

영상의 소유권 보호와 변질검증을 위한 다중 워터마킹 방식

정회원 김 창 훈* , 준회원 박 경 준** , 정회원 고 형 화**

Multi-Watermarking Method for Image Ownership Protection and Tamper Proofing

Chang-Hoon Kim* *Regular Member*,
Kyung-Jun Park** *Associate Member*, Hyung-Hwa Ko** *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 소유권 보호와 변질검증이라는 두가지 목적을 동시에 만족시키기 위한 다중 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 먼저 강인한 워터마킹을 위해 기존의 QSWT 알고리즘을 이용하여 웨이블릿 계수에 워터마크가 삽입될 위치를 정한 후, 워터마크 영상을 DCT변환하여 삽입하는 알고리즘을 제안하였다. 다음으로, 워터마킹된 영상은 다시 변질검증을 위해 또 다시 워터마킹된다. 변질검증을 위한 알고리즘도 본 논문에서 새롭게 제안한다.

실험결과에 의해 제안한 다중 워터마킹 알고리즘은 blurring, sharpening 및 JPEG 압축 등의 공격에 강인함을 보인다. 또한 변질검증 워터마킹 기법에 의해 변질된 영역을 쉽게 판별하였다.

Key Words : watermark, wavelet, QSWT.

ABSTRACT

In this paper, multi-watermarking algorithm is proposed to satisfy two purpose of ownership protection and tamper proofing simultaneously. At first, for robust watermarking, the location of the embedding wavelet coefficient is selected by using existing QSWT algorithm. And then, we propose the method inserting discrete cosine transformed watermark. The watermarked image is watermarked again for the tamper proofing. The tamper proofing algorithm is also proposed.

According to the experimental results, the proposed multi-watermarking algorithm is robust to the attack, such as blurring, sharpening, JPEG compression. And also, the tampered area are detected in blocks, making it simple to judge which pixels are changed.

I. 서 론

최근 몇 년 동안 디지털 멀티미디어 저작물(audio, image, video)은 네트워크의 발달과 보급을 통해 쉽게 전송이 가능하다는 이유 때문에 폭발적

인 수요를 보이고 있다. 그러나 컴퓨터와 인터넷의 급속한 발달로 인해 디지털화된 각종 저작물은 디지털 데이터의 특성상 전혀 원본에 손상을 주지 않고 저장, 복사, 편집, 전송 등이 쉽게 이루어지고 있다. 따라서 디지털 데이터의 불법 복제 및 변조 등에 대한 문제의 발생과 함께 이를 해결하기 위한

* 삼성전자(ch2003.kim@samsung.com), ** 광운대학교 전자통신공학과 영상처리 연구실 (red2000@explore.kw.ac.kr)

논문번호 : 030154-0407, 접수일자 : 2003년 4월 8일

※본 논문은 2002학년도 광운대학교 교내학술연구비에 의하여 연구되었음.

연구의 필요성이 발생하게 되었으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 최근에 디지털 데이터 내부에 정보를 은닉하여 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호(Copyright protection)할 수 있는 연구가 활발히 진행되고 있다.

디지털 영상정보의 보호를 위해 적용할 수 있는 방법은 암호화 알고리즘을 이용하여 주어진 데이터를 암호화하는 방법이나 보호 대상 영상정보에 대하여 접근제어용 방화벽(Firewall)을 구축하는 방법이 있으나 이 방법들은 암호가 해킹당하거나 사용자가 임의로 영상 자료를 배포하는 것을 막을 수가 없다는 단점을 가지고 있다. 디지털 워터마킹(Digital watermarking)은 디지털 영상의 불법적인 내용 조작을 막고, 영상의 소유권을 보장할 수 있는 방법으로 공개키 알고리즘으로 해독된 영상에 대하여 부가적인 보호를 제공한다. 저작권 정보, 배포자 정보 그리고 사용자 정보를 영상에 삽입함으로써 법적인 문제가 발생하였을 때 해결책을 제시할 수 있다. 따라서 최근에 이러한 워터마킹 기법이 활발히 연구되고 있다.

일반적인 디지털 워터마킹은 인간 시각으로는 지각할 수 없는 소유권 정보를 디지털 데이터 내에 삽입하는 방법으로 비소유권자의 불법적인 조작을 막고 필요할 경우 소유권 인증을 위한 방법을 제공하여 주는 방법이다.¹⁻⁶⁾

본 논문에서는 계수선택의 문제에서 Shapiro가 제안한 EZW⁷⁾의 웨이블릿 변환의 다해상도 원리를 기반으로 계수의 크기와 유사성을 고려하는 Hsieh[8]에 의해 제안된 QSWT에 의한 계수선택의 방법을 사용하며, 워터마크 영상을 DCT 변환한 후 삽입시킴으로서 공격에 대한 향상된 워터마크 추출 결과를 보여주며, 강인한 워터마크가 삽입된 영상 자체의 특성을 이용한 또 다른 워터마크를 생성하여 웨이블릿 변환된 주파수 영역에서 삽입¹⁸⁾하는 다중 워터마크 삽입 방법으로써 원영상에 대한 공간 영역 상에서의 변질영역을 검출할 수 있다.

본 논문의 목적은 디지털 영상 자료에 대해 저작권 보호, 자료 인증, 소유권 증명과 같은 분야에서 고의적이든 비고의적이든 영향을 받은 손상에서도 디지털화된 영상속에 숨겨져 있는 정보를 추출함과 동시에 공간상의 어떤 위치의 픽셀들이 변화하였는지를 시각적으로 판단할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

II. 디지털 워터마킹

1. 사용 목적에 따른 디지털 워터마킹의 분류

디지털 워터마킹은 그 용도와 목적에 따라 다양하게 나뉘어 질 수 있으며 다음은 워터마킹이 사용되어지고 있는 목적에 따른 용도를 보여준다⁹⁾. 첫째로, 소유권 주장을 위한 것으로 창작자의 디지털 미디어 콘텐츠에 대한 소유관계를 주장하는 방법으로 워터마크를 사용하는 것이다. 이러한 방법이 동작하기 위해서는 이미지에 대한 압축, 확대, 축소 등과 같은 연산을 수행해도 워터마크가 없어지지 않고 남아 있어야 한다. 둘째로, 영상의 변질검증을 위한 것으로 멀티미디어 콘텐츠가 법적인 용도, 의학적인 용도, 뉴스 또는 상업적인 용도로 사용되는 경우에 그 미디어가 훼손되거나 수정되지 않았다는 것을 확인하는 것이다.

