

디지털 워터마킹 기술의 산업적 응용

김종원*, 신동환*, 신승원*, 최종욱*

요약

인터넷과 컴퓨터 기술의 발달로 멀티미디어 콘텐츠의 불법유통이나 복제가 심각해지면서 디지털 저작물의 저작권 보호를 위한 기술들이 개발되기 시작하였다. 디지털 워터마킹 기술은 이러한 저작권 보호기술의 하나로 원본 콘텐츠에 저작권자에 대한 정보를 은닉함으로써 저작권자를 확인시켜주고 불법복제나 유통여부를 가려주는 기술로 개발된 것이다. 디지털 워터마킹 기술이 필요한 정보를 은닉한다는 측면에서 정보은닉 기술의 하나로 활용이 가능하며, 이는 단순히 저작권 보호 이외의 분야에 대해서도 응용이 가능하다는 것을 나타낸다. 본 고에서는 오디오 워터마킹 기술을 이용하여 중앙 방송국과 지방 방송국간의 방송전환 시점을 자동으로 검지하는 데 응용하는 예와 신분증에 있어서의 위변조를 방지하기 위한 응용 예를 다루었다.

1. 서론

1990년대 중반이후 개인용 컴퓨터의 기능이 증대되고 네트워크의 전송속도가 향상되면서 시공간을 초월하여 다양한 디지털 데이터들을 주고받는 것이 매우 손쉽게 이루어지게 되었다. 이러한 환경은 기존의 아날로그 환경에서 불가능하다고 여겼거나, 슈퍼컴퓨터를 이용해야만 가능했던 일들을 손쉽게 PC환경에서 수행할 수 있도록 하였으며, 다양한 디지털 콘텐츠의 창작과 조작을 가능하게 만들었다. 아울러 데이터를 압축하는 기술이 발전하면서 디지털 데이터의 압축비율이 100:1까지도 가능하게 되면서 더욱 인터넷을 통한 데이터의 교환이 활성화되었다.

이러한 네트워크를 통한 디지털 데이터의 교류 활성화는 긍정적인 측면과 함께 부정적인 측면을 야기시키게 되었는데 불법적으로 복제된 콘텐츠가 인터넷을 통해서 매우 빠른 속도로 많은 사람들에게 퍼져나가면서 콘텐츠 제공자의 수익구조를 해치고 창작의욕을 떨어뜨리는 결과를 가져오게 되었다. 인터넷을 통한 다양한 콘텐츠의 유료서비스를 계획하거나 시행하기 위해서는 콘텐츠의 보안에 대한 요구가 증대되고 있으며, 몇 가지 방법을 이용하여 보안을 시도하고 있다.

대표적인 콘텐츠 보안기술로서는 인증, 암호화,

그리고 워터마킹 기술이 있다. 인증기술은 적법한 사용자인지를 확인하여 콘텐츠에 대한 접근을 제어하는 기술로서 콘텐츠의 불법복제를 막을 수는 없으며, 암호화 기술은 적법한 사용자에게만 암호화된 콘텐츠를 재생할 수 있도록 하는 기술로서 역시 복호화된 콘텐츠에 대해서는 보호할 수 있는 방법이 없다. 이에 비해서 워터마킹 기술은 1990년 Tanaka⁽¹⁾ 등에 의해서 제안된 정보은닉 기술로부터 시작된 기술로 콘텐츠 자체에 공급자 정보나, 사용자 혹은 구매자에 대한 정보를 은닉하는 기술이기 때문에 콘텐츠에 항상 따라다니는 정보라는 장점을 가지고 있다. 물론 워터마킹 기술은 콘텐츠에 부가된 정보일 뿐 어떠한 능동적 조치를 취할 수 없기 때문에 사후적인 조치이거나 사전에 활용을 하기 위해서는 하드웨어나 소프트웨어의 부가적인 도움이 필요한 수동적 기술이라는 단점을 갖고 있다.

또한, 워터마킹 기술은 멀티미디어 콘텐츠의 유형에 따라서 다른 기술이 적용된다. 오디오는 오디오의 특성을 파악해서 정보를 은닉할 수 있는 기술이 필요하며, 이미지나 비디오는 그에 맞는 특성을 파악해서 정보를 은닉할 수 있는 기술이 필요하다. 워터마킹 기술로서 공통적으로 많이 활용되고 있는 기법은 Cox⁽²⁾에 의해서 제안된 확산대역 방식에 의한 워터마크의 삽입이다. 확산대역 방식에 의해서 생성

* (주)마크애니 ((jwkim, dhshin, swshin, juchoi)@markany.com)

