

심초음파도내에서의 심장 판막 운동 추적을 위한 동영상 처리 기술에 대한 기초 연구(I)

육인수, 김재익, 최홍호
인제대학교 보건대학 의용공학과

A study on the development of an image processing technique for tracing the movement of heart valves in echocardiograms(I)

I. S. Yook, J. I. Kim, H. H. Choi

Department of Biomedical Engineering, College of Health, Inje University

ABSTRACT

One of the most significant feature of diagnostic ultrasonic instrument is to display information on the soft tissues in the body in real time. In this paper we carried out basic study on the digital moving image processing for tracing the movement of heart valves in echocardiograms.

Digital moving image file was made from analog echocardiograms and it was remade as 256 gray-level images on each frame. The ROI(Region of interest) was placed on a heart valve region to process images efficiently. Images were processed by the use of image enhancement filters and morphology filters. The result shows that the processed images were more enhanced than original images. When a moving image is reconstructed by using these enhanced images, we can trace the movement of heart valves more easily.

In this study we proposed the availability of the moving image reconstruction using enhancement images.

서론

초음파는 인체에 무해하고, 조영제를 사용하지 않고 무침습적으로 연부 조직의 영상화가 가능하다는 장점 때문에 널리 행해지고 있다. 그러나, 초음파 화상은 주로 음향 임피던스(밀도×음속)가 다른 생체 조직 경계에서 발생하는 반사파와 그 외에 조직 내에 있는 무수한 산란체로부터의 반사파가 서로 간섭하여 생기는 echo파(speckle echo)가 혼재할 수 있고, 또한 영상의 일부가 탈락(dropout)하는 등

그 분해능이 떨어져 화상의 질이 비교적 나쁘다는 단점 때문에 더욱 정확한 정보를 얻기 위한 영상 처리 기법에 대한 연구가 계속 진행되고 있다. 또, 심장 질환 진단에 널리 사용되고 있는 영상 장비 중의 하나가 심초음파 장비이다. 심초음파도는 심장에 대한 여러 가지 다양한 정보를 제공하여 심장 질환 진단에 도움을 주고 있다.

심장 질환의 진단이나 증세의 평가에 이용되는 심장 echo상의 정보로서는 다음과 같은 것들이 있다. 즉, ①심장 구조물의 이상, ②심장의 크기나 심벽의 두께 또는 그 변화, ③판막이나 기타 심내 구조물의 변화와 운동 이상 등이다. 이 중에서 심장 판막의 구조나 운동 이상으로 인한 환자의 수가 대부분을 차지하고 있다.

본 연구에서는 이러한 환자들의 심장 판막 운동 상태를 더욱 정확하게 진단하기 위하여 심초음파도내에서의 심장 판막 운동을 추적할 수 있도록 동영상 처리 기술을 제안한다. 동영상 처리는 시간적으로 다른 많은 화상 처리를 하지 않으면 안된다.

Akiyama는 일련의 B-mode 화상들로부터 optical flow법에 의해 생체 내부의 움직임 분포를 판단하고자 했다. Optical flow법은 움직임 전후의 화상들로부터 motion vector를 결정짓는다. 이것을 B-scan 화상에 적용함으로써 심장을 비롯한 생체 조직의 움직임을 판단하였다.

본 논문에서는 심초음파 동영상으로부터 frame 단위로 얻어진 정지 화상들에 대하여 심장 판막을 중심으로 한 심장 부위를 ROI(Region of interest)로 두고 각각의 정지 화상들에 대하여 전처리로서 여러 가지 화상 처리를 행한 후 최종적으로 개선된 화상을 만든다. 그리고 나서 이 결과 화상들을 다시 동영상화하여 판막 운동을 보다 명확하게 추적할 수 있도록 한다는 것이다.

따라서, 이러한 동영상 처리 기술을 개발함으로써 인하여 보다 정확한 심장 질환 진단을 기대할 수 있을 것이다.

이론

방법

일반적인 화상과는 달리 초음파 화상과 같이 speckle noise나 영상 탈락 현상이 두드러지는 화상을 처리하기 위해서는 이러한 현상을 보완시켜 줄 수 있는 방법이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 목적을 달성하기 위해서 다음과 같이 화상 개선 필터 및 morphology 필터를 구성하여 사용하였다.

