

위치코딩을 이용한 비디오 워터마킹 알고리즘

Video Watermarking Algorithm using Position Encoding

나지하*, 김종원**, 김재석*

연세대학교 전기전자공학과*, 상명대학교 저작권보호학과**

Jihah Nah(jhna@yonsei.ac.kr)*, Jong-Weon Kim(jwkim@smu.ac.kr)**,
Jaeseok Kim(jaekim@yonsei.ac.kr)*

요약

본 논문에서는 동영상 콘텐츠의 저작권 보호를 위한 워터마크의 삽입 공간을 충분히 확보할 수 있도록 3차원 웨이블릿 변환과 대역확산 상관도의 위치 코딩을 이용하는 비디오 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 워터마크 정보 삽입을 위해 위치 코딩을 이용하고 정보의 삽입과 추출을 1x1 화소 단위가 아닌 4x4 샘플 단위로 함으로써, 비트 에러나 회전에 대해 기존 방법보다 우수한 강인성을 얻었다. 실험결과 강도 11에서 압축하지 않은 상태의 PSNR은 동영상의 히스토그램이 협소한 경우에 최소 31.07dB로 비가시성을 만족하였으며, 6개 동영상에 대해 각각 3가지 코덱을 적용한 결과 모두 BER = 0%의 결과를 얻음으로써 워터마크의 강인성을 확인할 수 있었다.

■ 중심어 : | 비디오 워터마킹 | 3차원 웨이블릿 변환 | 위치코딩 | 대역확산 |

Abstract

In this paper, a new video watermarking algorithm using 3D wavelet transform and position encoding of spread spectrum correlation is proposed as a method for ensuring enough payload in order to protect copyright for video contents. This algorithm provides better robustness than other watermarking methods in bit error and rotation because it uses the position encoding and 4x4 sample space instead of 1x1 pixel to express a digit. The evaluation result over 6 video clips shows that the PSNR is over 31dB at strength 11 when histogram is narrow and it satisfies the transparency. Also, it shows the robustness of the proposed watermark algorithm that the BER is 0% to three codecs.

■ keyword : | Video Watermarking | 3D DWT | Position Encoding | Spread Spectrum |

I. 서론

디지털콘텐츠의 이용방법과 유통경로가 다양해짐에 따라, 누구나 손쉽게 콘텐츠에 접근·조작할 수 있게 되어 불법 복제와 불법 유통이 커다란 사회 문제로 제기되고 있다. 디지털콘텐츠는 원본과 똑같이 복제되고

쉽게 수정할 수 있기 때문에, 콘텐츠 공급자와 판매자가 저작권을 보호하기 어렵게 되었다. 이에 따라 디지털콘텐츠의 불법 복제를 막고 사용 권한을 제어하는 기술이 매우 중요하게 다루어지고 있으며[1], 디지털 워터마킹은 사용자 친화적인 기술로서 새로이 조명되고 있다[2].

기존의 비디오 워터마킹은 MPEG 비트 스트림에 직접 마크를 삽입하는 방식으로서 MPEG-1이나 MPEG-2 압축 도메인에서 모션 벡터 정보에 데이터를 은닉하거나 DCT 계수에 워터마크를 삽입한다[3-5]. 그러나, 압축 영역에서 워터마크를 삽입/추출하는 방법은 비디오의 재압축 공격에 매우 취약하며, DCT 계수를 이용하는 방법은 저주파 대역을 이용하므로 워터마크 삽입 강도에 따른 화질 열화에 민감하다. 동영상 콘텐츠의 저작권 보호를 위한 워터마킹은 충분한 삽입용량의 확보와 압축, 시간편집, 포맷변환 등 다양한 공격에 대해 강인성을 갖는 알고리즘 개발이 관건이다[6][7].

본 논문에서는 비가시성과 강인성을 만족시키면서 원본 영상 없이 워터마크 추출이 가능하게 하기 위하여 3차원 웨이블릿 변환과 대역확산 상관도의 위치 코딩을 이용하는 비디오 워터마킹 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 위치 코딩을 이용함으로써 압축과 포맷변환 과정에서도 깨지지 않는 강인성과 충분한 삽입용량을 확보하도록 하였다.

II. 제안 워터마크 알고리즘

1. 워터마크 설계

신호의 왜곡이나 압축 등에 대해 강인성을 확보하기 위하여 확산스펙트럼 기술로 워터마크를 생성하였다. 확산스펙트럼 방식을 이용한 워터마크를 동영상 콘텐츠의 위변조 방지에 활용하기 위해서는 충분한 강인성과 페이로드를 확보하여야 하는데, 확산스펙트럼으로 생성된 의사 난수를 이용하여 제한된 크기의 영상 프레임에 워터마크를 삽입하는 전형적인 방식은 삽입용량에 한계가 있다.

