

원통형 맵을 이용한 삼차원 plenoptic 함수

이윤진[○] 이승용

포항공과대학교 컴퓨터공학과

{jin, leesy}@postech.ac.kr

3D Plenoptic functions with Cylindrical maps

Yunjin Lee and Seungyong Lee

Dept. of Computer Science & Engineering, POSTECH

본 논문에서는 삼차원 plenoptic 함수인 concentric mosaics의 단점을 개선한 원통형 맵을 사용한 삼차원 plenoptic 함수를 제시한다. Concentric mosaics는 모자이크를 샘플링 데이터로 사용하므로 샘플링 과정이 어렵고, 시점의 방향이 항상 원에 접하기 때문에 물체를 여러 시점에서 자유롭게 관찰하는데 한계가 있다. 원통형 맵을 이용한 삼차원 plenoptic 함수는 원통형 맵을 사용하므로 모자이크에 비해 생성 과정이 쉬우며 시점의 방향이 자유로우므로 환경의 네비게이션 뿐 아니라 물체의 관찰도 렌더링할 수 있다.

1. 서론

영상 기반 렌더링은 여러 시점으로부터 얻은 환경이나 물체들의 영상들을 이용하여 새로운 시점에서의 영상을 얻고자 하는 방법이다. 이 방법은 기존의 CAD 등을 이용한 삼차원 모델링에 비해 시간과 노력이 적게 들고 모델의 삼차원 기하 정보가 아닌 영상을 이용하기 때문에 물체나 환경의 복잡도에 상관 없이 실제에 가까운 영상을 얻을 수 있다. 이와 같은 이점들 때문에 영상 기반 렌더링은 여러 분야에서 유용하게 이용될 수 있다.

Plenoptic 함수는 공간 상의 모든 점으로부터 어떤 방향에 대해서도 그 방향에 대한 렌더링 값을 알 수 있다. 그래서 plenoptic 함수를 생성할 수 있다면 모든 시점에 대한 영상을 얻을 수 있다. 영상 기반 렌더링 과정은 이러한 plenoptic 함수를 생성하고 이로부터 새로운 시점에서의 영상을 렌더링하는 과정으로 볼 수 있다. 이와 같은 이유로 보다 적은 데이터를 이용하여 쉽게 plenoptic 함수를 생성하고 렌더링하기 위한 방법들에 대한 연구가 영상 기반 렌더링의 중요한 문제가 되어 왔다.

본 논문은 우선 지금까지 제시된 여러 가지 plenoptic 함수 방법을 분석하여 원래의 7차원 plenoptic 함수로부터 삼차원 plenoptic 함수로의 접근 과정을 설명하고, 이를 바탕으로 한 새로운 삼차원 plenoptic 함수의 정의와 생성 방법 및 렌더링에 대하여 논할 것이다.

2. 삼차원 plenoptic 함수로의 접근

지금까지 영상 기반 렌더링에 관련되어 제시된 plenoptic 함수로는 plenoptic modeling, lumigraph, light field, concentric mosaics가 있다 [3],[1],[2],[4]. 원래의 plenoptic 함수는 식 (1)와 같이 시점의 좌표 (V_x, V_y, V_z), 시점의 방향 (θ, ϕ), 파장 λ , 시간 t 의 7차원 함수로 나타내어진다.

$$p = P(\theta, \phi, \lambda, V_x, V_y, V_z, t) \quad (1)$$

식 (1)의 함수는 데이터 샘플링을 통한 복원 과정을 통해 만들어지는데 7차원 함수를 얻기 위한 샘플링에는 많

은 데이터가 필요하며 이 데이터로부터 함수를 만드는 것도 쉽지 않다. 그래서 앞에 제시된 방법들은 모두 원래의 plenoptic 함수의 차수를 낮추어 샘플링할 데이터량을 줄이고 보다 쉽게 생성하기 위해 고안되었다.

