

# 모바일 환경에서 효율적인 영상 정합을 위한 향상된 특징점 기술자 추출 및 정합 기법

박진양\*, 안효창\*\*

## Improved Feature Descriptor Extraction and Matching Method for Efficient Image Stitching on Mobile Environment

Jin-Yang Park\*, Ahn Hyo Chang\*\*

### 요약

최근 모바일 산업이 발달하고 성능이 향상되어 생활 속에서 모바일 기기의 사용량이 늘고 있다. 현재 모바일 기기는 고성능 카메라를 장착하고 있어 데스크톱에서 수행하던 영상 정합을 모바일 기기에서 수행할 수 있다. 그러나 모바일 기기는 제한된 하드웨어 자원을 가지고 있어 영상 정합을 수행하기에 연산량이 많다. 따라서 본 논문에서는 모바일 환경에서 효율적인 영상 정합을 위한 향상된 특징점 기술자 추출 및 정합 기법 제안한다. 특징점 기술자 생성시 방향 윈도우 확장 및 기술자의 차원을 줄여 정확도를 높이면서 연산량을 감소시킨다. 또한 정합점 분류 기법을 통하여 영상 정합의 연산량을 감소시킨다. 실험 결과 기존의 방법보다 영상 정합 속도가 향상되어 모바일 환경에 적합하면서도 자연스러운 영상을 생성할 수 있었다.

▶ Keywords : 영상 정합, 특징점, 모바일

### Abstract

Recently, the mobile industries grow up rapidly and their performances are improved. So the usage of mobile devices is increasing in our life. Also mobile devices equipped with a high-performance camera, so the image stitching can carry out on the mobile devices instead of the desktop. However the mobile devices have limited hardware to perform the image stitching which has a lot of computational complexity. In this paper, we have proposed improved feature descriptor

•제1저자 : 박진양    교신저자 : 안효창

•투고일 : 2013. 10. 04, 심사일 : 2013. 10. 10, 게재확정일 : 2013. 10. 15.

\* 인하공업전문대학 컴퓨터정보과 교수(Dept. of Computer Science, Inha Technical College)

\*\* 단국대학교 미디어콘텐츠연구원(Medea Contents Research Center, Dankook Univ.)

extraction and matching method for efficient image stitching on mobile environment. Our method can reduce computational complexity using extension of orientation window and reduction of dimension feature descriptor when feature descriptor is generated. In addition, the computational complexity of image stitching is reduced through the classification of matching points. In our results, our method makes to improve the computational time of image stitching than the previous method. Therefore our method is suitable for the mobile environment and also that method can make natural-looking stitched image.

▶ Keywords : Image stitching, Feature, Mobile

## I. 서 론

최근 모바일 기술의 발달과 빠른 보급으로 일상생활에서 모바일 기기를 이용하는 사용자가 늘고 있다[1, 2]. 대부분의 모바일 기기에는 고성능의 카메라가 장착되어 카메라로부터 획득한 영상을 직접 활용할 수 있는 장점을 가지고 있어 영상 정합 등과 같은 영상처리 분야에 관심이 높아지고 있다[3, 4]. 영상 정합은 여러 장의 영상에서 특징점을 추출하고 중첩된 부분을 찾아 서로 정합하여 한 장의 영상으로 만드는 방법이다[5, 6].

