

DCT 블록의 멀티미디어 핑거프린팅 Multimedia Fingerprinting in DCT Block

이 강 현*
Kang Hyeon RHEE

Abstract

In this paper, it was implemented an algorithm of multimedia fingerprinting in DCT block. For the improvement of the limits of DRM's ability, the proposed algorithm could be decided a responsibility boundary to judge a traitor who falsified the content according to perform separately a watermarking of content provider and a fingerprinting of content user. At the test image size(128×128) and block size(8×8) of the content provider, the measured PSNR is Inf~46.6dB with watermarking strength $\theta=0.5\sim1.2$, and at a number of users and user's code length are $n=7,15,31,63$ and $l=7,15,31,64$ each, the measured PSNR is Inf~46.1 with fingerprinting code length $l=7,15,31,63$. Finally, a traitor tracing of the falsified content is approached to a trace ratio 1 which is extended to $n-1$.

요 약

본 논문에서는 DCT 블록에서 실행되는 멀티미디어 핑거프린팅 알고리즘을 구현한다. 제안된 알고리즘은 DRM의 한계성을 개선하고, 콘텐츠 제공자의 워터마킹과 콘텐츠 사용자의 핑거프린팅을 분리 수행함으로써 위조 및 변조된 콘텐츠의 부정자를 판단하는 책임경계를 결정할 수 있다. 콘텐츠 제공자의 128×128 영상에서 블록크기 8×8에 워터마킹 삽입강도 θ 는 0.5~1.2까지 적용하여 PSNR은 Inf~46.6dB로 측정되었으며, 콘텐츠 사용자는 블록크기 64 픽셀 범위 내에서 BIBD 기반 코드길이가 $l=7,15,31,64$ 를 사용자의 수 $n=7,15,31,63$ 에 따라 핑거프린팅 코드길이 또한 $l=7,15,31,63$ 으로 PSNR은 Inf~46.1로 측정되었다.

위조 및 변조된 콘텐츠의 부정자 추적은 $n-1$ 까지 확장되어 추적율은 1에 접근 되었다.

Key words : Multimedia fingerprinting, DCT(Discrete Cosine Transform) BIBD(Balanced Incomplete Block Design), ACC(Anti-Collusion Code), Watermarking

1. 서론

콘텐츠 제공자(Content provider)는 사용자의 구매 콘텐츠에 멀티미디어 핑거프린팅 코드(Fingerprinting

code)를 삽입하여, 구매하는 사용자의 인식정보로 사용한다. 이러한 핑거프린팅 기술은 원 저작자의 지적 재산 권리의 보호와 디지털 창작물의 불법복제 및 배포에 대한 방지책으로, 콘텐츠에 사용자 정보를 삽입하고, 사용자들이 공모(Collusion)하여 다른 불법 복제 콘텐츠를 만드는 공모공격(Collusion attack)이 발생되었을 때, 공모공격자들을 추적하여 검출할 수 있는 콘텐츠 보호기술[1]이며, 기존의 DRM[2] 한계를 극복할 수 있다.

기존의 멀티미디어 핑거프린팅은 Tardos[3], ACC(Anti-Collusion Code)[4] 등의 다양한 방법으로

* 조선대학교 전자정보공과대학 전자공학과
(Dept. of Electronics Eng., Chosun University)

※ 이 논문은 2011년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

接受日:2011年 8月 5日, 修正完了日: 2011年 8月 30日
掲載確定日: 2011年 9月 1日

진행되었으며, (l, m) code[5], BIBD 기반 코드[6], LDPC[7], 터보 코드[8] 등을 사용하여 미디어 콘텐츠에 응용하였다.