2. 소유권 주장을 위한 워터마킹의 요구사항

소유권 주장을 위한 요구사항으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다. 첫째, 비가시성(Invisibility)이다. 디지털 콘텐츠에 대해서 워터마크를 삽입하였을 경우 그 결과물이 시각적으로 인지되어서는 안 된다. 워터마크의 내장 자체가 원래의 콘텐츠에 대해서 시각적인 손실을 입히게 되지만 사람의 시각적으로 인지되지 않게 워터마크를 삽입하여야 한다.

둘째, 명확성(Unambiguity)이다. 삽입되는 워터마크는 워터마크를 삽입하는 저작권자 고유의 특성을 나타낼 수 있어야 한다. 이를 위해서 다른 사람과의 차별성을 가져야 되고 중복되는 일이 없어야 한다. 또한 워터마크의 검출은 저작권의 판단을 할 수 있도록 추출되어야 한다. 삽입된 워터마크가 추출되었을 때 그 저작권의 소유여부의 판단을 명확히 하여야만 한다. 셋째, 강인성(Robustness)이다. 워터마크가 삽입된 영상이 훼손되더라도 그 영상으로부터 추출된 워터마크를 이용하여 소유권을 판단할 수 있어야 한다. 워터마크가 삽입된 영상은 고의 또는 고의가 아니라도 수정 또는 변형될 수 있다. 영상의 훼손, 필터링(Filtering), 잡음첨가(Additive noise), JPEG 또는 MPEG 등의 손실압축 등의 여러 가지 손실에서도 워터마크가 제거되지 않고 남아서 저작권을 판단하도록 하여야 한다. 넷째, 무결성(Security)이다. 워터마크는 삽입과정이 알려져 있다 하더라도 관련된 파라미터의 키 값을 알아야만 삽

입된 워터마크에 접근할 수 있어야 하며, 불법적인 방법으로는 삭제 또는 변조가 어려워야 한다. 워터마크의 삽입이 알려졌다고 하더라도 해당 파라미터 값을 모를 경우에는 삽입 워터마크로의 접근이 차단되어 불법적인 삭제·변조 등을 막을 수 있어야 한다.

3. 영상 변질검증을 위한 워터마킹의 요구사항

영상의 변질여부를 검증하기 위한 방법의 요구사항으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다. 첫째, 비가시성(Invibility)이다. 워터마크는 외부에 보여져서는 안된다. 둘째, 변질된 부분의 지역화(Localization)이다. 이미지의 어떤 부분이 정확히 변질되었는지를 시각적으로 명백하게 판단할 수 있는 방법이 필요하게 되며, 이러한 요구사항이 만족되기 위해서는 공간 영역상의 정확한 위치나 변환된 영역에서 변질된 부분이 블록별로 혹은 픽셀단위로 지적될 수 있어야 한다. 셋째, 부가적인 정보의 불필요성(No additional information)이다. 기존의 데이터 인증을 위한 암호화적인 방법은 데이터의 무결성을 판단하기 위해서 부가적인 정보 즉 데이터로부터 해쉬 함수와 암호화에 의해 추출되는 서명이 원본 데이터의 파일 포맷에 추가되어야 하며 암호화 키 또한 필요하다. 따라서 인증자는 이러한 부가적인 정보를 가지고 있어야만 데이터에 대한 인증이 가능하다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해서 워터마킹 방법이 요구된다. 위에서 살펴본 영상의 변질검증에 필요한 요구사항 이외에 워터마크가 삽입된 이미지와 원본 이미지 간의 화질의 열화가 심하게 일어나서는 안되며, 또한 공격자에 의한 의도적인 공격을 막기 위해 워터마크가 삽입된 위치는 공간적인 영역에서 명백하게 노출되지 않아야 하며 이러한 조건을 만족하기 위해서는 공간영역에서보다는 변환영역 즉 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 것이 안전하다.

(sub-band)의 최대 계수값을 C라 정의하고, 가장 낮은 주파수를 갖는 부대역에서는 식(1)의 방법으로 임계값 T를 구하고 나머지 부대역에서는 각 레벨별로 식(1)의 방법으로 구한 T를 2로 나눈 값을 임계값으로 하였다.

$$T = 2^{\log_2 C} \tag{1}$$

주어진 임계값을 통해서 시각적으로 중요한 계수를 얻고, 이 중요 계수에 부대역마다 다른 크기를 갖는 워터마크를 삽입하게 된다. 이 기법의 특징은 저주파공간에 비교적 적은 양의 워터마크를 삽입하고 고주파성분에는 보다 많은 워터마크를 삽입함으로써, 화질열화를 줄이려고 한데 있다.

Hsieh 등에 의해 제안된 QSWT(Qualified Significant Wavelet Tree) 알고리즘은 EZW 알고리즘에 기반을 두는데, EZW는 스케일에 따라서 중요 계수의 부재를 예측할 수 있는 알고리즘이다. EZW를 정의하기 위해서는 다음 두 가지 특징을 알아야 한다. 첫째, 웨이블릿 계수들은 저주파 영역으로 갈수록 크기가 커지고 계수들간의 변화폭도 큰 특성을 가지며 이것을 “coarser” 스케일이라 한다. 반면 고주파 영역으로 갈수록 웨이블릿 계수들의 크기가 작아지고 변화폭도 “0”을 중심으로 작아지며, 따라서 “finer” 스케일이라 부른다. 다음은 “Parent”와 “Children”의 관계다. 임의의 “coarser” 스케일 계수를 “Parent”라 하면, “Parent”와 같은 방향, 같은 위치에 해당하는 바로 다음 레벨의 “finer” 스케일 계수는 “Children”이 된다. 그림 1은 이러한 특성을 나타낸다.

