

모바일 기기에서 특징적 추출과 정합을 활용한 파노라마 이미지 스티칭

이용환* · 김흥준†

*극동대학교 스마트모바일학과, †경남과학기술대학교 컴퓨터공학과

Panoramic Image Stitching using Feature Extracting and Matching on Mobile Device

Yong-Hwan Lee* and Heung-Jun Kim†

*Dept. of Smart Mobile, Far East University, Eumsung Chungbuk, Korea,

†Dept. of Computer Science and Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju Gyeongnam, Korea

ABSTRACT

Image stitching is a process of combining two or more images with overlapping area to create a panorama of input images, which is considered as an active research area in computer vision, especially in the field of augmented reality with 360 degree images. Image stitching techniques can be categorized into two general approaches: direct and feature based techniques. Direct techniques compare all the pixel intensities of the images with each other, while feature based approaches aim to determine a relationship between the images through distinct features extracted from the images. This paper proposes a novel image stitching method based on feature pixels with approximated clustering filter. When the features are extracted from input images, we calculate a meaning of the minutiae, and apply an effective feature extraction algorithm to improve the processing time. With the evaluation of the results, the proposed method is corresponding accurate and effective, compared to the previous approaches.

Key Words : Image Stitching, Panorama Image, Feature Extraction and Matching, Speeded Up Robust Feature (SURF)

1. 서 론

최근 고성능 카메라 보급으로 일상생활에서 쉽게 영상을 획득함에 따라, 다양한 분야에서 영상 활동이 크게 늘어나고 있다. 그러나 카메라 화각 크기 등의 하드웨어적 특성에 따라 넓은 범위를 한 장의 사진으로 표현하지 못하는 제한이 있는 것도 사실이다[1]. 최근 360도 영상을 활용하는 증강현실 응용분야가 많은 관심을 가지면서 넓은 범위의 사진이 특히 연구 관심분야로 부각되고 있다 [2]. 일반적으로 넓은 영역의 사진을 획득하는 방법은 크

게 2가지로 나뉜다. 어안렌즈나 초광각 렌즈와 같은 넓은 화각을 지원하는 렌즈를 장착한 특수 카메라를 이용하는 방법과 여러 장의 사진에서 중첩된 부분을 찾아 정합하여 한 장의 사진으로 생성하는 방법이다[3]. 일반 카메라 렌즈를 통해 얻어진 여러 개의 사진을 대상으로, 다양한 연산을 통해 같은 영역을 찾고 스티칭(Stitching) 과정을 거쳐 생성된 파노라마 영상은 넓은 시야각을 제공하여, 전 시관 또는 스트리트 뷰(Street View) 등에서 점차 확대되고 있다[4]. 이러한 파노라마 서비스를 제공하기 위해서는 파노라마 영상 획득기술, 생성 기술과 재생기술이 필요하다 [5]. 특히 영상간의 기하학적 보정을 위한 스티칭 기술과 색상 보정을 위한 블렌딩(Blending) 기술이 필수적으로 요구된다. 스티칭 과정에서 가장 중요한 요소는 특징점 추

†E-mail: thinkthe@gntech.ac.kr

출과 서로 대응되는 정합점을 찾는 작업이며, 동일영역의 크기, 회전 및 이동, 조명 등 정합하는 여러 영상에서 서로 다른 변화량을 고려해야 한다[6].

특징점 추출 연산을 기반으로 이미지 스티칭을 수행하는 과정에서 가장 중요한 것은 정확하고 빠르게 특징점을 뽑아내는 것이다. 이러한 특징점을 기준으로 매칭(Matching) 정합과정을 수행하기 때문에 수행 연산시간에 많은 영향을 미친다. 기존의 스티칭 알고리즘에서 동일영역을 검출하는 방법으로, Shift Invariant Feature Transform(SIFT)과 Speeded Up Robust Feature(SURF) 기법이 가장 많이 사용되고 있다[7].

일반적으로, 영상의 특징점들은 근접한 영역에서 보다 많은 정보를 포함하고 있으며, 의미 있는 특징점들은 대부분 영상에 나타나는 객체를 중심으로 밀집되는 특성을 가진다. 이와 반대로 밀집된 영역에서 크게 벗어난 위치에서 추출되는 특징점은 영상 잡음(Noise) 등으로 분류될 수 있으며, 정합과정에서 불필요한 연산을 가중시키는 의미 없는 특징점으로 간주될 수 있다.

