

GPGPU 프로그래밍을 이용한 폴리곤-메쉬 지오메트리 전산모사 계산속도 향상

Improvement of calculation speed for polygon-mesh geometry in Monte Carlo simulation by GPGPU programming

한민철¹ · 정중휘¹ · 엄연수¹ · 김찬형^{1*} · 조건우²

¹한양대학교 원자력공학과 · ²한국원자력안전기술원

*E-mail: chkim@hanyang.ac.kr

중심어: Polygon-mesh, Monte Carlo, Geant4, GPGPU, OpenCL

서론

일반적으로 대다수의 범용 몬테칼로 코드에서 복잡한 형태의 지오메트리(Geometry)를 묘사하기 위해서는 많은 시간과 노력이 요구된다. 이에 사용자의 편의를 위하여 3D 소프트웨어로 모델링된 폴리곤-메쉬(polygon-mesh) 형태의 지오메트리를 몬테칼로 코드로 입력하기 위한 다양한 방법이 개발되고 있다[1,2]. 이를 이용하면 어떠한 복잡한 형태라도 다수의 작은 면을 사용하여 몬테칼로 코드 내에 지오메트리로 표현이 가능하다. 하지만 다수의 폴리곤 면을 사용하게 되면 몬테칼로 전산모사 속도가 현저히 느려진다는 문제가 있다[3]. 특히 인체 장기와 같이 곡면으로 이루어진 형태를 정확히 표현하기 위해서는 불가피하게 다수의 면이 사용되기 때문에 이러한 문제는 반드시 개선되어야 한다. 이에 본 연구에서는 폴리곤-메쉬 지오메트리의 전산모사 속도를 향상시키기 위해 GPGPU (General-Purpose computing on Graphics Processing Units) 프로그래밍을 Geant4 몬테칼로 코드 내에 연동시켜 구현하고 성능을 평가하였다.

재료 및 방법

GPGPU 프로그래밍을 이용하면 CPU의 연산을

그래픽카드의 GPU가 병렬로 처리해줌으로써 계산 속도를 향상시킬 수 있다. 특히 반복문(C언어의 for, while 등) 내에 존재하는 단순연산의 병렬 처리에 있어 매우 큰 효율을 보여준다. 본 연구에서는 GPGPU 프로그래밍을 위하여 OpenCL (Open Computing Language) 언어를 사용하였다. OpenCL은 Geant4 코드와 동일한 컴파일러를 사용할 수 있어 연동이 용이하다는 장점이 있다.

Geant4 코드의 폴리곤-메쉬 지오메트리 전산모사를 위한 핵심 알고리즘은 *GATesselatedSolid* 클래스에 포함되어 있다. 본 연구에서는 해당 C++ 클래스에서 입자의 위치로부터 폴리곤-메쉬 지오메트리를 구성하는 모든 면까지의 거리를 반복적으로 계산하고 최단거리를 찾아내는 알고리즘을 OpenCL 코드로 변환하여 GPU에서 처리되도록 하였고, Geant4 코드의 기존 함수와 연동시켰다(그림 1).