III. QSWT 알고리즘

본 논문에서 제안하는 워터마킹 기법 중 강인한 워터마킹 기법 실현을 위한 알고리즘에서 원영상을 웨이블릿 변환하고, 변환된 웨이블릿 계수에 워터마크를 삽입하게 되는데, 이때 워터마크가 삽입되는 계수는 매우 중요하며 계수를 선택하는 방법도 매우 다양하다. 기존에 제안되었던 기법은 대부분 Kim[4]의 방법과 유사하다. Kim은 각 부대역

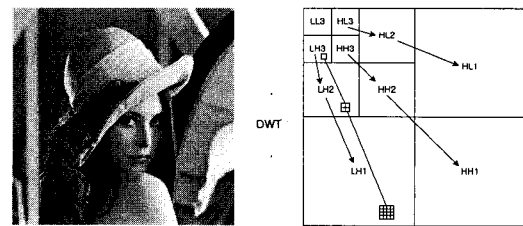


그림 1. 웨이블릿 계수의 트리 구조
Fig. 1. Tree structure of wavelet coefficients

QSWT의 정의는 다음과 같다.

정의 1 : “임의의 웨이블릿 계수 $x_n(i, j)$ (“Parent”)가 주어진 임계값 T보다 작으면, “Children”에 해당하는 계수인 $x_{n-1}(b, q)$ 도 T보

다 작다.”

$x_n(i, j)$ 의 n 과 $n-1$ 은 다해상도에서 n 번째와 $n-1$ 번째 레벨의 부번드를 각각 의미하고, (i, j) 와 (p, q) 는 각각 “Parent”와 “Children” 계수의 위치를 의미한다. 정의 1을 이용하여 QSWT를 정의하면 다음과 같다.

정의 2 : “ $x_{n-1}(p, q)$ 의 “Parent” 관계에 해당하는 coarser 스케일의 웨이블릿 계수 $x_n(i, j)$ 가 존재할 때, 주어진 임계값 T_1 , T_2 에 대하여 $|x_n(i, j)| > T_1$, $|x_{n-1}(p, q)| > T_2$ 를 만족할 때 $x_n(i, j)$ 과 그의 “Children”관계인 웨이블릿 계수 $x_{n-1}(p, q)$ 들을 QSWT라 한다.

QSWT는 웨이블릿 변환의 다해상도 원리 즉, 제로트리 구조를 이용하여 워터마크가 삽입되는 계수를 선택하게 된다. EZW의 정의에 따라 “Parent” 임계값 T_1 과 “Children” 임계값 T_2 를 각각 정의하고, 정의 2에 따라 $x_n(i, j)$ 와 $x_{n-1}(p, q)$ 에서 서로 방향성이 같은 계수들이 임계값 T_1 , T_2 를 만족해야만 선택되어진다. 따라서 QSWT는 서로간의 유사성이 매우 크고 시각적으로 중요한 계수들에 워터마크를 삽입하므로, 부밴드 안에서 계수의 크기만을 고려하여 워터마크를 삽입하는 기존 알고리즘들에 비해 다양한 공격에 강인한 성질을 지닌다.

IV. 제안한 알고리즘

본 논문에서 제안한 워터마킹 기법은 소유권 주장과 변질검증을 동시에 만족하기 위한 다중 워터마킹 기법으로서 강인한 워터마크 삽입과 영상 변질검증을 위한 워터마크 삽입, 강인한 워터마크 추출과 변질검증으로 나누어진다. 먼저 강인한 워터마크로서 다계조 영상(gray-level)을 DCT 변환한다. 생성된 워터마크를 삽입하기 위해 원영상을 3단계 웨이블릿 변환하고, LH3, LH2 부대역에서 적응적인 임계값을 이용하여 QSWT 계수를 선택한다. 선택된 각각의 QSWT 계수가 워터마크를 삽입하게 된다. 워터마크가 삽입된 웨이블릿 계수들을 역웨이블릿 변환(IDWT)을 취하여 강인한 워터마크가 삽입된 영상을 생성한다. 이렇게 생성된 영상에서 영상 변질검증을 위해 특징(워터마크)을 추출하고 웨이블릿 변환 영역에서 추출된 DM(Decision Map)을 이용하여 특징(워터마크)을 영상 자체에 삽입하게 된다. 삽입된 강인한 워터마크의 존재 여부를 확인하는

워터마크 추출과정에서는 원래의 워터마크와 추출된 워터마크와의 유사도를 측정하기 위해서 상관함수(Correlation)를 계산하며, 변질검증 과정을 통해 변질된 영역을 지역화 한다. 제안한 다중 워터마크 삽입 알고리즘은 그림2와 같다.

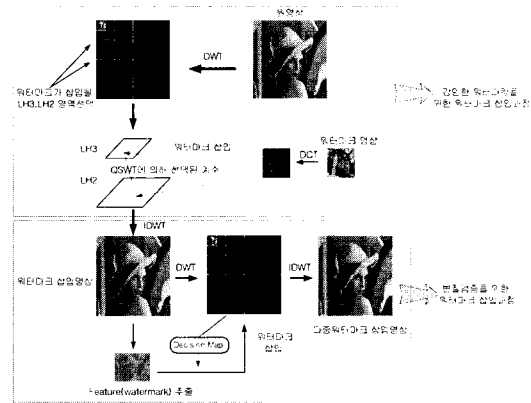


그림 2. 제안한 다중 워터마크 삽입 알고리즘
Fig. 2. Proposed multi-watermark embedding algorithm

1. 강인한 워터마크 삽입 알고리즘

1) 강인한 워터마크 생성

본 알고리즘에서는 인간이 시각적으로 구분할 수 있는 패턴 즉, 이진(binary)영상 또는 다계조(gray-level)영상을 워터마크로 사용함으로써 삽입과 추출시 소유권을 명확하게 확인할 수 있다. 또한 워터마크 영상을 DCT 변환을 함으로써 워터마크가 삽입된 영상에 대한 다양한 공격에 대해 강인한 결과를 보여준다. 워터마크 생성과정은 다음과 같다.
단계 1. 워터마크 영상을 8×8 블록으로 나눈다.
단계 2. 각각의 블록에 대해 DCT 변환을 취한다.

