

360° 원형영상을 평면영상에 매핑하기 위한 효율적인 알고리즘

An Efficient Algorithm for Mapping 360° Circular Images to Planar Images

이 영 지*, 이 승 호*

Young-Ji Lee*, Seung-Ho Lee*

Abstract

In this paper, we propose an efficient algorithm for mapping a 360° circular image to a planar image. The proposed algorithm consists of obtaining size of the planar image, calculating the distance between the camera and the planar image, calculating horizontal angle of camera and planar image, calculating vertical angle between camera and planar image, calculating the position of a pixel that matches pixels in a 360° circular image to pixels in a planar image. Experiments were performed to evaluate the efficient algorithm for mapping the proposed 360° circular image to the plane image. The reconstruction rate of the mapped plane image was confirmed 99% and the image quality of the mapped plane image was confirmed 72%. Since the results were higher than the standard values of commercial software, the effectiveness of the algorithm was confirmed.

요 약

본 논문에서는 360° 원형영상을 평면영상에 매핑하기 위한 효율적인 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 평면영상의 크기 구하기, 카메라와 평면영상 사이의 각 지점에 따른 거리 계산, 카메라와 평면영상이 수평으로 이루는 각도 산출, 카메라와 평면영상이 수직으로 이루는 각도 산출, 360° 원형영상의 픽셀들을 평면영상의 픽셀에 매칭시키는 픽셀의 위치 계산 등 5단계로 구성된다. 제안한 360° 원형영상을 평면영상에 매핑하기 위한 효율적인 알고리즘을 평가하기 위하여 실험한 결과, 매핑된 평면영상의 복원율은 99%, 매핑된 평면영상의 화질은 72%로서 상용 소프트웨어의 기준치보다 높은 결과를 산출했기 때문에 알고리즘의 효용성이 확인되었다.

Key words : 360° Circular Image, Planar Image, Restoration Rate, Image Quality, Mapping Algorithm

* Dept. Electronics&Control Engineering, Hanbat National University

★ Corresponding author

E-mail:shlee@cad.hanbat.ac.kr, Tel:+82-42-821-1137

Manuscript received Feb. 23, 2018, revised Mar. 21, 2018, accepted Mar. 22, 2018

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution

Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted

non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

최근 주차장을 신속하고 편리하게 출입할 수 있도록 해주는 지능형 주차 관리 시스템이 널리 활용되고 있다[1][2]. 기존 주차관리 시스템은 감지 센서를 사용하거나 주차장 보안, 주차 감시, 번호판 인식을 위해 카메라의 설치 대수의 증가가 필수적이기 때문에 관리 비용이 높아지는 문제점이 있다. 또한, 최근 CCTV나 보안을 목적으로 카메라를 설치하는 경우도 카메라 설치 대수의 증가가 필수적이다[3]. 그러나 360° 전방위 IP 카메라를 이용할 경우에 1대의 카메라로 12면 이상의 주차 감시가 가능하며, 보안을 목적으로 카메라를 설치하는 경우 360° 전방위에서 감시를 할 수 있기 때문에 관리 비용면에서 경제성이 뛰어나다는 장점이 있다[4].

한편, 360° 전방위 IP 카메라를 사용할 경우에는 360° 원형영상을 평면영상에 매핑[5]하여 영상처리를 하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 360° 전방위 IP 카메라에서 들어오는 원형영상을 평면영상에 매핑하기 위한 효율적인 알고리즘을 제안한다.

II. 본론

1. 360° 원형영상을 평면영상에 매핑하기 위한 효율적인 알고리즘 흐름도

360° 원형영상을 평면영상에 매핑하기 위한 효율적인 알고리즘 흐름도는 그림 1과 같다.

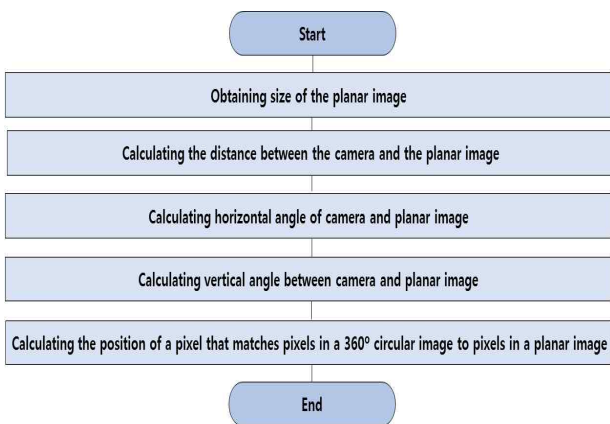


Fig 1. An efficient algorithm flow chart for mapping a 360° circular image to a planar image
 그림 1. 360° 원형영상을 평면영상에 매핑하기 위한 효율적인 알고리즘 흐름도

