

이미지 워터마킹 기법에 관한 연구*

이 두 성** · 김 선 형*** · 김 기 석****

A Study on the Image Watermarking Method

Lee, Doo Sung · Kim, Sun Hyung · Kim, Ki Seok

〈Abstract〉

There are many research for efficient, robust and invisible watermarking system that protects the digital contents like a image and animation according to growth of IT industry. First of all, frequency domain watermarking system like DWT(Discrete Wavelet Transform) is excellent because of minimum loss of original image and robustness of external attack. But, if we raise the insertion strength of watermark, then blazing of image occurs on existing DWT watermarking system and we should have a regular square image. In this study, we research the overflow check for preventing image from blazing and a robust and invisible watermarking algorithm. And we research a free-size DWT watermarking system using padding bytes, without a dependency of size.

Key Words : Watermarking, DWT, Free-size DTW, Wavelet algorithm

I. 서론

최근 개인용 컴퓨터의 보급 확대와 인터넷의 발달로 인하여 영상, 음성, 비디오 등의 멀티미디어 데이터가 급격히 증가하고 있다[1]. 멀티미디어 표현물의 상업적 가치가 증가되고, 각종 멀티미디어 데이터들이 네트워크와 인터넷을 통해서 분배, 복제되어 이들의 저작권을 보호할 필요성이 증대되고 있다[2]. 또한 디지털 데이터의 불법 복제 및 변조 등에 대한 문제가 발생하게 되었으며,

이러한 문제를 해결하기 위해 최근 디지털 데이터의 내부에 정보를 은닉하여 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호(copyright protection)할 수 있는 연구가 활발히 진행되고 있다[3]. 워터마킹 기법은 인간의 시각으로 지각할 수 없는 소유권 정보를 디지털 데이터에 삽입함으로써 소유권 인증을 제시하여 주는 방법이다. 디지털 워터마크 기법은 최근 수 년 동안 디지털 멀티미디어 데이터에 대해 올바른 저자를 확인시켜 주는 저작권 보호 방법으로 제안되어 왔다.

워터마킹 기법은 공간 영역 기법과 주파수 영역 기법으로 분류할 수 있는데 공간 영역 기법은 영상에서 선택된 화소의 밝기나 색상을 직접적으로 수정하는 방식으로 워터마킹이 이루어진다. 주파수 영역에서의 워터마킹은

* 본 논문은 2008학년도 서일대학 학술연구비에 의해 연구되었음.

** 서일대학 컴퓨터전자과 교수(교신저자)

*** 순천향대학교 정보통신공학과 교수

**** (주) 미래에너지기술 개발이사

영상을 주파수 영역으로 변환한 후, 변환된 계수 값을 변경하는 방식으로 이루어진다. 최근 비가시적이고, 외부 공격에 보다 강인한 웨이블릿 알고리즘을 워터마크에 적용하고 있다. DWT는 이전의 알고리즘보다 원영상의 손실이 적을 뿐만 아니라, 외부의 공격에 강인한 특성을 가지고 있으나 가로/세로의 크기가 동일해야 하는 제약이 존재한다. 정사각형 영상에만 적용되는 DWT 알고리즘을 다양한 크기의 영상에 적용할 경우, 부가적인 오버헤드가 발생하게 된다. 본 논문에서는 오버헤드를 최소화하고 다양한 크기의 영상에 DWT를 적용할 수 있도록 하는 방법에 관한 연구이다.

정보의 보호를 위해 사용되는 기술로는 암호화, 방화벽, 디지털 워터마크가 대표적이며, 통신 중에 정보의 비밀을 지키기 위한 암호화, 특정 네트워크를 외부와 격리시켜 보호하는 방화벽, 그리고 저작물의 품질이나 데이터 크기의 변화 없이 저작권을 보호하기 위한 워터마크 등과 같은 기술이 있다.

