

고품질 스테레오 음악을 위한 오디오 워터마크 정보 삽입/추출 기술*

배경울

상명대학교 컴퓨터학과
(jbae@smu.ac.kr)

본 논문에서는 스테레오 음악에 오디오 워터마크를 삽입하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 스테레오 음악은 2개의 채널을 갖고 있기 때문에 기존 워터마크 기술은 일반적으로 각 채널을 독립적으로 생각하고 처리하는 경우가 많다. 그러나 스테레오를 모노로 변환하는 과정에서 워터마크의 손실이 발생하는 경우가 많이 발생할 수 있다. 제안한 알고리즘은 스테레오를 모노로 변환하더라도 워터마크의 손실이 발생하지 않도록 워터마크를 삽입할 때 스테레오와 모노변환의 특성을 이용하였다.

제안된 알고리즘에 사용된 오디오 워터마크는 “Copyright”와 “Copy_free”라는 두 가지 정보를 터보코드를 이용하여 생성하였다. 두 워터마크는 9바이트(72비트)로 이루어져 있으며, 오류정정을 위하여 터보코드를 적용하면 222비트로 삽입해야 하는 정보량이 늘어난다. 222비트의 워터마크는 추가적인 오류에 강인하도록 1024비트로 확장하여 최종적으로 스테레오 음악에 삽입할 워터마크로 사용하였다.

평균적으로 SNR은 40dB를 넘어서서 전통적인 양자화 방식보다 10dB 이상의 음질 개선을 가져왔다. 이는 상대적으로 10배의 음질 개선도를 의미하는 것으로 매우 유의미한 결과이다. 또한 워터마크의 추출에 필요한 샘플 길이는 1초 이내의 길이면 충분히 추출이 가능하고, 128Kbps의 비트레이트를 갖는 MP3 압축에 대해서도 모두 1초 이내 길이의 음악 샘플로부터 워터마크의 완전한 추출이 가능하였다. 전통적인 양자화 방식이 10초 길이의 샘플을 이용해도 대부분 워터마크의 추출에 실패한 것에 비하면 1/10에 불과한 길이로 워터마크의 추출이 가능하다.

주제어 : 오디오 워터마크, 스테레오 음악, 고품질, 양자화

논문접수일 : 2017년 11월 15일 논문수정일 : 2018년 2월 28일 게재확정일 : 2018년 5월 24일
원고유형 : 일반논문 교신저자 : 배경울

1. 개요

MP3 플레이어의 보급 이후로 CD음반이 점차 자취를 감추가면서 음악애호가들의 음악 콘텐츠 이용환경이 이동형 기기로 옮겨가고 있다. 특히, 스마트 기기의 등장으로 스마트폰이나 태블릿에

융합된 음악재생기능과 대용량 저장기능, 검색기능으로 음악의 활용도를 높여주고 있다. 초기 MP3 플레이어 보급 당시에는 음악 콘텐츠의 압축강도가 128Kbps를 일반적으로 사용하였으나 고품질 음악에 대한 요구가 높아지면서 384Kbps의 음질이 등장하고, 최근에는 무손실 압축방식

* 본 연구는 2017년 상명대학교 학술연구비 지원에 의해서 수행되었음.

을 이용한 FLAC(Free License Audio Codec) 포맷의 음악 콘텐츠가 보급되고 있다.

우리나라에서 서비스하고 있는 많은 음악사이트들의 정액제 다운로드 서비스는 기술적 보호조치가 없는 상태의 제한수량 다운로드와 기술적 보호조치가 있는 무제한 다운로드가 존재한다. 무제한 다운로드에서 사용하는 기술적 보호조치로는 DRM (Digital Rights Management) 기술이 사용되고 있으나 DRM이 설치된 인증 기기에서만 사용할 수 있으며, 본인이 구매한 음악이라 해도 다른 기기에서는 사용할 수 없다는 문제를 갖고 있다. 반대로 수량은 제한되어 있으나 기술적 보호조치가 없는 음악의 경우에는 누구에게 배포하더라도 제재할 수 있는 방법이 없으며, FLAC과 같은 고품질 음악의 경우에는 손실이 더 클 수 밖에 없다.

음악산업 측면에서는 이용자들의 고품질 음원에 대한 요구가 높아지고 있으며, 인공지능 비서의 도입과 함께 다양한 음악 서비스를 제공할 수 있게 되면서 KT 기가지니의 고품질 음악 서비스 [1], 멜론의 고품질 음원 스트리밍 서비스 [2] 등이 속속 도입되고 있으며, 이에 따라 음악산업을 보호할 수 있는 고품질 음원 저작권 보호기술도 시급히 마련되어야 할 것이다.

오디오 워터마킹 기술은 초기 기초 연구 [3]를 시작으로 확산 스펙트럼 기법 [4], 에코 은닉 기법 [5], 양자화 기법 [6] 등 다양한 기법으로 진행되어왔다. 시간 도메인에 삽입하는 기법 [7] 외에도 DCT(Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform), SVD(Singular Value Decomposition), CT(Cepstrum Transform) 등 주파수 도메인에 워터마크를 강인하게 삽입하는 기법 [8~11]들에 대한 연구가 진행되었고 최근에는 DWT-DCT, DWT-SVD, DCT-SVD, WT-CCT 등

이중 도메인을 사용하는 기법 [12~15]들에 대한 연구도 진행되고 있다. 하지만 이들은 대부분 강인성이나 대용량 삽입 등 단일 목적에만 중점을 두고 연구가 진행되었으므로, 강인성과 알고리즘의 안전성, 검출성능 등 측면을 모두 고려한 개선된 연구를 진행할 필요가 있다.

