

LabVIEW의 Machine Vision을 이용한 웨이블릿 기반 지능형 이미지 Watermarking

Wavelet Based Intelligence image Watermarking Using Machine Vision of LabVIEW

송윤재 · 강두영 · 김형권 · 안태천*

Yun Jae Song, Doo Young Kang, Hyoung Gwon young Kim and Tae Chon Ahn

* 원광대학교 전자·전자 및 정보공학부

Electrical Electronic and Information Engineering, Wonkwang University

요 약

최근 멀티미디어 기술의 발전 및 인터넷의 보급과 더불어 디지털 데이터가 가지는 복제의 용이성으로 인한 저작자의 소유권 보호와 인증에 대한 문제가 중시되고 있다. 이에 따라 디지털 데이터에 워터 마크를 삽입하여 소유권을 보호하고 데이터의 무결성을 보증하도록 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 본 논문에서는 디지털 영상을 주파수 공간으로 변환시킨 후 효과적인 워터마크 삽입을 위해 인간의 감지능력이 떨어지는 주파수 영역과 중요한 주파수 영역을 선택하였다. 그 다음 영상 전체에 반복적이며, 그 내용에 따라 적응적인 워터 마크를 삽입하는 방법을 제시하였다. 주파수 공간으로 변환하는 방법으로는 수직, 수평, 대각선의 3가지 방향성과 다 해상도 (Multi-resolution) 특성을 갖는 웨이블릿 변환을 택하였다. 웨이블릿 기반의 이미지 워터마크 방법을 LabVIEW의 Machine Vision을 이용하여 지능적인 워터마크를 구현한다.

Abstract

Recently, acgiss of authentication and creator's copyright has become a matter of great concern by the diffusion of multimedia technique and the growth of the internet and the easily duplicated property of digital data. Consequently, many active researches have been made to protect copyright and to assure integrity by inserting watermark into the digital data. In this paper, watermark is repeated through the entire image and adapted to the content of the image. Achieved by an underlying process of transforming the digital image to the frequency domain by wavelet transform, which has three (vertical, horizontal, diagonal) directions and Multi-resolution features, and then choosing frequency area inferior to the human perceptibility and significant for invisible and robust watermark. We realize wavelet based image watermarking using Machine Vision of LabVIEW.

Key Words : Intelligence, LabVIEW, Machine Vision, Wavelet, Watermarking

1. 서 론

멀티미디어가 디지털화 되면서 데이터의 저장, 접근, 이용 등을 효율적으로 할 수 있게 되었다. 디지털 데이터는 전송 및 저장 시 생길 수 있는 에러에 강하며 데이터의 편집 등이 용이하다는 장점 등을 가지고 있어서 대부분의 미디어가 디지털 화되어 가고 있다.

이러한 디지털 영상 데이터의 보호를 위해 적용할 수 있는 방법은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 데이터를 암호화하는 것으로 원래의 데이터로 복구하기 위해서는 키(Key)를 알고 있어야 한다. 데이터의 암호화의 경우 데이터 내용의 보호에는 안전하지만 키에 의해 원래의 데이터로 복구된 데이터가 불법으로 복제되어 배포되는 것을 막을 수 없다는 단점이 있다. 두 번째로는 디지털 데이터의 소유권을 보호하며 불법적인 내용 조작을 막을 수 있는 디지털 워터마크(Watermark) 기법이 있다. 기존의 암호화 기법이 키에 의해 원래의 데이터로 복구되지 않으면 데이터의 내용을 볼 수 없고 일단 한번 원래의 데이터로 복구되면 원본과 차이가 없다는 것과는 달리 워터마크 기법은 워터마크가 삽입된 후에도 원본데이터와 거의 차이가 없으며 삽입된 워터마크는 데이터에 변형을 가해도 쉽게 알아차리지 않는다. 데이터에

