

논문 2016-11-41

소실점 추정 정확도 개선을 통한 SVM 성능 향상

(Performance Improvement of the SVM by Improving Accuracy of Estimating Vanishing Points)

안 상근, 서 태규, 전 광길, 조 중휘*

(Sang-Geun Ahn, Tae-Kyu Seo, Gwang-Gil Jeon, Joong-Hwee Cho)

Abstract : In this paper, we propose an improved single view metrology (SVM) algorithm to accurately measure the height of objects. In order to accurately measure the size of objects, vanishing points have to be correctly estimated. There are two methods to estimate vanishing points. First, the user has to choose some horizontal and vertical lines in real world. Then, the user finds the cross points of the lines. Second, the user can obtain the vanishing points by using software algorithm such as [6-9]. In the former method, the user has to choose the lines manually to obtain accurate vanishing points. On the other hand, the latter method uses software algorithm to automatically obtain vanishing points. In this paper, we apply image resizing and edge sharpening as a pre-processing to the algorithm in order to improve performance. The estimated vanishing points algorithm create four vanishing point candidates: two points are horizontal candidates and the other two points are vertical candidates. However, a common image has two horizontal vanishing points and one vertical vanishing point. Thus, we eliminate a vertical vanishing point candidate by analyzing the histogram of angle distribution of vanishing point candidates. Experimental results show that the proposed algorithm outperforms conventional methods, [6] and [7]. In addition, the algorithm obtains similar performance with manual method with less than 5% of the measurement error.

Keywords : Single-view metrology (SVM), Vanishing-point, Height measurement, Performance improvement, Robustness improvement

1. 서 론

컴퓨터비전 시스템을 이용한 물체 크기 측정은 3차원 영상 구현, 자동화, 감시 및 보안 등의 여러 분야에 응용되고 있으며, 최근 가상현실 (Virtual Reality) 연구가 활발히 진행되면서 3차원 영상 재구성에 대한 연구 또한 주목받고 있다. 3차원 영상의 정밀한 구성을 위해서는 2차원 영상 내 물체의 보다 정확한 크기 측정이 필요하다.

*Corresponding Author (joonghwee.cho@gmail.com)

Received: Sep. 19 2016, Revised: Nov. 8 2016,

Accepted: Nov. 8 2016.

S.G. Ahn, T.K. Seo, G.G. Jeon, J.H. Cho:
Incheon National University

※ 이 논문은 인천대학교 2015년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

기존 연구된 비전시스템을 이용한 물체 크기 측정 방법에는 카메라 속성을 이용하는 스테레오 비전 시스템 방법 [1-3]과 투시원근법을 이용하여 물체의 크기를 측정하는 방법 [4, 5]이 있다. 스테레오 비전 시스템 방법의 경우 보다 정확하고, 실시간 측정이 가능하다는 장점이 있는 반면 특정 장비에서 얻어진 정보를 필요로 하므로 추가 비용이 요구된다. 반면 투시원근법을 이용한 SVM (Single View Metrology) 물체 크기 측정 방법의 경우 일반 카메라로 얻은 영상으로도 측정이 가능하기 때문에 스테레오 비전시스템 방법에 비해 경제적으로 구현이 가능하다. SVM 방법의 경우 영상 내의 소실점, 초점거리 등의 정보를 이용하여 물체의 크기 측정을 수행하는데, 따라서 보다 정확한 크기 측정을 위해서는 소실점 및 초점거리가 정확하게 추정되어야 한다. 본 논문에서는 영상이 입력되었을 때 자동으로 소실점의 위치 및 초점거리를 추정하여

