

SURF 알고리즘과 호모그래피를 이용한

파노라마 영상 재구성

장현우 · 박창힐 · 김광백

신라대학교 컴퓨터정보공학부

Panoramic Scene Reconstruction using SURF Algorithm and Homography

Hyun-Woo Jang* · Chang-Hill Park* · Kwang-Beak Kim*

*Division of Computer and Information Engineering, Silla University

E-mail : magic10101@naver.com, pch8305@naver.com, gbkim@silla.ac.kr

요 약

파노라마 영상을 재구성하는 기존의 방법은 Labeling을 이용하여 객체를 비교한 후에 결합시키는 방법을 적용하였으나 시간이 많이 소요되고 각각의 이미지를 Labeling하는 과정에서 개체 간의 불일치가 발생하여 정확히 영상을 결합할 수 없는 경우가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 처리 속도 개선을 위하여 전체 이미지의 1/3만 Labeling한 후에 객체 간을 비교하여 결합시킨다. 그리고 각도가 틀린 경우에는 특징점을 찾아내는 SURF 알고리즘을 적용하여 각각의 이미지에서 Labeling한 사각형의 4개의 포인트에 대해 1개의 중심점을 구하여 Homography를 이용하여 2개의 영상을 자연스럽게 정합한다. 본 논문에서 제안한 파노라마 영상 재구성 방법의 성능을 평가하기 위하여 다양한 이미지를 대상으로 실험한 결과, 기존의 방법보다 영상을 재구성하는데 효과적인 것을 확인하였다. 그리고 처리 속도 측면에서도 개선되었다.

키워드

Labeling, 원근 왜곡, SURF 알고리즘, Homography

I. 서 론

파노라마 사진이란 카메라를 삼각대에 고정시킨 후, 일부분을 중첩시키면서 회전하여 얻어진 이미지를 수평으로 이동하여 이미지를 결합시키는 사진이다. 기존의 방식에서는 Labeling을 이용하여 객체를 비교한 후에 결합시키는 방법을 적용하였으나 이때 수동으로 사진을 찍을 경우에는 카메라의 회전 위치가 중심에 위치하지 않아 회전점이 비중심일 때 발생하는 원근 왜곡 문제가 발생하여 두 영상 결합이 불일치가 일어나 파노라마 영상을 얻을 수 없는 경우가 발생한다[1]. 이런 문제점을 개선하기 위해 본 논문에서는 SURF 알고리즘과 Homography를 이용하여 결합 불일치를 개선한다.

II. 관련 연구

두 영상의 정보를 이용하여 두 영상을 정합하여 파노라마 영상을 획득한다. 기존의 방식에서는 두 영상을 이용하여 잡음에 민감하지 않은 캐니 마스크를 적용한 후, 국지적으로 최대인 점만을 윤곽선으로 인식하는 라플라시안 마스크를 이용하였다.

그리고 이진화 방법을 적용한 뒤, 4 방향 Labeling 기법을 적용하여 객체를 추출한 후, 두 영상에서 추출된 객체를 비교하여 두 영상을 정합하였다. 그러나 이 방법은 회전점이 비중심점일 경우에는 원근 왜곡 문제가 발생하여 객체 불일치가 발생하여 파노라마 영상을 얻을 수 없는 경우가 발생한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 Lowe의 스케일 불변 특징을 변환하는 SHFT 알고리즘(Scale Invariant

Feature Transform) 과 Bay의 고속의 강인한 특징을 추출하는 SURF 알고리즘(Speeded Up Robust Features) 등이 제안되었다[2,3]. 따라서 본 논문에서는 SHFT 알고리즘과 비슷한 정합 성능을 가지며, 빠른 속도를 갖는 SURF 알고리즘을 파노라마 영상을 재구성하는 방법에 적용한다.

