

# 시간축 공격에 강인한 오디오 저작권보호 기술

## 배경울

상명대학교 소프트웨어대학 컴퓨터과학부  
(jbae@smu.ac.kr)

.....

확산 스펙트럼 방식 워터마킹 기술은 일반적인 공격에 매우 강인한 알고리즘으로 알려져있으나 시간 축 변형 공격에 대해서 만큼은 취약성을 드러내고 있다. 본 연구에서는 확산 스펙트럼 방식 워터마킹 기술의 장점을 살리면서 시간 축 공격에도 강인한 알고리즘을 제안한다. 시간 축 공격은 오디오 신호의 주파수 성분을 변화시키거나 피치성분은 유지하면서 오디오 신호의 길이를 변화시키는 등의 공격을 포함하고 있다. 확산 스펙트럼 방식에 의해서 삽입된 워터마크를 검출하기 위해서는 시간 축 공격의 비율을 정확히 알아야만 한다는 어려움이 있으며, 그 비율을 알기 위해서는 많은 알고리즘의 처리가 필요하고 현실적으로 구현이 불가능한 등의 어려움이 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 오디오 신호를 시 불변 영역(time-invariant domain)으로 변환하고, 이 영역에서 확산 스펙트럼 방식의 워터마크를 삽입함으로써 확산 스펙트럼 방식의 장점을 유지하고 시간 축 공격에 대해서도 강인한 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해서 오디오 신호에 대해 log scale time axis를 사용하고, log scale time axis 신호를 Fourier 변환함으로써 시 불변 영역을 얻을 수 있었다.

.....

논문접수일 : 2009년 11월 15일    논문수정일 : 2009년 12월 1일    게재확정일 : 2009년 12월 19일    교신저자 : 배경울

## 1. 서론

인터넷과 컴퓨터 기술의 발달은 다양한 콘텐츠의 생산과 유통을 가능하게 하였으며, 시공간을 초월하여 정보를 주고 받을 수 있는 환경을 조성하게 되었다. 그러나 인터넷과 컴퓨터 기술이 우리에게 정보획득의 편리함을 제공한 반면에 불법적으로 복제된 콘텐츠의 유통을 손쉽게 함으로써 콘텐츠 저작자의 권리를 침해하는 사례가 빈번하게 일어나고 있다. 이러한 불법적인 복제와 유통을 방지하기 위한 저작권 보호기술의 연구개발이 본격적으로 시작되었으며, 그 중의 한 분야로서 디지털 워터마킹 기술이 연구되어왔다.

디지털 워터마킹 기술에 관한 연구는 1990년 K. Tanaka등(Bales et al., 1959)의 연구자들이 디지털 이미지에 워터마크를 삽입하는 기술을 발표하면서 시작되었다. 초창기의 기술이 공간 혹은 시간 평면에서의 워터마크 삽입기술로서 매우 단순한 형태를 띠고 있는 반면에 I. J. Cox등(K. tanaka et al., 1990)의 연구자에 의해서 개발된 확산 스펙트럼 방식은 디지털 콘텐츠의 압축기술에서도 워터마크 정보가 살아남을 수 있는 강인한 방법으로 인정 받고 있다. 더불어 공간 혹은 시간 평면에서의 워터마크 삽입(I. J. Cox, 1995; W. Bender, 1995; G. Caronni, 1995; I. Pital et al., 1995)이 비선형 필터링 공격이나 압축 등에 취약하기 때문에 많은

\* 본 논문은 상명대학교 2009년도 교내연구비에 의해서 지원되었음.

연구자들이 변환평면에서의 워터마크 삽입기술 (R. G., 1994; A. Herrigel, 1998; S. Pereira, 1999; C. S. Lu, 2000; L. Boney, 1996; 배경울 et al., 2008)을 개발하였다.

이미지 워터마킹 기술이 Human visual system (배경울, 2007)에 기반해서 워터마크를 삽입한다면 오디오 워터마킹 기술은 psychoacoustics model (M.D., 1998; Wang at al., 2004)에 기반하여 워터마크를 삽입하려는 시도가 많이 이루어지고 있다. 이는 오디오 워터마킹의 주 대상이 음악이며, MPEG layer-3의 오디오 압축기술이 가장 널리 사용되고 있기 때문이다. 대부분의 오디오 압축기술은 psychoacoustics model에 기반하고 있기 때문에 워터마크의 삽입에서도 이러한 모델을 고려한 기술이 많이 사용되고 있다. Psychoacoustics model에 기반해서 워터마크를 삽입하기 위해서는 원 신호의 스펙트럼을 알아야 하기 때문에 주파수 평면에서의 워터마크 삽입방법이 많이 활용되고 있으나 마스킹되는 영역을 찾기 위해서는 많은 연산량을 필요로 하기 때문에 삽입을 위한 부담이 크다.

