주파수필터를 이용한 그레이이미지의 의사컬러 향상

김영빈* · 김윤호** · 류광렬*

*목원대학교 전자정보통신공학부 · **목원대학교 컴퓨터공학과

A Pseudocolor Image Enhancement of Gray Images using Frequency Filter

Young-bin Kim*, Yoon-ho Kim** · Kwang-ryol Ryu*

Mokwon University

Email : ryol@mokwon.ac.kr

요 약

본 논문은 그레이이미지를 컬러이미지로 변환하는 의사칼라이미지 향상에 관한 연구이다. 적용기법은 그레이이미지의 시간영역신호를 주파수영역으로 변환하고 LPF, BPF, HPF 2차원필터를 통과시켜 시간영역으로 역 변환한 후 각각에 대해 히스토그램 평활화하여 RGB 신호를 구하는 과정에서 의사칼라를 얻는다. 실험 결과 필터주파수가 증가함에 따라 PSNR도 증가하고 낮게 설정하면 경계부분의 화질이 좋아진다. 2차원 주파수필터의 사용은 칼라 변환 시 강조하고자 하는 부분을 보다 자유롭게 변환할 수 있고 다양한 컬러 이미지로 향상되어 영상분석에 효과가 있다. 의사칼라의 변환에 의한 식별 인식능력은 9dB 정도 향상된다.

I. 서론

인간의 눈은 단색이나, 회색의 농도 변화에서는 20~30 단계를 구분할 수 있다. 그러나 컬러변화에서는 색상을 구별할 수 있는 능력이 단색의 농도변화에 비해 수십 배 향상된다. 따라서 흑-백의 그레이이미지 보다 컬러이미지에서 보다 빠른 비교 분석능력을 발휘하게된다. 그레이 이미지를 컬러 이미지로 변환하는 방법에는 회색의 농도변화에 특정 컬러를 할당하는 방법이 자주 이용되었으나 그레이 농도에 따른 제한이 있고 사실적인 표현에 제한이 따른다. [1][5-7] 다시 말해서 흑백의 이미지를 컬러로 표현하면 인간의 판단을 높일 수 있다. 그리고 컬러정보를 받아들이는 인간 시각시스템 본래의 능력을 향상시킨다. 이와 같이 관측자인 사람이 이미지 내에서 대상을 감지하는 능력을 향상하기 위해 그레이 이미지를 컬러 이미지로 나타내는 의사컬러(pseudocolor)와 유사한 기법으로 관측자의 구분이 쉽도록 두드러진 컬러 대조를 이루기 위해 컬러 이미지를 또 다른 컬러 이미지로 맵핑하는 false color가 있다. [2][3]

초기의 의사컬러(pseudocolor) 방법은 제도법(cartography)에서 찾을 수 있다. 컬러를 사용하지 않고 지도를 만든다는 것은 어렵고 때론 불가능하기도 하다. 그리고 점차 의료, 공학, 군사 분야에서도 몇몇 다른 이미지 처리 기술과 함께 사용되어 왔다.[6] 명암도가 다른 흑백영상을 컬러를 갖는 영상으로 변환하는 방법에는 명암 분할(intensity slicing method)과 명암도 컬러변환(Gray level to color transformation) 두 가지로 방법에 있는데 그 특성은 각기 다르다. 명암 분할 기법을 이용한 색 부호화 기술은 의사칼라 영상처리의 가장 간단한 방법중의 하나이다. 명암도 컬러 변환법은 평탄한 비선형 함수를 근거로 하기 때문에 명암 분할 방법에 비해 더 많은 융통성을 제공하지만 변환된 해상도는 개선이 요구된다.[4] 따라서 본 연구는 주파수영역에서 그레이 이미지를 의사컬러로 변환한다. 그 기법은 그레이 이미지를 FFT 처리를 하여 주파수 변환을 한다. 변환된 주파수 데이터에서 이미지의 그레이 농도 변화에 대한 차이를 고역통과, 대역통과, 저역통과 필터를 거쳐 컬러 이미지로 표현할 수 있는 RGB 정보를 추출한다. 여기서 추출한 데이터는 다시 역푸리에 변환을 거치고 히스토그램 평활화 과정을 거쳐 의사컬러 이미지로 변환을 한다. 그

