

원본 동영상 대조 없이 가능한 Blind 검출 방식의 코드화된 워터마크 검출 알고리즘

논 문
59P-4-9

Coded Watermark Detecting Algorithm using a Blind Detecting Method Without Original Videos

황 선 철[†]
(Seon-Cheol Hwang)

Abstract - Digital watermark technologies conceal the information of video contents that presents who is the owner and/or who is the user. In spite of various attempts to insert watermark, trials to mark information of users or buyers into contents have not been successful. It is the reason that the rates of detection is decreased seriously if there are some attacks to the contents such as resizing or bitrate decreasing. In this paper, the algorithm to insert the coded watermarks of users into video contents and to detect them without original contents under attacks will be described.

Key Words : Blind Detecting, Digital Watermark, Mark Information of User, Coded Watermark

1. 서 론

디지털 콘텐츠의 유통과 그에 따른 저작권 보호가 중요한 부분을 차지하는 요즘 콘텐츠에 대한 보호 및 저작권의 은밀한 표시의 한 방안인 디지털 워터마크 기술이 각광을 받고 있다[1][2]. 디지털 워터마크 기술은 동영상 또는 정지영상에 보이지 않는 마크를 삽입하여 저작권자가 알아볼 수 있는 정보를 삽입하거나, 저작권자가 누구인가를 알려준다. 이를 위해서 다양한 연구가 그동안 진행되어 왔다. 오늘날의 워터마킹의 시작과 활성화에 이바지한 I. J. Cox 등은 DCT 계수를 이용한 워터마크에 대한 연구를 체계화 시켰으며 현재도 많은 연구가 진행 중이다[3][4]. 이후 워터마킹 연구는 다양한 형태의 방식과 공격에 따른 검출률의 확보에 대한 연구가 진행되어왔다[5][6]. 특히 비교적 부가가치가 높고 상품성이 높은 동영상 콘텐츠에 대한 보안 문제로서 MPEG 비디오에 대한 워터마크의 삽입과 검출의 문제는 높은 관심과 많은 연구의 대상이 되어왔다[7]~[9]. MPEG-2 비디오는 현재 전세계적으로 디지털 TV의 표준이며 우리나라에서도 채택되어 고화질 TV의 표준으로 사용되고 있기 때문에 많은 콘텐츠가 존재하고 있다. 콘텐츠가 많이 유통되고 높은 화질로 인해 고부가가치를 가지면 이에 대한 무단 도용의 문제가 필연적으로 발생한다. 물론 콘텐츠의 저작권자나 유통사에서 철저한 보안 방안을 강구하고 있다. 이에 대한 가장 일반적인 방안은 디지털 저작권 보호 시스템인 DRM (Digital Right Management) 시스템이다. 대부분의 고화질 콘텐츠들은 이들 시스템에 의해 캡슐레이션(capsulation)되어 유통된다. 캡슐레이션은 콘텐츠를 사용권

한이 있는 사람이 일정한 전자키를 가지고 해제하지 않으면 볼 수 없는 구조이다. 그러나 여기에 보안 맹점이 존재한다. 합법적인 사용자에 의해 보안이 해제된 영상을 해킹이나 불법적인 방법에 의해 유출되는 경우 이를 제어할 방법이 현재 거의 없다는 점이다. 이런 문제를 해결하기 위해 다양한 방안이 연구되어 왔지만 일반적으로 동영상에 워터마크를 삽입하는 방안이 모색되었다. 그러나 워터마킹은 일반적으로 저작권자가 누구인지 또는 이 콘텐츠는 워터마킹이 되어 있다는 것만 삽입되는 경우가 대부분이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 워터마킹 기법을 이용하여 콘텐츠에 사용자의 정보를 삽입하여 불법 유통시 최초에 유통시킨 사용자의 정보를 검출할 수 있는 방안에 대한 방안을 개발하였으며 본 논문에서는 이들 정보를 검출하는데 있어서 원본 동영상의 비교 없이 워터마크의 삽입 여부와 삽입 위치를 정보화하여 사용자의 정보를 코드화하여 삽입하는 방안과 이를 검출하는 방안에 대해 논하고자 한다.