C. S. Lu et al.(Lu at al., 2000)은 오디오 신호의 조작 위치를 찾아낼 수 있는 강인한 각테일 워터마킹 기술을 제안하였으나, 압축과 같은 정상적인 과정에 대한강인성이 확보되지 않았다. R. D. Wang et al.(Wang at al., 2005)은 평균 양자화를 이용하여 저주파 성분에 강인한 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제안하였으며, Ning Chen et al.(Ning at. al.,)은 ICA(Independent Component Analysis)와 제로 워터마킹 방식의 새로운 워터마킹 기술을 제안하기도 하였다.

지금까지 개발된 오디오 워터마킹 기술들이 대부분의 비선형 필터링 공격이나 압축에 대해서도 워터마크를 추출할 수 있는 강인성을 가지게 되었지만 시간 축 변형공격에 대해서도 같은 강인성을

갖는 기술은 아직까지 개발되지 않았다.

본 논문에서는 비선형 필터링 공격이나 압축뿐만 아니라 시간 축 변형 공격에 대해서도 강인한 오디오 워터마킹 기술에 대해서 다룰 것이다. 오디오 워터마크를 제거하려는 다양한 공격에 대해서 강인한 알고리즘을 만들기 위해서 시간 축 변형에 영향을 받지 않는 변환평면을 생성하고, 이 변환평면에서 확산 스펙트럼 방식의 워터마크를 삽입하였다.

## 2. 시불변(time invariant) 영역

워터마크를 제거하려는 공격은 매우 여러 가지가 있으나 확산 스펙트럼 방식에 의해서 대부분의 공격을 무력화 시킬 수 있다. 그러나 시간 변형 공격에 대해서는 확산 스펙트럼방식의 강인성을 그대로 살릴 수 없으며, 다른 대안이 요구되고 있다. 본 논문에서는 오디오 신호를 시 불변 영역으로 변환하여 워터마크를 삽입하고자 한다. 이를 위해서 시 불변 영역을 만들어내야 하며, 이 영역은 시간 영역에서의 translation이나 linear speed change or pitch invariant time scaling에 대해서 영향을 받지 않아야 한다. 본 논문에서는 Fourier transform의 shift 특성을 이용하고자 한다.

원 오디오 신호를  $s(t)$  라하고 시간 축 변형이 일어난 신호를  $s(\alpha t)$  라 한다. 여기서  $0 < \alpha$  이며, 이러한 변형은 워터마크의 검출을 방해하는 치명적인 요소가 된다. 따라서 시간 축 변형에 영향을 받지 않는 영역에 대한 도입이 필요하다. 푸리에 변환은 신호의 변형에 대해서 몇 가지 특징을 가지고 있는데 이를 정리하면 다음과 같다.

- Definition of Fourier transform

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j\omega t} dt \quad (1)$$

• Definition of inverse Fourier transform

$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (2)$$

• Characteristics of Time shift

시간 축에서의 이동은 주파수 평면의 위상 성분에서의 선형이동을 나타낸다.

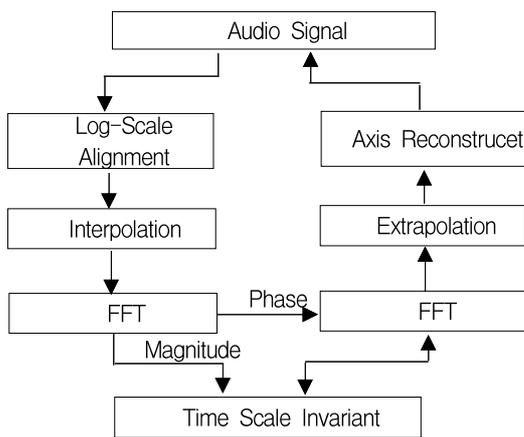
$$s(t + \beta) \leftrightarrow S(\omega) e^{-j\beta\omega} \quad (3)$$

이동 특성에서 알 수 있는 것은 시간 축에서의 이동은 진폭 스펙트럼에 영향을 미치지 않는다는 사실이다.

