

논문-01-6-2-06

공간 영역과 주파수 영역을 이용한 실시간 비디오 워터마킹 기술

이 한 호*, 채 중 진*, 최 중 욱*

A Real-time Video Watermarking Technique Using Spatial and Frequency Domain Feedback

H. H. Lee*, J. J. Chae* and J. U. Choi*

요 약

기존의 비디오 워터마킹 알고리즘은 실시간 처리가 대부분 불가능하였는데, 가장 큰 이유는 압축에 강인한 알고리즘을 개발하기 위해 삽입과 추출과정이 계산량이 많은 주파수 공간에서 이루어지기 때문이다. 보통 기존의 방법들은 비디오 압축처리 중에 워터마크를 삽입하는 과정을 첨가하여 실시간 처리를 지원토록 해왔다. 그러나, 본 논문에서는 공간영역과 주파수영역에서 모두 처리하는 과정을 거치도록 하여 실시간 처리가 가능한 새로운 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법은 먼저 워터마크를 푸리에 주파수 영역에서 변환하여 생성한 후, 이를 공간영역으로 역변환 한 후, 공간 영역에서 비디오에 직접 삽입한다. 이 과정은 계산량이 많이 소비되는 주파수 영역에서의 작업을 따로 실행하지 않아 실시간 처리가 가능해진다. 또한 이 방법은 비디오 스트림에도 적용 가능하며 MPEG 압축과 기하학적 변화등의 다양한 공격에도 매우 강인한 결과를 보여준다.

Abstract

Most of the previous video watermarking algorithms cannot be supported by real-time video processing. The main reason is that in order to develop a robust algorithm the watermarking technique requires a very high computational cost when embedding and extracting the watermark in various frequency domains. Previous embedding methods simultaneously try to compress a video by MPEG and embed a watermark supporting real-time processing. However, in this paper, our proposed algorithm can support real-time processing in both spatial and frequency domains. First, the watermark is created on the Fourier transform domain, and next is inverse-Fourier-transformed; then, we directly embed it into the video frame in the spatial domain. This procedure does not require a lot of the computational cost during embedding because of the spatial domain processing. Also, it is possible to support a video stream service and a very robust algorithm from MPEG compression and various geometric attacks.

I. 서 론

디지털 워터마킹 기술은 이미지부터 비디오에 이르기까지 모든 디지털 콘텐츠의 저작권 보호를 위해서 많이 연

구되어져 왔다. 비디오 워터마킹 기술은 비디오 콘텐츠를 디지털화하는 데에 중요한 영향을 미친 MPEG-1,2,4 (Moving Picture Experts Group)에 강인한 워터마킹 개발^{[1][2][3][4]}에 초점을 두고 연구되었다. 그 이유는 MPEG은 단순한 콘텐츠의 압축기술이 아니라 디지털 콘텐츠가 유통되는 새로운 시장을 형성하게 만든 핵심 기술이기 때문에, 디지털 콘텐츠의 보호를 위해서 개발된 워터마킹 기술은 당연히 MPEG 압축에 강인하지 않으면 기술적 가치

* 주식회사 마크에니 부설 연구소
MarkAny Research Institute

※ 본 논문은 NRL과제 2000N-NL-01-C286에 의해서 지원되었으며, 특허출원 되어 있습니다.

가 없어지기 때문이다. 비디오 워터마크 삽입방법은 삽입 시점에 따라서 두 가지로 구분되는데, 압축하기 전에 워터마크를 삽입하는 방법^[5]과 압축한 후에 워터마크를 삽입하는 방법^{[2][6]}으로 나뉜다. 먼저, 압축하기 전에 워터마크를 삽입하는 방법은 비디오 데이터의 압축 시 워터마크의 손실을 줄이기 위해서 DCT(Discrete Cosine Transform)를 이용해서 데이터를 주파수 영역의 정보로 변경하여 워터마크를 삽입한다. DCT는 JPEG(Joint Picture Experts Group) 압축을 비롯한 영상 압축에서 이용되는 주파수 변환방법으로, 워터마크를 주파수영역에서 삽입할 때 압축에 내성을 갖도록 하기위해 많이 사용된다^{[4][5]}.

두 번째로 압축 과정이나 압축한 후에 워터마크를 삽입하는 방법은 압축특성을 이용하여 워터마크를 삽입한다. 예를 들어, MPEG 압축과정에서 워터마크를 삽입하는 방법은 8×8 블록단위로 DCT변환하는 과정에서 저주파 영역에 워터마크를 삽입한다. MPEG은 압축과정에서 I, B, P-프레임으로 구분되어지는데, 데이터 손실이 가장 적은 I-프레임이나, 혹은 B, P-프레임에서 데이터 손실이 적은 Intra-Block에 워터마크를 삽입하여 압축으로 인한 워터마크의 손실을 최소화한다.

