
FWT-CIT를 적용한 그레이 영상의 의사컬러 변환 및 향상

류광렬*

A Gray Image to Pseudocoloring Conversion and Enhancement Using FWT and CIT

Kwang-ryol Ryu*

요 약

본 논문은 그레이 영상을 컬러영상으로 변환하고 컬러농도를 변환하여 출력영상을 향상시킨 연구이다. RGB 컬러성분을 추출하기 위한 의사컬러링은 2D고속웨이브릿 변환(FWT)에 의한 필터뱅크 재배열을 적용하고 후처리에서 각각의 모노컬러는 노이즈제거와 영상향상을 위해 이산 컬러농도변환(CIT)을 적용한다. 실험결과 출력영상은 일반 웨이블릿 변환 적용보다 PSNR 30dB이상 개선된다.

ABSTRACT

The color conversion and color enhancement on gray image is presented in this paper. The pseudocoloring for RGB color components extraction from gray image is used the 2D FWT(Fast Wavelet Transform) for filter bank and re-array. The each post processing is used the median filtering for noise reduction and the discrete color histogram equalization for CIT(Color Intensity Transformation). The experiment result has enhanced pseudocoloring image as PSNR 30dB over compared the processing of normal wavelet transform.

키워드

2D FWT, IFWT, Pseudocoloring, Color Intensity Transformation, Median Filtering, Discrete Histogram Equalization Transformation

1. 서 론

흑백 그레이 영상을 컬러로 변환 및 선명도 향상을 위한 연구가 확대되고 있다[1-2]. 사람의 눈은 단순한 농도변화 보다는 컬러변화에 더욱 민감하게 반응한다. 일반적으로 인간의 시각으로는 그레이 단계에서 20-30 단계만을 구분할 수 있지만 칼라에서는 수 천 가지 이상의 단계를 분별 해낼 수 있다. 즉 그레이를 컬러로 표현하면 인간의 시각 구분 능력을 향상시킬 수 있음에 따라 의학, 공학, 군사, 영화 및 산업분야의 보안검색, 품질제어, 위성영상분석 등과 같은 검사 및 분석 응용분야에서

그 활용도가 높다[3-4]. 그레이를 컬러로 표현하는 의사컬러변환 방법에는 농도정량화기법, 필터링접근법 DFT기법, DWT기법 등이 있다[5-6]. 농도정량화변환 기법은 평탄한 비선형 함수를 근거하지만 변환된 해상도는 개선이 요구된다[7]. 필터링기법은 주파수 분해능과 DFT기법은 시간-주파수에 대해 유연하지 못하다[8]. 그리고 영상의 선명도 향상을 위한 컬러농도변환기법에는 영상향상을 위해 히스토그램 선형화 변환, 히스토그램 보정화 및 히스토그램 매칭 등이 일반적인 기법이다. 히스토그램 평활화변환은 노이즈문제가 발생할 수 있지만 간단하기 때문에 연산처리시간을 단축할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 DWT기법 보다 처리속가 빠른 2D 고속웨이블릿변환(FWT: Fast Wavelet Transformation)기법으로 LP, BP, HP필터링 분리된 3색 정보를 추출하고 이산 컬러농도변환(CIT: Color Intensity Transformation)에서는 각각의 모노컬러농도변환(Monochrome Intensity Transformation)에서는 웨이블릿 섹밴드에서 발생한 노이즈를 제거하기 위해 미디언 필터링(Median Filtering)과 이산히스토그램(Discrete Histogram Equalization) 선명화 변환으로 영상의 선명도를 향상시킨 의사컬러영상을 실현한다.

II. FWT-CIT

의사컬러 추출을 위한 2D고속웨이블릿변환과 컬러영상향상을 위한 컬러농도변환의 전체처리과정은 그림 1과 같이 그레이 입력영상에 대해 고속웨이블릿 변환과정에서 3색 영상 r g b를 추출하고 컬러농도변환의 각 모노컬러농도변환으로 미디언 필터링과 이산히스토그램 평활화 변환을 적용하여 향상된 의사컬러영상 RGB를 구현한다.

