

개선된 DCT 변환 영역 워터마크를 이용한 이미지 무결성 검증시스템

전인배^o, 최옥경^{*}, 유승화^{*}

^o*아주대학교 대학원 지식정보보안학과

e-mail:dlsqo@ajou.ac.kr^o, okwow2@gmail.com^{*}, swyoo@ajou.ac.kr^{*}

A Design of Image Integrity Verification System using Advanced DCT Transform Domain Watermark

Inbae Jeon^o, Okkyung Choi^{*}, Seungwha Yoo^{*}

^o*Dept. of Knowledge Information Security, Graduate School of Ajou University

● 요약 ●

본 논문은 변환영역 기반의 방법 중 DCT 변환영역 워터마크를 이용한 이미지 무결성 검증 시스템을 제안하였다. DCT 변환영역에 워터마크를 삽입하는 것이 공간영역에 삽입하는 것보다 잡음과 일반적인 신호처리나 영상편집, 선형/비선형 필터링, 압축 등의 영상처리에 강하다. 추출된 워터마크가 원본 워터마크와의 유사도 평가에서 임계값보다 크면 이미지에 변형이 없었다고 판단한다. 만약 이미지에 변형이 있을 경우 워터마크가 훼손되어 정확한 정보를 추출하기 어려울 수 있다. 이때 추출기에서 이미지 왜곡을 역변환 시켜 워터마크를 온전하거나 최소화된 훼손으로 추출한다.

키워드: 워터마크(watermark), DCT(Discrete Cosine Transform), 공간영역(spatial domain)

I. 서론

디지털 워터마크는 디지털 정보가 불법으로 복제되거나 허락 없이 사용되는 것을 방지하고 사용자의 고유 콘텐츠를 보호하기 위해 고유 식별 코드나 정보를 삽입하는 방식이다. 디지털 워터마크는 실제 정보를 삽입하는 영역(domain)에 따라 공간 영역(spatial domain) 워터마크와 변환 영역(transform domain) 워터마크로 분류한다. 공간 영역 워터마크는 원본 신호를 변환하지 않고 영상의 특정 화소 값을 공간 영역에서 그대로 삽입하는 방법으로 Bender 등이 제안한 “Patchwork”의 확률적 라벨링 방법 등이 있다.

변환 영역 워터마크는 원본 신호를 변환 한 후 변환 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법으로 DFT(Discrete Fourier Transform), DCT(Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등이 있다.

본 연구에서는 기존 공간 영역 워터마크 방식이 영상 처리 시 잡음, 압축 등의 공격에 약하다는 단점을 보완하기 위해 개선된 DCT 변환 영역 워터마크를 이용한 무결성 검증 시스템을 설계 및 구현함으로써 고유 콘텐츠의 저작권을 보호하고 위변조를 방지함으로써 원본 콘텐츠의 무결성을 보장하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장 관련 연구에서 디지털 워터마킹에 대한 소개를 하고 있으며, 3장에서는 기존 방식에 대해 서술하고, 제안 방식인 DCT 변환 영역 워터마크를 이용한 이미지 무결성 검증 시스템을 서술한다. 마지막으로 4장에서 결론

및 향후 연구 과제를 언급하였다.

II. 관련 연구

1. 디지털 워터마크 개요

워터마크(Watermark)란 용어는 물에 젖어있는 상태에서 그림을 인쇄하는 데서 유래하였다. 중세시대 교회의 비밀문서 또는 군사용 통신문 등의 용도로 사용되어졌으며, 젖은 종이에 인쇄한 그림이란 뜻으로 “Watermark=Water+Mark”라고 명명되었다. 지폐의 불법 복제, 위폐 제조 방지 목적으로 사용되었으며, 현재는 텍스트, 이미지, 비디오, 오디오 등의 멀티미디어 콘텐츠에 저작권 정보 등 소유권을 주장하고자 하는 특성의 데이터를 사람의 육안이나 청각으로는 구별할 수 없게 삽입하는 기술을 말한다.

워터마크 기술은 결국 기존의 예술품에 화가의 도장이나 서명을 넣어두던 낙관이 디지털시대에 그 형태가 바뀐 ‘디지털 낙관’이라고 할 수 있다. 만약 사용자들이 멀티미디어 디지털 정보를 불법 복제하여 정당한 대가나 허락 없이 상업용 혹은 기타 용도로 사용되었을 때에는 자신의 ‘마크’를 추출함으로써 자신의 소유임을 밝힐 수 있고, 이는 재산권 행사에 결정적인 증거가 된다[1].