된 워터마크는 원본 콘텐츠의 전 주파수 대역에 걸쳐서 분포되기 때문에 일부가 손상되어도 복구가 가능하다는 장점과 워터마크를 생성할 때 사용된 seed 값에 따라서 직교적인 특성을 갖기 때문에 보안성을 유지할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

디지털 워터마킹 기술이 저작권 보호라는 측면에서 개발된 기술이기는 하지만 이 기술은 다른 산업 분야에서 응용이 가능하며, 본 고에서는 오디오 워터마킹 기술을 활용하여 중앙 방송국과 지방 방송국 사이의 방송전환 시점을 검출하기 위한 효과적인 알고리즘과 시스템 구성, 실험결과에 대해서 설명하고 이미지 워터마킹 기술을 활용하여 신분증의 위변조를 막기 위한 시스템 기술에 대해서 다루었다.

II. 워터마킹 기술의 필요조건과 응용분야

디지털 워터마킹 기술이 저작권 보호를 위해서 사용될 때는 악의적인 공격에 의해서 워터마크 정보가 사라지지 않도록 강인성을 가져야 하지만, 응용분야에 따라서는 연약한 워터마크가 필요한 경우나 악의적 공격이 존재하지 않는 환경에서의 응용에 따른 특정한 처리에 대한 강인성 확보가 필요한 경우 등이 존재한다. 일반적으로 알려져 있는 워터마킹 기술이 기본적으로 갖추어야 할 기술적 요구조건은 다음과 같다.

- **지각적 투명성** : 대부분의 응용분야에서 워터마킹 알고리즘은 워터마크가 원본 데이터의 품질에 영향을 미치지 않도록 삽입되어야 한다. 워터마크 삽입과정은 사람이 원본 데이터와 워터마크가 삽입된 데이터를 구분할 수 없다면 완전히 인지할 수 없다고 말한다.
- **워터마크 삽입량** : 워터마크에 들어갈 수 있는 정보의 양은 응용에 따라 종속적이다. 복제 방식의 목적으로는 한 비트면 충분하다. 오디오 워터마킹 기술에 대한 IFPI (International Federation for Phonographic Industry) 의 최근 제안서에 의하면 이들은 오디오 워터마크의 최소 삽입량을 20bps로 요구하고 있다. 일반적으로 지적재산권 보호를 위해서 사용하려면 ISBN(International Standard Book Numbering)은 약 10자리 십진수, ISRC (International Standard Recording Code) 는 12자리의 영숫자를 사용하므로 60비트에서

70비트정도의 정보를 원본 데이터인 이미지나 비디오 프레임, 오디오 클립에 삽입할 수 있어야 한다.^[3].

- **강인성** : 원본 데이터에 대한 인증을 검증해야 하는 연약한 워터마크는 약간의 조작이나 위조에도 워터마크가 손상이 일어나야 하므로 강인성이 필요하지 않다. 그러나 대부분의 다른 응용분야에서는 원본에 숨겨진 워터마크를 제거하려는 악의적인 공격이나, 원본데이터의 압축 등에 의해서 워터마크 손실이 생겨서는 안된다.
- **보안성** : 워터마크의 보안성은 암호화에서의 보안성과 같은 개념으로 설명될 수 있다. 워터마크의 삽입과 검출 알고리즘이 알려져도 워터마크의 존재를 검출하거나 제거하는데 도움을 줄 수 없다면 매우 안전하고 보안성을 가졌다고 하겠다.
- **원본 사용여부** : 일부 응용 예에서는 원본데이터를 가지고 워터마크를 검출하는 방식을 사용할 수 있으나 기술적으로 다양한 분야에 응용하기 위해서는 원본 없이 검출하는 방식이 필요하다.

위에 언급된 필요 사항들 사이에는 적절한 균형이 필요하다. 강인성을 얻기 위해서는 원본 데이터를 가능한 많이 조작하면 되겠지만, 그렇게 했을 경우에는 사람들이 감각적으로 워터마크가 삽입되어 있는 데이터와 원본 데이터의 차이를 느끼게 될 것이며, 보안성은 떨어지게 될 것이다. 따라서 워터마크 기술을 설계할 때는 이러한 사항들 사이의 관계를 적절히 고려하여야 할 것이다.