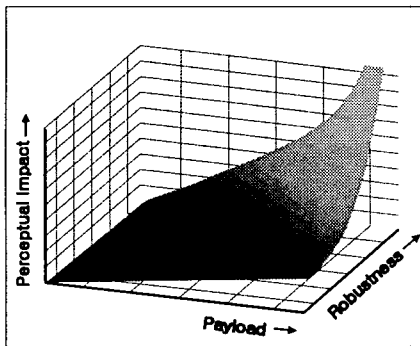
저작권에 따른 정보, 배포자에 대한 정보, 데이터 사용자에 대한 정보 등을 삽입해서 데이터에 대한 불법적인 복제, 소유권에 대한 분쟁 등이 발생했을 때 해결책을 제시할 수 있다. 이와 같은 워터마크 기법에 대해서도 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 전문 프로그래머들이 자동제와 계측에 필요한 함수들을 최적화 시켜서 만들어 낸 프로그램인 LabVIEW를 통해 이미지 워터마크를 연구한 것이다.

2. Watermarking

워터마크는 원래 미술작품이나 책 등에서 원 저작자의 소유권을 주장하기 위해 잘 보이지 않는 투명한 형태의 표시를 해두는 것을 말하는데, 이것은 800년대에 이탈리아 지방의 종이 생산 공장에서 자신들의 공장에서 생산한 종이라는 것을 증명하기 위해 처음 고안되었다.^[1] 이러한 워터마크 기법을 같은 목적으로 디지털 데이터에 적용한 것이 디지털 워터마크이다. 디지털 워터마크 기법은 삽입하려는 원본 디지털 데이터의 품질에 손상을 주지 않는 범위 내에서 원본 데이터 안에 포함된다. 원본 데이터와 함께 삽입된 원본 데이터의 크기가 변하지

않으며 원본 데이터의 파일 형태를 바꾸지도 않는다. 워터마크된 데이터 파일은 사용자가 별다른 조작 없이 일반적인 방법으로 그 내용을 볼 수 있지만 불법적인 복제, 배포 등으로 원 저작자의 소유권이 침해된 경우 포함된 워터마크를 근거로 원 저작자의 소유권을 보호하는 것이 가능하다.

워터마크는 감지되지 않아야 하는 비가시성의 성질을 가져야 한다. 영상 데이터의 경우에 원 영상과 워터마크가 삽입된 영상의 차이를 분간할 수 없도록 하여야 한다. 또한 워터마크를 필요로 하는 환경에 따라서 삽입될 정보는 미리 정해져야 한다. 원 영상과 워터마크가 삽입된 영상과의 데이터양이 차이가 없어야 하기 때문이다. 워터마크는 신호의 중요한 영역에 삽입이 되어야 신호의 손상에도 추출이 가능하다. 워터마크 삽입후에 형태의 왜곡이 안되고 다시 추출 가능해야 한다. 즉 강인성을 가져야 한다. 워터마크 시스템을 설계할 때 이런 조건들의 상관관계를 고려해 주어야 한다.



[그림 1] 워터마크 조건간의 상관관계

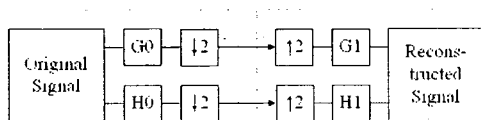
3. 제안한 워터마크 방법

3.1 Wavelet 변환과 워터마크

3.1.1 Wavelet 변환

웨이블릿은 단일 원형 함수에 기반을 둔 뛰어난 Scaling 특성으로 원 신호의 다중해상도(Multi-resolution) 표현 및 분석이 가능하다. 웨이블릿 변환은 식 (1)에 의해서 저주파수 측정에서는 기저함수 신호의 폭이 늘어나고, 고주파수의 경우 좁아지는 모양을 갖게 된다^[5].

