

디지털워터마킹 기법을 이용한 응용프로그램 저작권보호

송장호^o, 김용진, 이원돈
충남대학교 컴퓨터 과학과

jhsong@brain.cnu.ac.kr cs9485@cshp.cnu.ac.kr wdlee@cnu.ac.kr

Copyright Protection of Application Softwares using Digital Watermarking

Jang-Ho Song^o Young-Jin Kim Won-Don Lee
Dept. of Computer Science, Chungnam National University

요 약

워터마킹(watermarking) 기술은 판매하거나 배포할 자료들 중, 특히 이미지, 오디오, 텍스트, 비디오 및 멀티미디어 데이터 등에 원래의 소유주를 표시할 수 있는 특정 데이터, 즉 워터마크를 넣어 소유주를 확인할 수 있게 하는 저작권 보호(copyright protection)기법으로 근래에 들어 그 필요성이 크게 대두되고 있는 기술이다. 본 논문에서는 wave format 파일을 읽어들이며 음향에 효과를 주는 응용프로그램의 불법사용을 막는 데에 대한 저작권 보호를 연구 기술하였다. 원본 없이 추출 가능한 디지털 워터마킹 기법[1]을 음악파일에 삽입하고 응용프로그램이 그것을 추출하여 편집저장할 여부를 결정하도록 하는 방법에 주요 관점을 두고 실험 및 구현을 하였다.

1. 서 론

1)최근에 들어 MP3 음악파일 시작으로 디지털 멀티미디어 데이터에 대한 저작권 문제가 사회적 문제로 되고 있다. 이러한 저작권 보호를 위해 제안된 기존의 관용적 암호 방식은 암호화(encryption)된 데이터에 대해 키를 소유한 사람에게만 정상적으로 접근이 허용된다. 따라서 키를 소유한 사람이 암호화된 데이터를 복호화(decryption)해서 얻은 데이터를 임의로 배포하거나 불법적으로 사용한다면 복호화된 이후부터는 전혀 소유권 보장을 할 수 없게 된다. 따라서 관용적 암호방식은 데이터에 대해 제한적인 보호밖에 할 수 없다. 그런 암호 방식을 보완하기 위한 것이 워터마킹(watermarking) 기술이다. 워터마킹 기술은 판매하거나 배포할 자료들 중 특히 이미지, 오디오, 텍스트, 비디오 및 멀티미디어 데이터 등에 원래의 소유주를 표시할 수 있는 특정 데이터, 즉 워터마크를 넣어 소유주를 확인할 수 있게 하는 저작권보호 기법으로, 워터마크가 되어 있다는 사실을 배포자에게 알림으로써 불법복제의 방지효과와 불법복제 데이터로부터 삽입한 마크를 소유자만의 고유한 키로 추출해냄으로써 소유자가 데이터에 대한 저작권을 주장할 수 있는 법적 수단으로도 활용되어 질 수 있다.

워터마크는 우선 눈으로 볼 수 있는(visible) 것과 볼 수 없는(invisible) 것으로 나뉜다. 일반적으로 눈으로 볼 수 없는 워터마크를 많이 사용하는데 이는 눈에 보이는 것은 우선 불법 공격자에 의해 공격받기 쉽고 또한 없어지기 쉽기 때문이다. 따라서 워터마크는 여러 가지 의도적, 비의도적 공격에 강인한 성질을 가진 눈에 보이지 않는 워터마크를 사용해야 한다. 또는 삽입되는 워터마크의 형태가 무작위 비트열(random sequence)인 것과 소유주를 표현하는 문자열 혹은 로고(logo)같은 마크인 것 등으로 구분할 수 있다. 어떤 워터마크를 삽입하던 간에 오디오 워터마크는 정확한 저작권보호를 위해 여러 가지 오디오 처리 기술에 강인(robust)하여야 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 워터마킹 방법을 알아보고 제3장에서는 본 논문에서 제안하는 워터마킹 기법을 이용한 응용프로그램 저작권보호 알고리즘을 설명한다. 제4장에서는 실험결과를 제시하고 제

5장에서는 결론 및 향후 연구내용을 언급한다.

