2001년 한국정보처리학회 추계 학술발표논문집 제8권 제2호

허프변환을 이용한 영상 정합

최동권*, 정윤주, 장경호, 정순기
경북대학교 컴퓨터공학과 가상현실 연구실
{dkchoi, yjchung, kyjang}@vr.knu.ac.kr, skjung@knu.ac.kr

Image Stitching Using Hough Transform

Dong Kwon Choi*, Yun Ju Jung, Kyung Ho Jang, Soon Ki Jung
VR Lab, Dept. of Computer Engineering, KyungPook National University

요 약

본 논문에서는 임의의 카메라 회전운동으로 획득된 두 영상간의 기하학적 관계로부터 대응관계를 정의하고 허프변환을 이용하여 효율적인 영상 정합을 수행하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 카메라를 임의로 회전시켜 얻은 영상들에 대해서도 정확한 영상 정합을 할 수 있다. 특히 영상 정합 시 발생하는 오차를 최소화시켜 영상 기반 가상환경 생성 시 유용하게 사용되어질 수 있다.

1. 서 론

가상환경을 표현하는 방법에는 기하학적인 정보를 사용하는 방법과 실세계로부터 직접 획득한 영상을 사용하는 방법이 있다.

기하학적 정보로 가상환경을 표현하는 경우 랜더링 시간이 장면 복잡도에 영향을 받으며, 현실감 부여를 위하여 광선 추적법(ray tracing) 등과 같은 복잡한 알고리즘을 적용해야 하므로 제한된 시간 내에 현실감 있는 영상을 생성하기가 어렵다. 또한 복잡한 장면의 가상 환경을 빠른 시간 내에 랜더링 하기 위해서는 값비싼 그래픽 가속기가 필요하다.

반면, 영상 기반 랜더링 및 모델링 기법은 실세계의 환경에서 얻은 영상을 직접 사용하므로, 기하학적 기반의 가상 환경에 비해 쉽게 현실감을 제공할 수 있다. 또한 생성되어지는 가상환경의 품질은 입력 영상의 질(quality)에 의존하므로 값비싼 하드웨어가 요구되지 않는다. 특히 구형 파노라믹 영상은 영상기반의 가상현실 시스템에서 가상환경을 구축하기 위해 널리 이용되고 있다.

이러한 구형 파노라믹 영상은 카메라를 회전시켜 실세계를 촬영하고 각 영상들을 하나의 넓은 시야의 영상으로 합치는 영상 모자익(image mosaics) 또는 영상 정합(image stitching)기법을 사용하여 정렬하고, 재구성시킴으로써 얻어진다.

기존의 영상 정합기법은 크게 두 가지로 나누어진다. 첫 번째는 영상 내의 색상 정보의 상관에 기반한 방법[1]이다. 이 방법은 영상의 화소 값으로부터 직접 두 영상간의 투영 관계식을 유도하는 것이다. 두 번째는 특징점의 대응관계에 기반한 방법[2,3]이다. 이 방법은 코너(corner), 에지(edge), 선(line) 등과 같은 영상 내의 기하학적인 정보를 이용하는 방법이다.

본 논문에서는 정확한 특징점 정합을 위하여 코너를 검출하고, 카메라를 임의로 회전시켜서 촬영한 영상 시퀀스로부터 인접한 두 영상간의 대응관계를 기하학적으로 정의한 뒤, 찾아낸 대응관계를 허프변환(Hough Transform)[6]을 이용하여 구형 파노라믹 영상에 적용 가능한 효율적인 영상 정합 기법을 기술한다.

이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음(KRF-99-041-E00294)

2. 인접한 두 영상간의 기하학적 관계

본 장에서는 영상 정합을 위한 인접한 두 영상간의

기하학적 관계를 기술한다.

