

# 주변 평균 밝기차를 이용한 초음파 영상의 에지 검출

°원 철 호, 구 성 모, 김 명 남, 조 진 호\*  
경북대학교 공과대학 전자공학과  
\*경북대학교 전자공학과 및 경북대학교병원 의공학과

## Edge Detection of Ultrasonic Image Using Neighborhood Mean Intensity Difference

°Chul-Ho Won, Sung-Mo Koo, Myoung-Nam Kim, Jin-Ho Cho\*  
Dept. of Electronics, Kyungpook National University  
\*Dept. of Electronics, Kyungpook National University and  
Dept. of Biomedical Eng., Kyungpook University Hospital

### Abstract

A new algorithm using a measure for edge detection from ultrasonic image is proposed. Ultrasonic image is blurred by pre-processing for removing speckle noises and precise edge placement is not clear. Because extracted edge from blurred image is thick, a measure utilizing the absolute difference of mean between two windows is used to thin the thickness of extracted edge in blurred image. The algorithm is effective to process blurred image due to the noise filtering that remove speckle noises. Results of the proposed algorithm using a measure show good edge detection performance comparing with other gradient edge operators.

### I. 서론

최근 실시간 초음파 진단 장치의 사용이 일반화되고 있으며, 이제 초음파 영상 장치에 의한 진단 기술은 진료에 있어서 중요한 위치를 점하고 있다<sup>[1]</sup>. 영상의 정량적 분석시에 화질이 매우 중요하지만 초음파 영상은 스펙클(speckle)잡음을 많이 포함하고 있으며 영상의 일부분이 탈락(dropout)하는 등 상당히 열화되어 있다. 물체의 테두리나 물체와 물체 간의 경계를 표시하는 에지는 영상의 특징을 나타내는 중요한 요소이다. 초음파 영상과 같이 스펙클 잡음으로 인하여 심하게 열화되어 있는 영상에서는 에지를 검출하여 특징을 분석하고 인식하는 데 있어서 많은 어려움이 있다.

지금까지 영상 처리 분야에서 발표된 에지 연산자로서 초음파 영상에 사용된 에지 연산자로는 Sobel, spatial difference, log 및 entropy 연산자 등이 있다<sup>[2-6]</sup>. 초음파 영상은 스펙클 잡음으로 열화되어 있기 때문에 적절한 전처리 과정을 거친 후 에지 연산자를 사용하여 에지를 검출하게 된다. 전처리 과정에서는 스펙클 잡음을 제거하기 위하여 평균필터, 메디안 필터 또는 이를 수정한 잡음 제거 필터를 사용하는 데 이 과정에서 잡음의 제거 뿐만 아니라 에지정보의 뭉뚱화(blurring)현상이 발생하게 된다<sup>[7]</sup>. 에지 검출 과정은 Sobel, Kirsh 등의 기울기 연산자에 의하여 만들어진 에지 지도(edge map)에 적절한 문턱치를 설정함으로써 이루어지게 된다<sup>[8]</sup>. 이 때 문턱치를 높게 설정하

면 에지의 두께가 가늘게 되어 정확한 에지의 위치를 알 수 있지만 원하는 정보를 많이 잃게 된다. 한편, 문턱치를 낮게 설정하면 더 많은 정보를 얻을 수 있지만 에지의 두께가 두꺼워지고 불필요한 성분까지도 검출하게 된다. 초음파 영상은 스펙클 잡음을 제거하기 위하여 잡음 제거 필터로써 처리하게 되고 이 과정에서 영상은 뭉뚱화 된다. 뭉뚱화된 영상으로부터 얻어진 에지 지도에 최적한 문턱치를 설정할지라도 에지의 두께가 두꺼워지는 것을 피할 수 없기 때문에, 지금까지의 에지 연산자를 사용하여 적절한 문턱치를 설정하는 등의 방법으로는 초음파 영상으로부터 정확한 에지를 검출하는 데 어려움이 있다<sup>[2]</sup>. 전처리 과정을 거치지 않은 초음파 영상에서 에지를 검출하고자 하면 필터링으로 인한 뭉뚱화 현상은 없지만 잡음의 영향으로 유용한 성분만을 에지로 검출할 수 없게 된다.

