

MPEG-4 스케일러블 비디오 코딩 및 멀티미디어 트랜스코딩에 강인한 블라인드 비디오 워터마킹

윤지선[†], 이석환^{**}, 송윤철^{***}, 장봉주^{****}, 권기룡^{*****}, 김민환^{*****}

요 약

본 논문에서는 이종 멀티미디어 서비스 중에서 비디오 콘텐츠에 대한 안정성과 신뢰성 그리고 저작권 보호를 제공하기 위해 MPEG-4 SVC 및 트랜스코딩에 강인한 비디오 워터마킹 기법을 제안한다. 제안한 방법에서 워터마크 삽입 및 검출은 공간적 SVC를 고려하여 기본 계층을 기준으로 수행된다. 워터마크는 시간적 SVC를 고려하여 워터마크 순서가 포함된 문자열을 이용하여 생성되며, 트랜스코딩 및 압축에 강인하게 하기 위해 ROI내에 DCT 기반으로 각 비디오 프레임의 저·중간 주파수 영역의 특정 비트에 삽입된다. 실험결과를 통해서 제안한 방법이 비가시성을 만족하며 공간, 시간 및 화질에 대한 SVC와 MPEG-2와 MPEG-4 SVC간의 트랜스코딩에 대하여 강인함을 확인할 수 있었다.

Robust Blind Video Watermarking against MPEG-4 Scalable Video Coding and Multimedia Transcoding

Ji-Sun Yoon[†], Suk-Hwan Lee^{**}, Yoon-chul Song^{***}, Bong-Joo Jnag^{****},
Ki-Ryong Kwon^{*****}, Minhwan Kim^{*****}

ABSTRACT

A blind video watermarking scheme for providing safety, authenticity, and copyright protection is proposed in this paper, which is robust to MPEG-4 SVC and multimedia transcoding. In proposed method, embedding and detecting of watermark is performed based on base layer with considering spatial SVC. To be robust from temporal SVC, our method embeds repeatedly a permuted character with ordering number per one frame. Also for robustness from multimedia transcoding and FGS, the method is embedded watermark in low · middle frequency of each frame adaptively based on DCT in ROI. Through experimental results, invisibility of the watermark is confirmed and robustness of the watermark against the spatial SVC, temporal SVC, FGS and video transcoding between MPEG-2 and MPEG-4 SVC is also verified.

Key words: MPEG-4 SVC(MPEG-4 SVC), ROI(ROI), FGS(FGS), Video Watermarking(비디오 워터마킹), Multimedia Transcoding(멀티미디어 트랜스코딩)

※ 교신저자(Corresponding Author): 권기룡, 주소: 부산광역시 남구 대연 3동 599-1번지(608-737), 전화: 051) 620-6495, FAX: 051)620-6450, E-mail: krkwon@pknu.ac.kr
접수일: 2007년 12월 24일, 완료일: 2008년 5월 9일

[†] 준회원, 부산대학교 컴퓨터공학과
(E-mail: yjs4383@nate.com)

^{**} 정회원, 동명대학교 정보보호학과 조교수
(E-mail: skylee.tu.ac.kr)

^{***} 한국정보통신산업협회
(E-mail: ycsong@kait.or.kr)

^{****} 준회원, 부경대학교 정보보호학과 박사과정
(E-mail: roachbj@korea.com)

^{*****} 종신회원, 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
^{*****} 종신회원, 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

(E-mail: mhkim@pusan.ac.kr)
※ 이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-521-D00461) 및 이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단)

1. 서 론

최근 방송망, 유·무선 인터넷 및 이동통신망을 연동한 이중 환경에서의 멀티미디어 콘텐츠 서비스가 급격히 부각되고 있으며, 이를 위한 비디오 처리 기술 또한 보다 다양한 전송 환경과, 단말 능력 그리고 사용자 상황 정보 등에 따라 지능적으로 처리하는 기술들이 진보하고 있다. 이중 멀티미디어 서비스 상에서 비디오 콘텐츠에 대한 비디오 부호화 기술 중 스케일러블 비디오코딩(scalable video coding, SVC)[1-8]과 멀티미디어 트랜스코딩(multimedia transcoding)[9-11]이 가장 부각되고 있다. 첫번째 부호화 기술인 SVC는 하나의 원본 비디오 시퀀스에서 공간적(spatial), 시간적(temporal), 화질적(signal to noise, SNR) 스케일러빌리티(scalability) 등을 적용하여 각 단말들의 다양한 특성에 맞는 멀티미디어 비디오 콘텐츠를 서비스를 제공하는 것이다. 두 번째 부호화 기술인 트랜스코딩은 비디오 콘텐츠를 각 네트워크 대역폭, 단말기 특성 및 성능에 적합하도록 가공, 변환, 선별하는 과정이다. 이는 온/오프 라인상에서 전송하는 동안 이중 단말기간에 발생할 수 있는 비디오 콘텐츠 서비스의 성능 저하 또는 장치의 리소스, 전송대역폭 낭비와 부족 등의 문제를 해결하여 사용자의 환경에 적합한 형태로 비디오 콘텐츠 서비스를 제공하는 것이다.

유비쿼터스를 접목한 네트워크망과 SVC, 그리고 트랜스코딩 기술의 발달로 보다 다양하고, 고품질, 고상품성의 비디오 콘텐츠 시장이 형성되고 있다. 이에 따라 불법복제, 도용, 표절, 무단 배포 등의 비디오 콘텐츠에 대한 저작권 침해사례들과 지적 재산권, 상품성 및 창작 의지 등에 막대한 손실을 입힌 사례들이 기하급수적으로 증가하고 있는 실정이다. 따라서 이러한 지적 재산권과 저작권을 가진 비디오 콘텐츠가 보호되어야 할 당위성이 발생하였으며, 이를 위해 경제적 가치 보존과 소유자의 저작권 보호를 제공할 수 있는 보다 강인한 디지털 비디오 콘텐츠 워터마킹(digital video contents watermarking) 기술의 필요성이 증대되고 있다[12-14]. 대표적인 비디오 워터마킹 방법으로 Hartung 등[12]은 복호화된 비디오 프레임에 공간과 시간으로 이루어진 3차원 신호를 1차원으로 라인 스캔(line scan)하여 얻은 신호에 대역 확산 기법을 이용해 워터마크를 삽입하는 방법을 제

안하였다. 이 방법은 비디오 압축 시 비트스트림의 증가없이 워터마크를 삽입할 수 있는 장점이 있지만 부호화된 신호를 다시 복호화한 후 워터마크를 삽입하므로 높은 복잡성을 갖는다. Kong 등[13]은 원본 비디오의 모든 프레임에 대해 8×8 블록 DCT를 수행한 후, DCT 계수 양자화 값의 LSB(least significant bit)에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 프레임울 변화와 일반적인 압축 기법에는 강인하지만, 크기 변형이나 화질변화에서는 강인하지 못하다. Wang 등[14]은 MPEG-2 부호화하는 과정에서 선택된 I 프레임과 그 전·후 프레임에 대해 그룹 단위로 DCT를 수행한 후, 전·후 프레임의 DCT 계수들을 참조하여 I 프레임의 DC계수 주변에 있는 AC 계수에 워터마크를 삽입한다. 이 방법은 MPEG-2 압축이나 일반적인 기하학적 공격에는 강인하지만 참조 프레임의 누락이나 변경에 의한 프레임울 변화에는 강인하지 못하다. 지금까지 살펴본 바와 같이 최근까지 많은 연구자들에 의해 비디오 영상에 대한 워터마킹 방법들이 제안되었다. 그러나 이러한 대부분의 기법들은 단일 네트워크에서 전송되는 단일 콘텐츠에 대한 저작권 보호 기술이므로, 이중 멀티미디어 서비스 상에서 전송되는 다중 콘텐츠들에 대해서는 적용되지 못한다. 즉, 기존의 비디오 워터마킹 방법들은 SVC 및 트랜스코딩에 대하여 강인하지 못하는 단점을 가진다.