• Characteristics of time scaling

시간 축에서의 스케일링은 주파수 평면에서의 역 스케일링을 나타낸다.

$$s(\alpha t) \leftrightarrow \frac{1}{\alpha} S\left(\frac{\omega}{\alpha}\right) \quad (4)$$



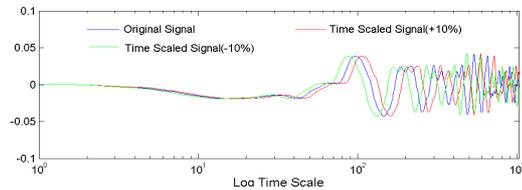
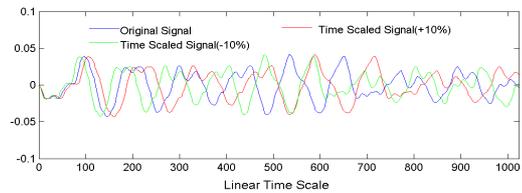
<그림 1> 시불변 영역

Fourier transform의 식 (3)의 특성에서 시간 축 이동 특성이 진폭 스펙트럼에 영향을 미치지 않는다는 것은 일반적인 사실이다. 따라서 시간 축에서의 스케일링 변화도 이동 특성으로 바꿔줄 수 있다면 마찬가지로 진폭 스펙트럼에는 영향을 미치지 않게 될 것이다. Time scaling은 근본적으로 스펙트럼에도 영향을 미치므로 시간 축에서 문제를 해결하기로 한다. 이의 해결을 위한 가장 효과적인 방법은 시간 축의 선형 스케일을 로그 스케일로 변형하는 것이다. 로그함수의 특성은 곱의 형태를 합의 형태로 바꿔주므로 시간 축에 대해서 로그함수를 취하면 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

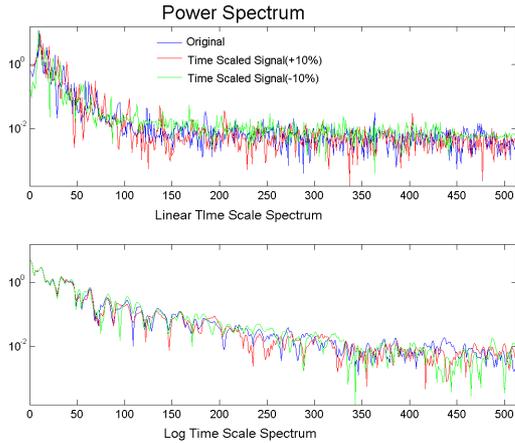
$$s(\alpha t) \leftrightarrow s(\log(\alpha t)) = s(\log \alpha + \log t) \quad (5)$$

식 (5)에 나타난 것과 같이 시간 축에서의 스케일링 변화는 로그함수를 이용함으로써 로그스케일의 시간 축에서  $\log \alpha$  만큼의 이동이 일어난 것으로 전환된다.

시간 축에서의 이동은 식 (3)과 같이 진폭 스펙트럼에는 영향을 주지 않기 때문에 시간 축의 로그스케일 변환과 신호의 진폭 스펙트럼을 이용하



<그림 2> 로그시간축의 변환



<그림 3> 스펙트럼 효과

면 시간 축 변형 공격에 영향을 받지 않는 공간을 만들어낼 수 있다. 이와 같이 time invariant domain을 생성하고, 다시 time domain으로 변환하는 과정을 <그림 1>에 나타내었다.

<그림 2>에 원 신호와 10%가 시간 축으로 확장된 신호, 10%가 시간 축으로 수축된 신호와 이 신호 각각에 대해서 log time scale을 적용하였을 때의 신호를 나타내었다.

<그림 2>에서 시간 축 변형에 의해서 주파수가 서로 다른 신호로 인식될 수 있는 신호는 로그 시간 축으로 변환 됨으로써 단순히 일정한 시간 축 이동만을 갖는 신호로 변환된다. 시간 축 이동을 갖는 신호는 magnitude spectrum이 동일하며, 로그 시간 축으로 변환된 각 신호에 대한 magnitude spectrum은 <그림 3>과 같다.