2. 코드화된 워터마크의 삽입

기존의 워터마킹은 콘텐츠에 일정한 표시를 비가시적인 방식으로 삽입하는 것이 대부분이었다[3]~[9]. 이들 워터마킹 시스템은 화면에 눈에 띄는 가시적인 그림(Bitmap)을 삽입하는 방법을 사용하는 경우, 보이지 않는 비가시적 방법으로 그림을 삽입하는 경우이거나, AC 계수(coefficients) 중 하나 혹은 다수에 마킹하여 보이지 않게 하는 비가시적 방법 등이 대부분이었다. 또는 최근에 각광받는 방식 중 하나는 디지털 웨이브릿(Digital Wavelet) 방식을 이용하는 것인데 이는 MPEG-2가 DCT를 사용하는 방식과는 근본적으로 다른 방식이므로 본 연구에서는 제외하였다. 상기에서 언급한 바와 같이 비트맵 삽입 방식이나 AC 계수 대체 방식은 화면 공격에 취약한 특성을 가진다. 특히 화면 크기 조정을 통한

[†] 교신저자, 정회원 : 인덕대학 방송영상미디어과 부교수 · 공박
E-mail : sthwang@induk.ac.kr

접수일자 : 2010년 11월 2일

최종완료 : 2010년 11월 22일

공격이나 화질 저하 공격에는 매우 취약한 면을 보여준다. 특히 비트맵 삽입 방식은 비가시성이 떨어지며, 화질 저하 공격에 좀 더 취약해진다. 따라서 본 논문에서는 워터마킹의 요구사항을 만족하면서 기하학적 공격이나 화질 저하 공격에 강한 DC 계수에 마크하는 방식을 사용하고자 한다.

2.1 MPEG-2의 슬라이스 구조

MPEG-2 Codec은 계층 구조를 갖고 있다. 특히 동영상은 정지영상의 연속이므로 1/30초 마다 연속되는 정지영상이 연속적으로 보여지는 특성을 갖는다. 하지만 MPEG-2는 모든 프레임을 전체 영상으로 나타내지는 않는다. 이것은 연속되는 영상은 이웃하는 프레임이 많은 영역이 비슷하거나 동일한 부분을 갖는다는 특성을 이용하여 부분영상을 추출한 후 압축하여 전송하는 구조를 갖는다. 하지만 이런 구조 속에서도 통상 15프레임마다 한 프레임씩은 전체 화면데이터 즉 인트라 프레임(Intra frame)을 전송한다. 본 연구에서는 MPEG-2의 이러한 특성을 이용하여 모든 인트라 프레임에 워터마크를 삽입하는 방식을 채택하였다. 특히 인트라 프레임은 다음 그림에서 나타낸 것과 마찬가지로 매크로블록(Macroblock)의 연속인 슬라이스 구조로 이루어져있다. 즉 하나의 프레임은 여러 줄의 슬라이스로 이루어지고 하나의 슬라이스는 다수의 매크로블록으로 이루어진다. 그런데 MPEG-2에서는 이들 슬라이스의 길이가 화면 전체에서 동일한 길이로 이루어져있다. 특히 화면의 넓이(width)와 일치하는 성질을 갖는다[10].

또한 MPEG-2의 구조상 특성으로는 DCT 계수를 저장할 때 DC성분은 별도로 저장하는 특성을 가진다. 이점을 이용하면 하나의 슬라이스를 구성하는 최초 블록의 DC를 변형시키면 이후 슬라이스 한 줄 전체가 영향을 받게 하여 워터마크를 삽입할 수 있다. 본 연구에서는 최초의 DC에 +1의 연산을 수행하여 워터마크를 삽입하였다.

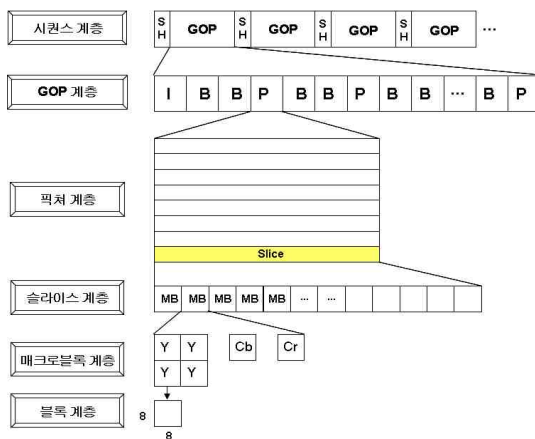


그림 1 MPEG-2의 계층적 구조[10]
Fig. 1 Hierarchical structure of MPEG-2 [10]

2.2 Watermark의 code화 된 삽입 방안

MPEG-2 코덱은 1920×1080의 고화질 동영상 뿐만 아니라 720×480 일반 화질의 동영상과 기타 다양한 해상도의 동영상을 압축할 수 있다. 하지만 가장 일반적인 것은 HD(1920×1080)과 SD(720×480)급이다. 특히 콘텐츠로서 가치가 있는 해상도는

HD급으로 현재 우리나라에서 시행되고 있는 고화질 TV의 표준이 여기에 속한다. 그러므로 본 연구에서는 HD급의 동영상에 대한 워터마크 삽입 시스템의 설계에 대해 논하고자 한다. HD 영상을 다양한 해상도로 크기 변환 공격한 후 검출할 수 있는 알고리즘의 개발에 대해 논하고자 한다.

