 JPEG과 같은 영상 압축에 대해서도 강인한 성질을 가지고 있음을 보여준다. 그림 12는 90%의 압축을 한 JPEG 영상으로 압축

을 많이 하여 영상에 블록 효과가 나타났다. 그림 13은 그림 12로부터 JPEG으로 압축한 영상에서 워터마크 정보 검출 결과를 보여 준다.

그림 10. 워터마킹을 한 후 재표본화한 영상
Fig. 10. The resampling image after watermarking.

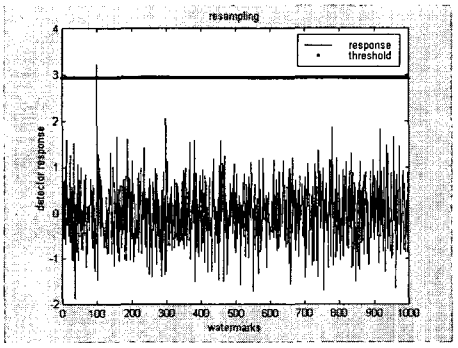


그림 11. 그림 10의 워터마크 검출 결과
Fig. 11. Watermarking detector response with Fig. 10.

그림 12. 워터마킹 된 영상에 JPEG 90%로 압축한 영상
Fig. 12. JPEG Copy of the watermarked image with compression ratio of 90%.

세 번째 실험의 그림 14와 15는 전체 영상에 30%의 가우시안 잡음이 들어갔을 때의 영상과 워터마크 검출 결과를 보여 준다. 이와 같은 경우는 영상의 전송이나 아날로그에서 디지털로의 변환 혹은 디지털에서 아날로그로의 신호 변환 시 발생될 수 있는 결과로, 가우시안 잡음이 심하게 들어간 경우에도 워터마크 정보를 검출 할 수 있음을 보여 준다.

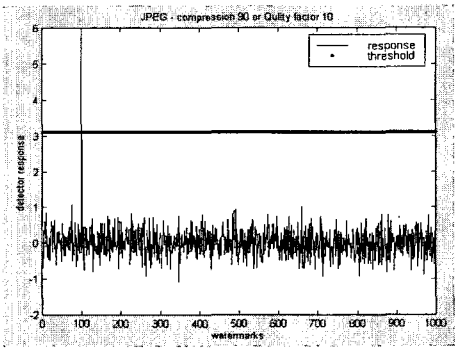


그림 13. 그림 12의 워터마크 검출 결과
Fig. 13. Watermark detector response with Fig. 12.

그림 14. 워터마킹을 한 후 30%의 가우시안 잡음을 넣은 영상
Fig. 14. The 30% Gaussian noise added image after watermarking.

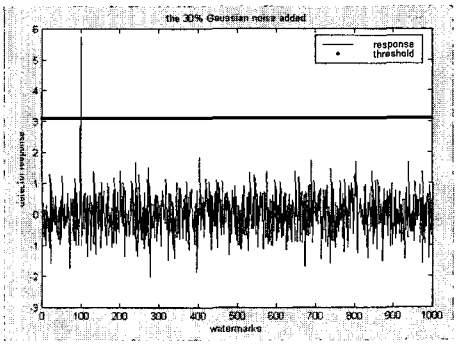


그림 15. 그림 14의 워터마크 검출 결과
Fig. 15. Watermark detector response with Fig. 14.

끝으로 하나의 워터마크가 들어간 영상에 다시 여러 번의 워터마크를 더했을 경우에 대한 실험이다. 그림 16과 17은 4개의 워터마크를 넣은 영상과 각각의 신호를 모두 검출한 결과를 보여 준다. 하지만 워터마크 정보가 4개 이상 들어간 신호는 원래 영상의 화질을 많이 열화 시킨다.

그림 16. 4개의 워터마크가 들어간 영상
Fig. 16. A watermarked image with 4 watermarks inserted.

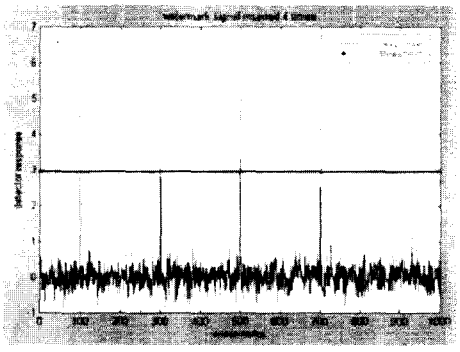


그림 17. 그림 16의 워터마크 검출 결과
Fig. 17. Watermark detector response with Fig. 16.

이와 같이 여러 가지 신호처리에 대해서 높은 검출 결과를 보여주는 이유는 영상을 8×8 블록으로 나누고, 압축에 대비하여 중간 주파수 부분에 워터마크 정보를 집어넣었기 때문이다. 그래서 JPEG이나 MPEG과 같은 압축에도 강인한 성질은 갖는다. 그리고 주파수 영역에서 중간 주파수 부분에 워터마크가 들어가 있기 때문에 공간상의 영상에는 영상 전체에 워터마크가 들어가게 된다. 그러므로 잡음이 들어간 영상뿐만 아니라 영상의 재표본화에서도 강인한 성질을 갖는다. 또한 이진 의사 난수 수열을 사용하지 않고 가우시안 잡음을 이용한 수열을 사용하여 여러 번 워터마크가 들어가도 모두 검출 할 수 있는 결과를 얻을 수 있었다.

