

Water Marking을 내장한 JPEG 압축을 위한 DCT의 VHDL 모델 구현에 관한 연구

김남우* · 허창우* · 박종운**

*목원대학교 · **충남대학교

Study of Water Marking Embedded in DCT for JPEG VHDL model Implementation

Nam-Woo, Kim* · Chang-wu Hur* · Jong-woon, Park**

*Mokwon University · **Chungnam National University

E-mail : gotree94@yahoo.co.kr

요 약

본 논문에서는 영상의 불법적인 복사를 방지하기 위해 사용되는 워터마킹을 내장한 JPEG 압축용 DCT의 VHDL 모델을 제시한다. 워터마킹 방법은 사람의 시각 시스템을 이용하여 주파수 영역에서 영상의 시각적인 특성에 적응하는 워터마크를 내장한다. 영상 압축시에 주파수 영역으로 변환해주는 DCT와 함께 화질저하에 대한 감소와 공격에 강한 water marking을 구현함으로써 손실 압축에서도 방지 기능을 유지하면서 시스템의 효율적인 구성을 얻을 수 있다. 구현된 DCT의 VHDL 모델을 사용한 시뮬레이션 결과 고주파 성분이 많은 복잡한 영상과 저주파 성분이 많은 단순한 영상에 적용하여 워터마크가 시각적으로 보이지 않고 JPEG 손실압축과 잡음에도 견고함을 가지며, 기능을 추가하여도 기존에 비해 면적을 적게 차지하여 빠른 속도를 얻을 수 있어, 소형 시스템에 솔루션에 적용이 적합하다.

1. 서 론

최근 컴퓨터 망을 통한 디지털 영상의 분배, 재생 및 조작의 요구 및 필요성은 매우 커지고 있다. 그러나 이러한 필요성은 반대로 디지털 영상의 허가되지 않은 복사 및 분배와 같은 소유권과 관련된 문제를 야기시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위한 영상 보호 시스템이 요구되고 있다. 기존의 영상 보호 시스템은 두가지방법으로 이루어진다. 사이트 보호 방법으로 영상의 접근을 제어하고 암호화된 형태로 영상을 전송하고 저장한다. 그러나 영상을 사용하려면 반드시 암호화가 풀려야 하며 일단 암호화가 풀린 영상은 영상의 접근이 허가된 사용자에게 의해서 불법적으로 복사되고 전송될 수 있다. 허가된 많은 사용자에게 영상이 전송된 경우에는 어떤 사용자가 불법적으로 영상을 사용했는지 판별하는 것은 불가능하다. 게다가 internet상의 world wide web 브라우저로 JPEG 또는 GIF로 인코딩된 영상을 사용하는 경우에는 암호화가 불가능하다. 따라서 영상 자체에 사인(signature)이나 소유권 정보(copyright message)를 눈에 보이지 않게 저장하여 디지털 영상 저장 장치의 복사 방지 시스템에 적용될 수 있는 워터마킹 방법의 연구가 필요하다.

본 논문에서는 정지영상의 저장 및 전송을 위한 효율적인 압축 방법으로 국제 표준인 DCR(Discrete Cosine Transform)를 기본으로 하는 JPEG(Joint Photographic Expert Group)을 이용하여 압축된 영상에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한다. 원 영상을 JPEG 과정에서 블록별로 DCT계수를 양자화 한 후 양자화 계수를 지그재그 스캔하여 1차원으로 배열한다. 배열된 각 블록을 주사선 치환 알고리즘을 적용하여 치환하고 주파수의 우기성[3]을 이용하여 암호화 된 디지털 워터마크를 합성한 후 치환 하기전 원위치로 다시 치환한다. 워터마크가 합성된 양자화 계수는 부호화 과정을 통해 압축되어 JPEG 영상을 얻는다. 본 논문에서 사용된 워터마킹 삽입방법을 적용할 경우 블록을 치환함으로써 보안성을 강화할 수 있고, 영상의 큰 열화 없이 대량의 정보를 합성할 수 있다. 또한 dudtykd에 관계없이 합성 데이터의 크기를 고정시킬 수 있고 영상에 따라 합성 데이터의 크기도 다르게 할 수 있으므로 용도에 따른 합성 량의 제한이 가능하다. 본 논문의 구성은 2장에서는 디지털 워터마킹과 JPEG 알고리즘에 대하여 기술하며, 3장에서는 사용된 알고리즘을 이용하여 구성한 VHDL 모델의 실험 및 평가 결과를 제시한 후 4장에서 결론을 맺는다.

