

SURF 알고리즘을 이용한 파노라마 영상 재구성

김 광 백

Panoramic Image Reconstruction using SURF Algorithm

Kwang-Baek Kim

요 약

디지털 카메라의 보급으로 카메라만 있으면 누구나 손쉽게 파노라마 사진을 찍을 수 있다. 파노라마 사진이란 카메라를 삼각대에 고정시킨 후, 일부분을 중첩시키면서 회전하여 얻어진 이미지를 수평으로 이동하여 이미지를 결합시키는 사진이다. 이때 수동으로 사진을 찍을 경우에는 각도가 틀어져 겹쳐지는 부분을 자연스럽게 정합하기 어렵다. 기존의 방법에서는 라벨링을 이용하여 객체를 비교한 후에 결합시키는 방법을 적용하였으나 시간이 많이 소요되고 각각의 이미지를 라벨링하는 과정에서 개체 간의 불일치가 발생하여 정확히 영상을 결합할 수 없는 경우가 발생한다.

따라서 본 논문에서는 처리 속도 개선을 위하여 전체 이미지의 1/3만 라벨링한 후에 객체 간을 비교하여 결합시킨다. 그리고 각도가 틀린 경우에는 특징점을 찾아내는 SURF 알고리즘을 적용하여 각각의 이미지에서 라벨링한 사각형의 4개의 포인터에 대해 1개의 중심점을 구하여 호모그래피를 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.

▶ Keywords : 파노라마 사진, SURF 알고리즘, 라벨링, 호모그래피

Abstract

Panorama picturing is an elongated photographing technique that connects images with rotating and moving multiple images horizontally that are partly overlapped. However, for hand-operated photographs, it is difficult to adjust overlapped parts because of tilted angles. There has been a study comparing adjacent pictures using labeling technique but it was time-consuming and had angle dissonant cases in nature. In this paper, we propose a less time-consuming panoramic scene reconstruction method. Our method is also based on labeling-and-comparing technique but uses only 1/3 of it. Then, if there exists angle dissonance, it tries to find characteristic points by SURF

•제1저자, 교신저자 : 김광백

•접수일 : 2013. 02. 27, 심사일 : 2013. 03. 27, 게재확정일 : 2013. 04. 10.

* 신라대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Science, Silla University)

algorithm and adjusts them with homography. The efficacy of this method is experimentally verified by experiments using various images.

▶ Keywords : Paranoiac scene, SURF algorithm, Labelling, Homography

I. 서 론

디지털 카메라의 보급으로 카메라만 있으면 누구나 손쉽게 파노라마 사진을 찍을 수 있고 파노라마 기법을 이용하여 두 대의 감시 카메라를 가지고 넓은 지역을 감시 할 수 있다.

파노라마 사진이란 카메라를 삼각대에 고정시킨후, 일부분을 중첩시키면서 회전하여 얻어진 이미지를 수평으로 이동하여 이미지를 결합시키는 사진이다. 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 적용하였다. 그리고 이진화 방법을 적용한 뒤, 4 방향 라벨링 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[1,2,3].

기존의 파노라마 영상 재구성 방식에서는 라벨링을 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 영상을 결합할 경우에는 불일치가 일어나 파노라마 영상을 얻을 수 없다[4]. 이런 문제점을 개선하기 위해 본 논문에서는 SURF 알고리즘과 호모그래피를 이용하여 결합 불일치를 개선한다.

II. 라벨링을 이용한 대응 객체 추출

두 영상을 그림 1과 같이 캐니 마스크를 이용하여 윤곽선을 추출한 후, 라벨링 단계를 줄이기 위하여 그림 2와 같은 라플라시안(Laplacian) 마스크를 적용한다. 그리고 그림 3과 같이 평균 이진화 방법을 적용한 후, 영상을 이진화하여 객체들을 정확히 라벨링 한다. 두 영상을 그림 4와 같이 라벨링된 각 객체를 비교하여 객체의 포인터를 구한 후, 그 영상들을 정합한다. 그림 5와 같이 외각 라벨링과 4 방향 라벨링을 각각 수행하여 처리 속도를 비교한 결과, 4 방향 라벨링은 처리 시간이 8초이고 외각 라벨링은 처리 시간이 4초이므로 외각 라벨링이 방법이 처리 시간이 적게 소요되었다. 그림 6은 그림 5의 외각 라벨링을 적용한 결과이다.

