

# 컬러 영상에서 다중-레벨 데이터 은닉을 위한 디지털 워터마킹

서 정 희<sup>†</sup> · 박 흥 복<sup>\*\*</sup>

## 요 약

다중-레벨은 영상의 모든 레벨에서 서로 다른 영상으로 표현할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 논문은 다양한 컬러 영상의 표현에서 워터마크의 강인성과 무감지성을 보장하기 위해서 컬러 영상을 YCbCr 컬러 공간으로 변환하고, 다중-레벨의 Y-요소에 대해 저해상도로부터 전체 해상도로 대역 확산하는 다중-레벨 데이터 은닉을 위한 디지털 워터마킹 내장 기법을 제안한다. 컬러 신호에서 Y-신호와 저해상도의 워터마크 내장은 시각적으로 드러날 위험은 크지만 다양한 컬러와 영상의 변형에서 워터마크의 강인성을 보장할 수 있다. 실험 결과, 워터마크가 내장된 웨이브릿 압축 영상에서 워터마크의 강인성과 무감지성을 확인할 수 있었다.

키워드 : 디지털 워터마킹, 다중-레벨 데이터 은닉, 웨이브릿 압축

## Digital Watermarking for Multi-Level Data Hiding to Color Images

Jung-Hee Seo<sup>†</sup> · Hung-Bog Park<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

Multi-level has advantage to express image in all levels with different images. This paper proposes digital watermarking built-in technique to transform color image to YCbCr color space to guarantee robustness and imperceptibility of the watermark in the various expression of color images, and to hide multi-level data which shows spread spectrum from low resolution to whole resolution for the Y-signal of multi-level. In color signal, Y-signal and low resolution built-in watermark has risk to be visible, but it can guarantee the robustness of watermark in various colors and transformed images. As a result of the experiment, wavelet compression image with built-in watermark showed robustness and imperceptibility of watermark.

Key Words : Digital Watermarking, Multi-Level Data Hiding, Wavelet Compression

### 1. 서 론

디지털 세계는 두 가지 형태의 데이터 즉, 전통적인 데이터(Traditional Data)와 지각적인 데이터(Perceptual Data)를 주로 다루고 있다[1]. 전통적인 데이터는 ASCII 파일과 실행 가능한 코드로서 하나의 비트를 손실하거나 변형되면 전체 파일을 사용할 수 없게 만든다. 반면 지각적인 데이터는 디지털 오디오, 이미지, 비디오와 같은 데이터로써 노이즈가 추가되면 현저한 데이터 변화가 발생하지만 사용자는 이런 변화를 잘 인식하지 못한다. 이런 데이터들의 특성을 고려하여 디지털 워터마킹 기술을 적용함으로써 소유권 인증, 비소유권자의 불법적인 조작 방지, 변형된 정보에 대한 소유권 정보 추출 등이 가능하다.

기존의 워터마크 시스템들은 강인성(Robustness)과 무감지성(Imperceptibility)의 관점에서 워터마크 내장 및 인증 알고리즘을 개발하고 있다[2,3,13]. 디지털 워터마크의 필수 조건 중에서 강인성은 비소유권자의 불법적인 영상의 변형에서도 내장된 소유권 정보를 추출할 수 있어야 하고, 무감지성은 워터마크가 삽입된 영상과 원영상과는 감각적으로 구별되어서는 안된다.

디지털 워터마킹의 연구는 그레이 영상에서 컬러 영상 기반으로 확장하여 연구하고 있는 추세이고, 다양한 컬러 공간들은 서로 다른 목적으로 사용되고 있다. 즉 RGB 컬러 공간은 컬러 디스플레이 장치와 컴퓨터 그래픽 시스템에서 사용되는 메커니즘이고 컬러 요소들 간의 상관 관계가 아주 크므로 다른 알고리즘 변형에 어려움이 따른다. 반면 YCbCr, YUV 및 YIQ와 같은 휘도-색차 컬러 공간들은 비디오 또는 TV 응용에서 일반적으로 활용되고 있다.

