

# 대규모 환경에서 파노라믹 기반 영상 모핑을 이용한 임의 시점의 영상 생성

정장현\*, 주명호\*, 강행봉\*  
\*가톨릭대학교 컴퓨터공학과  
e-mail : [cdzone@catholic.ac.kr](mailto:cdzone@catholic.ac.kr)

## Arbitrary View Images Generation Using Panoramic-Based Image Morphing For Large-Scale Scenes

Jang-Hyun Jeong\*, Myung-Ho Joo\*, Hang-Bong Kang\*  
\*School of Computer Engineering, The Catholic University

### 요 약

영상 기반 렌더링에서 평면에 투영된 사영 영상만을 가지고 3 차원 영상을 재구성 하는 여러 가지 모델링 기법들이 연구되어 왔다. 4D Plenoptic Function 을 사용 하는 Light Field Rendering 이나 Lumigraph 방법은 여러 개의 영상으로 새로운 시점의 영상을 생성하는 기법이다. 이러한 방법은 사용자가 가상 세계에서의 항해를 가능하게 하고 2 차원의 정보만으로 3 차원 환경을 구성 할 수 있다.

Concentric Mosaic, Plenoptic Stitching, Sea of Image 등은 Light Field 를 이용하여 사용자가 여러 가지 환경에서 항해할 수 있게 하는 기법이다. 특히 Takahashi 는 도시의 거리와 같은 대규모 환경에서의 항해에 관한 연구를 발표하였다. 단일 경로를 따라 파노라마 영상을 획득한 다음 Light Field 방법을 사용해서 새로운 시점의 영상을 생성한다. 하지만 대규모 환경에서 사용자가 이동할 수 있는 경로의 범위는 매우 넓고 경로를 따라 조밀하게 파노라마 영상을 획득해야 하기 때문에 데이터의 양이 많아지고 영상획득의 어려움이 있다. 이러한 단점으로 인하여 참조 영상의 네트워크 전송 시에 네트워크의 부하가 증가될 수 있다.

본 논문에서는 Takahashi 의 방법을 기본으로 파노라마 영상 모핑 방법을 이용하여 임의 시점 (Arbitrary View)의 영상을 렌더링 하는 방법을 제안한다. 파노라마 영상의 획득 간격을 비교적 크게 하면서 파노라마 영상 모핑 기법을 이용하여 중간 영상을 생성한 후 Takahashi 의 방법을 사용하여 임의의 영상을 생성하는 방법이다. 적은 수의 파노라마 영상으로 비교적 좋은 임의 시점의 영상을 재구성 할 수 있었다.

### 1. 서론

컴퓨터 산업이 고도로 발달 하면서 3 차원 그래픽은 일반 사용자도 쉽게 사용할 수 있게 되었다. 일반 사람들이 3 차원 그래픽을 쉽게 경험할 수 있게 됨으로써 실제 응용에서의 역할이 매우 중요해지고 있다.

전통적인 가상 현실 연구 분야에서는 3 차원 영상 정보를 구축하고 처리함으로써 사용자가 가상 환경에서 실세계의 환경을 체험할 수 있게 하는 데에 초점

이 맞추어져 있었다. 하지만 근래에 들어서는 3 차원의 정보가 2 차원의 평면에 투영된 사영 영상 (perspective images)만을 가지고 3 차원을 재구성하는 모델링 기법들이 많이 연구 되고 있다. 이러한 방법들은 영상 기반 렌더링(Image-Based Rendering)이라고 한다. TV 광고나 영화, 컴퓨터 게임, 스포츠 중계 등에서 쉽게 볼 수 있는 영상 합성 기술들이 영상 기반 렌더링의 좋은 예이다[1]. 또 Apple 사의 QuickTime VR[2]

에서는 파노라마 영상을 이용해서 사용자 중심의 360° 뷰를 제공하기도 한다. 이러한 응용은 사이버 박물관이나 모델 하우스 등에서 상업적 서비스에 적용되고 있다.

영상 기반 렌더링에서 일반적으로 사용되는 방법은 카메라 평면(2D) 이미지 평면(2D) 만을 사용하는 Light Field Rendering 방법[3]과 Lumigraph 방법[4]이다. 본 연구에서는 도시의 거리와 같은 대규모 환경에서 Light Field Rendering 기법을 이용해 임의 시점의 영상을 생성하는 방법을 제안한다. 임의 시점의 영상을 생성하기 위한 방법 중 Takahashi 방법은 단일 경로를 따라 파노라마 영상을 획득한 후에 Light Field 기법을 이용해서 임의 시점의 새로운 영상을 만들어 낸다. 본 연구에서는 Takahashi의 방법을 기반으로 한다.