McMillan과 Bishop에 의해 제시된 plenoptic modeling은 파장과 시간에 대해서 고려하지 않음으로써 그림 (1)의 (a)와 같은 5차원 plenoptic 함수를 정의하여 샘플링하고 렌더링하였다 [3]. Lumigraph와 light field는 빈 공간을 지나는 광선(ray)이 있을 때 이 광선 위에 있는, 광선과 같은 방향을 가진 시점들의 렌더링은 같다는 가정을 이용하였다 [1],[2]. 이와 같은 가정을 이용하면 그림 (1)의 (b)와 같이 시점의 위치를 전체 공간이 아닌 렌더링하고자 하는 공간을 둘러싸는 면(surface) 위로 제한할 수 있어서 두 개의 변수로 나타낼 수 있으므로 4차원 plenoptic 함수를 정의할 수 있다. Concentric mosaics은 그림 (1)의 (c)와 같이 시점의 위치를 여러 개의 동심원 위로 고정시키고 시점의 방향을 동심원의 위치에서 동심원에 접하는 방향으로 고정시켰다 [4]. 이로써 시점의 위치를 동심원의 반지름과 동심원 상의 방향각 두 개의 변수로 나타낼 수 있고 그 방향에 대한 수직선의 위치를 또 하나의 변수로 두어 삼차원 plenoptic 함수를 정의하였다. 동심원 상의 시점의 위치만으로 공간 상의 모든 점을 렌더링할 수 있는 것은 lumigraph와 light field에서와 같이 광선이 빈 공간을 지난다는 가정을 사용하였기 때문이다. Concentric mosaics에서 정의된 삼차원 plenoptic 함수는 샘플링할 데이터량은 적지만 샘플링 데이터를 얻기 위한 모자이크를 만드는 것이 쉽지 않고 시점의 방향이 동심원의 접선 방향으로 고정되어 있으므로 하나의 물체를 여러 방향에서 보는 경우에 한계가 있다.

본 논문에서는 앞에서 언급한 concentric mosaics의 단점을 개선하는 삼차원 plenoptic 함수를 제시하고자 한다. Concentric mosaics와 달리 본 논문이 제시하는 삼차원 plenoptic 함수는 lumigraph와 light field에서와 유사한 개념을 이용하였다. 즉, lumigraph와 light field에서 시점을 전체 공간으로부터 표면 위로 고정시킴으로써 5차원에서 4차원으로 줄였다면 마찬가지로 4차원으로부터 삼

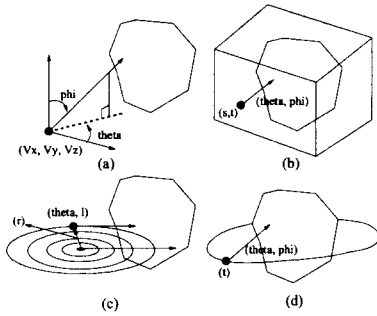


그림 1: 여러 가지 plenoptic 함수

차원으로 줄이기 위한 과정은 시점을 그림 (1)의 (c)의 면 위의 점으로부터 그림 (1)의 (d)와 같이 곡선 위의 점으로 제한함으로써 가능하다. 따라서 시점의 위치를 곡선의 위치를 나타내는 하나의 변수로 나타낼 수 있으므로 삼차원 plenoptic 함수를 정의할 수 있게 된다.

이 후의 장에서는 앞에서 언급한 개념을 이용한 삼차원 plenoptic 함수의 정의 및 표현 방식(representation)에 대하여 구체적으로 설명하고 이 함수를 생성하고 렌더링하는 방법에 대해서 논할 것이다.

3. 원통형 맵을 이용한 삼차원 plenoptic 함수

0.1 정의 및 생성 방법

본 논문에서 제시하는 삼차원 plenoptic 함수는 2장에서 언급한 바와 같이 그림 (1)의 (d)의 개념을 이용하여 한 시점의 위치를 곡선 상의 한 점으로 대응시켰다. 여러 가지 점을 고려하여 시점의 위치에 대응되는 곡선을 반지름이 R 인 원으로 두어 그림 (2)와 같이 나타내었다. 그래서 시점의 위치와 방향을 원 위의 위치를 나타내는 회전각 θ , 그 위치에서의 수평 방향각 ϕ , 그 방향에 대한 수직선 상의 위치 l 의 세 변수로 나타낼 수 있다. 시점의 위치가 원 상의 점으로 한정되어 있지만 lumigraph와 light field 및 concentric mosaics에서와 동일하게 시점으로부터의 광선이 빈 공간을 지난다는 가정을 이용하므로 원 위에 있지 않은 시점에 대한 렌더링도 원 위에 있는 시점으로 렌더링이 가능하다. 영상 기반 렌더링에서는 주변 환경에 대한 네비게이션과 물체의 관찰에 대한 렌더링을 많이 한다. 이와 같은 표현 방식을 이용하면 영상 기반 렌더링에서 얻고자 하는 영상을 쉽게 얻을 수 있다. 앞에서 제시한 표현 방식에서 주변 환경에 대한 네비게이션을 위해서는 그림 (3)의 (a)와 같이 원 상의 시점의 위치에서 원의 바깥쪽을 향하는 방향에 대해서 렌더링을 하면 된다. 그리고 반대로 그림 (3)의 (b)와 같이 물체를 원의 내부에 두고 원의 안쪽을 향하는 방향에 대해서 렌더링을 하면 물체를 여러 방향에서 관찰할 수 있다.