핑거프린팅 코드를 콘텐츠에 삽입하는 방법도 공간영역(Spatial domain)과 주파수 영역(Frequential domain)으로 분류되는데, 공간영역에서 핑거프린팅을 처리하면 삽입이 용이하고 추출의 정확성이 뛰어나지만, 신호처리 및 압축과 공모공격에 약하다는 단점이 있다. [4]의 BIBD 기반 code의 AND-ACC에서 사용자 수 N , 핑거프린팅 코드길이 l 그리고 공모자 수 c 에 의해 $l = \alpha \sqrt{n}$ 이며, 주파수 영역에서 $l = \alpha(cN^2)$ 으로 주어진다.[9]

Hu와 Li는 [10]에서 핑거프린팅된 콘텐츠를 만들기 위하여, 원 영상의 DCT 처리 후에 코사인계수의 직교벡터 u_k 를 구하고, 콘텐츠 제공자의 워터마크 삽입강도 θ 에 의한 워터마킹 e_j 를 수행하여 워터마킹된 콘텐츠 c_j 를 생성하였다. 그리고 사용자 n 명의 핑거프린팅 코드 $f(i=1 \sim n)$ 와 u_k 의 승산으로 복호키 d_k 를 생성하고 c_j 와 d_k 에 의한 배포용 콘텐츠 Y 를 만들었다. 그러므로 공모된 콘텐츠에서 제공된 워터마킹 신호와 핑거프린팅 신호를 분리하고 검출하는 계산은 큰 복잡도를 갖는 단점이 있다.

본 논문에서는 [10]의 핑거프린팅 부분의 수행을 개선하고자, 사용자 코드의 직교벡터 u_{oi} 에 의해 d_k 를 직접 생성하고 u_{oi} 와 c_j 와 연산으로 Y 를 만든다. 이 목적은 DRM[2]의 개선을 위하여, 콘텐츠 제공자의 워터마킹된 콘텐츠와 사용자의 핑거프린팅된 콘텐츠의 분리성으로 위조 및 변조된 콘텐츠의 관리를 용이하게 하고 부정자 추적율을 높이고자 한다.

따라서 본 논문은 콘텐츠 제공자와 사용자의 권한에서 워터마킹된 콘텐츠 c_j 와 사용자 콘텐츠 Y 가 원 콘텐츠에 대한 충실도 차원에서 워터마킹 삽입강도, 사용자의 수, 사용자의 코드길이의 적용을 영상처리의 DCT 기본블럭(8×8)에서 수행한다. 제 II장에서는 본 논문에 사용된 이론적 배경을 설명하고, 제 III장에서는 본 논문에서 제안하는 멀티미디어 핑거프린팅 알고리즘을 구현하고, 제 IV장에서는 제안된 핑거프린팅의 실험적 결과를 비교분석하여 제 V장에서 결론을 맺는다.

II. 이론적 배경

2.1 DCT 블럭과 코사인 계수

영상의 공간영역을 주파수영역으로 변환할 수 있는

데, 평균값(DC value)으로부터 저주파수 그리고 중간주파수를 거쳐 고주파수 성분에 이르기까지 여러 가지의 주파수 성분들로 분해를 한다. 이 분해과정을 직교(Orthogonal)변환이라고 하는데, 이와 같이 자연적인 영상을 주파수성분 별로 분해하여 나누는 직교변환은 1960년 이후로 많은 종류들이 제안되어 왔는데, 영상에서 DC, \cos 성분만 찾는 이산여현변환 DCT(Discrete Cosine Transform)가 제안[11]되었다. 이 변환 방법은 영상의 압축에 가장 효과적인 방법으로 검증되었으며, JPEG(Joint Picture Expert Group)에서 정지영상과 MPEG(Moving Picture Experts Group)-2의 HDTV(High Definition TeleVision) 동영상에서 영상 압축을 위한 표준으로 채택되어, 광범위하게 응용되고 있다.

DCT는 간단하게 식 (1)과 (2)로 표현이 되며, 식 (1)의 DCT 처리 결과 값은 다시 식 (2)의 IDCT(Inverse DCT)를 통하여 원래의 값으로 계산된다.

$$F(u, v) = \frac{C(u)C(v)}{4} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f_{x,y} \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{16}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{16}\right] \quad (1)$$

$$f(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u)C(v) F_{u,v} \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{16}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{16}\right] \quad (2)$$

여기서

$$C(u), C(v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \text{for } x, y = 0$$

$$C(u), C(v) = 1 \quad \text{otherwise}$$

이다.