본 연구에서는 고품질 스테레오 음악이 기술적 보호조치가 없이 무방비 상태로 서비스되어 일어날 수 있는 저작권 침해를 예방할 수 있는 오디오 워터마킹 기술을 제안하였다. 제안된 오디오 워터마킹 기술은 스테레오 음악을 단일채널로 변환하는 경우에도 추출이 용이하도록 강인성을 개선하였으며, 고품질 오디오에 적합한 강도를 달성하였다.

2. 오디오 워터마킹 기술

오디오 워터마킹 기술은 이미지나 비디오 워터마킹 기술에 비해서 그 발전속도나 대중성이 낮은 편이다 [16]. 이는 이미지나 비디오 워터마킹은 기술적으로 진입 장벽이 낮고, 다양한 시도가 가능한데 반해서 오디오 워터마킹은 오디오라는 매체의 특성상 매우 섬세한 데이터 조작의 필요성이 요구되기 때문이다. 일반적으로 사람의 감각기관에서 시각보다는 청각이 우수하며, 오디오 콘텐츠의 변화에 더욱 민감하게 반응하게 된다. 따라서 원 콘텐츠의 일부를 손상하며 워터마크 정보를 숨기는 워터마킹 기술에서는 민감한 청각반응을 회피할 수 있는 고도화된 방법이 필요하다.

초기의 오디오 워터마킹 기술은 확산스펙트럼 방식을 이용하여 낮은 잡음의 형태로 워터마크를 삽입하는 방식으로 출발하였다. 이후에 양자

화 방식에 의한 워터마크 삽입 알고리즘들이 제안되었으며, 위상 스펙트럼에 삽입하는 알고리즘도 제안되었으나 대부분의 제안 알고리즘은 단일 채널 오디오 시스템을 고려하거나 스테레오인 경우에는 2개의 채널에 각각 삽입하는 방식을 이용하였다. 지금까지 제안된 알고리즘들은 스테레오 오디오 시스템에서 단일 채널로 변환하는데 가장 손쉽게 활용할 수 있는 두 채널의 합성에 대해서 취약점을 갖고 있다. 본 연구에서는 고 품질의 오디오에서 워터마크를 은닉하고 검출할 수 있는 스테레오 워터마킹 기술을 제안하였다.

2.1 오디오 워터마크의 생성

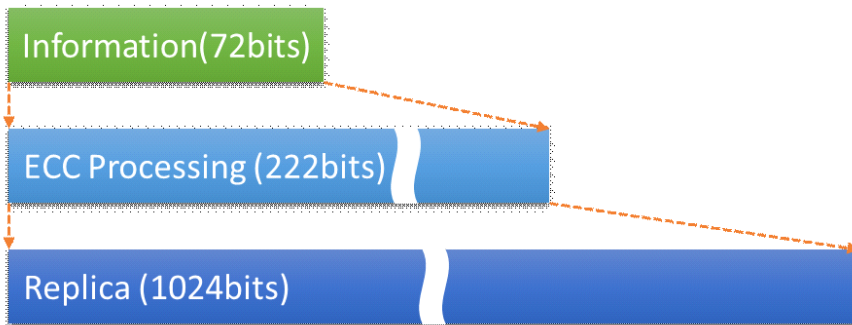
제안된 알고리즘에 사용될 오디오 워터마크는 “Copyright”와 “Copy_free”라는 두 가지 정보를 터보코드를 이용하여 생성하였다. 두 워터마크는 9바이트(72비트)로 이루어져 있으며, 오류정정을 위하여 터보코드를 적용하면 222비트로 삽입해야 하는 정보량이 늘어난다. 222비트의 워터마크는 추가적인 오류에 강인하도록 1024비트로 확장하여 최종적으로 스테레오 음악에 삽입할 워터마크로 사용하였다. 터보코드는 워터마크

된 콘텐츠가 공격받아 코드의 일부가 훼손되어도 훼손된 양이 15% 이내이면 원 데이터를 복구할 수 있는 방법이며, 이를 1024비트로 확장시킨 것도 일부 훼손된 콘텐츠로부터 222비트를 찾아낼 수 있는 확률을 높임으로써 워터마크 자체가 공격에 강인하게 만들었다.

2.2 워터마크 삽입 및 검출 알고리즘

음악 콘텐츠에 워터마크를 삽입하기 위해서는 다양한 방법이 사용될 수 있지만 터보코드와 확장된 워터마크가 1024비트이기 때문에 대용량의 정보를 삽입할 수 있는 방법이 필요하다. 확산 스펙트럼 방식은 강인성을 보장받을 수 있지만 강인성을 위해서 실제 정보량보다 수십 배에서 수백 배에 달하는 비트정보를 삽입해야 한다. 본 연구에서는 고품질 음악 콘텐츠를 대상으로 하기 때문에 강인성보다는 품질을 유지하는 것을 우선으로 하여 양자화 방식을 사용하였다.

음악 콘텐츠를 시간평면에서 양자화하는 것은 강인성이 전혀 보장되지 않기 때문에, 이를 해결하기 위해서는 선형변환을 통하여 주파수 평면에서 양자화를 수행해야 한다. 또한 전형적인 양자화 방식의 워터마킹 기술은 스테레오 음악을



<Figure 1> Generation of the Watermark Information

모노채널로 변환하였을 때 양자화 값에 대한 변동이 심하기 때문에 워터마크의 손상이 매우 크다. 오디오 신호의 많은 에너지들이 저주파 쪽에 몰려있기 때문에 DCT를 취해주면 주파수에 따른 에너지의 분포가 얻어지고, 중간주파수나 고주파수 영역의 데이터는 전체적인 신호에서 차지하는 양이 상대적으로 매우 작기 때문에 양자화를 위한 변형이 있더라도 오디오 원음에 미치는 영향을 최소화할 수 있다.

