

휘도-색차 신호 기반의 컬러 영상 디지털 워터마킹

서정희** · 임영진* · 한은영* · 박홍복*

**동명대학교 컴퓨터공학과

*부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

Color Image Digital Watermarking based on a Luminance-Chrominance Signal

Jung-hee Seo** · Young-jin Lim* · Eun-young Han* · Hung-bog Park*

**Dept. of Computer Engineering, Tongmyung University · *Division of Electronic, Computer and Telecommunication Engineering, Pukyong National University

E-mail : jhseo@tu.ac.kr

요 약

휘도-색차 신호에서 휘도 신호는 그레이 영상을 생성하고, 각각의 컬러 요소들을 단색 시스템으로 호환할 수 있다. 그리고 휘도-색차 신호의 각 컬러 요소들은 적은 상관 관계를 가지므로 신호를 부호화 또는 변조하는데 유용성을 지닌다. 그러나 각 컬러 신호들은 통계적으로 적은 상관 관계를 가지나 서로 독립적이지는 않다. 그러므로 본 논문은 컬러 요소들 간의 상호 의존적인 특징을 고려하여 웨이블릿 기반의 주파수 영역에서 휘도-색차 신호에 대한 워터마크 삽입 알고리즘을 제안한다. 따라서 디지털 워터마크의 견고성과 비시각성을 보장할 수 있다.

ABSTRACT

In the luminance and chrominance signal, luminance signal creates gray images, and is capable of making each color component compatible with monochrome system. And color components of luminance and chrominance signals are useful to encode or convert the signal because they have low correlation. Each color signal has low correlation statistically, but they are not independent of one another. Therefore, this paper proposes the watermark inserting algorithm for luminance and chrominance signal in the domain of frequency founded on wavelet, considering the interdependent characteristics of color components. Therefore, it can guarantee the robustness and invisible of digital watermark.

키워드

휘도-색차 신호, 디지털 워터마크, 소유권, 인간 시각 시스템

1. 서 론

디지털 영상의 워터마킹 기법은 그레이 영상 기반의 워터마크에 중점을 두고 연구되어 왔고, 현재는 컬러 영상을 각각의 채널로 분리하거나 휘도 영상에 워터마크를 내장하는 기법들로 확장하여 연구되고 있다.

컬러 영상에 대한 다양한 워터마킹 기법들은 Kutter, Jordan 및 Bossen에 의해서 확장되었고, 인간 시각은 Blue 채널에서의 변화에 덜 민감하기 때문에 Blue 채널에 선택된 픽셀 값의 변형에 의해 워터마크 내장 방법을 제안하였다[1].

기존 연구에서 컬러 영상에 대한 워터마크 시스

템은 색상의 광도(Luminance) 요소에 소유권 정보를 내장하고 있다. 광도 요소의 워터마크 내장은 컬러 영상을 그레이 영상과 같은 변형에서 삽입한 소유권 정보의 추출을 보장한다. 이런 시스템들은 인간 시각 시스템(Human Visual System: HVS)에서 시각적으로 덜 민감한 컬러 영역에 워터마크를 내장하는 반면 영상의 색조(Hue) 변화는 최소화 한다 [7].

본 논문은 각 컬러 요소의 의존적인 특징을 고려하여 RGB 컬러 영상을 YCbCr 컬러 공간으로 변형하고 각 채널을 웨이블릿 변환을 통해서 주파수 영역으로 다중 분해한 다음 워터마크의 견고성과

비시각성에 중점을 두고 휘도-색차 신호에 워터마크를 내장하는 방법을 제안한다.

II. 디지털 워터마크

디지털 워터마크(Digital Watermark)는 저작권이 있는 정보에 대한 소유권의 증명을 합법화하는 기술로써 불법적으로 복사된 저작물의 소유자를 추출, 저작권이 있는 멀티미디어 데이터의 사용을 모니터링 및 네트워크와 서버에서 데이터의 대역 확산을 분석한다.