JPEG 영상압축 파일을 만들기 위해서 우선, 정지영상을 8×8픽셀의 일정한 크기의 정방향 블럭으로 나누어서 DCT 처리를 한다. 그림 1과 같이 각각의 주파수영역에 DCT 계수가 위치한다.

공간영역의 영상전체에 대한 픽셀의 밝기정보를 주파수영역으로 변환이 되어 직류성분(DC)은 좌측상단에 그리고 \cos 성분의 저주파수, 중간주파수, 고주파수 성분들이 우측 하단으로 점진적으로 위치하게 된다. 이 주파수성분 값들을 DCT 계수라고 한다.

그림 1은 8×8 픽셀의 영상이 DCT 처리되어, 영상 내에 있는 직류성분, \cos 분의 저주파수, 중간주파수, 고주파수들에 대한 64개의 DCT 계수 값들이 좌측상단에서 우측하단으로 차례로 배열이 된다.

영상을 DCT 처리를 하면, 변환 전에는 화면에 불규칙하게 퍼져있는 각 픽셀의 밝기 값이 직교변환이 된 후에는 저주파수와 중간주파수 그리고 고주파수영역으로 분리가 된다.

2.2 직교성(Orthogonality)

신호해석에서 직교성 벡터공간의 개념을 시간함수에 적용하여 신호를 벡터로 취급할 수 있다. 두 벡터의 직교(orthogonal)는 벡터내적(inner product)이 0이므로 각 벡터의 방향이 다르고 서로 공통되는 벡터성분이 없는 것으로 두 벡터 집합의 각 성분이 서로 직교하면 이 벡터들의 집합은 선형 독립이 되고, 그 집합은 직교벡터 집합이 되며 식(3)과 같고,

$$C=A \perp B=A \cdot B \cos \theta \quad (3)$$

조건은 $A=0$ or $B=0$ or $\theta=0$ 이다.

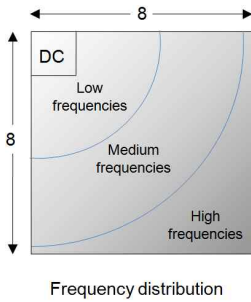


Fig. 1. Distribution of frequency domain by DCT.
그림 1. DCT 처리의 주파수영역 분포

2.3 BIBD 기반 코드

블록설계는 각 처리가 블록에 똑같은 비율로 나타나게 하는 관능검사 실험계획으로, 한 블록 안에서 처리수가 많아 모든 처리군을 포함할 수 없을 때 사용하는 방법이다. 이를 위한 조합문제는 행렬모형을 사용하여 제약조건을 만족하는 행렬로 생성할 수 있다. [12,13]에서 BIBD를 포함하여 많은 변분들(Variations)이 연구되었다.

BIBD 설계[14~16]는 5개의 파라미터 (v , b , r , k , λ)로 생성되는데,

- v : 처리의 개수(Number of treatments)
- b : 블록의 개수(Number of blocks)
- r : 각 v 의 반복 수(Number of times each treatment is run, $k < v$)
- k : 하나의 블록에 포함된 v 의 개수(Number of treatments per block)
- λ : 각 처리 쌍이 나타나는 블록의 개수 (Number of blocks that processing pair appears)

이다.

5개의 파라미터는 식 (4)부터 (7)까지의 한정조건을 만족한다.

$$vr = bk \quad (4)$$

$$r(k-1) = \lambda(v-1) \quad (5)$$

$$b = \frac{v(v-1)\lambda}{k(k-1)} \quad (6)$$

$$r = \frac{\lambda(v-1)}{k-1} \quad (7)$$

식 (4)에서 $b=v$ or $r=k$ 이면 BIBD는 대칭성이며 $v \times b$ 의 크기를 갖는 BIBD의 접속행렬 M 은 식 (8)에 의해 행렬 요소 m_{ij} 의 값이 결정된다.

$$M = [m_{ij}]$$

$$m_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_i \in A_j) \text{ or } (j_{th} \text{ blocks} \in i_{th} \text{ blocks}) \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (8)$$

그러므로 M 은 식 (9)를 만족[17]하게 되며 BIBD 기반 코드가 된다.

