

TV광고 모니터링을 위한 비디오 워터마킹 시스템의 설계에 관한 연구

論 文

56-1-32

A Study on the design of Video Watermarking System for TV Advertisement Monitoring

申東煥*·金成煥†

(Shin Dong-Hwan · Kim Sung-Hwan)

Abstract - In this paper, The monitoring system for TV advertisement is implemented using video watermark. The functions of the advertisement monitoring system are monitoring 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 : Video Watermark, TV Advertisement, Monitoring System

1. 서 론

워터마크 기술은 디지털 콘텐츠에 사람이 인식할 수 없도록 은밀하게 정보를 삽입하여 디지털 콘텐츠의 불법적인 유통이 있을 경우 해당 디지털 콘텐츠의 저작권을 주장하기 위한 방법으로 많이 사용되었다[1],[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 이루어 졌는지를 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 기술은 주 목표를 디지털방송을 대상으로 하고 있기 때문에 아날로그 TV방송이 주된 광고 모니터링 대상인 우리나라에서 그대로 적용하는 데는 무리가 있다. 또한 이 방법은 공간영역에서 워터마크를 생성하여 삽입한다는 점에서 삽입 및 추출속도는 빠르나 압축과 같은 공격에 취약한 점이 있다.

본 논문에서는 아날로그 및 디지털 TV방송광고 모니터링을 위해서 웨이블릿(wavelet)변환 평면에서 워터마크를 생성하고 생성된 워터마크 신호를 공간영역으로 역 변환하여 공간영역에서 삽입할 수 있도록 설계하였다. 변환평면에서 워터마크를 생성함으로써 압축에 강인한 특성을 갖게 되었고 생성된 워터마크를 공간영역으로 변환하여 삽입함으로써 워터마크 삽입시간을 빠르게 할 수 있었다. 검출 시스템은 웨이블릿 변환평면에서 워터마크 정보를 추출하였으며 PC 기반의 검출시스템에서 실시간으로 워터마크 검출이 가능하도록 하였다.

본 연구에서 개발된 워터마크기술이 TV방송광고 모니터링에 적합한 알고리즘인지를 테스트하기 위해서 크게 LAB 평가와 현장평가를 실시했다. LAB평가는 실험실환경에서 워터마크의 성능을 평가한 것이고 현장평가는 실제 공중파를 대상으로 수행된 평가이다. LAB평가는 주로 실제 방송 환경에서 방송콘텐츠에 가해지는 변형을 고려하여 화질훼손 정도검사(ABX 테스트, PSNR측정), AD/DA변환, 잡음첨가, MPEG압축, 프레임 레이트변환, 화면 확대축소변환, 로고 및 자막삽입 등에 대한 강인성 검사를 통하여 워터마크의 성능을 검사하였다. 현장테스트는 한국방송광고공사(KOBACO)와 SBS가 함께 실험에 참여하여 검출률을 시험하였다.

† 교신저자, 正會員 : 서울시립대 전자전기컴퓨터공학부 교수

E-mail : shkim1@uos.ac.kr

* 正會員 : 테크온팜(주) 연구소

接受日字 : 2006年 11月 3日

最終完了 : 2006年 12月 27日

2. 비디오 워터마킹 시스템의 설계

2.1 워터마크 요구사항

TV광고방송을 모니터링하기 위해서는, 사람이 인식할 수 없도록 은밀하게, 방송광고 표준코드 및 광고 콘텐츠의 시간 정보와 같은 데이터를 TV 방송신호에 삽입 추출하는 워터마크 기술이 필요하다. TV방송 환경에서 방송소계에 빈번하게 발생되어질 수 있는 모든 환경에 대해 워터마크는 신뢰성 있는 내구성을 가져야 한다. 방송환경에서 방송 콘텐츠에 빈번하게 발생하는 변환을 보면 다음과 같다.

방송 스튜디오 및 TV방송환경에서 AD/DA변환이 자주 발생한다. 디지털배타 카메라에서 촬영된 영상을 아날로그 베타방식으로 변환하는 과정, 아날로그 송출하는 과정, 워터마크 검출을 위해서 아날로그 수신신호를 디지털로 변환하는 과정 등에서 AD/DA변환이 발생한다. 아날로그 방송환경에서는 TV영상신호에 잡음이 많이 삽입되어진다. 전송선로 잡음, 수신기의 잡음 등과 같이 디지털 방송에서는 디지털 신호의 특성상 화질에 영향을 미치지 않는 잡음도 아날로그 방송에서는 잡음이 방송신호에 더해져서 출력되고 있다. 현재 방송 환경에서는 주로 방송소계가 SD(standard definition)급으로 제작되어지고 있고 저장장치에 저장하기 위해서는 MPEG-2 형태로 압축해서 저장하게 된다. 따라서 MPEG-2압축이나 압축률 변화에 대한 내구성이 필요하다. 그 외에 프레임율 변화, 화면비 변화 등과 같은 상황에서도 워터마크는 내구성을 지녀야 한다[6].