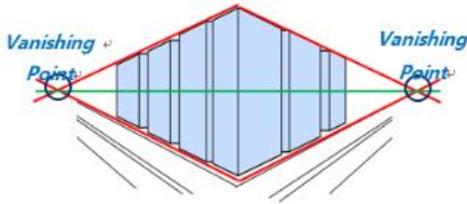


그림 1. 2점 투시도

Fig. 1 Two points projective

물체의 크기를 측정한다. 기존의 소실점 추정 알고리즘 [6-9]의 경우 입력 영상의 특성 및 해상도 등의 변인에 따라 성능이 크게 변하는 경우가 있었다. 특히 영상의 edge 성분을 추출하여 사용자가 임의로 임계값을 고정시켜 잡음을 제거하는 방법을 사용하여 입력 영상에 따라 크기 측정 성능에 많은 차이가 발생하고, 영상의 해상도에 의해서도 성능 차이가 크게 존재했다. 또한 수직 성분이 많은 영상의 경우 수직 방향 소실점이 2개가 추정되는 경우가 있어 물체 크기 측정이 불가능한 문제가 발생한다.

본 논문에서는 image resize를 전처리과정에 적용하여 입력 영상의 해상도에 따른 성능 차이를 완화하였으며, 영상 내 edge 크기의 히스토그램 분석을 통한 입력된 영상의 edge 특성에 따라 유동적으로 임계값을 설정할 수 있는 방법을 연구하여 입력 영상의 특성에 강인한 알고리즘을 연구하였다. 또한 edge sharpening 기법을 전처리 단계에 적용하여 알고리즘을 수행함으로써 소실점 추정 알고리즘의 성능을 향상시켰다. 마지막으로 수직 방향 소실점 후보 중 확률이 더 큰 후보를 수직방향 소실점으로 판단하고 반대 방향의 소실점을 후보에서 제외하는 방법을 제안하여 실제 위치와 무관한 소실점 좌표를 추정하는 경우를 제거하였다.

제안한 알고리즘의 기여를 확인하기 위하여 기존 제시된 알고리즘으로 추정된 소실점을 이용하여 물체 크기 측정 실험을 수행한 결과와의 측정 정확도를 실험을 통해 비교하였다.

II. 투시원근법을 이용한 물체 크기 측정

1. Single View Metrology (SVM) 개요

SVM 방법은 영상 내 물체들의 정보를 이용하여 3차원 이미지를 재구성하기 위해 제안된 방법이며, 3차원 재구성을 하기 위해서는 물체의 거리와 크기 정보를 추정해야 하며, 물체의 거리 및 크기 정보를



(a) 2차원 이미지

(b) 3차원 이미지

그림 2. 2차원 이미지에서 3차원 이미지로의 변환

Fig. 2 2D to 3D image transformation

알기 위해서는 영상의 소실점 및 소실선이 추정되어야 한다. 소실점은 현실에서 평행한 선분들의 교점이다. 영상에 따라 소실점이 1개 혹은 3개 존재할 수 있다. 그림 1과 같이 수평방향의 소실점이 두 개 존재할 때, 그 점을 연결한 선분을 소실선이라 한다. 소실선은 시야 높이 (촬영 높이)라 할 수 있다.

그림 2는 2차원 영상에 SVM 방법을 적용하여 3차원 이미지로 재구성한 것이다. 2차원 이미지에서 3차원 이미지로 재구성 할 때 영상 내 참조 물체의 크기를 가상으로 설정하고 이를 이용한 주변 물체의 거리 및 크기 정보를 추정하여 3차원 이미지를 재구성 할 수 있다. 3차원 이미지의 보다 정밀한 구성을 위해서는 영상 내 물체의 거리 및 크기 정보가 정확하게 추정되어야 한다.

기존의 SVM 크기 측정 연구에서는 사용자가 직접 영상 내 평행한 선분들을 선택하여 소실점 좌표를 추정한 후 크기 측정을 수행하였으며, 이후 소실점 좌표를 자동으로 추정할 수 있는 알고리즘이 개발되었다 [6-9]. 본 논문에서는 기존의 소실점 추정 알고리즘을 강인하게 향상시킴으로써 크기 측정을 보다 정확하게 수행할 수 있도록 하는 연구를 진행하였다.