II. 디지털 워터마킹과 JPEG 알고리즘

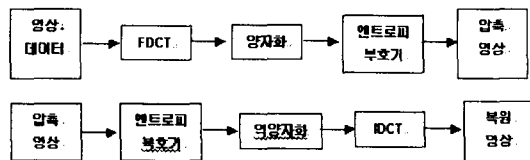
워터마크는 모든 멀티미디어 데이터에 적용 할 수 있지만 본 장에서는 정지 영상에 대한 워터마킹 기술에 대하여 설명하소, 제한된 전송 대역폭이나 저장 매체의 효율적인 공간 활용을 위해서 정지영상을 압축하는 기법인 JPEG 알고리즘에 대하여 살펴보려고 한다.

2.1. 디지털 워터마킹

어떤 개인이 특정한 작품을 만들어 자신의 창작물임을 주장하기 위해 보이지 않는 투명한 형태의 정보를 표시해 주는 기존의 워터마킹 기법을 컴퓨터에 적용한 것이 바로 디지털 워터마크이며, 이것을 멀티미디어 데이터에 특정한 코드 값을 삽입하는 방식이 디지털 워터마킹이다. 디지털 워터마킹의 원리를 살펴보면 원 영상 I 가 있고, 영상에 삽입할 정로 w 가 있을 때 원 영상 I 를 인자로 하는 함수 $g(f(I,w))$ 을 원 영상 I 에 삽입하는 작업이며, 이러한 작업을 통해 워터마크가 입혀진 영상 $I' = I + f(I,w)$ 을 얻을 수 있다.[5]

워터마킹하는 방법으로는 영상을 변환하기 전의 공간영역에 삽입하는 방법[6,7], 변환과정인 주파수 영역에서 삽입하는 방법[8], 압축공간에 삽입하는 방법 등 크게 3가지로 나눌 수 있다. 공간영역에서의 워터마킹은 각종 영상처리에 의해 워터마크가 쉽게 제거 될 수 있으며 삽입 할 수 있고, 주파수 영역에서의 워터마킹[9]은 압축 손실에 의해서 워터마크가 삽입된 고주파 성분이 쉽게 제거될 수 있다는 단점이 있다. 따라서 압축 손실에 덜 민감한 저주파 부분을 이용하는 방법을 사용하방법이 사용된다.

디지털 워터마크를 저작권 보호를 위한 기법으로 적용하기 위해서는 기본적으로 갖추어야 할 특성이 있다.[8,10] 첫째 영상에 디지털 워터마크가 포함되었는지를 시각적으로 알아보기 어려워 하하고, 둘째 각종 영상 처리에 대해 워터마크가 손실되지 않고 유지되어야 하며, 셋째 특정 값을 알지 못하면 워터마크 추출 및 삭제가 불가능해야 한다. 넷째 원 영상으로 화질을 최소한으로 유지하면서 가능한 한 많은 워터마크를 합성 할 수 있어야 한다.