워터마크를 이용한 디지털 콘텐츠의 저작권 관리(Digital Right Management)란 콘텐츠 제공자의 권리와 이익을 안전하게 보호하며, 불법복제를 막고 사용료 부과와 결제 대행 등 콘텐츠의 생성에서 유통·관리까지를 일괄적으로 지원하는 기술이다. 기존의 워터마킹 시스템은 공간영역 워터마킹과 주파수영역 워터마킹으로 구분되는데, 최근의 많은 선행연구에서 알 수 있듯이 공간 영역보다 주파수 영역에 워터마크를 인코딩한 경우에 워터마크가 강인하다는 것을 알 수 있다[4]. 특히, DWT를 이용한 주파수영역 워터마킹이 외부의 정보 공격에 강인한 특성을 갖는다[5,6]. 다양한 크기의 영상에 워터마크를 인코딩하기 위해서는 DWT의 특성과 동작, 장·단점을 알아야 하며, 구현에서도 주의해야 하는데, 본 연구에서는 DWT 알고리즘 특성에 부합하도록 패딩(padding) 바이트를 자동 계산하고, 동적으로 메모리를 할당하여 영상의 크기에 종속성이 없고, 시간 복잡도와 공간 복잡도가 낮은 DWT 워터마킹 시스템의 구현에 관하여 논한다.

II. 영상의 크기에 종속성이 없는 DWT

영상의 크기에 종속성이 없는 DWT 시스템을 구현하기 위해서는 웨이블릿(Wavelet) 알고리즘의 특성을 알아야 한다. 본 장에서는 구현에 필요한 웨이블릿의 특성과 구현 정책에 관하여 논한다.

2.1. 웨이블릿 알고리즘의 특성

기존 DWT 시스템으로 영상에 웨이블릿을 적용하기 위해서는 영상의 가로 또는 세로의 크기가 동일하고, 크기는 최소 8pixel에서 시작하여 16pixel, 32pixel, 64pixel, 128pixel, 256pixel, ...이어야 한다. 여기에서 웨이블릿 알고리즘은 가로 또는 세로의 길이가 $2^3, 2^4, 2^5, 2^6, 2^7, 2^8, \dots$ 이어야 한다는 것을 알 수 있다. 따라서 웨이블릿 알고리즘을 적용할 수 있는 영상은 2의 지수 승으로 늘여남을 알 수 있다.

또, 웨이블릿 알고리즘은 가로 세로의 크기가 2의 지수 승인 경우에는 가로 세로의 크기가 동일하지 않아도 웨이블릿 알고리즘을 적용할 수 있다. 하지만, 영상의 가로 또는 세로 크기가 2의 지수 승이 아닌 경우에는 부족한 크기만큼 패딩 픽셀을 생성해야 한다. 즉, 영상을 읽어 들이는 과정에서 부족한 픽셀만큼 동적으로 메모리를 할당하여 웨이블릿 알고리즘을 적용할 수 있는 크기로 변경해야 한다. 이때, 가로크기와 세로크기가 동일하지 않아도 된다. 웨이블릿 알고리즘은 <표 1>과 같은 특성이 있다.

<표 1> 웨이블릿 알고리즘의 특성

1. 가로와 세로의 크기가 2의 지수 승이어야 한다.
2. 가로와 세로의 크기는 최소 8픽셀 이상이어야 한다.
3. 가로와 세로의 크기는 항상 짝수이다.
4. 가로와 세로의 크기에 따라 적용 가능한 Wavelet Split Level이 달라진다.
5. 가로 패딩 픽셀은 가로 길이보다 큰 최소 2의 지수 승 값에서 실제 가로 길이를 감산한 값이다.
6. 세로 패딩 픽셀은 세로 길이보다 큰 최소 2의 지수승 값에서 실제 세로 길이를 감산한 값이다.
7. Wavelet Split Level은 가로길이와 세로길이 중에서 작은 값을 기준으로 결정해야 한다.

8. 가로와 세로에 대하여 각각 Wavelet 함수가 적용되도록 Loop문을 작성하여야 한다.

2.2. Size-free DWT 시스템의 구현

웨이블릿은 위의 <표 1>과 같은 특성이 있으므로 유의하여 구현하여야 하며, 구현 순서는 <표 2>와 같다.

