

단일 영상에서 안개 제거 방법을 이용한 객체 검출 알고리즘 개선

안효창*·이용환**†

*극동대학교 에너지IT학과, **†원광대학교 디지털콘텐츠공학과

Enhancement of Object Detection using Haze Removal Approach in Single Image

Hyochang Ahn* and Yong-Hwan Lee**†

*Department of Smart & PhotoVoltaic Convergence, Far East University

**†Department of Digital Contents, Wonkwang University

ABSTRACT

In recent years, with the development of automobile technology, smart system technology that assists safe driving has been developed. A camera is installed on the front and rear of the vehicle as well as on the left and right sides to detect and warn of collision risks and hazards. Beyond the technology of simple black-box recording via cameras, we are developing intelligent systems that combine various computer vision technologies. However, most related studies have been developed to optimize performance in laboratory-like environments that do not take environmental factors such as weather into account. In this paper, we propose a method to detect object by restoring visibility in image with degraded image due to weather factors such as fog. First, the image quality degradation such as fog is detected in a single image, and the image quality is improved by restoring using an intermediate value filter. Then, we used an adaptive feature extraction method that removes unnecessary elements such as noise from the improved image and uses it to recognize objects with only the necessary features. In the proposed method, it is shown that more feature points are extracted than the feature points of the region of interest in the improved image.

Key Words : Haze Image, Haze Removal, Object Detection, Feature Matching

1. 서 론

최근에는 자동차의 기술의 발달과 더불어 안전 운전을 보조하는 스마트 시스템 기술이 발달하고 있다. 카메라를 통한 단순한 녹화하는 방식의 블랙박스 기술을 넘어 다양한 컴퓨터 비전 기술을 융합한 지능형 시스템을 발전하고 있다. 카메라 영상에서 객체를 검출하는 것은 컴퓨터 비전 분야에서 연구가 활발하게 진행되고 있는 분야이다. 일반적으로 컴퓨터 비전에서 처리되는 영상은 외부

의 환경요인을 고려하지 않고 연구되어 실험실과 같은 환경에서 최적의 성능을 발휘한다. 그러나 대부분의 영상들은 날씨와 같은 외부 요인을 가지고 있는 영상을 통해 실험을 수행하면 좋지 못한 결과를 보여주게 된다[1,2]. 대부분의 객체 검출 방법은 관심 영상에서 특징점을 추출하고 매칭되는 특징점을 인식하여 객체를 검출한다. 실내 환경이 아닌 실외 환경에서 얻은 영상은 날씨, 역광 등의 외부 요인으로 인해 영향을 받는다[3,4]. 특히 안개, 비와 같은 흐린 날씨에 영향을 많이 받으며, 영상을 획득 시 화질이 저하되는 것을 알 수 있다. 날씨에 의한 영상의 열화는 카메라를 이용한 영상 시스템 또는 감시 시스템

†E-mail: hwany1458@empal.com

의 성능에 심각한 문제를 야기할 수 있다. 특히, 안개(Haze)는 빛의 산란 및 감쇠를 유발하여 주변 지역의 색상을 모두 비슷하게 만들어 색상 채도를 매우 어렵게 만들어 객체의 모양을 구분하기 어렵게 만든다[5,6]. 따라서 물체의 색상이나 움직임을 기반으로 물체를 탐지하고 추적하는 비전 기술의 성능은 매우 낮다. 따라서 본 논문에서는 기상 요인으로 인해 열화된 영상을 개선하여 가시성을 회복하고 재구성된 영상에서 물체를 검출하고 추적 할 수 있는 개선된 물체 인식 방법을 제안한다.

본 논문의 나머지 부분의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 영상에서 안개를 제거하는 방법 및 객체 검출 방법과 관련한 연구를 간략하게 소개한다. 3장에서는 제안한 방법인 단일 영상에서 안개를 제거하는 방법과 안개가 제거된 영상에서 객체를 검출하는 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 제안한 방법의 성능 평가를 위한 실험 및 결과를 보여준다. 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 과제를 제시한다.

