

다중 워터마킹을 지원하는 비선형 동영상 편집기

윤석민*, 한경섭**, 정순기***

Nonlinear Moving Picture Editor for Multiple Watermarking

Seok-Min Yoon*, Kyung-Sup Han**, Soon-Key Jung***

요 약

최근 들어 VOD(Video On Demand), 인터넷 방송, 영상 회의 시스템, 및 가상 현실(virtual reality) 등의 응용분야에서 동영상이 다양한 형태로 활용되고 있다. 본 연구에서는 웹 캐스팅 등을 통해 영상을 전송 시 왜곡이 심하게 발생하는 장면 전환 위치에서도 디지털 영상에 대한 저작권 정보의 견고성을 유지시킬 수 있는 정보 은닉 방법으로 다중 워터마킹 기법에 대한 연구를 수행한다. 이를 위해 주파수 확산 워터마킹의 장점인 에러에 대한 강인성과 움직임 벡터 워터마킹의 장점인 실시간 성능을 결합시킨 개선된 다중 워터마킹을 이용한 새로운 방식의 동영상 편집기를 구현한다.

Abstract

Currently, image processing are used widely and have various types of characteristics with the applications of VOD(Video on demand), the web casting services, the video conference systems and virtual realities. Using the scene change, at every time of video image transitions, an editor can classify the video context and also require a function of indexing insertion. Digital watermarking provides a solution to illegal copying of digital contents and has many other useful applications, including web broadcast monitoring, transaction tracking, authentication, copy control and device control. The purpose of this thesis is to implement of nonlinear moving picture editor for the multiple watermarking. For the effective watermarking performance, this thesis considers the protection of image quality reduction and robustness for hiding information concurrently.

* 동양공업전문대학 소프트웨어정보과 교수

** 해군사관학교 교수

*** 충북대학교 컴퓨터공학과 교수

I. 서론

지금까지 동영상의 편집을 위해서는 마그네틱테이프 형태의 매체를 사용하는 아날로그 편집기가 전통적으로 사용되어 왔다. 이러한 선형(linear) 아날로그 편집기는 매체에 대한 임의 접근이 불가능하여 영상 편집시 많은 시간이 소요되는 것이 문제점으로 지적되고 있다. 디지털 저장 매체를 이용하여 영상의 편집 및 저장이 용이하고, 매체에 대한 임의 접근이 가능한 편집 장치를 비선형 편집기(nonlinear editor)라 한다[1][2][3]. 비선형 동영상 편집시 장면 전환점을 찾는 기법을 장면 전환 검출(scene change detection)이라 한다. 장면 전환 검출은 편집 작중에 특정한 영상 위치로의 이동에 필요한 정보를 제공하며, 영상의 편집 후에도 비디오 데이터의 효율적인 저장 및 추가적인 영상의 편집시도 사용된다. 영상의 내용이 변경될 때마다 해당 내용을 분류, 색인할 수 있어야 하며, 효율적인 영상 검색을 위해서는 영상 정보를 체계적으로 분류할 수 있는 비디오 분할(video segmentation)이 가해져야 한다. 그리고 네트워크나 웹 환경에서 제한된 대역폭을 통해 동영상을 전송할 때 프레임 손실이 발생하거나, 영상 추가 및 변형 등의 여러 환경에 적합하여야 한다 [4][5]. 워터마킹(watermarking)은 정보 은닉기법의 한류로서 원시 영상에 저작권 정보인 워터마크와 비밀키를 함께 저장시킨다. 그러나 삽입된 워터마크 정보는 추가적인 영상 편집을 통해 장면 전환 효과 등의 삽입과 여러 방법을 이용하여 변조시킨 영상에서도 견고하게 검출될 수 있어야 한다. 지금까지의 동영상을 위한 워터마킹 기법으로는 주파수 확산(spread spectrum)워터마킹과 움직임 벡터(motion vector) 워터마킹 기법을 들 수 있다. 그러나 주파수 확산 워터마킹은 편집해야 할 동영상 시퀀스의 대부분을 차지하는 P, B 프레임에는 적용하기가 어렵고, 움직임 벡터를 이용한 워터마킹은 I 프레임에는 정보를 저장할 수 없다는 단점이 있다. 이러한 단점들을 보완시킬 수 있으며, 은닉 자료의 견고성 유지시킬 수 있는 보다 개선된 워터마킹 기법에 대한 연구가 필요하다[6][7]