실제 응용에서 이동 경로를 따라 조밀하게 Perspective 영상을 촬영해서 파노라마 영상을 구성하기는 쉽지 않다. 또한 저장되는 데이터의 양이 많아지게 된다. 본 연구에서는 파노라마 영상을 모핑 방법에 의하여 중간 영상을 만들어냄으로써 참조 영상 획득의 양을 줄이고 Light Field Rendering 기법을 이용하여 새로운 시점의 영상을 만들어 내는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 관련된 연구들을 살펴보고 3 절과 4 절에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 대하여 설명한다. 5 절에서는 실험 방법 및 결과를 제시하고 마지막 6 절에서 결론으로 마친다.

## 2. 파노라마 영상을 사용한 거리 항해

파노라마 영상을 사용하여 공간상의 항해를 위한 방법들에는 Plenoptic Stitching[5], Concentric Mosaic[6], Sea of Image[7], Takahashi[8]의 방법 등이 대표적이다. 이러한 방법들은 7 차원의 Plenoptic Function에 몇가지 조건을 가정함으로써 4 차원의 Light Field Rendering을 사용한다.

Plenoptic Stitching 방법은 닫힌 공간에서 격자 모양의 이동 경로를 따라 참조 영상을 획득하고 획득된 영상들로부터 새로운 영상을 재구성 하는 방법이다. Plenoptic Stitching 방법에서는 전방향성 카메라(omni directional camera)를 사용해서 파노라마 영상의 획득한다. Concentric Mosaic 방법은 동심원을 따라 파노라마 영상을 획득한다. 각 동심원에서는 슬릿 단위로 파노라마 영상을 구성한다. Sea of Image 방법은 닫힌 공간에서 밀집된 경로를 따라 공간 전체의 영상을 획득하기 때문에 보다 높은 질의 영상을 생성할 수 있다.

위에서 살펴본 Plenoptic Stitching, Concentric Mosaic와 Sea of Image 방법들은 닫힌 공간 혹은 소규모 환경에서 가능한 방법들이다. 대규모 환경에서 거리 항해를 위한 방법에는 Takahashi의 방법이 있다. Takahashi는 그림 1 과 같은 영상 획득 경로를 사용하였다.

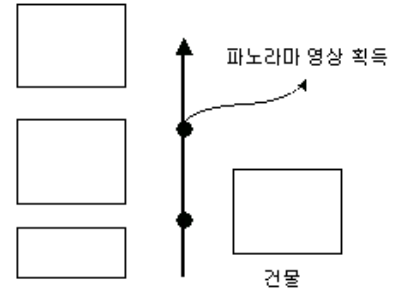


그림 1. Takahashi 방법에서의 파노라마영상 획득 경로

이와 같은 영상 획득 경로는 도시의 거리와 같은 대규모 환경에 적합하다. 본 논문에서는 이와 같은 영상 획득 경로를 사용해서 파노라마 영상을 획득하였다.

## 3. 파노라마 영상의 모핑

실제 응용에서 좋은 품질의 임의 시점의 영상을 얻기 위해서는 많은 양의 파노라마 영상이 필요하다. 하지만 네트워크를 통한 가상 항해 시뮬레이션 서비스 등에서는 전송 대역폭의 한계를 피할 수 없다. 본 연구에서는 파노라마 영상 모핑을 통해 적은 수의 파노라마 영상만으로 다수의 사이 영상을 생성함으로써 이 문제를 해결하고자 하였다.

C. Yan-Fai[9]은 대응점들의 연결을 삼각형 모양으로 하여 파노라마 영상을 모핑하는 방법을 제안하였다. 본 연구에서는 빠르고 편리한 대응점 설정을 위해 다각형에 기반한 모핑 방법을 적용하였다. 이 방법은 영상내의 오브젝트들의 왜곡 정도가 각기 다른 파노라마 영상의 경우에 효율적이다. 그림 2 는 파노라마 영상 모핑의 과정을 보여준다. 획득된 파노라마 영상은 각 영상간의 다각형 형태의 대응점 설정을 한다. 다음 점과 점이 이루는 대응 선분을 이용해서 영상간의 모핑 정보를 계산한다.