영상을 웨이블릿 변환하게 되면 계수 값에 음수가 생성된다. 이 음수 값에 가산하여 0과 같거나 큰 값으로 변경하게 되면 255보다 큰 값이 생성되어 대역을 벗어나게 된다. 255보다 큰 값은 대역을 벗어나므로 255로 변경해 줘야 한다.

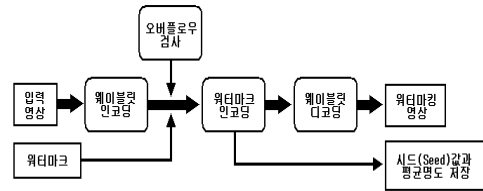
<표 1>의 웨이블릿 알고리즘의 특성을 고려하여 <표 2>와 같이 DWT 시스템을 구현할 경우, 고성능 워터마킹 시스템이나 고효율 압축 시스템을 구현할 수 있다. <표 2>에서는 웨이블릿 인코딩을 수행한 후, 6과 같이 워터마크를 인코딩 하지만, 영상 압축인 경우에는 6번에 허프만 압축과 같은 영상압축 알고리즘이 수행되면 고효율 영상압축이 이루어진다.

<표 2> 웨이블릿 시스템의 구현 순서

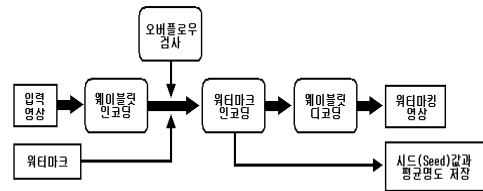
1. 웨이블릿을 적용할 영상의 가로/세로 크기를 Header에서 읽어온다.
2. Wavelet을 적용할 수 있는 Padding 픽셀을 계산한다.
3. 패딩픽셀을 포함한 가로와 세로 크기만큼 동적으로 메모리를 할당한다.
4. 할당된 동적 메모리에 영상을 읽어온다.
5. 웨이블릿 알고리즘을 적용한다.
 - ① 주파수 공간의 음수 값을 제거하기 위해 계수 값이 최소인 값을 0보다 같거나 큰 값으로 만들 수 있는 최소 양의 정수 값을 찾아 저장
 - ② 최소 양의 정수 값을 모든 주파수 값에 가산하여 0보다 작은 값을 제거
 - ③ 최소 계수 값이 0보다 큰 경우에는 최소 양의 정수 값으로 0을 저장
 - ④ 변환된 주파수 값이 255보다 크면 255로 변경하여 변환된 값이 대역을 벗어나지 않도록 주의
6. 웨이블릿 변환된 주파수 영역에 워터마크를 삽입한다.
7. 디코딩 알고리즘을 수행한다.
8. 동적으로 할당된 메모리를 해제한다.

III. DWT 워터마킹 시스템

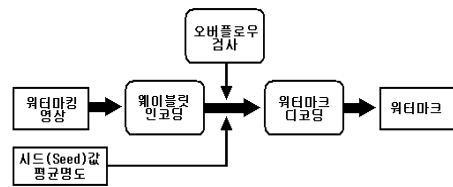
제안하는 DWT 워터마킹 알고리즘에 관하여 고찰한다. 웨이블릿 알고리즘은 영상을 4개의 대역(LL, HL, LH, HH)으로 분할한다. 웨이블릿 알고리즘의 각 대역별로 특성을 고찰하여 워터마크를 인코딩해야 원영상의 손상을 최소화하고 워터마크의 비가시성도 얻을 수 있다. 다음의 <그림 1>과 <그림 2>는 본 연구에서 제안하는 Free-Size DWT 블라인드 워터마킹 시스템의 인코딩과 디코딩 다이어그램이다.



