

특집논문-00-5-2-08

디지털 방송을 위한 패치워크 기반 음성 워터마크

여인권*, 김형중*, 최용희*, 김기섭*, Jitendra K. Manandhar*

Speech Watermark Based on Patchwork for Digital Broadcasting

In-Kwon Yeo*, Hyoung Joong Kim*, Yong-Hee Choi*, Kisub Kim* and Jitendra K. Manandhar*

요약

본 논문에서는 방송용 음성에 워터마크를 삽입하는 방법을 제시했다. 디지털 방송에서는 오디오와 음성을 일부러 구별하지는 않는다. 그러나 교육방송에서는 음성의 중요성이 비디오나 오디오에 비해 훨씬 크고 콘텐츠에서 차지하는 비중도 높다. 디지털 방송에서 중요한 이슈 가운데 하나가 바로 불법복제에 대한 대비책이다. 이 논문에서는 음성용으로 변형한 오디오 워터마크의 성능과 한계에 대해 설명하고, 공격에 대한 내성 결과를 제시했다. 그리고 음성 워터마크 연구에서 해결해야 할 과제들을 제시했다.

Abstract

A novel audio watermark algorithm, the Modified Patchwork Algorithm, is applied to the speech to show that it is effective for digital broadcasting systems. Digital broadcasting system does not separate speech from audio data. However, speech data is very important especially for educational broadcasting. Speech can carry more information than video data. Thus, intellectual property management and protection for speech data is urgent. This paper addresses the technical issues, speech watermark algorithm, and its robustness against malicious attacks.

I. 서론

디지털 방송에서 중요한 이슈 가운데 하나가 지적재산권을 보호하는 것이다. 그리고 디지털 저작권 보호를 위한 조치 가운데 하나가 워터마크 기술이다. 디지털 방송에서는 비디오 및 오디오가 MPEG-2와 AAC (Advanced Audio Coding) 규격에 따라 제공되기 때문에 높은 화질과 뛰어난 음질을 제공하게 된다. 따라서 힘들여 만든 고급 디지털 콘텐츠의 저작권을 보호해서 무단복제로부터 방어해야 할 필요가 있다.

지난 몇 년간 인터넷과 네트워크 시스템의 급진적인 발전과 고성능 PC의 보급으로 인하여 멀티미디어, 특히 오디오와 비디오에 대한 수요가 폭발적으로 늘어났다. 이러한 디지털 미디어는 기존의 아날로그 미디어에 비해 저장, 전송등에서 효율이 뛰어나다는 장점이 있으나 누구나 쉽게 똑같은 품질의 멀티미디어를 불법적으로 무제한적인 복제할 수 있다는 단점을 가지고 있다. 이러한 상황에서 불법 복제를 방지하기 위한 방법들과 멀티미디어에 대한 소유권을 표시하는 방법들이 요구되었다. 현재 미국 법원에서는 음악의 소유권을 가지고 음반회사와 MP3 배포 회사간의 법정 싸움이 계속되고 있는데 이러한 상황에서 워터마크는 하나의 해결책을 제시해준다.

디지털 워터마크는 미디어 콘텐츠에 대한 지적소유권에 관련된 정보를 콘텐츠에 직접 삽입한다. 과거 몇 년간 개발된 워터마크 알고리즘들은 대부분 영상이나 비디오에 한

* 강원대학교 제어계측학과
Department of Control and Instrumentation Engineering, Kangwon National University

※ 이 연구는 정보통신연구진흥원 대학기초연구 0700004-1-1 (2000247) 연구비의 지원을 받아 이루어졌음을 밝히며 연구비 지원에 감사드립니다.

정되는 경향이 있었다. 상대적으로 오디오에서 워터마크를 삽입하고 검출하는 알고리즘이 적게 개발된 이유는 다른 감각 기관보다 사람의 귀가 민감하게 반응하기 때문이다. 한편 비디오와 비교해 볼 때 오디오 자료의 크기가 상대적으로 작기 때문에 같은 양의 워터마크 정보를 삽입하더라도 오디오에 더 많은 정보가 포함되는 것처럼 느껴진다. 바로 이런 이유 때문에 같은 정보를 삽입하더라도 오디오에서는 더 정교한 작업이 필요하다. 또한 오디오에 대한 공격은 압축 이외에도 다양한 신호처리 방법들이 존재하기 때문에 워터마크의 내성을 향상시키는 일이 쉽지 않다.