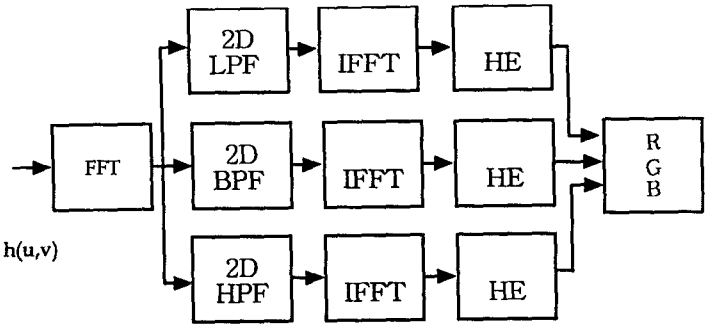

그림 2-1. 의사컬러 처리 과정

리고 코딩 처리 과정에서 자연스럽고 특정정보에 대해 강조를 하기 위한 주파수필터를 이용한 새로운 의사컬러 코딩기법에 대하여 논한다.

II. 의사칼라의 변환

2.1 의사컬러 처리 과정

RGB출력을 얻기 위해 그림2-1과 같이 시간영역의 그레이 영상을 2D FFT하고 LPF, BPF, HPF 등의 주파수필터를 통과시킨다. 주파수영역의 영상을 역 FFT하여 시간영역으로 변환하고 RGB 각각의 컬러레블의 분포를 히스토그램 평활화으로 재분배한다. 입력에 공급되는 영상을 만들기 위해 3개의 필터함수에 의해 영상 푸리에 변환을 독립적으로 수행하는 방법으로 명암도의 컬러변환법의 발전된 기법이다. 이러한 컬러처리 기법의 목적은 주파수내용에 기초를 둔 영상의 컬러 부호화이다.

2.2 이미지의 주파수변환과 역변환

그레이 이미지에는 컬러정보가 포함되어 있고, 컬러는 주파수로 분리되므로 그레이 레블에 대한 이미지 데이터를 주파수영역으로 변환한다. 주파수영역의 변환은 2차원 FFT로 구한다. MxN 크기의 영상에 대한 불연속성을 줄이기 위해 식2-1의 hanning 윈도우를 적용하여 식2-2로 고속퓨리에 변환하고 식2-3에 의해 시간영역으로 역변환된다.

윈도우함수

$$w(n)=\frac{1}{2}\left[1-\cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right)\right] \quad \text{.....(2-1)}$$

이산퓨리어 변환

$$H(u,v)=\frac{1}{MN}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}h(x,y)\,e^{-j2\pi(ux/M+vy/N)}$$

.....(2-2)

이산퓨리어 역변환

$$h(x,y)=\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}H(u,v)\,e^{j2\pi(ux/M+vy/N)}$$

.....(2-3)

2.3 2차원 주파수필터 설계

전형적인 필터링 작업은 저역통과, 대역통과 그리고 고역통과 필터를 사용하여 RGB 각각의 주파수 성분을 구한다. 대역저지와 대역통과 필터는 저역통과와 고역통과 필터를 확장하여 구한다. 이상적인 필터를 위한 진행은 다음과 같다.
이상적 대역저지 필터(IBRF)는 점 (u_0, v_0) 근처의 반지름 D_0인 주변 부의 모든 주파수를 저지하는데 식2-4로 주어진다.

$$H=\begin{cases}0, & D(u,v)\le D_0\\ 1, & D(u,v)> D_0\end{cases}$$

.....(2-4)

여기서

$$D(u,v)=\left[(u-u_0)^2+(v-v_0)^2\right]^{1/2}$$

.....(2-5)

식2-5는 식2-6과 비슷하지만 거리함수 $D(u,v)$는 원점대신 점(u_0,v_0)에 대해 계산한다.
푸리에변환의 대칭에 의해 원점이 아닌 대역저지는 중요한 결과를 얻기 위해 대칭 쌍으로 수행되어야 한다. 이상적 필터의 경우 식2-4는

$$H(u,v)=\begin{cases}0, & D_1(u,v)\le D_0 \text{ or } D_2(u,v)\le D_0\\ 1, & \text{기타}\end{cases}$$