비디오를 비롯한 모든 콘텐츠 워터마킹 기술에서 중요한 조건은 다양한 공격에 강인해야 한다는 것이다. 위에서 언급한 두 가지 워터마크 삽입방법 중에 후자는 MPEG에 초점을 맞추었기 때문에 MPEG에는 강인하나 일반적인 신호처리나 다른 포맷으로의 변환등에는 약한 단점을 가지고 있다. 예를 들어, 최근에 사용되는 ASF(Advanced Streaming Format) 또는 RM(Real Movie)과 같은 다른 압축 파일로 데이터 변환 될 경우 워터마크의 검지가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 주파수 영역에서 워터마크를 저주파 성분으로 생성시키고, 주파수 공간의 워터마크 데이터를 공간영역으로 변환하여 삽입함으로써, 삽입속도를 실시간이 가능하게 향상시켰을 뿐만 아니라, 포맷변환, 비디오 편집 및 일반적인 신호처리에 강인한 기술을 개발하였다.

II. 제안된 워터마킹 알고리즘

워터마크는 삽입 기술에 따라서 크게 두 가지로 구분된다. 공간영역 워터마킹 기법과 주파수 영역 워터마킹 기법이다. 공간영역 워터마킹 기법은 속도는 빠른 반면에, 주파수 영역 워터마킹 기법에 비해서 공격에 약하다. 대표적인 방법은 하위비트 조작 기법^[7]으로 데이터의 마

지막 비트(0,1)를 변환하여 워터마크를 삽입하는 것이다. 주파수 영역 워터마킹 기법은 위에서 언급한 바와 같이 DCT나 FFT(Fast Fourier Transform)와 같은 변환을 이용해서 주파수 영역으로 데이터를 변환하고 저주파 영역에 워터마크를 삽입하므로 워터마크를 강인하게 삽입할 수 있다.

그러나 주파수 영역에서의 워터마킹 기법은 공간영역의 데이터를 주파수 영역의 데이터로 변환하여 워터마크를 삽입하고, 다시 공간영역으로 데이터를 변환하는 과정을 거쳐야 하기 때문에 처리 속도가 매우 느리다.

본 연구에서는 주파수영역 워터마크 삽입방법과 공간영역 워터마크 삽입 방법의 장점을 조화시킨 워터마크 삽입 방법을 개발하였다. 그 결과, 주파수영역 방법의 강인함과 공간영역 방법의 빠른 속도를 통해서 실시간 워터마크 삽입이 가능하게 하였다. 또한, DFT(Discrete Fourier Transform)를 이용하여 워터마킹 함으로써, 기하학적 변형에도 워터마크가 검지되는 기술을 개발했다. DFT를 이용한 워터마킹 논문 중에, Solachidis^[8]의 논문은 2-D DFT를 이용하여 워터마크를 중간 주파수 영역에 원 모양으로 삽입하였다. R_1 과 R_2 의 서로 다른 반지름을 가지는 두 개의 원 사이에 의사난수를 워터마크로 사용하여 확산시켜 삽입하는 방법을 사용했다. 이 방법은 압축, 크로핑, 확대/축소, 전이에 모두 강인한 결과를 보였고, 원 모양으로 워터마크를 삽입하였기 때문에 회전에도 검지가 가능했다^[8]. 기본적으로 비디오는 많은 양의 이미지 데이터를 다루기 때문에 워터마킹 속도가 빨라야 한다. 그러나 논문^[8]의 알고리즘은 주파수 영역에서 워터마크를 삽입했기 때문에 비디오에 적용하기에는 속도에 문제가 있다.

따라서 본 논문에서는 Solachidis의 알고리즘처럼 DFT를 이용하고 워터마크를 원 모양으로 삽입하되, 여러 개의 원을 사용하지 않고 하나의 원만 사용하여 비디오에 적용될 수 있는 새로운 알고리즘을 고안하였다. 워터마크는 주파수 영역에서 생성되고, 실질적인 워터마크 삽입은 공간영역에서 구현하여 실시간으로 워터마크가 강인하게 삽입될 수 있게 만들었다.

