

특정된 주파수 신호를 이용한 오디오 워터마킹

박성일, 한승수, 최종욱*

차세대전력기술연구센터

명지대학교 정보제어공학과

*(주)마크애니

BLIND AUDIO WATERMARKING TECHNIQUE USING SPECIFIC FREQUENCY SIGNAL

Piao Cheng Ri, Seung-Soo Han, and Jonguk Choi*

NTP Center

Dept. Information Control Engineering

Myongji University

*MarkAny

Abstract

멀티미디어의 저작권 보호를 위한 기술로서 워터마킹 기술은 현재 멀티미디어의 여러 분야에서 많이 연구되며 사용되고 있다. 이 기술은 콘텐츠가 질적으로 소비자에게 인식되지 않으며, 그리고 콘텐츠자체에 다양한 정보를 은닉하기 때문에 콘텐츠에 항상 포함되어 있다는 장점이 있다. 현재 MP3등과 같은 압축기술이 발달되어 있기 때문에 네트워크에 의한 데이터 전송성능이 향상되었고, 그러므로 디지털 데이터들이 유통이 활성화 되었다. 이것으로 인하여 불법적으로 복제된 다양한 콘텐츠의 유통이 생산자의 이익을 해치고 있다. 디지털 오디오 콘텐츠의 소유권을 위하여, 본 논문에서는 압축에 대한 견고성을 제고하기 위하여 청각시스템의 마스킹 효과를 이용하여 시간영역에서 오디오신호에 특정된 주파수를 가진 워터마크 정보를 삽입하였다. 이 특정된 주파수는 반드시 압축에 살아남는 주파수 대역이어야 하며, 음질을 동시에 고려하여야 한다. 그리고 추출할 때는 FFT변환을 하여 주파수 대역에서 추출

한다. 저작권 정보를 쉽게 확인하기 위하여 2진 영상을 워터마크 정보로 삽입하였다.

1. 서론

최근 컴퓨터 보급의 빠른 확산과 인터넷과 같은 디지털 통신망의 급속한 발전, 멀티미디어 등 기술, 산업의 급속한 발전으로 하여 멀티미디어 디지털 데이터가 매우 활성화되어서 유통을 한다. 따라서 디지털 콘텐츠(오디오, 이미지, 비디오)의 불법복제, 복사 및 사용 등 부정적인 측면도 많이 유발되게 되었다. 때문에 점차적으로 증가하고 있는 디지털 콘텐츠 산업을 육성하고 활성화하기 위하여 불법복제, 복사와 사용을 근본적으로 막을 수 있는 정보보호 기술이 강력히 요구되는 실정이다. 최근 콘텐츠의 저작권 보호 기술로 가장 주목받고 있는 것이 디지털 워터마킹 기술이다. 디지털 워터마킹 기술은 불법복제와 변조 방지를 위한 기술로서 원래의 콘텐츠에 다양한 정보를 삽입함으로써 소유권을 주장할 수 있다.

디지털 오디오의 저작권 보호를 위해 지금

까지 연구되어온 방법으로는 주파수 영역에서의 방법과 공간영역에서의 방법으로 크게 나누어지고 있다. 주파수 영역에서의 방법은 오디오 신호를 FFT (Fast Fourier Transform) 등 변환을 하여 주파수 대역에서 워터마크 정보를 삽입하는 방법이며, 공격에 강인하다는 장점을 갖고 있는 반면, 연산량이 많다는 단점을 갖고 있다. 공간영역에서의 워터마킹 방법은 원본 신호에 워터마크 정보를 직접 삽입하는 방법이며, 연산량이 적고 워터마크의 삽입과 추출이 빠르게 이루어 질 수 있지만, 공격에 강인하지 못한 단점이 있다.

기존의 공간영역에서 워터마킹 방법은 MP3 (MPEG Audio Layer 3) 등 압축 공에 강인하지 못하다. 그러나 본 논문에서 특정한 주파수(주기)를 가지는 주기 신호를 워터마크 정보로 삽입하는 공간영역 워터마킹 방법을 사용하므로 신호의 주파수를 조절하면 압축 등 공격에 살아남는 대역에 삽입할 수 있다. 마치 주파수 영역에서 일정한 대역에 삽입하는 것과 같다. 본 논문에서 사용한 특정된 주파수 신호는 정형파인 sine signal을 사용하였다. 그리고 본 논문은 동기화를 위하여 다른 방법을 사용할 필요가 없이 역시 정형 파를 이용하면 된다.