1. 화상 개선 필터

여기에 포함된 필터들은 1차적으로 잡음을 제거하고 화상을 평활화하기 위한 것으로 대표적인 필터에는 Mean 필터와 Median 필터가 있다.

Mean 필터는 화상을 평활화하고, 부드럽게 하기 위해 사용된다. 이 필터는 각각의 pixel을 kernel에 의해 가중된 pixel들의 평균으로 바꾸는 것이다.

Median 필터는 경계선의 윤곽은 유지하면서 화상으로부터 잡음을 효율 좋게 제거할 수 있다.

Sharpen 필터는 좀 더 예리한 경계를 갖는 화상을 만들기 위한 것으로 kernel 가중치의 합은 1로 하였다.

2. Morphology 필터

Morphology 필터는 화상내에 있는 대상체의 경계나 골격 등의 모양을 좀 더 간단하고 단순하게 나타낼 수 있는데 다음과 같은 필터들을 효과적으로 이용하면 잡음 제거와 함께 더욱 예리한 윤곽을 갖는 화상을 구현할 수 있다.

여기에 포함된 필터로는 우선 Erode와 Dilate가 있는데, Erode 필터는 밝은 부분을 대상으로 했을 때 배경 면적은 넓어지는 반면 밝은 부분의 대상은 줄어든다. 어두운 부분을 대상으로 했을 때는 그 역이 성립한다. Dilate 필터는 위의 Erode와 반대되는 개념으로 배경 면적은 줄어들고, 밝은 부분의 대상은 넓어진다.

이들 각각을 단독으로 사용하는 경우보다 이들을 병행하여 사용한 Open과 Close를 이용하면 그 의미가 한층 더해진다.

Open 필터는 ROI에 대하여 Erode, Dilate 순으로 처리하는 것인데 울퉁불퉁한 경계선을 평활화 하기 위해 이용하는 것으로 경계선 향상에 유용하다. 반면에, Close 필터는 Open 필터와 반대로 ROI에 대하여 Dilate, Erode 순으로 처리하여 대상체내의 작은 구멍들을 채우기 위한 것이다. 즉, speckle 잡음을 제거하는데 유용하다.

또한, L-skeleton 필터를 사용하였는데 이것은 Erode와 비슷한 개념으로 대상체의 넓은 골격을 최소 1-pixel의 선으로 남기는 것이다. 이 filter로 인하여 예리한 윤곽선을 검출할 수 있었다.

실험에 사용된 초음파 영상은 삼성의료원에서 3.5 MHz 트랜스듀서로 구성된 표준 스캐너를 이용하여 성인 남성으로부터 얻은 것이다. 이 심초음파 영상을 1/2 inch VTR에 녹화하여 이를 computer를 통해 digital화하여 MPEG 방식으로 압축하여 file로 만들었다. 그림 8은 digital 동영상 획득을 위한 system 블록도이다.

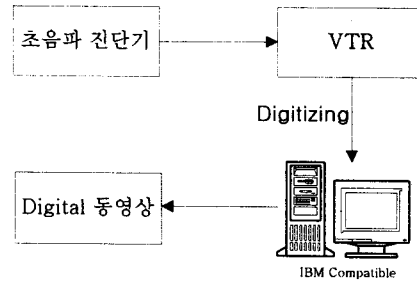


그림 8. Digital 동영상 획득을 위한 system 블록도

그림 8과 같이 동영상을 얻고, 이것으로부터 frame 단위의 정지 화상을 획득하기 위해 영상을 frame 간격으로 재생시켜 8bit, 즉 256 color의 화상 데이터로 변환하여 저장했다.

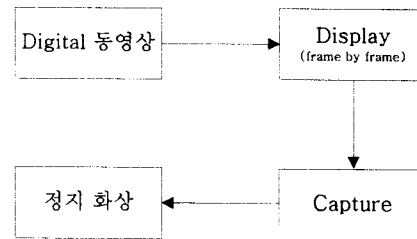


그림 9. 정지 화상 획득을 위한 블록도

이렇게 해서 얻어진 각각의 화상 데이터에 대해서 관심 대상이 되는 심장 판막을 중심으로 심장 부위의 일부분을 ROI(Region of interest)로 두고 80×90 화상 영역에 대해서만 처리를 하였다.