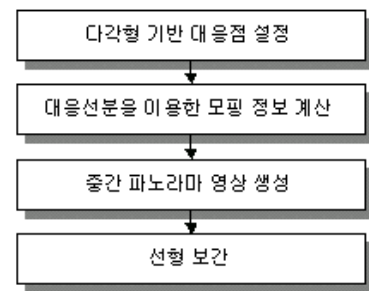


그림 2. 파노라마 영상 모핑 과정

영상간의 모핑 방법은 T. Beier[11]의 특징 기반 모핑 방법을 사용하였다. 특징 기반 모핑 방법에서는 다각형들의 각 선분들을 이용하여 두 영상에서 다각형 내부에 포함된 픽셀들 간의 관계를 계산한다.

두 영상간의 모핑으로 생성되는 중간 영상은 점 X가 X'이 직선으로 이동되면서 생성된다. 이때 이동 거리가 작을수록 발생하는 오차는 줄어든다. 그림 3 과 같이 양방향 모핑을 통해 오차를 줄인다.

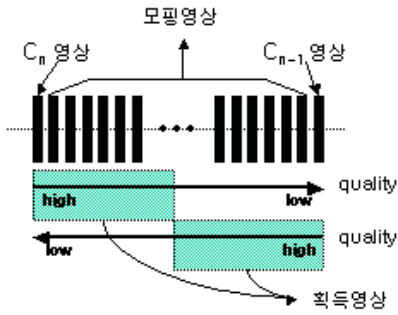


그림 3. 양방향 모핑 영상의 획득

파노라마 영상간의 모핑을 통해서 여러 개의 중간 영상들이 생성되고 이러한 중간 영상들은 조밀하게 파노라마 영상을 획득해야 하는 단계를 대신 한다. 모핑 과정에서 발생하는 잡음은 선형 보간 과정을 거치면서 제거 된다.

4. 임의의 시점 영상

모핑의 결과로 파노라마 영상간의 사이 영상들이 생성 되면 그림 4 와 같이 Takahashi 가 제안한 방법과 동일한 방법으로 Light Field 렌더링된다.

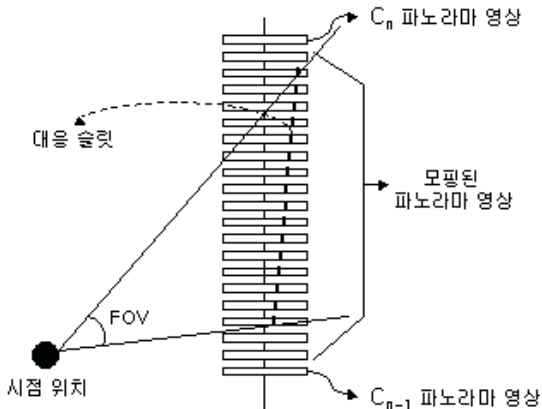


그림 4. 임의 시점의 영상 생성

Takahashi 의 방법에서 발생하는 수직왜곡은 각 대응 슬릿의 범위에 민감하다. 본 연구에서는 수직왜곡을 최소화 하기 위해서 그림 5 와 같이 건물의 위치 정보를 사용해서 슬릿의 범위를 결정하였다.

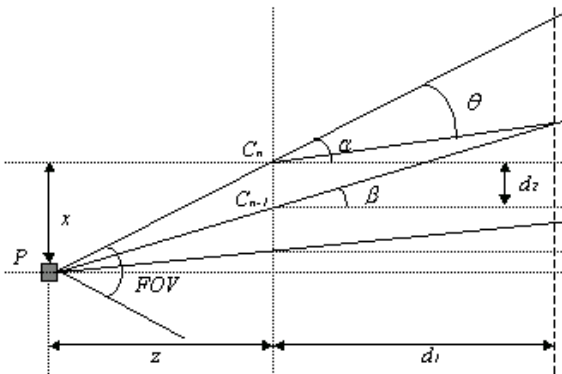


그림 5. 파노라마 영상의 슬릿 획득 범위

$x$  는 임의의 시점 P 에서 파노라마 영상  $C_n$ 까지의  $x$

축 거리이고  $z$  는 파노라마 영상  $C_n$ 까지의  $z$  축 거리이다.  $d_1$ 은 파노라마 영상  $C_{n-1}$ 에서부터 건물이 위치한 거리이고  $d_2$  는 파노라마 영상  $C_n$  과  $C_{n-1}$  간의 간격이다. P 점에서  $C_n$ 에 이르는 광선의 슬릿은  $\alpha - \theta$ 의 범위를 갖는다.  $\alpha, \theta$  는 다음과 같은 식을 통해 계산할 수 있다.