HD급 동영상의 한 프레임의 구조는 다음 그림과 같다.

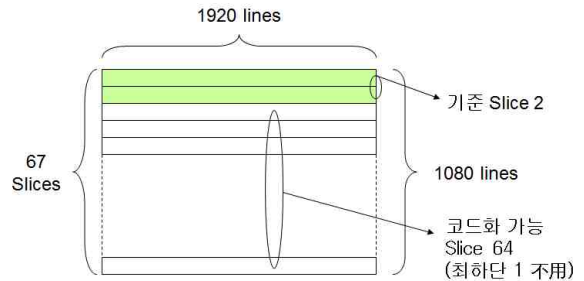


그림 2 HD 급 영상의 구조도
Fig. 2 Diagram of HDTV image

하나의 프레임의 크기는 가로 1920, 세로 1080 이므로 16×16 크기의 매크로블록으로 분해하면 가로로 120개의 매크로블록이 존재한다. 또한 세로는 1088에 대해 68개의 매크로블록이 분포하는데 실질적으로는 TV의 해상도와 매크로블록에는 8 라인의 차이가 발생하여 마지막 슬라이스는 사용불가하므로 67개가 운용 가능하다. 본 연구에서는 상위 2개의 슬라이스를 기준으로 삼아서 항상 워터마크를 삽입하고 최하단의 1개의 슬라이스는 불완전하므로 사용하지 않아서 총 64개의 슬라이스를 데이터의 코드화에 사용할 수 있도록 설계하였다. 이를 요약하면 다음과 같다.

- Slice 당 MB(MacroBlock) 120개
- 67 Slices / 화면
- MB : 총 8,160개
- 기준 slice 처음 2개
- 4Bytes = 4×8=32bits 정보삽입가능
- 32bits × 2 slices = 64 slices 코드화 가능성
- 그러므로 2 + 64 = 66 slices 로 운용가능

3. 워터마크의 검출 실험 및 결과고찰

워터마크는 다양한 방식으로 삽입된다. 하지만 그 기본적인 기법은 영상에 가시적인 그림이나 글씨를 삽입하는 방식, DCT 계수의 변형을 통해 비가시적으로 삽입하는 방식이 대표적인 방법이다. 이들 방법 중 가시적인 방식은 공격자나 위반자가 인식 가능하므로 대개의 경우 비가시적인 방식으로 삽입하는데 이런 경우의 검출은 매우 어렵다. 경우에 따라 다르지만 DCT의 AC계수를 변형하는 방식은 기하학적 변형이 가해지지 않은 경우에는 매우 효율적이고 정확하게 검출할 수 있지만 영상의 화질을 변경하게 되면 DCT의 계수가 변화되므로 검출이 매우 어렵게 된다. 본 연구에서는 이러한 문제를 극복하기 위해 DCT의 계수 중에서 DC 계수를 +1 증감시켜 워터마크를 삽입하는 방안을 채택하였고 이에 따른 검출 방법 중 원본 영상의 대조 없이 영상 자체만으로 검출할 수 있는 방안을 개발하였다.

3.1 DC 계수 변형에 따른 화질의 변화 실험

본 연구에서 DCT의 계수 중 DC를 +1 변형하는 방식을 사용하여 영상의 슬라이스를 코드화하여 워터마크를 삽입하는 방안을 개발하였다. 이때 DC 변형에 따른 화질의 변화는 어떻게 되는지를 검출하였다. 화질의 변화는 PSNR(Peak Sinal to Noise Ratio)를 계산하여 dB 단위로 나타내어 화질의 열화나 변화를 검출하였다. 일반적으로 원영상을 압축비 1:10 JPEG 압축한 영상의 PSNR은 약 40dB 내외이다. 본 논문에서 실험한 결과는 화질에 따라 작은 변화는 있지만 전체 화면에 50%에 워터마킹을 삽입한 약 500 장의 영상을 대상으로 실험한 결과 46.86 ± 1.35 dB인 것으로 나타났다. 이는 JPEG 압축으로 생기는 화질 변화에 비해 다소 좋은 결과를 나타낸 것으로 판단된다. 물론 AC 계수를 변화시켜 얻어진 결과에 비하면 다소 낮은 결과를 나타내지만 기하학적 공격에 강한 특성을 고려하면 본 연구에서 수행한 DC 계수 변환을 활용하는 방안이 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 또한 상기에 언급한 DC 계수를 +2 또는 +3 증가시켰을 경우 DC 계수를 +1 증가시켰을 경우와 마찬가지로 출력 영상에는 휘도 신호에서 픽셀 값이 +1 증가하는 현상이 나타났으며 다만 증가한 픽셀의 밀도가 증가하는 현상이 나타났다.

