

논문 2007-44CI-6-6

동영상 스트리밍 인증을 위한 지문 기반 워터마킹

(Digital video watermarking using fingerprint data)

정수연*, 이동은*, 이성원**, 백준기***

(Soo yeun Jung, Dong eun Lee, Seong won Lee, and Joon ki Paik)

요약

본 논문에서는 동영상 스트리밍 인증을 위한 지문 기반의 워터마킹 기법을 제안한다. 일반적으로 사용되는 워터마크는 분실이나 위·변조의 위험이 내재되어 있어 이를 방지할 수 있는 생체 보안 시스템이 꾸준히 연구되고 있다. 이 중에서 지문은 사용이 용이하고 정확하며 경제적인 장점이 있다. 그러나 압축에 따른 정보의 손실로 인증상의 어려움이 발생하게 된다. 본 논문에서는 다양한 비트 변화에도 인증이 가능하게 하기 위해 지문 영상의 분할과 특징점 좌표 정보를 워터마크로 생성하는 방법을 제안한다. 제안한 알고리즘은 지문 영상의 개선 및 지문의 특징점 기반 워터마크 생성을 위한 전처리 과정과 웨이블릿 기반의 워터마크 삽입 및 추출 과정으로 구성된다. 제안한 워터마킹 기법은 H.264/AVC의 압축률 변화에 따른 실험을 통하여 워터마크의 요구조건인 강인성과 인증의 관점에서 기존 기술보다 우수함이 확인되었다.

Abstract

In this paper we propose a method that identifies users at H.264 streaming using watermarking with fingerprints. The watermark can efficiently reduce the potential danger of forgery or alteration. Especially a biometric watermark has various advantages. Among entire biometric characteristics, the fingerprint is the most convenient and economical. In this paper we propose a novel fingerprint-based watermarking technique that can survive under very low bit-rate compression. The proposed algorithm consists of enhancement of a fingerprint image, the watermark generation using the extracted feature coordinates, watermark insertion using discrete wavelet transform, and authentication. The proposed algorithm can achieve robust watermark extraction against H.264 compressed videos.

Keywords : watermarking, fingerprint, wavelet

I. 서론

최근 컴퓨터와 네트워크 기술의 발전에 따라 디지털

컨텐츠의 불법적인 복제나 유통으로 인한 지적재산권 문제가 크게 대두 되고 있다. 디지털 컨텐츠는 그 특성 상 어려움 없이 원본과 차이 없는 복사본 제작이 가능하기 때문에, 불법으로 유통될 경우 저작자에게 심각한 경제적 손실을 초래한다. 따라서 불법 복제를 방지하고 소유권을 효과적으로 보호하기 위한 저작권 보호 기술이 요구되고 있다. 디지털 데이터를 보호하기 위한 기술로 암호화 기법이나 방화벽을 이용한 접근제어 기술이 많이 발전해 왔지만, 한번 암호가 풀린 디지털 컨텐츠는 무한정으로 불법 복사되고 배포될 수 있다^[1]. 때문에 최근에는 디지털 컨텐츠 자체에 소유권 정보를 삽입하여 불법 복제나 배포를 막고, 효율적으로 저작권을 보호를 위한 기술인 디지털 워터마킹에 관심이 집중되고 있다.

* 학생회원, *** 평생회원, 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과

(Dept. of Image Engineering, Graduate School of Advanced Imaging Science, Multimedia, and Film, Chung-Ang University)

** 평생회원, 광운대학교 컴퓨터공학과

(Dept. Computer Engineering, Kwangwoon University)

※ 이 연구는 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단(NRL)의 지원과 서울시 산학협력사업으로 구축된 서울 미래형콘텐츠컨버전스 클러스터(SFCC)의 지원과 2007년도 중앙대학교 우수연구자연구비 지원에 의한 것임.

접수일자: 2007년7월30일, 수정완료일: 2007년11월4일

디지털 워터마킹은 워터마크를 제거하려는 공격 등으로부터 그 기능을 효과적으로 발휘할 수 있게 하기 위해 비가시성(invisibility), 강인성(robustness), 그리고 명확성(unambiguity) 등의 요구조건을 만족해야 한다. 이들 중 비가시성은 인간의 시각이 고주파보다는 저주파 성분의 변화에 민감하게 반응하는 특성으로 인해 저주파 영역에서 확보되기 어렵고, 강인성은 일반적인 고주파 영역에서 저하 된다. 따라서 디지털 워터마킹 기법에 있어서 외부의 공격이나 잡음 등에 강인성을 가질 뿐만 아니라 화질 열화가 최소화 되도록 하는 것이 중요한 과제이다.