2) 강인한 워터마크 삽입

유사성이 매우 크고 시각적으로 중요한 웨이블릿 계수들에 워터마크를 삽입하는 알고리즘인 QSWT 알고리즘을 이용하여 다음과 같이 워터마크가 삽입된다.

단계 1. 그림 4와 같이 원영상을 3단계 웨이블릿 변환한다.

단계 2. 워터마크가 삽입될 부대역으로 LH3, LH2가 선택되고 임계값 T_1 , T_2 에 의해 QSWT 계수들을 선택한다.

$$T_1 = 1/n \{x_i | (Median(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)), x_i \in LH3\}$$

$$T_2 = 1/m \{x_i | (Median(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m)), x_i \in LH2\}$$

for $i=1$ to n
 for $j=1$ to n
 if $x_3(i, j) \geq T_1$; $x_3(i, j) \in LH3$
 if $x_2(2*i-1, 2*j-1) \geq T_2$
 and $x_2(2*i-1, 2*j) \geq T_2$
 and $x_2(2*i, 2*j-1) \geq T_2$
 and $x_2(2*i, 2*j) \geq T_2$; $x_2(i, j) \in LH2$
 $QSWT[k] = \{x_3(i, j), x_2(2*i-1, 2*j-1),$
 $x_2(2*i-1, 2*j), x_2(2*i, 2*j-1), x_2(2*i, 2*j)\}$

단계 3. QSWT[i] ($i=1$ to k)를 구성하는 계수들의 합을 계산한후, 크기 순으로 정렬해서 큰 값을 갖는 QSWT[i]를 워터마크 사이즈만큼 선택한다.

단계 4. 강인한 워터마크를 위해 LH3 와 LH2 부대역에 각각 DCT 변환된 워터마크가 다음과 같이 삽입된다.

$$x_3(i, j) = x_3(i, j) + \alpha \times w(k, l)$$

$$x_2(i, j) = x_2(i, j) + \alpha \times w(k, l)$$

여기서 $x_3(i, j)$ 는 원영상의 LH3 부대역의 계수값, $w(k, l)$ 은 워터마크의 DCT 계수값이며, α 는 사용자정의의 스케일링값을 나타낸다. $x_2(i, j)$ 는 원영상의 LH2 부대역의 계수값을 나타내며, 다음 식에 의해 결정된다.

$$x_2(i, j) = \max(x_2(2 \times i - 1, 2 \times j - 1), x_2(2 \times i - 1, 2 \times j), x_2(2 \times i, 2 \times j - 1), x_2(2 \times i, 2 \times j))$$

단계 5. 역웨이블릿 변환을 통해 강인한 워터마크가 삽입된 영상을 생성한다.

2. 영상 변질검증을 위한 워터마크삽입 알고리즘
 강인한 워터마크가 삽입된 영상 자체의 특성을 이용하여 영상에서 특징(워터마크)을 추출하고 웨이블릿 변환 영역에서 추출된 DM(Decision Map)을 이용하여 변질검증을 위한 워터마크를 삽입하는 방법으로 다음과 같다.

1) 변질검증을 위한 워터마크 생성
 강인한 워터마크가 삽입된 영상에 삽입시킬 변질검증을 위한 또 다른 워터마크의 생성 과정을 다음과 같다.

단계 1. 강인한 워터마크가 삽입된 영상을 8×8 크

기를 가진 블록으로 나눈다.

단계 2. 각 블록의 평균값(DC)를 구한다.

단계 3. 구해진 평균값(DC)의 최상위 비트(MSB)를 구한다.

변질검증을 위한 워터마크의 생성과정에 대한 개략도는 그림3과 같다.

2) Decision Map(DM)의 생성

생성된 변질검증을 위한 워터마크를 부가적인 정보로 보관하지 않고 강인한 워터마크가 삽입된 영상에 삽입함으로써 이미지의 변질검증시에 별도의 정보를 필요로 하지 않게 하기 위해 삽입하는 과정에서 DM(Decision Map)을 생성하고 생성된 DM을 이용하게 되는데 DM을 생성하는 과정은 다음과 같다.

m : DM(Decision Map)의 세로축 위치($m=i/8$).

n : DM(Decision Map)의 가로축 위치($n=j/8$).

$f(i, j)$: 강인한 워터마크가 삽입된 영상의 웨이블릿 변화후의 계수값

$f_{LL3}(x, y)$: 웨이블릿 변환후 LL3 부밴드의 계수값 ($0 \leq x \leq i/8$, $0 \leq y \leq j/8$)

$f_{HH1}(a, b)$: 웨이블릿 변환후 HH1 부밴드의 계수값 ($i/2 \leq a \leq i$, $j/2 \leq b \leq j$)

Map(m, n) : Decision Map

SCALE : DM을 구하기 위한 사용자 정의 파라메타(parameter)

단계 1. 강인한 워터마크가 삽입된 영상(I(i,j))에서 3단계 웨이블릿 변환을 취한다.

단계 2. 웨이블릿 변환된 영역에서 $f_{LL3}(x, y)$, $f_{HH1}(a, b)$ 를 추출한다.

단계 3. $f_{LL3}(x, y)$ 의 하나의 계수와 그 계수에 자식관계에 있는 $f_{HH1}(a, b)$ 의 계수 16개중에서 하나를 선택한다.