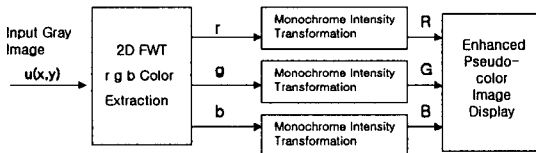


그림 1. FWT 의사컬러링 및 컬러농도변환
Fig. 1 FWT Pseudocoloring and CIT

2-1. 고속웨이블릿변환 및 필터링

2D 고속웨이블릿변환에 의한 그레이 영상의 r g b 컬러변환 처리과정은 2D FWT로 분해(Decomposition)하고 스케일에 의한 근사(Approximation)와 상세(Detail)를 구하고 이를 조정, 웨이블릿 필터링하여 재구성 (Synthesis)한다. 웨이블릿은 식(1)과 같이 쌍직교기저함수의 스케일과 이동을 적용한다. d는 쌍직교 웨이블릿(Bi-orthogonal Wavelet) 기저함수이고, i는 A, H, V, D 방향 웨이블릿이다. 하나의 저주파성분 2D 스케일링(Scaling) 함수와 3개의 2D 웨이블릿의 고주파성분 $\psi^u(x,y)$, $\psi^v(x,y)$, $\psi^d(x,y)$ 이 출력된다. $\psi^u(x,y)$ 는 수평에지와 같은 열의 변화를 나타내고 $\psi^v(x,y)$ 는 수직에지와 같은 행의 변화의 응답, $\psi^d(x,y)$ 는 대각선의 변화와 대응된다.

$$\varphi_{j,m,n}^d(x,y) = 2^{j/2}\varphi^d(2^jx - m, 2^jy - n) \dots\dots(1)$$

$$\psi_{j,m,n}^u(x,y) = 2^{j/2}\psi^u(2^jx - m, 2^jy - n) \dots\dots(2)$$

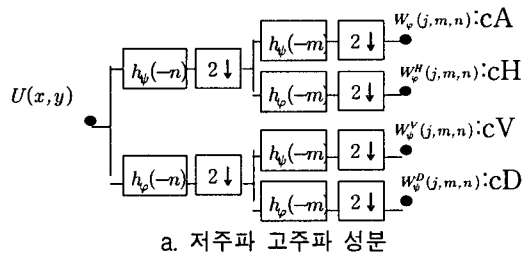
영상 M×N의 함수 u(x,y)에 대한 FWT 분해과정의 식(3)에서 j0는 임의의 초기 스케일, $W_\varphi(j_0, m, n)$ 는 저주파성분의 근사이고 식(4)의 $W_\psi^i(j, m, n)$ 는 고주파의 상세이다.

$$W_\varphi(j_0, m, n) = \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} U(x,y)\varphi_{j_0,m,n}^d(x,y) \dots\dots(3)$$

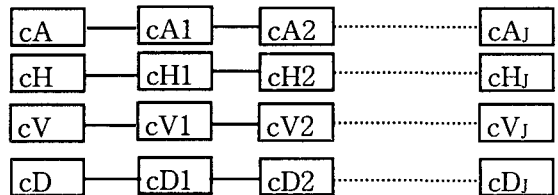
$$W_\psi^i(j, m, n) = \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} U(x,y)\psi_{j,m,n}^i(x,y) \dots\dots(4)$$

$$j_0 = 0, N = M = 2^J, J = \log_2 N, j = 0, 1, \dots, J-1$$

원 영상을 웨이블릿 필터에 통과시킬 때 레이블을 J개만큼 조정하면 J개의 분산된 고주파, 저주파 필터계수를 얻을 수 있고 그림2와 같이 4개의 성분과 4xJ 개의 서브밴드로 나타난다.