따라서 본 논문에서는 기존의 연구들에서 고려되지 않은 이중 멀티미디어 서비스 중에서 비디오 콘텐츠에 대한 저작권 보호를 제공하기 위해 SVC[15,16] 및 트랜스코딩에 강인한 비디오 워터마킹 방법을 제안한다. 제안한 방법에서는 MPEG-4 SVC에서 지원하는 다양한 해상도, 프레임울 그리고 화질 변화뿐만 아니라, 트랜스코딩에서 지원하는 다양한 압축 형식과 네트워크 환경에서도 워터마크를 검출하는 것이 가능하도록 하며, 원본 영상을 필요로 하지 않는 블라인드 워터마킹(blind watermarking)을 수행한다. 제안한 워터마크 삽입 및 검출 과정은 공간 스케일러빌리티를 고려하여 공간적 기본계층(spatial base layer)을 기준으로 수행되며 트랜스코딩 및 압축에 강인하게 하기 위해 ROI(region of interest)내에서 DCT 기반으로 수행된다. 워터마크는 시간적 SVC를 고려하여 삽입 순서가 포함된 문자열로 사용되며, 이를 각 비디오 프레임의

저·중간 주파수 영역에 양자화 기법을 이용하여 특정 비트에 워터마크를 삽입한다. 제안한 방법의 비가시성과 강인성의 성능을 평가하기 위하여 서로 다른 영상 특성을 가지는 테스트 비디오들에 대해 SVC 및 트랜스코딩 환경으로써 MPEG-2 및 MPEG-4 SVC 압축을 통한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 실험을 통하여 제안한 방법이 MPEG-2와 MPEG-4 SVC 서로간의 트랜스코딩 및 각각의 스케일러빌리티에 강인함을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MPEG-4 SVC와 트랜스코딩의 일반적인 구조와 특징을 소개하고, 3장에서는 제안한 비디오 워터마킹 방법을 기술한다. 4장에서는 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 비가시성과 강인성에 대한 실험 결과들을 분석하며, 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구 내용에 대하여 기술한다.

2. SVC 및 트랜스코딩

본 절에서는 일반적인 SVC 및 트랜스코딩의 부호화 기술을 살펴본 후, 이들 부호화 기술들을 워터마킹 관점에서 분석하기로 한다.

2.1 SVC(Scalable Video Coding)

SVC는 부호화 효율 저하를 최소로 하면서, 공간, 시간 그리고 화질적 측면에서 스케일러블 부호화 기능을 지원한다[1-3]. 기본적인 SVC 구조는 그림 1에서와 같으며, 이는 하나의 비트스트림에서 다양한 공간적, 시간적, 화질적 해상도를 가지는 비디오를 제공한다. 그리고 SVC 복호기는 네트워크와 디바이스 장치의 능력에 따라 부호화된 비트스트림의 일부만

만을 선택적으로 복호화한다. 공간적 스케일러빌리티는 해상도에 따라 기본계층(base layer)과 다수의 상위계층(enhancement layer)으로 나누어 부호화함으로써 원본 비디오에 대하여 다양한 공간 해상도를 제공한다[6,7]. 시간적 스케일러빌리티는 GOP(group of picture) 단위로 계층적인 B픽처(hierarchical B picture) 삭제 혹은 MCTF(motion compensated temporal filtering) 기법을 이용하여 매 프레임마다 구별된 시간적 레벨을 지정해 줌으로써 다양한 프레임임을 제공한다[6,8]. SNR 스케일러빌리티는 서로 다른 QP(quantization parameter)값을 사용함으로써 다양한 영상 화질을 제공한다[6].

공간적 스케일러빌리티에서는 워터마크 삽입 후 공간 해상도가 가변 되면서 데이터 손실이나, 주파수 계수 값들의 변화로 인해 워터마크를 검출하는 것이 어려워진다. 시간적 스케일러빌리티에서는 여러 개의 다른 프레임들을 제공하므로 워터마크가 삽입된 프레임이 제거될 수 있다. SNR 스케일러빌리티 및 FGS는 QP값을 계층별로 다르게 할당하여 부호화하는데 이 때 양자화 스텝 사이즈와 더불어 양자화 오차가 증가하면서 영상의 화질 열화가 발생한다. 따라서 SNR 및 FGS 계층 가변 시 프레임의 고주파 성분에 해당되는 데이터 손실이 증가하므로 워터마크 검출하는 것이 어려워진다.

따라서 워터마킹 관점에서 위와 같은 문제점을 고려할 때, 복원된 비디오 콘텐츠의 계층 수 및 해상도에 관계없이 워터마크가 검출되어야 한다. 또한 워터마크가 삽입된 프레임이 제거된 경우나 FGS 계층 가변 시 화질이 저하된 프레임에서도 워터마크가 검출되어야 하며, 워터마크 삽입에 의한 화질 열화 및 비트스트림 증가가 없어야 한다.

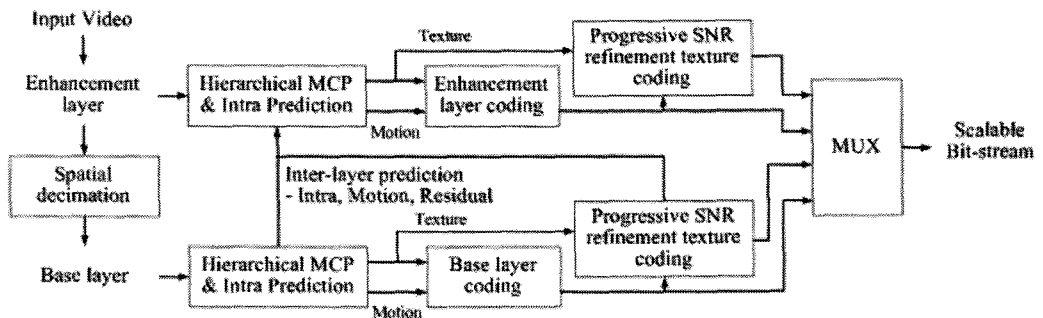


그림 1. MPEG-4 SVC 부호화 구조

2.2 트랜스코딩(Transcoding)

트랜스코딩이란 그림 2에서와 같이 이전에 부호화된 비디오 시퀀스를 새로운 포맷의 프레임 사이즈, 비트스트림, 프레임율, 혹은 또 다른 압축 표준의 비디오 시퀀스로 바꾸는 부호화 기술이다. 트랜스코딩 기법에는 비트스트림 및 해상도 감소 기법과 이기종 단말에서 서비스하기 위한 압축 변환 기법 등이 있으며, 이러한 과정을 거쳐 하나의 비디오 시퀀스를 모두 변환하거나 사용자의 환경에 적합한 형태로 변환함으로써 사용자의 UMA를 지원한다.

