

논문 2005-42SP-5-14

# H.264/AVC의 4x4 DCT기반 워터마크에 따른 영상왜곡과 비트율 변화에 대한 연구

(Study on Image Distortions and Bit-rate Changes Induced by Watermark based-on 4x4 DCT of H.264/AVC)

김 성 민\*, 원 치 선\*\*

(Sung Min Kim and Chee Sun Won)

## 요 약

지금까지 적용되었던 MPEG(Motion Picture Experts Group)기반의 워터마크(watermark)기법들은 새로운 압축 표준 H.264/AVC의 달라진 부호화 방식으로 인하여 H.264/AVC에 그대로 적용되기에는 많은 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이전의 압축표준에 사용되었던 DCT(Discrete Cosine Transform)기반의 워터마크 기법이 H.264/AVC에 적용 되었을 때 발생할 수 있는 문제를 분석하였으며, 그 결과를 영상왜곡 및 비트율(bit-rate) 변화의 측면에서 연구 하였다. 기존의 MPEG-2에 사용되었던 DCT기반 워터마크 기법들이 H.264/AVC에 적용되었을 때 H.264/AVC 부호화의 큰 특징인 인트라(intra) 부호화 및 CAVLC(Context Adaptive Variable Length Coding)의 영향으로 인하여 PSNR은 모든 QP(Quantization Parameter)에 대하여 평균 28.17 dB 감소 되었으며, 비트율은 모든 QP에 대하여 평균 56.71 % 증가 하였다.

## Abstract

There are some problems in directly applying the conventional MPEG bit-stream based watermarking schemes to the bit-stream of a new compression standard, H.264/AVC. In this paper we analyze the effects of the conventional DCT-based watermarking scheme to H.264/AVC, especially in terms of image distortions and bit-rate changes. It turns out that the intra-frame prediction and CAVLC of H.264/AVC with the watermarking worsen the image distortions and bit-rate changes. The experiment results show on average 28.17dB decrease in PSNR and 56.71% increase in bit-rate over all QPs.

**Keywords :** H.264/AVC, DCT domain watermark, bit-rate, PSNR

## I. 서 론

디지털(digital) 워터마크(watermark)는 워터마크의 삽입 공간에 따라 크게 공간영역의 워터마크와 주파수 영역의 워터마크로 나뉘어 진다. 공간 영역의 워터마크 기법은 칼라(color)또는 흑백 영상의 선택된 화소의 비트(bit)를 조작하는 것이다. 이러한 방법의 워터마크는

워터 마크의 강도에 의해 눈에 보이게 할 수 있고, 그렇지 않게 할 수도 있다. 이 방법은 가장 간단하고 손쉽게 할 수 있지만, 채널(channel) 잡음이나 제반 영상 처리에 의해 쉽게 워터마크가 손상될 수 있다. 특히 MPEG(Motion Picture Experts Group)으로 압축된 비디오 스트림(stream)의 경우, 공간영역에 워터마크를 삽입하는 방법은 크게 다음 두 가지의 문제점을 가진다 [1][2]

- 복잡도 증가: 워터마크 삽입을 위해 스트림을 완전히 복호(decode)한 후, 완전히 부호(encode)해야 한다.
- 워터마크 강도: 비디오 스트림의 부호화 비트율(bit rate)을 유지하기 위해 부호화에서 사용되는 양자화 수준(quantization level)이 가변적이므로, 워터마크 강

\* 학생회원, \*\* 정회원, 동국대학교 전자공학과  
(Department of Electronic Engineering, Dongguk University)

※ 이 연구는 동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터  
를 통한 한국 과학재단의 우수 연구센터 지원금에  
의하여 수행되었습니다.

접수일자: 2005년3월21일, 수정완료일: 2005년6월2일

도 결정에 어려움이 있다.

워터마크는 공간영역 뿐만 아니라 주파수 영역에서도 적용 될 수 있다. 공간영역의 워터마크 삽입 기법과 비슷하게, 주파수 영역의 워터마크 기법은 특정한 주파수 대역을 선정하여 원래 주파수 영역의 계수 값을 조작하게 된다. 높은 주파수 대역의 계수는 부호화 과정에 의한 손실이 크기 때문에 더 낮은 주파수 대역을 선택하여 워터마크를 삽입하거나, 각 프레임(frame)의 중요한 특징들을 파악하여 워터마크가 삽입될 주파수 대역을 동적으로 선택하는 방법을 사용한다<sup>[3]</sup>. 하지만 주파수 영역의 워터마크 기법은 영상 전체에 영향을 주기 때문에 공간영역에서의 일부 영상에 대한 조작에 의해서도 전체 워터마크가 손상될 우려가 있다. 또한 저작권 보호 및 고의적 공격에 대한 강인성에 앞서, 워터마크에 의한 영상의 왜곡 및 비트율 증가는 우선적으로 고려되어야 한다. 이러한 주파수 영역 워터마크 기법의 단점을 보완하고 MPEG의 비트 스트림에 직접 적용시키기 위한 노력이 많이 진행되었다<sup>[4]</sup>. 이러한 방법들의 특징은, 예측에 의해 부호화 양이 작아져 워터마크가 삽입 되었을 때 에러(error)전파 정도를 높이고 그에 따르는 영상의 화질을 악화시키는 화면 간(inter) 부호화를 하는 프레임에 워터마크를 하는 대신, 그보다 에러에 대한 민감한 정도가 작은 화면 내(intra) 부호화를 하는 프레임의 적절한 QDCT(Quantized Discrete Cosine Transform)계수에 워터마크를 삽입한다<sup>[5][6]</sup>. MPEG-2에서 적용되었던 이런 워터마크기법은 부호화 방법이 다른 H.264/AVC<sup>[7][8]</sup>에 적용하였을 때 여러 문제점을 일으킬 수 있다. 본 연구에서는 H.264/AVC로 화면 내 부호화된 프레임들의 QDCT계수에 워터마크를 삽입하여 기존의 MPEG-2에서 사용하였던 방법이 H.264/AVC에 어느 정도의 효율이 있는지 영상왜곡 정도 및 비트율 변화의 두 가지 측면에서 연구하였다.