DCT 계수 값 S에는 식(1)과 식(2)와 같은 양자화 과정을 거쳐 워터마크 정보가 삽입되게 된다.

$$T = \text{floor}\left(\frac{S(i)}{Q}\right) \quad (1)$$

여기서 floor는 정수부만 취함을 의미하고 식(1)에서 계산된 T는 식(2)의 계산과 조건부 판단에 사용되며 여기서 mod는 modulus 연산을 의미한다. Q는 양자화 계수를 나타내며, Q값의 크기에 따라서 워터마크의 강인성은 증가하는 반면에 음원의 훼손이 커지므로 비인지성이 떨어진다.

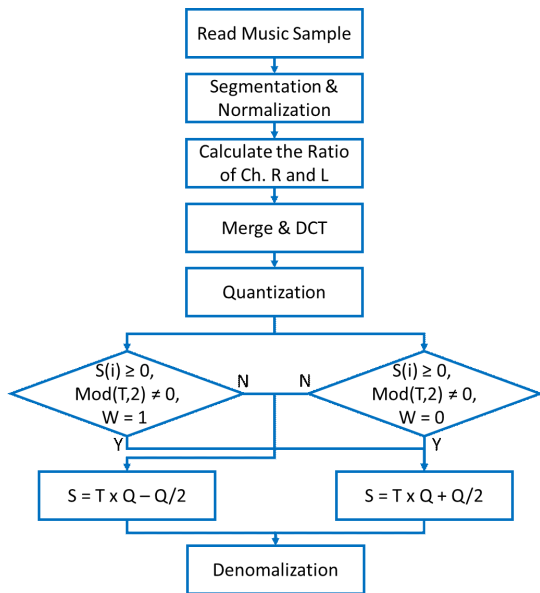
식(1)의 과정을 통해서 DCT된 오디오 샘플은 양자화되며, 바이너리 모듈러 연산에 의해서 양자화된 값은 0과 1을 의미할 수 있다. 오디오 샘플 값은 양의 값과 음의 값을 모두 가지고 있기 때문에 워터마크 정보가 0과 1인 경우와 오디오 샘플 값이 양과 음인 경우에 대해서 4가지 경우가 발생하며, 워터마크의 삽입은 식(2)와 같이 4가지 경우를 고려하여 양자화한 후 삽입하게 된다.

$$\begin{aligned} S(i) &= T \times Q + \frac{Q}{2}, \\ &\text{if } \text{mod}(T, 2) \neq 0, S(i) \geq 0, W = 1 \\ S(i) &= T \times Q - \frac{Q}{2}, \\ &\text{if } \text{mod}(T, 2) \neq 0, S(i) < 0, W = 1 \\ S(i) &= T \times Q + \frac{Q}{2}, \\ &\text{if } \text{mod}(T, 2) \neq 0, S(i) \geq 0, W = 0 \\ S(i) &= T \times Q - \frac{Q}{2}, \\ &\text{if } \text{mod}(T, 2) \neq 0, S(i) < 0, W = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

DCT 계수의 양자화 과정을 통해서 워터마크를 단순 삽입하는 것만으로는 본 연구에서 목표로 하는 고품질 스테레오 오디오 워터마킹 기술을 달성할 수 없다. 스테레오 음악을 모노로 바꾸더라도 양자화된 데이터 손실을 최소화할 수 있도록 하기 위해서 양자화를 취하기 전에 두 채널의 오디오 샘플 값의 비율을 구하고, 그 비율에 따라서 양자화를 취함으로써 스테레오로 존재하는 음악이나 모노로 변환된 음악이나 양자화에 의한 워터마크의 검출이 가능하도록 하였다. 이에 따라서 각 채널 별 실제 양자화 레벨인 Q값은 식(3)과 같이 조정되어 식(2)에서 사용된다.

$$\begin{aligned} Q_R &= Q \times \left(\frac{R}{R+L}\right) \\ Q_L &= Q \times \left(\frac{L}{R+L}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

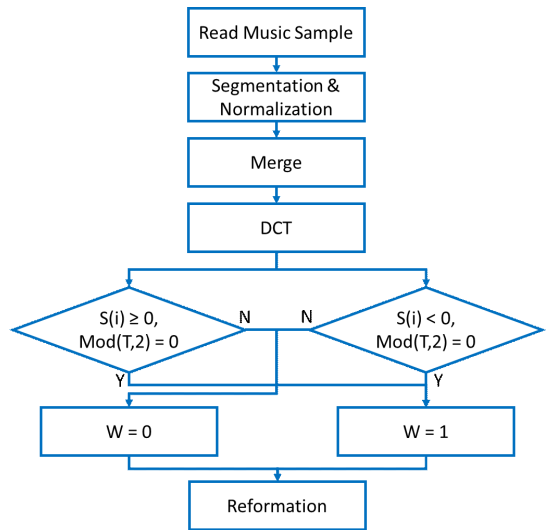
제안된 방식에 따른 워터마크의 삽입 과정은 <Figure 2>와 같다. 읽어 들인 음악 샘플데이터는 워터마크 삽입을 위한 전처리 과정으로 세그먼트이션과 정규화 과정을 거치고, 정규화된 음악 데이터는 스테레오-모노 변환에 대비하기 위해서 좌우 채널에 대한 비율을 계산한다. 좌우 채널은 DCT를 위해서 통합되며, DCT 계수는 양자화 과정을 거쳐서 워터마크가 삽입되게 된다. 워터마크가 삽입된 음악은 원래 진폭으로 되돌리기 위해서 역 정규화 과정을 거침으로써 워터마크 삽입과정이 마무리된다.