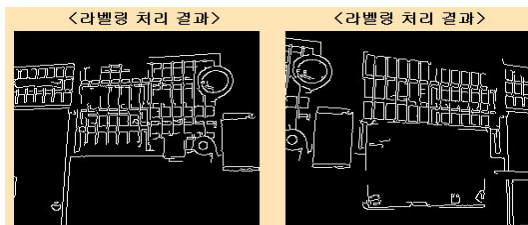


그림 1. 캐니 마스크 결과
Fig. 1. Result of canny mask

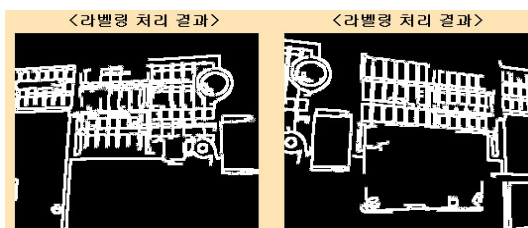


그림 2. 라플라시안 마스크 결과
Fig 2.. Result of laplacian mask

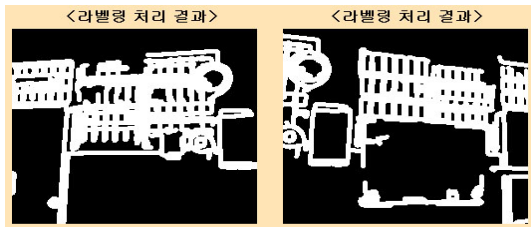


그림 3. 평균 이진화 결과
Fig. 3. Result of average binarization

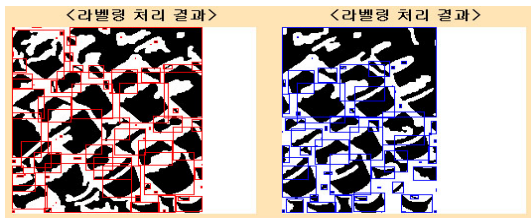


그림 4. 라벨링 결과
Fig. 4. Result of labelling process

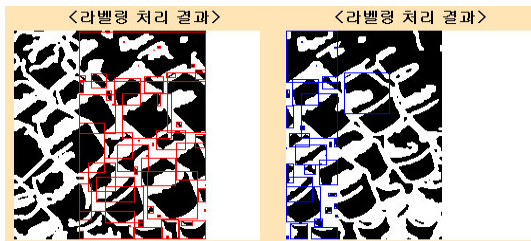


그림 5. 외각 라벨링 처리
Fig. 5. Process of exterior labelling



그림 6. 외각 라벨링 적용 결과
Fig. 6. Result of exterior labelling

그러나 그림 7과 같이 카메라의 회전 위치가 중심에 위치하지 않는 경우에는 회전점이 비중심일 때 발생하는 원근 왜곡 문제가 발생하여 두 영상의 결합이 불일치되어 파노라마 영상을 구성할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 SURF 알고리즘과 호모그래피를 이용하

여 두 영상을 정합하여 파노라마 영상을 구성한다.



그림 7. 실패된 정합 결과
Fig. 7. Failed adjustment case

III. SURF 알고리즘을 이용한 대응점 추출

두 영상의 대응점을 찾는 여러 방법들이 제안되었다. 흑백 영상의 경우에는 헤리스 코너 검출기, 헤이시안 검출기, 헤리스-라플라시안 검출기, 가우시안 차분 검출기, 고속 헤이시안 검출기 등이 제안되었다[5]. Harris가 제안한 헤리스 코너 검출기는 가장 널리 알려진 특징 추출 방법 중의 하나로 코너 점이 양방향으로 곡률이 높다는 점에 착안하여 고유 값과 코너 응답 함수를 이용하여 회전에 불변하는 특징을 찾는다. 헤이시안 검출기는 얼룩 특징과 능선 특징 검출에 강한 헤이시안 행렬식(Hessian matrix)을 이용하여 특징 점을 추출한다. 그리고 가우시안 2차 미분 검출기는 기존의 헤리스 코너 검출기가 스케일에 따라 특징점이 변하는 특성을 해결하기 위해 가우시안 2차 미분을 통해 스케일 공간을 구성하고 코너 점을 찾는다. 가우시안 차분 검출기는 LoG를 근사화하여 속도를 향상시킨 방법으로 스케일 공간에서 이웃하는 픽셀 중 극값만 검출한다. 그리고 에지 특성과 명함 대비도를 고려하여 불필요한 성분을 제거한 후에 특징 점을 추출한다.