이 논문에서는 아직 미개척 분야인 음성에 대해 Yeo와 Kim이 제안한 오디오 워터마크 알고리즘^[4]인 MPA (Modified Patchwork Algorithm) 기법을 웨이브릿 변환된 음성에 적용하는 것이 가능한지를 알아보고자 한다. 일반 방송에서는 비디오의 역할이 중요하다. 예를 들면 영화의 장면을 편집해서 쓸 때 비디오만 사용하고 오디오 부분은 삭제한 다음 새로이 오디오 부분은 다른 성우의 해설로 대체해도 된다. 그렇게 하면 비디오의 가치만으로도 새로운 콘텐츠를 만드는 것이 가능하다. 그러나 교육용에서는 비디오의 중요성이 낮고 대부분의 메시지는 음성에 의해 전달되기 때문에 음성 워터마크가 매우 중요한 역할을 담당하게 된다.

물론 이 논문에서 사용한 MPA 알고리즘은 오디오에서 탁월한 효과를 보이지만 음성은 오디오와 다른 점이 많기 때문에 특별한 손질이 필요하다. 음성에서 워터마크를 삽입하고 검출하는데 있어 가장 문제가 되는 것은 음성신호에 포함된 많은 부분들이 무음 (silence) 구간이라는 것이다. 이 구간에서는 사실상 신호가 존재하지 않으며 무엇인가가 존재한다고 해도 대부분은 잡음에 불과하다. 따라서 워터마크를 삽입하면 바로 귀에 들릴 가능성이 높다. 또 음성 압축용 알고리즘들은 이런 무음 구간에 포함된 정보를 잘라버리기도 한다. 게다가 음성은 (방송용은 그렇지 않지만) 대부분 8 kHz, 8 비트로 샘플링한다. 따라서 음성용 워터마크는 매우 큰 제약을 안고 있다. 그러므로, 음성 워터마크에 대한 연구가 필요하다.

이 논문에서는 기존의 패치워크 알고리즘^[2]이 지니고 있는 약점을 고찰하고 새로운 알고리즘에 대해 소개한다. 이 방식을 음성에 적용할 때 나타나는 문제점과 해결방안을 제시한다. 특별히 이 논문에서는 기존의 MPA가 DCT (Discrete Cosine Transform) 변환을 기반으로 한 오디오에 적용했는데 여기서는 DWT (Discrete Wavelet Transform) 기법을 적용했다. 그 이유는 앞으로의 압축 표준, 예를 들면 JPEG-2000에 웨이브릿이 사용될 예정이기 때문이다. 그렇지 않다고 해도 이론적으로 충분히

DWT를 고려할만한 이유들이 있다. DCT에 비해 DWT가 구현하기 쉬운 점도 한 가지 이유가 된다.

II. 패치워크 알고리즘의 고찰

패치워크 (Patchwork) 이론은 Bender, Gruhl, Morimoto, Lu에 의해 영상에서의 워터마크 알고리즘으로 처음 제안되었다^[2]. 이 알고리즘의 모티브는 같은 모집단에서 랜덤하게 선택된 확률 표본들의 두 집합은 통계적으로 비슷한 성질을 가진다는 것이다. 여기서 통계적 성질을 나타내는 모수로 평균과 표준편차를 생각할 수 있다. 만약 강제적으로 각각의 집합에 워터마크를 삽입해 다른 특성을 갖도록 만든다면 이러한 작업을 하지 않은 집합들에서 특성을 비교했을 때와 확률적으로 다르게 나올 가능성이 커질 것이다. 예를 들어, 모평균이 μ 이고 표준편차가 σ 인 모집단에서 각각 n 개의 표본을 다음과 같이 $X = \{X_1, \dots, X_n\}$ 와 $Y = \{Y_1, \dots, Y_n\}$ 로 추출하였다고 하자. 통계적으로 볼 때, 이들 표본들이 랜덤하게 선택되었다면 이들 집합의 표본평균의 기대값은 각각 $E(\bar{X}) = \mu$, $E(\bar{Y}) = \mu$ 이기 때문에 두 표본평균의 차의 기대값은 $E(\bar{X} - \bar{Y}) = 0$ 이 된다. 즉, 두 표본 평균간에는 통계적으로 차이가 없다. 그러나, 강제적으로 두 집합의 원소의 값에서 임의의 상수 d 을 더하거나 빼면, 즉, $X' = X + d$ 와 $Y' = Y - d$ 로 만든다면 두 표본평균의 차의 기대값은 식 (1)과 같이 된다.