.....(2-6)

여기에서

$$D_1(u,v) = [\ (u-u_0)^2 + (v-v_0)^2\ ]^{1/2} \quad \text{.....(2-7)}$$

그리고

$$D_2(u,v) = [\ (u+u_0)^2 + (v+v_0)^2\ ]^{1/2} \quad \text{.....(2-8)}$$

이런 과정은 4개 혹은 그이상의 영역에 대해서도 유사하게 확장할 수 있다.
위에서 다룬 필터는 푸리에변환의 원점에서 떨어진 어떤 점에 대하여 국부화된 것이다. 원점의 중앙에 위치한 주파수 대역을 제거하기 위해 앞서 다룬 저역통과 및 고역통과 필터와 유사한 대칭 필터를 고려하였다. 이상적 필터와 버터워스 필터 처리는 다음과 같다.
원점에서 주파수 대역를 제거하기 위한 방사 대칭인 이상 대역저지필터의 관계는 식2-9와 같다.

$$H(u,v) = \begin{cases} 1\ , & D(u,v) < D_0 - \frac{W}{2} \\ 0\ , & D_0 - \frac{W}{2} \le D(u,v) \le D_0 + \frac{W}{2} \\ 1\ , & D(u,v) > D_0 + \frac{W}{2} \end{cases} \quad \text{.....(2-9)}$$

여기서 W는 밴드의 폭이고 D_0는 방사상의 중심이다. 모두 방사 대칭형 필터일 때 이 필터는 단면도에 의해 완전히 명시될 수 있다. 예를 들어, n차 방사 대칭 버터워스 대역저지 필터의 전달함수는 식2-10과 같다.

$$H(u,v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(u,v)W}{D^2(u,v) - D_0^2}\right]^{2n}} \quad \text{.....(2-10)}$$

W는 밴드 폭이고 D_0는 그 중심이다.
대역통과 필터는 특정한 대역이나 영역내의 주파수를 통과시키고 그 외의 다른 주파수는 감쇠 시키거나 완전히 차단한다. 따라서 대역저지 필터와 완전히 반대이다. 만일 $H_R(u,v)$가 임의의 대역저지 필터 전달함수라고 한다면 이에 대응하는 대역통과 함수, $H(u,v)$는 $H_R(u,v)$을 뒤집어서 간단히 식2-11에 의해 구한다.

$$H(u,v) = -[\ H_R(u,v) - 1\ ] \quad \text{.....(2-11)}$$

이 된다.

2.4 히스토그램 평활화

히스토그램 평활화의 목적은 영상을 일정한 분포의 히스토그램으로 변환하여 향상시킬 수 있다. 화소값 u≥0, 연속확률밀도함수 $p_u(u)$는 L 개의 화소레블 x_i에 대해 식(2-12)로 정의한다.

$$p_u(x_i) = \frac{h(x_i)}{\sum_{i=0}^{L-1} h(x_i)} \quad \text{.....(2-12)}$$

평활화 영상출력 v는 식(2-13)로 구한다.