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}}\Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1)$$



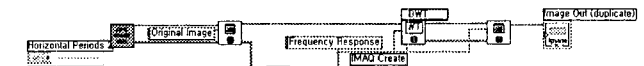
웨이블릿 분해 웨이블릿 복원

[그림2] 일차원 신호의 웨이블릿 분해와 복원 과정

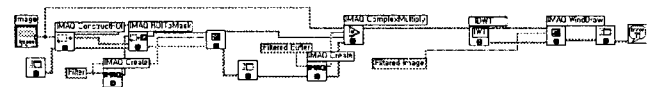
[그림 2]은 일반적인 1차원 신호의 웨이블릿 분해와 복원이 이루어지는 과정을 나타내고 있다. 여기서 G0는 고역 이파기이고 H0는 저역 이파기이다. 2차원 신호인 영상 신호의 경우 수직과 수평방향에 각각 저역 이파기와 고역 이파기를 사용해서 분해하게 된다. 그 결과 지

로 다른 4개의 대역이 생기게 되는데 수평 수직 저주파수 대역인 LL-band, 수평 방향으로 저주파수, 수직 방향으로 고주파수 대역인 LH-band, 수평 방향으로 고주파수, 수직 방향으로 저주파수 대역인 HL-band, 수평 수직 고주파수 대역인 HH-band가 생긴다. 자연 영상의 경우 수평, 수직 저주파수 대역에 신호의 에너지가 집중되게 된다.

LabVIEW를 이용한 Wavelet 변환과 역변환의 vi는 아래와 같다.



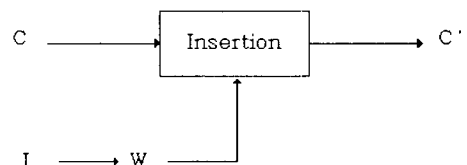
[그림3] DWT.vi



[그림4] IDWT.vi

3.1.2 일반적인 워터마크 삽입

입력 영상을 C라고 하고 삽입하고자 하는 정보를 I, 영상에 삽입될 수 있도록 워터마크 형태로 변환된 데이터를 W 라고 하면 일반적인 워터마크 삽입과정은 [그림 5]과 같이 표현할 수 있다. C'은 워터마크가 삽입된 영상을 표시한다.



[그림 5] 기본적인 워터마크 삽입 알고리즘

일반적인 워터마크 삽입 방법들은 아래 식(2)과 (3)와 같은 형태로 표현 될 수 있다^[4].

$$C'(x, y) = C(x, y) + \alpha \times W(x, y) \quad (2)$$

$$C'(x, y) = C(x, y) + (1 + \alpha \times W(x, y)) \quad (3)$$

식 (2)와 (3)에서 α 는 워터마크가 삽입될 때 워터마크의 가중치로 쓰이며 큰 값일수록 워터마크의 강도가 높아 공격에 강해진다. 하지만 그에 따라 영상의 질도 같이 손상되게 된다. 식 (2)의 경우 입력 영상에 내용에는 상관없이 동일한 강도의 워터마크를 삽입하는 방법이며 식 (3)의 경우에는 입력 영상의 내용에 따라 적응적인 워터마크를 삽입하는 방법이다.

3.2 제안한 워터마크 삽입 방법

Lewis와 Knowles 는 인간 시각의 특성에 따라 계수의 양자화 단계를 적응 적으로 변경시켜 압축에 활용하였는데 다음과 같은 가설을 이용하였다.^[7]

- 인간의 시각은 고주파대역과 대각선 방향의 노이즈에 덜 민감하다.
- 인간의 시각은 고주파가 집중되어 있는 텍스트 영역에서의 노이즈에 덜 민감하다.

위와 같은 가설을 바탕으로 워터마크가 인간 시각에 덜 민감한 영역에 더 큰 가중치를 가지고 삽입됨으로써 인간시각으로 감지되지 않으며 보다 강한 워터마크가 될 수 있다.

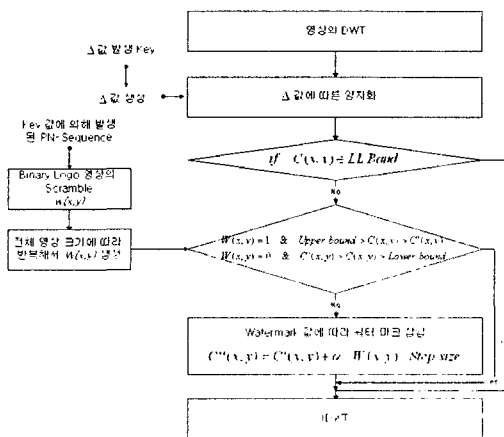
워터마크를 삽입할 때 이러한 가중치를 활용하기 위해서는 워터마크를 삽입하기 전에 각각 계수의 위치와 크기에 따라 미리 가중치를 구해 두어야 한다. 그렇게 하기 위해서 먼저 원 영상을 웨이블릿 변환을 하고 각 레벨과 대역에서 평균값을 구한 후 크기가 작은 상위 레벨에서부터 하위레벨 순으로 평균값보다 큰 값을 중요 계수로 정의한다.

