

논문 2009-1-1

# 계층적 깊이 영상으로 압축된 다시점 비디오에 대한 디지털 워터마크 기술

## Digital Watermarking Technique of Compressed Multi-view Video with Layered Depth Image

임중희\*, 신중홍\*\*, 지인호\*\*\*

Joong-Hee Lim, Jong-hong Shin, Inn-ho Jee

요 약 본 논문에서는 리프팅 웨이블릿 변환을 이용한 디지털 영상의 워터마크 기술을 제안하였다. 이 워터마크 기술은 쉽게 비디오와 관련된 콘텐츠에 대한 워터마크 기술로 확장 될 수 있다. 그래서 깊이 정보를 포함하는 다시점 영상을 효과적으로 압축할 수 있는 계층적 깊이 영상 구조라는 새로운 콘텐츠에 제안 기술을 적용하였다. 이 방법은 기존 시점 영상에만 워터마크를 삽입하므로 그 과정이 간단하다는 장점을 가진다. 그리고 계층적 깊이 영상 구조의 특성상 나머지 시점 영상으로 워터마크가 전파되므로 모든 시점 영상에 대하여 저작권을 보호할 수 있다는 장점도 가지고 있다.

**Abstract** In this paper, proposed digital image watermarking technique with lifting wavelet transformation. This watermark technique can be easily extended in video content fields. Therefore, we apply this watermark technique to layered depth image structure that is efficient compression method of multi-view video with depth images. This application steps are very simple, because watermark is inserted only reference image. And watermarks of the other view images borrow from reference image. Each view image of multi-view video may be guaranteed authentication and copyright.

**Key Words :** Watermarking, Wavelet, Lifting, Multi-View Video, Layered Depth Image.

### I. 서 론

워터마크의 기술은 다양한 종류의 디지털 콘텐츠의 소유권 및 저작권을 보호하기 위해서 많은 연구가 진행되고 있다. 특히, 디지털 영상에 대한 저작권을 보호하기 위한 워터마크 기술에서는 마크(mark) 영상으로 만들어진 소유권 정보(Copyright Message)를 눈에 보이지 않도록 디지털 영상에 삽입하는 기술이 많이 사용되고 있다. 이러한 디지털 영상에 대한 워터마크 기술은 그 적

용 범위를 비디오 영상까지도 확장 가능하다.

디지털 처리 기술과 멀티미디어의 발전은 새로운 콘텐츠의 생성을 가능하게 하고 있다. 그리고 이러한 새로운 콘텐츠의 소유권 보호에 대한 요구는 더욱 중요하게 생각되고 있다. 비디오 콘텐츠는 VCD 수준을 넘어서 DVD에 저장되는 HD급으로 발전을 하였다. 이러한 화질 향상에 대한 발전 이후의 다음 목표는 비디오 콘텐츠가 입체적이거나 여러 시점을 갖는 형태가 될 것이다. 그래서 3차원 TV (3D TV) 또는 자유시점 TV (Free viewpoint TV) 등의 분야에서 이에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

\*준회원, 홍익대학교 전자전산공학과

\*\*정회원, 한국사이버대학교 컴퓨터정보통신학과

\*\*\*정회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

접수일자 2008.11.15, 수정완료 2009.1.25

다시점 비디오(Multi-View video)는 3차원 TV 또는 자유시점 TV분야에서 새롭게 요구되는 차세대 비디오 콘텐츠이다. 이것은 한 장면을 여러 위치의 시점에서 다수의 카메라로 동시에 촬영한 것으로 이 비디오 콘텐츠를 이용하면 사용자들이 요구하는 다양한 시점의 영상을 제공 할 수 있다. 다시점 비디오에는 각 장면의 컬러 영상뿐만 아니라 깊이 영상(depth image)이 포함된다. 깊이 영상은 촬영된 이외의 시점을 보간(interpolation) 과정을 통해서 생성 가능하게 하고 또한 입체 화면의 구성을 가능하게 한다. 그러나 다시점 비디오는 막대한 데이터 량을 갖게 되어서 그 양을 줄이는 압축 부호화 기술이 필수적이게 된다.

최근, 계층적 깊이 영상(Layered Depth Image)의 개념을 이용하여 깊이 정보를 포함하는 다시점 비디오를 효과적으로 압축 부호화하는 기술이 주목 받고 있다. 새로운 콘텐츠로 등장한 다시점 비디오는 압축뿐만 아니라 소유권 및 저작권을 주장할 수 있는 기술을 요구 받게 될 것이다. 그래서 본 논문에서는 디지털 영상에 대한 워터마크 기술을 응용하여 다시점 비디오를 위한 워터마크 기술을 제안하였다. 그리고 이 기술은 필수적으로 일어나는 압축 공격에서도 강인성이 우수함을 실험을 통해서 확인하였다.