정확한 영상 정합을 위해서는 하나의 영상에서 추출된 특징점과 다른 영상에서 대응되는 특징점을 찾는 것이다[7, 8]. 이때 많은 특징점을 가지고 있으면 보다 정확한 영상 정합을 수행할 수 있다. 반면에서 특징점의 개수가 적으면 정확한 기술자 생성이 어려워 자연스러운 영상을 얻지 못하게 된다. 하지만 풍부한 정보는 정합을 위한 특징점 기술자 생성 과정에 가중치를 높여 연산량을 증가시키게 된다. 일반 데스크톱과 다르게 모바일 기기는 제한된 하드웨어 자원을 가지고 있어 많은 연산량을 가지는 어플리케이션을 수행하기 어렵다[3, 9]. 모바일 환경에서 정확한 결과 영상을 만들면서 연산량도 감소시킬 수 있는 최적화된 영상 정합 방법이 필요하다[10]. 따라서 선별된 특징점에 대해서 방향 윈도우의 크기를 확장하여 정확한 방향 정보를 추출하고 차원을 축소하여 기술자를 생성하여 전체 연산량을 감소시킨다. 또한 정합점 분류 기법을 통하여 선택적으로 정합점 사용하여 영상 정합 계산량을 줄일 수 있는, 모바일 환경에 적합한 영상 정합 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 영상 정합을 위한 특징점 추출 방법을 소개하고, 3장에서는 제안한 방법을

소개한다. 그리고 4장에서는 기존의 방법과 제안한 방법에 대한 실험 결과를 보여주고, 5장에서는 결론을 내리고 향후 연구 과제에 대해 설명한다.

## II. 연구 방법

### 1. 영상 정합을 위한 특징점 추출

영상 정합은 원하는 장면을 중첩되게 하여 여러 장의 영상으로 분할하여 생성한 후, 중첩된 부분의 특징점을 추출하고 이와 대응되는 점을 찾아 한 장의 영상으로 생성하는 방법이다[5, 6]. 따라서 서로 중첩된 부분을 정합하기 위해서는 중첩된 부분의 특징점을 추출하고 이에 대한 특징점 기술자를 생성한 후 대응되는 정합점을 찾는 과정이 필요하다. 그림 1은 영상 정합 과정을 나타내고 있다.

일반적으로 사용되는 특징점 추출 방법은 SIFT(Scale Invariant Feature Transform), PCA-SIFT(Principal Components Analysis-SIFT), SURF(Speeded Up Robust Features) 등이 있다[11, 12, 13]. SIFT는 크기와 회전에 강인한 특징점을 추출하는 알고리즘으로 좋은 성능을 보여주지만 연산량이 많다. SURF는 SIFT 보다는 성능에서는 유사한 결과를 보여주지만 속도에서는 향상된 성능을 보여주는 특징을 가지고 있다.

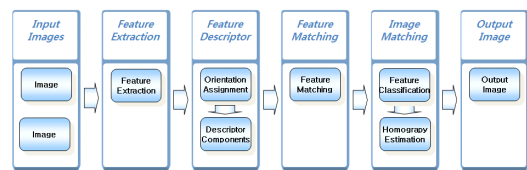


그림 1. 영상 정합 시스템  
Fig.1. The system of image stitching

1) 적분 영상

SURF는 특징점을 추출하기 위해 적분 영상(Integral Image)을 사용하여 박스 필터(Box Filter)의 회선 연산을 반복적으로 수행하고, 계산된 헤이시안 행렬식을 이용하여 피라미드 영상을 생성하여 특징점을 추출한다. 박스 필터의 회선 연산은 필터 내부에 존재하는 화소값의 합을 구하는 작업으로 연산량이 많다. 따라서 적분 영상을 사용하여 스케일 공간 생성시 처리되는 연산량을 감소시킬 수 있다[14]. 수식 (1)은 원점부터 각 화소의 위치까지 모든 화소값을 더할 수 있다. 수식 (1)에서  $I_{int}(X)$ 는  $X=(x, y)^T$ 의 위치에 대한 적분 영상을 나타낸다. 또한  $I(i, j)$ 는 입력 영상에서 화소값을 나타낸다. 적분 영상을 생성하면 선택된 사각형 영역에 대해 4번의 연산만을 수행하면 지정한 사각형 내의 모든 화소값의 합을 구할 수 있는 장점을 가지게 된다.