III. 라벨링을 이용한 대응 객체 추출

두 영상을 캐니(Cany) 마스크를 이용하여 윤곽선을 추출한 후, Labeling 단계를 줄이기 위하여 라플라시안(Laplacian) 마스크를 적용한다. 그리고 평균 이진화 방법을 적용한 후, 영상을 이진화하여 객체들을 정확히 Labeling할 수 있도록 한다. 두 영상을 Labeling된 각 객체를 비교하여 객체의 포인터를 구한 후, 그 영상들을 정합한다. 본 논문에서 외각 Labeling과 4 방향 Labeling을 각각 수행하여 처리 속도를 비교한 결과, 4 방향 Labeling은 처리시간이 8초이고 외각 Labeling은 처리 시간이 4초이므로 외각 Labeling이 방법이 처리 속도가 적게 소요되어 본 논문에서는 외각 Labeling 방법을 적용한다.



그림 1. 외각 Labeling 처리 후 정합 실패 결과

그러나 그림 1과 같이 카메라의 회전 위치가 중심에 위치하지 않아 회전점이 비중심일 때 발생하는 원근 왜곡 문제가 발생하여 두 영상의 결합이 불일치가 일어나 파노라마 영상을 구성할 수 없는 경우가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 SURF 알고리즘과 Homography를 이용하여 두 영상을 정합하여 파노라마 영상을 구성한다.

IV. SURF 알고리즘을 이용하여 대응점 추출

SURF 알고리즘은 특징점을 중심으로 4x4의 세부 영역을 구성하고 각 세부 영역에서 헤이블릿 특징(Haar Wavelet Feature)을 이용하여 2, 4, 8개의 특징에 따라 각각 32, 64, 128차원의 표현자벡터를 구성한다.



그림 2. SURF 알고리즘을 적용한 결과



그림 3. 원근 왜곡이 없는 SURF 알고리즘 적용한 결과

그림 2와 같이 SURF 알고리즘을 적용하여 두 영상의 대응점을 추출한 뒤, 국소 영역을 표시하여 각 4개의 포인트와 1개의 중심점을 추출한 결과이다. 그림 2는 원근 왜곡이 발생하여 국소 영역의 범위가 정사각형이 아닌 불규칙한 사각형 형태로 나타나서 기존의 4 방향 Labeling 방법이나 외각 Labeling 방법을 적용할 수 없다. 그러나 원근 왜곡이 발생하지 않는 영상은 그림 3과 같이 국소 영역의 범위가 정사각형의 형태로 나타나서 기존의 4 방향 Labeling 방법이나 외각 Labeling 방법을 적용할 수 있다.

V. Homography를 이용한 정합

그림 4와 같이 참조 영상에 대한 동차 좌표를 $X = (X, Y, W)^T$, 입력 영상에 대한 동차 좌표를 $x = (x, y, w)^T$ 로 정의하고 두 좌표간의 대응관계를 $X \leftrightarrow x$ 로 정의할 때, $X = MX$ ($M = [r_1, r_2, r_3]$)의 관계식을 만족하면 두 영상 사이에는 Homography 행렬 M 이 존재한다[4].

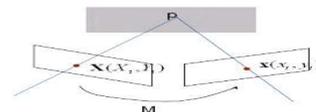


그림 4. 두 영상간의 투영관계

정합된 특징점 모델 중, 4쌍의 점들에 대한 대응관계로 부터 직접 선형 변환(DLT:Direct Linear Transformation) 알고리즘을 적용하여 Homography 행렬을 계산한다. 내부 파라미터를 알고 있다고 가정하면, 처음 두 개의 열벡터 r_1 과 r_2 를 얻을 수 있고, 카메라의 회전행렬 R 의 직교성을 이용하여 나머지 열벡터 r_3 을 얻을 수 있다. 그리고 카메라의 회전행렬 R 의 직교성을 이용하여 나머지 열벡터 r_3 도 식(1)과 같이 외적 $r_1 \times r_2$ 로부터 얻을 수 있다.

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} p = [r_1 r_2 r_1 \times r_2]^t \quad (1)$$

Homography로 부터 회전 행렬 R 이 계산되면 각 축에 대한 회전 변환 각도를 식(2)와 같이 추정한다.

