

다이렉트쇼 환경 기반에서 고압축과 저작권 보호를 위한 비디오 트랜스 코딩과 워터마킹 구현

정용재*, 정태일**, 김종남*, 문광석*
*부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부
**동명대학교 정보통신공학과
e-mail: jy034@pknu.ac.kr

Implementation of Video Watermarking and Transcoding for High Compression and Copyright protection based on Directshow Environment

Yong-Jae Jeong*, Tae-Il Jung**, Jong-Nam Kim*, Kwang-Seok Moon
*Division of Electronic, Computer and Telecommunication Engineering
**Dept. of Information & Communication Eng., Tomyong Univ.

요 약

H.264와 같은 고압축 비디오처리 기법의 등장으로 기존의 MPEG2와 같은 비디오 압축에서 H.264로의 비디오 트랜스코딩이 증가되고 있지만, 고압축 비디오 콘텐츠의 온라인과 오프라인에서 불법배포는 현재 문제가 되고 있다. 본 논문에서는 다이렉트쇼 환경 기반에서 고압축과 저작권 보호를 위한 비디오 트랜스 코딩과 워터마킹을 구현한다. 제안한 방법은 다이렉트쇼의 필터를 이용하여 MPG,WMV를 H.264로 비디오 트랜스코딩을 하고 이와 함께 비디오의 공간영역 특성을 이용하여 저작권 보호를 위한 강인한 워터마킹을 구현한다. 실험 결과 MPG,WMV를 H.264로 트랜스코딩에서 H.264의 QP(Quantization parameter)를 15로 하고 화면간 반복을 10프레임으로 하였을 경우 저작권 보호를 위하여 삽입된 워터마크는 평균 99% 검출됨을 확인하였고, 또한 트랜스코딩중 워터마크삽입에 따른 시간 지연은 전체 트랜스코딩시간의 5.7%가 됨을 확인할 수 있었다. 제안한 방법은 저작권 삽입 기능가지는 트랜스코딩 소프트웨어를 필요로 하는 Digital TV방송, IPTV, DVD 사업에 사용 될 수 있을 것이다.

1. 서론

최근까지 십 수 연간 비디오 코덱 개발은 활발히 진행되었고 비디오의 저장, 통신 분야의 발달과 더불어 비디오 유통도 활성화 되었다. 또한 인터넷을 통한 비디오 서비스로 VOD와 IPTV와 같은 고화질의 비디오의 요구가 증가함에 따라 화질과 압축률이 개선된 최신 비디오 압축 기술의 필요성이 증대되었고, 동시에 이러한 콘텐츠 유통에 따른 불법 유포 차단에 대한 필요성이 나타났다. 불법 유포를 막는 저작권 보호기술은 현재 많이 개발되고 있으며, 비디오 트랜스코딩에서의 저작권 보호 통합 소프트웨어 패키지에 대한 수요가 증가하고 있다. 최근 MPEG-2에서 H.264로 비디오 트랜스코딩하는 기술들이 주목받고 있는데, H.264 코덱은 현재의 비디오 압축 기술 중 가장 우수한 평가를 받고 있기 때문이다. H.264코덱은 지상파 및 위성 DMB, 차기 DVB, 이동 통신, 인터넷 통신, IPTV 등 다양한 분야에서 광범위하게 쓰인다. 이렇게 H.264가 광범위하게 쓰이는 이유는 기존의 최신 코덱인 MPEG-4 압축에 비해 50% 압축 성능의 향상이 있어 적은 데이터 크기로 고화질의 비디오 전송에 적합하기 때문이다.

불법 유통을 막기 위한 저작권 보호 기술로는 워터마킹과 암호화가 대표적인데, 암호화는 불법 배포에 대한 사전 차단 기술로 허가된 사용자만이 접근 가능한 기술이다

[1]. 하지만, 암호가 깨어진 후 콘텐츠에 대한 저작권 보호가 불가능하다. 워터마킹 기술은 사전 차단보다는 사후 검증용 기술로 불법 배포가 발생 하였을 경우 콘텐츠 내에 은닉된 정보를 이용하여 사후 인증 및 저작권 보호를 위해 사용된다[2]. 워터마킹에서 정보가 은닉되는 위치에 따라 분류하면 주파수영역, 비트스트림 영역, 공간영역으로 구분되어진다. 주파수 영역은 강인한 워터마크 삽입이 가능하지만 계산복잡도가 높고, 비트스트림 영역은 계산 복잡도는 낮지만 강인성이 부족하다. 공간 영역의 워터마크 삽입은 강인성과 낮은 계산 복잡도를 가진다[3].

