
BLOG를 이용한 고속 이미지 정합에 관한 연구

김종민* · 강명아**

Study of High Speed Image Registration using BLOG

Jong-Min Kim* · Myung-A Kang**

이 연구는 2010년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었음.

요 약

본 논문은 실시간 파노라마를 위한 영상의 특징점 검출 방법을 제안한다. 파노라마 연구는 최근 실시간 지역탐색이나 DVR 등에 적용하는 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 특히 특징점 검출은 파노라마를 이루는 가장 중요한 요소이다. 특징점 검출을 위해서는 어떠한 명암 변화에도 특징점은 불변이어야 하며 이미지의 크기와 회전이 변화하더라도 불변의 점을 찾아야 한다. 기존 연구방법은 고차원적인 벡터와 많은 후보점을 선점하기 때문에 연산량이 많고 수행시간이 길어 실시간에 활용하기에는 어려운 점이 있다. 따라서 본 논문은 보다 빠른 실시간 특징점 검출을 위해 LOG 방법을 비트 단위로 분할 후 결합하는 BLOG 방법을 제안하고 다양한 실험을 통하여 속도와 연산량 그리고 검출 성능에 대하여 비교한다.

ABSTRACT

In this paper, real-time detection methods for Panorama system Key-Points offers. A recent study in PANORAMA system real-time area navigation or DVR to apply such research has recently been actively. The detection of the Key-Point is the most important elements that make up a Panorama system. Not affected by contrast, scale, Orientation must be detected Key-Point. Existing research methods are difficult to use in real-time Because it takes a lot of computation time. Therefore, this paper propose BLOG(BitRate Laplacian Of Gaussian)method for faster time Key-Point Detecting and Through various experiments to detect the Speed, Computation, detection performance is compared against.

키워드

강건한 특징점, 라플라시안과 가우시안을 이용한 비트분할, 가우시안 이미지의 차

Key word

Robust Key Point, BLOG(BitRate Laplacian Of Gaussian), DOG(Difference Of Gaussian)

* 조선대학교 일반대학원 전산통계학과 (mrjyoung@hotmail.com)
** 광주대학교 컴퓨터공학과 (교신저자)

접수일자 : 2010. 06. 11
심사완료일자 : 2010. 07. 29

I. 서 론

이미지 매칭은 다양한 분야에서 사용되어 지고 있다. 이미지 매칭을 위한 첫걸음은 특징영역을 검출해야한다는 것이다. 특징 영역을 검출하는 방법에는 점, 선, 에지, 등등이 있는데 초기에는 주로 점 위주로 검출하였다. 점을 검출하기 위한 첫 번째 연산자는 Moravec[1] 연산자부터 시작하게 되었는데 이는 비등방성이라는 제한이 있었기 때문이다. 그래서 Harris와 Stephens[2]은 계산하는 비용이 많으나 검출면에서 큰 효과를 줄 수 있는 자기상관함수를 사용하여 특징점 검출 방법을 제안하였다. 제안한 Harris Corner Detection은 지금도 많이 사용하고 있으나 연산량이 많아 속도가 느리다는 단점을 지니고 있다. 그래서 속도를 개선하는 방법을 고안하여 나온 방법이 Susan [3] 과 Fast Corner Detection [4] 등 다양한 이론들이 있다. 이들은 잡음 크기 회전에 영향을 받기 때문에 특징점 검출만 가지고 이미지 매칭을 하는데 있어 어려움을 가지고 있다. 그 중 크기와 회전의 변화에도 변하지 않는 강건한 점을 검출하는 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)가 2004년 David G. Lowe [5, 6]에 의해 제안되었다. SIFT는 이미지 매칭에 있어 가장 성능이 우수하여 지금까지 로봇이나 이미지 유사판별 등 많은 분야에서 사용되어지고 있다. SIFT는 그레이 스케일 이미지로 전처리 하고 각각의 가우시안 분포에 대해 이미지를 생성하고 Image Pyramid로 크기가 다른 이미지를 생성한 후, 생성된 가우시안 이미지의 차를 통하여 DOG(Difference of Gaussian)을 구한다. 이 DOG를 이용하면 크기와 회전에 강건한 특징점이 많이 나오게 된다. 이 특징점들은 잡음과 오차로 인하여 다수의 특징점을 포함하고 고차원적인 특징점 벡터를 사용하게 되기 때문에 매칭에서는 좋은 성과를 보여줄 수는 있으나 연산량이 많아 실시간 이미지 처리에는 부적절하다. 또한 특허까지 걸려 있어 실용성에서 제약이 많다. 그래서 고안되는 방법으로는 고차원 벡터를 좀 더 낮은 차원으로 줄이는 주성분분석(PCA) 방법을 적용한 PCA-SIFT[7]나 Hessian[9] 방법을 기반으로 하는 매우 강건한 특징점을 좀 더 빠르게 찾는 SURF(Speeded Up Robust Features)[8] 등이 제안되어 지금까지 여러 분야에서 사용되어지고 있다.