2.2 비디오 워터마크 구성

비디오 영상에 워터마크를 적용하기 위한 방법은 3가지로 분류할 수 있다. 첫 번째 방법은 가장 간단한 방법으로 공간영역에서 워터마크를 삽입 및 추출하는 방법이다[7,8,9]. 상관관계(correlation) 방식에 의해서 공간영역의 비디오 데이터로부터 바로 워터마크를 검출한다. 워터마크 검출 시에 계산 복잡도가 낮다는 장점이 있지만 일반적으로 압축에 강인하지 못하다는 단점이 있다. 두 번째로 워터마크를 주파수 영역에서 삽입 추출하는 방식이 있다. 잘 알려진 변환영역으로 푸리에 변환(Fourier transform)[10], 이산 코사인 변환(discrete cosine transform)[11], 그리고 웨이블릿 변환(wavelet transform)[12, 19]이 사용된다. 변환영역에서 상관관계 검출방식을 사용하여 워터마크를 검출한다. 이 방식은 비교적 신뢰성있는 워터마크 검출을 보여주고 있다. 이 방식의 단점은 전체적인 영상을 변환하기 위해서 비교적 많은 연산을 필요로 한다는 것이다. 세 번째 방식은 이런 계산복잡도의 단점을 해결하고자 블록단위의 주파수 변환을 이용하여 워터마크를 삽입 추출하였다[13,14]. 그러나 이러한 접근방식은 공간영역에서의 영상의 이동에 매우 취약한 단점을 갖고 있다. 영상이동은 블록 경계의 잘못된 설정을 만들고 워터마크 검출을 어렵게 만든다. 본 논문에서는 두 번째 접근방식인 변환영역에서의 상관관계를 이용하는 방법을 이용하였다. 변환영역으로 웨이블릿 변환을 사용했다. 웨이블릿 변환은 이산 코사인 변환, STFT(Short Time Fourier Transform)변환 등과 같이 원 신호를 기저가 되는 함수들의

집합으로 분해하여 표현하는 기법이다. 하지만 STFT 변환이 해상도 표현이 한계가 있는 반면에 웨이블릿 변환은 고해상도 분석이 가능하다. 따라서, 이러한 웨이블릿 변환의 특성을 이용하면 워터마크 삽입에 적당한 대역을 임의적으로 선택할 수가 있으며, 또한 압축에 강인한 특성을 가질 수 있도록 탄력적으로 운용할 수 있다. 또한 비디오 압축과정에서도 주파수로 변환된 영상이 일정대역까지만 근사화되어 압축이 되어지기 때문에 워터마크가 손상되지 않는 적당한 대역의 선택이라는 관점에서 보았을 때 DWT(discrete wavelet transform)가 일반적으로 다른 변환(DCT, FFT)보다 유용한 면이 있다.

본 논문에서는 다우비치(Daubechies)의 9/7tab을 사용하였다. 이것은 쌍직교(bi-orthogonal) 필터로 정규직교 특성을 낮추어 선형 위상을 보존하도록 설계된 필터로 통상적인 영상 압축에 매우 좋은 성능을 보이는 것으로 알려져 있다 [15,16,17].

일반적으로 영상의 경우 저주파영상이 대부분 이기 때문에 저주파 대역일수록 에너지의 값이 더욱 크다. 또한 MPEG 압축이 수행되어질 경우 영상은 저주파 영역부터 근사화가 수행이 되어지기 때문에 실제 워터마크도 저주파 영역에 삽입되어야 압축 시 워터마크가 살아남을 확률이 높아진다. 하지만 저주파 영역에 워터마크를 삽입할 경우 압축에는 강인하지만 약간의 계수 변화에도 쉽게 눈에 띄는 문제점을 가지게 된다. 그러나 고주파 영역에 워터마크를 삽입한다면 쉽게 식별할 수는 없지만 압축에 매우 약하다는 단점을 가지게 된다. 따라서 적당한 대역의 선택을 위해 여러 대역을 선택하여 실험한 결과 2레벨로 웨이블릿 변환된 영상에서 그림 1 (c)와 같은 LH2, HL2, HH2대역을 사용하였을 경우 압축에 강하면서 눈에 쉽게 띄지 않는 결과를 보였다. 워터마크가 삽입되는 웨이블릿 대역은 아래 그림 1과 같다.

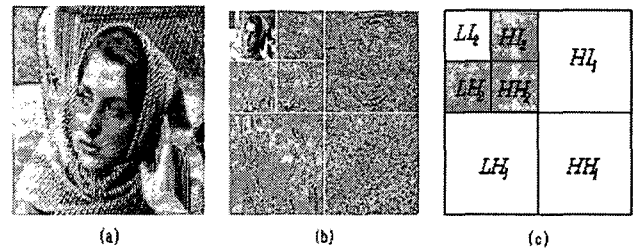


그림 1 워터마크 삽입대역: (a) 원 영상 (b) 2레벨 웨이블릿 변환된 후의 영상 (c) 워터마크가 삽입된 웨이블릿 영역

Fig. 1 Watermark embedding bandwidth : (a) is the original image, (b) two-level wavelet-transformed image, and (c) wavelet domains, to which watermark is embedded in the wavelet transform domain

본 논문에서는 워터마크 정보량을 증가시키기 위해 아래와 같이 쉬프트 워터마킹 기법을 사용하였다. 이 기법은 그림 2와 같이 랜덤 시퀀스를 원형 쉬프트 시키는 것으로 이때 쉬프트된 양 d 가 워터마크 정보가 된다. 따라서 발생된 랜덤 시퀀스의 길이에 따라 삽입시킬 수 있는 워터마크의 비트 수도 정의된다. 한 예로 만약 1024개의 랜덤 시퀀스를

발생시킨 경우 원형 쉬프트의 경우 $2^{10} = 1024$ 이므로 총 10 비트 삽입이 가능하다.