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

수식 (1)에서  $I_{int}(X)$ 는  $X=(x, y)^T$ 의 위치에 대한 적분 영상을 나타낸다. 또한  $I(i, j)$ 는 입력 영상에서 화소값을 나타낸다. 적분 영상은 박스 필터의 크기와 상관없이 적분 영상(Integral Image)을 생성하면 박스 필터의 크기와 상관없이 빠른 속도로 회선 연산을 수행 할 수 있다.

$$I_D = I_K - (I_B + I_C - I_A) \quad (2)$$

2) 특징점 추출

SURF 기반에서 특징점 추출은 적분영상과 근사화한 헤이시안 검출기를 사용하는 고속 헤이시안 검출기(Fast Hessian Detector)를 사용한다[13, 15]. 고속 헤이시안 검출기는 가우시안 2차 미분필터를 사용하지 않고 근사화된 박스 필터를 사용한다[16]. 따라서 근사화한 헤이시안 검출기를 사용하면 각 스케일 별로 박스 필터의 크기를 변경시켜 피라미드 영상을 얻을 수 있어 다양한 스케일 변화에 강인한 특징점을 추출할 수 있다. 피라미드 영상에서 인접 3x3x3영역의 화소값 보다 크고 임계값(Threshold) 보다 큰 헤이시안 행렬값을 특징점으로 추출한다. 따라서 근사화 시킨 헤이시안 행렬은 다음 수식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$H(X, \sigma) = \begin{bmatrix} D_{xx}(X, \sigma), & D_{xy}(X, \sigma) \\ D_{xy}(X, \sigma), & D_{yy}(X, \sigma) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} L_{xx}(X, \sigma) &= I(x, y) \otimes \frac{\partial^2}{\partial x^2} g(\sigma) \\ &\cong I(x, y) \otimes B_f(xx) \\ &= D_{xx}(X, \sigma) \end{aligned} \quad (4)$$

여기서  $D_{xx}(X, \sigma)$ 는  $L_{xx}(X, \sigma)$ 를 근사화 시킨 것으로 수식 (4)에서 나타나듯이 입력 영상과 박스 필터를 이용한 회선 연산을 의미한다.  $L_{xx}(X, \sigma)$ 는 입력 영상의  $X=(x, y)$ 인 점에서  $\sigma$ 의 스케일을 갖는 방향(수평)의 2차 미분된 가우시안 필터와 입력 영상의 회선 연산을 의미한다. 또한  $L_{xy}(X, \sigma)$ 와  $L_{yy}(X, \sigma)$ 는 각각 xy방향(대각)과 y방향(수직)으로 2차 미분된 가우시안 필터와 입력 영상의 회선 연산을 나타낸다. 는 방향의 박스 필터를 의미한다.  $B_f(xx)$ 는 박스 필터를 이용함으로써 연산량을 크게 줄여 같은 크기의 필터를 처리하는 연산에서 우수한 성능을 보인다.

$$\det(H_{app}) = D_{xx} D_{yy} - (D_{xy})^2 \quad (5)$$

수식 (5)는 헤이시안 행렬식의 근사값을 보여주고  $D_{xx}$ ,  $D_{yy}$ ,  $D_{xy}$ 는 각각 수평, 수직 및 대각선 방향의 근사화된 박스 필터의 회선 연산 결과값을 나타낸다.

III. 제안하는 영상 정합 알고리즘

특징점 기반의 영상 정합 시스템에서 가장 중요한 부분은 특징점 정합이다. 정확한 특징점을 정합하려면 많은 특징점 정보가 필요하다. 또한 회전에 강인한 특징점 기술자를 생성해야 한다. 하지만 회전에 강인하면서도 정확한 특징점 기술자를 생성하는 것은 연산량이 증가하게 되어 모바일 환경에서는 영상 정합을 수행하기 어렵게 된다. 따라서 특징점 정합시 연산량을 효율적으로 줄이는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 정확한 방향 정보와 축소된 특징점 기술자를 이용하여 정확하면서도 연산량이 줄어든 기술자를 생성한다. 또한 정합점 분류 기법을 통하여 선택적으로 정합점 사용하여 영상 정합의 계산량을 줄일 수 있는 모바일 환경에 효과적인 영상 정합 기법을 제안한다.

