

# 안전한 디지털 음악 유통을 위한 워터마크 기술 평가에 관한 연구

이진흥\*, 김민정\*\*, 박지환\*\*\*

\* 실트로닉 테크놀로지

\*\* 부경대학교 교육대학원 전산교육전공

\*\*\* 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

## A Study on Watermark Technique Evaluation for Secure Digital Music Distribution

Jin-Heung Lee\*, Min-Jeong Kim\*\*, Ji-Hwan Park\*\*\*

\* SealTronic Technology, Inc.

\*\* Dept. of Computer Science Education, PuKyung National University

\*\*\* Division of Electronic, Computer and Telecommunications Engineering,  
PuKyung National University

e-mail : jhlee@sealtronic.com, kmms, jhpark@unicorn.pknu.ac.kr

### 요 약

본 논문은 안전한 디지털 음악 유통 실현을 위한 오디오 워터마크 기술의 국제적인 평가 기준 연구와 평가 기준에 따른 오디오 워터마크 알고리즘의 평가 및 강인성 분석에 관한 내용이다. 현재 디지털 음악에 대한 저작권 보호 기술로서 많은 오디오 워터마크 알고리즘이 개발되어 제품화되어 지고 있다. 이러한 워터마크 알고리즘의 기술적 평가를 위해 여러 국가에서 각각의 평가 기준을 제시하고 있다. 기존에 나와있는 평가기준에 따라 오디오 워터마크 알고리즘을 분석하고, 이로 인한 각 알고리즘의 취약점 및 앞으로의 알고리즘 개발 방향에 대하여 알아본다.

### 1. 서론

인터넷과 정보통신 기술의 발달로 인한 디지털 형태의 멀티미디어 콘텐츠의 사용이 급증하였다. 디지털 정보는 쉽게 복사할 수 있는 특성으로 인하여 불법적인 유통이 증가하면서 저작권 보호의 필요성이 급격히 대두되고 있다. 디지털 워터마킹 기술은 이에 대한 해결책으로 인식되고 있으며 많은 관심과 연구가 진행되고 있는 분야이다. 워터마킹 기술은 디지털 콘텐츠에 지각되지 않는 저작권 정보 또는 기타의 정보를 삽입함으로써 소유권을 주장하고 콘텐츠에 대한 접근을 통제할 수 있다.

디지털 워터마크 기술은 디지털 형태의 콘텐츠에 어떤 정보를 인간이 지각할 수 없게 삽입하는 기술로서 유통되는 콘텐츠에서 삽입된 정보를 검출함으로써 콘텐츠의 소유권을 주장하게 된다. 현재 디지털 워터마킹 기술은 이미지, 동영상, 오디오, 텍스트 등 멀티미디어 콘텐츠 전반에 걸쳐 개발이 진행되고 있으며, 이미지 워터마크의 경우, SureSign, Digimarc, SealTronic, MarkAny, 콘텐츠코리아 등 일부 업체가

상용화된 상태이다[6,7,8,9,10].

오디오 콘텐츠에 대한 워터마크 기술은 다른 영상 신호에 비해 삽입되는 데이터의 양이 적고, 정보를 감출 수 있는 영역도 상대적으로 부족하다. 또한 인간의 청각은 시각보다 민감하기 때문에 오디오 데이터의 손상이 쉽게 지각되는 단점이 있어 그 개발이 늦어지고 있는 실정이다. 그러나 MP3 파일의 불법적 유통, 디지털 방송의 상용화가 눈앞에 다가오는 시점에서 오디오 콘텐츠를 보호하기 위한 워터마킹 기술 개발은 다른 어떤 콘텐츠보다 시급하게 요구되고 있다. 국외에서는 정보통신 및 가전업체 그리고, 음반사들이 모여 미국 음반산업협회(RIAA, Recording Industry Association of America) 산하의 SDMI라는 국제포럼을 결성하고 디지털 오디오 콘텐츠 보호를 위한 표준화 작업을 추진하고 있다. 또한 일본에는 일본음악저작권협회(JASRAC)는 노부라 종합연구소이 위탁하여 저작권 관리단체의 국제조직인 CISAC(International Confederation of Societies of Authors and Composers), BIEM(Bureau International Des

