

가상내시경에서 충돌회피 기능을 이용한

효율적인 순항 기법

김화진⁰ 신병석

인하대학교 전자계산공학과

g2011127@inhavision.inha.ac.kr, bsshin@inha.ac.kr

Efficient Navigation Using Collision Avoidance In Virtual Endoscopy

Hwa-Jin Kim⁰ Byeong-Seok Shin

Dept. of Computer Science & Engineering, Inha University

요 약

가상내시경에서 효과적인 진단과 사용자의 편의를 위해서는 자동순항(navigation) 기능이 필요하다. 자동순항을 위해서는 장기의 내벽과 충돌을 피하면서 부드럽게 카메라의 이동방향을 전환할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 광선추적법(ray-casting)에 기반한 충돌회피기법과 그를 이용한 효율적인 순항 방법을 제안한다.

1. 서론

가상내시경은 전산화단층영상(CT)과 자기공명영상(MRI)과 같은 인체 단면 영상으로부터 3차원 볼륨(volume)을 재구성하여, 인체 내부의 해부학적 구조를 내시경 카메라로 보는 것과 같은 3차원 영상을 만들어 내는 기법이다. 실제 내시경 진단법은 환자에게 불편과 고통을 주며 출혈, 감염 등과 같은 부작용이 있으며 진단범위도 제한적이다. 가상내시경은 실제 내시경의 위험요소를 제거해 주며 다양한 진단을 할 수 있고, 교육적 측면에서도 시뮬레이션을 할 수 있어, 실제 내시경을 대체할 수 있는 기술이다. 가상내시경 영상을 만들기 위해서는 장기 내부에 해당하는 빈 공간에 카메라를 위치시키고 가상의 관측평면(view plane)을 만든다. 관측평면의 각 픽셀에서 광선을 발사하여 객체의 표면에 부딪히게 되면 색상 정보와 불투명도(opacity)를 계산하여 이미지를 생성한다[1]. 가상내시경에서의 문제점은 카메라가 장기표면을 관통하는 비현실적인 상황이 발생하는 것이다. 가상내시경을 사용하여 정확하고 신속한 진단을 하기 위해서는 가상의 카메라와 장기 표면간의 충돌을 실시간으로 검출하여 회피할 수 있는 방법과 사용자의 편의를 제공할 수 있는 자동적인 순항방법이 필요하다. 볼륨객체의 충돌검출 방법은 장벽과 같은 경계 복셀(boundary voxel)로부터 거리를 계산하여 저장한 거리맵(distance map)[2] 자료구조를 사용하는 방법이 있다. 이 방법은 메모리의 사용량이 크고, 거리맵을 만드는 전처리과정이 필요하다는 단점이 있다. 기존의 순항 방법은 퍼텐셜장(potential field)내에서 카메라 진행방향의 관성모멘트(moment)와 장기내벽의 반발력을 이용하여 새로운 진행방향을 계산해서 순항을 하는 물리기반(physically based) 카메라

조작 방법[3][4]이 있다. 이 방법은 퍼텐셜장을 생성하는데 시간이 오래 걸리고 계산이 복잡하다.

본 논문에서는 광선추적법을 이용하여 가상의 카메라가 충돌을 회피하면서 순항을 할 수 있는 방법을 제안한다. 광선추적법은 특정 픽셀의 색상정보를 계산하는 것이 주목적이지만 부수적으로 추가비용 없이 픽셀로부터 경계 복셀까지의 거리를 구할 수 있다. 관측평면에서 광선을 발사해 객체의 표면까지의 거리를 구한 후에 거리가 가장 먼 방향으로 카메라의 방향을 바꾸면 충돌을 막을 수 있다. 굴곡이 심한 장기의 특성 때문에 전진하고 있는 카메라가 요동할 수 있고, 회전각도가 적절하지 않으면 장벽을 관통하게 되는 경우가 발생하므로 알맞은 회전각도를 계산해야 한다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 최소거리임계값을 정해 객체 표면까지 거리의 최소값이 임계값보다 작아질 경우에만 충돌회피 조작을 하고 객체 표면과 거리가 짧을수록 회전각도를 크게 주는 방법을 적용하였다.