$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{x}{z}\right)$$

$$\theta = \alpha - \text{atan}\left(\frac{\tan(\beta) \times d_1 - d_2}{d_1}\right)$$

5. 실험결과

본 실험을 구현한 환경은 시스템 Intel Pentium 4 3GHz, 운영체제 Microsoft Windows 2000 Server 를 사용하였다.

3D MAX 5 를 이용하여 실제 거리 환경과 유사한 가상 도시를 모델링 하고 카메라의 이동경로를 따라 300 단위마다 24 장의 렌더링된 사영 이미지로 총 26 장의 파노라마 영상을 획득하였다. 사용자 인터페이스를 통해 획득된 파노라마 영상에 대응 다각형을 그리고 양방향 모핑을 하였다. 파노라마 영상간의 모핑결과로 각각 30 장, 총 780 장의 영상이 생성된다. 그림 6 은 가상도시에서 획득된 파노라마 영상과 모핑된 영상을 보여준다.

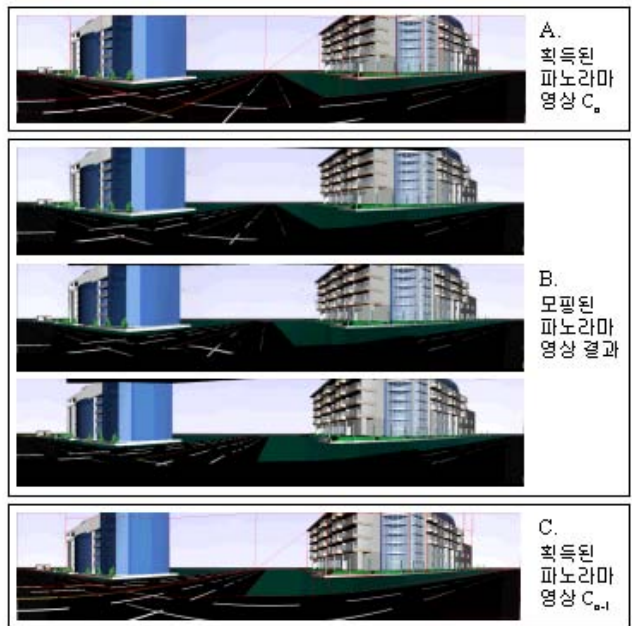


그림 6. 획득된 파노라마 영상과 모핑된 파노라마 영상

Takahashi 방법만으로 생성된 임의 시점의 영상과 비교하기 위해서 10 단위마다 총 780 장의 파노라마 영상을 획득하였다. 그림 7 은 파노라마 영상 획득 단위를 변화해가며 생성된 임의 시점의 영상이다. 10 단위에서는 좋은 결과를 얻었지만 단위가 커질수록 왜곡현상이 증가 되었다.

그림 8 은 제안된 방법으로 생성된 임의 시점의 영상이다. 모핑으로 인한 잡음이 발생하였지만 그림 7

에서 300 단위로 획득된 파노라마 영상으로 생성된 임의 시점 영상과 비교하였을 때 수직왜곡현상은 현저히 줄었음을 알 수 있다.