II. 편집기 시스템의 구성

1. 편집기 구조 설계

본 연구에서 구현한 비선형 동영상 편집기의 구조는 그림1과 같다. 전처리기는 촬영 후 캡처된 영상의 비디오 클립(clip)의 연결(cut & paste)과 트랜지션 효과처리를 수행한다. 프레임 기본 편집기는 동영상 프레임 접근, 타입변환과 같은 기본적인 편집기능을 수행한다. 장면 전환점 검출기는 동기화를 위한 타임 스트리밍과 영상의 블록 분류에 따른 검출식을 이용해 장면 전환점 검출기능을 수행한다. 다중 워터마킹 처리기는 워터마크의 삽입 및 추출기능을 수행한다.

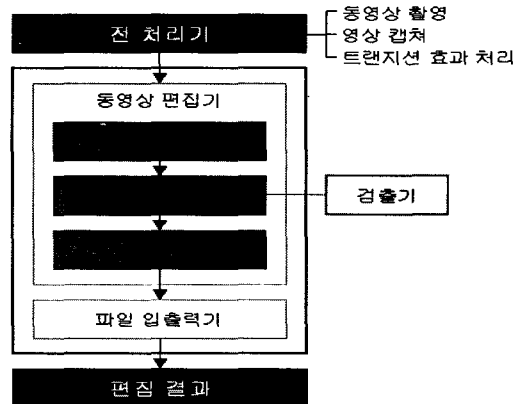


그림 2. 동영상 편집기의 구성도

2. 장면 전환점 검출

장면 전환점 검출을 위해 하나의 영상을 단순 블록, 질감 블록 및 에지 블록으로 분류한다. 그리고 분류된 블록의 특성을 장면 전환을 위한 판단 정보로 활용한다. 크기가 $N_1 * N_2$ 인 영상을 중복되지 않은 $N * N$ 개의 소규모 블록으로 나누고, 각각의 소규모 블록을 그림2와 같이 제시된 패턴과 비교하여 가장 일치하는 패턴을 하나 선택한다[8].



그림 2. 설정된 블록 패턴

2.1 단순 블록에 대한 유사도

Q_{i-1}^m 는 $i-1$ 번째 프레임에 해당하는 단순 블록의 평균 밝기 값이고 Q_i^m 는 i 번째 프레임에 해당하는 단순 블록의 평균 밝기 값이라 할 때, 255 값은 두 블록이 가질 수 있는 최대 차이 값으로 두 블록의 차이 값을 정규화시키는 역할을 한다.

$$\text{단순블록에 대한 유사도} = 1 - \frac{|Q_{i-1}^m - Q_i^m|}{255} \quad (1)$$

2.2 히스토그램 비교

블록에 의한 유사도를 계산시 영상의 국부적인 변화를 측정함으로써 전체적인 움직임에 대한 반영도가 약하게 표현될 수 있다.

$$\text{전체 유사도} = 1 - \frac{\sum_{x=0}^L |H_{i-1}(x) - H_i(x)|}{2 * N * M} \quad (2)$$

2.3 장면 전환점 검출값

히스토그램에 의한 전체 유사도 G 와 국부 비교에 해당하는 국부 유사도 S_B 를 더하여 최종 장면 전환점 검출값을 구할 수 있다. μ 는 전체 비교에 대한 유사도의 가중치를 의미하며, ν 는 국부 비교에 대한 유사도의 가중치를 의미한다

$$\text{장면전환점검출값} = \frac{\mu S_B + \nu G}{2} \quad (3)$$

여기서 $\mu + \nu = 1$ 이다.