본 논문의 실험은 DV(Digital Video) 캠코더를 이용하여 신호를 입력 받으면서 모든 비디오 프레임에 워터마크를 삽입하였다. DV신호는 기본적으로 YUV성분이 4:2:2의 비율로 구성되어 있다. Y(Luminance)성분은 밝기를 나타내는 성분이고, U와 V는 색차(Chrominance)를 나타내는 신호이다. MPEG과 같은 동영상 압축 시, 밝기는 사람의 눈에 민감하기 때문에 데이터 손실이 적게 발생하는

반면, U와 V 같은 색차 신호는 사람의 눈에 덜 민감하기 때문에, 손실이 많이 일어난다. 따라서, 본 연구에서는 압축에도 손실이 적은 Y성분에 워터마크를 삽입하였다. 본 논문의 알고리즘은 실시간으로 워터마킹이 가능하기 때문에, 모든 프레임에 워터마크를 삽입할 수 있다. 그로 인해 cut-and-splice와 cut-insert-splice^[9] 같은 비디오 편집에도 강인한 결과를 보였다.

1. 본 논문의 접근방법

본 논문은 실시간 처리와 압축에 대한 강인함 그리고 기하학적 변화에 강인함의 세 가지문제를 모두 해결할 수 있는 워터마킹 알고리즘 개발에 그 초점을 두었다.

첫번째, 실시간 문제는 워터마크 삽입을 공간영역에서 처리하기 때문에 해결된다. 이것은 데이터가 DFT, FFT, DCT등과 같은 과정을 통한 주파수 영역으로의 변환 없이 바로 처리되기 때문에 가능하다. 그러나 공간영역의 워터마킹 방법은 압축에 약하다는 단점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해서 아래에서 언급될 DFT를 이용하게 된다.

두번째, 전자에서 언급했던 바와 같이 공간영역에서의 워터마킹 방법은 압축에 약하다. 압축에 강하게 하기 위한 방법은 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 것이다. 그러나 이 방법은 압축에는 강인하지만, 시간이 오래 걸린다는 단점을 가지고 있다. 참고문헌[8]에서는 DFT를 통해서 데이터를 주파수 공간으로 변환한 후에 워터마크를 삽입했다. 압축과 기하학적인 변화에는 강인했지만, 속도에 대한 문제를 가지고 있었다. 그렇기 때문에 그 적용환경은 정적 이미지(Still Image)에만 국한되어 있다. 참고문헌[8]에서는 두개의 반지름을 지정하고, 두 원 사이의 공간에 의사난수를 발생시켜서 워터마크를 반복적으로 삽입하였다. 두 원 사이의 공간을 이용하기 때문에 많은 양의 의사난수를 삽입할 수 있으나, 넓은 영역의 주파수 대역에 워터마크를 삽입하므로 영상의 훼손을 초래할 수 있다. 그래서 참고문헌[8]은 워터마크의 강도를 약하게 해서 삽입했고, 그로 인해서 압축에 크게 강인하지 못했다. 본 논문에서는 워터마크를 생성할 때, 하나의 원만 구성했고, 워터마크의 강도를 강하게 하고 원의 위치를 저주파쪽에서 구성하여 압축에 강인하게 하였다. 그리고 실질적인 워터마크 삽입은 IDFT (Inverse DFT)를 이용하여, 공간영역에서 처리했기 때문에, 실시간 구현이 가능했다.

세번째, 대부분의 기하학적 변화에 대한 강인함에 대해

서 문제를 가지고 있다. 기하학적 변화란 일명 RST라고 하며, 회전(rotation), 확대/축소(scaling), 전이(translation)를 말한다. RST를 해결하기 위해서 Log-polar방식^[10]과 Template Matching^[11]을 이용한 방법이 있다. Log-polar방식은 Fourier Transform을 통해서 그 magnitude값을 log를 취해서 사용하기 때문에 속도에 문제가 발생하게 되고, 계산량이 매우 많아서 실질적인 실시간 처리가 불가능하다. Template Matching 방식 역시 기본적으로 Log-polar 방식과 마찬가지로 FT(Fourier Transform)를 거쳐야 하기 때문에 실시간 처리가 불가능하다.

본 연구에서는 주파수 영역에서 생성된 워터마크를 공간영역의 데이터로 변환 후에 처리함으로써 위에서 언급한 세가지 문제를 모두 해결한다. DFT를 통한 주파수 영역에서, 워터마크는 중심 축에서 일정거리(R)의 원을 그리며, 워터마크를 삽입한다^[8]. 여기서, 반지름 R 값은 중간 주파수 영역으로 정한다. 중심 축에 가까워 질수록 저주파 성분이 되고 멀어질수록 고주파 성분이 된다. 반지름 R 이 저주파쪽에 가까워 질수록 압축에는 강인하지만, 영상 자체에 훼손이 많이 발생된다. 반면에, 고주파쪽에 가까워 질수록 영상의 훼손은 적지만, 압축에는 약하다. 따라서 R 의 결정은 매우 중요한 부분이다. 본 연구에서는 $\frac{\text{전체영상의 반지름}}{2} \geq R$ 인 저주파 대역에서 R 을 결정하였다. 본 논문에서는 하나의 원을 구성하여 워터마크를 삽입하되 워터마크의 강도를 강하게 삽입한다. IDFT 과정을 통해서 워터마크가 공간영역으로 변환되어 실시간으로 비디오에 삽입되고, 압축과 RST 변화에 강인한 결과를 가지게 된다.