하지만 이 것 역시 실시간 이미지 매칭에서는 부족함

이 있어 좀 더 빠른 매칭 방법에 대한 연구가 진행되고 있다. 실시간 이미지 매칭에서는 빠른 연산량이 필요하기 때문에 매칭 이미지간의 유사한 점을 찾을 때, 많은 것보다는 이미지 매칭에 영향을 주는 강건한 점을 적은 수로 확실하게 찾는 게 중요하다. 이는 크기와 회전에 영향을 주지 않을 뿐더러 잡음과 밝기에도 영향을 받지 않기 위한 불변한 서술자를 검출해야 한다. 그래서 본 논문에서는 이미지 피라미드를 통하여 후보 점을 얻는 방식에서 연산하는 양을 줄이기 위하여 매칭 이미지들 간에 강건한 점만 남기고 많은 매칭점들을 줄이는 방법인 BLOG을 제안하고자 한다.

II 제안하는 BLOG 기법

2.1 전체적인 구성도

보다 빠른 이미지 매칭을 위한 그림 1은 전체적인 구성도이다.

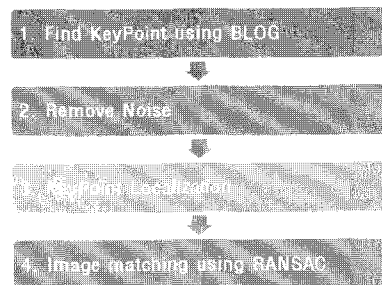


그림 1. BLOG을 이용한 이미지 매칭 전체 흐름도
Fig. 1. Image matching overall configuration using BLOG

첫 번째 단계로 BLOG의 방법을 이용하여 특징점을 뽑아내고 두 번째로 잡음으로 인하여 생긴 특징점을 제거하고 세 번째로 오차로 형성된 부분을 제거 하고 지역화 시킨다. 마지막으로는 이미지 매칭을 위하여 RANSAC(Random Sample and Consensus)[9] 방법을 이용하여 이미지 매칭을 시킨다.

2.2 BLOG(BitRate Laplacian Of Gaussian)

제안하는 BLOG은 라플라시안(Laplacian)함수와 가우시안(Gaussian) 함수를 이용하여 보다 빠르게 특징점

을 검출하는 방법이다. 먼저 이미지를 라플라시안 함수를 이용하여 등방성을 가진 이미지를 만들어 낸다. 라플라시안 함수는 2차 미분 함수이기 때문에 등방성 성질을 가지게 된다. 이는 변화가 있는 점이나 선 고립점에서 반응을 가지게 되는데 이 모두가 후보점이 된다. 라플라시안 함수로 얻은 이미지를 가우시안함수를 이용하여 새로운 이미지를 생성해야 한다. DOG와 LOG와는 달리 BLOG에서는 연산량을 줄이기 위하여 이미지 피라미드를 따로 설정하지 않는 대신 식(1)과 같이 라플라시안 이미지를 임계값이 다르게 가우시안 함수를 적용하여 이미지를 만든다. 여기서 n 은 비트분할 단위이며 분할 한 n 값에 따라 LOG의 값 σ 가 달라진다. 여기서 $L(x,y)$ 는 라플라시안 함수이고, $I(x,y)$ 는 입력 이미지를 뜻한다.

$$BLOG(x, y, n) = ((L(x, y), \sigma) * I(x, y)) | (2^{5\sigma}) \quad (\sigma = 0.4n) \quad (1)$$

만들어진 이미지를 그림 2와 같이 비트평면 분할로 뽑아내어 특징점을 검출 할 것이다.