본 논문에서는 기울기 연산자와 주변 평균 밝기 차로 표현되는 척도를 이용하여 에지를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 램프 형태의 에지일 경우 기울기 연산자는 에지에서 응답의 세기와 폭을 크게 나타내게 하지만 척도의 응답은 세기와 폭이 매우 작기 때문에 연산자의 응답이 크고 척도의 응답이 작은 화소를 에지로 판단하면 에지를 가늘게 검출할 수 있다. 특히, 이 방법은 전처리로 인하여 뭉뚱화 되어 계단형 에지보다는 램프형 에지가 많은 초음파 영상에서 효과적임을 알 수 있다. 제안한 알고리즘으로 초음파 영상을 처리한 결과, 전처리 과정에서 뭉뚱화된 영상으로부터 기울기 연산자만으로 에지를 검출하는 것보다 제안한 방법이 에지를 더 가늘고 정확하게 검출 해법을 확인하였다.

### II. 이론

#### 1. 에지검출을 위한 대표적인 기울기 연산자

##### (1) Sobel 연산자

Sobel 연산자는 1차 미분연산자로서 기울기 세기  $G$ 는 그림 1의  $3 \times 3$  국부영역에서 식 (1)과 같이 정의된다.

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

그림 1. 3×3 창  
Fig. 1. 3×3 window.

$$G(k,l) = \sqrt{[G_R(k,l)]^2 + [G_C(k,l)]^2} \quad (1)$$

$G_R$ 와  $G_C$ 는 각각 수평과 수직방향의 마스크와 영상과의 행렬(convolution)연산으로 다음과 같이 정의된다.

$$G_R(k,l) = F(k,l) \otimes M_V(k,l) \quad (2)$$

$$G_C(k,l) = F(k,l) \otimes M_H(k,l) \quad (3)$$

여기서,  $F(k,l)$ 은 원영상이고  $M_V(k,l)$ 와  $M_C(k,l)$ 는 각각 수직 및 수평 방향의 창이다. Sobel 연산자는 비교적 다른 연산자들보다 수평이 간단하다. 수평과 수직방향의 기울기를 결과값으로 하고 이상적인 계단형 에지는 가늘게 잘 검출하지만 램프형 에지는 두껍게 검출한다.

(2) Kirsh 연산자

Kirsh 연산자는 1차 미분연산자의 일종으로 그림 2와 같이 8방향의 기울기 형판(template)을 구하여 형판과 영상을 행렬 연산하여 에지를 검출하는 방식이다. 이 연산자의 기울기 세기  $G$ 는 다음과 같이 정의된다.

5	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
5	0	-3	5	0	-3	-3	0	-3	-3	0	5
5	-3	-3	5	5	-3	5	5	5	-3	5	5

-3	-3	5	-3	5	5	5	5	5	5	5	-3
-3	0	5	-3	0	5	-3	0	-3	5	0	-3
-3	-3	5	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3

그림 2. 3×3 형판  
Fig. 2. 3×3 templates.

$$G(k,l) = \text{MAX} [ |G_1(k,l)|, |G_2(k,l)|, \dots, |G_8(k,l)| ] \quad (4)$$

$$G_m(k,l) = F(k,l) \otimes T_m(k,l) \quad (5)$$

여기서,  $T_m(k,l)$ 은 각 방향에 대한 형판이고,  $G_m(k,l)$ 은 원영상과 형판과의 행렬연산이다. 기울기 세기는 각 형판과 영상의 행렬연산에서 최대값으로 결정하게 되고, 에지각은 가장 큰 경사도의 방위에 의해 결정된다. Sobel 연산자가 수평과 수직 방향의 성분만을 고려하지만, Kirsh 연산자는 각 행렬연산에서 8방향의 성분 중에서 최대의 경사도를 에지의 세기로 정의하기 때문에 에지 검출 특성이 Sobel 연산자보다 우수하다. 하지만, 밝기의 변화가 완만한 램프형 에지일 경우 에지를 두껍게 검출하게 된다. Sobel과 Kirsh 연산자로 대표되는 일반적인 기울기 연산자는 계단형 에지에는 가늘게 응답하지만 램프형 에지에는 넓게 응답한다. 따라서, 영상 자체의 화질, 열화 및 전처리 등으로 램프형 에지가 많은 영상에서는 에지를 두껍게 검출한다.

2. 제안한 알고리즘

에지의 유무를 판단하기 위해 도입된 척도는 그림 3과 같이 크기가 다른 두개의 창에서 얻어진 평균의 차에 절대치를 취한 형태로 식(6)으로 나타난다.

$$M(k,l) = |M_1 - M_2| \quad (6)$$

여기서,  $M_1 = \sum_{(k,l) \in R_1} F(k,l) / 9$   
 $M_2 = \sum_{(k,l) \in R_2} F(k,l) / 81$

$R_1$  : 3×3 window area  
 $R_2$  : 9×9 window area

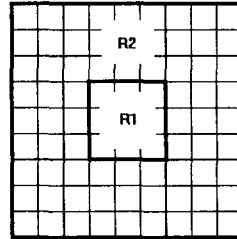


그림 3. 3×3, 9×9 창  
Fig. 3. 3×3, 9×9 windows.

