

신경망과 HAS을 이용한 강인한 오디오 워터마킹 알고리즘

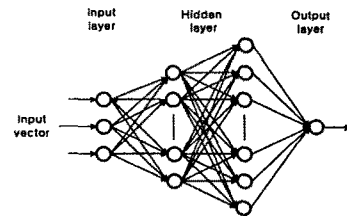
정세원, 박성일, 한승수
 명지대학교 정보공학과

Robust Audio Watermarking Using HAS and Neural Network

Se-Won Jung, Cheng-Ri Piao, Seung-Soo Han
 Department of Information Engineering Myongji University

Abstract - In this paper, a new digital audio watermarking algorithm is presented. The proposed algorithm embeds watermark into audio signal based on human auditory system (HAS). This algorithm is a blind audio watermarking method, which does not require any prior information during watermark extraction process. This algorithm finds watermarking position using time-domain masking effect. First we insert the watermark into wavelet domain, and then we use a back-propagation neural network (BPN) to learn the characteristics of relationship between the watermark and the watermarked audio. Due to the learning and adaptive capabilities of the BPN, the false recovery of the watermark can be greatly reduced by the trained BPN. Experimental results show that the proposed method has good inaudibility and high robustness to common audio processing attacks.

나가면서 학습한다. 백프로퍼게이션 학습 알고리즘은 미분의 반복규칙, 즉 기울기를 따라가는 방법의 하나이다. 본 논문에서는 학습을 거친 BPN을 사용하여 워터마크의 검출에 사용된다.



<그림 1> BPN의 구조

1. 서 론

오늘날 컴퓨터의 기능이 증대되고 네트워크의 전송속도가 향상되면서 시간 공간을 초월하여 다양한 디지털 데이터들을 주고받는 것이 매우 손쉽게 이루어지게 되었다. 때문에 불법적으로 복제된 콘텐츠가 인터넷을 통해서 빠른 속도로 많은 사람들에게 퍼져나가면서 콘텐츠 제공자의 수익 구조를 해치고 창작의욕을 떨어뜨리는 결과를 가져오게 되었다. 때문에 현재 콘텐츠의 보안에 대한 요구가 증대되고 있으며, 몇 가지 방법을 이용하여 보안을 시도하고 있다. 대표적인 저작권 보호기술로서 암호화 기술과 디지털 워터마킹 기술이 있다. 암호화 기술은 적법한 사용자에게만 암호화된 콘텐츠를 재생할 수 있도록 하는 기술로서 역시 복호화된 콘텐츠에 대해서는 보호할 방법이 없다. 콘텐츠를 보호하는 또 다른 기술은 현재 가장 많이 연구되고 있는 워터마킹 기술이다. 워터마킹 기술은 디지털 저작물에 직접 저작권 소유자의 고유의 정보를 삽입함으로써 디지털 저작물에 대한 지적재산권을 표시 할 수 있다. 워터마크를 이용하여 복제방지를 하려는 노력은 세계적인 표준화 기구에서 주도하는 기술로서 오디오의 경우 SDMI(Secure Digital Music Initiative)에서 표준화 노력을 기울이고 있다 [1].

현재 오디오 워터마킹 기술은 많은 연구자들에 의해 개발되어 왔다. Cox 등은 보내려는 정보를 넓은 주파수 대역으로 확산하는 스프레드 스펙트럼 기법을 제안하였고[2][3], Fabin A.P.,Petitcolas 등은 각 샘플링 지점의 하위 비트에 이진정보를 추가하고 삭제함으로써 워터마크를 삽입하는 Low Bit Coding을 제안하였고[4], Bender W. 등은 인간의 청각에 둔감한 위상부문에 워터마크를 삽입하는 Phase Coding을 제안하였다[5]. 그러나 이러한 기법들은 여러 가지 공격에 약점을 가지고 있다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 HAS의 특성을 이용하여 음질의 저하를 최소화하고 워터마크를 추출할 때 Back-propagation Neural Network (BPN)를 사용하여 검출하였고, 워터마크를 삽입할 때는 웨이블릿 영역에서 워터마크를 삽입 하였다. 제안한 알고리즘의 강인성을 검증하기 위하여 여러 가지 공격을 실행하였고, 음질 평가를 위해 SNR을 사용 하였다.

2. 신경망과 오디오 워터마킹 알고리즘

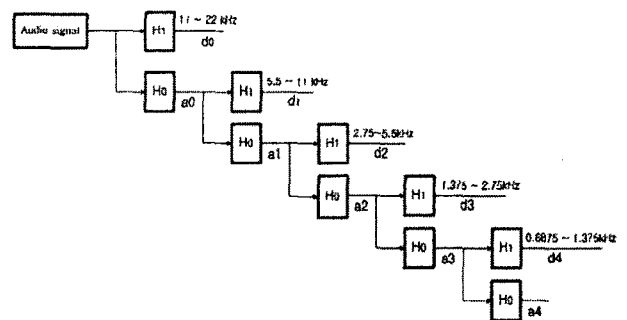
본 논문에서는 웨이블릿 영역에서 HAS의 특성을 이용하여 삽입위치를 결정하여 워터마크를 삽입하고 검출할 때는 BPN Neural Network를 사용하여 검출하였다.

