

MP3 압축 공격에 강인한 주파수 계수 분석을 이용한 오디오 워터마킹

Robust Audio Watermarking Using Frequency Coefficient Analysis for MP3 Compression Attack

정 원 교*, 이 경 환**, 우 흥 채*, 이 용 두*
(Won-Kyo Jeong*, Kyeong-Hwan Lee**, Hong-Chae Woo*, Yong-Doo Lee*)

*대구대학교 정보통신공학과, **위덕대학교 게임학부
(접수일자: 2005년 8월 4일; 수정일자: 2005년 10월 14일; 채택일자: 2005년 10월 26일)

본 논문에서는 오디오 분야에서 가장 대중적인 압축 방식인 MP3 공격에 강인한 워터마킹 방법을 제안한다. 일반적인 주파수 도메인에서의 워터마킹 방법인 Cox의 스프레드 스펙트럼 방법에서는 DCT후 값이 큰 저주파수의 계수에 순차적으로 워터마크를 삽입한다. 제안한 방법에서는 MP3 공격시 손실되는 주파수 계수를 통계적으로 조사하여, 손실이 덜한 순서를 정한 후 이에 맞추어 계수에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한다. 다양한 음원에 대하여 실험한 결과, 제안한 방법은 Cox의 방법에 비해 워터마크의 보존하고 원본 음원의 왜곡을 줄이는 두가지 측면 모두 좋은 결과를 나타내었다.

핵심용어: 오디오 보안, 워터마킹, MP3, DCT, 스프레드 스펙트럼

투고분야: 뉴미디어분야 (13.4)

In this paper, we suggest that the new volume of robust audio watermarking method protects from the MP3 compression attack, mostly used in audio field. Watermarks were inserted at the coefficients repeatedly from low frequencies to high frequencies after DCT transform in commonly used Cox's spread spectrum method. However, our method could be investigated losing frequency when MP3 attacks and make order by small amount of losing frequency and then insert watermarks rightly through statistical analysis. In the result about various sound clips, the suggested method have better performances than Cox's method by preserving watermarks and reducing distortions of the original sounds.

Keywords: Audio contents protection, Watermarking, MP3, DCT, Spread spectrum

ASK subject classification: New Media (13.4)

I. 서론

통신 및 디지털 기술의 발전으로 영상 및 오디오 등의 콘텐츠 (contents)들이 손쉽게 복사되고 불법으로 배포되는 문제가 발생하였다. 이러한 디지털 콘텐츠의 소유권 및 저작권에 대한 문제를 해결하기 위하여 원본 데이터에 사람이 인지할 수 없는 저작권 정보를 삽입하는 워터마킹 (watermarking) 기술이 등장하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 워터마킹 기술은 크게 시간영역 (time domain)에서 워터마크를 삽입하는 방법들과 주파수영역

(frequency domain)에서 행하는 방법들로 나누어지는데, 후자방법 중 Cox가 제안한 스프레드 스펙트럼 (spread spectrum) 방법은 원본과 워터마크의 보존에 있어서 좋은 성능을 보여주었다.[1-2]

스프레드 스펙트럼 통신 기술은 원래는 기밀 통신을 위한 군사적인 목적으로 사용되었다. 전송할 코드를 스프레딩 코드 (spreading code)를 이용하여 광대역 (broad band)으로 확대하여 전송하고, 수신측에서 이를 원래 주파수 대역으로 전환하여 수신함으로써 전파방해 및 간섭에 강하게 하는 기법이다. 1997년 Cox가 이 기술을 워터마킹에 적용하여 워터마크를 준잡음 (pseudo-noise) 코드를 통해 대역 확산시킨 후 적절한 가중치 (weighting)를 주어 워터마크를 삽입하였다.[1,3]

책임저자: 이 경 환 (khlee@uu.ac.kr)
780-713 경북 경주시 강동면 525번지 위덕대학교 게임학부
(전화: 054-760-1712; 팩스: 054-760-1719)