II. H.264/AVC의 화면 내 부호화와 워터마크

1. 예측 모드와 영상왜곡

MPEG-2와 다른 H.264/AVC의 화면 내 부호화의 큰 특징 중의 하나인 화면 내 예측을 그림 1에 나타내었다. 이러한 화면 내 예측에 의해 DC계수만 DPCM(Differential Pulse Code Modulation)을 하는 MPEG-2보다 화면 내 부호화 프레임의 부호화 양은 훨씬 작아지게 된다. 또한, 4x4 블록단위의 DCT는 개선된 화질의 여러 요인 중 하나이다. 하지만, 이러한 부호화 방법은

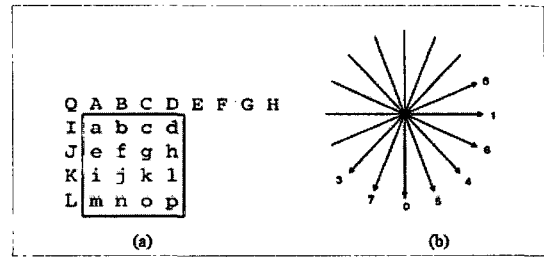


그림 1. (a) 부호화되는 4x4 블록과 이웃 화소들  
(b) 9가지 화면 내 예측 모드  
Fig. 1. (a) 4x4 block for encoding and adjacent pixels.  
(b) Intra prediction mode for intra frame.

H.264/AVC 압축 스트림(stream)에 워터마크를 삽입할 경우 발생하는 영상왜곡이 MPEG-2의 경우 보다 더 심각해 질 수 있다. 또한 H.264/AVC에서는 MPEG-2와는 달리 제한되지 않은 슬라이스(slice)단위 때문에 에러전파를 더욱 심각하게 일으킬 수 있다.

2. CAVLC와 비트율 변화

MPEG-2의 8x8 DCT 기반 워터마크 삽입 기법은 삽입위치에 따라 장단점이 있다. 저주파 혹은 DC계수에 대한 워터마크 삽입은 MPEG-2의 VLC 특성상 작은 비트율 변화를 보이지만 고주파 계수에 대한 워터마크 삽입에 비하여 많은 영상 왜곡을 일으킨다. 반대로 고주파 계수의 워터마크 삽입은 저주파 혹은 DC계수의 워터마크 삽입보다 작은 영상 왜곡정도를 나타내지만 긴 VLC 코드(code)길이를 가지게 되어 전체적으로 큰 비트율 증가를 야기한다. 따라서 MPEG-2의 DCT기반 워터마크기법은 대부분 중간 주파수 대역 선정을 선호하는 경향이 있다<sup>[3]</sup>. 그림 2에 H.264/AVC의 4x4 QDCT된 한 블록과 부호화 과정을 그림으로 간략히 나타내었다.

그림에 나타낸 바와 같이, H.264/AVC의 부호화 기법은 MPEG-2에서와는 달리 지그재그(zigzag) 스캔(scan)된 계수의 런-길이(run-length)에 따른 VLC를 사용하지 않고, 지그재그 스캔된 계수를 역순으로 조사

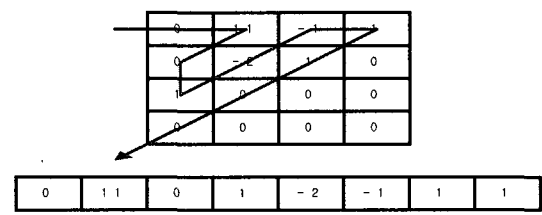


그림 2. 지그재그 스캔(scan)된 계수의 역순 부호화  
Fig. 2. Encoding zigzag-scanned QDCT coefficients in reverse order.