<Figure 2> Embedding Process of the Watermark

삽입된 워터마크의 추출 과정은 삽입의 역 과정으로, <Figure 3>과 같이 나타낼 수 있다. 읽어 들인 음악 샘플 데이터는 워터마크의 추출을 위한 전처리 과정으로 세그먼트이션과 정규화 과정을 거치고, 좌우 채널은 DCT를 위해서 통합되

며, DCT 계수는 양자화된 것인지를 체크하는 과정을 거쳐서 워터마크가 추출된다. 워터마크 정보의 판단은 음악 샘플데이터가 양수인지 음수인지 여부와 양자화 레벨에 의해서 모듈러 연산을 한 결과에 의해서 판단하게 된다.



<Figure 3> Extracting Process of the Watermark

3. 실험결과

본 논문의 실험에서 사용된 샘플 오디오의 샘플링 주파수는 44,100Hz에 스테레오, 16비트 또는 32비트인 음악을 사용하였다. 삽입 단위인 세그먼트 사이즈는 DCT변환에 적합하도록 하나의 워터마크 정보(72비트, 터보코드로 222비트, 실제 삽입량은 1024비트)를 삽입하기 위해서 65,536 샘플 (1.4861s)을 사용하였다.

워터마크 삽입 후의 품질 평가는 SNR(Signal to Noise Ratio)을 기준으로 진행하며 검출된 위

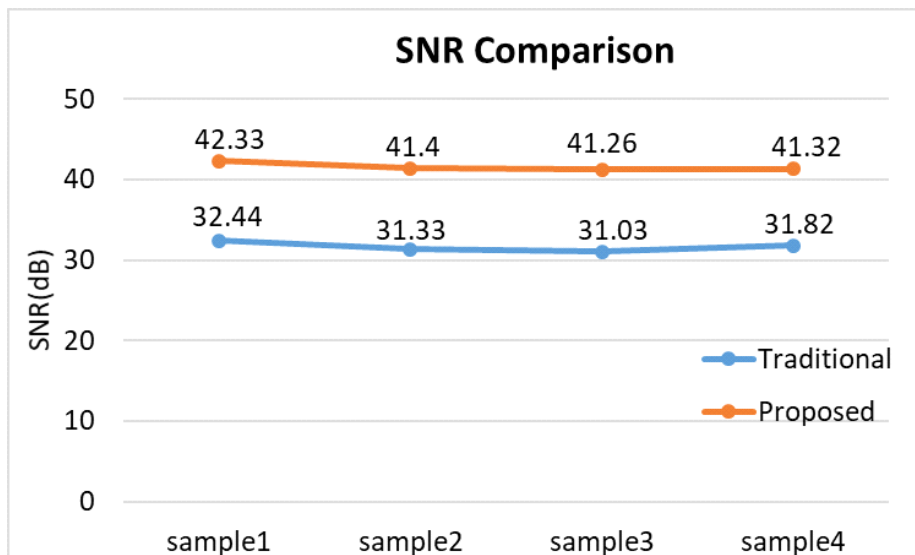
터마크는 BER(Bit Error Rate)을 통해 평가된다. 실험에서 워터마크의 삽입강도(Q값)를 조절하여 평균적으로 SNR 값을 조절할 수 있다. 워터마크 삽입을 위한 Q값의 설정을 일정하게 할 경우에는 음악의 크기에 따라서 워터마크의 손실이 생기거나 잡음이 발생할 가능성이 높기 때문에, 본 실험에서는 2~5단계로 구분하여 낮은 값의 샘플에 대해서는 양자화 레벨을 낮춤으로써 고품질 음악에 적합하게 설계하여 실험하였다.

제안한 알고리즘이 고품질 음악에 적합한지 여부를 판단하기 위해서 전형적인 양자화 방식에 의한 워터마크를 삽입하였을 때와 제안한 방식에 의해서 삽입한 샘플 음악에 대해서 동일한 실험을 수행하였다.

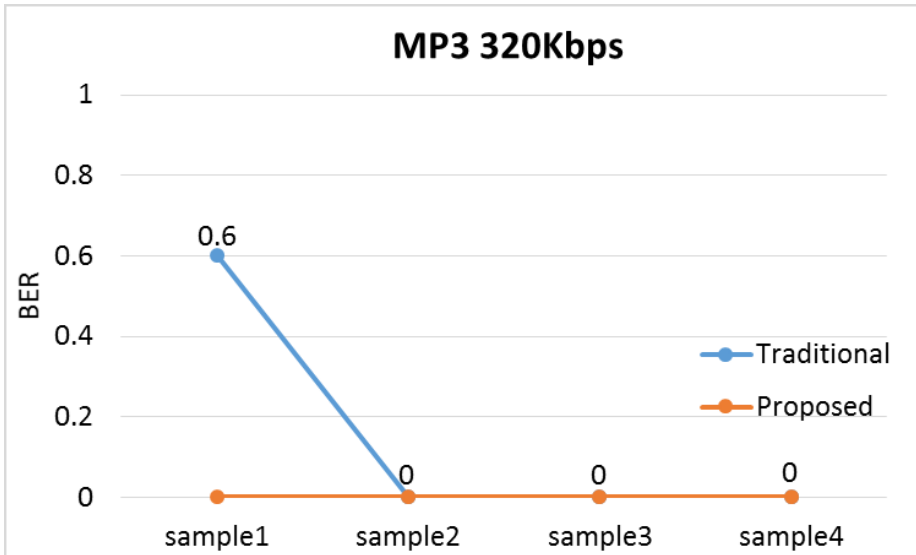
<Figure 4>는 전통적인 양자화 기법과 제안된 알고리즘에 의해서 워터마크가 삽입되었을 때의 SNR을 비교한 것이다. 전통적인 양자화 기법으로 삽입된 음악은 30dB를 약간 상회하는 SNR을

보이고 있는 반면에 제안 알고리즘에 의해서 워터마크가 삽입된 음악은 40dB를 상회하는 SNR을 보임으로써 평균적으로 10dB 이상의 SNR이 개선된 것을 알 수 있다. 즉, 제안 알고리즘이 고품질 음악에 적합하다는 것을 의미한다.