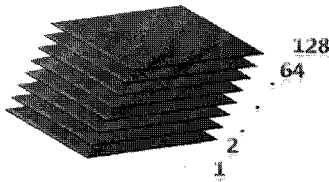


그림 2. 비트평면분할
Fig. 2. Bit-Plane Slicing

그림 3은 8비트로 BLOG 영상을 적용한 그림이다. 첫 번째 비트인 0은 잡음이 많아 처음부터 구할 필요가 없어 두 번째 비트인 1부터 마지막 비트인 7까지 각각의 BLOG 영상을 보여준다.

여기서 나온 각각의 BLOG 영상을 식(2)에 적용하여 새로운 이미지를 생성한다. 여기서 마지막 비트인 7은 잡음과 오차가 많이 포함되어 있기 때문에 첫 번째 비트인 0번과 같이 포함하지 않는다. 그래서 총 6개의 BLOG 이미지를 비교하여 일정하게 한다.

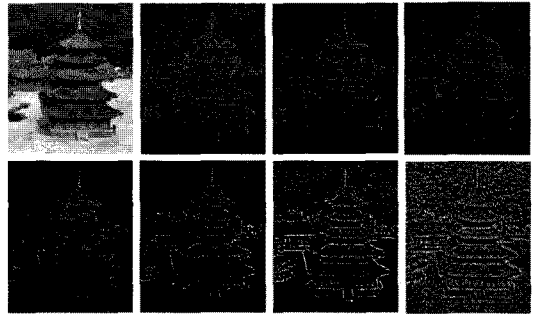


그림 3. 각각의 BLOG 임계값에 따른 이미지
Fig. 3. Images according to each critical value of BLOG

$$Robust\ Point = \sum_{n=1}^6 BLOG(x, y, n) \quad (2)$$

이렇게 재설정 된 이미지에서 2비트 이하의 점들을 제거해 주면 강건한 특징을 가진 후보 점들이 검출이 된다. 그림 4는 그 후보 점들을 나타낸 것이다.

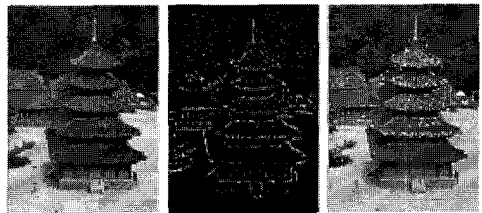


그림 4. 강건한 특징점 결과
Fig. 4. Result of Robust Key Points

2.3 노이즈 제거 및 오차 낮추기

여기서 나온 강건한 특징을 가진 후보점들은 여전히 수가 많다. 이 모든 강건한 특징점은 잡음과 오차에 의해 정확하지 않은 비효율적인 특징점도 포함되어 있다. 그래서 잡음 제거를 위해 비트평면 된 이미지에서 연속적인 방향성분의 인자들을 식(3)을 통해 줄여 주었다.

$$\begin{aligned} H: f(x, y) &= f(x-1, y) \cap f(x+1, y) \\ V: f(x, y) &= f(x, y-1) \cap f(x, y+1) \\ D(+): f(x, y) &= f(x+1, y-1) \cap f(x-1, y+1) \\ D(-): f(x, y) &= f(x-1, y-1) \cap f(x+1, y+1) \end{aligned} \quad (3)$$

이는 x축 y축 대각선 방향 모두 4방향의 미분을 통하여 주변의 잡음들을 줄일 수 있다. 그림 5는 식(3)을 적용하여 잡음을 제거하기 전과 제거한 후의 차이를 나타내는 그림이다.