Societes Gerant Les Droits D'enregistrement Et De Reproduction Mecanique)과 함께 디지털 워터마크 기술의 국제 평가 프로젝트 "STEP2001"을 실시하고 있다. 이는 디지털과 네트워크 기술이 발달된 지금, 디지털 매체에 대한 저작물 관리와 저작권 보호를 위한 필요 기술의 국제적인 평가 기준을 만들고 그 평가를 통해 워터마크 기술의 발전과 디지털 음악의 유통구조를 확립하고자 하는 데 목적이 있다.

본 논문은 이러한 오디오 워터마크 알고리즘에서 요구되는 기본적인 요구사항을 2장에서 설명하고 3장에서는 현재 진행중인 오디오 워터마크 기술에 대한 평가 기준에 대하여 설명한다. 4장에서는 오디오 워터마크 알고리즘에 대하여 평가기준에 준한 테스트 결과 및 알고리즘의 취약점 및 특징을 나타내며, 5장에서 향후 개발 방향에 대하여 제시하고 있다.

## 2. 오디오 워터마크의 요구사항

오디오 워터마크 기술은 여러 응용분야에 적용될 수 있다. 각 응용 분야에 따라 서로 다른 요구사항들을 가질 수 있으므로 모든 오디오 워터마크 기술들이 만족해야 할 필요 요구사항들을 규정짓기 어렵다. 그러나 기본적인 오디오 콘텐츠에 대한 워터마크 기술 적용시 지켜져야 할 항목들이 있다. 이 장에서 오디오 콘텐츠에 대하여 지켜져야 할 몇 가지 요구사항들을 살펴본다[1,13,14].

### 2.1 비가청성(Inaudibility)

워터마크의 개념의 본질은 워터마크가 삽입된 오디오 신호가 원음과 구별되지 않아야 한다는 점이다. 디지털 콘텐츠에 저작권 정보 및 안전한 유통을 위한 제어정보 등을 삽입하고자 할 때, 원 데이터 값을 적절히 조절하여 정보를 삽입하고 있으므로 원음의 시각적인 음질에 영향을 주게 된다. 초기 워터마크 기술은 신호처리적인 공격 및 의도적인 공격을 고려하지 않았기 때문에 비가청성 부분에 초점을 맞추어 개발되었으나 점차 오디오 처리 기술들이 일반화되면서 워터마크의 강인성 부분이 점차 중요시되고 있다.

### 2.2 강인성(Robustness)

디지털 매체는 근본적으로 복사 및 신호처리적 조작이 쉽게 이루어질 수 있다. 오디오 워터마크 기술이 디지털 음악의 전반에 걸쳐 저작권 보호의 목적으로 이용되면서 이러한 일반적인 신호처리 및 의도적인 공격에 대한 강인성이 중요하게 되었다. 강인성은 디지털 오디오의 음질과 밀접한 관계에 있으므로 사용 목적에 따라 적정 강도를 제공해야 한다.

### 2.3 신뢰성(Reliability)

워터마크의 검출 시, 신호의 왜곡이나 의도적인 공격 등으로 인해 워터마크가 삽입된 오디오임에도 불구하고 워터마크를 검출하지 못한다거나, 워터마크가 삽입되지 않은 오디오에서 워터마크를 검출해 내는 문제가 발생할 수도 있다. 워터마크를 이용하여 저작권 정보 등을 삽입하고 법적인 대응을 위해서는 이러한 false-negative와 false-positive의 확률이 각각  $10^{-12}$ ,  $10^{-2}$  이하로 충분히 작아야 한다.