2. 평면영상의 크기 구하기

평면영상의 크기를 구하기 위해서는, 360° 원형 영상에서의 카메라 각도에 따른 평면영상의 너비(width)와 높이(height)를 구해야 한다. 이때 평면 영상 영상의 너비(width)는 사용자가 지정한다. 평면영상 영상의 높이(height)를 구하기 위하여, 그림 2와 같이 카메라로부터 평면영상 너비(width) 사이의 각이 90°인 지점을 정의한 후(90R)에 렌즈 중심에서 최대화각의 거리(h_{max})와 최소화각의 거리(h_{min})를 구하기 위해 카메라와 평면영상 사이의 2차 평면상의 중심거리(m_r)를 다음과 같이 구한다. 이때 α 값은 영상을 받기 위해 카메라가 바라보는 각도이며, 카메라의 특성에 따라 달라지며 본 논문에서는 화각의 절반인 71°를 사용한다.

먼저 $\overline{AC} = \frac{width}{\sqrt{2}}$ 이기 때문에, $\overline{AH} = \frac{width}{2}$ 이 된다. 다음에 $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$ 이므로

$\sin\alpha = \sqrt{1 - \cos^2\alpha}$ 이다. 따라서 $m_r = \frac{\overline{AH}}{\sin\alpha}$ 이 됨으로 식(1)과 같이 카메라와 평면영상 사이의 2차 평면상의 거리(m_r)이 구해진다.

$$m_r = \frac{width}{2\sqrt{(1.0 - \cos^2\alpha)}} \tag{1}$$

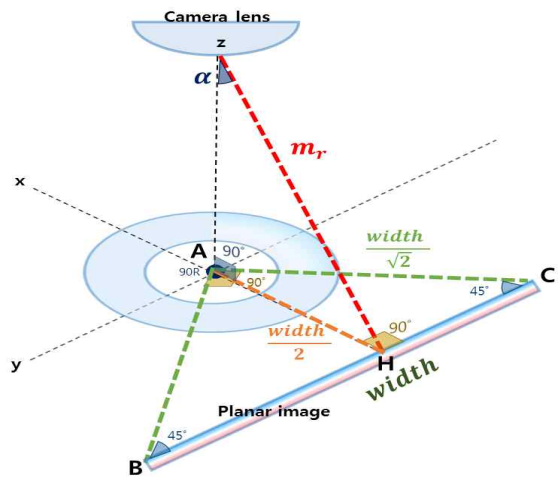


Fig 2. The process of finding the distance between the camera and the planar image on a second plane

그림 2. 카메라와 평면영상 사이의 2차 평면상의 거리 구하는 과정

다음에. 그림 3과 같이 렌즈 중심부에서 m_r 까지 카메라 내부 파라미터에 의해 최소화각($\angle R_{min}$)과 최대화각($\angle R_{max}$)이 결정된다. 최소화각($\angle R_{min}$)과 최대화각($\angle R_{max}$)을 이용하여 식(2), (3)을 통해 카메라에서 2차 평면 사이의 수선의 발의 거리 h_{min} 와 h_{max} 을 구한다.

먼저 $\overline{AH} = \frac{width}{2}$ 이기 때문에, $\tan \angle R_{min} = \frac{\overline{AH}}{h_{min}}$ 이

되고 $\tan \angle R_{max} = \frac{\overline{AH}}{h_{max}}$ 이 된다. 다음에

$m_r = \frac{\overline{AH}}{\sin \alpha}$ 이므로 식(2), (3)와 같이 카메라에서 2차 평면 사이의 수선의 발의 거리 h_{min} 과 h_{max} 가 구해진다.

$$h_{min} = m_r \times \frac{\sqrt{1.0 - \cos^2 \alpha}}{\tan(\angle R_{min})} \quad (2)$$

$$h_{max} = m_r \times \frac{\sqrt{1.0 - \cos^2 \alpha}}{\tan(\angle R_{max})} \quad (3)$$

영상의 높이(height)는 식(4)과 같다.

$$height = h_{min} - h_{max} \quad (4)$$

따라서, 평면영상의 너비(width)와 평면영상 영상의 높이(height)를 구하게 된다.