$$E(\bar{X}' - \bar{Y}') = E(\bar{X} + d - (\bar{Y} - d)) = E(\bar{X} - \bar{Y}) + 2d = 2d \quad (1)$$

그림 1에서 보는 것과 같이 패치워크는 랜덤하게 선택한 두 집합의 통계적 성질을 강제적으로 다르게 만들어

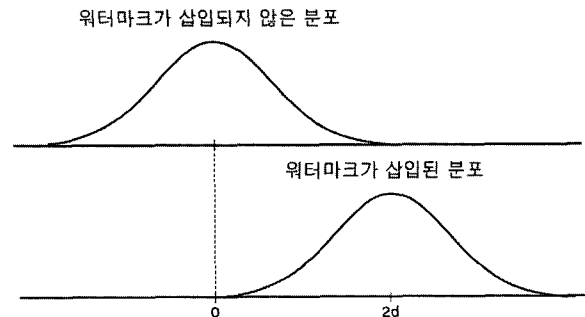


그림 1. 패치워크 알고리즘의 개념도
Fig. 1. Concept of patchwork algorithm in terms of distribution

워터마크를 삽입하고 두 집합의 통계적 성질의 상이성 여부를 판단하여 워터마크를 검출한다.

워터마크를 검출하기 위해 원래 영상이 필요했던 기존의 방법들과 다르게 Bender, Gruhl, Morimoto, Lu에 의해 제안된 패치워크 방법은 워터마크가 삽입된 영상만으로도 워터마크 검출이 가능한 블라인드 워터마크 알고리즘을 만들 수 있는 장점이 있다^[2]. 그러나, 이 방법에 의한 워터마크는 JPEG과 같은 영상처리에 매우 약한 것으로 나타났다. 그 이유는 표본을 공간영역에서 랜덤하게 선택하기 때문에 Cox, Kilian, Leighton, Shamoon^[3]이 언급한 것처럼 영상 압축에서 훼손이 적게 이루어지는 인지적으로 중요한 부분을 고려하지 못했기 때문이다. 이 후 Arnold는 오디오 워터마크를 주파수 영역에서 패치워크 알고리즘을 적용하는 방법에 대해 논의했다^[1]. 이 논문은 보다 강인한 워터마크를 설계하기 위해 제 1종 오류(워터마크가 삽입되지 않았는데 워터마크를 검출하는 오류) 및 제 2종 오류(워터마크를 삽입하였는데 검출을 하지 못하는 오류) 개념을 고려했다. 이 방법에서는 데이터를 일단 주파수 영역으로 변환시킨 후 적절한 구간에서 랜덤하게 표본들을 추출하고 임의의 상수를 사용하여 식 (2)와 같이 샘플의 값을 바꾼다.

$$X' = X(1+d), Y' = Y(1-d) \quad (2)$$

이 때 상수 d 는 제 1종 오류와 제 2종 오류의 확률을 고려해 적응적으로 선택할 수 있다고 했으나 실제로 논문에서 적용할 때에는 0.15로 고정시켰다. 워터마크 검출은 X' 와 Y' 의 표본 평균차를 이용한 검정통계량을 사용했다. 그러나 이들이 사용한 삽입함수와 검정통계량 사이에 중대한 문제점이 있는 것으로 보인다. 사용된 삽입함수는 표본들의 규모를 변화시키는 작용을 하는데 반해 사용된 검정통계량은 표본들간의 차이를 측정하는 것으로, 확률적으로 보면 다음과 같은 문제가 발생한다. 워터마크가 삽입되어 있는 경우, 두 표본 평균의 차의 기대값은 식 (3)과 같이 된다.

