

초다광원 3차원 물체의 디지털 홀로그램 고속 생성

송중석 김창섭 박종일*

한양대학교

jssong@mr.hanyang.ac.kr, cskim@mr.hanyang.ac.kr, jipark@hanyang.ac.kr*

Digital Hologram Generating of 3D Object with Super-multi-light-source

Song, Joongseok Kim, Changseob, Park, Jong-Il*

Hanyang University

요약

컴퓨터 생성 홀로그램(CGH: computer generated hologram) 기법은 기존의 광학계 장치와 변수들을 수학적으로 모델링하여 일반 범용 컴퓨터(PC: personal computer)로도 디지털 홀로그램을 생성할 수 있는 기술이다. 이 기술은 디지털 홀로그램의 해상도와 3D 물체의 광원 수에 따라 알고리즘의 연산량이 좌우되기 때문에, 실용적인 사용을 위해서 알고리즘의 연산량을 낮추거나 하드웨어의 연산 속도를 높이는 연구가 필수적이다. 본 논문에서는 초다광원 3D 물체의 디지털 홀로그램을 고속으로 생성할 수 있는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 한 개의 서버 PC와 다수의 클라이언트 PC들로 구성되어 있으며, 이들은 일반적으로 사용되는 범용 GPU (graphic processing unit)가 장착되어 있다. 서버에서 3D 물체의 광원을 스캔하여 데이터화하고, 클라이언트 PC들의 연산 능력에 따라 광원 데이터를 분할하여 클라이언트들에게 각각 전송한다. 각각의 클라이언트들은 전송받은 데이터를 이용해 다중 GPU 기반의 CGH 연산을 수행하여 간섭 패턴들을 생성하고, 생성된 패턴들은 다시 서버 PC로 재전송된다. 서버 PC로 재전송된 패턴들이 하나로 누적되면 디지털 홀로그램이 생성된다. 본 실험에서, 기존의 방법으로는 139,655개의 광원에 대해 $1,024 \times 1,024$ 해상도의 홀로그램을 생성하는데 약 2,250 ms가 걸린 반면, 제안하는 방법은 약 478 ms의 속도로 생성할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

홀로그래피(holography)는 실제 공간에 있는 물체의 3차원 정보를 광학계 장치를 사용하여 필름에 기록 및 재현하는 기술로, 사람이 육안으로 사물을 보는 것과 같이, 3차원 물체를 생생하게 디스플레이 할 수 있는 기술이다. 하지만 광학계 장치는 실용적으로 사용하기에 어려운 몇 가지 단점이 있다. 첫째는 광학계 장치의 주변 광원을 철저히 통제해야하고, 광학계 장치가 흔들리지 않게 무진동 환경을 구축해야 한다는 점이다. 둘째로는 광학계 장치를 구축하는 비용이 높고, 장치를 운용할 때 광학에 대한 전문 지식을 필요로 한다는 점이다. 이러한 단점들로 인해, Brown과 Lohmann은 가정에서 쓰이는 범용 컴퓨터(PC: personal computer)로도 쉽게 홀로그램을 생성할 수 있는 컴퓨터 생성 홀로그램(CGH: computer-generated hologram)이라는 기술을 개발하였다[1]. CGH는 기존의 광학계 장치와 변수들을 수학적으로 모델링하여 물체로부터 필름까지 도달하는 간섭 패턴들을 PC를 사용하여 계산할 수 있는데, 알고리즘 특성상 연산량이 방대하다는 단점이 있다. CGH의 연산량은 홀로그램의 해상도 크기와 3차원 물체의 광원 개수에 따라 연산량이 좌우되기 때문에, 고해상도의 홀로그램 영상 콘텐츠를 생성하려면, 방대한 양의 연산량을 고속으로 처리하는 방법이 필수적이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 연구가 진행되어 왔다[2-3]. 크게 FPGA(field programmable gate array)를 이용한 방법과

