
최적화된 고주파 강조 필터를 이용한 의료영상의 개선

신충호* · 정채영**

An Enhancement of Medical Image Using Optimized High-Frequency Emphasis Filter

Choong-ho Shin* · Chai-yeoung Jung**

이 논문은 2012년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었습

요 약

영상개선을 위한 영상처리는 응용분야에 따라서 동일한 알고리즘이 각각 다르게 적용되므로 응용분야에 적합한 최적값이 필요하다. 본 논문에서는 X선 의료영상분야에 고주파통과 필터를 적용해서 에지영역을 개선하였고, 결과영상에 상수승수와 오프셋을 더하여 에지영역 및 평탄영역의 컨트라스트를 향상시켰다. 그러므로, 의료영상을 최적화시키기 위해서는 고주파강조필터가 필요함을 알 수 있었다. 또한, 구체적인 최적화 변수값으로는 가우시안 고주파통과필터, 차단주파수의 거리=0.05, 오프셋=0.5 값이다. 마지막으로 이들 최적화 변수값을 적용시켜 시뮬레이션 한 결과, 제안된 방법이 기존 방법들에 비해서 영상의 컨트라스트와 에지부분들을 향상시켰다.

ABSTRACT

The image process for image enhancement applies differently the same algorithm for each application. So, the optimized value for each application is required. In this paper, the X-ray medical image using a high-pass filter was improved edges. The result image was improved edge and the contrast of flat area using a constant multiplier and offset. Therefore, the high-frequency emphasis filter optimized for medical image is required. These optimized values are the gaussian high-pass filter, the distance of cutoff frequency=0.05 and offset=0.5. From the result of optimaized simulation, The proposed method has enhanced contrast and edge of the image in the contrast of existing methods.

키워드

승수상수, 오프셋, 고주파강조 필터, 가우시안 고주파통과필터, 차단주파수의 거리

Key word

constant multiplier, offset, high-frequency emphasis filter, gaussian high-pass filter, distance of cutoff frequency

* 정회원 : 조선대학교
** 정회원 : 조선대학교(교신저자,cyjung@chosun.ac.kr)

접수일자 : 2012. 09. 25
심사완료일자 : 2013. 02. 14

I. 서론

최근 들어 영상처리 기술이 발달함에 따라 영상을 분석하는 방법과 이를 통해 필요한 정보를 알아내고자 하는 노력들이 많이 연구되어 왔다. 예를들면, 병원에서는 환자의 CT(computed tomography)촬영 등을 통하여 종양의 위치나 발생유무를 정확히 알아내는 일이나, 범죄수사에서의 여러 사진의 정확한 분석이 필요하게 된다[1]. 영상처리 과정 중에서 고주파 관련 화소 감소는 영상의 블러링과 고주파의 구성 요소를 증가시킴으로써 영상의 에지선명도를 높일 수 있으며, 이는 푸리에 변환과 직접 관련성을 갖는다. 실제로 선형필터링에 대한 전반적인 개념은 주파수 영역에서 더욱더 유용하다. 그러나 실제 사용되는 작은 공간마스크는 구현이 간단하고 속도가 빠르기 때문에 푸리에 변환보다 더 자주 사용된다. 주파수 영역에 대한 보다 자세하고 정밀한 이해를 위해서는 푸리에 변환이 더 정교하며, 다양한 해결 알고리즘 구현이 가능하다.

그러므로 본 논문에서는 주파수 도메인 필터에 대한 영상처리과정들을 이용하고자 하며, 영상처리를 위해 고주파통과 필터, 고주파강조 필터, 히스토그램 평활화 등을 이용해서 최적의 개선된 의료영상을 얻는데 논점을 두고자 한다[2].

또한, 영상의 콘트라스트와 에지정보의 개선을 위해 효과적인 대표적인 방법들인 Unsharp masking 필터(UNSHARP)와 Homomorphic 필터(HOMO)들의 최적값을 대입하여 비교 실험하였다[3].

