

불변 특징 기반 파노라마 영상의 생성

김태우^{1*}, 유현중²

Construction of Panoramic Images Based on Invariant Features

Tae-Woo Kim^{1*} and Hyeon-Joong Yoo²

요약 본 논문에서는 파노라마 영상 생성의 처리 속도 개선 방법을 제안한다. 그 방법은 불변 특징에 기반한 파노라마 생성 방법으로 영상 축소와 영상 에지 정보를 이용하는 방법이다. 영상을 축소하고 에지의 위치에 대해서만 특징 묘사자를 적용함으로써 특징점의 개수를 줄여 속도 개선을 실현한다. 실험에서 640×480 크기의 24비트 칼라 영상에 대해 기존의 방법보다 3.26~13.87%의 속도 개선의 효과를 보였다.

Abstract This paper presents method to speed up processing time in construction of panoramic images. The method based on invariant feature uses image down-scaling and image edge information. Reducing image size and applying feature descriptor to image portions superimposed with edge causes to reduce the number of features and to improve processing speed. In the experiments, it was shown that the proposed method was 3.26~13.87% shorter in processing time than the exiting method for 24-bit color images of 640x480 size.

Key words : 불변 특징, 파노라마 영상, 특징 기반 방법.

1. 서론

파노라마 영상은 어떤 장면에 대한 여러 조각의 영상들을 촬영한 후 하나의 큰 장면 영상으로 만든 것이다. 크고 고해상도의 파노라마 영상의 자동 생성은 광도 측정, 컴퓨터 비전, 영상 처리, 컴퓨터 그래픽스 등의 분야에서 활발히 연구되는 분야이다. 그 응용은 영상들을 촬영한 후 큰 항공 및 위성 영상의 생성, 장면의 안정화 및 변화 검출, 비디오 압축, 비디오 인덱싱, 카메라의 초점 거리 향상과 해상도 향상, 사진 편집 등이 될 수 있다[1].

파노라마 영상을 생성하는 방법은 직접 방법(direct method)[1][2]과 특징 기반 방법(feature-based method)[1][3]으로 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 특징 기반 방법은 점, 선 등과 같은 특징들 간의 대응점을 이용하는 방법이다. 예를 들면, Harris 꼭지점[4]을 추출하여 밝기값들의 정규화된 값들을 사용하여 정합하는 것이다. 직접 방법은 겹치는 영역에서 밝기값의 차이에 기반한 오차 함수를 최소화함으로써 카메라 파라

미터를 추정하는 반복적인 방법이다. 직접 방법은 모든 영상 데이터를 이용할 수 있으므로 매우 정확한 정합을 수행할 수 것이 장점이다. 반면 밝기값의 변화가 없다고 가정해야 하고 반복적인 방법이므로 초기 화에 따라 그 결과가 달라질 수 있다.

파노라마 영상을 생성하기 위해 최근 불변 특징들을 이용하는 방법들이 제안되었다. 이들 특징들은 Hariss 꼭지점을 이용하는 상호 상관도와 같은 전통적인 방법보다 좀 더 반복성이 좋고 정합성이 좋은 것이 특징이다. Hariss 꼭지점은 영상의 크기 변화에 불변성이 없고 영상 조각의 상호 상관도는 영상의 회전에 불변하지 않다. 그러나, 불변 특징들은 영상의 이동, 회전, 크기 변화 등의 변화에 불변해야 한다. 이러한 특성을 가진 특징이 밝기값의 변화와 유사 변환에 불변하는 SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 특징[5]이다.

이들 특징 기반 파노라마 영상 생성 방법은 다른 방법에 비하여 비교적 처리 속도가 빠르다. 그러나, 큰 영상의 경우 처리 속도가 떨어지며 휴대 단말기에 적용하기에 처리 속도가 현저히 느리다. 본 논문에서는 파노라마 영상 생성의 처리 속도 개선 방법을 제안한다. 그 방법은 불변 특징에 기반한 파노라마 생성

¹한양사이버대학교 정보통신공학과

²상명대학교 정보통신공학과

*교신저자: 김태우(twkim@hycu.ac.kr)

방법으로 처리 영상을 축소하여 에지 추출에 대해서만 처리하는 방법이다. 이 방법은 영상을 축소하고 에지에 대해서만 처리하므로 처리할 특징점의 개수를 줄여서 속도 개선을 얻는다.

