

오디오 워터마크를 이용한 실시간 방송동기화시스템의 구현

論 文

54D-12-5

The Implemetation of Real-time Broadcast Synchronizing System Using Audio Watermark

申 東 煥[†] · 金 鍾 元^{*}

(Dong-Hwan Shin · Jong-Weon Kim)

Abstract - In this paper, we propose the audio watermarking algorithm based on the critical band of HAS(human auditory system) without audibly affecting the quality of the watermarked audio and implement the detecting algorithm on the BSS(broadcast synchronizing system) for testing the proposed algorithm. According to the audio quality test, the SNR(signal to noise ratio) of the watermarked audio objectively is 66dB above. In the robustness test, the proposed algorithm can detect the watermark more than 90% from various compression(MP3, AAC), A/D and D/A conversions, sampling rate conversions and especially asynchronizing attacks. The BSS automatically switches the programs between the key station and the local station in broadcasting system. The result of reliability test of implemented system by using the real broadcasting audio has no false positive error during 30 days. Because of detecting once processing per 0.5 second, we can judge that the false positive error does not occur.

Key Words : BSS(Broadcasting Synchronizing System), Audio Watermark, HAS

1. 서 론

대표적인 디지털콘텐츠(오디오, 영상, 비디오, 텍스트 등) 저작권 보호기술로서 암호화 기술과 디지털 워터마킹(watermarking) 기술이 있다. 암호화 기술은 적법한 사용자에게만 암호화된 콘텐츠를 재생할 수 있도록 하는 기술로서 복호화된 콘텐츠에 대해서는 보호할 방법이 없다. 워터마킹 기술은 1990년대 중반이후 각광을 받는 기술로서 디지털콘텐츠 자체에 다양한 정보를 은닉하기 때문에 콘텐츠에 항상 따라다니는 정보라는 장점을 갖고 있다. 즉 워터마킹된 멀티미디어 콘텐츠를 암호화한 후 배포함으로써 복호화된 콘텐츠의 보호도 가능하게 되었다. 워터마킹 기술이 사용되는 응용분야는 다양하다. 삽입되는 워터마크의 용도에 따라서 방송되는 콘텐츠의 저작권료 지불을 위한 방송모니터링(broadcast monitoring) 시스템, 저작권 정보를 워터마크로써 삽입하여 추후 법정 분쟁에서 자신의 소유권을 주장할 수 있는 저작권인증(proof of ownership) 시스템, 콘텐츠의 불법 배포자를 찾아내기 위한 핑거프린팅(fingerprinting) 시스템, 콘텐츠의 위변조 식별을 위한 콘텐츠인증(content authentication) 시스템, 불법적인 복제를 원천적으로 막는 복제방지(copy protection) 시스템, 워터마크를 기기제어를

위해 사용하는 기기제어(device control) 시스템 등으로 구분된다[1].

오디오 콘텐츠에 대한 워터마킹 기술은 많은 연구자들에 의해서 발전되어 왔다[2][3][4][5][6]. Cox[7]에 의해서 제안된 대역확산기술(spread spectrum technique)을 이용한 워터마킹 기술이 가장 많이 사용되어진 기술 중에 하나이다. 또한 Ciloglu[8]등에 의해서 제안된 디지털 필터를 이용한 워터마킹 방법이 있다. All pass 필터를 사용하여 진폭은 변화시키지 않고 삽입하고자 하는 정보에 비례해서 위상을 변화시키는 워터마킹 방법을 제안했다. 그러나 이들의 알고리즘은 단점을 갖고 있다. 워터마크를 검출하기 위해서는 오디오 신호의 동기를 맞추어야 한다. 즉 정보를 삽입하기 시작한 점을 찾아야 하는 단점이 있다. 만일 정보가 시작되는 점을 찾지 못하면 워터마크 검출률이 현저하게 떨어지게 되는 특성이 나타난다. S. Wu[14]등이 제안한 방법역시 워터마크 정보를 추출하기 위해서 싱크정보를 먼저 찾는 과정을 갖는다. 싱크정보 자체만을 추출하는데 1.85초가 소요된다. 이런 제약사항은 짧은 시간 안에 워터마크 정보를 추출하여 장비를 제어하는 경우에는 사용할 수 없다는 단점이 있다.

본 논문에서는 새로운 오디오 워터마킹 알고리즘을 제안하고 제안된 알고리즘을 실제 방송장비인 방송동기화시스템(BSS: broadcast synchronizing system)에 적용하여 알고리즘의 유용성을 입증한다. 방송동기화 시스템은 방송시스템에서 하나의 중앙방송국과 여러 개의 지방방송국을 사이에서 방송프로그램을 자동으로 전환하는 장비이다.

