

B-스플라인 웨이블릿 변환을 적용한 적외선 이미지의 의사컬러 향상에 관한 연구

유병근* · 김정태* · 류광렬*

*목원대학교 IT공학부

A Study on the Psuedocolor Image Enhancement of Infrared Image using B-Spline Wavelet Transform.

Byung-gun You* · Jung-tae Kim* · Kwang-ryol Ryu*

*Mokwon University

E-mail : ryol@mokwon.ac.kr

요 약

본 논문은 적외선 영상에 B-스플라인 웨이블릿 변환을 적용하여 의사컬러 이미지를 향상시킨 연구이다. 의사컬러 향상은 주파수 손실을 최소화하고 분해능을 향상시키기 위해 B-스플라인을 적용하였고, 웨이블릿 변환하여 RGB 영상을 추출하여 의사변환 하였다. B-스플라인 웨이블릿 변환은 일반적인 웨이블릿 변환에 비해 3dB 이상 향상 되었다.

ABSTRACT

This paper is a study on the psuedocolor image enhancement of infrared image using B-spline wavelet transform. The psuedocolor enhancement is that the frequency lose on the minimum, the decomposition enhancement is realized by B-spline and RGB image is extracted by wavelet transform. The result of experiment increases enhanced infrared image as 3dB by processing of B-spline and wavelet transform.

키워드

psuedocolor, infrared image, B-spline wavelet

1. 서 론

인간의 육안으로는 20-30 그레이단계 만을 구분할 수 있지만 칼라에서는 수 천가지 이상을 분별 해낼 수 있다 즉 그레이를 컬러로 표현하면 인간의 시각 구분 능력을 향상시킬 수 있다. 그레이를 컬러로 표현하는 방법으로는 의사변환이 있으며 의료, 공학, 군사 분야 등에 이용되고 있다. 의사컬러 방법에는 명암도를 이용한 변환과 주파수 필터를 이용한 방법이 있다. 명암도를 이용한 변환은 평탄한 비선형 함수를 근거하지만 변환된 해상도는 개선이 요구된다[1,2]. 주파수 필터를 이용한 방법으로는 FFT변환을 이용한 방법과 웨이블릿변환을 이용한 방법이 있다[5-7]. 웨이블릿변환은 FFT변환법보다 변환과정을 단순화하는 장점이 있다. 웨이블릿변환은 원 영상을 특정 대역과 방향성을 갖는 다양한 해상도의 대역 성분으

로 분리된 대역별 특성을 고려 할 수 있다[8]. 또한 시간과 주파수에 대한 국부성을 가지고 신호를 표현할 수 있어 비정상 과정을 가지는 영상 신호를 해석함에 유리하고 이를 이용하여 표현된 영상은 인간의 시각특성과 비슷하다. 데이터 손실을 최소화 하기 위해 본 연구에서는 적외선 영상에 B-스플라인 보간법을 취한다[3,4]. 이 영상에 웨이블릿 변환을 적용하여 저역통과 필터와 고역통과 필터를 각각 구성한 후 역웨이블릿변환을 거쳐 필터링된 영상을 추출한다. 추출된 영상을 히스토그램 평활화 과정을 거쳐 R,G,B 영상으로 배열하여 의사컬러 영상으로 변환한다.

II. 적외선 영상의 의사컬러 변환

2-1 적외선 영상의 의사변환 처리 과정

적외선 영상을 B-스플라인 웨이블릿을 적용하여 의사컬러 변환을 실현한다. 그림 1과 같이 원 영상을 B-스플라인 보간법을 이용하여 영상을 512*512영상으로 확대하고 샘플링을 4배로 취한 후 R,G,B 출력을 얻기 위해 시간영역의 적외선영상을 웨이블릿변환(DWT)을 하고 LPF, BPF, HPF

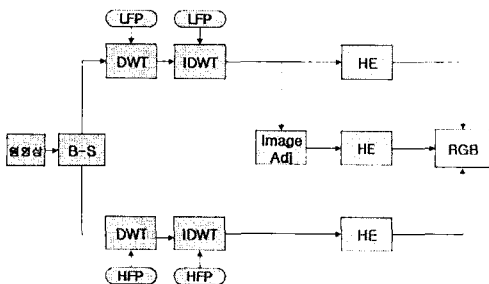


그림 3. 의사변환 처리 과정

등의 주파수 필터를 통과 시킨다. 주파수 영역의 영상을 역 웨이블릿변환(IDWT)하여 시간영역으로 변환하고 RGB 각각의 컬러레벨의 분포를 히스토그램평활화로 재분배한다.

