

웨이블릿 변환에 기초한 오디오 워터마킹

강환일*, 정철균**

명지대학교 정보제어공학부
e-mail:hwan@wh.myongji.ac.kr

Audio Watermarking based on the Wavelet Transform

Kang Hwan Il, Jung Chul Kyun

Myongji Univ., Div. of Electrical, Information & Control Eng.

요약

본 연구는 디지털 오디오 데이터에 워터마크를 삽입하고 추출하는 알고리즘을 제시한다. 삽입방법은 3 단계의 웨이블릿 변환을 행한 후 가장 낮은 주파수대역으로부터 2번째 주파수 대역에 워터마크를 삽입하는데 그 워터마크는 키에 의한 의사난수를 이용한다. 추출시는 상관함수(correlation function)을 이용하여 추출한다. 잠음에 대한 필터 특성 또한 보인다.

1. 서론

디지털 워터마크 방법은 원 디지털콘텐츠에 사용자가 감지하지 못하는 신호를 삽입하고 이것을 다시 추출할 수 있는 알고리즘을 뜻하는 데 삽입하는 신호는 디지털 콘텐츠의 저작권을 입증할 수 있어야 한다. 디지털워터마크방법에는 디지털매체에 따라 정영상 워터마크, 동영상워터마크, 오디오워터마크 텍스트 워터마크등 다양한 형태로 나타나고 있다. 오디오에 워터마크를 삽입하는 것은 매우 특별한 도전이다. 인간의 청각은 넓은 유통적인 범위를 인식한다.

모든 매체들이 디지털화 되어가면서 원본의 손상 없이 대량복제와 유통이 가능해짐에 따라서 복사를 방지하거나 저작권을 보호하기 위한 기술에 대한 요구가 커지고 있다. 워터마킹이란 이러한 저작권 보호 기술의 하나로써 각광을 받고있는 기술이다.

일반적으로 불법복제를 방지하기 위한 방법으로는 크게 세가지를 생각할 수 있다. 첫번째는 사용자 인증이라는 과정을 통해서 적절한 사용자만이 디지털 매체에 접근이 가능하도록 하는 것이며, 두 번째는 암호화(스크램블/디스크램블)라는 과정을 통해서 암호 키를 보유하고 있는 적절한 사용자와 허가된 시스템에서만 디지털 매체를 사용할 수 있도록 하는

방법이다. 마지막으로 세 번째 방법은 디지털 매체에 직접적으로 저작권에 대한 정보를 삽입하는 워터마킹 방법이다.

인증이나 암호화라는 방법이 일단 디지털 매체에 접근하게 되면 복제와 유통이 자유롭고, 저작권 정보를 파악할 수 없는 반면에 워터마킹은 매체가 저작권 정보를 포함하고 있으므로 불법유통의 추적이나 복제를 방지하는데 유용하게 활용할 수 있는 방식이다.

공간평면이나 주파수평면에서의 워터마킹 방법이 나름대로 장단점을 보유하고 있으며, 주파수평면 워터마킹의 약점인 이미지의 회전, 확대축소를 보완하기 위해서 log-polar mapping과 푸리에 변환을 이용한 워터마킹 방법이 개발되었는데 이 방법은 회전, 확대축소를 log-polar mapping 을 통해서 단순한 이동의 형태로 바꾸어주고 푸리에 변환의 진폭이 이동에 불변이라는 특징을 이용하여 워터마크를 검출한다.

2. 관련 문헌 조사

본 논문에서는 오디오워터마크문헌에 관하여 살펴본다. Spatial 워터마킹은 워터마크의 삽입이나 추출이 매우 간단한 반면에 일반적인 신호처리나 영상처리(비선형 필터링, 회전, 절단, 이동, 확대, 축소 변환

