

선택적인 이산 마칭큐브

정지혜 김창현
고려대학교 컴퓨터학과
(jhchung, chkim)@cgvr.korea.ac.kr

Selective Discretized Marching Cube

Ji-hye Chung Chang-Hun Kim
Dept. of Computer Science & Engineering, Korea University

요 약

본 논문에서는 MC의 알고리즘을 이용하여 등가면 추출시간을 단축 할 수 있는 방법을 제안한다. 각 복셀 꼭지점의 밀도값을 비교하여 등가면이 형성될 수 있는 셀을 선택한다. 등가면이 형성되지 않는 빈 셀은 알고리즘을 진행하지 않고, 선택된 셀에 대해서만 등가면을 형성하기 위한 연산을 수행한다. 이때, 등가면 형성을 위한 꼭지점은 해당 모서리상에서 중앙점 보간으로 찾는다. 이러한 방법으로 형성된 등가면의 정보를 저장하는 색인 테이블을 효과적인 탐색이 가능하도록 개선함으로써 기존의 연구보다 빠르게 등가면을 추출하고 형성할 수 있다.

1. 서론

레이저 데이터나 의료영상 데이터를 사실적으로 표현하기 위해 고안된 MC 알고리즘은 등가면 추출을 위한 실용적인 알고리즘이다. MC 알고리즘의 광범위한 사용에도 불구하고 몇 가지 단점들이 지적되고 있다.

DiscMC 알고리즘은 MC의 단점을 보완한 알고리즘이다. MC의 등가면을 형성하는 과정에서 선형 보간법 대신 중앙점 보간법을 이용하므로 등가면 형성 시간을 단축시킨다. 또한 MC로 인해 형성된 많은 삼각형 패치를 통합시켜 렌더링 시간을 단축시킨다. DiscMC는 MC의 15개의 위상에 대한 색인 테이블을 13개의 위상으로 재정립하고 저장법을 새롭게 적용하여 등가면의 형성시간을 단축시킨다. DiscMC 알고리즘을 비롯한 여러 연구에서 삼각형 패치의 통합을 이용한 렌더링 시간의 단축에 대해서 제안하고 있다. 그러나 본 논문에서는 렌더링을 위한 시간 단축에 따른 비교는 다루지 않고 등가면 추출 시간의 단축에 연구목적을 둔다.

위에 제시된 MC와 DiscMC 알고리즘은 방대한 양의 볼륨 데이터에서 등가면 형성을 위한 연산을 모든 복셀에 대해 수행한다. 데이터 양이 클수록 형성되는 복셀

의 수가 증가되기 때문에 모든 복셀에 대해 등가면 형성을 위한 연산 수행은 등가면 추출 및 형성 시간을 지연시킨다.

본 논문에서는 등가면 추출 및 형성시간을 단축할 수 있는 Selective DiscMC(Selective Discretized Marching Cubes) 알고리즘을 제안한다.

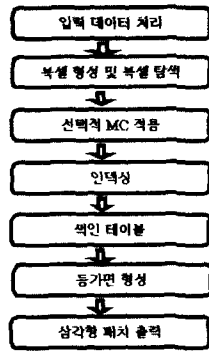
2. 제안 시스템의 특징

2.1 시스템 순서도

본 논문에서 제안하는 Selective DiscMC은 기본적으로 DiscMC [2] 를 기반으로 하고 있다.

우선 레인지 데이터 혹은 CT 데이터를 읽어들이며 메모리에 저장한다. 레인지 데이터의 경우 점 데이터를 바이트 단위로 읽어 들인 후 가상의 슬라이스 데이터로 구성될 수 있도록 데이터 타입을 바꿔주는 작업이 필요하다.

MC 와 DiscMC 알고리즘에서 사용된 방법과 같이 읽어들이는 데이터에 대해 로컬 복셀을 형성한다.



[그림 1] 시스템 순서도

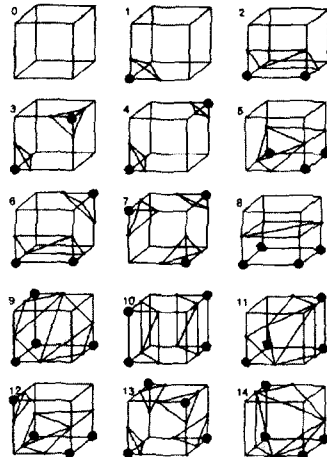
각 복셀을 형성하는 8개 꼭지점의 밀도값(intensity)을 읽어 사용자가 정의한 기준값(threshold)과 비교한다. 이 과정을 통해 복셀 내에 등가면의 존재 여부를 판단하고 등가면의 존재가 판단되면, 복셀 내에서 밀도값이 동일한 등가면의 정보를 추출한다. 한 복셀 내의 등가면의 개수, 형태, 위치 정보를 색인 테이블에 저장한다. 끝으로 삼각형 조각에 대한 법선 벡터를 구하여 입력 받은 데이터를 복원한다.