그림 (2)의 함수를 만들기 위한 샘플링 과정은 원통형 맵을 이용함으로써 쉽게 해결된다. 원통형 맵은 한 시점으로부터의 모든 수평 방향에 대한 렌더링 값을 얻을 수 있으므로 샘플링 과정에서는 원을 따라서 샘플링하기에 충분한 간격마다 원통형 맵을 만들지만 하면 된다. 그림 (2)에서 반지름이 R 인 원 상의 작은 원들은 각 점에서의

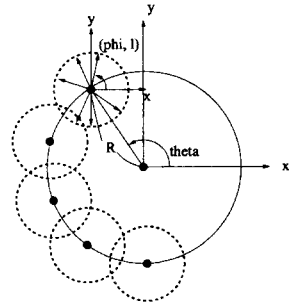


그림 2: 원통형 맵을 이용한 삼차원 plenoptic 함수

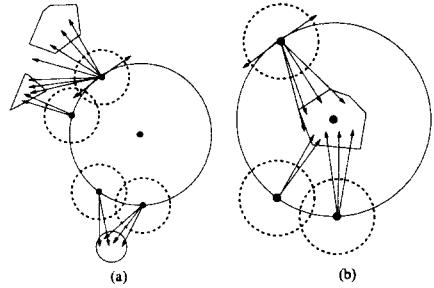


그림 3: 주변 환경의 네비게이션(a)과 물체 관찰(b)

원통형 맵을 나타낸다. 앞에서 언급했듯이 렌더링은 주변 환경에 대한 네비게이션 혹은 물체의 관찰에 대해 이루어지는데 샘플링 과정에서도 이 두 가지를 나누어서 고려하면 샘플링하는 데이터를 더 줄일 수 있다. 주변 환경에 대한 네비게이션은 원통형 맵에서 바깥쪽을 향하는 방향에 대해서만 가지고 있으면 되고 물체에 대한 관찰은 반대로 안쪽을 향하는 방향에 대해서만 가지고 있으면 되므로 렌더링의 목적에 따라 실제로는 샘플링할 데이터가 반 정도로 줄어들 수 있다.

0.2 렌더링 방법

본 논문에서 제시한 plenoptic 함수를 이용하여 새로운 시점으로부터의 영상을 렌더링하기 위해서는 원 위에 있는 시점만이 아닌 원 위에 있지 않은 시점에 대한 렌더링도 할 수 있어야 한다. 시점이 원 위에 있지 않을 때 영상을 렌더링하기 위해서는 렌더링하고자 하는 시점과 같은 광선 상에 있는 원 위의 시점을 찾는 것이 필요하다. 이것은 그림 (4)에서처럼 간단히 구할 수 있다. 새로운 시점은 시점의 위치 V 와 방향 α 로 나타낼 수 있는데, 이 두 값으로 렌더링을 위한 광선의 방정식을 구할 수가 있다. 직선의 방정식이 있으면 광선과 원 사이의 교점을 구해낼 수 있고, 이것은 그림 (4)에서 볼 수 있듯이 보통 두 점이 다. 앞의 0.1장에서 언급했듯이 함수의 생성은 환경의 네비게이션과 물체의 관찰에 따라 차이가 있고 따라서 렌더링 과정도 여기에 영향을 받는다. 즉, 만나는 점은 두 점이지만 V 와 같은 주변 환경의 네비게이션인 경우에는 원의 바깥쪽을 향하는 P 를 선택하며 V' 와 같은 물체의 관찰인 경우에는 원의 안쪽을 향하는 P' 를 선택한다. 원 위에 있는 시점이 선택되면 그 시점을 중심으로 한 원통형 맵을 이용하여 원하는 렌더링 값을 얻을 수 있다. 만약

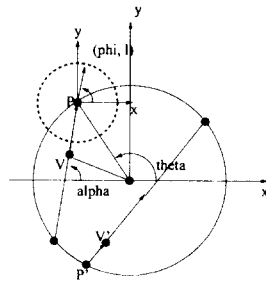


그림 4: 새로운 시점에서의 렌더링

산된 원 위의 시점을 중심으로 하는 원통형 맵이 존재하지 않는 경우에는 가까운 점의 원통형 맵을 이용하여 보간하여 렌더링한다. 이와 같이 새로운 시점에서 렌더링할 때 원 위의 시점을 찾아서 렌더링하는 것은 어렵지 않지만 원 위의 시점과 실제 렌더링하고자 하는 시점 사이에는 거리의 차이가 있어서 이로 인한 뒤틀림(distortion) 현상이 있을 수 있다. 이것은 원통형 맵을 만들 때 시점으로부터의 광선이 무한히 먼 거리에서 물체와 만난 것으로 가정하여 렌더링하였기 때문으로 이를 보정하기 위한 거리 보정 과정(depth correction)이 필요하다.

