

워터마크를 이용한 TV방송 광고모니터링 시스템

Monitoring System for TV Advertisement Using Watermark

신동환¹, 김경순², 김종원³, 최종욱⁴

DongHwan Shin, GeungSun Kim, JongWeon Kim, and JongUk Choi

Abstract - In this paper, it is implemented the monitoring system for TV advertisement using video watermark. The functions of an advertisement monitoring system are automatically monitoring for the time, length, and index of the on-air advertisement, saving the log data, and reporting the monitoring result.

The performance of the video watermark used in this paper is tested for TV advertisement monitoring. This test includes LAB test and field test. LAB test is done in laboratory environment and field test in actually broadcasting environment.

LAB test includes PSNR, distortion measure in image, and the watermark detection rate in the various attack environment such as AD/DA(analog to digital and digital to analog) conversion, noise addition, and MPEG compression. The result of LAB test is good for the TV advertisement monitoring.

KOBACO and SBS are participated in the field test. The watermark detection rate is 100% in both the real-time processing and the saved file processing. The average deviation of the watermark detection time is 0.2 second, which is good because the permissible average error is 0.5 second.

Key Words : 방송모니터링, 워터마킹, TV광고

1. 서론

워터마크 기술은 디지털 콘텐츠에 사람이 인식할 수 없도록 은밀하게 정보를 삽입하여 디지털 콘텐츠의 불법적인 유통이 있을 경우 해당 디지털 콘텐츠의 저작권을 주장하기 위한 방편으로 많이 사용되었다[2],[3],[4]. 이러한 워터마크 기술을 방송모니터링에 적용하기 위한 시도가 있어왔다. 방송광고 모니터링 시스템은 방송모니터링 시스템의 특화된 분야로 방송국에서 방송한 광고방송이 방송계약자와 계약한 대로 방송이 이루어졌는지를 검사하는 시스템이다.

현재 상용화되어 있는 방송광고 모니터링 장비는 주로 오디오 워터마크 기술을 기반으로 하고 있다. 1999년에 사업을 시작한 미국의 Verance나 2002년에 사업을 시작한 영국의 MediaTag이 대표적이다. 이 두회사 모두가 오디오 워터마크 기술을 이용하여 방송광고 모니터링을 하고 있다. 오디오만을 이용한 방송광고 모니터링 시스템은 시스템 구현상 복잡하지 않고 쉽게 시스템을 구현할 수 있는 장점은 있지만 소리가 없는 TV 광고방송인 경우에 워터마크 정보를 검출할 수 없다는 단점이 있다.

1999년 T.Kalker는 비디오 워터마크 기술을 TV신호에 적용하여 방송모니터링시스템을 구현했다[1]. 적용된 기술은 공간영역에서 랜덤 시퀀스를 발생시키고 삽입하고자 하는 정보에 비례해서 생성된 시퀀스를 원형이동(circular shift)하여 워터마크를 생성했다. 이 방법은 공간영역에서 워터마크를 생성하여 삽입한다는 점에서 삽입속도는 빠르나 압축과 같은 공격에 취약한 점이 있다.

본 논문에서는 TV방송광고 모니터링을 위해서 웨이블릿(wavelet)변환 평면에서 워터마크를 생성하고 생성된 워터마크 신호를 공간영역으로 역 변환하여 공간영역에서 삽입할 수 있도록 구현했다. 변환평면에서 워터마크를 생성함으로써 압축에 강한 특성을 갖게 되었고 생성된 워터마크를 공간영역으로 변환하여 삽입함으로써 워터마크 삽입시간을 빠르게 할 수 있었으며 또한 삽입시스템을 간단하게 만들 수 있었다.

개발된 워터마크기술이 TV방송광고 모니터링에 적합한 알고리즘인지를 테스트하기 위해서 크게 LAB테스트와 현장테스트를 실시했다. LAB테스트는 실험실환경에서 워터마크의 성능을 테스트한 것이고 현장테스트는 실제 공중파를 대상으로 수행된 테스트이다. LAB테스트는 화질훼손 정도, 각종 공격(A/D, D/A변환, 잡음첨가, MPEG압축 등)에 대한 강인성 검사를 통하여 워터마크의 성능을 검사했으며 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 현장테스트는 한국방송공사(KOBACO)와 SBS가 함께 실험에 참여했다. 광고방송의 시간측정 단위는 초단위로 했으며 따라서 최대오차는 1초로 했다. 실험결과 평균오차는 0.2초로 우수한 결과를 얻었으며 워터마크 검출

저자 소개

- 신동환 : (주)마크텍 부설연구소 연구소장, 공학박사
- 김경순 : (주)마크텍 부설연구소 비디오팀장
- 김종원 : 상명대학교 교수, 공학박사
- 최종욱 : (주)마크애니 대표이사, 상명대학교 교수, 공학박사

를 테스트는 실시간 및 저장파일에 의한 검출 모두에서 100%의 안정된 검출률을 얻었다.