<그림 3>에서는 y축을 선형 스케일로 나타내었을 때는 차이점을 구분하기가 어렵기 때문에 로그 스케일로 나타냄으로써 스펙트럼에 차이가 나타나는 것을 보였다. 이에 대한 원인은 <그림 2>에서 시간 축 이동을 갖는 신호들은 일부 서로 다른 성분을 포함하고 있기 때문이며, 이 부분들은

<표 1> 진폭스펙트럼의 평균제곱오차

Linear scale domain		Time invariant domain	
+10%	-10%	+10%	-10%
158.83	115.8	0.97	2.27

고주파 측에 몰려있기 때문에 나타난 것으로 분석된다. <그림 3>의 스펙트럼을 각각의 신호가 시간 축 변형 공격이 가해진 상태에서의 스펙트럼과 비교해보면 스펙트럼 사이의 오차가 상당히 줄어들었음을 알 수 있다. 원 신호의 스펙트럼과 시간 축 변형이 가해진 신호의 스펙트럼 사이의 자승평균 오차를 <표 1>에 나타내었다.

### 3. 워터마크 삽입과 추출

앞 절에서 논의된 바와 같이 시간 축 공격에 대해서 로그 시간 축과 magnitude spectrum을 활용하면 시간 축 공격에 영향을 받지 않는 평면으로의 변환이 가능하다는 것을 알았다. 따라서 생성된 워터마크를 시 불변 영역에서 삽입하게 되면 시간 축 공격에 대해서도 워터마크의 손실이 최소화 될 수 있을 것이다.

삽입하고자 하는 워터마크 정보의 비트 열을  $I(n)$ 이라 하고, 의사 랜덤 수열을  $PN(k)$ 라 하면 워터마크 정보의 spread spectrum 형태는 다음과 같이 표현된다.

$$I_{\text{expanded}}(k) = I(\text{round}(k/N)), \quad (6)$$

$N$ : number of information bits,  $k = 0, 1, 2, \dots, RN - 1$



여기서  $R$ 은 시간 축을 확장 시키기 위한 배율을 의미한다.

시간 축으로 확장된 워터마크 정보가 확산 스펙

트럼을 갖도록 하기 위해서 주파수의 전 대역에 걸쳐서 존재하는 의사 랜덤 수열을 이용하여 확산 워터마크를 생성한다.

$$W(k) = I_{\text{expanded}}(k) \oplus PN(k) \quad (7)$$

상기 과정에서 생성된 워터마크는 시 불변 영역에서 다음과 같이 삽입된다.

$$|S_w(k)| = |S_u(k)| + \rho \cdot |S_u(k)| \cdot W(k) \quad (8)$$

여기서  $S_{ii}(k)$ 는 시 불변 영역으로 변환된 오디오 신호에 대한 Fourier transform coefficients를 나타내고,  $\rho$ 는 워터마크의 삽입강도를 결정하는 상수 값이며 워터마크에  $|S_u(k)|$ 를 곱해주는 것은 균일한 레벨로 워터마크가 삽입되었을 때 신호성분이 약한 곳에서의 잠음효과가 나타나는 것을 줄이기 위한 것이다.

워터마크가 삽입된 오디오 신호를  $s_w(t)$ 라 하고, 이로부터 워터마크를 추출하기 위해서는 시 불변 영역으로의 변환이 필요하다. 시 불변 영역으로 변환하면 식 (8)과 같이 되며 장시간의 오디오 신호에 대해서 반복적으로 동일한 시 불변 영역으로 변환하여 조화평균을 취해주면 다음과 같이 된다.

$$W_{\text{mean}}(k) = \frac{1}{P} |S_{\text{mean}}(k)| + \rho \cdot |S_{\text{mean}}(k)| \cdot W(k) \quad (9)$$

$$|S_{\text{mean}}(k)| = \sum_{m=0}^{P-1} |S_m(k)|, \quad |S_n(k)| \neq |S_m(k)| \text{ at } n \neq m \quad (10)$$

식 (10)의 과정에 의해서 불규칙하게 존재하는 신호에 대한 것은 평균값이 되며, 진폭 스펙트럼은 오디오 신호의 전반에 걸쳐서 존재하는 신호에 대한 것만 남게 된다. 따라서  $W_{\text{mean}}(k)$ 에서  $|S_{\text{mean}}(k)|$ 에 대한 성분만 제거하면 워터마크에 대한 성분만

이 남게 된다.