따라서 휘도-색차 컬러 공간은 다음과 같은 두 가지 이

<sup>†</sup> 정 희 원 : 동명대학교 컴퓨터공학과 전임강사

<sup>\*\*</sup> 정 희 원 : 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수(교신저자)  
논문접수 : 2007년 3월 5일, 심사완료 : 2007년 8월 28일

유로 널리 활성화되고 있다[4]. 첫째, 휘도 신호는 그레이 영상을 생성하는데 사용될 수 있고, 각각의 컬러 요소들은 단색 시스템(Monochrome System)으로 호환할 수 있다. 둘째, 휘도-색차 컬러 공간에서 세 가지 컬러 요소들은 적은 상관관계를 가지므로 신호를 부호화 또는 변조하는데 유용하다. 그러나 이런 세 가지 컬러 요소들은 통계적으로는 상관 관계가 적지만 서로 독립적이지는 않다.

컬러 영상에 대한 워터마크 시스템은 색상의 광도(Luminance) 요소에 소유권 정보를 내장하고 있다. 광도 요소의 워터마크 내장은 컬러 영상을 그레이 스케일 영상[5, 13]과 같은 변형에서 삽입한 소유권 정보의 추출을 보장한다. 이런 시스템들은 시각적인 감소 방법의 하나로 인간 시각 시스템에서 광도는 시각적으로 덜 민감한 컬러 영역에 삽입되는 워터마크 신호에 따라 변하는 반면 영상의 색조(Hue) 변화는 최소화한다[6]. 논문 [7]은 컬러 영역의 특징과 내장된 워터마크의 지각성 사이의 관계를 설명하고 있고, 논문 [8]은 컬러 변화는 광도 변화 보다 덜 민감한 사실에 기반을 두고 워터마킹 방법을 제안하고 있다.

논문 [9]에서는 컬러 영상을 YIQ 컬러 공간으로 변환한다. 그리고 데이터 은닉을 위해 지원되는 부대역(Subband)과 마찬가지로 삽입 정책은 정보 양과 강인성 사이의 효과적인 시행착오로 제공된다. 그 결과 신호는 SPIHT 압축 알고리즘을 통해서 처리된다.

논문 [10]은 다양한 영상 표현 영역의 장점들을 활용하여 다중-레벨 워터마크(Multi-Level Watermark)를 내장함으로써 필터링, 압축과 마찬가지로 크로핑(Cropping)에서 강인하다. 그리고 디코딩을 위해 추가적인 정보를 요구하지 않는다. 따라서 다중-레벨 워터마킹은 영상의 모든 레벨에서 서로 다른 영상 표현의 장점을 가지고 있다. 그리고 영상의 모든 레벨은 각 레벨에 따라 디코드하기 위한 충분한 정보를 제공한다.

따라서 본 논문은 다양한 컬러 영상의 표현에서 워터마크의 강인성과 무감지성을 보장하기 위해서 다중-레벨 데이터 은닉을 위한 디지털 워터마킹을 제안한다. 즉, 컬러 영상을 각각의 단일한 요소로 분리하고, Y(Luminance), Cb(Color Differences) 및 Cr(Color Differences)의 각 요소의 특성을 고려하여 웨이브릿 변환을 수행한다. 그리고 다중-레벨 데이터 은닉을 위한 디지털 워터마킹을 구현하기 위해서는 옥타브 기반의 QMF(Quadrature Mirror Filter)를 이용한 계층적인 구조로 표현한다.

다중-레벨 디지털 워터마킹 구조에서 다중 레벨이 증가할수록 계수 값이 적어지므로 호스트 신호는 내장되는 워터마크 신호의 크기에 민감해진다. 따라서 첫 번째 레벨에서의 워터마크의 신호는 큰 반면 적은 비트수의 워터마크를 내장하고, 높은 레벨에서는 워터마크의 신호가 작은 반면 많은 워터마크 비트수를 내장함으로써 워터마크를 내장하는 정보량과 강인성을 적절히 조절할 수 있다.

그러므로 낮은 해상도 레벨에서부터 높은 해상도 레벨의 계수 값들의 특징을 고려하여 각각의 다중-레벨의 특징에

따라 워터마크 계수를 선택하고 워터마크 내장 정책을 수립한다. 또한 소유권 정보인 워터마크는 각 계층의 주파수 영역에 대역 확산하는 기법(Spread Spectrum Technique)을 기반으로 하고, 내장된 워터마크는 추출 및 인증을 통해서 성능을 평가한다.

본 논문의 2장은 워터마크의 계수 선택 방법에 대해 논하고, 3장은 본 논문에서 제안하는 다중-레벨 디지털 워터마크 내장 정책, 워터마크 추출 및 인증, 4장은 실험 결과 및 분석, 5장 결론, 참고 문헌 순으로 기술한다.