2.1 BPN 신경망

BPN 신경망은 다층 퍼셉트론에 관련된 가중치 및 임계값들에 관한 해를 반복적으로 구하는 일반적인, 가장 많이 사용하는 방법이다. 아래의 그림 1은 BPN의 구조를 나타낸다. BPN은 3개의 층을 포함하고 있으며, 입력층의 각 뉴런에 입력패턴을 주면, 이 신호는 각 뉴런에서 변환되어 중간층에 전달되고 최후에 출력층에서 신호를 출력하게 된다. 이 출력 값과 기대 값을 비교하여 차이를 줄여나가는 방향으로 연결강도를 조절하고, 상위층에서 역전파하여 하위층에서는 이를 근거로 다시 자기층의 연결강도를 조정해

2.2 Discrete Wavelet Transform (DWT)

DWT는 주파수특성과 공간특성을 모두 나타낸다. DWT는 입력신호에 대해 저대역 통과 필터(H0)와 고대역 통과 필터(H1)를 각각 적용하여 저주파 대역(a)과 고주파 대역(d)을 생성한다. 이와 같은 과정은 분해 레벨이 1인 경우에 해당되며 분해 레벨이 2일 경우 생성된 저주파 대역에 대해 다시 위의 과정을 반복함으로써 새로운 저주파 대역과 고주파대역을 생성한다. 그림 2는 오디오 신호에 대한 DWT의 5단계 분해를 나타낸다. 저주파는 신호의 많은 정보를 갖고 있기 때문에 저주파에 워터마크를 삽입하면 강인성은 향상시키나 음질이 저하로 인하여 저주파에 삽입하지 않는다. 반면에 고주파에 워터마크를 삽입하면 음질을 향상시키나 강인성을 보장할 수 없다. 그러므로 중간대역을 선택하여 워터마크를 삽입한다. 본 논문에서는 d4 대역에 워터마크를 삽입하였다.



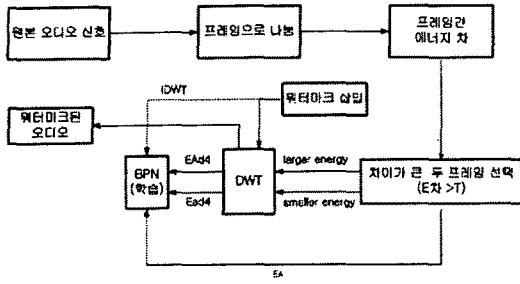
<그림 2> 5단계 DWT분해

2.3 심리음향모델 - 마스킹

마스킹이란 어느 음의 존재에 의하여 그 외의 음이 들리지 않는 현상을 말한다. 이것은 청각이 갖는 아주 기본적인 기능이고, 랍의 청각현상에 어떠한 형태로 관여하고 있다. Masking은 신호음 (Maskee)과 방해음 (Masker)이 동시에 귀에 가해진 동시(Simultaneous) Masking과, 어느 시간 차를 갖고 가해지는 계시(Temporal) Masking의 두 가지로 나누어진다. 계시 Masking은 더욱이 선행하고 있는 음이 후속의 음을 Masking하는 순향성(전향성:Forward) Masking과 후속의 큰 음이 선행하고 있는 음을 masking하는 역향성 (후향성:Backward) Masking으로 나누어진다. 본 논문에서는 이와 같은 마스킹 현상을 이용하여 소리가 작은 프레임에 워터마크를 삽입함으로써 음질을 향상시켰다.

2.4 워터마킹의 삽입과 추출

아래의 그림 3은 워터마크 삽입 블록도이다.



〈그림 3〉 워터마크 삽입 블록도

위의 그림 3에서 E는 에너지를 말하며, A는 에너지가 큰 프레임을 말하며, a는 에너지가 작은 프레임을 말하며, d4는 DWT한 밴드를 말한다. 워터마크 삽입은 아래의 수식에 따라 삽입한다.