기본적으로 디지털 워터마크는 소유자에 대해 소유권의 유일한 데이터를 식별할 수 있는 소유권을 주장하기 위해서 멀티미디어 데이터에 라벨(labels) 또는 코드들을 삽입한다[2]. 그리고 워터마크가 제거되었거나 다양한 변형이 처리된 후에도 소유권을 주장할 수 있어야 한다. 따라서 라벨의 목적은 멀티미디어 데이터에 항상 남아 있어야 한다. 기존의 라벨링 기술(Labeling Techniques)은 견고성과 시각적인 변형에서 보안상 어려운 문제점들을 가지고 있다[5]. 소유권의 위조, 악용, 침해를 방지하기 위해서 소유권 라벨링 기술의 중요성은 일반적인 멀티미디어 처리에서 삽입된 라벨의 손상 및 제거, 시각적이거나 통계적인 분석을 통한 삽입 라벨을 찾거나 변형과 같은 다양한 처리에 대비하여 내장된 라벨의 보안성과 견고성이 제공되어야 한다.

III. 휘도-색차 신호의 디지털 워터마크

1. 디지털 워터마크 내장

광도-색차 컬러 공간은 그레이 영상을 생성하는데 사용될 수 있고, 각각의 컬러 요소들은 단색 시스템(Monochrome System)으로 호환할 수 있다. 또한 광도-색차 컬러 공간에서 3가지 컬러 요소들은 적은 상관 관계를 가지므로 신호를 부호화 또는 변조하는데 유용성을 지니므로 활성화되고 있다[1].

그러나 3가지 컬러 요소들은 통계적으로는 상관 관계가 적지만 서로 독립적이지는 않다. 즉 색차 신호의 공간적인 위치에서 큰 변형은 광도 신호에서 또한 큰 변화를 나타낸다. 영상에서의 변형은 웨이브릿 변형된 영상의 고주파수의 큰 광도(Magnitudes)의 계수와 일치한다. 따라서 고주파수 대역에서 광도 신호(Luminance Signal)의 변형된 픽셀이 작은 광도를 가지면 공간적으로 일치하는 픽셀의 변형된 색차 신호와 주파수 대역 또한 작은 광도를 가진다. 따라서 이들 컬러 요소들 간의 변형된 신호들은 상호 의존적인 특징을 지닌다[4].

본 논문에서 제안하는 컬러 영상의 워터마크 내장 절차는 그림 1과 같다. 먼저 RGB 컬러 영상을

YCbCr 컬러 공간으로 변형한다. Y, Cb 및 Cr 채널 각각을 웨이브릿을 이용한 3-level의 다중해상도 분해를 통해서 주파수 영역으로 변환하고 각 채널에서 채널별 가중치를 부여하여 워터마크를 내장할 주파수 계수 값을 선택한다. 그런 다음 생성시킨 워터마크 키와 선택된 계수값을 조합하고 YCbCr 컬러 공간을 다시 RGB 컬러 공간으로 변형하면 워터마크가 내장된 영상이 생성된다. 그리고 각 채널별 독립적인 워터마크 패턴의 주기가 구성된다. 여기서 내장하는 워터마크 키는 소유권자 정보를 2진수로 변환하고 {0, 1}로 구성된 워터마크 주기를 생성한 키를 사용한다.