하면서 연속된 '1'의 개수(trailing ones: TO)와 전체 블록의 '0'이 아닌 계수의 개수(total coefficient: TC)를 기반으로 VLC를 하게 된다. 또한, 앞서 부호화된 블록들의 TO, TC에 따라 현재 부호화 되고 있는 블록의 VLC 테이블(table)을 수시로 바꾸게 된다. 이러한 사실은 H.264/AVC의 DCT기반 워터마크에 따른 비트율 증가에 상당히 민감한 영향을 끼치게 된다. 즉, MPEG-2의 워터마크로 인한 결과처럼 DC계수의 워터마크 기법이 비트율 증가를 가장 효과적으로 줄일 수 있다고 장담할 수 없고, 고주파의 워터마크 기법이 많은 비트율 증가를 일으킨다고 할 수 없으며, 중간 주파수의 워터마크 삽입기법이 H.264/AVC의 DCT기반 워터마크 삽입 기법에 있어서 가장 효율적이지도 않다.

### III. 워터마크에 의한 영향 분석 및 실험 결과

H.264/AVC의 4x4 DCT기반 워터마크 기법은 위에서 살펴본 바와 같이 저작권 보호 및 고의적 공격에 대한 강인성을 추구하기에 앞서, 가장 기본적인 문제인 영상의 왜곡도와 비트율 증가의 두 가지 문제점을 가지게 된다. 또한 이러한 문제들은 각 동영상에 가지는 특성, 예를 들면 배경이 고정되어 있는 영상, 움직임이 많은 영상, 고주파 성분을 많이 가지고 있는 영상, 저주파 성분을 많이 가지고 있는 영상 등, 영상 고유의 특성에 따라 각 워터마크기법에 따른 영상의 왜곡도, 비트율 증가 및 워터마크 삽입량 변화에 많은 영향을 줄 수 있다. 따라서 본 실험에서는 표 1에서와 같이 동영상을 5 종류로 나누었다.

워터마크는 동영상의 특성에 따라 영상의 왜곡 및 비트율 변화에 많은 변화를 가져올 수 있다. 예를 들면, 저주파 성분이 많은 영상의 QDCT계수 조작은 워터마크 삽입으로 인한 영상의 왜곡이 눈으로 쉽게 관찰되는 반면 고주파 성분이 많은 영상의 QDCT계수 조작은 인간 눈의 시각적 특성으로 인하여 쉽게 관찰되지 않는 경향이 있다. 또한 움직임의 적고 많음에 따라 쉽게 관

표 1. 각 동영상의 특성.  
Table 1. The character of each movie.

영상이름	동영상 특성
cities	고주파 성분이 많은 정적 화면
adidas	고주파 성분이 많은 동적 화면
kt-ringgo	저주파 성분이 많은 정적 화면
motorola	저주파 성분이 비교적 많은 동적화면
nike	주파수 성분이 골고루 분포한 동적화면

찰할 수 있거나 그렇지 않게 된다. 또한 H.264/AVC의 부호화 과정 역시 MPEG-2에서와 마찬가지로 양자화의 수준을 결정하는 부호화기 파라미터(quantization parameter: QP)에 따라 DCT계수의 양자화 수준은 각각 다르게 일어나게 되며, 그에 따른 워터마크 강도 역시 같이 변하게 되므로 영상의 왜곡정도는 QP에 민감하게 작용한다. 본 실험에서는 이러한 특성을 모두 이용하여 객관적인 실험을 하였다. 즉, 앞서 언급하였던 워터마크를 삽입하는 QDCT 계수의 위치에 따른 영상의 PSNR 및 비트율 변화 특징을 살펴보기 위하여 워터마크의 삽입위치를 각 영상의 QDCT계수 DC(0,0), AC(1,1), AC(2,2), AC(3,3)로 변화를 주어 삽입을 하였으며, 각 경우에 대하여 QP역시 0~51로 가변시켜 가면서 각각의 모든 경우에 따른 영상왜곡 및 비트율 변화를 조사하였다. 그리고 화면 내 부호화의 특징인 예측 및 제한되지 않은 슬라이스(slice)에 따라 영상의 크기가 화면 왜곡에 미치는 영향이 크다고 판단하여, 영상의 크기에 변화를 주어 실험을 하였다. 또한, 공정한 결과 비교를 위하여 4x4단위 블록 마다 모두 한 비트씩을 삽입하였고 가장 열악한 조건의 실험인 모든 해당하는 QDCT 계수를 바꾸어 주었으며, 삽입방법은 [5]에서 적용하였던 각 QDCT 계수의 LSB(the Least Significant Bit) 조작 기법을 사용하였다. 그 외, 영상의 프레임(frame) 수는 각각 100 프레임을 사용하였고, 모든 영상을 화면 내 부호화 하였으며, 베이스라인 프로파일(baseline profile), 프레임 당 1슬라이스 구조를 사용하였다.

#### 가. 영상의 왜곡도 변화

그림 3에 워터마크를 하지 않은 각 동영상 100프레임의 QP별 평균 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 H.264/AVC의 개선된 부호화 기법은 모든 QP에 대하여 평균 43.3558 dB의 화질을 제공하고 있다. 그림에서 나타난 평균 PSNR과 워터마크 삽입후의 각 동영상의 평균 PSNR의 비교는 다음과 같은 세 가지 측면으로 분석할 수 있다.