트랜스코딩에서는 비디오 데이터의 포맷 변환, 해상도 변환, 화질 변환, 그리고 프레임 삭제로 인한 비디오 콘텐츠의 화질 열화가 발생된다. 이러한 경우 프레임 전체에 워터마크를 삽입한다면 복원된 비디오 프레임에서 변형되고 손실된 워터마크 정보로 인해 정확한 워터마크 검출이 어려워진다. 따라서 트랜스코딩에 강인한 워터마킹에서는 포맷변환에 의한

프레임율, 프레임 크기의 변화 및 재사용이 불가능해진 비디오 시퀀스가 발생한 경우에도 워터마크를 검출하여야 한다[9-11].

3. 제안한 비디오 워터마킹

본 논문에서는 이종 멀티미디어 서비스 상에서 비디오 콘텐츠의 저작권 보호를 제공하기 위해, SVC 및 트랜스코딩에 강인한 블라인드 비디오 워터마킹 기법을 제안한다. MPEG-4 SVC와 트랜스코딩 기반에서 제안한 비디오 워터마킹 시스템은 그림 3에서와 같다.

3.1 워터마킹 과정

MPEG-4 SVC에서 공간 스케일러빌리티는 그림 2에서와 같이 공간 해상도에 따라 상위계층 $EL_n = \{EL_{x,y} | 0 \leq x < NH, 0 \leq y < NV\}$ 과 기본계층

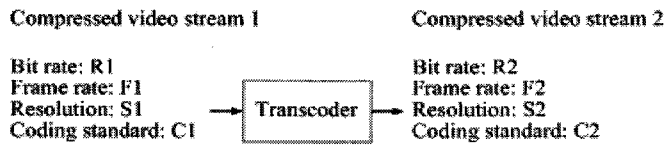


그림 2. 비디오 트랜스코더를 사용한 포맷 변환

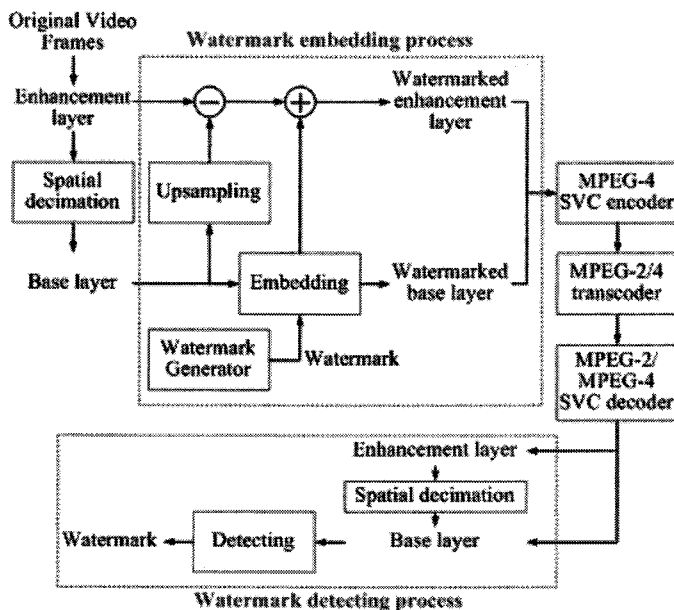


그림 3. MPEG-4 SVC 및 트랜스코딩 기반에서 제안한 비디오 워터마킹 시스템

$BL_n = \{BL_{x,y} | 0 \leq x < NH/2^n, 0 \leq y < NV/2^n\}$ 으로 나뉜다. 여기서 n 은 프레임 수를 나타내고, NH 및 NV 는 수평 및 수직 해상도를 나타낸다. 기본계층의 2^n 은 원본 비디오 해상도가 다른 샘플링될 때 2의 지수승으로 해상도가 축소됨을 나타낸다. 기본계층은 서비스 가능한 최저 해상도의 영상을 부호화한 정보를 가지고 있으며, 상위계층은 기본계층 영상의 해상도와 추가 정보를 가지므로, 모든 공간 스케일러빌리티에 의한 계층들은 기본계층을 포함한다. 따라서 제안한 워터마크 삽입 방법에서는 공간 스케일러빌리티를 고려하여 공간적 기본계층을 기준으로 수행된다. 즉, 공간적 기본계층 BL_n 에서는 제안한 워터마크 삽입 방법에 의하여 워터마크된 기본계층 BL'_n 의 비디오 시퀀스를 얻는다. 공간적 상위계층 EL_n 에서는 기본계층 BL_n 을 보간함수

$$UP(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}|x|^3 - |x|^2 + \frac{2}{3}, & 0 \leq |x| < 1 \\ -\frac{1}{6}|x|^3 - 2|x|^2 + \frac{4}{3}, & 1 \leq |x| < 2 \\ 0, & 2 \leq |x| \end{cases} \quad (1)$$

에 의하여 업 샘플링된 계층 $UP(BL_n)$ 을 구한 후, EL_n 과 $UP(BL_n)$ 의 차이 계층을

$$D_n = EL_n - UP(BL_n) \quad (2)$$

와 같이 구한다. 워터마크된 상위계층 EL'_n 은 워터마크된 기본계층 BL'_n 을 업 샘플링한 후 차이 계층 D_n 을 이용하여

$$EL'_n = UP(BL'_n) + D_n \quad (3)$$

와 같이 얻는다. 워터마크된 상위계층 EL'_n 및 기본계층 BL'_n 은 공간 스케일러빌리티에서 계층적으로 각각 부호화된다.

3.2 워터마크 삽입

3.2.1 워터마크 생성

제안한 방법에서는 시간 스케일러빌리티를 고려하여 N 길이의 문자열을 생성한 다음, 각 문자에 대한 순서 정보를 구성하여 이를 워터마크로 사용한다. 워터마크 생성 과정에서는 그림 4에서와 같이 임의의 문자열 $WS = \{WS_i | i \in [1, M]\}$ 에 순서가 포함된 워터마크 문자열 $WC = \{WC_i = iWS_i | i \in [1, M]\}$ 을 생성한다.