### 2.4 워터마크 검출 시 원음 사용 여부

워터마크 기술은 검출 시 원 신호의 사용 여부에 따라 두 부류로 나누어진다. 원 신호를 이용하여 검출할 경우, 신호처리 및 워터마크 데이터를 제거하거나 검출할 수 없도록 하는 등의 의도적인 공격에 대해서 강인한 기법들이 제안되고 있다. 그러나, 이러한 방법들은 원 신호가 유효하지 않을 경우 적용이 어렵고, 위조된 워터마크를 삽입함으로써 올바른 소유권 주장이 어려워진다. 원 신호없이 삽입된 워터마크를 검출하는 방식은 신호처리 등에 의해 워터마크가 쉽게 제거 또는 파괴되는 단점을 가지고 있다. 그러나, 대부분의 응용분야는 후자와 같은 방식을 요구하고 있으므로 원 신호를 이용하지 않으면서 강인한 워터마크 기법의 연구가 활발히 진행되고 있다.

### 2.5 안전성(Security)

대부분의 워터마크 알고리즘의 안전성은 워터마크 삽입 시 사용된 알고리즘의 비공개에 의해 평가되고 있다. 이것은 알고리즘의 효율성 및 안전성 평가에서 매우 위험한 일이다. 암호화 기술에서 알고리즘을 공개하고 공개키와 비밀키로서 암호화 및 복호화를 수행하듯 워터마크 기술도 알고리즘의 공개를 전제로 하여 안전성이 평가되어야 한다. 현재 상업화된 대다수의 기술들은 워터마크 알고리즘의 비공개를 가정하고 사용하고 있으므로 알고리즘 공개 시, 많은 문제점이 나타나게 될 것이다.

### 2.6 신축성(Scalability)

실제 응용에 있어 워터마크 정보의 삽입시간과 검출시간은 매우 중요하다. 검출 시간에 비해 삽입 시간은 상대적으로 덜 중요하다. 대부분의 워터마크 응용 기술이 인터넷을 이용한 기술임을 감안하여 가능한 최소한의 시간 내에 삽입, 검출되어야 한다. 이는 강인성을 다소 약화시킬 수 있으므로 알고리즘 선택 시, 사용 목적과 함께 신중하게 검토되어야 한다.

### 2.7 삽입될 워터마크 정보의 양

오디오 콘텐츠에 삽입될 워터마크 정보의 양은 이

미지, 비디오에 비해 상대적으로 작게 삽입된다. 인간은 시각정보보다 청각정보에 보다 민감하게 반응하며, 오디오 신호가 영상 신호에 비해 정보를 감출 수 있는 영역이 상대적으로 적기 때문이다. 많은 정보의 삽입은 강인성과 음질을 저하시킬 수 있다. 그러나, 대부분의 응용분야에서 기본적으로 콘텐츠에 대한 정보와 구매자에 대한 정보가 충분히 표현 가능한 길이의 워터마크를 삽입해야 한다.

### 3. 오디오 워터마킹에 대한 평가기준

본 장에서는 오디오 워터마킹 기술에 대하여 대표적으로 실시되고 있는 평가기준을 살펴본다.

#### 3.1 SDMI[2,3]

SDMI는 Secure Digital Music Initiative의 약자로 세계 50여개의 음반사와 기업들이 모인 기구이다. SDMI에서는 디지털 음악의 정당하고 활발한 유통을 유도하고, 불법 복사 및 불법 배포 등을 막을 수 있는 시스템을 제안하고 소비자, 기업, 그리고 저작권자가 모두 만족할 만한 규정을 만들고 표준화하는데 목적을 두고 있다. 또한, SDMI에서 공인된 음악만이 인터넷을 통해 유통될 수 있고, 이를 재생하는 재생기에서 불법 복제 및 위,변조 여부를 판단하여 인증된 음악만이 재생 가능하도록 하는 시스템을 제안하고 있다. 이러한 유통 구조를 가능하게 하는 핵심 기술로 제안되는 것이 디지털 워터마킹 기술이며, 현재 Phase II에 대해서 표준화가 추진 중에 있다.