1.1 프레임 분할 및 정렬

제한된 크기의 영상 프레임 수를 증가시키기 위해, 각 프레임의 행과 열 방향으로 홀수 행, 짝수 행을 구분하여 공간 평면에서 4개의 서브 프레임을 생성하였다.

$f_{i,j}$ (i : 프레임번호, $j < 4$: 서브프레임 분할 수)

이렇게 생성된 서브 프레임을 수식 (1)과 같이 홀수

행, 짝수행으로 구분하여 새로운 프레임 집합을 생성하게 된다.

$$\begin{aligned} S_i &= f_{i,j}(R_{2n-1}, C_{2n-1}), \\ S_{i+1} &= f_{i,j}(R_{2n}, C_{2n-1}), \\ S_{i+2} &= f_{i,j}(R_{2n-1}, C_{2n}), \\ S_{i+3} &= f_{i,j}(R_{2n}, C_{2n}) \end{aligned} \quad (1)$$

R과 C는 각각 열과 행을, S는 분할된 서브프레임을 나타낸다. 이렇게 생성된 서브 프레임은 [그림 1]에 나타난 것처럼 원본 프레임의 가로, 세로 크기가 1/2로 되며, 프레임 길이는 4배로 증가하게 된다.

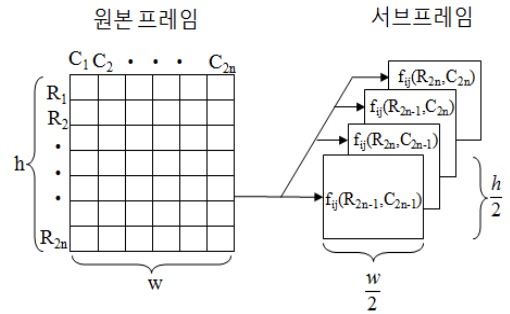


그림 1. 프레임 분할 및 재구성

이와 같은 프레임 분할은 워터마크를 삽입하기 위한 공간을 충분히 확보하기 위하여 이용될 수 있으며, 서브 프레임 분할을 수 회 실행하게 되면 4의 승수배로 확장된 서브 프레임을 얻게 된다.

1.2 3차원 웨이블릿 변환

3차원 웨이블릿 변환은 1D 이산 웨이블릿 변환의 반복적인 분해과정을 통하여 만들어지게 된다[8]. 이산 웨이블릿 변환은 수식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$f(t) = \sum_{j \in Z} C_{0,j} \Phi_{0,j}(t) + \sum_{k \geq 0} \sum_{j \in Z} d_{k,j} \Psi_{k,j}(t) \quad (2)$$

$\sum_{j \in Z} C_{0,j} \Phi_{0,j}(t)$: $f(t)$ 의 근사정보(Approximation Coeff.),

$\sum_{k \geq 0} \sum_{j \in Z} d_{k,j} \Psi_{k,j}(t)$: $f(t)$ 의 상세정보(Detail Coeff.),

$\Phi_{0,j}(t)$: 스케일 함수,

$\Psi_{k,j}(t)$: 웨이블릿 함수,

$C_{0,j}, d_{k,j}$: 웨이블릿 계수

1D 웨이블릿 변환을 3D로 확장하는 과정은 수식 (3)과 같이 1차원 스케일링 함수의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$\Phi(x,y,z) = \Phi(x) \cdot \Phi(y) \cdot \Phi(z) \quad (3)$$

3차원 웨이블릿 변환은 행과 열 방향으로 변환이 진행된 후, 다시 시간 축 방향으로 변환을 진행하게 되며, 변환 결과로 1개의 근사정보와 7개의 상세정보를 얻을 수 있게 된다.

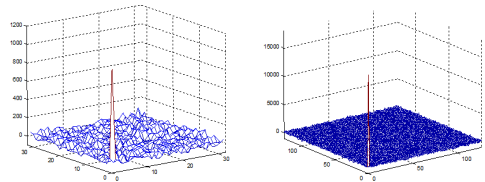
본 논문에서는 일정 수준 이상의 화질을 유지하기 위해, 프레임 분할을 이용하여 원래의 프레임보다 4배로 증가된 $f_{i,j}$ 에 대해 2레벨 3차원 웨이블릿 변환을 실시하였다. 또한, 7개의 부대역중 상대적으로 움직임이 적고 배경성분의 에너지가 집중되는 부대역인 {1,2}{1,1}, {1,2}{1,3}, {1,2}{1,5} 3개 영역을 이용하여 워터마크를 삽입하였다.