본 논문에서는 다이렉트쇼의 필터 기술을 사용하여 트랜스코딩을 구현하고 트랜스 코딩 과정에 저작권 보호를 위한 워터마크 삽입과 검출을 구현한다. 구현한 프로그램은 입력으로 MPG, WMV를 사용하고, 다이렉트쇼의 필터를 이용하여 워터마크 삽입 가능한 비디오 형태를 구현한다. 구현된 비디오의 공간영역에 비디오 트랜스코딩에 강인한 워터마크를 삽입한 후 X264를 사용하여 H.264로 압축한다. 본 논문의 구성은 2장에서 기존 연구에 대하여 기술하고, 3장에서는 제안 사항 및 구현에 관한 사항을 기술한다. 4장에서는 실험 결과 및 분석에 대하여 설명하고, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

3. 관련 연구

다이렉트쇼는 마이크로소프트 윈도우즈 플랫폼에 기반을 둔 스트리밍 미디어 아키텍처로서 멀티미디어 스트림을 캡처하거나 재생하는데 우수한 결과를 제공하고 있으며 ASF(advanced streaming format), MPEG(motion picture experts group), AVI(audio-video interleaved) 등의 다양한 포맷을 지원한다. 다이렉트쇼를 구성하는 기본 요소는 필터(filter)라는 컴포넌트이다. 필터는 마이크로소프트의 COM(component object model)기술을 기반으로 제작되며, 이에 따라 생성된 개체는 독립된 COM개체로 취급된다. 이와 같은 독립된 필터의 조합을 통하여 하나의 시스템으로 구현가능하다[4].

MPEG-2 비디오 압축 표준은 디지털 TV 시스템을 위해 고안된 고용량, 고품질 영상용 비디오 압축 표준이고, 현재 디지털 방송, HDTV 표준 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 하지만, MPEG-2 기술은 항상 고용량 비디오 데이터를 수반하기 때문에 적은 데이터양을 가지는 전송 규격에서 고품질 방송을 하기는 부족하다. 따라서 높은 압축 효율을 갖는 압축 기술이 필요하게 되었고, 새로운 압축 기술을 적용하여 기존의 비디오 압축 기술 보다 우수한 성능을 갖는 H.264가 표준화되었다. 현재 H.264는 높은 압축 효율을 장점으로 내세워 새롭게 출현하는 다양한 응용 분야에서 표준으로 채택되고 있다. 한국에서는 위성과 지상파 DMB, IPTV 등 멀티미디어 서비스를 제공하는 최신 기술들이 H.264를 사용하거나 표준을 채택할 계획에 있다.

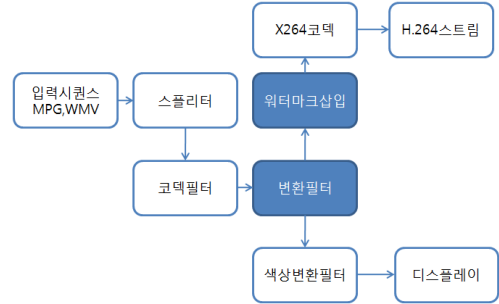
트랜스코딩중 정보를 은닉하는 기존의 기술을 살펴보면 다음과 같다. 2005년에 Qibin 등은 비디오 트랜스코딩 중 인종 정보를 워터마크로 만들어 압축영역에 삽입하여 트랜스코딩에서의 검출이 가능한 강인한 워터마크를 소개하였다[5]. 2007년에 Richard 등은 이미지 트랜스코딩 중 모서리 정보를 은닉하여 사용자의 이미지 다운로드시 은닉된 정보를 사용하여 다운로드 크기를 결정하는 것을 소개하였다[6]. 2007년 윤은 MPEG-4의 FGS(fine granularity salability)의 특성을 이용하여 기본계층에 워터마크를 삽입하여 삽입되는 워터마크 량을 줄이면서 강인한 워터마크 삽입을 소개하였다[7].

3. 제안 및 구현 사항

본 논문에서는 다양한 포맷과 코덱으로 압축되어 있는 비디오를 H.264와 같은 고압축 비디오로의 비디오 트랜스코딩을 다이렉트쇼의 필터를 이용하여 구현하고, 트랜스코딩중 저작권 보호를 위한 정보를 워터마킹 기술을 사용하여 삽입 및 검출하는 방법을 제안한다. 그림 1은 본 논문에서 사용한 트랜스코딩에서의 워터마킹 시스템의 전체 블록도를 나타내었다.