## 2. 워터마크의 계수 선택 방법

기존에 연구되고 있는 워터마크 알고리즘은 특정한 구조에서 사용될 목적으로 개발되고 있고, 각각의 다른 구조에서 워터마크를 내장하기 위한 계수 선택 또한 다양하게 시도되고 있다. 따라서 Top, Nalow, Lum, Lumnl, Res, Comp, Top2/5의 계수 선택 방법에 대한 특징은 다음과 같다[11].

Top은 다른 고려 사항에 관계없이 1000보다 큰 계수에 워터마크를 내장한다. 이 방법은 계수 선택에 제약을 두지 않기 때문에 계수 크기에 적절하게 삽입되었을 때 본질적으로 강인(Robustness)하다. 그러나 색차 요소인 Cb, Cr 또는 저해상도의 부대역에 삽입되기 때문에 삽입 데이터가 적음에도 불구하고 시각적으로 추출될 가능성이 높다. Comp은 해당 구성의 계수에 적절하게 각 요소에 워터마크를 내장한다. 이 구조는 컬러 요소에 많은 워터마크 삽입을 허용한다. Lum은 오직 휘도 요소에 워터마크를 내장한다. 대부분의 대역 확산 워터마크 구조는 그레이 영상에 대해 설계되었다. 휘도 요소인 Y에 워터마크를 내장함으로써 컬러 변형에서 추출될 위험을 피할 수 있다. Nalow는 저해상도를 제외한 1000보다 큰 계수에 워터마크를 내장한다. 저해상도 부대역은 인간 시각 시스템에서 아주 민감하기 때문에 대부분의 워터마크 내장 구조에서 제외되고 있다. Lumnl은 저해상도를 제외한 오직 휘도 요소에 워터마크를 내장한다. 그리고 Lum와 Nalow의 장단점을 가질 것으로 기대된다. Res는 각 해상도의 적절한 계수에 워터마크를 내장한다. Top2/5는 각 해상도에서 2/5 보다 큰 계수 값을 선택하여 워터마크를 내장한다. 각 해상도에 대한 공정한 계수를 선택하지만 저해상도에서의 강조가 미비하다. 논문 [13]은 그레이 영상의 저해상도에서 고해상도로 계수 선택을 점진적으로 감소하여 워터마크를 내장한다. 따라서 시각적으로 민감한 저해상도에 워터마크를 집중적으로 삽입하는 경향을 가진다. 그리고 주파수 특성에 따른 다중 워터마크 내장 기법을 사용하고 있다.

본 논문은 RGB 컬러 영역을 YCbCr 컬러 공간으로 변환하고, 다양한 컬러 영상의 표현에서 워터마크의 강인성과 무감지성을 보장하기 위해서 Y-요소의 다중-레벨을 저해상도로부터 전체 해상도로 대역 확산하는 계수 선택 방법의 워터마크 내장 기법을 제안한다. 따라서 Y-요소와 저해상도의 워터마크 내장은 시각적으로 추출될 위험은 크지만 데이

터 압축 및 컬러와 같은 여러 가지 영상의 변형에서 워터마크의 강인성과 무감지성은 보장할 수 있다.

### 3. 다중-레벨 디지털 워터마킹

논문 [1]은 노이즈가 많지 않을 경우 높은 율의 부가적인 데이터 전송과 많은 처리 과정에서 신뢰성 있는 데이터 전송이 가능한 데이터 은닉 시스템(Data Hiding System)을 설계하기 위해서 다중-레벨 데이터 은닉(Multi-Level Data Hiding)을 제안하고 있다. 다중-레벨 데이터 은닉을 실질적으로 다루기 위한 논점은 각 정보량-강인성 레벨(Capacity-Robustness Level)에 사용되는 호스트 신호의 요소가 무엇인지를 결정하는 방법이다. 대역 확산 접근과 같이 불규칙한 추출에 대한 성능을 분석하기 위해 강인성과 무감지성 사이의 적절한 조절을 통해서 제공될 것이다.

저대역(Low Band)과 중대역(Middle Band) 계수들을 지각적인 유효 스펙트럼(Perceptually Significant Spectrums)이라 하고 논문 [12]에서 워터마크를 내장하는데 선택되었다. 고대역 계수들(High Band Coefficients)은 지각적으로 중요하지 않기 때문에 워터마크 내장에 사용되지 않는다. 따라서 고대역 계수들은 인식할 수 없을 정도의 미세한 조작으로 일반적인 처리나 공격(Attacks)에 의해서 많이 변형될 수 있다.