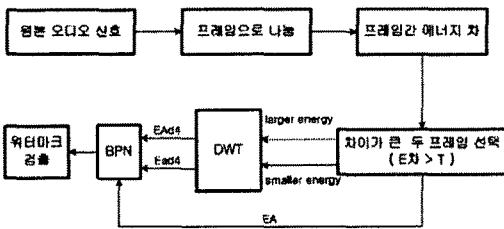
$$E_k = \sum_{i=0}^{l-1} x_{k,i}^2 \quad (1)$$

$$m = \frac{E_A}{E_a} \quad (2)$$

$$n = 1 - \sqrt{\frac{E_{Ad4}}{E_{ad4} * m}} \quad (3)$$

$$C'd_{a4} = \begin{cases} Cd_{a4}(1-n+s) & \text{if } w_i = 1 \\ Cd_{a4}(1-n-s) & \text{else } w_i = 0 \end{cases} \quad (4)$$

아래의 그림 5는 워터마크 추출 블록도이다.



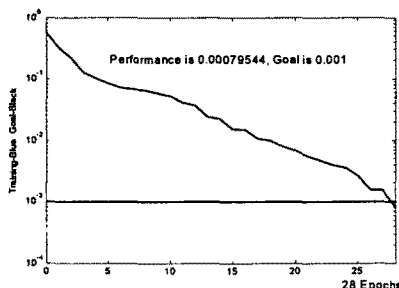
〈그림 4〉 워터마크 추출 블록도

수식을 이용하여 워터마크를 검출할 때 아래의 수식을 이용한다.

$$m' = \frac{E'_A}{E'_a} \quad (5)$$

$$w' = \begin{cases} 1 & \text{if } E'_{ad4} > E'_{Ad4}/m' \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (6)$$

본 논문에서는 수식으로 워터마크를 추출하는 것이 아니라 BPN을 사용하여 워터마크를 추출하였다. BPN신경망을 학습시킬 때 입력은 EA, EAAd4, Ead4이고 목표 출력은 워터마크이다. 신경망 구조는 3-8-19-1을 사용하고, 전달함수는 시그모드 함수를 사용하였다. Levenberg-Marquardt Algorithm을 사용하여 학습 Errors를 0.001로 하였다. 아래의 그림 4는 학습 Errors와 학습회수의 관계를 나타낸다.



〈그림 5〉 The Training Process of BPN

3. 실험 및 결과

3.1 실험

본 논문에서 알고리즘의 우수성을 검증하기 위하여 여러 가지 실험을 하였다. 실험에서 사용한 음악은 16비트이고 샘플링이 44100Hz인 Dance(audio1), Ballade(audio2), Metal(audio3), Classic(audio4) 각각 한 곡씩을 선정하여 실험하였다. 실험에서 SNR은 48dB이상으로 음질을 보장할 수 있다. 아래의 표 1은 여러 가지 공격에서 워터마크의 검출율을 나타낸다.

〈표 1〉 SNR and Watermark Detection Results for The Attacks

	audio1	audio2	audio3	audio4	DetectionRate
NoManipulation	20	20	20	20	100%
DownSampling	19	18	19	18	92.5%
PitchShift(5%)	19	17	19	16	88.7%
TimeScaling(5%)	19	17	20	17	91.2%
AddNoise(25dB)	20	17	19	18	92.5%
MPEG(128kbps)	19	18	18	17	90.0%
SNR(dB)	56	48	54	51	

표 2는 BPN을 사용할 때와 사용하지 않을 때 검출을 비교하였다. BPN을 사용할 때 검출율이 더 우수함을 알 수 있다.

〈표 2〉 A Performance Comparison

	Do not use BPN	Use BPN
Nomanipulation	100%	100%
Downsampling	87.5%	92.5%
Pitchshift(5%)	81.2%	88.7%
Timescaling(5%)	83.7%	91.2%
Addnoise(25dB)	86.2%	92.5%
MPEG1layer3(128kbps)	78.7%	90.0%

3.2 결과

본 논문에서는 웨이블릿 영역에서 심리음향 모델인 마스크 현상을 이용하여 워터마크를 삽입하고 추출할 때 BPN을 사용하였다. 실험결과 BPN을 사용할 때의 검출이 사용하지 않을 때보다 우수하였으며, 음질도 보장하였다.

Acknowledgement

This work was supported by the ERC program of MOST/KOSEF(Next-Generation Power Technology Center).

[참고 문헌]

- [1] <http://www.julienstern.org/sdmi/files/sdmi>
- [2] Cox, I. J., Kilian, J., Leighton, T., Shamoon, T., "Secure spread spectrum watermarking for multimedia." IEEE Trans. on Image Processing, Vol.6, 12. 1673-1687. 1997.
- [3] Changsheng Xu, Jiankang Wu, Qibin Sun, and Kai Xin "Applications of Digital watermarking Technology in audio signals", J. Audio Eng. Soc, Vol. 47, No. 10, 1999
- [4] Fabien A. P. Peticolas and Ross J. Anderson, "Evaluation of copyright marking system", In proceeding of IEEE multimedia System" 99, vol 1, pp.574-579, 1999
- [5] L. Boney, A. Twefik, and K. Hamdy, "digital watermarks of audio signals", Europ. signal processing. Conf, Trieste, Italy 1996