

2차원 바코드를 이용한 오디오 워터마킹 알고리즘

배경울

상명대학교 소프트웨어대학 컴퓨터과학부
(jbad@smu.ac.kr)

.....

본 논문에서는 2차원 바코드를 이용한 오디오 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 삽입되는 워터마크 정보로는 2차원 바코드인 QR 코드를 변형하여 이용하였다. 2차원 바코드가 1차원 바코드에 비하여 많은 정보를 표현할 수 있고, 코드자체가 에러 보정능력을 내재하고 있는 장점을 이용하여 워터마킹 알고리즘의 견고성을 높였다. 또한 부분적인 워터마크 정보의 손실에 대응하기 위하여 직교코드를 이용하여 삽입대역을 확산했으며, 삽입강도 0.7에서 50dB 이상의 우수한 품질을 확보할 수 있었다.

.....

논문접수일 : 2011년 05월 03일 논문수정일 : 2011년 05월 27일 게재확정일 : 2011년 06월 08일
투고유형 : 국문일반

1. 서론

최근 스마트폰 보급의 확산과 무선인터넷을 이용한 스마트폰에서의 저작물 유통이 활성화되고 있다. 영화와 같은 동영상은 포함하여 디지털 영상 및 음향으로 대표되는 디지털 저작물은 PC와 같은 데스크탑형 사용자환경에서 스마트폰과 같은 이동형 사용자환경으로 급속히 변화하고 있으며, 이를 통한 저작물의 불법유통이 문제가 되고 있다. 저작물의 불법유통은 저작자의 창작의욕을 저해하고, 궁극적으로는 저작권 산업을 위축시키는 원인이 된다.

과거 데스크탑형 사용자 환경에서는 저작물을 보호하기 위해서 디지털 저작권 관리(DRM : Digital Rights Management) 기술과 같이 복잡한 암호화 기술을 이용하여 보호하였으나 사용자 환경의 변화와 DRM 기술에 의한 호환성 문제로 DRM

free 서비스로 전환되고 있다. 이러한 변화에 맞춰 최근에는 DRM을 대체할 수 있는 저작권보호 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. DRM을 대체할 수 있는 기술로써는 디지털 워터마킹 기술과 디지털 핑거프린팅 기술을 들 수 있다. 디지털 워터마킹 기술은 저작권의 보호, 인증 및 권리를 검증할 수 있는 기술이며, 디지털 핑거프린팅 기술은 저작물의 불법유통 경로를 추적할 수 있는 기술로써 디지털 워터마킹 기술의 응용 기술이라 할 수 있다(이영석과 김종원, 2010; Chor et al., 2000; Kang, 2006).

본 논문에서는 두 가지 새로운 접근 방법을 동시에 적용하여 오디오 워터마킹 알고리즘을 개발하였다. 그 중 하나는 2차원 바코드를 삽입정보로 표현하여 바코드가 갖고 있는 코드자체의 에러 보정능력을 이용하여 알고리즘의 견고성을 높였고, 다른 하나는 CDMA(Code Division Multiple Access)

* 본 연구는 상명대학교 2011년도 교내연구비에 의해서 지원되었음.

의 Chip Sequence 원리를 도입하여 각종 공격에 대한 대응 알고리즘을 구성하였다.

제 2장에서는 본 알고리즘에서 도입한 2차원 바코드에 관한 설명과 제안 알고리즘에서 사용되는 확산 스펙트럼의 기본원리를 설명하고, 제 3장에서는 워터마킹 알고리즘의 삽입/추출 과정에 대하여 설명한다. 제 4장에서는 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 실험결과를 분석하고 결론을 맺는다.

2. 2차원 바코드 및 확산 스펙트럼

2.1 바코드의 분류

바코드는 데이터 표현 방법에 따라 불연속형 바코드(Discrete Type)와 연속형(Continuous Type) 바코드로 나뉘며, 데이터 배열 방법에 따라 1차원, 2차원 및 3차원 바코드로 분류된다. 3차원 바코드는 인쇄가 어려운 철강제품이나 금형주조물 등에 사용되며 바코드의 깊이까지 해독하는 방식이다. 본 알고리즘에는 사용이 불가능하여 논의하지 않는다.