워터마크에 대한 대부분의 공격은 원신호에 큰 변형을 주지 않고 워터마크만을 제거하는데 그 목적이 있기 때문에 신호의 중요 부분에 워터마크를 삽입하여, 워터마크가 제거되면 원신호에 큰 변형을 가져오게 되었다. 일반적으로 영상이나 오디오의 중요한 정보는 저주파수 대역에 존재하며 이 때문에 원신호를 주파수로 변환하여 주파수가 큰 값 순으로 워터마크를 삽입함으로써 공격에 강인하게 하였다. 이때 DC 신호의 경우 약간의 변형에도 원신호에 큰 영향을 끼치므로 Cox 방법에서는 이를 제외하고 AC 신호에 대해 순서적으로 워터마크를 삽입하였다. 그러나 우등훈 등[7]은 저주파 계수의 경우 DC 신호와 같이 원신호에 큰 변화를 주므로 중간 정도의 계수에 워터마크를 삽입하는 방법을 사용하여 좋은 결과를 보였다.

또한 원신호의 중요 정보에 워터마크를 삽입하므로 삽입시 사용되는 가중치값의 결정이 중요하며, 적절한 가중치 값을 결정하기 위하여 여러가지 심리음향학 (psychological acoustics)을 이용하여 인간이 감지하지 못하도록 최적의 가중치 값을 결정하여 삽입하였다.[3,4,8,9]

현재 오디오 콘텐츠의 경우 MPEG-1 layer-3 즉 MP3 형태의 압축 (compression)을 통한 배포가 가장 일반적이다. 이는 10배 정도의 압축을 행하지만, 마스킹 효과 (masking effect) 등 심리음향 모델을 사용하여 인간이 감지하기 힘든 부분의 정보를 손실시킴으로써 주관적인 음질의 변화는 크게 느낄 수 없다. 이러한 파일의 용량이 작고 음질이 좋은 이유로 인터넷 및 모바일 환경에서 MP3 인터넷상의 MP3 콘텐츠의 불법 배포 등의 저작권 문제가 발생하여 큰 사회적인 이슈가 되고 있다. 따라서 MP3 오디오 콘텐츠의 저작권 보호에 적절한 워터마킹 기술의 개발에 대한 수요가 매우 높다.[5-6]

본 논문에서는 다른 특성은 Cox 방법의 성능을 유지하면서 특히 MP3 공격에 워터마크들의 잔존률이 높아 저작권에 대한 보호를 행할 수 있는 새로운 워터마킹 방법을 제안한다. MP3 압축을 한 후 손실되는 주파수의 특성을 통계적으로 구하여, 손실이 상대적으로 적은 계수에 대하여 순서적으로 워터마크를 삽입한다. 또한 가중치를 모든 주파수에 일괄적으로 적용하지 않고 주파수 계수의 위치에 따라서 세가지로 나누어 적용한다. 실험 결과 기존의 Cox 방법에 비해 유사도 (similarity)가 각종 공격에 대해 감소하지 않았으며, 특히 MP3 압축 공격에 대해서는 유사도에서 많은 향상을 보였고, SNR 비교에서도 향상된 성능을 나타내었다.

II. 스프레드 스펙트럼 워터마킹 방법

2.1. 워터마크 삽입 (embedding)

주파수 분석을 해보면 영상이나 오디오 모두 저주파 대역에 중요한 정보가 존재한다. 워터마크에 대한 대부분의 공격은 원신호에 큰 변형을 주지않고 워터마크만을 제거하려는데 그 목적이 있기 때문에 신호의 중요 부분에 워터마크를 삽입함으로써 워터마크를 제거하면 원신호의 큰 변형으로 사용할 수 없게 된다.

원신호 D를 DCT (discrete cosine transform)하여 주파수 영역으로 변환한다. 변환된 주파수 계수 (coefficient)들 중 큰 값 순으로 n개의 주파수 계수를 추출한다. 이때, Cox 방법에서는 변형을 가할 경우 원신호에 너무 큰 변형을 가지고 오는 DC 계수는 제외한다. 추출한 계수를 V로 두면