워터마크는 일반적으로 사용자 키에 의하여 생성된 의사잡음부호나 사용자의 정보를 나타내는 이미지, 텍스트 및 소리 등이 사용된다. 시각적으로 의미 있는 이미지가 의사잡음부호 보다는 인증과 보완의 측면에서 신뢰도가 높지만^[2] 위조나 변조의 위험이 내재되어 있다. 따라서 이를 방지하기 위하여 생체 보안 시스템(biometric security system)이 꾸준히 연구되고 있다. 생체 보안 시스템은 지문, 홍채, 얼굴, 정맥, 음성 등의 생체 특성이 사용되고 있으며 그 중에서도 지문은 고유성과 불변성, 유일성, 휴대성의 관점에서 기존 로고를 사용한 워터마크나 랜덤 함수에 비해 장점이 있다^[3]. 또한 인간의 시각에 의지하지 않고 자동화된 인증 시스템을 사용할 수 있어 인증상의 신뢰도를 높일 수 있다. 그러나 압축 공격에 의해 쉽게 인증상의 유효한 특징점 정보가 손실되는 단점이 있다.

워터마크가 삽입된 동영상은 홈네트워크 등의 환경에서 서로 다른 밴드폭을 갖는 다수의 출력 장치로 전송될 수 있기 때문에 본 논문에서는 손실 압축에도 인증이 가능하게 하기 위하여 분할된 지문 영상과 특징점 좌표를 워터마크로 생성하는 방법을 제안 한다. 제안한 알고리즘은 지문 영상에 전처리 과정을 수행하며 특징점 좌표를 추출하여 또 다른 워터마크로 생성한다. 이렇게 생성된 워터마크는 3단계 웨이블릿 저주파수 영역의 계수에 삽입하고 이를 역변환하여 워터마크가 삽입된 영상을 얻는다. 실험 결과 최신 압축 기술인 H.264의 낮은 비트에서도 강인성을 입증했다.

본 논문은 II장에서 배경지식 및 관련 연구로 웨이블릿을 이용하여 워터마크를 삽입하는 과정과 지문 개선을 위한 기존 연구를 소개하고 III장에서 워터마크의 전처리 및 삽입, 추출 과정을 설명한다. 그리고 IV장에서 다양한 비트율에 따른 제안된 워터마킹 기법의 성능을 평가하고 마지막 V장으로 결론을 맺는다.

II. 배경지식 및 기존 연구

제안한 알고리즘은 우선 지문 워터마크의 잡음 제거 및 개선을 위해 전처리를 수행하고 특징점 추출을 통해 지문의 전역적 정보 및 지역적 정보를 담은 워터마크를 각각 생성한다. 입력 영상을 이산 웨이블릿 변환을 이용하여 저주파수 영역으로 변환한 후 저주파수 영역에 워터마크를 삽입한다. 다음 절에서는 이산 웨이블릿 변환과 지문 개선 방법들의 간략한 설명과 기존 연구를 소개한다.

1. 웨이블릿 변환

웨이블릿은 단일 원형 함수에 기반을 두며 뛰어난 국부성으로 데이터의 다중해상도 표현 및 분석이 가능하다. 이러한 독특한 특징 때문에 웨이블릿 변환은 수학, 전기, 의료, 통신 등 다양한 분야에서 사용되고 발전되어 왔다. 특히, 영상 압축에 있어서 웨이블릿 변환을 이용하면 높은 영상 압축률과 고화질을 제공한다. 현재 웨이블릿은 JPEG2000의 영상 변환 방식으로 사용되고 있는데, 이렇게 하면 기존 JPEG보다 평균적으로 약 20%의 압축률 향상이 가능하다. 웨이블릿을 이용하여 영상을 1단계로 분할하면 네 개의 분할 영상을 얻을 수 있다. 각 대역의 영상들은 저주파 대역으로부터 고주파 대역으로 계층적 정보를 가지고 있으며, 저주파 대역은 다음 단계로의 분할에 이용된다. 그림 1에서는 3단계 이산 웨이블릿에 의해 분해된 각 대역별 구조를 보여준다.

이산 웨이블릿 변환을 2차원적으로 적용할 때 영상의 크기가 $M \times N$ 이라면, 최종적으로 네 개의 $M/2 \times N/2$ 크기의 분할 영상(LL, LH, HL, HH)이 분석 결과로 나온다. 여기서 LL은 저주파 성분, LH는 영상의 수평 고

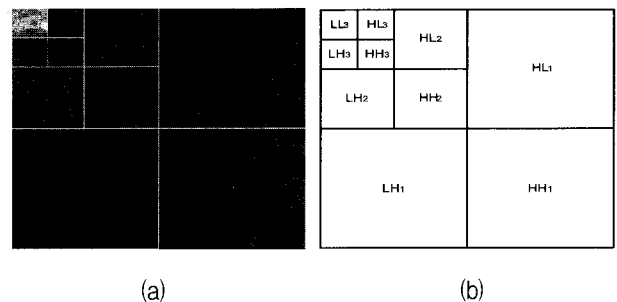


그림 1. (a) 3단계 웨이블릿 변환에 의해 분해된 모바일 영상과 (b) 각각의 대역

Fig. 1. (a) 3-Level wavelet decomposed frame and (b) its convention.