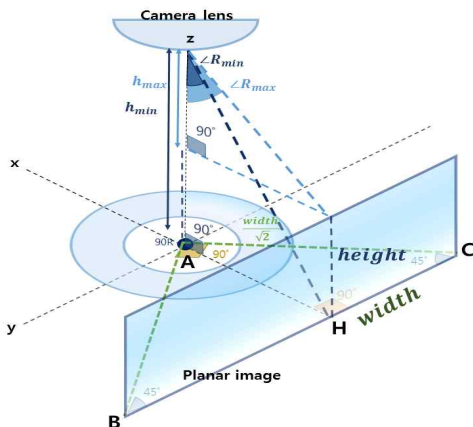


Fig 3. A process for determining the image height of a planar image

그림 3. 평면영상의 영상 높이를 결정하기 위한 과정

3. 카메라와 평면영상 사이의 각 지점에 따른 거리 계산

그림 4에서 카메라와 평면영상 사이의 각 지점에 따른 거리(d)를 계산하기 위하여, 먼저 카메라에서 수선의 발을 내린 곳에서의 평면영상과 사이의 길이(\overline{AH})를 사용한다. 이때 \overline{AH} 의 길이는 세로 길이(h)와 같다. 다음에 가로 변화량에 따라 달라지는 가로 길이(w)를 다음과 같이 구한다. 여기서 Δx 은 가로 길이의 변화량을 나타냈고 $\overline{AH} = \overline{HC}$ 이기 때문에, $\overline{HC} = \frac{width}{2}$ 이 된다. 따라서 가로 길이(w)는 가로 길이의 변화량(Δx)에 의해 식(5)과 같다.

$$w = \begin{cases} \frac{width}{2} - \Delta x & (\Delta x < \frac{width}{2}) \\ \frac{width}{2} + \left| \frac{width}{2} - \Delta x \right| & (\Delta x > \frac{width}{2}) \end{cases} \quad (5)$$

다음에, 카메라와 평면영상 사이의 각 지점에 따른 거리(d)를 계산하기 위해 식(6)과 같이 피타고라스의 정리를 적용하여 구해진다.

$$d = \sqrt{w^2 + h^2} \quad (6)$$

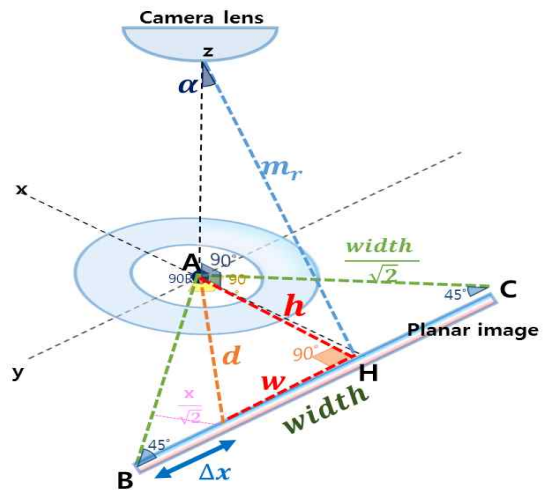


Fig 4. The process of obtaining the distance between the camera and the planar image

그림 4. 카메라와 평면영상 사이의 거리 구하는 과정

4. 카메라와 평면영상이 수평으로 이루는 각도 산출

앞서 구한 세로(h)와 가로(w)을 사용하여 부분적인 각도($\angle local$)를 식(7)을 적용하여 구한다.

먼저 평면영상의 너비(*width*)에 절반인 지점(*H*)를 기준으로 각도를 계산한다.

$$\angle local = \begin{cases} -atan \frac{w}{h} & (\Delta x < \frac{width}{2}) \\ atan \frac{w}{h} & (\Delta x > \frac{width}{2}) \end{cases} \quad (7)$$

그림 5에서 카메라와 평면영상이 수평으로 이루는 각도($\angle p$)는 90°에서 부분적인 각도($\angle local$)를 합산하여 식 (8)과 같이 구해진다.