Phase II는 다음과 같은 메시지를 담을 수 있으며 들리지 않고 지워지지 않는 데이터를 삽입할 수 있어야 한다.

- "Do not copy if this Contents is or has been compressed"
- "No more copies"

디지털 음악 콘텐츠는 Screening Control Data (SCD)라는 정보에 의해 마킹 됨으로써 SDMI에서 공인된 콘텐츠 영역으로 들어오게 된다. 이때 삽입된 SCD 정보로 인한 주관적인 음질의 차이가 나타나지 않아야 한다. 또한 SCD가 삽입된 콘텐츠는 표2와 같은 의도적 혹은 자연적 공격에 대해서 정보를 잃지 않을 정도의 강인성을 지녀야 한다.

SDMI의 Phase II 기법에 사용되는 워터마크 비트열은 12 비트의 워터마크 형식으로 구성되어 있다. 12 비트는 또다시 CNTRL 4비트와 RSVD FIELD 8비트로 나누어지며, 이 가운데 CNTRL이 복제 허용 여부를 결정짓는 영역으로 이용된다.

표1. SDMI에서 정의된 CCI 비트

CCI bit(C3,C2)	Description
00	제한 없이 복제 가능 (Copy freely)
10	1차 복제 허용 (Copy One Generation)
11	복제 불가 (No More Copies)
01	reserved

표2. SDMI의 robustness 테스트 항목

Signal process	Description
D/A, A/D	D/A, A/D converting twice
Equalization	Typical case:10 band graphic equalizer with the following characteristics Freq. 31 62 125 250 500 1k 2k 4k 8k 16k Gain. -6 +6 -6 +6 -6 +6 -6 +6 -6 +6
Band-pass filtering	100Hz ~ 6kHz, 12dB/oct
Linear speed change	±10%
Time scale modification	Pitch invariant time scaling : +4%
Codecs	ISO/IEC 13818-7:1997("AAC") ISO/IEC 14496-3:1999(MPEG 4 AAC with perceptual noise substitution) ISO/IEC 11172-3:1993 Layer III (MPEG-1 Audio Layer 3 "MP3") Q Design Windows Media Audio Twin VQ ATRAC3 Dolby Digital AC 3 ATSC A.52 EPAC
Noise addition	Adding white noise with constant level of 36dB lower than total averaged music power(S/N:36dB)
Wow and flutter	0.5% rms, from DC to 250Hz
Addition echo	Maximum delay : 100ms Feedback coefficient : up to 0.5
Down Mixing and Surround Sound Processing	6 channel to stereo SRS Spatializer Dolby Surround Dolby Headphone
Sample Rate Conversion	48kHz to 44.1kHz 96kHz to 48/44.1kHz
Dynamic Range Reduction	Threshold : 50dB 16dB max compression Rate : 10ms attack, 3s recovery

#### 3.2 STEP2001[4]

디지털 워터마크 기술의 활성화를 위한 기술평가 테스트(STEP2001)는 디지털 음악 유통에 관여하는 사업자가 워터마크 알고리즘 선정에 필요한 기술사항에 대하여 그 능력을 평가하고 있다. 이는 오디오 워터마크 기술의 성능을 테스트하고, 기준 이상의 능력을 소유하는 기술에 대해 그 능력을 인정함으로써 콘텐츠 사업을 활성화하고, 사업자들로부터 워터마크 기술을 선택하는데 필요한 기준을 제공하는데 그 목적이 있다. 이러한 STEP2001은 CISAC, BIEM 및 JASRAC이 주체가 되어 노무라 종합 연구소와 일본 음향연구소가 공동으로 알고리즘 평가를 실시하고 있다.

STEP2001에서 평가되는 워터마크 기술은 두 가지 용도에 대응하는 워터마크 정보를 삽입하도록 되어있다. 복제 제어 정보를 위한 15초 단위의 CCI (Copy Control Information) 2 비트와 저작권 관리 정보를 위한 CMI(Copy Management Information) 72 비트를 30초 단위로 삽입하고 있다.