3차원 웨이블릿 변환은 정지영상의 시계열로 표현되는 동영상의 3차원으로 배열되어 있는 데이터로 취급되기 때문에 동영상 처리에 적합하다. 특히, 프레임의 누락이 발생하는 경우에도 3차원으로 분산된 워터마크 정보를 복구하는데 도움이 될 수 있다.

1.3 대역확산 상관도 위치 코딩

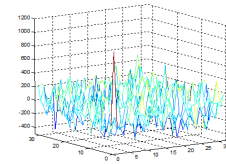
워터마크의 입장에서 원본 콘텐츠는 잡음으로 작용하기 때문에 워터마크를 검출하는데 장애물이므로, 확산대역을 이용할 때 워터마크의 삽입강도를 높이거나 시퀀스의 길이를 늘려줌으로써 워터마크를 잘 검출할 수 있다. 그러나 삽입강도를 높이는 것은 영상의 화질을 훼손하게 되며, 시퀀스의 길이를 길게 하면 삽입할 수 있는 정보량에 한계가 있다. 이러한 예를 [그림 2]에 나타내었다. [그림 2]에서 (a)는 시퀀스 길이가 32x32인 짧은 경우로 피크값이 주변의 상관도 값과 충분히 구분된다. 그러나 3배의 강도를 갖는 잡음과 섞였을 때는 주

변 값과의 구분이 어렵다는 것을 (c)에서 확인할 수 있다. 반면에 시퀀스 길이가 128x128인 경우에는 (b)와 (d)를 통해서 (c)와 동일한 강도의 잡음이 섞였을 때에도 피크 값을 정확하게 구분해낼 수 있음을 알 수 있다.

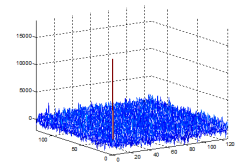


(a) 32x32 시퀀스

(b) 128x128 시퀀스



(c) 32x32 시퀀스



(d) 128x128 시퀀스

잡음추가

잡음추가

그림 2. 시퀀스 길이에 따른 상관도 비교

본 연구에서는 페이로드를 확보하면서 동영상 변형에 대한 강인성을 확보할 수 있는 방안으로 위치 코딩(Position Encoding)을 도입하였다. 위치 코딩은 상관도 피크 위치의 이동 정보를 활용하는 것으로 (4)와 같은 기본 식을 이용한다.

$$R_{sw}(u,v) = \iint I_w(x,y)w(x+u,y+v)dx dy \quad (4)$$

여기서 $I_w(x,y)$ 는 워터마크가 삽입된 영상이며, w 는 PN 시퀀스로 만들어진 워터마크이다. u 와 v 는 2차원 좌표에서의 이동량을 나타내는 것이다.

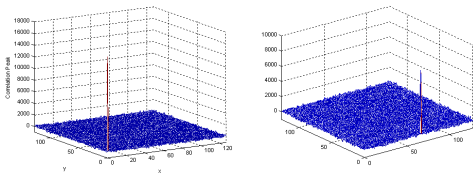
위치 코딩에서는 피크가 발생하는 위치가 정보를 나타내며, 위치정보는 (5)와 같이 표현된다.

$$p = u + v \times width = B_n 2^n + B_{n-1} 2^{n-1} + \dots + B_1 2^1 + B_0 \quad (5)$$

여기서 B_n 은 n 번째 비트를 표현한다.

식 (4)와 (5)의 관계를 통해서 필요한 정보는 피크 위치로 이동하게 된다. 예를 들어 'A'라는 정보를 삽입하려면 'A'에 대한 ASCII코드인 십진수 65를 표현할 수 있도록 PN 시퀀스를 이동하여 삽입하면 상관도 피크값을 해당 위치에서 검출할 수 있다. 이러한 방법은 시퀀스 길이를 길게 하면서도 충분한 페이로드를 확보할 수 있는 효과적인 방법이 될 것이다.

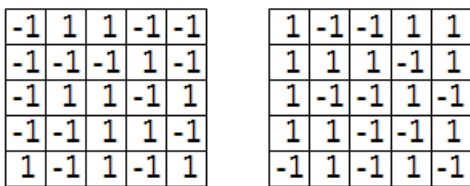
[그림 3](a)는 기준 시퀀스에 의한 상관도 피크이며, (b)는 'A'의 ASCII 코드에 해당되는 위치로 이동하여 위치 코딩된 시퀀스의 상관도 피크를 나타낸다.