먼저, histogram equalization을 행하여 영상 보강을 행하였다. 다음에 초음파 화상에 혼재하는 speckle, spike 형태의 잡음을 제거하고, 경계선을 평활하고 더욱 예리하게 검출하기 위해 앞서 기술된 필터들을 이용하였다. 필터 tool은 Data Translation사의 Global Lab Image를 사용하였고, 그 처리 과정은 그림 10과 같다.

그 결과 개선된 화상과 원래의 화상을 비교, 검토했다.

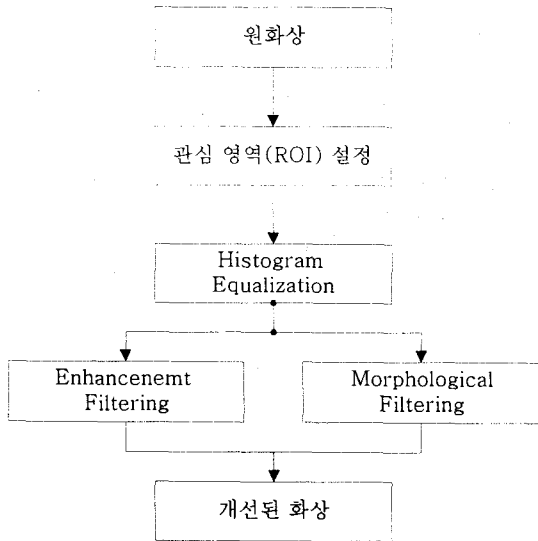
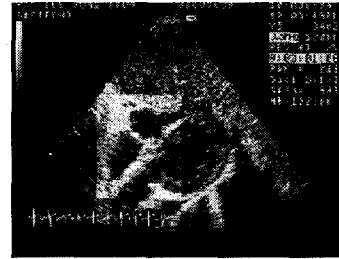


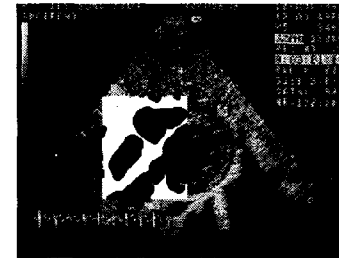
그림 10. 본 논문에서 사용한 화상 처리 과정의 흐름도



(d)

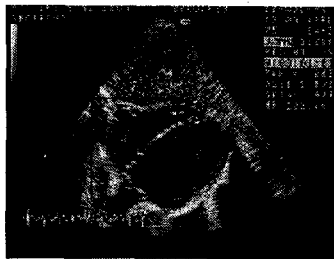


(e)



(f)

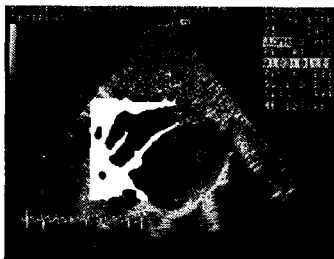
실험 결과 및 고찰



(a)



(b)



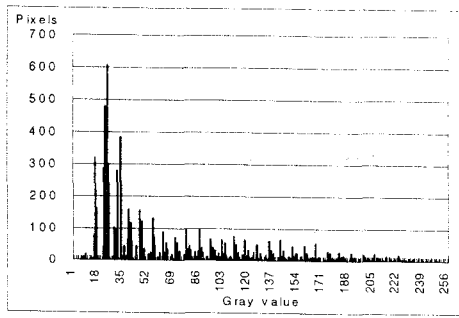
(c)

그림 11. 결과 화상

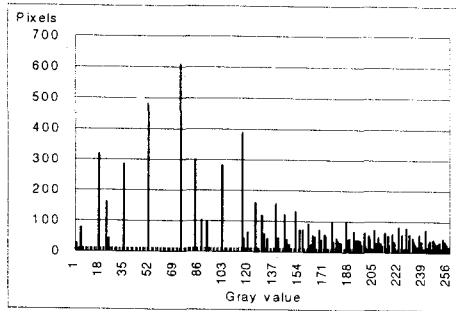
- (a) 원화상 1
- (b) (a)의 ROI 영역에 대해 histogram equalization한 화상
- (c) (b)의 ROI 영역에 대해 화상 처리한 결과
- (d) 원화상 2
- (e) (d)의 ROI 영역에 대해 histogram equalization한 화상
- (f) (c)의 ROI 영역에 대해 화상 처리한 결과

그림 11의 (a), (d)는 심초음파도에서 frame 간격으로 얻어진 원래의 화상이고, 이들 화상의 ROI에 대해 histogram equalization한 화상이 각각 (b), (e)이다. 그리고나서 필터 처리한 결과 화상이 각각 (c)와 (f)이다. 두 frame의 처리 전후 화상을 비교했을 때 처리된 화상이 원화상에 비해 비교적 우수한 화질을 나타냈으며 심장 판막 운동 추적을 위한 판막의 위치 또한 보다 쉽게 알 수 있었다.