$$V = v_1, \dots, v_i, \dots, v_n \tag{1}$$

이며, n개의 삽입될 워터마크 X는

$$X = x_1, \dots, x_i, \dots, x_n \tag{2}$$

가 된다. 워터마크 X를 추출된 주파수 계수 V에 삽입하기 위한 방법은

$$v'_i = v_i + \alpha x_i \tag{3}$$

$$v'_i = v_i(1 + \alpha x_i) \tag{4}$$

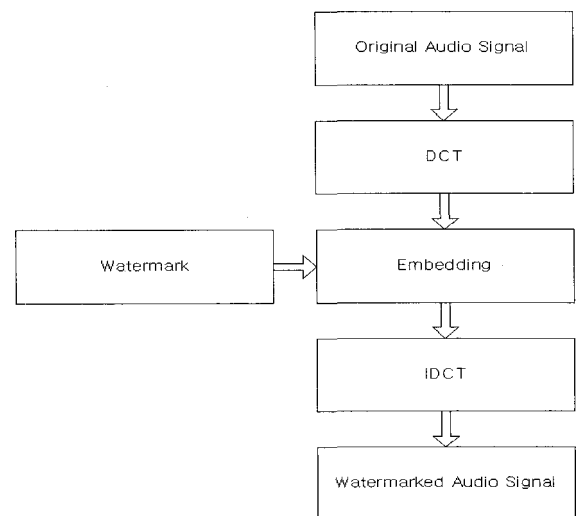


그림 1. 스프레드 스펙트럼 방법으로 워터마크를 삽입하는 과정
Fig. 1. Watermark embedding using the spread spectrum method.

$$v'_i = v_i(e^{a\alpha_i}) \tag{5}$$

와 같다. 이중 (4)를 가장 널리 사용하며, 가중치 α 값은 심리음향모델을 이용하여 사람이 인지하지 못하도록 0.3~0.7까지의 값으로 워터마크를 삽입한다. 이렇게 워터마크가 삽입된 계수는 다시 IDCT (inverse DCT)를 행하여 워터마킹된 오디오 신호가 된다. 스프레드 스펙트럼방법에서 워터마크를 삽입하는 과정을 그림 1에서 도식적으로 나타내었다.

2.2. 워터마크 검출 (extraction)

저작권을 확인하기위한 워터마크의 검출은 삽입의 역과정이며, 워터마크된 신호로부터 워터마크를 추출하기 위하여 원 신호를 필요로 한다. 워터마크가 삽입된 신호 D'에 공격이 가해져서 수신된 신호를 D*라고 하면, 이의 DCT 된 계수는

$$V^* = v^*_1, \dots, v^*_i, \dots, v^*_n \tag{6}$$

과 같다. 만약 식 (4)에서와 같이 워터마크가 삽입되었다면, 추출된 V*와 원신호 V를 이용하여 다음과 같이 삽입된 워터마크 신호 x*i를 추출한다.

$$x^*_i = \frac{v^*_i - v_i}{a} v_i \tag{7}$$

그림 2에서는 Cox 방법에서의 워터마크를 추출하는 과정을 나타내고 있다. 워터마크를 추출하기 위해서는

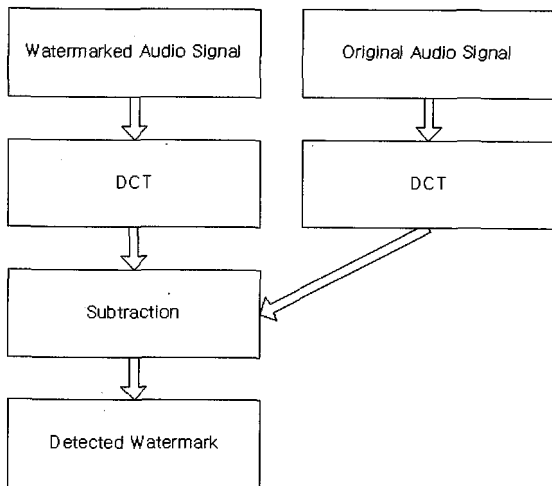


그림 2. 스프레드 스펙트럼 방법으로 삽입된 워터마크를 검출하는 과정
Fig. 2. Watermark extraction using the spread spectrum method.

워터마킹된 신호와 원신호를 DCT하여 워터마크를 검출함을 알 수 있다. 이때 워터마킹된 신호에 공격이 가해졌을 경우 검출된 워터마크는 삽입한 워터마크와 유사하지 않을 것이다.