[그림1] DCT 기반 JPEG 부호화기 및 복호화기 블록도

2.2. JPEG 알고리즘

JPEG은 칼라 또는 명암을 갖는 정지영상 압축을 위한 표준으로 유 손실 압축방법과 무손실 압축 방법을 결합한 하이브리드 압축 방법이며 가

장 간단한 DCT 기반의 순차식 모드를 기본 JPEG이라 하고, 부가적인 DCT 기반의 점진식 및 계층식 과정들과 무손실 모드를 확장 JPEG이라 한다.(그림1)의 JPEG과정을 살펴보면 입력영상은 부호기에서 FDCT, 양자화, 엔트로피 부호화가 실행되어 압축데이터가 출력된다. 복호기에서는 압축데이터에 대해서 엔트로피 복호화, 역양자화, IDCT를 행하고 복호 영상이 출력된다. DCT계수는 양자화에 의한 연산의 반올림 오차에 의해 복원 화상에 왜곡이 존재하는 비가역 압축 방식이지만 시각적으로 지장이 없는 왜곡의 범위 내에서 충분한 압축의 효과를 얻을 수 있다.

III. 사용한 알고리즘

사용한 알고리즘은 다음과 같다. 우선(그림3)에서 나타나는 것과 같이 MXM화소로 구성된 입력 영상을 NXN 화소 블록으로 분할 하면 M/N→K의 KXK수만큼 블록이 만들어 진다. 각 블록별로 FDCT한 후 얻어진 계수를 양자화 테이블을 사용하여 양자화한다. 양자화하여 얻어진 NXN화소인 양자화 계수로 구성된 각 블록을 지그재그 스캔하여 NXN→H개의 크기만큼의 1차원 배열로 나타낸다. 나열된 양자화 계수의 구성은 첫 번째 위치에 DC 설보, 다음으로 AC저주파 성분들 그리고 대부분 1으로 구성된 AC 고주파 성분들이 순서대로 위치하게된다. 이렇게 1차원 배열된 블록은 KXK→V개의 수만큼 형성되던, V행 H열로 구성된 2차원 테이블이 만들어 진다. 테이블의 각 행을 아래와 같은 Knuth의 random shuffling algorithm[14]을 이용하여 V개의 요소로 나누어지는 블록 K_0, K_1, \dots, K_{V-1} 의 위치를 치환한다.

순서1. 변수 j 를 V 로 초기화한다.

순서2. 난수 r 을 생성한다.($0.0 \leq r \leq 1.0$)

순서3. $\text{int}(r \cdot j)$ 를 계산하여 f 한다.($0 \leq f \leq j-1$)

단, int 소수점 이하를 잘라 정수화하는 함수이다.

순서4. K_f 와 K_j 를 교환한다.

순서5. $j > 1$ 일 때까지 $j \leftarrow j-1$ 로 한다.

순서2로 이 random shuffling algorithm으로 치환된 출력되기 직접의 암호 정보를 다시 다음의 무작위 주소를 생성하는데 사용한다.

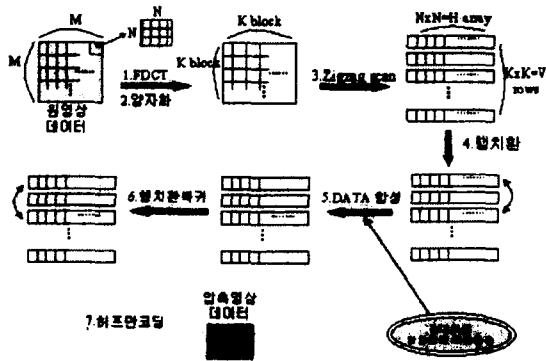
각 행을 치환후 주파수의 우기설을 이용하여 RSA 암호 알고리즘을 적용한 이진 코드로 구성된 암호화된 워터마크를 선택된 일정 영역의 양자화 계수에 합성한다. 즉 양자화 된 계수 중 선택된 값을 2로 나누어 나머지가 0인 경우 합성할 워터마크 1bit가 0인지를 체크하여 0이면 그대로 두고 0이 아니면 양자화계수의 값을 1증가한다. 그리고 2로 나눈 나머지가 1이면 양자화 계수의 값을 1증가하고 0이 아니면 그대로 둔다. 이 경우 두가지 관점에서 특징을 가지는데, 한가지는 DCT 결과의 양자화 계수에 워터마크를 삽입하는 측면