2. 소실점 추정 알고리즘 개선

기존 알고리즘은 입력 영상의 해상도에 따라 소실점 추정 정확도에 차이가 생기며, 소실점 추정에 사용할 edge 중 잡음을 제거하기 위해 사용자가 임의로 지정한 일정 크기 이하의 edge를 잡음으로 제거한다. 따라서 입력되는 영상의 평균적인 edge크기가 달라짐에 따라 알고리즘 성능에 차이가 생겼다. 본 논문에서는 위의 문제점 등을 개선하기 위해 보다 입력 영상에 강인한 소실점 추정 알고리즘 연구를 진행하였다. 본 연구에서 진행된 알고리즘은 그림 3과 같다.

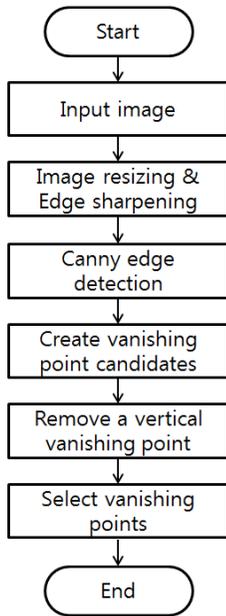
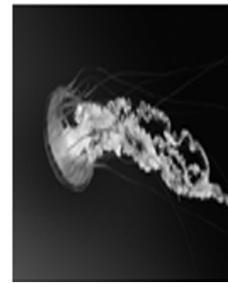


그림 3. 소실점 추정 알고리즘

Fig. 3 Estimating vanishing points algorithm

영상이 입력되면 일정 해상도로 resize함으로써 영상 해상도에 따른 성능 차이를 없앤다. 본 연구에서는 960x540으로 resize하여 진행하였다. 소실점 추정은 입력 영상의 edge 성분을 이용하여 각 edge 연장선의 교점을 소실점 후보로 정한다. 따라서 edge sharpening을 적용함으로써 edge 성분을 강화시켜 알고리즘 성능을 향상시킨다. 위와 같은 전처리 과정을 수행한 영상이 입력되면 소실점 후보를 찾기 위해 Canny edge 검출 [10]을 사용한다. 본 연구에서 Canny edge를 사용하는 이유는 그림 4와 같이 Sobel edge 알고리즘 [11]으로 검출할 경우 강한 edge 성분만 남아 검출된 edge 정보가 너무 적어 소실점 후보가 충분히 생성되지 않고, 그로 인해 정확한 소실점 추정이 불가능하다. 실제로 영상에서 소실점 후보 선택에 사용할 선분을 선택하는 과정에서 Canny edge를 사용한 경우가 Sobel edge를 사용했을 때 보다 약 3배 이상 많은 edge 후보를 생성함을 실험적으로 확인하였다. 보편적인 edge 검출 방법 중 Canny edge가 충분한 edge 성분 검출이 가능하다.

기존의 소실점 추정 방법의 경우 검출된 edge 성분 중 일정 크기 이하의 edge 성분은 잡음으로 판단하여 소실점 후보 생성에 사용하지 않았으나 edge 크기를 사용자가 고정시켜 인자로 넘겨주어



(a) 원본 이미지



(b) Canny edge 처리



(c) Sobel edge 처리

그림 4. Canny edge와 Sobel edge 비교

Fig. 4 Comparison of Canny edge and Sobel edge

특정 영상에서는 소실점 추정이 불가능한 경우가 발생한다. 이 때, edge의 크기는 edge 검출 후 연속적으로 이어진 픽셀의 수를 의미한다. 영상의 특성에 보다 강한 잡음 제거를 위하여 본 연구에서는 영상의 히스토그램을 분석하여 히스토그램의 상당수를 차지하는 작은 edge 성분은 잡음일 가능성이 크다고 판단하여 전체 edge 중 2%에 해당하는 크기의 edge를 사용하여 해당 edge들의 교차점을 소실점 후보로 생성한다.