<그림 1> 워터마크 인코딩 다이어그램



<그림 2> 워터마크 인코딩 다이어그램



<그림 2> 워터마크 디코딩 다이어그램

본 연구에서 제안하는 DWT 블라인드 워터마킹 시스템은 <그림 1>과 <그림 2>에서와 같이 인코딩의 입력으로 영상과 워터마크가 필요하고, 디코딩의 입력으로 워

터마킹된 영상과 난수발생기의 시드 값, 평균명도 값이 필요하다. 제안된 방식은 워터마크의 비가시성과 강인성을 충족시키기 위해 평균명도 값과 오버플로우 검사를 수행한다.

3.1 워터마크 인코딩

워터마크를 오버플로우(overflow) 검사 없이 인코딩하는 경우, 워터마킹된 영상이 열화 되는 결과를 보인다. 본 연구에서는 워터마크를 인코딩하기 이전에 오버플로우 검사를 수행하여, 미리 인코딩되는 픽셀의 열화를 검사한 후, 워터마크를 인코딩하는 기법을 제안한다.

<표 3> DWT 워터마킹 인코딩 알고리즘

1. 워터마크를 삽입할 대상 영상을 웨이블릿 변환한다.
2. 워터마크 인코딩 대역(LL, LH, HL, HH)을 설정한다.
3. 난수 발생기의 시드(seed) 값으로 난수를 발생시킨다(seed 값 저장).
4. 난수에 해당되는 위치의 픽셀 평균명도를 계산하여 저장한다.
5. 발생된 난수의 순서대로 워터마크가 인코딩될 픽셀에 워터마크 강도 만큼 가산한다.
6. 인코딩된 픽셀 값을 웨이블릿 디코딩 수식을 이용하여 결과 값을 계산한다.
7. 결과 값이 대역(0~255) 내에 있는지 검사한다.
 - ① 대역 내에 있는 경우에는 워터마크 인코딩을 수행한다.
 - ② 대역을 벗어나는 경우에는 5로 이동한다.
8. 워터마크를 모두 인코딩 할 때까지 5~7을 반복한다.
9. 워터마크가 인코딩된 영상을 웨이블릿 디코딩을 수행한 후, 출력한다.

3. 난수 발생기의 시드(seed) 값으로 난수를 발생시킨다.
4. 난수에 해당하는 픽셀 값에 워터마크 강도를 가산한 값이 대역(0~255) 내에 있는지 검사한다.
 - ① 대역 내에 있으면 단계 5를 수행한다.
 - ② 대역을 벗어나면 다음 난수를 가지고 4를 수행한다.
5. 난수에 해당하는 위치의 픽셀 명도를 인코딩 단계에서 저장된 평균 명도와 비교한다.
6. 워터마크 결정 임계치보다 크면 '1'로 결정하고 작으면 '0'으로 결정한다.
7. 디코딩된 워터마크를 출력한다.

IV. 실험 및 고찰

본 장에서는 II와 III에서 제안된 방식으로 구현된 웨이블릿 시스템과 워터마킹 시스템을 실험하고 고찰해 본다.



<그림 4> 입력에 사용한 실험영상



<그림 5> 웨이블릿 변환 1 단계

3.2 워터마크 디코딩

워터마크를 오버플로우 검사 후, 인코딩된 워터마크를 추출하기 위한 알고리즘은 <표 4>와 같다. 본 연구에서 제안하는 워터마크 알고리즘은 영상의 열화를 방지하고 워터마크의 비가시성을 충족하기 위해 인코딩 이전에 오버플로우 검사를 수행하는 지식 기반 시스템이다.

<표 4> DWT 워터마킹 디코딩 알고리즘

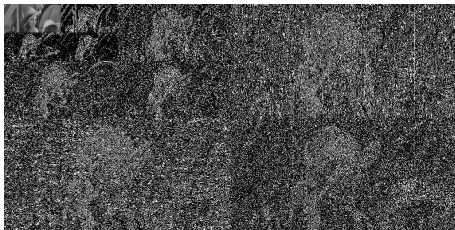
1. 워터마크를 추출할 대상 영상을 웨이블릿 변환한다.
2. 워터마크 디코딩 대역을 설정한다.