단계 4. 선택된 계수 $f_{HH1}(a, b)$ 와의 SCALE의 곱이 $f_{LL3}(x, y)$ 보다 크면 Map(m, n)은 1 이 되고 작으면 Map(m, n)은 0 이 된다.

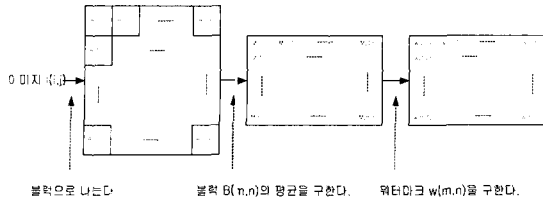


그림 3. 변질검증을 위한 워터마크 생성과정
Fig. 3. Watermark generation for tamper proofing

3) 변질검증을 위한 워터마크 삽입

위 1)과 2)의 각 단계에 의해서 구해진 변질검증을 위한 워터마크(w(m,n))와 DM (Map(m,n))을 이용하여 강인한 워터마크 삽입영상을 웨이블릿 변환을 한 후 일치성의 α 부를 해당하는 자식 계수의 값을 사용자가 정의한 값에 의하여 수정을 가한다. 워터마크를 삽입하는 과정은 다음과 같다.

M : 사용자 정의에 의한 수정되는 정도

$I'(i, j)$: 다중 워터마크된 영상

단계 1. Map(m,n)과 w(m,n)을 배타적 논리합을 하여 1 또는 0 을 판별한다.

단계 2. 만약 결과값이 0 이면 해당되는 자식노드의 계수 값은 그대로 두고 단계 1을 다시 수행하고 0 이면 단계 3과 단계 4를 수행한다.

단계 3. 만약 Map(m,n)이 1 이면

$$f_{HH1}(a, b) = f_{LL3}(x, y) / SCALE - M$$

단계 4. 만약 Map(m,n)이 0 이면

$$f_{HH1}(a, b) = f_{LL3}(x, y) / SCALE + M$$

단계 5. 해당하는 자식노드에 생성된 변질검증을 위한 워터마크가 모두 삽입될 때까지 단계 1 부터 수행한다.

단계 6. 변질검증을 위한 워터마크가 삽입된 계수를 역웨이블릿 변환하여 다중 워터마크가 삽입된 영상 $I'(i, j)$ 을 생성한다.

3 강인한 워터마크 추출 및 변질검증

워터마크된 이미지는 차후에 법적인 용도의 영상이나 의료영상과 같은 상업적인 용도 등에 의해 사용되어질 수 있는데 이때 영상의 소유권에 대한 확인과 더불어 변질여부가 관심사가 될 수 있다. 이러한 용도에서 다중 워터마크된 영상으로부터 강인한 워터마크를 추출함으로써 소유권에 대한 검증을 할 수 있을 뿐만 아니라 악의적으로 영상을 변질시켰

을 경우 그의 변질여부 및 변질된 위치를 시각적으로 명백히 관찰할 수 있으므로 영상의 변질에 의한 잘못된 사용을 사전에 미리 방지할 수 있다. 강인한 워터마크의 추출 및 변질검증에 대한 절차는 다음과 같다.

1) 강인한 워터마크 추출

강인한 워터마크의 추출 과정은 다음과 같다.

단계 1. 다중 워터마크가 삽입된 영상 X' 과 원본 영상 X를 각각 3단계 웨이블릿 변환한다.

$$Y = DWT(X)$$

$$Y' = DWT(X')$$

단계 2. Y'의 LH3(LH2) 부대역에서 강인한 워터마크가 삽입된 위치의 계수값과 Y의 LH3(LH2) 부대역에서의 계수값의 차를 구한 후 평균을 구한다.

$$W_i^3 = Y'_{i(LH3)} - Y_{i(LH3)}$$

$$W_i^2 = Y'_{i(LH2)} - Y_{i(LH2)}$$

$$W_i = (W_i^3 + W_i^2) / (2 \times \alpha)$$

단계 3. W_i 를 IDCT 변환함으로써 추출된 워터마크 영상을 얻을 수 있다.

단계 4. 원 워터마크 W 와 추출된 워터마크 W'의 상관함수를 측정한다.

2) 변질검증

다중 워터마크 삽입 영상의 변질유무를 판별하는 변질검증과정은 다음과 같다.

$I''(i, j)$: 다중 워터마크된 영상, $I'(i, j)$ 에 수정을 가한 영상

$B''(m, n)$: $I''(i, j)$ 의 8x8 블록 위치값

$M''(m, n)$: 8x8 블록의 평균(DC)의 위치값

$w''(m, n)$: $M''(m, n)$ 의 최상위 비트(MSB), 즉 추출된 변질검증을 위한 워터마크

$f''(i, j)$: $I''(i, j)$ 의 웨이블릿 계수값

$f''_{LL3}(x, y)$: 웨이블릿 변환후 LL3부밴드의 계수값 ($0 \leq x \leq i/8$, $0 \leq y \leq j/8$)

$f''_{HH1}(a, b)$: 웨이블릿 변환후 HH1부밴드의 계수값 ($i/2 \leq a \leq i$, $j/2 \leq b \leq j$)

$s''(m, n)$: $f''(i, j)$ 에서 추출된 DM

단계 1. $I''(i, j)$ 을 블록으로 나누어 평균을 구한

후 최상위 비트(MSB)를 추출한다.

단계 2. $I''(i, j)$ 을 웨이블릿 변환하여 구해진 $f''(i, j)$ 에서 $f''_{LL3}(a, b)$ 와 $f''_{HHn}(a, b)$ 를 추출한다.

단계 3. $f''_{LL3}(x, y)$ 의 계수값과 $f''_{HHn}(a, b)$ 의 해당하는 자식 블록의 계수값을 비교하여 $s''(m, n)$ 를 추출한다.

단계 4. 공간영역에서 추출된 $w''(m, n)$ 와 웨이블릿 영역에서 추출된 $s''(m, n)$ 를 비교하여 변질여부를 검증한다.