위와 같은 방법으로 소실점 후보를 생성하면 그림 5와 같이 상하좌우의 4방향으로의 소실점 후보가 생성되는데 사용자가 고의로 카메라를 기울여 촬영하지 않을 경우 좌표축에서 크게 벗어나지 않는 범위에서 일반적으로 소실점이 존재하므로 논문에서는 좌표축 대비 $\pm 30^\circ$ 범위에 위치한 소실점들을 각 방향별 소실점 후보로 한다. 그림 6은 각도 분포를 히스토그램으로 나타낸 것이며, x축은 각도 index, y축은 해당 각도에 분포하는 소실점 후보의 수가 된다. 이 때, 소실점의 의미는 영상 내 모든 평행한 선분이 모이는 점을 의미하므로, 이상적으로 한 점에 모여야 하지만 실제 획득된 영상에서 잡음 및 왜곡 등에 의해 다소 차이가 생길 수 있다. 하지만 대부분의 점은 실제 소실점 근처에 생성

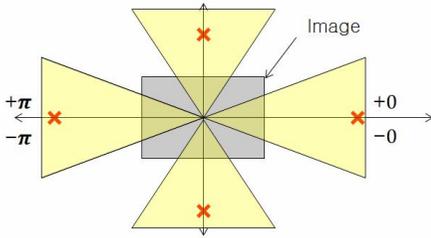


그림 5. 영상 내 소실점 후보 위치
Fig. 5 Position of vanishing points in an image

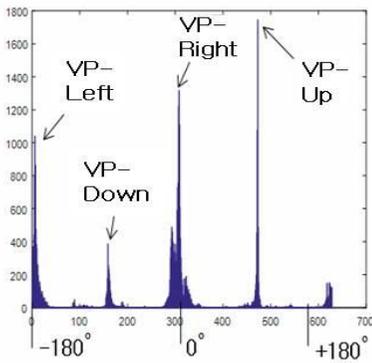


그림 6. 각도에 따른 소실점 후보 분포 히스토그램
Fig. 6 Histogram of vanishing points position by angle

될 것이고, 각도 분포 히스토그램 분석을 통해서 위치 별 가장 높은 확률로 분포하고 있는 각도 index 를 선택한다. 실제로 선택된 각도에서 약 $\pm 2^\circ$ 이내 에서 대부분의 소실점이 분포함을 확인 할 수 있다.

기존의 소실점 추정 알고리즘에서는 소실점 후보의 분포 각도 히스토그램을 분석하여 상위 3개의 각도를 소실점 후보로 사용하는데 수직성분의 edge 가 많은 영상이 입력될 경우 상, 하 방향 각도의 소 실점 후보가 선택되고, 좌, 우 방향 중 하나의 소실 점 후보가 선택되는 경우가 발생하게 된다. 본 논문 에서는 상, 하 부분의 소실점 후보 중 더 큰 방향을 수직방향 소실점으로 판단하고 반대방향의 소실점 은 제거함으로써 수직방향 edge가 많은 영상에서도 정확한 소실점 추정이 가능하도록 한다.

3. SVM 방법 크기 측정 알고리즘

SVM을 이용한 물체의 크기 측정 알고리즘은 그림 7과 같이 5단계로 수행된다.

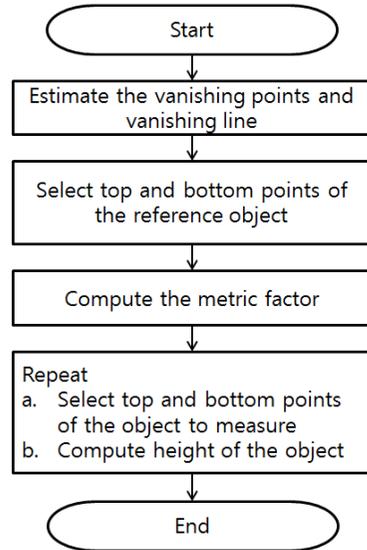


그림 7. SVM을 이용한 물체 크기 측정 알고리즘
Fig. 7 Object size measurement method using SVM

소실점 및 소실선이 추정된 후 참조 물체를 선 정하고 물체의 상단과 하단을 선택하고 참조물체의 크기를 입력하여 측정 물체의 크기를 기하학적으로 추정한다.