제안된 워터마킹 방법은 잠음첨가, 채널변환, 손실압축 뿐만 아니라 비동기화 공격(asynchronizing attack)에도 강인성을 갖고 있다. 또한 워터마크 정보를 효율적으로 검출하

[†] 교신저자, 正 會 員 : (주)마크텍 연구소

E-mail : dhshin@marktek.co.kr

^{*} 正 會 員 : 상명대학교 CPRI 부센터장

接受日字 : 2005년 7월 28일

最終完了 : 2005년 11월 6일

기 위해서 입력신호를 FFT(fast Fourier transform)를 이용하여 주파수 변환한다. 주파수 변환된 신호의 진폭 스펙트럼을 로그 스케일로 변환하여 0.5초 단위로 누적하여 더한다. 누적된 진폭스펙트럼으로부터 워터마크 정보를 검출한다.

제안된 알고리즘을 테스트하기 위해서 워터마크 검출 알고리즘을 방송동기화 장비에 구현하였다. 지방방송국에서 서울의 중앙방송국에서 제작된 프로그램을 받아서 송출하는 도중에 자체 제작한 프로그램으로 바꾸어서 송출하려고 할 때, 중앙방송국과 지방방송국 간에는 방송전환 시간에 대한 동기를 맞추어야 만 한다[7]. 이런 동기화는 중앙에서 방송되어진 오디오 신호 중에서 “콜사인(call sign)”이라는 특정한 약속된 오디오 신호를 보냄으로서 이루어진다. 본 논문에서 구현된 방송동기화 시스템은 콜사인에 워터마크를 삽입하여 자동으로 방송전환이 이루어지도록 구현하였다. 실험결과 방송환경에서 좋은 결과를 보여 주었다.

2. 제안된 오디오 워터마크

2.1 방송동기화 시스템을 위한 워터마크 요구사항

방송동기화 시스템에 적용되기 위해서 필요한 오디오 워터마크 조건을 아래에 나타냈다.

첫 번째 조건은 비가청성(inaudibility)이다. 이 조건은 오디오 워터마크 알고리즘에서 일반적으로 요구되는 사항이다. 오디오 콘텐츠에 워터마크를 삽입함에 의해서 음질열화가 소비자에게 인식되어서는 안 된다. 이것은 다소 주관적이다. 객관적으로 음질열화 정도를 측정하는 방법으로서 신호대 잡음비(SNR, signal to noise ratio)가 일반적으로 사용되고 있다.

두 번째는 강인성(robustness)이다. 온라인에서 서비스되는 오디오 포맷 대부분(MP3, MP2, AAC, WMA 등)이 손실 압축이다. 따라서 오디오 워터마크 기술은 어떤 다른 공격보다 이러한 압축에서 더 강인하게 워터마크가 살아남아야 한다. 방송환경에서 오디오 방송 콘텐츠는 다양한 변형이 이루어 질 수 있다. 즉 A/D, D/A, 타임스케일링(time-scaling)과 피치이동(pitch shift)과 같은 변형이 이루어 질 수 있다. 이러한 공격에 대해서도 워터마크를 검출하는 것이 가능해야 한다.

세 번째는 실시간 구현 가능성이다. 0.5초이내에 오디오 방송신호에 삽입된 워터마크 정보를 검출하여 동기제어 신호를 생성하기 위해서는 워터마크 검출 알고리즘이 간단하여 적은 계산량으로도 워터마크가 검출될 수 있어야 한다. 또한 하드웨어 제약 때문에 가능한 작은 양의 프로그램 메모리와 데이터 메모리를 사용해야 하며 정수 연산을 기반으로 알고리즘이 구현되어야 한다.

2.1 내장된 자체 테스트

만일 256개의 의사 무작위 패턴이 가해졌을 때, 66개의 결정 패턴만을 가하면 고장 검출률 100%를 보장할 수 있다. 따라서 총 322개의 패턴으로 고장 검출률 100%를 얻을 수 있는 것이다. 그리고 의사 무작위 패턴을 더 많이 가하면

총 테스트 수는 길어지지만 Ld 값을 줄일 수 있다.

총 5440개의 테스트로 100%를 얻을 수 있는 무작위 테스트보다 테스트시간을 상당히 단축시킬 수 있다. 이와 같은 방법을 내장된 자체 테스트라고 한다. 현재로서는 BIST가 가중되는 회로의 복잡도와 집적도에 기인한 테스트 문제를 해결할 최적의 해결책으로 여겨지고 있다[3]. 만일 256개의 의사 무작위 패턴이 가해졌을 때, 66개의 결정 패턴만을 가하면 고장 검출률 100%를 보장할 수 있다.