$$E(\bar{X}' - \bar{Y}') = E(\bar{X}(1+d) - \bar{Y}(1-d)) = E(\bar{X} - \bar{Y}) + dE(\bar{X} + \bar{Y}) \quad (3)$$

여기서 주의해야 할 것은, 오디오인 경우, 주파수 영역에서의 자료 분포는 대부분 0을 중심으로 대칭을 이루고 있다는 것이다. 그러므로 랜덤하게 선택된 표본들의 표본 평균의 기대값은 $E(\bar{X}) \approx 0$, $E(\bar{Y}) \approx 0$ 이고 결론적으로 식

(4)와 같이 된다.

$$E(\bar{X}' - \bar{Y}') = E(\bar{X} - \bar{Y}) + dE(\bar{X} + \bar{Y}) \approx E(\bar{X} - \bar{Y}) = 0 \quad (4)$$

그러므로 그림 2에서 보는 것 같이 두 집합간에 평균의 차이가 없는 것으로 판단된다. 이것은 주파수 영역에서의 분포적 특성을 고려하지 않았기 때문에 발생하는 문제이다. 이러한 분포적 특성을 제대로 이용하려면 일단 삽입함수는 규모의 변화보다는 위치의 변화를 주는 함수를 선택해야 하며 당연히 이에 따른 검정통계량을 선택해야 한다.

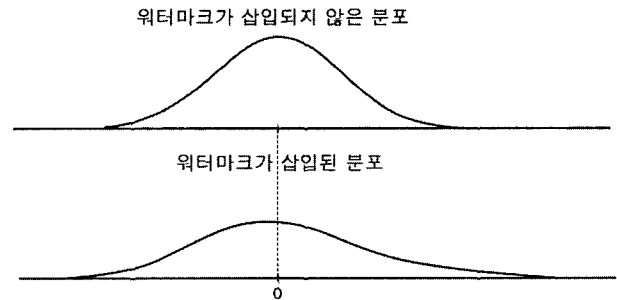


그림 2. Arnold의 패치워크의 한계를 보여주는 그림
Fig. 2. Technical limitation of Arnold's patchwork algorithm

Ⅲ. 워터마크 삽입과 검출

이 논문에서는 Yeo와 Kim이 제안한 MPA^[4] 삽입함수를 써서 검정통계량을 바탕으로 웨이브릿 영역에서 워터마크를 삽입하고 검출하는 방법에 대해 알아 본다. 일반적으로 DCT를 이용하면 주파수 영역에서 각각의 DCT 계수들이 순서에 따라 저주파부터 고주파까지 성분 구분이 가능하다. 그래서 적절한 구간을 선택하여 표본을 추출하고 워터마크를 삽입하기 때문에 음질과 내성을 고려할 수 있다. 이에 반하여 DWT는 매번 저주파 부분과 고주파 부분으로 영역을 반씩 나눈다. 일반적으로 고주파 부분의 변형은 음질에 큰 영향을 주지 않지만 대신 약간의 신호처리에 쉽게 변형되고 삽입한 워터마크의 성질이 사라지는 단점을 지니고 있다. 반대로, 저주파 부분의 변형은 신호처리 공격에 어느 정도 강한 면모를 보이지만 음질에 큰 영향을 미치는 단점이 있다. 이러한 단점은 개선시키면서 한편 장점들도 살리기 위해 DWT를 반복적으로 사용한 계층적 구조에서 적절한 부분을 선택하여 워터마크를 삽입한다. 다시 말해, DWT를 이용하여 얻은 저주파 부분에

대해 내성과 음질이 어느 정도 만족할 만한 수준에 이를 때까지 반복적으로 다시 DWT를 취한다. 그래서 마지막으로 DWT를 취해 얻어진 고주파 부분에 워터마크를 삽입한다.