이미 언급한 것처럼 워터마킹 기술은 정보네티 기술에서 파생된 기술이므로 저작권 보호를 위한 분야 이외에서도 충분한 활용이 가능하다. 저작권 보호를 위한 영역에서는 다음의 용도로 사용할 수 있다.^[3]

- **저작권 보호** : 지적 재산권의 보호를 위해서 콘텐츠 소유자가 자신의 콘텐츠에 저작권 정보를 나타내는 워터마크를 삽입하고, 누군가 자신의 저작권을 침해했을 때 법정에서 자신의 소유권을 증명할 수 있는 정보로 사용한다.
- **핑거프린팅** : 불법복제의 원천지를 추적하기 위해서 콘텐츠 소유자가 핑거프린팅 기술을 사용할 수 있다. 이 경우에 콘텐츠 소유자는 콘텐츠를 공급받는 사용자마다 ID나 일련번호와

같은 다른 워터마크를 삽입함으로써 라이선스 계약을 위반하고 불법배포를 한 사용자를 찾아 내는데 사용할 수 있다.

- 복제방지 : 워터마크내에 저장된 정보는 복제 방지를 위한 목적으로 직접 디지털 기록장치를 제어할 수 있다. 이 경우에 워터마크는 복제방지 비트를 나타내고, 기록장치의 워터마크 검출기는 콘텐츠가 복제 가능한 것인지 아닌지를 결정한다.
- 방송 모니터링 : 상업성 광고 속에 워터마크를 삽입하는 것에 의해서 자동화된 모니터링 시스템이 광고가 계약대로 방송되고 있는지를 확인할 수 있다. 광고뿐 아니라 TV 프로그램도 이러한 방법으로 보호될 수 있다. 뉴스와 같은 경우에 시간당 \$100,000의 가치가 있으나 지적재산권 침해를 받기 쉬운 콘텐츠이다. 방송 감시 시스템은 모든 방송채널을 체크할 수 있고 발견여부에 따라서 TV방송국에 과금을 할 수 있다.
- 데이터 인증 : 연약한 워터마크는 데이터에 대한 인증을 체크하는데 사용할 수 있다. 연약한 워터마크는 데이터가 위조되었는지 여부와 위조된 위치에 대한 정보를 제공한다.

저작권 보호 이외의 목적으로는 다음과 같은 분야에서도 활용이 가능하다.

- 인덱싱 : 검색엔진에서 활용할 수 있도록 비디오 콘텐츠에 주석을 삽입하여 비디오 메일의 인덱싱이나 영화와 뉴스와 같은 곳에 표시자나 주석을 삽입하여 인덱싱으로 활용할 수 있다.
- 의료보안 : 의료영상에 워터마크로써 날짜와 환자의 이름을 넣음으로 보안성 있는 검사가 이루어질 수 있다.
- 데이터 은닉 : 워터마킹 기술은 비밀스럽고 개인적인 메시지의 전송에도 활용될 수 있다. 암호화 서비스의 이용은 많은 정부가 제재를 가하기 때문에 다른 데이터에 자신의 메시지를 숨길 수 있다.
- 비디오 동기 : MPEG과 같은 동영상 압축에서 동영상 프레임과 오디오 시퀀스 사이의 동기를 맞추는데 워터마킹 기술을 활용할 수 있다.
- 방송 동기화 : 지방 방송국이 중앙 방송국의 프로그램을 송출하다가 자체적으로 제작한 프

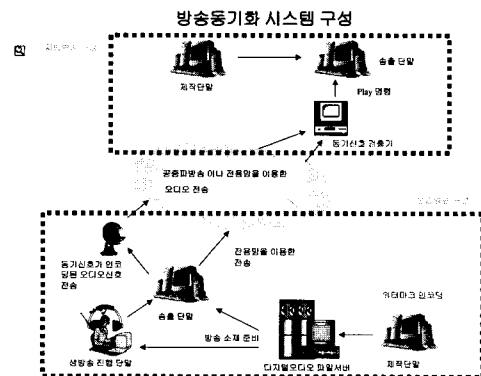
로그를 송출하는 시간이 되었을 때, 워터마크가 은닉된 방송 프로그램을 검출하여 자동으로 전환하는 것이 가능하다.

III. 방송 동기화 시스템에의 응용

방송시스템의 구성은 대개의 경우 1개의 중앙방송국과 다수의 지역방송국으로 구성된다. 지역방송국의 경우 주로 중앙방송국의 방송소재를 방송하고 필요한 경우에 지역방송에서 자체 제작한 방송소재를 중간중간 삽입하여 방송하고 있다. 여기서 방송소재의 방송전환(중앙->지역, 지역->중앙)이 필요하게 됐다. 이런 동작은 여러 지역방송이 동시에 이루어져야 한다는 의미에서 방송 동기화라고 부르고자 한다. 방송 동기화를 자동으로 하기위한 여러 방법들이 제시되어 왔다. 그림 1은 방송 동기화 시스템이 사용된 방송시스템을 나타낸다.