2. 디지털 워터마크 분류

디지털 워터마크는 크게 특성에 따른 디지털 워터마킹과 알고리즘에 따른 디지털 워터마킹으로 나눌 수 있다. 특성으로 구분하면 내성 워터마킹, 연성 워터마킹, 반연성 워터마킹이 있다. 알고

* 본 연구는 지식경제부 및 한국인터넷진흥원의 “고용계약형 지식정보 보안 석사과정 지원사업”의 연구결과로 수행되었음.

리즘으로는 공간영역에서의 워터마킹과 변환영역에서의 워터마킹으로 나뉠 수 있다.

2.1 내성 워터마킹(robust watermarking)

삽입된 워터마크가 외부의 어떠한 악의적인 공격뿐만 아니라, 일반적인 신호처리에도 견딜 수 있도록 고안된 워터마크 기술을 말한다. 주로 디지털 콘텐츠 저작권 보호용으로 사용되어 콘텐츠의 소유권을 주장하는데 그리고 콘텐츠의 복사나 사용횟수 제어 등에 사용된다. 내성 워터마킹의 대표적인 응용분야로는 지폐위조 방지, 방송모니터링, 디지털 영화 등이 있다[1].

2.2 연성 워터마킹(fragile watermarking)

고의로 내성이 약한 워터마크를 삽입해 잘 소멸되도록 하여 워터마크가 검출되지 않거나 변조된 부분에 대하여 원본의 훼손 여부를 알아내는 기법이다. 연성 워터마킹의 대표적인 응용분야로는 인증시스템, ID card, 디지털 비디오 레코더, Copy Detection 등이 있다[1].

2.3 반연성 워터마킹(semi-fragile watermarking)

연성 워터마킹이 워터마크가 삽입된 영상에 어떠한 변형만 가해져도 깨지는 반면, 어떤 응용에서는 악의적인 공격이나 손상이 아닌 압축이나 저장 형태의 변환 같은 일반적으로 충분히 일어날 수 있는 영상처리 과정은 허용해야 하는 경우가 발생하는데, 이러한 문제를 해결하기 위해 반연성 워터마킹 기법이 고안되었다. 즉 영상의 콘텐츠에 문제가 없는 경우는 인증을 허용하는 것이다. 어느 정도의 변형까지 허용해야 하는지는 응용분야에 따라 다르며 그 한계선이 문제가 되기도 한다[1].

2.4 공간영역에서의 워터마킹 알고리즘

공간영역의 워터마킹은 원본 신호를 변환하지 않고 영상의 특정 화소 값을 공간 영역에서 그대로 삽입하는 방법으로 Bender 등이 제안한 “Patchwork”의 확률적 라벨링 방법 등이 있다. Pitas 등은 디지털 영상을 크기가 같은 두 집합으로 나누고 한 집합의 값들을 일정하게 더한 다음, 삽입된 워터마크를 검출하기 위해서 두 집합에 속한 화소들의 평균값의 차이를 이용하는 방법을 제안하였다. 그러나 이러한 공간영역의 방법은 영상처리나 압축 등의 공격에 약하다는 단점이 있다[2].

2.5 변환영역에서의 워터마킹 알고리즘

변환 영역 워터마크는 원본 신호를 변환 한 후 변환 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법으로 DFT(Discrete Fourier Transform), DCT(Discrete Cosine Transform), DWI(Discrete Wavelet Transform) 등이 있다. Ruanaidh 등은 DFT를 이용하여 위상에 워터마크를 삽입하는 방법 등을 제안하였고, Koch와 Zhao 등은 이미지를 분할하고 DCT 후 워터마킹 하는 방법을 제안하였다. Cox 등은 이미지를 분할하지 않고 이미지 전체를 DCT변환시킨 후 이미지에서 DC성분을 제외한 중요한 주파수 계수를 선택하여 그 부분에 원하는 워터마크 신호를 삽입하는 방법을 제안하였다[1].

III. 제안방식

제안 방식은 내성 워터마킹에 포함된다. 삽입된 워터마크는 일반적인 신호처리에는 물론이고 외부의 악의적인 공격에도 온전하거나 최소한의 훼손으로 추출이 가능해야 한다. 기존방식은 워터마크가 삽입된 이미지에 왜곡이 발생하면 워터마크를 추출하지 못하거나 훼손된 워터마크 이미지가 추출된다. 제안방식의 목표는 이미지의 무결성 검증과 원본 이미지가 왜곡 되더라도 워터마크 이미지를 온전하거나 최소한의 훼손으로 검출해내도록 하는 것이다.