본 논문의 구성으로 II장에서는 디지털 영상을 위한 효과적인 워터마크 기술을 소개하고, III장에서는 깊이 영상을 포함하는 다시점 비디오의 계층적 깊이 영상 표현의 개념을 소개한다. 그리고 IV장에서는 계층적 깊이 영상으로 표현되는 다시점 영상의 워터마크 삽입 및 검출 실험과 그리고 워터마크의 강인성 실험을 실시하였다. 마지막 V장에서는 본 연구에 대한 결론 및 추후 연구 과제를 제시하였다.

## II. 디지털 영상을 위한 효과적인 워터마크 기술

### 1. 리프팅 웨이브렛 변환 영역에서의 워터마크 삽입

웨이브렛 변환(Wavelet transformation)은 시간과 주파수 영역에서 동시에 지역성(locality)을 갖는다. 그래서

영상의 웨이브렛 변환은 대역 분할된 신호들을 생성하며 결과적으로 옥타브 트리를 구성하게 된다. 그림 1은 영상의 웨이브렛 변환을 통해서 대역 분할된 옥타브 트리를 나타낸다. LLLL은 영상의 최저주파수를 나타내며, HH는 영상의 고주파성분을 나타낸다. 워터마크를 영상의 중요 성분에 해당하는 LLLL부분에 삽입하면, 강인성 공격에 강인함을 갖는다. 그러나 워터마크를 은닉하는데 어려움을 갖는다. 반면, 영상의 고주파에 해당하는 HH에 워터마크를 삽입하게 되면, 각종 공격에 대하여 강인성을 보장할 수 없다[5][8].

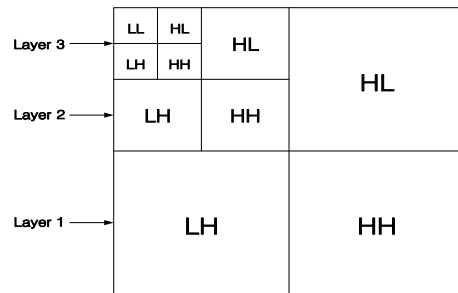


그림 1. 옥타브 트리 분할과 각 대역의 명칭  
Fig 1. Dyadic tree division and notation of each band

그래서 웨이브렛 변환은 디지털 영상에 워터마크를 삽입하는 영역을 결정하는데 효율적으로 사용된다. 그리고 리프팅(lifting) 웨이브렛 변환은 기존의 웨이브렛 변환의 실행 성능을 향상시킨 것으로 고속의 동작과 정수형 연산 그리고 메모리의 효율적 사용을 보장한다[9]. 이산 코사인 변환(Discrete Cosine Transformation : DCT)은 불규칙하게 퍼져 있는 영상의 화소들을 주파수 성분 별로 분해하여 저주파와 고주파 영역으로 분리한다. 따라서, 입력 영상과 마크 영상이 모두 DCT 변환되면 주파수 배열이 유사해지게 된다[7]. 본 논문에서는 입력 영상의 리프팅 웨이브렛 변환을 통해서 워터마크가 삽입될 저주파 부분을 찾는다. 그리고 이 웨이브렛 저주파 계수들과 워터마크 영상은 각각 DCT를 수행해서, 계수들의 주파수 배열을 유사하게 만든다. 다음으로 입력 영상의 DCT계수들에 워터마크 영상의 DCT 계수들을 삽입하게 된다. 워터마크를 삽입하는 방법에는 역 변환이 가능한 다음의 방법이 가장 대표적이다[6].

$$x_i = x'_i + \alpha w_i \tag{1}$$

여기서, 입력 영상의 DCT 계수  $X = \{x_0, x_1, \dots, x_n\}$ 에 길이가  $M$ 인 마크 영상의 DCT 계수  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_M\}$ 을 삽입하여 워터마킹 된 신호  $X' = \{x'_0, x'_1, \dots, x'_n\}$ 을 얻게 된다. 이때  $\alpha$ 는 스케일링 변수로 삽입되는 마크의 양을 조절할 수 있도록 모델링된 것이다. 두 DCT계수의 주파수 배열이 유사하므로, 마크 영상이 적절하게 비가시적으로 은닉이 된다. 그림2는 워터마크 삽입 과정을 보여준다.

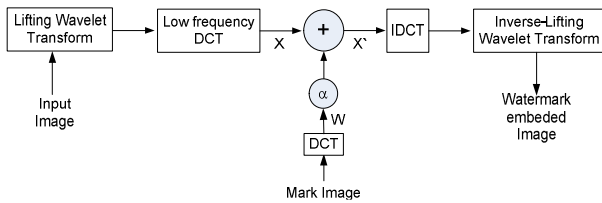


그림 2. 워터마킹 삽입 과정의 블럭도  
Fig 2. Block diagram of watermarking insertion

### 2. 리프팅 웨이브렛 변환 영역에 은닉된 워터마크의 검출

소유권의 인증을 위해서 삽입된 워터마크를 검출하는 방법은 삽입과정의 역으로 진행이 된다. 그림 3은 이 과정을 나타낸 것으로 원본 입력 영상이 필요하다.