웨이블릿의 트리 구조 특성에 따라 상위 레벨에서 중요계수가 발견되었다면 하위 레벨에서도 중요 계수가 될 가능성이 높다^[6]. 따라서 상위레벨에서 중요계수로 선택되었다면 하위 레벨의 자손들도 중요 계수로 판단하여 같은 가중치를 주게 된다. 하위 레벨에서도 동일한 방법으로 가중치를 부여하게 되므로 상위레벨에서 먼저 평균값보다 큰 중요계수로 판단되어 가중치를 부여받은 하위 레벨의 계수가 하위레벨에서도 역시 중요계수로 판단되었다면 가중치는 두배가 된다. 하위레벨로 갈수록 가중치가 누적되어 큰 값의 가중치를 가지게 된다. 이것은 고주파 대역에서의 손상에 덜 민감하다는 인간의 시각 특성을 이용한 것이다.

또한 인간 시각의 특성이 대각선 방향의 노이즈에 덜 민감하다는 것을 이용해서 HH 대역에는 가로, 세로 대역인 HL 대역과 LH 대역보다 1.5배 더 큰 가중치를 주었다.

고주파가 밀집되어 있는 텍스처 영역의 특징은 고주파 성분이 가로, 세로, 대각선 방향으로 모두 집중되어 분포한다. 일반적인 에지 (edge) 영역의 경우 고주파 성분이 집중되어 분포하지 않고 수평 또는 수직, 대각선 방향으로 어느 한 곳에만 방향성을 가지고 나타나게 된다. 이런 텍스처 영역에서는 웨이블릿 계수의 값들이 HL, LH, HH의 3가지 대역에 걸쳐 큰 값으로 밀집되어 있기 때문에 수평, 수직, 대각선 방향의 각각의 계수가 모두 중요 계수로 선택된 경우 텍스처 영역으로 판단하고 각각의 계수에 더 큰 가중치를 부여한다.

3.2.1 제안한 워터마크 삽입과정



[그림6] 제안한 워터마크 삽입 과정

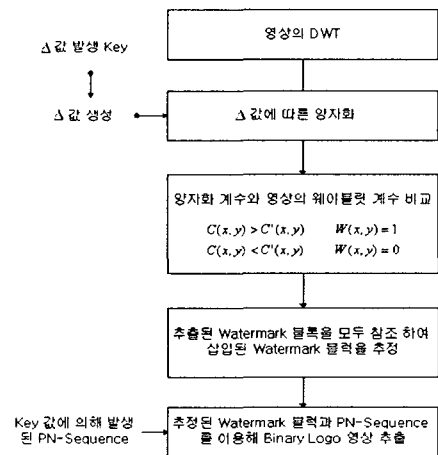
제안한 워터마크 삽입과정은 입력된 영상의 내용에 따라 적응적인 워터마크를 삽입하는 방법이다. 민감 키(key)를 사용해서 PN-Sequence를 생성하고 삽입하려는 데이터를 Scramble해서 워터마크를 $w(x,y)$ 생성한다. 생

성된 워터마크 $w(x,y)$ 를 하나의 정방형 블록으로 만든 후 영상 전체에 삽입될 수 있도록 반복하여 워터마크를 삽입하려는 원 영상 크기의 $W(x,y)$ 를 만든다.