실제로  $|S_{\text{mean}}(k)|$ 를 쓰는 것은 불가능하기 때문에 curve fitting 방법을 이용하여  $|S_{\text{mean}}(k)|$ 의 추정 값인  $|\hat{S}_{\text{mean}}(k)|$ 를 계산하여 사용한다.

$$\hat{W}(k) = W_{\text{mean}}(k) - \frac{1}{P} |\hat{S}_{\text{mean}}(k)| = e(k) + \rho \cdot |S_{\text{mean}}(k)| \cdot W(k) \quad (11)$$

식 (11)은 확산된 워터마크의 성분을 포함하고 있으며, 이로부터 저작권 혹은 제어 정보를 추출하기 위해서는 의사 랜덤 수열인  $PN(k)$ 를 추정된 확산 워터마크와 product를 취하고, 그 결과에 대해서 문턱치를 적용하여 레벨을 판별하여 비트 열을 재구성한다. 이 때 얻어진 비트 열은 시간 축에서 확산된 저작권 혹은 제어 정보가 되며, 이로부터 다시 원 저작권 혹은 제어 정보를 추출함으로써 모든 과정을 마칠 수 있다. 이러한 과정은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \hat{I}_{\text{expanded}}(k) &= \hat{W}(k) \cdot PN(k) \\ &= \{e(k) + (I'_{\text{expanded}}(k) \cdot PN(k))\} \cdot PN(k) \quad (12) \\ &= e'(k) + I'_{\text{expanded}}(k) \end{aligned}$$

여기서  $I'_{\text{expanded}}(k)$ 는 문턱치를 적용하여 비트 열로 재구성된 것을 나타낸다.

식 (12)에서 얻어진 워터마크 정보는 시간 축에서 확산된 형태를 취하고 있으므로 본 발명에서 원하는 최종 정보를 얻기 위해서는 다음과 같이 원 정보로 복원하는 과정을 거친다.

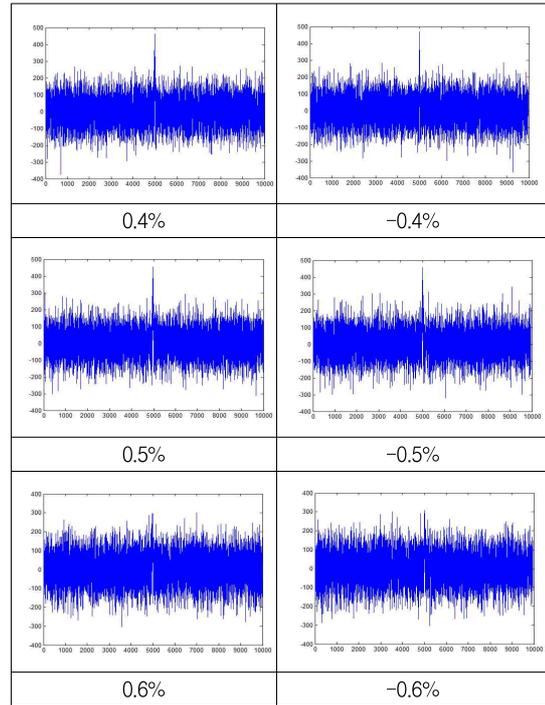
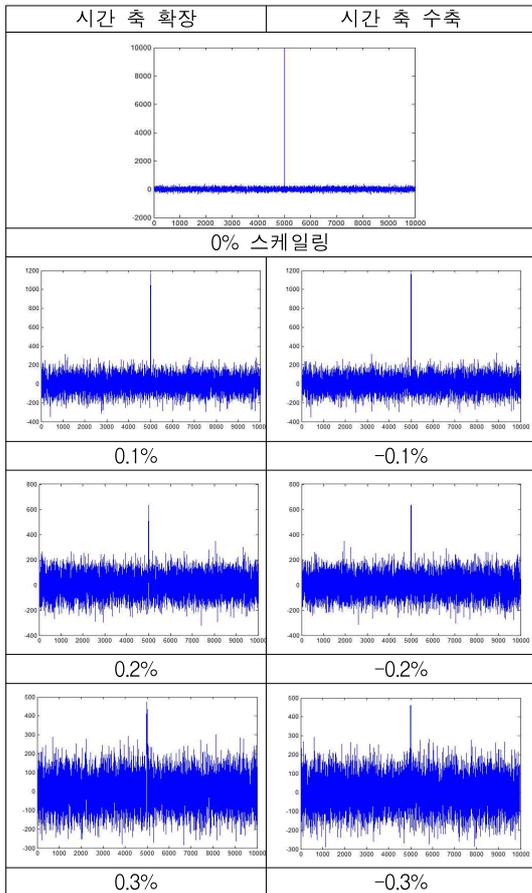
$$\hat{I}(n) = \hat{I}_{\text{expanded}}(k // R) \quad (13)$$

여기서  $\hat{I}_{\text{expanded}}(k // R)$ 는 확산된 형태의 워터마

크 정보의  $R$  개 마다의 평균 값에 의해서 표현되는 비트 값을 의미한다.