2. 워터마킹 기법

2.1 삽입(embedding) 알고리즘

본 논문에서 제안하는 오디오 워터마킹 알고리즘은 오디오 데이터의 시간영역(time domain)[2][3]에 쉘 영상을 삽입하는 방식이다. 삽입/추출의 과정은 아래와 같다.

- Step 1 : 삽입하고자 하는 쉘 영상을 비트열로 바꾼다.

$$S = \{s_i, 0 \leq i \leq N\}, s_i \in \{-1, 1\}$$

N은 쉘 영상의 크기이다. 쉘 영상이 크기가 128×128 일 경우, N은 16,384 이다.

- Step 2 : 동기단어(Sync word)를 쉘 영상의 비트열(S)의 처음에 추가한다. 동기단어로는 32bit의 특징이진패턴을 사용한다.

$$S = \{s_i, 0 \leq i \leq M+N\}, s_i \in \{-1, 1\}$$

M은 동기단어의 크기이다.

- Step 3 : 쉘 영상의 비트열(S)과 비밀키로부터 삽입할 워터마크신호를 구한다. 비밀키에 의해 생성된 무작위(random)비트열, P를 다음과 같이 정의한다.

$$P = \{p_i, 0 \leq i \leq M+N\}, p_i \in \{-1, 1\}$$

- Step 4 : 삽입하고자 하는 워터마크 W_i 를 s_i 와 p_i 를 조합하여 다음과 같이 구한다.

$$W_i = \alpha * s_i * p_i$$

α 는 워터마크의 세기를 결정하는 strength factor로 그 값이 클 경우 견고성은 높아지나 데이터의 훼손정도가 심해진다.

- Step 5 : 오디오 데이터의 진폭(amplitude)값에 Step 4에서 구한 워터마크 신호(W_i)를 더한다. 오디오 데이터의 크기에 비례하여 워터마크 신호(W_i)는 중복 삽입된다.

$$V'_i = V_i + W_i, 0 \leq i \leq M+N$$

1) " 이 연구는 BK21충남대학교 정보통신인력양성사업단의 지원을 받았음."

본 논문에서는 삽입강도를 나타내는 α 를 오디오 데이터의

진폭값과 비례하여 적응적(adaptable)으로 결정한다. α 를 구하기 위한 식은 다음과 같다.

$$\alpha = \frac{V_i}{K}$$

$K(>0)$ 는 상수이다.

5단계를 통해 계산되어진 워터마크 신호(W_i)를 오디오 데이터의 매 샘플마다 삽입하는 경우에는 삽입되는 마크의 중복성과 그에 따른 견고성은 증가하지만 원본의 훼손정도가 심해져서 사용자에게 잡음으로 지각할 수 있게 된다. 즉, K 값이 작을수록 삽입되는 샘플의 간격을 크게 하여 원본의 훼손정도와 여러환경과 여러 처리에 대한 견고성을 모두 만족하도록 해야 한다. 실험을 통하여 적절한 K 값과 워터마크의 삽입간격을 정하는 것이 중요하다.

2.2 추출(extracting) 알고리즘

오디오 데이터에 삽입된 썸 영상을 추출하기 위해서는 소유주만이 알고 있는 비밀키가 필요하다. 또한 추출 시 소유주의 원본을 필요로 하지 않도록 하기 위해서 추출하는 과정에서 워터마크가 삽입된 오디오 데이터로부터 주변 진폭계수값의 특성을 이용하여 근사 원본(approximate original)을 만든다.

오디오 데이터는 이미지와는 달리 1차원 데이터이므로 단순히 시간상으로 주변 계수들과의 평균값을 구한다. 오디오 데이터에 대한 추출 알고리즘의 단계는 다음과 같다.