2. 관련 연구

최근 단일 영상에서 안개를 제거하기 위한 방법에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 대부분의 안개 제거 방법은 다양한 통계적 또는 물리적 속성을 사용하여 대비를 향상시키는 방법으로 연구되고 있다. 안개를 가지고 있는 영상은 빛 흡수 및 산란으로 인해 다양한 대기 감쇠 요인을 내재하고 있다[1,3]. 안개를 가지고 있는 영상의 중요한 문제는 고주파 성분의 손실로 인하여 영상의 희미해지고 이로 인해 시인성의 감소되는 것이다. 또한 안개는 카메라와의 거리에 따라 전경과 배경을 모호하게 하고, 색상을 희미하게 만든다[4]. 따라서 채도를 낮아 객체의 모양을 구분하기 힘들다. 영상에서 안개를 제거하기 위해 초기에는 단순히 영상의 대비도를 개선시킴으로써 배경과 객체의 구별을 명확하게 하는 방법을 사용하였다. 그러나 단순한 대비도 개선 방법은 효율적이지 못하다. 따라서 많은 연구자들이 여러 영상을 사용하거나 외부 장치를 사용하여 방법들을 제안하였다. 안개를 제거하기 위한 방법은 두 가지 연구 방향으로 분류할 수 있다[3]. 첫 번째는 대비도 향상을 기반으로 하는 방법이고, 두 번째는 영상 화질 복원을 기반으로 하는 방법이다.

대비도를 개선하는 전통적인 알고리즘은 감마 보정, 히스토그램 평활화 등의 방법이 있다[1,5]. 이와 같은 방법은 전체 영상의 근사적인 대비도를 재설정한다. 안개에 의해 화질이 감소된 부분에 대해 대비도를 크게 하여 영상을 개선한다. 대비도 향상에 기반한 대표적인 방법은 히스토그램 평활화 방법이다. 히스토그램 평활화는 색상 자체가

가지고 고유한 값을 갖지 못할 수도 있지만, 영상의 대비를 크게 하는 방법으로 안개를 제거하는 방법이다[7,8,9]. 영상 복원 기반의 방법은 영상의 화질이 감소되는 패턴을 추정하기 위해 물리적 모델을 사용하는 방법으로 이를 통해 영상의 대비를 개선한다[7]. 또한 장면의 거리, 그림자와 전송 간의 상관 관계, 경험적 가정 및 적절한 장면의 특성과 같은 추가 정보를 사용하여 결과를 개선하는 방법도 있다.

초기 영상 복원 기법은 별도의 추가 정보를 활용하여 사용하였다. 객체와 카메라 사이의 거리에 따라 안개는 전경과 객체에 영향을 미치는 것이 상이하다. 영상의 깊이 정보에 따라 화질이 저하되는 것에 차이가 생기게 된다[2,3]. 따라서 다양한 안개 조건에서 여러 영상을 사용하여 깊이 정보를 계산하는 방법을 사용한다. 이 방법은 여러 날씨 및 시간 조건 하에서 동일한 장면의 여러 사진을 찍을 것을 요구한다. 그러나 실제 응용에서 이와 같은 조건의 이미지를 얻는 것은 쉽지 않다. 또 다른 다중 영상을 이용하는 방법 중 하나는 편광된 빛을 사용하는 것이다[8,9]. 차이점은 두 개 이상의 편광 필터가 사용된다는 것이다. 각각의 편광 필터에 의해 획득된 이미지는 안개에 대해 상이한 편광도를 나타낸다. 이 방법은 객체에 직접 전달되는 극성뿐만 아니라 대기광으로 편광 되도록 보장한다[5,6]. 그러나 이 같은 방법도 실제 활용하기에는 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 단점을 보완하기 위해서 단일 이미지에서 깊이 정보를 계산하고 이를 통해 안개를 제거하는 방법을 연구하기 시작하였다. 단일 영상에서 깊이 정보를 직접 측정하고 추정하는 것은 어렵고 정확성도 떨어지는 부분이기 때문에 안개를 가지고 있는 영상의 통계적 특성과 광학 모델을 이용한 투과 방법, 대기의 빛을 측정하는 방법을 연구하고 있다.