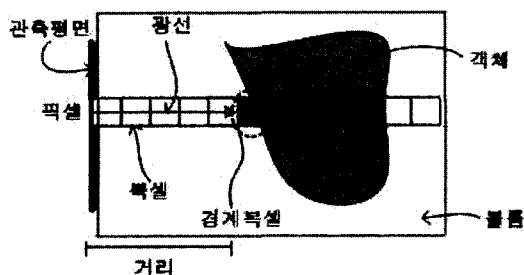
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 본 논문에서 제안하고 있는 표본점(sampling point)에서 장기 표면까지 거리를 비교해 최대거리방향으로 카메라 방향을 전환하는 충돌회피기법과 자연스러운 순항방법에 대해 살펴본다. 3절에서는 실험 방법과 실험 결과에 대해 기술하고 4절에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 충돌회피와 순항

본 논문은 가상내시경에서 카메라가 장기 내부에서 일정 방향으로 관성모멘트를 가지고 움직이는 경우 카메라와 장기표면간의 충돌회피와 자연스러운 순항방법을 제안한다.

2.1 카메라와 객체표면의 거리

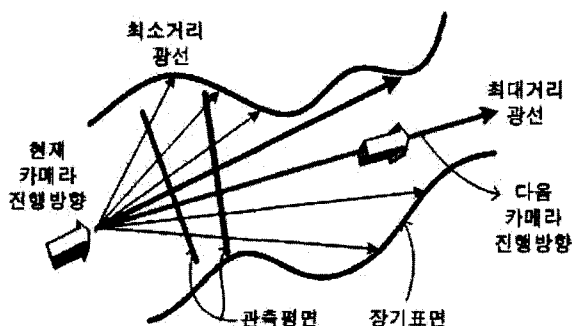
광선추적법에서는 관측평면의 각 픽셀에서 발사된 광선이 볼륨데이터를 투과하면서 색상정보와 불투명도를 합성하여 이미지를 생성한다. 이때 픽셀로부터 최초로 만나는 불투명 복셀까지 거리를 이용하여 가상의 카메라에서 경계 복셀까지 거리를 계산할 수 있다[그림 1].



[그림 1] 경계복셀까지의 거리

2.2 충돌회피를 위한 카메라 조작

계산된 거리값이 크면 클수록 앞쪽에는 빈 공간일 가능성이 높고 충돌 확률은 낮아진다. 따라서 이 방향으로 카메라의 진행방향을 바꾸면 충돌을 회피할 수 있다[그림 2].