GPU(graphic processing unit)를 이용한 방법으로 나눌 수 있다. FPGA를 이용한 방법은 방대한 양의 연산을 고속으로 처리할 수 있는 장점이 있지만, 일단 구현을 하면 추후 수정이 어렵고, 구현 비용이 높다는 단점이 있다. 반면, GPU를 이용한 방법은 일반적으로 가정에서 사용되는 PC를 사용하기 때문에 FPGA에 비해 상대적으로 구현 비용이 낮으며, FPGA에 뒤지지 않는 고속 연산 능력을 갖추고 있다는 장점이 있다. 이러한 장점들 때문에 본 논문에서 제안하는 방법은 GPU 기반의 CGH 기법을 사용하고 있다[3]. 최근 고해상도 영상 콘텐츠가 주류가 되고 있기 때문에, 향후 홀로그램 방송을 실용적으로 상용화하기 위해서는 초다광원 3D 물체의 홀로그램을 고속으로 생성하는 기술이 필요하다. 기존의 GPU 기반의 CGH 기법을 사용하면 홀로그램을 고속으로 생성할 수 있지만, 초다광원 3D 물체의 경우 CGH 연산량이 매우 방대하기 때문에 단일 PC의 연산 능력으로는 한계가 있다. 한 대의 PC에 다수의 GPU를 장착하여 연산 능력을 늘릴 수도 있지만, 공간의 한계로 인해 연산 성능 향상이 제한되는 문제가 있다.

본 논문에서는 병렬 분산 처리를 이용한 초다광원 3D 물체의 홀로그램을 고속으로 생성하는 기술을 제안한다. 제안하는 방법은 한 개의 서버 PC와 다수의 클라이언트 PC들로 구성된 네트워크 기반의 병렬 연산 CGH 기법이며 GPU가 장착된 다수의 클라이언트 PC의 연산 능력을 서버가 효율적으로 활용하여 CGH를 고속으로 연산하는 기법이다.

*교신저자

2장에서는 다중 GPU 기반의 CGH 연산 기법에 대해 설명하고, 3장에서는 제안하는 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 제안하는 방법에 대한 실험 결과를 나타내며, 5장에서는 본 논문의 결론에 대해서 설명하고 있다.

2. 다중 GPU 기반의 디지털 홀로그램 생성

다음 그림 1은 다중 GPU 기반의 CGH를 이용한 디지털 홀로그램의 생성 과정을 나타낸다[3]. 3차원 물체의 광원을 스캔하여 x, y, z의 3차원 데이터로 이루어진 LUT(look-up table)를 생성하고, 생성된 LUT는 GPU의 개수에 맞게 균등 분할되어 각각의 GPU에 전송된다. 각각의 GPU는 전송받은 광원 정보를 이용하여 CGH를 수행하고, 이를 통해 생성된 각각의 간섭 패턴들은 다시 하나로 누적되어 디지털 홀로그램이 완성된다. 본 논문에서는 이와 같은 다중 GPU 기반 CGH 기법을 기반으로 클라이언트 프로그램을 구현하였다.

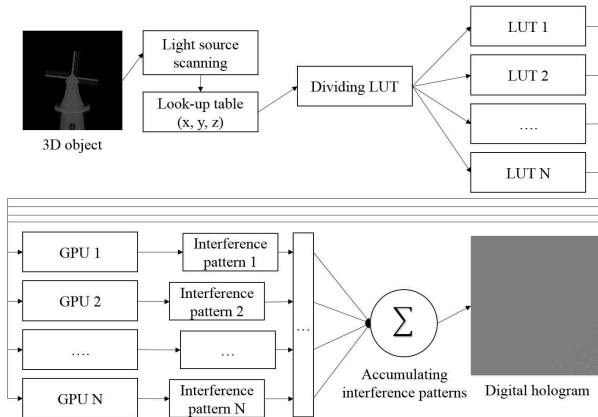


그림 1. 다중 GPU 기반 디지털 홀로그램 생성.

