JPEG 압축데이터를 이용한 리버서블 워터마킹

Reversible Watermarking Using JPEG Compression Data

최학남*, 김종원**, 최종욱***
Xue Nan Cui*, Jong Weon Kim**, Jong Uk Choi***

Abstract - 기존에 연구되어온 리버서블 워터마킹 기법은 주로 군사영상이나 의료영상에 초점을 맞추어 개발 되어왔다. 본 논문에서 제안한 리버서블 워터마킹 기법은 일반사용자를 위한 서비스에도 사용가능하다. 즉 서비스 제공업자가 돈을 지불한 사람에게는 워터마크 추출기를 제공하여 좋은 화질의 영상을 사용할 수 있게 하고 돈을 지불하지 않은 사람에게는 워터마크가 삽입되어져 있는 저화질의 영상을 제공하는 것이다. 인터넷상에서는 JPEG 압축형태로 영상들이 많이 유통된다. 본 논문에서는 JPEG 압축데이터에 워터마크를 삽입하여 리버서블 워터마크를 수행한다. 사용된 알고리즘은 삽입영역을 선정하여 Shift기법을 이용하여 워터마크를 삽입하고 추출하였다. 실험결과 256*256 lena 영상을 QF 10-99사이에서 1600-2900 비트가 삽입되었고 워터마크 검출 및 복원은 완벽하게 되었다.

Key Words : reversible, watermarking, JPEG, Shift

1. 서 론

컴퓨터 성능이 비약적으로 발전하고 인터넷 환경이 급속도로 발전함에 따라 인터넷상에서의 상거래가 활발하게 진행되고 있다. 반면에 인터넷상에서의 상거래를 저해하는 각종 불법 활동들도 끊이질 않고 빈번히 발생한다. 불법활동중 가장 문제를 일으키는 것이 바로 저작권침해 문제이다. 저작권자들이 저작권침해를 많이 받음으로 하여 그들의 새로운 창작활동을 하는데 크게 영향을 주고 있다. 이러한 저작권자들의 권리를 보호해주기 위해서 많은 저작권보호 기술들이 개발되고 있다. 그 기술들로 워터마킹이나 핑거프린킹 등 기술이 있다. 워터마킹 기술은 저작권자의 정보를 콘텐츠에 삽입하여 저작권을 보호하는 기술이고 핑거프린팅은 사용자의 정보를 콘텐츠에 삽입하여 불법사용을 추적하기 위한 기술이다. 본 논문에서 연구하고자 하는 리버서 워터마킹은 원본영상을 복원 가능하게 하는 워터마킹 기술이다.

기존의 리버서블 워터마킹 기술은 군사용 영상이나 의료영상과 같은 민감한 영상을 위하여 많이 개발되었다. 본 논문에서는 리버서블 워터마킹 기법을 일반인을 위한 서비스를 제공하도록 하기 위하여 개발 된 알고리즘이다[3][5].

현재 인터넷 상에서 사용되는 대부분의 영상은 JPEG 압축상태의 영상이다. JPEG 압축을 하게 되면 영상의 화질을 보존하는 동시에 영상의 크기가 BMP보다 10분의 1 정도의 차이가 나게 된다. 때문에 이러한 압축데이터에 워터마크를 삽입하는 것은 그리 쉽지만은 않다. JPEG 압축과정을 살펴보게 되면 양자화한 다음 지그재그 스캔하고 허프만 코딩을 하는 데서는 무손실 처리를 하게 된다. 허프만 코딩한 데이터가 실제 압축된 JPEG사이즈를 결정하게 된다. JPEG 압축 처리 과정에서 이러한 무손실 압축 과정이 존재하기 때문에 리버서블 워터마킹이 가능하다. 본 논문에서는 양자화 한 데이터에 리버서블 워터마킹 기법을 적용하여 워터마크가 삽입된 영상을 얻는다. 리버서블 워터마킹 알고리즘은 양자화 테이블에 의해 처리된 영상의 일정한 영역을 선택하여 shifting 기법을 이용하여 삽입하게 된다[1][2][4].