방송이 전환되는 시점에 특정 오디오(예: "문화방송입니다.", "MBC FM" 등)를 방송하고 이 특정 오디오를 음성인식기술을 이용하여 방송전환시점을 결정하게 된다. 이 방법의 단점은 아직 음성인식기술이 100%의 인식율을 갖지 못하여 오검지 확률이 높다는 문제점을 안고있다. 즉 방송도중 방송전환 오디오와 같은 내용이 있을 경우 이를 전환신호로 잘못 인식 할 경우가 있다.

또 다른 시도는 전용망을 이용한 동기화 신호 전송이다. 이 방법도 전용망의 전송상태에 따라서 지연이 되는 경우가 있고 이 경우 방송사고로 이어질 수 있다



(그림 1) 방송 동기화 시스템의 구성도

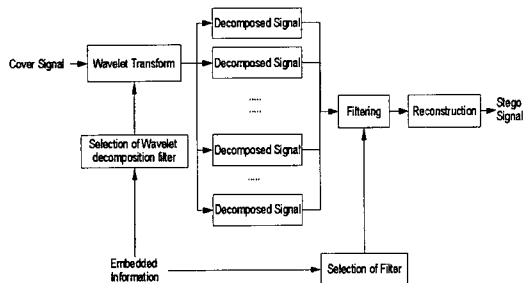
오디오 워터마킹 기술을 방송 동기화 시스템에 적

용하여 방송시스템을 자동화 하기 위해서는 방송시스템의 특성상 동기신호를 잘못 검출하는 오류가 없어야 한다. 즉 워터마크가 없는 오디오에서 워터마크가 있다고 검출되는 경우의 에러(FPE : false positive error)가 0% 이어야 한다. 본 시스템에 사용되는 디지털 워터마킹 기술은 악의적인 공격이 없기 때문에 워터마킹 기술이 갖추어야 할 조건 중에서 지각적 투명성과 오디오 신호의 자유공간 전송을 위해서 일어나는 신호처리(A/D - D/A, AM, FM 변환)에 대한 강인성을 확보하고, FPE가 0%에 가깝도록 설계하면 된다.

방송 동기화 시스템에 사용된 알고리즘은 오디오 워터마킹 알고리즘으로서 디지털 필터링을 이용해서 원본 오디오는 갖지않는 스펙트럼 특징을 이용하여 정보를 삽입, 추출하는 기술을 이용하였다^[4]. 구현된 시스템 특성상 5bit의 정보를 0.5초 이내에 검출할 수 있는 알고리즘을 이용하여 실시간으로 워터마크를 찾아내고 이를 이용하여 시스템 동기신호를 생성한다.

1. 방송 동기화를 위한 오디오 워터마킹 알고리즘

앞서 언급한 바와 같이 방송 동기화를 위해서는 지각적 투명성과 방송과정에서 발생하는 신호처리에 강인한 알고리즘이어야 한다. 이를 위해서 스펙트럼상에 워터마크 정보를 삽입하기 위한 디지털 필터링을 이용한다. 오디오 신호에 정보를 삽입하기 위한 모듈은 그림 2와 같다. 여기서 cover signal은 정보를 삽입하지 않은 원본 오디오 신호를, stego signal은 cover signal에 워터마크 정보가 삽입된 신호를 의미한다.



(그림 2) 워터마크 삽입 구조도

워터마크를 삽입하기 위한 과정을 살펴 보면, 첫

번째 단계로 입력된 cover signal을 웨이블릿 변환을 통해서 필터링할 대상 대역 주파수와 필터링되지 않는 대역 주파수로 분해한다. 필터링 단계에서 cover signal을 웨이블릿으로 분해하여 대상 주파수만을 필터링하는 것은 디지털 필터링 과정에서 주변 주파수 성분에 불필요한 변화를 주지 않기 위함이다. 이상적인 디지털 필터를 설계하고 구현하는 것은 사실상 불가능하므로 정교한 필터를 설계하더라도, 필터링 과정에서 주변 신호의 주파수에 영향을 미치는 것을 막을 수는 없다. 특히, 고주파 성분은 상대적으로 적은 에너지를 갖고 있는데, 이 부분에 발생하는 변화는 고주파를 왜곡시켜 오디오 전문가들이 느끼는 음색의 변화를 발생시킬 가능성이 높다. 이와 같은 왜곡 현상을 사전에 막기 위해서 시간-주파수 영역에서 신호의 분해능이 뛰어난 웨이블릿^[5]을 이용한다.