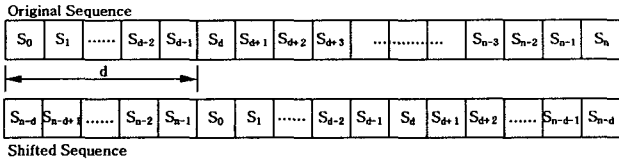


그림 2 랜덤 시퀀스의 원형이동
Fig. 2 Circular shift of the sequence

그림 3은 광고소재에 삽입된 워터마크 정보 구성을 나타낸다. 삽입된 워터마크 정보는 방송광고 식별자ID 워터마크(96bit, CRC정보 포함), 시간정보 워터마크(48bits, CRC포함), 그리고 기하학적인 변형이 가해졌을 때 워터마크를 복원하기위한 정보로서 동기화참조 워터마크 신호로 구성되어 있다. 3종류의 워터마크는 서로 직교성이 있도록 하기위해 웨이브렛 평면에서 서로 다른 대역의 신호를 사용하였다. 워터마크는 서로간의 간섭이 최소화되도록 구성하였다.

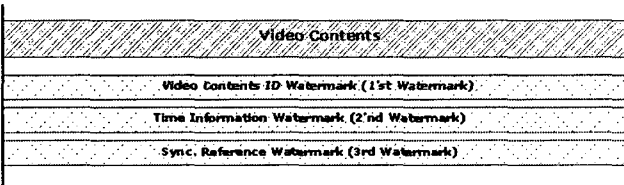


그림 3 비디오 워터마크 구성
Fig. 3 Structure of video watermark

2.2.1 삽입 알고리즘

변환기법이 압축에는 강하지만, 앞 절에서도 언급했듯이 워터마크를 삽입 시 매번 변환(DCT, FFT, DWT)을 해주어야 하는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 변환기법을 유지하면서 실시간 삽입이 가능한 방법을 추구하였다. 일반적으로 워터마킹 삽입은 식(1)과 같다. 이때 F 는 웨이브릿 변환된 영상을 말하며, α 는 삽입강도, w 는 워터마크를 말한다. 워터마크가 삽입된 영상 F' 는 웨이브릿 영역에서 워터마크가 삽입되었기 때문에 필수적으로 다시 역변환이 되어야 한다. 때문에 한번 워터마킹을 할 때마다 두 번의 웨이브릿 변환을 거쳐야 한다는 문제점을 가진다. 그림 4는 식(1)을 사용한 변환기법의 순서도를 보여주고 있다.

$$F' = F + \alpha w \tag{1}$$

이러한 문제점을 해결하기 위해서 다음 식(2), (3)의 공통된 특징을 이용한다. 즉, 각각의 변환기법은 선형적 특징을 가지고 있으며, 이것은 실시간 구현의 해법을 제공해 준다. 따라서 그림 4와 같이 매번 주파수 영역으로 바꾸어서 워터마크를 삽입할 필요 없이 공간영역에서도 주파수 영역에 워

터마크를 삽입할 때와 같이 동일한 효과를 줄 수가 있다. 이때 W 는 변환평면의 w 를 역 변환시킨 것이다. 그림 5는 수정된 변환평면 워터마킹 기법을 나타내고 있다.

$$f \xrightarrow{T} F' \tag{2}$$

$$f + \alpha W \xrightarrow{T} F + \alpha w \tag{3}$$

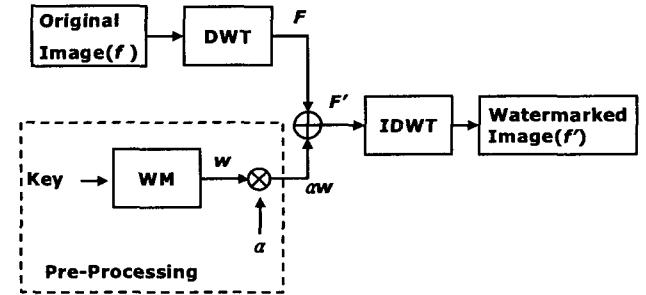


그림 4 워터마크 삽입순서도.
Fig. 4 Flowchart of watermark embedding

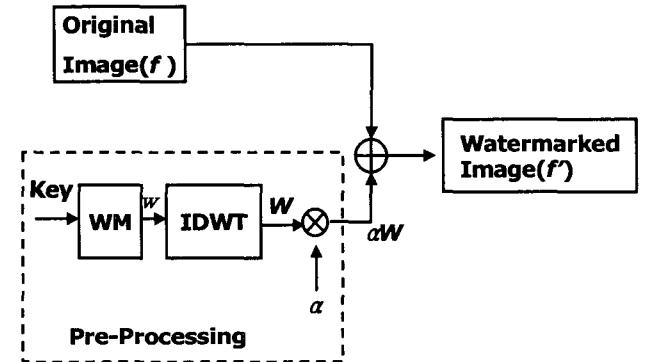


그림 5 수정된 워터마크 삽입 순서도
Fig. 5 Flowchart of the modified watermark embedding

2.2.2 추출 알고리즘

워터마크 추출과정은 그림 6과 같다. 워터마크된 입력영상을 디지털 웨이브릿 변환을 하고 워터마크가 삽입된 특정 영역의 웨이브릿 계수들과 워터마크 삽입할 때 사용했던 랜덤시퀀스 간의 상호상관도(cross correlation)를 구한다. 이때 최대값을 검출하고 최대값이 있는 위치를 이용하여 워터마크 정보를 추출한다.