참조 물체를 선택한 후 식 1을 이용하여 메트릭 요소(α)를 계산한다. 메트릭 요소는 영상 내 물체 크기정보를 비율적으로 계산하기 위해 필요하며 이 를 이용해 마지막 단계에서 물체 크기 측정에 사용 된다. 이 때, Z_r 은 참조 물체의 크기, l 은 소실선, b_r, t_r 은 참조 물체의 bottom, top 좌표, v 는 수직방 향 소실점 좌표를 의미한다.

$$\alpha = -\frac{\|b_r \times t_r\|}{Z_r(l \cdot b_r) \|v \times t_r\|} \tag{1}$$

마지막 단계는 메트릭 요소를 이용하여 측정하 고자 하는 물체의 크기를 측정한다. 참조 물체와 마 찬가지로 측정하고자 하는 물체의 상단, 하단을 선 택하고 식 2를 적용하여 물체의 크기 측정을 수행 한다. 이 때, Z_x 는 구하고자 하는 물체의 크기이며, t_x, b_x 는 각각 측정하고자 하는 물체의 top, bottom 좌표이다.

$$Z_x = -\frac{\|b_x \times t_x\|}{\alpha(l \cdot b_x) \|v \times t_x\|} \tag{2}$$

III. 물체 크기 측정 성능 개선 실험

본 논문에서는 SVM 방법을 이용한 물체의 크기 측정의 정확도를 향상시키기 위하여 영상의 소실점을 보다 정확하게 추정할 수 있는 연구를 진행하였다. 이번 장에서는 측정 정확도 향상 정도를 확인하기 위하여 방법별 크기 측정을 수행한 결과를 비교해 본다. 우선 소실점의 위치를 사람이 직접 manual적으로 선택하는 방법과 알고리즘을 사용하여 자동적으로 선택하는 방법으로 나누어 비교하며, 소실점을 알고리즘으로 선택하는 경우는 기존의 방법 [6, 7]과 제한한 방법의 성능을 비교하도록 한다. 이 때, manual적으로 선택하는 방법은 사용자가 어떤 선분을 소실점 선택에 사용하는 지에 따라 차이가 다소 존재할 수 있으나 실험자가 고의적으로 추정에 무관한 선분을 선택하지 않을 경우 그 차이는 미미하다. 본 실험에서는 실험자가 정상적으로 선분을 선택할 경우로 가정한다. 또한, 본 논문에서는 기존의 소실점 추정 알고리즘으로 추정된 소실점 좌표를 이용하여 논문에서 II-3의 크기 측정 알고리즘을 적용하여 물체 크기를 측정한 결과와 제한한 방법으로 구해진 소실점 좌표를 이용하여 크기 측정을 수행한 결과를 비교한다. [6, 7] 알고리즘의 경우 해당 알고리즘이 공개되어 있어 해당 알고리즘으로 얻어진 소실점 좌표를 크기 측정에 이용한다. 그림 8, 9, 10은 실험에 사용한 영상이며 각 실험 결과를 표 1, 2, 3에 나타내었다.