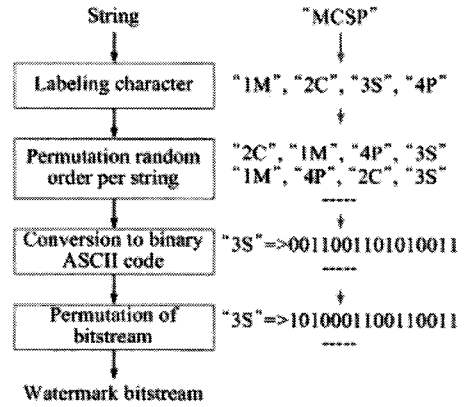


그림 4. 제안한 워터마크 생성 과정 및 예제

이 때 각 문자는 ASCII 코드로 8비트씩 할당되므로 WC_i 는 16비트로 구성된다. 원본 비디오 프레임에 WC 를 반복적으로 삽입하기 위하여 문자열 길이 N 개로 구성된 프레임들을 $GF_g = \{F_i | i \in [1, M]\}$ 와 같이 그룹화한다. 워터마크 문자열 WC 는 그룹 GF_g 단위로 임의 치환 $P_g(WC) = \{P_g(WC_i) | i \in [1, N]\}$ 한 후, 치환된 문자열을 ASCII 코드로 비트열로 변환된다. 제안한 방법에서는 임의 치환된 각 문자 $p_g(WC_i)$ 의 16비트들을 R_w 배로 확장하여 워터마크 비트열 $W = \{w_i | i \in [1, N_w]\}$, $N_w = R_w \times 16$ 로 생성한 다음, 이를 각 프레임에 삽입한다. 본 논문에서는 R_w 을 5로 실험적으로 결정하였으며, 각 프레임당 총 80비트가 삽입된다.

워터마크 생성 예는 그림 4의 오른쪽에서와 같으며, 이를 살펴보면 다음과 같다. 예를 들어 길이가 4인 문자열 "MSCP"라 할 때, 순서 정보를 포함한 워터마크 문자열 {'1M', '2S', '3C', '4P'}이 생성된다. 그리고 각 비디오 프레임들은 4개의 프레임들로 그룹화된다. 임의의 그룹 $GF_g = \{F_i | i \in [1, 4]\}$ 내에 임의 치환된 워터마크 문자열이 {'3S', '1M', '4P', '2C'}라 가정하자. 이 때 첫 번째 문자 '3S'의 비트열은 그룹의 첫 번째 프레임 F_1 에 삽입되며, 두 번째 문자 '1M'의 비트열은 두 번째 프레임 F_2 에 삽입된다. 그리고 '4P'의 비트열은 F_3 , '2C'의 비트열은 F_4 에 각각 삽입된다. 이를 그룹 단위로 임의 치환 및 삽입이 반복된다.

3.2.2 워터마크 키 생성

제안한 방법에서는 JPEG/MPEG에서 사용되는 8x8 양자화 테이블을 ROI 크기만큼 확장하여 이를

워터마크 키로 사용한다. 즉, 확장 양자화 테이블 Q_{ROI} 는 8×8 양자화 테이블 $Q_0 = \{q_{i,j} | 0 \leq i, j \leq 7\}$ 을 수평 및 수직 보간기에 의하여

$$q_{i,j}^{ROI} = \begin{cases} q_{i,m}, & j = l_H \times m \\ \text{round}((q_{i,m} + q_{i,m+1})/2), & j = \text{round}((l_H \times m + l_H \times (m+1))/2) \\ \vdots \\ q_{i,7}, & j = s \times (R_H/2^{(L_{MAX})})/8 - 1 \end{cases} \quad (4)$$

where $l_H = \text{round}(s \times (R_H/2^{(L_{MAX})})/8)$, $0 \leq m \leq 7$

$$q_{i,j}^{ROI} = \begin{cases} q_{m,j}, & i = l_V \times m \\ \text{round}((q_{m,j} + q_{m+1,j})/2), & i = \text{round}((l_V \times m + l_V \times (m+1))/2) \\ \vdots \\ q_{i,j}, & i = s \times (R_V/2^{(L_{MAX})})/8 - 1 \end{cases} \quad (5)$$

where $l_V = \text{round}(s \times (R_V/2^{(L_{MAX})})/8)$, $0 \leq m \leq 7$

ROI크기만큼 확장하여

$$Q_{ROI} = \{q_{i,j}^{ROI} | 0 \leq i \leq s \times (R_V/2^{(L_{MAX})}) - 1, 0 \leq j \leq s \times (R_H/2^{(L_{MAX})}) - 1\} \quad (6)$$

와 같이 얻는다. 그리고 Q_{ROI} 내에 $\{q_{i,j}^{ROI} | 0 \leq i \leq 1, 0 \leq j \leq 1\}$ 를 제외한 나머지 값들을 임의의 순서로 1차원 스캔한 후, 연속하는 이웃 값들의 평균을 수행함으로써 워터마크 키인 1차원 확장 양자화 테이블 Q_i 를 생성한다.

3.2.3 워터마크 삽입

각 프레임별로 임의 치환된 문자 $p_g(WC_i)$ 를 삽입하는 방법은 그림 5 (a)에서와 같다. 제안한 방법에서는 우선 기본계층 BL_n의 각 프레임 내에 ROI를

$$ROI_n = \{R_{x,y} | a \leq x < (a + R_H), b \leq y < (b + R_V)\} \quad (7)$$

where $R_H = s \times (NH/2^n)$, $R_V = s \times (NV/2^n)$

와 같이 선택한다. 여기서 s 는 ROI 크기를 결정하는 인자로 $0 < s \leq 1$ 이며, a, b 는 ROI의 시작점을 나타낸다. ROI 영역 내의 화소값들을 DCT 수행한 다음, 저,중간 대역 내의 DCT 계수들을 워터마크 비트수 N_w 와 동일한 개수만큼 지그재그 스캔하여 워터마크 삽입 대상 계수 $C_1 = \{C_{u,v} | 1 < u < R_H, 1 < v < R_V\}$ 를 얻는다. 워터마크 비트열 $W = \{w_i | i \in [1, N_w]\}$ 은 삽입 대상 계수 C_1 에 확장 양자화 테이블 Q_i 를 사용하여

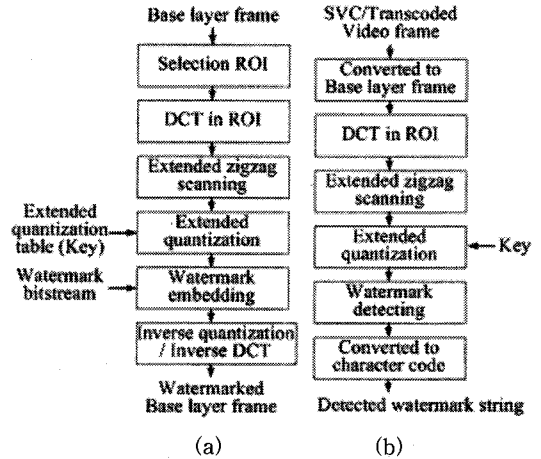


그림 5. 제안한 각 프레임별 워터마크 (a) 삽입 및 (b) 검출 블록도

$$\hat{C}_Q = \begin{cases} C_Q | (1 << s), & \text{if } w_i = 1 \\ C_Q \& i w (1 << s), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

where $C_Q = \text{floor}(\frac{C_i}{Q_i \times \alpha})$

와 같이 삽입된다. 이 때 α 는 스케일 인자로, 본 논문에서는 실험적으로 1로 결정하였다. 그리고 s 는 워터마크 삽입 강도를 나타내며, 이는 특정 s 번째 비트에 워터마크를 삽입함을 나타낸다. 이와 같은 방법으로 N_w 만큼 각 삽입 대상 계수에 워터마크를 삽입한다. 워터마크된 계수 \hat{C}_Q 에 대하여 역양자화 및 역 DCT를 수행함으로써 프레임 내에 워터마크된 ROI를 얻는다.