블록 기반의 DCT Domain Spread Spectrum Watermarking은 상관 관계 형태의 검출기를 사용한다.

불규칙한 추출에서 원래의 호스트 신호는 대부분 잡음의 원인으로 제공되기 때문에 연구자는 호스트 신호로부터 충돌을 감소하는 방법을 연구하고 있다. 저대역 계수들은 일반적으로 중대역의 계수 보다 계수값이 큰 것으로 관찰됨으로 충돌을 감소하기 위해서 중대역 계수들에게만 마크되는 것을 제안한다[1].

따라서 마크되지 않은 저대역 계수들은 워터마크 신호를 처리하는 계수가 작으므로 전체 워터마크 에너지는 감소하고 통계적으로 평균 광도의 감소를 가져오므로 에러율(Probability of Error)을 향상시킨다.

#### 3.1 다중-레벨 디지털 워터마킹 내장 정책

다중-레벨 디지털 워터마킹에서 호스트 신호의 요소는 각 레벨에 워터마크를 내장하기 위해서 사용된다. 각 레벨의 영역에서 호스트 신호의 주파수 대역에 따라 내장 계수가 결정된다. 서로 다른 레벨에 같은 데이터의 워터마크를 내장하는 것은 무감지성의 저하를 가져온다. 따라서 각 레벨에 내장할 워터마크 신호를 변형하고 호스트 신호에 워터마크를 내장한다. 이때 변형은 각 레벨의 특징을 고려하여 수행함으로써 강인성과 무감지성을 높일 수 있다.

본 논문은 일반적인 RGB 컬러 공간의 영상을 YCbCr 컬러 공간으로 변형하여 워터마크를 내장하는데 사용하고, 이런 YCbCr 컬러 공간은 영상 압축(MPEG)에서 사용되는 컬러 공간으로 영상의 대부분의 정보는 휘도인 Y 성분이 가

지고 있고, Cb와 Cr 요소의 대역폭은 Y 요소인 휘도의 대역폭 보다 적다.

그리고 RGB 컬러 공간에 비해 YCbCr 컬러 공간의 계수 값이 작으므로 YCbCr 컬러 공간에 내장되는 워터마크의 신호가 크면 RGB 컬러 영상에 비해 지각적으로 드러날 위험이 높다.

그러므로 강인성과 무감지성을 높이기 위해서 내장할 소유권 정보를 각 레벨의 특징을 고려한 변형을 통해서 워터마크 시퀀스를 생성한다.

따라서 다중-레벨 디지털 워터마크 내장 정책은 다음과 같다.

(1) RGB 컬러 영상을 YCbCr 컬러 공간으로 변형하여 각각의 컬러 요소를 단일 요소로 분리한다.

(2) YCbCr 컬러 공간의 단일 요소들을 다이우치 필터를 이용한 다이애딕(Dyadic) 분해를 통해서 웨이브릿 변환을 수행한다.

$$YCbCr^{Level(i)} = Wavelet Transform(ColorImage) \quad (식 1)$$

여기서 Level(i)는 웨이브릿을 다중 분해하는 레벨을 나타내고, ColorImage는 YCbCr 컬러 공간에서 공간적인 영역의 요소들을 의미한다. 그리고 YCbCr은 웨이브릿 변환을 통해서 공간적인 영역에서 주파수 영역을 변환된 영상을 의미한다.

(3) 영상의 주파수 영역에서 Y-신호의 저대역과 중대역에 워터마크를 내장할 특정 주파수의 계수를 탐색한다. 즉 저해상도로부터 전체 해상도로 대역 확산을 통한 워터마크를 내장할 계수를 탐색한다. 이때 Y-요소에 워터마크를 내장하게 되면 컬러 변형에서 워터마크 추출의 위험을 줄일 수 있다.

(4) 컬러 영상에 내장할 워터마크 키는 해상도 레벨에 따라 0~255의 일정한 시퀀스로 구성한다. 내장할 소유권 정보는 n개의  $\{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$ 로 초기화하고, Modulation을 통해서 Level(i)에 따른 워터마크 시퀀스를 생성한다. 여기서  $W^i$ 는 i번째 다중-레벨에 내장할 워터마크 시퀀스를 나타낸다.

