2004년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2004.7.14-16

중성자 라디오그래피용 영상처리 소프트웨어의 구현

김춘권*,김종태*,채종서**,김유석**
성균관대학교 정보통신공학부*,원자력의학원**

Implementation of the Image Processing Software for Neutron Radiography

Chun Guan Kim*, Jong Tae Kim*, Jong Seo Chae**, Yu Seok Kim**
Department of Information and Communication Engineering, Sung Kyun Kwan University*,
Korea Institute of Radiological &Medical Sciences** e-mail:jtkim@yurim.skku.ac.kr

Abstract - 중성자를 사용한 비파괴검사는 X선을 사용하는 것에 비해 상대적으로 뛰어난 투과력을 가지고 있다. 하지만 중성자와 원자핵의 반응에 의한 scattering 효과와 중성자 빔의 uniformity부족 등으로 인한 영상의 왜곡이 발생한다. 본 논문에서는 이런 중성자 영상의 왜곡을 보정하기 위한 영상처리 알고리즘을 연구하고 연구된 알고리즘을 토대로 영상처리 소프트웨어를 구현하였다. 먼저 히스토그램 연산을 이용하여 영상의 밝기와 대비를 조절하여 영상의 가시성을 높였고, 필터링 기법을 통하여 영상이 가지는 임펄스 잡음과 가우시안 잡음을 순차적으로 제거하였다. 마지막으로 가우시안 잡음 제거시 부가적으로 발생한 영상의 흐려짐을 보완하여 보다 향상된 질의 영상을 얻게 되었다. 또한 Visual C++을 사용하여 위의 알고리즘들을 GUI 환경의 프로그램으로 구현하였다.

1. 서 론

오늘날 중성자라디오그래피 기술은 X-ray 기술의 뒤를 이어 비파괴검사에 적용할 수 있는 방법으로써 활발한 연구가 이루어지고 있다. 중성자라디오그래피 기술은 현재 필름에 이미지를 담아내는 것뿐만 아니라 IP(image-plates)와 scintillator-camera를 사용하여 디지털화된 이미지를 얻어내는 수준까지 발전하였다.
이런 중성자라디오그래피 기술은 X-ray기술과는 경쟁적인 관계에 있으나 X-선은 원자내 전자와의 상호작용을 통해서 이미지를 얻는 반면, 중성자는 원자핵과의 반응을 통해서 이미지를 얻기 때문에 상대적으로 뛰어난 투과력을 가지고 있다.
또한 이미지의 디지털화를 통하여 영상의 민감성, 잡음제거, 밝기조절, 오류없는 손쉬운 전송 등의 장점을 가지고 있다. 하지만 중성자가 물질의 원자핵과 반응함으로써 생기는 scattering효과와 중성자 빔의 uniformity부족 등으로 인한 이미지의 왜곡현상은 해결해야할 과제이다.
중성자라디오그래피의 이런 문제점은 디지털화된 이미지의 효과적인 영상처리를 통하여 해결될 수 있기 때문에 효율적인 영상처리 시스템의 개발이 무엇보다도 중요하다.
본 논문에서는 중성자라디오그래피를 위한 효과적인 영상처리 알고리즘을 소개하고 이를 Visual C++을 통해 구현하였다.
논문에서는 영상처리 과정을 크게 전처리 과정과 필터링 과정의 두가지로 나누어 구현하였다. 전처리 과정은 중성자 빔의 적은 세기와 조명의 디지털화에 의한 이미지 저하를 최소화시키는데 사용되어진다. 이 과정에서는 밝기 조절, 명암대비 향상과 histographic equalization의 3가지 기능들을 선택적으로 수행함으로써 이미지의 가시성을 높이거나 적정수준으로 바로잡게 된다.
중성자 라디오그라피를 통해 얻는 영상은 granulation, gamma 선에 의한 노이즈 , scattering 노이즈 때문에 이미지에 다소간의 노이즈가 섞여있는 형태를 가지게 된다. 이런 이미지의 노이즈는 low-pass 필터나 high-pass 필터 median 필터 등의 공간 필터링 이나 thresholding, 다중 이미지 평균필터링 같은 기술을 적용하여 줄일 수 있었다.
마지막으로 이런 일련의 과정을 사용자에게 친숙한 GUI환경으로 프로그래밍함으로써 사용자의 편의성을 높일 수 있도록 구현하였다.