2.3. 유사도 (similarity)

워터마킹 방법을 비교할 때, 공격을 받은 신호에서 워터마크를 추출하여 그 보존성이 좋아야 저작권 보호를 할 수 있는 방법이라고 평가한다. 그러므로 추출된 워터마크 X*와 원본 워터마크 X와의 유사도를 측정하여 워터마크의 생존여부를 판별한다. 유사도는 식 (8)에서와 같이 구해낸다.

$$sim(X, X^*) = \frac{X^* \cdot X}{\sqrt{X^* \cdot X^*}} \tag{8}$$

이때, 구해진 유사도가 6보다 클 경우 워터마크가 존재하여 저작권이 있는 신호로 판단한다.[2]

워터마킹 방법들의 성능을 비교할 때 워터마크가 삽입된 신호가 원신호에 비해 얼마나 잡음이 적은 유사한 신호 인가를 나타내는 SNR과 함께, 이러한 유사도를 이용하여 워터마크가 얼마나 강인하게 살아남느냐를 평가한다.

III. MP3 압축 공격에 강인한 주파수 계수 분석을 이용한 오디오 워터마킹

3.1. MP3 오디오 압축

MP3의 정식 명칭은 MPEG-1, Layer 3으로 심리음향학을 이용한 인식부호화 (perceptual coding) 와 손실압축 (lossy coding)을 행함으로써 좋은 음질을 유지하면서 높은 압축 (compression)을 얻는다. 음질 대 파일 크기 조절이 가능하며, 표준 압축은 44.1kHz의 표본화 주파수 (sampling frequency) 하에서 128kbps의 비트율 (bit rate)을 발생키면서 오디오 파일 크기를 10배 정도 압축한다.

MP3의 압축은 인식부호화를 이용하여 이루어지는데, 실제 가청대역 (audible frequency band), 마스킹 효과 (masking effect), 바이트 저장공간, 조인트 스테레오 (joint stereo), 허프만 코딩 (Huffman coding) 등을 사용하여 인간이 인지하지 못하는 정보 (information)를 제

거함으로써 압축이 이루어진다. 이 중 가장 중요한 고려사항인 실제 가청대역에 대한 부분은 20Hz~20,000Hz의 가청대역 중 보통의 인간에게 잘 들리지 않는 주파수를 없애거나 민감하지 않은 주파수의 정보를 줄임으로써 가능하다. 따라서 MP3로 압축을 할 경우 거의 일정한 주파수에서 많은 계수의 손실이 일어남을 알 수 있다.

제안한 논문에서는 이를 이용하여 MP3 압축시 주로 손실되는 주파수를 통계적으로 분석하였다. 그림 3에서는 여러 실험 오디오 파일을 이용한 실험을 통해 구해진 DCT 주파수 계수와 손실이 많은 부분을 MSE (mean squared error)로 비교하였다. 오디오 콘텐츠의 대부분이 중간 주파수를 형성하는 악기음과 음성으로 이루어져 있으므로 이 부분의 손실이 가장 적다. 전체 512개의 DCT 주파수 계수 중 저주파 및 고주파의 경우 손실이 많아지며 중간주파수와 초고주파의 경우 손실이 적음을 볼 수 있는데, 이중 초고주파의 경우 계수들의 크기가 작은 원인으로 볼 수 있으므로 중간주파수에 워터마크를 삽입함으로써 워터마킹의 성능을 높일 수 있다.

3.2. 주파수 분석을 이용한 워터마킹

본 논문에서는 Cox의 방법과 같이 DCT 변환 후 주파수 계수가 큰 순서대로 워터마크를 삽입하지 않고, 통계적으로 분석하여 MP3 압축시 손실이 적은 순서로 워터마크의 삽입을 행하여 MP3 공격에 강인한 워터마킹이 되도록 하였다. 또한 가중치 α 의 경우 Cox의 방법에서는 일률적으로 정하여 사용하였으나, 제안한 방법에서는 주파수를 손실의 정도에 따라 3가지로 나누어 0.3, 0.5, 0.7로 차등하여 적용함으로써 워터마크가 삽입되었을 경우 상대적으로 발생하는 왜곡 (distortion)을 줄여 신호의 SNR 성능에서도 좋은 결과를 보이게 하였다. 표 1은 제안한 방법에서 워터마크를 삽입할 원신호와 MP3

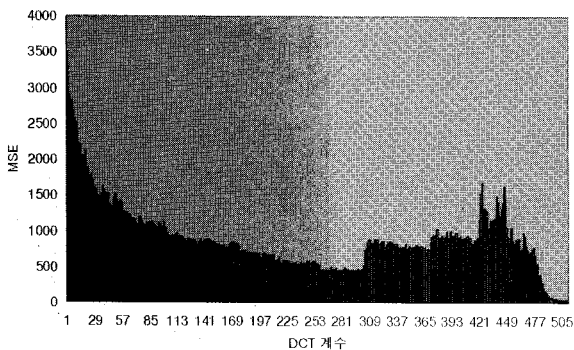


그림 3. 원신호와 MP3 압축된 오디오신호 사이의 DCT 계수 MSE
 Fig. 3. MSEs between original and MP3 compared audio data for DCT coefficients.