2.2 청각 시스템의 주파수 특성

본 논문에서 설계된 워터마크 알고리즘은 사용자가 워터마크 삽입에 따른 음질저하를 인식하지 못하게 하기위해서 인간 청각시스템(HAS, human auditory system)의 주파수 특성을 이용하였다. 인간청각시스템은 크게 3가지 부분으로 구성된다. 즉 외이(outer ear), 중이(middle ear)와 내이(inner ear)로 이루어 졌다.

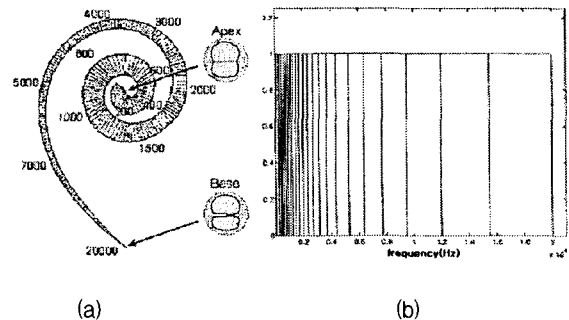


그림 1 인간청각시스템의 임계대역 : (a)달팽이관의 기저막 위치에 따른 공명주파수 (b) 임계대역

Fig. 1 Critical band characteristic of auditory system : (a) resonant frequencies[Hz] along the basilar membrane of cochlea, (b) critical band

그림1은 달팽이관(cochlea)의 기저막(basilar membrane)을 보여준다. 기저막은 달팽이관이 입구에서 높은 주파수에 반응한다. 음파의 진동이 달팽이관 더 깊숙이 진행됨에 따라 기저막은 더 낮은 주파수에서 반응하는 필터와 같은 역할을 한다. 기저막의 위치에 따른 공명주파수(resonant frequency)와 인간청각시스템의 임계대역(critical bands)은 그림1의 (a)와 (b)에 각각 나타냈다[10].

표1은 Zwicker[11]에 의해서 분석된 임계대역을 나타낸다. 1kHz의 임계대역은 190Hz이다. 4kHz의 임계대역은 900Hz이다. 이것은 1kHz의 임계대역보다 더 넓다. 즉 대역이 낮은 주파수에서 높은 주파수로 이동함에 따라서 임계대역은 더 넓어지게 된다. 또한 인간은 그 만큼 더욱 미세하게 분석할 수 없게 되는 것이다.

2.3 제안된 알고리즘의 구조

본 논문에서는 5비트를 삽입할 수 있는 워터마크 알고리즘을 제안했다. 본 알고리즘은 미리 디지털 필터를 설계하는 것이 필요하다. 디지털 필터들은 Matlab 신호처리 툴박

스에서 제공되는 타원 필터 방법으로 설계되었다. 표2는 설계된 디지털 필터들의 스펙을 나타낸다. 라디오 방송시스템에서 본 알고리즘이 적용되는 오디오 신호는 주로 음성이라는 점을 고려하여 표2와 같은 스펙을 갖는 대역저지필터를 설계하였다. 설계된 필터의 최저 중심주파수는 3kHz이다.

표 1 Zwicker[11]가 분석한 임계대역
Table 1 Critical band by Zwicker[11]

Bark	f(Hz)	Δf (Hz)	Bark	f(Hz)	Δf (Hz)
0	001	100	12	1270	280
1	100	100	13	2000	320
2	200	100	14	2320	380
3	300	100	15	2700	450
4	400	110	16	3150	550
5	510	120	17	3700	700
6	630	140	18	4400	900
7	770	150	19	5300	1100
8	920	160	20	6400	1300
9	1080	190	21	7700	1800
10	1270	210	22	9500	2500
11	1480	240	23	12000	3500

표1에서 여기에 해당하는 임계대역 주파수는 450~550Hz이다. 즉 이 정도의 임계대역 주파수 이상 변화가 있어야 사람이 인식가능하다. 따라서 본 논문에서는 필터를 설계할 때 인간의 청각시스템 특징인 임계대역을 고려하여 설계하였다. 설계된 필터들의 차단대역은 임계대역 주파수보다 작은 100Hz로 한정하여 최대한 사람이 인식할 수 없도록 하였다.