(a) 기준 피크 위치 (b) 'A' 피크 위치

그림 3. 위치 코딩 방법

128x128 시퀀스는 피크 위치를 위치 코딩 0부터 가장 큰 값인 $16383(2^{14}-1)$ 까지를 표현할 수 있고, 이는 이진수로 14비트까지 표현할 수 있는 양이다. 즉, 위치 코딩을 이용하면 128x128의 시퀀스를 이용할 때 14비트의 페이로드를 확보할 수 있다. 또한, [그림 4]에 보인 예시와 같이 상관도 피크에 대해 +, - 부호화 비트를 추가함으로써 삽입 용량을 1비트 더 확장할 수 있다.



(a) (5x5) 난수열 '+' (b) (5x5) 난수열 '-'

그림 4. 5x5 PN 시퀀스의 부호화 예시

2. 워터마크 삽입

[그림 5]는 워터마크를 삽입하는 전체 구조도를 나타

낸 것이다.

먼저, 입력된 동영상 프레임으로부터 각각의 프레임을 공간 평면에서 홀수, 짝수 행과 열에 의해 ($height/2 \times width/2$) 사이즈의 4개 서브 프레임으로 재구성하게 되며, 재구성된 서브 프레임들에 대해 3차원 웨이블릿 변환을 수행하여 $f(t)$ 의 상세정보인 7개의 부대역을 생성한다. 다음으로 7개의 부대역을 구성하는 서브 프레임 크기로 2차원 PN 시퀀스를 생성한 후, 사용자 정보를 영상 프레임에 은닉할 수 있도록 확산스펙트럼의 상관도 피크 위치를 코딩하기 위한 데이터를 소유자의 특정 정보로부터 추출한다. 추출된 데이터는 부호화 과정을 거친 후, 상관도 피크 위치가 코딩되도록 난수 배열을 바꾼다. 사용자 정보로 변경된 난수 배열은 3차원 웨이블릿 변환에 의한 7개의 부대역중 선정된 3개 부대역을 구성하는 개별 프레임에 각각 더해져 워터마크가 삽입된 프레임이 생성된다.

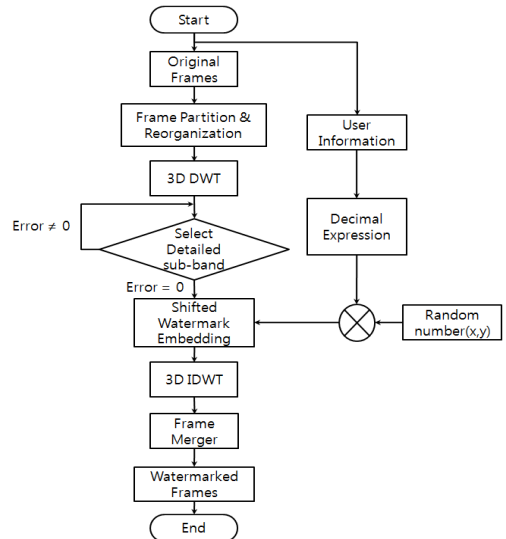


그림 5. 비디오 워터마크 삽입 순서도

워터마크는 신호의 왜곡이나 압축 등에 대해 강인함을 확보하기 위하여 DSS(direct spread spectrum) 기술로 생성하며, 생성 절차는 다음과 같다.

- a) 정보를 삽입할 수 있는 프레임 양을 증가시키기 위해, N개의 원본 프레임을 홀수, 짝수 행과 열을

재조합하여 4N개의 공간 평면 서브 프레임으로 재구성한다.

- b) 워터마크를 삽입하는 단위 원본 프레임 개수를 n 이라고 하면, a)의 프레임 분할후 2단계 3차원 웨이블릿 변환에 의해 생성되는 7개의 부대역에 n개 단위로 사용자 정보를 삽입하게 된다. 즉, 3차원 웨이블릿 변환 평면에서 서브 프레임당 q 비트를 표현할 수 있으므로, q x n 비트 정보로 재구성한다.
- c) 최상위 또는 최하위 비트를 이용하여 +/- 부호화 비트로 이용하면 서브 프레임당 (q+1) x n 비트를 표현할 수 있게 된다.
- d) 생성되는 워터마크는 -1, 1의 값을 갖는 uniform distribution PN 시퀀스가 서브 프레임의 크기를 갖도록하며, 초기 배열이 기준 워터마크가 된다.
- e) c)에서 생성된 2차원 기준 워터마크를 이용하여, 삽입하려는 정보를 (q+1)비트로 분할하여 기준 워터마크를 위치 코딩으로 이동한 워터마크로 생성한다.