도입한 척도의 특성을 알아보기 위하여 계단형 에지와 램프형 에지에 대한 기울기 연산자와 척도와의 관계를 그림 4에서 보였다.

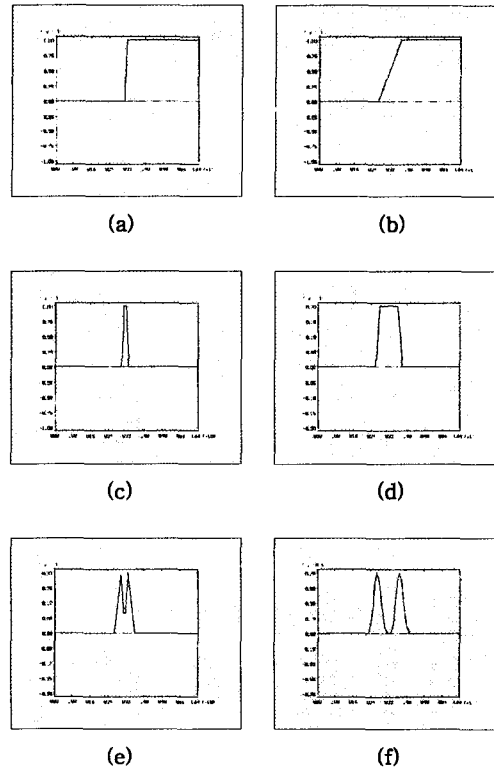


그림 4. 에지 검출 결과: (a) 계단형 에지; (b) 램프형 에지; (c) 그림 (a)에 대한 연산자의 결과; (d) 그림 (b)에 대한 연산자의 결과; (e) 그림 (a)에 대한 척도의 결과; (f) 그림 (b)에 대한 척도의 결과

Fig. 4. Result of edge detection: (a) step edge; (b) ramp edge; (c) result of operator for (a); (d) result of operator for (b); (e) result of measure for (a); (f) result of measure for (b).

계단형의 에지인 경우 회색레벨의 값이 "0"인 영역에서는 9×9와 3×3창내의 평균값이 같기 때문에 최대의 응답은 "0"이 된다. 창을 이동시키면 "0"에서 "1"로 값이 변화하는 영역에 9×9창의 영역이 먼저 도달하기 때문에 평균값이 3×3창내의 값보다 크므로 최대의 응답은 커지고, 에지 부근에서는 창들의 평균값의 차이가 작아지고 최대의 응답도 에지에서는 매우 작게 된다. 에지를 지나면서 다시 최대의 값은 커지고 회색 레벨값이 "1"이 되는 영역에서는 창들의 평균값이 동일하므로 최대의 응답이 "0"으로 감소하게 된다. 즉, 일반적인 기울기 연산자는 에지에서 회색 레벨값이 최대가 되지만, 도입한 척도는 에지의 양쪽으로 회색 레벨값이 크고 에지에서는 그 값이 매우 작게 된다. 그림 4의 (c)의 계단형 에지와 그림 4의 (d)의 램프형의 에지에 대한 기울기 연산자의 응답을 비교하면 밝기 변화가 급격한 계단형의 에지보다는 램프형의 에지가 매우 두껍게 나타남을 볼 수 있다. 따라서, 화질의 열화나 전처리 등으로 인해 램프형 에지가 많은 영상에서 에지를 검출할 경우 에지가 전체적으로 두꺼워지게 됨을 알 수 있다. 그림 4에서 나타나는 바와 같이 에지에서 기울기 연산자의 응답은 최대가 되고 최대의 응답은 매우 작으므로 에지에 대한 두 응답의 관계를 고려함으로써 에지를 가늘게 검출하게 된다. 에지는 일반적인 기울기 연산자의 세기와 제안한 척도의 세기로부터 다음과 같이 결정된다.

$$\text{if} ( G_{k,l} \geq Th1 \text{ and } M_{k,l} \leq Th2 ) \quad \text{Edge} = 255 \\ \text{else} \quad \text{Edge} = 0$$