Jang[4]은 카메라의 순수한 수평 회전 모션으로 획득된 영상 시퀀스를 각 영상의 중심으로부터 같은 거리에 있는 부분 영상을 이용하여 영상 정합을 수행하였다. Jang이 제안한 등거리 매칭 알고리즘의 기본적인 생각은 그림 1과 같이 두 영상 I_1과 I_2의 중심으로부터 같은 거리에 있는 부분을 3차원의 점 P'를 비교적 정확하게 표현할 수 있다는 점이다.

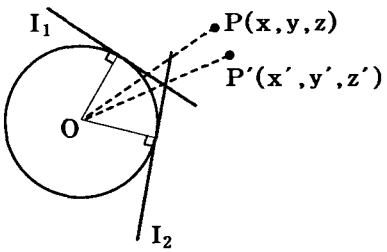

그림 1. 등거리 매칭을 이용한 영상정렬

두 영상 I_1과 I_2간의 중첩되는 정보는 하나의 중첩되는 직선으로 표현할 수 있으며, 이 직선은 그림 2에 나타난 바와 같이 등거리 매칭에 의하여 각 영상의 중심을 잇는 직선의 수직 이등분선임을 알 수 있다. 이때, 카메라가 회전 시 초점거리는 일정하다.

본 논문에서는 이러한 등거리 매칭 알고리즘을 구형 환경으로 확장하여 적용한다.

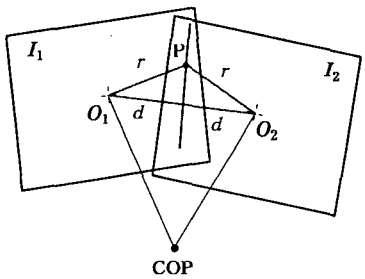

그림 2. 카메라 회전 운동 시에 두 영상간의 대응관계

3. 허프변환을 이용한 영상 정합

본 장에서는 허프변환[6]을 이용한 영상 정합 알고리즘을 기술한다. 인접한 두 영상으로부터 특징점을 추출하고, 추출된 특징점들로부터 두 영상간의 대응관계를 조사한 후, 허프변환을 이용하여 두 영상을 정합시킬 수 있는 최적의 정합선을 검출한다.

3.1 대응점 결정

본 절에서는 영상정합을 위하여 코너(corner)를 검출하여 두 영상간의 대응관계를 결정하는 방법에 대하여 기술한다.

대응관계를 결정하는 알고리즘으로는 Zoghlami[2]의 코너 모델을 이용하는 방법과 Cham[3]의 베이지언 모델(Bayesian model)을 이용하는 방법 등이 있다. 그러나 본 논문에서는 Harris[5]의 코너 검출(corner detection) 알고리즘을 이용하여 각 영상으로부터 코너 점(corner point)을 구하고, 정확한 대응관계를 찾아내기 위해 검출된 코너 점들을 대상으로 블록 매칭을 수행함으로써 각 영상에서 픽셀 값이 같은 코너만을 검출한다. 그림 3은 인접한 두 영상에서 추출된 코너 점들을 보여준다.

그림 3. 각 영상의 코너 검출

그림 2에서 살펴본 바와 같이, 두 영상 I_1과 I_2의 중첩되는 정보는 각 영상의 중심 O_1과 O_2를 연결하는 직선의 수직 이등분선 상에 있다. 따라서 두 영상 내에서 중첩되는 직선을 구성하는 픽셀들을 정확하게 매칭하면 영상 정합을 성공적으로 수행할 수 있다. 이러한 중첩되는 직선을 찾기 위해서는 먼저 두 영상간의 대응점을 찾는 것이 필수적이다. 그러나 영상 내의 모든 픽셀들을 대상으로 대응점을 찾는 것은 비효율적이다.

본 논문에서 대응점을 찾기 위해 다음 두 가지 정보를 이용한다. 첫째, 대응점은 각 영상에서 검출된 코너 점의 픽셀 값이 같다. 둘째, 카메라의 회전운동에 의한 연속하는 두 영상간의 기하학적 관계로부터 첫 번째 조건을 만족하는 코너 점들 중에서 코너 점

과 영상 중심 사이의 거리(r)가 같은 것을 대응점으로 결정한다.

