

## SURF와 실린더 투영을 이용한 파노라마 영상 생성 기법

\*김종호 \*\*박시영 \*\*\*유지상

광운대학교

\*jjong3927@kw.ac.kr \*\*pksiyoung@kw.ac.kr \*\*\*jsyoo@kw.ac.kr

## Panorama image generation using SURF and cylindrical projection

\*Kim, Jongho, \*\*Park, Siyoung, \*\*\*Yoo, Jisang

KwangWoon University

## 요약

파노라마 영상은 하나의 영상이 가지는 제한된 시점의 한계를 극복하고 폭넓은 시야를 가질 수 있다는 점에서 최근 여러 분야에서 활용되고 있는 기술이다. 본 논문에서는 자연스러운 파노라마 영상 생성을 위해 SURF(speed up robust feature)를 이용한 특징점 기반의 파노라마 영상 생성 기법을 제안한다. SURF 알고리즘을 사용하면 정합할 두 영상에서 특징점들을 추출할 수 있다. 추출된 특징점들을 RANSAC(random sample consensus) 알고리즘을 통해 특징점 간 정합시 오차율을 최소화한다. 또한, 이미지 왜곡을 최소화하기 위해 실린더 투영을 이용하여 영상을 보정한다. 최종적으로, 서로 다른 두 영상을 합성할 때 발생하는 경계 주변의 이질감을 보완하기 위해 블렌딩 기법을 사용함으로써 자연스러운 파노라마 영상을 생성한다.

## 1. 서론

파노라마(panorama) 영상이란 영상처리를 통해 여러 영상을 하나의 영상으로 정합한 고해상도 영상을 말한다. 자연스러운 파노라마 영상은 여러 분야에 활용 할 수 있다. 로드뷰(road-view)같이 실제 거리를 360도 파노라마 영상으로 표현하면 직접 장소에 가보지 않아도 사용자가 간접적으로 실제 거리를 체험할 수 있다. 또한, CCTV에 파노라마 기술을 적용하면 효율적인 광역 감시를 할 수 있고, 영화관이나 TV등에 적용하면 시청자에게 새로운 형태의 콘텐츠를 제공할 수 있다.

본 논문에서는 특징점 기반의 자연스러운 파노라마 영상을 생성하는 기법을 제안한다. 파노라마 영상 생성에 있어서 중요한 것은 정합할 두 영상 사이의 호모그래피(homography)를 정확하게 찾는 것과 자연스러운 영상을 위한 영상처리를 하는 것이다. 먼저 기존 좌표계에 있는 영상을 스티칭(stitching)하면 각도와 초점거리에 따라 영상이 늘어지는 왜곡 현상이 발생할 수 있다. 왜곡을 보정하기 위해 입력 받은 영상을 실린더 좌표계로 투영하는 과정을 거치게 된다[1]. 투영된 영상에서 SURF(speed up robust feature)알고리즘을 통해 특징점을 추출하게 된다[2]. SURF 알고리즘은 SIFT(scale-invariant feature transform) 알고리즘을 개선해 속도를 향상시켜 특징점을 추출하는 대표적인 알고리즘이다[3]. 다음 단계로 RANSAC(random sample consensus) 알고리즘을 이용하여 특징점을 정합할 때 오차가 있는 점들은 제거하고 가장 정확하게 일치된 네 점의 좌표를 찾고 두 영상 간의 호모그래피를 계산한다[4, 5]. 계산된 호모그래피를 이용하여 비교 영상을 기준영상 좌표로 변환한 뒤 두 영상을 정합한다[6]. 영상을 정합하는 과정에서 영상의 조명이나 시점이 달라 경계선이 생겨 부자연스러운 영상이 생길 수 있다. 선형가중치함수(bilinear weighted function)을 사용함으로써 경계선을 제거하고 자연스러운 파노라마 영상을 생성할 수 있다[7].

## 2. 본론

본 논문에서는 여러 영상에서 특징점을 추출한 뒤 호모그래피(homography)를 계산해 자연스러운 파노라마 영상을 만드는 방법을

제안한다. 파노라마 영상을 생성하는 흐름도는 그림 1과 같다.