위치 코딩에 의한 워터마크를 잡음에 강인하도록 하기 위해서는 1 화소 단위의 위치 이동을 적용할 수는 없다. 1 화소 단위의 위치 이동은 사이즈 조정, 압축하는 과정에서 발생할 수 있는 비동기 현상이나 회전과 같은 기하학적인 변형에 의해서 오류를 일으키기 쉽다. 이를 예방하기 위해서는 피크 위치의 샘플 간격을 충분히 확보해주는 것이 좋다. 물론, 샘플 간격이 $2^l \times 2^m$ 늘어나는 만큼 삽입할 수 있는 정보량은 (l+m) 비트만큼 줄어든다. 그러나 회전에 대해서는 (6)에서 정의된 오차범위 내에서 정보추출에 영향을 받지 않는다.

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{(n \times n) / (2^l \times 2^m)}{\sqrt{((n \times n) / (2^l \times 2^m))^2 + 1}} \right) \quad (6)$$

즉, 352x288 크기의 동영상을 프레임 분할과 2단계 3차원 웨이블릿 변환을 거치면, 44x36 크기의 서브프레임들이 생성되며 하나의 서브 프레임에는 10비트의 정보를 삽입할 수 있게 된다. 이때, 4x4 샘플 간격으로 위치 코딩을 설정하게 되면 서브 프레임당 6비트의 정보

를 삽입하게 된다. 여기에 +/- 부호화 비트가 추가되므로 서브 프레임당 표현할 수 있는 정보는 7비트가 된다. 하나의 서브 프레임에 삽입/검출되는 워터마크는 4x4 샘플 간격으로 이루어지므로, 샘플 단위 크기의 회전에 대해서는 이론적으로 보정 없이 정보를 정확히 추출할 수 있으며, 이 정도의 회전은 프로그램에 의한 자동 보정이 가능한 영역이 된다. 샘플 간격을 4x4 이상으로 하게 되면 회전에 대한 오차 허용범위는 커지지만 삽입할 수 있는 정보량은 줄어든다. 예를 들어, 8x8 샘플 간격으로 위치 코딩을 설정하면 회전에 대한 오차 허용범위는 4x4의 2배로 커지지만, 서브 프레임당 삽입할 수 있는 정보는 5비트가 되어 4x4일 때보다 2비트가 줄어들게 된다.

3. 워터마크 검출

[그림 6]은 워터마크 검출 과정으로서, 삽입 절차에서 사용했던 방법을 역순으로 수행하게 된다.

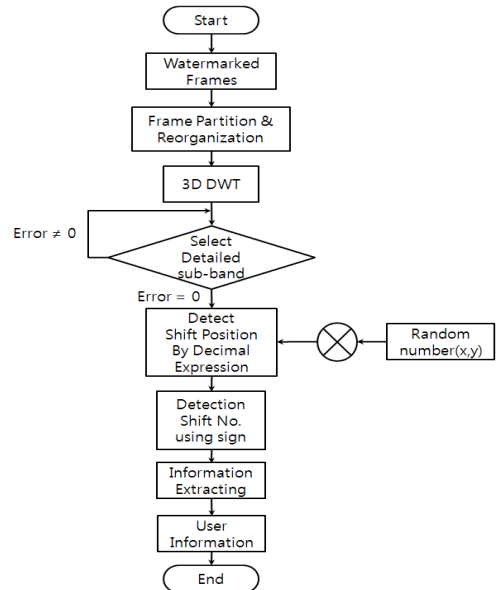


그림 6. 워터마크 검출 순서도

워터마크가 삽입된 동영상 프레임은 3차원 웨이블릿 변환에 의한 서브 프레임과 기준 워터마크간 상관도를 취하여 확산스펙트럼의 상관도 피크 위치를 역으로 추

출한다. 추출된 확산스펙트럼의 상관도 피크 위치 정보는 사용자 정보에 의해 변경되었으므로, 역과정을 수행하면 입력된 정보를 구할 수 있다.

III. 성능평가

제안한 비디오 워터마킹 알고리즘의 성능을 평가하고자 6개의 동영상 파일과 16자리의 사용자 주민등록번호와 일시 정보를 사용하였다.

실험에 사용된 동영상 프레임은 352x288크기로서 96개 프레임으로 구성된다. 2단계 3차원 웨이블릿 변환에 의해 생성된 7개의 상세 부대역중 잡음에 대해 가장 강인성이 좋은 3개 부대역을 이용하였으며, 각 부대역은 44x36 크기의 8개 서브 프레임으로 구성된다. 위치 코딩을 위한 샘플 간격을 4x4로 설정하면 한개의 서브프레임당 $11 \times 9 \times 2(\pm \text{부호화비트}) = 198$ 만큼의 위치 정보를 나타낼 수 있으므로, 한 개의 서브프레임에 7비트의 정보를 삽입할 수 있게 된다. 즉, 한 개의 부대역에는 56비트의 정보를 삽입할 수 있으므로, 7개의 부대역을 모두 사용할 경우 392비트 정보 삽입이 가능하다. 이는 약 0.54초 길이의 352x288 크기 동영상에 392비트가 삽입된 것으로서, Kyung-Su Kim 등이 제안한 방법 [9]과 직접적인 비교는 어려우나 [9]의 방법은 17초 길이의 1920x1080 HD급 영상에 총 192비트를 삽입했으므로 삽입 정보량 측면에서는 본 제안 방식이 64배 이상 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

[표 1]은 강도를 5, 7, 9, 11의 4단계로 변화시켜 가며, 6개의 동영상 파일에 대해 다양한 코덱 출력의 PSNR과 BER 결과를 비교한 것이다.