2-2. 영상의 B-스플라인

웨이블릿 변환시 윈도우를 둘로 분리된다. 대역폭이 반으로 줄어들기 때문에 샘플링 간격이 2배증가 되므로 디시메이션이 필요하다. 반면에 대역 분할된 영상으로 원 영상을 재구성 할 때에는 보간이 필요하게 된다. 이 보간 함수로써 B-스플라인이 사용된다.

$$f^{(n)}(x) = \frac{f^{(n-1)}(x) * \dots * f^{(0)}(x)}{(n+1) \text{ times}} \tag{a}$$

$$f^{(n)}(x) = \frac{1}{n!} \sum_{k=0}^{n+1} \binom{n+1-k}{k} x^k (x + \frac{n+1}{2} - k)^n_+ \tag{b}$$

$$x_+ = \begin{cases} x, & \text{for } x > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{c}$$

$$f^3(x) = \begin{cases} (4-6|x|^2+3|x|^3) \cdot 6, & \text{for } 1 \leq |x| \leq 2 \\ (2-|x|)^3 \cdot 6, & \text{for } 2 \leq |x| \leq 3 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \tag{d}$$

B-스플라인 n 차 $\beta^n(x)$ 는 β^0 의 반복연산 식(a)와 같이 정의되지만 명확히 설명하면 식(b)이 된다. 여기서 C_k^{n+1} 은 이항 계수이며 k 는 구간이고 n 은 차수이다. x_+ 는 식(c)로 정의된다. 일반적으로 B-스플라인 식(d)와 같이 3차 $\beta^3(x)$ 로 표현된다.

2-3 RGB성분 추출과 재구성

RGB성분을 추출하기 위하여 웨이블릿을 이용하였다. 웨이블릿변환은 고주파영역은 짧은 윈도우를 사용하고 저주파 영역은 긴윈도우를 사용한다. 즉 시간 분해능을 좋게 하기 위해서는 웨이블릿의 고주파를 사용하고 주파수 분해능을 좋게 하기 위해서 저주파를 이용한다. 실제 디지털신호에서 이 과정을 수행되면 입력데이터의 2배의 해당되는 데이터가 출력된다. 이 문제를 해결하기 위해서는 다운샘플링을 한다. 근사(A)는 원 신호의 저주파 성분이고, 상세(D)는 고주파 성분을 갖는다. 원영상을 웨이블릿 필터를 통과 시키면 그림 2와 같이 4개의 서브밴드로 나타난다.

cA	cH
cV	cD

그림 2. 변환 서브밴드

그림 2에서 cA대역은 복원영상에 미치는 영향이 가장 큰 대역으로 원영상의 정보를 대부분 가지고 있으며 cH대역은 영상의 수평에지에 해당하는 고주파 성분, cV대역은 수직에지에 해당하는 고주파 성분, cD대역은 대각선에지의 고주파 성분이다. 신호를 분해하여 얻은 근사계수를 다시 분해하는 과정을 반복해서 입력된 신호는 그림 3과 같이 많은 저해상도 성분으로 분리된다

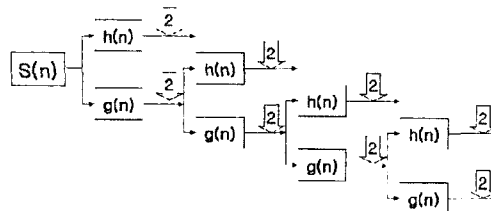
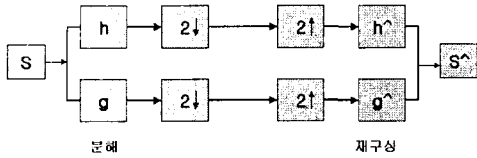


그림 3. 영상정보 분해 과정

획득된 영상을 역 웨이블릿 변환하여 본래의 신호로 재구성 한다. 그림 4에서 웨이블릿 분해는

필터링과 다운샘플링과 관계되지만 재구성 과정은 업샘플링과 필터링으로 구성된다. 업샘플링 방법은 샘플 데이터 사이에 0을 삽입해 신호성분을 늘리게 된다.