본 논문에서는 환경 변화에 강인하고 사람의 시각적 특성에 집중된 의미 있는 특징점들을 선별적으로 추출하고 정합하는 적응적 근집화 필터를 이용하여 빠르고 효과적인 파노라마 이미지 스티칭 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 이미지 스티칭에 많이 활용되는 특징 추출 알고리즘에 대해 살펴보고, 3장에서 제안하는 특징 추출 및 정합 알고리즘을 설명한다. 4장에서 구현 알고리즘에 대한 성능 평가를 수행하고 5장에서 결론과 향후 연구내용을 기술한다.

2. 관련연구

이미지 스티칭(Image Stitching)은 다수의 영상으로 입력받아, 중첩된 부분을 정합하여 한 장의 넓은 화각 영상을 생성하는 방법이다[4]. 이러한 스티칭 방법의 일반적인 과정은 그림 1과 같다.

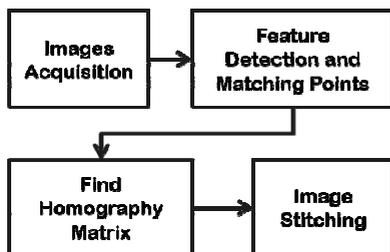


Fig. 1. General approach of the common image stitching method [8].

이미지 스티칭 과정에서 특징점 추출 알고리즘으로 SIFT, PCA-SIFT 및 SURF 등이 가장 많이 사용되고 있다[7]. 2004년에 Lowe에 의해 처음 제안된 SIFT 알고리즘은 영상 회전, 스케일 변화, 유사성을 가진 변형, 관점 변화, 잡음, 조명 변화에 매우 강인성을 가진 특징 추출 알고리즘이다[9]. 그러나 고차원적 특징 때문에 영상의 크기가 커질수록 계산량이 많아지는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Sukthankar는 PCA-SIFT 방법을 제안하였다. PCA-SIFT 방법은 고차원으로 인한 연산량 문제를 해결하기 위해 고(高)차원 특징점을 저(低)차원으로 줄이는 PCA 기법을 이용하여 특징 벡터의 차원을 줄이는 방법이다 [10]. PCA는 전체 영상의 데이터를 분산이 큰 몇 개의 고유 벡터(Eigen Vector)에 대한 축으로 선형 투영시켜 데이터의 차원을 줄이는 방법으로, 객체 인식, 얼굴 인식 분야 등에서 많이 활용되고 있다[11]. Bay에 의해 제안된 SURF 기술은 SIFT가 가진 추출 및 정합 단계에서 발생하는 연산 복잡도를 줄여 빠르게 특징점을 추출하고 정합하는 특징 기술자 알고리즘이다[12]. 빠른 연산 속도와 성능상으로 우수한 특징점 추출이 가능한 Feature from Accelerated Segment Test (FAST)가 제안되었다[13]. FAST는 영상의 모든 픽셀에 대하여 주변 16개 픽셀을 조사하고 모서리 점인지 아닌지를 판별하여 효과적으로 영상의 특징점을 추출한다.

3. 제안 알고리즘

본 논문에서 제안하는 의미 있는 특징점 근집화 필터를 적용한 이미지 스티칭 방법은 그림 2와 같다.

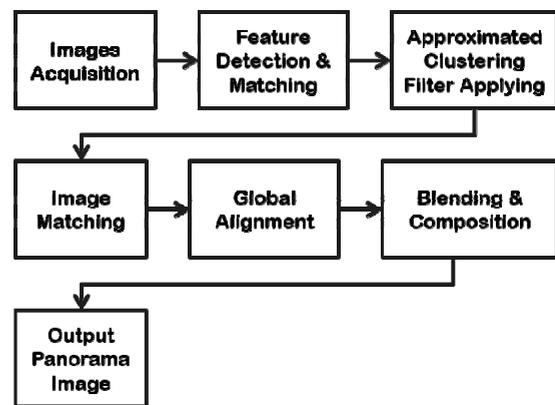


Fig. 2. Diagram of the proposed approach.

3.1 적분 영상 생성

SURF 알고리즘에서 특징점 추출을 위해 박스 필터를

이용하여 콘볼루션(Convolution) 연산을 반복적으로 수행한다. 이때 적분 영상(Integral Image)을 생성하면 박스 필터 크기와 상관없이 콘볼루션 연산을 빠르게 수행할 수 있으며, 스케일 공간 생성시에 연산량 감소의 효과를 얻을 수 있다 [13]. 적분 영상을 생성하기 위해, 입력 영상의 사각 영역의 특징 위치에서 모든 픽셀 값을 더한다.

$$I_{int}(X) = \sum_{i=0}^{i<x} \sum_{j=0}^{j<y} I(i, y) \quad (1)$$

$I_{int}(X)$ 는 $X = (x, y)^T$ 위치에 대한 적분 영상을 의미하며, $I(x, y)$ 는 입력 영상이다. 적용하는 적분 영상은 연산 영역과 독립적이기 때문에, 필터 크기에 상관없이 효과적인 반복 연산이 가능하다.