$$MM^t = (r - \lambda)I + \lambda J \quad (9)$$

여기서 I : the $v \times v$ identity matrix

J : the $v \times v$ matrix of all 1's

III. 제안된 DCT 블록의 멀티미디어 핑거프린팅 알고리즘

3.1 콘텐츠의 핑거프린팅

본 논문에서는 [10]의 워터마킹 실행에 의한 콘텐츠 제공자의 $C_{provider}$ 생성 이후에 사용자를 위한 핑거프린팅 처리를 개선하고자, 그림 3과 같이 사용자로부터 받은 코드의 직교벡터에 의한 사용자 키 d_k 를 직접 생성하고 직교벡터와 $C_{provider}$ 를 핑거프린팅 처리를 하여 사용자에게 배포되는 Y_{user} 를 만든다. 이렇게 함으로써 콘텐츠 제공자와 콘텐츠 사용자의 중간 부분에서 핑거프린팅이 처리되므로 위조 및 변조된 콘텐츠에 대해서 제공자와 사용자 간의 콘텐츠 위조 부분의 책임경계를 갖도록, 핑거프린팅된 콘텐츠는 제공자가 알지 못하고, 사용자만이 알게 된다. 따라서 콘텐츠 부정자의 추적율이 높게 된다.

제안된 알고리즘은 영상처리에서 사용하는 DCT의 블록 크기 범위 내에서 사용자의 수와 핑거프린팅 코드길이를 처리한다. 그림 2는 제안된 알고리즘이며, 그림 3은 블록도이다.

Step 1: 콘텐츠 제공자의 원영상의 블록(8×8)을 DCT 처리한다.

Step 2: 사용자의 수 n 에 따라 코사인계수를 n 개 선택한다.

Step 3: 코사인 계수의 직교벡터를 구한다.

- Step 4: Step 3의 직교벡터에 워터마크를 삽입하고 Step 3의 코사인 계수와 Step 2의 나머지 64-*n* 개의 코사인 계수를 조합하여 워터마크된 콘텐츠 제공자의 $C_{provider}$ 를 생성한다.
- Step 5: 사용자 코드의 직교-삼각분해에 의한 단위행렬과 삼각행렬을 구한다.
- Step 6: 단위행렬의 요소는 직교벡터로서 $C_{provider}$ 에 사용자의 핑거프린팅을 하고 사용자에게 배포되는 워터마크-핑거프린팅된 콘텐츠 Y_{user} 를 생성한다. 삼각행렬 요소는 사용자의 복호키 Dk_{user} 로 생성된다.
- Step 7: 사용자는 배포된 Y_{user} 에 복호키 Dk_{user} 를 사용하여 사용자 콘텐츠를 생성한다.

Fig. 2. Proposed multimedia fingerprinting algorithm in DCT block.
 그림 2. 제안된 DCT 블록 멀티미디어 핑거프린팅 알고리즘

3.2 위,변조된 콘텐츠의 검출

그림 3에서 사용자가 자신의 콘텐츠를 위조 또는 변조하여 불법으로 복제된 콘텐츠를 재배포하였을 때, 이를 검출할 수 있는 검출기와 부정자(Traitor)의 추적이 필요하다. 그림 4는 그림 3에 의한 사용자의 콘텐츠의 위,변조를 검출하고 부정자 판단을 결정하는 추적도이다.

IV. 실험 및 결과검토

4.1 핑거프린팅 영상의 PSNR

본 논문에서 제안된 알고리즘의 실행에 사용된 테스트 영상은 lenna(128×128)이다. 영상을 DCT 처리하기 위하여 기본처리 블록(8×8)을 선택하고, 64개의 픽셀 범위 내에 삽입할 수 있는 4가지의 BIBD 기반 코드($v=7, 15, 31, 63$)를 사용자의 수와 이에 따른 핑거프린팅 코드 길이로 사용하였다. 워터마크 삽입강도 θ 는 범위 0.5~1.2까지의 값을 삽입하였으며, 영상의 PSNR(Peak Signal to Noise Rate)은 식 (10)과 (11)로 측정된 결과 값이 표 1과 그림 5와 같다.