본 논문의 구성은 먼저 2장에서 2-D 이산 푸리에 변환에 관련된 필터 방법인 저주파통과 필터와 고주파통과 필터에 대해서 기술한다. 3장은 실험 및 분석 부분으로 최적값을 이용한 고주파강조 필터에 대해서 기술한다. 마지막으로 4장은 결론을 맺고자 한다.

II. 2-D 이산 푸리에 변환

본 논문의 주파수영역 필터들을 요약하면, 전처리단계는 영상크기를 계산하고, 패딩 매개변수들을 얻고, 필터를 생성하는 등의 과정을 포함할 수 있다. 후처리는 결과의 실수부를 계산하고, 영상을 잘라내고, 저장을 하는 과정이다. 본 처리과정은 그림 1과 같다.

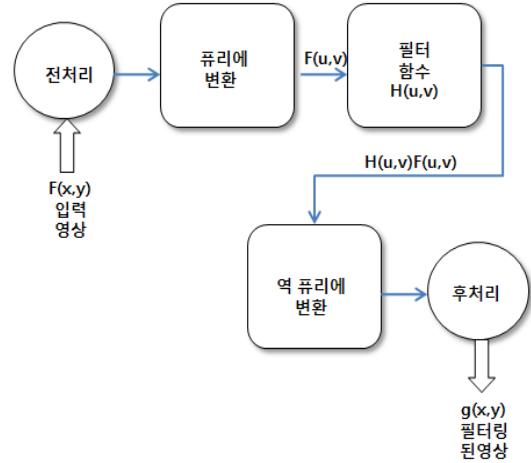


그림 1. 주파수영역 필터 모델링
Fig. 1 The modeling of frequency domain filter

이상적인 저주파통과 필터는 다음의 전달 함수를 갖는다.

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

여기서 D_0 는 음이 아닌 규정된 숫자, $D(u,v)$ 는 점 (u,v) 로부터 필터의 중앙까지의 거리이다.

$D(u,v) = D_0$ 인 점들의 위치는 원이다. 필터 H 를 영상의 푸리에 변환에 곱하면 이상적인 필터는 이 원 밖의 F 의 모든 성분들은 차단하며, 이 원 위 또는 내부의 모든 성분들은 바뀌지 않는다. 차단 주파수가 원점으로부터 거리 D_0 인 차수 n 의 버터워스 저주파통과필터는 다음의 전달함수를 갖는다.

$$H(u,v) = \frac{1}{1 + [D(u,v)/D_0]^{2n}} \quad (2)$$

이상적인 저주파통과 필터와는 달리 버터워스 저주파통과 필터 전달함수는 D_0 에서 경사가 가파른 불연속 점을 갖는다. 이러한 형태의 전달 함수를 갖는 필터들을 위해서 관례적으로 차단 주파수 위치를 $H(u,v)$ 가 최대값에서 특정 비율만큼 떨어지는 점으로 정의한다. 앞의 식에서는 $D(u,v) = D_0$ 일 때, $H(u,v) = 0.5$ (최대값 1로

부터 50% 떨어짐)이다.

다음으로 가우시안 저주파통과 필터의 전달 함수는 다음과 같다.

$$H(u,v) = e^{-D^2(u,v)/2\delta^2} \quad (3)$$

여기서 δ 는 표준 편차이다. $\delta = D_0$ 로 놓음으로써 차단 매개변수 D_0 에 관해 다음의 식을 얻는다.

$$H(u,v) = e^{-D^2(u,v)/2D_0^2} \quad (4)$$

$D(u,v) = D_0$ 일 때, $H(u,v) = 0.6$ (최대값 1로부터 40% 떨어짐)이다.