2. 본 론

2.1 이미지 전처리 과정

2.1.1 명암 조절

영상의 명암을 조절하는 것은 각 픽셀이 가지고 있는 그레이 레벨을 원하는 만큼 더하거나 빼주어서 구현해 줄 수 있다. 이 과정에서 그레이 레벨의 최소값보다 작거나 최대값보다 큰 결과값들은 클램핑되어 최소값이나 최대값으로 강제 설정된다.

$$\text{new-pixel} = \text{old-pixel} \pm \text{offset} \qquad (1)$$

if new-pixel ≥ 최대값 : new-pixel=최대값
if new-pixel ≤ 최소값 : new-pixel=최소값

영상에서의 명암의 변화는 히스토그램상에서 전체 히스토그램의 이동으로 나타난다.

2.1.2 평활화

히스토그램이 균일하게 되도록 히스토그램을 변환하는 것이다. 이 변환은 명암대비가 나쁜영상, 즉 히스토그램이 한쪽으로 몰려있는 영상을 개선하는 효과가 있다.
또 이 방법은 사용자의 파라미터입력이 없으므로 자동적인 처리로 구현할 수 있다.
하지만 이 방법은 히스토그램이 가우시안 분포를 보일때 즉, 비교적 좋은 화질의 영상에서는 클램핑되는 픽셀의 수를 조절하지 못하기 때문에 원래의 영상보다 화질이 더 떨어지는 영상이 나올 수도 있다. 그러므로 이 방법은 일반적으로 사용되기에는 적합하지 못하다. 히스토그램 평활화에 대한 구현은 다음과 같다.

$$k_i = \frac{g_{\max}}{n_t} H(i) \qquad (2)$$

k_i:새로운 픽셀값 , n_t:픽셀의 총갯수
g_{max}:명도의 최대값, H(i):축적 명도값

2.1.3 명암대비조절

명암대비조절은 각픽셀에 특정값을 곱해주는 연산을 통해서 구현이 가능하다. 본 논문에서는 여러 가지 방법

중에 end-in search라고도 불리는 방법을 사용하여 구현하였다. 이 방법은 설정해놓은 일정량의 픽셀을 흰색이나 검정색을 갖도록 지정하고 히스토그램의 스트레칭을 실시하는 방법으로 모든 범위의 명암값을 가지지만 특정부분에 픽셀이 몰려있는 영상에 많이 적용된다. 이 방법은 일반적으로 적용 할 수 있는 명암대비 방법으로 클램핑되는 양을 사용자가 파라미터값으로 입력할 수 있으므로 해서 사용자가 원하는 최적의 대비를 찾아낼 수 있다. end-in search에 대한 구현은 다음과 같다.

$$new\,pixel = \frac{X - low}{high - low} \times max \quad \text{for low} < X < \text{high}$$

$$newpixel = 0 \quad \text{for } X < low$$
$$newpixel = max \quad \text{for } X > high \qquad (3)$$

X: 연산할 픽셀의 값,
high:입력영상이 가지는 최대값
low:입력영상이 가지는 최소값
max:그레이 레벨의 최대값

2.2 영상의 노이즈 제거

라디오그래피 기술에서 영상의 잡음은 크게 가우시안 잡음과 임펄스 잡음으로 나누어 볼 수 있다.
먼저 가우시안 잡음의 경우에는 저주파 통과 필터를 이용하여 없앨 수 있지만 전반적으로 영상을 흐리게 하는 경향이 있고 또한 임펄스 잡음을 없애는데는 효과적이지 못하다. 반면 미디안 필터링은 임펄스 잡음을 효과적으로 없앨 수 있고 또 영상의 에지를 보존할 수 있는 효과가 있어서 영상의 노이즈 제거 필터로 많이 사용되고 있다.