3. 병렬 분산 처리를 이용한 홀로그램 생성

다음 그림 2는 병렬 분산 처리를 이용한 홀로그램 고속 생성 시스템을 나타낸다. 한 개의 서버 PC와 다수의 클라이언트 PC들로 구성되어 있다. 서버에서는 우선적으로 각 클라이언트 PC의 연산 능력을 파악하고, 이를 기반으로 3D 물체의 광원 정보를 효율적으로 분할하여 각 클라이언트 PC에 전송한다. 이후 각 클라이언트 PC는 다중 GPU 기반 CGH 기법을 사용하여 CGH 연산을 수행한다. 서버 프로그램에서는 주로 클라이언트 PC들의 연산 능력 파악, 3D 물체의 광원 정보 분할 및 클라이언트 PC로의 전송 역할을 담당하고, 클라이언트 프로그램은 광원 정보의 수신 및 CGH 연산 수행, 연산 결과의 재전송 역할을 담당한다. 이와 같이, 제안하는 방법은 서버 PC에서는 CGH 연산을 수행하지 않기 때문에, CGH 연산이 어려운 저성능 PC 환경에서도 고성능 PC를 갖춘 클라이언트들의 연산 능력을 효율적으로 활용하여 디지털 홀로그램을 생성할 수 있다. 또한, 제안하는 방법은 추가할 수 있는 클라이언트 PC의 숫자가 제한되어 있지 않기 때문에, 클라이언트 PC를 늘릴수록 CGH 연산능력은 비례하여 증가된다.

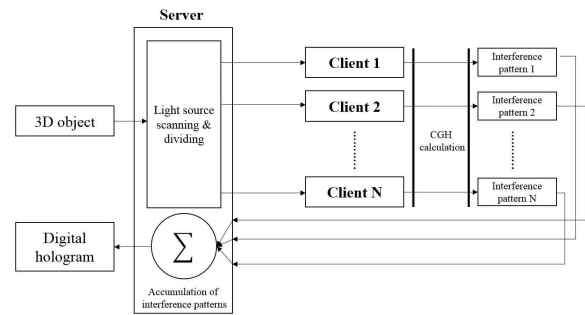


그림 2. 병렬 분산 처리 기반 홀로그램 생성 과정.

4. 실험 및 결과

본 실험에서는 광원의 개수가 139,654개인 초다광원 3D 물체에 대해 1,024×1,024 해상도 크기로 디지털 홀로그램을 생성하였다. 프로그램은 소켓 통신 기반으로 구성되어 있으며, GPU를 제어하기 위해 CUDA 플랫폼을 사용하였다. 다음 표 1은 기존의 방법과 제안하는 방법을 비교한 결과 영상이다. 기존 방법은 PC 한 대로 구성되어 있고, 제안하는 방법은 서버 PC 1대와 서로 다른 GPU를 갖는 4대의 클라이언트 PC로 구성되어 있다. 기존의 방법은 CGH를 연산하는데 2,250ms가 걸린 반면, 제안하는 방법은 광원 정보를 4대의 클라이언트 PC에 분산하였기 때문에, 478ms면 CGH 연산을 완료하는 것을 확인할 수 있었다.

표 1. 제안한 방법과 기존의 방법과의 CGH 연산 속도 비교

	GPU 항목	광원 숫자(개)	CGH 연산 시간(ms)	CGH 연산 시간(ms)
기존 방법	GTX TITAN 2개	139654	2250	2250
제안하는 방법 (PC 4대)	GTX 750 TI	15518	478	478
	GTX 580	28362	472	
	GTX TITAN	41285	458	
	GTX TITAN 2개	54489	362	

5. 결론

본 논문에서는 초다광원 3D 물체의 디지털 홀로그램을 고속으로 생성할 수 있는 방법을 제안한다. 실험 결과, 제안하는 방법이 기존의 CGH 연산 능력의 한계를 극복하여, 초다광원 3D 물체의 디지털 홀로그램을 고속으로 생성할 수 있음을 확인할 수 있었다. 다만, 제안하는 방법이 Nvidia 사의 GPU에 국한되어 있는 단점이 있어, 추후 모든 종류의 GPU에 적용할 수 있도록 개선할 계획이다.

감사의 글

"본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT융합고급인력 과정지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2015-H8601-15-1005)

참고문헌

- [1] B. R. Brown and A. W. Lohmann, "Complex spatial filtering with binary masks", Applied Optics, volume 5, pp. 967-969, June 1966.
- [2] H. J. Choi and Y. H. Seo, "Fast computation algorithm of Fresnel holograms using recursive addition method", Applied The Journal of Korea Information and Communications Society, volume 33, May 2008.
- [3] Song, Joongseok, et al. "Real-time generation of high-definition resolution digital holograms by using multiple graphic processing units." Optical Engineering 52.1, pp. 015803-015803, 2013.