1. 방향 윈도우 확장

추출된 정보를 모두 이용할 경우 각 영상에서 대응되는 점을 찾을 수 있는 정보가 많아 영상 정합에 유리하다. 또한 회전에 강인한 특징을 갖기 위해서는 정확하게 특징점에 대한 방향 정보를 획득해야 한다[10]. 따라서 본 논문에서는 추출된 특징점에 대해 방향정보를 획득할 때 방향 윈도우를 확장하여 정확한 정보를 얻는다.

방향 정보는 선택된 특징점에서 주방향(Orientation)을 계산하여 얻을 수 있다. 주방향은 특징점을 중심으로  $6\sigma$  스케일 원안의 화소값에 대하여 하 웨이블릿 필터를 이용하여 수평(x), 수직(y) 방향으로 하 웨이블릿 응답  $dx, dy$ 를 계산한다. 계산된  $dx, dy$ 의 합에 의하여 방향을 나타내는 벡터를 구한다. 특징점에 대한 주방향은  $360^\circ$  방향으로 방향 윈도우(Orientation Window)를 회전하여 검색하며, 슬라이딩된 방향 윈도우 안에서 수직, 수평 성분의 방향 벡터를 계산한다. 이때 방향 윈도우를  $90^\circ$ 로 확장하여  $60^\circ$ 를 사용할 때보다 많은 정보를 획득하여 정확한 주방향을 계산한다. 그림 2는  $90^\circ$ 로 확장한 방향 윈도우를 사용하여 결정된 주방향을 나타내고 있다.



그림 2.  $\pi / 2$  크기의 방향 윈도우  
Fig.2. Orientation window with size of  $\pi / 2$

2. 기술자의 차원 축소

정확하면서 회전에 강인한 특징점 기술자를 추출에는 많은 계산량이 필요하다. 기존의 SURF 알고리즘의 기술자는 64 차원의 기술자로 정확하게 특징점을 찾는 성능은 우수하나 연산량이 많아 모바일 환경에는 적합하지 않다. 하지만 모바일 환경에 적합한 영상 정합을 위해서는 특징점 기술자의 연산량을 효과적으로 줄일 수 있는 차원 축소가 필요하다[10].

특징점 기술자의 차원 축소는 주방향을 탐지하기 위해 사용된 스케일 정보 's'와 확장된 방향 윈도우를 통해 계산된 주방향 벡터를 사용한다. 특징점을 중심으로  $15s$ 의 사각형 윈도우를 구성한다.

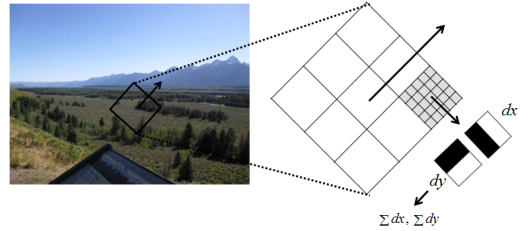


그림 3. 특징점 기술자의 차원 축소  
Fig.3. Reduction of dimension in feature descriptors

이 때 사각형 윈도우의 방향은 특징점을 중심으로 주방향에 따라 위치시킨다. 관심영역은 그림 3과 같이  $3 \times 3$ 부분 영역으로 분할된 사각형 영역으로 한다.  $3 \times 3$ 으로 분할된 영역을 다시  $5 \times 5$ 의 서브 윈도우로 나눈다. 생성된 서브 윈도우에서 규칙적으로 샘플링한 하 웨이블릿 응답을 계산한다. 수식(6)과 같이 두 개의 특징 벡터를 만들어냄으로써 분할된 영역당 18차원( $3 \times 3 \times 2$ )의 벡터를 기술자로 얻게 된다.

$$V_{sub} = [ \sum dx, \sum dy ] \tag{6}$$

이때 수직 방향(dx)과 수평 방향(dy)의 하 웨이블릿 응답에 대한 합을 구한다. 방향 윈도우 확장과 기술자의 차원 축소로 영상의 크기와 회전에 강인하면서도 연산량을 감소시켜 정확하면서도 모바일 환경에 적합한 특징점 기술자를 생성할 수 있다.