표 1. 워터마크 삽입 동영상의 PSNR과 BER 비교 (PSNR : dB, BER : %)

Video		Strength				
		S5	S7	S9	S11	
1	Uncompressed	PSNR	40.90	38.20	36.16	34.53
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0
	MPEG-4	PSNR	38.30	38.21	37.90	36.93
		AVG_BER	53.83	49.77	20.41	0.0
	msvc	PSNR	37.41	36.96	36.38	35.80
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0

2	cvid	PSNR	35.83	35.51	35.02	34.60	
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Uncompressed	PSNR	39.90	37.27	35.29	33.71	
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0	
	MPEG-4	PSNR	38.24	38.13	37.67	37.01	
		AVG_BER	51.76	51.53	27.45	0.0	
	msvc	PSNR	36.41	36.00	35.44	34.89	
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0	
	cvid	PSNR	36.99	36.75	36.07	35.59	
		AVG_BER	4.24	0.0	0.0	0.0	
	3	Uncompressed	PSNR	38.16	35.44	33.39	31.76
			AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0
MPEG-4		PSNR	37.75	37.83	36.98	35.75	
		AVG_BER	53.65	47.95	15.17	0.0	
msvc		PSNR	35.77	35.29	34.75	34.07	
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0	
cvid		PSNR	32.26	34.63	34.58	33.99	
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0	
4		Uncompressed	PSNR	37.66	34.83	32.73	31.07
			AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0
		MPEG-4	PSNR	34.37	34.30	34.15	33.73
			AVG_BER	49.39	31.36	6.06	0.0
	msvc	PSNR	34.69	34.39	33.98	33.51	
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0	
	cvid	PSNR	32.58	32.57	32.64	32.39	
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0	
	5	Uncompressed	PSNR	37.92	35.11	33.02	31.36
			AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0
		MPEG-4	PSNR	35.50	35.74	35.54	35.04
			AVG_BER	50.99	49.03	23.99	0.0
msvc		PSNR	35.34	34.98	34.57	34.07	
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0	
cvid		PSNR	30.05	30.63	30.36	30.04	
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0	
6		Uncompressed	PSNR	39.59	36.84	34.81	33.20
			AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0
		MPEG-4	PSNR	36.26	36.27	36.35	35.27
			AVG_BER	50.79	47.93	19.99	0.0
	msvc	PSNR	37.13	36.43	35.61	34.88	
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0	
	cvid	PSNR	33.92	33.58	33.46	33.01	
		AVG_BER	0.0	0.0	0.0	0.0	

압축하지 않은 원본 동영상과 워터마크가 삽입된 동영상간의 강도변화에 따른 PSNR과 BER 결과를, MPEG-4, msvc, cvid는 원본 동영상에 대해 워터마크가 삽입된 동영상에 다양한 코덱을 적용한 후의 PSNR과 BER 결과를 비교한 것이다. PSNR 계산에서 압축하지 않은 상태보다는 압축한 상태일 때가 좋게나오는 것은 워터마크가 제거되면서 오히려 PSNR 상승효과를 가져온 것이다. 이것은 압축할 때 사용하는 이산 코사인 변환과 같은 경우에 고주파 성분을 대부분 제거하기 때문에 워터마크의 고주파 성분은 제거되고 저주파와

중간주파 성분만이 화질에 영향을 주기 때문이다.

[표 2]는 워터마크가 삽입된 동영상에 다양한 코덱으로 압축한 후의 총 비트 전송률을 나타낸 것이다.