본 논문은, 2장에서는 오디오 워터마킹의 기본 구비조건, 워터마크 삽입방법과 추출방법, 실험과 실험결과에 대해 기술하고, 3장에서는 결론, 향후과제에 대하여 제시한다.

2. 디지털 오디오 워터마킹 방법

2.1 오디오 워터마킹의 기본구비조건

디지털 오디오 워터마킹은 아래와 같은 조건을 만족하여야 한다.

첫 번째 조건은 비가청성 이다. 삽입된 워터마크 정보에 의한 음질저하가 청각에 의하여 감지되어서는 안 된다. 이 경우 대부분 golden ears에 의한 주관적인 판단으로 결정

하며, 비교적 객관적으로 판단하는 방법은 신호 대 잡음비율(SNR, signal to noise ratio)을 이용한다.

두 번째 조건은 강인성이다. 원본에 숨겨진 워터마크를 제거하기 위한 공격에 살아남아야 한다.

2.2 워터마크 삽입 및 추출방법

2.2.1 워터마크 삽입

본 논문에서는 저작권을 쉽게 확인하기 위하여 워터마크는 2진 영상을 사용하였으며, 동기화, 2진 영상을 표시하기 위하여 상이한 주파수를 가지는 3개의 사인함수를 사용하였다. 본 논문에서는 워터마크의 비가청성(Inaudibility)을 해결하기 위하여 공간영역에서 청각시스템의 마스킹 효과를 이용하여 삽입하였다. 마스킹 효과는 주위 잡음이나 왜곡에 따라 어떤 소리의 감지한계와 관계가 있다. 마스킹은 강력한 신호가 약한 신호와 같이 발생하였을 때 약한 신호를 들을 수 없게되는 현상을 말한다. 본 논문에서는 워터마크의 삽입을 위하여 원본 오디오 신호를 일정한 크기의 프레임으로 나누며, 본 논문에서는 2048개의 데이터를 한 프레임으로 하였다. 그리고 2진영상의 데이터를 message로 하여 message가 "zero"면 $a \sin \omega_0 n$ 신호를 대응되는 프레임에 더해 주며, "one"이면 $a \sin \omega_1 n$ 신호를 대응되는 프레임에 더한다. 여기에서 a 는 삽입강도를 의미한다. 워터마크의 삽입과정을 수식으로 표시하면 아래와 같다.

$$W_{mi} = \begin{cases} W_1 & \text{if } m[i] = 1 \\ W_0 & \text{if } m[i] = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$C_{mi} = C_0 + W_{mi} \quad (2)$$

여기서 W_1 은 $a \sin \omega_1 n$ 며, W_0 는 $a \sin \omega_0 n$. C_0 은 원본 오디오이며, C_{mi}

은 워터마킹된 데이터를 말한다. 데이터 길이가 커지거나 작아지는 현상에 대처하기 위해 동기화를 하여야 한다. 동기화를 위하여 워터마크를 삽입하기 전에 다른 사인신호 $asin\omega n$ 을 원본 오디오의 첫 프레임에 더한다. 워터마크의 삽입 프레임의 구조는 그림 1과 같다.

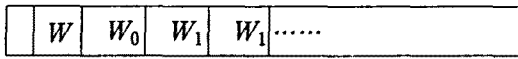


그림 1 삽입 프레임 구성도

그림에서 W 는 동기화 신호 $asin\omega n$ 을 표시한다. 삽입과정에 대한 전체적인 과정은 그림 2에 나타내었다.