표 1. MP3 압축시 손실이 적은 워터마크를 삽입할 계수
 Table 1. Coefficients to be watermarked have relatively small losses when MP3 compression.

워터마크를 삽입할 계수번호	가중치 α
286 294 289 296 299 260 262 287 277 283 263 268 292 279 300 281 266 269 271 273 291 278 280 276 282 293 264 290 298 295	0.3
267 265 258 274 303 259 285 301 261 302 272 288 297 284 275 237 270 257 241 304 240 236 238 255 231 235 219 232 244 229	0.5
233 221 230 247 242 256 220 252 249 243 228 251 250 254 234 218 246 227 239 226 245 225 248 222 223 253 213 229 237 232	0.7

압축된 오디오 신호 사이의 계수 MSE에서 손실이 적은 계수 90개를 순서적으로 나타내었으며, 그에 따른 가중치도 차등하여 적용함을 볼 수 있다.

IV. 실험결과 및 고찰

먼저 3장 그림 3과 표 1에서 보여진 MP3 압축시 손실되는 주파수 계수를 통계적으로 구하기 위하여 각 장르의 음악과 음성 등 20가지의 음원을 사용하였다.

또한 제안한 방법의 성능 실험을 위하여서는 Pop music, Classic music, Narration 등 5개를 사용하였다. 이때 샘플링 주파수는 44.1kHz, 16bit 양자화, 모드는 Mono이며, 시간은 각각 5초에 대해 실험하였다. 워터마크는 준잡음 코드를 사용하여 90개를 삽입하였으며, 가중치 α 는 Cox 방법에서는 0.5하나만 사용하였고, 제안한 방법에서는 3장 표 1에서와 같이 주파수를 나누어 0.3, 0.5, 0.7을 세 가지를 모두 사용하였다.

워터마크의 삽입 및 검출은 각각 식(4)와 식(7)에서와 같이 행하였으며, 삽입된 워터마크와 추출된 워터마크간의 유사도는 식 (8)에서와 같이 측정하였다. 또한 유사도와 함께 워터마킹의 성능을 평가하는 원신호 (original audio data)와 워터마킹된 신호간의 왜곡을 나타내는 SNR은

$$SNR = 10 \log \left(\frac{\text{original signal}}{\text{noise}} \right) \tag{9}$$

$\text{noise} = \text{original signal} - \text{watermarked signal}$

표 2. Cox 방법 및 본 연구와의 각종 공격에 대한 유사도 비교
Table 2. The similarities resulted by Cox's and proposed methods.

Attacks	Pop music		Classic music		Narration	
	Cox	Proposed	Cox	Proposed	Cox	Proposed
No Attacks	17.0	17.0	17.0	17.0	17.1	17.1
Cropping	15.8	15.8	16.1	16.2	15.3	15.3
Echo	7.2	7.3	6.4	6.4	6.9	7.0
MP3	16.2	16.8	16.1	16.9	15.5	16.6

표 3. 원본 MP3에 대한 Cox 방법 및 제안한 방법의 MP3 압축 후의 SNR(dB) 비교

Table 3. The SNR(dB) results between original MP3 using Cox's and proposed methods.

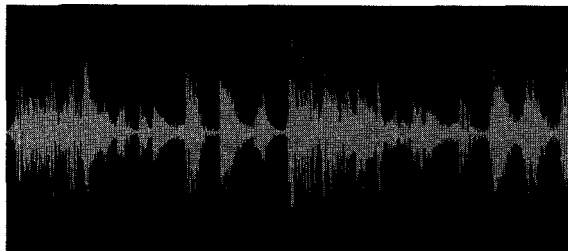
Pop music		Classic music		Narration	
Cox	Proposed	Cox	Proposed	Cox	Proposed
63.8	72.0	49.0	59.9	41.5	43.2

와 같이 측정하였다.