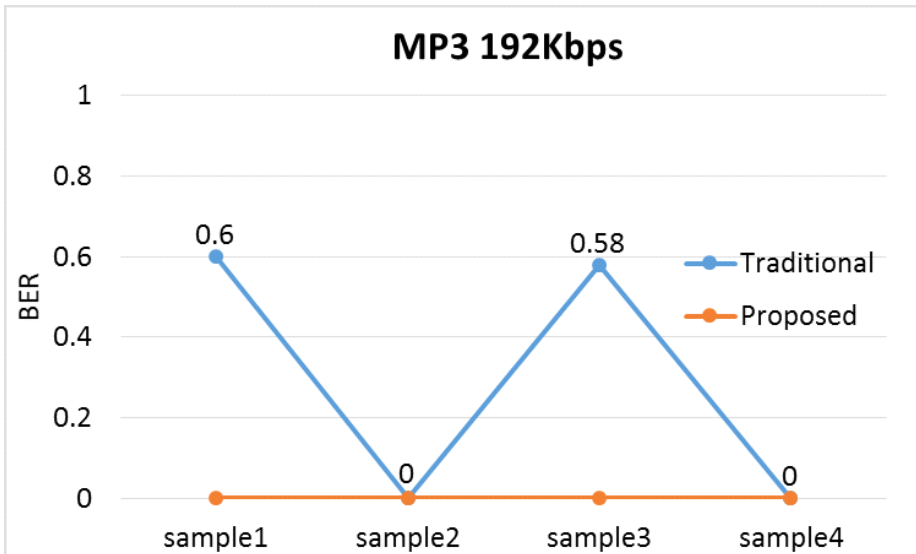
<Figure 5~7>은 전통적인 양자화 기법에 의해서 워터마크가 삽입된 음악을 MP3로 압축한 뒤에 워터마크를 추출한 실험 결과를 보여준다. MP3 압축 강도는 비트레이트를 320Kbps와 192Kbps, 128Kbps로 하였을 때 4가지 유형의 샘플 음악에 대해서 수행한 것이다. <Figure 5>의 경우에는 BER이 샘플 1에 대해서만 전통적인 양자화 기법이 워터마크 추출에 실패하였으며, 나머지 3개의 샘플에 대해서는 워터마크가 잘 추출된 것을 알 수 있다. 그러나 192Kbps에서는 2개가 실패하였으며, 128Kbps에서는 4개의 샘플 모두가 검출에 실패하였다.



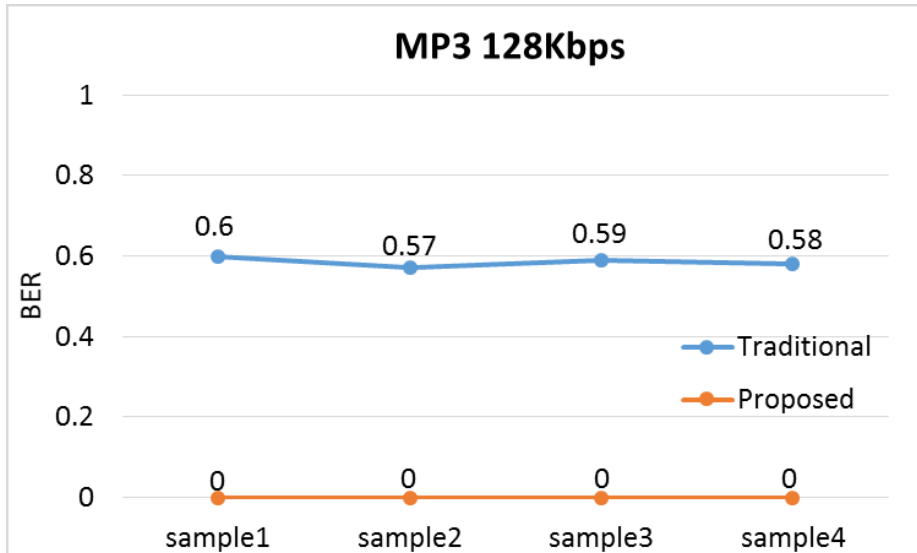
<Figure 4> SNR Comparison for Watermarked Music



〈Figure 5〉 BER of MP3 Compression with 320Kbps



〈Figure 6〉 BER of MP3 Compression with 192Kbps



〈Figure 7〉 BER of MP3 Compression with 128Kbps

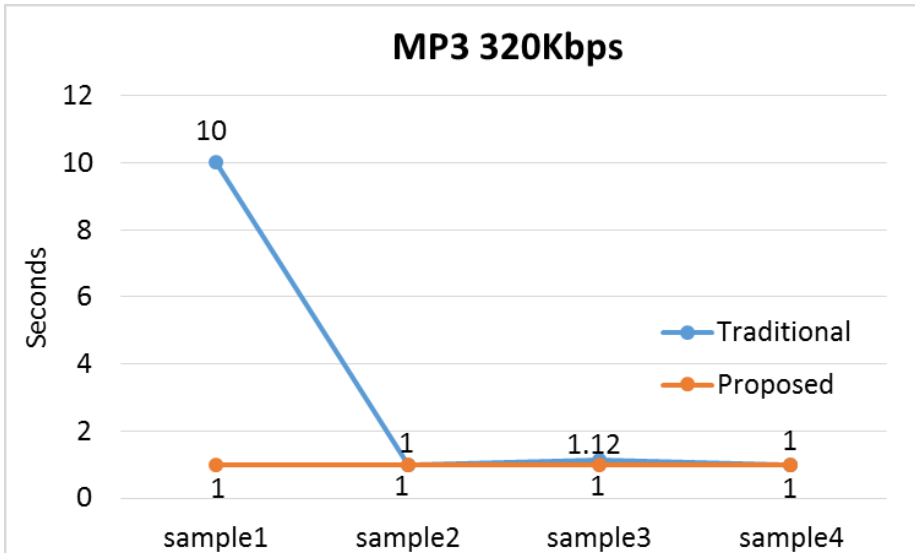
〈Figure 5~7〉에서 보는 것처럼 제안 알고리즘에 의해서 워터마크가 삽입된 음악은 3가지 MP3 압축의 경우에도 워터마크 검출이 모두 잘 된 것을 확인할 수 있으며, 고품질 음악에 대한 강인성도 확보되었음을 알 수 있다.