주파 성분을 나타내고, HL은 수직 고주파 성분, HH는 대각선 고주파 성분을 담고 있다.

1단계와 2단계 웨이블릿의 LL1과 LL2 대역에 워터마크를 삽입할 경우 쉽게 영상의 왜곡을 가져올 수 있다. 때문에 워터마크는 주로 시각적으로 덜 중요한 고주파(high frequency subband) 혹은 중간 주파수 대역(middle frequency subband)에 삽입 돼 왔다. 또한 LH2, LH1 등 다중 해상도(multiresolution)를 사용하는 워터마킹도 많이 연구되고 있다. Xia^[4]의 다중 해상도 워터마킹은 DWT의 고주파 혹은 중간 주파수 대역 중 큰 계수에 의사잡음코드(pseudorandom code)를 삽입하는 방법이다. 이 방법은 일반적인 영상 압축이나 절단(cropping) 등의 공격에 강한 반면 워터마크의 추출이 영상에 존재하는 잡음 레벨에 의존한다. Inoue^[5]는 제로 트리(zerotree)를 사용하여 웨이블릿 계수를 시각적으로 중요한 계수와 덜 중요한 계수로 분류한 다음 시각적으로 덜 중요한 계수나 임계치 이상의 계수에 워터마크를 삽입 하였다. Taskovsk^[6]는 3-level DWT의 가장 저주파수(LL3)에 워터마킹을 삽입하기 위해 시각적 모델링을 함께 사용했다. 워터마크 시그널로는 단일 편차 의사잡음을 사용하였으며 이미지의 지역적 특성에 맞는 scaling factor와 마스크를 사용하여 LL3 계수에 더해주는 방법을 사용하고 있다.

본 연구는 LL3 band 계수를 사용한 워터마크 방법과 공간영역에서 연구되어 온 last significant bits(LSBs)를 함께 사용함으로써 한정된 비트를 사용하여 시각적 열화를 최소화하며 압축 등 비트열 변화에도 강인한 워터마크 방법에 대해 연구하고 있다.

2. 지문 영상의 전처리

제안된 알고리즘은 개인 고유의 지문 영상을 워터마크로 사용한다. 지문은 식별 성능에 대한 신뢰도와 안정도가 홍채, 음성, 얼굴 인식의 수단보다 뛰어나 가장 효율적인 개인 인증의 방법으로 평가되고 있다. 지문은 손가락 표면의 땀샘이 융기하여 형성된 특정한 패턴으로 개인마다 고유한 특징을 갖는다. 지문의 대부분의 영역은 어느 정도 일정한 간격과 방향성을 갖는 융선(ridge)과 골(valley)로 이루어져 있다. 중심에 급격한 방향성을 갖는 중심점(core point)을 축으로 융선이 주위를 둘러싸고 있는 패턴을 이루고 있다. 또한 부분적으로는 융선이 끝이 나는 단점(ridge ending)과 두 갈래로 갈라지는 분기점(bifurcation), 삼각점(delta)으로 세부 특징을 이루고 있다. 이러한 특징점(minutiae)들은 지문

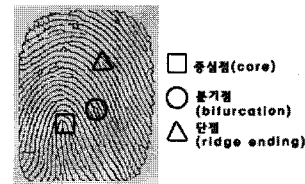


그림 2. 지문 이미지의 특징점
Fig. 2. The feature point of a fingerprint image.

의 분류와 정합의 척도로서 이들의 수와 위치에 의해 지문 영상의 고유한 특징이 정해진다. 이 특징점들은 인증을 위한 등록점의 역할을 하므로 특징점 정보를 보존하는 것은 매우 중요하다.

그림 2는 세션화된 지문 영상에서 추출된 각각의 특징점들을 보여주고 있다.

지문 영상의 개선은 자동 지문 인증 시스템(automated fingerprint identification systems: AFIS)을 위해 오래 전부터 연구 되어 왔다^[7]. 자동 인증 시스템에서 지문 영상의 개선은 중요한 역할을 차지하기 때문이다. 본 논문에서는 손실 압축에 강인한 워터마크 생성 및 특징점 추출을 위해 지문 영상 개선 방법을 사용했다. 지문 영상의 개선은 취득 방법에 따라 발생하는 잡음이나 강도 변화 등을 제거하기 위해 Gabor 필터, 방향성 필터 뱅크, 세션화 등의 많은 방법들이 제안되었다^[8].