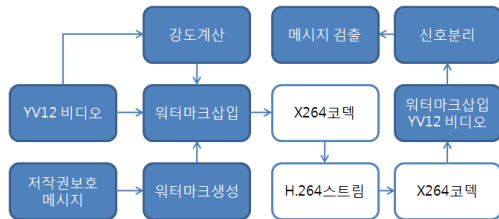
다이렉트쇼에서 입력으로 사용되는 MPG, WMV를 워터마크를 삽입하기 위한 비압축 비디오 신호로 만들기 위하여 스플리터(splitter), 코덱필터(codec filter) 그리고 변

환필터(conversion filter)를 필요로한다. 여기서 스플리터와 코덱필터는 다이렉트쇼에서 제공되는 필터이고, 변환필터는 출력되는 YUV 형태에 맞도록 구현하여야 한다. 스플리터는 입력되는 MPG나 WMV에서 음성비트스트림과 영상비트스트림을 분리하기 위해 사용된다.



(그림 1) 트랜스코딩에서의 워터마킹 시스템

두 비트스트림중 영상 비트스트림은 코덱필터를 통하여 디코딩(decoding)되면 RGBA신호로 출력된다. RGBA 신호는 R(red), G(green), B(blue), A(alpha)로 구성된 32bit RGB신호이고, A는 투명도를 나타낸다. 이렇게 출력된 RGBA신호를 YV12 신호로 변환하기 위하여 변환필터를 설계한다. 여기서 YV12는 YUV420P로 YUV(4:2:0) 형태의 순차주사(progressive)방식의 포맷이다. RGBA신호를 YV12로 변환은 X264의 입력이 일반적으로 YV12로 되어있고, Y영역의 명암도 특성을 이용하여 저작권 보호를 위한 워터마킹을 구현하기 위함이다. YV12 신호중 Y의 8bits 데이터에 워터마킹 방법을 그림 2에 나타내었다.



(그림 2) 워터마킹 블록도

구조는 워터마크 생성, 강도계산, 삽입, 신호분리, 메시지 검출로 구성되어 있다. 워터마크 생성부는 저작권 보호를 위한 메시지를 워터마크로 변환하는 부분이고, 강도계산부는 워터마크가 삽입될 위치의 공간적인 복잡도에 따라서 삽입되는 워터마크에 가중치를 부여하며, 워터마크 삽입은 생성된 워터마크에 워터마크 강도를 곱하여 원신호에 더하게 된다. 또한 워터마크 검출은 워터마크가 삽입된 비디오에서 워터마크와 신호를 분리하여 워터마크를 예측하고, 예측된 워터마크에 대하여 유사도 측정 방법을

적용하여 워터마크를 검출한다. 워터마크가 적용된 YV12 신호는 그림 2와 같이 X264를 통하여 H.264 형식의 압축 스트림으로 만들어진다. X264는 공개 소프트웨어로 프리로열티로 쓸 수 있으며, MC(motion compensation)과 ME(motion estimation) 부분이 어셈블리어로 되어 있어 기존 JM보다는 속도가 약 2배 정도 빠른 장점을 가지고 있다. X264는 입력을 YV12로 받으며 메인 프로파일을 사용한다.

저작권 보호를 위한 방법으로 본 연구에서는 트랜스코딩에 강인한 워터마킹 기술을 적용하였다. 워터마킹은 워터마크 생성, 워터마크 삽입, 워터마크 검출로 나눌 수 있다. 워터마크 생성은 텍스트 형태의 저작권 정보를 대역확산기법(spread spectrum manner)을 통하여 멀티비트로 만든다. 대역확산을 위하여 사용된 의사 랜덤 신호(pseudo random signal)는 하다마드(hadamard)를 사용하였고, 대역확산은 텍스트 정보를 하다마드 신호로의 사상하는 방법을 사용하였다. 식 (1)은 하다마드 신호에 대하여 나타내었다. 사용한 하다마드 신호는 256*256신호로 1byte의 텍스트 정보를 256bits로 대역확산하게 된다.