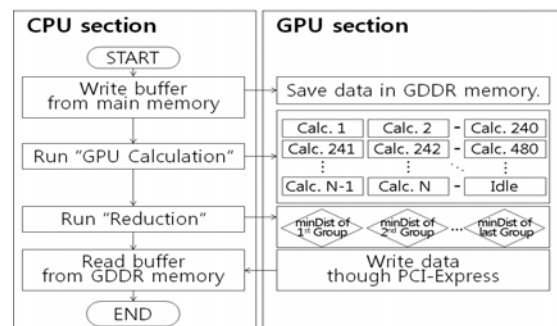


Fig. 1. Flow chart of OpenCL programming

GPU 연산의 성능을 평가하기 위하여 폴리곤-메쉬 기반의 PSRK-Man 인체팬텀을 사용하였다 [3]. PSRK-Man에 사용된 전체 삼각형 면은 120,850 개로 장기모델 별로 각각 다른 폴리곤 면 개수를 갖는다. 2 MeV의 광자를 팬텀 외부에서 입사시켜 전산모사가 진행되는 동안 호출되는 최단거리 계산 함수의 계산시간을 장기별(즉, 폴리곤 면 개수별)로 측정하여 각각의 평균값을 기존 코드(CPU)의 결과와 비교하였다. 본 연구에서는 GPU 연산을 위해 NVidia Geforce GTX285 (240 코어, 675MHz)를 사용하였고, 속도비교를 위한 CPU 연산은 Intel Core2Quad Q6600 (2.4GHz)의 단일 코어만을 사용하였다.

결과 및 고찰

계산시간 비교 결과, 기존 코드의 CPU 연산은 폴리곤 면 개수가 증가함에 따라 계산시간이 비례하여 증가하였지만, OpenCL의 GPU 연산은 거의 일정함을 보였다(그림 2). 폴리곤 면 개수 700 개 이하인 장기모델의 경우 GPU 연산이 오히려 더 느린 결과를 보였는데, 그 원인은 OpenCL이 메인 메모리로부터 필요한 데이터를 GPU 메모리로 전송시키는 데에 일정한 시간이 필요하기 때문인 것으로 분석된다. 결과적으로 가장 많은 면이 사용된 피부(15,000 개)의 경우 최대 10배까지 속도가 개선되었다.

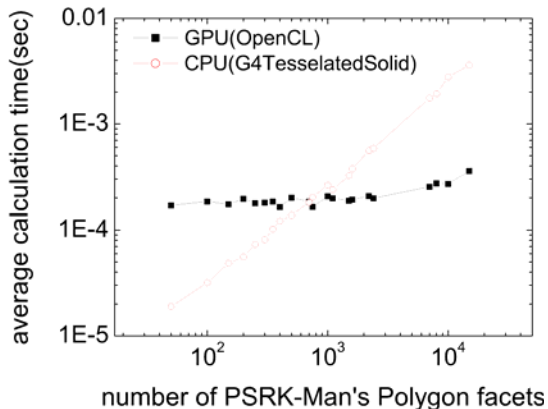


Fig. 2. Comparison of calculation time as a function of the number of used surface

결론

본 연구에서는 GPGPU 프로그래밍을 이용하여 폴리곤-메쉬 지오메트리 기반의 Geant4 몬테카를로 전산모사 속도를 최대 10배까지 향상시켰다. 성능 평가 결과에 따르면 GPU 연산속도는 CPU와는 달리 사용된 폴리곤 면 개수에 거의 영향을 받지 않음을 확인할 수 있었다. 즉, 본 연구에서 사용한 PSRK-Man 인체팬텀보다 많은 수의 면으로 구성된 폴리곤-메쉬 지오메트리에 대해서는 더욱 큰 계산속도의 향상이 기대된다.

한편, 본 연구에서는 Geant4 코드의 반복적인 최단거리계산 알고리즘을 별다른 최적화 과정없이 OpenCL 언어로 구현하였기 때문에 GPU에 적합하게 알고리즘을 개선할 경우 보다 향상된 결과가 기대된다. 따라서 향후 GPU 병렬처리 알고리즘의 최적화 연구를 수행할 계획이다.

감사의 글

이 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 원자력연구사업(No. 2011-0002090) 및 기초연구사업임(No. 2011-0025496).

참고 문헌

1. Y. Wu, "CAD-based interface programs for fusion neutron transport simulation," *Fusion Eng. Des.*, 84, 1987-1992(2009).
2. C.M. Poole, I. Cornelius, J.V. Trapp, C.M. Langton, "A CAD Interface for GEANT4," arXiv:1105.0963v1 (2011).
3. C.H. Kim, J.H. Jeong, W.E. Bolch, K.W. Cho and S.B. Hwang, "A polygon-surface reference Korean male phantom (PSRK-Man) and its direct implementation in Geant4 Monte Carlo simulation," *Phys. Med. Biol.*, 56, 3437-3161(2011).