

깊이 정보로 평면 유사도 측정을 통한 자동차 번호판 검출 방법⁺

(Vehicle Plate Detection Method by Measuring Plane Similarity Using Depth Information)

이 동 석¹⁾, 권 순 각^{2)*}

(Dong-Seok Lee and Soon-Kak Kwon)

요 약 본 논문에서는 조명의 영향을 받지 않는 깊이 정보를 이용한 번호판 검출 방법을 제안한다. 깊이 정보를 통해 블록 내 화소들의 3차원 카메라 좌표를 구하고, 이를 통해 블록 내 평면의 인자를 계산한다. 그 후 인접한 블록간의 평면의 법선 벡터들을 비교하여 유사도를 측정한다. 평면 유사도가 높을 경우 두 블록이 한 평면에 속해 있다고 간주하여 그룹화함으로써 평면 영역을 검출한다. 검출된 평면 영역에 대해 깊이 정보를 이용하여 영역의 높이와 너비를 실제 번호판과 비교하여 번호판을 검출한다.

핵심주제어 : 깊이 정보, 차량 번호판 검출, 평면 검출

Abstract In this paper, we propose a method for vehicle plate detection using depth information which is not influenced by illumination. The 3D camera coordinates of pixels in each block are obtained by using the depth information. Factors of the plane in the block are calculated by 3D coordinates of pixels. After that, the plane similarity between adjacent blocks is calculated by comparing between factors of planes. The adjacent blocks are grouped if the plane similarity is high so that the plane areas are detected. The actual height and width of the plane area are calculated by using depth information and compared with the vehicle plate in order to detect the vehicle plate.

Key Words : Depth Information, Vehicle Plate Detection, Plane Detection

1. 서 론

지능형 교통시스템(Intelligent Transportation System, ITS)은 교통체계에 정보, 통신 기술 등의 지능형 기술을 접목시킨 차세대 교통시스템으로 정의된다. 지능형 교통시스템을 이용하여 교통 혼잡 및 교통환경 등을 개선할 수 있다. 지능형 교통시스템에서 번호판 검출은 운행 중인 차량의 정보를 알아내는 데 있어 필수적인 기술이다. 번호판 영역을 검출함으로써, 번호판 영역 내

* Corresponding Author : skkwon@deu.ac.kr

+ 이 논문은 2019년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업 성과임 (No. 2019031674), 또한 2018년도 BB21+사업에 의하여 지원되었음.
Manuscript received March 27, 2019 / revised April 12, 2019 / accepted April 15, 2019

1) 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과, 제1저자,
2) 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과, 교신저자

차량 번호를 인식하고, 이를 통해 차량의 정보 및 운전자 정보를 획득하여 활용할 수 있다.

기존 차량 번호판을 검출하는 기술은 주로 색상 영상 내 번호판의 외곽의 특징을 검출하는 방법이 주로 쓰였다. Zunino and Rovetta[1]는 Concentric 윈도우 분할과 벡터 양자화를 이용한 번호판 영역 검출 방법을 제안하였다. 이 방법은 명도 변화가 큰 영역을 검출하고 번호판 영역을 블록 단위로 분할하는 방법으로서 원거리의 번호판에 대해서는 블록 구성이 어려운 단점이 있다. 번호판 영역의 에지와 색 성분에 대한 각각의 퍼지 맵을 생성하고 퍼지 추론을 통하여 번호판 영역을 검출하는 방법도 연구되었다[2]. 이 방법은 근거리에 위치한 번호판 영역은 비교적 잘 찾았지만 원거리에 위치한 번호판 영역을 검출하는데 어려움이 있다. 최근에는 기계 학습을 이용해서 번호판 영역을 검출하는 방법도 연구되고 있는데, Haar-like 특징을 이용한 자동차 번호판 검출 방법[3]은 연쇄적 약분류기를 구성하여 번호판에 있는 문자들의 형태적 배치를 학습시켜서 번호판 영역을 검출하는 방법이다. 또한 번호판의 지역 이진 패턴을 학습시켜서 번호판 영역을 검출하는 방법도 제안되었다[4]. 이 방법은 비교적 정확한 검출율을 보이지만, 화면의 회전이나 원근 투영 왜곡 등 카메라의 자세의 변경에 취약하다는 단점이 있다.

이러한 색상 영상을 이용한 번호판 검출의 경우, 번호판의 명암, 색차 정보와 경계선의 형태적 정보를 이용한 것으로, 실제 번호판 표면의 정보나 번호판의 실제 길이 등을 활용하지 못하는 한계가 있다. 이 때 카메라와의 거리를 나타내는 깊이 정보를 이용한다면 표면의 정보 및 두 점간의 실제 길이 등의 정보를 쉽게 구할 수 있다. 이를 이용하여 깊이 정보로 부터 표면이 평면으로 이루어진 사각형 형태의 영역을 구한 후, 이 사각형의 실제 높이와 너비의 길이를 측정하여 번호판 영역을 구할 수 있다.

