

GPU를 이용한 고속 영상 합성 기법의 성능

*김제한 **신희창 **정원식 **방건

*Innovision 3D-Lab, **한국전자통신연구원

3dvision@daum.net, hcshin@etri.re.kr, wscheong@etri.re.kr, gbang@etri.re.kr

The performance of fast view synthesis using GPU

*Jaehan Kim **Shin Hong-Chang **Won-Sik Cheong **Gun Bang

*Innovision 3D-Lab, **ETRI

요약

본 논문에서는 3차원 디스플레이 시스템에서 다수의 중간 시점 영상을 실시간으로 생성할 수 있도록 GPU 기반의 고속 영상 합성 기법을 제안하였으며 그에 대한 성능을 알아본다. 카메라의 기하 정보 및 참조 영상들의 깊이 정보를 이용하여 중간 시점 영상을 생성하였으며, 영상 합성 방법을 GPU에서 병렬 처리함으로써 고속화할 수 있었다. GPU를 효율적으로 다루기 위해 NVIDIA사의 CUDA(Compute Unified Device Architecture)TM를 이용하였다. 제안한 기법은 CUDA의 SIMD(Single Instruction Multiple Data) 구조를 사용하여 중간 영상 합성을 처리할 수 있도록 설계하였다. 본 논문은 고속 영상 합성에 중점을 두었고, 제안한 고속화 기법의 결과를 분석함으로써 다시점 3차원 디스플레이 시스템의 적용 가능성을 알아본다.

1. 서론

3차원 디스플레이는 기존의 2차원 디스플레이 영상에 깊이 정보를 추가하여 사용자 하여금 입체감을 느끼게 하여 실감형 멀티미디어 서비스를 감상할 수 있도록 해준다. 최근 3차원 입체 영상 디스플레이에 관한 연구개발이 활발하게 진행되고 있으며, 실제 상용화된 제품들도 출시되고 있다.

본질적으로 3차원 멀티미디어 서비스를 제공하려면, 여러 시점에서 찍은 실제 카메라 영상을 디스플레이 기기에 제공해줄 수 있어야 한다. 하지만 시점의 개수와 동일한 수의 많은 카메라가 필요하며, 이들 카메라 간의 동기화 및 방대한 데이터 처리와 전송 등의 현실적인 문제가 해결되어야 한다. 이러한 현실적인 문제로 인해 한정된 시점 영상을 이용하여 여러 중간 시점 영상을 생성하는 영상 합성 방법이 3차원 디스플레이 분야에서 중요하게 다루어지고 있다.

본 논문에서는 기존 영상 합성 기법의 속도 측면에서의 한계를 해결하고자 GPU 기반의 고속 영상 합성 기법을 제안한다. 영상 합성을 이용하여 여러 시점을 동시에 생성하는 데에 소요되는 시간을 효과적으로 줄이고자, 영상 합성 기법을 병렬화하고 NVIDIA사의 CUDATM를 이용하여 구현하였다. 일반적으로 모든 영상처리 알고리즘이 그렇듯 현존하는 영상 합성 기법에도 품질과 소요 시간 사이에 상충 관계가 있다. 이러한 측면에서 본 논문에서는 고속 영상 합성에 중점을 두었고, 제안한 기법의 결과를 분석함으로써 3차원 디스플레이로의 실용 가능성을 알아본다.

다시점 3차원 디스플레이 시스템은 사용자에게 3차원 효과를 제공하기 위해 다수 시점으로부터의 영상을 동시에 표시해 줄 수 있어야 한다. 일반적으로 다수의 카메라를 이용하여 다수의 시점에서 얻어진 영상을 전송해 주어야 하는데, 시점의 수가 많아질수록 데이터량이 급격히 증가하게 되어 다시점 영상 편집, 전송 등에 많은 시간이 소요되어 3차원 영상의 제작이 매우 힘들어지는 단점이 있다. 이를 극복하기 위한 대안 중 하나로 최근 DIBR(Depth Image Based Rendering) 개념으로 이는 적은 수의 카메라로부터 획득한 영상과 깊이 정보가 있으면 다른 시점에서의 영상을 생성해낼 수 있는 방식에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1]. 그림 1은 일반적인 DIBR 기반 다시점 3차원 디스플레이 시스템 개념도이다.