그림 7에서 도시하고 있는 것처럼 2n 시퀀스를 2m의 간격(interval)으로 양자화를 함으로써 워터마크 검출시 상관관계의 최고값(peak value)에 허용오차 대역을 줌으로써 신뢰성을 확보하였다. 이는 워터마크 시퀀스가 변환영역에서 생성되어지기 때문에 상관관계를 구함에 있어 최고값이 외부적인 요인에 의해 약간의 쉬프트가 발생하여 검출되었을때 많은 비트에러(bit error)를 발생되게 할 수 있으므로 이를 방지하기 위해서 상관관계 최고값의 허용오차 대역을 두었다.

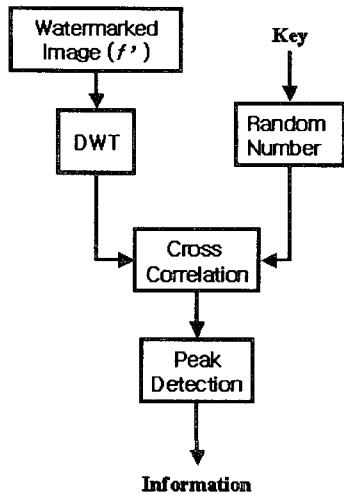


그림 6 워터마크 검출 순서도
Fig. 6 Flowchart of the watermark detection

예를 들면 그림 7에서 상관관계 최고값은 $2 \times 2^m + 2$ 에서 나타난 것으로 도시하고 있다. 이로부터 워터마크 정보를 검출하면 $(2 \times 2^m + 2) / 2^m = 2.xxxx$ 가 된다. 이를 대표값 2로 매핑하면 검출된 워터마크 비트는 비트길이 $(n-m)$ 비트 길이를 가지는데, $2 = (0000 \dots 0010)_b$ 의 워터마크 정보를 가진다. 이를 일반화 시켜 보면 다음과 같다.

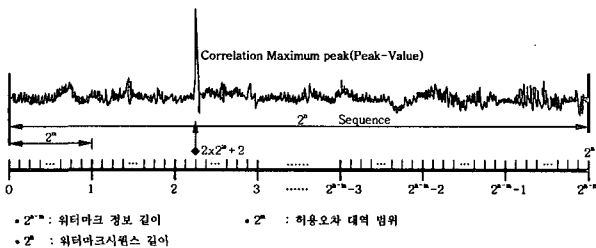


그림 7 워터마크 구성 및 상호상관도
Fig. 7 Correlation peak and watermark information

$$Info = \left\lfloor \frac{2^n}{2^m} + 2^{m-1} \right\rfloor \quad (4)$$

[] : Truncation, 내림 연산
 2^n : 랜덤 시퀀스의 길이, 2^m : 허용오차 대역폭

여기에서 $2^m - 1$ 를 더해준 이유는 반올림을 위한 것이고 식 (4)의 Info는 $(n-m)$ bits의 길이를 가지는 이진(binary) 데이터이다.

본 논문의 워터마킹 알고리즘의 특징은 워터마크 생성과정이 변환 평면에서 이루어지나 워터마크 삽입은 공간영역에서 이루어진다는 점에 있고 좀 더 나은 신뢰성 확보를 위해 약간의 워터마크 삽입 정보량을 줄여 허용오차대역을 두었다는 데 있다. 이는 변환평면에서 생성되어진 시퀀스는 공간영역에서 생성된 잡음보다 압축등과 같은 변형에 강한 특성을 이용하기 위함이다.

3. TV방송 광고 모니터링 시스템의 구성

방송모니터링 시스템 구성은 그림 8과 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.

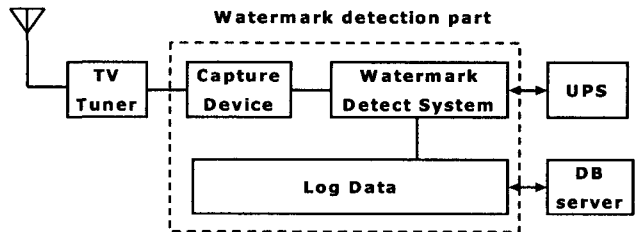


그림 8 TV 광고 모니터링 시스템 블록도
Fig. 8 Block diagram of the TV advertisement Monitoring System

4. 실험

방송광고 모니터링에 사용된 워터마크 성능을 검사하기 위해 실험실환경에서 실시한 LAB검사와 실제 공중파를 이용한 현장검사(field test)를 수행하였다. 실험을 위해서 사용된 영상은 공익광고 12개를 사용했으며 현장검사에서는 30분 분량의 일반 자연영상을 이용하였다.