2. 워터마크 삽입 알고리즘

앞에서 언급했던 바와 같이 본 연구에서는 주파수 영역에서 생성한 워터마크를 공간영역에서 삽입했다. 공간영역에서 비디오 데이터의 주파수변환 없이 워터마크를 삽입함으로써, 실시간으로 모든 비디오 프레임에 워터마크를 삽입했다.

먼저 우리는 원 모양으로 워터마크를 삽입하기 위해서 1차원의 워터마크 신호를 2차원으로 만들었다. 1차원의 워터마크신호 $w(m)$ ($m=1,2,\dots,64$)는 64bits 길이의 의사난수(pseudo random number)를 사용하였다. 본 연구에서는 워터마크 생성과정이 가장 중요한 역할을 한다. 워터마크를 논문^[8]에서처럼 원 모양으로 생성하되, R_1 과 R_2 라는 두개의 반지름을 가지는 것이 아니라, R 이라는 하나의

반지름을 가지고 워터마크를 삽입한다. 압축에 강인하게 하기 위해서 II.1.에서 설명했던 바와 같이 R 은 저주파 대역에서 결정된다. 이 과정을 통해서, 본 논문은 참고문헌 [8]에서의 방법보다 압축에 강인함을 보이게 된다. 워터마크 생성은 (1)과 같이 이루어지며, 반지름 R 을 가지는 원 모양의 새로운 2차원 워터마크 $W(x, y)$ 를 주파수 공간에서 만든다.

$$W(x, y) = \begin{cases} w(m) \times \alpha & : \text{if } R = \sqrt{\left(\frac{N}{2} - x\right)^2 + \left(\frac{M}{2} - y\right)^2} \\ 0 & : \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

여기서, $W(x, y)$ 는 주파수 공간에서 (x, y) 좌표를 가지는 워터마크, $N \times M$ 은 워터마크가 삽입될 비디오 영상의 크기, R 은 $N \times M$ 크기의 공간에 생성시킬 원의 반지름, $\left(\frac{N}{2}, \frac{M}{2}\right)$ 은 원의 중심, α 는 scale factor이며, $\alpha = 20000$ 으로 그림 1에서 보는 바와 같이 주파수 영역에서 눈에 떨 정도의 큰 값이다. 이것은 참고문헌[8]에서 수행했던 R_1 과 R_2 사이에 워터마크를 확산시키는 방법과 차별성을 가진다. 식(1)에 의해서 구성된 주파수 영역에서의 워터마크 데이터 $W(x, y)$ 는 그림 1(왼쪽)과 같다. $W(x, y)$ 는 IDFT변환을 통해 공간영역의 데이터로 변환되고 최종적으로 공간영역에서 삽입될 $W(x', y')$ 가 생성한다. 여기서, (x, y) 는 주파수 영역에서의 좌표이고, 공간 영역에서의 (x', y') 좌표로 (x, y) 가 IDFT를 통해서 공간영역으로 변환된 후의 좌표이다.

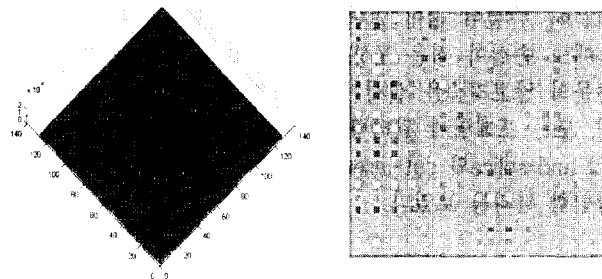


그림 1. 주파수영역에서 생성된 워터마크 신호(오른쪽)와 공간영역에서의 워터마크 신호(왼쪽)의 예
Fig. 1. Example for watermark in frequency and spatial domain.