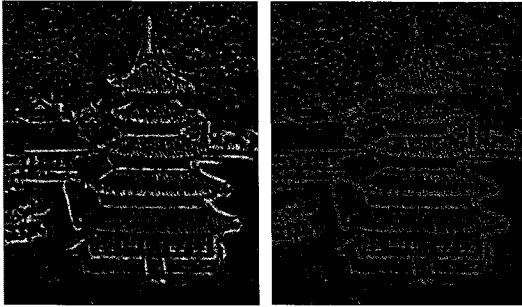


그림 5. 노이즈 제거(4 방향)
Fig. 5. Noise Removal(4 directions)

잡음은 줄였지만 아직도 이미지는 오차로 생긴 강건한 특징점이 남아 있어 다수의 점들이 남아 있다. 오차가 없는 완전한 특징점만을 추출하기 위하여 식(4)을 이용하여 오차로 생긴 점들을 줄일 수 있기 때문에 강건한 특징점을 추출하게 된다. KP는 Key Point를 뜻한다.

$$KP = \sqrt{(L_{x+1,y} - L_{x-1,y})^2 + (L_{x,y+1} - L_{x,y-1})^2} \quad (4)$$

식(4)를 적용하기 위해서는 먼저 전에 나온 후보 점을 중심으로 하는 16x16 영역을 생성한다. 이 영역 안에서 수식(4)를 적용하여 최대 극값을 측정하면 이 점이 우리가 찾는 강건한 특징을 갖는 점이 되는 것이다.

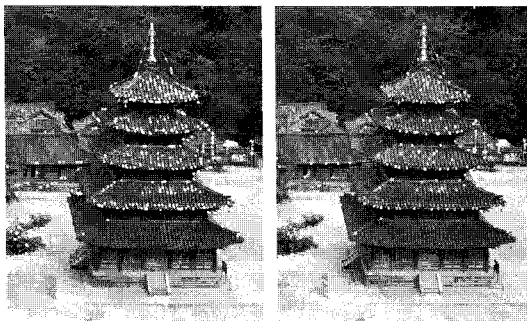


그림 6. 이미지 오차제거
Fig. 6. Image Error Remove

이 때 영역 안에 2개 이상의 특징 후보 점이 들어오면 극값으로 설정한다. 이는 주변의 다수의 강건한 값을 하나의 가장 강건한 점으로 만들 수 있을뿐더러 주변오차로 형성된 점들을 다시 재설정 하고 오차를 줄여 준다. 그림 6은 수식(4)를 적용전과 후 이미지이다. 이미지 매칭에 필요한 강건한 점들을 검출하였다. 이제 비교하여 이미지 매칭을 시켜주기만 하면 된다.

2.4 이미지 매칭

BLOG로부터 추출한 강건한 특징을 가진 점들을 이미지 매칭 시키기 위한 방법으로 RANSAC방법을 사용하여 이미지 매칭을 하였다. 그림 7은 RANSAC 방법을 이용하여 이미지 매칭 포인트를 결정짓는 그림이다.

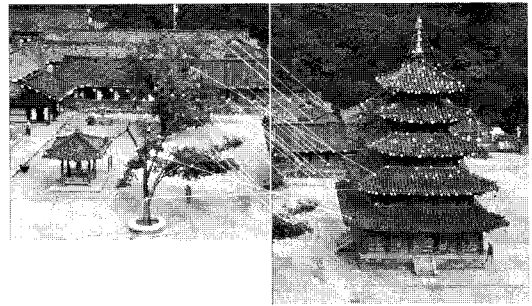


그림 7. RANSAC을 이용한 매칭포인트 결정
Fig. 7. Matching point decision using RANSAC

그림 8은 매칭 포인트를 가지고 서로 다른 3장의 이미지를 매칭 시킨 최종 결과이다.