두 번째 단계로 대상 주파수 신호를 미리 설계된 필터를 이용해서 필터링한다. 이때 여기서 설계된 디지털 필터가 IIR(infinite impulse response) 필터이기 때문에 비선형 위상 변화가 발생하고, 비선형 위상 변화는 음질 변화를 야기시킬 우려가 있다. 또, 이런 필터링 과정을 반복하게 되면 위상의 불규칙한 변화는 왜곡된 음을 만들기도 한다. 이런 위상 변화에 대한 문제를 해결하기 위하여 우리는 필터링을 거치는 동안 위상 변화가 발생하지 않도록 zero-phase filtering^[6,7]을 이용하였다. 이는 Fredrik^[7]이 IIR 필터링을 전방향, 후방향으로 실시함으로써 위상이 변하지 않는 방식과 필터링의 초기값을 계산하는 방법을 이용한다. 필터는 원본 오디오의 스펙트럼에 청각적으로 구분할 수 없는 왜곡을 만들어냄으로써 필요한 정보를 삽입하며, 이는 추출단계에서 은닉된 정보를 복원하는데 사용된다.

마지막으로, 웨이블릿으로 분해된 각각의 신호들과 필터링된 신호를 다시 합성하여 원래의 오디오 신호로 변환하면 정보가 삽입된 stego signal이 만들어진다.

방송 동기화 시스템에서 이용되는 디지털 필터는 사전에 정보량과 저작물의 특성에 따라 디지털 필터를 설계하여 이용한다. 구현하고자 하는 시스템은 방송시스템에 사용된다는 점과 워터마크가 삽입되는 신호가 주로 음성이라는 점을 고려하여 표 1과 같은 특징을 갖는 대역저지 디지털필터를 이용했다.

[표 1] 디지털 필터(kHz)

No.	통과대역 (Passband)	차단대역 (Stopband)	통과 대역 변화 (dB)	차단 대역 완화율 (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

본 논문에서는 시스템특성을 고려하여 강인성을 중시하고 삽입대상이 오디오임을 고려해 워터마크 삽입영역을 3~6kHz대역으로 했다. 필터링은 식 (1)에 의해서 원하는 신호만을 추출했다.

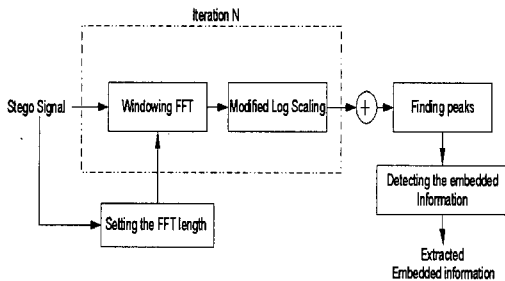
$$y_k = \sum_{m=0}^M a_m x_{k-m} + \sum_{n=1}^N b_n y_{k-n} \quad (1)$$

이것의 주파수 특성은 식 (2)를 이용하여 분석할 수 있다⁽⁶⁾.

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{m=0}^m a_m z^{-m}}{1 - \sum_{n=1}^N b_n z^{-n}}$$

$$|H(e^{j\omega T})| = \sqrt{\{H_R(e^{j\omega T})\}^2 + \{H_I(e^{j\omega T})\}^2} \quad (2)$$

워터마크 추출과정은 오디오의 진폭스펙트럼을 분석하여 찾아낼 수 있다. 그림 3은 워터마크 추출과정을 보여준다. 워터마크 정보가 삽입된 stego signal의 샘플링 주파수, 삽입정보의 대역폭 등을 고려하여 1024개의 샘플을 이용하여 주파수 분석에 사용하였다.



[그림 3] 워터마크 추출 구조도

워터마크 신호는 임의로 필터링에 의해서 생성된

왜곡이기 때문에 일정하게 나타나지만 나머지 신호는 음악의 랜덤한 특성이 주파수 특성에서도 나타나게 되며, 계속적으로 누적하면 워터마크 신호의 구별이 점차적으로 명료해지게 된다. 본 시스템에서는 반복횟수 N을 85회로 했다. 최대값이 제한된 수정된 로그스케일링을 이용하여 워터마크 정보를 강조한다. 이를 바탕으로 피크위치를 식별하고 식별된 위치정보를 이용하여 워터마크 삽입 유무를 판단한다.

2. 실험결과

방송 동기화 시스템을 위해서 구현된 알고리즘의 강인성을 시험하기위해서 2가지 방법으로 실험을 했다. 실제 방송상태와 유사한 제약조건을 만들기 위해서 잡음과 압축레벨을 변화시키면서 실험을 했다.

본 시스템에서 사용된 워터마크킹 오디오는 0.7 초 길이의 call sign 신호로 신호 뒤에는 0.5초 이상의 묵음구간이 이어진다. 이 묵음은 동기화 신호임을 알려주기 위한 신호이고 방송전환에 따른 잡음을 제거하기 위한 부분이다.