최종 선택된 고주파 부분에서 랜덤하게 표본을 각각 n 개씩 추출하는데 추출된 표본은 검출할 때도 다시 사용해야 하기 때문에 어떤 위치에 있는 표본을 검출했는지에 대한 추가 정보는 보관하고 있어야 한다. 추출된 표본을 이용하여 표본평균과 합동표본표준오차를 식 (5)와 같이 구한다.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2 + \sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n(n-1)}} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} X'_i &= X_i + \text{sign}(\bar{X} - \bar{Y})\sqrt{CS}/2, \\ Y'_i &= Y_i - \text{sign}(\bar{X} - \bar{Y})\sqrt{CS}/2. \end{aligned} \quad (6)$$

그리고 식 (6)의 삽입함수를 이용하여 표본들의 값을 바꾼다.

이 삽입함수는 X 와 Y 의 분포의 위치를 변경시키는 효과가 있으며 $\sqrt{CS} = d$ 라고 하면 두 집합의 표본 평균의 차의 분포는 그림 3에서 보는 것과 같이 항상 d 보다 크게 만든다. 이렇게 계산된 표본을 기존의 값과 대체하고 IDWT를 반복하여 원래 데이터로 만들어 놓는다.

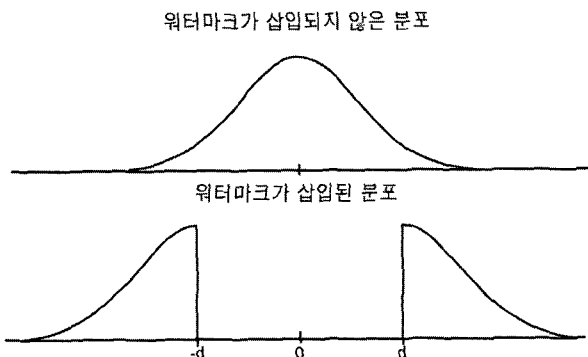


그림 3. MPA의 통계적 분포 특성
Fig. 3. Statistical property of the MPA

워터마크를 검출하기 위한 첫 단계는 워터마크를 삽입할 때와 같이 반복적으로 DWT를 취한 다음 고주파 부분을 구하고 삽입할 때 사용했던 표본들을 추출하는 것이다. 이 표본들을 이용해서 표본평균과 합동표본표준오차를 구

하고 식 (7)과 같은 검정통계량을 계산한다.

$$T^2 = \frac{(\bar{X} - \bar{Y})^2}{S^2} \quad (7)$$

만약 워터마크가 삽입되지 않았다면 \bar{X} 와 \bar{Y} 의 통계적 성질이 비슷하기 때문에 식 (7)의 분자는 0에 가까운 값을 가지게 되지만 워터마크가 삽입된 경우라면 식 (8)과 같이 된다.

$$T'^2 = \frac{(\bar{X}' - \bar{Y}')^2}{S'^2} \approx (T + \text{sign}(T)\sqrt{C})^2 \geq T^2 + C \quad (8)$$

그러므로 표본들이 중복되어 추출되지 않았고, 다른 신호처리도 가해지지 않았다면 식 (8)과 같이 항상 C 보다 크게 된다. 그러므로 워터마크의 삽입여부를 판단하는 임계값을 C 보다 작게 잡는다면 워터마크를 삽입한 경우에는 대부분 검출이 가능하다. 그러나 이 임계값을 너무 작게 잡는다면 워터마크가 삽입되지 않았을 경우 워터마크가 삽입된 것으로 판단할 가능성을 나타내는 제1종의 오류가 커진다. 예를 들어, 표본들이 정규 분포를 따른다고 하면 검정통계량 T^2 은 분자의 자유도가 1이고 분모의 자유도가 $2(n-1)$ 인 F 분포를 따르기 때문에 $n = 25$ 이고 임계값을 5로 정했다면 약 3%의 제1종의 오류가 발생할 수 있다. 같은 정보를 R 번 반복해서 삽입한 후 이 중 몇 개 이상이 임계값보다 크면 워터마크가 삽입된 것으로 최종 결정하는 방법을 사용하면 제1종의 오류를 상당히 줄일 수 있다. 예를 들어 위와 같은 상황에서 6번 반복하고 이 중 3번 이상 검출되면 워터마크가 삽입된 것으로 판단한다면 제1종의 오류의 확률은

$$\sum_{x=0}^6 \binom{6}{x} (0.03)^x (0.97)^{6-x} = 0.0005$$

로 작아진다.