본 논문에서 제안한 방법은 일반인을 위한 서비스에 충분히 사용될 수 있다. 유용한 정보 즉 구매정보, 사용정보 등 사용자에게 유용한 정보를 워터마크로 삽입하여 사용자가 공격할 이유가 없도록 만드는 것이다. 또 다른 측면으로는 서비스 업체에서 사용하는 것이다. 사용자가 돈을 지불하지 않으면 워터마크가 삽입되어져 있는 JPEG 영상(당연히 화질저하가 있는 영상이 된다.)을 볼 수 있도록 하고 돈을 지불하면 워터마크 정보를 추출하여 원본 JPEG 영상을 복원하여 사용자에게 좋은 화질의 영상을 제공할 수 있도록 하는 것이다.

2. 연구 내용

JPEG 압축데이터에서 리버서블 워터마킹기법을 수행하기 위해서 JPEG 압축과정에 워터마크를 삽입하게 된다. JPEG 압축과정을 간단히 설명하면 다음과 같다. 우선 영상을 8*8 블록으로 나누고 매 8*8블록 데이터에 DCT(Discrete Cosine Transform)을 한다. 다음 표준 양자화테이블에 의해 DCT된 값을 양자화 한다. 양자화 값을 지그재그 스캔하고 허프만 코딩을 하게 된다. 헤더를 붙이고 형식에 맞춰서 저장하면 인코더에서의 처리는 마감된다. 디코더에서는 저장된 압축데이터를 읽어서 무손실복원하고 역양자화 과정을 거치고 역DCT과정을 거치면 JPEG 압축영상이 재구성되어 볼 수 있는 형태로 된다. 그림 1은 JPEG 압축과정의 인코더와 디코더를

저자 소개
* 최학남: 祥明大學 컴퓨터科學科 碩士課程
** 김종원: 祥明大學 컴퓨터科學科 硏究敎授
*** 최종욱: 祥明大學 소프트웨어學科 正敎授

도식화한 그림이다.

워터마크 삽입은 JPEG 압축과정의 무손실처리부분에 삽입하여야만 JPEG 압축데이터를 복원할 수 있다. 이를 위하여 INCODER에서는 비손실압축 이전단계에 워터마크를 삽입하고 DECODER에서는 역 zigzag 다음단계에서 워터마크를 복원하게 된다.

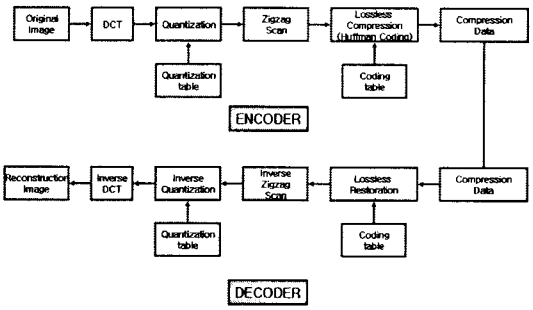

그림 1. JPEG 압축

2.1 리버서블 워터마크 삽입

본 논문에서 JPEG압축데이터에 워터마크를 삽입하게 되는데 JPEG 압축과정의 무손실 압축과정에 워터마크를 삽입한다. 즉 양자화 된 데이터에 워터마크를 삽입하게 되는데 양자화 된 데이터의 전체 영역에 데이터를 삽입하게 되면 복원되었을 때 영상화질 저하가 아주 심하다. 때문에 양자화테이블을 이용하여 삽입영역을 제한하여 워터마크를 삽입한다.

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	104	92
49	64	78	87	103	121	121	101
72	92	95	98	112	100	103	99

그림 2. 워터마크 삽입영역

삽입영역은 매개 8*8블록에서 양자화 테이블에서 네모로 표시한 영역에서만 워터마크를 삽입한다. 즉 양자화 테이블에서 20보다 작은 영역에만 삽입하는데 이는 워터마크가 삽입된 영상의 화질을 높이기 위함이다. 본 논문에서 사용한 알고리즘은 Shift기법이다. 양자화 테이블에서 1혹은 -1인 값에만 워터마크를 삽입하게 된다. 양자화 테이블에서 1보다 큰 수는 오른쪽으로 Shift시키고 -1보다 작은 수는 왼쪽으로 Shift시킨다. 식으로 표시하면 다음과 같다. 식 1에서 Q는 양자화 된 값을 표시한다.