4.1 LAB평가

LAB 평가는 실험실 환경에서 수행된 검사로 크게 화질 평가와 강인성 평가로 나눌 수 있다. 화질평가는 워터마크를 삽입함으로써 발생하는 화질 열화정도를 측정하기 위한 평가이다. 강인성 평가는 주로 실제 방송환경에서 방송콘텐츠가 받을 수 있는 영향을 고려하여 워터마크 검출률을 검사했다.

4.1.1 화질평가

워터마크 삽입에 따른 화질 훼손정도를 측정하기 위한 방법으로 정성적(주관적)인 평가방법과 정량적(주관적)인 평가방법으로 구분한다. 본 논문에서는 정성적이고 주관적인 화질 평가 방법으로 ABX검사를 수행하고 정량적이고 객관적인 평가방식으로 PSNR(peak signal noise ratio)을 사용하였다.

ABX 테스트 절차[20]에 따라 전문가그룹과 비전문가 그룹에 대해서 원 동영상과 워터마크가 삽입된 동영상을 얼마나 구별할 수 있는가를 확률적으로 평가하였다. 12개의 동영상 소재에 대해서 총344회에 걸쳐 원동영상(A), 워터마크

된 동영상(B) 그리고 원동영상과 워터마크된 동영상중에서 임의의 동영상(X)을 보여주고, 세번째 보여준 동영상(X)이 앞서 보여준 A, B중에 어느 동영상과 일치하는 지를 찾는 테스트이다.

ABX평가에서 원영상과 워터마크가 삽입된 영상이 차이가 있다고 판단하기 위한 기준 값을 0.05로 했다[18]. 이 기준 값을 비교하기 위해 사용하는 분포함수는 Chi-square 분포와 Binomial 분포를 많이 사용한다. 5%의 확신을 갖고 비교되는 영상이 다르다고 판단하기 위해서는 아래 5식의 χ^2 값이 최소한 3.841 이상이어야 한다. 이것을 정답확률로 계산하면 약 67% 이상이 되어야 한다.

여기서 Signal은 신호전력을 Noise는 잡음전력을 각각 나타낸다. 비록 SNR 테스트가 음질평가로서 충분하지는 않지만 SNR이 60dB 이상이면 잡음을 인식할 수 없다고 알려져 있다.

워터마크를 5개의 테스트 오디오에 삽입하여 SNR값을 측정하였다. 표 3은 테스트 결과를 보여준다. 전체 SNR값은 66dB를 넘고있다. 이 수치는 워터마크에 의해서 음질손상이 거의 없음을 나타낸다[13].

$$\chi^2 = \frac{4*(m-n/2)^2}{n} \quad (5)$$

여기서 m = 정답을 맞힌 숫자, n = 총 검사 횟수.

표 1 ABX 검사 결과

Table 1 Result of ABX test

평가자			전문가 그룹				비전문가 그룹				소재별 정답		식별률
소재	회수	순서	이OO	김OO	최OO	신OO	김OO	이OO	김OO	윤OO	정답수	정답률	
소재 01	3	1,16,30	1	2	0	2	1	1	1	3	11	45.8%	12.5%
소재 02	4	9,23,26,42	2	0	3	3	2	1	1	2	14	43.8%	0.0%
소재 03	3	5,14,35	2	1	2	2	2	2	1	2	14	58.3%	0.0%
소재 04	4	7,18,33,37	3	3	1	1	1	0	2	3	14	43.8%	0.0%
소재 05	4	3,13,28,40	1	3	3	3	3	2	3	1	19	59.4%	0.0%
소재 06	4	11,23,25,44	2	0	3	2	1	1	3	2	14	43.8%	0.0%
소재 07	3	2,17,32	1	1	0	2	2	2	2	1	11	45.8%	0.0%
소재 08	4	8,22,31,43	2	2	2	3	1	0	2	0	12	37.5%	0.0%
소재 09	4	6,24,29,36	2	3	3	3	2	1	1	2	18	56.3%	12.5%
소재 10	3	4,15,34	2	1	1	1	2	1	2	2	13	54.2%	12.5%
소재 11	4	12,21,27,41	2	3	3	2	3	1	3	3	21	65.6%	12.5%
소재 12	3	10,19,38	1	2	2	1	2	1	2	1	13	54.2%	12.5%
개인별 정답수		43	21	23	23	25	23	19	23	23	174	50.6%	
정답률			46.8%	53.5%	53.5%	58.1%	53.5%	32.2%	57.5%	57.5%	50.6%		

본 실험에서의 ABX검사 결과 값은 표 1과 같다. 총 344회(43문항 X 8명=344회) 실시한 결과 정답수는 174회로 최종 전체 정답 확률은 50.6%으로 무작위 선택에 의한 확률인 50.0%에 근접하게 나타났다. $\chi^2 = 0.0465$ 로써 Chi-square 분포 테이블을 이용하여 값을 구하면 0.80~0.85이다. 따라서 0.05보다 매우 큰 값을 갖기 때문에 비교 영상이 구별된다고 판단할 수 없다. 표 1의 평가자별 테스트 결과에서 비디오 관련 업종에서 종사하는 전문가 그룹과 비전문가 그룹이 특정한 변별력이 다르지 않은 것을 보았을 때 전반적으로 워터마크 삽입에 의한 화질의 변화를 감지하지 못했다고 판단된다. 표에서 정답률은 아래와 같이 정의했다. 정답률이 경계 값인 67%이하이기 때문에 시각적으로 워터마크 삽입에 따른 영상의 변화를 감지한다고 판단 할 수 없었다.