2차원 바코드는 1차원 바코드와 비교하여 심볼에 대응량의 데이터를 포함시킬 수 있는 점, 공간 이용률이 매우 높다는 점과 심볼이 훼손되어 데이터가 손상되더라도 오류를 검출하여 복원하는 능력이 탁월하다. 2차원 바코드는 또 다층형 바코드와 매트릭스형 바코드로 나뉜다. 다층형 바코드는 1차원 바코드와 마찬가지로 독특한 심볼 시작 패턴과 종료 패턴을 가지고 있기 때문에 열의 순서에 관계없이 어떤 열이 읽혔는지 분간할 수 있다. 또한 심볼 안에 몇 개의 열과 줄이 있는지에 대한 정보와 심볼 종료 패턴이 있으므로 심볼 내의 모든 데이터가 정상적으로 판독되었는지를 확인할 수 있다.

매트릭스형 바코드는 정방형의 동일한 폭의 흑백 요소를 모자이크 식으로 배열하여 데이터를 구

성하기 때문에 체크 무늬형태를 띤다. 매트릭스형 코드에서는 흑백 요소의 존재 여부만 확인하면 되므로 데이터가 요소의 변에 구속되지 않기 때문에 다층형 또는 선형 심볼로지에 비해서 데이터의 오차 허용도(Tolerance)가 작아도 된다. 이와 같이 매트릭스형 코드는 흑백 요소를 데이터 비트로 삼아 수평 및 수직 방향으로 배열하므로 2D Array Code라고도 불린다. 이러한 매트릭스 코드에는 Array Tag, Code 1, DataMatrix, DataStrip, Maxicode, QR 코드 등이 있다.

2.2 바코드의 선정

바코드로 워터마크 정보를 표현하기 위하여 본 알고리즘에서는 바코드 선정 시, 다음과 같은 문제들을 필요조건으로 설정하였다.

조건 1 : 공격을 대비하여 적절한 양의 정보를 삽입할 수 있어야 하며, 경우에 따라 일정한 단위로 중복으로 삽입할 수 있어야 한다.

조건 2 : 삽입할 정보는 표현방식에서 블록의 제한을 받지 말아야 한다.

조건 3 : 워터마크 정보는 반복적인 삽입과 악의적인 정보의 제거 공격에 대비하여야 한다.

각 문자가 바(Bar)로 시작하여 바(Bar)로 끝나는 불연속형 바코드는 다음 문자의 시작 문자에 의해서 문자의 끝이 구별된다. 때문에 코드 자체가 블록의 제한을 받으며 조건 2를 만족시키기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 불연속형 바코드를 제외하였으며 바(Bar)로 시작하여 스페이스(Space)로

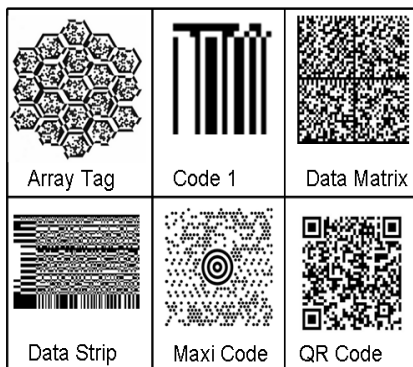
끝나는 연속형 바코드를 선택하였다.

1차원 바코드는 정보의 표현 패턴으로 볼 때, 조건 2와 조건 3을 만족시키기 어렵기 때문에 제안하는 알고리즘에서는 제외하였다. 2차원 바코드 중 다층형 바코드는 워터마킹에 사용하는데 다음과 같은 제한성이 있다.

다층형 바코드는 1차원 바코드와 마찬가지로 몇 개의 문자가 모여 수평 방향의 열을 구성하고 열에 데이터문자를 포함하며 독특한 심볼 시작 패턴과 종료 패턴을 가지고 있다. 이는 워터마크 정보를 표현하기 위하여 초기동기화 코드 외에 각 층으로 분류되는 정보를 분석하여 열의 개수에 따른 동기화 코드도 분석해야 되는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 2차원 바코드 중 다층형 바코드를 제외하고 데이터 매트릭스형 바코드를 집중적으로 분석하였다.