SURF 알고리즘은 특징 점을 중심으로 4×4 의 세부 영역을 구성하고 각 세부 영역에서 헤이블릿 특징(Haar Wavelet Feature)을 이용하여 2, 4, 8개의 특징에 따라 각각 32, 64, 128차원의 표현자 벡터를 구성한다.



그림 8. SURF 알고리즘을 적용한 결과
Fig. 8. Result of applying SURF Algorithm

그림 8과 같이 SURF 알고리즘을 적용하여 두 영상의 대응 점을 추출한 후, 국소 영역을 표시하여 각 4개의 포인트와 1개의 중심점을 추출한다. 그림 8은 원근 왜곡이 발생하여 국소 영역의 범위가 정사각형이 아닌 불규칙한 사각형형태로 나타나서 기존의 4 방향 라벨링 방법이나 외각 라벨링 방법을 적용할 수 없다. 그러나 원근 왜곡이 발생하지 않는 영상은 그림 9와 같이 국소 영역의 범위가 정사각형의 형태로 나타나서 기존의 4 방향 라벨링 방법이나 외각 라벨링 방법을 적용할 수 있다.

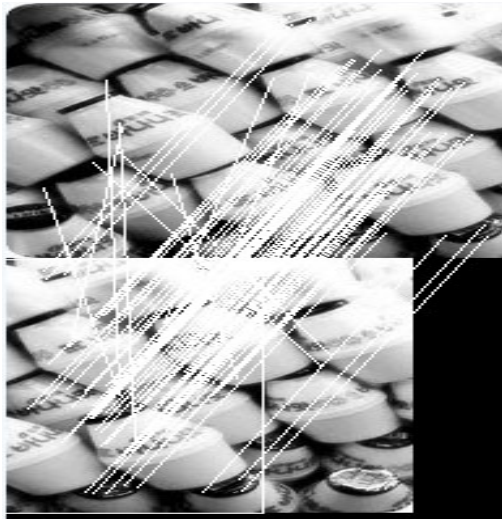


그림 9. 원근 왜곡이 없는 SURF 알고리즘 적용한 결과
Fig. 9. Result of applying SURF Algorithm without perspective distortion

IV. 호모그래피를 이용한 정합

SURF 알고리즘을 이용하여 대응점을 기반으로 원근 투영하면 3차원 공간에서 같은 평면상에 존재하는 점들은 2차원 점들에 대한 이동 3×3 의 호모그래피 행렬로 표현된다. 따라서 그림 10과 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 $X \rightarrow x$ 로 정의할 때, $X = Mx$ ($M = [r_1, r_2, t]$)의 관계식을 만족하면 두 영상 사이에는 호모그래피 행렬 M 이 존재한다.

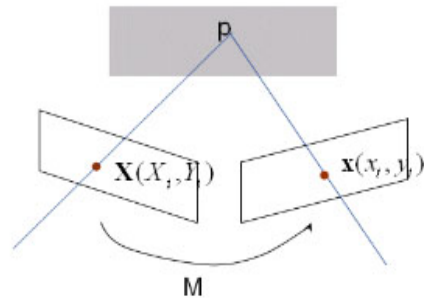


그림 10. 두 영상간의 투영관계
Fig. 10. Projection relationship of two images

정합된 특징점 중에 4쌍의 점들에 대한 대응 관계로부터 직접 선형 변환(DLT: Direct Linear Transformation) 알고리즘을 적용하여 호모그래피 행렬을 구한다. 내부 파라미터가 미리 정의되어 있으면, 처음 두 개의 열벡터 r_1 과 r_2 를 구할 수 있고, 카메라의 회전 행렬 R 의 직교성을 이용하여 나머지 열벡터 r_3 도 구할 수 있다. 그리고 카메라의 회전 행렬 R 의 직교성을 이용하여 열벡터 r_3 도 식(1)과 같이 외적 $r_1 \times r_2$ 로부터 구할 수 있다(3).