표 2 설계된 디지털 필터들의 사양
Table 2 Specification of the designed digital filters

No.	통과대역[kHz] (passband)	차단대역[kHz] (stopband)	통과대역 변화율 (dB)	차단대역 감쇠율 (dB)
1	2.85-3.15	2.95-3.05	0.1	74
2	3.30-3.60	3.40-3.50	0.1	75
3	4.00-4.30	4.10-4.20	0.1	77
4	4.60-4.90	4.70-4.80	0.1	78
5	5.30-5.60	5.40-5.50	0.1	80

입력신호는 웨이블릿변환에 의해서 여러 주파수 대역으로 분할된다. 대역분할된 주파수 대역들 중에서 필요한 대역 신호(0~2.76kHz, 2.76~5.5kHz, 5.5~11.1kHz)들을 선택해서 표2에서 설계된 필터들을 이용하여 필터링하게 된다. 필요한 대역신호는 표2에서 워터마크를 삽입하기 위해 설계한 대역저지필터들의 중심주파수 대역이 위치하는 부분을 선택했다.

2.3.1 워터마크 삽입

그림2는 오디오 신호에 워터마크를 삽입하는 구조를 나타낸다. 여기서 커버신호(cover signal)은 원 오디오 신호를 나타내고 스테고신호(stego signal)은 커버신호에 워터마크 정보를 삽입한 워터마크된 신호를 표시한다. 그림2에서 워터마크 삽입을 위한 결정부분은 원 오디오 신호에 워터마크를 삽입여부를 결정하는 기능을 수행한다. 이 것은 워터마크 기밀성을 증가시키는 효과를 갖는다.

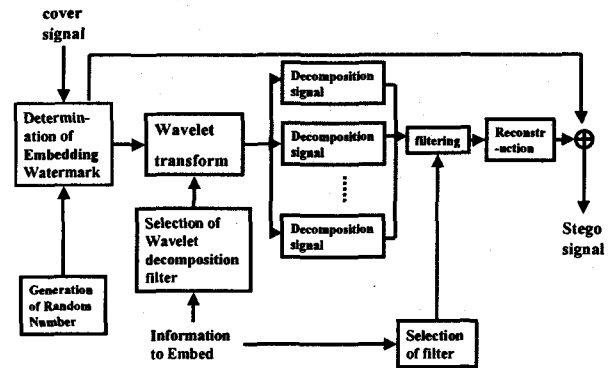


그림 2 워터마크 삽입 구조
Fig. 2 Structure of embedding watermark

입력신호는 웨이블릿 변환에 의해서 몇 개의 주파수 대역으로 분할된다. 분할된 신호 중에 필요한 대역의 신호를 위상왜곡을 방지하기 위해서 전후방 필터링(forward-backward filtering) 방법[12]에 의해서 워터마크를 삽입한다. 그림3은 전후방 필터링 과정을 나타내고 있다.

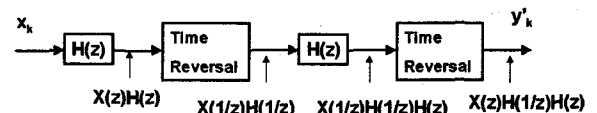


그림 3 워터마크 삽입을 위한 전후방 필터링
Fig. 3 Forward-backward filtering for embedding watermark

그림4는 웨이블릿변환을 이용하여 워터마크를 삽입하는 예를 보여주고 있다. 여기서 사용된 웨이블릿은 haar 웨이블릿을 사용하였다. 여기서 WT는 웨이블릿 변환(웨이블릿 변환+역 웨이블릿 변환)을 이용하여 신호가 대역 분할된 것을 나타낸다. 웨이블릿 변환은 3 레벨까지 수행했다.

2.3.2 워터마크 검출

그림 5는 워터마크 검출 절차를 나타낸다. 44.1kHz의 샘플링 주파수에서 대역저지 밴드폭이 약 80Hz이기 때문에 필터링이 수행되는 프레임의 크기는 1024 혹은 2048 샘플 이상을 필터링해야 명확하게 필터링 효과를 검출할 수 있다.

본 논문에서는 프레임 크기 $m=1024$ 로 설정했다. 로그 함수에 의해서 워터마크로 삽입되어진 주파수 대역저지 피크 값이 강조되어 나타난다. 강조된 피크의 위치를 이용하여 삽입된 워터마크 정보를 알 수 있다. 본 논문에서는 표2에 있는 5개의 필터 모두가 적용된 경우를 검출하여 방송전환신호로 사용한다.

