

Decomposition Perceptual Channel을 이용한 디지털 워터마킹 기법

김영민*, 이규태*, 박세준**
*공주대학교 정보통신공학과
**KT 통신망 연구소

A Study on Digital Watermarking Technique Using Decomposition Perceptual Channel

Kim Young-Min*, Lee Kyu-Tae* Park Se-Jun*
* Dept. of Information Communication Engineering, Kong-Ju Nat'l University
**KT Telecom. Network Lab.

요 약

본 논문에서는 워터마크가 갖추어야 할 요소 중 하나인 비가시성과 강인성을 만족하기 위하여 변환된 DFT주파수 영역에 HVS의 DPC(Decomposition Perceptual Channel)를 사용하였다. 워터마크의 삽입 위치를 실험적으로 최적 Channel을 도출하였으며, 실험을 통하여 다양한 공격에 대한 강인성을 확인하였다.

1. 서론

컴퓨터의 발달로 기존의 아날로그 데이터는 손쉽게 디지털화 되고, 방대한 양의 멀티미디어 콘텐츠가 생성·유통되고 있다. 이와 더불어, 고속의 인터넷 등 통신망은 대량 복사 및 분배에 활용되면서, 복제된 멀티미디어 콘텐츠에 대한 보안과 저작권 보호의 필요성이 요구되고 있다. [1]

워터마킹 기술은 멀티미디어 저작권을 보호하기 위한 기술중의 하나로써, 콘텐츠 자체에 정보를 은닉하고 문제가 발생 시 은닉된 정보를 추출하여 저작권을 보호받는 기술이다. 워터마크는 콘텐츠 자체에 항상 따라 다니는 정보라는 장점이 있다. 또한 저작권 보호 뿐만 아니라 인증이나 CCI(Copy Control Information)와 데이터 감시(Monitoring), 추적(Tracking) 기능으로 사용될 수 있다.

워터마크는 인간의 감각에 구별할 수 없는 범위에서 삽입되어야 하고, 어떠한 조작에도 손상되어서는 안된다. 이러한 워터마킹 시스템은 워터마크 삽입(Embedding) 시스템과 복구(Recovery) 또는 추출(Extracting) 시스템으로 나뉜다. 워터마크는 키에 의

하여 암호화되어 원본 데이터에 삽입된다. 삽입은 크게 원본 데이터를 주파수 영역으로 변환하여 변환된 공간 영역에 삽입하는 방법과 직접 물리적인 픽셀 영역에 바로 삽입하는 방법이 있다.

최근 여러 정신 물리학 실험의 결과를 활용한 방법으로 시각의 정보를 Perceptual Channel이라 불리우는 'Cortex Filter'로 분해한 후, 임의의 Channel에 워터마크를 삽입하는 방법이 제안되고 있다.[2] 그러나, 이 방법은 삽입 위치를 선정하는 과정에서 삽입의 위치에 따라 상이한 결과를 보이고 있다.

본 논문에서는 변환된 공간에서 각 Channel의 위치를 실험적으로 적용하여 대상 영상에 최적화된 값을 얻도록 하였다. 이로써 인간의 시각에 둔감하면서, 다양한 공격에 대해 강인함을 실험을 통하여 입증하였다.

2. 시각 시스템의 특성

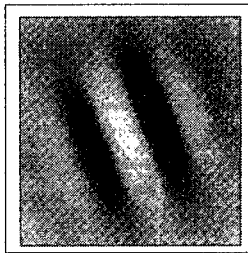
인간의 시각신경계는 망막(retina)에서 시작하여 뇌의 외측체(lateral geniculate body)를 거쳐서 시각 피질(visual cortex)로 연결되는 여러 단계의 신경 세포

들로써 이루어진다.[3][4]

이러한 시각 경로(Visual Pathway)에서 제1차 시각 피질(Primary Visual Cortex :V1)은 외슬체의 세포를 통해서 망막으로부터 전달되는 영상 신호를 받아 여타 시각 피질 영역으로 정보를 전달한다.

망막과 외슬체의 세포들의 반응은 한 점의 빛에 의해서 반응을 보이는데 반해서 시각피질의 세포는 직선으로 이루어진 빛의 대조에 의해서 반응한다. 뿐만 아니라 시각 피질의 각 세포들이 반응하는 빛 선의 기울기는 세포에 따라서 다르다. 이를 '기울기 선호(orientation selectivity)'라 한다.