[그림 6]는 제안한 워터마크 삽입방법을 나타낸 것으로 웨이블릿 변환을 통해 원 영상을 주파수 계수 값으로 바꾸고 양자화기의 특성을 결정하는 Δ 값을 이용해서 계수값을 양자화하고 이에 따라 발생하는 양자화 에러 부분에 워터마크를 삽입하고 삽입한 후의 값이 양자화 단계값을 넘어 가지 않도록 하여 영상의 내용에 따른 적응적인 워터마크가 되도록 하였으며 인간의 시각 특성에 잘 부합하여 워터마크 삽입 후 영상의 손상을 최대한 줄이도록 하였다.

3.2.2 제안한 워터마크 추출과정

[그림 7]은 워터마크의 추출과정을 나타내고 있으며 삽입과정과 같은 방법으로 워터마크가 삽입된 영상을 웨이블릿 분해를 하고 워터마크 삽입 과정에서 사용한 Δ 값을 이용해서 웨이블릿 계수값을 비교해서 워터마크를 추출해 낸다. 여러 가지 공격에 의해 웨이블릿 계수값이 변하게 되는데 특히 작은 값의 계수들은 간단한 영상처리에도 쉽게 그 값이 변한다. 이에 반해 큰 값의 계수들은 쉽게 값이 변하지 않기 때문에 큰 값의 계수에서 추출한 워터마크 값에는 큰 가중치를 주어 워터마크를 추출하게 된다. 영상 전체에 반복되어 워터마크가 삽입되어 있으므로 반복된 모든 워터마크를 통해 통계적인 방법으로 추출한다.



[그림7] 제안한 워터마크 추출 과정

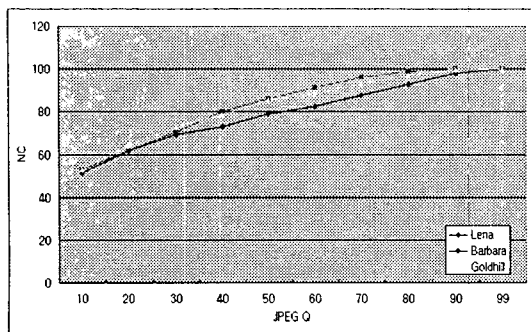
워터마크를 생성할 때 사용한 키를 입력해서 PN-Sequence를 다시 생성한다. 생성된 PN-Sequence를 이용해서 추출된 워터마크 값에서 Unscramble을 통해 삽입한 데이터를 읽어 낸다. 그렇기 때문에 워터마크 삽입 시 사용한 키와 Δ 값을 생성할 때 사용한 키를 사용해야만 영상에 삽입한 데이터를 추출해 낼 수 있다.

4. 모의실험 결과

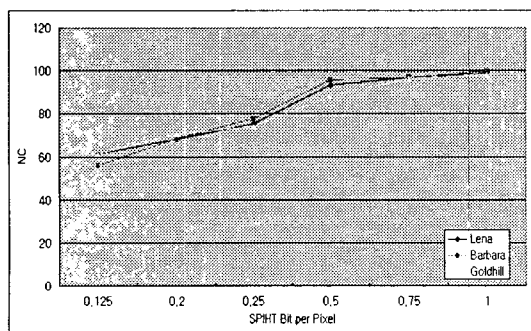
실험 결과 JPEG 압축 40% 경우에서도 SPIHT 0.5bpp에서도 삽입한 로고가 추출되었으며 Additive Gaussian Noise 제거, 잘라내기 등은 하였을 때도 삽입한 로고가 잘 추출되었다. 특히 웨이블릿 압축을 기반으로 하는 SPIHT 압축에서 워터마크가 선명하게 추출되었다.

추출된 로고영상과 삽입한 로고 영상간의 차이를 정규화된 상관관계(NC)로 식 (5)로 정의하여 JPEG압축과 SPIHT 압축, JPEG2000^[9] 압축시 워터마크의 성능을 세 가지 테스트 영상 (Lena, Barbara, Goldhill)을 이용해서 측정해 보았다.