본문에서 웨이블릿 필터는 소스의 간결화를 위해



S: 입력영상
h: 저주파 통과 필터
g: 고주파 통과 필터
2↓: 다운 샘플링
S-hat: 출력 영상
h-hat: 재구성 필터
g-hat: 재구성 필터
2↑: 업 샘플링

그림 4. 분해와 재구성 과정
다우비치 필터중 TS변환은 식(e-i)을 사용하였다.

순방향

$$g(n) = \left[\frac{-x(2n) + x(2n+1)}{2} \right] \quad (e)$$

$$h(n) = 2(x(n) - x(2n+1)) + \left[\frac{-g(n-1) + g(n+1) + 1}{4} \right] \quad (f)$$

x(n): 입력신호 g(n): 저주파 신호 h(n): 고주파 신호

역방향

$$x(2n) = g(n) + \left[\frac{r(n) + 1}{2} \right] \quad (g)$$

$$x(2n+1) = g(n) - \left[\frac{r(n)}{2} \right] \quad (h)$$

여기서,

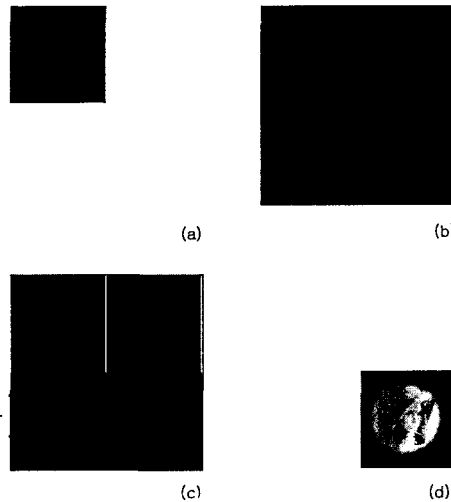
$$r(n) = h(n) - \left[\frac{-g(n-1) + g(n+1) + 2}{4} \right] \quad (i)$$

식 (e), (f)를 적용하여 필터를 설계 하였고 저역통과 필터(LPF)와 고역통과 필터(HPF)를 통과한 영상 성분에서 저주파 영상 성분을 B(파랑)로 고주파 영상 성분을 R(빨강)로 저역통과 필터 영상의 상위레벨을 분리(BPF) 재조정 하여 G(초록) 영상으로 재배열 하여 식(g),(h)로 역 웨이블릿 변환한다. 역 웨이블릿 변환된 영상을 일정한 분포의 히스토그램으로 변환 하여 영상을 향상 시킨 후 히스토그램 평활화를 거친 각각의 영상 성분은 RGB의 3컬러 이미지로 맵핑 시킨다.

III. 실험 및 고찰

3-1 의사결리 실험

의사결리향상 단계별 과정은 입력영상에 적외선영상(256*256) 그림 5(a)를 복원시 에일라이징 현상을 없애기 위해서 512*512 샘플링한다. 이 방법으로 그림 5(b)와 같이 B-스플라인 보간법으로 영상을 2배확대 시킨다. 이 적외선영상에 웨이블릿 변환 하면 그림 5(c)와 같은 변환 영상이 얻을 수 있다.



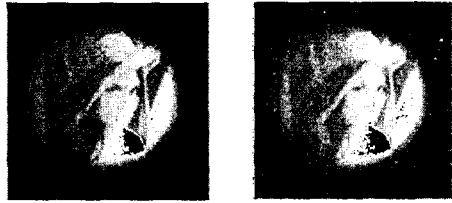
(a) 원 영상 (b) B-스플라인 영상 (c) 웨이블릿 변환 영상 (d) 결과 영상

그림 5. 적외선영상 의사변환 과정

이를 다시 역 웨이블릿으로 재구성한 후 불평등한 영상 분포를 히스토그램 평활화를 거쳐 영상을 고르게 분포시킨다. 히스토그램 평활화를 거친 영상에 대해 필터를 적용하여 대역을 구분 하는데, 저역통과 필터를 B, 대역통과 필터 G, 고역통과 필터 R로 각각 맵핑 시킨다. 이때 BPF 저주파통과 필터의 상위레벨을 분리하여 재조정하여 세 영상 데이터를 하나로 조합하여 의사결리 영상을 구현한 영상은 그림 5(d)와 같다.

