

## H.264/AVC용 실시간 워터마크 구현

이영종, 황호연, 박경오, 홍유표  
 동국대학교 전자공학과

### Implementation of Real-time Watermarking for H.264/AVC

Youngjong Lee, Hoyeon Hwang, Kyungho Park, Youpyo Hong  
 Electrical Engineering Department, Dongguk University

**Abstract** - 디지털 영상에 대한 위/변조 방지 및 저작권 보호를 위한 다양한 워터마킹 기법이 연구되어 왔다. 워터마킹 기법은 그 응용 대상에 따라 알고리즘이나 구현 방식이 크게 달라지게 되는데, 본 연구에서는 디지털 콘텐츠 대부분이 압축되어 전송, 저장되는 추세와, 최근 대부분의 멀티미디어 동영상 코덱 표준으로 채택이 되고 있는 H.264/AVC 인코더를 기반으로 한 워터마크 삽입을 실시간으로 수행하기 위한 기법을 제시한다.

역양자화와 IDCT블럭은 후속 픽처의 인터예측을 위해 최근 압축된 영상을 디코딩하여 저장하기 위하여 사용되며, H.264의 경우 블록간 이질감 최소화를 위해 IDCT 결과 생성된 압축 후 복원 영상에 대한 필터링을 위해 디블럭킹 필터가 사용된다.

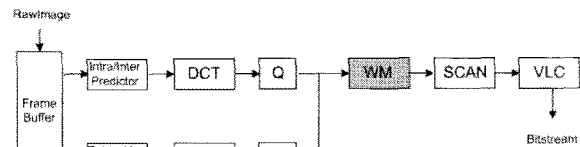
#### 2.2. H.264/AVC형 워터마크 알고리즘

H.264/AVC에서의 실시간 워터마크 삽입을 위하여 이전 발표 논문에서 제안된 알고리즘[12]의 기본 아이디어는 양자와 결과로서 얻은 주파수 영역 계수를 분석하여, 화질 측면에서 제일 중요도가 떨어지는 계수에 대하여 선별적으로 워터마크를 적용하는 것이다. 구체적으로는 양자화 블록 출력 계수 중 지그재그 스캔 상으로 제일 마지막 Trailing One데이터에서 마지막 1 또는 -1 데이터를 지정된 패턴에 따라 1 또는 -1로 변환시키는 것이다. 여기서 지정된 패턴은 사용자의 임의 지정이 가능하며, 일례로는 매크로블럭 좌표에 따라 1과 -1 선택 여부를 결정할 수 있다.

이러한 워터마킹의 주목할 만한 장점은 워터마크 삽입에 따른 비트율 변화가 없다는 점이며, 단점으로는 디코딩 시 워터마크 삽입 부분과 인접 블록에 대한 화질 열화가 가능하다는 점인데 이러한 화질 열화는 육안 식별도가 매우 떨어지는 데이터에 대한 변질이기 때문에 원천적으로 그 정도가 심하지 않으며, 인접 블록에 대한 파급 효과는 모드선택 (인터, 인트라 예측 선택)과의 연계를 통해 경미한 수준으로의 차단이 가능하다. 하드웨어 구현 측면에서는 양자화 데이터에 대한 on-the-fly 워터마크 삽입이 가능하기 때문에 기존 인코딩 설계 변경 없이 단순한 워터마크 기능블럭 삽입으로 처리가 가능하며, 그 연산량 자체가 많지 않기 때문에 처리 속도나 구현 회로 크기가 크지 않을 수 있다는 장점이 있다.

#### 2.3 실시간 워터마킹 구현

워터마크의 삽입은 양자화 연산 블록 직후에 수행하도록 설계되었으며 그림 1은 워터마크 연산부가 추가된 H.264 인코더 구성도를 보여주고 있다.



〈그림 2〉 워터마크 포함 H.264 인코더 구성도

하드웨어 구현상 중요 이슈는 DCT, Q, IQ, IDCT, 그리고 SCAN과 VLC연산 블록이 모두 단일 파이프라인 단에서 처리되므로 워터마크 연산 처리 사이클이 매우 짧아야 한다는 점이며, 워터마크 처리가 과도하게 많은 클럭 사이클을 필요로 하게 되면 불필요한 파이프라인 단이 추가됨으로서 처리 속도의 증가는 물론 파이프라인 스테이지 간의 데이터 저장을 위한 SRAM 버퍼가 추가되어야 하는 단점이 생기게 된다.

이러한 측면을 고려한 워터마크 기능 블록의 구성도가 <그림 3>에 제시되어 있다.