3. 다중 워터마킹 알고리즘

다중 워터마킹 알고리즘은 동영상 스트림의 I 프레임에 대해서는 주파수 확산 워터마킹 기법을 적용하고, P, B 프레임에 대해서는 움직임을 벡터 워터마킹 기법을 적용한다. 즉, 주파수 확산 워터마킹 기법의 장점인 에러에 대한 강인성과 움직임 벡터 워터마킹 기법의 장점인 실시간성을 결합시킨 알고리즘을 사용한다.

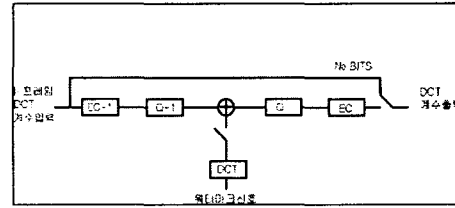


그림 4. I 프레임의 워터마킹 과정

그림3과 같은 워터마킹 과정에서 의사 잡음(pseudo noise) 시퀀스는 사용자 암호(user key)에 의해서 생성된다. 생성된 의사 잡음 시퀀스를 이용하여 삽입하고자 하는 저작권 정보를 확산시킨다. 편집된 동영상 시퀀스에 직접 워터마크를 삽입하기 위해서는 우선 DCT를 수행한다. 그리고 I 프레임의 계수 입력과 합하여 DCT 계수를 출력한다. 이 결과 값을 다시 양자화하여 가변길이 부호화(variable length coding)를 통하여 워터마크 삽입을 한다. P 프레임 또는 B 프레임의 경우에는 그림4와 같은 과정을 통해 동영상 시퀀스를 디코딩 한다.

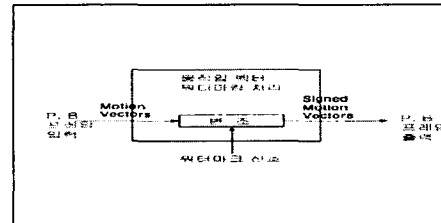


그림 5. P, B 프레임의 워터마킹 과정

이상과 같이 하여 주파수 확산 워터마킹 기법의 장점인 에러에 대한 강인성과 움직임 벡터 워터마킹 기법의 장점인 실시간성을 결합시킨 알고리즘을 사용한다. 즉 두 가지 워터마킹 방법의 장점만을 적용하여 웹 캐스팅, 저작권 파괴 공격 및 영상 손실 등의 각종 에러 환경에서도 강인한 특성을 갖는 다중 워터마킹 기법이 된다.

III. 실험 및 결과 분석

1. 구현결과 및 실험 환경

실험에 사용될 영상을 캡처하기 위해 32 비트/ PCI

bus expansion card 형태로 제공되는 Pinnacle사의 DV 500을 설치하였다. DV500과 6mm 디지털 캠코더를 IEEE 1394 타입의 6 핀 커넥터 또는 S-VHS 커넥터를 이용, 연결하여 동영상의 편집, 장면 전환 효과 및 워터마크 삽입에 사용하였다. 장면전환 효과 및 워터마크가 추가된 영상은 그림5와 같으며, 구현된 편집기의 사용자 화면은 그림6과 같다.



그림 6. 실험영상의 부분

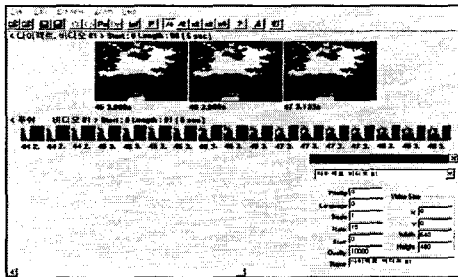


그림 7. 편집기의 사용자 인터페이스

2. 결과 분석

동영상 워터마킹의 실험을 위해서 영상의 크기로는 웹 캐스팅에서 주로 사용하는 크기에 해당하는 640*480 해상도 즉, $N_1=640$ 과 $N_2=480$ 을 사용하였다. I 프레임에 대해서는 주파수 확산기법을 이용하여 워터마크를 삽입하였으며, P, B 프레임에 대해서는 움직임 벡터 워터마킹 기법을 사용하였으며, 사용된 워터마크 정보는 400*300 크기의 영상을 사용하였다. 적용된 워터마크 정보의 추출 작업은 편집기에서 동영상의 재편집 시 수행하였다. 그림7에는 삽입된 워터마크 이미지가 나타나 있다.