3.3 워터마크 검출

워터마크된 비디오 프레임들은 MPEG-2 및 MPEG-4 SVC 부호화를 통해 비트스트림이 생성되며 이는 각 디바이스 환경에 따른 복호기를 통해 다양한 레이어별의 프레임들을 획득한다. 워터마크 검출 과정에서는 그림 5 (b)에서와 같이 임의의 해상도로 복호된 영상에 대하여 기본계층 해상도로 재샘플링한다. 그런 다음, 각 프레임별로 ROI 영역에 대한 DCT를 수행하여 워터마크 삽입 대상 계수를 워터마크 키인 확장 양자화 테이블을 이용하여 이를 양자화한다. 그리고 양자화된 계수 \hat{C}_Q 내에 워터마크 비트 \hat{w}_i 를

$$\hat{w}_i = \begin{cases} 1, & \text{if } (\hat{C}_Q \& (1 \ll s)) = 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

where $\hat{C}_Q = \text{floor}(\frac{\hat{C}_1}{Q_1 \times \alpha})$

와 같이 검출한다. 이는 \hat{C}_Q 의 s 번째 비트가 1이면 \hat{w}_i 가 1이고, 그렇지 않으면 \hat{w}_i 가 0을 나타낸다. 이상과 같이 각 프레임 내에 워터마크 비트열 $\hat{W} = \{\hat{w}_i | i \in [1, N_w]\}$ 을 검출하여 통계적인 확률을 이용하여 최종 16비트로 생성한 다음, 이를 ASCII 코드로 변환하여 워터마크 문자 $p(WC)_i'$ 를 얻는다. 마지막으로 그룹 GF단위로 삽입된 워터마크 문자 $p(WC)'$ 에 포함된 각 문자의 순서별로 재구성함으로써 삽입된 워터마크 문자열 WS를 검출한다.

4. 실험 결과 및 분석

제안한 방법의 성능 평가를 위하여 본 실험에서는 CIF급의 Crew, Football, Forman 및 Bus 영상을 사용하였다. 본 실험에서 사용된 워터마크는 "MSCP"의 문자열에 순서 정보를 할당한 다음, 각 그룹 단위로 임의 치환하여 이를 ASCII 코드로 변환된 이진 비트열이다.

본 실험의 SVC 및 트랜스코딩 환경 조건은 다음과 같으며, 이는 표 1에 나타내었다. MPEG-4 SVC에 대한 실험에서는 JVT에서 SVC의 참조 소프트웨어로서 제공한 Joint Scalable Video Model(JSVM)을 사용하였다[3,4]. 비디오 해상도 크기 변환 및 프레임율에 대한 다운 샘플링은 JSVM 7.0에서 제공하는 DownConvertStatic 프로그램[4]을 사용하였다. 공간 스케일러빌리티 상에서는 두 개의 계층을 가지도록 하였고, 이들 계층은 각각 저화질로 30, 고품질로 20의 양자화 매개 변수를 가지도록 하였다. 프레임의 간격은 96, SVC를 위한 GOP는 워터마크 문자

표 1. 실험에 사용된 SVC와 트랜스코딩 조건

MPEG-4 SVC	SVC	Scalable Parameter
		Spatial SVC
	Temporal SVC	15/30 (frame/sec)
	FGS	Layer 0-3
Transcoding	MPEG-2 → MPEG-4 SVC	
	MPEG-4 SVC → MPEG-2	

수와 동일한 4이다. 트랜스코딩에 대한 실험에서는 MPEG-2 v12[17]를 사용하여 MPEG-2 부호화 및 복호화한 후 이를 MPEG-4 SVC의 여러 계층으로 변환한 것과 이와 반대로 MPEG-4 SVC의 여러 계층으로 부호화 및 복호화한 각 시퀀스를 다시 MPEG-2 변환하여 워터마크를 검출하였다.

4.1 비가시성 실험

제안한 방법의 비가시성을 평가하기 위하여 워터마크가 삽입된 비디오와 원본 비디오 간의 평균 PSNR(peak signal-to-noise ratio)을 비교하였다. 제안한 방법에 의하여 워터마크가 삽입된 기본 계층 및 상위계층의 첫 번째 프레임을 그림 6에 나타내었다. 이 두 그림을 살펴보면, 워터마크의 비가시성을 확인할 수 있다. 30fps의 테스트 비디오에 대해 각각 워터마크 삽입 전에 MPEG-2 및 MPEG-4 SVC를 적용한 비디오 데이터와 워터마크 삽입 후에 MPEG-2 및 MPEG-4 SVC를 적용한 비디오 데이터에 대한 각 SVC 계층별 평균 PSNR 수치는 표 2에서 같다. 표 2를 살펴보면 각 비디오별로 워터마크를 삽입한 후 MPEG-4 압축한 비디오의 평균 PSNR이 원본 비디오를 MPEG-4 SVC 압축한 비디오에 비해 7-8dB 낮게 나타났고, 워터마크를 삽입한 후 MPEG-2 및 MPEG-4 SVC로 트랜스코딩을 수행한 비디오의 평균 PSNR이 원본 비디오에 MPEG-2 및 MPEG-4 SVC로 트랜스코딩을 수행한 비디오보다

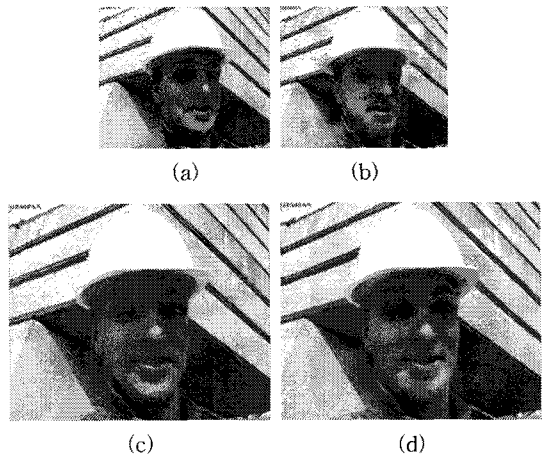


그림 6. Foreman 영상에서 기본계층의 (a) 원본 프레임과 (b) 워터마크된 프레임 및 상위계층의 (c) 원본 프레임과 (d) 워터마크된 프레임

표 2. 30fps의 Crew, Foreman와 Football 비디오에 대한 각 SVC별 평균 PSNR (dB)