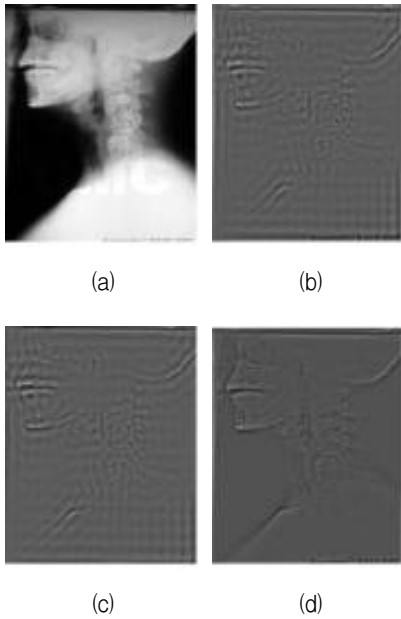


그림 2. 다른 유형의 고주파통과 필터
 (a) 원영상 (b) 이상적 필터 (c) 버터워스 필터
 (d) 가우시안 필터
 Fig. 2 The other types of high-pass filter
 (a) original image (b) ideal filter (c) butterworth filter
 (d) gaussian filter

차단 주파수 개념은 필터의 특성을 결정하는데 중요하며, 다른 유형의 필터와 비교하는데 유용하다[4]. 그림 2는 차단 주파수의 거리인 D_0 에 따라 구별된 필터들을

보여준다. 그림 2에서 3가지 고주파통과 필터, 즉, 이상적, 버터워스, 그리고 가우시안 중에 가우시안 고주파통과 필터가 가장 개선된 주관적 화질을 보여준다.

저주파통과 필터링은 그레이 영상의 픽셀을 흐릿하게 한다. 본 논문에서는 고주파 영상정보인 에지부분들을 개선해야 하는데 고주파통과 필터는 푸리에 변환의 낮은 주파수를 감쇠시키고 반대로 높은 주파수를 유지함으로써 에지부분들을 선명하게 만든다. 그러나 고주파통과 필터가 에지를 선명하게 하지만 낮은 주파수 요소들을 필터링하므로, 저주파의 요소를 보유하는 고주파강조 필터를 사용하면 된다[5]. 일단 저주파통과 필터의 전달함수, $H_p(u,v)$ 가 주어지면 거기에 상응하는 고주파통과 필터의 전달함수, $H_{hp}(u,v)$ 는 다음과 같이 간단하게 구할 수 있다.

$$H_{hp}(u,v) = 1 - H_p(u,v) \quad (5)$$

III. 실험 및 분석

본 논문에서 실험한 영상의 크기는 $N \times N$ 이다. 화소의 농도 값은 $0 \leq \text{화소} p \leq 255$ 인 그레이 영상들을 이용하였고, 그림 3와 같이 영상처리를 수행하였다.

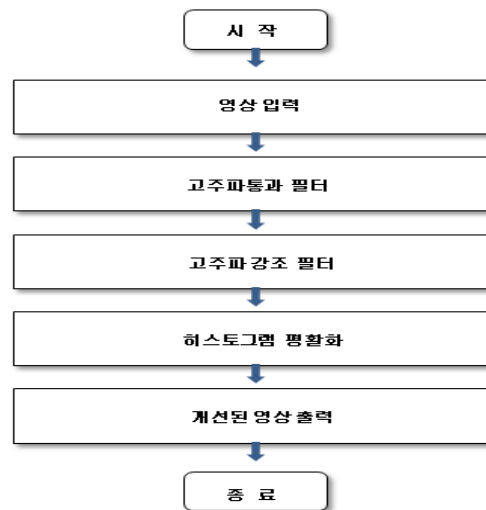


그림 3. 영상처리순서도
 Fig. 3 The flowchart of image process

입력된 영상에 너무 낮은 차단 주파수가 선택된다면 질적으로 저하된 복원영상을 얻게 될 것이며, 차단 주파수가 너무 높으면 복원영상은 잡음으로 인하여 보이지 않을 것이다[6]. 그러므로 본 논문에서는 최적값을 찾기 위해 그림 4와 같이 차단 주파수를 각 의료영상에 대입하여 결과 영상들을 비교분석하였다. 그 결과 차단 주파수의 거리인 $D_0 = 0.05$ 에서 가장 개선된 영상을 얻을 수 있었다.