2.1 음질 검사(Listening Test)

수치적인 방법으로 음질을 평가할 수 있는 방법 가운데서 가장 널리 이용되고 있는 계산법은 신호 대 잡음 비율 (SNR, Signal to Noise Ratio)을 구하는 방법이 있다. SNR이란, 신호는 단독으로 존재하지 않고 대개 잡음과 섞여 있는데, 그 비율을 나타내는 척도로서 SNR이 쓰인다. 신호전력을 signal, 잡음전력을 noise이라 할 때 식 (3)과 같이 나타내며, 단위는 데시벨(dB)이다.

$$SNR = 20 \left(\log_{10} \frac{Signal}{Noise} \right) dB \quad (3)$$

[표 2] SNR에 따른 품질^(8,9)

S/N ratio dB	S/N ratio:1	Audio quality
60 dB	1,000	Excellent, no noise apparent
50 dB	316	Good, a small amount of noise but audio quality good.
40dB	100	Reasonable, fine grain or snow in the audio, some fine detail lost.
30 dB	32	Poor audio with a great deal of noise.
20 dB	10	Unusable audio.

오디오의 경우에는 SNR에 많은 의미를 부여하지는 않으나, 일반적으로 60dB 이상이 되면 거의 잡음을 감지할 수 없는 것으로 알려져 있다.

여기서 사용된 워터마크가 삽입된 오디오 신호의 경우 SNR을 측정한 결과 66.090dB로 워터마크 삽입으로 인한 오디오 신호 열화를 거의 느낄 수 없었다.

2.2 강인성 검사(Robustness Test)

검지를 검사할 위한 잡음 삽입 실험에서는 백색잡음(white noise)으로 -70dB, -60dB, -50dB를 첨가했다.

압축률에 따른 검사를 위해서 MP3 압축으로 압축률은 128kbps, 96kbps으로 압축 후 실험했다. 시스템 구성상 방송된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 워터마크를 검출하기 때문에 기본적으로 D/A, A/D변환에 의한 공격이 포함되어 있다.

실험결과를 표 3에 표시했다. 실험은 워터마크가 삽입된 오디오를 100번 재생하여 워터마크를 검출한 결과를 표시했다.

(표 3) 압축과 잡음첨가 공격후 워터마크 검출결과

잡음 강도	No Compression	128kbps	96kbps
-45dB	71	72	67
-50dB	97	99	96
-60dB	100	100	100
-70dB	100	100	100

실험결과를 살펴 보면 -60dB 잡음첨가 까지는 미 검지하는 경우가 발생하지 않았다. 그러나 잡음의 강도를 높여서 -50dB이상의 강도로 첨가했을 때는 검지 못하는 경우가 증가하고 있다. 또 128kbps의 압축률을 적용한 경우는 압축을 하지 않은 경우와 차이가 거의 없으나 96kbps로 압축률을 높인 경우는 검지율이 떨어지고 있음을 알 수 있다.

본 방송 동기화 시스템의 신뢰성 검사를 위해서 실제 방송되는 라디오 신호를 갖고 실험해본 결과 240시간 동안 FPE가 발생하지 않았다.

IV. 신분증 위변조 방지 응용

오디오 방송 동기화 시스템이 오디오 워터마킹 기

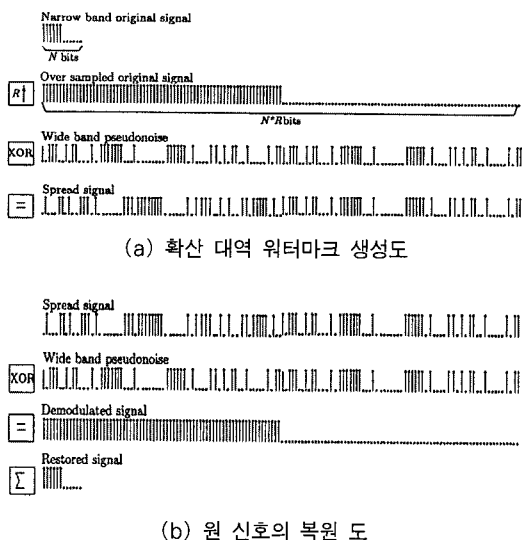
술의 산업적 응용 예라면 TV 방송 동기화 시스템은 비디오 워터마킹 기술을 활용할 수 있을 것이다. 여기에서는 신분증의 위변조를 방지하기 위한 이미지 워터마킹 기술의 응용 예를 다루도록 한다.