2. TV 방송모니터링

2.1 비디오 워터마크 알고리즘

2.1.1 삽입 알고리즘

본 논문에서 적용한 워터마크 삽입과정은 그림 1과 같다. 워터마크 생성은 웨이브렛 평면에서 랜덤시퀀스를 생성하고 삽입할 정보값 만큼 랜덤시퀀스를 이동하여 워터마크 정보(W)를 생성하였다. 워터마크 삽입은 웨이브렛 변환의 선형성을 이용하였다. 즉 웨이브렛 평면에서 구해진 워터마크 신호를 역웨이브렛 변환하여 공간영역에서 원영상과 역변환된 워터마크 신호(w)를 더하여 정보를 삽입했다. 여기서 워터마크 삽입강도(α)를 조절함으로써 워터마크 크기를 조절할 수 있다.

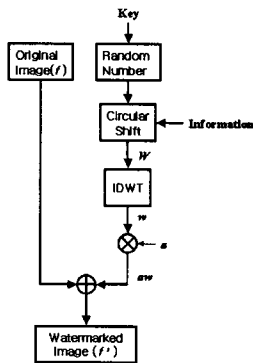


그림 1. 워터마크 삽입 순서도

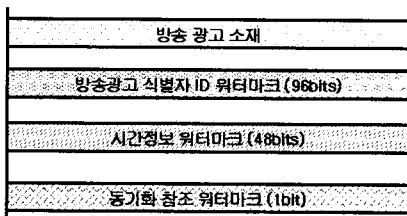


그림 2. 워터마크 정보 구성

그림 2는 광고소재에 삽입된 워터마크 정보 구성을 나타낸다. 삽입된 워터마크 정보는 방송광고 식별자 ID 워터마크 (96bit, CRC정보 포함), 시간정보 워터마크(48bits, CRC포함), 그리고 기하학적인 변형이 가능했을 때 워터마크를 복원하기 위한 정보로서 동기화 참조 워터마크 신호로 구성되어 있다. 3종류의 워터마크는 서로 직교성이 있도록 하기 위해 웨이브렛 평면에서 서로 다른 대역의 신호를 사용하였다. 워터마크는 서로간의 간섭이 최소화되도록 구성하였다.

2.1.2 추출 알고리즘

워터마크 추출과정은 그림 3과 같다. 워터마크된 입력영상을 디지털 웨이브렛 변환을 하고 워터마크가 삽입된 특정영

역의 웨이브렛 계수들과 워터마크 삽입할 때 사용했던 랜덤시퀀스 간의 상호상관도(cross correlation)를 구한다. 이때 최대값을 검출하고 최대값이 있는 위치를 이용하여 워터마크 정보를 추출한다.

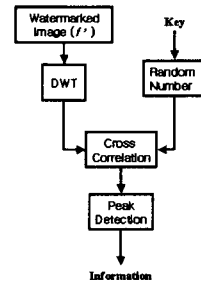
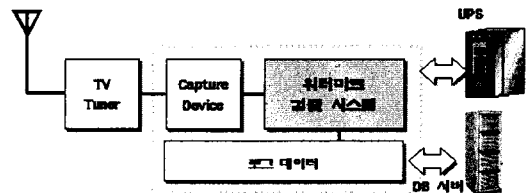


그림 3. 워터마크 추출 순서도

2.2 TV 방송모니터링 시스템

방송모니터링 시스템 구성은 그림 4와 같다. 방송국에서 방송된 방송신호를 일반 TV 튜너를 이용하여 수신하고 수신된 영상신호는 영상캡처장비를 이용하여 720*480픽셀의 영상신호로 변환한다. 캡처된 영상신호를 이용하여 워터마크 검출 시스템에서는 워터마크를 검출하여 방송광고 식별자 ID, 광고시작시각, 광고가 실제 방송된 시간길이 등의 정보를 로그 데이터로 보관한다. 보관된 로그 데이터는 DB로 구성하여 주기적으로 중앙서버에 결과를 보고한다.