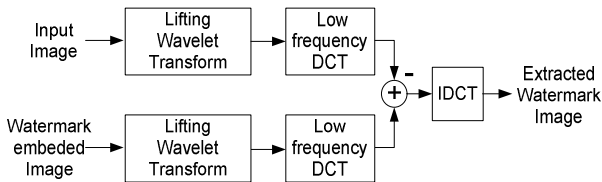


그림 3. 워터마크 검출 과정의 블럭도  
Fig 3. Block diagram of watermarking insertion

검출된 워터마크는 원래의 워터마크와 비교해서 소유권 및 저작권에 대한 증명을 보장할 수 있어야 한다. 그래서 본 논문에서는 두 워터마크의 유사도(Similarity)를 정량화하는 방법으로 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)와 상관도(Correlation)를 사용하였다. 상관도를 구하기 위해서, 원래의 워터마크와 검출된 워터마크의 공분산(Covariance)은 다음 식으로 구할 수 있다[5].

$$C_{ww^*} = E\{(W - \eta_w)(W^* - \eta_{w^*})\}$$

$$C_{ww^*} = E\{WW^*\} - E\{W\}E\{W^*\} \quad (2)$$

여기서,  $M$ 과  $M^*$ 은 원 워터마크 영상과 검출된 워

터마크 영상이다.

그리고 워터마크의 평균은  $E\{W\} = \eta_w, E\{W^*\} = \eta_{w^*}$ 으로 정의된다. 따라서 상관도는 다음과 같이 정의된다.

$$r = \frac{C_{ww^*}}{\sigma_w \sigma_{w^*}} \quad (3)$$

$\sigma_w$ 와  $\sigma_{w^*}$ 는 각각 워터마크의 표준편차이다.

## III. 깊이 영상을 포함하는 다시점 비디오의 계층적 깊이 영상 표현

### 1. 계층적 깊이 영상의 개념

다시점 영상을 구성하는 여러 시점의 영상들이 각각의 3차원 워핑(warping)함수를 사용하여 기준 시점으로 변경이 되고, 이것을 각 시점의 깊이 값에 근거하여 정렬과 합성하여 하나의 데이터 구조로 만드는 방법이 계층적 깊이 영상(layered depth image, LDI) 표현이다[2]. 시점의 수에 따라 컬러 및 깊이 영상이 각각 존재하는 다시점 영상은 많은 데이터 량을 갖지만, LDI 표현에 의해서 효율적으로 압축된 새로운 콘텐츠를 형성하게 된다. 따라서 지금 현재 LDI 표현에 관한 표준화 작업이 활발하게 진행되고 있다.

그림 4는 다시점의 컬러영상과 깊이 영상을 사용하여 계층적 깊이 영상을 생성하는 예를 보여준다[1].

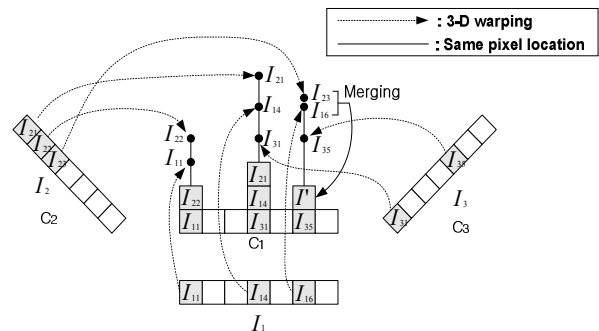


그림 4. 다시점의 컬러 영상과 깊이 영상으로부터 계층적 깊이 영상의 생성  
Fig 4. Generation of LDI from multiple color and depth images

먼저, 다른 위치의 세 개의 카메라  $I_i(i=1,2,3)$ 가 존재하

고  $C_1, C_2, C_3$ 의 영상을 갖는다. 그리고  $I_{11}$ 은 첫 번째 카메라  $I_1$ 의  $C_1$ 에서 첫 번째 화소를 나타낸다.  $I_{21}, I_{31}$ 도 마찬가지로이다. 두 번째로 사용자에게 의해서 기준 영상이 선정된다. 여기에서는  $C_1$ 을 기준영상으로 선택한다. 그리고 나머지 영상들은 기준영상으로 3차원 워핑을 수행한다. 세 번째로 컬러와 깊이 값을 갖는 워핑된 화소 들은 깊이 값에 근거하여 각화소의 위치에 저장된다. 만약, 워핑된 화소들 사이의 깊이 값 차이가 미리 정해 놓은 임계값 보다 적으면, 이것들은 하나의 화소로 합병된다. 그림에서  $I'$ 이 해당되며, 깊이값은 평균 된다. 반대로 임계값보다 크게 되면 새로운 계층이 생성된다.

### 2. 계층적 깊이 영상의 압축 성능

MicroSoft Research(MSR)에서는 깊이 영상을 포함하는 “Breakdancers”와 “Ballet”의 다시점 비디오를 제공하고 있다. 두 비디오의 품질은 XVGA급이며, 전송률은 15fps이고 1 차원 원호의 8대의 카메라에 의해서 촬영되었다[3][4].

그림 5와 6은 다시점 비디오의 첫 번째 프레임을 나타낸 것으로, 8개의 카메라 중에서 4개의 카메라의 장면을 제시하였다. 그리고 깊이 영상을 나타낸 것이다.