3.2 원본 대조에 의한 검출 실험 결과

본 연구에서는 워터마크가 삽입되기 전인 원본 동영상과 워터마크가 삽입된 영상을 차분하여 워터마크의 여부를 확인하였다. 결과 영상은 차분만을 저장하였기 때문에 0과 1만이 존재한다. 그러므로 눈으로는 구별할 수 없기 때문에 약 150 ~ 200배를 하여 영상으로 나타내었다. 다시 말해 0에 200을 곱하면 0 이지만 1에 200을 곱하면 200이 되므로 이를 이용하여 영상 전체에 200을 곱하였다. 결과는 다음과 같다. 그런데 이 검출방식은 정확하게 일치하는 프레임이 존재해야 정확한 결과를 얻을 수 있다는 한계가 존재한다.

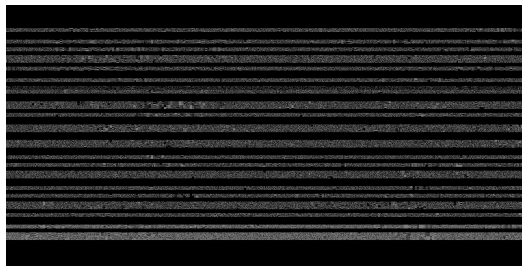


그림 3 원본 영상과 대조한 차분 영상 결과 값 (결과를 200배 한 결과)

Fig. 3 Result of Difference of original and watermarked image (200 times of difference image)

3.3 원본 대조 없는 Blind 방식의 검출 필요성

워터마크가 삽입된 영상에 기하학적 공격을 가하면 변형된 영상은 완전히 새로운 콘텐츠로 재구성된다. 그 이유는 기하학적 변형은 최악의 경우 Digital -> Analog -> Digital 의 형질 변형이 된 이후의 콘텐츠이므로 원래의 데이터를 모두 잃게 된다. 이는 다음 표 1과 같은 관점에서 새로운 구조를 갖는다.

표 1 영상이 외부 공격에 의해 새로운 구조를 갖게 되는 조건
Table 1 Conditions to get new image structure by attacks

새로운 구조를 갖게 되는 조건	
I Frame의 변경	I Frame은 MPEG 구조에서 기존 영상인데 아날로그 변환이 되면 원래의 성질을 모두 잃고 새로운 콘텐츠로 재구성됨으로서 새로운 위치에서 I Frame이 결정됨
DCT 계수의 변경	영상을 아날로그로 변환하게 되는 캡처 보드의 특성에 따라 색상과 화질 및 해상도가 변경됨. 그러므로 DCT 계수는 새로 계산되어 저장됨
해상도 변경	캡처할 때 대개의 경우 오버레이 방식을 사용하는데, 전체 화면에 꼭 맞게 영상이 존재하지 않고 좌우 상하에 검은 부분의 틈새가 존재하게 되어 해상도가 모두 변경됨
색상분 변경	원영상의 RGB 또는 YCbCr의 최대 최소 값이 변형됨
화면크기 변경	화면 크기가 재조정 즉 resizing될 때 영상은 불가피하게 Blurring 되며 이로 인한 원래의 DCT 계수는 다른 계수로 재구성됨

본 연구에서 사용된 공격 유형은 표 1의 일부 또는 모든 경우가 해당되므로 영상을 재 캡처하거나 공격을 하면 원본 영상의 대조는 불가능하게 된다. 그러므로 본 연구에서는 원본영상의 대조 없이 검출하는 Blind 검출 방식을 개발하였다.