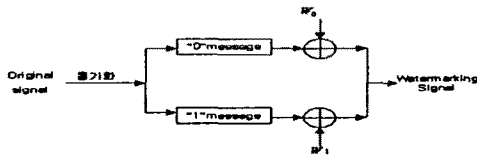


그림 2 워터마크 삽입 구성도

주관적인 음질 평가는 golden ears에 의해 이루어지지만, 실험실에서 이러한 전문적인 테스트를 수행하기가 어려우므로 객관적인 음질의 평가 척도인 신호 대 잡음비(SNR)를 사용하여 음질을 평가하였으며, 측정하는 식은 아래와 같다.

$$SNR = 10 \log \left\{ \frac{\sum S_o^2(m)}{\sum E_r^2(m)} \right\} \quad (3)$$

여기서 S_o 는 원본 오디오신호이고 E_r 는 양자화 오차이다. 일반적으로 SNR값이 크면 음질이 더 좋다.

2.2.2 워터마크의 추출

워터마크의 추출은 주기신호의 주파수 특성을 이용하여 추출하기 때문에 주파수 영역에서 검출한다. 워터마크를 추출하기 전에 동기화 프레임을 찾아야 한다. 동기화 프레임을 찾는 방법은 워터마킹된 데이터에서 일정한 구간을 취하여 2048개의 데이터에 window를 씌워서 FFT하고 그 다음 또 뒤

로 순차적으로 이동하면서 window를 씌워서 FFT한 다음, 매번 FFT한 중에서 동기화 신호의 주파수에 대응되는 값이 제일 큰 것을 취하며, 그 값이 threshold 보다 커야 동기화 첫 프레임으로 한다. 아래의 그림3은 동기화 프레임을 추출하는 것을 표시한다.

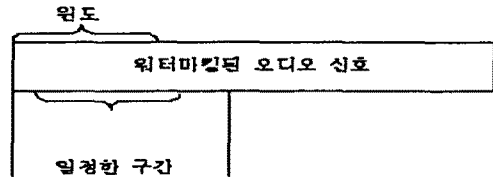


그림 3 동기화 프레임 추출

동기화 프레임을 찾는 다음 2048개의 데이터씩 취하여 FFT하며, FFT한 계수에서 주파수 ω_0 에 대응하는 값이 threshold 보다 크면 "0", 주파수 ω_1 에 대응되는 값이 threshold보다 크면 "1"로 한다. 그림 4는 본 논문에서 사용한 워터마크된 한 프레임의 신호(워터마크 신호는 $asin\omega n$ 이며, $\omega = 29000 * \pi$, $\alpha = 0.008$ 이다)와 원본 신호 주파수 비교 그림이다. 이 그림은 FFT의 대칭성에 의하여 한 프레임의 절반 구간만 취하였다.

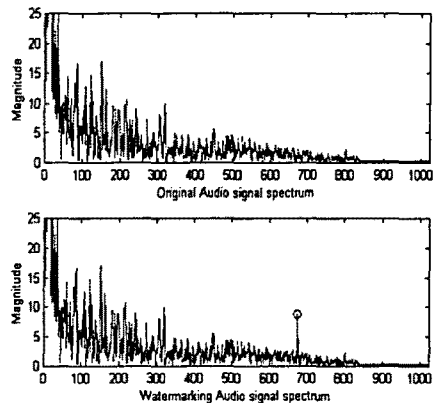


그림 4 워터마크된 신호와 원본 신호의 주파수 비교

추출된 마크 신호의 유사성은 상관계수(Correlation Value: CV)를 사용하였다. 상

계수는 다음의 식과 같이 정의한다.

$$CV = \frac{N'}{N} \quad (4)$$

여기서, N은 삽입한 워터마크의 총 bit수이고 N'은 추출한 워터마크 중 삽입한 워터마크와 비교하여 일치하는 bit수를 의미한다.

3. 실험 및 결과

본 장에서 실험을 통하여 오디오 데이터에 워터마크를 삽입하고 그 음질을 평가하며, 또 압축 포맷인 MP3로 압축을 한 다음 워터마크가 얼마나 추출되는가를 테스트하였다.

실험에서 사용된 오디오 데이터는 16bit signed stereo, 44,100Hz이며, 실험데이터 크기는 2,100,000샘플이며, 한 프레임을 2, 샘플, 워터마크는 크기가 32×32인 2진 영상을 사용하였다. 오디오 데이터와 동일하게 하기 위하여 사인 주기신호는 1 second에 44,100샘플을 취하였고 주파수는 두 개 그룹으로 나누어 실험을 하였다. 그리고 threshold값은 삽입강도 α 의 크기에 따라서 조금씩 변환을 시켰다. Threshold 값이 너무 크거나 너무 작으면 워터마크가 검출이 되지 않는다.