3. 라플라시안 부호를 사용한 정합

영상에서 중첩된 부분이 있다면 중첩된 부분이 가지고 있는 특징점은 유사할 수 있다. 즉 중첩된 부분을 정합시키기 위해서는 추출된 특징점과 대응되는 점을 찾기 위한 특징점 정합과정이 필요하다. 각 영상의 특징점을 서로 비교하여 가장 유사한 특징점과 서로 정합을 시킨다. 기술자 생성과 유사하게 특징점 정합에서 각 영상에 존재하는 특징점이 많을수록 계산량이 증가하게 되어 속도가 느려지게 된다. 특징점간의 유사도를 측정하기 위해 고속 헤이시안 검출기에서 사용하였던 헤이시안 행렬의 내각합(Trace)을 비교하여 라플라시안 부호를 얻을 수 있다. 정합시 라플라시안 부호의 비교를 통해 별도의 계산 없이 속도를 향상시킬 수 있다. 수식(7)은 근사화된 헤이시안 행렬의 내각합을 나타낸다.

$$Tr(H_{app}) = D_{xx} + D_{yy} \tag{7}$$

그림 4에서 라플라시안 부호는 영상의 특징점이 주변에 비해 어두운 부분인지, 밝은 부분인지를 구별할 수 있는 기준이 된다. 어두운 부분은 대각합이 양수임을 의미하고 밝은 부분은 대각합이 음수임을 의미한다. 두 특징점에 해당하는 대각합이 같은 부호이면 같은 유사한 특징점으로 판단하여 기술자 정합을 진행하고, 그렇지 않으면 유사하지 않은 특징점으로 판단하여 기술자 정합을 수행하지 않아 빠르게 특징점을 정합할 수 있다.

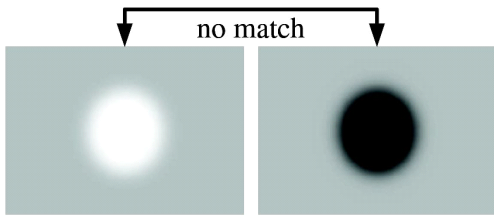


그림 4. 라플라시안 부호를 이용한 정합  
Fig.4. Feature matching using Laplacian

#### 4. 정합점 분류

영상 정합을 수행하기 위해서는 각각의 영상에서 추출된 정합점을 사용하여 변환 행렬을 생성한다. 이때 모든 정합점을 활용하여 변환 행렬을 생성하면 영상 정합 속도가 저하된다. 영상 정합은 두 영상에서 중첩된 부분을 연결하는 것이므로 밀집되어 있는 정합점만을 활용하여 변환 행렬을 생성하면 효율적인 영상 정합을 수행할 수 있다. 따라서 수식 (8)과 수식 (9)과 같이 정합점 분류 기법을 통하여 변환 행렬에 사용할 정합점을 선택한다.

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 \quad (8)$$

$$G = \begin{cases} 1, & N > T_N \text{ and } s > T_s \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

여기서  $s$ 는 정합점의 밀집도를 나타내고,  $N$ 은 분할된 윈도우 안에 포함된 정합점의 개수를 나타낸다.  $X_i$ 는 정합점의 좌표( $x_i, y_i$ )를 의미하며,  $\bar{X}$ 는 분할 윈도우의 중심을 의미한다.  $T_N$ 은 분할 윈도우 안에 있는 정합점 개수에 대한 임계치를 나타내고,  $T_s$ 는 정합점들 간의 밀집도에 대한 임계치를 의미한다.  $G$ 는 정합점 선정 여부를 나타낸다. 정합점의 개수가 임계치 보다 적으면 정합점을 선택하지 않고, 반대로 임계치

보다 크면 정합점으로 선택한다. 또한 정합점간의 거리를 계산하여 밀집도를 추정하고 밀집도가 높은 정합점만을 선택하여 변환 행렬을 생성한다. 클러스터링 필터를 이용하여 정합점의 분포를 줄여 변환행렬을 생성하는 수행 속도를 향상시킬 수 있다.