3.4 인근 유사 매크로 블록 비교에 의한 검출 방식

본 연구에서는 일반적인 동영상의 경우 인근 블록이 유사하다는 특성을 이용하여 검출하였다. 이때 유사성은 매크로 블록 픽셀 값의 표준편차가 매우 작은 경우로 판단하였다. 매크로블록의 밝기 분포의 변화가 존재한다면 그 블록의 표준편차는 매우 커질 것이다. 만약 그 블록의 표준편차가 작다면 그 블록은 평편한 블록으로 동질의 영상의 한 부분일 것이다. 그러므로 워터마크 삽입 측에서 미리 결정한 위치에 있는 동질의 블록 중 변화가 거의 없는 두 블록을 차분하면 원하는 워터마크가 검출될 수 있다.

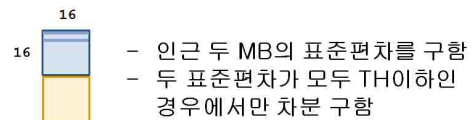


그림 4 인근 유사 MB 컬레를 구하는 방법

Fig. 4 A method of detecting similar pair of MB

표준 편차를 구하는 식은 다음과 같다.

$$\text{분산} : \left(\sum_{k=0}^{255} f_k^2 \right) / n - m^2 \quad (\because m = \text{영상평균}) \quad (1)$$

$$\text{표준편차} : \sqrt{\text{분산}} \quad (2)$$

한 장면의 영상에서 위와 같은 방식으로 인근 유사 MB를 검출하면 HD 영상의 경우 하나의 슬라이스 당 4*11 개 정도의 유사 MB 컬레를 얻을 수 있었다. 이는 평균 약 4.12% 정도의 MB 컬레를 얻을 수 있는 수치로서 다소 적은 결과이지만 동영상의 1초에 30장이고 이 중에서 I 픽처는 통상 2장인 것을 감안하면 10분짜리 동영상의 경우 I 픽처 2장 * 60초 * 10 분 즉 1,200 장에 걸쳐 평균 4.95개의 MB컬레이므로 한 슬라이스 당 6,000개의 MB 컬레를 검출할 수 있게 된다. 다음 표 2는 6개의 동영상에 대한 MB 컬레 검출 결과를 나타내었다. 이때 검출 결과가 일정하지 못한 이유는 화면 변화가 많은 콘텐츠를 사용하였고 슬라이스 별로 영상 형태가 다르기 때문인 것으로 나타났다. 본 실험에서는 변화가 적은 드라마는 배제하였으며 화면변화 및 움직임이 역동적인 여행 다큐멘터리와 월드컵 축구 중계 중계의 일부분을 사용하였다.

표 2 동영상 콘텐츠에 대한 유사 MB 컬레 검출 결과
Table 2 Results of Detection of similar MB pair for videos

	콘텐츠 프레임 수	test01	test02	test03	test04	test05	test06	평균
		160	70	66	104	86	86	
슬라이스 번호	6	1.84	30.79	5.56	4.97	17.91	5.33	11.06
	8	1.98	29.69	5.11	4.94	18.77	6.58	11.18
	10	2.32	22.87	3.61	4.42	17.24	5.71	9.36
	12	2.49	16.30	3.64	3.30	15.85	4.63	7.70
	14	2.88	10.16	3.68	3.32	15.06	3.76	6.48
	16	3.23	6.27	3.53	2.94	13.73	2.66	5.40
	18	3.55	6.47	3.39	2.45	11.90	2.91	5.11
	20	3.56	6.24	3.59	1.99	11.37	2.77	4.92
	22	3.48	4.53	3.42	1.73	10.66	3.24	4.51
	24	3.81	3.21	3.83	1.65	8.12	3.72	4.06
	26	3.99	2.31	4.18	1.80	6.27	4.34	3.81
	28	4.04	1.67	5.48	2.63	3.49	3.69	3.50
	30	3.55	1.09	5.89	3.59	2.58	3.67	3.40
	32	3.61	1.06	5.82	3.58	2.37	4.35	3.46
	34	3.41	1.37	6.58	3.72	1.84	4.48	3.57
	36	3.43	1.34	7.02	3.67	0.94	4.83	3.54
	38	3.58	1.74	6.65	2.66	1.09	3.99	3.29
	40	3.24	2.33	6.74	1.95	1.17	4.28	3.29
	42	3.48	2.66	6.86	2.65	0.98	4.50	3.52
	44	3.41	2.87	6.62	2.50	1.03	4.52	3.49
	46	3.66	2.79	6.76	2.59	0.88	4.45	3.52
	48	3.75	2.86	7.05	2.66	1.07	6.10	3.92
	50	3.94	2.59	6.56	3.07	0.99	6.02	3.86
	52	4.56	2.46	6.39	3.21	1.08	5.72	3.90
54	4.64	2.46	5.92	3.37	1.66	4.88	3.82	
평균		3.42	6.72	5.36	3.02	6.72	4.45	4.95