식(2)는 일반적인 공간영역 워터마크 삽입공식 이다.

$$Y'(x', y') = Y(x', y') + W(x', y') \quad (2)$$

그림 1(오른쪽)에서 IDFT된 공간영역의 워터마크 신호는 실제로 0~10사의 작은 값을 가진다. 그러나 그림 1(오른쪽)의 예에서는 실제의 데이터를 반전시켜서 보여주는 그림이다. 그림 1의 오른쪽 그림과 같이 구성된 공간영역의 워터마크 데이터는 입력되는 Key(의사난수를 발생 Key)에 따라서 한 번 구성되고, 그 상태로 비디오 데이터의 모든 프레임에 삽입된다. 즉, 계산량이 많은 DFT와 IDFT의 과정은 워터마크 생성시 한번만 발생하고(그림 2에서, W 를 만드는 과정), 계산량이 적은 공간영역에서의

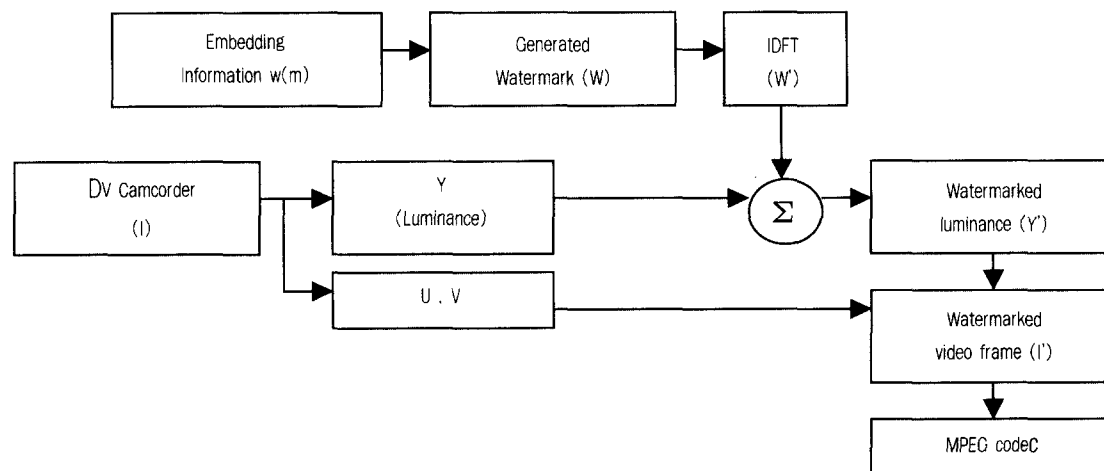


그림 2. 워터마크 생성과 삽입과정
Fig. 2. Generation of watermark and inserting flow diagram

워터마크 삽입이 비디오의 모든 프레임에 반복적으로 실행된다. 논문[8]은 워터마크의 생성과 삽입과정을 주파수 공간에서 처리했기 때문에 실시간이 불가능하고 워터마크를 약하게 넓은 영역에 삽입했기 때문에 본 논문과 같은 과정을 처리하기 어렵다.

그림 2는 워터마크의 생성과 삽입과정을 보여주고 있다. DV Camcorder를 통해서 입력된 신호는 Y와 U,V성분으로 분해되고, Y성분에 공간영역 워터마크(W')를 삽입한다. 워터마크가 삽입된 Y성분은 기존의 U,V성분과 결합되고 다시 하나의 완벽한 YUV의 비디오 프레임을 형성하고, MPEG codec으로 입력되어지는 실시간 처리과정을 거친다. 위에서 언급했던 것처럼, W'를 만드는 과정은 한번만 실행된다.

3. 워터마크 검지 알고리즘

워터마크 검지는 cross-correlation을 구해서 그 max값의 위치에 의해서 결정된다. 워터마크 검지에 대한 신뢰도를 높이기 위해서 비디오 n개의 프레임에서 각각 cross-correlation을 구한 후에, 백분율로 그 검지율을 측정했다.

$$cc_m = IFFT\{FFT(Y'(x, y) \times Conj(FFT(W(x, y))))\} \quad (3)$$

식(3)은 상관관계를 나타내는 공식으로 cc_m 은 관계값을 나타내고, m 은 correlation value의 위치, Y' 는 워터마크 된 비디오 프레임, $W(x, y)$ 는 주파수 영역에서의 2차원 워터마크 신호, $Conj$ 는 Conjugate를 의미한다.