기존의 지문 정보를 워터마크로 활용하는 방법은 Hsieh에 의해 제안되었다^[9]. Hsieh가 제안한 알고리즘은 지문 영상의 개선, DWT, setct sharing scheme 방법으로 구성되어 있으며 원본 이미지와 지문 정보를 통해 공유 이미지를 만들고 진위 판단이 필요한 이미지에 대해 공유 이미지, 키를 가지고 지문 정보를 추출하여 인증한다. Hsieh가 제안한 알고리즘의 경우 인증을 위해 원본 이미지가 필요하며 이미지에 직접 워터마크를 삽입하지 않기 때문에 이미지 변형에 대해 인증이 불가능 하다.

III. 제안된 알고리즘

제안한 알고리즘은 지문 영상을 워터마크로 사용한다. 신뢰도가 높은 지문 인증을 위해 각 화소 값에 대한 1:1 대응뿐 아니라 특징점 정보를 정합에 사용한다. 그러나 지문의 특징점은 손실 압축 등에 의해 쉽게 손실 되어 인증상의 어려움이 발생한다. 이를 보완하기 위해 지문의 특징점을 추출하여 좌표 값을 워터마크로 생성, 첨부하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 지문 워터마크

크의 개선 및 특징점 추출을 위한 전처리 과정과, 워터마크의 삽입, 추출로 이루어져 있으며 자세한 내용은 1, 2, 3 절에서 자세히 설명한다.

1. 지문 워터마크 생성

제안된 알고리즘은 손실 압축에 강인한 워터마크를 생성하기 위하여 지문 영상의 개선 알고리즘을 사용한다. 지문 영상은 지문의 취득 과정에서 발생한 다양한 잡음과 강도 변화로 손상될 수 있다. 또한 일반적인 로고에 비해 고주파 정보로 구성된 지문 영상은 압축 등에 의해 쉽게 특징점 정보를 잃어버릴 수 있다. 그림 3은 원본 지문 영상(a)과 낮은 압축에도 손상된 지문 영상(b)을 보여준다.

일반적인 압축 알고리즘에 강인한 워터마크를 만들기 위해 우리는 영상 평활화, 대비 향상, 이진화, 세선화를 거쳐 지문 영상을 개선하였다. 지문 영상 개선 과정은 그림 4에 보여진다.

지문 영상을 개선하기 위한 첫 단계로 가우시안 열화 함수를 사용하여 영상을 평활화하여 잡음을 제거한다. 다음으로 지문 융선의 특징을 향상시키기 위하여 영상의 대비를 개선시킨 후 이진화한다. 마지막으로 특징점 추출을 용이하게 하기 위하여 영상을 세선화 하여 개선된 지문 워터마크를 얻는다. 이 때 생성된 지문 워터마크의 크기는 176×144로 삽입 위치인 LL3(44×36)보다 크기 때문에 LL3의 크기로 잘라서 16장의 분할된 지문 영상 워터마크를 얻는다.

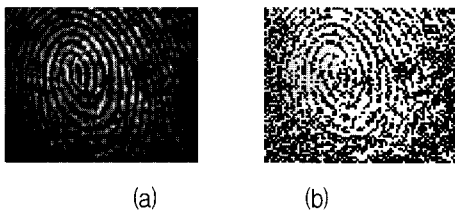


그림 3. (a) 원본 지문 영상 (b) 압축에 의해 손상된 지문 영상
Fig. 3. (a) Original image and (b) its damaged version by H.264 compression with QP20.

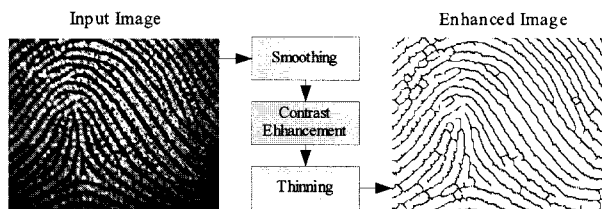


그림 4. 지문 개선 과정
Fig. 4. The proposed fingerprint enhancement process.

특징적 기반 워터마크 생성을 위한 지문의 특징점 추출 과정은 중심점과 단점을 찾아서 지문의 지역적 특징을 확인하는 과정으로 중심점을 추출하기 위하여 먼저 지문 영상을 웨이블릿 변환하여 저주파수 대역과, 수평, 수직, 대각선 방향의 주파수 성분 대역으로 분리한다. 그리고 수평 방향과 수직 방향의 주파수 대역에서 각각 가장 큰 고주파수의 직선을 검색하여 두 선이 모이는 점을 중심점으로 위치시킨다. 다음으로는 각 화소에 연결된 8방향의 합이 1인 화소, 즉 단점을 검색하여 위치시킨다. 이렇게 찾은 특징점의 좌표 (x, y)를 이진열로 표현한 후 그 값을 이진 영상으로 변환한다. 예를 들어 (35,28)의 값은 100011 011100으로 표현 할 수 있으며 1번째 5번째 6번째 8번째 9번째 10번째 화소가 1이고 나머지는 0인 이진 영상을 얻을 수 있다. 176x144 크기의 지문 워터마크 내에 있는 하나의 특징점을 표현하기 위해서는 최대 16비트가 필요하며 1x16의 영상을 얻을 수 있지만 압축에 의한 잡음에 강인한 워터마크 생성을 위해 한 쌍의 좌표를 반복하여 삽입 위치인 LL3(44×36)와 같은 크기의 영상을 구성한다. 지문의 특징점이 다수이므로 특징점 기반 워터마크도 특징점의 개수만큼 생성할 수 있다.