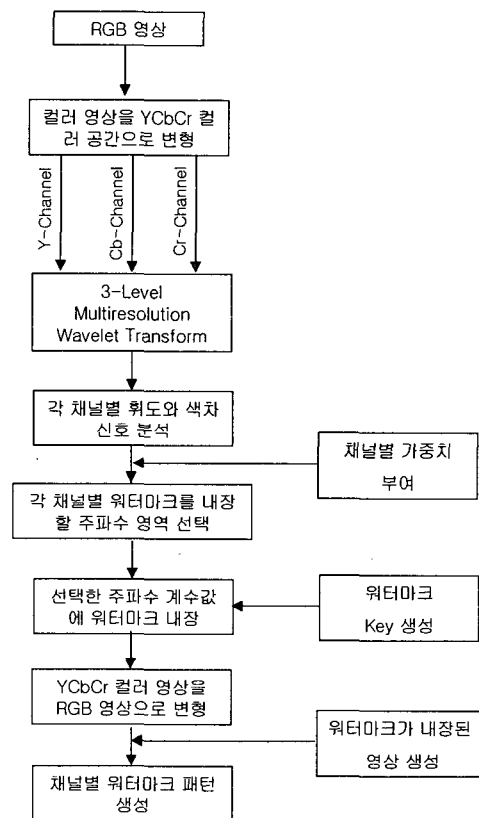


그림 4. 컬러 영상의 워터마크 내장

2. 워터마크 추출 및 인증

본 논문은 워터마크 추출 및 인증을 위한 방법으로 원영상(I)과 변형이 가해진 영상(I')을 YCbCr 컬러 공간으로 변형하여 원영상의 I_y, I_{cb}, I_{cr} 과 변형이 가해진 영상의 I'_y, I'_{cb}, I'_{cr} 를 각 채널에 대해 웨이브릿 변환을 수행한다. 그리고 각 채널의 변형이 가해진 영상의 주파수 영역에서 원영상의 주파수 영역의 차를 구한다. 이 때 변형이 가해진 영상

에 내장된 워터마크 패턴(W'_y, W'_{cb}, W'_{cr})를 추출할 수 있다. 추출된 워터마크 패턴과 원래의 워터마크 패턴에 대해 상관 관계(Correlation)를 구한다.

- (1) 워터마크가 내장된 영상이거나 워터마크가 내장되지 않는 영상에 변형이 가해진 영상 I' 와 원영상 I 를 주파수 영역으로 변환하고 각 채널별 가중치를 적용하여 변형이 가해진 영상에서 원영상을 이용하여 차를 구한 다음 각 주파수의 W' 라는 워터마크 패턴을 추출한다.
- (2) 원본 워터마크 패턴 W 와 변형이 가해진 영상에서 추출한 워터마크 패턴 W' 의 상관 관계를 비교하여 소유권의 인증 여부를 결정한다.

IV. 실험 결과

본 논문의 실험 영상은 256x256 Pepper 컬러 영상을 사용하였고, 웨이브릿 변환은 다우비치를 사용하여 3-level로 분해하였다. 디지털 워터마크의 견고성과 비시각성을 검증하기 위해서 컬러 원영상과 워터마크가 내장된 변형이 가해진 영상에 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)과 MSE(Mean Square Error)를 사용하였고, 식 (1)-식 (2)는 다음과 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{(MSE(Y) + MSE(Cb) + MSE(Cr)) / 3} \quad (1)$$

$$MSE = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (x_{ij} - x'_{ij})^2 \quad (2)$$

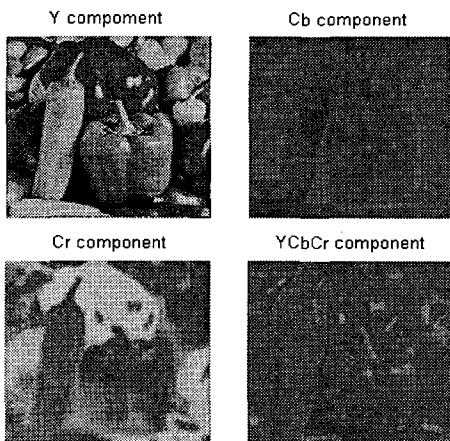


그림 5. 컬러 영상을 YCbCr 컬러 공간으로 변형

그림 2는 컬러 영상을 YCbCr 컬러 공간으로 변형하고 Y, Cb, Cr의 각각의 단일한 색상으로 분리한 결과를 나타내고, YCbCr은 3개의 컬러 요소들을 결합한 결과를 나타낸다.

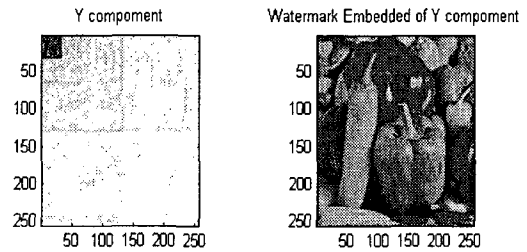


그림 6. Y-Channel의 워터마크 내장

그림 3의 왼쪽 영상은 그림 2에서 Y 채널을 웨이브릿의 3-level 다중해상도로 분해한 다음 영상을 재구성한 결과를 나타낸다.

그리고 오른쪽 영상은 3-Level의 주파수 영역으로 분해한 다음 워터마크를 내장한 다음 공간적인 영역으로 변환한 결과를 나타낸다. 같은 방법으로 Cb, Cr 채널에 대해서도 워터마크를 내장한다.