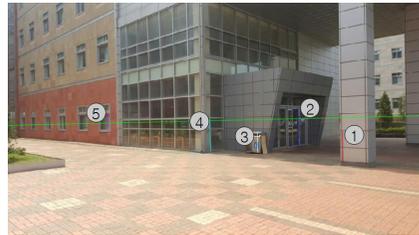


그림 8. 실험 이미지 1
Fig. 8 Test image 1

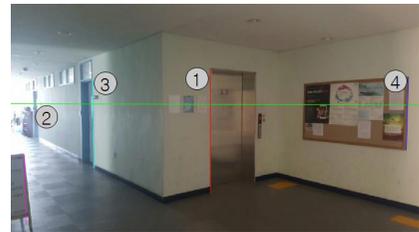


그림 9. 실험 이미지 2
Fig. 9 Test image 2



그림 10. 실험 이미지 3
Fig. 10 Test image 3

표 1. 실험 이미지 1을 이용한 방법 별 크기 측정 수행 결과

Table 1. Size measurement results on test image 1

	Actual height (mm)	Measured height(mm) /error(%)			
		Manual	[6]	[7]	Proposed
Object 1 (reference)		1080			
Object 2	2320	2227.4/3.9	2118/8.7	2222.7/4.2	2219.7/4.3
Object 3	1003	990.3/1.3	936.4/6.6	1023.5/2.0	966.7/3.6
Object 4	1730	1702/1.6	1656.8/4.2	1814.9/4.9	1724.8/0.3
Object 5	1410	1346.2/4.5	1317.3/6.6	1565.4/11.0	1422.1/0.8

표 2. 실험 이미지 2를 이용한 방법 별 크기 측정 수행 결과

Table 2. Size measurement results on test image 2

	Actual height (mm)	Measured height(mm) /error(%)			
		Manual	[6]	[7]	Proposed
Object 1 (reference)		2230			
Object 2	1205	1189.3/1.3	1107.6/8.1	1055.8/12.4	1154.5/4.2
Object 3	2230	2212.2/0.8	2100/5.8	2273.9/2.0	2229.1/0.4
Object 4	1100	1075.2/2.5	1121/1.9	1059.2/3.7	1092.3/0.7

표 3. 실험 이미지 3을 이용한 방법 별 크기 측정 수행 결과

Table 3. Size measurement results on test image 3

	Actual height (mm)	Measured height(mm) /error(%)			
		Manual	[6]	[7]	Proposed
Object 1 (reference)		2100			
Object 2	2150	2169.5/0.9	2114.4/1.6	2123.4/1.2	2120.7/1.4
Object 3	1200	1198.4/0.1	1177/1.9	1156.0/3.7	1188.1/1.0

위 실험을 통해 제안한 논문이 [6]와 [7]에 비해 측정 정확도가 향상됨을 보였으며 사용자가 직접 소실점을 선택하는 수동적인 방법 (manual)의 성능이 가장 좋은 것으로 보이나 본 논문에서 제안한 방법의 경우 사용자의 선택 없이 자동적으로 소실점 추정이 가능하며 측정 정확도 또한 5% 이내의 오차를 얻어 수동적 방법과 크게 차이 나지 않았다.

IV. 결론

본 논문에서는 SVM 방법을 이용한 물체 크기 측정에 있어 정확도를 높이기 위해 소실점의 위치를 보다 정확히 추정할 수 있는 방법을 연구하였으며, 기존의 소실점 추정 방법의 경우 영상의 edge 성분 특성, 입력 영상의 해상도 등의 변인에 따라 성능이 크게 저하하는 경우를 확인하였다. 본 논문에서는 image resizing, edge sharpening 등의 전처리과정 및 히스토그램 분석을 통한 noise성 edge 크기의 임계값 설정, 수직방향 소실점 후보를 제거하는 방법 등을 연구함으로써 기존의 방법에 비해 보다 강인하고 정확한 소실점 좌표를 추정할 수 있는 연구를 진행하였으며, 실험을 통해 기존 방법과 비교하여 성능이 개선됨을 확인하였다. 또한 사용자가 영상에서 소실점의 좌표를 선택해야 하는 manual 방법에 비해서도 성능이 크게 차이 나지 않았다. 실험 결과 [6]의 알고리즘이 실험 영상에 따라 약 10% 이내의 오차를 가지는 측정 정확도를 보이며, [7]의 알고리즘은 약 13% 이내의 오차를 가지는 측정 정확도를 가지는 반면, manual 방법과