에서 보안이 강화되었다는 것과 기존의 방법에서 양자화계수가 0이 아닌 값에만 합성을 한 반면 제안하는 방법에서는 양자화 계수가 0이더라도 이미지의 열화가 크지 않은 범위 내에서 합성이 가능하도록 하였다. 이때 합성할 양자화 계수의 일정영역을 선택함으로써 화상 및 양자화 값에 따라 합성 데이터의 크기가 가변적이 되는 기존 알고리즘과 비교하여 필요한 양의 데이터를 고정적으로 합성할 수가 있으며, 용도에 따른 합성량의 제한이 가능하다.

```

110010100110100100010010111000101011000
10110000100101010101001100000101000001001
001001000010100000010111010001010100010
100110010001110100101010101110000010010
.....
    
```

표 1 암호화된 디지털 워터마크 데이터



(그림 3) 제안된 워터마크 합성 알고리즘

디지털 워터마크의 합성은 앞에서 설명했듯이 P1~P6까지의 영역별로 나누어 합성하였다. 준비된 영상은 256X256크기의 영상으로 8X8 블록으로 나누었으므로 지그재그 스캔한 후 만들어진 테이블은 1024X64로 구성된다. 따라서 P1의 경우 각 행의 1열에만 합성하기에 1024bits가 합성될 수 있으며, P6의 경우에는 6144(1024X6)bits가 합성되게 된다. 이와 같이 많은 양의 워터마크를 합성하는 것은 소유권과 저작권의 자세한 정보를 대량 합성할 수 있다는 것이며 화상의 열화를 최소한으로 억제시키고 압축율에 영향을 주지 않는 범위 내에서 합성하는 방법이 요구된다. 다음과 [표 2]는 이와 같은 합성과정을 거친 후의 영상과 원 영상과 비교하여 RMS값을 측정한 결과이며 [그림3]은 원 영상이며 그림[4]는 원영상을 워터마크 삽입과정없이 JPEG압축을 거친 후 다시 복원한 그림이다. 그리고 그림[5]는 원 영상을 JPEG 압축과정 중 DCT 후에 양자화 계수에 워터마크를 삽입한 후 나머지 압축과정을 거친 영상이다. 특히 [그림5]는 본 실험과정 중 가장 많은 양의 워터마크를 삽입한 경우로서 이때의 영상이 원 영상과 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 더불어 워터마크가 가장 많이 합성된[그림5]와 단순히 JPEG 압축과정을 거친 후 복원된 [그림4]와는 인간의 시각으로는 크게 차이를 느끼지 못한다.

IV. 실험 결과 및 평가

본 논문에서 사용된 알고리즘을 이용한 DCT 및 JPEG의 VHD모델을 평가하기 위하여 다음과 같은 환경에서 실험을 하였다. 시스템은 Pentium III 850MHz 512MB 메모리를 갖춘 PC를 이용하였다. 그리고 사용단 DCT를 기본으로 하는 JPEG에서 워터마크를 합성하는 방법을 적용하기 위해 256X256 화소 크기의 GIRL, LENA, BRIDGE 영상을 사용하였으며 블록의 크기를 *x*로 하여 각각의 영상에 대한 성능을 평가하였다.

화상의 열화가 시각적으로 심하지 않은 범위 내에서 합성량을 최대화시킬 수 있는 영역을 도출하기 위하여 각각의 화상에 영역별로 워터마크를 합성하였으며 영역별 범위는 지그재그스캔을 기준으로 하여 P1=Fq00, P2=Fq00~Fq01, P3=Fq00~Fq11, P4=Fq00~Fq20, P5=Fq00~Fq11, P6=Fq00~Fq02로 정의하여 실험하였다. 화상의 열화상태를 평가하기 위하여 객관적 평가인 아래식 (1)과 같이 정의되는 RMS를 사용하였으며 영상에 합성한 암호화된 디지털 워터마크는 표[1]dhk 같은 이진 데이터이다.