#### (1) 영상의 크기별 화질 열화

그림 4는 MPEG-2와 H.264/AVC의 화면 내 부호화를 하는 프레임의 슬라이스 구조를 나타낸다. MPEG-2의 QDCT계수의 DC성분은 DPCM되므로 DC계수 조작에 의한 에러 전파가 발생한다. 그러나 그림 4의 (a)와 같이 MPEG-2의 슬라이스는 매크로 블록(macro block)

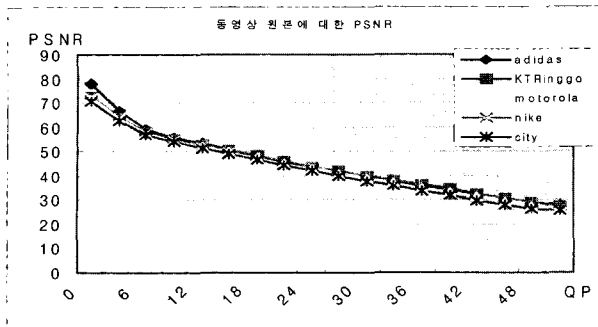


그림 3. 각 동영상의 평균 PSNR  
Fig. 3. The Average PSNR of each movie.

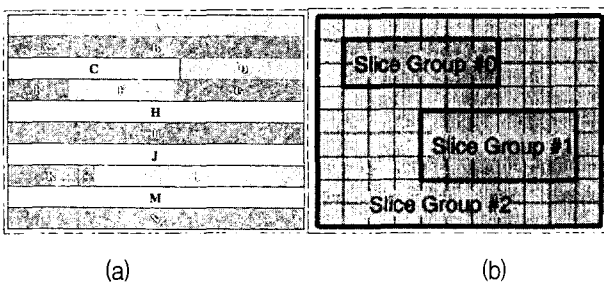


그림 4. (a) MPEG-2, (b) H.264/AVC의 슬라이스 구조  
Fig. 4. Slice structure of (a) MPEG-2 and (b) H.264/AVC.

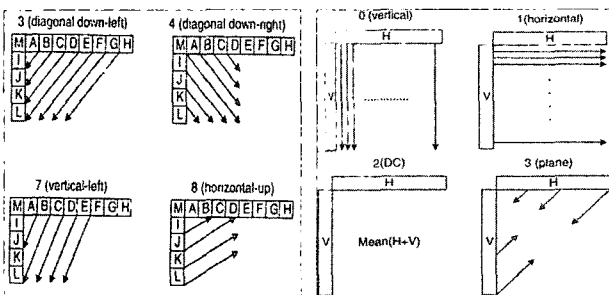


그림 5. 화면 내 프레임의 (a) 4x4 예측, (b) 16x16 예측  
Fig. 5. (a) 4x4 and (b) 16x16 prediction of intra frame.

단위의 한 줄을 넘을 수 없으므로 QDCT계수의 변화에 따른 에러 전파는 한정적이며, 특히 화질 열화를 많이 일으키는 DC계수의 워터마크 삽입기법에서도 비트 삽입, 제거를 차례로 반복하면 그 열화정도를 최소화시킬 수 있다. 하지만 그림 4의 (b)와 같은 H.264/AVC의 화면 내 부호화 프레임의 슬라이스 구조는 임의적으로 선택을 할 수 있으며 현재 시행되고 있는 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)에서는 1슬라이스/프레임을 사용하고 있고 베이스라인 프로파일(baseline profile)에서도 프레임 내의 슬라이스 그룹(group)을 8개 이하로 규정하고 있다<sup>[9]</sup>. 이러한 제한되지 않은 슬라이스 구조는 워터마크 삽입에 의한 에러 전파를 더욱 심하게 할 수 있으며, 그림 5에 실험 결과를 나타내었다. 그림 5의 좌측은 CIF(Common Intermediate Format)영상의 각

워터마크 삽입위치 및 QP별 PSNR을 나타내었고, 우측은 QCIF(Quarter CIF)영상의 각 워터마크 삽입위치 및 QP별 PSNR을 나타내었다. 그림에서 나타난 바와 같이 같은 워터마크 기법을 적용하였을 때 화면의 크기가 큰 CIF 영상의 PSNR이 화면의 크기가 작은 QCIF 영상보다 전체적으로 PSNR이 작은 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 제한되지 않은 슬라이스 크기 및 화면 내 예측에 의해 영상의 크기가 커질수록 점점 더 심해 질 것이다.