2.2.1 Median-filter

미디언 필터의 구현은 마스크 윈도우를 사용하여 이루어진다. 마스크 윈도우내에 있는 값들을 오름차순으로 정렬하여 정렬된 수들 중 가운데에 위치하는 수를 선택하여 새로운 픽셀값으로 결정한다. 미디언 필터의 성능은 그 마스크 윈도우의 크기를 어느정도로 잡는가에 따라 결정되는데 마스크 윈도우의 크기를 크게 잡을수록 노이즈를 걸러내는 성능은 뛰어나지만 연산 시간이 증가하는 단점이 있다. 중성자라디오그래피를 통해 얻은 영상의 미디언 필터 처리실험 결과 일부 영상에서 3×3이나 5×5 마스크 윈도우에서는 완전하게 제거되지 않는 임펄스 노이즈가 나타나는 것을 볼 수 있었다. 그리하여 본 논문에서는 이런 임펄스 노이즈의 완전한 제거를 위하여 7×7의 마스크 윈도우를 사용하였다.(그림1) 7×7 윈도우를 사용함으로써 생기는 연산 시간의 증가를 보상하기 위하여 가로잡음제거와 세로 잡음제거를 따로 실행함으로써 마스크 윈도우 값의 정렬시간을 n^2에서 2n으로 줄일 수 있는 알고리즘을 사용하여 성능을 향상시켰다.

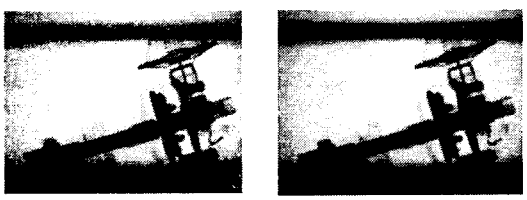

그림1. 임펄스 잡음을 첨가 영상과 필터 통과 후의 영상

2.2.2 Low-pass filter

영상에서 가우시안 잡음을 없애는데 사용하는 저주파 통과 필터는 역시 마스크 윈도우를 이용해서 구현할 수 있다. 3×3 윈도우를 사용할 경우 구현은 9개의 마스크 윈도우의 값들을 모두 더한 뒤에 그 값을 9로 나누어주어 나온 수를 지정 좌표값에 대체해 넣거나 혹은 {1, 3, 1, 3, 4, 3, 1, 3, 1}의 마스크를 사용하여 구현할 수 있다. 저주파 통과 필터의 연산결과를 보면 가우시안 잡음은 잡을 수 있지만 전체적으로 영상이 흐려지는 결과를 가져온다. 특히 여러번 실행시키거나 마스크 윈도우의 크기를 늘리는 경우에는 물체의 에지 부분의 흐려짐이 커지기 때문에 물체와 배경의 대비를 약화시키는 결과를 가져온다.
그러므로 본 논문에서는 물체의 영상의 흐려짐을 최소화하면서 가우시안 잡음을 제거하기 위해 3×3 마스크 윈도우를 사용하였다. 또한 마스크 계수로는 가우시안 스무딩 필터로 노이즈 제거에 효과적인 {1, 3, 1, 3, 4, 3, 1, 3, 1}의 마스크 계수를 사용하였다.

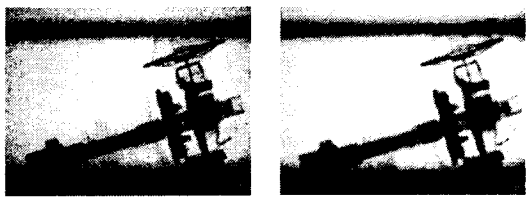

그림2. 가우시안 잡음첨가 영상과 필터 통과후의 영상

2.2.3 High-pass filter

영상에서 가우시안 잡음을 제거하기 위해 사용한 low-pass filter의 경우 필터 자체적으로 영상을 흐리게 만드는 원치않는 부가적 효과를 가지게 된다. 이런 이미지처리 단계에서의 부작용을 줄이기 위해 low-pass 필터 통과 후에 나온 영상을 high-pass filter에 통과시켜 영상의 선명도를 향상시키도록 하였다. high-pass filter는 샤프닝이라고도 하며 영상에서 상세한 부분을 더욱 강조하는 효과를 나타낸다. 그러므로 입력 영상이 애매모호한 경우에 이 필터를 적용하여 영상의 판독성을 높일 수 있다. 이 필터의 경우도 역시 마스크 윈도우를 사용하여 구현이 가능하며 일반적인 마스크 계수로는 그림 3과 같은 것들이 있다. 여기서는 {0, -1, 0, -1, 5, -1, 0, -1, 0}필터계수를 사용하여 샤프닝을 구현하였다.(그림4)