$$W^i = Modulation(W(j)) \quad (식 2)$$

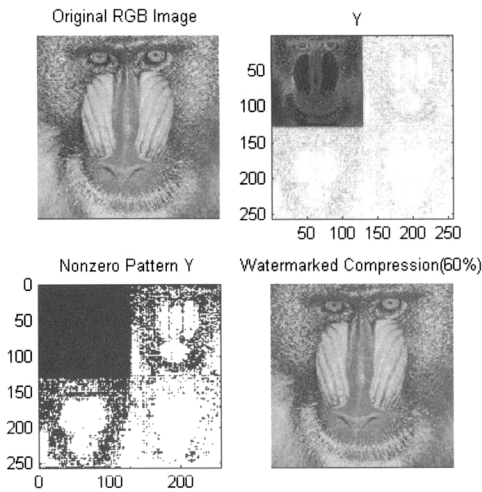
$$i = 1, 2, \dots, m, j = w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$$

(5) (4)에서 생성시킨 워터마크 시퀀스와 해당 레벨에 탐색한 특정 계수를 조합한다.

$$YCbCr' = YCbCr^{Level(i)} + W^i \quad (식 3)$$

(6) 워터마크가 내장된 각 컬러 요소를 웨이브릿 역변환을 수행하여 주파수 영역에서 공간적인 영역으로 변환한다.

$$ColorImage' = Wavelet Transform^{-1}(YCbCr') \quad (식 4)$$



(그림 1) 컬러 영상을 YCbCr 컬러 공간으로 변형

(7) YCbCr 컬러 공간에서 공간적인 영역의 ColorImage'를 RGB 컬러 공간으로 변형하면 워터마크가 내장된 공간적인 영역의 RGB 컬러 영상이 생성된다.

### 3.2 다중-레벨 디지털 워터마크 추출 및 인증

본 논문은 원영상에 내장한 워터마크 시퀀스(W)와 변형이나 손상된 영상에서 추출한 워터마크(W')를 상관 관계 형태의 워터마크 검출을 통해서 두 신호에 대한 상관 관계를 수학적인 통계치로 표현한다.

상관 관계를 이용한 워터마크 검출 및 인증은 다음과 같다.

원영상 (I)과 변형이 가해진 영상(I')을 YCbCr 컬러 공간으로 변형하고 각 영상에 대해 웨이브릿 변환을 수행한다. 그리고 변형이 가해진 영상의 주파수 대역에서 원영상의 주파수 대역의 차 신호를 구한다. 이 때 변형이 가해진 영상에 내장된 워터마크 패턴(W')을 추출하고 워터마크를 인증한다. 여기서 변형이 가해진 영상은 워터마크가 내장된 영상에서 웨이브릿 압축으로 수행한 영상을 나타내고 있다. 따라서 웨이브릿 압축 영상으로 변형이 가해진 영상 I'와 원영상 I를 주파수 대역으로 변환한다. 그리고 워터마크가

내장된 웨이브릿 압축이 가해진 영상에 원영상을 이용하여 차를 구한 다음 W'라는 워터마크 패턴을 추출한다.

$$W' = different(I^{Level(i)}, I^{Level(i)'}) \quad (식 5)$$

원본 워터마크 패턴 W와 웨이브릿 압축이 수행된 영상에서 추출한 워터마크 패턴 W'의 상관 계수를 비교하여 소유권의 인증 여부를 결정한다.

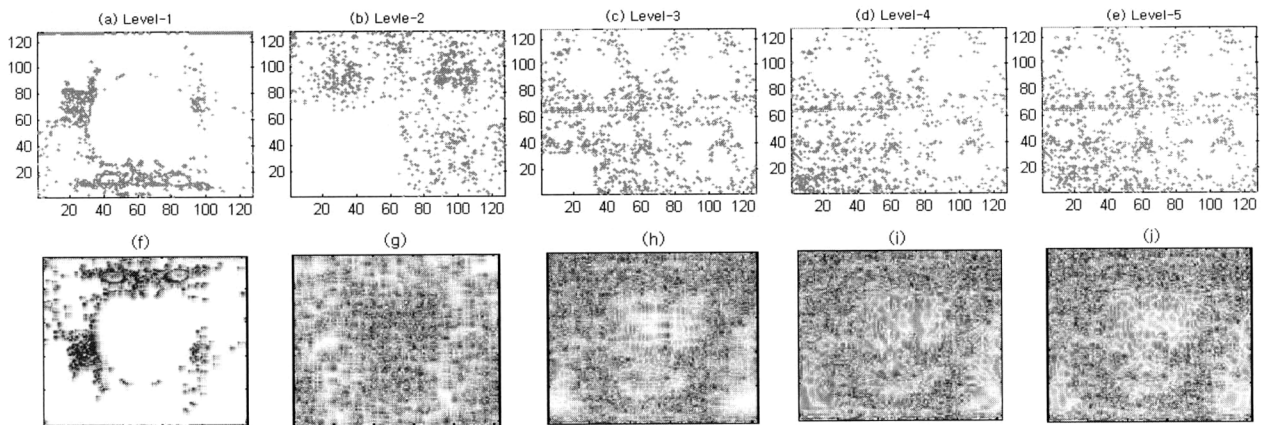
$$Correlation = Detector(W, W') \quad (식 6)$$