$$v_k = \sum_{i=0}^{k} p_u(x_i) \quad \text{.....(2-13)}$$

III. 실험 및 고찰

3.1 실험

의사컬러영상으로 향상과정을 단계별로 설명하면 입력영상으로 그림3-1.a을 2차원 FFT를 이용하여 푸리에변환하면, 그림3-1.b와 같은 변환영상을 얻을 수 있다. 변환영상에 대해 필터를 적용하여 대역을 구분하는데 Parks-McClellan 알고리즘을 이용하였다. 이 알고리즘은 낮은 차수의 필터를 만들 수 있고 통과대역과 저지대역에서 최대 오차를 일정하게 정의할 수 있다. 적용할 필터스펙에서 샘플링주파수 Fs=2MHz로 하였고, 저지대역에서의 감쇠 As=40dB이고, 통과대역에서의 오차 Rp=3dB를 유지하도록 하여 주어진 필터스펙을 만족하는 필터차수를 각각 구하여 사용하였다.
저역통과필터의 통과 주파수를 0~110Khz로, 대역통과필터의 통과 주파수는 50Khz~600Khz로, 고역통과필터의 통과 주파수는 300Khz~1Mhz로 하여 필터링 한다. 각각의 대역에 대해 필터처리한 후에 2차원 IFFT를 적용하여 주파수 영역에서 공간 영역으로 영상 데이터를 되돌린다. 그림3은 역푸리에변환한 영상데이터의 최대/최소값 분포를 나타낸 것으로 그림3-2.a는 저역통과한 영상데이터의 최대/최소값의 분포를, 그림3-2.b는 대역통과한 영상데이터의 것을, 그림3-2.c는 고역통과한 영상데이터의 것을 각각 나타내고 있다. 여기서 영상데이터의 최대값을 IDmax라 하고 최소값을 IDmin이라하면 IDmax <= 1 이고, 최소값 IDmin >= 0 일 때 영상데이터로 만족된다. IDmin <=0인 값은 양의 값에 대칭 되는 값으로 '0'으로 놓도록 하고 '1'보다 큰 ID값은 '1'로 놓기로 한다. 따라서 영상데이터가 적당한 영상이미지 데이터로 수렴되도록

$$\begin{cases} ID_{max} \ge 1\text{일때 } 1 \\ ID_{min} \le 0\text{일때 } 0 \end{cases} \quad \text{.....(2-14)}$$

로 변환하는 추가적인 처리를 한다. 그림3-2.d는 식(2-14)를 그림3-2.b에 적용하여 적당한 영상이미지 데이터로 변환한 후의 그림을 보인 것이고, 동

일한 방법으로 그림3-2.c에 대해 변환한 것이 그림3-2.e 이다. 그림3-2.d와 그림3-2.e의 최대/최소 값의 범위가 1~0의 범위로 변환된 것을 확인할 수 있다.

지금까지의 과정으로 얻은 세 영상데이터를 하나로 조합하면 의사컬러 영상이미지가 만들어진다. 세 영상데이터는 처리된 필터에 따라 RGB 이미지의 Red(빨강), Green(초록), Blue(파랑) 색상으로 할당된다. 그림4 는 의사컬러 영상이미지로 조합하기 전의 Red, Green, Blue 이미지를 나타낸 것이다. 그림4.a는 저역통과필터 처리한 파랑성분을 나타내는 영상이미지이고, 그림4..b는 대역통과한 결과 얻은 초록성분의 영상이미지이고, 그림 4.c는 고역통과한 결과 얻은 빨강성분의 영상이미지를 나타낸 것이다.

3.2 고찰

64×64 크기의 box영상과 128×128 크기의 bar 영상에 대하여 의사컬러변환 실험을 시행하였다. 256단계의 그레이 이미지에서 그레이단계가 높으면(255에 가깝게 될 경우) 흰색, 데이터가 없으면(0에 가깝게 될 경우) 검정으로 나타나는 것과 같이 의사컬러에서도 빨강, 초록, 파랑의 농도가 높으면 흰색에 가깝게 나타난다. 예를들어 빨강=255, 초록=0, 파랑=0 으로 조합된 영상은 빨강으로 나타내게 된다.

그림3-3.d는 box 영상이미지 대한 의사컬러변환을 한 후의 이미지영상을 나타내었고, 그림3-4에 bar 영상이미지를 입력영상으로 하였을 때 의사컬러로 향상된 이미지를 보였다. 그레이 이미지의 밝은 영역은 의사컬러변환된 이미지에서는 파랑의 색상을 띄고 있는데 이는 저역통과필터를 거친 전체 이미지의 농도가 나타나 있기 때문이다. 그림5.b의 이미지의 경계부분에서는 분홍빛의 외곽선을 찾아볼수 있어 흑백의 단색이미지에서 찾아볼수 없는 경계를 구분할수 있었다. 그러나 고역통과이미지의 영상정보가 저역통과 이미지에 비해 그 크기가 작기 때문에 뚜렷한 차이가 보이지는 않는다. 그러나 각주파수 성분의 비율을 적절히 조절하면 보다 뚜렷한 차이가 있다.