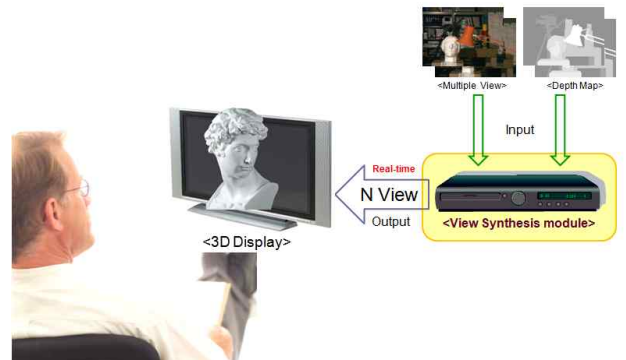


그림 1. DIBR기반 다시점 3차원 디스플레이 시스템

2. DIBR 기반 중간영상 합성

가. 개념

그림 1의 개념도를 보면 스테레오 카메라로 촬영한 좌우 영상과 좌우 깊이 지도가 전송되면 디스플레이 장치 내의 내부 모듈에서 영상

합성 작업을 하여 N개의 시점에서의 영상을 만들고, 이를 3차원 디스플레이 장치에서 동시에 출력한다. 이와 같이 영상 합성을 이용할 경우, 모든 시점을 전송하는 것에 비해 데이터 전송량은 크게 줄일 수 있으나, 많은 수의 시점 영상을 합성해 내야 한다. 시점의 개수가 늘어날 경우, 처리 속도는 비례해서 증가하게 된다. 그러므로 고속으로 가상 중간 시점을 합성하는 기술이 필요하다.

가. 제안 기법

중간 영상 합성을 하기 위해서는 다시점 컬러 카메라를 통해서 얻은 다시점 컬러 영상을 기반으로 보정 작업을 통해 얻은 카메라간 기하 관계와 스테레오 정합으로 깊이 지도를 얻거나 깊이 지도 획득이 가능한 카메라를 이용해서 얻은 깊이 지도 영상이 있어야 한다. 본 논문에서는 깊이 지도는 위의 방법을 통해 이미 얻고 관련 카메라간 기하 관계가 주어진 것으로 가정하고 고속 중간 영상 합성 기법을 개발하였다. 제안하는 고속 중간 영상 기법의 개략적인 내용은 그림 2와 같다.

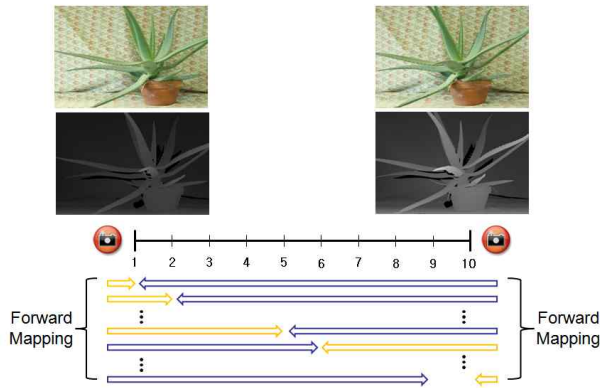


그림 2. 제안하는 고속 중간 영상 합성 기법

그림 2에서처럼 좌우에 각각 위치한 컬러 영상과 깊이 정보가 주어지면, 카메라 기하관계를 이용하여 아래와 같이 중간 영상 합성을 수행한다[2].

1) 좌측(또는 우측) 영상을 참조 컬러 영상으로 사용하여 가상 시점(1, 2, 3,...,10)으로 전방 사상(Forward mapping)을 한다. 이때, 대부분의 정보가 사상되지만, 사상에 쓰이는 기준 시점에서 보이지 않는 새롭게 나타나는 영역인 비폐색(dis-occlusion) 영역에 대해서는 정보가 없는 부분이 생긴다.

2) 비폐색 영역은 다른 위치의 참조 컬러 영상으로부터 정보를 얻을 수 있기 때문에 우측(또는 좌측) 컬러 영상을 이용하여 후방 사상(Backward mapping)을 수행한다.

전방 사상을 할 때에는 목표 가상 시점에서 가까운 참조 영상을 사용하였고, 후방사상은 다른 기준 카메라를 참조한다. 왜냐하면 사상하는 거리가 멀어질수록 새롭게 나타나는 영역이 커지게 되고, 그렇게 되면 이후 비폐색 영역이 늘어나기 때문이다.

위의 처리 과정을 고속화를 하기 위해서는 고속화가 가능한 부분을 찾아야 한다. 제안한 중간 영상 합성 기법에서는 필요한 각 화소에 대해서 동일한 작업을 수행하는 것으로 설계하였고 이는 병렬 처리 구조에서 SIMD(Single Instruction Multiple Data)구조와 어울린다. 따라서 영상 합성의 전방사상은 미리 계산된 사상관계식을 각 화소에 대

해 동시에 계산을 하는 것이므로 그림 3과 같이 병렬화해서 처리할 수 있다[3].