### IV. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 제안한 방법을 모바일 환경에서 실험하기 위해 코어2듀어 (펜린) 1.4GHz, 메모리 2GB RAM인 Macbook 시스템을 사용하였으며, 운영체제는 Mac OS X Snow Leopard 환경에서 XCode 4.0.2에 iOS SDK 4.3을 이용한 시뮬레이터(Simulator)를 사용하여 실행 결과를 확인하였다. 그림 5는 사용된 시스템을 보여 주고 있다.

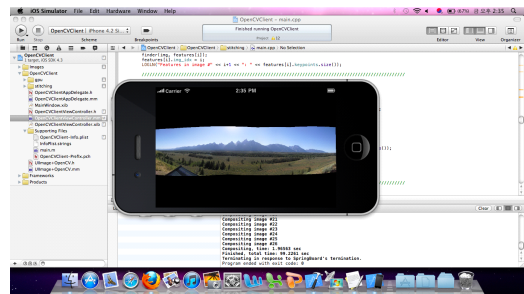
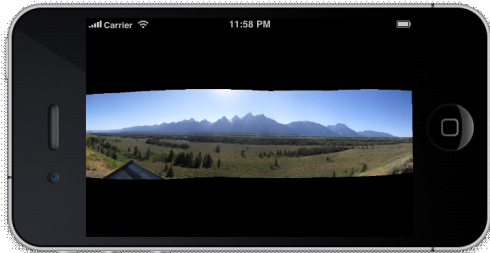


그림 5. 모바일 환경에서 영상 정합을 위한 개발 환경  
Fig.5. Development environment for image stitching on mobile environment

실험은 VisualSize에서 제공하는 영상 데이터 세트 (Image Data Set)를 사용하였다[17]. 영상에 따라 자연 경관 및 도심 경관, 단순한 영상 및 복잡한 영상 등으로 구성되어 있다. 그림 6 ~ 그림 9는 모바일 환경에서 기존의 SURF방법과 제안한 방법으로 영상을 정합한 결과를 보여주고 있다.



(a) Previous(SURF) method



(b) Proposed method

그림 6. 모바일 환경에서 영상 정합 비교(No.1)  
Fig. 6. A comparison for image stitching on mobile environment(No.1)

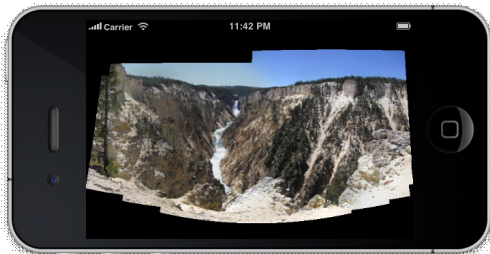


(a) Previous(SURF) method

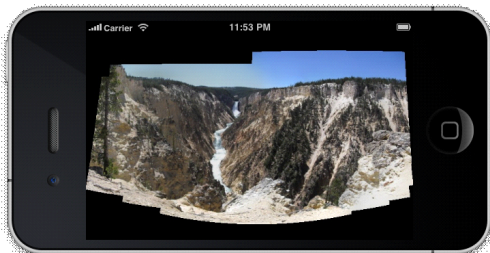


(b) Proposed method

그림 8. 모바일 환경에서 영상 정합 비교(No.3)  
Fig. 8. A comparison for image stitching on mobile environment(No.3)



(a) Previous(SURF) method

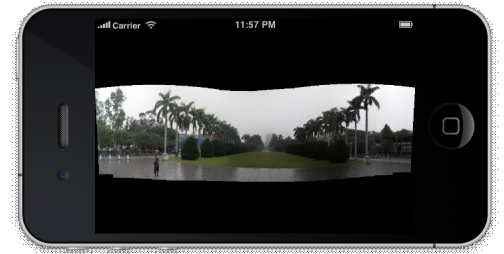


(b) Proposed method

그림 7. 모바일 환경에서 영상 정합 비교(No.2)  
Fig. 7. A comparison for image stitching on mobile environment(No.2)