객관적인 향상결과를 판단하기 위해 필터주파수를 변화하였을 때따른 의사컬러의 향상을 비교고자 한다. 입력된 원영상은 그레이 이미지이고 변환된 이미지는 컬러이미지이기 때문에 직접적인 차이를 비교할 수 없다. 따라서 여기서는 변환된 의사컬러이미지를 Paint Shop 5.01을 사용하여 그레이이미지로 변환한 후 본래의 그레이 이미지에 대한 PSNR을 비교하였다. 표3-1에 보는바와 같이 필터 주파수의 범위를 빨강의 차단주파수는 300Khz~150Khz로 변화하였을때의 G(초록)=65Khz~460Khz, B(파랑)=200Khz로하여 비교하였다. 초록의 대역통과주파수는 낮은 주파수쪽을 65Khz~35Khz로 변화하여 실험하였고, 이때의 R(빨강)=300Khz, B(파랑)=200Khz이다. 파랑의 저역통과필터의 차단주파수는 200Khz~280Khz 로하여 '0'에서부터의 가변된 저주파 성분을 통과시키고 이때 R=300Khz, G=65Khz~460Khz로 설정하여 실험하였다.

필터의 차단주파수를 대역폭이 넓어지도록 변화하였을 때 PSNR이 개선되는 것을 알 수 있는데 이는 필터를 통과한 영상데이터가 보다 커지기 때문이며 따라서 의사컬러의 컬러변화도 따라서 커지는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 의사컬러 변환을 한 영상이미지가 그레이 이미지에 비해 여러 단계로 구분되어지는 효과를 확인할 수 있었다. 그러나 너무 많은 컬러로 구분된 이미지는 오히려 복잡한 이미지로 보여 질 수 있어 적절한 수준에서 컬러표현이 되도록 할 필요가 있다

그림 2.a

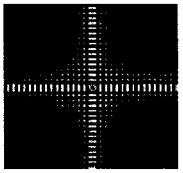

그림 2.b

그림2. 실험에 사용된 box 이미지 및 FFT 변환된 이미지, 2.a 실험영상의 원그레이 이미지, 2.b 2차원 FFT로 변환된 영상주파수 이미지

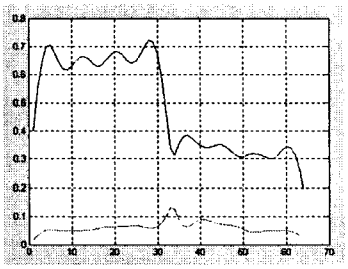

그림 3-2.a

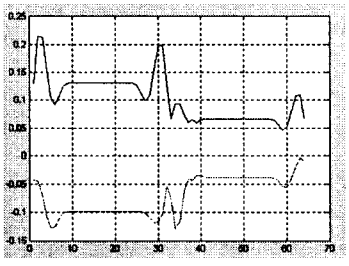

그림 3-2.b

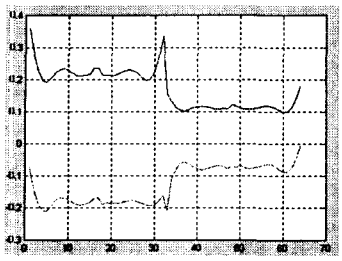

그림 3-2.c

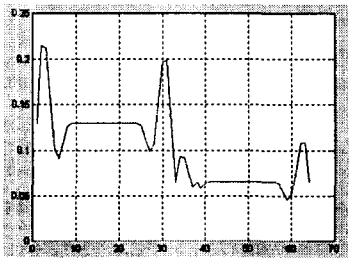

그림 3-2.d

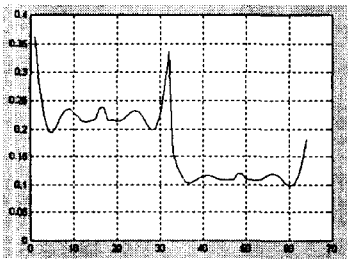

그림 3-2.e

그림3-2. 필터 처리후 IFFT한 이미지의 64 도트에 대한 레벨분포, 3-2.a 저역통과 영상이미지의 레벨분포, 3-2.b 대역통과 영상이미지의 레벨분포, 3-2.c 고역통과 영상이미지의 레벨분포, 3-2.d 대역통과 영상이미지에 추가적처리한 후의 레벨분포, 3-2.e 고역통과 영상이미지에 추가적처리한 후의 레벨분포