#### 1. 서 론

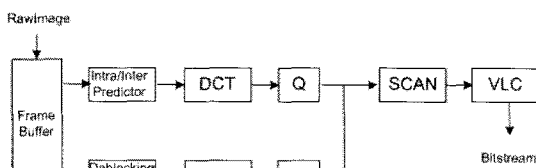
디지털 워터마킹은 디지털 영상 일부에 저작권자 또는 소스 생성자만의 고유한 데이터를 삽입함으로써 영상의 위/변조 여부를 판독하거나 저작권 보호를 주목적으로 한다. 워터마킹 기술은 육안 식별 가능 여부, 워터마크 삽입 방식 등에 따라 다양하게 분류 되는데, 최근 대부분의 디지털 영상은 전송의 용이성이나 저장 공간의 절감을 위해 원형 보다는 압축된 형태로 보관이 되기 때문에, 압축 방식과 긴밀한 연관성을 가지게 된다. 영상 압축 표준은 JPEG으로부터 MPEG-1/2/4 그리고 H.264/AVC[1]에 이르기까지 꾸준히 발전해 왔으며, 그에 따라 워터마크 기술도 [1-10]에 이르기까지 다양한 압축 표준별로 진보하여 왔다. 그러나 기존 워터마크 연구들은 대부분 JPEG이나 MPEG에서 채용하고 있는 DCT나 VLC기반이어서 H.264/AVC로의 직접적 응용이 곤란하여 H.264/AVC를 위한 워터마크는 비교적 최근 활발히 연구가 진행 중이며, 아직까지는 하드웨어 구현 이슈까지는 고려되지 않은 알고리즘 고안 단계의 연구가 주류를 이루고 있다.

압축 코덱에서 사용되는 워터마크 기법의 알고리즘 차원에서의 주된 목표는 1) 워터마크 삽입에 따른 화질 손실의 최소화 2) 비트스트림 크기 증가의 최소화 3) 영상 위/변조시 검출 능력의 최대화 이며 하드웨어 구현 측면에서의 목표는 4) 구현 복잡도의 최소화, 즉 회로 크기의 최소화 5) 처리 속도의 최대화로 요약할 수 있다. 본 논문에서는 이와 같은 여러 가지 요구 조건의 충족을 목표로 한 실시간 워터마킹 회로의 구현과 실험 결과를 제시하고 있다.

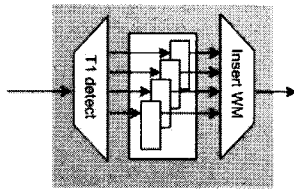
#### 2. 본 론

##### 2.1 H.264 인코더의 구성

H.264인코더는 기본적으로 인터/인트라 예측, 트랜스폼, 디블럭킹 필터, 스캔, VLC로 구성되어 있다. 인터 예측은 시간적으로 유사도가 높은 이전 픽처로부터 압축 대상 블록과의 유사도가 높은 블록을 찾아내어 그들간의 차분치를 원영상 대신 압축하는 기능을 담당하며, 인트라예측은 단일 픽처 내에서 공간적으로 유사도가 높은 인접블럭과 압축대상 블록과의 차분치를 원영상 대신 압축하는 기능을 담당한다. 이러한 차분치 데이터는 모두 트랜스폼 블록으로 입력되어 DCT와 양자화 연산의 과정을 거치며 육안 식별도가 떨어지는 고주파 성분 데이터를 제거한 뒤, 많은 고주파 성분 데이터가 0이라는 점의 활용을 위해 지그재그 순으로 데이터를 재정렬한 뒤 VLC단에서 출현 빈도가 높은 데이터에 대한 압축 효율을 증대시키는 방식으로 인코딩을 하게 된다.



〈그림 1〉 H.264 인코더 구성도



〈그림 3〉 워터마크 상세 회로도

T1 detect블럭의 역할은 양자화 블럭의 출력 중 마지막 Trailing Ones에 해당하는 주파수 성분 계수를 찾는 것과 IQ출력 데이터 네 개를 네 개의 병렬 레지스터에 보관하는 것이다. 이 과정을 통해 마지막 Trailing Ones가 검출되면 Insert WM블럭은 해당 계수의 마지막 1 또는 -1 데이터를 정해진 규칙에 따라 1 또는 -1로 교체하며, IQ에서 입력받은 데이터 순서와 동일한 순서로 Scan부에 전달한다.

처리 사이클은 T1 detect블럭이 네 개의 데이터를 네 개 레지스터에 저장하기 위한 4 클럭, Insert WM 블럭이 마지막 Trailing Ones의 마지막 1 또는 -1을 해당 데이터로 덮어 쓰는데 1 클럭, 그리고 IQ로부터 전달받은 순서대로 다시 직렬 출력 하는데 4 사이클이 소요되어 총 9 클럭의 연산 소요 시간을 필요로 한다.