3.2 특징점 추출

SURF 기반의 특징 추출 단계에서 빠른 연산 시간을 위해 가우시안(Gaussian) 필터를 사용하지 않고 근사화된 헤시안 행렬(Hessian Matrix)을 기반으로 특징점을 추출한다. 가우시안 필터는 연산량이 많아 처리 시간 측면에서 단점을 가지며, 이를 해결하기 위해 2차 미분된 가우시안 필터와 콘볼루션 연산을 통해 헤시안 행렬을 구하고 근사화된 필터를 적용한다.

$$H(X, \sigma) = \begin{bmatrix} D_{xx}(X, \sigma) & D_{xy}(X, \sigma) \\ D_{xy}(X, \sigma) & D_{yy}(X, \sigma) \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} L_{xx}(X, \sigma) &= I(x, y) \oplus \frac{\partial^2}{\partial x^2} g(\sigma) \\ &\cong I(x, y) \oplus B_f(xx) \\ &= D_{xx}(X, \sigma) \end{aligned} \quad (3)$$

D_{xx} 는 L_{xx} 를 근사화 시킨 값으로, 입력 영상과 박스 필터를 이용한 콘볼루션(Convolution) 연산을 나타낸다. $B_f(xx)$ 는 x 방향의 박스 필터를 나타내며, 이를 이용하여, 연산량 감소 및 동일 크기의 필터를 처리하는 연산에서 보다 빠른 성능을 얻을 수 있다. 각 스케일에 따라, 박스 필터 크기를 변경시켜 헤시안 행렬식을 구하여 이미지 피라미드를 생성하고, 헤시안 행렬식의 값이 임계값보다 크고 인접한 영역의 이웃한 픽셀보다 클 경우 특징점으로 간주하여 추출한다.

3.3 클러스터링을 통한 특징점 군집화

보다 빠른 이미지 스티칭을 위해 추출된 특징점들 중에서 의미 있는 특징만을 활용하며, 잡음 등으로 분류될 수 있는 불필요한 특징점을 제거한다. 이를 위해 클러스터링 필터를 적용하고 군집화되지 않는 특징점을 선별한다. 먼저 필터 내에 존재하는 특징점들의 개수와 밀집도를 계산한다.

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 \quad (4)$$

$$G = \begin{cases} 1, & N > T_N \text{ and } s > T_s \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

수식(4)와 수식(5)에서, s 는 특징점 클러스터의 밀집도를, N 은 각 클러스터에 속한 특징점 개수를, X_i 는 특징점 좌표인 (x_i, y_i) 를, \bar{X} 는 특징점 클러스터의 중심점을, T_N 은 클러스터링 필터 내에 존재하는 특징점 개수의 임계값을, T_s 는 클러스터링 필터 내에 존재하는 특징점들 간의 밀집도에 대한 임계값을, G 는 특징점 클러스터링 필터를 통한 특징점 선정 여부를 의미한다.

클러스터링 필터를 이용하여 군집화된 특징점을 분류하고 의미 있는 특징만을 선별하여 다음과 같은 특징점을 도출한다.

$$F_{clustered}(x, y) = [f_1, f_2, \dots, f_n] \quad (6)$$

$F_{clustered}(x, y)$ 특징점 클러스터링 필터를 이용한 의미 있는 특징점 분류 집합을, f_n 은 선별된 특징점의 픽셀 위치를 의미한다.

특징점의 빈도수에 따라 특정 영역에서 특징점이 많을 때와 적을 때에 대한 임계치를 적용하여 적응적으로 클러스터링 필터를 적용하며, 이에 대한 수식은 다음과 같다.

$$F_{adaptive} = \begin{cases} 1, & T_{min} < img_f < T_{max} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