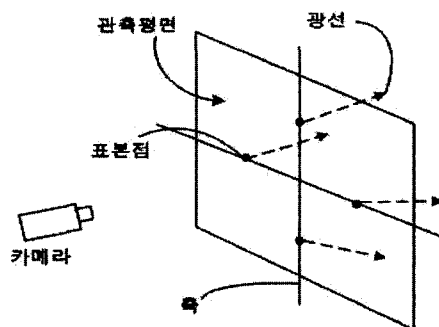


[그림 2] 카메라의 회전과 진행

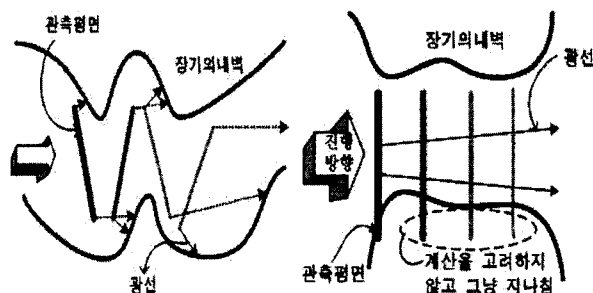
2.3 표본점 위치

관측평면상의 모든 픽셀에서 거리를 저장하려면 관측평면 크기의 저장공간이 필요하다. 이 문제를 해결하기 위해 관측평면상에서 몇 개의 표본점을 선정하여 그 점에서만 거리를 구한다. 표본점으로는 [그림 3]과 같이 관측평면의 중심을 기준으로 상하좌우 변까지의 네 중점을 선택한다. 투시투영에서 관측평면의 가장자리 픽셀에서 발사되는 광선은 카메라 진행방향과 이루는 각이 크기 때문에 여기서의 거리값은 상대적으로 짧고 방향을 결정하는데 사용하기 어렵다. 이러한 특징 때문에 표본점을 모서리에 가깝게 설정하면 최소거리임계값 이하일 경우가 많이 발생해 잦은 거리비교 연산이 필요하고, 따라서

관측평면이 회전변환을 수행하는 횟수가 많아져 카메라가 요동하는 경우가 발생한다[그림 4-1]. 표본점을 관측평면 중심에 가깝게 설정하면 표본점 외곽부분은 거리를 계산하지 않으므로 관측평면의 바깥부분이 장기의 내벽이나 주름을 그냥 지나치게 되고, 카메라가 한쪽으로 치우쳐 진행하게 되는 현상이 발생한다[그림 4-2]. 따라서 표본점의 위치는 중간지점으로 정하였다.



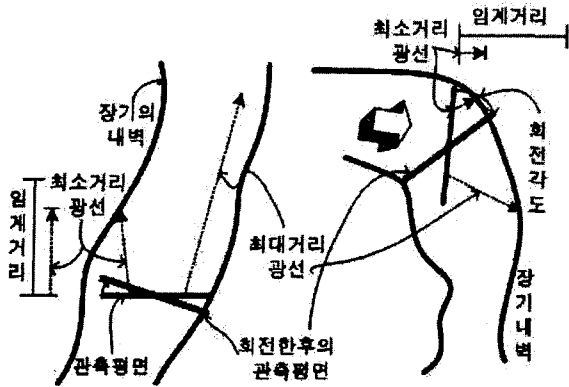
[그림 3] 표본점의 위치



[그림 4-1] 카메라의 요동 [그림 4-2] 장기표면을 지나치는 경우

2.4 장기내부의 순항

굴곡이 심한 장기내부에서 안정된 순항을 하기 위해서는 카메라의 회전위치와 각도변환이 중요하다. 넓고 굴곡이 없는 부분에서는 카메라의 방향이 빈번히 바뀌지 않도록 해야하고, 카메라가 장벽에 근접한 경우는 방향을 급격히 선회하여 충돌을 막아야 한다. 본 논문에서는 표본점에서 구한 거리의 최소값이 임계거리보다 작아지는 경우에만 회전변환을 하고, 두 값의 차이에 따라 회전각도에 가중치를 부여함으로써 이 문제를 해결한다. 즉, 최소거리가 임계거리보다 작고, 그들의 차이가 적은 경우는 굴곡이 거의 없는 부분을 진행하는 것이므로 약간의 방향전환만 해주고, 두 값의 차이가 커지면 카메라가 장기의 벽에 근접한 것이므로 회전각도를 크게 해준다[그림 5].

