

초음파 데이터에서 실시간 잡음 감쇄를 이용한 광선 투사법

서강희⁰, 권구주, 신병석
인하대학교 컴퓨터·정보 공학과
e-mail : {g2032070, g2012154}@inhavision.inha.ac.kr,
bsshin@inha.ac.kr

Volume Ray Casting for Ultrasound Data Using Real-Time Noise Reduction

Kang-hee Seo⁰, Koo-Joo Kwon, Byeong-Seok Shin
*Dept of Computer Science & Information Engineering,
Inha University

요 약

초음파 영상 기법은 장기, 연조직, 혈류를 검사하는데 쓰이는 영상 진단법이다. 초음파 장비를 통해 얻어진 초음파 볼륨 데이터는 장비 특성상 많은 잡음(speckle noise)을 포함하기 때문에, 깨끗한 영상을 얻기 위해서는 잡음 필터링(noise filtering)이 필요하다. 그런데, 볼륨 데이터 모든 영역에 대해 잡음 필터링을 적용할 경우 전처리 시간이 길어져 실시간으로 초음파 볼륨 데이터를 렌더링하기 어렵다. 본 논문에서는 실시간으로 입력되는 초음파 볼륨 데이터를 가시화 하기 위하여 전처리 시간 없이 잡음을 제거하는 방법을 제안한다. 전처리 시간에 전체 볼륨 데이터에 대해 잡음 필터링을 적용하지 않고, 영상을 생성하는 동안 참조되는 복셀(voxel)에 대해서만 잡음 필터를 적용하여 얻은 값을 사용한다. 이때 필터링에 소요되는 시간을 최소화하기 위해 가장 단순한 평균화 필터를 사용한다. 그리고 복셀에 적용되는 3차원 필터를 3단계의 1차원 필터 연산 단계로 분할 한 후, 각 단계별 연산을 거친 복셀들에 대해서는 다시 연산을 하지 않도록 하여 중복을 피한다. 이를 통해 전처리 시간 없이 기존 방법과 동일한 화질을 유지하는 최종 영상을 만들어 낸다.

1. 서론

초음파(ultrasound) 영상 장치는 변환기(transducer)에서 방사상으로 발사된 초음파 신호가 물체에 반사되는 정도를 영상으로 변환하는 의료영상 장치이다. 최근에는 프로브(probe)에 모터를 장착하여 특정 구간을 연속촬영 하도록 함으로써 대상물체에 대한 볼륨데이터를 획득할 수 있는 초음파 영상 장치들이 개발되고 있다. 그러나 이러한 초음파 볼륨 데이터는 장치의 특성상 CT나 MRI 영상을 이용하여 만들어낸 볼륨 데이터처럼 직육면체가 아니라 부채꼴 형태를 가지고 있으며, 정보를 획득하는 과정에서 CT나 MRI보다 많은 잡음을 포함하고 있다. 따라서 일반적인 볼륨 렌더링 방법만으로는 초음파 볼륨 데이터를 가시화하기 어렵다. 또한 이러한 장치를 사용하면 초당 2세트 정도의 볼륨 데이터가 연

속적으로 생성되기 때문에 이것을 실시간으로 처리하기 위해 고속 볼륨 렌더링 기술이 필요하다.

잡음 필터링(noise filtering)은 획득한 초음파 볼륨 데이터에 존재하는 잡음을 제거하기 위한 방법이다. 이 과정을 통해 프로브로부터 입력된 원시 데이터로부터 잡음을 제거하여 렌더링 시에 깨끗한 영상을 얻을 수 있다. 이러한 잡음 필터링을 전처리 시간에 수행할 경우 볼륨 전체에 대해 연산을 하기 때문에 시간이 길어지므로 실시간으로 입력되는 볼륨에 대한 처리가 어렵다. 반대로 전처리 시간에 잡음 필터링을 하지 않을 경우에는 그만큼의 전처리 시간을 단축할 수 있지만 깨끗한 영상을 얻을 수 없다.

본 논문에서는 전처리 과정에서 잡음 필터링을 하지 않고 렌더링 하는 과정에서 잡음을 제거하여 빠른 시간에 깨끗한 영상을 얻는 방법을 소개한다.

2절에서 초음파 데이터를 이용한 볼륨 광선 투사

법(volume ray casting)에 대해 설명한다. 3절에서는 실시간으로 볼륨 데이터내의 잡음을 제거하는 방법을 기존 방법과 비교하여 설명한다. 4절에서는 실험 결과를 보이고, 5절에서 결론을 맺는다.

2. 초음파 데이터를 이용한 볼륨 광선 투사법

일반적인 볼륨 광선 투사법은 관측 평면의 각 픽셀에서 가상의 광선을 발사한 후 볼륨 내부에서 일정 간격으로 샘플링(sampling)하여 색값과 불투명도(opacity)값을 누적(composite)해서, 해당 픽셀의 색상을 결정한다. 전체 픽셀에 대해 이러한 과정을 반복함으로써 3차원 영상을 만들어 낸다.