여기서,  $G_{k,l}$ 는 Sobel, Kirsh 등의 기울기 연산자의 세기이며  $M_{k,l}$ 은 척도의 세기이다. 일반적으로 각 화소에 대하여 기울기 연산자의 세기가 문턱치 이상이 될 때 그 점을 에지로 판단하지만, 제안한 알고리즘에서는 기울기 세기와 척도의 세기를 동시에 고려하여 에지의 세기가 특정한 문턱치를 넘고 동시에 척도의 세기가 문턱치보다 낮을 때 그 점을 에지로 판단하게 된다. 척도의 응답이 에지에서 회색레벨 값이 매우 낮고 그 양쪽에서 매우 크게 나타나므로, 기울기 연산자의 세기가 크고 동시에 척도의 세기가 매우 낮은 화소를 에지로 판단하면 가늘게 에지를 검출할 수 있다. 계단형 에지일 경우 기울기 연산자의 응답의 폭이 가늘기 때문에 에지를 가늘게 검출할 수 있지만, 램프형 에지일 경우에는 응답의 폭이 매우 넓게 나타나서 에지를 가늘게 검출할 수 없기 때문에 램프형 에지일 경우에 척도를 이용하여 에지를 가늘게 검출하는 것이 효과적임을 알 수 있다. 따라서, 전처리 과정으로 잡음 제거를 하여 뭉뚱화된 초음파 영상에서 기울기 연산자만을 사용하여 에지를 검출하는 것보다 이 척도를 이용하면 가늘게 정확한 에지를 검출할 수 있다.

### III. 실험 결과 및 고찰

실험을 위한 데이터는 정상인으로부터 2.25MHz 트랜스듀서로 구성된 표준스캐너(standard phased array

scanner: Meridian, IREX)를 이용하여 초음파 영상을 1/2인치 VTR에 녹화하였다. 이 초음파 영상으로부터 정지영상을 얻기 위해 동적 트랙 추적기능이 있는 VCR로써 1필드씩 순차적으로 재생시켰으며 이를 프레임 그래버(DT-2853)로써 양자화하여 256×256영상을 얻었다. 전처리 단계로서는 초음파 영상의 회색레벨의 분포가 어두운 영역에 편중되어 있기 때문에 영상의 명암향을 위하여 빈도 등화 변환(histogram equalization)을 하였고 초음파 영상에 포함되어 있는 스펙클 잡음을 제거하기 위하여 3×3창의 평균 필터를 이용하였다.

본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하여 초음파 영상에서 에지를 검출하는 처리 과정의 효용도는 그림 5와 같다. 그림 6은 양자화 된 단축 심초음파 영상이

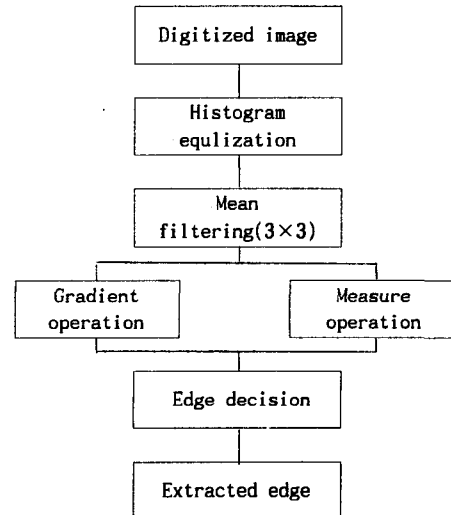


그림 5. 제안한 알고리즘의 블록도

Fig. 5. Block diagram of the proposed algorithm.

고 그림 6의 영상을 빈도 등화 변환 후, 이를 평균하여 잡음을 제거한 영상은 그림 7과 같다. 그림 8의 (a)는 그림 7의 영상에 Sobel 연산자를 적용한 결과로서 문턱치는 에지정보와 에지 두께의 관계를 고려하여 적정치인 18로 설정하였다. 이 영상은 전반적으로 에지가 매우 두껍게 검출되었고 특히, 국부적 밝기변화가 심한 심의벽 아래 부분에 있어서는 잡음 제거 필터링의 뭉뚱화 효과로 인하여 에지가 매우 두껍게 검출됨을 볼 수 있다. 그림 8의 (b)는 그림 7의 영상에 문턱치를 25로 하여 Kirsh 연산자를 적용시켜 처리한 영상이다. 이 영상 또한 두꺼운 에지영상을 형성하였고 중앙의 유두근(papillary muscle)영역과 내벽의 에지도 두껍게 검출됨을 볼 수 있다. 그림 8의 (c)와 그림 8의 (d)는 각각 그림 8의 (a)와 그림 8의 (b)의 에지 검출 영상에서 설정한 문턱치와 동일한 값으로써 제안한 알고리즘을 이용하여 얻은 영상이다. 기울기 연산자에 의해서 에지가 두껍게 검출된 심의벽 아래 부분에서 에지의 두께가 가늘어졌음을 볼 수 있으며 심내벽의 유두근에서도 역시 에지의 두께가 가늘게 검출됨을 볼 수 있다. 밝기 변화의 정도가 큰 심벽, 유두근 부분 등 필터링으로 인한 뭉뚱화의 영향을 많이 받는 부분에서 효과적으로 에지를 가늘게 검출함을 볼 수 있다.