그림 3과 같이 cc_m 이 $m=1$ 인 위치에서 가장 큰 값을 나타낼 경우 워터마크가 검지 된 것으로 판단하였다. 물론 이 방법은 비디오가 회전 편집이 어렵기 때문에 회전에 대한 공격은 배제한 워터마크 검지 방법이다. 회전이 발생할 경우 $m=1$ 이 아닌 다른 값을 가지게 된다. 따라서, 정확한 m 을 알기 위한 별도의 방법이 필요한데, 두 개의 워터마크를 삽입해서 각각의 상관관계값의 max가 같은 위치에서 나타날 경우, 검지 되었다고 판단하는 방법이 있다*. 그러나 이 방법은 두 개의 워터마크를 삽입해야 하기 때문에 영상의 훼손이 많이 일어날 수 있다. 따라서 본 연구에서는 회전에 대한 워터마크 검지 시, 회전 각을 알고있다는 전제 하에 max값의 예상 위치를 고려하여 워터마크 검지 여부를 판단하였다.

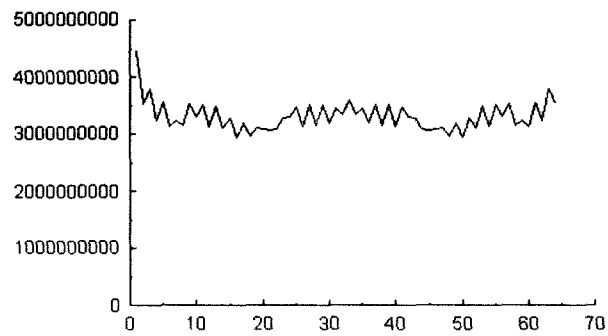


그림 3. 워터마크가 검지 된 경우의 cross-correlation graph
Fig. 3. Cross-correlation graph of case of watermark detected

III. 기하학적 변환과 압축에 대한 강인성 실험결과

본 연구에서 제안된 방법은 DFT한 후의 magnitude값이 translation에 영향을 받지 않으므로 translation에 강하다^[8]. 회전에 대해서는 일부 몇몇의 각도에만 검지가 가능했다. 그 이유는 공간영역에서의 회전은 FFT 영역에서의 회전을 유발하고 그와 동시에 aliasing이 발생하여 워터마크 신호를 주변으로 흐트러트리기 때문이었다. 본 연구의 실험에서는 표 1에서와 같이 몇 가지 각도에서만 워터마크가 검지 되었다.

공간영역에서의 확대/축소는 주파수 영역에서의 역 확대/축소와 같다. 만약, $f(x_1, x_2) \xrightarrow{DFT} F(k_1, k_2)$ 라면, a 만큼 확대/축소된 데이터는 $f(ax_1, ax_2) \xrightarrow{DFT} \frac{1}{a} F(\frac{k_1}{a}, \frac{k_2}{a})$ 이다^[8]. 따라서, 초기 비디오 영상의 크기가 $N \times M$ 이고 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 원의 크기가 R 이라면, scale된 비디오 영상의 크기는 $aN \times aM (a > 0)$ 이고, 주파수 영역에서 워터마크 된 원의 반지름 R (DFT된 영상의 shift된 중심 $(\frac{aN}{2}, \frac{aM}{2})$ 로부터의 반지름)은 변하지 않는다. 본 논문에서는 그림 5에서와 같이 2배 확대된 영상에 대해서 실험하였고 문제없이 검지 되었다.

Cropping은 영상의 공간주파수 대역을 변화시킨다^[8]. 그래서 만약, 영상의 cropping정도를 알거나 영상이 cropping되지 않았다고 전제했을 경우, 그림 4의 세 번째 그림과 같이 영상의 손실된 부분을 백색 또는 검정색 영상(dummy data)으로 복원해주면, 워터마크가 검지 되었다.

* 본 방법은 마크에니의 특허출원문서에 포함된 방법으로 현재 특허출원 중으로 공개되지 않았음.

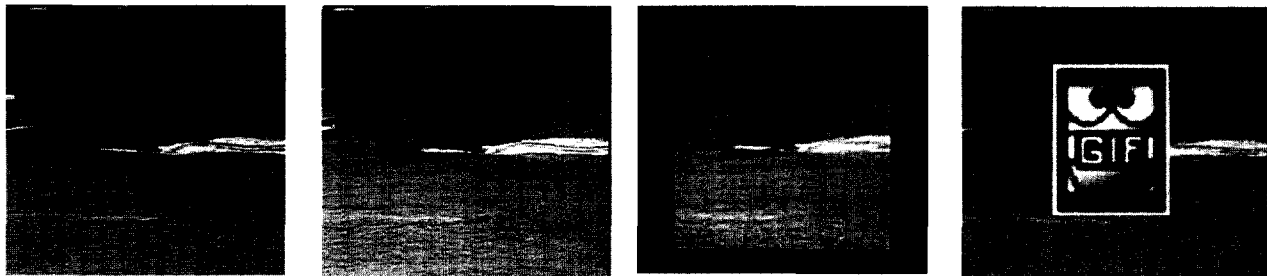


그림 4. 원영상(첫번째), 워터마크 된 영상(두번째), Cropping된 영상(세번째), 다른 데이터가 추가된 영상(네번째)
Fig. 4. Original(first) video, watermarked(second) video, cropping(third) video, other image inserted video