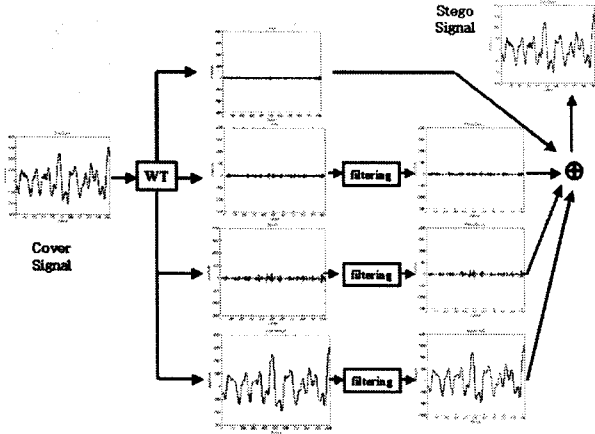


그림 4 웨이블릿을 이용한 워터마크 삽입 예
Fig. 4 Example of embedding watermark using wavelets

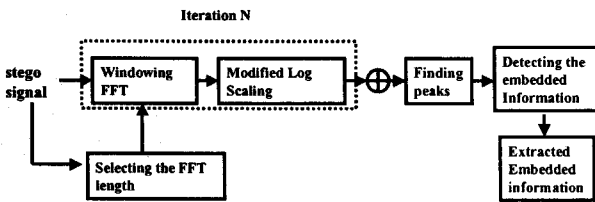


그림 5. 워터마크 검출 구조
Fig. 5. Structure of extracting the watermarks

식 (1)은 오디오 신호가 주파수 스펙트럼으로 변환되어 로그 스케일로 변환되고 이러한 신호 N 개 프레임의 신호들의 평균을 취함으로써 앙상블 평균(ensemble mean)을 구하는 식을 나타낸다.

$$M(n) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \log(\text{real}(\text{fft}(\text{audio}(n+i*m)))) \quad (1)$$

여기서 $M(n)$ 는 n -번째 앙상블 평균, N 은 앙상블 평균값을 구하기 위한 프레임 수, m 은 프레임당 샘플수, audio 는 입력된 오디오 시퀀스를 나타낸다.

3. 방송 동기화 시스템

3.1 시스템 구조

그림 6는 방송시스템에서 방송동기화 시스템의 구조를 나타낸다. 중앙방송국에서 방송신호를 전환하기 위해 사용하는

오디오 신호(“콜사인(call sign)”이라 부른다)에 워터마크를 삽입하고 이 오디오 파일을 파일서버에 보관한다. 방송프로그램은 중앙방송국에서 지방방송국으로 풍중파를 통하여 전송된다. 지방방송국에서는 이 프로그램을 오디오 수신기를 이용하여 수신한다. 수신된 오디오 신호는 동기신호 검출장비의 입력으로 보내진다.

동기화신호 검출기는 입력 오디오 신호에 워터마크가 있는지 여부를 검사한다. 만일 워터마크가 검출되면 중앙방송국의 방송프로그램을 전송하는 것을 중단하고 지방방송국 자체 제작한 프로그램을 전송하기 위해서 동기화신호 검출장비가 전환신호를 발생시킨다.

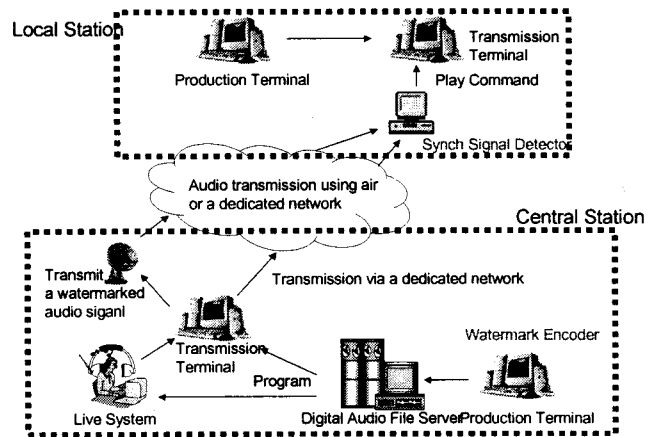


그림 6. 방송동기화 시스템의 구조(MBC와 공동연구)
Fig. 6. Structure of the broadcast synchronizing system (Co-worked by MBC)

3.2 시스템 구현

시스템 안정화, 정확성 및 실시간 응답을 얻기 위해서 전용 하드웨어를 구현하게 되었다. 방송동기화 시스템은 싱크 신호(sync signal)를 적어도 0.5초 이내에 검출해서 방송전환을 위한 제어신호를 발생해야 한다. PC기반으로 시스템을 구현할 수도 있지만 PC시스템은 실시간 처리 및 시스템 안정화를 보증하지 못한다. 이런 문제점을 해결하기 위해서 DSP(digital signal processor) chip을 사용하였으며 빠른 연산능력과 안정성을 얻을 수 있었다. 사용되어진 DSP칩은 TI(Texas instrument)의 TMS320VC5410-160MIPS(million instruction per second)이다. 그림 7은 구현된 시스템의 블록도를 나타낸다.