$$\angle p = 90^0 + \angle local \quad (8)$$

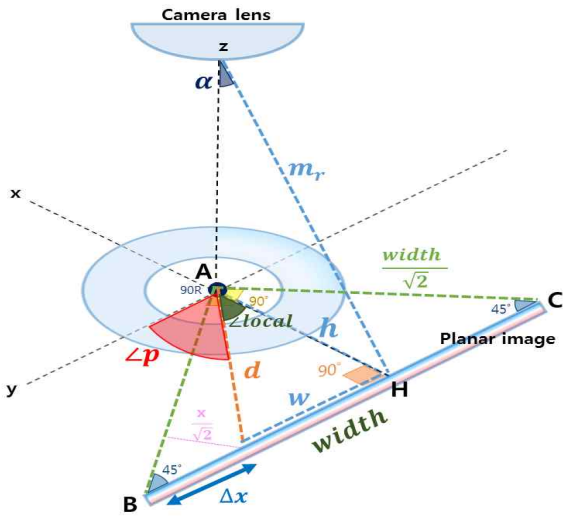


Fig 5. The process of calculating the angle to be horizontal between the camera and the planar image

그림 5. 카메라와 평면영상이 수평으로 이루는 각도를 산출하는 과정

5. 카메라와 평면영상이 수직으로 이루는 각도 산출

그림 6에서 카메라와 평면영상과 수직으로 이루는 각도($\angle z$)는 수직으로 이루는 각도가 $\tan \theta = \frac{d}{h_{max} + \Delta y}$ 이므로 식(9)과 같이 구해진다.

$$\angle z = atan \left(\frac{d}{h_{max} + \Delta y} \right) \quad (9)$$

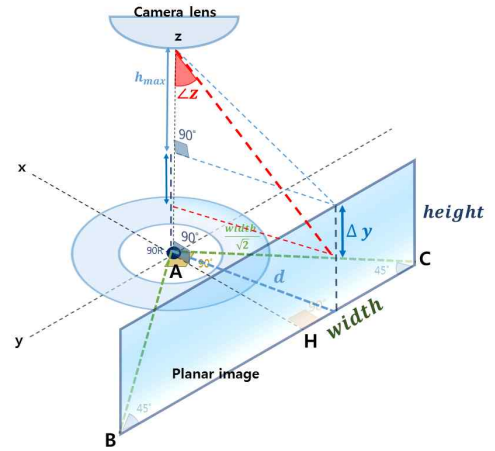


Fig 6. The process of calculating the vertical angle between the camera and the planar image

그림 6. 카메라와 평면영상이 수직으로 이루는 각도를 산출하는 과정

6. 360° 원형영상의 픽셀들을 평면영상의 픽셀에 매칭시키는 픽셀의 위치 계산

그림 7에서 $\cos \angle z = \frac{fp}{r}$ 이므로 360° 영상의 픽셀들을 평면영상의 픽셀에 매칭되는 픽셀 위치 *r*은 식 (10)과 같이 구해진다. 여기서 *fp*은 렌즈와 센서 사이의 높이이다.

$$r = \frac{fp}{\cos \angle z} \quad (10)$$

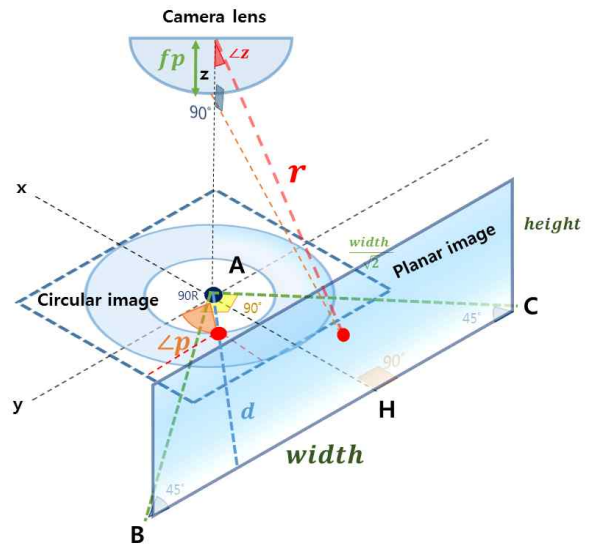


Fig 7. Process of applying circular image to planar image

그림 7. 원형영상을 평면영상에 적용하는 과정

7. 성능 실험

가. 실험 방법

본 논문에서 제안한 360° 원형영상을 평면영상에 매핑하기 위한 효율적인 알고리즘을 평가하기 위하여, 그림 8과 같이 500만 화소 360° IP 카메라를 사용한 주차관제 모의세트를 제작하여 실험을 수행하였다. 그림 9는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하여 1사분면과 2사분면의 360° 원형영상을 평면영상으로 펼친 결과를, 그림 10은 3사분면과 4사분면의 360° 원형영상을 평면영상으로 펼친 결과를 나타내고 있다.