표 2는 무공격, Cropping, Echo filtering, 그리고 MP3 등 여러 가지 공격에 하여 기존의 Cox의 방법과 제안한 방법의 각 실험 파일에 대한 유사도를 나타내고 있다. 이때 Cropping 공격의 경우 전체 5초인 샘플에 2초 후 1초간 워터마크가 전혀 포함되지 않은 원본 데이터를 삽입하였고, Echo filter는 최초 amplitude가 70%에서 decay 75%로 100ms의 delay를 주었다. 또한 MP3 공격의 경우 비트율을 64kbps로 하여 압축 공격을 시행하였다. 유사도는 각각의 공격에 대해 워터마크의 생존정도를 알 수 있으므로, 기존의 방법에 비해 제안한 방법은 여러 가지 공격에 대한 성능의 저하가 없음을 볼 수 있



(a)



(b)

그림 4. MP3 압축하여 복원한 Pop music 파형 및 제안한 방법으로 워터마크한 파형 비교: (a) 원본파형, (b) 제안한 방법으로 워터마크한 파형
Fig. 4. reconstructed MP3 pop music waves: (a) original waves and (b) watermarked by proposed method.

다. 특히 본 논문의 의도와 관련있는 MP3 공격에 대해서는 유사도가 0.4에서 1.1 정도 우수하게 나타남을 볼 수 있다.

표 3은 각각에 대한 SNR을 나타내고 있다. 음질과 직결되는 원본과의 SNR 비교에서는 평균 10dB 이상의 향상된 성능을 보였다. 이는 제안한 방법이 MP3 압축시 이전의 방법에 비해 저작권을 효과적으로 보호하면서 음질의 저하가 기존의 방법에 비해 현저하게 낮음을 나타낸다. 그림 4에서는 Pop music 원본과 제안한 방법으로 워터마크한 후 MP3 압축하여 복원한 파형을 나타내고 있는데, 파형의 큰 차이를 느낄 수 없음을 알 수 있다.

본 방법의 성능을 실제 적용하여 평가하기 위해 워터마크한 MP3 파일을 삼성 MP3폰 SCH-X699에 마운트하여 음질 저하를 테스트하였다. 그림 5에서는 워터마크한 pop music 파일 및 이를 탑재한 삼성 MP3폰 SCH-X699을 나타내고 있다. 원본을 기준으로 제안한 방법으로 워터마크한 파일을 10명을 대상으로 들려주어 수, 우, 미, 양, 가로 주관적인 음질을 테스트한 결과 8명이 수, 2명이 우를 주는 등 주관적인 음질도 이상이 없음을 알 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 오디오 콘텐츠의 저작권을 확인하기 위한 방법으로 널리 연구되고 있는 워터마크 방법 중 주파수 영역에서 효과적으로 저작권 정보인 워터마크를 삽입하는 Cox의 스프레드 스펙트럼 방법을 개선하여 현재 인터넷이나 모바일, MP3 플레이어 등 많은 부분에서 대

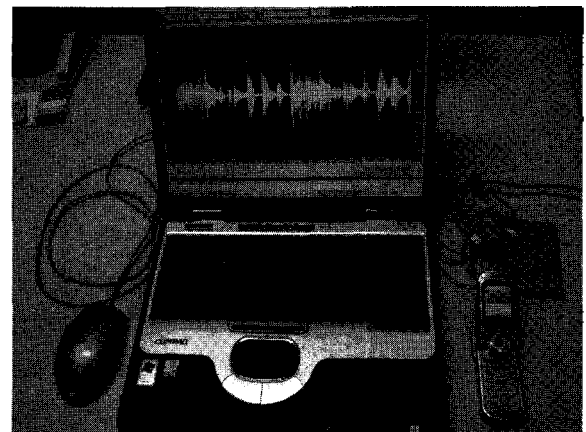


그림 5. 워터마크한 파일 및 이를 탑재한 삼성 MP3폰 SCH-X699
Fig. 5. Samsung MP3 cellular phone, SCH-X699, mounted by the watermarked wave by proposed method.