$$MSE = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N I_1(m,n) - I_2(m,n)^2}{M \times N} \tag{10}$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{R^2}{MSE} \right) \tag{11}$$

여기서 MSE: Mean-Square Error

M : 영상의 가로 크기

N : 영상의 세로 크기

I_1 : 첫 번째 영상

I_2 : 두 번째 영상

m : 영상 픽셀의 가로 위치

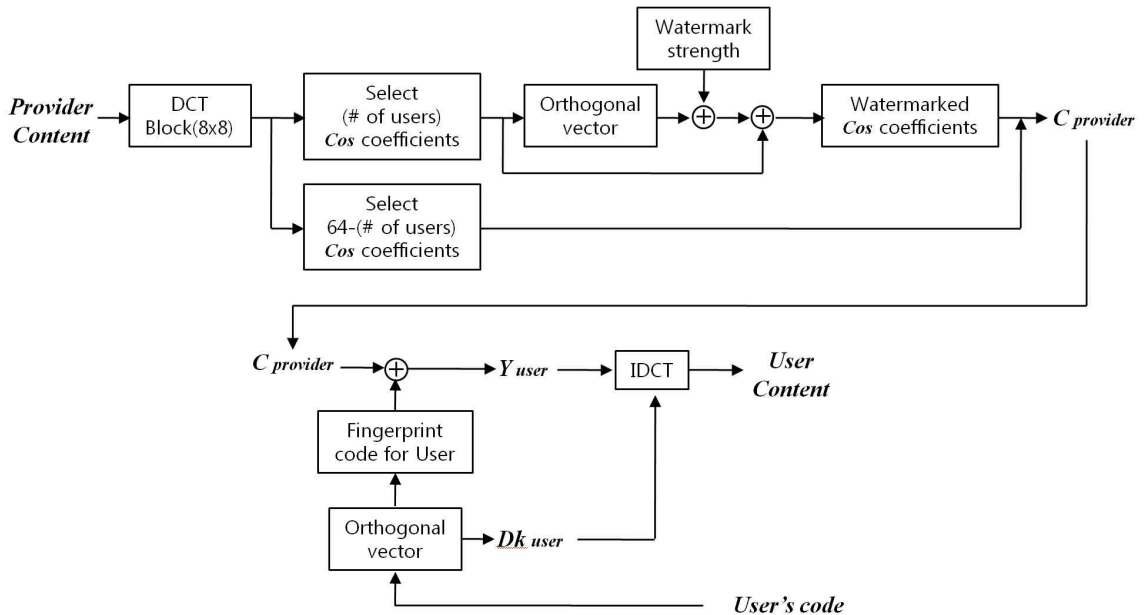


Fig. 3. Proposed multimedia fingerprinting in DCT block.
 그림 3. 제안된 DCT 블록의 멀티미디어 핑거프린팅

n : 영상 픽셀의 세로 위치
 R : 영상의 한 픽셀의 밝기의 정수
 최대값으로 255

4.2 부정자의 추적

그림 3의 사용자 콘텐츠에는 콘텐츠 제공자의 워터마킹 강도와 콘텐츠 사용자의 핑거프린팅 정보가 포함되어 있다. 그림 4에서 위,변조된 콘텐츠와 제공자의 콘텐츠 $C_{provider}$ 의 차신호를 구하고 사용자의 핑거프린트 코드북에서 각 사용자의 핑거프린팅 코드의 직교벡터와의 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 식 (9)에 의해 산출된 값에서 가장 큰 값을 갖는 사용자가 부정자로 결정이 된다.