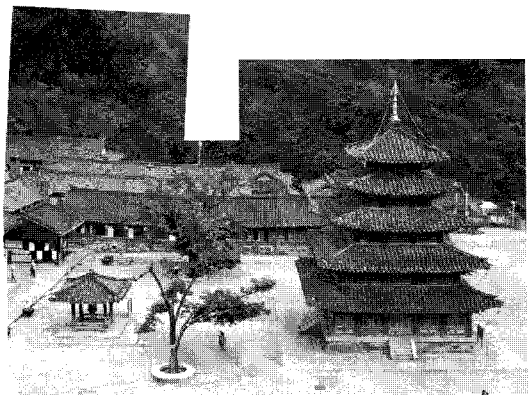


그림 8. 최종 이미지
Fig. 8. Final Image

III 실험 결과 및 분석

3.1. 크기 변화 실험 분석

다양한 크기 상태를 변화를 주어서 실험을 해보았다. 변화에 따른 특징점을 추출해본 결과 크기 변화에 따라 각각 불규칙적으로 특징점들이 추출되었음을 그림 9를 보면 알 수 있다. 하지만 이 점들을 잡음 제거 후 크기의 변화에 따라 특징점을 뽑아내어 비교 해 보았을 때 주 매칭 포인트가 되는 점들은 크기가 변해도 검출되는 것을 표 1을 통하여 알 수 있다.

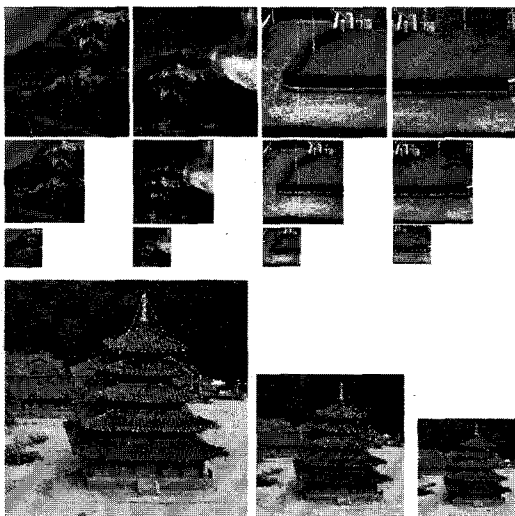


그림 9. Scale 변화에 따른 특징점 추출
Fig. 9. Key points extraction by scale changes

표 1. Scale 변화에 따른 결과
Table 1. Result by scale change

이미지	50%이미지 /잡음제거	원본이미지 /잡음제거	170%이미지 /잡음제거	Robust Points	Key Points
1. 팔상정 (768*576)	102/57	405/102	1230/271	39	33
2. 산 1 (320*240)	57/22	125/63	96/59	17	14
3. 산 2 (320*240)	51/21	108/52	51/40	19	17
4 정원 1 (256*256)	53/47	160/74	128/78	38	31
4 정원 2 (256*256)	56/36	155/41	154/42	31	25

3.2. 회전 변화 실험 분석

제시한 BLOG가 회전에 영향을 얼마나 미치는지 확인하기 위하여 2차원 유클리드 공간상에서의 회전변환과 3차원 공간상에서의 회전변환을 실험 하였다. 그림 10은 2차원 유클리드 공간상의 회전을 10도 간격으로 회전변화를 주어서 얻은 영상들이다.



그림 10. 회전 변화에 따른 특징점 추출
Fig. 10. Key point extraction by the rotation changes

그림 11은 위 결과에 따른 강건한 점과 매칭에 영향을 미치는 점들을 비교한 그림이다. 이 그림에서 특징 점은 81.7%가 유지됨을 알 수 있었다. 그 중 매칭에 영향을 미치는 특징 점은 90% 이상이 유지됨을 알 수 있다. 즉 유클리드 공간에서의 회전 변화에 따른 이미지 매칭에 영향을 미치는 강건한 특징 점들은 거의 변화가 없음을 알 수 있다.