2. 워터마크 삽입

제안된 워터마킹 방법은 MPEG4로 압축 할 경우 매 화면 내 예측에 해당하는 프레임에 워터마크를 삽입한다. 매 프레임에 고정된 이미지를 삽입하는 방법은 통계적인 검출 방법과 시각적 비가시성 확보가 어렵고 불필요한 정보를 늘리게 되어 압축 효율을 떨어뜨리게 된다. 이를 개선하기 위해 화면 전환 시 워터마킹 삽입 방법이 연구 돼 왔으나, 화면 전환이 없는 영상에는 적합하지 않다. 따라서 우리는 GOP 구조상에서 화면 내 압축에 해당하는 인트라 예측 모드 화면 마다 워터마크를 삽입했다. 인트라 프레임 내에 워터마킹 삽입 방법은 압축 된 비트스트림 내에 워터마크 삽입 방법에서 주로 연구되어 왔으나 이 경우 예측 모드가 바뀌면 워터마크가 심각하게 손상 돼 추출에 어려움이 있다. 그러나 제안된 방법에서는 화면 간 예측 모드로 압축 되어도 인증이 가능하며 복수개의 워터마크를 반복 삽입함으로써 프레임의 임의 삭제나 교체, 평균, 통계적 분석 등의 공격에 강인하다.

제안된 알고리즘은 이산 웨이블릿 변환을 사용하여 주파수 영역에 워터마크를 삽입한다. 워터마크를 잡음에 강하게 하기 위하여 최저주파수 대역 LL3에 워터마

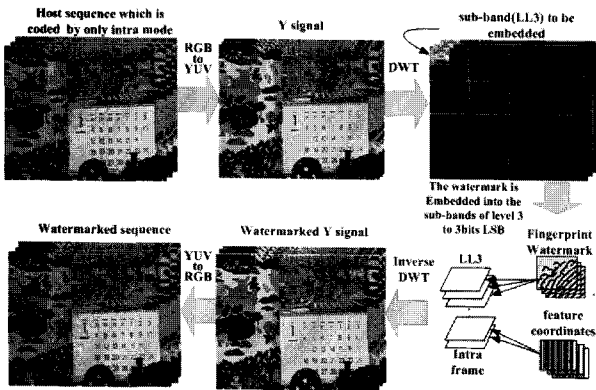


그림 5. 워터마크 삽입 과정
Fig. 5. The proposed watermark embedding procedure.

크를 삽입한다. 또한 인증 시 지문의 지역적 특성을 활용하기 위해 지문의 특징점 좌표로 생성된 워터마크들을 개선된 지문 영상과 함께 삽입한다. 그림 5는 워터마크 삽입 과정의 블록도를 보인다.

먼저 원 영상 $f(x,y)$ (352×288×24bits) 중 인트라 예측 모드에 해당하는 Y 신호를(0.5초에 한번씩) 3레벨 웨이블릿 변환하여, 9개의 고주파수 대역(LH_i, HL_i, HH_i, i=1~3)과 하나의 최저주파수 대역(LL3)으로 분해한다. LL3 대역의 가장 낮은 비트 평면의 값을 16장의 분할된 지문 워터마크로 차례로 치환한다. 이어 특징점 좌표를 통해 생성된 워터마크들을 차례로 삽입한다.

3. 워터마크 추출

워터마크 추출은 워터마크 삽입의 역과정으로 진행된다. 그림 6은 워터마크 추출 과정의 블록도를 보인다. 입력된 영상에 대해 3레벨 웨이블릿 변환을 수행하여 최저주파수 대역의 LSB 중 사전에 설정된 개수의 비트들로부터 워터마크 데이터열을 추출하여 이진화 한다. 추출된 워터마크는 지문 영상과 지문의 특징점 좌표로 나누는데 처음 16개의 워터마크는 176×144 크기의 지문 영상으로 구성 하고 다음 추출되는 워터마크는 16개의 화소 값으로부터 좌표 값을 재구성하여 발생 빈도가 가장 높은 좌표 한 쌍을 찾아낸다.