$$\text{정답률}(\%) = (m*n)/n \quad (6)$$

여기서 m=정답수, n=총 검사수

LAB평가를 위해서 비디오 콘텐츠에 삽입된 워터마크의 강도는 6단계로 했다. 5단계가 가장 낮은 강도이고 10이 가장 높은 강도로 워터마크를 삽입한 경우이다. 표 2는 워터마크 삽입강도를 달리 했을 때의 PSNR값이다. PSNR 검사에서 모두 40dB이상으로 나타났다. 워터마크 삽입 강도가 같았을 때 PSNR의 변화폭이 2 dB정도로 안정된 변화를 보여주고 있다. 주관적인 화질을 살펴보면, 5~7강도까지는 워터마크 삽입에 의한 원영상과 워터마크된 영상과의 차이를 거의 느끼지 못했다. 워터마크 삽입강도가 9~10일 경우 영상의 평탄영역과 컬러바의 세밀한 패턴에서 화질열화가 감지된다. 그러나 영상의 변화가 빠른 곳에서는 영상의 차이를 거의 느낄 수가 없었다. 위의 두 실험으로부터 워터마크 삽입에 따른 화질 열화는 사람이 인식할 수 없는 정도로서 방송환경에서 사용할 수 있다고 판단된다.

표 2 워터마크 삽입강도에 따른 PSNR 값

Table 2 PSNR value according to the watermark embedding strength

	PSNR(dB)	비 고			
		평균	최소	최대	
워터마크 삽입 강도	5	47.80	47.00	48.80	가시적인 현상이 나타나지 않음
	6	45.26	44.22	46.63	가시적인 현상이 나타나지 않음
	7	44.62	44.22	45.53	가시적인 현상이 나타나지 않음
	8	43.51	43.10	44.27	평탄영역에서 잡음 성분 인지
	9	42.52	42.12	43.24	평탄영역에서 잡음 성분 인지
	10	41.62	41.21	42.35	평탄영역 및 컬러바 패턴에서 잡음성분 인지

4.1.2 강인성 평가

강인성 평가를 위해서 AD/DA변환, 잡음첨가, 압축변환, 프레임율 변화, 화면확대축소, 로고 및 자막삽입에 따른 검출률 측정을 했다.

표 3의 검출 결과에서 워터마크 검출률은 AD/DA 3회와 5회 모두에서 100%로 매우 안정적으로 검출되었다. 워터마크 검출의 평균 오차는 AD/DA 3회와 5회가 각각 약 0.03초와 0.04초로 매우 작게 나타났고 또한 최대 시간 측정오차는 0.1초로 기준치 1.0초 이하라는 조건을 만족시키고 있다. 이상의 AD/DA 테스트 결과에서 매우 좋은 성능을 보여주고 있어 방송환경에서 빈번하게 발생하는 AD/DA 변환에서 화질면에서 적정한 수준을 유지한다면 워터마크는 안정적으로 검출될 것이라 판단된다.

압축률에 따른 검출률은 그림 10에 나타났다. MPEG 압축률 1.5Mbps 이상의 압축률에 대해 워터마크 100% 검출되고 있다. 이것으로 10Mbps 이상으로 압축 저장되는 방송환경에서 적용할 수 있음을 보여준다.

표 3 AD/DA 변환 평가 결과

Table 3 Results of the AD/DA conversion test

항 목	세 부 내 용	조 건	성 능
AD/DA 3회 검출	1. 검출시간	실시간 검출	실시간
	2. 검출률	100%	100%
	3. 시간측정 정밀도	최대오차<1초	0.1초
평균오차<0.5초		0.03초	
AD/DA 5회 검출	1. 검출시간	실시간 검출	실시간
	2. 검출률	100%	100%
	3. 시간측정 정밀도	최대오차<1초	0.1초
평균오차<0.5초		0.04초	