여기서, 두 영상간의 관계에서 얻을 수 있는 중첩되는 정보는 영상의 중심에서 코너 점까지의 거리(r)와 위의 두 조건을 만족한 대응점 P 뿐이다. 이러한 정보를 이용하여 두 영상간의 관계를 정의하고 두 영상을 정합한다.

그림 4는 구형 파노라믹 영상에서 하나의 영상을 고정할 때 나머지 영상은 대응점을 중심으로 원운동을 하는 관계를 보여준다. 즉, 중첩하는 두 영상의 중심과 대응점과의 관계는 반지름(r)이고, 대응점을 원의 중심으로 하고, 각 영상의 중심이 원주 위에 있는 관계를 이루게 된다. 그리고 중첩되는 직선은 대응점 P를 통과하며, 각 영상간의 중심을 이어주는 직선의 수선임을 알 수 있다.

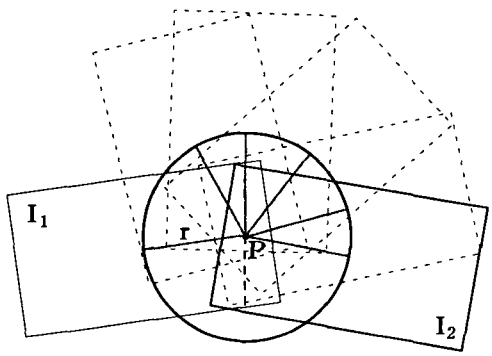

그림 4. 구형 파노라믹 영상에서 두 영상간의 관계

3.2 정합선 검출

본 절에서는, 등거리 매칭 기법을 사용하여 영상 정합을 수행할 때, 인접한 두 영상이 서로 정합될 수 있는 직선(line)을 효율적으로 찾아낼 수 있는 방법을 기술한다. 이를 위해 본 논문에서는 대응점을 이용하여 중첩되는 직선을 구하기 위해서 허프변환을 이용한다.

구 환경 상에서 영상 정합을 수행하기 위해 두 영상간의 대응관계(correspondence)를 통하여 중첩되는 직선 l을 구할 수 있다. 즉, 두 영상간의 관계에서 영상의 x축과 선분 $\overline{O_1O_2}$ 이 이루는 각과 d를 알면 정합선의 방정식 방정식을 구할 수 있다. 그림 5에서와 같이, 각 영상의 중심 O_1과 O_2는 항상 원주 상

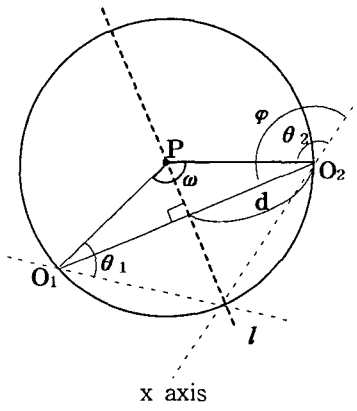

그림 5. 두 영상간의 대응점을 매개변수로 허프변환

에 위치한다. 각 영상의 중심에서 같은 거리(r)의 코너가 결정되면 자동적으로 θ_1, θ_2가 결정된다. 그리고, 각 영상의 중심 O_1과 O_2이 원주 상에서 임의로 이동할 때 ϕ를 식(1)에 의하여 구할 수 있다.

즉, 첫 번째 영상 중심 O_1을 고정시키면, 두 번째 영상의 중심 O_2는 원주를 따라 360도 이동한다. 그 때마다 ϕ이 결정되며, ϕ의 변화량에 따라 각 영상 중심을 연결한 선분 $\overline{O_1O_2}$ 의 길이도 변하므로, d의 길이를 식(2)에 의하여 알 수 있다.

$$\phi = \theta_2 + (180^\circ - \omega)/2 \qquad \text{식(1)}$$

$$d = \sqrt{r^2 + r^2 - 2r^2\cos(\omega)}/2 \qquad \text{식(2)}$$

따라서 중첩되는 직선(정합선) l은 d, ϕ에 의해서 결정됨을 알 수 있다.