등), 압축에 의해서 워터마크가 소실될 가능성이 크다. 반면에 주파수평면에서의 워터마킹 기법은 삽입과 추출을 위해서 푸리에변환이나 이산 코사인 변환과 같은 변환기법이 사용되기 때문에 알고리즘이 복잡하고 많은 연산량을 요구하는 단점은 있으나, 필터링이나 압축과 같은 일반적인 공격에 강인하다는 장점을 갖고 있다. 하위비트조작기법(low-bit coding), 위상 부호화 기법(Phase coding), 확산 스펙트럼 기법(Spread Spectrum), 반향 은폐 기법(Echo hiding)으로 분류할 수 있으며 데이터삽입을 위한 변환방식은 푸리에 변환, Hartley 변환, 웨이브릿변환 등을 사용한다.[1]

2.1 하위 비트 조작 방법

각 오디오 샘플의 LSB(Least Significant Bit)에 워터마크 삽입, 잡음 없는 데이터 송수신 모드에 흔히 사용된다. 1kHz로 샘플링된 데이터는 1kbs의 데이터를 전송한다. 송수신 채널의 잡음이나 리샘플링, 압축들에는 워터마크 추출의 어려움이 있어 부가적인 기술이 있어야 워터마크 공격에 대비할 수 있다.

2.2 위상부호화 방법

위상을 조작하여 데이터를 삽입하는 방법으로 주파수 영역에 워터마크 신호를 삽입하여 인간의 청각계는 위상변화에 둔감함을 이용하였다. 주파수 영역의 길이와 시작 위치 점을 파악하는 것과 원본 오디오 파일이 있어야 워터마크 추출이 가능하다. 사운드 데이터에 따라 8bps- 32bps까지 다양하게 전송할 수 있다.

2.3 확산스펙트럼 방법

정상적인 통신채널 좁은 대역으로 제한된 신호를 대역 확장하여 보완성 및 강인성을 제공하는 방법으로 가능한 많은 주파수 스펙트럼을 코딩된 데이터에 펼쳐서 정보를 코딩한다. 주파수 스펙트럼의 많은 변동이 있는 동안 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)코딩이 집중된다. 이 방법은 Chip rate에서 최대길이의 변형된 Pseudo-random sequence를 가지고 주파수를 증가시킨다. 칩신호는 spread data의 시작과 끝점을 알아야 한다.

자연적으로 생기는 잡음이나 고의적인 전파 방해 같은 간섭에 강하다. 하지만 이 의미는 단지 탐지당할 확률이 적다는 것이며, 안전한 데이터 전송 환경을 완벽히 보장하지는 못한다. 만일 확산 대역을 사용

해도 신호가 탐지된다면, 암호화 기법을 사용하여 데이터를 안전하게 전송할 수 있다.

워터마크를 삽입하기 위해서는 넓은 영역에 낮은 값으로 삽입이 되어야하는데 이러한 기술로서 활용되고 있는 것이 Ingemar J. Cox의 확산 스펙트럼 방식이다. 확산 스펙트럼 방식에서는 의사랜덤 시퀀스를 워터마크로 활용하는데, 이 시퀀스는 균일분포함수를 가지며, 주파수의 전대역에 걸쳐서 고르게 분포되어 있기 때문에 효과적으로 사용할 수 있는 방법이다. 원 이미지를 주파수평면으로 변환하는 방법으로는 일반적으로 FFT, DCT, Wavelet Transform을 많이 사용하고 있으며, 변환평면에서 워터마크를 삽입하고 원 상태로 복원하는 방법을 취하고 있다.

2.4 반향 은폐 기법

반향 은폐 기법은 오디오 신호 안에 반향 데이터를 삽입하는 것으로 데이터는 매개변수(초기 Amplitude, decay 비율, offset)에 의해 은폐한다. offset은 원래 오디오 신호와 반향 음을 혼합함에 의해 두음 사이에 딜레이를 말한다. 인간의 청각 계는 시각 계에 비해 더욱 민감하지만 청각 계는 짧은 반향 신호를 인지하지 못하므로 서로 다른 딜레이를 갖는 에코 신호를 삽입하는 방법이다. 이러한 음이 가해져서 더욱 풍부한 사운드를 줄수도 있지만 오히려 제3자에 의한 감지가 용이하며, 대략 16bps에서 원 신호에 최소 개조를 가진 미디어 stream안에 2진 형태에 대한 코드화를 할 수 있다.