$$S = \sqrt{(1/L) \sum_{i=0}^L (x_s - x'_s)^2}$$

[표1] 암호화된 디지털 워터마크

본실험에서 준비된 세 개의 이미지 즉 GIRLm DATA, LENA BRIDGE에 대하여 [표1]와 같은 디지털 워터마크를 삽입하였다. 이때 삽입되는 디

합성영역	GIRL		LENA		BRIDGE	
	RMS	합성량	RMS	합성량	RMS	합성량
P1	2.123	1024	2.424	1024	2.217	1024
P2	2.285	2048	2.572	2048	2.454	2048
P3	2.440	3072	2.889	3072	2.717	3072
P4	2.621	4096	3.341	4096	3.184	4096
P5	3.117	5120	3.748	5120	3.436	5120
P6	3.493	6144	3.912	6144	3.715	6144
일반	1.971	-	2.121	-	1.968	-

표 2 영역별 RMS, 합성량



그림 3 원영상



그림 4 복원된 일방 JPEG 영상



그림 5 P6영역 합성된 영상

V. 결 론

본 논문에서는 암호화된 디지털 워터마크를 JPEG과정 중에 주파수의 우기성을 이용하여 일정 영역에 합성하는 새로운 기법을 제시하였다. 사용된 디지털 워터마킹 방법은 보안성을 보다 강화하면서 대량의 정보를 합성하여 압축할 수 있으며, 워터마크가 합성된 영상이 JPEG 과정만 거친 영상과 거의 비슷하여 정보가 합성되었는지를 거의 알 수 없다. JPEG 영상에 워터마크를 합성하여 전송하기 때문에 인터넷에서 모든 사람들이

영상을 볼 수 있으며 불법복사에 의해 저작권 시비가 일어 날 경우 정보를 추출하여 저작권 및 소유권을 주장할 수 있다. 지금까지는 소프트웨어를 통해서 주로 구현되어 왔기 때문에 VOD와 같은 동영상을 제공하는 서비스나 비디오 데이터가 디지털화 되어 전송 및 저장되면서 동영상에 적용할 수 있는 워터마크 기술에 대한 구현이 추후로 진행 되어야 할 것이다. 또한 후대용 장치들에 대한 수요가 많이 이루어지면서 적용이 이루어질 것이다.

참고문헌

- [1] Wong. S. "Image security." <http://www.ece.curtin.edu/~wongsc/digital.html>,1997.
- [2] Craver S., et al. "Can invisible watermark resolve rightful ownership?" In International Proceedings of SPIE, Vol. 3022, pp310~321,1977
- [3] 박일남, "차분 부호장 혼합 알고리즘을 이용한 문서 화상에 대한 보안 체계 연구", 경희대학교 박사 학위 논문, 1977
- [4] J. Zhao, "Look. it's not these." <http://www.byte.com/art/9701/sec18/art1.htm>
- [5] R.G van Schyndel. A. Z. Tirkel. and C. F. Osborne. " A digital Progeddings of SPIE, Vol.2420. pp164~173, 1995
- [6] Bender W., et al. "Texhniques for data hiding," In International (Proceedings of SPIE, Vol2420. pp.261~173,1995
- [7] G.C.Langelaar, J.C.A van der Lub, and J.Biemon, "Copy Protection for Multimedia Data based on Labeling Techniques," 17th Symposium on information theory in the Benelux, Enschede, The netherlands, May 1996.
- [8] Cox I. J., rt al. "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," NEC Research Institute Techincal Reports 95~100,1995.
- [9] ORuanaidhJ J.K. et al., "Watermarking digital image for copy right protection," In International Proceddings of Vis.Image Singal Process, Vol143. No4, pp250~256, 1996
- [10] 박지환, 박태진, "JPEG 알고리즘에 기밀 데이터 합성법", 통신정보보호학회 제6권, 제1호, pp/65~77,1996.3.
- [11] 이경호, 정지원, 원동호"영상 정보의 보호에 관한 소고", 통신정보보호학회 제 3권, 제 1호 pp42~53. 1993., 3