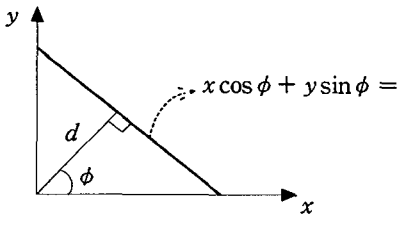

그림 6. 중첩 직선의 방정식

그림 6에 나타낸 바와 같이 구하려는 직선과 수직

을 이루는 선과 x축이 이루는 각을 ϕ라 하고, 원점으로부터 직선 상에 수선을 내렸을 때 수선의 길이를 d라 할 때, 정합선의 방정식은 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$x\cos\phi + y\sin\phi = d \qquad \text{식(3)}$$

본 논문에서 두 영상간의 관계에서 결정된 대응점의 통과하는 중첩되는 정합선을 구하기 위해 허프변환을 이용하며, 이것은 대응점의 좌표값 (x, y)을 파라미터 공간 (ϕ, d)에 매핑시키는 역할을 한다. 또한 대응점 P를 통과하는 무수한 선들에 대응하는 (ϕ, d)중에서 두 영상이 정합되는 선은 유일한 ϕ와 d 값을 가진다.

4. 실험결과

본 논문에서 제안한 시스템은 Pentium-III 850MHz의 CPU와 256MB 메모리를 가진 PC에서 Visual C++6.0과 Vision SDK를 이용하여 구현하였다. 그림 8은 기존 영상과 10도 만큼 회전한 참조영상에 대하여 제안된 알고리즘을 이용하여 정합한 실험결과를 보여준다.

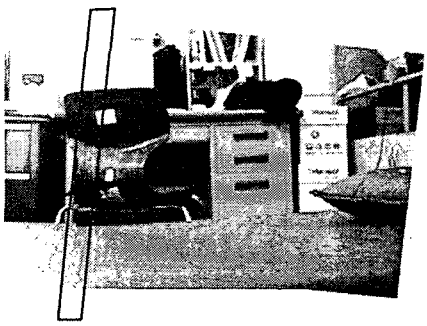

그림 8. 영상정합 결과

5. 결론 및 향후과제

본 논문은 영상 기반 가상환경 생성 시 적용 가능한 영상 정합 기법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 임의의 카메라 회전운동에 의해 얻어진 영상을 효율적으로 정합할 수 있으며, 대응관계를 결정하는 기존의 방식보다 계산량이 월등히 적고, 오차가 적은 장점을 가진다.

향후 제안된 영상 정합 알고리즘을 이용하여 구형 파노라믹 영상을 생성하고, 그 결과를 기존의 방법과 비교해보는 것이 필요하다.

참고문헌

[1] R. Szeliski. "Image mosaicing for tele-reality applications," Technical Report CXRL, May 1994.

[2] I. Zoghlami, O. Faugeras, and R. Deriche, "Using geometric corners to build a 2D mosaic from a set of images," In Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 420-425, 1997.

[3] T. J. Cham and R. Cipolla, "A Statistical Framework for Long-Range Feature Matching in Uncallibrated Image Mosaicing," In Proc. of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 442-447, 1998.

[4] K. H. Jang and S. K. Jung, "Constructing Cylindrical Panoramic Image Using Equidistant Matching," IEE Electronics Letters, England, ISSN:0013-5194, Vol. 35, No. 20, pp. 1715-1716, September 1999.

[5] C. Harris and M. Stephens, "A combined corner and edge detector," Fourth Alvey Vision Conference, pp. 147-151, 1988.

[6] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing," pp. 432-438, 1993.