3. 본 론

3.1 본론의 내용

본 알고리즘은 웨이브릿(Wavelet)변환을 이용한 오디오 워터마킹으로 3단계 웨이브릿 변환을 실시하여 마지막 가장 낮은 주파수의 중간대역 주파수에 워터마크 정보를 삽입처리하는 방법과 상관함수(Correlation function)을 이용하여 워터마크 정보를 추출하는 방식으로 한다. 추출에 있어서는 잡음에 의한 공격으로부터 강인함을 보이고, 유사도(Similarity)를 이용하여 32비트 키(Key)정보 K로부터 길이가 N인 의사난수(Pseudo-random)열 $(r(n)=(0,1))$ 을 생성하여 워터마크 유사도를 판별한다.

3.2 워터마크 삽입방법

기초 워터마킹 단계는 의사난수(PN-sequence)를 가지고 출발한다. 최대길이의 의사난수는 저작자의 권리를 위한 특별한 코드를 발생하기 위해 제공되었기 때문에 우리의 워터마킹 설계에 사용된다. 임의의 2진 시퀀스처럼 의사난수는 동일한 확률을 발생하는 '0'과 '1'을 가지고 있다. 0과 1, 또는 -1과 1의 이진 상태로 워터마크를 구성하며, 일반적으로 자기 상관성이 높은 계열(예로, M-sequence, PN-sequence)을 이용한다.

발생된 워터마크 값을 삽입하기 위해서는 오디오 파일을 에디터프로그램을 이용해서 적당한 크기 2048(Block Size)*N 만큼 읽어들인다. 위에서 언급한 워터마크 값을 블록에 삽입하기 위해서 블록 또한 임의의 난수에 의해 발생된 위치 값에 의해 설정한다. 설정된 위치(ith)로부터 2048크기(ith[1:2048])의 데이터를 가지고 웨이블릿 변환을 한다. 웨이블릿 변환은 데이터나 함수들을 서로 다른 주파수 성분들로 분해하고 각 스케일에 해당하는 해와 연관된 각각의 요소들을 조사할 수 있게 한다. 여기서 우리는 웨이블릿 변환을 3번 깊게 실행하여 가장 낮은 주파수대역 2번째 주파수 대역에 워터마크 정보를 삽입한다. 워터마크 정보가 삽입된 오디오 파일은 상대방에게 그 사실이 알려지지 않도록 워터마크 삽입전과 차이가 없어야 한다.

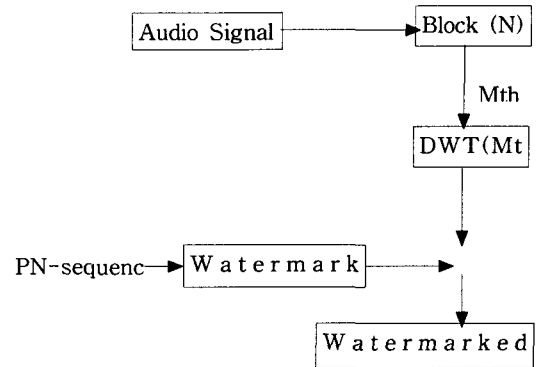
3.3 워터마크 추출방법

추출에 있어서 우리는 오디오 워터마킹 삽입의 역순으로 한다. 원본 데이터로부터 블록의 위치를 확인하는데 임의의 난수(PN-sequence)에 의해 발생된 수에 의해 위치값이 결정되었다. 설정된 위치로부터 블록사이즈만큼의 데이터를 가지고 웨이블릿 변환을 한다. 워터마크가 삽입된 오디오 데이터 또한 이와 같은 방법으로 같은 위치의 데이터를 구한다. 원본 오디오 신호에서 워터마크가 삽입된 신호를 빼면 워터마크 값을 추출할 수 있다.

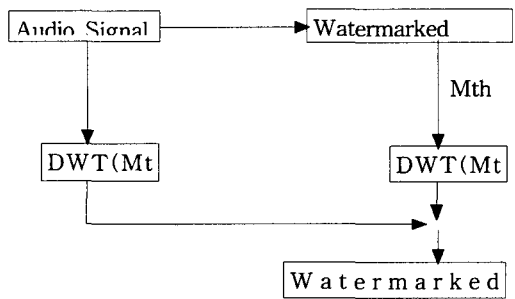
만약 워터마크 값이 N개라면 블록을 동일한 방법으로 지정한 후 임의의 난수를 발생하여 각각의 블록에 워터마크 값을 삽입할 수 있다. 추출 역시 이와 동일한 수순으로 해결할 수 있다.