<그림 1>에서는 부분적인 매트릭스형 바코드의 유형들을 나타내었다. 어레이 태그 바코드, Data Strip 코드, 코드원 등은 데이터 표현방식이 다층형 코드와 유사하다. 부분적으로 셀 구조를 갖거나 띠 구조를 갖는다. 이런 패턴은 물류 등 응용분야의 적용을 위하여 필요한 것이며 워터마킹 알고리즘에 삽입할 정보로는 불필요한 것이다.



<그림 1> 매트릭스형 2D 바코드

QR 코드와 데이터 매트릭스는 다른 매트릭스형 바코드에 비하여 정보의 표현이 자유롭다. 이들 바코드 중, QR 코드는 모서리 부분에서 쌍겹 네모구조 패턴을 갖는다. 데이터 매트릭스 코드 역시 데이터 표현 매트릭스 자체도 블록으로 나뉘어서 정보를 표현하게 된다. 특히, QR 코드에서는 모서리 부분에서 쌍겹 네모구조 패턴이 위치하며 이를 심볼의 경계로 표시한다.

QR 코드의 이러한 특징은 워터마킹 정보의 표현으로 적절함을 보여준다. 즉, 2차원 바코드이고 비선형코드이며, 매트릭스 코드인 QR 코드는 약간의 변형절차를 통해서 확산 스펙트럼 방식의 워터마킹 알고리즘에 적용하기 적합하다.

2.3 확산스펙트럼

본 논문에서 제안하는 워터마킹 알고리즘은 다양한 공격을 대비하여 확산 스펙트럼 기법을 사용하였다. 코드 분할 다중화(CDMA)에서의 유일한 코드 시퀀스는 기지국 및 사용자 구분에 사용되지만, 여기서는 사용자들을 구분하는데 이용된다.

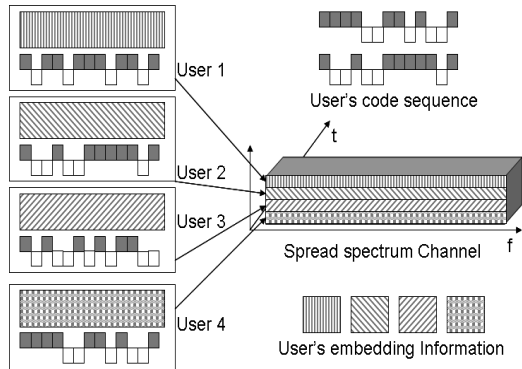
S로 사용자 S의 코드 시퀀스를 표시하고 T로 다른 사용자의 코드 시퀀스를 표시할 경우, S와 T의 내적(inner product)은 0이며 자체 내적은 1이다. 즉, 다음과 같은 두 가지 수식을 만족한다.

$$S \cdot T \equiv \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m S_t T_t = 0 \quad (1)$$

$$S \cdot S \equiv \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m S_t S_t = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m S_t^2 = 1 \quad (2)$$

3. 워터마킹 알고리즘

제안하는 워터마킹 알고리즘의 기본적인 개념도는 <그림 2>와 같다.

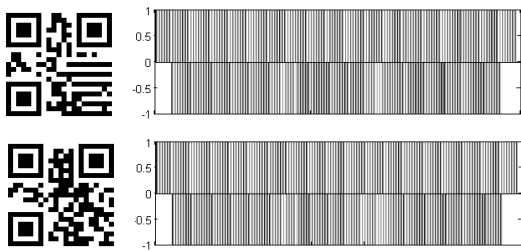


<그림 2> 제안 알고리즘의 개념도

제안 알고리즘에서는 사용자마다 서로 다른 확산 코드 시퀀스를 부여한다. 부여된 코드 시퀀스가 직교할 경우, 하나의 오디오 파일에서 각 사용자들의 워터마킹 정보를 확인할 수 있다.

3.1 워터마크 정보의 생성

우선 처리의 편의를 위하여 QR 코드의 0과 1 두 가지 픽셀 값을 -1과 1의 값을 가지도록 코드 범위를 변경한다. 두 개의 닷 코드 A의 00000000000000000000과 11111111111111111111를 1차원 변환 후 바 그래프로 표시할 경우, <그림 3>과 같다.