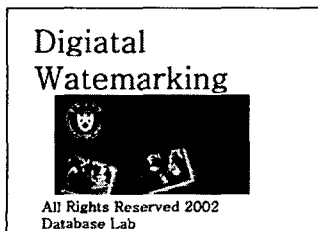


그림 8. 삽입된 워터마크 정보

실험에 사용된 500개의 프레임으로부터 추출된 비트 에러율과 프레임 에러율은 표1과 같다. 비트 에러율은 전체 84개의 I 프레임이 1.35%로 가장 낮은 비트 에러율을 보였다. B 프레임은 2.25%로 I 프레임 보다 약간 높았으며, P 프레임은 3.55%로 가장 높게 나타났다.

표 1 워터마크 정보의 평균 에러율

항목	총프레임 수	비트 에러율(%)	프레임 에러율(%)
I 프레임	84	1.35	3.65
B 프레임	205	2.25	2.25
P 프레임	211	3.55	2.95

그림8 과 그림 9는 각각 원시 영상과 워터마크된 영상에서의 프레임별 PSNR값과 추출된 워터마크 정보의 프레임별 비트 에러율을 나타내고 있다.

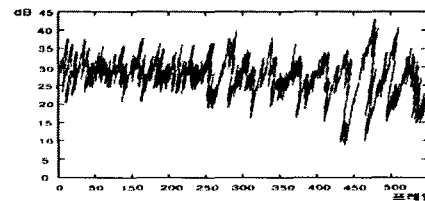


그림 9. 프레임 별 PSNR

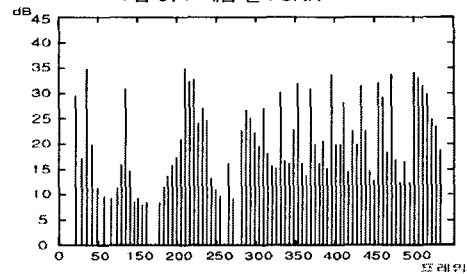


그림 10. 프레임 별 비트 에러율

표2 는 웹으로 캐스팅되는 동영상 프레임들에 대한 PSNR 값을 평균화한 결과 값을 보여주고 있다.

표 2. 프레임의 PSNR 평균값

시간대(초)	0-1	4-5	5초간 평균값
평균 PSNR(dB)	32.33	36.12	34.22
시간대(초)	5-6	9-10	5초간 평균값
평균 PSNR(dB)	30.33	29.33	29.83
시간대(초)	10-11	14-15	5초간 평균값
평균 PSNR(dB)	33.33	31.77	32.55
시간대(초)	15-16	20-20	5초간 평균값
평균 PSNR(dB)	30.27	27.68	28.97

IV. 결론

본 연구를 통해 워터마킹을 지원하는 동영상 편집기의 구현을 수행하였다. 영상에 은닉시킨 저작권 보호 정보가 손실되지 않도록 저작권 정보의 견고성 유지를 위해 동영상의 장면 전환점에서도 저작권 정보의 견고성을 유지시킬 수 있는 새로운 다중 워터마킹 기법을 제시하였다.

동영상 편집기의 기능 개선과 장면 전환점의 검출 기능을 개선하기 위해서 동기화를 전제로 한 영상의 블록 분류에 의한 장면 검출 방법이 분석되었다. 이를 통해 동영상의 편집 시 영상에 장면 전환 효과의 적용 및 워터마킹을 삽입할 경우 화질에 열화가 발생하는 것을 방지할 수 있도록 하였다. 구현된 동영상 편집 기능들은 실험을 통해 프레임의 손실 발생, 영상 추가 및 변형 등과 같은 영상 변경 시도로 인한 에러 발생 환경에서도 화질의 견고성 유지할 수 있다는 것이 실험되었다.