그그림 4. 방송광고 모니터링 시스템 구성도

3. 실험결과

방송광고 모니터링에 사용된 워터마크 성능을 테스트하기 위해 실험실환경에서 실시한 LAB테스트와 실제 공중파를 이용한 현장테스트를 수행했다.

3.1 LAB 테스트

LAB 테스트는 실험실 환경에서 수행된 테스트로 주로 워터마크 강인성에 대한 실험을 하였다. 워터마크 삽입에 따른 화질 훼손정도를 측정하기 위해 PSNR테스트를 수행했다. 표 1은 워터마크 삽입강도를 5로 했을때 PSNR값이다. 워터마크 삽입강도 5는 현장테스트에서 사용한 값이고 PSNR이 40dB이상이면 화질이 매우 양호하다고 판단한다.

또한 강인성 테스트를 위해서 잡음첨가, 압축변환, AD/DA 변환에 따른 검출률 측정을 했다.

그림 5는 잡음첨가에 따른 워터마크 검출률을 나타내고 있다. 첨가 잡음은 백색가우시안 분포를 갖는 잡음신호이다[5].

Scale은 워터마크 삽입강도로서 삽입강도를 크게 할수록 화질훼손정도는 심해지지만 같은 잡음첨가 강도에서 높은 워터마크 검출률을 나타내고 있다. PSNR이 25.8dB까지 검출률이 100%로 매우 양호한 결과를 얻었다.

표1. PSNR 측정값

	PSNR		
	Avg.	Max.	Min.
소재 01	47.16 dB	51.57 dB	45.21 dB
소재 02	47.15 dB	51.57 dB	45.21 dB
소재 03	48.87 dB	51.52 dB	44.45 dB
소재 04	48.28 dB	50.01 dB	47.22 dB
소재 05	48.08 dB	48.85 dB	46.53 dB
소재 06	48.40 dB	50.04 dB	47.01 dB
소재 07	49.06 dB	51.57 dB	46.23 dB
소재 08	46.84 dB	50.29 dB	42.02 dB
소재 09	46.40 dB	50.15 dB	42.91 dB
소재 10	47.87 dB	51.57 dB	46.77 dB
소재 11	48.42 dB	50.57 dB	44.93 dB
소재 12	48.58 dB	50.27 dB	46.85 dB

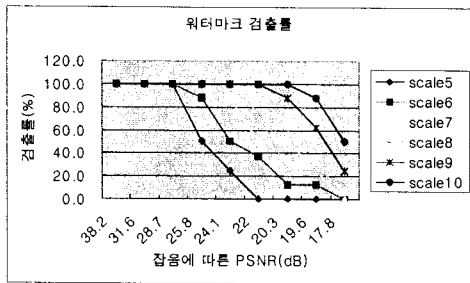


그림5. 잡음첨가에 따른 워터마크 검출률

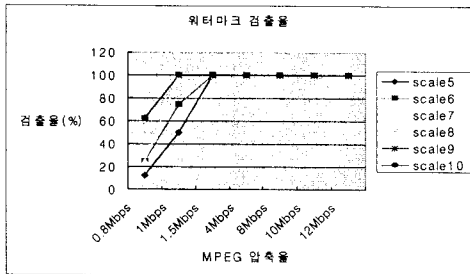


그림6. MPEG압축율에 따른 워터마크 검출률

표 2. AD/DA변환 테스트 결과

항목	세부 내용	조건	성능	판정	비고
AD/DA 3회 검출	1. 검출 시간	실시간 검출	실시간	O.K	
	2. 검출률	100%	100%	O.K	
	3. 시간측정 정밀도	최대오차 < 1sec 평균오차 < 0.5sec	0.1sec 0.03sec	O.K	
AD/DA 5회 검출	1. 검출 시간	실시간 검출	실시간	O.K	
	2. 검출률	100%	100%	O.K	
	3. 시간측정 정밀도	최대오차 < 1sec 평균오차 < 0.5sec	0.1sec 0.04sec	O.K	

압축률에 따른 검출률은 그림6에 나타났다. MPEG 압축률 1.5Mbps 이상의 압축에 대해 워터마크 100% 검출은 10Mbps 이상으로 압축 저장되는 방송환경에 적용할 수 있음을 보여 준다.

공중과 방송을 하는데 있어서 AD, DA변환은 빈번하게 발생한다. 따라서 이러한 변환에 대해서 워터마크 검출률을 측정했다. 표2에 AD/DA변환 테스트에 대한 결과를 나타냈다. 5회 AD/DA변환에 대해서 100%검출률을 얻었다.