(2) 영상의 주파수 성분별 화질 열화

그림 6은 H.264/AVC 화면 내 예측 모드(mode)의 예를 나타내었다. (a)는 4x4 픽셀(pixel) 단위의 예측 모드를 나타내며, (b)는 16x16 픽셀 단위의 예측 모드를 나타낸다. 각 매크로 블록은 4x4 예측 모드 9개, 16x16 예측 모드 4개를 모두 수행하여 그 중 최적의 비용(cost)을 갖는 모드를 현재 부호화 되는 블록의 예측 모드로 설정한다. 즉, MPEG-2에서는 일률적인 8x8 픽셀 단위의 DCT후 DC계수만 예측하였기 때문에 화질 열화가 영상의 주파수 성분과 크게 관련이 있지 않았지만, H.264/AVC에서는 고주파 성분이 많은 영상의 경우 4x4 단위까지 예측을 하고, 저주파 성분이 많은 영상은 16x16 단위의 예측을 하게 된다. 이러한 사실은 4x4 예측 모드에서는 워터마크에 의한 에러 전파를 더 많이 가질 수 있고, 16x16 예측 모드에서는 에러 전파가 작게 일어난다. 즉, H.264/AVC에서는 저주파 성분이 많은 영상일수록 워터마크로 인한 화질 열화가 고주파 성분이 많은 영상보다 적게 일어날 수 있으며, 이것은 MPEG-2와는 뚜렷이 비교되는 점이다. 그림 5의 실험 결과 및 표 1에 나타난 바와 같이, 영상 크기 및 QP와는 독립적으로 저주파의 정적인 화면 구성을 하고 있는 kt-ringgo 동영상에 다른 동영상들에 비하여 PSNR이 높은 것을 알 수 있다. 이것 또한 MPEG-2에서의 워터마크와 뚜렷이 구분 되는 점이다.

(3) 워터마크 삽입 위치에 따른 PSNR

그림 5에서 나타난 바와 같이 워터마크 삽입위치에 따른 PSNR은 고주파 영역으로 갈수록 전체 PSNR이 좋아지는 경향이 있으며, 이는 MPEG-2의 경우와 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

나. 영상의 비트율 변화

그림 7에는 MPEG-2의 8x8 QDCT 계수에 워터마크

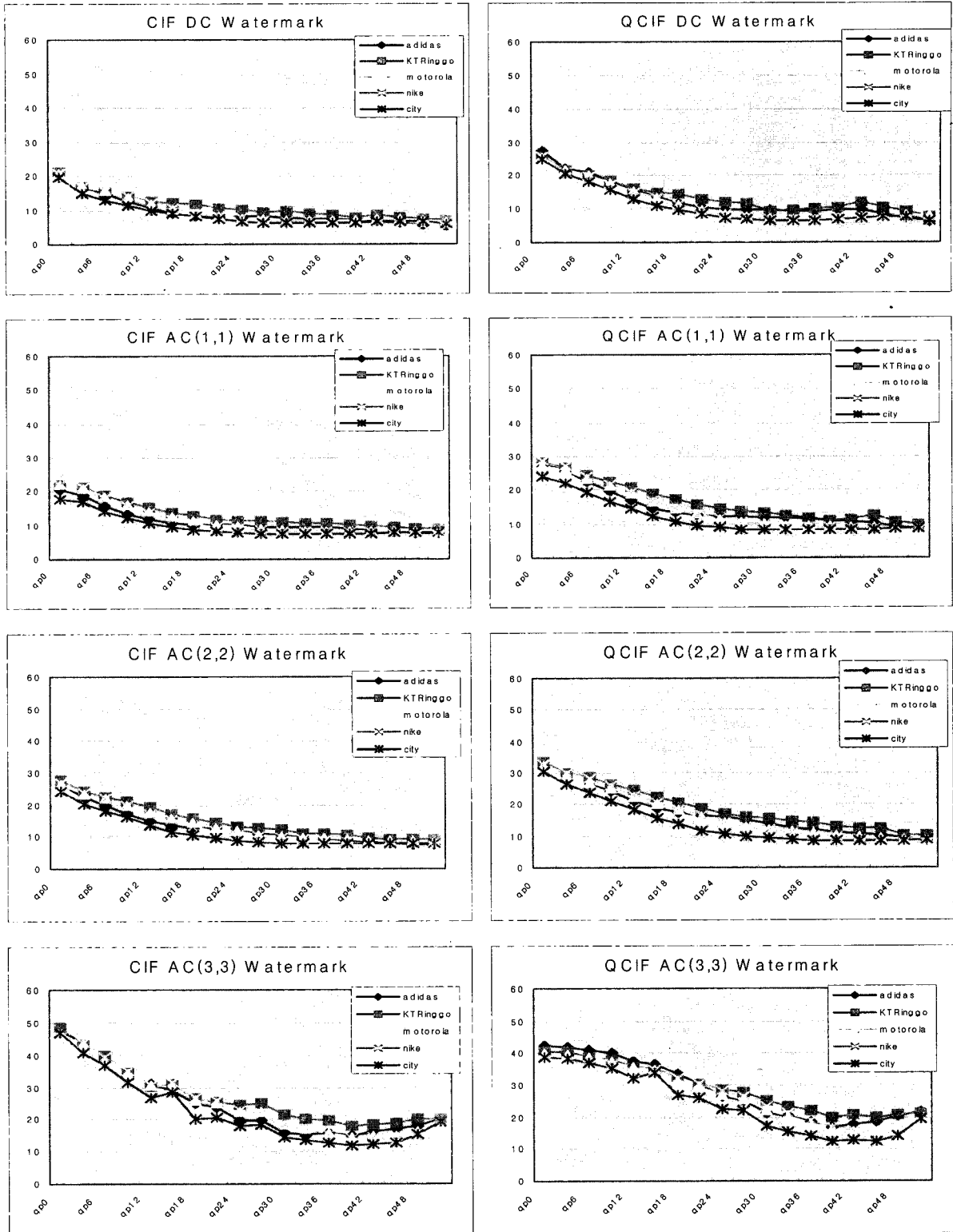


그림 6. 영상의 크기와 QP값에 따른 PSNR 변화  
 Fig. 6. PSNR changes for various image size and QP values.