단계 5. 모든 값이 비교가 끝날 때까지 단계 1부터 단계 4까지를 차례로 반복한다.

위와 같은 과정을 거쳐 해당 블록의 변질여부를 판단하게 되는데 만약 공간 영역상에서 추출된 워터마크와 웨이블릿 영역상에서 삽입된 워터마크를 추출하여 나온 워터마크가 일치하면 공간상의 해당 하는 블록은 변질이 안된 것이고, 일치하지 않으면 변질이 되었음을 알 수 있다. 이렇게 결정된 블록은 변질된 부분을 시각적으로 쉽게 그 위치를 판단하기 위해 변질된 부분은 흰색으로, 그렇지 않은 부분은 검은색으로 해당하는 블록을 표시한다.

V. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 다중 워터마킹 방법에 대한 검증으로 다중 워터마크 삽입과 추출시에는 Daubechies[7,9] 필터를 사용한 쌍직교(Biorthogonal) 이산 웨이블릿을 사용하였다.

실험에 사용한 영상으로는 원 영상에는 512×512 크기의 Lena, Peppers 다계조 영상을, 강인한 워터마크 영상으로는 32×32 크기의 Peppers, 학교 로고, Baboon 다계조 영상을 사용하였다. 또한 강인한 워터마크가 삽입된 영상 자체의 특성을 이용한 워터마크를 생성하여 변질검증을 위해 삽입하게 된다.

실험은 Pentium-4 PC에서 Visual C++을 이용하여 실험을 하였다. 실험에 사용한 파라미터로는 강인한 워터마크 삽입 방법에 사용한 α 값은 0.02로 사용하였고, 변질검증을 위한 워터마킹에 사용한 파라미터 M은 5를 사용하였다.

실험은 제안한 방법에 의해 다중 워터마크가 삽입된 영상에 대한 일반적인 영상처리 기법인 Blurring과 Sharpening, JPEG 압축 공격 등을 실험하여 기존의 논문과의 비교를 할 수 있도록 하였고,

부분적인 변질 공격으로 훼손된 영상에서 소유권 주장을 위한 강인한 워터마크를 추출하여 워터마크의 검출 여부를 판단함과 동시에 영상의 조작으로 인한 훼손된 영상으로부터 공간상의 변질된 영역의 위치 판단을 쉽게 하기 위해서 검은색 배경에 흰색 블록으로 변질된 영역을 표시하도록 하였다.

워터마크 삽입시 화질의 대한 객관적인 평가 방법으로 원 영상과 워터마킹된 영상의 MSE(Mean Square Error)에 대한 평균값을 이용한 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)을 사용하였다.

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f(i, j) - f'(i, j))^2$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right)$$

여기서, $f(i, j)$: 원 영상, $f'(i, j)$: 워터마킹된 영상, MN : 영상의 화소 수

또한 검출된 워터마크와 원본 워터마크 사이의 유사성 판단을 위하여 상관함수(Correlation)를 사용하여 판단할 수 있도록 하였다.

상관함수는 다음과 같이 정의된다.

$$Correlation = \frac{(\sum W_{ij} W'_{ij})^2}{\sum W_{ij}^2 \sum W'_{ij}^2}$$

여기서, W_{ij} : 원 워터마크의 화소 값, W'_{ij} : 검출된 워터마크의 화소 값

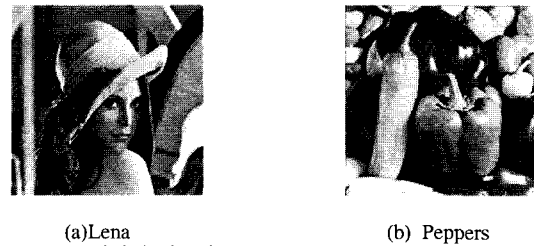


그림 4. 실험에 사용한 원 영상
Fig. 4. Original image used in experiment

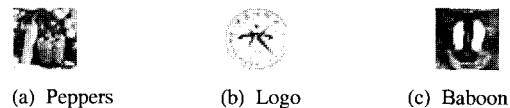


그림 5. 실험에 사용한 강인한 워터마크 영상
Fig. 5. Watermark image used in experiment

그림 4와 그림 5에서는 실험에 사용된 원 영상과

강인한 워터마크 영상을 보여주고 있다. 실험은 Lena, Peppers 영상이 Peppers, Logo, Baboon 영상을 각각 강인한 워터마크로 삽입한 후 삽입된 영상 자체의 특성을 이용한 또 다른 워터마크를 변질검증을 위해 삽입하는 방법을 이용하여 실험하였다. 표 1은 위와 같은 방법으로 워터마크를 삽입한 영상의 PSNR 값이다.

다중 워터마킹된 영상이 Blurring과 Sharpening에 의해서 훼손되었을 경우 강인한 워터마크를 추출함으로써 소유권을 판단할 수 있고 변질검증 과정을 통해 훼손된 영역을 시각적으로 표시할 수 있는지 알아보고자 하였다. Blurring과 Sharpening은 3×3 필터를 이용하였다. 표 2에 Blurring과 Sharpening에 의한 훼손된 영상에서 추출한 강인한 워터마크의 상관도를 표시하였다.

표 1. 워터마크된 영상의 PSNR
Table 1. PSNR of watermarked image

원영상 워터마크 영상	Lena	Peppers
Peppers	42.43 dB	42.88 dB
Logo	40.67 dB	40.63 dB
Baboon	42.66 dB	44.05 dB

표 2. 영상처리에 따른 워터마크의 상관값
Table 2. Watermark correlation values by image processing

원영상 워터마크 영상	Lena			Peppers		
	Peppers	Logo	Baboon	Peppers	Logo	Baboon
Blurring	0.958	0.975	0.959	0.935	0.955	0.943
Sharpening	0.949	0.979	0.932	0.931	0.964	0.913

워터마크된 영상이 JPEG 압축에 의한 손실이 발생하였을 경우 추출된 강인한 워터마크 영상을 5% 부터 40% 까지의 JPEG 압축률에 따라 실험을 하였다. 표 3에서는 JPEG 압축에 따른 상관값을 나타낸다. 추출된 워터마크 영상을 보면 40%정도까지 압축되었을 경우에도 워터마크를 추출함으로써 소유권을 판단할 수 있다.