깊이 정보를 통해 영상에서의 평면 영역을 구하는 방법이 다음과 같이 연구되었다. 색상 영상을 통해 먼저 영역을 분할한 후, 분할된 영역에서의 깊이 정보를 3차원 점군으로 변환하여 분할된 영역을 보정하는 방법[5]과, 3차원 데카르트

좌표계로 표현되는 스켈레톤 좌표에 대해 3차원 랜덤 허프 변환을 적용하여 제일 많이 선택된 영역을 영역의 대표적인 평면으로 검출하는 방법[6], 깊이 영상을 3차원 점군으로 변환한 후, 이웃한 점군을 통해 법선 벡터를 계산하여 평면을 검출하는 방법[7]등이 쓰인다. 이러한 깊이 정보를 통한 평면 검출은 SLAM[8-9]뿐만 아니라 평면을 기반으로 하는 깊이 영상 부호화[10-11]에도 적용할 수 있다.

본 논문에서는 색상 영상을 이용한 번호판 검출에서의 조명의 변화와 카메라의 자세 변환에 취약한 단점을 극복하고자 깊이 영상을 적용한 번호판 검출 방법을 제안한다. 번호판이 평면으로 이루어졌다는 구조적인 특성을 통해 유사한 평면으로 이루어진 영역들을 차량 번호판 후보 영역으로 간주할 수 있다. 평면 영역의 검출을 위해서 정사각형 형태의 블록으로 영상을 분할한 뒤, 각 블록 내 깊이 정보들을 통해 해당 표면들과 제일 근접한 평면의 정보를 얻을 수 있다. 만약 블록 내 평면의 오차가 일정 수치 이하면 해당 블록은 평면으로 이루어졌다고 간주한다. 그 후 인접한 블록간의 평면의 법선 벡터들을 비교하여 유사도를 측정한다. 두 블록 간 유사도가 충분히 높으면 두 블록은 같은 평면으로 이루어졌다고 생각할 수 있다. 이를 통해 영상 내 평면 영역들을 구할 수 있다. 그 후 해당 영역들의 실제 크기를 깊이 정보를 통해 측정하여 측정된 영역의 실제 높이와 너비가 실제 번호판 크기와 유사하다면 해당 영역을 번호판 영역으로 간주한다. 제안된 방법은 법선 벡터를 계산하여 유사도를 계산하고, 유사도가 높은 근접한 영역을 그룹화한다는 점에서 기존 방법[7]과 유사하지만, 블록 단위로 제일 유사한 평면을 모델링하여 모델링된 평면의 법선 벡터를 이용한다는 점에서 큰 차이점이 있다. 본 논문에서 제안된 방법을 통해 조명 환경에 의존하지 않는 번호판 검출을 할 수 있다.

2. 깊이 정보를 이용한 평면 유사도 측정을 통한 번호판 검출

번호판 검출을 수행하기 위해서 먼저 평면 영역을 분할하기 위해서 영상을 블록 단위로 분할한 후, 블록 내 2D 영상 좌표를 깊이정보를 이용하여 실제세계의 3D 카메라 좌표로 변환한다. 그 후 주어진 카메라 좌표들로 구성된 점들과 제일 인접한 평면을 모델링한 후, 모델링된 평면이 실제 주어진 점들과 일치하는지를 검사하여 평면 여부를 판단한다. 그 후 평면으로 이루어졌다고 판명된 각 블록의 법선 벡터를 구한 후, 법선 벡터를 이용하여 인접한 두 블록이 서로 같은 평면에 속하였는지를 계산한 후, 같은 평면에 속해있다고 판명된 블록들을 그룹화하여 평면 영역을 분할한다. 그 후 번호판의 너비와 높이의 실제 길이를 깊이 정보를 통해 계산하여 실제 번호판 크기와 일정 오차 이내로 측정되면 해당 영역을 번호판 영역으로 검출한다. Fig. 1은 이러한 흐름도를 보인다.

2.1 깊이 정보를 가지는 화소의 3차원 좌표 변환

깊이 카메라를 3차원 공간상에 놓여있는 물체의 한 점 좌표를 2차원 평면상의 한 점 좌표로 투영시키는 좌표 변환장치로 볼 수 있다. 카메라와 공간 물체의 좌표관계를 규명하기 위해 핀 홀 카메라 모델을 적용할 수 있다. 공간상에 놓여있는 물체 위의 어떤 점 좌표가 영상 면에 투영될 때 구멍을 통해 한 가상의 면에 맺힌다고 가정한다. 이 때 영상은 바늘 구멍 뒤에 투영되는데, 이를 바늘구멍과 물체 사이로 옮기면 물체의 상은 뒤집혀 지지 않고 원래 상과 같은 방향으로 보인다. 여기서 영상이 맺히는 면을 영상 면이라고 정의한다. 카메라 좌표계의 한 점 (x', y', z') 는 영상 면 위의 한 점 (x, y) 로 투영된다. 이 때 두 좌표간의 관계는 식 (1)으로 표현할 수 있다. Fig. 2은 이런 핀 홀 카메라 모델에서 (x', y', z') 가 (x, y) 로 투영되는 것을 x축에서 바라본 그림이다.