표 2. 코덱 공격에 따른 총 비트 전송률 (단위 : kbps)

Video \ Strength		S5	S7	S9	S11
1	MPEG-4	203	246	362	592
	msvc	26,872	27,100	27,210	27,110
	cvid	6,924	7,092	7,221	7,291
2	MPEG-4	488	518	617	806
	msvc	27,291	27,324	27,371	27,377
	cvid	7,455	7,497	7,508	7,538
3	MPEG-4	685	703	778	965
	msvc	25,707	26,433	26,921	27,044
	cvid	6,771	6,872	6,970	7,081
4	MPEG-4	865	905	995	1,176
	msvc	26,100	26,698	27,085	27,157
	cvid	7,258	7,220	7,231	7,264
5	MPEG-4	629	648	707	874
	msvc	25,989	26,626	27,048	27,123
	cvid	7,075	7,082	7,132	7,189
6	MPEG-4	473	485	557	776
	msvc	26,098	26,700	27,090	27,159
	cvid	7,151	7,178	7,205	7,248

[표 1]의 'Uncompressed PSNR' 값들로부터, 강도가 높아질수록 워터마크가 삽입된 영상 프레임이 원본에 비해 화질이 약간씩 열화되고 있음을 알 수 있다.

다양한 코덱을 적용한 후의 PSNR과 평균 BER 결과를 보면 마이크로소프트사의 msvc 코덱의 경우에는 S5로 워터마크 삽입 강도를 약하게 해도 BER = 0%의 결과를 보이지만, msvc에 비해 압축률이 높은 MPEG-4 코덱의 경우에는 S11로 삽입 강도를 높여야 오류가 없음을 알 수 있다. [표 1]의 결과를 Chasan CHOUSE가 제안한 '웨이블릿 기반 비디오 워터마킹' 알고리즘[10]과 비교해 보면, MPEG-4 압축시 CHOUSE가 제안한 방법은 PSNR = 36.9dB에서 BER = 18.8%이나 본고에서 제안한 방법은 6개의 실험 동영상에 대해 강도를 S11로 하면, 33.73dB에서 37.01dB의 PSNR 값에 대해 BER = 0%으로 더 우수함을 알 수 있다.

[그림 7]은 사용자 정보를 이용하여 3개의 부대역 프레임에 삽입된 워터마크에 대해 확산스펙트럼의 상관

도 피크 위치를 구한 것으로써, 상관도 피크 위치가 잘 검출됨을 알 수 있다.

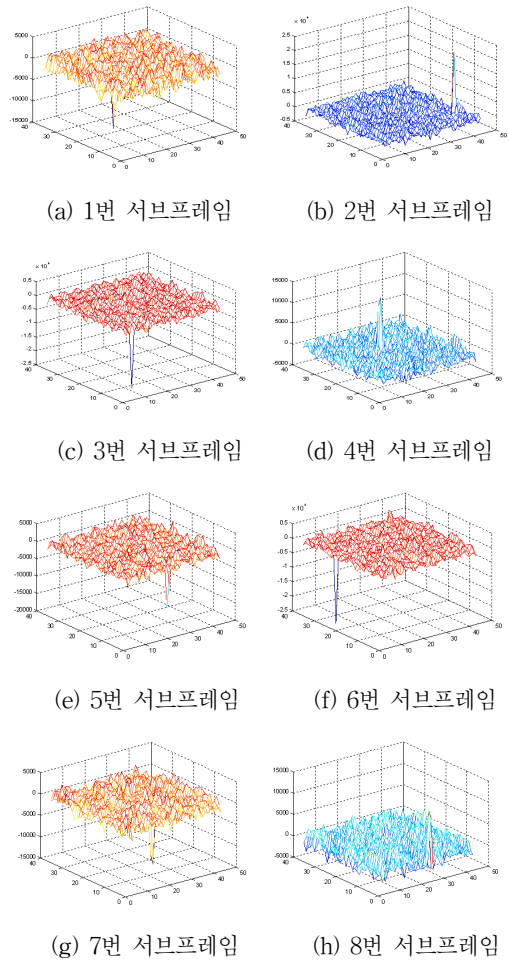


그림 7. 부대역의 8개 서브프레임 상관도 피크

IV. 결론

본 논문에서는 확산스펙트럼 상관도의 위치 코딩을 이용하여 동영상 콘텐츠의 저작권 보호를 위한 비디오 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 352x288 크기의 6개 동영상에 대해 비가시성과 강인성을 보장하면서, 프레임 분할과 3차원 웨이블릿 변환에 의해 생성된 7개 부대역중 3개 부대역을 이용하여 168

비트(부대역당 56비트 x 3개 부대역)의 정보를 삽입, 추출할 수 있었다. 위치 코딩을 이용할 때의 추가적인 장점은 피크가 존재하면 위치정보의 오류가 비트로는 1-2bit 오류에 불과하므로 오류정정코드를 이용한 오류 정정이 매우 용이하다는 것이다.