기울기 선호성을 보이는 시각 피질의 세포들에는 '단순 세포(Simple Cell)'와 '복합 세포(Complex Cell)' 등이 있어서 외슬체 세포들의 반응에 의해서 단순세포의 특성이 생성되고 여러 단순세포의 반응에 의해서 복합세포의 특성이 생성된다.



[그림 1] Cortical Receptive Field의 응답

[그림 1]는 시각 피질의 세포들 중, Simple Cells 응답 특성을 나타낸다. Simple Cell은 공간(혹은 Radial) 주파수(Spatial Frequency)와 방향성(Orientation)에 의해서 특징지어진다. 이 세포는 외부 자극에 대해서 대역폭이 제한된 공간 주파수의 밴드로 분할되어 반응하는 것으로 알려지고 있다. 즉, 외부 물체는 몇 개의 공간 주파수 영역의 채널로 분해되어 뇌에 인식된다.

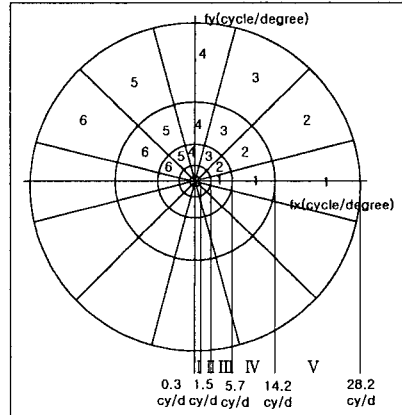
De Valois등은 실험의 결과로써, 평균 공간 주파수의 대역폭은 1.4~1.5 옥타브의 간격이 되고, 평균 방위 대역폭은 약 40° 정도가 된다는 것을 발견하였다.[5][6] 이러한 사실로부터 병렬적(Parallel)이고, 대역 통과(Bandpass)의 특징을 가지고 있는 'Multiple Channel'의 개념이 도입되었다.[7]

이러한 응답 특성은 2-D Gaussian(Dom Filter)과 2-D Sinusoid(Fan Filter)의 곱으로 형성되며 2-D Gabor Function과 유사하다.

3. 제안하는 워터마킹 기법

(1) 인식 마스크(Perceptual Mask)의 생성

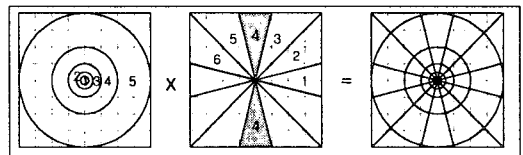
DFT로 변형된 공간에서 워터마크가 삽입될 Pixel의 위치를 정하는 인식 마스크는 DPC를 이용한다. DPC는 'Cortex Filter'로도 불리우며, [그림 2]에서처럼 인간 시각 시스템(Human Visual System)의 공간 감도(Spatio-Frequential Selectivity)를 Channel로 분할한 것이다.



[그림 2] Decomposition into Perceptual Channel

이 마스크를 사용하여 워터마크를 삽입할 영역을 선택함으로써, 여러 공격에 강인하고, 시각적으로 감지하기 어려운 고주파나 중간 주파수 영역(Pixel)을 선택하여 워터마크를 삽입할 수 있게 된다.

본 논문에서는 방사(Radial) 영역을 전체 주파수에서 5개의 옥타브 간격으로 나눈 Dom Filter와 각도(angle) 영역을 30°로 나눈 Fan Filter의 곱으로 인식 마스크를 구현하였다. 다음의 [그림 3]은 8x8 영역에 적용한 모습을 보여준다.

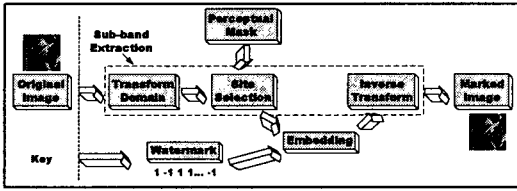


(a)Dom Filter (b)FanFilter (c)Multiplication

[그림 3] 8x8 영역에서 인식 마스크 적용

(2) 워터마크의 삽입

워터마크는 [그림 4]과 같이 특정 키 값에 의해서 전체 평균을 0으로 하고, 1과 -1을 가지도록 구성된다. 삽입하고자 하는 원본 이미지는 전체 픽셀에서 8x8씩 분할하여 주파수 영역, 즉 DFT 영역으로 변환된다.