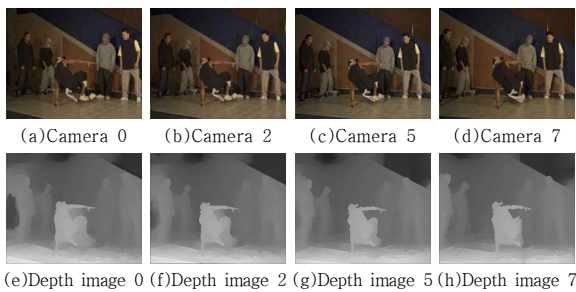


그림 5. Breakdancers의 다시점 영상  
Fig 5. Multi-view image of Breakdancers

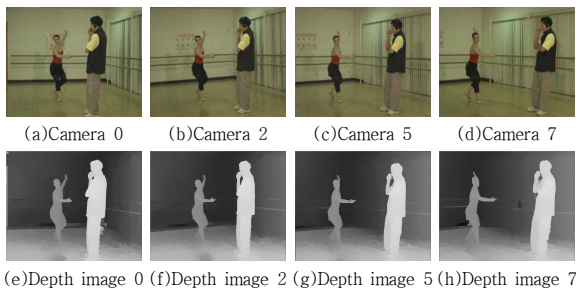


그림 6. Ballet의 다시점 영상  
Fig 6. Multi-view image of Ballet

표 1은 임계값에 따른 계층적 깊이 영상의 데이터 크

기를 비교한 것이다. 압축되지 않은 경우, 8개의 컬러 영상과 8개의 깊이 영상으로 구성된 한 프레임의 크기는 25, 166 [Kbytes]이다. 임계값(Threshold)을 1부터 시작해서 9까지 증가시키면서 데이터의 크기를 측정하면, 그 크기가 점차적으로 작아지는 것을 알 수 있다. 그러나 임계 값 5.0 이후에는 데이터 크기가 완만하게 감소하는 것을 확인 할 수 있다. LDI의 특성상 적절한 복원을 위해 추가 데이터를 필요로 하지만 표 1에서는 포함하지 않았다.

표 1. 다시점 비디오 프레임들의 LDI 데이터 크기  
Table 1. LDI Data size for the Multi-view Video Frames

Condition	Breakdancers		Ballet	
	1 <sup>st</sup> Frames	2 <sup>nd</sup> Frames	1 <sup>st</sup> Frames	2 <sup>nd</sup> Frames
1	13,596	13,374	15,684	15,628
3	11,592	11,385	12,697	12,702
5	10,852	10,676	11,819	11,835
9	10,399	10,303	11,341	11,345

### 3. 계층적 깊이 영상에서의 워터마크 기술

다시점 영상은 여러 시점의 영상들로 구성되므로, 저작권 보호를 위한 영상의 워터마크의 기술을 적용하는 경우 각각 시점에 대하여 개별적으로 마크를 삽입하여야 한다. 따라서 많은 처리과정이 필요하게 된다. 그러나 다시점 영상을 계층적 깊이 영상으로 표현하는 과정에서는 기준 영상에만 워터마크 영상의 삽입으로 구현이 가능하다. 그림 7은 본 논문에서 제안한 다시점 영상에 대한 워터마크 삽입 기술을 나타낸 것이다. 우선적으로 기준 영상에 마크 영상이 삽입된다. 그리고 다른 시점 영상들과 함께 LDI 구조로 압축이 된다. LDI에서는 여러 시점의 영상들이 기준 영상과 화소를 공유하게 된다. 따라서 기준 영상에 삽입된 워터마크도 공유하게 된다. 그러므로 LDI로부터 복원된 각 시점 영상에는 워터마크가 삽입되어 있다. 기준 영상으로부터 인접한 시점의 복원영상은 공유되는 화소가 많아서 워터마크의 양이 많이 삽입되지만, 거리가 먼 시점의 복원영상은 공유되는 화소의 수가 적어서 워터마크가 적게 삽입이 된다.

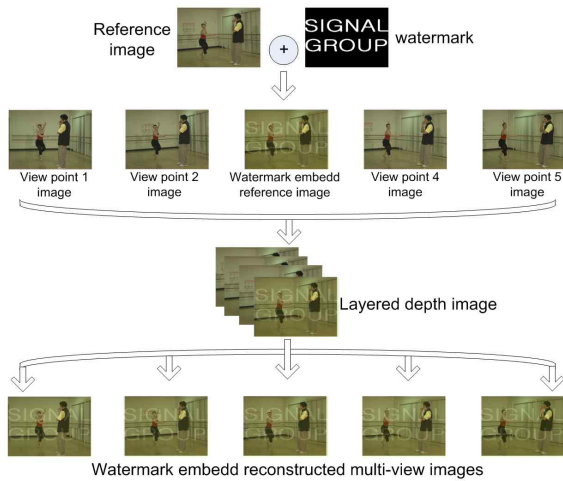


그림 7. 다시점 영상에서의 워터마킹 삽입과정  
Fig 7. Watermark insertion in multi-view image

#### IV. 계층적 깊이 영상을 위한 워터마크 실험 및 결과

##### 1. 리프팅 웨이브렛 변환을 이용한 디지털 워터마크 기술의 성능 실험

제안된 방법의 성능을 실험하기 위하여 256X256 크기의 8비트 gray level의 Lenna 영상을 사용하였다. 워터마크 영상은 256x256 크기 8 비트 gray level의 세 가지 종류를 사용하였다. 그림 8은 실험 영상과 워터마크 영상을 보여주고 있다.