데이터 컨버터는 입력 아날로그 스테레오 신호를 44.1kHz의 디지털 스테레오 신호로 변환하고 동시에 디지털 스테레오 신호를 아날로그 스테레오 신호로 변환하는 역할을 한다. 디지털 오디오 신호는 16비트 적응차분부호화(ADPCM, adaptive differential pulse code modulation) 형식으로 변환된다. 입력신호를 루프백으로 출력으로 전송함으로써 입력신호를 모니터하도록 했다.

메모리 블록은 128k워드의 플래쉬 메모리로 이루어졌다. 구현된 시스템은 2개의 방송신호를 동시에 처리할 수 있다. 채널당 최대 40MIPS의 연산량을 할당하였다. DSP는 입력 오디오 방송신호에서 워터마크를 실시간으로 검출한다. 만

일 동기화 신호인 워터마크가 검출되면 USB포트를 통하여 모니터링 정보를 PC로 전송한다.

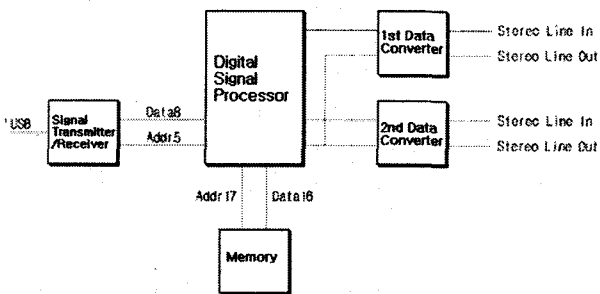


그림 7. 구현된 시스템의 블록도
Fig. 7. Block diagram of the implemented system.

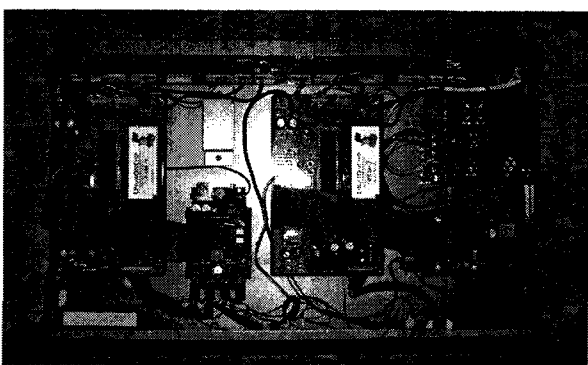


그림 8. 구현된 방송동기화 시스템
Fig. 8. Implemented broadcast synchronizing system

그림 8은 구현된 방송동기화 시스템 장비내부를 보여 주고 있다. 표시된 장비는 DSP보드부와 오디오 레벨미터, 볼륨조절부, PC 인터페이스부, 전원부 등으로 구성되어 있다.

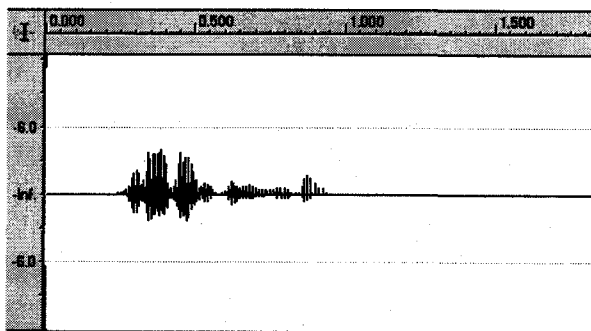


그림 9. 사용된 음성신호
Fig. 9. Used speech.

그림 9은 콜사인으로 사용된 남자성우의 목소리의 파형을 나타내고 있다. 수평축은 시간 축으로서 단위는 초이고 수직 축은 음파의 크기(dB)를 나타낸다. -Inf는 절대음음을 나타내고 0dB는 16비트 데이터가 표시할 수 있는 최대크기를

의미한다. -90.3dB가 16비트 데이터로서 표현할 수 있는 최소의 크기이다.

4. 실험

방송동기화 시스템의 성능을 검사하기 위해 음질검사, FNE(false negative error)와 FPE(false positive error)에 대한 실험을 수행했다. FNE는 워터마크가 존재하는데 검출 못하는 경우의 오류를 말하고 FPE는 워터마크가 없는데 워터마크가 존재한다고 판단하는 오류를 나타낸다. 방송환경에서는 FPE는 방송사고로 연결되기 때문에 절대로 발생하면 안되는 오류이다.