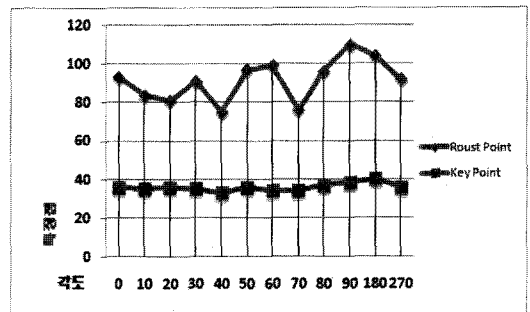


그림 11. 10° 간격의 Orientation 변화에 따른 결과
Fig. 11. Result by Orientation changes with 10 degrees interval

2차원에 이어서 3차원적인 회전 변화에 대한 실험이 그림 12에서 보여준다. 그 결과 3차원적 실험에서는 강건한 특징점은 많이 다르게 나타났으나 이미지 매칭을

위한 특징점은 약간 줄어들었을 뿐 이미지 매칭시에 필요한 조건에는 충분히 유지됨을 발견 할 수 있었다.

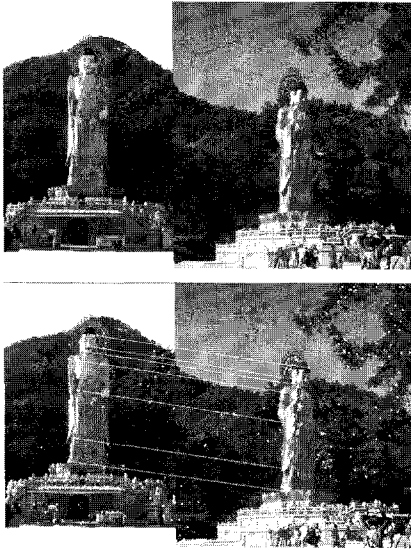


그림 12. 3차원 공간의 Orientation 변화에 따른 결과
Fig. 12. Result from the orientation changes in 3d space

3.3 강건한 특징점 검출 속도와 메모리 효율

제안하는 BLOG방법을 다른 이미지 매칭 방법과 비교하기 위하여 연관 이미지 2장씩을 각각 다르게 10번씩 이미지 매칭 실험을 하였다. 먼저 Fast코너와 해리스 코너를 검출하여 RANSAC를 적용하여 이미지 매칭을 하는 방법과 SIFT와 SURF로 하는 이미지 매칭을 하는 방법을 비교해 보았다.

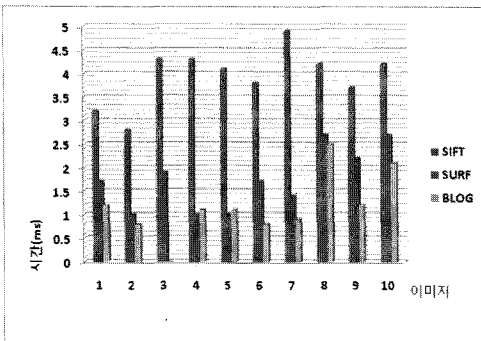


그림 13. 이미지 매칭 결과
Fig. 13. Results from Image matching

먼저 Fast코너와 해리스 코너는 특징을 검출하는데 있어서는 빠른 결과를 나타냈지만 특징인자가 많아 이걸 비교 하여 이미지 매칭을 하는데 상당한 시간이 오래 걸렸다. SIFT와 SURF를 비교해본 결과는 그림 13과 같았다. SIFT는 4ms의 평균속도로 가장 느린 결과를 얻었고, SURF는 1ms의 평균 속도를 얻은 거에 비하여 BLOG는 1ms이하의 평균속도로 가장 빠른 결과를 얻을 수 있었다.

하지만 제안한 BLOG는 속도가 가장 빠르지만 이미지 매칭에 실패한 경우가 1번 있었다. 그래서 이미지 매칭을 하기 전 특징 점 검출을 실험해 보았다. 실험은 위에서 사용되던 10개의 이미지를 가지고 3가지를 해 보았다. 먼저 검출된 점에 대하여 잡음의 비율을 해 보았다. 그러나 잡음은 별 차이가 나지 않았다. 두 번째로 SIFT를 기준으로 SURF와 BLOG에서 검출된 특징점의 비율을 조사 해보니 제안한 BLOG의 방식은 특징점을 찾는 데 있어 저조함을 나타내었다. 마지막으로 이미지 매칭에 영향을 미치는 특징점들을 지니고 있는 비율을 계산해 보면 전부 가지고 있는 실험 결과를 얻었다. 그림 14는 3가지 실험에 대한 결과이다.