또한 복원된 영상에서 배경 영역을 분리하고 객체를 정확하게 검출하기 위해서 객체의 특징점을 이용하는 방법이 있다[10,11]. 주로 얼굴 인식, 객체 추적 등에 특징점을 이용한 방법들이 응용되었고, 일반적으로 사용되는 객체 특징점을 추출하는 알고리즘은 SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 와 SURF(Speeded Up Robust Feature) 등이 있다[12,13].

SIFT와 SURF는 영상에서 특징점을 찾고 이를 통해 매칭하는 특징을 가지고 있다[14]. 특징점 추출면에서는 SIFT가 더 좋으나 연산량이 많아 느린 단점을 가지고 있다[15,16]. 반면 SURF는 가우시안 2차 미분을 통한 근사화된 헤이시안 행렬을 사용하여 빠르면서도 강한 특징점 추출이 가능하다. 그러나 실시간 처리에는 SURF도 연산량이 많아 특징점 차원을 줄이는 것이 필요하다.

본 논문에서는 안개에 대한 깊이 정보를 활용한 중간

값 필터를 적용하여 연산의 속도를 높이는 방법을 제안한다. 또한 객체 검출에 효율적인 SURF 알고리즘을 개선하여 특징점 차원을 줄인 방법을 제안한다.

3. 제안한 방법

3.1 단일 영상 안개 제거

실내가 아닌 경우 날씨의 영향에 따라 영상의 가시성을 확보하기 어렵다. 특히 영상에 안개가 있는 경우는 더욱 가시성을 확보하기 어려워 객체의 형태나 색상을 구분하기 어렵다. 또한 안개에 있는 영상에서는 객체의 색상 정보와 경계선 정보를 감소시켜 다양한 컴퓨터 비전 알고리즘을 적용하기 어렵다. 따라서 안개를 가지고 있는 영상에 컴퓨터 비전 알고리즘을 적용하기 위해서는 안개를 제거하는 방법을 사용하여 영상의 시인성을 향상시키는 것이 필요하다. 단일 영상에 포함된 안개를 제거는 안개 모델링 공식을 사용하며, 방법은 수식(1)과 같다.

$$I(x) = J(x)t(x) + A(1 - t(x)) \quad (1)$$

여기서 $I(x)$ 가 획득된 이미지이고, A 는 안개의 밝기의 정도이며, $t(x)$ 는 산란없이 카메라로 전송되는 빛의 양이다. $J(x)$ 는 원본 이미지의 밝기 값이다. 따라서 입력 영상 $I(x)$ 로부터 A , $t(x)$, $J(x)$ 를 계산하여 안개를 제거할 수 있다. $t(x)$ 는 1보다 작은 값을 갖기 때문에, 획득된 영상의 밝기는 안개가 없는 선명한 영상과 안개의 양의 조합으로 볼 수 있다. 안개가 제거된 영상에서 하나의 픽셀 값을 검사할 때, RGB 채널 중 하나가 매우 어두운 값을 갖는다. 즉, 특정 영역에는 매우 작은 값을 갖는 값이 하나 이상 존재하며 수식(2)로 표현된다.

$$J^{dark}(x) = \min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_{c \in \text{rgb}} J^c(y) \right) \approx 0 \quad (2)$$

수식(2)에서는 $J^{dark}(x)$ 는 다크 채널 정보(Dark Channel Prior)를 나타내며, J_c 는 입력 영상 J 의 각 채널을 의미하며, Ω 는 점 x 를 중심으로 한 일정 영역을 나타낸다. 안개가 없는 영상에서 위의 수식으로 얻은 이전의 다크 채널 정보는 대부분의 영역에서 0의 값을 갖는다. 안개가 많은 영상의 경우, 다크 채널 정보는 안개의 밝기로 인해 밝은 값을 갖습니다. 이전의 다크 채널 정보는 A 의 비율이 증가함에 따라 안개가 두꺼워짐에 따라 더 밝은 값을 갖는다. 따라서 안개의 밀도는 수식(2)로부터 획득된 다크 채널 정보를 사용하여 예측하고 전달량을 계산할 수 있다.