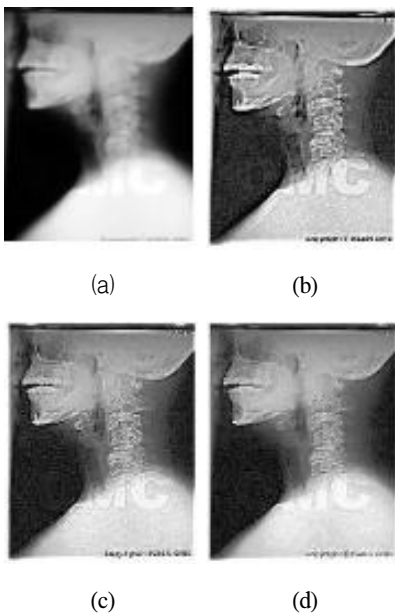


그림 4. 고주파통과 필터에서 차단주파수 적용
 (a) 원영상 (b) 차단주파수의 거리=0.05
 (c) 차단주파수의 거리=0.1 (d) 차단주파수의 거리=3
 Fig. 4 The cutoff frequency applications of high-pass filter
 (a) original image (b) distance of cutoff frequency=0.05 (c) distance of cutoff frequency=0.1 (d)distance of cutoff frequency=3

그림 4에서 차단 주파수의 거리를 각각 0.05, 0.1, 3을 적용했을 때, 차단 주파수의 거리가 0.05인 (b)영상의 경우가 주관적 화질이 가장 뛰어나음을 알 수 있다.

영상은 보통 복잡한 에지, 긴 에지, 평탄 영역으로 구분하고, 구분된 영역에 적합한 필터들을 사용한다. 즉, 복잡한 에지 영역에는 고주파 영역의 성분을 잘 보존하는 선형 필터를 사용한다[7]. 그러므로 그림 5의 고주파

통과 필터된 결과영상들은 원영상에 비해서 각 영상의 에지와 기타 경사가 가파른 밝기 전이가 있는 곳은 개선되었다. 그러나 결과영상은 원영상에 있던 배경의 밝기를 대부분 잃어버렸다. 이를 보상하기 위해서 고주파강조 필터를 적용해야 한다. 고주파강조 필터는 고주파통과 필터에 오프셋을 더하는 것이다. 그리고 오프셋은 고주파통과 필터와 1보다 큰 상수의 곱과 결합시킨다. 그 이유는 상수승수가 높은 주파수성분을 강조하기 때문이다. 실험결과, 오프셋이 상수승수에 비해 작은 한 낮은 주파수에 대한 개선 효과는 높은 주파수에 대한 것 보다 적다. 요약하면, 고주파강조 필터는 다음과 같이 전달 함수로 표시된다.

$$H_{hfe}(u,v) = a + bH_{hp}(u,v) \quad (6)$$

여기서 a 는 오프셋, b 는 상수승수, $H_{hp}(u,v)$ 는 고주파통과 필터의 전달 함수이다.

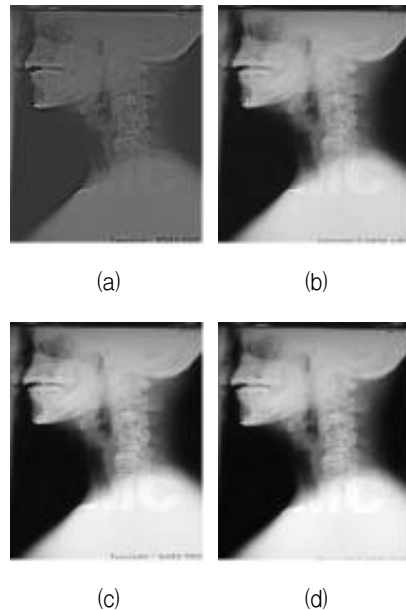


그림 5. 고주파강조 필터에서 오프셋적용
 (a) 오프셋=0.5 (b) 오프셋=5 (c) 오프셋=10 (d) 오프셋=15
 Fig. 5 The offset applications of high-frequency emphasis filter
 (a) offset=0.5 (b) offset=5 (c) offset=10 (d) offset= =15

그림 5에서는 고주파강조 필터의 최적값을 찾기 위한 실험에서 (a)는 오프셋 0.5, (b)는 5, (c)는 10, 그리고 (d)는 15을 적용했으며, 오프셋이 0.5에서 에지부분이 개선됨을 보여주었다.