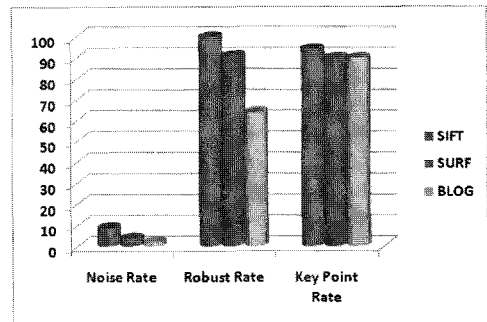


그림 14. 특징점 비율 실험결과
Fig. 14. The experimental results of key-point rate

IV. 결론 및 향후계획

이미지 매칭을 하기 위해서는 크기, 회전, 명암에 강한 특징점을 찾는 게 중요하다. 속도 제약이 없는 완벽한 이미지 매칭을 하기 위해서는 SIFT에서 사용되는 DOG를 이용한 특징점 검출법을 사용하여 매칭하는 방법이 가장 적합하다. 하지만 실시간 이미지 매칭을 하기에는 부

적절 하였다. 속도를 중시하는 실시간 이미지 매칭에서는 SURF의 LOG를 이용한 방법도 있겠지만 BLOG에서는 이미지 피라미드를 이용하지 않기 때문에 메모리 효율면과 속도 면에서 뛰어나다. 하지만 모든 특징점을 검출하지 못하여 특징점 검출에서는 약간 부족한 면이 있다. 하지만 이미지 매칭에 필요한 강건한 특징점은 거의 유지 한다. 향후 BLOG를 속도면과 메모리 효율면을 유지하면서 보다 정확한 매칭점 검출에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- [1] H. P. Moravec. Towards Automatic Visual Obstacle Avoidance. Proc. 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 584, 1977
- [2] C. Harris and M.j. Stephens "A combined corner and edge detector", In Alvey Vision Conference, 1988. pp.147-151
- [3] S.M. Smith and M. Brady. SUSAN - A New Approach to Low Level Image Processing. International Journal of Computer Vision, Vol. 23(1), pp. 45-78, 1997.
- [4] M. Trajkovic and M. Hedley. Fast Corner Detection. Image and Vision Computing, Vol. 16(2), pp. 75-87, 1998.
- [5] David G. Lowe. "Object Recognition from Local Scale - Invariant Features". Proc of the 7th Int. Conf. on Computer Vision, pp. 1150 -1157, Corfu, Greece, 1999.
- [6] David G. Lowe. "Distinctive image features from scale-invariant keypoints" Accepted for publication Int. Journal of Computer Vision, 2004
- [7] Ke, Y., Sukthankar, R.: PCA-SIFT: A more distinctive representation for local image descriptors. In: CVPR. 506 - . 513. 2004
- [8] Herbert Bay Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool. "SURF: Speeded Up Robust Features", Computer Vision and Image Understanding , Volume 110 Issue 3, June 2008. .
- [9] A.J. Lacey, N. Pinitkarn, and N.A. Thacker, " An evaluation of the performance of RANSAC algorithms for stereo camera calibration", The 11th British Machine Vision Conference, Bristol, UK, 2000.

저자소개



김종민(Jong-Min Kim)

2004년 2월 : 전남대학교
컴퓨터공학과(공학석사)
2008년 2월 : 조선대학교
전산통계학과(이학박사)

2009년 11월 ~ 현재:(주)에스티정보통신 책임연구원
2007년 3월 ~ 현재:조선대학교, 광주대학교 외래교수
※관심분야: 컴퓨터비전, 생체보안, 멀티미디어



강명아(Myung-A Kang)

1992년 2월 : 광주대학교
전자계산학과(이학사)
1995년 2월 : 조선대학교
전산통계학과(이학석사)

1999년 2월 : 조선대학교 전산통계학과(이학박사)
2004년 9월 ~ 현재 : 광주대학교 컴퓨터공학과 조교수
※관심분야: 영상처리, 패턴인식, 신경망