

방송 환경에서의 워터마킹 기술 응용

함 상 진, 이 근 식, 박 근 수
KBS 기술연구소
E-mail : cashy@kbs.co.kr

The Application of Watermarking Technology in Broadcasting

Environment

Sang-Jin Hahm, Keun-Sik Lee, Keun-Soo Park
Technical Research Institute, Korean Broadcasting System

요약

최근 국내 여러 형태의 방송국들이 아날로그 전송에서 디지털 전송 방식으로 점차 변경하고 있다. 이러한 디지털 방송은 다양한 장점을 가지고 있으나, 동시에 고품질 콘텐츠의 불법 복제 및 유통이라는 단점을 안고 있다. 따라서 방송국에선 디지털 방송 콘텐츠에 대한 저작권 보호 기술이 필요하게 되고, 현재 연구되고 있는 여러 가지 저작권 보호 기술 중에서 워터마킹 기술이 공중과 방송 환경에서 가장 적합한 기술로 예상된다.

본 논문에서는 방송 환경하의 저작권 보호를 위한 비디오 워터마킹 기술을 제안하고 제안 기술에 대한 실험 결과를 보인다. 제안하는 워터마킹 기술은 MPEG-2 압축 전 비압축 동영상 신호에 저작권 정보를 삽입하고 전송된 동영상 신호에서 원본 동영상 없이 검출한다. 제안하는 기술은 워터마킹 기술의 3 가지 기본 요구 사항인 강인성, 비가시성 및 보안성을 충족하도록 설계하였다.

I. 서론

DTV의 장점인 고품질 영상, 5.1 채널 사운드와 데이터 정보 등을 앞세워, 최근에 여러 나라는 물론 국내의 여러 형태의 방송사들이 아날로그 전송 방식에서 디지털 전송 방식으로 변경하고 있다. 우리나라의 지상파 DTV의 비디오 형식은 HDTV(High Definition TV)규격으로 하고 있으며, KBS(Korea Broadcasting System)의 DTV는 완전 전환을 앞두고 2001년부터 지역별로 시범적으로 시행 중이다.

IT 기술의 진보와 PVR(Personal Video Recorder)등 저장 기능이 포함된 DTV 셋톱박스가 상품화됨에 따라서, 비디오 화질의 열화 없이 쉽게 디지털 콘텐츠를 저장 및 복사하고 온라인 및 오프라인을 통하여 배포할 수 있게 되었다. 그러나, 현재까진 이러한 디지털 방송 콘텐츠의 불법 복사 및 배포를 막을 방법이 없었다. 이러한 환경적인 요인으로 인하여 최근에 국내외적으로 디지털 워

터마킹 기술이 디지털 콘텐츠의 저작권 보호 기술로서 가장 많이 연구되고 적용되고 있어, KBS 기술연구소에선 그림 1 과 같은 방송환경에 적용하기 위하여 DTV 콘텐츠의 저작권 보호에 사용하고자 비디오 워터마킹 기술을 개발하였다. 방송용 콘텐츠에 삽입된 워터마크는 콘텐츠 제작과 전송을 한 방송국에 대한 정보를 담고 있어 불법적인 사용자에게 의한 복제 및 전송을 막을 수 있는 기능을 할 수 있다.

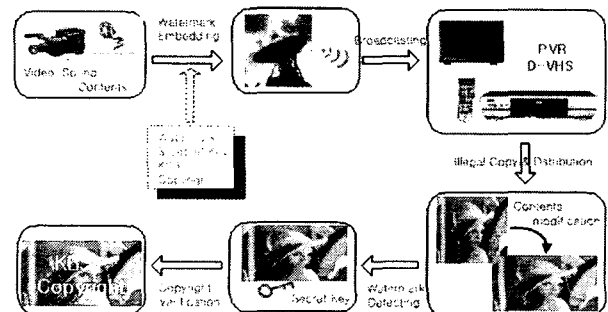


그림 1 방송 환경에서의 워터마킹 시나리오

II. 디지털 워터마킹

비디오, 이미지, 사운드 및 문서 등의 모든 디지털 자료들은 원본과 유사한 품질로 쉽게 복사가 가능하다. 이러한 이유로 1990 년 등장한 최초의 워터마킹에 관련된 논문[2]이후로, 디지털 워터마킹 기술이 많은 관심을 불러일으키고 있다.