$$\begin{aligned} &\text{if } Q(i,j) > 1 \\ &\quad Q(i,j) = Q(i,j) + 1; \\ &else\text{if } Q(i,j) \leqq 1 \\ &\quad Q(i,j) = Q(i,j) - 1; \end{aligned} \tag{1}$$

0	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

그림 3. A Matrix

1	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1

그림 4. B Matrix

그림 3과 그림 4에서 표시한 Matrix를 사용하여 삽입영역만 취하여 워터마크를 삽입할 수 있다.

$$Q = QA + QB \tag{2}$$

식 2는 양자화 값 Q를 분해하여 사용할 수 있음을 보여주는 식이다. 양자화 값에서 (1,1)의 값은 DC성분에 해당되는 값이기 때문에 양자화 테이블 값이 20보다 작을 지라도 워터마크 삽입영역에서 제외한다. 워터마크는 실제 QA영역에 삽입하여 QB와 합쳐져서 워터마크 영상을 얻는다. 워터마크 삽입 알고리즘은 다음과 같다. 우선 QA를 식 1에 대입하여 워터마크 삽입공간을 얻는다. 즉 식 1을 적용한 QA에는 2와 -2 값이 비어있게 된다. 다음 식 3을 적용하면 워터마크가 삽입된다.

$$\begin{aligned} &\text{if } QA(i,j) = 1 \text{ and } wm(i,j) = 1 \\ &\quad QA(i,j) = QA(i,j) + wm(i,j) \\ &elseif\ QA(i,j) = 1 \text{and } wm(i,j) = 0 \\ &\quad QA(i,j) = QA(i,j) - wm(i,j) \\ &elseif\ QA(i,j) = -1 \text{and } wm(i,j) = 1 \\ &\quad QA(i,j) = QA(i,j) - wm(i,j) \\ &elseif\ QA(i,j) = -1 \text{and } wm(i,j) = 0 \\ &\quad QA(i,j) = QA(i,j) + wm(i,j) \end{aligned} \tag{3}$$

식 3은 QA값이 1이고 워터마크가 1이면 두 값을 더하고 워터마크가 0이면 QA값을 그대로 둔다. 또 QA값이 -1이고 워터마크가 1이면 QA값에서 워터마크를 빼주고 워터마크가 0이면 그래로 둔다. 여기서 wm은 워터마크를 표시한다.

2.2 리버서블 워터마크 추출

워터마크 추출은 역양자화를 하기 전 단계에서 진행된다. 추출과정에서도 삽입과정과 마찬가지로 Matrix A와 Matrix

B를 사용한다. 식 4에서 $\acute{Q}$는 inverse zigzag스캔을 한 후의 값이다. $\acute{Q}A$값에서 워터마크 정보를 추출하는 식은 다음과 같다.

$$
\begin{aligned}
&\text{if } \acute{Q}A(i,j)=1 \\
&\quad wm(i,j)=0 \\
&\quad QA(i,j)=\acute{Q}A(i,j) \\
&elseif\ \acute{Q}A(i,j)=2 \\
&\quad wm(i,j)=1 \\
&\quad QA(i,j)=\acute{Q}A(i,j)-wm(i,j) \\
&elseif\ \acute{Q}A(i,j)=-1 \\
&\quad wm(i,j)=0 \\
&\quad QA(i,j)=\acute{Q}A(i,j) \\
&elseif\ \acute{Q}A(i,j)=-2 \\
&\quad QA(i,j)=\acute{Q}A(i,j)+wm(i,j)
\end{aligned}
\tag{4}
$$

식 4에서 wm은 추출된 워터마크 정보이고 QA는 복원된 영상의 값이다.

3. 실험 결과

실험에 사용된 영상은 256*256 이진영상이고 워터마크는 랜덤생성기에서 생성하여 사용하였다. 표 1은 QF가 90일 각 영상에서 진행한 실험결과이다.