하지만, 초음파 볼륨 데이터의 경우는 원시 데이터에 상당히 많은 양의 잡음을 포함하고 있다. 이러한 잡음은 최종 영상의 화질에 많은 영향을 끼치기 때문에 깨끗한 3차원 영상을 만들어 내기 위해서는 볼륨 데이터로부터 잡음을 제거해야 한다. 초음파 볼륨 데이터의 잡음을 제거하기 위해 잡음 필터링 방법을 사용한다. 렌더링 해야 할 볼륨 데이터가 클수록 필터링 시 참조해야 할 복셀의 수가 그에 비례하여 늘어난다. 즉, 볼륨 데이터 전체 복셀에 대해 필터링 된 값을 얻기 위해서는 그만큼 많은 시간이 필요하다.

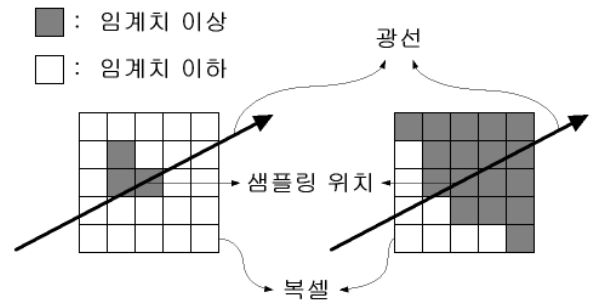
초음파 볼륨 데이터에 대한 잡음 필터링 방법으로는 평균화 필터(average filter), 중간값 필터(median filter) 등을 사용할 수 있는데, 이 중 평균화 필터는 연산 방법이 단순하여 빠른 시간에 수행할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 아무리 간단한 잡음 필터링 방법이라 하더라도 전처리 시간에 전체 복셀에 적용하여 사용하게 되므로, 실시간 처리에는 적합하지 못하다.

3. 잡음 필터링 (Noise Filtering)

전처리 시간에 수행되는 잡음 필터링은 볼륨 데이터의 모든 복셀에 대해 수행된다. 하지만 이렇게 필터링을 거친 데이터의 복셀들은 볼륨 광선 투사법을 사용해서 영상을 만들어 낼 때, 최종 결과에 모두 반영되지 않는다. 각 픽셀에서 시작되는 광선과 교차하는 복셀들만 참조하여 사용하게 된다. 그러므로 실시간으로 입력되는 볼륨 데이터에 대해서 잡음 필터를 전체 복셀에 대해 적용할 경우, 최종 영상에 반영되지 않는 불필요한 영역까지 잡음 필터링 연산

을 사용하기 때문에 효율이 떨어진다.

본 논문에서는 잡음 필터링 시간을 최소화하기 위해, 볼륨 데이터의 모든 영역에 대해 잡음 필터링을 적용하는 대신, 샘플링 위치 주변의 5×5 영역에 대한 검사를 통해 빈 공간에 존재하는 잡음과 물체의 표면(surface)을 구분해 낸다. 이를 먼저 수행하는 이유는 빈 공간(empty space)에 대해서는 잡음 필터링이 불필요하기 때문이다.



(a) 잡음으로 판단하는 경우 (b) 표면으로 판단하는 경우

[그림 1] 현재 샘플 위치에서 잡음을 판단하는 과정

[그림 1]은 샘플(sample)로 선택된 복셀 주위의 복셀에 대해 잡음 유무를 판별하는 과정이다. 사용자가 찾고자 하는 물체의 표면인 경우는 일정 영역에서 유효한 값들이 상당수를 차지하고 서로 연결되어 있다. 하지만, 잡음의 경우는 유효한 값들보다는 빈 공간이 더 많고 서로 연결되어 있지 않다. 이렇게 분류된 복셀들의 개수가 임계값 이상이면 물체의 표면이라고 판단하여 그 복셀부터 누적연산을 실행하고, 임계값 이하이면 잡음으로 판단하여 다음 복셀로 검사를 계속 진행한다.

위의 과정을 거쳐, 잡음이나 빈 공간이 아닌 표면으로 판단된 복셀에 대해서만 잡음 필터를 적용한다. 이때, 보다 빠른 필터 연산을 위해 다음과 같은 방법을 이용한다. 5×5 평균화 필터를 예로 들면, 매번 임의의 선택된 복셀에 대해서 주위 124개의 복셀들을 모두 참조하여 평균값을 연산하는 것은 많은 시간을 요구하게 된다. 본 논문에서는 이러한 연산 과정에서의 중복 연산을 최소화하기 위해 태그 볼륨(tag volume)을 이용하는 방법을 사용하였다.