3.5 확률적 매칭 방식에 의한 검출 결과

본 연구에서는 3.4에서 제시한 방법에 의해 결정된 매크로블록(MB) 컬레에 대해 차분을 구하고 이들 차분을 추적하여 확률적 매칭 방식에 의해 워터마크 삽입여부를 검출하였다. 이 방식은 컬레 MB를 상호 차분하면 오차를 포함하여 차분값이 나오는데 이때 DC에 +1을 시행한 결과는 MB 내의 픽셀 전반에 다수의 +1 요인이 발생한다. 반대로 워터마크가 삽입되지 않은 부분은 잡음의 형태로 +1과 -1의 발

생확률이 유사하게 존재하게 된다. 이를 추적하여 통계처리를 하면 그 슬라이스가 워터마크 되었는지의 여부를 판별할 수 있다. 예컨대 1,2,3번 슬라이스와 7,8,9번 슬라이스에는 마크가 없고 4,5,6번 슬라이스에는 워터마크가 삽입된 경우 통계처리를 하면 다음 그림과 같은 값을 얻을 수 있다. 그림에서는 워터마크가 삽입되지 않은 경우와 삽입된 경우의 결과값을 그래프로 나타내었다.

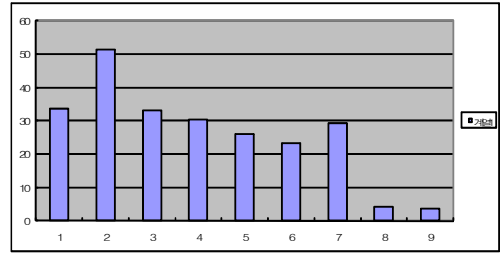


그림 5 워터마크가 삽입되지 않은 경우
Fig. 5 Result of NON watermark

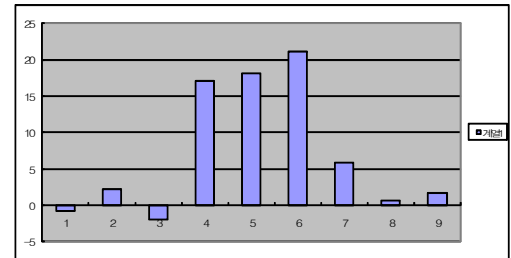


그림 6 4, 5, 6번째 슬라이스에 워터마크가 삽입된 경우
Fig. 6 Result of watermarked in 4, 5, 6th slices

본 연구에서는 동영상의 일정 부분에 0xa1과 0xb2를 차례로 삽입했는데 다음 그림에 실패한 경우와 성공한 경우를 예시하였다. 결과에서 보면 <그림 7>은 0xa1 (1010 0001)을 삽입했는데 최하위 슬라이스가 통계에 못미처서 실패한 경우이고 <그림 8>은 0xb2 (1011 0010)을 삽입한 영상에 대해 검출에 성공한 경우이다.

```

480:
CK[ 0]--> pos = 4796 neg = 10055 :: total = 21256 --> 1
CK[ 1]--> pos = 15189 neg = 3307 :: total = 25694 --> 0
CK[ 2]--> pos = 23270 neg = 6187 :: total = 40362 --> 0
CK[ 3]--> pos = 16665 neg = 7532 :: total = 34663 --> 0
CK[ 4]--> pos = 16331 neg = 6153 :: total = 32573 --> 0
CK[ 5]--> pos = 20829 neg = 6720 :: total = 39286 --> 0
CK[ 6]--> pos = 5807 neg = 15323 :: total = 29847 --> 1
CK[ 7]--> pos = 18348 neg = 5686 :: total = 35867 --> 0
CK[ 8]--> pos = 22084 neg = 6468 :: total = 40925 --> 0
Detected Code INDEX ==> Tsize = 4 Tidx = 0 Tohx = 4
ID[ 0]--> pos = 3816 neg = 10005 :: total = 19795 --> 1
ID[ 1]--> pos = 7257 neg = 4323 :: total = 19142 --> 0
ID[ 2]--> pos = 3515 neg = 13434 :: total = 25399 --> 1
ID[ 3]--> pos = 12395 neg = 5047 :: total = 24786 --> 0
ID[ 4]--> pos = 12200 neg = 5090 :: total = 26071 --> 0
ID[ 5]--> pos = 11903 neg = 4138 :: total = 23129 --> 0
ID[ 6]--> pos = 12417 neg = 3241 :: total = 21763 --> 0
ID[ 7]--> pos = 5881 neg = 7766 :: total = 20378 --> -1
ID Detection Failed !!! :: Fr_cnt=0
    
```