2.2 DiscMC의 선택적 적용

읽어들인 2장의 슬라이스를 통해 로컬 복셀을 형성하고, 로컬 복셀의 8개 꼭지점의 밀도값을 읽어 들인다. 사용자가 정의한 기준값으로 복셀의 8개 꼭지점의 밀도값을 비교한다. 꼭지점의 밀도값이 기준값보다 크면 등가면 위에 존재하는 꼭지점이므로 on 으로 지정하고, 기준값 보다 밀도값이 작은 꼭지점에 대해서는 등가면 아래 위치하는 꼭지점이므로 off 로 지정한다. [1] 각 복셀을 구성하는 8개 꼭지점들에 대한 on-off 를 판단하여 8개 모두 on 상태이거나 off 인 경우에는 등가면이 형성되지 않기 때문에 등가면을 형성하기 위한 여러 연산 과정이 필요하지 않다. 즉, [그림 2]에서 0번의 경우 혹은 그와 대칭인 경우에 대해서는 알고리즘을 더 이상 수행하지 않고 다음 복셀로 진행하게 된다.

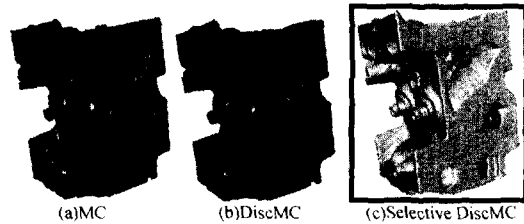
대부분의 경우, CT 데이터나 레인지 데이터의 외부 표면을 구성하는 복셀에만 등가면이 존재하고 외부 표면의 안팎의 복셀에 대해서는 [그림 2]의 0번 혹은 그와 대칭인 복셀로 구성된다. 불투명 데이터 내에는 등가면이 존재하지 않는 복셀들이 많기 때문에 등가면을 포함하는 복셀에 대해서만 DiscMC의 과정을 수행함으로써 등가면 추출을 통한 이미지 구현 시간을 단축 할 수 있다.

등가면을 포함하고 있는 복셀에 대해서만 등가면을 형성하기 위한 새로운 꼭지점을 찾는다. 이 때, 등가면이 위치할 모서리를 구성하고 있는 두 개의 꼭지점의 중간값을 새로운 꼭지점의 위치로 설정한다.[2] 등가면을 형성하고 있는 모든 모서리에 선형 보간을 수행하는 것[1] 보다 중앙 보간법을 사용함으로써 등가면 형성 시간을 단축시킨다.



[그림 2] MC에 의해 형성된 등가면 [1]

한편, 이미지를 구성하고 있는 복셀의 크기가 매우 작기 때문에 선형 보간으로 복원된 이미지와 중앙 보간법으로 복원된 이미지 차이는 매우 근소하다. [그림 3]



[그림 3] 이미지 비교 (ENGINE CT 데이터 256 x 256 x 110)

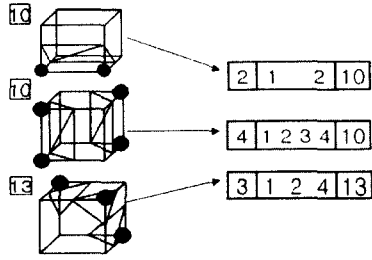
2.3 개선된 색인 테이블

MC 알고리즘에서는 생성된 삼각형의 개수, 꼭지점이 위치할 모서리 정보를 모두 저장한다.