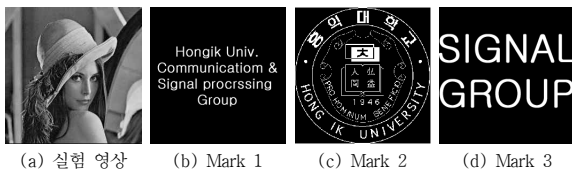


그림 8. 실험 영상과 워터마크 영상들  
Fig 8. Experimental image and watermark images

먼저, 워터마크가 삽입된 실험 영상에서 워터마크의 비가시적 은닉 여부와 화질의 변화 정도를 알아보기 위해 원 실험 영상과의 PSNR과 상관도를 측정하였다. Mark1을 삽입한 경우 PSNR값은 45.12dB를 얻었으며 상관도는 99.97%가 되는 것을 확인하여서, 수치적으로 워터마크가 효과적으로 은닉되었음을 알 수 있다. 그리고 삽입된 워터마크의 검출 실험을 실시하였다. 이 경우 원본 워터마크와의 상관도는 98.06%가 되어서 저작권 및

소작권의 주장을 가능하게 한다. 그림 9는 실험 영상과 제안 방법에 의해 워터마크가 삽입된 영상 그리고 검출된 워터마크 영상을 나타낸 것이다. 시각적으로도 워터마크가 잘 은닉된 것을 확인할 수 있으며, 또한 검출된 워터마크도 시각적으로 확인 가능하다.



그림 9. 실험 영상, 워터마크가 삽입된 실험 영상 그리고 검출된 워터마크 영상  
Fig 9. Experimental image, watermark inserted image and detected watermark image

다음으로, 제안된 워터마크 기술의 성능 평가를 위하여 견고성에 대한 실험을 수행하였다. 그래서 워터마크가 삽입된 영상에 JPEG 압축, 필터링, 크기 축소의 공격을 수행하고 그 상태에서 워터마크를 검출해서 워터마크의 품질을 평가하였다.

##### (1) JPEG 압축

JPEG 압축은 워터마크 알고리즘의 견고함을 확인할 수 있는 대표적인 실험이다. 표 2는 JPEG 압축률에 따른 원본 워터마크와 검출된 워터마크와의 상관관계를 나타낸 것이다. 압축률 20% 이상 경우에는 상관도가 높고 시각적으로도 인식 가능하다. 그림 10은 워터마크가 삽입된 영상의 JPEG 50% 압축 결과 영상과 검출된 마크영상을 나타낸 것이다.

그림 (a)는 Mark 1이 삽입된 영상으로 비가시적으로 은닉이 잘 된 것을 확인할 수 있다. 그리고 나머지 그림은 검출된 워터마크의 영상의 품질이 우수함을 보여준다.

표 2. JPEG 압축에서 검출된 워터마크 영상의 상관도  
Table 2. Correlation of detected watermark images from JPEG compression

워터마크	압축률(%)						
	60	50	40	30	20	10	5
Mark 1	93.21	92.72	92.50	91.12	83.41	40.81	12.8
Mark 2	81.00	80.29	79.88	77.52	67.12	24.51	8.09
Mark 3	97.81	97.40	97.13	95.85	89.12	50.45	16.8



그림 10. 압축률 50%로 JPEG 압축된 영상과 검출된 워터마크 영상

Fig 10. JPEG compressed image with compress ratio 50% and detected watermark image

(2) 필터링

워터마크가 삽입된 영상에 필터링(filtering)을 수행하고, 필터링 된 영상으로부터 워터마크를 검출하는 실험이다. 표 3은 일반적인 세 종류의 저주파 통과 필터링과 고주파 통과 필터링의 결과에 대한 상관도를 나타내었다. 저주파 통과 필터 1, 2, 3은 평균 필터로 계수의 합은 1이다. 그리고 고주파 필터 1, 2, 3은 모두 계수의 합이 1이고 계수간의 최대 차이는 3~10정도의 범위를 갖는다. 그림 11은 낮은 상관도에 불구하고 필터링 된 영상과 검출된 영상에 대한 은닉 및 검출의 우수성을 확인할 수 있다.