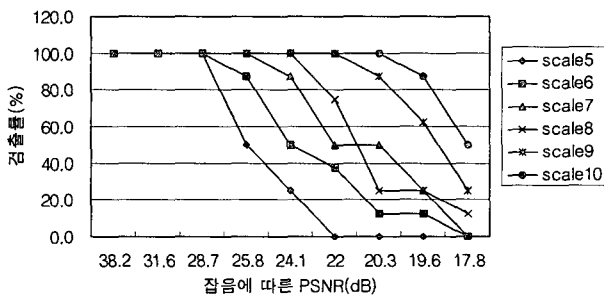


그림 9 잡음침가에 따른 워터마크 검출률

Fig. 9 Watermark detection rate according to noise added

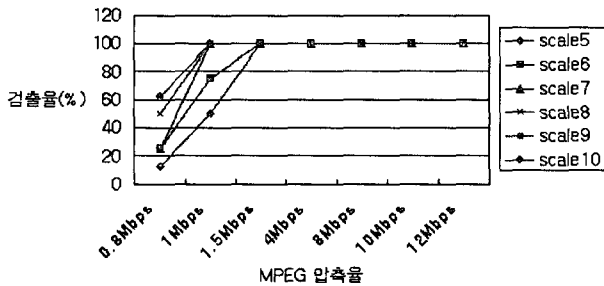


그림 10 압축률에 따른 워터마크 검출률

Fig. 10 Watermark detection rate according to MPEG bit rate

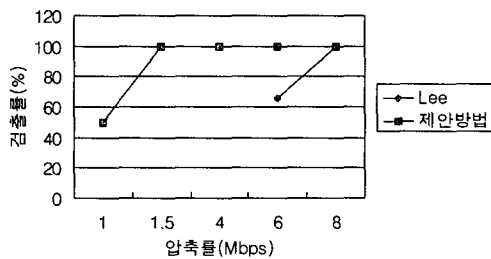


그림 11 압축률에 따른 워터마크 검출률 비교

Fig. 11 Comparison of watermark detection rate according to MPEG bit rate

그림 11에 본 논문에서 제안된 워터마크 삽입알고리즘이 다른 공간영역에서 사용되는 알고리즘에 비해서 강인하다는 결과를 보여준다. Lee[21]가 제안한 공간영역의 비디오 워터마크 알고리즘은 6Mbps에서 검출오류를 나타내지만 제안된 알고리즘은 1.5Mbps에서도 100%검출률을 나타내고 있다.

표 4에 프레임율 변화에 따른 워터마크 검출률 결과를 보였다. PAL과 NTSC기준이 되는 초당 25프레임에서 초당 30프레임 변화시키면서 총 24샘플 데이터에 대해서 검사를 했다. 또한 반대로 초당 30프레임에서 25프레임으로 변화시키면서 같은 샘플에 대해서 검사를 했다. 두 경우 각각 워터마크는 100% 검출되었다. 이는 알고리즘의 특성상 프레임율 변화에는 영향을 받지 않기 때문으로 판단된다. 즉 콘텐츠 ID에 대한 정보는 프레임단위의 영상데이터에 모두 삽입되어 있고 시간 축 상의 프레임 데이터의 정보는 이용하지 않기 때문이다.

표 4 프레임율 변화에 따른 워터마크 검출률

Table 4 Watermark detection rate according to frame rate conversion

Frame Rate 변환	총 샘플수	워터마크 검출 (검출 샘플수/전체 샘플수)	
		검출 샘플 수	검출율
25fps -> 29.97 fps	24	24	100%
29.97fps -> 25 fps	24	24	100%

표 5에 화면 확대축소변환을 실행한 워터마크가 삽입된 광고 소재물에 대한 워터마크 검출율을 나타냈다. 워터마크 검출을 위해서는 모든 입력 콘텐츠는 워터마크 삽입시의 영상크기를 가져야 한다. 즉 워터마크 검출을 위해서 입력영상은 720*480픽셀의 영상으로 변환한 후 워터마크를 검출하기 때문에 Up/Down Conversion 평가를 수행했다. 검출 결과에서 Up/Down Conversion에 의한 워터마크 훼손은 거의 없는 것으로 판단되어진다.

표 5 Up / Down Conversion에 의한 워터마크 검출률

Table 5 Watermark detection rate according to up/down conversion

UP and Down conversion	총 샘플수	워터마크 검출 (검출 샘플수/전체 샘플수)	
		검출 샘플 수	검출율
	24	24	100%

4.2 현장평가

현장 테스트는 SBS 서울 TV방송국에서 워터마크가 삽입된 신호를 방영하고 청주지방 방송국에서는 공중파를 일반 TV수신기를 이용하여 수신하여 워터마크 검출 테스트를 수행했다. 그림 12는 현장평가에서 사용되어진 영상을 캡처한 것이다. 시험방송기간 중에 테스트를 했기 때문에 컬러바 영상 가운데에 전체영상의 1/4크기의 자연영상이 삽입된 형태를 취하고 있다.

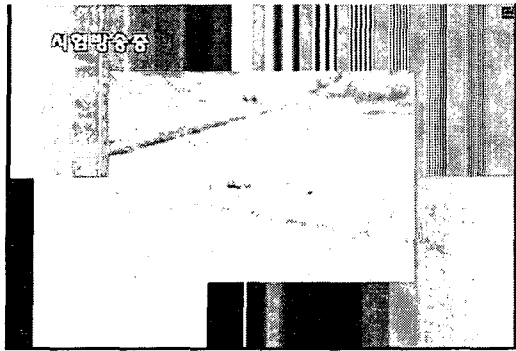


그림 12 현장평가에서 사용되어진 영상
Fig. 12 Image used in the field test

테스트 기간은 2주간 매일 15분씩 방송을 테스트했다. 현장테스트 결과 검출율은 100%를 얻었고 평균오차도 0.2초로 우수한 결과를 얻었다. 다만 최대오차가 1.2초가 발생한 경우는 PC상에서 비디오 워터마크 검출과 동시에 압축저장을 하기 때문에 발생한 문제로 녹화한 파일을 테스트 했을 때는 발생하지 않고 있다. 이것은 전용 하드웨어를 제작하여 적용할 경우 문제가 없을 것으로 판단된다.