전달량은 단순히 계산할 수 있다. 안개가 없는 영상에서 다크 채널 정보는 RGB 채널에서 0으로 수렴하므로

$J^{dark}(x) \approx 0$ 이라 놓을 수 있다. 따라서 다음과 같이 수식(3)으로 변형함으로써, 미지 정보인 $J(x)$ 를 제거할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_{c \in \text{rgb}} \left(\frac{I^c(y)}{A^c} \right) \right) \\ &= t(x) \times \min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_{c \in \text{rgb}} \left(\frac{J^c(y)}{A^c} \right) \right) + 1 - t(x) \end{aligned} \quad (3)$$

수식(3)에서 $J^{dark}(x) \approx 0$ 을 설정할 수 있기 때문에, 수식(4)의 오른쪽 부분의 $J(x)$ 의 부분을 0으로 설정할 수 있다. 따라서, 전달량 $t(x)$ 는 간단하게 1에서 안개 값으로 정규화된 다크 채널 정보를 뺀 값과 같다.

$$t(x) = 1 - \min_{y \in \Omega(x)} \left(\min_{c \in \text{rgb}} \left(\frac{I^c(y)}{A^c} \right) \right) \quad (4)$$

그러나 수식(4)로부터 얻은 계산된 값은 로컬 간격에서 최소값을 얻음으로써 얻어지기 때문에, 획득된 이미지의 경계와 일치하지 않는 전달량이 얻어진다. 따라서 이것을 그대로 사용하면 후광 효과 등의 현상이 발생합니다. 이 문제를 해결하기 위해 매칭(Mating) 알고리즘을 적용한다. 전경과 배경을 매칭하는 것은 안개가 있는 영상에 대한 모델링 표현식과 매우 유사하기 때문에, $t(x)$ 가 주어진 트라마프(Tri-map)이라고 가정할 때 원본 영상의 경계 정보에 $t(x)$ 를 일치시킬 수 있다. 매칭 기법은 매우 큰 행렬을 사용하므로 메모리 사용량이 많아지고 계산 속도가 느릴 수 있다. 따라서, 매칭을 사용하지 않고 영상의 경계 정보를 매칭할 필요가 있다. 이 논문에서는 윈도우($N \times N$)의 최소값 대신 중간 필터를 사용하여 큰 에지를 그대로 유지하면서 경계 매칭 프로세스를 부드럽게 처리하여 매칭 기법을 생략하고 복원 시간을 단축시켰다. 전달량 맵을 구하는 식은 수식(5)와 같이 표현된다.

$$t(x) = 1 - \omega * \text{med}_{y \in \Omega(x)} \left(\min_{c \in \text{rgb}} \left(\frac{I^c(y)}{A^c} \right) \right) \quad (5)$$

계산된 $t(x)$ 와 다크 채널 정보에서 가장 밝은 픽셀 값으로부터 선택된 안개값 A 와 원본 영상의 $J(x)$ 를 얻을 수 있다. 이 때, $t(x)$ 의 값이 작으면, 복원된 $J(x)$ 는 매우 큰 잡음을 가질 수 있으므로, 임계값을 부여함으로써 잡음을 제거할 수 있다. 따라서 최종 복원 수식은 다음과 같습니다.

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{\max(t(x), t_0)} + A \quad (t_0 = 0.1) \quad (6)$$

3.2 객체 인식

SURF는 크기와 회전에 불변한 특징점을 사용하여 관심 객체를 빠르게 검출하는 방법으로 영상 매칭에 적합한 알고리즘이다. SURF는 영상 피라미드를 사용하여 영상을 처리하는 특징을 가지고 있기 때문에 크기 변화에도 강한 특성을 가지고 있다. SURF의 관심 지점은 다음 단계를 통해 얻어진다. 모든 직사각형 영역의 계산 속도를 증가시키기 위해 입력 영상 $I(x, y)$ 에서 각 점 $X = (x, y)$ 에서 적분 영상을 먼저 계산한다. 스케일된 값 σ 에 대해, 관심있는 후보들을 검출하기 위해 영상 $I(x, y)$ 의 포인트 $X = (x, y)$ 에서 헤이시안 행렬식을 적용한다. 헤이시안 행렬식은 수식(7)과 같다.

$$H(X, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(X, \sigma) & L_{xy}(X, \sigma) \\ L_{xy}(X, \sigma) & L_{yy}(X, \sigma) \end{bmatrix} \quad (7)$$