우리나라에서 발행되는 여권은 98년도에 1년간 4만 5천건 이상의 분실이 있었으며, 이를 중국인이나 동남아 인들이 위변조하여 사용하는 예가 많이 일어나고 있다. 2000년도에는 상반기 중에 약 2000여건의 여권 위변조 사례가 적발되었으며, 이들 여권은 400만원에서 700만원까지의 가격에 거래되고 있는 것으로 밝혀졌다.^[8-10] 정부는 이를 방지하기 위해서 여권의 사진을 전자방식으로 전환하고, 홀로그램이나 특수잉크에 의한 위변조 방지에 노력을 기울이고 있다.

이미지 워터마킹 기술은 이러한 여권이나 ID 카드와 같이 사진을 포함하고 있는 신분증의 위변조 방지에 매우 효과적으로 활용이 가능하다. 신분증 위변조에 사용하는 이미지 워터마킹 기술은 신분증 내의 어떠한 정보를 변경하거나 사진을 교체하였을 때를 검지할 수 있으면 되기 때문에 지각적 투명성과 전자방식으로 출력된 사진(아날로그 사진)에서도 검출이 가능한 강인성을 확보하면 된다. 이를 위해서 사용할 수 있는 가장 효과적인 알고리즘은 Cox에 의해서 제안된 대역확산 알고리즘이다.^[2]

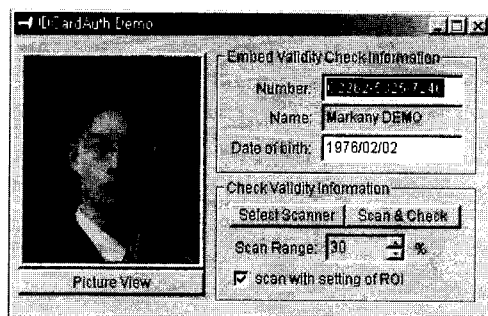
그림 4의 (a)는 협대역 정보를 광대역 정보인 확산 대역 형태의 워터마크로 변환을 시켜주는 과정을 도식적으로 나타내고 있으며, (b)는 확산 대역 형태의 워터마크로부터 원 정보를 복원하는 과정을 나타낸 것이다. 협대역의 원 정보는 R배로 샘플링 주파수를 올리고, 난수 발생기에 의해서 생성된 광대역 의사랜덤 신호로 XOR을 취하는 것으로 확산 스펙트럼 형태의 워터마크를 얻을 수 있다. 이와 같은 방식은 직접 시퀀스 확산 대역 방식이라 하며, 반송 주파수를 랜덤하게 변화시켜주는 방식은 주파수 호핑 확산 대역 방식이라 한다.

확산 대역 방식의 하나로서 난수 발생기에 의해서 발생된 난수를 워터마크로 원 영상에 삽입하고, 검출할 때는 상관도를 구하여 상관도 값이 문턱치를 넘어서면 워터마크가 존재하고 그렇지 않으면 워터마크가 존재하지 않는 것으로 판단하는 방법도 있다. 이때 난수 발생기의 seed값이 워터마크의 키로서 존재하므로 seed값을 모르는 사람은 워터마크를 삽입하거나 추출할 수 없기 때문에 보안성과 함께 강인성을 가지는 방법이다.



(그림 4) 확산 대역 워터마크 생성과 복원

신분증의 사진에 삽입되는 워터마크는 신분증에 있는 신상명세나 주민번호와 같은 개인의 고유정보를 이용하여 seed를 생성하고, 생성된 seed 값을 이용하여 고유의 워터마크를 생성한다. 이때, 누군가 신분증의 사진을 교체하면, 사진으로부터 워터마크 정보를 얻어낼 수 없으며, 신분증의 개인 고유정보를 변조하였을 때도 사진의 워터마크 정보와 일치하지 않는 것을 이용하여 신분증의 위변조를 찾아낼 수 있다.



(그림 5) 신분증 위변조 검증 시스템 사용자 인터페이스

V. 결 론

멀티미디어 콘텐츠의 불법복제와 유통으로부터 멀티미디어 콘텐츠를 보호하기 위한 목적으로 개발된 디지털 워터마킹 기술은 그 사용용도에 따라서 매우 다양한 분야에 응용이 가능하다. 기본 목적인 저작

권 보호를 위해서는 불특정 다수의 악의적인 공격에 강인성을 가져야하기 때문에 그 목적하는 바를 달성하기가 매우 어렵다. 그러나 특정한 분야에 있어서는 현재의 디지털 워터마킹 기술을 이용하여 충분한 효과를 얻을 수 있는 분야가 많이 있다. 방송 동기화 시스템이나 신분증의 위변조 방지 시스템에의 활용이 좋은 예라 할 수 있겠다. 이러한 분야는 특정한 조건만 만족하면 활용이 가능하기 때문에 현재까지 개발된 워터마킹 기술로도 지원이 가능한 것이다.