4.1 음질테스트

음질에 대한 객관적인 정량적인 평가방법으로 가장 많이 사용되는 것은 신호대 잡음비(SNR, signal to noise ratio)이다. 신호대 잡음비는 아래와 같은 식으로 구해진다.

$$SNR = 10(\log_{10} \frac{Signal}{Noise}) \text{ dB} \quad (2)$$

여기서 Signal은 신호전력을 Noise는 잡음전력을 각각 나타낸다. 비록 SNR 테스트가 음질평가로서 충분하지는 않지만 SNR이 60dB이상이면 잡음을 인식할 수 없다고 알려져 있다.

워터마크를 5개의 테스트 오디오에 삽입하여 SNR값을 측정하였다. 표3은 테스트 결과를 보여준다. 전체 SNR값은 66dB를 넘고있다. 이 수치는 워터마크에 의해서 음질손상이 거의 없음을 나타낸다[13].

표 3. 4개 샘플에 대한 실험결과(SNR, dB)

Table 3. Experiment result for 5 sample(SNR, dB).

	클래식	팝1	팝2	효과음향	음성
SNR	66.090	67.261	68.056	67.384	66.101

4.2 강인성 테스트

제안된 알고리즘의 장점을 검증하기 위해서 대역확산방식에 의한 워터마킹 방법과 비교 평가하였다.

대역확산방식에 의한 워터마킹 방식은 여러 방식이 있지만 일반적인 단점은 워터마크를 검출하기 위해서 동기를 맞추어야 한다는 점이다. 즉 워터마크를 검출하기 위해서는 삽입된 워터마크와 워터마크가 삽입된 오디오 신호간의 상관성을 측정하는 과정이 필요하다. 이 때 두 신호간의 동기를 맞추어야 검출률을 높일 수 있다.

표4의 결과는 피치이동(pitch shift) 및 시간스케일링(time scaling)과 같은 동기를 맞추기 어렵게 하는 공격에는 매우 워터마크 검출률이 매우 낮은 것을 보여주고 있다. 그렇지만 제안된 알고리즘은 이러한 단점을 극복하고 있음을 보여주고 있다. amplitude compression 공격은 16비트 오디오 음

원을 8비트 음원으로 변형하는 공격으로 오디오의 질적 저하로 인해서 일반 오디오에서는 거의 사용하지 않기 때문에 크게 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

실제 방송환경에서 구현된 시스템의 신뢰성 테스트를 해본 결과 30일 동안 어떠한 FPE도 발생하지 않았다. 0.5초마다 워터마크 검출이 매번 발생하므로 FPE는 거의 발생하지 않는다고 판단할 수 있다.

표 4. 스프레드 스펙트럼 방법과 제안된 방법의 성능비교
Table 4. Performance comparison with spread spectrum and proposed method

attack item	detection rate		
	spread spectrum method	proposed method	
amplitude compression	46%	53%	
channel conversion	91%	94%	
pitch shift	+10%	27%	90%
	-10%	13%	94%
time scaling	+10%	2%	96%
	-10%	2%	96%
add noise	-36dB	88%	94%
MPEG1 MP3	128kbps	90%	94%
	96kbps	84%	91%
MPEG2 AAC	128kbps	92%	94%
	96kbps	86%	91%

5. 결 론

본 논문에서 새로운 오디오 워터마킹 알고리즘을 제안하고 알고리즘의 성능을 테스트하기 위해서 방송동기화시스템을 설계 구현하였다. 제안된 알고리즘은 워터마크 정보를 대역저지필터를 이용하여 삽입했다. 설계된 필터는 인간의 청각시스템의 임계대역을 기반으로 제작되었다.

워터마크 알고리즘을 성능평가를 위해서 음질평가와 강인성 테스트를 실시했다. 음질평가에 대한 객관적인 정량적인 방법인 SNR을 측정한 결과 66dB 이상을 나타내었다. 이것은 워터마크 삽입에 따른 음질저하가 거의 없음을 나타낸다. 강인성테스트 결과는 압축(MP3, AAC), 잡음첨가, 채널 변환에 대해서 90%이상의 검출률을 나타내고 있다.

또한 피치이동과 시간스케일링과 같은 비동기화 공격에 대해서도 90%이상의 강인성을 나타내고 있다. 이것은 대역 확산방식에서의 단점을 극복했음을 나타낸다.