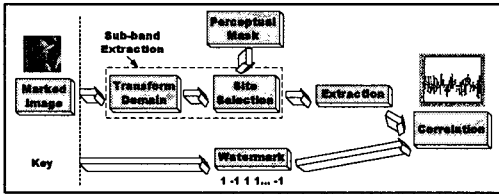
[그림 4] 워터마크 삽입 블록도

삽입은 (식 1)에서처럼 선택된 영역에 가중치를 곱한 워터마크와 더함으로써 수행되고, 워터마크가 삽입된 이미지는 역변환 과정(Inverse DFT)을 수행함으로써 얻을 수 있다.

$$M'(u,v) = M(u,v) + \alpha \cdot W(x) \quad (\text{식 1})$$

$M'(u,v)$ 는 워터마크가 삽입된 영상을 나타내며, $M(u,v)$ 는 원본 영상, α 는 삽입 강도를 조정하는 가중치를, $W(x)$ 는 워터마크를 나타낸다.

(3) 워터마크의 추출



[그림 5] 워터마크 추출 블록도

추출의 과정은 원본 이미지의 정보 없이 워터마크가 삽입된 이미지와 키 값만으로 가능하다. 워터마크가 삽입된 이미지를 블록별로 주파수 영역(DFT)으로 변환하고, 인식 마스크를 거침으로써, 삽입된 위치를 판별할 수 있다.

선택된 영역의 픽셀과 키 값에 의하여 생성된 워터마크는 상관도(Correlation)를 구하여 저작권을 확인할 수 있다.

$$c = \frac{1}{L} \sum_{u=1}^L \sum_{v=1}^L W(u,v) \cdot M'(u,v) \quad (\text{식 2})$$

여기에서 L 은 삽입된 워터마크의 길이를 나타낸다.

워터마크는 Cox등이 제안한 주파수 대역 확산 방법을 이용하여 이미지 전체에 넓게 퍼져 있으므로 각 블록의 워터마크를 추출하여 축적하게 되면 그 값은 외부의 공격에 충분히 견딜만큼 크다.

4. 실험 결과 및 검토

실험에 사용된 이미지는 Lenna, Boat, Butterfly 그리고, Camera이며, 각기 256x256의 크기를 가지는 8bit 흑백 영상이다.



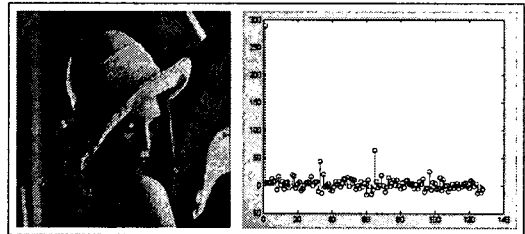
(a)lenna (b)boat (c)butterfly (d)camera

[그림 6] 실험에 사용된 원본 이미지

워터마크의 길이는 128bit이고, 의사-랜덤 시퀀스(Pseudo-Random Sequence)의 특성을 가지는 워터마크를 가중치 0.35를 곱하여 영역에 삽입하였다. 삽입된 결과로써 검출 정도를 <표 1>에 나타내었고, [그림 7]에는 영역 (V,3)에 삽입하여 영상에 따른 검출 결과를 나타내었다.

< 표 1 > 영역에 따른 검출 결과

| 이미지 영역 | Lenna | Boat | Butterfly | Camera |
|--------|-------|------|-----------|--------|
| III,1 | 42 | 120 | 84 | 120 |
| III,4 | 비검출 | 비검출 | 비검출 | 비검출 |
| IV,1 | 29 | 135 | 110 | 135 |
| IV,3 | 74 | 120 | 105 | 140 |
| IV,4 | 59 | 105 | 100 | 85 |
| IV,6 | 30 | 96 | 85 | 105 |
| V,1 | 470 | 470 | 520 | 570 |
| V,2 | 170 | 250 | 250 | 250 |
| V,3 | 290 | 295 | 290 | 300 |
| V,4 | 비검출 | 비검출 | 비검출 | 비검출 |
| V,5 | 260 | 310 | 300 | 300 |
| V,6 | 260 | 275 | 290 | 305 |



(a)워터마킹 이미지 (b) 추출 결과

[그림 7] 영역 (V,3)에 삽입한 결과

전체적으로 삽입된 영상의 PSNR은 34~39로 시각적으로 차이는 느끼기 어려웠다.