이외에도 온라인 상에서의 멀티미디어 데이터의 무결성을 검증하기 위해서 연성 워터마크를 사용하는 것이 가능하다. 전자서명과 비슷한 동작을 수행하는 무결성 검증에 있어서의 차이점은 전자서명이 멀티미디어 데이터의 위변조 여부만을 알려준다면 연성 워터마크 기반의 무결성 검증은 위변조된 위치까지 확인시켜줄 수 있다는 차이점이 있다. 또한 광고교주가 방송사가 계약된 시간만큼 광고를 방영하는지를 모니터링 한다든가, 저작권자가 자신들이 저작권을 보유하고 있는 저작물의 방송횟수나 시간 등을 모니터링하는데 워터마킹 기술을 활용할 수 있다.

이와 같이 다양한 응용 분야들은 디지털 워터마킹 기술을 산업적으로 응용하는 것이 가능하다는 것을 나타내고 있으며, 향후 발전되는 기술에 따라서 그 응용분야는 더욱 넓어질 것으로 기대된다.

Acknowledgement

본 고에서 소개된 기술들은 과학기술부의 국가지정연구실 사업(2000N-NL-01-C-286)에 의해서 수행된 결과들을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- [1] K. Tanaka, Y. Nakamura, and K. Matsui, "Embedding secret information into a dithered multi-level image," in Proc. 1990 IEEE Military Communications Conf., pp.216-220, Sep. 1990.
- [2] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," NEC Res. Inst., Princeton, NJ, Tech. Rep. 95-10, 1995.
- [3] G. C. Langelaar, I. Setyawan, and R. L. Lagendijk, "Watermarking digital

image and video data," IEEE SP Mag., Vol.17, no. 5, pp.20-46, Sep. 2000.

- [4] 신승원, 김종원, 최종욱, "디지털 오디오의 인터넷 방송 서비스를 위한 저작물 식별 코드 은닉 기술," 한국방송공학회학술대회, Nov., 2001.
- [5] Y. Yang, D. Zhang, "Enhancement of angiograms via M-band wavelet transform," Proceedings of SPIE Biomedical Photonics and Optoelectronic Imaging, 165-169, 2000.
- [6] A. V. Oppenheim, and R.W. Schaffer, Discrete-Time Signal Processing, Prentice-Hall, pp. 311-312, 1989.
- [7] G. Fredrik, "Determining the initial states in forward-backward filtering," Transactions on Signal Processing, Vol.44 No. 4, April, 1996.
- [8] 동아일보 1999.2.2일 기사
- [9] 동아일보 2000.6.30일 기사
- [10] 동아일보 2001.5.2일 기사

〈著 者 紹 介〉



김종원 (Jong-Weon Kim)

1989년 : 서울시립대학교 공과대학 전자공학과, 공학사
1991년 : 서울시립대학교 대학원 전자공학과, 공학석사
1995년 : 서울시립대학교 대학원

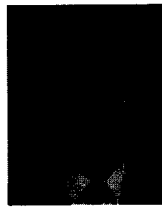
전자공학과, 공학박사
1995년~1996년 : 과학기술정보연구원 선임연구원
1996년~2000년 : 주성대학 정보통신학과/음향전자기기학과 조교수
2000년~현재 : (주)마크애니 부설연구소장
관심분야 : 디지털 워터마킹, 저작권 보호기술, 디지털 신호처리



신동환 (Dong-Hwan Shin)

1992년 : 서울시립대학교 공과대학 전자공학과, 공학사
1995년 : 서울시립대학교 대학원 전자공학과, 공학석사
2000년 : 서울시립대학교 대학원

전자공학과 박사과정수료
1992년~1994년 : LG전자 Video사업부 연구원
1996년~2000년 : 체육과학연구원 시스템개발팀 선임연구원
2000년 9월~현재 : (주)마크애니 부설연구소 선임연구원
관심분야 : 디지털 워터마킹, DSP



신승원 (Seung-Won Shin)

1996년 : 한양대학교 교통공학과, 공학사
1998년 : 한양대학교 대학원 교통공학과, 공학석사
1998년~1999년 : 한국도로교통

공사 연구원
1999년~현재 : (주)마크애니 부설연구소 선임연구원
관심분야 : 디지털 워터마킹, 저작권 보호



최종욱 (Jong-Uk Choi)

정회원
1989년 : University of South Carolina, Ph.D.
1989년~1992년 : KIST 인공지능연구실장

1992년~현재 : 상명대학교 정보통신학부 교수
2000년~현재 : (주)마크애니 대표이사
관심분야 : 디지털 워터마킹, DRM, 인공지능