그림 7 0xa1 (1010 0001)의 검출에 실패한 경우
Fig. 7 Result of detecting failure in case of 0xa1 (1010 0001) code

```

1033:
CK[ 0]--> pos = 1341 neg = 325631 :: total = 328673 --> 1
CK[ 1]--> pos = 142400 neg = 1679 :: total = 145999 --> 0
CK[ 2]--> pos = 163113 neg = 4539 :: total = 176784 --> 0
CK[ 3]--> pos = 162582 neg = 3652 :: total = 173982 --> 0
CK[ 4]--> pos = 158976 neg = 2924 :: total = 166724 --> 0
CK[ 5]--> pos = 3329 neg = 159352 :: total = 167518 --> 1
CK[ 6]--> pos = 159843 neg = 4228 :: total = 169716 --> 0
CK[ 7]--> pos = 2468 neg = 163625 :: total = 170674 --> 1
CK[ 8]--> pos = 2767 neg = 339648 :: total = 347229 --> 1
Detected Code INDEX ==> Tsize = 4 Tidx = 1 Tch = 3
ID[ 0]--> pos = 2341 neg = 80863 :: total = 86216 --> 1
ID[ 1]--> pos = 82380 neg = 2269 :: total = 89346 --> 0
ID[ 2]--> pos = 3122 neg = 82369 :: total = 90567 --> 1
ID[ 3]--> pos = 2929 neg = 82073 :: total = 89529 --> 1
ID[ 4]--> pos = 80214 neg = 2632 :: total = 85634 --> 0
ID[ 5]--> pos = 80642 neg = 1760 :: total = 84683 --> 0
ID[ 6]--> pos = 2064 neg = 79623 :: total = 84059 --> 1
ID[ 7]--> pos = 80025 neg = 1568 :: total = 84279 --> 0
Detected ID (2/5) = b2 #####
    
```

그림 8 0xb2 (1011 0010)의 검출에 성공한 경우
Fig. 8 Result of detecting success in case of 0xb2 (1011 0010) code

본 연구에서는 500 프레임에 대해 주기적으로 삽입하였으며 처음 500 프레임에 대해 화면의 움직임이 많아서 충분한 MB 쪼개기가 확보되지 못한 하위 슬라이스에 대해서 실패하였다. 하지만 이것은 단지 500 프레임에 대한 결과이며 충분히 긴 콘텐츠에 반복적으로 검출되어 통계화 하면 다음 결과에서 나타나듯 매우 정확한 결과를 얻을 수 있게 된다. 결과에서 살펴보면 처음 a1 은 검출 실패이지만 이후 2개의 검출이 이루어졌다. 또한 b2 2개, c3 2개, d4 4개, e5 4개가 각각 검출되었다. 이 결과는 각 구간에서 어느 만큼의 검출률을 얻을 수 있는지에 대한 실험이다. 앞에서 밝혔듯이 모든 구간을 합하여 전체적인 통계를 내면 검출률은 매우 높아져서 98%이상의 검출율을 얻을 수 있게 된다. 또한 결과에서 볼 수 있듯이 두 종류의 다소 강도가 큰 공격에도 매우 안정적인 검출 결과를 얻을 수 있었다. 다만 캡처의 경우 프레임의 지연(delay)이나 건너뛰기 현상(skip)으로 인해서 검출 프레임 번호가 다소 차이가 나는 경우가 자주 발생하는 것을 알 수 있다. 또한 본 실험에서는 5분짜리

표 3 약 5분짜리 동영상 (약 9,000 프레임)에 대한 코드화된 워터마크 검출 결과

Table 3 Results of detection of a coded watermark from 5 minutes video

내용	Fr#(원영상)	ID	Fr#	ID	Fr#	ID
			(비트율공격)		(기하학공격)	
검출	1080	b2	<-	<-	<-	<-
	1463	c3	1479 (프레임밀림)	c3	<-	<-
	2288	d4	<-	<-	<-	<-
	2882	e5	<-	<-	<-	<-
	3395	a1	<-	<-	<-	<-
	4841	d4	<-	<-	<-	<-
	5279	d4	5280 (프레임밀림)	d4	<-	<-
	5637	e5	5634 (프레임당감)	<-	5637	<-
	5889	e5	<-	<-	<-	<-
	6482	a1	<-	<-	<-	<-
	7092	b2	<-	<-	<-	<-
	7683	c3	<-	<-	<-	<-
	8295	d4	<-	<-	<-	<-
	8575	e5	8545 (프레임당감)	<-	<-	<-