a. 저주파 고주파 성분



b. 섹밴드 저주파 및 고주파 성분

그림 2. 2D FWT 분해필터뱅크
Fig. 2 2D FWT Decomposition Filter Bank

시간 분해능을 좋게 하기 위해서는 웨이블릿의 고주파를 사용하고 주파수 분해능을 좋게 하기 위해서 저주파를 사용한다. 신호를 분해하여 얻은 근사계수는 다시 분해하는 과정을 반복해서 입력된 신호는 많은 저해상도 성분으로 분리된다. 재구성 과정은 그림 3과 같이 필터뱅크 재조정 배열하여

식(5)에 의해 2D IFWT(Inverse Fast Wavelet Transformation)로 변환한다. 저역통과필터와 고역통과 필터를 통과한 영상 성분에서 저주파 출력성분 c를 적색 r, 고주파 성분을 청색 b, 대역통과는 저역통과 필터의 상위레벨을 녹색 g성분으로 추출한다.

$$U(x, y) = \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_m \sum_n W_v(j_0, m, n) \varphi_{k,m,n}^A(x, y) \dots(5) + \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_{j=1}^{\infty} \sum_m \sum_n W_v^j(j, m, n) \psi_{j,m,n}^A(x, y)$$

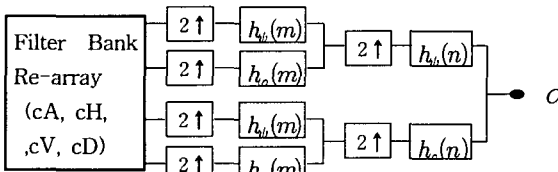


그림 3. IFWT 재구성 및 의사컬러 추출
Fig. 3 IFWT Synthesis and Pseudocolor Extraction

그레이 영상을 스케일 웨이블릿을 사용하여 의사컬러 변환을 실현한다. 그림 1과같이 원 영상을 R,G,B 출력을 얻기 위해 시간영역의 그레이 영상을 웨이블릿 변환을 하고 LP, HP 등의 주파수 필터를 통과 시킨다. 그리고 이와 마찬가지로 각각의 필터에 스케일을 달리 하여 여러 대역의 이미지 정보를 획득한다. 여기서 의사컬러 변환에 사용될 영상을 추출하고 주파수 영역의 영상을 역웨이블릿 변환하여 시간영역으로 변환한 후 RGB 각각의 컬러레벨의 분포를 히스토그램평활화로 재분배하여 의사컬러 영상을 얻는다.

2-2. 컬러농도변환

컬러농도변환은 모노컬러농도에 대해 미디언 필터링 및 히스토그램 선명화 변환으로 실현한다. IFWT 출력영상은 r g b 합성영상이 아니라 각각 분리된 모노컬러성분이므로 컬러미디언 필터링이나 컬러 히스토그램 선명화 변환을 적용할 필요가 없다. IFWT 출력영상은 웨이블릿 섹밴드에서 발생된 임펄스 노이즈와 균등한 분포의 이산히스토그램 선명화 변환에서 발생하는 노이즈 제거를 우선 실행하기 위해 미디언 필터링을 취한다. 미디언 필터링의 특징은 비선형 필터이며 공간적 선명도를 유지함과 동시에 화소나 산발적 선을 제거한다. 미디언 필터링 과정은 입력화소의 윈도우에 대해 오름차순 정렬기법을 취하여 중간값을 찾아 재배치한다. 식(6)에서 W는 선정된 윈도우이며, k, l은 윈도우 행렬변수, (m, n)은 입력영상의 행렬변수, i=r,

g, b는 IFWT 출력영상의 컬러성분으로 정의한다.

$$v_i(m, n) = med \{y_i(m-k, n-l), (k, l) \in W_i\} \dots(6)$$

윈도우는 수평, 수직, 다이아몬드, 교차 등이 있지만 일반적으로 성능이 우수한 블록 윈도우를 사용하고 윈도우 크기는 우수 개 보다는 기수 개가 연산수를 감소시킨다. 윈도우에 노이즈수가 반 미만이면 실행결과가 우수하다. 경계면 화소의 경우는 0을 삽입한다.