0.3 Concentric mosaics와의 비교 및 장점

원통형 맵을 이용한 삼차원 plenoptic 함수는 concentric mosaics의 샘플링 과정의 어려움과 렌더링의 한계를 개선하였다. Concentric mosaics는 샘플링을 하기 위해서는 모자익을 생성해야 한다. 그런데 실제 환경에 대한 모자익을 생성하는 것은 같은 환경에 대한 원통형 맵을 만드는 것에 비해 쉽지 않다. 원통형 맵은 일반 카메라를 한 시점에서 회전시킨 영상으로부터 얻어 낼 수 있으며 이를 위한 소프트웨어도 개발되어 있으므로 본 논문이 제시한 방법이 함수 생성 과정이 쉽다. Concentric mosaics는 동심원 바깥쪽의 환경을 렌더링하는 것은 가능하나 물체를 여러 방향에서 관찰하는 것을 렌더링하는 데는 한계가 있다. 본 논문이 제시한 방법은 그림 (3)에서처럼 주변 환경에 대한 네비게이션과 물체의 관찰 두 가지 모두를 렌더링하는 것이 가능하며 특히 물체에 대한 관찰은 모든 수평 방향에 대해서 가능하므로 concentric mosaics에 비해 관찰할 수 있는 범위가 넓다.

4. 결과

그림 (5)의 원통형 맵은 3D Studio MAX에서 파노라마 플러그인(panorama plug-in)을 이용하여 렌더링하였다. 그림 (6)는 원통형 맵을 이용한 삼차원 plenoptic 함수를 이용하여 렌더링한 결과이다. 그림 (6)는 물체의 관찰에 대한 렌더링으로 3장에서 언급한 바와 같이 물체를 원의 중심에 두고 원의 안쪽을 향하는 방향에 대하여 렌더링하였다. 물체의 관찰만 하는 경우 그림 (5)에서 바깥쪽을 향하는 원통형 맵의 렌더링은 하지 않아도 된다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 영상 기반 렌더링을 위한 방법으로 concen-

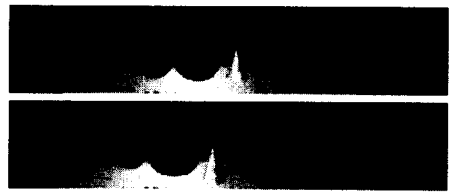


그림 5: 입력 원통형 맵



그림 6: 결과 영상

tric mosaics를 개선한 원통형 맵을 이용한 삼차원 plenoptic 함수를 제시하였다. 이것은 시점의 위치를 원 상의 한 점으로 고정시킴으로써 삼차원 함수를 정의하고 원통형 맵을 사용하여 샘플링을 하였다.

본 논문에서 제시한 삼차원 plenoptic 함수에 대해 앞으로 세 가지 부분을 개선하려고 한다. 첫번째는 렌더링을 하기 위해서 원 위의 시점을 계산했을 때, 실제로 그 시점을 중심으로 하는 원통형 맵이 존재하지 않는 경우에는 주변의 값을 보간하여 렌더링을 하는데 이로 인한 영상의 흐려짐을 개선하는 것이다. 보간 방법을 개선하거나 실제 점에 가까운 원통형 상의 지점을 찾는 것이 필요하다. 두번째는 거리의 차이로 인한 뒤틀림 현상을 개선하는 것이다. Concentric mosaics에서 사용된 방법들에 대해 실험해 볼 수 있으며 원통형 맵을 이용한 새로운 방법에 대해서도 연구가 필요하다. 세번째는 plenoptic 함수를 만들기 위한 데이터를 저장하는 메모리를 줄이는 것이다. 이를 위해서는 여러 가지 압축 방법에 대해 연구해야 할 것이다.

참조 서적

- [1] Steven J. Gortler, Radek Grzeszczuk, Richard Szeliski, and Michael F. Cohen. Lumigraph. *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '96)*, pages 43-54, 1996.
- [2] Marc Levoy and Pat Hanrahan. Light field rendering. *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '96)*, pages 31-42, 1996.
- [3] Loenard McMillan and Gray Bishop. Plenoptic modeling: An image-based rendering system. *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '95)*, pages 39-46, 1995.
- [4] Heung-Yeung Shum and Li-Wei He. Rendering with concentric mosaics. *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '99)*, pages 299-306, 1999.