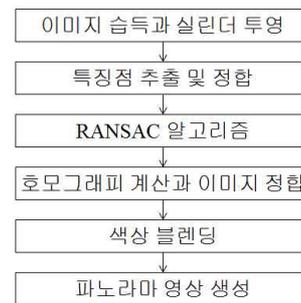


그림 1. 제안하는 파노라마 영상 생성 흐름도

## 2-1. 이미지 획득과 실린더 투영

디지털 카메라나 웹캠을 이용하여 적당한 간격을 가지고 영상을 취득한다. 영상마다 객체와 카메라간의 거리와 초점거리가 차이가 있기 때문에 파노라마 영상을 만들었을 때 영상이 늘어지는 왜곡 현상이 발생할 수 있다. 식 (1)을 이용하여 기존의 평면 좌표계( $x', y'$ )에 있는 영상을 실린더 모양의 좌표계( $x, y$ )에 투영함으로써 왜곡을 최소화한다.

$$x' = s\theta + x_c = s \tan^{-1} \frac{x}{f} + x_c \quad (1)$$

$$y' = sh + y_c = s \frac{y}{\sqrt{x^2 + f^2}} + y_c$$

여기서  $\theta$ 는 영상의 초점거리를 나타내고  $x_c, y_c$ 는 실린더 좌표계의 중심좌표를 나타낸다.  $s$ 는 투영 후 이미지의 스케일을 결정하는 변수이다[1].

투영을 할 때 기존 좌표계에서 실린더 좌표계로 정방향 와핑(forward warping)을 하면 계산과정에서 실수 좌표로 대응되지 된다. 이 경우 투영을 했을 때 영상에서 홀(hole)과 잡음이 발생한다. 이를 해결하기 위해 역방향 와핑(inverse warping)을 하고 선형 보간법

(bilinear interpolation)을 적용하여 그림 2와 같은 자연스러운 실린더 영상을 얻게 된다.



(a) 원본 영상 (b)  $f = 500$  (c)  $f = 700$

그림 2. 역방향 실린더 왜곡한 결과 영상

### 2-2. 특징점 추출 및 정합

실린더 좌표계로 투영된 영상에서 특징점을 추출하는데 SURF(speed up robust feature) 알고리즘을 사용한다[2]. SURF는 SIFT(scale-invariant feature transform) 알고리즘을 개선한 알고리즘으로 크기와 회전에 강인한 특징점을 추출하는데 많이 사용되는 알고리즘이다[3]. 영상 내의 특징점 검출과정에서 헤시안(Hessian) 검출기를 이용해 관심점을 검출한다. 이렇게 검출된 특징점 주변의 화소 값들을 하웨이블릿필터(Harr wavelet filter)를 이용해 특징점의 주 방향을 계산한다. 각 특징점에서 하웨이블릿 응답의 합을 이용하여 64차원의 서술자 벡터를 생성한다. 두 영상에서 추출한 기술자 벡터들 사이의 거리를 계산하고 그 중 최소 거리를 가지는 특징점을 정합한다. 그림 3은 특징점을 추출한 결과를 보여준다.



그림 3. SURF 알고리즘으로 특징점을 추출한 영상

### 2-3. RANSAC 알고리즘

RANSAC(ransom sample consensus) 알고리즘은 에러와 잡음이 섞여있는 데이터들로부터 적절한 모델을 예측하여 오차를 최소화하는 알고리즘이다. 모델 파라미터를 결정하기 위해 전체 데이터 중에서 최소의 데이터를 랜덤하게 샘플링 하면서 반복적으로 해를 계산함으로써 최적의 해를 구한다. RANSAC 알고리즘을 이용하면 두 영상 사이에 있는 많은 특징점 중에서 정확하게 정합되는 4개의 점을 결정할 수 있다[4]

### 2-4. 호모그래피 계산과 스티칭

두 영상에서 정확히 정합된 4개의 점들의 좌표를 알면 DLT(direct linear transform) 알고리즘을 이용해 호모그래피 행렬을 구할 수 있다 [5]. 호모그래피란 기준 영상의 좌표와 그에 대응되는 대상 영상의 좌표 사이의 관계를 식 (2)처럼 3x3 행렬로 나타낸 것이다. 식 (2)에서  $x_i, y_i$ 는 기준의 좌표이고  $\hat{x}_i, \hat{y}_i$ 는 행렬을 이용한 변환 후 좌표이다. 식 (3)을 이용해 호모그래피 행렬을 구하고 비교영상의 좌표를 식 (2)

을 이용해 변환하게 되면 기준영상의 좌표에 정합된다.