표3. STEP2001의 robustness 테스트 항목

Test Item	Outline of processing
D/A, A/D conversion	Digital Analog Digital
Channel conversion	Stereo to mono
Down sampling	44.1kHz/16bit/2ch to 16kHz/16bit/2ch
Amplitude compression	44.1kHz/16bit/2ch to 44.1kHz/8bit/2ch
Compression and expansion of time/pitch	Time : +10% Pitch : +10%
Linear data compression	MPEG1 Audio Layer3(MP3) 128kbps(stereo) / 96kbps(stereo) MPEG2 AAC 128kbps(stereo) / 96kbps(stereo) ATRAC : Version4.5 ATRAC3 : 105kbps Real Audio : Single ISDN Windows Media Audio : Single ISDN
Non linear data compression	FM (FM multiplex broadcasting) AM (AM broadcasting) PCM (CS and BS used for satellite TV broadcasting)
Frequency response distortions	FM(FM multiplex broadcasting) AM(AM broadcasting)
Noise	White noise : S/N 40dB

오디오 워터마크에 대한 기술 요건은 크게 강인성과 음질, 워터마크 검출 및 추출 시간으로 나누어 평가하고 있다. 워터마크 알고리즘의 강인성은 일반 스튜디오에서 이루어질 수 있는 처리과정, 방송 스튜디오에서 이루어질 수 있는 처리, 그리고 인터넷 전송시 이루어질 수 있는 처리 환경에서 삽입된 워터마크 정보가 검출되는지를 평가하게 된다. 음질 평가는 먼저 4명의 silver ears가 워터마크 삽입에 따른 음질 변화를 테스트하고, 최종 평가되는 기술에 대해서 레코딩 엔지니어, 마스터링 엔지니어, 오디오 평론가 등에 의한 음질 테스트를 실시한다.

### 3.3 SDM[5]

SDM(Secure Digital Multimedia) Forum은 산업자 원부 산하 정부기관, 학계, 기업, 연구소가 참여하고 있으며, 디지털 음악 및 영상과 관련된 콘텐츠 보호와 관련 산업의 활성화를 목적으로 한다.

워터마크 인코더는 72비트의 워터마크 정보(0x0-0xF의 16진수 값)를 삽입하고 디코더에서 30초마다 1회 이상의 워터마크 정보를 정확히 검출해야 한다. 허위로 워터마크 정보가 표시되어지는 것을 방

지하기 위해 false watermarking detection을 체크한다. 또한 구현성 평가에서 삽입 및 검출시간을 원곡의 50%로 규정하고 있다.

표4. SDM의 robustness 테스트 항목

Signal process	Description
Echo	Delay : 100ms, Feedback coefficient : 0.5 Delay : 200ms, Feedback coefficient : 0.25
Equalization	Typical case:10 band graphic equalizer with the following characteristics Freq. 31 62 125 250 500 1k 2k 4k 8k 16k Gain. 6 +6 6 +6 6 +6 6 +6 6 +6
Band pass filtering	100Hz 6kHz, 12dB/oct
Linear speed change	+10%
Time scale modification	pitch invariant time scaling : +4%
Codecs	MPEG1 Audio Layer3(MP3) : 128kbps(stereo) MPEG2 AAC : 128kbps(stereo)
Noise	White noise : S/N 36dB
Cropping	30초 이상
False watermarking detection	원본에 대해서 워터마크 유무 판정

### 4. 평가기준에 따른 알고리즘 평가

이 장에서는 최근 오디오 워터마크 기술에서 많이 사용되고 있는 심리음향모델과 echo 신호를 이용한 워터마크 알고리즘 및 현재 상용제품에 대하여 평가 기준에 의한 알고리즘의 강인성 평가를 실시하였다.