Ⅶ. 결 론

본 논문에서는 관심영역을 추출하여 그 영역에만 워터마크 정보를 넣는 새로운 워터마킹 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 영상을 8×8의 블록들로 나누고 나누어진 블록들의 복잡도를 계산하여 워터마크를 넣을 관심영역을 추출한다. 그리고 선택된 영역에 대하여 DCT를 사용하여 주파수 공간으로 변환을 한 후 방향성 정보와 주파수 정보를 이용하여 DCT 계수에 워터마크를 넣을 위치를 정하여 우리가 원하는 워터마크 정보를 넣는다.

제안한 방법은 기존의 방법보다 화질의 열화를 줄이며 워터마크 정보를 넣을 수 있다. 이는 인간의 시각 특성상 복잡한 영역에 대해서는 영상의 변화에 둔감하기 때문이다. 또한 영상을 블록으로 나누어 처리하기 때문에 JPEG이나 MPEG과 같은 표준 영상 압축 방법에도 강인함을 보인다. 그리고 일반적인 신호처리의 변형인 영상의 압축, 재표본화, 가우시안 잡음 등에도 강인함을 가지고 있다. 또한 여러 번 워터마크가 들어간 영상에 대해서도 각각의 워터마크를 찾을 수 있다.

본 논문에서 실험에 사용한 영상은 흑백의 영상을 사용하였지만 칼라 영상에 대해서도 밝기 성분과 색차 성분으로 나누어 실험을 하면 같은 결과가 나올 것으로 예상할 수 있다.

추후 연구 과제로는 동영상에서 워터마킹을 사용할 수 있도록 원 영상 없이 워터마크를 찾는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Mei Kobayashi, "Digital Watermarking: Historical Reports," Research Report, RT0199, IBM Japan, April 22, 1997.

[2] Fumitada Takahashi, "Special Report - Digital Watermark Safeguards Multimedia Copyright," Nikkei Electronics Asia, May 1997.

[3] Norishige Morimoto, "Techniques for Data Hiding in Audio Files," MIT Master Thesis, June 1995.

[4] I. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T.

Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," Technical Report, 95-10, NEC Research Institute, 1995.

[5] *The American Heritage Dictionary*, 3rd Edition, Dell Publishing, 1994.

[6] Mike May, "Invisible Watermarks," American Scientist, Vol. 85, pp. 124-125, March-April 1997.

[7] "IBM Digital Library," http : //www.software.ibm.com/is/dig-lib/vatican/manuscript.html

[8] http : //www.pathfinder.com/money/lastest/press/BU/1998Jul15/828.html

[9] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto, and A. Lu, "Techniques for Data Hiding," IBM System Journal, Vol. 35, pp. 313-336, 1996.

[10] "The Data Hiding Homepage," http : //nif.www.media.mit.edu/DataHiding/index.html

[11] Jian Zhao, and Eckhard Koch, "Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling," Proc. of IEEE Workshop on Nonlinear Signal Processing, Greece, 1995.

[12] Matthew Holliman, Nsair Memon, B. l. Yeo, and Minerva Yeung, "Adaptive Public Watermarking of DCT-based Compressed Images," Proceeding of SPIE Storage and Retrieval or Image and Video Database VI, Vol. 3312, pp. 284-295, 1998.

[13] A. Piva, M. Barni, F. Bartolini, and V. Cappellini, "DCT-based Watermark Recovering without Resorting to the Uncorrupted Original Image," Proc. of the 1997 IEEE Int. Conf. on Image Processing, Vol. III, pp. 520-523, 1997.

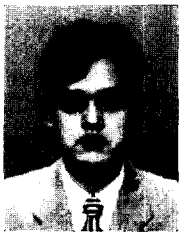
[14] Shi-Kuo Chang, *Principles of Pictorial Information Systems* Design, Prentice Hall, pp. 61-81, 1989.

[15] Tae-Hee Kim and Dong-Seok Jeong, "Image indexing method using entropy measures with multilevel-multiresolution approach," SPIE, Storage and Retrieval Image and Video Database VI, vol. 3312 pp. 383-391, 1998.

[16] K. R. Rao, and J. J. Hwang, *Techniques and Standards for Image/Video and Audio Coding*, Prentice Hall, 1996

[17] Jae-Wook Shin, Dong-Seok Jeong, "A New Watermarking Method Using Entropy-Based Region Segmentation," SPIE, Multimedia Systems and Applications, vol. 3528, pp. 531-538, 1998.

저 자 소 개



申 宰 旭(正會員)

1993년~1997년 인하대학교 전자공학과 학사. 1997년~1999년 인하대학교 전자공학과 석사. 1999년 인하대학교 전자공학과 박사과정, 1999년 9월 (주) 한국컴퓨터 기술연구소 연구원, 주관심분야는 영상압축, 멀티미디어 신호처리, 디지털 워터마크

鄭 東 錫(正會員)

1977년 서울대학교 공과대학 전기공학과 학사. 1983년 미국 Virginia 주립공과대학 전자공학과 석사. 1988년 미국 Virgina 주립공과대학 전자공학과 공학박사. 1998년 인하대학교 전자공학과 정교수. 주관심분야는 영상처리, 컴퓨터비젼, 멀티미디어 신호처리