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

호모그래피로부터 회전 행렬 R 이 계산되면 각 축에 대한 회전 변환 각도를 식(2)와 같이 계산한다(6).

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{r_{12}}{r_{11}}\right), \beta = \operatorname{asin}(-r_{13}), \quad (2)$$

$$r = \operatorname{atan}\left(\frac{r_{23}}{r_{33}}\right)$$

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

V. 실험 및 결과분석

실험환경은 Inter Core i5 CPU M450 2.40GHz CPU와 4.00GB의 RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 Visual Studio 2008과 OpencvSharp을 이용하여 제안된 방법을 구현하였다. Webcam에서 획득한 이미지 8장, 배경 이미지 4장을 대상으로 4방향 라벨링을 이용한 정합 방법과 SURF 알고리즘과 호모그래피를 이용한 정합 방법을 비교 및 분석하였다.

기존의 라벨링을 이용한 정합 방법은 해상도에 따라 연산 속도가 느려지는 경우가 발생하였고, 회전점이 비중심일 경우에는 그림 11과 같이 원근 왜곡 문제가 발생하였다. 그림 11과 같이 기존의 라벨링을 이용한 정합 방법은 연산 속도의 저하와 왜곡 문제로 인하여 정확한 파노라마 영상을 얻는데 실패하였다.



그림 11. 라벨링에 의한 실패된 정합 결과
Fig. 11. Result of failed adjustment case by Labeling



그림 12. SURF알고리즘과 호모그래피를 이용한 결과
Fig 12.. Result of adjustment using SURF and homography

그러나 본 논문에서 제안된 정합 방법은 SURF 알고리즘을 이용하여 2개의 영상의 대응점을 찾은 후에 국소 영역을 표시하고 호모그래피를 이용하여 국소 영역에 맞게 영상의 크기를 조절한 후에 두 영상을 그림 12와 같이 정합하므로 기존의 방법보다 파노라마 영상을 구성하는데 효율적인 것을 확인할 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 SURF 알고리즘을 이용하여 두 영상의 대응점을 추출한 후, 국소 영역을 표시하여 4개의 포인트와 1개의 중앙 점을 추출하였다. 그리고 호모그래피를 적용하여 두 영상을 정합하는 방법을 제안하였다. 기존의 4방향 라벨링 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. 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 어둡게 나타나는 경우가 발생하였다.

향후 연구 방향은 블라인드 알고리즘을 적용하여 영상간의 색상차를 없애고, 정합 부분을 부드럽게 할 수 있도록 할 것이고 3D 파노라마를 이용하여 점도 입체적으로 영상을 구성할 수 있도록 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. V. Gool, "Surf: Speeded up robust features," European Conference on Computer Vision, Vol.3951, pp. 404-417, 2006.
- [2] C. Harris and M. Stephns, "A Combined Corner and Edge Detector," Proc. Alvey Vision Conf., pp.147-151, 1988.
- [3] J. H. Cha, "Camera Extrinsic Parameter Estimation using 2D Homography and Nonlinear Minimizing Method based on Geometric Invariance Vector," Journal of Korean Society for Internet Information, Vol.6, No.6, pp.187-197, 2005.
- [4] E. K. Kim, S. W. Seo, "Fast Stitching Algorithm and Cubic Panoramic Image Reducing Distortions," Proceedings of the Korea Contents Association Fall Conference, Vol.3, No.2, pp.580-584, 2005.
- [5] K. B. Kim, "Panoramic Image Improvement using Forward Warping and Bilinear Interpolation Method," Journal of The Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol.16, No.10, pp.2108-2112, 2012.
- [6] M. A. Penna, "Determining Camera Parameters from The Perspective Projection of a Quadrilateral," Pattern Recognition, Vol.24, No.6, pp.553-541, 1991.

저자 소개



김 광 백

1999 : 부산대학교
전자계산학과 이학박사.

현 재 : 신라대학교
컴퓨터공학과 교수.

현 재 : 한국멀티미디어학회
국제운영이사.

현 재 : 한국정보통신학회 총무부회장.

현 재 : The Open Artificial
Intelligence Journal (USA),
Editor.

관심분야 : 퍼지 논리, 영상 처리,
유전자 알고리즘,

의료정보시스템, 생물정보학.

Email : gbkim@silla.ac.kr