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

워터마크 삽입은 공간영역에 화소단위로 영상의 전 영역에 삽입된다. 이 때 워터마크의 페이로드가 10byte라면 영상의 전 영역에 걸쳐 10bytes*256bits의 워터마크는 반복적으로 삽입된다. 또한 수 프레임에 걸쳐서도 같은 워터마크가 반복적으로 삽입된다. 하나의 프레임에 반복적으로 삽입되는 것을 화면내 폴딩이라 하고, 프레임 사이에 반복적으로 삽입하는 것을 화면간 폴딩이라 한다. 강인한 워터마크 은닉을 위하여 삽입되는 워터마크의 크기를 조절하게 되는데, 본 연구에서는 인간 시각 특성을 고려하여 워터마크의 삽입되는 위치와 크기를 조정하였다. 인간 시각은 고주파 영역에 둔감한 특성이 있는데 비가시적인 특성을 가지는 고주파 영역에 강한 워터마크를 삽입하고 그렇지 않은 부분에는 약한 워터마크를 삽입한다. 고주파 필터로는 CSF(cross shaped filter)를 사용하였고, 고주파와 저주파 성분에 따른 워터마크 강도 조정을 위하여 CSF 결과 값의 분산을 이용하여 분산값의 n레벨 양자화 결과에 따라 워터마크 강도를 a1,a2, ..., an으로 결정하였다. 워터마크와 워터마크 강도가 결정되면 식 2와 같은 방식으로 워터마크를 삽입하게 된다. $\hat{I}(x,y)$ 는 워터마크가 삽입된 비디오, $I(x,y)$ 는 원 비디오, $w(x,y)$ 는 워터마크 강도이다.

$$\hat{I}(x,y) = I(x,y) + w(x,y) \quad (2)$$

워터마크 검출은 원본 영상을 필요로 하지 않는 블라인드(blind) 방식의 워터마크 검출을 사용하였다. 워터마크 검출은 식 3과 같다. r_i 는 검출된 메시지이고, \hat{I} 는 워터마크

크가 삽입된 비디오 신호이고, $f()$ 는 원 비디오와 워터마크를 분리하기 위한 신호분리 함수이고, s_i 는 의사 랜덤 신호인 하다마드신호이다. 그리고 $\langle \rangle$ 은 의사 랜덤 신호와 분리된 워터마크와의 유사도 측정을 위한 내적함수이다.

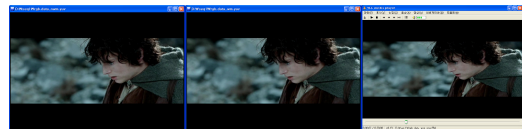
$$r_i = \langle f(\hat{I}), s_i \rangle \quad (3)$$

원본 비디오를 사용하지 않고 워터마크를 검출하기 위하여 워터마크가 삽입된 영상에서 원본 영상과 워터마크 분리하는 과정을 필요로 하는데 본 구현에서는 위너필터(wiener filter)를 이용하여 신호를 분리하였다. 위너필터는 어떤 신호에서 원 신호와 잡음을 효과적으로 분리하는 필터로 워터마크를 잡음이라고 가정하면, 원신호와 워터마크를 분리할 수 있다. 분리된 워터마크 신호는 256*256 크기의 의사 랜덤 신호인 하다마드 신호와의 유사도 측정을 통하여 유사도가 가장 높은 하다마드 값이 메시지가 된다.

4. 실험 결과

트랜스코딩에서의 워터마킹을 실험하기 위하여 다음과 같은 환경을 사용하였다. 트랜스코딩의 입력은 WMV, MPG를 사용하였고, 비디오 처리를 위한 PC는 펜티엄4 2.0GHz, 2GByte RAM, Microsoft Windows XP SP3이다. 프로그램 개발은 다이렉트쇼를 이용하였고, Microsoft Visual Studio 2008과 Windows Platform SDK를 사용하여 개발환경을 구축하였다. 트랜스코딩의 출력을 위한 H.264 압축 프로그램은 VideoLan사의 X264 프로그램을 이용하였다. 입력으로 사용한 시퀀스는 두 종류로 각각 300프레임이고 프레임 레이트는 29.97 fps이다.

그림 3은 원본 비디오와 워터마크 삽입된 비디오 그리고 워터마크 삽입된 비디오의 H.264로 압축한 비디오이다. 그림에서와 같이 인간 시각으로는 그 차이가 구별되지 않음을 볼 수 있다.



반지의 제왕 (SEQ 1)



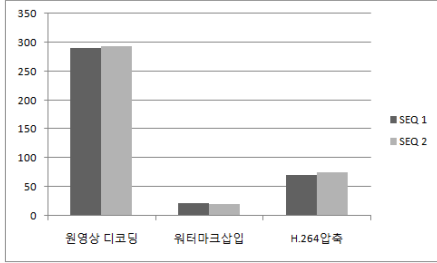
편의 전쟁 (SEQ 2)

(그림 3) 원비디오(왼쪽), 워터마크삽입비디오(중앙), 워터마크삽입된 H.264스트림 비디오(오른쪽)

그림 4는 트랜스코딩과 워터마킹 시간을 나타내었다.

