

움직임 벡터를 이용한 개선된 비디오 워터마킹 방법

An Improved Video Watermarking using Motion Vector

이성연, 김종남
부경대학교 컴퓨터공학과

Seong-Yeon Lee and Jong-Nam Kim
Department of Computer Engineering,
Pukyong National University.

요약

콘텐츠의 네트워크를 통한 배포가 늘어나면서 콘텐츠의 보안에도 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 콘텐츠 보안은 콘텐츠 자체에 보안을 설정하거나 콘텐츠를 볼 수 있는 프로그램 등에 보안을 설정하는 방법 등을 사용하고 있다. 여러 가지 보안 기술 중 워터마크는 불법 콘텐츠 유포의 방지, 불법 콘텐츠의 추적, 저작권 주장, 위·변조 방지 등에 사용되고 있다. 워터마크는 위·변조를 방지하는 목적에서는 잘 훼손되도록 제작되지만 저작권 보호의 목적에서는 훼손되면 안 된다. 그러나 콘텐츠의 유통 과정 중 워터마크는 훼손되기 쉽다. 콘텐츠를 제작하는 과정에서 워터마크가 삽입되면 콘텐츠의 압축, 편집, 송출 등의 단계에서 공격을 받아 훼손될 수 있기 때문이다. 이러한 공격에서 워터마크를 살아남게 하기 위해서 본 논문에서는 움직임 예측을 이용한 워터마크 삽입 방법을 제안한다. 방법은 워터마크 메시지를 삽입할 때 움직임이 있다면 그 부분에 좀 더 강하게 워터마크 메시지를 삽입하도록 하는 것이다. 실험 결과 이러한 방법으로 워터마크를 삽입할 경우 워터마크가 좀 더 잘 검출됨을 확인할 수 있었다. 제안하는 내용은 콘텐츠 보안이 필요한 VOD, IP-TV, DMB, FTA(Free-to-Air) 방송 등에 사용될 수 있을 것이다.

I. 서론

그동안 발전해온 네트워크 대역폭, 컴퓨팅 환경으로 인하여 기존에는 실현되기 힘들었던 여러 가지 현상이 나타나고 있다. 그 중 하나를 소개하자면 콘텐츠의 네트워크를 이용한 배포가 있다. 이러한 콘텐츠의 배포는 기존에는 열악한 네트워크 대역폭의 문제와 함께 저작권 침해의 가능성이 커 콘텐츠 제작자와 저작권자들은 네트워크를 통한 콘텐츠 배포를 꺼려왔다. 그러나 네트워크 환경의 급격한 개선과 진일보한 컴퓨팅 환경, 네티즌의 의식 변화로 인해 네트워크를 통한 콘텐츠 시장은 나날이 그 규모가 커지고 있으며 여러 가지 제약과 내재된 위험성 때문에 이러한 시장에 진입하기 힘들어 하던 콘텐츠 제작자들과 저작권자들이 새로운 시장에 관심을 보이고 있다. 그간 꾸준한 업그레이드로 네트워크 환경은 개선되었으나 아직 저작권 보호 분야는 미흡한 것이 사실이다. 수많은 P2P 사이트나 공유 사이트에

는 하루에도 수만건의 불법 콘텐츠가 업로드되어 공유되고 있으며 고성능 컴퓨터의 보급으로 인해 기존에는 어려웠던 일반 네티즌들의 저작권 침해 사례도 보고되고 있다. 본 논문에서는 이러한 저작권 침해의 위험성을 줄이고자 저작권 보호 기술인 워터마크를 이용한 저작권 보호 방법을 제안한다. 워터마크 기술은 저작권을 입증할 수 있는 의미 있는 데이터를 인간이 시각적으로 인지할 수 없도록 디지털 미디어에 은닉하고 필요할 경우 내부에 은닉된 데이터를 찾아냄으로써 저작권자임을 입증할 수 있는 기술이다 [1]. 기술의 발전으로 고화질 콘텐츠의 배포가 가능해져 콘텐츠 이용자들이 화질에 대해 민감해져 화질 보전도 주요한 화두로 부각되었다 [2]. 기존의 워터마크 기술은 트랜스코딩, 압축, 배포 등 복잡한 과정을 거치면서 워터마크 메시지가 손실 또는 훼손되어 그 효과를 보기 어려웠다. 압축에 강인한 워터마크 기술이 필요한 것도 이러한 이유 때문이다. 그러나 워터마크를 강하게 삽입할 경우 화질의 열화로