표 3. 필터링 처리후 검출된 워터마크 영상의 상관도  
Table 3. Correlation of detected watermark images from filtering

워터마크	저주파 필터(%)			고주파 필터(%)		
	1	2	3	1	2	3
Mark 1	26.34	29.82	32.21	27.40	29.14	74.70
Mark 2	21.35	23.84	25.63	22.03	23.25	62.09
Mark 3	34.45	38.40	41.90	40.35	43.05	92.86



(a)저주파필터링영상과 검출영상(필터1)(b)고주파필터링영상과검출영상(필터2)

그림 11. 필터링 처리 후 영상과 검출된 워터마크 영상  
Fig 11. Filtering image and detected watermark image

(3) 크기 축소

워터마크가 삽입된 영상이 임의의 크기로 축소된 후, 다시 원래 크기로 확대하여 워터마크를 검출하는 실험이다. 표 4는 Bicubic 보간 알고리즘을 이용하여 원 영상의 크기로 복원하고 원 영상과 상관도를 구한 결과이다. 축

소가 클수록 제거되는 워터마크가 많아서 상관도가 낮은 수치를 갖는다. 그림 12는 축소된 영상과 검출 영상을 보여주고 있다. 워터마크가 시각적으로 잘 검출된 것을 확인할 수 있다.

표 4. 크기 축소 후 검출된 워터마크 영상의 상관도  
Table 4. Correlation of detected watermark images from resampling

워터마크	Bicubic(%)			
	100×100	128×128	192×192	224×224
Mark 1	17.35	34.88	73.62	81.95
Mark 2	14.35	28.48	60.78	68.29
Mark 3	24.09	44.16	81.70	88.74

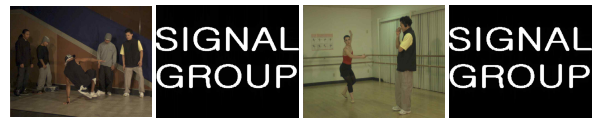


(a) 192X192축소에서 복원된 워터마크 (b) 100X100축소에서 복원된 워터마크

그림 12. 축소 영상과 검출된 워터마크영상  
Fig 12. Resampling image and detected watermark image

2. 계층적 깊이 영상에서 워터마크의 삽입 및 검출 실험

그림 13은 기준 영상인 카메라 4번 시점 영상에 워터마크를 삽입한 결과와 그리고 검출된 워터마크 영상을 나타낸 것이다. Breakdancers 영상에서는 원 기준 영상과의 비교 결과 PSNR은 54.81이고 상관도는 99.99%이다. Ballet 영상에서는 PSNR은 55.87이고 상관도는 99.99%이다. 따라서 두 영상 모두 워터마크가 잘 은닉되었다. 그리고 검출된 워터마크의 상관도는 Breakdancers와 Ballet 영상 모두 98%가 되어서 저작권 및 소유권을 주장하기에 충분하다.



(a) Breakdancers (b) Ballet  
그림 13. 워터마크가 삽입된 기준 영상과 검출된 워터마크 영상

Fig 13. Reference image with inserting watermark and Detected watermark image

그림 14와 15는 계층적 깊이 영상으로부터 복원된 다시점 영상이다. 복원된 영상의 화질 개선을 위해서 추가 데이터가 사용되었다. 카메라 4번의 기준 영상은 워터마크가 삽입되어 있고 나머지 시점의 영상들은 워터마크 영상이 복사되었다. 모두 시각적으로 워터마크의 삽입이 잘 은닉된 것을 보여준다. 계층적 깊이 영상에서 사용한 임계값은 9이다.

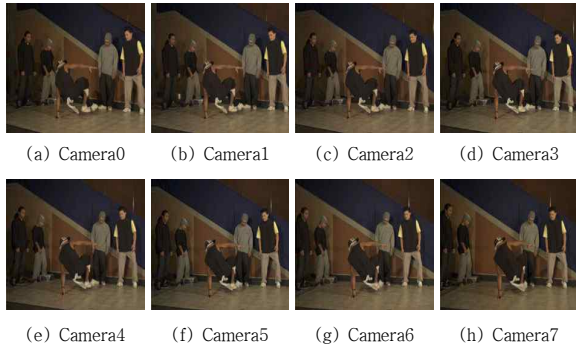


그림 14. 워터마크가 삽입된 복원 Breakdancers 다시점 영상

Fig 14. Reconstruction Breakdancers multi-view image with inserting watermark

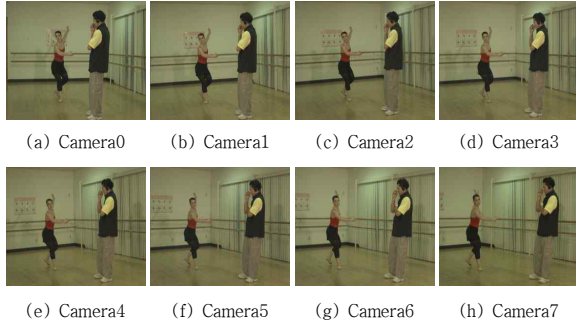


그림 15. 워터마크가 삽입된 복원 Ballet 다시점 영상

Fig 15. Reconstruction Ballet multi-view image with inserting watermark

표 5는 원래의 다시점 영상들과 추가 데이터 없이 워터마크가 삽입된 다시점 영상들과의 PSNR과 상관도를 나타낸 것이다. 워터마크가 비가시적으로 잘 삽입된 것을 수치적으로 확인할 수 있다