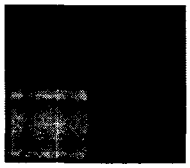

그림 3-3.a

그림 3-3.b

그림 3-3.c

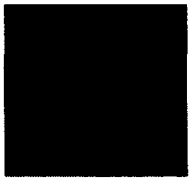

그림 3-3.d

그림4. 입력영상이미지에 필터처리하여 R,G,B 로 분리한 영상 이미지, 그림4.a는 저역통과필터 처리한 파랑성분을 나타내는 영상이미지, 그림4..b는 대역통과필터 처리한 초록성분의 영상이미지, 그림 4.c는 고역통과필터처리한 빨강성분의 영상이미지

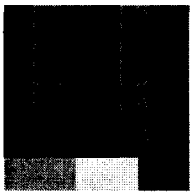

그림 3-4.a

그림 3-4.b

그림3-4. bar 입력영상이미지와 의사컬러향상후의 영상이미지, 그림3-4.a bar 영상의 원그레이 이미지, 그림3-4.b 의사컬러변환처리후의 영상 이미지

IV. 결 론

본 논문에서는 그레이 영상에 주파수 필터를 사용한 의사컬러 변환과 필터주파수 변화에 따른 의사컬러 영상의 식별능력향상에 대하여 고찰해 보았다. 그레이 영상을 의사컬러 영상으로 변환하였을 때 변환전 그레이 이미지 보다 식별, 인식하는 능력이 향상됨을 알 수 있었고, 그레이 영상에서 인식할 수 없었던 부분이 뚜렷이 드러나 보다 빠른 영상 분석이 가능하였고 PSNR 9dB 정도 향상되었다. 이 결과는 의료x선 영상, 군사용의 적외선 영상과 같은 단일 색상의 영상에 적용할 경우 보다 빠른 영상분석을 수행할 수 있다. 그리고 원 영상의 주파수변환 및 필터처리 과정에서의 처리시간을 줄이고 보다 사실적 컬러에 가까운 복원에 대한 연구가 필요하다.

표3-1. 필터주파수 대역변화에 따른 의사컬러영상이미지와 입력된 그레이이미지의 PSNR비

R (Khz)	G (Khz)	B (Khz)	PSNR
150	65~460	200	+9.23
200	〃	〃	+9.17
300	〃	〃	+9.11
350	〃	〃	+9.09
400	〃	〃	+9.08
300	〃	〃	+9.11
〃	60~	〃	+9.20
〃	55~	〃	+9.31
〃	45~	〃	+9.57
〃	40~	〃	+9.70
〃	35~	〃	+9.85
〃	65~460	180	+9.39
〃	〃	200	+9.11
〃	〃	240	+9.19
〃	〃	260	+9.44
〃	〃	280	+9.40

참고문헌

[1] Harry C. Addrews, A. G. Tescher, Richard P. Kruger,"Image Processing by Digital Computer." IEEE Specturm, vol.9, no.7, pp.20-23, 1972

[2] Anil K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing" Prentice-Hall,1989

[3] Green, W.B. "Digital Image Processing-A Systems Approach", Van Nostrand Reinhold, New York

[4] Gonzalez & Woods, "Digital Image Processing", Addison wesley Longman Limited, pp.230-251, 1992

[5] R. H. Stratton, J. J. Sheppard, Jr. "A photographic Technique for Image Enhancement : Pseudocolor Three-Sepration Process", Rand, 1970.

[6] E. R. Kreins, L. J. Allison, "Color Enhancement of Nimbus High Resolution Infrared Radiometer Data", Appl. Opt., vol 9, No. 3, pp.681-686, 1970.

[7] Dai. Jianbiao, Zhou. Shaoxiang, "Computer Aid Pesudo-coloring Coding of Gray Image-Complementary Coloring Coding Technique",pp.186-191,