#### 4. 실험결과

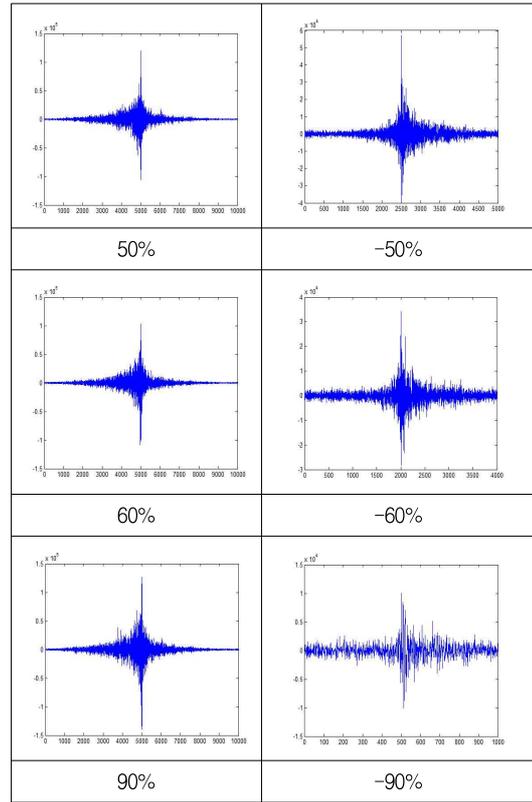
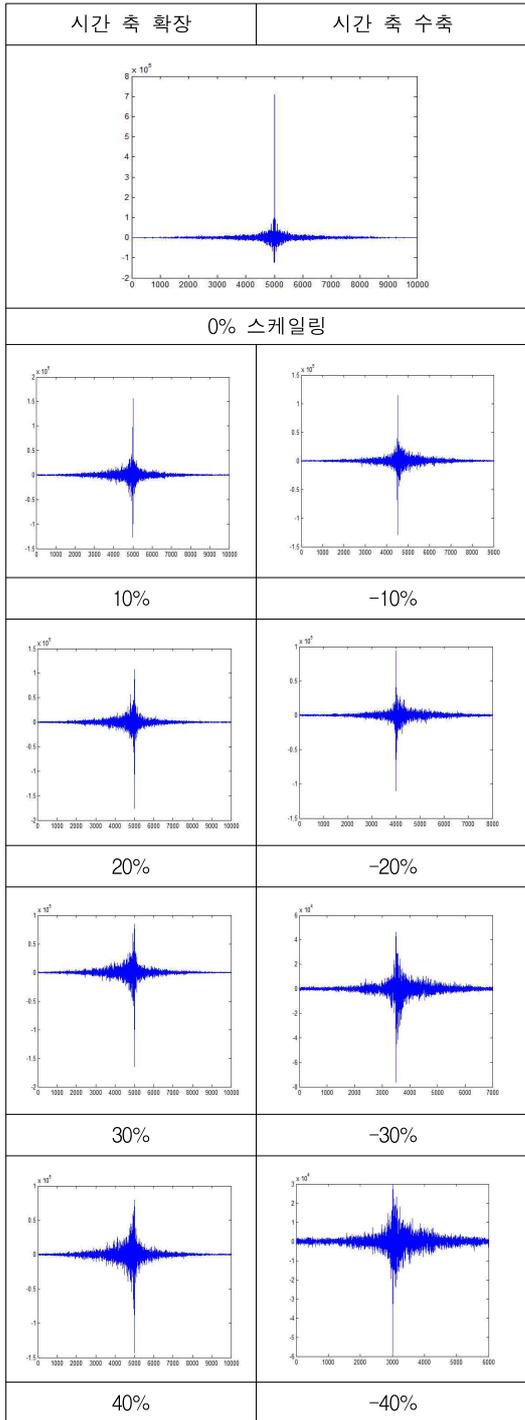
본 논문에서 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서 일반적인 형태의 랜덤신호를 워터마크로 사용하는 경우와 제안된 방법으로 랜덤신호를 워터마크로 사용하는 경우에 대해서 시간 축의 확장과 수축에 따른 상관도를 구하였다. 각각의 시간 축 확장과 수축 비율에 따른 일반 랜덤신호의 상관도는 <그림 4>, 제안된 방법에서의 랜덤신호의 상관도는 <그림 5>와 같다.