<그림 3>은 1024×512인 영상으로 가로와 세로의 길이가 다르다. 제안된 알고리즘으로 처리할 경우, 가로와 세로의 길이가 다른 경우에도 DWT 알고리즘을 적용할 수 있음을 알 수 있다. 입력 영상은 가로 크기와 세로 크기

모두 2의 지수 승인 까닭에 패딩 픽셀을 사용하지 않은 경우이다. 가로 길이 1024는 2^{10} 이고, 세로길이 512는 2^9 인 영상으로 가로와 세로의 길이가 다른 경우이다.

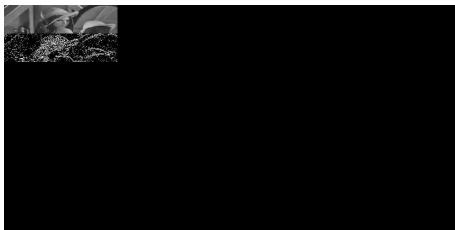


<그림 6> 웨이블릿 변환 2단계



<그림 7> 웨이블릿 변환 3단계

위의 인코딩 단계의 그림을 보면 스플릿 레벨을 3으로 해서 DWT를 적용한 것을 알 수 있다. <그림 6>의 영상을 입력으로 했을 때의 디코딩 단계별 영상은 <그림 7> ~ <그림 13>과 같다. <그림 7>과 <그림 9>의 영상을 보면 LH, HL, HH 대역의 명도가 0으로 보이는 까닭은 웨이블릿 알고리즘이 2개의 주파수 변환 버퍼를 사용하는 알고리즘이기 때문이다.



<그림 8> DWT 디코딩 1단계



<그림 9> DWT 디코딩 2단계



<그림 10> DWT 디코딩 3단계



<그림 11> DWT 디코딩 4단계

실험에 사용한 DWT 인코딩 알고리즘은 수직방향 변환을 수평방향 변환보다 먼저 처리하도록 구현하였다. 따라서 DWT 디코딩 알고리즘은 역으로 수평방향 변환보다 수직방향 변환보다 먼저 처리하도록 구현하였다.



<그림 12> DWT 디코딩 5단계



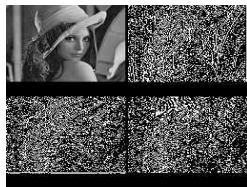
<그림 13> DWT 디코딩 6단계

<그림 12>의 디코딩된 영상을 인코딩의 입력에 사용된 영상과 육안으로 비교하여 구분하기 불가능했다. DWT 알고리즘은 DCT나 DFT, FFT 등과 같은 다른 주파수 변환 알고리즘보다 영상의 손실이 작음을 알 수 있다.

다음의 <그림 14> ~ <그림 16> 크기가 250 × 214 인 영상으로서, 가로길이가 세로길이가 동일하지 않고, 그 길이가 2의 지수 승이 아닌 영상으로 실험한 영상이다.



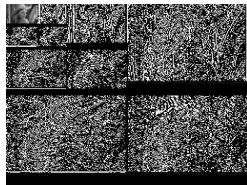
<그림 14> 실험영상



<그림 13> 인코딩 1단계



<그림 15> 인코딩 2단계

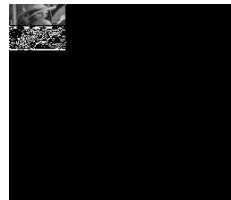


<그림 16> 인코딩 3단계

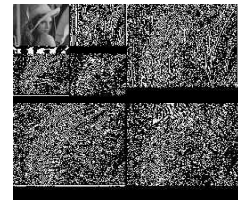
가로 길이와 세로 길이 모두 2의 지수 승이 아니지만, 가로와 세로 각각 다른 크기의 패딩 픽셀을 추가하여 웨이블릿 알고리즘을 적용할 수 있도록 하였다. 이때 가로/세로의 길이가 2의 지수 승이 되도록 패딩 픽셀을 추가

하기만 하면 된다. 즉, 정사각형 되도록 패딩 픽셀을 추가하지 않아도 된다. <그림 17> ~ <그림 22>는 <그림 16>을 입력으로 해서 디코딩을 수행한 단계별 영상이다.