2. 불변 특징 기반 파노라마 영상 생성

본 논문의 파노라마 영상 생성 방법은 특징 기반 방법이다. 먼저 병합될 두 영상을 실린더형 영상으로 변환하고, 변환된 영상에 대해 특징점을 추출하여, SIFT 불변 특징 묘사자로 특징 벡터를 생성한다. 특징 벡터는 RANSAC 방법[9]과 최근방 정합[8]을 이용해 정합하고 최종적으로 두 영상을 병합한다. 이 과정에서 처리 속도를 높이기 위해 영상을 축소하고 영상의 에지(edge)를 추출하여 추출된 에지 위치에서만 특징점들을 추출함으로써 처리 속도를 개선한다.

실린더형 영상 변환은 실린더형 파노라마에서 사용하는 방법을 사용한다. 실린더형 파노라마(cylindrical panorama) 영상[6]은 생성하기가 용이하므로 흔히 사용되는 방법이다. 카메라의 초점거리를 알고 있다면 각 원근 영상은 실린더형 좌표로 변환된다. 실린더형 파노라마를 만들기 위해서는 식 (1),(2)와 같이 실세계 좌표 $p = (X, Y, Z)$ 를 2차원 실린더형 장면 좌표 (θ, v) 로 변환한다.

$$\theta = \tan^{-1}(X/Z) \tag{1}$$

$$v = Y/\sqrt{X^2 + Y^2} \tag{2}$$

특징점 추출은 스케일 공간(scale-space)[8]에서 극점(extrema)을 찾는 것으로 시작된다. 영상의 스케일 공간은 몇 가지 합리적인 가정하에서 스케일 공간 커널(scale-space kernel)[8]은 가우스 함수(Gaussian function)로 근사화될 수 있다. 따라서, 영상은 스케일 공간은 식 (3)으로 정의된다.

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \tag{3}$$

여기서, 각각 $L(x, y, \sigma)$ 는 스케일 공간, $G(x, y, \sigma)$ 는 가우스 함수, $I(x, y)$ 는 입력 영상, *는 x, y 에 대한 컨벌루션 연산자를 나타낸다.

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2 + y^2)/2\sigma^2} \tag{4}$$

스케일 공간에서 안정된 특징점을 효과적으로 검출하기 위해서는 영상과 가우스 함수의 차이값으로 스케일 공간 극점을 식 (5)의 방법으로 찾는다. 차이값 $D(x, y, \sigma)$ 는 상수 k 를 곱한 이웃하는 두 스케일 간의 차이값으로 계산된다.

$$D(x, y, \sigma) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \tag{5}$$

차이값을 계산하는 효과적인 방법은 그림 1과 같이 수행한다. 초기 영상은 그림의 왼쪽 열에 보여준 것처럼 스케일 공간에서 상수 k 에 의해 분리되는 영상을 생성하기 위해 가우스 함수와 점진적으로 컨벌루션하여 얻는다. 극점을 계산하는 방법은 그림 2와 같이 구하고자 하는 점을 중심으로 주위의 값들과 비교하여 최대값 또는 최소값이 나타나면 극점[8]이 된다.

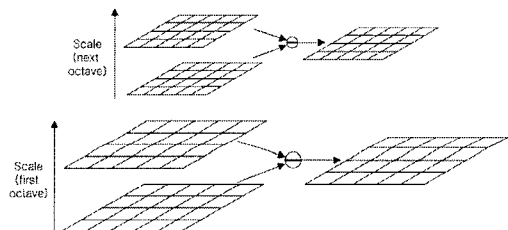


그림 1. 다양한 스케일 공간 만드는 과정.

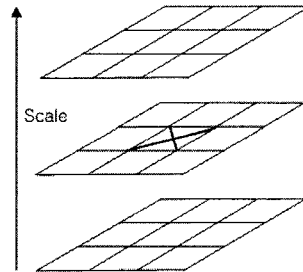


그림 2. 극점을 구하는 방법.

영상에서 의미 있는 정보가 대부분 에지에 있다고 가정한다. 이것은 일반적인 영상 처리에서 에지 추출을 통한 처리가 많기 때문에 합리적인 방법이다. 에지는 라플라시안 연산자[9]를 이용하여 추출한다. 추출된 에지 위치의 화소들에 대해서만 특징점을 추출한다.

추출된 극점은 특징 묘사자(descriptor)[8]를 이용하여 특징벡터로 표현된다. 먼저, 그림 3과 같이 특징점 주위에 대해 영상의 기울기(gradient)의 크기와 방향을 구한다. 방향 불변 특징을 얻기 위해 묘사자의 좌표와 기울기 방향들은 특징점의 방향에 대해 상대적인 회

전을 구한다. 이들을 4개의 영역으로 나눈 후 방향 히스토그램에 따라 누적시켜 방향 히스토그램을 구한다.