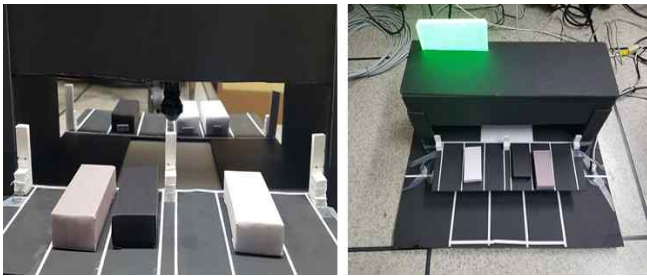


Fig 8. Parking control simulation set
그림 8. 주차관제 모의세트

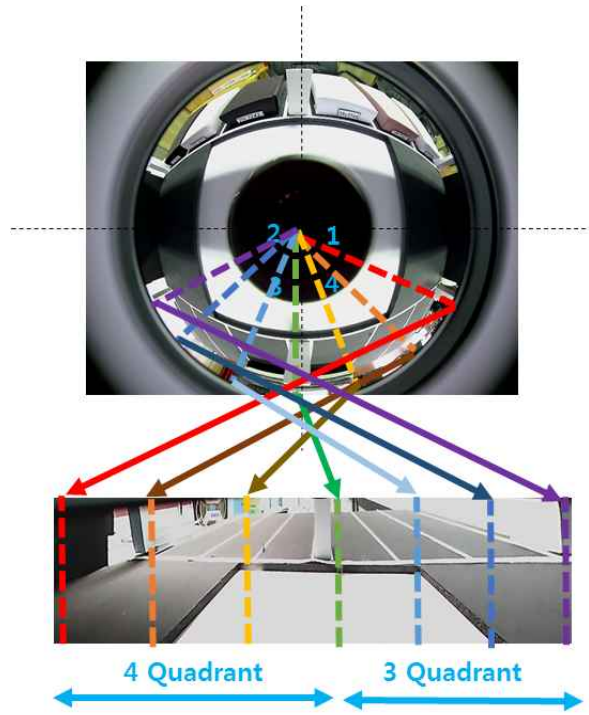


Fig 10. Apply 360° circular image to planar image (Quadrant 1, Quadrant 2)
그림 10. 360° 원형영상을 평면영상에 적용 (3사분면, 4사분면)

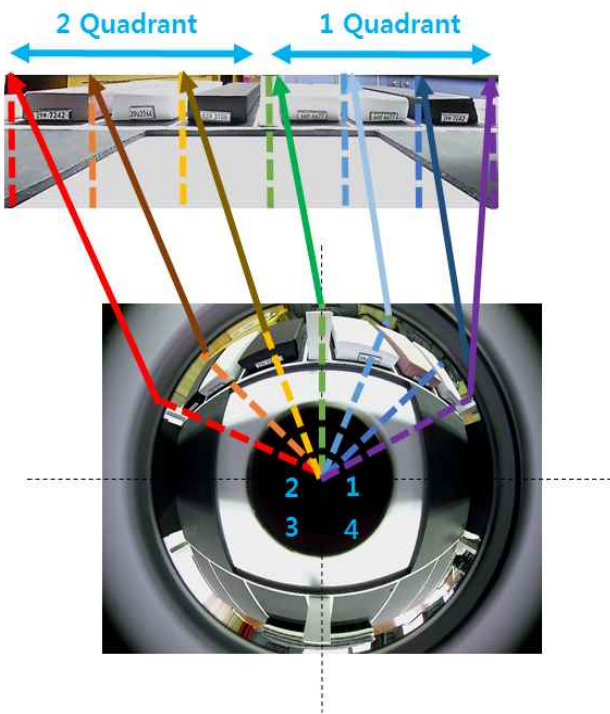


Fig 9. Apply 360° circular image to planar image (Quadrant 1, Quadrant 2)
그림 9. 360° 원형영상을 평면영상에 적용 (1사분면, 2사분면)

나. 실험 결과

매핑된 평면영상의 화질은 표 1과 같이 유효 화소수를 비교하여 확인하였다. 360° 원형영상의 유효 화소수는 4,915,200 픽셀이고 매핑된 평면영상의 유효 화소수는 3,527,160 픽셀(1사분면과 2사분면의 매핑된 평면영상+3사분면과 4사분면의 매핑된 평면영상)로서 매핑된 평면영상의 화질은 360° 원형영상의 72%로 확인되었다. 일반적으로 상용화되어 판매되는 소프트웨어의 매핑된 평면영상의 화질은 70% 이상이기 때문에, 본 알고리즘에서 제안한 매핑된 평면영상의 화질의 효용성이 입증되었다.