IV. 강인성 테스트

일단 음질테스트는 너무 주관적 요소가 강하기 때문에 본 논문에서는 제외시켰다. 그렇지만 음질테스트 결

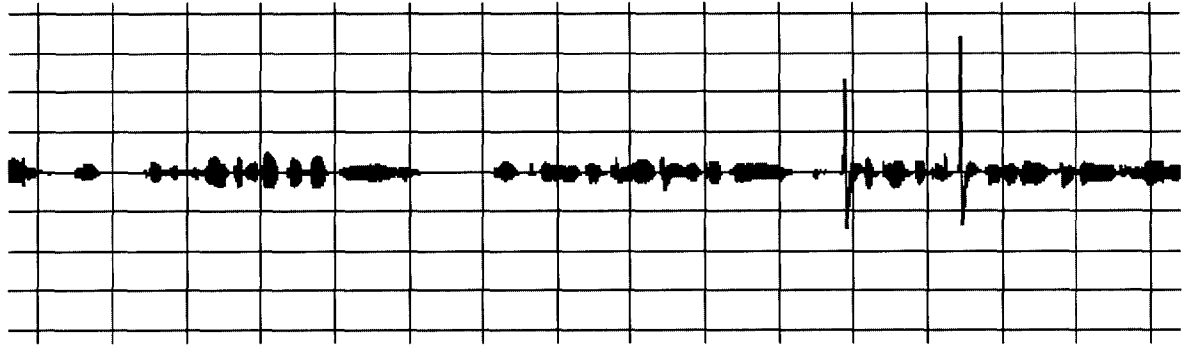


그림 4. 테스트용 음성 파형
Fig. 4. Speech waveform of sample for test

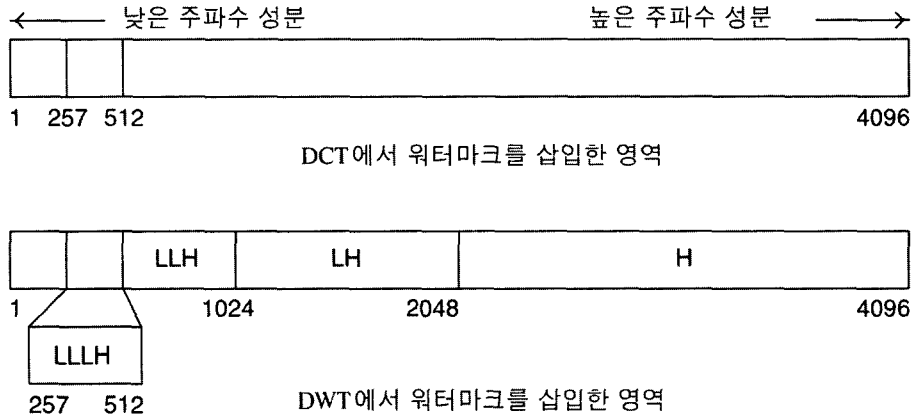


그림 5. 실험용으로 워터마크를 삽입한 구간 (샘플 번호)
Fig. 5. The range where watermarks embedded (Position of samples)

과는 매우 양호해서 거의 잡음을 들을 수 없었다. 중요한 테스트 가운데 하나는 신호처리에 대한 내성의 확인한다. 그래서 일단 데이터를 변환하기 위해 DCT와 DWT를 적용했다. 전화나 이동통신에서는 8kHz, 8비트로 샘플링하지만 여기서는 방송환경인 점을 고려해 16비트 44.1kHz로 샘플링한 남, 여의 음성을 사용했다. 음성 신호는 여성의 음성을 채록해서 만들었으며 때로는 주변의 잡음도 들어가게 했다 (그림 4 참조). 그림 4에서 보는 바와 같이 음성 신호의 특징인 무음 구간을 많이 확인할 수 있다. 소유권을 나타내는 정보를 20개의 이진자료로 표시하고 4번 반복해서 삽입했다. 검출할 때는 한 비트에 대해 4번 중 2번 이상 검출되면 워터마크를 찾은 것으로 했다. 이 실험에는 360개의 이진 자료가 사용되었으며 내성을 확인하기 위해 다음과 같은 신호 처리들이 적용되었다.