디코딩 단계를 보여주는 앞의 그림들을 보면 패딩픽셀 부분이 열화된 것을 보여준다. 이는 동적으로 할당된 메모리의 패딩 픽셀 부분을 초기화 하지 않아서 나타나는 현상이며, 디코딩 단계에서는 최종적으로 영상 영역만 추출하므로 문제가 되지는 않았다. 구현된 시스템에서 <그림 13>과 같은 추출영상을 얻기 위해서는 인코딩에 사용했던 영상의 크기를 저장하고 있어야 한다. 즉, DWT를 이용하여 생성된 계수데이터에 원래 이미지의 크기 정보를 헤더에 가지고 있어야 디코딩 후에 원래의 영상만을 완전하게 추출할 수 있었다.



<그림 17> 디코딩 1단계



<그림 18> 디코딩 2단계



<그림 19> 디코딩 3단계



<그림 20> 디코딩 4단계



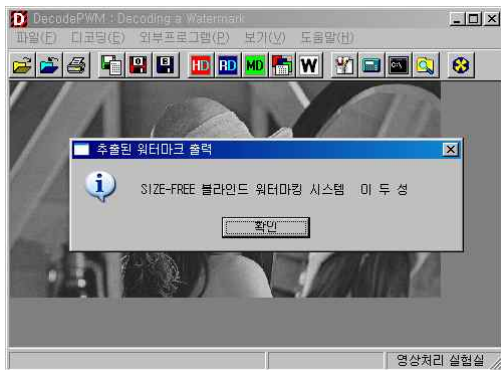
<그림 21> 디코딩 5단계



<그림 22> 디코딩 6단계

<그림 24>는 본 연구에서 제안한 size-free DWT 블라

인드 워터마킹 시스템의 실행화면이다. 워터마크로 사용된 텍스트는 “SIZE-FREE 블라인드 워터마킹 시스템 이 두 성”으로서 공백을 포함한 44바이트의 문자열이다. 난수발생기의 시드 값을 알아야 워터마크 추출이 가능한 블라인드 워터마킹 시스템이다. 난수발생기에서 중복된 난수를 발생시키지 않도록 구현해야 한다. 실제 실험 결과 지식기반 워터마킹 시스템을 사용할 경우, 워터마크 삽입 후에 영상의 열화가 없음을 확인할 수 있었으며, 워터마크 시스템의 비가시성과 강인성을 충족시켰다.



<그림 23> DWT 블라인드 워터마킹 시스템

본 연구에서 제안하는 size-free DWT 블라인드 워터마킹 알고리즘의 시간 복잡도와 공간 복잡도를 실험영상 <그림 3>을 가지고 논한다. 실험영상은 크기가 1024×512인 그레이스케일 영상으로서, 영상의 가로길이를 n 이라고 했을 때의 기존 시스템과 제안된 알고리즘을 사용한 시스템의 시간복잡도와 공간 복잡도를 설명한다(단, 웨이블릿 알고리즘 자체의 시간 복잡도는 계수 w 라 가정한다). 기존 DWT 알고리즘은 정사각형 영상만을 처리하므로, 패딩 바이트를 사용하여 실험영상을 정사각형 버퍼에 할당하여 처리하는 것을 가정하였을 때, 기존 DWT 알고리즘의 시간비용($T(n)$)은 $wn^2 + k$ 이고, 시간 복잡도는 $O(n) = n^2$ 이다. 실험영상에 본 연구에서 제안하는 알고리즘을 사용하는 경우에는 시간비용이 $T(n) = (wn^2 + k)/2$ 이므로 시간 복잡도는 $O(n) = n^2$

이다. 또, 실험영상은 가로와 세로의 길이가 2의 지수승이므로 전혀 패딩 바이트를 사용하는 않는 경우로서 제안된 알고리즘을 사용하는 경우에 최고의 성능을 보이는 경우(Best Case)이며, 대부분의 영상은 <그림 13>과 같은 경우(Average Case)이고 크기에 따라 제안된 알고리즘이 우수한 경우와 기존 알고리즘과 동일한 경우가 있다. 제안된 알고리즘은 최하의 성능(Worst Case)을 보이는 경우에도 시간비용 측면과 공간비용 측면에서 기존 알고리즘과 동일하므로 시간 복잡도와 공간 복잡도가 기존 알고리즘보다 우수하다고 할 수 있다.