$$\begin{bmatrix} \hat{x}_i \\ \hat{y}_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1x_1 & -x_1y_1 & -x_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -y_1x_1 & -y_1y_1 & -y_1 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_nx_n & -x_ny_n & -x_n \\ 0 & 0 & 0 & x_n & y_n & 1 & -y_nx_n & -y_ny_n & -y_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_{11} \\ H_{12} \\ H_{13} \\ H_{21} \\ H_{22} \\ H_{23} \\ H_{31} \\ H_{32} \\ H_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

### 2-5. 색상 블렌딩

파노라마 영상을 생성할 때 조명이나 시점의 변화에 따라 정합 영역의 경계선이 생기거나 색상이 불연속적인 경우가 많이 발생한다. 정합영역의 색상 보정을 위해 그림 3의 선형가중치함수(bilinear weighted function)을 사용한다[7]. 영상의 화소 위치마다 가중치를 다르게 부여하는 선형가중치함수를 이용하면 정합영역의 경계선을 제거하고 자연스러운 파노라마 영상을 생성할 수 있다

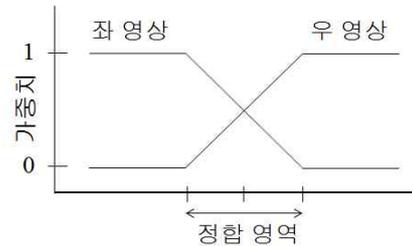


그림 4. 색 보정을 선형가중치 함수

## 3. 실험결과

본 논문에서는 800x600 해상도의 영상을 실험 영상으로 사용한다. 그림 5와 그림 6은 각각 실험 영상과 생성한 파노라마 영상을 보여준다. 실험 환경은 i5 인텔 CPU, 8GB 램, GeForce GTX 460 그래픽카드이며 약 1초의 수행시간이 걸렸다. 비주얼스튜디오2010으로 구현하였으며 영상 내 특징점 추출을 위해 OpenCV 2.4.6을 사용하였다



그림 5. 파노라마 영상 생성을 위한 좌우 입력 영상



그림 6. 파노라마 결과 영상

#### 4. 결론

본 논문에서는 SURF 알고리즘을 이용한 특징점 기반의 파노라마 영상 생성 기법을 소개하였다. SURF 알고리즘을 사용함으로써 SIFT 보다 빠르게 특징점을 구할 수 있었다. 또한, RANSAC 알고리즘을 사용하여 정확한 호모그래피를 구함으로써 오정합을 최대한 배제하였다. 또한 실린더 투영과 블렌딩 기법을 통한 색 보정을 함으로써 기존보다 자연스러운 파노라마 영상을 생성 할 수 있었다. 향후 연구 방향으로서는 많은 영상으로 파노라마 영상을 생성할 때 연산속도 향상과 왜곡을 최소화하는 연구가 필요하다.

#### 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부의 정보통신방송연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [라우드니스 기반의 방송음량 기술 및 실내 환경 소음의 스트레스 평가 기술 개발 (2014-044-055-002)]

#### 참 고 문 헌

- [1] R. Szeliski, "Image alignment and stitching: a tutorial," *Computer graphics and vision*, Vol. 2, No.1, pp.15~16, Jan. 2006
- [2] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars and L. V. Gool "Speeded-Up Robust Features (SURF)," *Computer vision and image understanding (CVIU)*, Vol. 110, No. 3, pp. 2-8, Jun. 2008
- [3] David G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," *International journal of computer vision*, Vol. 60, No. 2, pp. 5-16, Jan. 2004
- [4] L. Moisan, P. Moulon, and Pascal Monasse, "Automatic homographic registration of a pair of images, with a contrario elimination of outliers," *Image processing on line (IPOL)*, pp. 2-3, May, 2012
- [5] K-W Kwon, A-Y Lee, U. Oh, "Panoramic image composition algorithm through scaling and rotation invariant features," *Information processing society journal*, Vol. 17, No. 5, Jun. 2010.
- [6] M. Brown, and D. G. LOWE, "Automatic panoramic image stitching using invariant features," *International journal of computer vision*, Vol. 74, No. 1, Dec. 2006.
- [7] P. J. Burt and E. H. Adelson, "A multiresolution spline with application to image mosaics," *ACM Transaction on graphics*, Vol. 2, No. 4, pp. 2-5, Oct. 1983.