그림 6은 Lena의 워터마킹된 영상에서 오른쪽 모자 부분의 구김 부분을 공격자의 의도적인 목적으로 이웃하는 블록의 화소값으로 대체(변질)하였을 경우의 영상과 변질검증 과정을 통해 변질된 영역

을 흰색으로 표시해 주고 있으며 소유권을 나타내기 위한 추출된 강인한 워터마크 영상을 보여 준다. 그림 7은 Peppers의 워터마킹된 영상의 중간 부분이 공격자에 의해 의도적으로 “임의의 문자열로 마크가 되었을 경우의 영상과 변질검증을 통한 변질된 영역을 흰색으로 표시하는 영상을 보여주고 있으며 추출된 강인한 워터마크 영상을 보여주고 있다. 표 4에서는 추출된 워터마크의 상관 값을 나타낸다.

표 3. JPEG 압축에 따른 워터마크의 상관값
Table 3. Watermark correlation values by JPEG compression

원영상 워터마크 영상	Lena			Peppers			
	Peppers	Logo	Baboon	Peppers	Logo	Baboon	
JPEG 압축	5%	0.997	0.997	0.995	0.997	0.993	0.996
	10%	0.994	0.996	0.992	0.995	0.991	0.994
	14%	0.989	0.994	0.988	0.992	0.990	0.991
	19%	0.982	0.990	0.979	0.987	0.988	0.988
	27%	0.971	0.985	0.966	0.979	0.983	0.978
	30%	0.966	0.982	0.964	0.974	0.980	0.974
	40%	0.946	0.972	0.941	0.957	0.971	0.950

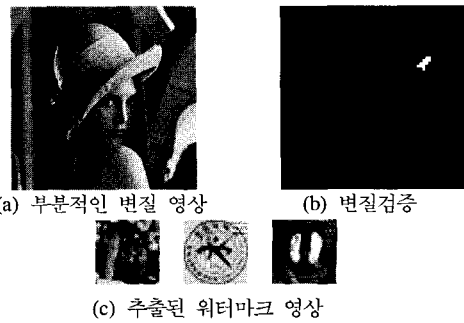


그림 6. 변질검증과 추출된 워터마크 영상
Fig. 6. Tamper proofing and extracted watermark image

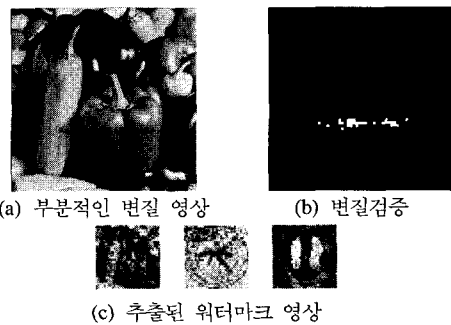


그림 7. 변질검증과 추출된 워터마크 영상
Fig. 7. Tamper proofing and extracted watermark image

표 4. 부분적으로 변질된 영상에 의한 워터마크의 상관값
Table 4. Watermark correlation values by partially tampered image

원영상 워터마크 영상	Lena			Peppers		
	Peppers	Logo	Baboon	Peppers	Logo	Baboon
부분적인 변질	0.986	0.996	0.986	0.936	0.953	0.951

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 기존의 웨이블릿 기반의 워터마킹 기법들¹⁰⁾보다 다계조(gray-level)영상을 워터마크로 사용함으로써 추출된 워터마크의 시각적인 판단의 용이함과 웨이블릿 계수들간의 유사성이 매우 크고 시각적으로 중요한 계수들에 워터마크를 삽입함으로써 다양한 공격에 대해 강인함을 보이는 Hsieh가 제안한 기법과의 비교시 본 논문에서는 워터마크 영상을 DCT 변환 후 QSWT 알고리즘을 사용하여 삽입하는 방법을 통해 다양한 공격에 대해 추출된 워터마크의 상관도(Correlation) 비교시 향상된 결과를 나타냄을 볼 수 있었다. 표 5에서 원영상은 Lena 영상(512×512), 워터마크 영상은 Peppers(32×32) 영상을 사용하여 Hsieh가 제안한 기법과의 상관도 비교를 나타내었다.

표 5. 기존의 알고리즘[8]과 제안한 알고리즘의 상관도 비교
Table 5. Comparison of correlation between existing algorithm[8] and proposed algorithm

	기존 방법	제안한 방법
Blurring	0.885	0.958
Sharpening	0.910	0.949
JPEG	5%	0.997
	10%	0.993
	14%	0.986
	19%	0.978
	27%	0.910
	30%	0.903
40%	0.875	0.946

기존의 소유권 주장과 변질검증을 동시에 만족하는 워터마킹 기법^{10),11)}들은 랜덤한 노이즈 신호를 강인한 워터마크로 사용함으로써 추출된 워터마크가 삽입한 워터마크 인지 아닌지를 실험적인 임계값과

비교하여 판단하는 검출 기법을 사용하는 반면 본 알고리즘에서는 시각적으로 인식이 가능한 다계조(gray-level) 영상을 강인한 워터마크로 사용함으로써 추출된 워터마크를 통해 소유권 주장을 쉽게 판단할 수 있게 된다. 또한, 변질검증 과정을 통해 변질된 영역을 정확하게 시각적으로 표시함으로써 소유권 주장과 변질검증이라는 워터마킹 기법의 대표적인 두 가지 목적을 동시에 만족할 수 있었다.