인해 워터마크가 가지는 비가시성(Invisibility)이 훼손되기 쉬워 워터마크 삽입 강도 계산에는 정밀성을 필요로 한다. 이러한 것을 개선하기 위하여 여러 가지 방법이 시도되고 있는데 본 논문에서는 움직임 벡터를 이용하여 워터마크 메시지 삽입 강도를 높여 압축 및 기타 공격에 강인한 기술을 제안하고 구현하였다. 실험 결과 기존의 방법보다 검출률에서 이득을 봄을 확인할 수 있었고 화질의 열화도 적음을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 워터마킹 알고리즘에 대하여 기술하고 3장에서는 제한한 워터마킹 알고리즘과 구현 과정에 대해 설명한다. 4장에서 실험 및 결과를 기술하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

워터마크를 삽입하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 연구에서 사용하는 방법은 공간 영역에 워터마크 메시지를 삽입하는 방법이다. 이러한 공간 영역 워터마킹의 일반적 방법은 원본 영상의 크기만큼의 이진화 이미지를 워터마크로 사용하여 원본 영상의 특정 비트와 결합하는 방법과 저작권 정보를 가지는 텍스트 정보를 대역확산기법을 이용하여 워터마크화하여 원본영상과 결합하는 방법이 있다. 첫 번째 방법은 워터마킹 시스템의 구현이 매우 간단하다는 장점이 있다. 워터마크를 삽입하고 검출하는 알고리즘이 간단하기 때문이다. 그러나 이러한 방법은 트랜스코딩이나 압축, 전송 과정의 노이즈 등의 공격에 약하다는 단점이 있다. 즉, 워터마킹 메시지의 강인성(Robustness)이 떨어진다. 따라서 이러한 방법은 저작권 보호용으로 사용하기 부적합하다. 두 번째 방법은 워터마크 삽입과 검출이 복잡하지만 압축, 전송 노이즈 등 기타 잡음에 대해 강인한 특성을 보인다. 그러나 이는 상대적으로 강인하다는 것으로 최근의 고성능 압축 코덱인 H.264 등으로 고압축할 경우 검출이 쉽지 않다 [3-4].

대역확산 기법의 워터마킹은 워터마크 메시지 생성, 워터마크 삽입, 워터마크 검출로 나눌 수 있다. 워터마크 생성은 텍스트 형태의 저작권 정보 또는 기타 원하는 정보를 대역확산기법을 이용하여 생성한다. 대역확산을 위해 사용된 의사 랜덤 코드(pseudo random signal)는 하다마드 수열(Hadamard Sequence)을 이용하였고 대역확산은 텍스트 정보를 하다마드 신호로 사상시켜 사용하였다. 식(1)

은 하다마드 신호를 나타낸다.

$$h_n = h_1 \otimes h_{n-1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} h_{n-1} & h_{n-1} \\ h_{n-1} & -h_{n-1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

워터마크 삽입은 공간영역에 화소단위로 영상의 Y 채널 전 영역에 걸쳐 삽입된다. 워터마크를 삽입할 때 은닉을 위하여 워터마크 메시지의 삽입 강도를 결정하게 되는데 이때 인접 픽셀간의 유사도를 이용한다. 해당 픽셀이 인접 픽셀과 유사하면 평면 영역으로 인지하여 워터마크 강도를 줄여 시각적으로 적은 화질 열화를 가지게 한다. 반면 인접 픽셀과 유사하지 않다면 경계면(Edge)로 인지하여 강도를 높게 된다. 이는 인간의 시각 체계의 특성을 이용한 것으로 고주파 영역에 더 둔감한 것을 이용한 것이다.

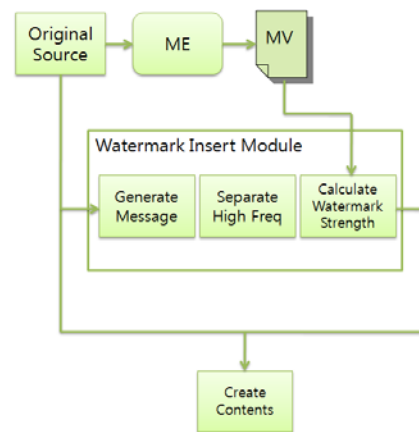
워터마크 검출 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데 원본영상의 필요 유무에 따라 나뉜다. 검출 방법을 식(2)에 나타내었다.

$$r_i = \langle f(\hat{I}), s_i \rangle \quad (2)$$

여기서 r_i 는 검출한 메시지이다. $f()$ 는 영상에서 워터마크 부분을 분리하는 필터이고 \hat{I} 는 워터마크가 삽입된 영상 신호이다. s_i 는 하다마드 수열을 뜻한다. $\langle \rangle$ 는 유사도 측정을 위한 함수이다.