마지막으로 그림 3의 영상처리도에 의해서 실험한 결과가 그림 6과 같다. 기술하면, 그림 6(a)는 X선 영상 f 를 보여준다. X선 영상은 광학 렌즈에서와 같은 방식으로 초점을 맞출 수 없다. 따라서, 결과영상은 일반적으로 흐릿해지는 경향이 있다[8]. 본 실험의 목적은 그림 6(a)를 선명하게 만드는 것이다. 이 특정영상의 그레이 레벨들은 그레이 스케일의 어두운 쪽으로 치우쳐 있으므로, 이를 공간 도메인 처리를 통해 주파수 도메인 필터를 보완한다.

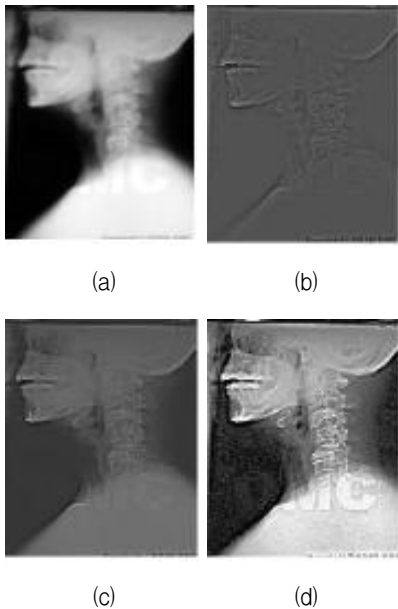


그림 6. 최적화된 고주파강조 필터
 (a) 원영상 (b) 가우시안 고주파통과 필터
 (c) 고주파강조 필터 (d) 히스토그램 평활화
 Fig. 6 The optimized high-frequency emphasis filter
 (a) original image (b) gaussian high-pass filter
 (c) high-frequency emphasis filter (d) histogram equalization

그림 6(b)는 그림 6(a)를 2차 가우시안 고주파통과 필터와 차단 주파수의 거리 D_0 의 값을 0.05로 하여 필터 처리했고, 필터링 된 결과는 특징이 없어 보이나 희미하게

영상의 에지를 보여준다. 그리고 고주파강조 필터(오프셋 0.5)의 장점은 그림 6(c)와 같다.

또한 이 영상에서 저주파 성분으로 인한 밝기가 그림 6(b)에 비해서 명확함을 알 수 있다. 마지막으로 그림 6(d)는 그레이 스케일의 좁은 범위의 그레이 레벨로 구성된 영상을 히스토그램 평활화로 통해서 개선할 수 있었다. 그림 6(d)는 그림 6(c)에 비해서 골격과, 세가지 영상에서 전혀 보이지 않던 세밀한 영상을 보여준다. 마지막 그림 6(d)의 개선 영상은 다소 잡음이 있지만, 이는 그레이 영상이 히스토그램 확장될 때 흔히 나타나는 현상이다. 그렇지만 이러한 잡음을 제외하면, 고주파강조 및 히스토그램 평활화를 결합하므로써 월등한 개선효과를 얻을 수 있다.