실험 결과 워터마크의 요소 중에서 비시각적인 특성은 보장할 수 있음을 알 수 있다.

그림 4의 왼쪽 영상을 RGB 컬러 공간의 원영상을 나타내고 오른쪽 영상을 YCbCr 컬러 공간의 각

채널에서 워터마크가 내장된 영상을 생성한 후 YCbCr 컬러 공간에서 RGB 컬러 공간으로 변형한 다음 워터마크가 내장된 컬러 영상을 나타낸다. 여기서도 그림 3과 마찬가지로 비시각성을 보장하고 있음을 확인할 수 있다.

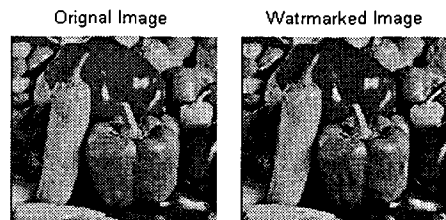


그림 7. RGB 컬러 공간에서의 원영상과 워터마크가 내장된 영상

PSNR은 Red 채널에서 32.0913dB, Green 채널에

서 33.5095dB, Blue 채널에서 31.7665dB로 평균 32.4557dB로 신호대 잡음비가 비교적 높게 나타나므로 좋은 화질을 얻을 수 있다.

V. 결 론

휘도-색차 신호에서 3가지 컬러 요소들은 통계적으로는 적은 상관 관계를 가지나 서로 독립적이지는 않다. 즉 색차 신호의 공간적인 위치에서 큰 변형은 광도 신호에서 또한 큰 변화를 나타낸다. 따라서 고주파수 대역에서 광도 신호(Luminance Signal)의 변형된 픽셀이 작은 광도를 가지면 공간적으로 일치하는 픽셀의 변형된 색차 신호와 주파수 대역 또한 작은 광도를 가진다. 그러므로 이들 컬러 요소들 간의 변형된 신호들은 상호 의존적인 특징을 지닌다.

따라서 본 논문에서 제안하는 컬러 영상의 워터마크는 이런 3가지 신호의 상호 의존적인 특징을 이용해서 각 채널에 내장할 워터마크의 계수값을 탐색한다. 즉 RGB 컬러 영상을 YCbCr 컬러 공간으로 변형하고, Y, Cb 및 Cr 채널 각각을 웨이브릿을 이용한 3-level의 다중해상도 분해를 통해서 공간적인 영역에서 주파수 영역으로 변환한다. 그리고 각 채널에서 채널별 가중치를 부여하여 워터마크를 내장할 주파수 계수 값을 선택한 다음 {0, 1}로 구성된 소유권 정보인 워터마크 패턴을 내장한다. 실험 결과, 워터마크의 중요한 요소 중에서 견고성과 비시각성을 보장할 수 있다.

참고문헌

- [1] M. Kutter, F. Jordan and F. Bossen, " Digital signature of Color Images using amplitude Modulation," in Storage and Retrieval for Image and Video Databases V, SPIE Vol. 3022, San Jose, CA, February 8-14 pp. 518-526, 1997.
- [2] J. Dittmann M. Stabenau and R. Steinmetz "Robust MPEG Video Watermarking Technologies," ACM international multimedia conference, pp. 71-80, 1998.
- [3] M. Barni. F. Bartolini, "Multichannel watermarking of Color image," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 12, No.3, March pp. 197-208, 2002.
- [4] Ke Shen and Edward J. delp, "Color Image Compression Using an embedded Rate Scalable Approach," Image Processing, 1997. Proceedings. International Conference on, v.3, pp. 34-37, 1997.
- [5] E. Koch and J. Zhao "Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling," Proc. of 1995 IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing(Neos Marmaras, Green, Junu 20-22, 1995)
- [6] Chen-Hsien Chou and Kuo-Cheng Liu, "Color Image Watermarking Based on a Color Visual Model," IEEE pp. 367- 370, 2002.
- [7] Alastair Reed, Brett hannigan, "Adaptive Color watermarking," Proceedings of SPIE Vol. 4675, pp. 222-229, 2002.