1. 기존방식

기존의 방식은 공간 영역에서의 워터마킹 방식으로 영상 처리 시 잡음, 압축 등의 공격에 약하다는 단점을 가지고 있다.

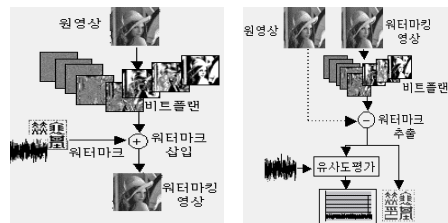


그림 1. 공간영역 워터마킹 구조[3]
Fig. 1. Spatial Domain Watermarking Architecture

[그림1]은 공간영역에서의 워터마킹 구조로 왼쪽은 워터마크 삽입방법을 보여주고 오른쪽은 워터마크 추출 및 유사도를 평가하여 무결성 검증 방법을 보여준다.

2. 제안방식

공간 영역기반의 워터마킹은 계산 양이 적고 영상의 화질손상 없이 워터마크를 삽입하고 추출할 수 있는 장점이 있지만 특정 비트에 첨가된 정보는 잡음과 일반적인 신호처리나 영상편집, 선형/비선형 필터링, 압축 등의 영상처리에 아주 민감하다. 공간 영역 방법의 한계를 극복 할 수 있는 방법으로 디지털 워터마크를 주파수 영역의 신호로 변환하고, 그 주파수 영역들 중에서 시각적으로 덜 민감한 성분에 워터마크를 삽입하는 변환영역 기반의 방법이 보고되고 있다[4].

본 연구에서는 변환영역 기반의 방법 중 DCT 변환영역 워터마크를 이용한 이미지 무결성 검증 시스템을 제안하고자한다.

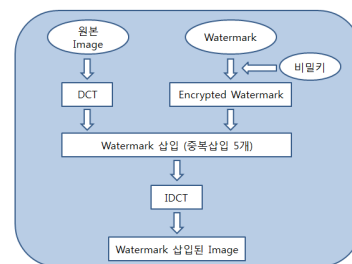


그림 2. 워터마킹 삽입 구조
Fig. 2. Watermarking Injection Architecture

[그림2]는 제안하는 워터마킹 삽입 방법으로 각 단계별 설명은 다음과 같다.

- ① 이미지 생성 틀을 이용하여 바이너리 영상으로 제작한다[5]. 워터마크에 들어갈 데이터는 DOI(디지털 객체 식별자), 제공사ID, 사용자ID, 배포날짜, 복사 횟수가 포함된다.
- ② 제공자의 비밀키를 이용하여 워터마크 바이너리 영상을 암호화한다.
- ③ 원본 이미지를 DCT 변환한다.
- ④ DCT변환영역에 암호화된 워터마크를 삽입한다. 이때 부분 잘라내기, 필터링, 잡음 등에 강해지기 위해 5곳에 중복 삽입한다. 삽입 위치는 제공자의 고유키에 의해 결정된다.
- ⑤ 워터마크 삽입 후 IDCT 변환하여 워터마크가 삽입된 이미지가 생성된다.

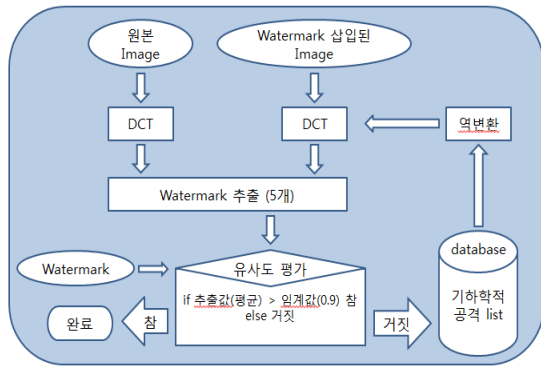


그림 3. 워터마킹 추출 구조

Fig. 3. Watermarking extraction Architecture

[그림3]는 제안하는 워터마킹 추출 방법으로 각 단계별 설명은 다음과 같다.