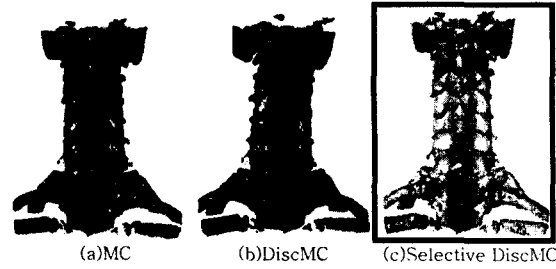
그러나, 본 논문에서는 [그림 1]에 나타난 MC 에서 제안한 15가지 타입에 대해서 중앙 보간을 통해 형성될 등가면의 타입 정보를 미리 파악 할 수 있다. 이를 이용하여 한 복셀 안에서 형성될 등가면의 위치 정보와 타입 정보를 저장 해 둔다. (단, [그림 1]의 2번과 10번은 같은 경우로 구분한다.)

본 논문에서 사용된 색인 테이블은 DiscMC에서 사용된 색인 테이블을 개선한 테이블이다. 각각의 등가면에 대한 색인 테이블은 생성된 등가면에 대한 삼각형의 개수와 등가면이 형성된 타입 정보, 그리고 등가면의 위치 정보를 저장한다. [그림 4]

이처럼 형성된 색인 테이블을 이용하여 등가면을 형성한다. 끝으로 등가면의 각 꼭지점에 대한 법선 벡터값을 계산하여 삼각형 패치를 통해 이미지를 복원한다.



[그림 4] 색인 테이블의 구성도



[그림 5] 복원된 이미지 비교
(SPINE CT 데이터 256 x 256 x 229)

3. 실험 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘은 SGI 의 CPU 180MHz MIPS R5000, Memory 128MB 인 환경에서 C로 구현하였다.

본 논문에서 제안한 Selective DiscMC은 여러 종류의 데이터를 복원하면서 기존의 MC와 DiscMC에서의 등가면을 추출해 내는 시간을 비교, 분석해 보았다. Spine과 Engine은 CT 데이터이고 Cat과 Venus는 레인지 데이터이다.

[표 1]를 보면 각각의 데이터에 대해 점의 개수는 MC, DiscMC 그리고 제안된 Selective DiscMC 모두 동일하게 생성되었다. 그러나 등가면을 형성하는데 있어서는 데이터가 크면 클수록 본 논문에서 제안하는 Selective DiscMC 가 빠르게 구현된다.

한편, [그림 5]를 통해 속도가 향상 되었음에도 기존 알고리즘과 제안된 알고리즘의 이미지 품질에는 차이가 없다.

[표 1] 알고리즘에 따른 수행시간 비교 (단위 : 초)

모델	삼각형의 개수	Selective DiscMC 수행시간	MC 수행시간	DiscMC 수행시간
Spine *	574,029	253.91	325.91	275.35
Engine *	643,528	83.00	106.85	86.00
Cat **	34,059	29.19	41.32	31.53
Venus **	65,900	4.22	4.68	4.05

주) *: CT 데이터 **: 레인지 데이터

4. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 수행속도와 높은 품질을 위해 기존의 MC과 DiscMC 알고리즘을 이용하여 Selective DiscMC 알고리즘을 제안하였다. 복원된 이미지의 품질 차이 없이 선택적인 복셀에 대해서만 등가면 형성을 위한 알고리즘을 수행시켜 구현 속도를 단축시킨다. 의료 영상 데이터 및 각종 볼륨 데이터는 데이터의 자체 크기가 크기 때문에 복원하는데 많은 시간이 소비되고 있다. 본 논문에서 제안한 Selective DiscMC 알고리즘을 이용하여 데이터 양이 많은 의료영상 데이터나 레인지 데이터의 정확한 이미지를 빠르게 복원할 수 있다.

향후 연구과제로는 복셀의 탐색시간 뿐만 아니라 삼각형 패치의 통합을 통해 형성되는 등가면 수를 줄임으로서 렌더링 시간을 단축 할 수 있는 방법을 연구하고자 한다. 또한 삼각형 패치를 통합하는 동시에 모서리와 같은 날카로운 특징들을 살릴 수 있는 방법도 연구하고 있다.

5. 참고문헌

[1]W. Lorence " Marching Cubes : High Resolution 3D Srface Construction Algorithm" , in SIGGRAPH '87 Proceeding, 1987

[2]C. Montani "Discretized Marching Cubes", '94 Visualization Proceedings, IEEE Conference on 1994

[3]Toyohisa Kaneko "Volume-Preserving Surface Re construction from Volume Data", Image Proceesing 1997. Proceedings. International Conference

[4]Leif P. Kobbelt " Feature Sensitive Surface Extraction from Volume Data", in SIGGRAPH '01 Preceeding, 2001