4.1 심리음향모델을 이용한 오디오 워터마크 알고리즘  
대역확산을 이용한 워터마크 시스템은 PN 시퀀스를 오디오 신호에 더함으로써 워터마크 데이터를 삽입한다.[11] 오디오 신호에 단순히 PN 시퀀스를 삽입하게 되면 백색 잡음현상이 발생하게 되므로 심리음향 모델을 이용하여 백색 잡음에 의한 음질의 열화를 최소화하는 부분에 워터마크를 삽입하였다.

복호기에서는 워터마크가 삽입된 오디오 신호로부터 워터마크로 가정된 정보를 추출하고 추출된 정보와 삽입시 사용한 PN 시퀀스와의 상관도를 이용하여 워터마크 정보를 검출한다.

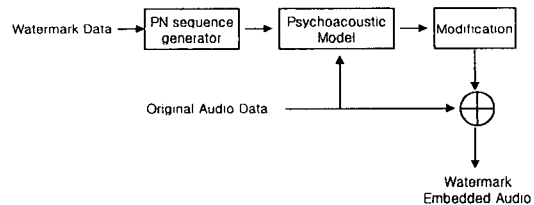


그림1. 워터마크 삽입 과정

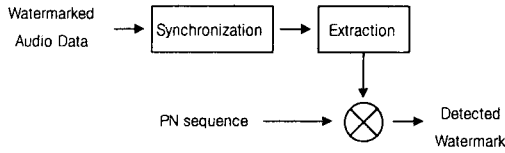


그림2. 워터마크 검출 과정

4.2 Echo를 이용한 오디오 워터마킹 알고리즘

Echo를 이용한 워터마킹 기법은 오디오 신호에 인위적인 echo를 이용하여 워터마크 정보를 삽입하게 된다. Echo 신호를 결정하는 요소는 여러 가지가 있는데, 이들을 키로 사용하여 서로 다른 echo를 삽입할 수 있다. 오디오의 echo 신호를 결정하는 요소는 초기 진폭(Initial amplitude), 감쇄율(Decay rate), 오프셋(Offset), 델타(Delta) 등이 있다[12]. 초기 진폭은 첫 번째 echo 신호의 크기를 나타내며, 감쇄율은 두 번째 echo부터 적용되는 초기 진폭으로부터의 상대적인 크기의 비율을 나타낸다. 오프셋은 원래 신호로부터 첫 번째 echo 신호까지의 시간 지연을 나타내고, 이후의 감쇄되는 echo 신호 사이의 간격은 델타로 정의된다.

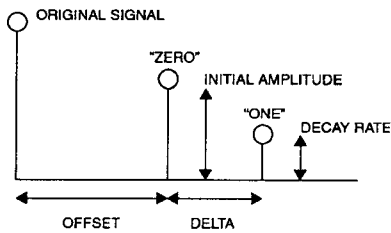


그림3. Echo 신호를 결정하는 요소

4.3 평가기준에 따른 알고리즘 평가

모든 디지털 음악은 압축되어 저장되고 전송되어진다. 따라서 이러한 압축에 대한 강인성은 디지털 음악에 있어서 반드시 갖추어야 할 조건이다. 다음 표는 STEP2001에서 선정한 음악 파일 01.wav~05.wav와 SDM에서 선정한 음악 파일 test1.wav~test4.wav에 대하여 심리음향모델을 이용한 워터마크 알고리즘을 이용하여 워터마크 정보를 삽입하고, MP3와 AAC 압축에 대한 강인성 테스트 결과를 나타내고 있다. 테스트 곡은 pop, classic, 특수음향, rock 등의 다양한 장르로 구성되어 있다. 삽입 데이터는 저작권 정보 72비트를 30초 단위로 반복 삽입하였으며, 검출 결과는 삽입 정보에 대하여 오류 검출 비트를 측정하였다. 최종적으로 오류 비트율(BER, Bit Error Rate)을 측정하여 알고리즘의 강인성을 평가하였다.