- ① 원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지를 각각 DCT 변환한다.
- ② DCT 변환영역에서 워터마크 5개를 추출한다.
- ③ 워터마크 유사도를 평가한다. 이때 임계값보다 추출한 워터마크 5개의 평균값이 더 크면 왜곡이 발생하지 않았다고 판단하고 완료된다. 만약 그렇지 않은 경우 이미지가 훼손되었다고 보고 워터마크 이미지를 최소한의 훼손으로 추출하기 위해 추출기에서 왜곡을 역변환 시킨 후 워터마크를 추출하게 된다. 우선 데이터베이스에 저장되어 있는 왜곡을 역변환 시킨다. 이미지에 변형을 주는 영상처리 방법은 정확하게 혹은 거의 근사적으로 역변환이 가능하다[6].
- ④ 역변환된 이미지를 DCT 변환하고 다시 워터마크를 추출 뒤 유사도를 평가한다. 만약 이번에도 임계값보다 추출한 워터마크 5개의 평균값이 더 작게 나오면 데이터베이스에 저장되어 있는 다음 왜곡을 역변환 시킨다. 이와 같이 데이터베이스에 저장되어 있는 순위대로 하나씩 왜곡을 역변환 시킨 후 워터마킹 추출과 유사도 평가 과정을 거친다.
- ⑤ 4번 과정에서 유사도 평가에 참이 되면 해당 왜곡은 데이터

베이스에 빈도 카운트가 증가되고, 빈도 카운트에 따라 데이터베이스의 왜곡 리스트는 우선순위가 조정된다. 만약 데이터베이스에 저장된 모든 왜곡을 역변환 하여 확인하여도 유사도 평가를 통과 못하게 되면 그중에 유사도가 가장 높은 것을 출력하여 준다. 이때 해당 이미지는 별도로 데이터베이스에 관리하여 운영자가 분석할 수 있게 한다.

또한 새로운 이미지 왜곡 방법이 발생하면 데이터베이스에 추가할 수 있다.

데이터베이스에는 기하학적 왜곡(이동, 회전, 반전, 비례축소, 이미지 열/행 제거, 자름, 모자이크 등)이 주로 저장되지만 꼭 기하학적 왜곡만 입력될 필요는 없다. 잡음, 필터링, 압축 등의 영상처리도 입력할 수 있다. 하지만 우선순위에서는 일반적으로 많이 사용되면서 DCT 변환 영역을 이용한 방법에서 훼손 정도가 심한 것을 높게 입력하여야 할 것이다.

IV. 결론

본 논문은 변환영역 기반의 방법 중 DCT 변환영역 워터마크를 이용한 이미지 무결성 검증 시스템을 제안하였다. 제안방식은 워터마크에 DOI(디지털 객체 식별자), 제공사ID, 사용자ID, 배포날짜, 복사 횟수를 포함하여 저작권 및 구매자판별, 복사방지가 가능하다. 또한 워터마크를 5곳에 중복 삽입하여 부분 잘라내기, 필터링, 잡음 등에 강하고, 워터마크 추출 후 유사도 평가 결과에서 이미지가 훼손되었다고 판단되었을 경우 워터마크 이미지를 최소한의 훼손으로 추출하기 위해 추출기에서 왜곡을 역변환 시킨 후 워터마크를 추출한다. 이때 데이터베이스에 왜곡의 종류를 등록해놓고 관리하면 기존 방식에 비해 좀 더 안정적으로 워터마크 이미지를 추출할 수 있을 것이라 생각한다.

향후 연구 과제로는 DCT 변환영역에서 워터마크를 중복 삽입할 때 위치 선정 시 좀 더 객관적으로 원본 이미지에 영향을 덜 미치는 위치를 선정할 수 있도록 해야 할 것이고, 워터마크 검출 시 시간 절약을 위해 왜곡의 종류를 관리할 데이터베이스에 입력할 왜곡들의 우선순위를 빈도에 따라 정확성 높게 설정하여야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Jo Jaesu, Kang Hyeonsu, Kim Heungso, Kim Seongdeuk, "MULTIMEDIA SIGNAL PROCESSING Fundamentals and Practice 2nd edition", July. 2011.
- [2] Lee Daeyong, "DCT Zerotree-based Digital Watermarking using Modification of Threshold and Embedding Level", February. 2005.
- [3] <http://118.131.180.162:8080/4classification.htm>
- [4] Byung-min Yoon, Yoon-ho Kim, "Performance Analysis of Transform Domain-based Watermarking Algorithm",

December. 2006.

- [5] Bang Jaehyeon, "Binary watermark image in the DCT domain watermarking method for insertion", February. 2003.
- [6] Ingemar J. Cox, Matthew L. Miller, Jeffrey A. Bloom, Kim Hyeonseung, "Digital Watermarking", November. 2005.
- [7] Jo Jaesu, "Multimedia signal processing", February. 2006.