를 삽입한 결과를 나타내었으며 그림 8에는 같은 방법을 H.264/AVC에 적용한 결과를 나타내었다. 그림 7의 그래프 가로축은 워터마크가 삽입된 QDCT계수 위치를

나타내고, 세로축은 워터마크 삽입 후 동영상의 비트율 증가를 백분율로 나타내었다. 그림 8의 그래프 가로축은 H.264/AVC의 부호화기에 사용되는 양자화 파라메

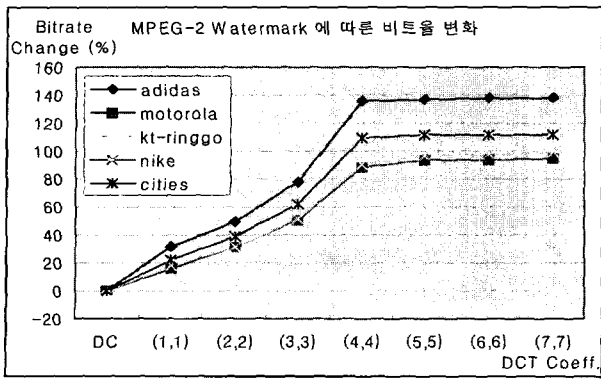


그림 7. MPEG-2의 워터마크에 따른 비트율 증가 백분율

Fig. 7. Percentage of bit-rate increment in MPEG-2.

터 QP를 나타낸 것이고 세로축은 워터마크를 삽입하지 않은 동영상에 대한 워터마크 삽입 후 동영상의 비트율 증가를 백분율로 나타내었으며, 좌측의 그래프는 CIF영상에 대한 비트율 변화를, 우측의 그래프는 QCIF영상에 대한 비트율 변화를 나타내었다. 워터마크로 인한 비트율 증가 역시 다음과 같은 세 가지 측면으로 분석할 수 있다.

(1) 영상의 크기별 비트율 변화

그림 8에 나타난 바와 같이 영상의 크기는 비트율 증가와 관련이 없음을 알 수 있고 이것은 MPEG-2에서의 워터마크로 인한 비트율 증가와 다르지 않다.

(2) 영상의 주파수 성분별 비트율 변화

그림 8에 나타난 바와 같이 저주파 성분이 많이 포함된 kt-ringgo 동영상의 비트율 증가는 고주파 성분을 포함하고 있는 영상의 비트율 증가보다 더 많음을 알 수 있다. 즉, DCT로 인한 에너지 집중도가 고주파 영상보다 저주파 영상이 높기 때문에 양자화후 남아있는 비트들도 훨씬 적고 워터마크 삽입으로 인한 저주파 영상들의 비트 증가는 고주파 영상들 보다 많아지게 된다. 이러한 사실을 바탕으로 결과만 본다면 MPEG-2와 다르지 않지만 원인은 다른 곳에 있으며, 다음에 그 원인을 나타내었다.

(3) 워터마크 삽입위치에 따른 비트율 변화

그림 7에 나타난 MPEG-2에서의 워터마크의 삽입 위치에 따른 비트율 변화를 그림 9의 H.264/AVC의 위치에 따른 비트율 변화와 비교하였을 때 워터마크 삽입 위치에 따른 비트율 증가는 MPEG-2에서의 경우와 크

게 다르다. 즉, 그림 7에 나타난 바와 같이 MPEG-2에서는 저주파 영역보다 고주파 영역에 워터마크를 삽입하였을 때, 지그재그 스캔 순서의 런-길이(run-length)를 증가시키기 때문에 많은 비트율 증가를 기대할 수 있다. 하지만 H.264/AVC의 경우에는 그림 2에서 설명한 바와 같이 다른 부호화 방식인 CAVLC<sup>(7)(8)</sup>를 사용하기 때문에 다른 결과를 나타내었다. 즉, 4x4 블록의 AC(3,3) 지점인 가장 높은 주파수 영역에 워터마크를 삽입했을 때의 비트율 증가가 DC를 제외한 다른 영역에 워터마크를 삽입했을 때 보다 훨씬 작은 비트율 증가를 보이고 있다. 또한 그림 8에서 보는 바와 같이 40 이상의 높은 QP의 설정은 비트율 증가를 멈추거나 오히려 낮아지는 경향이 있다. 이것은 증가한 QP에 따라 DCT계수들의 양자화 폭이 커짐으로써 계수들이 대부분 0의 값을 가지게 되며 (3,3)지점의 비트삽입은 MPEG-2에서처럼 런-길이의 증가를 야기 시켜 매우 긴 코드길이를 갖는 코드로 부호화 되지 않고, 그림 2에서 설명한 바와 같이 CAVLC를 따르기 때문에 오히려 더 작은 비트율 증가를 보일 수 있으며, 이것 또한 MPEG-2에서의 워터마크와 비교되는 점이다.