상기 방법은 날로 불법 유통이 증가하고 있는 동영상 콘텐츠에 다양한 정보를 은닉함으로써 저작권 보호를 가능케 하는 기술이다. 실험에서는 8개 프레임을 기본 유닛으로 움직임이 적고 에너지가 집중되는 3개 부대역을 이용하여 168비트 정보를 삽입하였으나, 3차원 웨이블릿 변환에 의해 생성되는 7개 상세 부대역들을 모두 이용할 경우 전체 96프레임에 총 4,704비트의 정보 삽입이 가능하다. 또한, 확산스펙트럼의 상관도 위치 코딩 기법은 이미지, 오디오, 비디오 워터마킹 등에 적용하여 충분한 삽입용량을 확보할 수 있도록 하는 유용한 방법으로써 다양한 저작권 보호에 효과적이다.

한편, 제안 알고리즘은 3차원 웨이블릿 변환과 대역 확산 상관도의 위치 코딩을 위한 많은 연산양때문에 비디오에 대한 실시간 워터마크 삽입이 어려우므로, 이를 개선하기 위한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] B. Rosenblat, B. Trippe, and S. Mooney, *Digital Rights Management, Business and Technology*, M&T Book, 2002.
- [2] 김종원, *기술적 보호조치 표준화 연구 보고서*, 한국저작권위원회, 2009.
- [3] H. Nakazawa, A. Kosate, G. Morrison, and H. Tominaga, "A Study on digital watermarking on MPEG-2 video for copyright protection," P. of 1997 SCIS, SCIS'97-31D, 1997.
- [4] F. Hartung and B. Girod, "Digital Watermarking of MPEG-2 Coded Video in the Bitstream Domain," P. of ICASSP 1997, Vol.4, pp.2621-2624, 1997.
- [5] A. Kusanagi and H. Imagi, "A method of

watermarking for compressed video," P. of SCIS 1999, 1999.

- [6] Y. Li and X. Gao, "A 3D Wavelet Based Spatial-Temporal Approach for video watermarking," P. of ICCIMA 2003, pp.260-265, 2003.
- [7] X. Gao and X. Tang, "Unsupervised video-shot segmentation and model-free anchor-person detection for news video story parsing," J. of IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech., Vol.12, No.9, pp.765-776, 2002.
- [8] 김광일, 최기철, 김종원, 최종욱, "프레임 분할과 3D 웨이블릿 변환을 이용한 비디오 워터마킹", 한국정보보호학회논문지, 제18권, 제3호, pp.155-162, 2008.
- [9] K. S. Kim, D. H. Im, Y. H. Suh, and H. K. Lee, "A Practical Real-Time Video Watermarking Scheme Robust Against Downscaling Attack," J. of LNCS, Vol.5041, pp.323-334, 2008.
- [10] Chasan CHOUSE and Yüksel TOKUR, "A Wavelet-Based Video Watermarking," P. of ELECO 2005, Vol.2, pp.180-184, 2005.

저자 소개

나지하(Jihah Nah)

정희원



- 1991년 2월 : 서울시립대학교 전자공학과(공학사)
- 1993년 2월 : 서울시립대학교 전자공학과(공학석사)
- 1993년 3월 ~ 2003년 10월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2003년 11월 ~ 2008년 7월 : 한국소프트웨어진흥원 임베디드SW 팀장
- 2001년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학부 재학

<관심분야> : 저작권보호, 워터마킹, 멀티미디어, 임베디드SW

김 종 원(Jong-Weon Kim) 정회원



- 1995년 2월 : 서울시립대학교 전자공학과(공학박사)
- 1995년 3월 ~ 1996년 2월 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원
- 1996년 3월 ~ 2000년 8월 : 주성대학 정보통신학과 교수

- 2000년 9월 ~ 2004년 2월 : (주)마크애니 부설 연구소장
- 2004년 3월 ~ 2005년 2월 : 상명대학교 소프트웨어학과 초빙교수
- 2005년 3월 ~ 2009년 2월 : 상명대학교 디지털저작권보호연구센터 책임연구원/연구교수
- 2009년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 저작권보호학과 교수

<관심분야> : 디지털저작권관리, 디지털 워터마킹, 디지털 신호처리

김 재 석(Jaeseok Kim) 정회원



- 1977년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
- 1979년 2월 : 한국과학원 전기 및 전자공학과(공학석사)
- 1988년 : Rensselaer Polytechnic Institute NY, USA 박사

- 1988년 ~ 1993년 : Technical Staff, AT&T Bell Lab, Murray Hill, NJ, USA
- 1993년 ~ 1996년 : 한국전자통신연구원(ETRI) VLSI 연구실장
- 1996년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학부 교수
- 2005년 ~ 2006년 : 대한전자공학회 SoC 설계연구회 회장

<관심분야> : 통신 IC 설계, 고성능 디지털 신호처리 VLSI 설계, CAD S/W, H.264/AVC 코덱