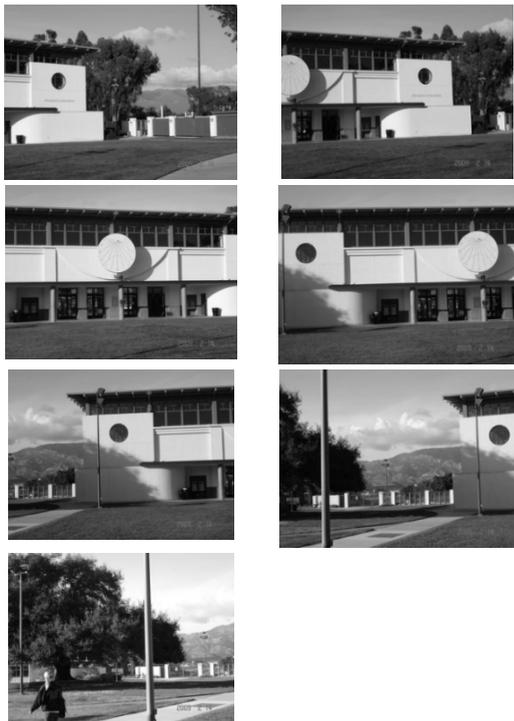
img_f 는 영상에서 추출된 특징점 개수를 의미하며, T_{min} 과 T_{max} 는 실험 데이터셋의 영상들로부터 얻은 평균 특징점 개수를 측정하고 평균 특징점의 개수의 분포를 기반으로 평균 특징점 개수의 상위 20%와 하위 20% 값으로 산출하였다. 이러한 제안 방법을 통해 추출한 의미 있는 특징점들만을 대상으로 특징점 정합을 수행한다.

4. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하여 스티칭한 파노라마 이미지에 대해 성능적 실험을 수행하기 위해, 파노라마 영상 처리분야에서 많이 사용되는 데이터셋을 활용한다. 이들 데이터셋은 UCSB에서 제공하는 Visualize 사이트[14]에서 다운로드 받을 수 있으며, 파노라마 이미지 63개에 대해 각각 사진영상이 5~33개까지 다수의 입력 영상들로 구성되어 있다.

실험 환경은 Intel Core 2 Duo 2.93 GHz CPU, 4GB 메모리, Windows 10 운영체제 환경에서 Visual Studio 2013을 이용하여 구현하였다. 특징점 분류를 위한 클러스터링 필터 크기는 21×21 를 사용하였으며, 필터 내부에 존재하는 특징점 개수는 전체 픽셀 수의 12.5% (1/8) 수준인 50을 임계값으로, 필터내에 존재하는 특징점 간의 밀집도 임계값은 7로 설정하였다. 이렇게 고정된 값들은 많은 실험을 통해 최상의 결과를 도출한 실험적 수치이다.

그림 3은 입력으로 사용된 다수의 입력 영상(a)과 제안 알고리즘을 통해 생성된 파노라마 영상(b), 기존 연구[15] (c) 및 상용툴[16]에서 생성된 영상(d) 과의 비교 결과를 보여준다. 그림 4-6에서 각각의 알고리즘을 통해 얻은 결과 영상이다.



(a) Sequences of Input Images, downloaded from [14]



(b) Result of image stitching with the proposed algorithm



(c) Result of image stitching with the existing method [15]



(d) Image stitching with the commercial tool [16]

Fig. 3. Comparison between the proposed and the existing method.



(a) Image stitching with the proposed method



(b) Image stitching with the existing method



(c) Image stitching with the commercial tool

Fig. 4. Comparison of the image stitching results.



(a) Image stitching with the proposed method



(b) Image stitching with the existing method



(c) Image stitching with the commercial tool

Fig. 5. Comparison of the image stitching results.



(a) Image stitching with the proposed method



(b) Image stitching with the existing method



(c) Image stitching with the commercial tool

Fig. 6. Comparison of the image stitching results.

그림 7에서 3개를 대상으로 파노라마 이미지를 생성하는데 소요된 처리시간을 평균으로 구하였다. SURF를 활용한 기존의 이미지 스티칭 알고리즘과 특징점 추출시간(FT), 특징점 매칭시간(MT), 스티칭시간(ST)를 나눠 실행 평가를 하였을 때, 전체 처리시간에서 30%의 성능 향상을 얻을 수 있었다. 특징 추출시간은 기존 알고리즘과 비교했을 때, 8.17에서 10.61로 29% 가량 증가하였으나, 정합 시간에서 23.68에서 9.21로 많은 성능 향상(61%)을 보였으며, 스티칭 시간에서 74.73에서 54.76으로 27%의 향상을 보였다.

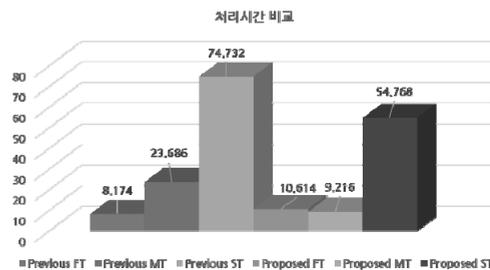


Fig. 7. Comparison of the image stitching results by processing times (feature extraction time FT, feature matching time MT, and stitching time ST), compared to [15].