테스트 영상	해상도	FGS 레이어	1)MPEG2 /2)MPEG4 SVC		1)MPEG2 → MPEG4 / 2)MPEG4 → MPEG2		위터마크후 1)MPEG2 / 2)MPEG4 SVC		위터마크후 1)MPEG2 → MPEG4 / 2)MPEG4 → MPEG2	
CREW	QCIF	0	55.61	40.83	40.67/40.50		39.30	37.66	37.56/37.46	
		1		44.55	44.12/43.87			38.64	38.45/38.37	
		2		48.32	47.35/47.03			39.19	38.93/38.88	
		3		53.87	51.38/50.94			39.54	39.22/39.19	
	CIF	0	43.92	40.84	40.23/39.81		35.87	35.73	35.49/35.37	
		1		43.63	41.84/41.51			36.15	35.71/35.66	
		2		47.11	42.96/42.74			36.43	35.81/35.80	
		3		52.72	43.73/43.57			36.61	35.88/35.87	
FOREMAN	QCIF	0	49.12	37.98	37.78/37.53		38.47	36.04	35.83/35.70	
		1		42.40	41.51/41.21			37.71	37.30/37.16	
		2		47.24	44.88/44.49			38.70	38.10/38.00	
		3		53.78	47.73/47.34			39.16	38.42/38.33	
	CIF	0	44.90	40.04	39.55/39.25		36.44	35.81	35.60/35.51	
		1		43.45	41.78/41.47			36.49	36.10/36.05	
		2		47.46	43.49/43.20			36.87	36.32/36.31	
		3		52.86	44.59/44.33			37.08	36.44/36.43	
FOOTBALL	QCIF	0	46.9	37.74	37.48/37.19		38.59	35.74	35.55/35.38	
		1		42.66	41.43/41.05			37.90	37.42/37.26	
		2		47.45	44.23/43.86			38.93	38.22/38.11	
		3		53.79	46.20/45.89			39.41	38.55/38.50	
	CIF	0	37.45	39.97	35.71/35.27		32.68	33.06	32.20/32.08	
		1		42.19	36.76/36.60			33.82	35.52/32.51	
		2		46.71	37.24/37.19			34.14	32.63/32.64	
		3		52.74	37.43/37.41			34.27	32.68/32.69	

2-3dB 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 각 비디오의 평균 PSNR 수치가 30dB 이상으로 나타나므로 위터마크로 인한 비디오 화질의 열화는 발생하지 않음을 확인할 수 있다.

4.2 강인성 실험

제안한 방법의 강인성을 평가하기 위한 실험에서는 MPEG-2 및 MPEG-4 SVC간의 트랜스코딩이 수행된 후 검출된 위터마크 문자열의 에러율과 BER(bit error rate)을 이용하여 위터마크의 강인성을 평가하였다. 본 실험에서 사용된 위터마크 문자열을 그룹 단위로 임의 치환된 문자 $P_g(WC) = \{p_i(WC_i) | i \in [1, M]\}$ 는 그림 7에서와 같다. Crew 영상에 대한 MPEG-2와

MPEG-4 SVC간의 트랜스코딩 시 각 SVC별 검출된 위터마크 문자열은 그림 8 및 그림 9에서와 같다.

그림 8-9를 살펴보면, Crew 영상에서 CIF/QCIF의 2계층 해상도 및 30/15fps의 프레임율과 FGS계층 0-3에 대하여 MPEG-2와 MPEG-4 SVC간의 트랜스코딩 시 검출된 위터마크 문자를 나타내고 있다. 여기서 음영이 들어간 블록은 검출된 위터마크 문자가 오류가 발생함을 나타낸다. 먼저 해상도와 프레임율에 따른 결과를 살펴보면, 업 샘플링을 거친 CIF가 QCIF보다 검출 에러율이 3-10% 정도 높으나, 삽입된 위터마크 문자 60개 중 50%(FGS계층 0)-80%(FGS계층 3)이상 검출됨을 확인할 수 있다. 그리고 프레임 삭제 등으로 인하여 프레임율이 낮아지거나

Frame	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Watermark	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3S	1M	1M	2C	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C

그림 7. 그룹 단위로 임의 치환된 위터마크 문자

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
FGS L3	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3S	1M	1M	2C	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L2	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3S	1M	1M	2C	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L1	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3R	1M	1M	2C	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L0	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3R	1M	1M	2A	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C

(a)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FGS L3	3S	4P	4P	3S	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L2	3S	4P	4P	3S	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L1	3S	4P	4P	3R	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L0	3S	4P	4P	3R	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M

(b)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
FGS L3	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3S	1M	1M	2C	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L2	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3R	1M	1M	2C	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L1	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3S	1M	1M	2C	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L0	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3R	1M	1M	2A	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C

(c)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FGS L3	3S	4P	4P	3R	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L2	3S	4P	4P	3R	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L1	3S	4P	4P	3S	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L0	3S	4P	4P	3R	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M

(d)

그림 8. QCIF의 Crew 비디오에 대해 MPEG-2에서 MPEG-4 SVC로 트랜스코딩 시 (a) 30fps일 경우 (b) 15fps일 경우 및 MPEG-4 SVC에서 MPEG-2로 트랜스코딩 시 (c) 30fps일 경우 (d) 15fps일 경우 각 FGS계층별 검출한 워터마크

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
FGS L3	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3S	1M	1M	2C	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L2	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3S	1M	1M	2C	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L1	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3S	1M	1M	2A	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L0	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3B	1M	1M	2I	3Q	4P	4P	3S	2K	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C

(a)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FGS L3	3S	4P	4P	3S	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L2	3S	4P	4P	3S	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L1	3S	4P	4P	3S	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L0	3S	4P	4P	3B	1M	3Q	4P	2K	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M

(b)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
FGS L3	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3S	1M	1M	2C	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L2	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3S	1M	1M	2C	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L1	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3S	1M	1M	2A	3S	4P	4P	3S	2C	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2C
FGS L0	3S	2C	4P	1M	4P	2C	3C	1M	1M	2I	3Q	4P	4P	2S	2K	1M	3S	2C	4P	1M	3S	2C	1M	4P	1M	2C	4P	3S	1M	2A

(c)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FGS L3	3S	4P	4P	3S	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L2	3S	4P	4P	3S	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L1	3S	4P	4P	3S	1M	3S	4P	2C	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M
FGS L0	3S	4P	4P	3C	1M	3Q	4P	2K	3S	4P	3S	1M	1M	4P	1M

(d)

그림 9. CIF의 Crew 비디오에 대해 MPEG-2에서 MPEG-4 SVC로 트랜스코딩 시 (a) 30fps일 경우 (b) 15fps일 경우 및 MPEG-4 SVC에서 MPEG-2로 트랜스코딩 시 (c) 30fps일 경우 (d) 15fps일 경우 각 FGS계층별 검출한 워터마크

도 워터마크가 70%(FGS계층 0)~95%(FGS계층 3) 이상 검출됨을 확인할 수 있다. 다음 FGS 계층별 결과를 살펴보면, 가장 좋은 화질을 나타내는 FGS계층

3에서는 워터마크가 90%이상 검출되며, 중간 화질을 나타내는 FGS계층 1-2에서는 워터마크가 80%이상 검출된다. 가장 낮은 화질을 나타내는 FGS계층

0에서는 다른 FGS계층에 비해 검출 어려움이 다소 높았으나, 워터마크가 50-70%이상 검출됨을 확인할 수 있다. 여기서 검출된 워터마크를 그룹 단위로 나열한 후 순서별로 재구성함으로써 삽입된 워터마크 문자열을 확인할 수 있다. 이상의 실험결과로부터 제안한 방법이 공간, 시간 및 화질에 대한 스케일러빌리티와 MPEG-2와 MPEG-4 SVC간의 트랜스코딩에 대하여 강인함을 확인할 수 있다.