디지털 워터마킹 기본 과정의 구성은 그림 2와 같이 추가적인 저장 공간이나 새로운 포맷 없이 디지털 콘텐츠에 원하는 정보를 추가하고 다른 환경 하에서 추가한 정보를 추출하는 과정이다. 그림 2 에서 비밀 키값에 따라서 변경되는 워터마크는 보이지 않게 원본 데이터에 삽입이 된다. 워터마크에 대한 공격은 워터마크 검출기가 워터마크를 검출하지 못하게 하는 모든 과정 및 처리를 의미한다. 따라서, 워터마크에 공격이 가해진 콘텐츠도 콘텐츠에 대한 불법적인 사용이 발생하였을 때, 워터마크가 검출되어 저작권을 보호할 수 있어야 한다.

워터마킹 시스템의 기본 요구 사항은 다음과 같다.

1. 비지각성 : 워터마크 삽입에 의한 원본 콘텐츠의 최소한의 품질 저하를 추구하여 사용자가 워터마크의 존재 유무를 최대한 지각할 수 없게 해야 한다.
2. 강인성 : 삽입된 워터마크는 워터마크를 제거하기 위한 모든 처리과정 후에도 검출되어야 한다.
3. 보안성 : 워터마킹 알고리즘이 워터마킹 공격자에게 알려지더라도 워터마킹 시스템은 보안성이 유지되어야 한다. 따라서 보통 보안성을 위해서 알고리즘 내에서 비밀키를 사용한다.



그림 2 워터마킹 프레임워크

III. KBS 워터마킹 시스템

KBS 워터마킹 시스템은 KBS DTV 콘텐츠의 저작권 보호를 위해 개발되었으며, 대상 콘텐츠는 SD(Standard Definition)급 비디오 신호, HD 급 비디오 신호와 KBS 에서 판매하는 DVD 또는 VCD 패키지 미디어이다.

워터마크로 비디오 신호에 삽입되는 정보는 SD 급 비

디오의 경우 64 비트(8 바이트), HD 급 비디오의 경우 128 비트(16 바이트)의 저작권 정보이다. 저작권을 구분하는 정보인 워터마크 비트들은 워터마킹 시스템의 보안성을 위하여 비밀 키에 의해 생성되고, DTV 전송을 위한 MPEG-2 압축 과정 전에 비디오 신호의 공간 영역에 삽입이 된다. 따라서, KBS 워터마크는 기본적으로 MPEG-2 압축 공격에는 살아 남도록 설계되었다.

수식 1 과 같이 워터마크는 비디오 신호에 삽입이 되며, 워터마크의 비가시성은 삽입되는 워터마크 강도 ($\alpha_{n,m}$)에 의해 결정된다. 워터마크의 비가시성을 위하여, 워터마크 강도는 낮을수록 좋다. 하지만, 워터마크 강도가 낮을수록 워터마크의 강인성은 낮아지게 된다. 따라서, 워터마킹 시스템의 설계 시 반드시 비가시성과 강인성의 정도를 적절히 조절하는 것이 필요하다. KBS 워터마킹 시스템은 워터마크 강도 결정을 인간 시각 시스템(HVS: Human Visual System)에 맞추어 자동적으로 계산하여 비가시성과 강인성을 조절하게 설계되었다. 그림 3 에는 원본 영상, 개발된 알고리즘 중 HVS 고려하지 않고 워터마크를 삽입한 영상과 HVS 를 고려하여 삽입한 영상에 대한 화질을 확인할 수 있다.

$$\hat{I}_{n,m} = I_{n,m} + \alpha_{n,m} \cdot W_{n,m}$$

$I_{n,m}$: Watermarked Cotents $\hat{I}_{n,m}$: Watermarked Cotents

$w_{n,m}$: Watermak $\alpha_{n,m}$: Watermark Strength

수식 1 워터마크 삽입식

워터마크는 MPEG-2 스트림 형태로 전송된 후에 검출된다. 개발된 워터마킹 알고리즘에서 워터마크 검출에는 30 프레임(1 초) 이상의 비디오 시퀀스가 필요하다. 불법적인 사용자들은 워터마크가 삽입된 디지털 콘텐츠에 다양한 워터마크 제거 공격을 할 수 있는데, 방송 환경에서의 워터마킹 시스템 설계를 위해 이러한 다양한 워터마크 공격 중에서 EBU 의 워터마킹 리포트[4]에서 제시한 공격들을 참조하여 설계하였다.