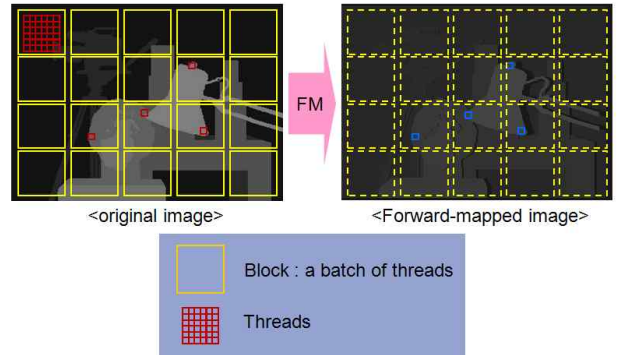


그림 3. SIMD 구조를 이용한 제안한 전방사상 병렬 처리 방식

그림 3에서처럼 하나의 블록에 포함되어 있는 각 픽셀들은 가상 중간 시점 영상으로 사상관계식을 통해 동시에 전방사상을 수행하게 된다. 따라서 실제로 병렬 처리가 일어나는 부분은 각 블록마다 발생하게 되고 실제 CPU에서 수행한다면 모든 픽셀에 대해 순차적으로 전방사상을 수행해야 하므로 블록내의 픽셀의 수만큼 시간이 더 걸리게 될 것이다. 이를 수식으로 간략하게 표현하면 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$FM_{GPU} = \alpha (GPU_{clock} / CPU_{clock}) N_{bsize} \quad (1)$$

식 (1)에서 중요한 변수로 작용하는 것은 의 프로세스 속도비인데 이론적으로는 3.0Ghz CPU 프로세스 속도와 1.5GHz의 GPU 프로세스 속도를 비교하면 약 $1/2N_{bsize}$ 의 속도 향상을 기대할 수 있다. 여기서 N_{bsize} 는 한 블록이 포함하고 있는 픽셀의 개수를 의미한다. 하지만 실제 실험해 본 결과, 변수 α 의 영향으로 위의 배수만큼의 속도 향상을 나타내지 못했다. 여러 가지 요소들이 고려될 수 있으나 본 실험에서는 주로 메모리간의 데이터 이동 속도 등이 속도 향상의 저해 요인임을 알 수 있었다.

3. 성능 및 결론



(가) 입력 컬러 및 깊이 영상



(b) 중간 영상 시점 합성 결과

그림 3. Leaving Laptop 비디오 중간영상 합성 결과의 예

이를 실제 구현하기 위해 GPU 장치를 효율적으로 다루기 위해 NVIDIA사의 CUDA를 이용하였다[4]. CUDA를 이용하면 GPU는 많은 수의 쓰레드를 병렬로 실행시킬 수 있고, 각 쓰레드가 어떤 부분을 어떻게 담당할지를 지정할 수 있어 편리하다. 또한, CUDA에서는 GPU 장치 내의 여러 메모리를 활용함으로써 고속화 효율을 더욱 높일 수 있었다.

그림 3은 GPU를 이용한 고속 중간영상 합성의 일례를 보인 것이다. 실제 전방사상을 통해 대부분의 중간영상 합성이 완성되었으나, 비폐색 영역을 채우기 위해 후방사상을 수행함으로써 합성된 중간영상의 품질을 높일 수 있었다.

표 1. CPU vs. GPU 속도 비교 [ms]

<10 시점, 해상도: 900x400>

Type	Computation time
CPU-based	1951
Optimized GPU-based	169.542

본 논문에서는 DIBR 기반의 영상 합성 기법을 다시점 3차원 디스플레이로의 적용을 위해 고속화 기법을 제안하였다. 실험에서는 1024 by 768 크기의 원본 영상을 LG 다시점 3D 디스플레이의 크기를 고려하여 가로 900, 세로 400 크기의 영상으로 10개의 가상 시점을 생성하였으며, 고속화 결과 위의 표 1에서처럼 약 11배의 속도 개선이 이루어졌다. 본 실험을 통해 SIMD 구조기반의 병렬 처리 방식으로 중간영상 합성을 수행하는 것은 속도 향상에 많은 기여를 할 수 있음을 검증할 수 있다.

결론적으로 실험을 통해 중간 영상 합성을 위해 복잡한 연산이 필요하지만 많은 부분에 있어서 중복되는 연산이 대부분임을 알 수 있었고 본 논문에서는 이를 효율적으로 처리할 수 있는 구조로 SIMD 구조의 병렬 처리 방법을 제안한다.

향후 SIMD 구조의 병렬 처리 기법을 향상시키기 위해서는 영상의 각 픽셀에 대한 메모리 이동의 최소화 및 추가 연산 작업에 대한 최적화가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국방송통신위원회의 한국방송통신전파진흥원 지원 과제인 “다시점 3D 호환 UHDTV 방송 기술 개발”(KCA-2011-11921-02001) 결과물입니다.

참고 문헌

1. O. Schreer, P. Kauff, and T. Sikora, 3D Videocommunication, John Wiley & Sons, 2005.
2. D. Scharstein: View Synthesis Using Stereo Vision, Springer Press, 1999
3. H. Shin, Y. Kim, H. Park, and J. Park, “Fast View Synthesis using GPU for 3D Display”, In *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 54, no. 4, pp. 2068-2076, Nov. 2008.
4. http://www.nvidia.com/object/cuda_home.html