워터마크 추출의 실패를 판단하는데 있어서 사용된 중요한 요소중의 하나는 워터마크를 추출하는데 필요한 샘플의 길이이다. 본 실험에서는 워터마크의 추출에 필요한 샘플의 길이를 1초 길이 이하는 1초로, 10초 이내의 길이에서도 검출이 안되었을 때는 10초로 표현하여 MP3 압축에 대한 워터마크 검출에 소요되는 음악 샘플의 길이를 측정하여 그 결과를 〈Figure 8~10〉까지 나타내었다.

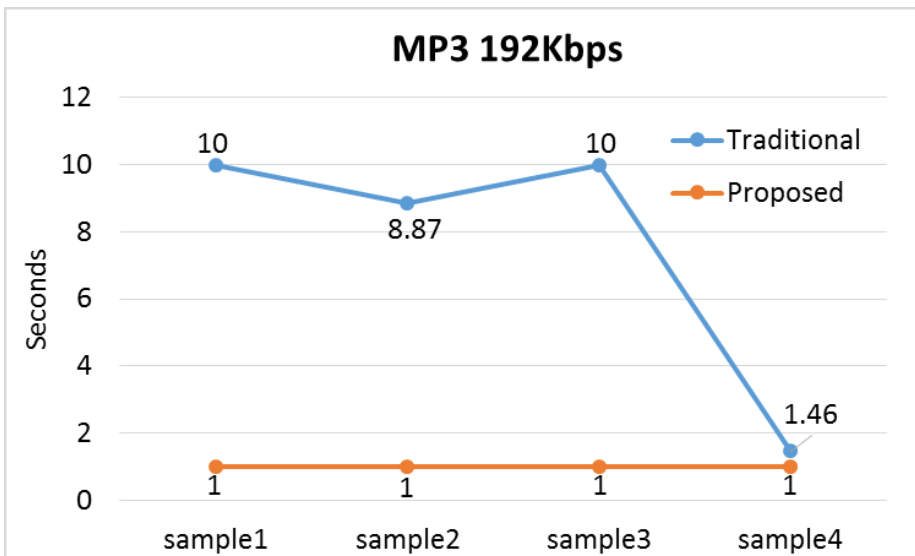
〈Figure 8〉의 320Kbps MP3 압축의 경우에는 상당한 고품질로써 음악의 품질이 원본과 차이가 거의 느껴지지 않는다. 전통적인 양자화 기법

에 의하면 이러한 고품질 음악의 경우도 샘플 1에 대해서는 10초 길이의 음악 샘플로부터 워터마크 추출이 실패하였으며, 나머지 3개의 샘플에 대해서는 1초 이내 또는 1.12초 길이의 샘플로부터 워터마크의 추출이 성공하였다. 반면에 제안한 알고리즘은 4개의 음악샘플에 대해서 모두 1초 이내 길이의 샘플로부터 워터마크를 추출하는 것이 가능하였다.

〈Figure 9〉에서 보는 것처럼 192Kbps MP3 음악의 경우에는 전통적인 방법이 2개의 음악에 대해서 10초 이내의 음악샘플 길이에서 워터마크의 추출에 실패하였다. 하나의 샘플은 8.87초 길이의 샘플로부터 추출이 가능하였으며, 다른 하나는 1.46초 길이에서 추출이 가능하였다. 192Kbps MP3 음악에 대해서도 제안한 알고리즘은 모두 1초 이내의 샘플길이로 워터마크 추출이 가능하였다.



(Figure 8) Sample Size of MP3 with 320Kbps for Watermark Extraction



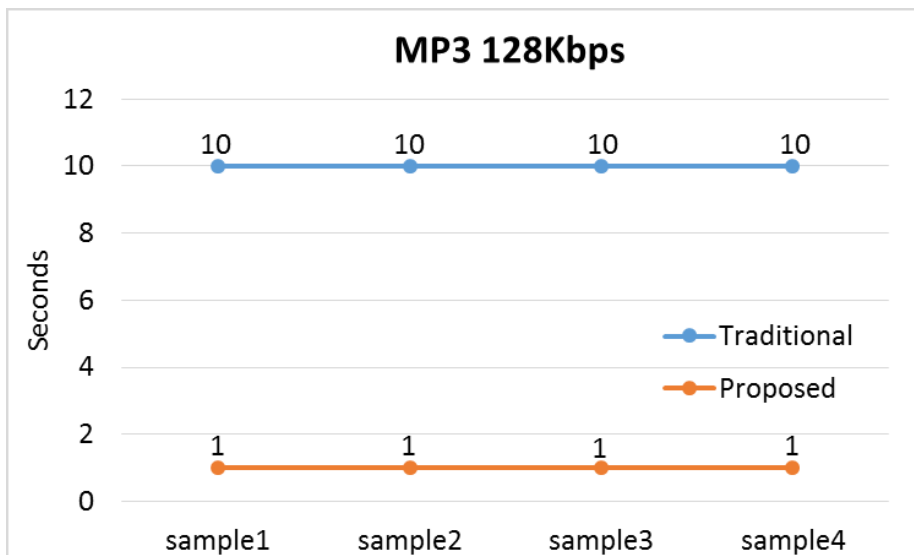
(Figure 9) Sample Size of MP3 with 192Kbps for Watermark Extraction