III. 워터마크 삽입 방법 및 구현사항

제안하는 워터마크 삽입 방법은 워터마크 삽입 시 움직임예측(Motion Estimation, ME)을 통하여 MV를 검출하고 그 중 움직임 벡터(Motion Vector, MV)가 높은 값을 가질 때 워터마크 강도를 높여 삽입하는 것이다. 삽입 시스템의 구성도를 그림 1에 나타내었다.



▶▶ 그림 1. 워터마크 삽입 시스템 구성도

구현에 앞서, 우선 ME를 할 수 있는 시스템이 구축되어야 한다. 본 연구에서 사용한 프로그램에서는 움직임 검출 알고리즘에 PDE(Partial Distortion Elimination)를 사용하였다. PDE는 고속 움직임 추정이 가능하여 FullSearch 방법에 비해 고속으로 동작하여 워터마크에 소요되는 시간을 크게 줄여준다. PDE를 통하여 계산된 MV 값을 따로 빼내어 워터마크 삽입 시 강도 계산과 연계하는 방법으로 구현하였다.

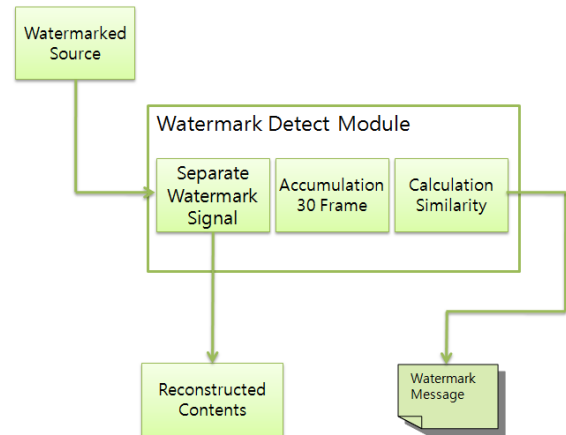
워터마크 삽입은 공간 영역에 삽입하는 방법으로 이루어졌다. 우선 워터마크 메시지를 생성한다. 워터마크 메시지는 ASCII 코드로 생성되며 코드는 8Byte의 Payload를 가지도록 하였다. 사용한 Hadamard Sequence는 128*128 크기를 가진다. 워터마크 메시지로 생성된 ASCII 신호는 7비트 크기를 가지므로 하나의 워터마크 메시지는 128bit로 대역확산하게 된다.

움직임 검출은 검색 영역을 좌우 32로 설정하였다. 따라서 생성된 MV 계산값은 최대 65(32*2+1)를 가질 수 있다. 그러나 대체로 30을 넘기는 경우가 드물기 때문에 32를 최대값으로 설정하여 계산에 참고하도록 하였다. 또한 사용자는 별도의 Weight Factor를 줄 수 있도록 구현하여 워터마크 삽입 강도를 결정할 수 있도록 하였다.

워터마크 삽입은 다음과 같은 단계를 거친다. 워터마크 메시지를 생성하고 생성된 메시지를 ASCII 코드로 변환하여 Hadamard Sequence로 대역확산 시킨다. 그리고 Filter를 이용하여 고주파 영역을 분리하고 강도를 계산한다. 그리고 원본 Y 채널에 생성된 워터마크 메시지를 더하는 방법으로 워터마크 삽입이 완료된다. 강도를 계산할 때 MV값이 참조되며 MV값이 높은 픽셀의 경우 워터마크가 강하게 삽입되도록 하였다. 워터마크 메시지는 통계적 중복을 이용하여 삽입한다. 일부 메시지가 소실되더라도 동일한 메시지가 중복되어 삽입되므로 검출 시 통계적 방법을 이용하여 원본 메시지를 복원해 낼 수 있다. 이러한 중복 삽입은 화면간, 화면내 모두 사용 가능하여 검출 확률을 높여준다.

아래 그림 2는 워터마크 검출 시스템의 구성도를 나타낸다. 워터마크 검출 시스템은 우선 위너 필터(Wiener Filter)를 사용하여 원본 영상과 워터마크 신호를 분리한다. 분리된 워터마크 신호를 Hadamard Sequence를 이용하여 검출을 하게 되는데 이렇게 검출된 메시지를 유사도 측정을 통하여 워터마크 메시지를 구한다. 이 때 통계적 중복을 이용하는데 본 실험에서는 30프레임을 하나의 그룹으로 설정하여 초기 검출된 메시지를 누적시키고 유사

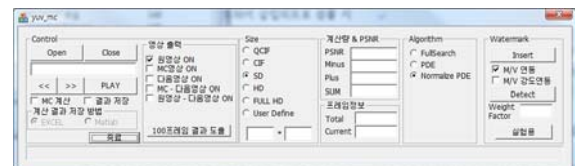
도 측정을 하는 방법으로 검출률을 높였다.