## 4. 실험 결과 및 분석

본 논문의 실험 영상은 256×256의 Baboon, Lena, Fruit, Pepper 컬러 영상을 사용하여 다우비치를 이용한 웨이브릿 변환을 수행하였다. 워터마크가 내장된 영상의 무감지성을 검증하기 위해서 웨이브릿 압축된 영상을 신호대 잡음비(PSNR)의 화질을 나타냈었다. 강인성은 상관관계에 의해서 평가한다.

(그림 1)은 Baboon 컬러 원영상(Original RGB Image)을 웨이브릿 변환을 통해서 다중 분해(Y)하여 각 컬러 영상의 Y-신호에 워터마크 신호를 내장한다. 그리고 워터마크의 강인성과 무감지성을 검증하기 위해서 웨이브릿 압축을 수행한다. 여기서 Y, Cb, Cr 신호에 대한 Sparse 코딩을 수행한다. 'Nonzero Pattern Y'는 Y 신호에 대한 Sparse 코딩을 수행한 후 웨이브릿 역변환을 수행하면 워터마크가 내장된 웨이브릿 압축 영상(Watermarked Compression)이 생성된다. 따라서 본 실험 영상은 60%의 압축률을 가지는 영상들을 테스트한다.

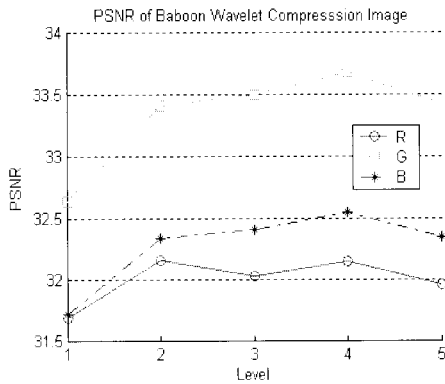
(그림 2)는 Baboon 영상에 대하여 Level에 따라 특정 주파수 계수를 찾아서 내장할 다중 워터마크 신호를 그래프로 나타낸 결과이다. (a) Level-1은 호스트 신호를 한번의 해상도 다중 분해를 수행하고 내장할 워터마크 신호를 나타내고 있고, (b) Level-2는 두번의 해상도 다중 분해와 Level-3~Level-5는 3~5번의 다중 분해를 수행한 후 각 레벨에 내장



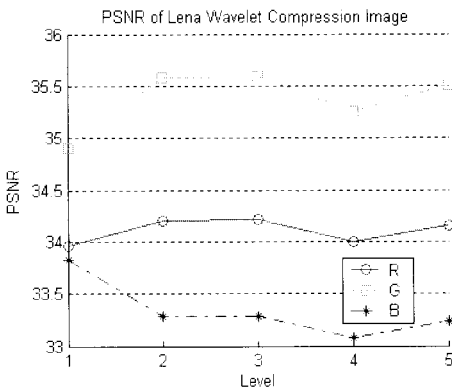
(그림 2) Y-신호의 각 Level에 내장한 워터마크 신호와 워터마크가 내장된 영상과 원영상간의 차영상

<표 1> 각 Level에 대한 상관 관계

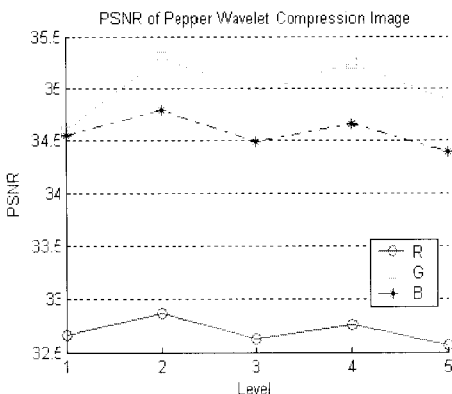
상관관계 레벨	Correlation			
	Lena	Pepper	Baboon	Fruit
Level-1	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997
Level-2	0.9992	0.9997	0.9997	0.9997
Level-3	0.9997	0.9997	0.9996	0.9997
Level-4	0.9990	0.9114	0.8802	0.9997
Level-5	0.9997	0.9495	0.9997	0.9997