또한, 아래의<표 2>는 방사 감도(Radial Selectivity)의 두 Band에 워터마크를 삽입하는 방식을 비교함으로써, 제안하는 워터마크의 성능을 보여준다.[8]

<표 2> 기존의 방법과 제안된 방법과의 비교

| | | 기존의 방법 | | 제안하는 방법 | |
|-----------|------------|--------|---------|---------|---------|
| | | Peak | PSNR | Peak | PSNR |
| no attack | | 120 | 37.2248 | 350 | 36.0645 |
| Noise | 30% | 34 | 11.9808 | 51 | 11.9984 |
| | 40% | 비검출 | 10.0985 | 47 | 10.1097 |
| | 50% | 비검출 | 9.2556 | 비검출 | 9.2640 |
| Filtering | Blur | 비검출 | 31.2853 | 185 | 31.1828 |
| | Gaussian | 비검출 | 27.6556 | 105 | 24.6259 |
| | Sharpening | 108 | 25.9211 | 350 | 25.8398 |
| | Median | 30 | 29.6553 | 164 | 29.5929 |
| JPEG 압축 | 30% | 88 | 31.1281 | 170 | 30.9591 |
| | 20% | 56 | 29.7937 | 90 | 29.7079 |
| | 30% | 61 | 27.6131 | 65 | 27.5832 |
| | 5% | 81 | 25.0555 | 30 | 25.0426 |

기존의 방법과 제안하는 방법에 128bit의 길이에 가중치 0.3을 가지는 워터마크를 삽입하였다. 본 실험으로 제안하는 방법이 기존의 방법과 비교하여 시각적으로 별 다른 차이가 없거나 뛰어나고, 여러 공격에 대하여 높은 검출을 보장한다는 결과를 얻었다.

5. 결론

본 논문에서는 디지털 이미지에 소유권을 보호하기 위하여 워터마크를 삽입하였다. 원본 이미지를 8x8 블록으로 나눈 후, FT(Fourier Transform)영역에서 Decomposition Perceptual Channel(Cortex Filter)을 사용하여 비가시성과 강인성의 조건을 충족할 수 있는 중간 주파수 영역과 고주파수 영역에 워터마크를 삽입하였고, 그 결과를 기존의 방법과 비교하였다.

Perceptual Mask(Cortex Filter)를 사용함으로써 각 이미지의 특성에 맞는 영역을 선택하여 워터마크를 삽입함으로써 다양한 공격으로부터 강인함을 확인할 수 있었다. 또한 삽입된 워터마크는 다양한 정보를 포함할 수 있도록 bit값(본 실험에서는 128bit) 형태로 구성되었다.

향후의 개발은 JPEG2000의 압축인 웨이블릿에 인식 마스크(Perceptual Mask)를 적용하여 워터마크를 삽입하는 방법과 다량의 bit 형식의 워터마크 보다는 시각적으로 유리한 로고 등의 이미지를 삽입하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] F.M.Boland, J.J.K.O Ruanaidh and C.Dautzenberg, 'Watermarking Digital image for Copyright Protection' Image Proc. and its Applications, p326-330, July 1995

[2] Florent Atrousseau, Abdelhakim Saadane, Dominique Barba 'A psychovisual approach for watermarking' Proc. of SPIE Vol. 4314 p495-504 2001
 [3] P.Lennie, 'Parallel visual pathway: A review' Vision Res. 20, p561-594, 1980
 [4] R.M.Shapley and P.Lennie 'Spatial frequency analysis in the visual system' in Annual Review of Neuroscience, Vol 8, p547-583, Annual Review, Palo Alto, CA, 1985
 [5] R.I., De Valois, E.W.Yund, and H.Hepler 'The Orientation and Direction selectivity of cell in macaque Visual Cortex' Vision res. 22, p531-544, 1982
 [6] R.L., De Vlois, D.G.Albrecht and L.G.Thorell 'Spatial frequency selectivity of cells in macaque visual cortex' Vision Res. 22, 545-559, 1982
 [7] Andreq B. Watson 'The Cortex Transform: Rapid Computation of Simulated neural Image' Com. Vision Graphic and Image Proc. 39, p311-327, 1987
 [8] Y.J. Jung, H.K.Kang and Y.M.Mo 'Novel watermarking embedding technique based on human visual system' Security and Watermarking of Multimedia Contents III, Proc. of SPIE, Vol 4314, 2001
 [9] 이규대, 박세준, 박만규 '컬러영상 데이터의 소유권 보호를 위한 다중 워터마킹 알고리즘' 멀티미어 추계 학술 발표 논문집 Vol.2, No.2, p22-25, 1999
 [10] I J.Cox, J.Kilian, T.Leighton, and T.Shamon, 'Secure spread spectrum watermarking for multimedia', NEC Res. Insti., Princeton, NJ, Tech. Rep. 95-10, 1995. Tech. Rep. 95-10, 1995.