<그림 4> 일반적인 랜덤신호의 시간 축 변형에 따른 상관도

<그림 4>와 <그림 5>의 실험결과에서 알 수 있는 것처럼 랜덤 시퀀스를 이용한 워터마크 알고리즘은 시간 축 변형에 매우 취약하다. <그림 4>의 일반 워터마크 알고리즘에서는  $\pm 1\%$ 의 변화에서도 상관도를 검출할 수 없다는 것을 알 수 있다. <그림 4>에서 0.6%의 시간 축 변형이 일어났을 때 확산스펙트럼에 의해서 삽입된 워터마크의 상관도 피크 값을 구분할 수 없다. 이것은 더 이상의 워터마크 검출이 안 된다는 것을 의미한다.

그러나 제안된 워터마크 알고리즘에서는 +100%, 즉, 시간 축을 두 배로 늘린 경우에도 상관도가 검출할 수 있으며, -50%, 즉, 시간 축을 1/2로 줄인 경우에도 추출할 수 있으며, 그림에서도 상관도 피크 값을 확연히 구분할 수 있다. 90%에서는 어려



<그림 5> 제안된 알고리즘의 시간 축 변형에 따른 워터마크 상관도

움은 있으나 상관도 피크 값을 볼 수 있다. 시간 축 확장의 경우에는 워터마크의 손실이 없기 때문에 상관도의 검출이 용이한 반면에 시간 축 축소에 대해서는 워터마크의 손실이 발생하기 때문에 상관도의 검출 가능성이 점차 줄어든다.

<그림 4>의 경우에는 정상적인 확산 스펙트럼 방식에 의해서 워터마크의 상관도 피크를 보인 것으로 매우 작은 변화에도 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 그러나 제안한 알고리즘에 의해서 얻어진 <그림 5>의 워터마크 상관도 피크에서는 10%단위의 커다란 변화에서도 피크 값을 쉽게 관찰할 수 있다는 것을 알 수 있으며, 이는 제안한

알고리즘의 시간 축 공격에 대한 강인성을 나타내는 것이다.

## 5. 결론

본 논문에서는 확산 스펙트럼에 의한 워터마킹 방식의 장점을 살리면서 시간 축 변형공격 (time scaling, linear speed change)에 대해서도 강한 특성을 가질 수 있는 오디오 워터마킹 기술을 제안하였다. 이를 위해서 시간 축 변형에 영향을 받지 않는 영역의 존재를 보였으며, 이 영역에 워터마크를 삽입함으로써 시간 축 변형 공격에 대해서 강한 특성을 가질 수 있음을 증명하였다.

랜덤 시퀀스를 이용하는 일반적인 워터마킹 알고리즘은 시간 동기화가 매우 중요한 문제이며, 조그만 동기가 어긋나도 상관도를 검출할 수 없다. 그러나 제안된 알고리즘에서는 데이터의 1/10만 남기는 시간 축 축소에 대해서도 워터마크의 상관도가 검출될 수 있다는 것을 알 수 있었다.

본 논문에서 제안된 알고리즘은 디지털 음악의 불법복제나 유통을 방지하기 위한 방법으로 활용할 수 있으며, 음악 내에 삽입된 정보를 활용하여 portable device에서의 재생방지 등에도 활용할 수 있다. 즉, CD내에서만 존재해야 한다는 워터마크 정보를 음악에 삽입해 두면, 불법사용자가 CD ripping을 통해서 MP3로 압축한 음악을 portable device에서 사용하려 할 때 검출된 워터마크 정보에 의해서 재생을 중단 시킴으로써 디지털 음악을 불법적으로 활용하는 사례를 방지하는데 도움이 될 수 있다.

앞으로 본 논문에서 제안된 알고리즘을 활용하여 보다 많은 정보를 삽입할 수 있는 기술에 대한 추가적인 연구가 이루어진다면 매우 다양한 분야에의 활용을 기대할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- Bales, R. F. *Interaction Process Analysis : A Method for the Study of Small Groups*, Cambridge, MA : Addison-Wesley, 1950.
- Tanaka, K., Y. Nakamura, and K. Matsui, "Embedding Secret Information into a Dithered Multilevel Image", Proc. 1990 IEEE Military Communications Conf., 1990, 216~220.
- Cox, I. J., J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia" NEC res. Insti., Princeton, NJ, Tech. Rep. 1995, 95~10.
- Bender, W., D. Gruhl, and N. Morimoto, "Techniques for data hiding", in Proc. SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases III, Vol.2420, San Jose, CA, 1995, 165~173, Feb.9~10.
- Caronni, G., "Assuring ownership rights for digital images", in Proc. Reliable IT Systems, VIS'95, Germany, 1995, 251~263.
- Pitas, I. and T. H. Kaskalis, "Applying signatures on digital images", in Proc. IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, Neos Marmaras, Thessaloniki, Greece, 1995, 460~463, June 20~22.
- van Schyndel, R. G., A. Z. Tirkel, and C. F. Osborne, "A digital watermark," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, Vol.2, Austin, TX, 1994, 86~90.
- Herrigel, A., H. Petersen, J. O. Ruanaidh, T. Pun, and P. Shelby, "Copyright techniques for digital images based on asymmetric cryptographic techniques", presented and Workshop on Information Hiding, Portland, Oregon, USA, 1998.
- Pereira, S., J. O. Ruanaidh, F. Deguillaume, G. Csurka, and T. Pun, "Template based re-