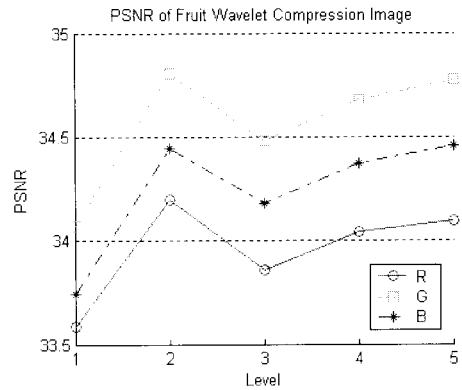
(그림 3) Baboon 영상의 웨이브릿 압축(60%)에 대한 각 Level의 PSNR



(그림 4) Lena 영상의 웨이브릿 압축(60%)에 대한 각 Level의 PSNR



(그림 5) Pepper 영상의 웨이브릿 압축(60%)에 대한 각 Level의 PSNR



(그림 6) Fruit 영상의 웨이브릿 압축(60%)에 대한 각 Level의 PSNR

할 워터마크 신호를 나타낸다. 그러므로 워터마크의 무감지성과 강인성을 보장하기 위해서는 다중 분해가 Level-1에서 Level-5로 증가할수록 내장할 계수 특징들이 변하므로 레벨 특성에 적절한 워터마크 신호와 계수를 선택하고 워터마크를 내장한 결과를 나타내고 있다. 다중 분해의 횟수가 작을수록 호스트 신호의 광도가 크므로 워터마크 신호는 큰 값을 가지게 되고, 다중 분해 횟수가 클수록 호스트 신호는 워터마크의 크기에 아주 민감해 지므로 워터마크의 값을 작게 한다. 이것은 다중 레벨이 증가할수록 계수값이 작아지므로 저주파수 대역의 특징이 조그만 노이즈에도 민감하다. 그리고 각 Level의 무감지성을 위해서 특정 주파수 대역을 선택한다. (그림 2)의 (f)~(j) 영상은 주파수 영역에서 공간적으로 역변환을 수행한 후 원영상과 워터마크가 내장된 영상에서의 각 레벨에 따른 차신호를 나타내고 있다.

(그림 3)~(그림 6) 영상은 워터마크의 무감지성을 평가하기 위해서 각 Level에 따라 워터마크 내장 정책을 수행하고, 압축률이 60%인 웨이브릿 압축 영상에 대한 신호 대 잡음비 (PSNR)를 나타내고 있다. Baboon, Pepper, Fruit, Lena와 같이 4개의 영상에서는 Level-1의 PSNR이 낮게 나타난다. 이것은 Level-1을 수행한 주파수 대역의 계수 값이 다른 레벨보다 크므로 상대적으로 큰 값의 워터마크 신호를 노이즈에 민감한 저대역 주파수에 내장함으로써 화질이 낮게 나타났다.

G-요소는 Level-1를 제외하고는 33dB 이상의 좋은 화질을 나타내고 그에 반해 R-요소가 낮은 화질을 나타내고 있다.

<표 1>은 워터마크의 강인성을 평가하기 위해서 워터마크가 내장된 웨이브릿 압축 영상에서 각 Level에 대한 상관 관계를 나타내며, 실험 영상은 각 레벨에 해당하는 워터마크 신호를 내장하고 60%의 웨이브릿 압축을 수행한 영상에 대한 강인성을 검증한다. Level-4의 Baboon과 Pepper 영상에서의 상관 관계가 0.8802와 0.9114로 낮게 나타났고, 그 외의 모든 영상의 레벨에서는 높은 상관 관계를 가지므로 워터마크의 강인성을 보장할 수 있다.