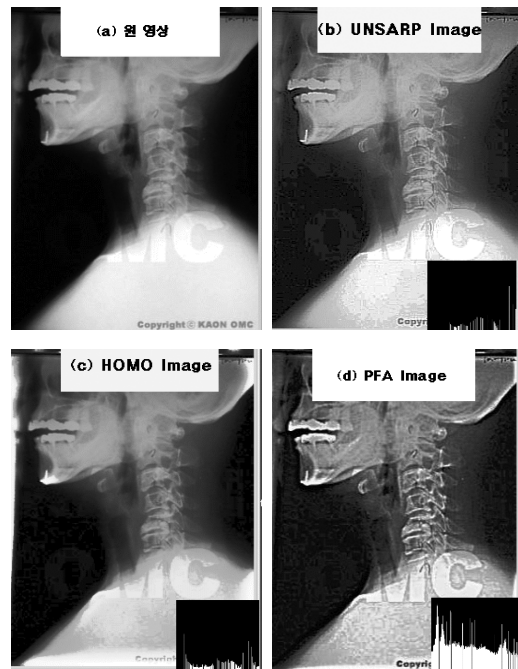


그림 7. Case1 영상에 대한 시뮬레이션 결과
 Fig. 7 Simulation result of Case1

그림 7, 그림 8, 그림 9, 그림 10은 선정된 흐릿한 X선 영상을 입력하여, Unsharp masking 필터, Homomorphic 필터, 그리고 제안된 방법(PFA:Proposed Filter Algorithm)들과 실험한 결과이며, 각각의 필터와 제안된 방법에 대한 히스토그램을 보여주고 있다.