표 1 각 영상들에서의 실험결과

Image	PSNR (OJ)	PSNR (JW)	PSNR (OW)	COM	W_COM	WM
Airplane	40.03	46.17	39.08	133932	138613	2647
Baboon	36.75	45.17	36.19	215141	219672	1523
Girl	40.52	46.40	39.52	114255	119229	3100
Goldhill	37.35	45.45	36.74	175789	180675	2022
House	39.10	46.00	38.32	154565	158759	2007
Lake	38.01	45.57	37.58	170944	175377	2060
Lena	40.75	46.40	39.71	122098	126873	2785
Milk	41.94	46.93	40.67	100200	105298	3679
Pepper	40.47	45.94	39.40	129982	134550	2734

표 2 Lena영상에서 QF에 따른 실험결과

QF	PSNR (OJ)	PSNR (JW)	PSNR (OW)	COM	W_COM	WM
10	31.98	33.77	29.49	36328	39691	2287
20	32.35	34.40	30.00	39122	42477	2381
30	32.78	35.17	30.58	42287	45848	2450
40	33.29	36.03	31.25	46391	50199	2540
50	33.92	37.16	32.01	51414	55314	2543
60	34.76	38.40	33.08	58673	62735	2658
70	35.88	40.16	34.42	68395	72567	2657
80	37.53	42.54	36.30	84956	89389	2653
90	40.75	46.40	39.71	122098	126873	2785
99	51.30	53.44	50.14	293114	297144	1676

표 1과 표 2에서 PSNR(OJ)는 BMP영상과 JPEG 압축영상과의 PSNR을 표시하고 PSNR(JW)는 JPEG 압축영상과 워터마크 된 JPEG영상과의 PSNR을 표시하며 PSNR(OW)는 BMP영상과 워터마크 된 JPEG영상과의 PSNR을 표시한다. COM은 JPEG 압축 비트를 표시하고 W-COM은 워터마크가 삽입된 JPEG 압축 비트를 표시한다. WM은 워터마크 삽입 개수이다.

4. 결 론

본 논문에서는 워터마크 정보를 JPEG 압축데이터에 삽입하고 추출하는 리버서블 워터마킹 기법을 제안하였다. 손실 압축인 JPEG 압축과정에서 발생하는 무손실 압축과정에 워터마크를 삽입 및 추출함으로써 리버서블 워터마킹 기법을 수행하였다. 실험결과 워터마크를 삽입했을 때 JPEG 영상과 워터마크를 삽입하지 않았을 때 JPEG 영상의 PSNR을 비교하였을 때 QF가 90일때 각 영상에서 모두 45dB 좌우로 아주 우수한 비가시성을 보여주었다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 돈을 지불한 사람에게는 좋은 화질의 영상을 제공하고 그렇지 않으면 워터마크가 삽입 되어져 있는 영상을 제공하려는 응용측면에서 볼 때 특별히 워터마크가 삽입된 영상에서의 화질을 따질 필요가 없다. 허나 사용자들에게 더욱 좋은 서비스를 위해서는 높은 비교적 좋은 화질은 보존해야 한다. 삽입영역의 범위를 변화시키면 화질도 따라서 변화된다. 제안한 알고리즘은 JPEG뿐만 아니라 JPEG 2000에서도 사용가능하다.

참 고 문 헌

[1] Sabu Emmanuel, Heng Chee Kiang, Amitabha Das, " A REVERSIBLE WATERMARKING SCHEME FOR JPEG-2000 COMPRESSED IMAGES " 0-7803-9322 2005 IEEE

[2] Zhicheng Ni, YunQing Shi, Nirwan Ansari, Wei Su, "Reversible Data Hiding", IEEE TRANSACTION ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY VOL.16, NO.3, MARCH 2006

[3] Jun Tian, "Reversible Watermarking by Difference Expansion", Multimedia and Security Workshop at ACM Multimedia '02 December 6,2002, Juan-les-pins, France

[4] Xiaoping Liang, Xiaoyun Wu, Jiwu Huang,"reversible Data Hiding for Image Based on Histogram Modification of Wavelet Coefficients",CIS 2005, Part 2, LNAI 3802, PP 573-580, 2005

[5] Adnan M.Alattar, "Reversible Watermark Using the Difference Expansion of A Generalized Integer Transform", IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING 2004; VOL 13; NUMB 8 1147-1156