부분을 차지하는 MP3 압축 공격에서도 강인한 워터마킹 방법을 제안하였다.

대부분의 오디오 콘텐츠가 음악과 음성으로 이루어져 있고 이는 초고주파 혹은 초저주파 보다는 중간 주파수에 많은 주파수 계수를 가지고 있으므로, 심리음향학을 이용하는 MP3 압축의 경우 중간주파수의 손실이 적음을 통계적으로 알 수 있다. 본 논문에서는 이를 이용하여 MP3 압축에 손실이 적은 주파수 계수를 통계적으로 구하여 순서를 정하여 워터마크를 삽입하고, 이를 3가지 부류로 나누어 가중치를 차등하게 적용하여 손실에 강하게 하였다.

실험결과 제안한 워터마킹 방법은 기존의 Cox의 방법에 비해 워터마크 유사도와 신호의 SNR 측면에서 모두 좋은 결과를 나타내었고, 특히 MP3 압축 공격에 좋은 성능을 나타낼을 볼 수 있었다. 이를 오디오 콘텐츠에 적용할 경우 인터넷이나 MP3 player, 모바일 환경 등에 사용할 경우 무분별한 복사 및 배포를 막을 수 있어, 저작권으로 인한 분쟁을 줄이는데 좋은 결과를 보일 것으로 보였다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 시행하는 위덕대학교 제12차년도 산학연 공동기술개발 컨소시엄 사업의 결과임.

참고 문헌

1. I. Cox, J. Bloom, and M. Miller *Digital Watermarking*, (Academic Pr, 2001).
2. S. Katzenbeisser and F. Petitcolas *Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking*, (Artech House, 2000).
3. I. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia", *Proceedings of the IEEE ICIP '97* (6), 1673~1687, 1997.
4. W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto and A. Lu, "Techniques for Data Hiding", *IBM Systems Journal*, 25, 313~335, 1996.
5. John Hedtko *MP3 and The Digital Music Revolution* (Electronic Resource), Top Floor Pub., 1999.
6. Russell Shaw *Starting with MP3*, Prima tech, 2001.
7. 우동훈, 정익필, "특정 주파수계수를 이용한 오디오 워터마킹," *한국음향학회지*, 22 (4), 269~275, 2003.
8. M. Swanson, B. Zhu, A. Tewfik, and L. Boney,

"Robust Audio Watermarking Using Perceptual Masking," *Signal Processing*, 66 (3), 337-355, May 1998.

9. I. Cox and M. Miller, "A Review of Watermarking and The Importance of Perceptual Modeling," *Proceeding of SPIE, Human Vision & Electronics Imaging II*, 3016, 92-99, 1997.

저자 약력

• 정 원 교 (Won-Kyo Jeong)



1996. 2 대구대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 1998. 2 대구대학교 대학원 정보통신공학과 졸업 (공학 석사)
 2000. 8 대구대학교 대학원 정보통신공학과 박사 수료
 2005. 3~현재 위덕대학교 겸임교수
 2000. 2. 11 현재 (주)나인원 대표이사
 *주관심분야: 모바일 통신, 멀티미디어 신호처리

• 이 경 환 (Kyeong-Hwan Lee)



1994년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 1996년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
 2000년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)
 2001년 3월~현재 위덕대학교 게임학부 조교수
 *주관심 분야: 유행 및 영상 압축 부호화, 멀티미디어 보안

• 우 흥 채 (Hong-Chae Woo)



1980년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1988년 Texas A&M 대학교 전기과(공학석사)
 1991년 Texas A&M 대학교 전기과(공학박사)
 1980년~1985년 국방과학연구소 연구원
 1999년 Georgia Tech. 전기과 연구교수
 1992년~현재 대구대학교 정보통신공학부 교수
 *주관심 분야: 멀티미디어통신, 멀티미디어 신호처리

• 이 용 두 (Yong-Doo Lee)



1975년 한국항공대학교 통신학과 졸업(공학사)
 1982년 영남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1995년 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
 1982년~현재 대구대학교 정보통신공학부 교수
 1981년~1982년 (일)동경대학 전자공학과 객원교수
 1991년~1993년 Univ. of Southern California 교환교수
 2002년~2003년 Univ. of Alabama 교환교수

*주관심 분야: 임베디드 시스템, 컴퓨터구조, 멀티미디어