V. 결론

기존 워터마킹 시스템은 워터마크를 삽입하면 영상에 따라 열화가 발생하거나, 워터마크의 비가시성과 강인성의 동시 충족에 제약이 있었다. 본 연구에서는 사전에 오버플로우 검사를 수행하여 기존 방식의 문제점을 해결한 지식기반 DWT 블라인드 워터마킹 시스템을 제안하였다. 또한 기존 시스템은 가로와 세로의 길이가 동일하고 가로와 세로의 길이가 2의 지수승인 경우에만 DWT 알고리즘을 적용할 수 있었지만, 본 연구에서는 영상의 크기에 종속성이 없으며, 시간복잡도와 공간복잡도 측면에서 오버헤드가 작아 모바일과 같은 휴대용 장치에서 사용할 수 있는 size-free DWT 블라인드 워터마킹 시스템을 보였다. 실험에서 보였던 것처럼 다양한 크기의 디지털 영상에 최소의 패딩 픽셀만을 추가하여 웨이블릿 변환을 수행할 수 있었으며, 제안하는 지식기반 블라인드 워터마크 알고리즘을 사용하여 기존 시스템의 문제를 해결할 수 있음을 보였다.

참고문헌

- [1] F. A. P. Petitcolas, R. J. Anderson, and M. G. Kuhn, "Information hiding - A survey," Proc. IEEE, vol. 87, no. 7, Jul. 1999, pp. 1062-1078.
- [2] M. D. Swanson, M. Kobayashi, and A. Tewfik, "Multimedia Data-Embedding and Watermarking Technologies," Proc. of IEEE, vol. 86, no. 6, 1998, pp. 1064-1097.
- [3] M. D. Swanson, B. Zhu, and A. Tewfik, "Data Hiding for Video and Other Applications," IEEE Int. Conf. on Image Processing, vol. 3, 1997, pp. 211-214.
- [4] Ingemar J. Cox and Joe Kilian, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. Image Processing, 6, 12, 1977, pp. 1673-1678.
- [5] Houngh-Jyh Mike Wang and Po-Chyi Su, "Wavelet-Based Blind Watermark Retrieval Technique," SPIE Conference Multimedia Systems and Application, Nov. 1998.
- [6] Gerhard C. Langelaar and Iwan Setyawan, "Watermarking Digital Image and Video Data," IEEE Signal Processing Magazine, Sep. 2000, pp. 20-46.

■ 저자소개 ■



이 두 성
Lee, Doo Sung

1983년 9월~현재
서일대학 컴퓨터전자과 교수
2001년 2월 성균관대학교 대학원 전기전자 및 컴퓨터공학과(공학박사)
1981년 2월 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1979년 2월 성균관대학교 전자공학과(공학사)
관심분야 : 음성인식 및 신호처리, 디지털시스템
E-mail : dslee@seoil.ac.kr



김 선 형
Kim, Sun Hyung

1989년 3월~현재
순천향대학교 정보통신과 교수
1988년 2월 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
1981년 2월 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1979년 2월 성균관대학교 전자공학과(공학사)
관심분야 : 데이터통신, 교환전송시스템, RFID, 워터마킹
E-mail : shkim@sch.ac.kr



김 기 석
Kim, Ki Seok

2009년 5월~현재
㈜미래에너지기술 개발이사
2003년 2월 순천향대학교 대학원 전산학과(공학박사)
1994년 2월 순천향대학교 대학원 전산학과(공학석사)
1992년 2월 청운대학교 컴퓨터학과(공학사)
관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 워터마크, 태양광발전
E-mail : paperlion@empas.com

논문접수일 : 2009년 9월 2일
수 정 일 : 2009년 10월 7일
게재확정일 : 2009년 10월 13일