매핑된 평면영상 복원율은 그림 11과 같이 ISO_12233_reschart를 동일 조건에서 표준렌즈로 촬영한 영상과 그림 12와 같이 매핑된 평면영상을 비교해 확인하였다. 표 1에서와 같이 매핑된 평면영상의 복원율은 99%로 확인되었다. 일반적으로 상용화되어 판매되는 소프트웨어의 매핑된 평면영상의 복원율은 97% 이상이기 때문에, 본 알고리즘에서 제안한 매핑된 평면영상의 복원율의 효용성이 입증되었다.

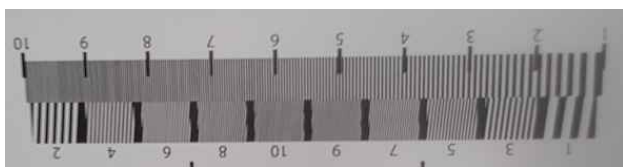


Fig 11. ISO_12233_reschart with standard lens
그림 11. ISO_12233_reschart를 표준렌즈로 촬영한 영상

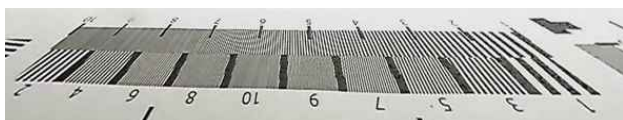


Fig 12. Mapped planar images of ISO_12233_reschart
그림 12. ISO_12233_reschart의 매핑된 평면영상

Table 1. Experimental results of the Proposed Algorithm
표 1. 제안하는 알고리즘의 실험 결과

Test Item / Test Sample	Effective Pixels	Mapped Planar Image Quality	Mapped Planar Image Restoration Rate
360° Circular Image (A)	2560 X 1920 4,915,200 pixel	$\frac{B}{A} \times 100 = 72\%$	Compare with ISO_12233_reschart 99%
Planar Image (B)	3230 X 546 X 2 3,527,160 pixel		

III 결론

본 논문에서는 360° 원형영상을 평면영상에 매핑하기 위한 효율적인 알고리즘 제안하였다.

제안한 360° 원형영상을 평면영상에 매핑하기 위한 효율적인 알고리즘을 평가하기 위하여 실험한 결과, 매핑된 평면영상의 복원율은 99%, 매핑된 평면영상의 화질은 72%로서 상용 소프트웨어의 기준치보다 높은 결과를 산출했기 때문에 알고리즘의 효용성이 확인되었다. 따라서 본 논문에서 제안한 알고리즘은 주차 관제시스템, 보안시스템, 감시시스템 등에서 관리비용을 절감할 수 있으리라 기대된다. 향후 연구과제로는 평면영상에서 차량 모션 인식 및 차량 위치 인식 등에 대한 연구가 필요하다.

References

[1] Y. Mei, Y. D. Kim, "An approach to Korean license plate recognition based on vertical edge

matching," *Systems, Man, and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference*, Vol.4, IEEE, 2000.

[2] Y. D. Kim, H. S. Jeon and H. J. Park, "A Realtime Parking lot Information System Using XML in Mobile Environments," *The Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 9, No. 2, pp. 123-143, 2004.

[3] J. A. Kang, S. K. Nam, T. H. Kim and Y. S. Oh, "The Fish-eye Lens Distortion Correction of Facilities Monitoring CCTV," *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 27, No. 3, pp. 323-330, 2009.

[4] H. Y. Lee, S. G. Lee, S. H. Lee, "Development of 360° Omnidirectional IP Camera with High Resolution of 12Million Pixels," *j.inst.Korean.electr.electron.eng*, Vol.21, no.3, pp. 268-271, 2017.DOI:10.7471/ikeee.2017.21.3.248

[5] Seung-Ho Lee, "Multi License Plate Recognition System using High Resolution 360° Omnidirectional IP Camera," *j.inst.Korean.electr.electron.eng*, Vol.21, no.4, pp. 412-415, 2017.DOI:10.7471/ikeee.2017.21.4.412

BIOGRAPHY

Young-Ji Lee (Student Member)



2015 ~ current : BS degree course of Electronics&Control Engineering, Hanbat National University

Seung-Ho Lee (Member)



1986 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University
1989 : MS degree in Electronic Engineering, Hanyang University
1994 : Ph.D degree Electronic Engineering, Hanyang University

1994 ~ current : Professor, Department of Electronics&Control Engineering, HanbatNational University