다. 실험 결과

표 2에 실험에 사용된 전체 동영상의 평균 PSNR 및 평균 비트율 변화중 QP 28~32 사이에서의 평균값을 나타내었다. 표에 나타난 바와 같이 MPEG-2에서 사용되었던 DCT기반의 워터마크 기법이 H.264/AVC에 그대로 적용 되었을 경우 영상왜곡이 심하게 일어나며, 비트율 역시 큰 폭으로 증가 하였다. 화질왜곡의 측면에서 살펴본다면, 고주파 성분이 많기 때문에 4x4 인트라 예측을 많이 함으로써 워터마크 에러를 더 많이 전파시키는 cities 영상이 가장 낮은 PSNR(가장 큰 화질 왜곡)을 보여 주었고, 반대로 16x16 예측을 많이 하는 kt-ringgo 영상은 워터마크로 인한 에러전파가 그보다는 작기 때문에 가장 높은 PSNR(가장 작은 화질 왜곡)을 보여주었다. 이러한 PSNR의 변화는 MPEG-2의 DCT기반의 워터마크 기법처럼 삽입하고자하는 QDCT 계수의 선택에 민감한 것이 아니라 화면 내 예측모드에 민감하다는 점이 특징적 이었다. 비트율 증가 측면에서 살펴보면 표에서는 QP 28~32사이의 변화율만 표시하였기 때문에 adidas가 제일 높게 나타났지만, 화면이 매우 스무드하기 때문에 예측에 의한 에너지 감소가 큰 kt-ringgo영상이 제일 많은 비트율 증가를 보였다. 워터마크 삽입위치에 따른 비트율 증가량은 런-길이 부호

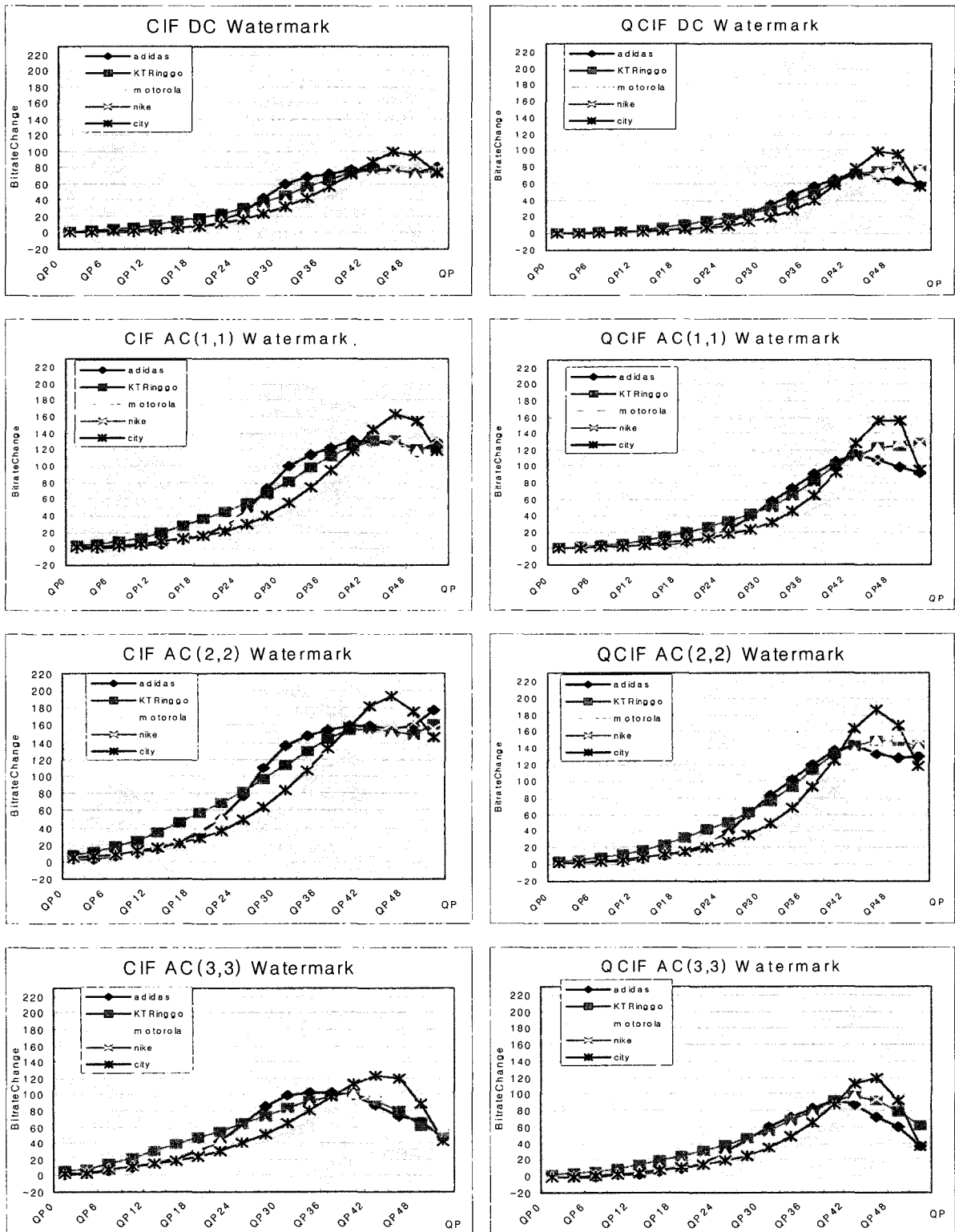


그림 8. 비트율 증가에 따른 백분율  
Fig. 8. Percentage of bit-rate increment.