표 5. 워터마크가 삽입된 복원 영상들의 상관도

Table 5. Correlation of reconstructed images with watermark insertion

video	th	camera	0	1	2	3	4	5	6	7
Breakdancers	3	PSNR	58.06	57.97	57.53	57.17	56.57	57.29	57.64	57.78
		Correlation (%)	100	100	100	100	99.99	100	100	100
	5	PSNR	58.03	57.90	57.51	57.13	56.57	57.21	57.61	57.78
		Correlation (%)	100	100	100	100	99.99	100	100	100
	9	PSNR	58.01	57.86	57.47	57.09	56.57	57.18	57.60	57.80
		Correlation (%)	100	100	100	100	99.99	100	100	100
Ballet	3	PSNR	61.01	59.68	59.54	58.55	58.86	58.35	59.85	60.09
		Correlation (%)	100	100	100	100	99.99	100	100	100
	5	PSNR	60.98	59.67	59.45	58.46	58.86	58.26	59.73	60.04
		Correlation (%)	100	100	100	100	99.99	100	100	100
	9	PSNR	60.85	56.68	59.30	58.39	58.86	58.24	59.66	60.00
		Correlation (%)	100	100	100	100	99.99	100	100	100

그림 16과 17은 워터마크가 삽입되거나 복사된 복원 시점 영상으로부터 추출된 워터마크 영상을 나타낸 것이다. 기준 영상으로부터 인접한 시점 영상은 많은 양의 워터마크가 복사되어서 추출된 결과도 우수하다. 반면, 기준 영상에서 먼 시점의 영상은 복사된 양이 적어서 추출된 워터마크도 부족한 것을 확인할 수 있다. 그러나 전체적인 관점에서 볼 때 추출된 워터마크의 내용을 확인할 수 있어, 저작권을 주장하는 것은 가능하다.

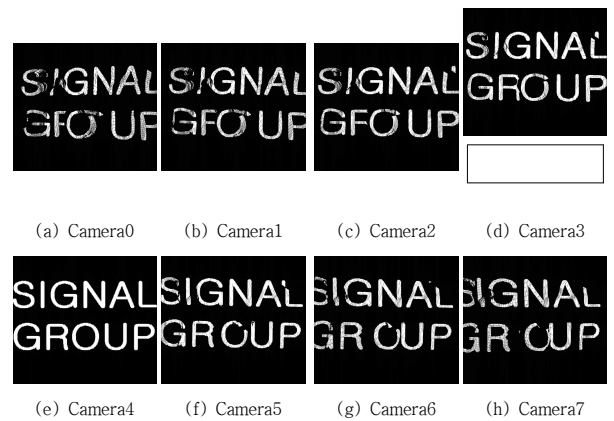


그림 16. Breakdancers에서 워터마크 검출 영상  
Fig 16. Detected watermark image from Breakdancers

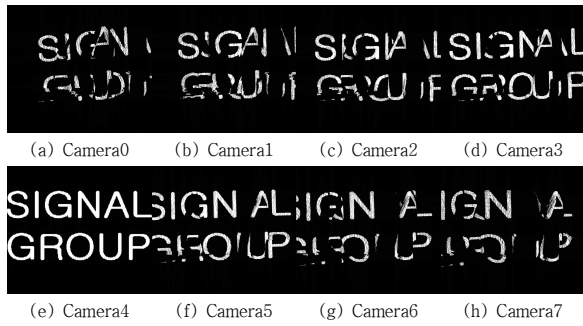


그림 17. Ballet에서 워터마킹 검출 영상  
Fig 17. Detections watermark image from Ballet

표 6은 검출된 워터마크의 상관도를 나타낸 것으로, 원 워터마크와의 유사성을 비교해서 워터마크의 훼손 정도를 수치적으로 나타낸 것이다. 시점간의 차이가 존재하므로 기준영상과 인접한 시점의 검출 워터마크에서 상관도가 크고, 먼 시점의 검출 워터마크는 상관도가 작다. 임계값이 클수록 압축률이 증가하고 중복되는 화소가 많으므로, 각 시점 영상으로 워터마크 영상이 많이 복사되어 삽입된다. 따라서 각 시점 영상에서 검출된 워터마크의 상관도는 임계값이 클 것으로 예상되지만, 표 6에서는 시점간의 차이로 정확하게 나타내지는 못했다.