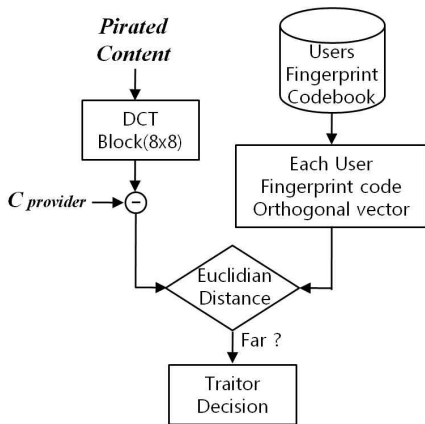


Fig. 4. Proposed trace-chart of a traitor.
 그림 4. 제안된 부정자의 추적도

$$Euclidean\ distance = \sqrt{\sum_{i=0}^{l-1} (a_i - b_i)^2} \quad (12)$$

실험을 통하여 BIBD의 v 값으로 사용자의 수 $n=7, 15, 31, 63$ 에서 부정자는 $n-1$ 명 까지 추적이 되었다. 표 2는 기존의 부정자검출과 제안된 알고리즘의 검출 비교이다.

Table 2. Performance comparison between the proposed algorithm and the conventional algorithms.

표 2. 제안된 알고리즘과 기존 알고리즘의 성능비교

Fingerprinting algorithms	Method	Possible to trace the traitors
Dittman[18]	d-detecting	2
Boneh[3]	c-secure	2
Trappe[4]	AND ACC	2
Domingo Ferrer[19]	3-secure	3
Proposed Algorithm	DCT block, Orthogonal transformation	$n-1$

(n : Number of the total Users)

V. 결 론

본 연구에서는 영상처리에서 가장 많이 사용하는 DCT 처리의 블록의 최대 픽셀 수 범위 내에서, BIBD 기반 코드를 멀티미디어 핑거프린팅 코드로 사용하였다. 콘텐츠 제공자의 워터마크 삽입과 사용자의 핑거프린팅

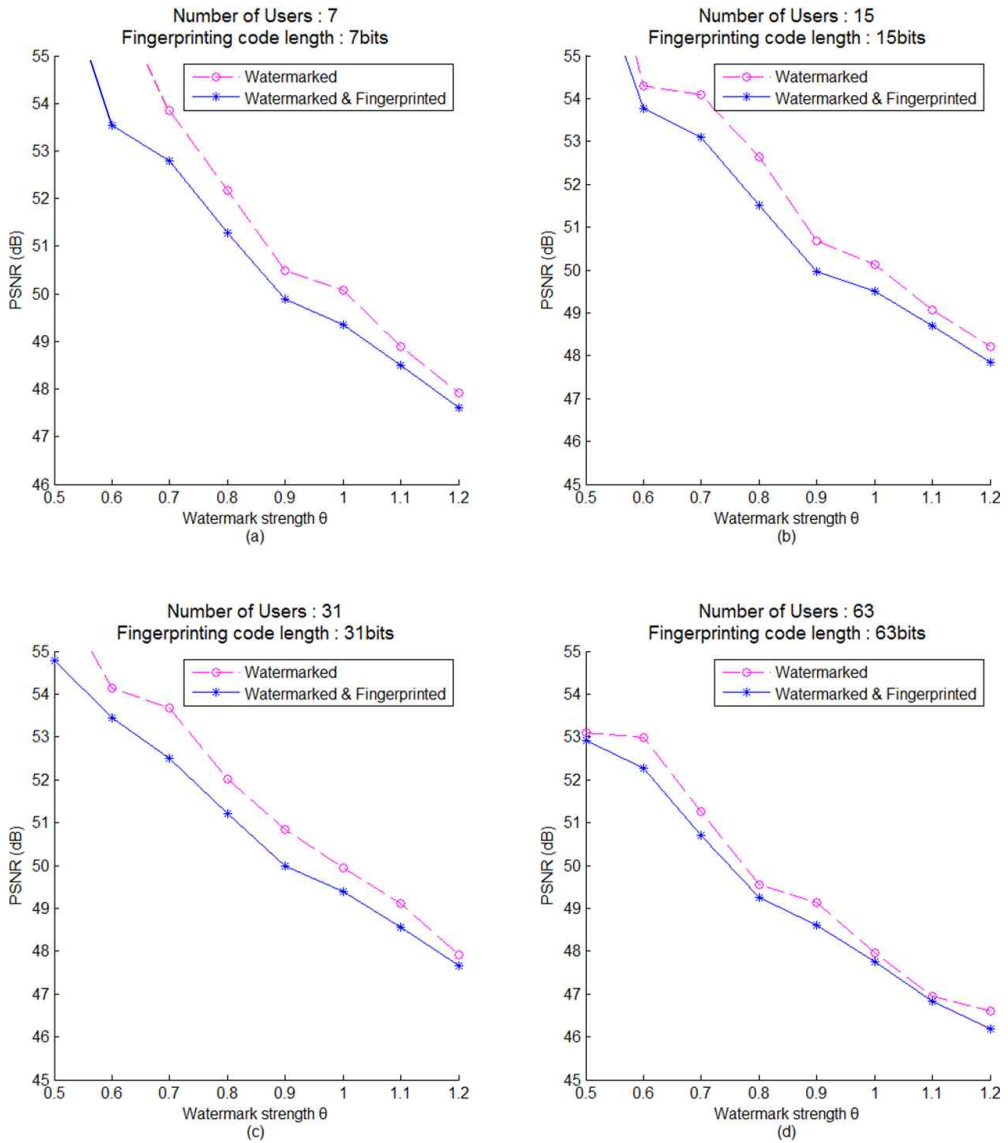
Table 1. Measured values PSNR by watermark strength($\theta=0.5\sim 1.2$) and a number of users(fingerprinting code length) (image size 128×128).