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

1	-2	1
-2	5	-2
1	-2	1

그림3. 일반적인 high-pass filter의 마스크 계수

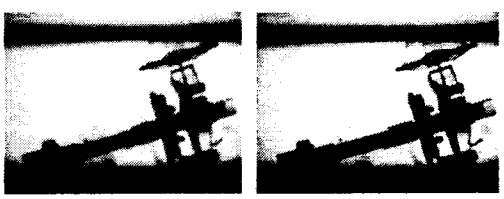

그림4. low-pass 필터에 의해 흐려진 영상과 high-pass 필터 통과 후의 영상

2.3 효율적인 영상처리 과정

중성자 라디오그래피기법을 통해 얻은 영상은 임펄스 노이즈와 가우시안 노이즈가 포함된 형태로 나타난다. 또한 피사체의 종류와 영상을 얻을 당시의 조도등에 따라서 전체적인 영상의 밝기가 영향을 받기도 한다. 그러므로 적절한 영상처리를 거쳐서 전체적인 이미지의 질을 향상시키는 단계가 필요하다. 본 논문에서는 이와같은 영상처리의 단계를 크게 4단계로 나누어서 처리하였다.

그림5는 이 단계를 나타낸 블록다이어그램이고 그림6은 이와같은 처리를 통하여 얻어낸 영상이다.

첫 번째는 초기영상의 명암과 명암대비의 조절단계이다. 이 단계를 실행함으로써 영상의 가시성을 확보하고 명암의 대비를 높임으로써 임펄스 노이즈 성분을 강화해 주는 역할을 하게 된다. 그러므로써 후에 미디언필터 적용시 임펄스 노이즈를 가진 픽셀의 구분이 더 용이하게 된다. 본 논문에서는 이 단계의 구현을 end-in search 알고리즘을 사용하였다. 이 알고리즘은 사용자의 파라미터값 입력에 따라 명암과 명암대비정도가 적절히 변화하기 때문에 임의의 초기영상에서 가시성 높은 영상을 얻을 수 있다.

두 번째는 이렇게 얻은 영상을 미디언 필터에 적용시켜 임펄스 노이즈를 제거하는 과정이다. 가우시안 노이즈보다 먼저 임펄스 노이즈를 제거하는 이유는 가우시안 노이즈 제거 필터를 먼저 적용시킬 경우 기존의 임펄스 노이즈의 값이 주변 픽셀의 값에 영향을 주어 에러가 주변으로 확산되는 효과를 가지기 때문에 임펄스 노이즈를 먼저 제거하는 것이 영상의 왜곡보정에 더 효과적이다.

세 번째 단계는 앞의 결과를 low-pass 필터에 적용하여 이미지의 가우시안 잡음을 제거하는 단계이다. 이 단계에서는 이미지의 가우시안 잡음은 제거가 가능하지만 이미지가 흐려져서 이미지의 판독성을 줄이는 역효과가 발생하게 된다.

네 번째 단계는 low-pass 필터를 통과함으로써 생긴 이미지의 흐려짐을 보정하기 위하여 샤프닝 필터를 통과시키는 단계이다. 이 과정을 통하여 앞단계에서 발생하였던 이미지의 흐려짐을 보상하였다.