그림에서와 같이 트랜스코딩 시간에 비해 워터마크 삽입 시간의 비율이 평균 5.7%정도로 전체 시간에 거의 영향을 주지 않는다.

(단위 초)



(그림 4) 트랜스코딩 및 워터마킹 소요시간

표 1은 트랜스코딩에서의 검출률을 두 가지의 관점에서 나타내었다. 하나는 트랜스코딩시 QP(Quantization parameter)값을 조정하여 압축률의 변화를 주었을 때 검출률이고, 다른 하나는 워터마크 삽입 과정에서 1, 5, 10 프레임단위로 같은 값을 반복하여 넣었을 때의 검출률을 나타내었다.

<표 1> 트랜스코딩에 따른 워터마크 검출률 (단위 %)

시퀀스	QP 폴딩	5	15
		(10:1)	(50:1)
SEQ 1	1	81.8	80
	5	100	98.7
	10	100	98.7
SEQ 2	1	79.2	76
	5	98	98
	10	100	98

실험결과 화면간 폴딩에서 많은 프레임에 같은 정보를 넣었을 때 트랜스코딩에서도 검출이 되는 것을 볼 수 있다. 본 구현에서의 워터마킹은 고압축 트랜스코딩에서 워터마크 삽입시 비가시성을 충족하고 검출 결과 원본대비 50:1의 압축률에서 10프레임 화면간 폴딩 하였을 경우 검출률이 SEQ 1의 경우 98.7%였고, SEQ 2의 경우 98%였다. 이는 고압축 트랜스코딩에서의 저작권 보호를 위한 워터마킹으로 사용 가능함을 보여준다.

5. 결론

본 논문에서는 다이렉트쇼 환경에서 고압축과 저작권 보호를 위한 비디오 트랜스 코딩과 워터마킹을 구현하였다. 제안한 방법은 다이렉트쇼의 필터를 이용하여 MPG와 WMV와 같은 기존의 압축 방식으로 만들어진 비디오시퀀스를 입력으로 하고 출력을 고압축 방식의 H.264로 변환

하는 트랜스코딩을 구현하고, 저작권 정보의 삽입은 다이렉트쇼 필터를 통하여 디코딩된 비디오 영상의 공간적 특성을 이용하여 화면내와 화면간에서 반복적인 워터마크 삽입을 통하여 강인한 워터마킹이 되도록 하였다. 워터마크가 삽입된 비디오는 X264 압축 코덱을 통하여 H.264로 고압축 비디오 스트림으로 만들었다. 실험을 통하여 트랜스코딩의 전체 시간 중 워터마킹의 시간 비율은 5.7%로 트랜스코딩 시간에 영향을 미치지 않을 정도였고, 트랜스코딩에서 저작권 보호를 위한 워터마크 검출률은 H.264 압축율을 원본대비 50:1로 하고 10프레임마다 반복해서 같은 워터마크를 삽입하는 화면간 폴딩을 사용하였을 경우 98%이상의 검출률을 보여 저작권 보호용 워터마크로 사용가능함을 확인하였다. 본 논문에서 제안하는 방법은 저작권 삽입 기능까지는 트랜스코딩 소프트웨어를 필요로 하는 Digital TV방송, IPTV, DVD 사업에 사용 될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청의 산학연 공동기술개발지원 사업(선도형), 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업의 지원으로 수행되었음

참고문헌

- [1] I. Cox, M. Miller, and J. Bloom, "Digital watermarking," Press of Morgan Kaufmann, San Francisco, Oct. 2001.
- [2] M. Wu and Y. Mao, "Communication-friendly encryption of multimedia," *IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing*, pp. 292-295, Dec. 2002.
- [3] R. Schyndel, A. Tirkel and C. Osborne, "A digital watermark," *Proceeding of the IEEE international conference on image processing*, vol. 2, pp. 86-90, 1994.
- [4] "DirectShow SDK Documentation", http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dndxsdk/html/ds_sdk_redirect.asp, Microsoft Coporation
- [5] R. Li, O. Au, C. Yuk, S. Yip, and T. Chan, "Enhanced image trans-coding using reversible data hiding," *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, pp. 1273-1276, May, 2007
- [6] Q. Sun, D. He, and Q. Tian, "A secure and robust authentication scheme for video transcoding," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, pp. 1232-1244, Oct. 2006.
- [7] 윤지선, 임선자, 정태일, 이석환, 권기룡, 김민환 "MPEG-4 SVC 및 멀티미디어 트랜스코딩에 강인한 블라인드 비디오 워터마킹," 신호처리합동학술대회, 10월, 2007년