3-2 의사결리 고찰

제안된 B-스플라인 웨이블릿을 이용한 의사변환의 성능을 고찰하기 위하여 그림 6과 같이 기존의 웨이블릿 변환기법과 비교하였다.



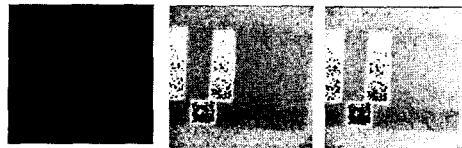
(a) (b)

(a) B-스플라인 웨이블릿 영상 (b) 웨이블릿 영상
그림 6. 의사 컬러 영상

그림 6의 (a)에서는 B-스플라인 웨이블릿을 이용한 의사변환 이미지로 영상이 웨이블릿 변환을 이용한 의사변환 이미지보다 색의 변질이 없고 영상분할이 부드러워진 것을 볼 수 있다. 변환된 의사변환 영상은 본래의 컬러로 재현하기 곤란하기 때문에 의사변환 이미지를 입력 영상과 비교하는 것은 의미가 없다. 본 논문에서는 객관적 판



(a) (b) (c)



(d) (e) (f)

(a)(d) 원영상, (b)(e) B-스플라인, (c)(f) 웨이블릿
그림 7. PSNR 비교 영상

단기준으로 의사결리영상으로 변환된 이미지를 그레이 이미지로 다시 변환하여 입력 시 적외선의 그레이 영상과의 PSNR을 그림 7과 같이 비교하였다. 이는 원 영상을 충실히 유지하며 의사변환으로 향상되었는지를 판단할 수 있다.

레나 영상과 화면조정 영상을 적용하여 PSNR 값을 비교한 결과 표 1과 같고 B-스플라인 웨이블릿 기법은 20.3dB와 23.3dB이고 웨이블릿 기법은 18.2dB와 20.5dB로 B-스플라인 웨이블릿 변환법은 웨이블릿 변환법보다 평균 3dB 정도 이미지 향상을 보였으며 컬러에 대한 시각적인 효과는 더욱 크다.

표 1. 제안된 기법의 영상 향상 효과(dB)

향상방법	레나영상	화면조정영상
웨이블릿	18.2	20.5
B-스플라인 웨이블릿	20.3	23.3

IV. 결 론

본 연구에서는 적외선 영상에 대해 B-스플라인 웨이블릿을 이용한 의사 변환법을 제시하였다. 의사변환된 영상은 그레이 영상이나 단일 영상보다 이미지 경계가 양호 하고 신속한 영상 분석이 가능하다. 기존의 웨이블릿 변환법은 영상 복구 과정에서 데이터를 상실하는데 비해 B-스플라인 웨이블릿을 이용한 변환법은 웨이블릿 변환법에 비해 3dB 이상 이미지 향상을 보였다. 이 결과는 의료x선 영상, 군사용의 적외선 영상과 같은 단일색상의 영상에 적용할 경우 시각적 효과가 큰 영상 분석이 기대되며 단일 영역에서 인식이 어려운 영역의 영상해석에 이용 할 수 있다. 앞으로 급격한 명암변화를 줄이고 선형적인 표현을 하기위한 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] Harry C.Addresss, A.G. Tescher, Richard P. Kruger, "Image Processing by Digital Computer."IEEE Spectrum, vol.9, no.7, pp.20-33, 1972
- [2] R. H. Stratton, J. J. Sheppard, Jr."A photographic Technique for Image Enhancement: Pseudocolor/Three-Separation Process", Rand, 1970
- [3] "Splines", IEEE Signal processing., vol.16, no6, pp.22-38
- [4] "B-spline Sigant Processing : PartII-Efficient Design and Applications", IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, vol, 41, no.2, pp.22-38
- [5] 김영빈, 김운호, 류광렬, "주파수 필터를 이용한 그레이이미지의 의사결리 향상", 『한국해양정보통신학회』, vol.4, No.2 pp.522-527, 2000
- [6] 류광렬, "적외선영상의 의사결리 향상에 관한 연구", 목원대학교 IT공학연구소 논문집, vol.2 no.1, pp.7-12, 2002
- [7] 김영빈, 『웨이블릿 변환을 이용한 그레이이미지의 의사결리 향상』, 목원대학교 석사학위논문, 2000
- [8] 김자환, 『개선된 2차원 웨이블릿을 이용한 영상데이터의 압축에 관한 연구』, 목원대학교, 석사학위논문, 1997