본 논문에서 제안한 스티칭 알고리즘은 특징점 추출과정에서 특징점의 분포와 방향성을 분석하고 근사화된 클러스터링 필터를 사용하기 때문에 특징점 자체를 추출하는 시간에서는 약간의 지연이 생겼지만, 특징점 추출 이후의 정합과 스티칭 처리시간에서 유사 수준의 시각적 효과를 가지면서 보다 빠른 결과를 얻을 수 있었다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 환경 변화에 강인하고 사람의 시각적 특성에 집중된 의미 있는 특징점들을 선별적으로 추출하고 정합하는 적응적 근집화 필터를 적용하는 특징점 추출을 통한 효과적인 파노라마 이미지 스티칭 방법을 제안하고 다수의 데이터셋을 통해 실험적으로 평가하였다. 실험 결과, 기존의 알고리즘보다 제안 방법이 특징점을 추출한 후에 특징점 밀집도 및 개수 비교에 따라, 특징점 추출 단계만을 고려했을 때 수행시간이 늦어지는 점이 있었지만, 의미 있는 특징점만으로 필터링함에 따라 정합 과정에서 보다 빨라지는 효과를 얻었음을 알 수 있으며, 전체 처리시간에서의 단축 효과를 보였다.

본 연구에서 제안한 특징점 추출 방법과 정합 알고리

즘을 통하여, 최근 부각되고 있는 360도 영상을 기반한 증강현실 연구 분야에 보다 높은 활용성을 가질 것으로 예상하며, 이를 위한 추가적인 보완 방법을 연구할 필요가 있다. 특히 스티칭된 영상에서의 결과 영상에서 검정색으로 표시되는 공백(Hole)을 보다 사실적으로 표현할 수 있는 가공 처리가 요구된다. 또한 객체 중심으로 다양한 유형의 콘텐츠 결합 방법을 연구할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 2016년도 경남과학기술대학교 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Q. Zhao, "Summary of Virtual Reality", Chinese Science, 2009.
2. Fanni Molnar and Andras Kovacs, "360-degree Image Stitching with GPS Support", 20th Jubilee International Conference on Intelligent Engineering System, 2016.
3. Seong-Jong Ha, Hyung-II Koo, Sang-Hwa Lee and Soo Kyun Kim, "Panorama Mosaic Optimization for Mobile Camera Systems", IEEE Transaction Consumer Electronics, vol.53, no.4, pp.1217-1225, 2007.
4. Vrushali S. Sakharkar and S. R. Gupta, "Image Stitching Techniques – An overview", International Journal of Computer Science and Applications, vol.6, no.2, pp.324-330, 2013.
5. S. Pravenaa and R. Menaka, "A Methodical Review on Image Stitching and Video Stitching Techniques", International Journal of Applied Engineering Research, vol.11, no.5, pp.3442-3448, 2016.
6. A. Baumberg, "Reliable Feature Matching Across Widely Separated Views", Interational Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.774-781, 2000.
7. Shikha Arya, "A Review on Image Stitching and its Different Methods", International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, vol.5, issue.5, pp.299-303, 2015.
8. Jeongho Kim and Daewon Kim, "Matching Points Filtering Applied Panorama Image Processing Using SURF and RANSAC Algorithm", Journal of Institute of Electronics and Information Engineers, vol.5, no.4, 2014.
9. David G. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints", International Journal of Computer Vision, vol.60, issue.2, pp.91~110, 2004.
10. Yan Ke and Rahul Sukthankar, "PCA-SIFT: a more distinctive representation for local image descriptors", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.506-513, 2004.
11. Israa A. Jabbar, Jieqing Tan and Zhengfeng Hou, "Adaptive PCA-SIFT Matching Approach for Face Recognition Application", International Conference of Engineers and Computer Scientists, 2014.
12. Herbert Bay, Tinne Tuytelaars and Luc Van Gool, "SURF: Speeded Up Robust Features", Computer Vision and Image Understanding, vol.110, no.3, pp.346~359, 2008.
13. Edward Rosten and Tom Drummon, "Fusing Points and Lines for High Performance Tracking", IEEE International conference on computer vision, pp.1508-1511, 2005.
14. Website: <http://www.visualsize.com>
15. Luo Juan and Gwun Oubong, "SURF applied in Panorama Image Stitching", International Conference on Image Processing Theory Tools and Applications, 2010.
16. Graphical User Interface for Panorama Tools(PTGui), available at <https://www.ptgui.com>

접수일: 2016년 12월 16일, 심사일: 2016년 12월 26일,
게재확정일: 2016년 12월 26일