### 3. 실험 결과

제안된 워터마크 회로는 Verilog를 이용하여 설계되었으며 TSMC 0.13μm 공정 라이브러리를 이용하여 Synopsys 툴로 합성하였다. 워터마크 회로 성능은 연산 소요 사이클과 게이트 카운트인데, 기존 연구결과 중 본 연구결과와 비교할 만한 H.264용 워터마크의 회로 구현 결과는 보고된 바가 없었기 때문에 기존 H.264인코더의 처리속도나 크기에 큰 영향을 주지 않는 것을 목표로 하였다.

우선 <표 1>은 워터마크 회로의 입력을 제공하는 트랜스폼 블럭 (DCT, Q, IQ, IDCT)과의 연산 속도 비교표이다. 워터마크와 함께 구현된 트랜스폼 회로는 54MHz의 구동 클럭으로 초당 30 frame/sec의 처리 속도를 갖는 회로로서 [13]등에 보고된 연구결과와 유사한 수준의 성능을 보유하고 있다. 실험 결과에 의하면 워터마크 회로는 트랜스폼 블럭의 2%미만 처리 속도를 보였으며, 인코더의 기존 처리 속도에 거의 영향을 주지 않음을 관찰할 수 있다.

〈표 1〉 트랜스폼과 워터마크 연산 시간 비교

연산 블럭	연산 사이클(Clock)
DCT	133
Q and IQ	250
IDCT	133
Watermark	9

<표 2>는 트랜스폼 블럭과 워터마크 블럭의 크기 비교 결과를 보여주고 있다. 워터마크 회로는 트랜스폼 회로대비 약 15% 정도의 크기를 차지하고 있으며, 인코더 전체 크기는 약 125,000 정도였으므로 인코더 전체에서의 크기 비중은 약 2.8% 정도를 점유하였다.

〈표 2〉 트랜스폼과 워터마크 회로 크기 비교

연산 블럭	게이트 카운트
DCT	6,500
Q and IQ	11,000
IDCT	6,450
Watermark	3,500

## 4. 결 론

본 논문에서는 H.264/AVC 실시간 인코딩을 위한 워터마크 구현 기법을 제시하였다. 화질 손실 측면을 고려하여 양자화 출력 중 가장 중요도가 낮은 Trailing Ones에 대하여 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 기반으로 하였으며, 워터마크 삽입에 총 9클럭만을 소요함으로써 기존 인코더 처리 속도에 거의 영향을 주지 않도록 설계 되었다.

## [참 고 문 헌]

- [1] M. Alattar, "Digital Watermarking of Low Bit-rate Advance Sumple Profile MPEG-4 Compressed Video," IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.13 NO.8, pp.787-800, Aug. 2003
- [2] D. Simitopoulos, S. A. Tsiftaris, N. V. Boulgouris and M. G. Strintzis, "Fast MPEG Watermarking for Copyright Protection," IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems, Vol.3, pp.1027-1030, Sept. 2002
- [3] F. Hartung and B. Girod, "Digital Watermarking of MPEG-2 Coded Video in the Bit Stream Domain," IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, pp.21-24, April 1997
- [4] C. T. Hsu and J. L. Wu, "DCT-Based Watermarking for Video," IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol.44, pp.206-216, Feb. 1998
- [5] M. Barni, F. Bartolini and N. Checcacci, "Watermarking of MPEG-4 Video Objects," IEEE Transaction on Multimedia, Vol.7, pp.23-32, Feb.
- [6] J. J. Chae and B. S. Manjunath, "Data Hiding in Video," Proceedings, International Conference on Image Processing, Vol.1, pp.311-315, 1999
- [7] P. Yin, B. Liu and H. H. Yu, "Error Concealment using Data Hiding," IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol.3, pp.1453-1456, May 2001
- [8] H. H. Yu and Y. Peng, "Multimedia Data Recovery using Information Hiding," IEEE Gloval Telecommunications Conference, Vol.3, pp.1344-1348, 2000
- [9] F. Bartolini, A. Manetti, A. Piva and M. Barni, "A Data Hiding Approach for Correcting Errors in H.263 Video Transmitted over a Noisy Channel," IEEE Fourth Workshop on Multimedia Signal Processing, pp.65-70, 2001
- [10] M. C. Q. Farias, C. Marco and K. M. Sanjit, "Objective Video Quality Metric based on Data Hiding," IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol.51, pp.938-992, 2005
- [11] E. G. Ricardson, *H.264/AVC and MPEG-4 Video Compression*, Wiley, 2003
- [12] S. M. Kim, S. B. Kim, Y. P. Hong and C. S. Won, "Data Hiding on H.264/AVC Compressed Video," International Conference on Image Analysis and Recognition, LNCS 4633, Aug. 2007
- [13] Y. Huang, B. H. 나노, T. Chen and L. Chen, "Analysis, Fast Algorithm, and VLSI Architecture Design for H.264/AVC Intra Frame Coder," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 15, pp. 378-401, March 2005.