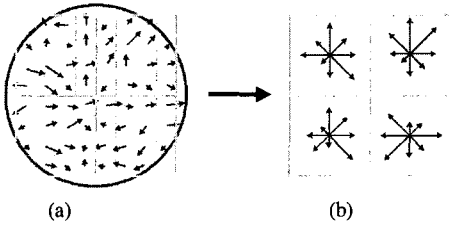


그림 3. 특징점에 대한 특징 묘사자(descriptor)의 생성:
(a) 영상 기울기
(b) 4개 영역으로 누적된 방향 히스토그램.

두 영상 간의 이동(translation), 회전(rotation), 크기 변화(scaling)의 파라미터를 구하기 위해서 특징점들의 정합을 통해서 이루어진다. 두 영상 간의 각 특징점들의 정합은 최근방 정합(nearest neighbor matching)[8]으로 찾는데, 최근방은 불변 묘사자 벡터들간의 유클리드 거리가 최소인 특징점을 의미한다. 전체 특징점들은 정합하기 위해서는 시간이 너무 오래 걸리므로 RANSAC[9]을 사용한다. RANSAC은 비정합점(outlier)에 매우 둔감한 장점을 가지지만, 비정합점의 비율이 너무 크면 정합에 실패한다.

합성될 영상들 간의 밝기값과 칼라의 불연속을 줄이기 위해서 에지로부터 거리에 비례하도록 각 영상의 화소들에 가중치를 주는 방법인 간단한 블렌딩 알고리즘(blending algorithm)[7]을 적용한다. 여기서, w 는 거리에 따른 가중치 함수, $d(x)$ 는 에지로부터 거리를 나타낸다.

$$C(x) = \frac{\sum_k w(d(x)) \tilde{I}_k(x)}{\sum_k w(d(x))} \quad (7)$$

3. 실험 결과 및 토의

제안한 방법의 처리 속도를 비교하기 위하여 실외에서 영상을 획득하였다. 영상은 640×480 크기의 24비트 칼라 영상이다. 처리 컴퓨터는 1.6 GHz Dual Core CPU, 1 GB 메모리를 가진 노트북 컴퓨터에서 처리하였다.

그림 4와 같이 입력된 두 영상에 대해 실린더 변환을 수행하였다. 실린더 변환을 한 후의 영상은 그림 5와 같다. 두 영상은 디지털 카메라가 달린 휴대 전화

로 손으로 들고 촬영한 것이다. 두 영상은 이동, 크기 변화, 회전 등의 파라미터 변화가 발생한 예이다. 파노라마 영상을 위해 촬영된 영상은 정합된 영상의 영역을 미리 잘라낸다. 영상의 가로 방향으로 오른쪽과 왼쪽 부분을 50% 취한 후, 영상의 크기를 축소시킨다. 축소시키는 비율은 파노라마 영상의 생성 결과가 충분히 만족할 정도까지 축소가 가능하다. 축소된 영상에 대해 추출된 특징점들은 흰 점으로 표시된 그림 6과 같다. 추출된 특징점들에 대해 특징 묘사자를 적용하기 전에 비정합점들을 제거하기 위해 영상의 에지 정보를 이용한다. 그리고 RANSAC 알고리즘을 적용한 결과는 그림 7과 같다. 특징점들의 개수는 표 1과 같이 영상의 크기를 줄일수록 줄어들고, 에지 정보를 이용한 경우가 더 줄어든다. 제안한 방법이 기존의 결과보다 더 처리 속도가 3.26~13.87% 개선된 것을 볼 수 있다. 이들 정합점들에 대해 이동, 크기, 회전 파라미터를 구하여 변환된 영상이 그림 8과 같다. 블렌딩 알고리즘을 적용하여 병합된 영상은 그림 9와 같다.



그림 4. 동일 대상이 모두 나타난 두 영상.



그림 5. 실린더형으로 변환된 영상.

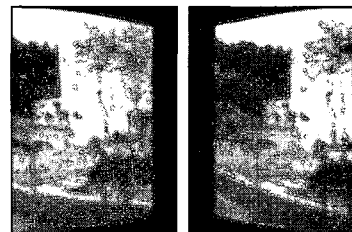


그림 6. 영상에 흰 점으로 표시된 추출된 특징점.

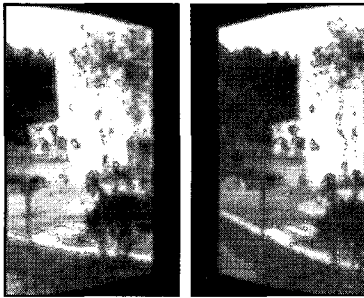


그림 7. RANSAC 알고리즘을 적용한 영상과 특징점.