방송동기화 시스템은 방송시스템에서 중앙방송국과 지방 방송국간의 프로그램의 전환을 자동화하기 위한 장비이다. 중앙방송국의 프로그램을 지방방송국에서 방송하는 중간에 지방방송국 자체 제작한 프로그램을 송출하기 위해서는 중앙방송국과 지방방송국간의 동기를 맞추어야 한다. 실제 방송환경에서 구현된 방송동기화 시스템을 테스트한 결과 30

일 동안 FPE(false positive error)가 발생하지 않았다. 0.5초마다 워터마크를 검출하는 것을 고려하면 FPE는 거의 발생하지 않는다고 판단할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안된 알고리즘은 실시간으로 제어가 필요한 분야에 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 국제공동연구 지원에 의해서 수행된 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] Ingemar J. Cox, Matthew L. Miller, Jeffrey A. Bloom, Digital Watermarking, Academic Press, pp.1-40, 2002.
- [2] D. J. M. Robinson and M. J. Hawksford, "Time-Domain Auditory Model for the Assessment of High-Quality Coded Audio," The 107th Conference of the Audio Engineering Society, Sept. 1999.
- [3] Bassia, P., Pitas, I., "Robust audio watermarking in the time domain," In Proc. EUSIPCO 98, vol. 1, pp. 25-28, 1998.
- [4] 박창목, 신승원, 김종원, 신동환, 최종욱, "랜덤신호를 이용한 오디오 워터마킹," 한국방송공학회 학술대회, pp. 37-41, 2000. 11.
- [5] Darko Kirovski and Henrique Malvar, "Robust Covert Communication over a Public Audio Channel Using Spread Spectrum," Pre-proceedings of the 4th Information Hiding Workshop, pp.363-378, 2001. 4.
- [6] Chung-Ping Wu, Po-Chyi Su, C. -C. Jay Kuo, "Robust and Efficient Digital Audio Watermarking Using Audio Content Analysis," Security and Watermarking of Multimedia Contents II, pp. 382-392, 2000. 12.
- [7] I. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 6, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [8] Tolga Ciloglu and S. Utku Karaaslan, "An Improved All-Pass Watermarking Scheme for Speech and Audio," Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, Vol. 2, pp. 1017-1020. 2000.
- [9] D.H. Shin, S.W. Shin, C.K. Ahn, Y.I. Shin, J.W. Kim, and J.U. Choi, "Implementation of Broadcast Synchronizing System using Audio Watermark," Proceedings of the Korean Society of Broadcast Engineers Conference 2001, v.2001, n.2001, pp. 181-185, Nov. 2001.
- [10] Burlington R. and May D. Jr., Handbook of Probability and Statistics with Tables, Second

Edition, McGraw Hill NY, 1970.

- [11] Udo Zolzer, Digital Audio Signal Processing, John Wiley & Sons Ltd, Stuttgart, pp. 252-254, 1995.
- [12] Fredrik Gustafsson, "Determining the Initial states in forward-backward filtering," IEEE Transactions on Signal Processing, vol.44 no.4, pp.988-992, 1996. 4.
- [13] J. Kim, S. Shin, D. Rhee, K. Bae, and J. Choi, "Unique ID Hiding Technique for internet Broadcast Service of Digital Audio," Singal and Image Processing, 444-270, Honolulu, Hawaii, USA, 2004. 8.
- [14] S. Wu, J. Huang, D. Huang, and Y.Q. Shi, "Efficiently Self-Synchronized Audio Watermarking for Assured Audio Data Transmission," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 51, No. 1, March. 2005.

저 자 소 개



신 동 환 (申東煥)

1968년 9월 25일생. 1995년 서울시립대학교 대학원 전자공학 석사, 2002년 8월 동 대학원 전자공학 박사졸업, 1992~1994년 LG전자 Video사업부 연구원, 1996~2000 체육과학연구원 시스템 개발팀 선임연구원, 2000~2002 (주)마크애니연구소 선임연구원, 2002~현재 (주)마크텍 연구소 연구소장

Tel : 02-2262-5320

Fax : 02-2262-5333

E-mail : dhshin@marktek.co.kr



김 종 원 (金鍾元)

1962년 10월 24일생. 1995년 서울시립대학교 대학원 공학박사, 1995~1996년 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 1996~2000년 주성대학 정보통신과 조교수, 2000~2004년 (주)마크애니 부설연구소장, 2004~2005년 상명대학교 소프트웨어대학 초빙교수, 2005~현재 상명대학교 디지털저작권보호연구센터 책임연구원

Tel : 02-2287-5214

Fax : 02-396-5440

E-mail : jwkim@smu.ac.kr