아래의 표 1은 삽입 워터마크의 주파수를 서로 다르게 2 그룹으로 했을 때, 삽입강도 SNR, 공격을 가하지 않을 때의 CV를 나타낸다.

표 1 삽입강도, 신호주파수, SNR 및 CV 관계

α	신호의 주파수 그룹1		신호의 주파수 그룹2	
	SNR	CV	SNR	CV
0.01	32.0153	98.83%	32.0162	97.02%
0.009	32.9295	97.76%	32.9304	95.13%
0.008	33.9512	97.16%	33.9522	93.94%
0.007	35.1092	94.25%	35.1104	87.93%
0.006	36.4454	91.34%	36.4468	81.64%
0.005	38.0246	89.55%	38.0265	78.66%

표 1에서 신호의 주파수 그룹 1에서 동기

화 주파수, "0"일 때의 주파수, "1"일 때의 주파수가 각각 14,250Hz, 14,500Hz, 14,750Hz이며 그룹 2에서는 10,500Hz, 10,625Hz, 10,750Hz이다.

표2는 MP3 등 공격을 하였을 때 워터마크의 추출율을 나타낸다.

표 2 $\alpha=0.007$, 공격후 워터마크의 검출정확도

공격	주파수 그룹1	주파수 그룹2
MPEG1-MP3	128kbps	93.65%
	96kbps	92.77%
	80kbps	-
down sampling	32000Hz	93.46%
	22050Hz	-
add noise	-20dB	78.66%

그림5는 워터마크 이미지와 $\alpha=0.007$ 며, 주파수 그룹2에서 96Kbps로 압축한 후 추출된 워터마크이다.



워터마크 이미지

그룹2 96kbps 압축

그림 5 워터마크 이미지 및 추출

그림 5에서 추출된 이미지를 보면 삽입한 원래의 로고를 충분히 알아볼 수 있다. 실험결과로부터 본 알고리즘은 MP3압축 등 공격에 강인함을 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 공간 영역에서 특정된 주파수를 가진 주기신호를 워터마크 정보로 삽입하였으며, 주기신호의 주파수 특성을 이용하여 주파수 대역에서 워터마크를 추출하는 오디오 워터마킹 방법을 제안하였다. 실험 결과로부터 SNR는 비록 높지는 않지만 오디오 음질을 실제로 들어봤을 경우 음질의 변화를 느끼지 못하였다. 본 알고리즘은 압축 등의 공격에 강인함을 볼 수 있으며, 동기화

를 위한 방법으로 사용될 수 있다. 향후의 과제로는 추출과 공격에 강인한 주파수의 선정과 threshold 선정, 그리고 원본 오디오에 따라서 삽입강도를 조절하여 SNR 높이는 방법에 관한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 차세대전력기술연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] Basia, V. and I. Pitas, "Robust Audio Watermarking in the time-domain", Proceeding of EUSIPCO'98, September Rhodes, Greece, 1998.
- [2] I.J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and S. Shamoon, "A Secure, Robust Watermark for Multimedia", Workshop on Informa Hiding, Newton Institute, Univ. Cambridge, May 1996.
- [3] Michael Arnold and Sebastian Kanka, "MP3 robust Audio Watermarking", <http://www.lnt.de/~watermarking/speakers/arnold/arnoldpaper.ps.gz>, 2000.
- [4] Say Wei Foo; Theng Hee Yeo; Dong Yan Huang "An adaptive audio watermarking system", Electrical and Electronic Technology, 2001. TENCON. Proceedings of IEEE Region 10 International Conference, Volume 2, pp. 509 -513, 2001
- [5] Hyen O Oh; Jong Won Seok; Jin Woo Hong; Dae Hee Youn "New echo embedding technique for robust and imperceptible audio watermarking," Proceedings. 2001 IEEE International Conference, Volume 3, pp. 1341 -1344, 2001