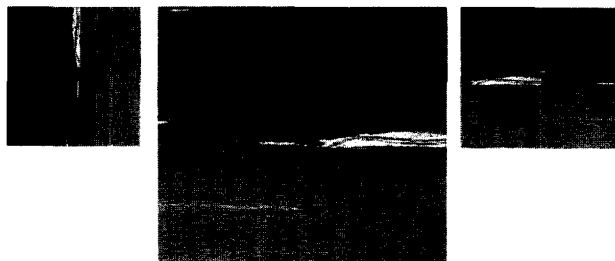


그림 5. 회전(오른쪽), 2배 확대(중앙), 전이(왼쪽) 된 영상
Fig. 5. Example for rotation(right), scaling(center), translation(left)

압축은Mpeg-2 압축에 대해서 테스트 하였다. 영상의 사이즈는 이었고, 'coastguard' 비디오 영상을 사용하였다. 30프레임을 기준으로 2Mbps의 압축에서 76%의 검지율을 보였다. 본 연구에서는 워터마크의 길이가 64bits 밖에 되지 않았기 때문에 검지율이 50%미만일 경우에는 falsepositive 검지를 고려하여 워터마크가 검지 되지않은 것으로 판단하였다. 그리고 그림 4의 네번째 그림과 같이 프리미어(Adobe Premiere)를 사용하여 워터마크 된 비디오 영상에 다른 영상을 일부 삽입하였을 경우에도 워터마크가 검지 되었다.

마지막으로 본 연구는 모든 프레임에 워터마크가 삽입되므로 cut-and-splice와 cut-insert-splice와 같은 비디오 편집에도 강인하였다. 압축을 하지 않은 경우에는 다른 영상이 삽입된 프레임에서만 검지가 되지 않았다. 예를 들어 총 30프레임 중에 10개의 프레임에 다른 비디오 영상을 넣었을 경우 나머지 20개의 프레임에서는 워터마크가 검지 되었다.

본 논문은 표 1에서와 같이 다양한 공격에 강인한 결과를 나타내었다. 그러나 회전의 경우는 몇 가지 각도를 제외하고는 검지 되지 않았다. 또한, 워터마크의 길이가 32bit밖에 되지 않았기 때문에 오검지에 대한 문제가 아직 완전히 해결되지 않은 상태이다.

표 1. 실험 항목 및 실험 결과
Table 1. Experimental Results

워터마크 훼손방법	검지 여부	워터마크 훼손방법	검지 여부
회 전 (Rotation)	90	검지	전이(translation)
	180	검지	절단(cropping)30%
	270	검지	Cut-and-Splice (30f/s)
	기타	검지 안됨	Cut-insert-Splice (30f/s)
확대/축소(scaling)	검지	압축(MPEG-2)2Mbps	검지

IV. 결 론

본 연구의 테스트는 352×288 사이즈의 'coastguard' 영상에 이루어졌다. 워터마크의 삽입은 DFT변환된 데이터를 DFT shift하고 그 중심으로부터 반지름 R=32인 원을 구성하는 위치에 의사난수를 워터마크로 삽입하였다. 워터마크의 강도를 조절하는 $\alpha=20000$ 으로 하였으며, 그 결과 그림 4의 두 번째 그림과 같이 워터마크 된 영상이 좀 밝아지는 효과가 나타났지만 매우 미세한 변화였다. 이 정도의 밝기 변화는 칼라영상으로 변환하여 육안으로 확인하였을 때 구분이 힘들었고 영상의 훼손현상이 아닌 밝기의 변화였기 때문에 콘텐츠의 상품성에 영향을 주지 않는다는 전제 하에 실험하였다. 밝기의 변화 때문인지, 워터마크 된 영상의 PSNR은 약 30dB 정도로 나왔다.

본 연구에서는 주파수 영역에서 워터마크를 생성하고 워터마크 삽입을 공간영역에서 수행함으로써, 논문이 이루어지 못했던 실시간을 처리가 가능하게 되었다. 뿐만 아니라, RST변환과 MPEG압축 그리고 비디오 편집에도 강인한 워터마킹 기술임을 실험으로 증명하였다.