표 6 현장평가 결과

Table 6 Result of the field test

field test	항 목	세부내용	조건	성능	
	On-Air 검출	1. 검출시간	1. 검출시간	실시간 검출	실시간
2. 검출율				100%	100%
3. 시간측정				최대오차<1초	1.2초
정밀도		정밀도	평균오차<0.5초	0.2초	
			1. 검출시간	실시간 검출	실시간
			2. 검출율	100%	100%
녹화과 일검출	3. 시간측정	정밀도	최대오차<1초	0.5초	
			평균오차<0.5초	0.03초	

5. 결 론

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 측정된 결과 40dB 이상을 얻었다. 잡음첨가 실험에서는 백색가우시안 잡음을 PSNR이 25.8dB까지 첨가, AD/DA변환은 5회 반복했을 때도 100%의 워터마크 검출률을 나타냈다. 실제방송환경에 사용될 수 있는 양호한 수준이다. 워터마크 삽입을 공간영역에서 했음에도 불구하고

다른 공간영역 삽입알고리즘이 6Mbps에서 오류를 나타내는 것에 비해서 제안된 알고리즘은 1.5Mbps까지 100%의 검출율을 나타냈다.

현장테스트는 한국방송광고공사(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 저장파일의 의한 검출 모두에서 100%의 안정된 검출율을 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. Haitzman, 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.
- [6] SBS, 광고소재 전송시스템 기술적 타당성 조사용역 보고서, 2003. 12.
- [7] N. Nikolaidis and I. Pitas, "Copyright protection of images using robust digital signature," in Proceedings of the ICASSP, pp. 2168 - 2171, May 1996.
- [8] J. Delaigle, C. de Vleeschouwer, F. Coffin, B. Macq, and J.-J. Quisquater, "Low cost watermarking based on a human visual model," in Multimedia Applications, Services and Techniques (ECMAST '97), S. Fdida and M. Morganti, eds., vol. 1242 of Springer Lecture Notes in Computer Science, p. 153, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 1997.
- [9] G. Rhoads, "Identification / authentication coding method and apparatus." WIPO Patent no. WO 95/14289, 1995.

- [10] J. O. Ruanaidh and T. Pun, "Rotation, scale and translation invariant digital image watermarking," in Proceedings of the ICIP, vol. 1, pp.536-539, (Santa barbara, California), Oct. 1997.
- [11] I. Cox, J. Kilian, F. Leighton, and T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," IEEE Transactions on Image Processing 6, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [12] X.-G. Xia, C. Boncelet, and G. Arce, "A multiresolution watermark for digital images," in Proceedings of the ICIP, vol. 1, pp.548-551, (Santa barbara, California), Oct. 1997.
- [13] J. Zhao and E. Koch, "Embedding robust labels into images for copyright protection," in Proceedings of the International Congress on Intellectual Property Rights for Specialized Information, Knowledge and New Technologies, (Vienna, Austria), Aug. 1995.
- [14] J. Zhao and E. Koch, "A generic digital watermarking model," Computers and Graphics 22(4), pp.397-403, 1998.
- [15] Zhong Guangjun, Cheng Lizhi, Chen Huowang, "A simple 9/7-tap wavelet filter based on lifting scheme," Image Processing, 2001. Proceedings. 2001 International Conference, pp. 249 - 252, vol.2, 7-10 Oct. 2001.
- [16] B. Wohlberg and C. Brislawn, "Reversible integer-to-integer transforms and symmetric extension of even-length filter banks," Proceedings of Visual Communication and Image Processing (VCIP), 2003.
- [17] V. Spiliotopoulos, N. D. Zervas, Y. Andreopoulos, G. Anagnostopoulos, and C. E. Goutis, "Quantization effect on VLSI implementations for the 9/7 dwt filters," Proc. ICASSP, vol. 2, pp. 1197-1200, 2001.
- [18] Clark, David L., "A/B/Xing DCC," Audio, vol. 76, n 4, pp. 32, APR. 1992.
- [19] S. Wu, J. Huang, D. Huang, and Y.Q. Shi, "Efficiently Self-Synchronized Audio Watermarking for Assured Audio Data Transmission," IEEE Transactions on Broadcasting, VOL. 51, NO. 1, pp. 69-76, Mar. 2005.
- [20] Burlington R., and May D. Jr., Handbook of Probability and Statistics with Tables, Second Edition, McGraw Hill NY, 1970.
- [21] HanHo Lee, J. J. Chae, and J. U. Choi, "Real-time Video Watermarking Technique" Proceedings of the SPIE Security and Watermarking of Multimedia Contents, Vol. 4675, pp. 503 - 511, San Jose, Jan. 2002.

저 자 소 개



신 동 환 (申 東 煥)

1968년 9월 25일생. 1996년 2월 서울시립대학교 대학원 전자공학 석사, 2002년 8월 동 대학원 공학박사, 1992~1994년 LG전자 Video사업부 연구원, 1996~2000 체육과학연구원 시스템 개발팀 선임연구원, 2000~2005 (주)마크애니 연구소 선임연구원, 2005~현재 테크온팜(주) 연구소 연구소장

E-mail : dhshin@techonpalm.com



김 성 환 (金 成 煥)

1952년 6월 12일 생. 1975년 2월 연세대 전기공학과 졸업. 1980년 8월 동 대학원 전기공학과(공학박사). 1977~1982년 대전 기계창. 1982년~현재 서울시립대학교 전자전기컴퓨터 공학부 교수.

E-mail : shkim1@uos.ac.kr