동영상에 왜곡이 심하게 발생하는 장면 전환점에서도 저작권 보호 정보의 견고성을 유지시킬 수 있는 저작권 정보의 은닉 기법으로 다중 워터마킹 기법을 분석하였으며, 이를 통해 과도한 장면 전환 기능의 사용으로 인해 변조된 영상에서도 영상에 은닉된 저작권 보호 정보를 효율적으로 검출할 수 있다는 것을 실험하였다.

다중 워터마킹 실험의 결과로서 비트 에러율은 I 프

레이스에서 가장 적은 비트 에러율을 보였으며, 프레임 에러율은 B, P 프레임이 I 프레임에 비해 상대적으로 적은 프레임 에러율을 나타내었다. 워터마킹을 I, B, P 프레임에 삽입한 후에 추출한 내용 중에서 이미지가 가장 열화된 동영상에서도 저작권 보호 정보를 효과적으로 획득할 수 있었다. 동영상을 네트워크상에서 전송 시 시간대 별 프레임 들의 평균 PSNR 값을 분석한 결과로서 만족할 만한 화질을 나타내었다. 기존 편집기법과의 성능 비교 실험에서도 PSNR의 변화 값이 구현된 편집기법에서 우수하게 나타났으며, 영상이 심하게 왜곡, 변조된 장면 전환점에서도 기존 기법에 비해 구현된 기법에서 프레임의 평균 PSNR 값이 우수하게 나타났다. 본 연구에서 분석된 비선형 동영상 편집기를 통해 기존 동영상 편집기의 기능을 추가시킬 수 있을 뿐만 아니라, 향후 저작권 보호 정보의 견고성을 유지시킬 수 있는 다중 워터마킹 처리 도구로서도 효과적으로 활용할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 황재정, 디지털영상공학, 도서출판아진, pp.195-21999.
- [2] 孔在根, 張惠貞, 朴鍾愛, 尹錫珉, 鄭順基, 韓國의 醫療分野での診療情報共同活用の安當性分析, 日本 醫療情報學會紙, 第21卷 第1號, pp.47-50, 2001
- [3] 윤석민, 공재근, 김인식, 정순기, 의료영상을 위한 멀티그래픽 이미지저작도구의 개발, 대한의료정보학회지, 제7권 제24호, pp.123-130, 2001.
- [4] Y.Wu, and D. Suter, A Comparison of Methods for Scene Change Detection in Noisy Image Sequence, Proc. of the First International Conference on Visual Information Systems, Melbourne, Australia, pp.459-468, 1996.
- [5] A. Hampapur, T. Weymouth, R. Jain, Digital Video Segmentation, ACM Multimedia '94 Proceedings : ACM Press pp.357-364, 1994.
- [6] Minerva M. Yeung, Digital Watermarking,

Communications of ACM, Vol.41, No.7, 1998.

- [7] I. J. Cox, M. Miller, J. Bloom, Digital Watermarking, Morgan Kaufmann Publishers 27-33, 2001.
- [8] Y.Wu, and D. Suter, "A Comparison of Metho Scene Change Detection in Noisy Image Sequen Proc. of the First International Conference on Information Systems, Melbourne, Aust pp.459-468, 1996

저 자 소개



윤 석 민
연세대학교 전자공학과
(학사/석사)
충북대학교 컴퓨터공학과
(박사)
현재 동양공업 전문대학
소프트웨어정보과 교수



한 경 섭
해군사관학교 (학사)
국방대학원 (석사)
충북대학교컴퓨터공학과
(박사수료)
현재 해군사관학교 교수



정 순 기
고려대학교 (학사)
Universitaet Dortmund
Informatik (석사)
Rijksuniversiteit Groningen
Computing Science (박사)
현재 충북대학교
컴퓨터공학과 교수