1. Down-sampling과 Up-sampling: 44.1kHz로 샘플링된 음성에 워터마크를 삽입한 후 22.1kHz로 다운샘플링을 하고 다시 44.1kHz로 업샘플링을 실시했다.
2. Equalization: 워터마크가 삽입된 음성을 +6dB와 -6dB 값으로 10 밴드 그래픽 이퀄라이저를 사용해 증폭시켰다
3. Echo Addition: 워터마크가 삽입된 음성에 최대 지연 시간이 100ms인 에코 신호로 추가시켰다.
4. Band-pass 필터링: 저역에서는 100Hz로, 고역에 대해서는 6kHz로 설정하고 잘라냈으며 Butterworth 필터가 사용되었다.

4096개의 표본을 한 블록으로 설정하여 Daubechies 기저를 이용하여 4번의 DWT를 취한 다음에 얻어진 256개의 고주파 부분에 각각 25개의 표본을 선택하여 워터마크를 삽입했다. 성능을 비교하기 위해 DCT에서는 257에서 512번째 DCT 계수 중에서 각각 25개의 표본을 선택하여 워터마크를 삽입했다 (그림 5 참조). 실험 결과는 표 1에 주어져 있다. 표에서 보는 것과 같이 두 방법 모두 이퀄라

표 1. 각종 신호처리 공격에 대한 워터마크 검출율
Table 1. Watermark detection rate against attacks

Transform	Up/Down Sampling	Equalizer	Echo Addition	Band-Pass Filtering
DCT	98.9%	100%	93.1%	99.7%
DWT	83.3%	99.7%	95.3%	95.3%

이제에 대해서 강한 내성을 가지고 있는 것을 볼 수 있다. DCT를 이용한 방법에서는 샘플링변화와 밴드패스 필터링에 대해 내성이 강한 반면 DWT는 에코 추가에 대해 내성이 강한 것을 볼 수 있다. DWT에서는 다양한 기저 함수를 제공하는데 대부분 위의 결과와 큰 차이가 없었다.

이 실험은 무음 구간이 상대적으로 적기 때문에 거의 오디오와 비슷한 수준의 높은 검출율을 보이고 있다. (물론 전화통화에서의 음성이 강의에서 음성과 같을 수는 없다.) 이것은 워터마크를 무음 구간이 아닌 음성자료에 삽입한다면 오디오에서 사용되었던 방법 또한 사용 가능하다는 것을 보여준다. 이 방법은 방송용으로 쓸 때는 큰 어려움이 없지만 전화나 이동통신처럼 실제 음성을 샘플링할 때 사용되는 8kHz, 8비트 사용하기 위해서는 많은 개선이 필요하다.

MPA는 SDMI가 정한 오디오 워터마크 강인성 테스트 절차 [5]를 잘 통과하는 우수한 알고리즘이다. 그러나 이 방식을 음성에 적용했을 때는 일부 공격에 대해서는 성능이 만족스럽지 못했다. 예를 들면 MP3나 AAC 압축 공격, 선형속도변화 공격 등에 대해서는 전혀 워터마크를 찾지 못하는 일도 발생했다. 그 이유는 전술한 것처럼 음성에 무음 구간이 많이 존재하는데 워터마크 신호가 무음 구간에도 확산되도록 했기 때문이다. 따라서 음성 워터마크로서 강인한 내성을 지니도록 하기 위해서는 무음이 아닌 구간에만 워터마크를 제한적으로 삽입해야 된다는 것을 알 수 있다. 이동통신에서 음성활동구간을 찾아 전력제어에 이용하고 있다. 같은 이치로 음성 워터마크에서도 음성활동구간을 찾아 그 구간에만 워터마크를 삽입하면 내성이 크게 향상될 수 있을 것으로 보고 있다.