영상의 이산히스토그램 선명화 변환은 확률밀도 함수(PDF: Probability Density Function)의 확률변수인 영상농도 함수로 표현된다. 영상 PDF는 유용한 정보를 갖고 있으나 PDF는 일반적으로 직접 사용이 불가능하기 때문에 히스토그램을 적용한 경험적 PDF를 사용하여 추정한다. 영상에 대해 히스토그램 분포가 낮은 영상 농도로 집중되면 어둡고, 높은 영상 농도에 집중되면 영상은 밝다. 또한 영상 히스토그램이 적은 농도영역에 집중되면 영상 명암대비가 부족하여 화질이 낮다. 이 영상의 질은 히스토그램 선명화 변환으로 균등한 분포가 되어 더 높은 명암대비가 되므로 영상의 질이 향상된다. r, g, b 각각의 이산 히스토그램 선명화 변환의 어림식 (7)에서 n은 모노컬러 영상의 전체화소수, n_j는 모노컬러 그레이 레벨의 화소수, L은 모노컬러 그레이 레벨 수, i=r, g, b로 정의한다.

$$g_{ik} = \sum_{j=0}^k \frac{n_{ij}}{n_i} \quad k = 0, 1, \dots, L-1 \dots(7)$$

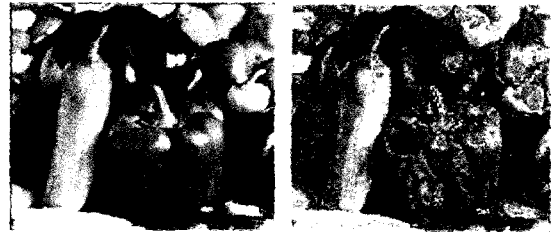
III . 실험 및 고찰

3-1 의사컬러링 실험

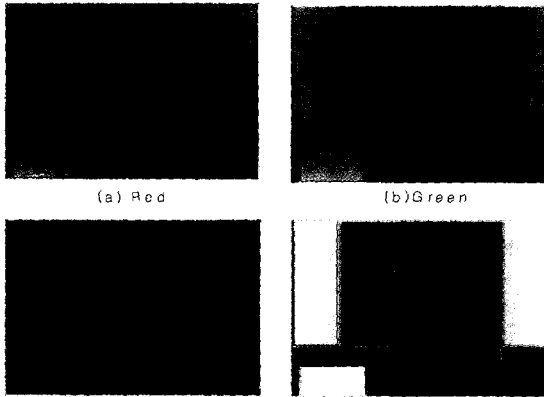
2D FWT 변환 후 웨이블릿 필터뱅크를 적용하면 원 영상의 각각의 고주파와 저주파 변환 영상을 얻을 수 있다. 웨이블릿 필터뱅크를 사용하여 획득된 영상에서 의사컬러변환에 사용할 영상 정보를 추출하고 이를 다시 역웨이블릿 변환으로 재구성한 후 노이즈제거와 컬러농도변환한 R G B 영상데이터를 하나로 조합한다. 실험영상은 그림 4와 같이 TV화면조정패턴영상과 빼빼(Pepper)영상 256x 256 그레이 영상을 각각 사용한다. 그레이 TV화면조정패턴영상을 실험하여 추출한 각각의 R G B 성분과 합성된 의사컬러변환 영상은 그림 5와 같다.



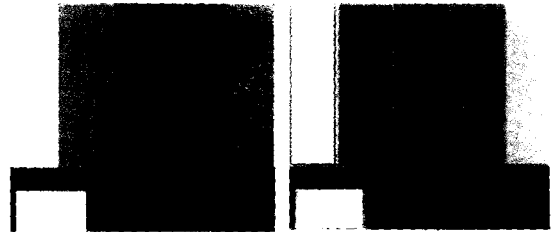
(a) 화면조정패턴 영상 (b) 빼퍼영상
그림 4. 실험입력 그레이 영상
Fig. 4 Experiment Gray Images