3.2 워터마크 설계

<삽입부분>



<추출부분>



3.4 공격에 대한 내용

워터마킹에 있어 공격이라면 잡음, 리샘플링, 압축 등이 있는데 잡음은 잡음(noise)에 대한 공격에 대한 워터마크의 강인함을 확인한다. 추출된 워터마크 값은 정의된 워터마크값과는 거의 같지 않을 것이다. 정의된 워터마크값에 벗어난 추출된 워터마크값의 유사도를 측정한다.

$$sim(X, X^*) = \frac{X^* \cdot X}{\sqrt{X^* \cdot X^*}}$$

실험에 사용된 오디오 데이터(.wav)는 Cool editor를 이용하여 편집하였으며, 사용된 블록의 수는 100개이다. 그림1은 원본 오디오 파일의 출력 형태이며, 그림 2는 워터마크를 삽입한 오디오 파일을 나타낸다. 삽입한 워터마크는 수도 랜덤에 의해 발생되어 바이너리화 시킨[1 1 0....0 1]이다. 그림 4는 노이즈 공격을 가했을 때의 오디오의 파형을 나타낸다.

필터	min(sim)	max(sim)	avg(sim)
db1	8.3968	12.4176	9.2544
db4	8.6748	12.7827	9.4836
db8	8.0315	11.7645	8.8705
bior1.5	7.6225	11.8237	8.6547
coif3	7.5494	11.5158	8.4328
sym3	7.8886	11.6217	8.7267
sym8	5.8538	8.7940	6.6092

[2] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto, A. Lu
 "Technique for data hiding" IBM System Journal,
 Vol 35, NOS 3&4, 1996
 [3] I. Cox, J. kilian, T. Leighton, and T. Shamoan,
 "Secure Spread Spectrum Watermarking for
 Multimedia." Tech. Rep. 95-10, NEC Research
 Institute, 1995.

표 1. 필터에 대한 유사도(Similarity)

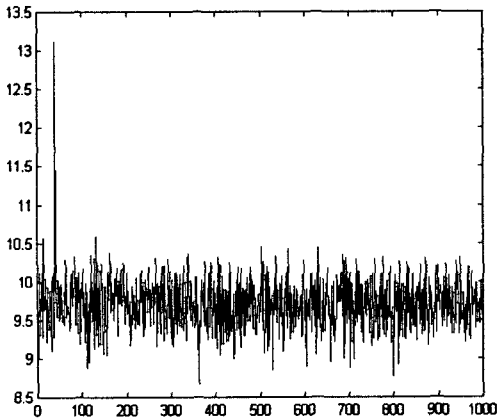


그림 3. 원본 워터마크 유사도

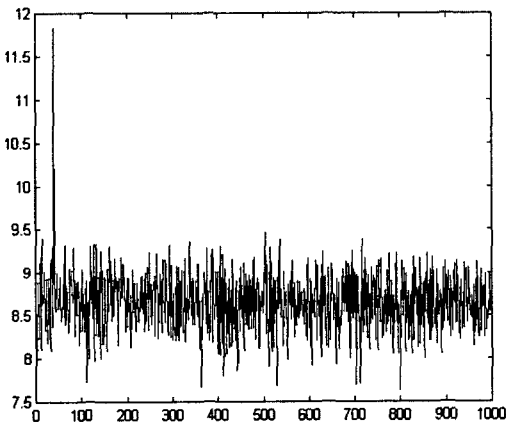


그림 4. 잡음이 삽입된 유사도

[참 고 문 헌]

[1] 박창목, 신승원, 김중원, 신동환, 최종욱, "랜덤신호를
 이용한 오디오 워터마킹",
 [2] 한국방송공학회 학술발표대회, pp.37-41, 11.4.2000.