BIBD v (Number of users and Fingerprinting code length)

PSNR 측정(A : Watermarked, B : Watermarked and Fingerprinted)

표 1. 워터마크 삽입강도($\theta=0.5\sim 1.2$)와 사용자의 수(핑거프린팅 코드 길이)에 따른 PSNR 측정값(영상크기 128×128).

BIBD v	Watermark strength θ														Traitor tracing		
	0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0		1.1			1.2	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		A	B
7	Inf	Inf	Inf	53.5	53.8	52.7	52.1	51.2	50.4	49.8	50.0	49.3	48.8	48.5	47.9	47.5	6
15	59.9	57.6	54.2	53.7	54.1	53.1	52.6	51.5	50.6	49.9	50.1	49.5	49.0	48.7	48.2	47.8	14
31	56.5	54.7	54.1	53.4	53.6	52.5	52.0	51.2	50.8	49.9	49.9	49.3	49.1	48.5	47.9	47.6	30
63	53.1	52.9	52.9	52.2	51.2	50.7	49.5	49.2	49.1	48.6	47.9	47.7	46.9	46.8	46.6	46.1	62



(a) Users 7 and Fingerprinting code length 7(BIBD $v: 7$)
 (b) Users 15 and Fingerprinting code length 15(BIBD $v: 15$)
 (c) Users 31 and Fingerprinting code length 31(BIBD $v: 31$)
 (d) Users 63 and Fingerprinting code length 63(BIBD $v: 63$)
 (a) 사용자 7명과 핑거프린팅 코드길이 7비트(BIBD $v: 7$)
 (b) 사용자 15명과 핑거프린팅 코드길이 15비트(BIBD $v: 15$)
 (c) 사용자 31명과 핑거프린팅 코드길이 31비트(BIBD $v: 31$)
 (d) 사용자 63명과 핑거프린팅 코드길이 63비트(BIBD $v: 63$)

Fig. 5. Measured values PSNR by a number of users and a fingerprinting code length at a watermark inserting strength($\theta=0.5\sim 1.2$).

그림 5. 워터마크 삽입강도($\theta=0.5\sim 1.2$)에서 사용자 수(핑거프린팅 코드길이)에 따른 PSNR 측정값

을 삽입하는 처리부분을 별도로 처리함으로써, 위·변조된 콘텐츠의 책임부분이 모호하지 않은 결정을 할 수 있다. DCT의 블록처리 사이즈가 커짐에 따라서 BIBD 기반 코드의 v 를 증가하여 사용자의 수와 코드길이를 증가할 수 있기 때문에 콘텐츠의 핑거프린팅 수행이 용이하므로 DRM의 확장성에 광범위하게 응용할 수 있다.