<Figure 10>의 128Kbps MP3 음악은 고품질이 라고 하기에는 부족한 감이 있는 상태의 압축이 적용되어 있다. 이 경우에는 전통적인 양자화 기법은 10초 이내 길이의 음악샘플에서 워터마크를 추출하는데 모두 실패하였다. 반면에 제안한 알고리즘은 128Kbps의 비트레이트에서도 1초 이내 길이의 음악샘플에서 워터마크를 모두 추출하였다. 이러한 결과는 제안한 알고리즘이 워터마크 삽입에서 SNR이 상대적으로 매우 우수할 뿐만 아니라 고품질과 중음질의 음악에 대해서 워터마크를 추출하는 강인성이 매우 높다는 것을 의미한다.

워터마크가 삽입된 스테레오 음악을 모노로 변환한 경우에도 전통적인 양자화 기법은 10초 이내 음악샘플로부터 워터마크의 추출이 불가능하였으나 제안한 알고리즘은 모두 1초 이내에 워터마크를 추출함으로써 제안한 알고리즘이 고품질 스테레오 음악에 매우 유용함을 보였다.

4. 결론

본 논문에서는 고품질 스테레오 음악의 저작권 보호를 위한 오디오 워터마킹 기술을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 스테레오 음악을 모노로 변환하였을 때 효율적으로 워터마크를 검출할 수 있고 SNR이 향상될 수 있도록 DCT에서의 양자화를 이용하였다. 그 결과 평균적으로 SNR은 40dB를 넘어서서 전통적인 양자화 방식보다 10dB 이상의 음질 개선을 가져왔다. 이는 상대적으로 10배의 음질 개선도를 의미하는 것으로 매우 유의미한 결과이다. 또한 워터마크의 추출에 필요한 샘플길이는 1초 이내의 길이면 충분히 추출이 가능하고, 128Kbps의 비트레이트를 갖는 MP3 압축에 대해서도 모두 1초 이내 길이의 음악 샘플로부터 워터마크의 완전한 추출이 가능하였다. 전통적인 양자화 방식이 10초 길이의 샘플을 이용해도 대부분 워터마크의 추출에 실패



<Figure 10> Sample Size of MP3 with 128Kbps for Watermark Extraction

한 것에 비하면 1/10에 불과한 길이로 워터마크의 추출이 가능한 것이다.

본 연구에서 음악에 삽입한 워터마크의 길이는 72비트이기 때문에 음악에 필요한 정보를 삽입하는 데 충분한 용량을 제공하고 있다. 특히 전세계에서 유통되는 음악을 식별하기에 충분한 비트 수이다. 2^{72} 은 4×10^{21} 개를 식별할 수 있기 때문에 식별자로 활용이 충분히 가능하며, 고품질 음악서비스의 저작권보호에 활용이 가능할 것이다.

제안된 알고리즘은 고품질 오디오뿐만 아니라 UHD(Ultra High Definition) TV나 고해상도 사진과 같은 멀티미디어 분야에서도 워터마킹 알고리즘의 개발에 활용될 수 있다. 또한, 디지털 기기의 발전과 함께 음악산업에서의 사용자들의 고품질 음악에 대한 요구는 점차 높아지고 있으며, 인공지능 비서의 등장과 함께 고품질 음악이나 스트리밍 서비스를 제공하고 있다. 본 연구의 결과는 이들 산업에서 저작권자의 권리를 보호하는데 유용하게 사용될 수 있다.

향후 본 연구는 동기화 문제를 알고리즘에 의해서 자동으로 해결하기 위한 추가연구를 통해서 실생활에 유용하게 활용할 수 있는 기술로 발전이 가능할 것으로 예상된다.

참고문헌(References)

Bai YingLei and Ing YannSoon, Zhen Li. "Blind and robust audio watermarking scheme based on SVD-DCT", *Signal Processing*, Vol.9', No. 8(2011), 1973~1984

Bassia, P., Pitas, I., and Nikolaidis, N. "Robust audio watermarking in the time domain",

IEEE Trans. Multimedia, Vol.3(2001), 232~241.

Cano, P., Batle, E., Kalker, T., and Haitsma, J. *A review of algorithms for audio fingerprinting*, Proceedings of IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing (2002), 169~173.

Chen, B., and Wornell, G. W. "Quantization index modulation methods for digital watermarking and information embedding of multimedia", *Journal of VLSI Signal Processing*, Vol.27 (2001), 7~33.

Ganmyeong kim, Mellon, Demonstrated High Quality streaming service "*Mellon haipai launch*", OSEN, 2017.8.30. <http://osen.mt.co.kr/article/G1110720666> (Downloaded 2018. 1.24)

Kirovski, D., and Malvar, H. "Spread spectrum watermarking of audio signals", *IEEE Trans. Signal Processing*. Vol. 51(2003), 1045~053.

Ko B.S., Nishimura, R., and Suzuki, Y. "Robust watermarking based on timespread echo method with subband decomposition", *IEICE Trans Fund*, Vol.87-A(6) (2004), 1647~1660.

Kyungyul Bae, "End to End Model and Delay Performance for V2X in 5G", *J Intell Inform Syst*, Vol.22, No.1(2016), 107~118.

Kyungyul Bae, "Image Watermarking for Copyright Protection of Images on Shopping Mall", *J Intell Inform Syst*, Vol.19, No.4 (2013), 147~157.