$L_{xx}(X, \sigma)$, $L_{xy}(X, \sigma)$ 및 $L_{yy}(X, \sigma)$ 는 가우시안 2차 미분에 의해 얻어진 값이다. 가우시안 2차 미분을 사용하여 근사화된 필터를 근사 필터는 가우스 2 차 미분을 통해 D_{xx} , D_{xy} 및 D_{yy} 로 나타낼 수 있다. 헤이시안 행렬식은 수식 (8)을 사용하여 계산된다.

$$\det(H_{app}) = D_{xx}D_{yy} - (\omega D_{xy})^2 \quad (8)$$

영상 피라미드를 생성하여 크기 변화에 강한 특징점을 추출한다. 영상 피라미드에는 9×9 , 15×15 , 21×21 및 27×27 필터를 적용하여 헤이시안 행렬을 계산하여 특징점을 추출한다.

정확하면서도 강한 특징점을 정합하기 위해서는 많은 계산량이 필요하다. 따라서 기존의 64차원 특징점 기술자의 차원을 줄여 효율적인 매칭을 수행하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 관심영역을 3×3 으로 분할하고 분할된 각 영역을 다시 5×5 로 서브 윈도우로 분할한다. 생성된 서브 윈도우에서 생성된 기술자의 차원은 18차원으로 계산량이 많이 줄어드는 효과를 가지게 된다.

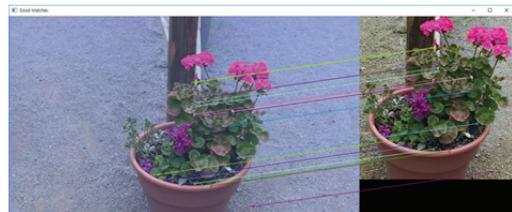
$$V_{sub} = \left[\sum dx, \sum dy \right] \quad (9)$$

이를 통해 하 웨이블릿 응답에 대한 합을 계산하다. 기술자의 차원 축소로 강한 특징을 가지면서도 효율적인 특징점을 추출하고 매칭할 수 있다.

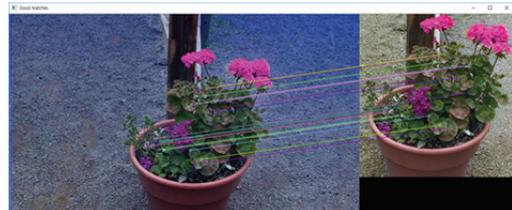
4. 실험

제안 방법의 성능 평가를 위해 다양한 이미지 데이터에 알고리즘을 적용하여 실험한다. 구현 환경은 i5 1.6GHz 코어 및 8GB RAM 사양의 Windows 10 환경에서 Visual Studio 2017을 사용하여 구현하였다. 실험은 제안한 알고리즘을 적용하기 전과 후에 특징점 수를 측정하여 평가하였다.

Fig 1은 제안한 방법을 사용하여 안개를 가지고 있는 영상과 제안한 방법을 통해 가시성이 복원된 영상에서 관심 객체에 대한 특징점 추출 및 매칭 결과를 보여준다. 또한 관심 객체에서 추출된 특징점과 대응되는 특징점을 찾고 정합점을 서로 연결하여 정합 위치를 보여주고 있다.



(a) Matching feature for interest object in hazy image



(b) Matching feature for interest object in de-hazed image

Fig. 1. Result of pairwise matching in image 1.

Fig 2는 제안한 방법을 적용하기 전과 후의 영상과 관심 객체와의 특징점 정합 개수를 보여주고 있다.

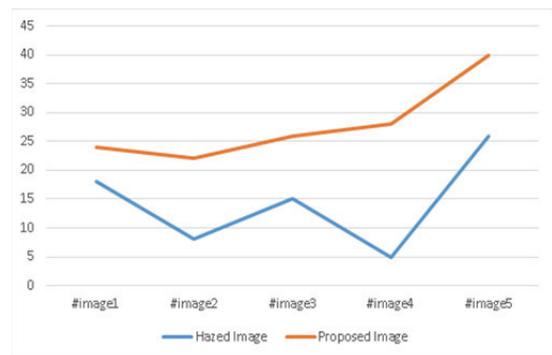


Fig. 2. Number of pairwise matching features.