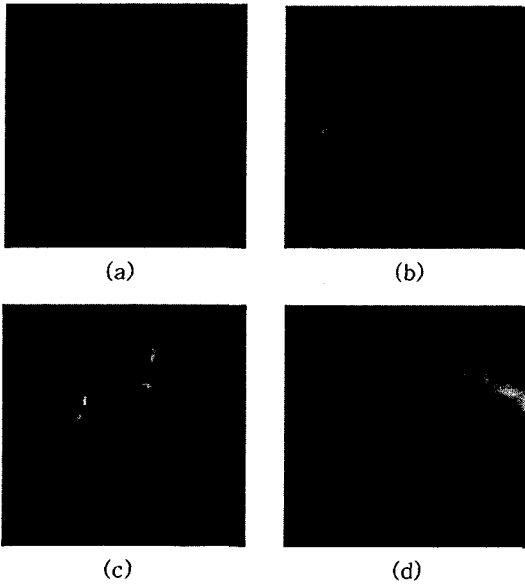


(a)거리차이가 적은 경우 (b)거리차이가 많은 경우
[그림 5] 회전각도의 가중치

3. 실험결과

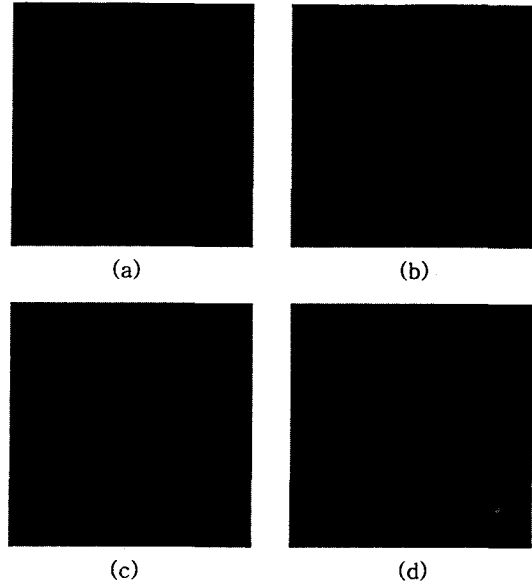
실험에 사용한 PC는 펜티엄III 933MHz, 512MB Main Memory, Voodoo3 그래픽카드를 사용하였다. 또한 실험데이터는 대장 내시경을 위해 512×512×541 해상도로 복부를 촬영한 CT데이터를 사용하였다.

가상 대장내시경에서 충돌회피 기능을 사용하지 않은 경우에 카메라가 대장의 내벽에 부딪히는 현상은 [그림 6]과 같다.



[그림 6] 충돌회피 기능을 이용하지 않은 경우

[그림 7]은 본 논문에서 제안한 방법을 이용해 동일한 위치에서 충돌회피 기능을 적용한 결과이다.



[그림 7] 충돌회피 기능을 이용한 순항

4. 결론

본 논문에서는 광선추적법을 활용하여 가상의 카메라가 장기의 내부에서 충돌을 피해 순항을 할 수 있는 방법을 제안하고 이를 실험해 보았다. 카메라가 장벽에 부딪혀 진단이 불가능한 영상은 사용자에게 충돌회피의 필요성을 느끼게 하며, 장기 내부와 비슷한 경로로 진행방향을 조작하는 것은 편의성을 제공한다. 본 논문에서 제안한 방법은 추가비용이 매우 적고, 사용자의 특별한 조작 없이도 내부를 자연스럽게 순항하는 것이 가능하다.

향후 연구과제로는 표본점의 개수를 추가하거나 위치를 조절하는 가변적 설정을 하여 더욱 향상된 충돌회피를 통한 순항방법의 연구가 필요하다. 또한 대장이 아닌 다른 장기내부에도 적용해 실험하는 것이 필요하다.

참고문헌

- [1] M. Levoy, "Efficient ray tracing of volume data", ACM Transactions on Graphics volume 9, Issue 3, 1990
- [2] T.He, A.Kaufman,"Collision detection for volumetric objects", Proceedings of Visualization 1997, 526, pages 27-34, 1997.
- [3] M. Wan, F. Dachille, A. Kaufman, "Distance -field based skeletons for virtual navigation", Proceedings of Visualization 2001, pages 239 -245, 2001.
- [4] L. Hong, S. Muraki, A. Kaufman, D. Bartz, and T. He, "Virtual voyage: Interactive navigation in the human colon", ACM SIGGRAPH, pages 27-34, 1997.