Kyungyul Bae, "Smartphone Security Using Fingerprint Password", *J Intell Inform Syst*, Vol.19, No.3(2013), 45~55.

Lee, S. K., and Ho, Y. S. "Digital audio watermarking in the cepstrum domain", *IEEE*

- Transaction on Consumer Electronics*, Vol.46(2000) 744~750.
- Lin, S. D., and Chen, C. F. "A Robust DCT-Based Watermarking for Copyright Protection," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol.46(2000). 415~421.
- N.V.Lalitha, and G.Suresh, V.Sailaja "Improved Audio Watermarking Using DWT-SVD", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol.2, No. 6(2011) 1~7.
- Ozer, H., Sankur, B., and Memon, N, *An SVD-based audio watermarking technique [C]*, Proceedings of the 7th Workshop on Multimedia and Security, 2005, 51~56.
- Tang Xianghong, and Niu Yamei, Li Qiliang, *A digital audio watermark embedding algorithm with WT and CCT*, in Proc. MAPE'05, Beijing, China, 2005, 970~973.
- Wu, S., Huang, J., Huang, D., and Shi, Y.Q. *Self Synchronized Audio Watermark in DWT Domain*, *Proceedings of IEEE ISCAS*, 2004, 712 ~715.
- Xiang-Yang Wang and Hong Zhao. "A Novel Synchronization Invariant Audio Watermarking Scheme Based on DWT and DCT", *IEEE Transaction on Signal Processing*, Vol.54, No.12(2006), 4835~4840.

Abstract

An Embedding / Extracting Method of Audio Watermark Information for High Quality Stereo Music

Kyungyul Bae*

Since the introduction of MP3 players, CD recordings have gradually been vanishing, and the music consuming environment of music users is shifting to mobile devices. The introduction of smart devices has increased the utilization of music through music playback, mass storage, and search functions that are integrated into smartphones and tablets. At the time of initial MP3 player supply, the bitrate of the compressed music contents generally was 128 Kbps. However, as increasing of the demand for high quality music, sound quality of 384 Kbps appeared. Recently, music content of FLAC (Free License Audio Codec) format using lossless compression method is becoming popular.

The download service of many music sites in Korea has classified by unlimited download with technical protection and limited download without technical protection. Digital Rights Management (DRM) technology is used as a technical protection measure for unlimited download, but it can only be used with authenticated devices that have DRM installed. Even if music purchased by the user, it cannot be used by other devices. On the contrary, in the case of music that is limited in quantity but not technically protected, there is no way to enforce anyone who distributes it, and in the case of high quality music such as FLAC, the loss is greater.

In this paper, the author proposes an audio watermarking technology for copyright protection of high quality stereo music. Two kinds of information, "Copyright" and "Copy_free", are generated by using the turbo code. The two watermarks are composed of 9 bytes (72 bits). If turbo code is applied for error correction, the amount of information to be inserted as 222 bits increases. The 222-bit watermark was expanded to 1024 bits to be robust against additional errors and finally used as a watermark to insert into stereo music. Turbo code is a way to recover raw data if the damaged amount is less than 15% even if part of the code is damaged due to attack of watermarked content. It can be extended to 1024 bits or it can find 222 bits from some damaged contents by increasing the probability, the watermark itself has made

* Corresponding Author: Kyungyul Bae
Dept. of Computer Science, Sangmyung University
20, Hongjimun2-gil, Jongno-gu, Seoul, Republic of Korea
Tel: +82-2-2287-5211, E-mail: jbae@smu.ac.kr

it more resistant to attack.

The proposed algorithm uses quantization in DCT so that watermark can be detected efficiently and SNR can be improved when stereo music is converted into mono. As a result, on average SNR exceeded 40dB, resulting in sound quality improvements of over 10dB over traditional quantization methods. This is a very significant result because it means relatively 10 times improvement in sound quality. In addition, the sample length required for extracting the watermark can be extracted sufficiently if the length is shorter than 1 second, and the watermark can be completely extracted from music samples of less than one second in all of the MP3 compression having a bit rate of 128 Kbps. The conventional quantization method can extract the watermark with a length of only 1/10 compared to the case where the sampling of the 10-second length largely fails to extract the watermark.

In this study, since the length of the watermark embedded into music is 72 bits, it provides sufficient capacity to embed necessary information for music. It is enough bits to identify the music distributed all over the world. 272 can identify $4 * 10^{21}$, so it can be used as an identifier and it can be used for copyright protection of high quality music service.

The proposed algorithm can be used not only for high quality audio but also for development of watermarking algorithm in multimedia such as UHD (Ultra High Definition) TV and high-resolution image. In addition, with the development of digital devices, users are demanding high quality music in the music industry, and artificial intelligence assistant is coming along with high quality music and streaming service. The results of this study can be used to protect the rights of copyright holders in these industries.

Key Words : Audio watermark, Stereo music, High quality, Quantization

Received : November 15, 2017 Revised : February 28, 2018 Accepted : May 24, 2018

Publication Type : Regular Paper Corresponding Author : Kyungyul Bae

저 자 소개



배경 울

1980년 미 Old Dominion University 정보과학 학사, 1982년과 1990년 미 Alabama University 정보과학 석·박사, 1989~1990년 Stillman College 전산과 교수, 1990년~1991년 Alabama University 산업공학과 교수, 1991년~1993년 한라중공업 CIO역임, 1999년~2002년 서울시 정보화기획단장(CIO) 역임, 1993년부터 현재까지 상명대학교 컴퓨터공학과 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 전자상거래, 생체인식, 스마트 공장 시스템 (Industry 4.0), 인공지능, 사이버 보안, 전자정부 및 지능형 생산시스템 등이다.