<그림 3> 2D 바코드의 1D 시퀀스 변환

제안 알고리즘에서는 사용할 직교코드로는 왈쉬 코드를 선택했다. 왈쉬 함수를 $wal(n, t)$ 로 표

시하며 여기서 n 은 왈쉬 순서, t 는 시간변수를 나타낸다. 이산화하여 8×8 로 표시할 경우, 사용자들이 부여받는 코드들은 $Wal(0, t)$, $Wal(1, t)$, $Wal(2, t)$, $Wal(3, t)$, $Wal(4, t)$, $Wal(5, t)$, $Wal(6, t)$, $Wal(7, t)$ 이며, 다음과 같이 표현된다(Ruisong and Haiyong, 2005).

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Wal(0, t) \\ Wal(1, t) \\ Wal(2, t) \\ Wal(3, t) \\ Wal(4, t) \\ Wal(5, t) \\ Wal(6, t) \\ Wal(7, t) \end{bmatrix} \quad (3)$$

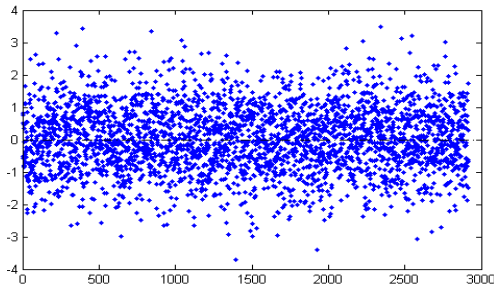
이 코드들은 각 사용자들을 구별하기 위한 코드 시퀀스로 사용되며, 오디오에 삽입하려면 워터마크 정보 즉 1차원화한 바코드들과 곱하게 되어 생성된 데이터들은 결과적으로 확산 스펙트럼 방식으로 오디오 데이터에 삽입된다.

3.2 워터마크 삽입 알고리즘

워터마킹 정보를 포함하게 되는 템플레이트로서는 Pseudo-Noise code를 사용하였다. PN 시퀀스는 정보신호를 변조하여 확산시키는데 사용되며 백색잡음과 유사하고 자기상관성이 우수할 뿐만 아니라 간섭에 매우 강한 특성을 갖고 있다.

<그림 4>는 $key = 1024$, $length = 2916$ 인 PN 코드를 $(-4, 4)$ 범위 내에서 그 분포를 살펴본 것이다. 보는 바와 같이 백색잡음과 유사한 특성을 갖고 있다.

삽입할 워터마크 정보를 X 라고 한다. 이 정보는 대역 확산 과정을 거친 후, 백색잡음과 마찬가지로 전 주파수 대역으로 확산된다.

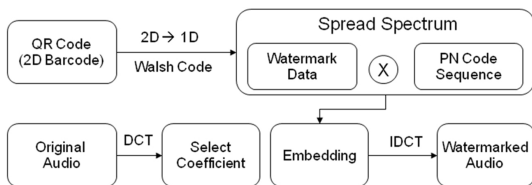


<그림 4> Pseudo Noise Code

X를 주파수 대역(DCT)에 삽입하기 위하여 삽입강도를 조절할 수 있도록 값을 설정한다. 수식은 다음과 같다.

$$Y'_t = Y_t(1 + \alpha x_t) \quad (4)$$

여기서 Y_t 는 DCT 주파수 계수 값을 나타내고 Y'_t 는 워터마크 정보가 삽입된 주파수 값을 나타낸다, α 값의 변경을 통하여 삽입 강도를 조절한다. 삽입알고리즘 흐름도는 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 워터마크 삽입 알고리즘 도

원본 오디오를 주파수 영역으로 변환한 후, 삽입방법에는 여러 가지가 있다. Cox가 제안한 알고리즘에서는 DC 값을 제외한 주파수 계수 값들 중 큰 값들을 선택하여 순서대로 정보를 삽입하였다. 본 논문에서는 알고리즘의 성능향상을 위하여 DC 값을 제외한 후, 특정 범위 내의 계수 값을 선택하였으며 선택된 수열에 정보를 삽입하였다.