$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{r_{12}}{r_{11}}\right), \beta = \text{asin}(-r_{13}),$$

$$r = \text{atan}\left(\frac{r_{23}}{r_{33}}\right) \quad (2)$$

식(2)에서 α, β, γ 는 주기 함수 \sin 과 \tan 함수로부터 유도되기 때문에 비슷한 값에 대해서도 다른 각도가 나오는 모호성을 지니게 된다. 따라서 이 해를 다시 비선형 최소 제곱 측정을 이용한 최소화 기법에 적용하여 수렴도와 정확도를 향상시켜 최종적인 Homography 값을 구한다.

VI. 실험 및 결과분석

Webcam에서 획득한 이미지 8장, 배경 이미지 4장을 대상으로 4방향 Labeling을 이용한 정합 방법과 SURF 알고리즘과 Homography를 이용한 정합 방법을 비교 분석하였다.

기존의 Labeling을 이용한 정합 방법을 적용한 경우에는 해상도에 따라 연산 속도가 느려지는 경우가 발생하였고, 회전점이 비중심일 경우에는 그림 5와 같이 원근 왜곡 문제가 발생하였다. 그림 5와 같이 기존의 Labeling을 이용한 정합 방법은 연산 속도의 저하와 왜곡 문제로 인하여 정확한 파노라마 영상을 얻는데 실패하였다.



그림 5. Labeling을 이용한 정합 실패 결과



그림 6. SURF알고리즘과 Homography를 이용한 최종 결과 화면

그러나 본 논문에서 제안된 정합 방법은 SURF 알고리즘을 이용하여 2개의 영상의 대응점을 찾은 후에 국소 영역을 표시하고 Homography를 이용

하여 국소 영역에 맞게 영상의 크기를 조절한 후에 두 영상을 그림 6과 같이 정합하므로 기존의 방법보다 파노라마 영상을 구성하는데 효율적인 것을 확인할 수 있다.

VII 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 SURF 알고리즘을 이용하여 두 영상의 대응점을 추출한 후, 국소 영역을 표시하여 4개의 포인트와 1개의 중앙점을 추출하였다. 그리고 Homography를 적용하여 두 영상을 정합하는 방법을 제안하였다.

기존의 4방향 Labeling 방법을 적용할 경우에는 원근 왜곡이 없는 영상은 10번 중에 8번은 정합에 성공하였지만, 원근 왜곡이 있는 영상인 경우에는 부분적인 정합이 되므로 정확한 파노라마 영상을 구성할 수 없었다. 그러나 제안된 방법은 원근 왜곡이 없는 영상을 대상으로 실험한 결과, 10번 중에 10번 모두 정합에 성공하여 정확한 파노라마 영상을 구성할 수 있었다. 또한 원근 왜곡이 있는 경우에도 10번 중에 10번 모두 성공하여 정확한 파노라마 영상을 구성하였다. 그러나 SURF 알고리즘을 적용하는 과정에서 두 영상의 색상 차이에 의해 겹쳐져 있는 부분이 어렵게 나타나는 경우가 발생하였다.

향후 연구 방향은 블라인드 알고리즘을 적용하여 영상간의 색상차를 없애고, 정합 부분을 부드럽게 할 수 있도록 연구할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김응곤, 서정환, "빠른 스티칭 알고리즘과 왜곡현상을 해소하는 큐브 파노라마 영상," 한국콘텐츠학회 추계 종합학술대회 논문집, 제3권, 제2호, pp.580-584, 2005.
- [2] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. V. Gool, "Surf: Speeded up robust features," European Conference on Computer Vision, Vol. 3951, pp. 404-417, 2006.
- [3] C. Harris and M. Stephens, "A Combined Corner and Edge Detector," Proc. Alvey Vision Conf., pp.147-151, 1988.
- [4] 차정희 "기하학적 불변벡터 기반2D 호모그래피와 비선형 최소화기법을 이용한 카메라 외부인수 측정," 인터넷정보학회논문지, 6권, 제 6호, pp.187-197, 2005.