• Step 1 : 소유주의 비밀키를 사용하여 삽입알고리즘의 Step 1과 같이 무작위 비트열 P 를 구한다.

• Step 2 : 워터마크가 된 오디오 데이터로부터 근사 원본을 구한다. 근사 원본은 자신을 포함한 주변 샘플 값의 평균으로 구할 수 있다.

$$\frac{x'(i-1) + x'(i) + x'(i+1)}{3}$$

• Step 3 : Step 2에서 구한 근사원본(V_i'')을 원본오디오 데이터(V_i')와 비교하여 그 부호로 워터마크 신호 W_i' 를 구한다.

$$W_i' = \begin{cases} 1 & \text{if } (V_i' - V_i'' \geq 0) \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

• Step 4 : 추출된 워터마크 신호 W_i' 에 Step 1에서 구한 p_i' 를 동기단어 크기만을 곱하여 동기단어를 추출한다. 추출한 동기워드가 삽입한 동기단어 패턴과 일정부분 일치할 경우 동기단어를 제외한 p_i' 를 추출된 워터마크신호 W_i' 에 곱하여 썸 영상 s_i' 를 구한다.

$$s_i' = W_i' * p_i'$$

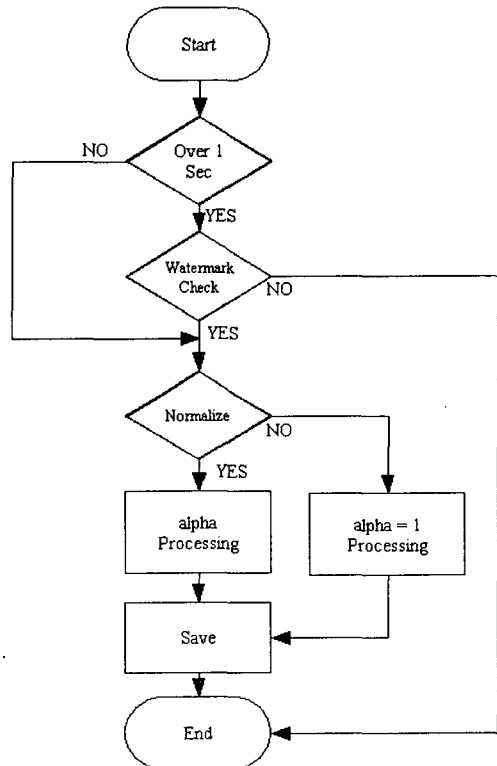
• Step 5 : 추출한 모든 W_i' 에 대하여 Step 4를 반복한다.

추출 5단계를 거쳐 썸 영상 s_i' 를 추출한 후 데이터에 소유권 주장을 위하여 원래의 삽입영상인 s_i 와 유사성 정도를 측정해야 한다. 다시 말해 추출된 워터마크(썸 영상)가 본래의 삽입한 워터마크와 유사성 정도가 크면 클수록 소유권이 분명한 것을 나타낸다. 두 썸 영상의 상관계수를 구하여 유사성을 측정하는 데는 상관계수(Correlation Value : CV)를 수식으로 정의하면 아래와 같다.