(a) Previous(SURF) method



(b) Proposed method

그림 9. 모바일 환경에서 영상 정합 비교(No.4)  
Fig. 9. A comparison for image stitching on mobile environment(No.4)

모바일 환경에서 비교하였을 때 영상 정합 결과가 거의 유사한 것을 확인할 수 있다. 영상을 정합한 결과에 대해 객관적 차이를 보여주기 위해서 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하여 두 영상의 수치적 차이를 비교하였다. 일반적으로 30dB가 넘으면 두 영상의 차이를 눈으로 구분하기 어렵다. 내용기반 탐색으로 두 영상을 비교할 때는 11dB 이상이면 꽤 유사도한 영상으로 여긴다. 표1은 결과 영상에 대한 PSNR을 보여주고 있다.

표 1. PSNR 비교 (dB)  
Table1. A comparison for PSNR (dB)

	No.1	No.2	No.3	No.4
PSNR	26.90	25.53	27.50	25.81

표1의 결과에서 알 수 있듯이 두 영상간의 차이는 확인하기 어려운 정도의 차이를 보임으로 두 영상이 매우 유사함을 알 수 있다. 또한 기존의 SURF 방법을 이용한 영상 정합과 제안한 방법의 속도를 비교하였다. 성능 평가를 위해서 정합점 추출 시간(MT)과 전체 영상 정합 시간(ST)을 측정하였다.

표 2. 영상 정합 시간 비교 (sec)  
Table2. A comparison of image stitching (sec)

		No.1	No.2	No.3	No.4
Previous	MT	27.13	46.86	27.59	12.63
	ST	116.69	142.08	76.65	48.65
Proposed	MT	22.22	28.98	20.11	10.80
	ST	105.39	126.97	66.00	41.41

표2는 모바일 환경에서 기존의 방법과 제안한 방법의 수행 속도를 비교를 나타내고 있다. No.1 영상에서 기존의 방법보다 제안한 방법이 정합점 정합 시간에서 18.1% 감소하였고, 영상 정합 시간에서는 9.7% 감소하였다. 다른 영상에도 No.1 영상의 결과 처리 정합점 추출 시간 및 전체 영상 정합 시간이 단축된 것을 확인할 수 있다.

실험 결과에서 알 수 있듯이 특징점 기술자의 연산량이 감소 및 모바일에 적합한 정합점 분류 방법을 통하여 영상 정합 수행 속도가 향상되었다. 또한 정합한 영상을 비교하여도 자연스러우면서도 유사한 결과를 보여주고 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서 제안한 방법은 확장된 방향 윈도우를 통하여

정확한 방향 정보를 획득하고 특징점 기술자의 차원을 효율적으로 줄여 연산량을 감소시켜 정합점을 찾는 시간이 감소되었다. 또한 모바일에 적합한 정합점 분류 방법으로 영상 정합 시간을 단축시킬 수 있었다. 따라서 제안한 방법에 모바일에 적합한 영상 정합을 수행함을 알 수 있었다.