제안한 방법 모두 5% 이내의 오차의 측정 정확도를 보인다. Manual 방법의 경우 영상 입력 시 사용자가 소실점 좌표를 구할 때 사용할 평행선들을 수동적으로 선택해야하는 반면, 제안한 방법의 경우 영상 입력 시 알고리즘을 이용하여 자동으로 소실점 좌표를 찾기 때문에 보다 자동화분야 및 실시간 처리에 용이할 것으로 보인다.

References

- [1] Y.M. Mustafah, A.W. Azman, M.H. Ani, "Object distance and size measurement using stereo vision system," *Advanced Materials Research*, Vol. 622-623, pp. 1373, 2013.
- [2] C. Lu, X. Wang, Y. Shen, "A stereo vision measurement system based on OpenCV," *Proceedings of IEEE International Congress on Image and Signal Processing*, Vol. 2, pp. 718-722, 2013.
- [3] A. Yamashita, T. Kaneko, S. Matsushita, K.T. Miura, S. Isogai, "Camera calibration and 3-D measurement with an active stereo vision system for handling moving objects," *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 15, No. 3, pp. 304-313, 2003.
- [4] A. Criminisi, I. Reid, A. Zisserman, "Single view metrology," *IEEE International Journal of Computer Vision*, Vol. 40, No. 2, pp. 123-148, 2000.
- [5] K. Peng, L. Hou, R. Ren, X. Ying, H. Zha, "Single view metrology along orthogonal directions," *Proceedings of IEEE International Conference on Pattern Recognition*, Vol. 3, pp. 1658-1661, 2010.
- [6] B. Li, K. Peng, X. Ying, H. Zha, "Simultaneous vanishing point detection and camera calibration from single images," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 6454, pp. 151-160, 2010.
- [7] J. Kosecka, W. Zhang, "Video compass," *Proceedings of European Conference on Computer Vision*, pp. 657-673, 2002.
- [8] K.S. Seo, C.J. Seo, H.M. Choi, "Log-polar coordinate image space for the efficient detection of vanishing points," *ETRI Journal*, Vol. 28, No. 6, pp. 819-821, 2006.

[9] J.P. Tardif, "Non-iterative approach for fast and accurate vanishing point detection," Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision, pp. 1250-1257, 2009.

[10] W. McIlhagga, "The canny edge detector revisited," International journal of computer

vision, Vol. 91, No. 3, pp. 251-261, 2011.

[11] W. Gao, L. Yang, X. Zhang, H. Liu, "An improved sobel edge detection," International Conference on Computer Science and Information Technology, pp. 67-71, 2010.

Sang-Geun Ahn (안상근)



He received the B.S. degree from the department of Embedded Systems Engineering, Incheon National University, Korea, in 2015.

Email: provemarine@naver.com

Tae-Kyu Seo (서태규)



He received the B.S. and M.S. degrees from the department of Electronics and Embedded Systems engineering, Incheon National University, Korea, in 2013,

and 2015.

Email: taekyu_s@naver.com

Gwang-Gil Jeon (전광길)



He is an associate professor with the department of Embedded Systems Engineering, in Incheon National University.

He received the B.S, M.S, and Ph.D. degrees from the department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University, Korea, in 2003, 2005, and 2008, respectively.

Email: gjeon@inu.ac.kr

Joong-Hwee Cho (조중휘)



He is an professor with the department of Embedded Systems Engineering, in Incheon National University.

He received B.S, M.S, and Ph.D. degrees from the department of Electronics Engineering, Hanyang University, Korea, in 2003, 2005, and 2008, respectively.

Email: joonghwee.cho@gmail.com