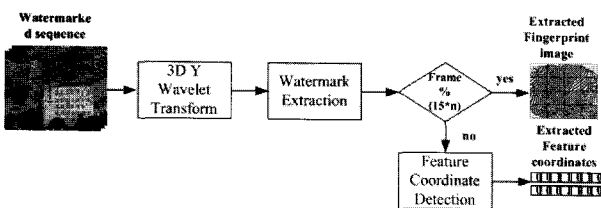


그림 6. 워터마크 추출 과정 블록도
Fig. 6. The block diagram of the proposed watermark detection procedure.

IV. 실험결과

제안된 알고리즘은 C++언어를 이용하여 구현하였으며 웨이블릿 변환을 위해서 Daubechies D4 필터를 사용했다. 또한 성능의 평가를 위해 다양한 특징을 갖는 352×288 크기의 H.264/AVC 실험용 표준 영상 300 프레임과 지문인식기를 사용해 획득한 176×144 크기의 지문 영상을 사용했다. MPEG 압축 방식은 빠른 탐색을 위하여 15프레임 마다 한 개의 인트라 예측 프레임을 넣는 GOP구조를 택하는 것이 일반적이며, 이에 따라 15 프레임 주기로 워터마크를 삽입 했다. 또한 영상의 길이를 고려하여 특징점은 4개를 사용하여, 분할된 16장의 지문 영상과 함께 총 20장의 서로 다른 워터마크를 사용했다. 칼라 당 8비트에 4:2:0 칼라 샘플링 된 YUV 포맷을 사용하였으며 Y 값만을 이용하여 웨이블릿 변환 후 워터마크를 삽입하였다. 압축에 대한 성능 평가를 위해 H.264/AVC 참고 소프트웨어 JM10.2버전을 사용했다.

정합률을 평가하기 위해 유효한 워터마크에 대해 정규화된 상관도(NC, Normalized Correlation)를 사용하였다. NC는 삽입된 원본 워터마크와 추출된 워터마크 사이의 유효한 데이터의 유사성을 판별하는 척도이며 아래의 식 (1)과 같이 정의된다.

$$NC = \frac{\sum_{x,y} w_{x,y} w'_{x,y}}{\sqrt{\sum_{x,y} w_{x,y}^2}} \tag{1}$$

여기서 w 는 원 워터마크를 나타내고, w' 는 추출된 워터마크를 나타낸다. 워터마크와 랜덤 노이즈의 NC는 평균 0.5를 나타냈으며, 추출된 워터마크의 NC가 약 0.7 이상인 경우 추출된 워터마크의 판별이 가능했다.

그림 7의 (a)와 (b)는 각각 모바일과 캘린더의 원본 영상과 워터마크가 삽입된 영상을 보이고 있다. 워터마크가 삽입된 영상의 화질 분석을 위해 최대신호대잡음비(PSNR, Peak Signal-to-Noise Ratio)를 사용했으며 PSNR은 44.1dB로 원본영상과 시각적 차이를 느낄 수 없음을 확인하였다. 그림 7의 (c)와 (d)는 각각 지문 워터마크의 원 영상과 어떠한 공격도 가하지 않은 후 추출한 워터마크이다. NC는 1로 일치함을 알 수 있다. 다양한 공격을 실험하기 위해 압축 공격과 영상처리 공격으로 나누어 성능을 테스트 했다. 최신 압축 기법인 MPEG4 Part10 H.264/AVC 압축에 대하여 제안된 워터

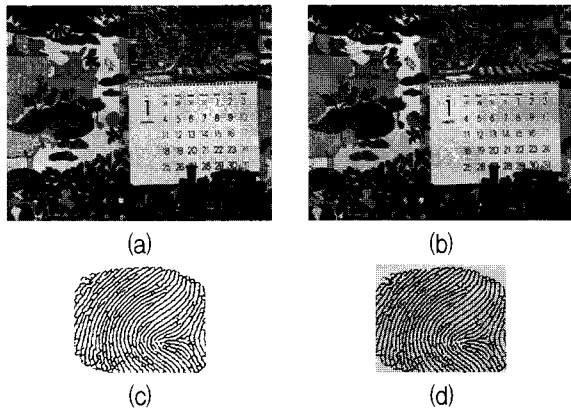


그림 7. (a)원 영상, (b)워터마크가 삽입 된 영상 (c)워터마크 원 영상, (d)추출된 워터마크 영상

Fig. 7. (a)The original sequence, (b)the watermark embedded sequences, (c)the watermark image, and (d)the extracted watermark image.

표 1. 원본 영상과 워터마크가 삽입된 영상의 H.264 압축에 대한 비트율(kb/s)

Table 1. Bitrates of original video and watermark embedded video at H.264/AVC compression.