$$CV(S':S) = \frac{N'}{N}$$

3. 응용프로그램 적용 기법

본 논문이 제안하는 응용프로그램의 저작권 보호의 적용 기법은 사운드 에디터에서 음악파일을 편집하는데 있어서 워터마크가 들어있는 음악파일들만 편집하여 저장할 수 있도록 한 것이다. 번들로 음악파일과 사운드 에디터를 상품화할 때 음악파일들에 사운드 에디터가 추출할 워터마크를 미리 삽입해 놓는 것이다. 따라서 워터마크가 들어있지 않은 파일들은 그 사운드 에디터로 편집을 할 수는 있으나 저장은 되지 않도록 함으로써 사운드 에디터를 사운드 파일과 함께 번들로 시장에 내다 팔 때 주어진 특정한 파일들만 사운드 에디터로 편집 저장할 수 있도록 하였다. 그리하여 응용 프로그램인 사운드 에디터를 특정음악파일을 구매하지 않은 사람들이 사용할 수 없도록 제한하도록 한 것이다. 기본 개념은 오디오 데이터를 읽어들이 응용 프로그램인 사운드 에디터가 워터마크를 추출하여 워터마크의 유사성(CV)이 높은 경우 사용자의 디스크에 편집하여 저장을 하게 된다. 만약 추출한 워터마크의 유사성이 낮다면 저장할 수 없게 된다. 아래의 그림은 응용프로그램 저작권 보호를 위한 흐름도이다.



[그림 1] 워터마크의 응용프로그램 적용 흐름도

우선 워터마크를 삽입하기 위해서는 적당히 큰 오디오 데이터가 아니면 가능하지 않다. 워터마크로 삽입하는 썸 영상의 크기에 따라 달라지기는 하지만 적당히 크지 않은 썸 영상은 시각적으로 분별하기 어렵다. 따라서 1초 미만의 오디오 데이터에 대한 워터마크는 추출하지 않는 것으로 한다. 1초 이상의 데이터에서만 워터마크를 추출하여 유사성을 비교하게 된다. 1초 미만의 데이터에 대해서는 워터마크 추출 없이 다음 단계로 진행한다. 워터마크 추출과 관련하여 사용자가 가지고 있는 썸 영상과 추출된 썸 영상의 유사성 비교는 다음 단락의 실험 결과를 통해 볼 수 있다. 유사성이 높은 오디오 데이터의 경우 음향 효과를 가미해서 저장할 하게 되므로 전체적인 오디오 데이터의 normalize 가 필요하다. 음향의 효과라 함은 이퀄라이저의 조작이나 입체 음향 조작을 말한다. 그러나 사용자가 원하지 않는 경우는 normalize 값 α (alpha)를 1로 하여 모든 오디오 데이터에 적용한 후 저장하게 된다. 만일 워터마크를 추출하여 유사성 비교에서 낮은 값이 나오게 되면 저장단계를 거치지 않고 종료하게 된다. 사운드 에디터에서는 재생되는 사용자의 디스크에 저장되는 오디오 데이터에 사용자의 소유권을 주장할 수 있는 썸 영상이 삽입된 데이터를 저장하게 된다.

4. 실험 결과

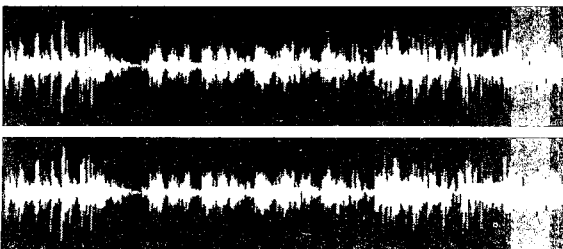
실험은 4~5초 정도의 오디오 데이터에 아래의 그림과 같은 썸 영상을 삽입하고 에디터를 통해서 검출토록 하였다.



【그림 2】 썸 영상 (256×256)

4~5초의 짧은 데이터에도 워터마크가 삽입/추출이 가능하기 때문에 기존의 모든 오디오 데이터에 충분히 적용할 수 있다.

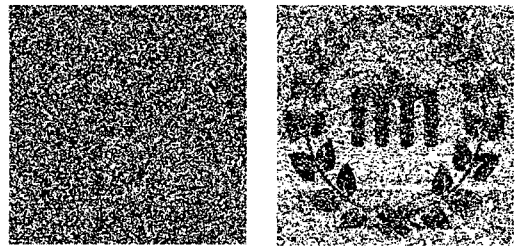
다음의 그림은 오디오 데이터의 파형을 분석한 그림으로 첫 번째는 오디오 파형에 썸 영상 워터마크를 삽입하지 않은 것이고 두 번째는 워터마크를 삽입한 후 파형을 분석한 것이다. 자세히 보면 약간의 차이를 볼 수 있지만 재생했을 때 차이점은 거의 없다.