표5. MP3 압축에 대하여 심리음향모델을 이용한 알고리즘의 강인성 평가

Audio	128kbps/stereo	96kbps/stereo
test1.wav	0/576	0/576
test2.wav	0/504	0/504
test3.wav	0/504	0/504
test4.wav	0/1008	35/1008
01.wav	0/720	0/720
02.wav	0/576	0/576
03.wav	0/432	0/432
04.wav	0/576	0/576
05.wav	43/576	66/576
BER	0.786%	1.846%

※ 오류 검출 비트 수/전체 삽입 비트 수

표6. AAC 압축에 대하여 심리음향모델을 이용한 알고리즘의 강인성 평가

Audio	128kbps/stereo	96kbps/stereo
test1.wav	0/576	0/576
test2.wav	0/504	0/504
test3.wav	0/504	0/504
test4.wav	0/1008	0/1008
01.wav	0/720	0/720
02.wav	13/576	15/576
03.wav	0/432	C/432
04.wav	0/576	C/576
05.wav	71/576	83/576
BER	1.535%	1.791%

심리음향모델을 이용한 방법에서는 대부분의 공격에 대하여 강인한 결과를 보이고 있다. 그러나, PN 시퀀스를 이용하여 워터마크 정보를 삽입하기 때문에 linear speed change나 time scale modification과 같은 파일의 길이를 변화시키는 공격에는 매우 취약하다. 반면, echo 신호를 이용한 알고리즘에서는 많은 데이터를 삽입하게 되면 강인성이 매우 약해지나 적은 데이터를 삽입했을 때, 파일의 길이를 변화시키는 공격에 대한 강인성은 다른 알고리즘에 비하여 매우 높음을 알 수 있다.

표7. Linear speed change와 time scale modification 공격에 대한 Echo 알고리즘의 강인성 평가

Audio	Linear speed change	Time scale modification
test1.wav	0/7	0/8
test2.wav	0/6	0/7
test3.wav	0/6	0/7
test4.wav	0/12	C/14
01.wav	0/9	C/10
02.wav	0/7	0/8
03.wav	0/5	0/6
04.wav	0/7	0/8
05.wav	2/7	0/8

4.4 상용화된 알고리즘 평가

디지털 오디오 콘텐츠의 중요도가 높아지면서 새로

운 워터마킹 알고리즘과 함께 많은 응용제품이 등장하고 있다. 이 중에서 상용화된 오디오 워터마크 제품에 대하여 SDMI 평가기준에 준하여 평가하였으며, 그 결과를 다음 표에서 나타내고 있다. 평가에 이용된 응용프로그램은 SDMI에서 지정한 SoundForge 4.5를 이용하여 각 항목을 평가하였다.

표8. SDMI 기준에 따른 A사 알고리즘 평가

attack	test1	test2	test3	test4
Echo	O	O	O	O
Dynamic range	O	O	O	O
Equalization	x	x	x	x
Linear speed decrease	x	x	x	x
Linear speed increase	x	x	x	x
Time scale increase	x	x	x	x
Time scale decrease	x	x	x	x
Band pass filter	O	O	O	O
Noise	O	O	O	O
Wow & Fluter	O	O	O	O
MP3, 128kbps/stereo	O	O	O	O
AAC, 128kbps/stereo	O	O	O	O

※ O : 정확한 검출, x : 검출 안됨

표9. SDMI 기준에 따른 B사 알고리즘 평가

attack	test1	test2	test3	test4
Echo	27/27	23/23	24/24	46/46
Dynamic range	27/27	23/23	24/24	46/46
Equalization	27/27	23/23	24/24	46/46
Linear speed decrease	0/24	0/21	0/22	0/41
Linear speed increase	0/30	0/25	0/26	0/51
Time scale increase	0/19	0/24	0/25	0/48
Time scale decrease	0/26	0/22	0/23	0/44
Band pass filter	27/27	23/23	24/24	46/46
Noise	27/27	23/23	24/24	46/46
Wow & Fluter	27/27	23/23	24/24	46/46
MP3, 128kbps/stereo	27/27	23/23	24/24	46/46
AAC, 128kbps/stereo	27/27	23/23	24/24	46/46