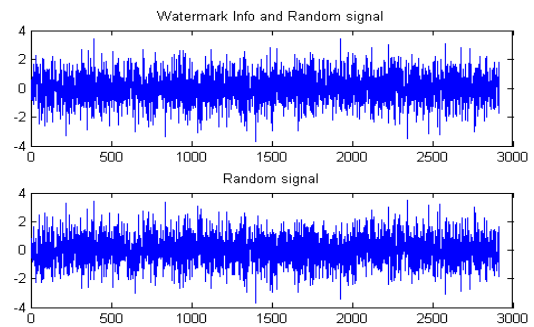
이러한 방식에는 다음과 같은 장점이 있다.

첫째 : 삽입 시 일정한 주파수 계수 값을 추출함으로써 삽입범위를 여러 대역으로 분산시킨다.

둘째 : 원본 데이터의 변형을 최소화한다.

셋째 : 삽입할 워터마크 정보의 양에 근거하여 필요한 범위를 선택할 수 있으며, 좀 더 많은 정보 삽입이 필요할 경우, 선택 범위를 정할 수 있다.

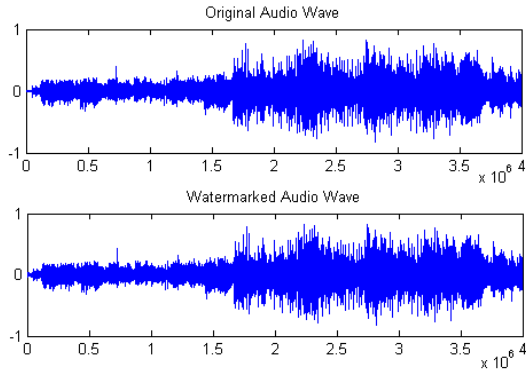
제안한 알고리즘에서는 (-0.5, -0.3) 범위와 (0.3, 0.5) 범위에서 계수를 선택하였다. 필요에 따라 (0.2, 0.8) 혹은 (-0.8, -0.2)을 선택해도 Cox가 제안한 알고리즘과 성능이 비슷함을 확인할 수 있었다.



<그림 6> 삽입정보 시퀀스와 랜덤신호

<그림 6>에서 Watermark Info and Random signal은 PN 코드 시퀀스에 왈쉬 코드와 1차원화된 바코드의 조인트 값을 보여준 것이다. 여기에는 삽입정보 X가 포함된다. Random signal은 PN 코드 시퀀스를 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이, 삽입할 워터마크 정보를 포함한 시

퀀스와 PN 코드 시퀀스는 정보의 분포에 변화를 보이지 않았다.

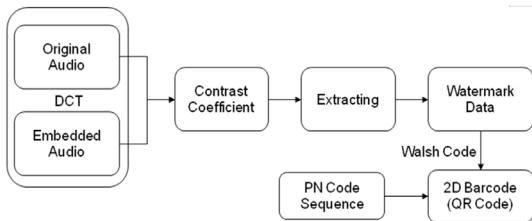


<그림 7> 원본과 삽입후의 오디오

<그림 7>은 워터마크 정보를 삽입한 후의 원본 오디오와 워터마크된 오디오를 비교한 것이다.

3.3 워터마크 추출 알고리즘

워터마크 추출 알고리즘은 삽입의 역과정이며 절차는 <그림 8>과 같다.



<그림 8> 워터마크 추출 알고리즘 도

삽입 시, 특정된 주파수 대역의 계수에만 정보를 삽입했기 때문에 추출 시에도 같은 대역에서 원본과 비교하여 삽입된 정보를 추출한다. PN 코드로부터 워터마크 정보를 추출하고 Walsh 코드에 근거하여 삽입된 2차원 바코드를 추출한다.

추출된 워터마크 데이터와 원본 워터마크 데이터의 유사도는 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다. 여기서 기호 ~는 Similarity를 지칭한다.

$$-(M \cdot M') = \frac{M \cdot M'}{\sqrt{M \cdot M'}} \quad (5)$$

4. 알고리즘 평가

제안한 알고리즘의 성능의 평가를 위하여 셸러브래먼의 “Amazing Grace”, 네일 세다카(Neil Sedaka)의 “Oh! Carol”, 존 덴버의 “Take me home country roads” 등 3개의 오디오 샘플을 선택하여 테스트 하였다. 샘플 파일의 스펙은 <표 1>과 같다.