참고문헌

- [1] 노진수, 이강현 “신경회로망에 의한 공모된 멀티미디어 핑거프린트의 검출,” *대한전자공학회논문지* 제43권 CI 편 제4호, pp. 80-87, 2006. 7
- [2] Kang Hyeon RHEE, “DRM Implementation by Multimedia Fingerprint,” *IEEK Computer Society*, Vol.46, No.3, pp. 50-56, 2009. 5
- [3] Skoric B., Vladimirova T. U., Celik M., Talstra J. C., “Tardos Fingerprinting is Better Than We Thought,” *Information Theory, IEEE Trans.*, Vol. 54, Issue 8, pp. 3663-3676, 2008
- [4] W. Trappe, M. Wu, Z. J. Wang and K. J. R. Liu. “Anti-collusion fingerprinting for multimedia,” *IEEE Trans. Signal Proc.* 51(4), pp. 1069-1087, Apr. 2003
- [5] Dan Boneh, James Shaw, “Collusion-Secure Fingerprinting for Digital Data,” *IEEE TRANS. ON INFORMATION THEORY*, VOL. 44, NO. 5, pp. 1897-1905, Sept. 1998
- [6] Kang Hyeon RHEE, “Estimation of multimedia fingerprinting image,” *Digital Content, Multimedia Technology and its Applications (IDC), 2010 6th International Conference on*, pp. 350-353, 2010
- [7] Jie Yang, Ping Liu, GuoZhen Tan, “The digital fingerprint coding based on LDPC,” *Signal Processing, 2004. Proceedings ICSP '04, 7th Int'l Conf.* Vol. 3, pp. 2600-2603, 2004
- [8] Zhang Zhiguang, Chen Xiaosu, Zhou Miao, “A Digital Fingerprint Coding Based on Turbo Codes,” *Computational Intelligence and Security, 2007 Int'l Conf.* pp. 897-901, 2007
- [9] Minoru Kuribayashi, “Hierarchical Spread Spectrum Fingerprinting Scheme Based on the CDMA Technique,” *EURASIP Journal on Information Security*, 2011
- [10] Defa Hu, Qiaoliang Li, “Asymmetric Fingerprinting Based on 1-out-of-n Oblivious Transfer,” *IEEE COMM. LETTERS*, VOL. 14, NO. 5, pp. 453-455, MAY 2010
- [11] N. AHMED, T. NATARAJAN, K. R. RAO, “Discrete Cosine Transfomn,” *IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTERS*, pp. 90-93, JANUARY 1974
- [12] J. H. van Lint, R. M. Wilson, *A Course in Combinatorics*, Cambridge, Eng., Cambridge University Press, 1992
- [13] S. S. Shrikhande, and Vasanti N. Bhat-Nayak, “Non-isomorphic solutions of some balanced incomplete block designs I,” *Journal of Combinatorial Theory*, 1970
- [14] <http://mathworld.wolfram.com/BlockDesign.html>
- [15] Dinitz, J. H. and Stinson, D. R. *A Brief Introduction to Design Theory, Ch. 1 in Contemporary Design Theory: A Collection of Surveys*, New York: Wiley, pp. 1-12, 1992
- [16] Ryser H. J. “*The (b, v, r, k, lambda)-Configuration.*” §8.1 in *Combinatorial Mathematics*. Buffalo, NY: Math. Assoc. Amer., pp. 96-102, 1963
- [17] Jeffrey H. Dinitz, Douglas R. Stinson, *Contemporary Design Theory: A Collection of Surveys*, Wiley, 1992.
- [18] J. Dittmann, “Combining Digital watermarks and Collusion Secure Fingerprints for Customer Copy Monitoring,” *Proc. IEE Seminar Sec. Image & Image Auth.*, pp. 128-132, Mar. 2000
- [19] F. Sebe and Domingo-Ferrer, “Short 3-Secure Fingerprinting Codes for Copyright Protection,” *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 2384, pp. 316-327, 2002

저 자 소 개

이 강 현 (평생회원)



1979년 : 조선대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1981년 : 조선대학교 전자공학과 (석사)
 1991년 : 아주대학교 대학원 (공학박사)
 1977년~현재: 조선대학교 전자공학과 교수

<주관심분야> 멀티미디어시스템 설계, 멀티미디어 핑거프린팅 및 포렌식, 유비쿼터스 보안