H.264 QP	mobile		paris	
	original	WM	original	WM
16	7084.68	7118.63	2607.10	2677.03
20	4767.03	4794.15	1634.85	1670.92
24	3037.61	3057.51	1075.36	1090.75
28	1812.67	1823.25	699.94	704.76
32	987.55	991.56	429.59	431.29

H.264 QP	tempete		coastguard	
	original	WM	original	WM
16	5896.36	5928.56	5244.81	5261.44
20	3823.45	3847.14	3331.51	3348.41
24	2352.58	2369.32	2043.82	2056.48
28	1359.06	1366.44	1184.21	1190.33
32	713.58	716.50	604.49	607.28

마킹 기법의 성능을 실험하였다.

표 1은 원본 영상을 압축하였을 때와 워터마크를 삽입 한 후 압축하였을 때 비트율의 나타낸다. 워터마크가 삽입됨에 따라 초당 비트율이 0.007% 증가함을 보인다. 워터마크 삽입에 따른 압축률 감소는 미미함을 알 수 있다

표 2는 압축 및 필터링 공격에 대한 PSNR과 NC를 보여주고 있다. 표에서 보듯이 웨이블릿 기반 워터마킹 기법은 영상의 저주파 영역 내에 워터마크를 삽입함으로써 흐림과 같은 공격 및 압축에 특히 강인하며 고주

표 2. 지문 워터마크가 삽입된 영상의 H.264 압축 및 필터링 공격에 대한 PSNR과 이 때 추출된 지문 워터마크의 NC

Table 2. PSNR and NCs of watermark embedded video at H.264/AVC compression and at filtering attacks.

Attacks	mobile		paris	
	PSNR	NC	PSNR	NC
QP16	44.26864	0.98	44.42202	0.97
QP20	40.79864	0.93	41.51346	0.92
QP24	37.3447	0.87	38.59166	0.86
QP28	34.07692	0.81	35.74524	0.78
QP32	30.7691	0.69	32.77846	0.79
Gaussian	24.29796	0.73	25.15684	0.76
Sharpen	9.65337	0.62	10.72965	0.62
Median	21.36285	0.64	21.36227	0.7

Attacks	tempete		Coastguard	
	PSNR	NC	PSNR	NC
QP16	44.59132	0.98	44.33051	0.98
QP20	41.34306	0.93	40.91739	0.93
QP24	38.05471	0.87	37.65684	0.87
QP28	34.9293	0.80	34.67701	0.80
QP32	31.8105	0.69	31.78409	0.69
Gaussian	28.52079	0.79	29.43292	0.85
Sharpen	14.04262	0.62	11.66476	0.64
Median	24.80897	0.71	24.45714	0.75

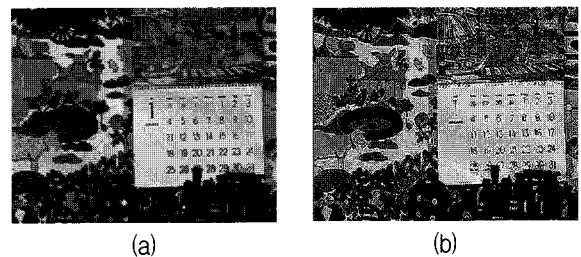


그림 8. (a) 워터마크가 삽입 된 영상, (b) 선명 효과 필터링 된 영상

Fig. 8. (a) The watermark embedded sequence, (b) The sharpen sequence.

파 통과 필터에는 다소 성능이 떨어지는 것을 알 수 있다. 선명 효과를 위한 필터 공격에는 그림 8(b)에서 보는 것처럼 영상이 크게 훼손되며 워터마크도 검출이 어려웠다.

특징점을 이용해 생성된 워터마크의 경우 한 프레임에 내에서 하나의 좌표를 반복 삽입 하는 방식을 사용하였다. 이방식의 경우 압축시에 발생하는 잡음으로 인해 다양한 좌표가 검출되는 문제를 가질 수 있으며, 이

표 3. VeriFinger 5.0 Demo를 사용한 인증 결과. "O"와 "X"는 각각 인증 성공과 실패

Table 3. Verifications using VeriFinger Algorithm Demo. "O" and "X" are denoted the success and the failure, respectively.

	mobile	paris	tempete	coastguard
QP16	O	O	O	O
QP20	O	O	O	O
QP24	O	O	O	O
QP28	X	X	X	O
QP32	X	X	X	X

러한 문제에 강인하고자 발생 빈도가 가장 높은 대표 좌표를 찾아 원본과 대조하는 방식을 사용하였다. 그 결과 QP16일 경우는 추출된 모든 좌표가 삽입된 좌표와 일치하였으며 QP24까지는 추출된 특징점 좌표 중 발생 빈도가 가장 높은 대표 좌표에 대해 모두 원본과 일치하는 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 QP28의 경우에서 부터는 삽입된 좌표에 대해 인증률이 절반으로 떨어지는 경향을 보였다.