그림에서 나타나듯이, 안개 등과 같은 요인으로 영상의 화질이 저하되면, 그에 따라 정합되는 특징점의 개수가 줄어든 것을 알 수 있다. 정합 되는 특징점의 개수가 적게 되면 객체를 인식할 정보가 부족하여 객체를 찾는 것이 어려워진다. 따라서 제안한 방법으로 화질이 저하된 영상에서 중간 값 필터를 사용 안개를 제거하여 영상을 복원시킨 후, 관심 영역에 대한 인식을 수행하면 정합되는 특징점이 많아 정확한 객체 인식이 가능하다.

5. 결 론

본 논문에서는 안개를 가지고 있는 영상에서 중간 필터를 사용하여 안개를 제거하고 영상을 복원하여 객체를 검출하는 방법을 제안하였다. 관심 영역에서 객체를 검출을 수행할 때, 기존의 방법보다 많은 특징점이 추출되어 객체 검출 및 매칭이 효과적인 것을 실험하였다. 실험 결과, 제안 알고리즘은 객체를 빠르고 효율적으로 인식할 수 있음을 검증하였다.

향후 연구는 스마트카 같은 다양한 영상 기반 지능 시스템에서 충돌 및 위험 요소를 탐지하는 기술의 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호: 2018R1A2B6008255).

참고문헌

1. He, K., Sun, J., & Tang, X., "Single image haze removal using dark channel prior", *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 33(12), pp.2341-2353, 2011.
2. Tan, R. T., "Visibility in bad weather from a single image", In *Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2008*, pp.1-8, 2008.
3. Gadnayak, K. K., Panda, P., & Panda, N., "Haze Removal: An Approach Based on Saturation Component", In *Intelligent Computing, Communication and Devices*, pp.281-287, 2015.
4. Lee, J. W., & Hong, S. H., "Real-time Haze Removal Method using Brightness Transformation based on Atmospheric Scatter Coefficient Rate and Local Histogram Equalization", *Journal of Korea Multimedia Society*, 19(1), pp.10-21, 2016.
5. Narasimhan, Srinivasa G. and Shree K. Nayar., "Contrast restoration of weather degraded images", *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, Vol. 25, pp 713-724. June, 2003.
6. Narasimhan, Srinivasa G., and Shree K. Nayar., "Chromatic framework for vision in bad weather", *Computer Vision and Pattern Recognition, Proceedings, IEEE Conference on*, Vol. 1. pp 598-605, June, 2000.
7. Tarel, J. P. and Hautiere, N., "Fast visibility restoration from a single color or gray level image," in *Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV '09)*, pp. 2201-2208, Kyoto, Japan, 2009.
8. Gibson, K., Vö, D., & Nguyen, T., "An investigation in dehazing compressed images and video", In *OCEANS 2010 IEEE*, September, pp. 1-8, 2010.
9. Fattal, R., "Single image dehazing", *ACM transactions on graphics (TOG)*, 27(3), 72, 2008.
10. Ahn, H., & Lee, Y. H., "Performance analysis of object recognition and tracking for the use of surveillance system", *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 7(5), pp.673-679, 2016.
11. Lowe, D. G., "Distinctive image features from scale-invariant key-points", *International journal of computer vision*, 60(2), pp.91-110, 2004.
12. Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., & Van Gool, L., "Speeded-up robust features (SURF)", *Computer vision and image understanding*, 110(3), pp.346-359, 2008.
13. Stommel, M., & Herzog, O. Binarising, "SIFT-descriptors to reduce the curse of dimensionality in histogram-based object recognition", *Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, pp.320-327, 2009.
14. Ahn, H. C., & Rhee, S. B., "Fast Image Stitching Based on Improved SURF Algorithm using Meaningful Features", *The KIPS Transactions: PartB*, 19(2), pp.93-98, 2012.
15. Mandle, P., & Pahadiya, B., "An Advanced Technique of Image Matching Using SIFT and SURF", *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(5), 2016.
16. K. Mikolajczyk, C. Schmid, "A performance evaluation of local descriptors", *PAMI27*, pp. 1615-1630, 2005.

접수일: 2018년 6월 25일, 심사일: 2018년 6월 25일,
게재확정일: 2018년 6월 25일