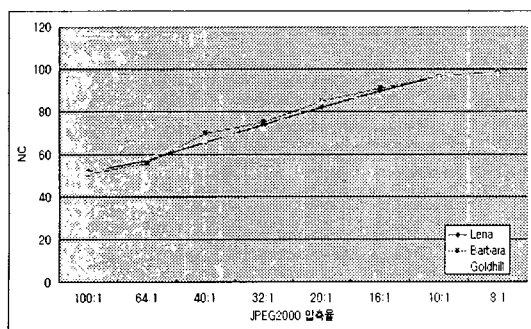
$$NC = \frac{\sum_x \sum_y w(x,y)w'(x,y)}{\sum_x \sum_y [w(x,y)]^2} \quad (5)$$



[그림8] JPEG Q 값에 따른 워터마크 성능



[그림9] SPIHT 압축에 따른 워터마크 성능



[그림10] JPEG2000 압축에 따른 워터마크 성능

결과를 보면 Barbara 영상에서의 결과가 보다 우수하게 측정되었는데 이것은 해당 영상이 가지는 고주파 성분이 다른 영상보다 많아서 보다 큰 값의 워터마크를 많이 삽입할 수 있었기 때문에 다른 영상보다 더 정확하게 로고영상을 추출 할 수 있었다.

5. 결 론

웨이블릿 변환을 이용한 주파수 영역에서 영상의 내용에 적응 적이며 인간의 시각 특성에 부합되어 워터마크 삽입 후 화질의 열화가 적은 워터마크 삽입 알고리즘을

제안하였다. 이러한 알고리즘으로 JPEG 압축, 노이즈 첨가, 특히 웨이블릿 기반의 SPIHT 압축과 차세대 압축 기법인 JPEG2000 압축 등의 영상 처리에서도 삽입한 워터마크를 추출할 수 있었다. 향후 연구 과제로는 워터마크를 추출하기 위해 워터마크가 삽입된 위치를 찾아내는 과정과 기하학적인 변형 (Rotation, Scaling, Translation)에서도 워터마크를 추출해 낼 수 있는 기법에 관한 연구가 필요하다. 또한 워터마크의 성능을 객관적으로 비교할 수 있는 기준을 마련하기 위한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구우너(r-2004-b-133-01) 주관으로 수행된 과제임.

참 고 문 헌

- [1] Ingemar J. Cox and Joe Kilian, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia" *IEEE Trans. Image Porcessing*, 6, 12, 1673-1687, 1977
- [2] Gerhard C. Langelaar and Iwan Setyawan, "Watermarking Digital Image and Video Data" *IEEE Signal Processing Magazine*, 20-46, September 2000
- [3] Houn-Jyh Mike Wang and Po-Chyi Su, "Wavelet-Based Blind Watermark Retrieval Technique" *SPIE Conference Multimedia Systems and Application*, November 1998
- [4] Stefan Katzenbeisser and Fabien A.P. Petitcolas, *Information Hiding Techniques for Seganography and Digital watermarking*, Artech House
- [5] G. Strang and T. Nguyen, *Wavelets and filter banks*, Wellesley-Cambridge Press.
- [6] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelets coefficients," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 41, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
- [7] AS. Lewis and G. Knowles, "Image compression using the 2-D wavelet transform" *IEEE Trans, Image Processing 1*, pp. 244-250, April 1992.
- [8] A. Said, W. A. Pearlman, "A New Fast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees", *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol 6, June 1996
- [9] Athanasios Skodras, Charilaos Christopoulos and Touradj Ebrahimi, " The JPEG 2000 Still Image Compression Standard", *IEEE Signal Processing Magazine*,
- [10] R.G. van Schyndel, A.Z. Tirkel, C.F. Osborne, " A Digital watermark", *Proc IEEE Int. Conf. Image Processing*, vol.2, Nov 1994
- [11] I. Pitas, T.Kaskalis, "Applying Signatures on Digital Image". Proc. of IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. Noes Marmars. Jun. 1995
- [12] M. Kutter. F. Jordan. Frank Bossen. "Digital Signature of Color Images Using Amplitude Modulation". SPIE. Vol 3022. San Jose. 1997
- [13] LabVIEW Basics I. 2 Education (Introduction and Development)
- [14] LabVIEW Machine Vision and Image Processing Course Manual.