IV. 실험 결과

KBS 워터마킹 시스템의 테스트베드는 실제 방송 환경을 고려하여 그림 4 과 같이 구축하였다. 워터마크 공격 실험은 두 단계로 수행되었는데, MPEG-2 압축 공격은 항상 선행되었고, 그 다음에 추가적인 압축, 기하학적 변형, 잘라내기 및 색상 공간 변경 등의 공격을 수행하였다.

워터마크 비가시성 및 강인성 테스트를 위하여 여러 가지 특성을 지닌 동영상을 선정하였다. 동영상들은 아래 그림 5 와 같이 SD 급(720×480) 테스트 동영상과 HD 급(1920×1080, 1280×720) 테스트 동영상으로 구성된다. 테스트 동영상은 MPEG 에서 제공하고 있는 테스트 동영상과 KBS 자체 동영상으로 구성되어있고, 동영상 선택 기준은 정지 영상 워터마킹 테스트 기준이 되고 있는 Stirmark[5]에서 제시하고 있는 분류 기준과 동영상 특성이 움직임 특성에 따라 분류하여 테스트를 실시하였다.

표 1 에선 방송환경에서 가능한 워터마크 공격을 제시하였으며, 제시한 공격에 대한 강인성 실험을 수행하였다. 압축 공격의 경우 표 2 와 같이 압축률을 높여 반복적인 압축을 하여도 거의 99% 이상의 검출률을 보였고, 기하학적 변형 공격과 여러 가지 포맷 변경의 경우 표 3 과 4 와 같이 높은 검출률을 보였다.

워터마크의 비가시성 실험은 ITU-R BT.500-10[6]에서 제시하고 있는 방법인 'Double stimulus impairment scale method'에 의해 수행하였다. 이 주관적인 비디오 품질 평가 방법은 다섯 개의 품질 평가 등급(5:Excellent, 4:Good, 3:Fair, 2:Poor, 1:Bad)을 제시한다. 이러한 기준으로 측정된 KBS 워터마킹 시스템에 의해 워터마크가 삽입된 비디오의 품질은 4 등급 이상으로 측정되었다.

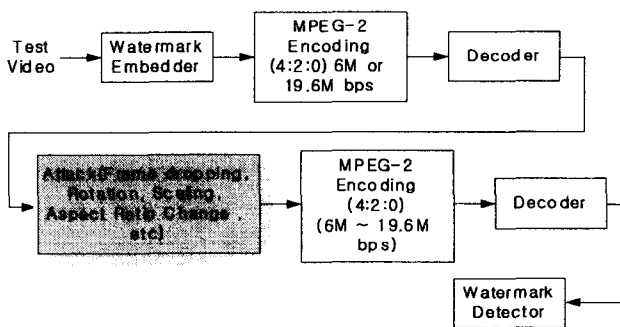


그림 4 워터마크 강인성 실험 과정

MPEG - 2 (bps)	Total Unit	6M	5M	4M	3M	2M
Flower	8	8	8	8	8	8
Susie	9	9	9	9	9	9
Table Tennis	10	10	10	10	10	9
Football	8	8	8	8	7	6

표 2 압축공격 실험 결과

Rotation(°)	Total Unit	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Flower	8	8	7	7	7	6
Susie	9	9	8	8	8	8

Table Tennis	10	9	9	8	7	6
Football	8	7	7	6	6	5

표 3 회전 공격 실험 결과

Scaling	Total Unit	0.6	0.8	1.2	1.3	1.5
Flower	8	4	6	8	8	8
Susie	9	5	8	8	9	8
Table Tennis	10	5	7	8	8	8
Football	8	4	5	7	7	7

표 4 Scaling 공격 실험 결과

V. 결론

워터마킹 기술만은 완전한 저작권 보호 기술은 아니지만 지상파 공영 방송인 KBS 의 콘텐츠 저작권 보호를 위한 현재로서는 가장 최선의 그리고 가장 현실적인 저작권 보호 기술이라고 할 수 있다.