- covery of Fourier-based watermarks using log-polar and log-log maps”, in Proc. IEEE Multimedia Systems 99, Int. Conf. Multimedia Computing and Systems, Florence, Italy (1999).
- Lu, C. S., H. Y. Mark Liao, and L. H. Chen, “Multipurpose Audio Watermarking”, in Proc. 15<sup>th</sup> Int. Conf. On pattern Recognition, Spain(2000).
- Boney, L., A. H. Tewfik and K. H. Hamdy, “Digital Watermarks for Audio Signals”, EUS-IPCO 96, Trieste, Italy, 1996.
- 배경울, “저작권보호를 위한 다중 계층 멀티미디어”, 한국지능정보시스템학회논문지, 14권 4호(1998)
- 배경울. “통계적 영상 품질 측정,” 한국지능정보시스템학회논문지, 13권 4호(2007).
- Swanson, M. D., B. Zhu, A. H. Tewfik, and L. Boney, “Robust audio watermarking using perceptual masking”, *Signal Processing*, Vol. 66(1998), 337~355.
- Wang, X. Y., Y. R. Cui, H.Y. Yang, and H. Zhao, “A new content-based digital audio watermarking algorithm for copyright protection”, In *Proc. IEEE Int. Conf Information Security*, China, 2004, 62~68.
- Lu, C. S., Mark H. Y. Liao, and L. H. Chen, “Multipurpose audio watermarking”, In *Proc. IEEE Int. Conf Pattern Recognition*, Spain, 2000, 282~285.
- Wang, R. D., D. W. Xu, and Q Li, “Multiple audio watermarks based on lifting wavelet transform”, In *Proc. IEEE Int. Conf Machine Learning and Cybernetics*, China, Vol. 4(2005), 1959~1964.
- Ning Chen, Jie Zhu, “Multipurpose audio watermarking algorithm”, *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, Vol.9, No.4, 517~523.



Abstract

## Robust Audio Copyright Protection Technology to the Time Axis Attack

Kyoung Yul Bae\*

Even though the spread spectrum method is known as most robust algorithm to general attacks, it has a drawback to the time axis attack. In this paper, I proposed a robust audio copyright protection algorithm which is robust to the time axis attack and has advantages of the spread spectrum method. Time axis attack includes the audio length variation attack with same pitch and the audio frequency variation attack. In order to detect the embedded watermark by the spread spectrum method, the detection algorithm should know the exact rate of the time axis attack. Even if there is a method to know the rate, it needs heavy computational resource and it is not possible to implement.

In this paper, solving this problem, the audio signal is transformed into time-invariant domain, and the spread spectrum watermark is embedded into the audio in the domain. Therefore the proposed algorithm has the advantages of the spread spectrum method and it is also robust to the time axis attack. The time-invariant domain process is that the audio is arranged by log scale time axis, and then, the Fourier transform is taken to the audio in the log scale time axis. As a result, the algorithm can get the time-invariant watermark signal.

Key Words : Spread Spectrum, Watermarking, Time-scaling, Time-invariant

---

\* College of Computer Software and Media Technology, Sangmyung University

## 저 자 소개



### 배경율

1980년 미 Old Dominion University 정보과학 학사, 1982년과 1990년 미 Alabama University 정보과학 석·박사, 1989년부터 1990년 Stillman College 전산과 교수, 1990년~1991년 Alabama University 산업공학과 교수, 1991년~1993년 한라중공업 CIO 역임, 1999년부터 4년간 서울시 정보화기획단장(CIO 1급)을 역임, 1993년부터 현재까지 상명대학교 컴퓨터학과 교수로 재직 중이며 주요 관심분야로는 전자상거래, 생산관리, 생체인식 및 지능형 시스템이다.