V. 결 론

음성 워터마크는 거의 보고가 없을 정도로 연구가 이루어지고 있지 않다. 음성은 오디오와 많은 차이를 보이기 때문에 오디오 워터마크를 음성에도 그대로 사용하기는 어렵다. 음성에는 무음 구간이 많고, 음성 녹음은 스튜디오보다 현장에서 주로 이루어지기 때문에 잡음에 많은 영향을 받는 점이 큰 특징이라고 할 수 있다. 오디오를 압축

할 때는 MP3, AAC, WMA (Windows Media Audio) 등의 알고리즘을 적용한다. 방송에서는 음성을 오디오에서 분리하지 않기 때문에 같은 알고리즘을 음성에 적용한다. 그러나 이동통신용 음성 압축은 LPC 계열의 알고리즘을 적용하고 압축율도 10kbps 전후이기 때문에 64kbps 이상의 오디오 압축과는 큰 차이를 보인다. 그런 면에서 음성 워터마크는 집중적으로 연구될 필요가 있다.

표 1에서와 같이 실험을 통해 일반적인 신호처리 공격에서는 제시된 알고리즘의 강인성이 보장되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나, MP3, AAC, WMA 등의 공격에서는 워터마크 검출이 어려웠다. 그것은 알고리즘의 강인성에 대한 문제점도 있겠지만, 한편으로는 음성에 LPC (Linear Predictive Coding) 등 음성용 코덱을 적용하지 않고 음악용 코덱을 씌으로써 성능 저하가 발생했다고 볼 수도 있다. 그렇지만 음성을 MP3 등으로 압축하는 일도 빈번하기 때문에 오디오 코덱에 대한 내성은 여전히 중요한 숙제로 남을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] M. Arnold, "MP3 Robust Audio Watermarking," *Proceeding of the 2000 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, vol. 2, pp. 1013-1016, 2000.
- [2] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto and A. Lu, "Techniques for Data Hiding," *IBM Systems Journal*, vol. 35, no. 3&4, pp. 313-336, 1996.
- [3] I. Cox, J. Kilian, F. T. Leighton and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 6, pp. 1673-1687, 1997.
- [4] I-K Yeo and H. J. Kim, "Modified Patchwork Algorithm: The Novel Audio Watermarking Scheme," *Proceedings of the IEEE International Conference on Information Technology: Coding and Computing, Las Vegas, Nevada, April 2-4, 2001 (accepted)*.
- [5] SDMI, Call for Proposal, <http://www.sdmi.org/cfp.html>

주요 약표	
약어	의미
AAC	Advanced Audio Coding
DCT	Discrete Cosine Transform
DWT	Discrete Wavelet Transform
IDWT	Inverse Discrete Wavelet Transform
LPC	Linear Predictive Coding
MP3	MPEG Layer 3 Audio Coding
MPA	Modified Patchwork Algorithm
SDMI	Secure Digital Music Initiative
WMA	Windows Media Audio

 저 자 소 개

**여 인 권**

1992년 : 성균관대학교 통계학과(학사)
 1997년 : University of Wisconsin-Madison 통계학과 (Ph.D.).
 1999년 ~ 2000년 : 강원대학교 인턴연구원(과학재단 지원)
 현재 : 강원대학교 객원교수(정보통신연구관리단 지원)

**김 형 중**

1978년 : 서울대 전기공학과(공학사)
 1986년 : 서울대 제어계측공학과(공학석사)
 1989년 : 서울대 제어계측공학과(공학박사)
 1992년 ~ 1993년 : USC 방문교수
 1998년 ~ 2000년 : 중기거점 과제(iPCTV)개발 총괄책임자
 2000년 ~ 현재 : 중기거점과제(iMS)개발 총괄책임자, 강원대학교 교수

**최 용 희**

2000년 : 강원대 제어계측공학과(공학사)
 현재 : 강원대 제어계측공학과 석사과정

**김 기 섭**

1996년 : 삼척대 제어계측공학과(공학사)
 1999년 : 강원대 제어계측공학과(공학석사)
 현재 : 강원대학교 제어계측공학과 박사과정

**Jitendra K. Manandhar**

1998년 : 필리핀대학교 전기전자공학과(학사)
 현재 강원대학교 제어계측공학과 석사과정