본 논문에서는, 방송 환경에서의 비디오 워터마킹 기술의 요구 사항을 제시하고 KBS 의 DTV 콘텐츠 저작권 보호 목적으로 개발한 워터마킹 시스템을 소개하였다. 개발된 시스템은 방송 환경이라는 제약 조건 아래서 워터마킹의 보안성, 비가시성, 강인성을 충족하였다. 현재 개발된 알고리즘을 개선하여 고품질의 HDTV 용 실시간 워터마크 삽입기를 개발하였고, 내년에 실시간 검출기를 개발하려고 계획중이다.

참고문헌

- [1] S. Katzenbeisser, F. Petitcolas, Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking, Boston: Artech House, Inc.
- [2] K.Tanaka, Y.Nakamura, and K.Matsui. Embedding secret information into a dithered multilevel image. In IEEE Military Commun. Conf., pages 216~220. September 1990.
- [3] I.J. Cox, M.L. Miller and J.A. Bloom, Digital Watermarking, London:Morgan Kaufmann Pub., 2002.
- [4] L.Cheveau, E.Goray and R.Salmon. Watermarking-summary results of EBU test. In EBU technical review, March 2001.
- [5] http://www.petitcolas.net/fabien/watermarking/image_data_base/
- [6] Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures: Recommendation ITU-R BT.500-10. ITU Radiocommunication Assembly, 2000.



그림 3 워터마킹 비가시성 실험

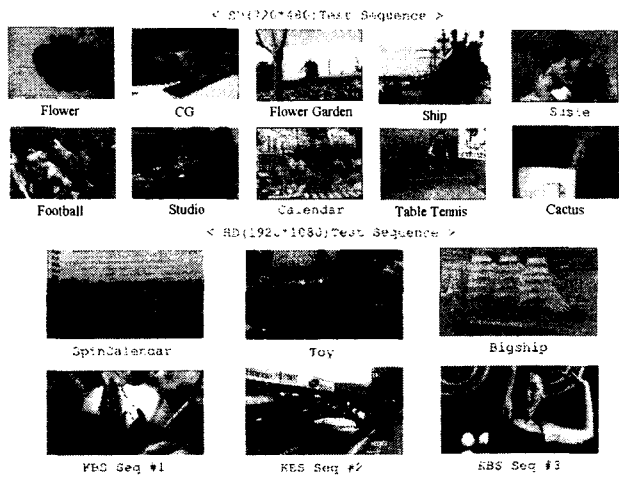


그림 5 워터마킹 테스트 시퀀스

No	Attack	Description
1	MJPEG Compression	SDTV(20Mbit/s)
2	MPEG-2 Compression	SDTV(2~6Mbit/s), HDTV(19~20Mbit/s)
3	DV Compression	Panasonic/DV, Sony/DV, Sony/Beta-SX
4	Re-Sampling (DA/AD)	DV analog recording, VHS recording
5	Sampling Rate Conversion	Up & Down conversion (SDTV ↔ HDTV)
6	Line-Scan Conversion	Progressive ↔ Interlaced
7	Frame-Rate Conversion	24Hz ↔ 25Hz ↔ 30Hz
8	Aspect-Ratio Conversion	4:3 ↔ 16:9
10	Color-Space Conversion	Color ↔ Gray scale
11	Additive White Noise	At - 30db
12	Slow-Motion	3:1
13	Pixel Shift	Up to half video size
14	Scaling	0.5 ~ 2.5
15	Cropping	Up to half video size
16	Rotate	0 ~ 5°
17	DVE	Character & Graphic insertion, Sharpening, Brightness Up & down, Median filtering (3*3, 5*5), Gaussian filtering and so on

표 1 방송 환경하의 워터마킹 공격