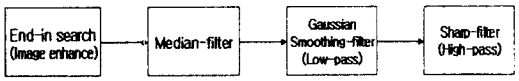

그림5. 이미지 처리과정의 블록 다이어그램

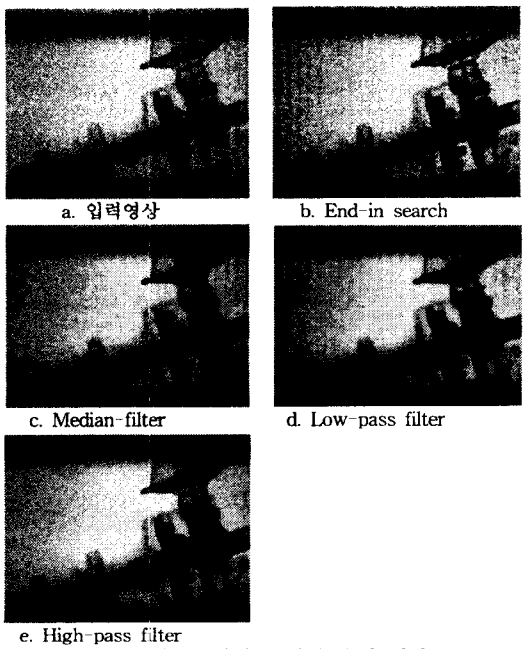

그림6. 이미지처리 단계별 출력 영상

2.4 GUI 환경의 구현

앞에서 구현한 영상처리 과정을 사용자가 이용하기 쉽도록 GUI환경을 가지는 프로그램으로 구현하였다. MS사의 Visual C++6.0 버전의 컴파일러를 사용하였고 프로그램은 크게 파일 로딩과 저장을 담당하는 부분과 실제 이미지 처리를 담당하는 부분으로 구성되어 있다.

파일관련 메뉴에는 파일 열기, 닫기, 저장, 다른이름으로 저장, 종료와 같은 주요기능이 있고 이미지 처리를 담당하는 부분의 메뉴에는 크게 밝기조절, 필터링, 회전, 보기등으로 이루어져있다.

프로그램을 구현하면서 '자동실행'이라는 메뉴를 삽입하여 앞에서 제안하였던 영상처리과정을 순서대로 자동적으로 실행시켜 간편하게 결과 영상을 볼 수 있도록 구성하였다.

3. 결 론

우리는 앞에서 중성자라디오그래피 영상 처리과정에서 명암조절과 명암대비를 통한 영상의 향상과 임펄스, 가우시안 노이즈제거의 구현에 대해서 살펴보았다. 중성자 라디오그래피의 특성상 얻어지는 왜곡된 이미지를 효율적인 이미지 처리 시스템을 사용함으로써 판독성과 가시성이 뛰어난 이미지로 변환 할 수 있었다. 또 이를 GUI 환경의 간단한 프로그램으로 구현함으로써 사용자가 좀 더 용이하게 작업을 수행할 수 있도록 하였다.

고속/고성능의 중성자 래디오그라피 기술은 비파괴검사 기술로 실용화 가능성이 매우 높으나 그것은 효율적인 영상처리 시스템의 개발에 따라 그 가능성 여부가 달려있다고 할 수 있을 만큼 영상처리의 과정이 중요하다. 또 이 기술은 응용 분야가 과학기술 뿐 아니라 의료, 미술, 신물질개발, 항공, 군수, 보안등 산업 전반에 걸 쳐 매우 광범위하여서 부가 가치가 매우 높은 기술이다.

본 논문에서 구현한 프로그램은 중성자라디오그래피에 적용되어 초기 영상의 보정과 노이즈제거에 효율적으로 사용될 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 영상처리 이론과 실제. 홍릉과학출판사. Randy Crane저

[2] 기초편 영상처리. 기한재. 천인국, 윤영택 지

[3] 디지털 영상처리. 사이텍 미디어. 강동중, 하종은 저

[4] 심철무, 최하림, "21세기 중성자 영상 검출기 기술 동향", 비파괴검사 학회지 제21권 제6호, 2001년 12월, 670 677.

[5] Digital Image Processing , Prentice Hall , Rafael C. Gonzalez & Richard E. Woods 저

[6] Berger, "Advanced in Neutron Radiographic Technique and Application", Special Lecture in Advances in Neutron Imaging for the 21st Century Conference.

[7] Shigenori Fujine and Kenji Yoneda, Development of imaging techniques for fast neutron radiography in Japan