화를 하는 MPEG-2 에서처럼 고주파 영역으로 갈수록 비트율 증가가 커지는 것과는 달리, CAVLC의 영향으로 인하여 AC(3,3)에 워터마크를 삽입하는 것이 가장 효율적이었다. 전체적으로 H.264/AVC의 화질 열화 및

비트율 증가모두에 가장 효율적인 DCT 기반 워터마크 삽입기법은 중간주파수 대역을 선택하는 MPEG-2와는 달리 AC(3,3)영역의 워터마크 삽입법이 가장 효율적이었다.

표 2. 각 동영상의 평균 특징(QP 28~32)  
Table 2. The average feature of each movie (QP 28~32).

영상이름	평균 PSNR	평균 비트율 증가
cities	9.12 dB	58.95 %
adidas	10.95 dB	82.65 %
kt-ringgo	13.53 dB	80.74 %
motorola	11.10 dB	70.64 %
nike	10.82 dB	48.35 %

#### IV. 결 론

본 논문에서는 이전의 MPEG 표준에서 사용되었던 DCT 기반의 워터마크 기법들이 H.264/AVC에 그대로 적용되었을 때 발생할 수 있는 문제점들을 연구하였다. 실험에서 나타난 바와 같이 영상의 왜곡 및 비트율 증가의 측면에서 H.264/AVC DCT기반의 워터마크 삽입 기법은 AC(3,3)영역에 적용되는 것이 가장 효율적이지만, 화질 열화도 심각할 뿐만 아니라 큰 비트율 증가를 일으킨다. 또한 화면 내 예측 모드와 새로운 부호화 방법인 CAVLC는 각각 화질 열화와 비트율 증가의 원인이 되고 있다. 이에 따라 그동안 MPEG-2에 적용되었던 DCT기반 워터마크 기법들은 H.264/AVC DCT기반에 그대로 적용하기에는 무리가 있으며 새로운 알고리즘이 요구된다.

#### 참 고 문 헌

[1] F. Hartung, B. Girod, "Digital Watermarking of MPEG-2 Coded Video in the Bit Stream Domain," IEEE International Conference on

Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 4, pp. 21-24, April 1997.  
 [2] D. Simitopoulos, N. V. Boulgouris, "Compressed domain Video Watermarking of MPEG Streams," IEEE International Conference on Multimedia and Expo, Vol. 1, pp. 26-29, August 2002.  
 [3] J.J. Chae, K. Khee Pang, "Data Hiding in Video," Proceedings of International Conference on Info-tech and Info-net, Vol. 2, pp. 791-796, November 2001.  
 [4] M. Alattar, "Digital Watermarking of Low Bit-Rate Advanced Simple Profile MPEG-4 Compressed Video," IEEE Transaction on CSVT, Vol. 13, no. 8, pp. 787-800, August 2003.  
 [5] J. Y. Park, J. H. Lim, G. S. Kim, C. S. Won, "Invertible Semi-fragile Watermarking Algorithm Distinguishing MPEG-2 Compression from Malicious Manipulation," International Conference on Consumer Electronics, pp. 18-19, June 2002.  
 [6] G. Qiu, P. Marziliano, A. T.S. Ho, "A Hybrid Watermarking Scheme for H.264/AVC Video," Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, pp. 23-26, August 2004  
 [7] T. Wiegand, G. Sullivan, A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," IEEE Transaction on CSVT, Vol. 4, pp. 560-576, July 2003.  
 [8] E. Richardson, "H.264 and MPEG-4 Video Compression," John Wiley, 2003.  
 [9] T. Wiegand, "Study of Final Committee Draft of Joint Video Specification (ITU-T Rec, H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC)," pp. 197, December 2002.

#### 저 자 소 개



김 성 민(학생회원)  
 2002년 동국대학교 전자공학과 학사 졸업.  
 2005년 동국대학교 전자공학과 석사 졸업  
 2005년 현재 동국대학교 전자공학과 박사 재학 중  
 <주관심분야 : 영상압축, 워터마킹, 영상 검색>



원 치 선(정회원)-교신저자  
 1982년 고려대학교 전자공학과 학사 졸업.  
 1986년 Univ. of Massachusetts /Amherst 석사 졸업.  
 1990년 Univ. of Massachusetts /Amherst 박사 졸업.  
 1989년~1992년 금성사 중앙연구소 선임 연구원.  
 1992년~현 재 동국대학교 전자공학과 교수.  
 <주관심분야 : MRF image modeling, image segmentation, content-based image retrieval, image watermarking>