본 실험에서는 Wong의 방법 및 Kong의 방법과 제안한 방법을 BER 척도를 가지고 비교 평가하였다. 여기서 BER은 삽입되는 워터마크 총 비트에 대하여 에러가 발생한 비트수의 비율을 나타낸다. Wang의 방법과 제안한 방법 간의 비교 실험결과는 그림 10에서와 같다. 그림 10 (a)에서와 같이 30fps에서는 Wang의 방법이 FGS계층변화에 관계없이 낮은 BER을 나타내지만, 그림 10 (b)에서와 같이 15fps에서는 BER이 50%이상이므로 워터마크가 검

출되지 않음을 확인할 수 있다. 이는 시간적 스케일러빌리티를 고려하지 않고 홀수번째 프레임에 참조 프레임으로 사용하므로 프레임 삭제나 추가에 의한 프레임 재배치로 인해 참조 프레임의 위치가 바뀌었기 때문이다. Kong의 방법과 제안한 방법 간의 비교 실험결과는 그림 11에서와 같다. 그림 11 (a)에서와 같이 QCIF에 대한 FGS 3에서는 Kong의 방법의 BER이 낮게 나타나지만, FGS 0에서는 BER이 45% 이상이므로 워터마크가 검출되지 않음을 확인할 수 있다. 이는 블록 DCT에 의한 DC 계수값에 워터마크를 삽입하므로 다양한 양자화 스텝 사이즈를 제공하는 SNR 스케일러빌리티 및 FGS가 고려되지 않았기 때문이다. 그리고 그림 11 (b)에서와 같이 CIF에 대한 FGS 3에서는 Kong의 방법이 FGS 계층변화에 관계없이 BER이 45%이상이므로 워터마크가 검출되지 않음을 확인할 수 있다. 이는 공간적 스케일러빌리티에서 제공하는 다운 샘플링과 보간법에 의해

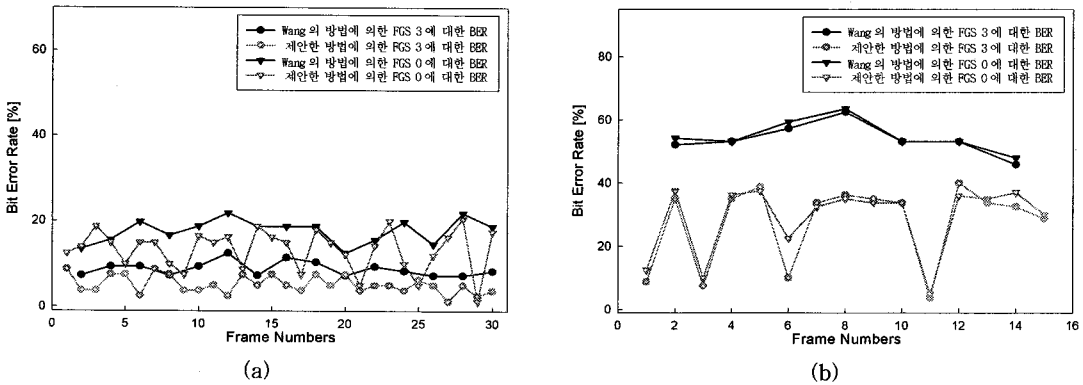


그림 10. QCIF의 Crew 비디오에 대해 MPEG-4 SVC압축했을 경우 (a) 30fps와 (b) 15fps에 대한 BER 비교

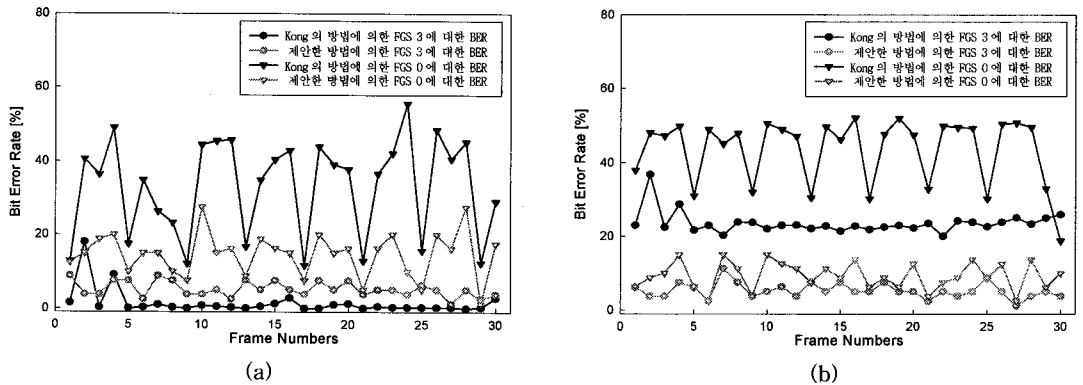


그림 11. 30fps의 Crew 비디오에 대해 MPEG-4 SVC압축했을 경우 (a) QCIF와 (b) CIF에 대한 BER 비교

발생하는 오차가 고려되지 않았기 때문이다. 기존의 방법들은 단일 콘텐츠에 대한 일반적인 비디오 영상에 대한 워터마킹 기법이므로, SVC와 같은 이종 멀티미디어 서비스 상에서 제공하는 다양한 해상도와 프레임율 그리고 화질의 변화 등에 워터마크를 검출이 불가능함을 확인할 수 있다. 그러나 그림 10 및 그림 11에서와 같이 기존의 방법들보다 제안한 방법이 워터마크 검출 성능이 보다 우수함을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 이종 멀티미디어 서비스 중에서 비디오 콘텐츠에 대한 안정성과 신뢰성 그리고 저작권 보호를 제공하기 위해 MPEG-4 SVC 및 트랜스코딩에 강한 비디오 워터마킹 기법을 제안한다. 제안한 방법에서는 먼저 순서가 포함된 각 문자열을 임의 치환하여 이를 워터마크 문자열을 생성한 후, 이들 문자열 길이만큼 프레임 그룹으로 나누어 각 프레임 내에 순차적으로 삽입한다. 여기서 시간적 스케일러빌리티에 대한 강인성은 각 프레임 그룹단위로 다르게 임의 치환된 워터마크 문자를 삽입함으로써 얻을 수 있다. 워터마크 삽입 및 검출 과정에서 공간적 스케일러빌리티를 고려하여 기본 계층을 기준으로 수행되며, FGS를 고려하여 각 프레임의 ROI내에 DCT기반으로 저·중간 주파수 영역 계수의 특정 비트에 워터마크를 삽입한다. 그리고 압축 변환 기법에 의한 비디오 트랜스코딩은 공간적 SVC와 시간적 SVC 그리고 FGS에서 야기될 수 있는 문제점보다 심각한 변형이나 훼손이 발생되지 않기 때문에 제안한 방법으로 비디오 트랜스코딩에 대한 강인성 또한 얻을 수 있다. 본 실험결과를 통하여 제안한 방법이 공간, 시간, 및 화질에 대한 SVC와 MPEG-2와 MPEG-4 SVC간의 트랜스코딩에 대하여 강인함을 확인할 수 있었다.