(a) 빼퍼 영상 (b) 빼퍼 의사컬러



(a) Red (b) Green
(c) Blue (d) Pseudocolor
그림 5. 의사컬러 변환영상
Fig. 5 Pseudocolored Image



(c) 화면조정패턴 원영상 (d) 화면조정 의사컬러
그림 7. 컬러 원영상과 의사컬러 영상의 비교
Fig. 7 Comparison with Color Original Image and Pseudocolor Image

3-2. 의사컬러 출력영상 고찰

FWT 웨이블릿 필터뱅크, 노이즈제거 및 영상향상 기법을 적용한 의사컬러변환의 성능을 평가하기 위하여 그림 6과 같이 기존의 웨이블릿 변환기법과 비교 하였다. (a)의 웨이블릿 변환을 이용한 의사변환 영상보다 색의 번짐이 없고 색 분포가 선명하게 향상되었다. 그림 7은 실험을 위한 원영상 빼퍼와 TV화면조정패턴영상과 의사컬러링 출력영상의 PSNR을 비교한 결과 원 영상을 충실히 유지하며 의사컬러변환으로 향상되었는지를 판단할 수 있다. 빼퍼영상과 화면조정패턴 영상의 PSNR값 비교는 적용기법이 39dB와 43dB이고 단순한 웨이블릿 기법은 8dB와 10dB로 평균 30dB의 영상 향상을 보였다.



(a) 일반 웨이블릿 영상 (b) FWT-CIT 영상
그림 6. 의사컬러 영상의 성능비교
Fig. 6 Pseudocolor Images Quality Comparison

IV. 결 론

본 연구는 그레이 영상을 컬러영상으로 변환하고 컬러농도변환을 적용하여 출력영상을 향상시킨 연구이다. r g b 컬러성분을 추출하기 위한 의사컬러링은 2D 고속웨이블릿 변환의 필터뱅크배열을 적용하고 후처리에서 각각의 영상향상을 위해 노이즈제거 필터링과 이산 히스토그램 선명화의 컬러농도변환기법을 적용하였다. 실험결과 원영상과 출력영상과의 비교에서 처리시간과 주파수 손실을 감소시키며 일반 웨이블릿변환 적용보다 PSNR 30dB이상 영상이 개선되었다. 이 결과는 의료영상, 산업 및 군용 영상 등에서 이용이 가능하다. 앞으로 급격한 명암변화를 줄이고 웨이블릿 필터뱅크 상세조정을 개선하기 위한 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] 류광렬, "적외선영상의 의사컬러 향상에 관한 연구", 목원대학교 IT공학연구소 논문집, vol.2 no.1, pp.7-12, 2002
- [2] 유병근, 김정태, 류광렬, "B-스플라인 웨이블릿을 적용한 적외선 이미지의 의사컬러 향상

- 에 관한 연구", 『한국해양정보통신학회』, vol7, No.1 pp.192-195, 2003
- [3] Gonzalez and Woods, Digital Image Processing, Prentice-Hall, 2002.
- [4] Anil K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, 1989.
- [5] Metin Akay, Time-Frequency and Wavelets in Biomedical Signal Processing, IEEE Press, 1996.
- [6] Goswami and Chan, Fundamental of Wavelets Theory, Algorithm and applications, Wiley and Sons, 1999.
- [7] Harry C. Andrews, A. G. Tescher, Richard P. Kruger, "Image Processing by Digital Computer." IEEE Spectrum, vol.9, no.7, pp.20-33, 1972
- [8] R. H. Stratton, J. J. Sheppard, Jr. "A photographic Technique for Image

Enhancement: Pseudocolor Three-Separation Process", Rand, 1970

저자소개

류광렬(Kwang-ryol Ryu)



1975년 광운대학교 공학사
1980년 경희대학교 공학석사
1988년 경희대학교 공학박사
1996~1997년 University of Pittsburgh 초빙교수

현재 목원대학교 정보전자영상공학부 정교수
※ 관심분야 : 디지털신호처리(영상비전)