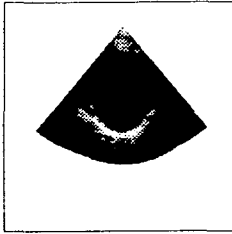


그림 6. 양자화된 영상

Fig. 6. Digitized image.

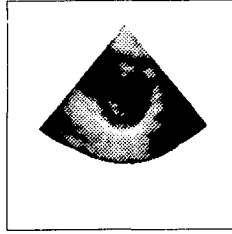
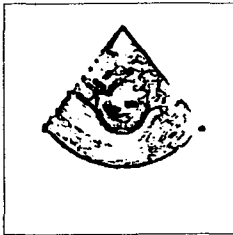


그림 7. 빈도등화 변환 후 평균한 영상

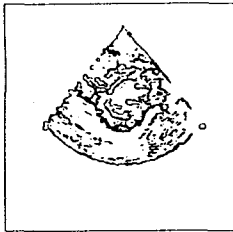
Fig. 7. Histogram equalization & averaged image.



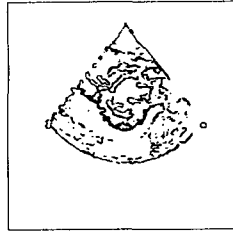
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 8. 결과 영상: (a) Sobel 연산자를 이용한 에지 영상; (b) Kirsh 연산자를 이용한 에지 영상; (c) Sobel 연산자에 대하여 제안한 알고리즘을 이용한 에지 영상; (d) Kirsh 연산자에 대하여 제안한 알고리즘을 이용한 에지 영상

Fig. 8. Result image : (a) Edge image using Sobel operator; (b) Edge image using Kirsh operator; (c) Edge image using proposed algorithm for Sobel operator; (d) Edge image using proposed algorithm for Kirsh operator.

#### IV. 결론

본 논문에서는 기울기 연산자와 주변 평균 밝기 차로 표현되는 척도를 이용하여 에지를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘으로 초음파 영상을 처리한 결과, 전처리 과정에서 뭉뚱화된 영상으로부터

기울기 연산자만으로 에지를 검출하는 것보다 제안한 척도를 이용하면 에지를 가늘고 정확하게 검출함을 확인하였다. 본 알고리즘은 전처리 과정에서의 잡음 제거 필터로 인하여 뭉뚱화된 초음파 영상으로부터 효과적으로 에지를 검출할 수 있기 때문에 스펙클 잡음을 효과적으로 처리할 수 있는 필터링이 제안된다면 훨씬 더 좋은 결과를 기대할 수 있다.

#### 참고 문헌

1. K. J. Dreyer, et al., "Quantitative analysis of cardiac imaging using expert systems," SPIE, Vol. 1445, pp. 398-408, 1991.
2. 구성모, 등 "가변 문턱치를 갖은 엔트로피 연산자를 이용한 2D 심초음파도의 에지 검출," 의공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 98-101, May. 1992.
3. D. T. Linker, et al., "Automated endocardial definition of 2-D echocardiograms : A comparison of four standard edge detectors and improved thresholding techniques," Proc. Computer in Cardiology, IEEE Computer Society, pp. 395-398, 1982.
4. C. Lamberti and F. Sgallari, "A workstation-based system for 2-D echocardiography visualization and imaging processing," IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol. 37, pp. 796-802, Aug. 1990.
5. D. J. Skorton, et al., "Digital image processing of two dimensional echocardiograms: Identification of the endocardium," The American Journal of Cardiology, Vol. 40, pp. 479-486, Sept. 1981.
6. S. M. Collins, et al., "Computer-assisted edge detection in two-dimensional echocardiography : Comparison with anatomic data," The American Journal of Cardiology Vol. 53, pp. 1380-1387, May. 1984.
7. T. Loupas, W. N. McDicken, "An adaptive weighted median filter for speckle suppression in medical ultrasonic images," IEEE Trans. on circuits and systems, Vol. 36, pp. 129-135, Jan. 1989.
8. R. C. Gonzalez and P. Wintz, "Digital image processing," 2nd ed. Addison Wesley, 1987.