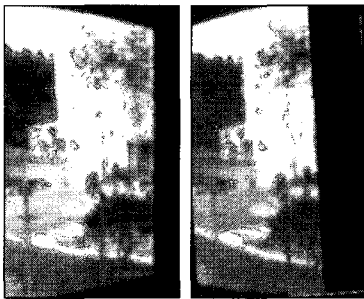


그림 8. 변환 파라미터로 변환된 두 번째 영상.

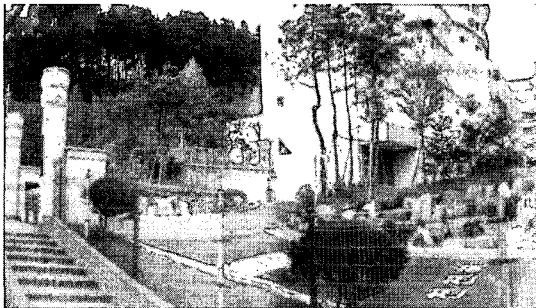


그림 9. 블렌딩 알고리즘으로 두 영상의 병합 영상.

표 1. 특징점들의 갯수 비교.

영상 크기	영상 축소율 (%)	에지 정보 이용전		에지 정보 이용후	
		특징점 개수(좌)	특징점 개수(우)	특징점 개수(좌)	특징점 개수(우)
640×480	100	6838	6038	6392	5392
448×336	70	3496	2881	3312	2597
320×240	50	1458	1306	1380	1170
192×144	30	532	469	504	428

표 2. 처리 속도 비교.

영상 크기	영상 축소율 (%)	기존 처리 속도(초)	개선된 처리속도 (초)	개선율(%)
640×480	100	42.13	37.00	13.87
448×336	70	14.16	12.95	9.34
320×240	50	5.23	4.98	5.02
192×144	30	2.22	2.15	3.26

4. 결론

본 논문에서는 파노라마 영상 생성의 처리 속도 개선 방법을 제안하였다. 그 방법은 불변 특징에 기반한 파노라마 생성 방법으로 영상 축소와 영상 에지 정보를 이용하는 방법이다. 영상을 축소하고 에지의 위치에 대해서만 특징 묘사자를 적용함으로써 특징점의 개수를 줄여 속도를 개선하였다. 실험에서 640x480 칼라 영상에 대해 기존의 방법보다 3.26~13.87%의 속도 개선의 효과를 보였다. 제안한 방법이 처리 속도의 개선을 가져왔지만 휴대 단말기에 적용하기에는 아직도 처리 속도가 느리므로 지속적인 처리 속도의 향상을 위한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Richard Szeliski, "Image Alignment and Stitching: A Tutorial", Technical Report, MSR-TR-2004-92, 2004.
- [2] R. Szeliski, S. B. Kang, "Direct methods for visual scene reconstruction", IEEE Workshop on Representations of Visual Scenes, pp. 26-33, 1995.
- [3] M. Brown and D. Lowe, "Invariant Features from Interest Point Groups", Proceedings of the 13th British Machine Vision Conference, pp. 253-262, 2002.
- [4] C. Harris and M. Stephens, "A combined corner and edge detectors", Alvey Vision Conference, 1988.
- [5] D. Lowe, "Object Recognition from Local Scale-Invariant Features", Proceedings of the International Conference on Computer Vision, pp. 1150-1157, 1999.
- [6] Heung-Yeung Shum and Richard Szeliski, "Panoramic Image Mosaics", Technical Report, MSR-TR-97-23, 2003.

- [7] R. Szeliski, "Videl Mosaics for Virtual Environments", IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 22-30, 1996.
- [8] David G. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints", International Journal of Computer Vision, 2004.
- [9] M. Fischler and R. Bolles, "Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartograohy", Communications of the ACM, 24(6), 381-395.
- [10] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1992.

김 태 우(Tae-Woo Kim)

[종신회원]



- 1990년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
- 1995년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학박사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 한양사이버대학교 전자통신공학과 부교수

<관심분야>

영상신호처리, 생체인식, 생체신호처리, 영상통신

유 현 중(Hyeon-Joong Yoo)

[정회원]



- 1982년 2월 : 서강대학교 전자공학과 (공학사)
- 1991년 7월 : 미주리대학교 전기 및 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 1996년 5월 : 미주리대학교 전기 및 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1996년 10월 ~ 현재 : 상명대학교 정보통신공학과 부교수

<관심분야>

인공신경망, 패턴인식, 영상신호처리