이 방법에서 사용되는 태그 볼륨은 초음파 볼륨 데이터와 동일한 크기를 사용하며, 태그 볼륨 각 필드에는 다음의 의미를 가진 0부터 3까지의 값이 저

장된다. (x, y, z) 를 좌표로 하는 복셀을 $v(x, y, z)$ 라고 가정한다.

- 0 : 필터링을 거치지 않은 복셀
- 1 : x 방향 $v(x-2, y, z) \sim v(x+2, y, z)$ 의 5개 복셀에 대해 평균화 필터링을 적용한 복셀
- 2 : y 방향 $v(x, y-2, z) \sim v(x, y+2, z)$ 의 25개 복셀에 대해 평균화 필터링을 적용한 복셀
- 3 : z 방향 $v(x, y, z-2) \sim v(x, y, z+2)$ 의 125개 복셀에 대해 평균화 필터링을 적용한 복셀

다음으로 렌더링 시간 동안 샘플로 결정된 복셀의 좌표에 대해 태그 볼륨의 값을 볼륨 데이터의 복셀값을 처리하기 전에 먼저 참조한다. 만약 태그 볼륨의 값이 0, 1, 2이면 완전한 평균화 필터링이 적용되지 않았다고 판단하여 주위 복셀들로부터 단계적인 필터링을 적용하고, 3이면 $5 \times 5 \times 5$ 평균화 필터링이 적용되어 저장된 복셀이라고 판단하여 볼륨 데이터의 복셀값을 누적 연산에 사용한다. [그림 2]는 3차원 필터를 3단계의 1차원 필터 연산 단계로 구분한 그림이다. 태그 볼륨은 렌더링을 시작하기 전에 0으로 초기화한다.

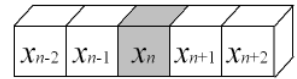
4. 실험 및 결과

실험은 Pentium IV 3.0Ghz CPU와 1GB memory를 장착한 PC에서 수행하였다. 데이터는 태아의 초음파 볼륨 데이터로 각각 3가지 해상도를 사용하였으며, 관측 영상의 해상도는 200×200 으로 하였다.

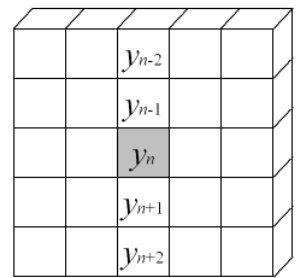
[표 1]은 각 데이터를 가지고 렌더링한 시간을 비교한 것이다. 본 논문에서 제안한 방법은 전처리 시간 없이 약간의 추가 비용으로 깨끗한 영상을 만들어 낸다. 또한, 볼륨 데이터의 크기가 큰 데이터3의 경우에는 전처리에서의 필터링 시간만 1초 이상이기 때문에 실시간 처리가 사실상 불가능하다. 하지만, 본 논문에서 제안한 방법을 사용할 경우, 전처리 시간 없이 실시간 필터링에 의해 렌더링시간에 약간의 추가 비용으로 결과 영상을 만들어 내기 때문에 실시간 처리에 적합하다는 것을 확인할 수 있다.

[그림 3]은 결과 영상을 보여준다. 위부터 필터를 사용하지 않은 영상, 전처리 시간에 필터를 적용한 영상, 본 논문에서 제안한 방법을 적용한 영상 순서이다. 데이터1과 데이터2의 필터링 되지 않은 데이

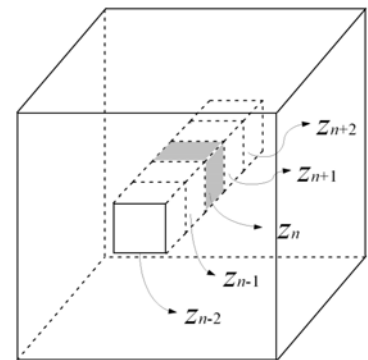
터의 경우 태아의 얼굴 쪽에 많은 잡음이 있는 것을 알 수 있다. 전처리에서 필터링한 결과와 마찬가지로 본 논문에서 제안한 방법을 사용할 경우에도 이러한 잡음들이 효과적으로 제거되어 동일한 화질을 유지하는 것을 확인할 수 있다.



$$x_n = \frac{1}{5}(x_{n-2} + x_{n-1} + x_n + x_{n+1} + x_{n+2})$$



$$y_n = \frac{1}{5}(y_{n-2} + y_{n-1} + y_n + y_{n+1} + y_{n+2})$$



$$z_n = \frac{1}{5}(z_{n-2} + z_{n-1} + z_n + z_{n+1} + z_{n+2})$$

[그림 2] 단계적인 필터링

[표 1] 기존 방법과의 비교

	데이터1	데이터2	데이터3
볼륨 크기(voxel)	352×112×70	352×96×65	500×244×201
기존방법(sec)	0.65	0.69	3.16
제안하는 방법(sec)	0.42	0.51	0.89
속도향상(%)	35	26	71