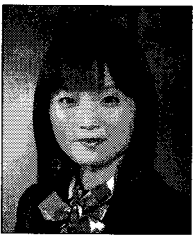
이종 멀티미디어 서비스 상에서 비디오 콘텐츠를 전송하기 위한 워터마킹 기법은 아직 초기 연구 단계로써 다양한 응용 환경에 적용될 수 있도록 하기 위한 지속적인 연구가 필요하다. DVD, PC, HDTV 등의 보다 고해상도의 다양한 플랫폼을 고려하여 알고리즘 보안 및 실시간 처리가 요구되며 이를 해결하는 연구의 진행이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N5231, Applications and requirements of scalable video coding N6830, Palma de Mallorca, Spain, Oct. 2004.
- [2] ITU-T document, "Joint draft 10 of SVC amendment," Joint video team JVT-W201, JVT 23rd meeting, San Jose, USA, Apr. 2007.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Joint scalable video model (JSVM) 7.0 reference encoding algorithm description," N7556, Klagenfurt, Austria, July 2006.
- [4] J. Vieron, M. Wien, and H. Schwarz, "JSVM 7 software," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Doc. JVT-U201, Oct. 2006.
- [5] W. Li, "Overview of fine granularity scalability in MPEG-4 video standard," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol.11, No.3, pp. 301-317, Mar. 2001.
- [6] 이동수, 배태면, 노용만, "스케일러블 비디오 코딩에서의 실시간 공간적 스케일러빌리티 지원," 한국멀티미디어학회 춘계학술발표대회논문집, pp. 55-58, 2006년 5월.
- [7] 최해철, 강정원, 배성준, 유정주, "스케일러블 비디오 부호화 Phase 1 기술," 전자공학회지, 제 34권 제 8호, pp. 890-898, 2007년 8월.
- [8] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand, "Analysis of hierarchical B pictures and MCTF," *Proceedings of ICME'06*, Toronto, Canada, July 2006.
- [9] A. Vetro, C. Christopoulos, and H. Sun. "Video transcoding architectures and techniques: An overview," *IEEE Signal Processing Mag.*, Vol.20, pp. 18-29, Mar. 2003.
- [10] J. Xin, C. W. Lin, and M. T. Sun, "Digital video transcoding," *Proceeding of IEEE*, Vol.93, No.1, pp. 84-97, Jan. 2005.
- [11] P. Yin, M. Wu, and B. Lui, "Video transcoding by reducing spatial resolution," in *Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing*, Vancouver, BC, Canada, Vol.1, pp. 972-975, Oct. 2000.
- [12] Hartung and B. Girod, "Watermarking of un-

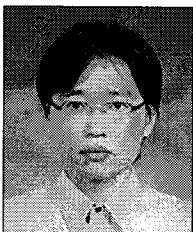
compressed and compressed video,” *Signal Processing*, Vol.66, No.3, pp. 283-301, May 1998.

- [13] X. Kong, Y. Liu, and H. Liu, “Adaptive video watermarking scheme,” *IEEE Pacific-Rim Conference On Multimedia (PCM)*, LNCS 2195, pp. 933-939, Oct. Springer-Verlag 2001.
- [14] Y. Wang and A.I. Pearmain, “Blind MPEG-2 video watermarking robust against geometric attacks: A set of approaches in DCT domain,” *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.15, No.6, pp. 1536-1543, June 2006.
- [15] 윤지선, 이석환, 장봉주, 권기룡, 김민환, “공간 및 FGS 스케일러빌리티에 강인한 비디오 워터마킹,” 제 19회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵, pp. 309-314, 2007년 2월.
- [16] J.-S. Sun, S.-G. Kwon, S.-H. Lee, Y.-C. Song, M.-H. Kim, and K.-R. Kwon, “Video Watermarking Scheme for Scalable Video Coding Using ROI,” *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.11, No.6, pp. 796-806, June 2008.
- [17] <http://www.filewatcher.com/m/mpeg2v12.zip.459421.0.0.html>.



윤 지 선

2006년 부산외국어대학교 디지털정보공학부 학사 졸업(공학사)
 2008년 부산대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업(공학석사)
 관심분야 : 멀티미디어 정보보호, 디지털 영상처리



이 석 환

1999년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2001년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 2004년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학박사)
 2005년~현재 동명대학교 정보보호학과 조교수

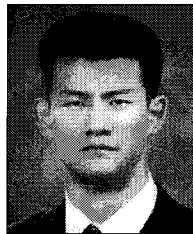
관심분야 : 워터마킹, DRM, 영상신호처리



송 윤 철

1988년 경남대학교 학사 졸업(공학사)
 1994년 중앙대학교 석사 졸업(공학석사)
 2007년 건국대학교 박사과정 수료
 1996년~2005년 한국정보통신산업협회 사업단장

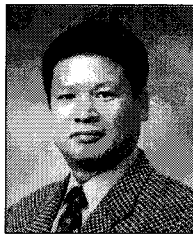
관심분야 : 차세대 PC, 음성 및 언어정보학, 인터넷응용



장 봉 주

2002년 부산외국어대학교 전자공학과 학사 졸업(공학사)
 2004년 부산외국어대학교 전자컴퓨터공학과 석사 졸업(공학석사)
 2007년~현재 부경대학교 정보보호학과 박사과정

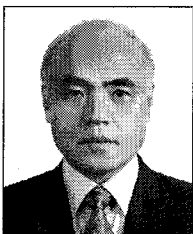
관심분야 : 워터마킹, 비디오 신호처리, 영상 압축



권 기 룡

1986년 경북대학교 전자공학과 학사 졸업(공학사)
 1990년 경북대학교 전자공학과 석사 졸업(공학석사)
 1994년 경북대학교 전자공학과 박사 졸업(공학박사)

2000년~2001년 Univ. of Minnesota, Post-Doc.
 1996년~2005년 부산외국어대학교 디지털정보공학부 부교수
 2006년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
 2008년~현재 한국멀티미디어학회 국제담당부회장
 관심분야 : 멀티미디어 정보보호, 영상처리, 웨이브릿 변환



김 민 환

1980년 서울대학교 전기공학과 졸업(공학사)
 1983년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
 1988년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
 1986년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

2008년~현재 한국멀티미디어학회 기획담당부회장
 관심분야 : 영상정보검색, 컴퓨터비전, 색채공학