<표 1> 시험 샘플 오디오

Test sample	Amazing Grace	Oh! Carol	Take me home country roads
File Format	Wav/PC	Wav/PC	Wav/PC
Sampling size	16bit	16bit	16bit
Channel	2	2	2
Sampling rate	44KHz	44KHz	44KHz
length(s)	186.48	135.67	196.31

알고리즘의 성능 테스트를 위하여 사용한 공격에는 MP3 압축, 에코 공격 및 Sub Woofer Boost를 사용하였다. MP3 압축은 Cool Edit Pro 2.0에서 제공하는 툴을 사용하였다. MP3 압축 설정은 CBR (Constant Bitrate, 128kbps, 44100Hz, Stereo)로 설정하여 테스트하였다. Sub Woofer Boost 공격은 푸리에 변환을 이용한 저주파 부분의 변형공격이다. 에코 공격에서는 Initial Volume 70%, Decay 75%, Delay 100ms로 설정하여 에코를 삽입함으로써 전체적으로 똑같은 오디오 데이터가 에코 형태로 삽입되면서 삽입된 워터마크 정보에 변형을 가

하는 공격이다.

사용자별 왈쉬 코드는 8×8로 설정하고, PN code의 키 값을 1024로 설정하여 제안하는 워터마킹 알고리즘을 테스트한 결과는 <표 2>, <표 3>, <표 4>, <표 5>와 같다. 유사도 값이 6보다 클 경우, 워터마크가 삽입되었다고 판단할 수 있다.

<표 2> “Amazing Grace” 유사도 측정 결과

Sample name	Amazing Grace		
Alpha	0.3	0.5	0.7
No Attack	17.06	17.06	17.06
mp3 compression	17.01	17.03	17.04
Sub WB	6.92	9.19	11.08
echo	5.03	8.02	10.23

<표 3> “Oh! Carol”의 유사도 측정 결과

Sample name	Oh! Carol		
Alpha	0.3	0.5	0.7
No Attack	17.06	17.06	17.06
mp3 comp	16.90	17.02	17.04
Sub WB	6.83	9.05	11.04
echo	3.02	5.64	10.01

<표 4> “Take me home ~”의 유사도 측정결과

Sample name	Take me home country Roads		
Alpha	0.3	0.5	0.7
No Attack	17.06	17.06	17.06
mp3 Comp.	16.92	17.03	17.03
Sub WB	6.59	8.99	11.21
echo	3.21	5.53	10.21

<표 5> 삽입강도에 따른 SNR

Test Sample	Alpha		
	0.3	0.5	0.7
Amazing Grace	72.9	63.7	56.1
Oh! Carol	71.6	62.3	54.6
Take me home	70.8	61.2	53.5

테스트 결과에서 보는 바와 같이 MP3 압축에서는 알파 값의 설정에 상관없이 모두 워터마크 삽입을 확인할 수 있었으며, Sub Woofer Boost 공격에서는 공격자체가 정보가 삽입된 저주파 대역을 변화시켰지만 알파 값이 0.3인 상황에서도 강하진 않지만 확인할 수 있었고, 에코 공격에서는 0.5, 0.7값을 취했을 때, 확인 가능했다.

5. 결론

본 논문에서는 2차원 바코드인 QR 코드를 변형하여 이용한 오디오 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 바코드 자체가 에러 보정능력을 내재하고 있는 장점을 이용하여 오디오 워터마킹 알고리즘의 견고성을 높였다. 그리고 전형적으로 사용되는 워터마크 공격에 대응하기 위하여 왈쉬코드와 PN 코드를 사용하였으며 대역을 확산하여 전 주파수 구간에 워터마크 정보를 삽입하였다. 실험을 통하여 압축이나 에코, 우퍼변환에서 알고리즘의 강인성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- 이영석, 김종원, “웨이블릿 평면에서의 2D-EMD를 이용한 디지털 영상의 블라인드 워터마킹 기술에 관한 연구”, *한국인터넷정보학회 논문지*, 11권 2호(2010), 113~122.
- Chor, B., A. Fiat, M. Naor and B. Pinkas, “Tracing traitors”, *IEEE Trans, Inform, Theory*, Vol. 46(2000), 893~910.
- Kang Hyeon RHEE, “Detection of Colluded Multimedia Fingerprint using LDPC and BIBD”, *Electronics Engineering korea*, Vol.43-5(CI), (2006).
- Ruisong Ye, Haiyong Liao, “A Simple Generation

Method for Walsh Transformaton Matrix and Its Applicaton”, *Journal of Communication and Computer*, USA, (2005), 21~25.