3.2 현장 테스트

현장 테스트는 SBS TV방송에 워터마크가 삽입된 신호를 방영하고 청주지방 방송국에서 공중파를 일반 TV수신기를 이용하여 수신하여 워터마크 검출 테스트를 수행했다. 테스트 기간은 2주간 매일 15분씩 방송을 테스트했다. 현장테스트 결과 검출률은 100%을 얻었고 평균오차도 0.2초로 우수한 결과를 얻었다. 다만 최대오차가 1.2초가 발생한 경우는 PC 상에서 비디오 워터마크 검출과 동시에 압축저장을 하기 때문에 발생한 문제로 녹화한 파일을 테스트 했을 때는 발생하지 않고 있다. 이 것은 전용 하드웨어를 제작하여 적용할 경우 문제가 없을 것으로 판단된다.

표3. 현장테스트 결과

항목	세부 내용	조건	성능	판정	비고
On-Air 검출	1. 검출 시간	실시간 검출	실시간	O.K	
	2. 검출률	100%	100%	O.K	
	3. 시간측정 정밀도	최대오차 < 1sec 평균오차 < 0.5sec	1.23sec 0.23sec	N/A O.K	
녹화파일검출	1. 검출 시간	실시간 검출	실시간	O.K	
	2. 검출률	100%	100%	O.K	
	3. 시간측정 정밀도	최대오차 < 1sec 평균오차 < 0.5sec	0.5sec 0.03sec	O.K	

4. 결론

동영상 워터마크를 이용하여 TV광고를 모니터링하는 시스템을 구현하였다. TV광고 모니터링 시스템은 15초, 20초, 30초로 구성된 비디오를 이용하여 광고 방송한 시각, 광고방송 길이 및 광고방송소재코드(9개, 19개 수자와 문자로 구성) 정보를 자동으로 검출하는 시스템이다.

워터마크를 이용하여 TV광고방송 모니터링을 하기 위해서 필요한 동영상 워터마크의 성능을 테스트했다. 실험실 환경에서의 LAB테스트와 실제 공중파 환경에서의 현장테스트를 수행했다.

LAB테스트는 화질훼손 정도, 잡음첨가, MPEG압축, AD/DA변환에 대한 강인성 검사를 수행했다. 화질훼손 정도는 PSNR을 이용하여 측정한 결과 40dB이상을 얻었다. 잡음첨가 실험에서는 백색가우시안 잡음을 PSNR이 25.8dB까지 첨가했을 때 100%의 워터마크 검출률을 보였다. MPEG압축은 1.5Mbps까지, AD/DA변환은 5회 반복했을 때도 100%의 워터마크 검출률을 나타냈다. 실제방송환경에 사용될 수 있는 양호한 수준이다.

현장테스트는 한국방송공사(KOBACO)와 SBS가 함께 실험에 참여했다. 광고방송의 시간측정 단위는 초단위로 했으며 따라서 최대오차는 1초로 했다. 실험결과 평균오차는 0.2초로 우수한 결과를 얻었으며 워터마크 검출률은 실시간 및 저장파일에 의한 검출 모두에서 100%의 안정된 검출률을 얻었다.

향후 워터마크 검출장비를 전용 하드웨어로 사용할 경우 최대오차를 1초 이내로 줄일 수 있으리라 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] T.Kalker, G. Depovere, J. Haitsman, and M. Maes, "A video watermarking system for broadcast monitoring," *Proceedings of the SPIE Security and Watermarking of Multimedia Contents*, vol. 3657, pp. 103-112, San Jose, January 25-27, 1999.
- [2] Michael Arnold, Martin Schmucker, and Stephen D. Wolthusen, *Techniques and Applications of Digital Watermarking and Content Protection*, MA, Artech House, INC., 2003
- [3] Barni, M., et al., "A DWT-Based Technique for Spatio-Frequency Masking of Digital Signature," *Proceedings of Electronic Imaging '99, Security and Watermarking of Multimedia Contents*, Vol. 3657, San Jose, CA, January 1999, pp. 31-39.
- [4] Inoue, H., et al., "A Digital Watermark Technique Based on the Wavelet Transform and Its Robustness on Image Compression and Transform," *Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Image Processing(ICIP-98)*, Vol. 2, pp.391-395, Chicago, October 1998.
- [5] Samuel D. Stearns, *Signal Processing Algorithms in Matlab*, chap.4, 1996.