본 연구를 통하여 제안된 방법과 검색 기법을 활용하면 모바일 환경에서 영상을 빠르게 검색할 수 있을 것이다. 향후 연구 과제로는 실시간 정합된 영상으로 부터 객체를 추적 및 감시 등과 같은 상황 관제에 대한 연구 및 자동차 등과 같은 산업에 활용하는 연구가 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] G. Takacs, V. Chandrasekhar, N. Gelfand, Y. Xiong, W. Chen, T. Bismpiagiannis, R. Grzeszczuk, K. Pulli, and B. Girod, "Outdoors Augmented Reality on Mobile Phone Using Loxel-Bbased Visual Feature Organization", Proc. of the 1st ACM international conference on Multimedia Information Retrieval, New York, NY, USA, pp. 427-434, Oct. 2008.
- [2] W. Chen, Y. Xiong, J. Gao, N. Gelfand, and R. Grzeszczuk, "Efficient Extraction of Robust Image Features on Mobile Devices", Proc. of the 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Washington, DC, USA, pp. 1-2, Nov. 2007.
- [3] Y. Xiong, K. Pulli, "Fast Image Stitching and Editing for Panorama Painting on Mobile Phones", IEEE International Workshop on Mobile Vision in Conjunction with CVPR'2010 (IWMV2010), San Francisco, USA, pp. 298-306, June 18, 2010.
- [4] D. Chen, S. S. Tsai, V. Chandrasekhar, G. Takacs, J. Singh, and B. Girod, "Robust Image Retrieval Using Multiview Scalable Vocabulary Trees", in Visual Communications and Image Processing, Majid Rabbani and Robert L. Stevenson, Eds., vol. 7257, pp. 72570V, Jan. 2009.
- [5] R. Szeliski, "Image Alignment and Stitching: A Tutorial", Preliminary draft, Jan. 2005.

- [6] P. F. McLauchlan, A. Jaenicke, "Image Mosaicing Using Sequential Bundle Adjustment", *Image Vision Computer*, vol. 20, no. 9-10, pp. 751-759, Aug. 2002.
- [7] J. P. Snyder, "Geometry of Mapping Satellite", *PE&RS*, vol. 48, no. 10, pp. 1593-1602, Oct. 1982.
- [8] R. Szeliski, "Image Alignment and Stitching: A Tutorial", Technical Report, MSR-TR-2004-92, Microsoft Research, Dec. 2004.
- [9] Y. Xiong and K. Pulli, "Gradient Domain Image Blending and Implementation on Mobile Devices", In *MobiCase*, Oct. 2009.
- [10] S. Rhee, "Efficient Image Stitching Using Fast Feature Descriptor Extraction and Matching", *KIPS Transactions on Computer and Communication Systems*, Vol.2, No.1, pp. 65-70, Jan. 2013.
- [11] C. Tang and Y. Dong, "Automatic Registration based on Improved SIFT for Medical Microscopic Sequence Images", *Second International Symposium on Intelligent Information Technology Application*, vol. 1, pp. 580-583, Dec. 20-22, 2008.
- [12] Y. Ke and R. Sukthankar, "PCA-SIFT: A More Distinctive Representation for Local Image Descriptors", *Proc. Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 511-517, June 27-July 2, 2004.
- [13] H. Bay, T. Tuytelaars, "SURF: Speeded Up Robust Features", *Computer Vision and Image Understanding (CVIU)*, vol. 110, no. 3, pp. 346-359, June 2008.
- [14] M. Brown, D. Lowe, "Invariant Features from Interest Point Groups", In *BMVC*, Sep. 2-5, 2002.
- [15] T. Schenk, *Digital photogrammetry*, vol. 1, Terrascience, 1999.
- [16] P. Viola, M. Jones, "Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Feature", In *CVPR(1)*, pp. 511-518, Dec. 8-14, 2001.
- [17] *Image Data Set*, <http://www.visualsize.com/>

## 저 자 소 개



### 박 진 양

1982: 단국대학교 전자공학과 학사.  
1984: 단국대학교 전자공학과 공학석사.  
1997: 단국대학교 전자공학과 공학박사.  
현 재: 인하공업전문대학

컴퓨터정보과 교수

관심분야: 컴퓨터시스템, 디지털시스템,  
지능형로봇, 영상처리,  
모바일플랫폼

Email: jinyang@inhatc.ac.kr



### 안 효 창

2003: 상지대학교 전자계산학과 이학사.  
2006: 단국대학교 전자컴퓨터공학과 공학석사.  
2012: 단국대학교 전자컴퓨터공학과 공학박사.  
현 재: 단국대학교 미디어콘텐츠연구원

선임연구원

관심분야: 영상처리, 컴퓨터비전,  
임베디드시스템, 모바일플랫폼

Email: youcu92@empas.com