【그림 3】 썸 영상 워터마크 삽입 전(위)과 후의 파형분석

미세한 부분에 파형의 차이를 찾을 수는 있지만 음원의 차이는 없다. 오디오 데이터를 에디터에서 음향효과를 주어서 저장하려 할 때 에디터에서는 워터마크를 추출하게 된다. 아래의 두 그림은 워터마크가 삽입되어 있지 않은 오디오 데이터에서 워터마크를 추출하였을 때 썸 영상의 유사성을 가시화한 그림이다.

워터마크 삽입시 무작위 비트열을 이용하기 때문에 워터마크를 삽입하지 않은 오디오 데이터에서 최악의 경우 CV값이 0.5만큼 나온다. 위의 그림 4의 왼쪽 데이터는 0.49이다. 이것은 우리가 육안으로 확인해봐도 구분 가능하지 않다는 것을 알 수 있다.



【그림 4】 추출한 워터마크의 썸 영상(오른쪽 strength = 0.01)

오른쪽 그림은 CV값이 0.68로 육안으로 구분이 가능하다. 좀 더 명확한 영상을 얻기 위해서는 strength 값을 조정함으로써 더 높은 CV 값을 얻을 수 있다. 우리는 이를 통해 CV값이 0.65 이상의 경우 오디오 데이터에서 추출한 워터마크가 유효하다고 보고 사용자의 디스크에 저장을 인정하게 된다.

일반적으로 클래식 음악의 경우 높은 CV값을 추출할 수 있었다. 이는 워터마크가 오디오 데이터의 특성에 관련되어 추출정도가 결정된다는 것을 나타낸다.

5. 결론 및 향후 연구내용

디지털 저작권 보호를 위한 방법의 하나로 연구되어지고 있는 워터마크 기술을 본 논문에서는 오디오 에디터에 적용해 보았다. 이것은 응용프로그램이 어떠한 소스 데이터를 사용하는데 있어서 워터마크가 삽입된 소스 데이터만을 개인의 용도에 맞게 조작하고 저장할 수 있다는 점에서 소유권의 인정과 저작권 보호라는 과제를 해결할 수 있었다.

급속도로 발전한 인터넷 환경을 이용하여 오디오 데이터를 실시간으로 주고받아 재생하는 기술 또한 많은 발전을 가져왔다. 오디오 데이터의 Streaming 기술을 응용한 분야에 적용하여 유료화 정책으로 가고있는 MP3 음악 파일의 다운로드와 관련하여 디지털 저작권을 보호할 수 있는 연구사례라고 할 수 있다.

6. 참고문헌

- [1]김원겸, 이종찬, 이원돈, "원본정보 없이 썸 영상의 추출이 가능한 이미지 워터마킹 기법" 한국정보처리학회 논문집, 7권 12호, 2000
- [2]V. Solachidis, I. Pitas, "Circularly Symmetric Watermark Embedding in 2-D DFT domain", *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing(ICASSP'99)*, Vol.VI, pp.3469-3472, Phoenix, USA, March, 1999
- [3]W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto. "Techniques for data hiding". *Proc. of SPIE*, Vol.2420, pp.40 FEB.1995.
- [4]M. Kutter, F. Jordan, F. Bossen, "Digital signature of color images using amplitude modulation", *Journal of Electronic Image*, vol 7, no. 2, pp.326-332, April 1998
- [5]F. Hartung and B. Girod. "Digital watermarking of raw and compressed video", *In N. Ohta, editor, Digital Compression Technologies and Systems. For Video comm-unication* vol 2952 of SPIE Processings Series, pp.205-213, Oct., 1996