그러나 본 논문에서는 앞에서 언급했던 것과 같이 영상이 밝아지는 문제의 해결이 남아있고 워터마크의 길이 다

른 알고리즘들에 비해서 제약이 있다. 또한, 적당한 값을 찾는 것이 매우 중요한 부분으로 여겨진다.

참 고 문 헌

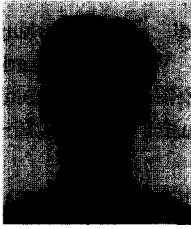
- [1] Hartung F. and B. Girod, "Watermarking of Uncompressed and Compressed Video," *Signal Processing*, vol. 66, no. 3 (Special issue on Watermarking), pp. 283-301, May, 1998.
- [2] Wu T.L. and S.F. Wu, "Selective Encryption and Watermarking of MPEG Video," in proceeding of International Conference on Image Science, Systems, and Technology, June, 1997.
- [3] Miller M.L., I.J. Cox and J.A. Bloom, "Watermarking in the Real World: An Application to DVD.," in *Multimedia and Security-workshop at ACM Multimedia Steinmetz(eds.) bristol, U.K.: ACM GMD - Forschungszentrum Informationsstechnik GmbH*, 41, pp.71-76, 1998.
- [4] Mitchell D. Swanson, Z. Bin, C. Benson and T. H. Ahmed, "Object-Based Transparent Video Watermarking," *IEEE Signal Processing Society 1997 Workshop on Multimedia Signal Processing*, June 23-25, 1997, Princeton, New Jersey, USA, *Electronic Proceedings*. <http://www.ee.umn.edu/users/mswanson/MMW97/mmw97.html> 참고.
- [5] Rakesh Dugad and Narendra Ahuja, "A Scheme for Joint Watermarking and Compression of Video," *IEEE ICIP 2000*, v.2, pp.80-84, Sept., 2000.
- [6] Lintian Qiao and Klara Nahrstedt, "Watermarking Methods For MPEG Encoded Video: Towards Resolving Rightful Ownership," *IEEE IC on Multimedia Computing and Systems*, Austin, Tx., pp.276~285, June 1998.
- [7] Bender W., D. Gruhl, N. Morimoto and A. Lu, "Techniques for Data Hiding," *IBM Systems Journal*, vol. 35, NOS 3&4, pp.313-336, 1996.
- [8] Solachidis V. and I. Pitas, "Circularly Symmetric Watermark Embedding in 2-D DFT Domain," *ICASSP'99*, Phoenix, Arizona, USA, 15~19 March, 1999.
- [9] Bijan G. Mobasseri, J. S. Michael and J. S. Richard, "Content Authentication and Tamper Detection in Digital Video," *IEEE ICIP'2000*, Vancouver, Canada, CD publication.
- [10] C-Y. Lin, M. Wu, J.A. Bloom, M.L. Miller, I.J. Cox, and Y-M. Lui, "Rotation, Scale, and Translation Resilient Public Watermarking for Images," *SPIE Security and Watermarking of Multimedia Contents II*, SPIE EI 2000, CD publication.
- [11] Shelby Pereira and Thierry Pun, "Fast robust template matching for affine resistant image watermarking," In *International Workshop on Information Hiding*, Dresden, Germany, Sep. 29 ~ Oct. 1, 1999

저 자 소 개



이 한 호

1998년 2월 : 경희대학교 자연과학대학 우주과학과 학사
 1998년 2월 : 상명대학교 인공지능 연구소 입소
 2001년 2월 : 한국외국어 대학교 경영정보대학원 소프트웨어공학 석사
 1999년 8~현재 : 주식회사 마크애니 부설 연구소 연구원



채 종 진

1988년 2월 : 서강대학교 공과대학 전자공학과 학사
 1991년 2월 : 서강대학교 공과대학 전자공학과 석사
 1995년 6월 : IDIS 책임연구원
 1999년 6월 : 캘리포니아 주립대학 전기전산공학 박사
 2000년 7월~현재 : 주식회사 마크애니 부설 연구소 부소장
 2001년 2월~현재 : 주식회사 마크텍 부설 연구소 소장



최 종 욱

1982년 2월 : 아주대학교 산업공학학사
 1988년 2월 : University of South Carolina, MIS전공(인공지능) 박사
 1988년~1991년 : KIST 시스템 공학 센터 인공지능 연구부 지식처리 연구실 실장
 1991년~현재 : 상명대학교 정보통신학부 교수
 2000년~현재 : 주식회사 마크애니 대표이사
 2001년~현재 : 멀티미디어 보호연구회 운영이사