부가적인 실험으로 영상의 기하학적 변형의 경우에 영상을 1/2로 크기 재조정을 하였을 경우 약 0.866정도의 상관도를 나타내어 삽입된 워터마크의 시각적 판별이 가능하였으나, 영상의 일부가 잘려진 경우에서는 0.4~0.5정도의 상관도만을 나타내어 추출된 워터마크의 판별에 어려움을 보였다.

VI. 결 론

워터마킹의 대표적인 용도로써는 크게 소유권 보호와 변질검증으로 나눌 수 있는데 본 논문에서 제안한 다중 워터마킹 방식으로서 두 가지 용도를 동시에 만족시킬 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서는 원 영상의 웨이블릿 변환 후 QSWT에 의해 선택된 계수에 소유권 보호를 위한 강인한 워터마크를 DCT변환하여 삽입하고, 삽입한 영상 자체의 특징을 변질검증을 위한 워터마크로 하여 재삽입하는 과정의 다중 워터마킹을 수행한다. 이렇게 생성된 다중 워터마킹된 영상에서 삽입된 강인한 워터마크 추출을 통한 소유권 인종과 영상의 변질검증과정을 통해 변질여부를 공간영역 상에서 지역화 할 수 있는 방법을 제안하였다.

실험에 의한 결과에서 제안한 알고리즘은 다중 워터마킹된 영상이 PSNR이 40dB이상으로 화질의 변화를 크게 보이지 않으며, 다계조(gray-level) 영상을 강인한 워터마크로 사용하여 명확한 소유권 판단을 할 수 있었다. sharpening, blurring, JPEG 압축 등의 공격에서도 워터마크 추출이 가능하였으며, 기존의 QSWT를 이용한 방법보다 제안한 방법의 상관도가 더 좋음을 알 수 있었다. 또 영상이 변질된 경우 변질여부 판별과 변질된 위치를 시각적으로 쉽게 판단할 수 있었다.

일반적으로 강인한 워터마킹에서는 변질 여부의 판단이 어렵고, 변질검증만을 위한 워터마킹 방법에서는 일반적인 영상처리나 압축에서는 소유권 주장이 어렵다는 단점이 있다. 제안한 알고리즘에서는 이러한 단점을 극복하고자 다중 워터마킹 알고리즘

을 제안하였다.

제안한 알고리즘의 적용분야로서는 소유권을 나타냄과 동시에 위·변조 등의 변질여부를 판별해야 하는 의료영상 및 법적인 문서 등에 적용 가능할 것이라 생각되며, 향후 연구 과제로서 영상을 네트워크로 전송시에 필요한 JPEG 압축에 대해서는 변질검증을 하지 않고 워터마킹된 영상에 대한 임의적인 조작에 대해서만 변질을 검증할 수 있는 알고리즘의 개발도 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] I.J.Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shammoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 6, No. 12, pp.1673-1687, Dec. 1997
- [2] J.J.K. O. Ruanaid, W.J. Dowling, and F.M. Boland, "Watermarking digital images for copyright protection," *IEE Proc. vis. image signal process.* Vol. 143, No. 4, pp.250-256, Aug. 1996
- [3] Chiou-Ting Hsu and Ja-Ling Wu, "Multiresolution watermarking for digital images," *IEEE Trans. Consumer Electron.*, Vol. 45, pp. 1097-101, Aug. 1998
- [4] Jong Ryul Kim and Young Shik Moon, "A robust wavelet-based digital watermark using level-adaptive thresholding," *Proc. ICIP*, Kobe, Japan, p.202, Oct. 1999.
- [5] Xiang-Gen Xia, C.G. Boncelet, and G.R. Arce, "A multiresolution watermark for digital images," *IEEE International Conference on Image Processing*, Vol. 1, pp. 548-551, 1997.
- [6] Z.H. Wei, P. Qin, and Y.Q. Fu, "Perceptual digital watermark of images using wavelet transform," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 44, No. 4, pp. 1267-1272, Nov. 1998.
- [7] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients," *IEEE Trans. Signal Processing*, Vol. 41, No. 12, pp.3445-3463, Dec. 1993
- [8] Ming-Shing Hsieh, Din-Chang Tseng, and Yong-Huai Huang, "Hiding digital watermarks using multiresolution wavelet transform," *IEEE Tans. on Industrial Electronics*, Vol. 48, No. 5, Oct. 2001.

- [9] Stefan Katzenbeisser and Fabien A.P.Petitcolas, "Information Hiding : Techniques for steganography and digital watermarking," *Artech House*, pp. 103-105, 2000.
- [10] H. Inoue, A. Miyazaki, and T. Katsura, "Wavelet-based watermarking for tamper proofing of still images", *IEEE International conference on Image Processing*, Vol. 2, pp. 88-91, 2000
- [11] J. Fridrich, "A Hybrid watermark for tamper detection in digital images," *ISSPA 99*, Brisbane, Australia, pp.22-25, August, 1999.

김 창 훈(Chang-Hoon Kim)

정회원

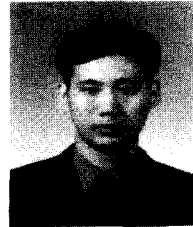


2001년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 졸업
2003년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 석사
2003년 3월 ~ 현재 : 삼성전자

<주관심분야> 워터마킹

박 경 준(Kyung-Jun Park)

준회원

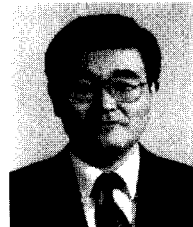


1999년 2월 : 서울산업대학교 전자공학과 졸업
2001년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 석사
2001년 8월 ~ 현재 : 광운대학교 전자통신공학과 박사과정

<주관심분야> 워터마킹, 웨이블릿

고 형 화(Hyung-hwa Ko)

정회원



1979년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업
1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 석사
1989년 2월 : 서울대학교 전자공학과 박사
1985년 3월 ~ 현재 : 광운대학교

전자통신공학과 교수

<주관심분야> 영상통신, 2진문서 압축, Wavelet 부호화