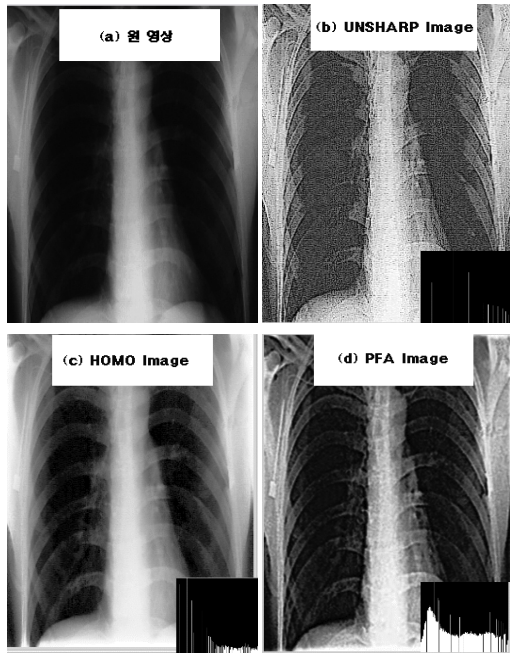


그림 8. Case2 영상에 대한 시뮬레이션 결과
Fig. 8 Simulation result of Case2

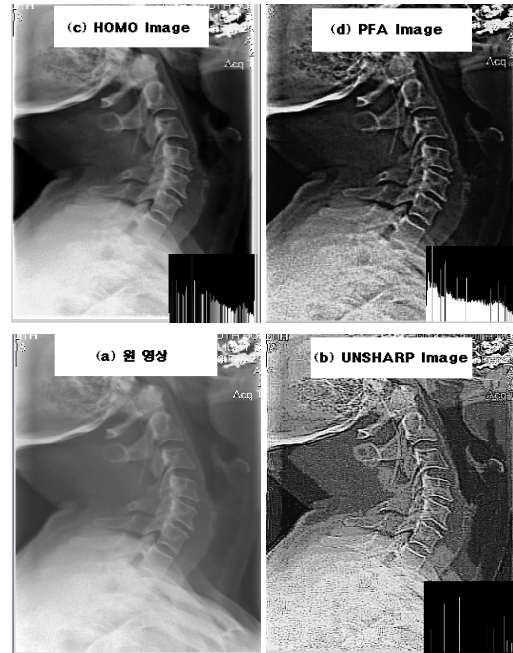


그림 10. Case4 영상에 대한 시뮬레이션 결과
Fig. 10 Simulation result of Case4

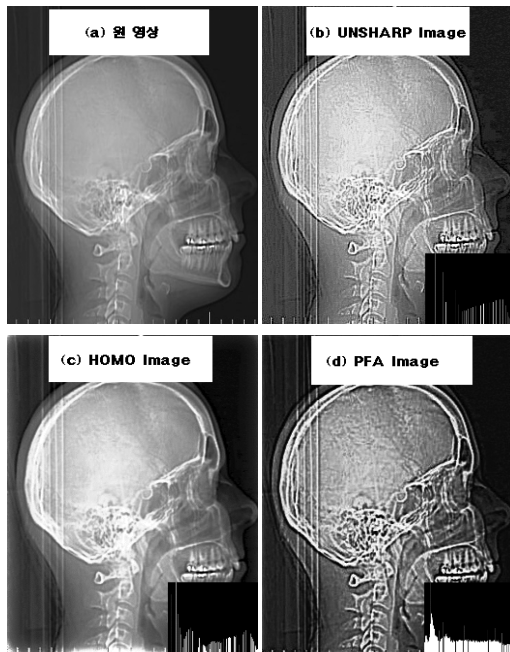


그림 9. Case3 영상에 대한 시뮬레이션 결과
Fig. 9 Simulation result of Case3

네가지 Case영상에서, 제안된 방법의 결과영상은 기존 필터의 결과영상에 비해서, 주관적 화질이 뛰어난 뿐만 아니라 히스토그램의 넓은 분포와 조밀함은 콘트라스트와 에지부분을 향상시킴을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 입력으로 차단 주파수의 기준을 정했던 패딩된 의료영상을 이용했다. 그리고 에지영역을 추출하기 위해서 고주파통과 필터를 사용했으며, 그 결과 영상에 에지와 평탄영역의 콘트라스트를 강조하기 위해서 고주파강조 필터를 사용했다. 그 과정에서 X선 의료영상의 최적화를 위해서 각각의 실험치, 즉, 가우시안 고주파통과 필터, 차단 주파수의 거리=0.05, 오프셋=0.5를 적용하였다. 결론적으로 제안된 방법은 기존의 Unsharp masking과 Homomorphic 방법보다 영상의 콘트라스트와 에지부분을 향상시켰다. 그리고 Unsharp masking 영상은 에지부분이 향상되었으나 잡음이 많이 발생하였으며, Homomorphic 영상은 잡음이 제거되었으

나 에지 부분이 적게 향상되었다. 그러므로 향후에는 X 선 의료영상의 잡음을 제거하면서 동시에 컨트라스트와 에지부분을 향상시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 김경민의 4인, "에지 기반 히스토그램 평활화를 이용한 의료 영상의 개선", 전자공학회논문지, 제32권, 제12호, pp.1603-1611, 1995.
- [2] Huiqin Jiang, et al., "A Novel to Improve the Visual Quality of X-ray CR Image", Image, Graphics and Signal Processing, pp.25-31, 2011.
- [3] Guang Deng, "A Generalized Unsharp Masking Algorithm", IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, pp.1249-1261, 2011.
- [4] G.C. Gonzalez and R.E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1992.
- [5] Scott E, Umbaugh, "Computer Vision Image Processing", Prentice Hall, 1999.
- [6] 신충호의 1인, "최적화된 매개변수 위너필터를 이용한 훼손된 의료영상의 복원", 한국정보통신학회논문지, 제16권, 제5호, pp.1055-1063, 2012.
- [7] 우동현의 2인, "영상의 국부 특징에 기반을 둔 선택적 deinterlacing", 한국통신학회논문지, 제29권, 제1C, 2004.
- [8] 유현종의 1인 공역, "MATLAB을 이용한 디지털영상처리", Prentice Hall, 2004.

저자소개



신충호(Choong-ho Shin)

1988년 조선대학교 전산기공학과
공학사
1991년 한국외국어대학교 대학원
응용전산학과 이학석사

2004년 조선대학교 컴퓨터공학과 공학박사
※관심분야: 영상처리, 멀티미디어 데이터베이스,
소프트웨어 공학.



정체영(Chai-yeoung Jung)

1987년 조선대학교 컴퓨터공학과
공학석사
1989년 조선대학교 컴퓨터공학과
공학박사

1986년~현재 조선대학교 컴퓨터통계학과 교수
※관심분야: 신경망, 인공지능, 정보보호, 멀티미디어,
멀티미디어 콘텐츠, Bioinformatics.