동영상을 사용하였는데 이 동영상을 실제 상황으로 상정하여 10분 이상으로 늘리면 매우 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

4. 결 론

본 연구에서는 동영상에 워터마크를 삽입하고 검출하는 방안을 제시하였다. 또한 워터마크를 MPEG-2의 슬라이스 구조를 이용하여 코드화하여 삽입하고 이를 원본 영상의 대조 없이 검출할 수 있는 방안을 제시하고 실험하였다. 이를 위해 확률적 매칭 방식에 따른 워터마크 검출 방안을 제시하고 동영상 특성에 따라 95%, 92%, 85% 이상의 검출률을 달성했으며 장시간 주기적으로 삽입할 경우 98% 이상의 높은 검출률을 얻을 수 있었다.

본 연구에서 제시한 Blind 방식의 검출 방식은 정확한 원본 동영상을 대조하는 번거로움과 가능성이 매우 높은 기하학적 공격 및 화질 저하 공격 등에서는 원본 대조가 불가능한 점을 모두 해결하는 유용한 방식인 것으로 실험 결과 알 수 있었다. 이로써 검출자는 원본 동영상을 모두 저장하고 있어야 하는 부담을 해소할 수 있게 되었고 또한 화면에 대한 직접적인 공격에서도 매우 높은 검출율을 얻을 수 있어서 향후 범용의 워터마크 삽입 및 검출 시스템의 개발을 가능하게 할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 본 연구에서 개발된 알고리즘은 MPEG-2 비트열의 일부를 동일 길이로 대체함으로써 워터마크를 삽입하는 방식이므로 전체 파일의 길이가 변화하지 않기 때문에 재 인코딩 부담이 없으므로 향후 임베디드 시스템 (Embedded system) 형태로 개발되어도 연산 부담이 적게 운용될 수 있어 산업분야에 응용하기 위한 더 많은 연구를 계속하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 김현승 역, 디지털 워터마킹, 도서출판 그린, 2005.
- [2] 이정수 외, "멀티미디어 콘텐츠 보호를 위한 디지털 워터마크", 전자통신동향분석, 제13권 제3호, pp.42-52, 1998.6
- [3] I.J. Cox, et al., "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 6, pp. 1673-1687, 1997.
- [4] I.J. Cox and M.L. Miller, "A Review of Watermarking and the Importance of Perceptual Modeling", Proceedings of SPIE Conference on Human Vision and Electronic Imaging II, Vol.3016, pp. 92-99, Feb. 1997.
- [5] J. Du, et al., "BSS: A New Approach for Watermark Attack", Proceedings of the IEEE Fourth International Symposium on Multimedia Software Engineering, 2002.
- [6] Y. Dai, L.Zhang, Y.Yang, "A new method of MPEG video watermarking technology", Communication Technology Proceedings, 2003. ICCT 2003. International Conference on, Vol.2, pp. 1845-1847, April 2003.
- [7] F. Harung and M. Kutter, "Multimedia Watermarking Techniques", Proceedings of IEEE, Vol. 87(7), pp.1079-1107, 1999.

- [8] D. A. Winne, H. D. Knowles, D. R. Bull, Nishan C. Canagarajah, "Spatial digital watermark for MPEG-2 video authentication and tamper detection", Proceedings of Acoustics, Speech and Signal Processing, 2002. ICME '02. Proceedings. 2002. (ICASSP '02). IEEE International Conference on, Vol. 4, pp. 3457-3460, May 2002.
- [9] D. Simitopoulos, S. A. Tsiftaris, N. V. Boulgouris, M. G. Strintzis, "Compressed-domain video watermarking of MPEG streams", Multimedia and Expo, 2002. ICME '02. Proceedings. 2002 IEEE International Conference on, Vol. 1, pp. 569-572, Aug. 2002.
- [10] 정제창 역, 최신 MPEG, 교보문고, 2004

저 자 소 개



황 선 철 (黃 善 哲)

1965년 2월 15일생. 1999년 연세대학교 대학원 전기전자공학과 졸업(공학박사). 1991년 ~ 1998년 LG전자. 1999년 ~ 현재 인덕대학 방송영상미디어과 부교수
Tel : (02) 950-7444
Fax: (02) 950-7459
E-mail : sthwang@induk.ac.kr