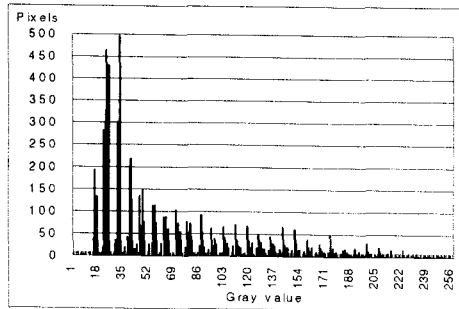
또한, 그림 12에 histogram equalization 전후 화상의 ROI에 대한 histogram을 비교하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 histogram equalization 전에는 pixel의 gray level 분포가 어두운 부분에 편중되어 있는 반면 처리 후에는 비교적 전체적으로 고른 분포로 변환되었음을 알 수 있다.



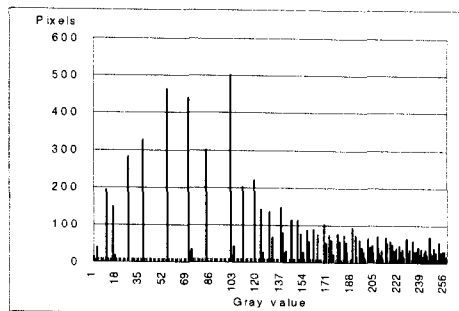
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 12. Histogram 비교

- (a) 그림 11 (a) ROI에 대한 histogram
- (b) 그림 11 (b) ROI에 대한 histogram
- (c) 그림 11 (d) ROI에 대한 histogram
- (d) 그림 11 (e) ROI에 대한 histogram

결론

본 연구에서는 동영상 처리 기술을 심초음파도의 영상 처리에 적용하여 개선된 화상으로 동영상 재구성할 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

즉, 심초음파 영상을 digital 영상으로 바꾸는 영상 획득 과정을 거치고, 이를 frame 단위의 정지 화상으로 저장한 후 이들 각각의 화상에 대하여 잡음 제거 등의 화상 처리를 행하고 난 뒤 다시 동영상으로 재구성하는 것이다. 결과에서 보였듯이 이렇게 개선된 화상으로 재구성된 동영상은 심장 판막의 이상으로 인한 심장 질환 진단을 보다 더 정확하게 할 수 있다는데 그 의의가 있는 것이다.

본 논문의 문제점 및 향후 연구 방향은 다음과 같다.

첫째, digital 정지 화상 저장 및 화상 처리에 있어서 많은 시간을 필요로 했다. 이를 최소한으로 줄일 수 있는 프로그래밍이 필요하다. 또한 효율적인 digital 동영상 획득에 대해서는 현재 시판되고 있는 디지털 비디오 편집기가 있기는 하지만 고가이고 아직 널리 실용화되지 않은 상태이므로 이것은 차후에 고려하도록 한다.

둘째, 본 논문에서는 각각의 정지 화상에 대하여 기존의 영상 처리 기법을 그대로 사용하였지만, 보다 개선된 영상을 얻기 위해서는 전용 초음파 화상 처리 알고리즘이 개발되어야 한다.

참 고 문 헌

1. R. C. Gonzalez, R. E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1993
2. G. A. Baxes, "Digital Image Processing", John Wiley & Sons, 1994
3. 南宮在贊, "畫像工學의 基礎", 機電研究社, 1989
4. 田萬鎮 外, "超音波 檢査學", 大學書林, 1988
5. I. Akiyama, "超音波エ-コ畫像の動畫像處理による生體内部の運動解析", Jpn. J. Med. Ultrasonics, Vol.20, No.2, pp. 10-18, 1993