※ 프레임 당 1bit의 워터마크 정보 삽입

표10. SDMI 기준에 따른 C사 알고리즘 평가

attack	test1	test2	test3	test4
Echo	8/8	7/7	7/7	14/14
Dynamic range	4/8	7/7	7/7	13/14
Equalization	8/8	7/7	7/7	14/14
Linear speed decrease	7/7	6/6	6/6	12/12
Linear speed increase	7/9	7/8	7/8	14/15
Time scale increase	8/8	7/7	6/7	14/14
Time scale decrease	8/8	7/7	6/7	12/14
Band pass filter	8/8	6/7	2/7	6/14
Noise	8/8	7/7	7/7	14/14
Wow & Fluter	8/8	7/7	7/7	14/14
MP3, 128kbps/stereo	8/8	7/7	7/7	14/14
AAC, 128kbps/stereo	8/8	7/7	7/7	14/14

※ 프레임 당 72bits 워터마크 정보 삽입

표에서 A사는 음성 데이터에 회사 로고를 전체에 삽입하고 삽입된 오디오에서 그 로고를 검출하는 방식을 취하고 있다. 따라서, 평가결과는 삽입한 워터마크가 정확히 검출되는지에 대하여 평가가 이루어졌으

며, B사와 C사는 각 제품에서 지정된 프레임 단위마다 워터마크 정보를 반복해서 삽입하고 있으며 평가는 삽입된 프레임 중에서 얼마나 정확하게 삽입된 정보를 검출 하고있는지를 평가하였다.

### 5. 결론

본 연구에서는 디지털 오디오 콘텐츠에 대한 워터마킹 기술 평가항목에 대하여 알아보았다. 이를 위해 오디오 워터마킹 시스템에 대한 기본적인 요구사항을 조사하고, 각국에서 실시하고 있는 평가기준에 대하여 비교, 분석을 실시하였다. 그리고, 오디오 워터마크 알고리즘 및 상용제품에 대하여 평가기준에 준한 평가 결과를 도출하였다.

평가기준에 의한 각 알고리즘의 특징 및 취약점을 분석함으로써 향후 오디오 워터마킹 알고리즘을 개발시, 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

### [참고문헌]

- [1] M. Swanson, M. Kobayashi, A. Tewfik, "Multimedia Data Embedding and Watermarking Technologies," Proc. of IEEE, Vol. 86, No. 6, pp.1064-1087, June. 1998.
- [2] SDMI, "Call for Proposals for Phase II Screening Technology, Version 1.0", 2000
- [3] SDMI, "SDMI Protatable Device Specification, Part 1, Version 1.0", 1999.
- [4] Nomura Research Institute, Ltd. "Technical Evaluation for Laying the Foundation to Promote Practical Utilization of digital watermarks (STEP2001)", 2001
- [5] <http://www.ksdm.or.kr/>
- [6] <http://www.signumtech.com/>
- [7] <http://www.digimarc.com/>
- [8] <http://www.sealtronic.com/>
- [9] <http://www.markany.com/>
- [10] <http://www.contents.co.kr/Ckorea/default.asp>
- [11] L. Boney, A. Tewfik, K. Hamdy, "Digital Watermarks for Audio Signals," IEEE Proc. of Multimedia '96, pp.473-480, 1996.
- [12] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto, and A. Lu, "Techniques for Data Hiding," IBM Systems Journal 35, No. 3&4, pp.313-336, 1996.
- [13] 디지털 오디오 워터마킹 삽입 및 추출 기술 개발, 한국전자통신연구원, 2000.
- [14] M. Swanson, B. Zhu, A. Tewfik, "Current State of the Art, Challenges and Future Directions for Audio Watermarking," IEEE Multimedia Computing and Systems, Vol. 1, pp. 19-24, 1999.