표 3은 VeriFinger 5.0 Demo를 사용하여 원본 지문 영상과 압축한 후 추출한 지문 영상을 인증한 결과이다. 표에서 보이듯 QP24까지는 모든 영상에서 인증이 가능하며 QP28에서는 일부 영상에서 인증이 가능함을 알 수 있다.

표 3과 특징점 대표좌표의 검출 결과에서 보여 지듯이 CIF 크기의 비교적 작은 영상에서도 제안하는 알고리즘은 MPEG4 고압축에 대해 지문의 인증상에 필요한 특징점 정보를 보존하고 있음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 지문 워터마크의 전역적 정보와 지역적 정보를 분리한 다수의 워터마크 생성 방법을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 웨이블릿 도메인의 저주파수 대역에 워터마크를 삽입하여 H.264와 같은 영상 압축 공격에 강건하게 보존됨을 보였다. 또한 압축에 따른 잡음으로 인해 쉽게 손실되었던 특징점 기반의 지역적 정보를 워터마크로 생성함으로써 고압축에도 인증에 사용할 수 있어 인증상의 신뢰도를 높일 수 있다.

향후 고주파 통과 필터에 대한 성능 개선 및 기존 지문인식 시스템과 결합하여 디지털 비디오 콘텐츠의 적법한 사용 인증으로 확장 할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] E. Lin, A. Eskicioglu, R. Lagendijk, and E. Delp, "Advances in digital video content protection," in Proc. of IEEE Conf, vol. 93, no. 1, pp. 171-183, January 2005.
- [2] I. Matuda, T. Kaneko, A. Minezawa, and S. Itoh, "Lossless coding of color images using block-adaptive inter-color prediction", in Proc. of IEEE Conf. Image Processing, pp. 329-332, 2007.
- [3] M. Faundez-Zanury, "On the vulnerability of biometric security systems." in IEEE A&E System Magazine, pp. 3-8, November 2003.
- [4] X. Xia, C. Bonceletand, and G. Arce, "A multiresolution watermark for digital images," in Proc. of Int. Conf. Image Processing, vol. 1, pp. 548 - 551, October 1997.
- [5] T. Inoue, H. Miyazaki, A. Yamamoto, and A. Katsura, "A digital watermark based on the wavelet transform and its robustness on image compression," in Proc. Int. Conf. Image Process, vol. 2, pp. 391 - 395, October 1998.
- [6] D. Taskovski, S. Bogdanova, and M. Bogdanov, "A low resolution content based watermarking of images in wavelet domain," in Proc. 2nd Int. Symp. Image and Signal Process. Analysis, , pp. 604 - 608, June 2001.
- [7] G. Choi, K. Lee, and etc., "Fingerprint verification system with improved image enhancement and reliable matching," Int. Conf. Consumer Electronics, pp. 4-5, June 2000.
- [8] L. Hong, A. Jian, and S. Pankanti, "Fingerprint enhancement," Workshop on Applications of Computer Vision, pp. 202 - 207, December 1996.
- [9] S. Hsieh, H. Huang, and I. Tsai, "A copyright protection scheme for gray-level image using human fingerprint image as watermarks, information technology," Int. Conf. Information Technology : New Generations, pp. 482-489, April 2006.

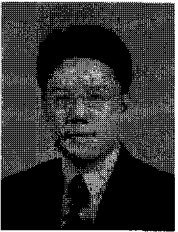
저 자 소 개



정 수 연(학생회원)
 2005년 서울산업대학교
 매체공학과 학사졸업
 2007년 현재 중앙대학교 첨단영상
 대학원 영상공학과
 석사과정
 <주관심분야 : 워터마킹, 영상압
 축>

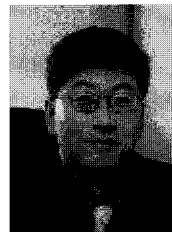


이 동 은(학생회원)
 2005년 한서대학교 컴퓨터공학과
 학사졸업
 2007년 중앙대학교 첨단영상
 대학원 영상공학과
 석사졸업
 <주관심분야 : 워터마킹, 객체추적, 영상압축>



이 성 원(정회원)
 1988년 서울대학교 제어계측
 공학과 학사졸업
 1990년 서울대학교 제어계측
 공학과 석사졸업
 2003년 University of Southern
 California 전기공학과
 박사졸업

2007년 현재 광운대학교 전자정보공과대학
 컴퓨터공학과 교수
 <주관심분야: 미디어프로세서 및 SOC설계, 멀티
 미디어 신호처리, Power-Aware Computing>



백 준 기(정회원)
 1984년 서울대학교 제어계측
 공학과 학사졸업
 1987년 노스웨스턴대학교 전기 및
 컴퓨터공학과 석사졸업
 1990년 노스웨스턴대학교 전기 및
 컴퓨터공학과 박사졸업

2007년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원
 영상공학과 교수
 <주관심분야: 영상복원, 신호처리, 반도체>