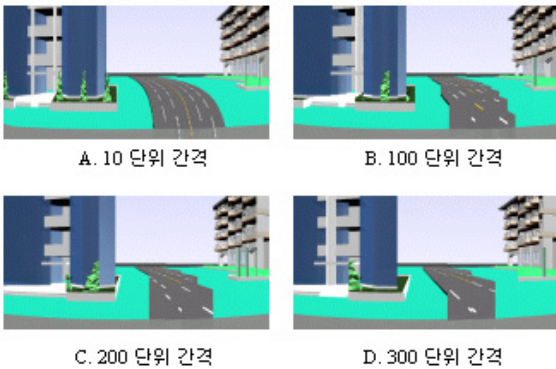


그림 7. Takashi 방법만을 사용한 임의 시점의 영상

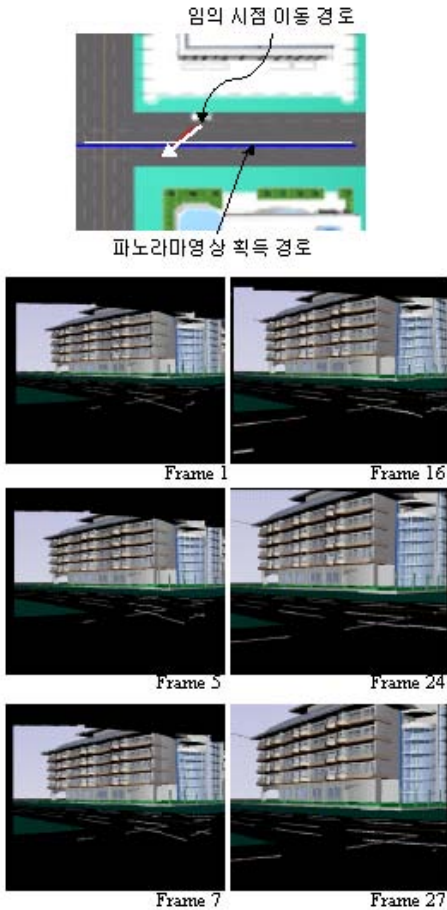


그림 8. 모핑된 파노라마 영상을 사용한 임의 시점 영상

## 6. 결론

도시의 거리와 같은 대규모 환경에서 단일 직선 경로를 따라 획득된 파노라마 영상으로 임의 시점의 영상을 생성하기 위해 각 파노라마 영상간의 모핑을 하였다. 모핑된 영상으로 비교적 큰 간격의 파노라마 뷰를 재구성 할 수 있었고 그 만큼의 파노라마 영상 획득 양도 줄일 수가 있었다. 1/30 정도의 샘플링만으로 원하는 결과를 얻을 수 있었다. 원경 향해와 같은 네

트워크를 이용한 응용에서는 적은 양의 데이터 전송만으로 시스템을 구현 할 수 있는 장점이 있다.

앞으로의 연구를 통하여 모핑된 영상의 질을 높여야 하는 문제를 해결해야 한다. 파노라마 영상 획득의 양을 좀 더 늘이면 모핑된 영상의 질도 높아 질 수 있다. 사용자가 대규모 환경을 향해하는 데에 거부감이 없는 정도의 질을 제공하는 과제도 남아 있다. 또한 임의 시점의 영상을 실시간으로 생성하기 위해서는 다음과 같은 과제가 남아 있다.

1. 대응점을 자동으로 찾는 모듈 개발
2. 모핑 영상의 질을 높이기 위한 정확한 대응점 매칭 알고리즘 개발
3. 실시간으로 실행될 수 있는 빠른 모핑 알고리즘 개발

위와 같은 모듈 및 알고리즘의 개발로 보다 빠르고 안정적이면서 사용자가 대규모 환경을 향해하는 데에 불편함이 없는 시스템의 제작이 앞으로의 연구 과제로 남아 있다.

## 참고문헌

- [1] David A. Forsyth, Jean Ponce. "Computer Vision A Modern Approach," pages 620-641 Prentice Hall, New Jersey, 2003.
- [2] Shenchang Eric Chen. "QuickTime VR - an image-based approach to virtual environment navigation," In Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, SIGGRAPH'95, page 29-38, August 1995.
- [3] M. Levoy, P. Hanrahan, "Light Field Rendering," ACM SIGGRAPH, pages 31-42, 1996.
- [4] S. Gortler, R. Grzeszczuk, R. Szeliski, M. Cohen, "The Lumigraph," ACM SIGGRAPH, pages 43-54, 1996.
- [5] D. Aliaga, I. Carlbom, "Plenoptic stitching: A scalable method for reconstructing interactive walkthroughs," ACM SIGGRAPH, pages 443-450, 2001.
- [6] H.Y. Shum, L.W. He, "Rendering with concentric mosaics," ACM SIGGRAPH, Los Angeles, pages 299-306, 1999.
- [7] D. Aliaga, T. Funkhouser, D. Yanovsky, I. Carlbom, "Sea of Images," In Proceedings of IEEE Visualization, pages 331-338, 2002.
- [8] T. Takahashi, H. Kawasaki, K. Ikeuchi, M. Sakauchi, "Arbitrary view position and direction rendering for large-scale scenes," IEEE CVPR, pages 296-303, 2000.
- [9] C. Yan-Fai, F. Man-Hong, F. Chi-Wing, H. Pheng-Ann, W. Tien-Tsin, "A Panoramic-based Walkthrough System using Real Photos," in Proceedings of Pacific Graphics'99, Seoul, Korea, pages 231-240, October 1999.
- [10] S. M. Seitz, C. R. Dyer, "View morphing," In Proc. ACM SIGGRAPH 1996.
- [11] T. Beier and S. Neely, "Feature-based image metamorphosis," Computer Graphics (SIGGRAPH '92), vol. 26, no. 2, pp. 35-42, 1992.