표 6. 검출 워터마크의 상관도  
Table 6. Correlation of Detected watermark images

Video	Th	0	1	2	3	4	5	6	7
Break dancers	3	14.73	12.63	22.63	33.33	97.87	29.46	15.32	18.00
	5	15.11	12.78	22.91	33.49	97.87	29.61	15.26	18.08
	9	15.79	12.82	22.60	33.30	97.87	29.55	15.23	17.94
Ballet	3	12.87	15.19	13.31	14.31	98.19	15.92	11.54	12.13
	5	13.21	15.27	13.44	14.90	98.19	16.12	11.99	12.44
	9	13.25	15.63	14.06	14.71	98.19	15.94	12.03	12.31

## V. 결론

웨이브렛 변환은 디지털 영상에 저작권이 소유권을 주장하기 위해서 사용되는 워터마크 영상을 삽입하는 영역을 결정하는 역할을 한다. 그리고 리프팅 웨이브렛 변환은 덧셈기와 지연기만으로 실행 가능하므로 고속의 처리 가능하다. 또한 정수형 처리가 가능해서 메모리를 절약하는 장점을 가능하다. 따라서 많은 영상 프레임을 가지고 비디오에 대한 워터마크 기술에서는 리프팅 기반의 워터마크 기술이 매우 효과적일 것이다. 본 논문에서는

리프팅 변환과 이산 코사인 변환을 이용하여 디지털 영상의 워터마크 기술을 제안하였다. 그리고 이 기술에 대한 성능 평가를 위하여 강인성 기반의 워터마크의 삽입과 검출 실험을 수행하였고 좋은 성능을 나타내는 것을 확인하였다. 제안한 워터마크 기술은 쉽게 비디오와 관련된 콘텐츠에 대한 워터마크 기술로 확장 될 수 있다. 그래서 깊이 정보를 포함하는 다시점 영상을 효과적으로 압축할 수 있는 계층적 깊이 영상 구조라는 새로운 콘텐츠에 적용하는 방법을 제안하였다. 기존 시점 영상에만 워터마크를 삽입하므로 그 과정이 간단하다는 장점을 가진다. 그리고 계층적 깊이 영상 구조의 특성상 나머지 시점 영상으로 워터마크가 전파되므로 모든 시점 영상에 대하여 저작권을 보호할 수 있다는 장점도 가지고 있다. 워터마크가 삽입된 계층적 깊이 영상에 대한 동영상 부호화는 향후 본 주제에서 요구되는 워터마크 성능 실험이다. 그래서 계층적 깊이 영상을 H.264 적용하기 위한 기술의 개발과 연구가 필요하다.

## 참 고 문 헌

- [1] Seung-Uk Yoon, Yo-Sung Ho, "Multiple Color and Depth Video Coding Using a Hierarchical Representation," vol. 17.11, pp. 1450-1460, Nov. 2007.
- [2] J. Shade, S. J. Gortler, L. W. He, and R. Szeliski, "Layered depth images," in Proc. SIGGRAPH'98, pp. 231 - 242, July 1998.
- [3] C. L. Zitnick, S. B. Kang, M. Uyttendaele, S. Winder, and R. Szeliski, "High-quality video view interpolation using a layered representation," ACM Trans. Graph., vol. 23, No. 3, pp. 600 - 608, Aug. 2004.
- [4] Interactive visual media group at Microsoft Research [Online]. Available: 3DVideoDownload/
- [5] Jong-hong Shin, Hyoun-suk Youn, and Inn-ho Jee, "Digital image watermarking techniques using multiresolution wavelet transform in frequency domain", KICS, Vol. 26, No. 12A, pp. 2074-2084, 2001



- [6] I. J. Cox, K. J. Kuan, T. Leighton and T. Shanon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 6, No. 12, pp.1673-1687, 1997.
- [7] A. Piva, M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, "DCT-based watermark recovering without resorting to the uncorrupted original images," in Proc. Int. Conf. Imageprocessing 97, vol. 1, pp.520-523, SantaBarbara, CA, Oct.1997.
- [8] D. Kundur and D. Hatzinakos, "Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposition," Proc. Conf. on Acoustical, Speech and Signal Processing, Seattle, Washington, vol.5, pp.2969-2972, May 1998.
- [9] I. Daubechies, and W. Sweldens, "Factoring wavelet transforms into lifting steps," J. Fourier Anal. Applicat., Vol. 4, No. 3, pp. 247-269, 1998.

※ 본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10555) 지원으로 수행되었습니다.

### 저자 소개

#### 임 중 희(준회원)



- 2001년 홍익대학교 전자전기컴퓨터 공학부 공학사
  - 2009년 홍익대학교 전자전산공학과 공학석사
- <주관심분야 : 3D Image Processing, Multimedia Signal Processing>

#### 신 중 흥(정회원)



- 1997년 홍익대학교 전자전기공학과 공학사
- 1999년 홍익대학교 전자전기공학과 공학석사
- 2002년 홍익대학교 전자전기공학과 공학박사
- 2003년~현재 : 한국사이버대학교 컴퓨터정보통신공학과 부교수

<주관심분야 : Multimedia Signal Processing, CDMA/OFDM, 3D Image Processing, >

#### 지 인 호(정회원)



- 1980년 : 서울대학교 전자공학과 공학사
- 1983년 : 서울대학교 전자공학과 공학석사
- 1995년 : Polytechnic University (New York City, USA) 전기 및 컴퓨터공학과 공학박사

- 1982년~1988년 : 국방과학연구소 선임연구원
  - 2004년~2005년 : University of Maryland at College Park, USA, 연구교수
  - 1995년~현재 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 정교수
- <주관심분야 : CDMA/OFDM, 3D Image Processing, Multimedia Security, Multimedia Signal Processing>