Stone, H., “Analysis of Attacks on Image Watermarks with Randomized Coefficients”, *NEC Technical Peport*, (1996).

Abstract

A digital Audio Watermarking Algorithm using 2D Barcode

Kyoung Yul Bae

Nowadays there are a lot of issues about copyright infringement in the Internet world because the digital content on the network can be copied and delivered easily. Indeed the copied version has same quality with the original one. So, copyright owners and content provider want a powerful solution to protect their content. The popular one of the solutions was DRM (digital rights management) that is based on encryption technology and rights control. However, DRM-free service was launched after Steve Jobs who is CEO of Apple proposed a new music service paradigm without DRM, and the DRM is disappeared at the online music market.

Even though the online music service decided to not equip the DRM solution, copyright owners and content providers are still searching a solution to protect their content. A solution to replace the DRM technology is digital audio watermarking technology which can embed copyright information into the music.

In this paper, the author proposed a new audio watermarking algorithm with two approaches. First, the watermark information is generated by two dimensional barcode which has error correction code. So, the information can be recovered by itself if the errors fall into the range of the error tolerance. The other one is to use chirp sequence of CDMA (code division multiple access). These make the algorithm robust to the several malicious attacks.

There are many 2D barcodes. Especially, QR code which is one of the matrix barcodes can express the information and the expression is freer than that of the other matrix barcodes. QR code has the square patterns with double at the three corners and these indicate the boundary of the symbol. This feature of the QR code is proper to express the watermark information. That is, because the QR code is 2D barcodes, nonlinear code and matrix code, it can be modulated to the spread spectrum and can be used for the watermarking algorithm.

The proposed algorithm assigns the different spread spectrum sequences to the individual users respectively. In the case that the assigned code sequences are orthogonal, we can identify the watermark information of the individual user from an audio content. The algorithm used the Walsh code as an orthogonal code. The watermark information is rearranged to the 1D sequence from 2D barcode and modulated by the Walsh code. The modulated watermark information is embedded into

the DCT (discrete cosine transform) domain of the original audio content.

For the performance evaluation, I used 3 audio samples, “Amazing Grace”, “Oh! Carol” and “Take me home country roads”, The attacks for the robustness test were MP3 compression, echo attack, and sub woofer boost. The MP3 compression was performed by a tool of Cool Edit Pro 2.0. The specification of MP3 was CBR(Constant Bit Rate) 128kbps, 44,100Hz, and stereo. The echo attack had the echo with initial volume 70%, decay 75%, and delay 100msec. The sub woofer boost attack was a modification attack of low frequency part in the Fourier coefficients.

The test results showed the proposed algorithm is robust to the attacks. In the MP3 attack, the strength of the watermark information is not affected, and then the watermark can be detected from all of the sample audios. In the sub woofer boost attack, the watermark was detected when the strength is 0.3. Also, in the case of echo attack, the watermark can be identified if the strength is greater and equal than 0.5.

Key Words : Audio Watermarking, 2D barcode, QR code

저자 소개



배경울

현재 상명대학교 컴퓨터학과 교수로 재직 중이다. 1980년에 미 Old Dominion University에서 정보과학 학사 학위를, 1982년과 1990년에 Alabama University에서 정보과학 석·박사 학위를 각각 취득하였다. 1989년부터 1990년까지 Stillman College 전산과 교수로 재직, 1990년부터 1991년까지 Alabama University에서 산업공학과 교수로 재직하였으며, 1991년부터 1993년까지 한라중공업 CIO역임, 1999년부터 2002년까지 서울시 정보화기획단장(CIO 1급)을 역임하였다. 주요 관심분야로는 전자상거래, 생산관리, 생체인식 및 지능형 시스템 등이다.