### 5. 결 론

본 논문은 다양한 컬러 영상 표현에서 워터마크의 강인성

과 무감지성을 보장하기 위해서 워터마크를 내장할 계수와 워터마크 시퀀스를 호스트 신호 레벨의 주파수 특성에 따라 결정하고, 다중-레벨의 Y-요소에 대해 저해상도로부터 전체 해상도로 대역 확산하는 다중-레벨의 디지털 워터마크 내장 기법을 제안한다. 실험 결과, 영상의 다양한 표현을 위해서 서로 다른 레벨에 워터마크를 내장한 결과 강인성과 무감지성을 확인할 수 있었다. 그러므로 서로 다른 레벨의 특징을 고려하여 레벨에 고유한 데이터를 워터마크로 내장함으로써 무감지성을 향상시킬 수 있었다. 따라서 영상의 각 레벨에 내장할 워터마크 신호를 변형하여 영상에 내장하고, 이때 워터마크의 변형은 각 레벨의 특징에 고려하여 강인성과 무감지성을 높일 수 있다.

또한, 워터마크가 내장된 영상을 웨이브릿 압축을 수행하여 고의적인 변형에 대한 워터마크의 향상된 강인성을 확인할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

[1] Min Wu, Hong Heather Yu and Alex Gelman, "Multi-level Data Hiding for Digital Image and Video," Proceedings of SPIE, Photonics East '99 Conference on Multimedia Systems and Applications, vol. 3845, 1999.

[2] Chen-Hsien Chou and Kuo-Cheng Liu, "Color Image Watermarking Based on a Color Visual Model," IEEE pp. 367- 370, 2002.

[3] Jung-Hee Seo and Hung-Bog Park, "Data-Hiding method using Digital Watermark in the Public Multimedia Network," International Journal of Information Processing Systems Vol.2, No.2, pp. 82-87, 6월, 2006.

[4] Ke Shen and Edward J. delp, "Color Image Compression Using an Embedded Rate Scalable Approach," Image Processing, 1997. Proceedings. International Conference on, 1997 v.3, pp. 34-37, 1997.

[5] JungHee Seo, HungBog Park, "Data Protection of Multimedia Contents Using Scalable Digital Watermarking", IEEE Computer Society, 4th Annual International Conference on Computer and Information Science(ICIS 2005), pp.376-380, 2005, 7

[6] Alastair Reed, Brett hannigan, "Adaptive Color watermarking," Proceedings of SPIE Vol. 4675, pp. 222-229, 2002.

[7] W. Piyapisuit and K. Kawakami, "A proposal of variable displaying watermark to color image," J.IPSJ, vol.40, no.12, pp. 4370-4377, December, 1999.

[8] K. Sekizawa, J. Kawakami, and M. Yamamoto, "Deep layer information recording in color images," Proc. IEEEJ 23th Annu. Meeting, session 7, vol.20, pp.47-48, June 1995.

[9] Ke Shen and Edward J. delp, "Color Image Compression Using an Embedded Rate Scalable Approach," Image Processing, 1997. Proceedings. International Conference on, 1997 v.3, pp. 34-37, 1997.

[10] M. Butman and H. Z. Hel-Or, "Multi-Level watermarking

with Independent Decoding," Image Processing, Proceedings. 2001 International Conference on Volume 2, pp.514-517, Oct. 2001.

[11] A. Piper, R. Safavi-Naini, and A. Mertins, "Coefficient Selection Methods for Scalable Spread Spectrum Watermarking," IWDW 2003, pp. 235-246, 2004.

[12] C. Podilchuk, W. Zeng, "Image Adaptive Watermarking Using Visual Models," IEEE Journal Selected Areas of Communications(JSAC), vol.16, No.4, May, 1998.

[13] 서정희, 박홍복, "최적의 분산 콘텐츠를 위한 다중 계층 디지털 워터마킹 기법," 한국정보처리학회 논문지B, 제12-B권, 제3호, pp.291-300, 6월, 2005.



#### 서 정 희

e-mail : jhseo@tu.ac.kr

1994년 신라대학교 자연과학대학 전자계산학과(이학사)

1997년 경성대학교 대학원 전산통계학과(이학석사)

2006년 부경대학교 대학원

전자상거래시스템전공(공학박사)

현재 동명대학교 컴퓨터공학과 전임강사

관심분야: 원격교육, 멀티미디어, 영상처리, 정보보호



#### 박 홍 복

e-mail : git@pknu.ac.kr

1982년 경북대학교 공과대학 컴퓨터공학과(공학사)

1984년 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)

1995년 인하대학교 대학원 전자계산학전공(이학박사)

1984년~1995년 동명대학 전자계산과 부교수

2001년~2002년 The University of Arizona 객원교수

1996년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

1984년~1995년 동명대학 전자계산과 부교수

2001년~2002년 The University of Arizona 객원교수

1996년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

관심분야: 모바일 시스템, 멀티미디어 응용, 컴파일러, 원격교육