▶▶ 그림 2. 워터마크 검출 시스템 구성도

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 워터마크 삽입 방법을 실험하기 위하여 CIF(352*288) 크기의 영상을 사용하였다. 프로그램 구현에는 Microsoft Visual Studio 2008을 사용하였고 실험에 사용한 컴퓨터는 Intel Core2Quad Q9400, Ram 4G, Windows Vista 사양의 제품을 사용하였다. 압축에 따른 강인성을 테스트하기 위하여 압축 프로그램으로 X264를 사용하였는데 X264는 사용이 편리하고 무료로 제공되며 고속으로 동작하는 범용의 H.264 압축 프로그램이다. X264는 압축 기능만 제공하므로 디코더로 다른 제품을 사용하여야 하는데, 본 실험에서는 JM15를 이용하였다. 그림 3은 구현된 프로그램의 전체 모습이다.



▶▶ 그림 3. 실험을 위해 제작한 프로그램

표1은 제안한 방법과 기존의 방법에 대한 비교 실험 결과를 나타낸다. 기존의 방법은 풀딩을 이용하여 통계적 중복성만을 가한 방법이다. 30프레임마다 다른 정보를 넣었으며 모든 프레임에 워터마크를 적용하였다. 제안한 방법

과 비교한 결과 평균적으로 제안한 방법의 검출률이 높았으며 화질의 열화 수준도 적음을 확인할 수 있었다.

표 1. 기존의 방법과 제안한 방법 간의 비교

| | 프레임수 | 압축비 | 검출률 | PSNR |
|--------|------|-----|-------|-------|
| 기존 방법 | 300 | 200 | 31.25 | 34.71 |
| 제안한 방법 | 300 | 200 | 38.75 | 33.28 |

실험 결과 제안한 방법에서 검출률이 소폭 오름을 확인할 수 있었다. 이는 Weight Factor를 2로 설정하여 계산하였기 때문인데 더 높은 Weight Factor를 설정한다면 워터마크 메시지로 인한 화질의 열화가 발생하기 때문이다. 차후 연구에서는 더 좋은 Weight Factor와 개선된 방법을 이용하여 검출 강도를 높일 계획이다.

V. 결론

본 논문에서는 비디오 콘텐츠의 저작권 보호를 위한 워터마크 삽입 방법을 제안하고 구현하였다. 저작권 보호의 목적에 맞도록 압축 및 기타 공격에 강인하도록 하였으며 화질의 열화도 거의 없도록 구현하였다. 제안한 방법은 움직임 추정을 통하여 움직임 벡터를 계산하고 계산된 움직임 벡터를 참조하여 움직임 벡터가 높은 픽셀에 대하여 높은 강도를 가지도록 하는 것이다. 실험 결과 제안한 방법은 X264로 200:1 비율로 압축된 영상에서 검출률이 상승함을 확인할 수 있었고 이로 인한 PSNR 감소폭이 적음을 확인할 수 있었다. 제안한 방법은 저작권 보호가 필요한 유료 콘텐츠 시장이나 동영상 공유 사이트, 지상파 및 위성 방송 등 여러 분야에서 사용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청이 주관하는 산학협력실 지원사업과 중소기업청 산학연공동기술개발사업(선도형) 사업의 지원으로 수행되었음.

■ 참고 문헌 ■

- [1] I. Cox, M. Miller and J. Bloom, "Digital Watermarking," Press of Morgan Faukmann, 2002.
- [2] S. Sun, P. Qiu, Y. Wang, and L. Yao, "Blind watermarking algorithm based on general Gaussian model," in Proc. IEEE International Conference on Signal Processing, Vol. 3, pp. 2302-2305, Aug. 2004.
- [3] M. Marcinak and B. Mobasseri, "Digital Video Watermarking for Metadata Embedding in Uav Video," IEEE Military Communications Conference, pp. 1-5, Oct. 2005.
- [4] K. Su, D. Kundur, and D. Hatzinakos, "Spatially localized image-dependent watermarking for statistical invisibility and collusion resistance," IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 7, No. 1, pp. 52-66, Feb. 2005.
- [5] Bechtold, S., "The Present and Future of Digital Rights Management," *AXMEDIS '06*, pp.6-7, 2006.
- [6] Meerwald, P., Uhl, A., "Blind motion-compensated video watermarking," *Multimedia and Expo, 2008 IEEE International Conference on*, pp. 357-360, Jun. 2008.
- [7] Zhongjie Zhu, Gangyi Jiang, Mei Yu, Xunwei Wu, "New algorithm for video watermarking," *Signal Processing, 2002 6th International Conference on*, pp. 760-763, Aug. 2002.