$$f : x = z' : x' \rightarrow x = f \frac{x'}{z'} \tag{1}$$

$$f : y = z' : y' \rightarrow y = f \frac{y'}{z'}$$

식 (1)에서 f 는 원점과 영상 면 사이의 거리이며, 이를 초점거리라고 한다. 이 때 카메라 좌표계에서의 Z축 좌표는 깊이 카메라로 측정한 깊이 값과 같다. 따라서 한 점의 카메라 좌표계에서의 좌표와 영상 면으로 투영되는 점의 좌표의 관계는 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} x' &= dx/f \\ y' &= dy/f \\ z' &= d \end{aligned} \tag{2}$$

식 (2)에서 d 는 해당 화소가 가지는 깊이 값이다. 식 (2)에서 f 와 d 는 각각 깊이 카메라의 깊이 값 측정 단위와 일치한다. 따라서 3차원 카메라 좌표계 상의 좌표인 x', y', z' 의 단위도 깊이 카메라의 깊이 값 측정 단위와 일치한다. 이로부터 3차원 카메라 좌표계의 변환을 통해 실제 세계에서의 거리를 측정할 수 있다는 것을 알 수 있다.

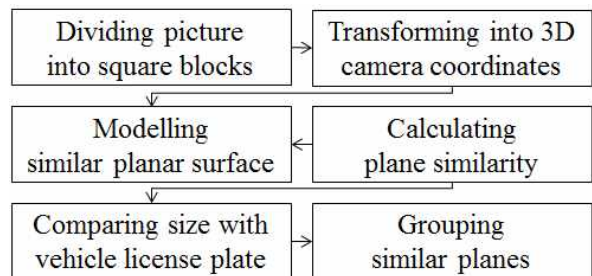


Fig. 1 Flowchart of proposed method

2.2 깊이 정보를 이용한 영상 내 영역 단위 평면 정보 획득

3차원 공간상에서의 평면은 식 (3) 형태의 수식으로 표현된다. 식 (3)에서 a_p, b_p, c_p 는 평면을 결정하는 인자이다.

$$a_p x' + b_p y' - z' + c_p = 0 \tag{3}$$

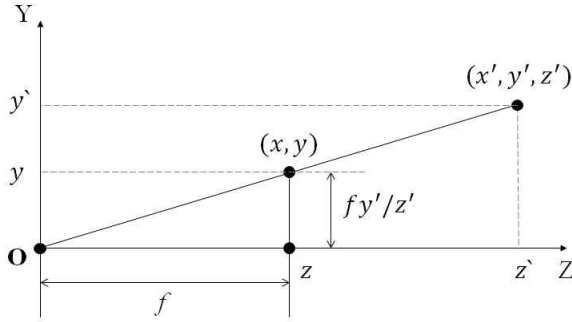


Fig. 2 Projection into picture in pinhole camera model

3개의 점 $P'_i \equiv (x'_i, y'_i, z'_i)$ ($1 \leq i \leq 3$) 을 포함하는 평면을 결정하는 인자 a_p, b_p, c_p 를 구하기 위해서 세 점들을 식 (3)에 대입하여 식 (4) 형태의 행렬식을 구할 수 있다.

$$\mathbf{AR} = \mathbf{B}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} x'_1 & y'_1 & 1 \\ x'_2 & y'_2 & 1 \\ x'_3 & y'_3 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} z'_1 \\ z'_2 \\ z'_3 \end{bmatrix} \quad \mathbf{R} = \begin{bmatrix} a_p \\ b_p \\ c_p \end{bmatrix} \quad (4)$$

식 (4)에서 \mathbf{A} 는 평면 내 점들의 좌표로 구성된 행렬이고, \mathbf{B} 는 각 화소들의 깊이로 이루어진 행렬이다. \mathbf{R} 는 a_p, b_p, c_p 로 구성된 행렬로, 식 (5)을 통해 구해진다.

$$\mathbf{R} = \mathbf{BA}^{-1} \quad \text{if } \det(\mathbf{A}) \neq 0 \quad (5)$$

식 (5)에서 만약 \mathbf{A} 의 행렬식이 0이 아니라면, 즉 세 점이 한 직선상에 위치하지 않는다면 \mathbf{A} 의 역행렬 \mathbf{A}^{-1} 를 계산하여 식 (5)를 통해 하나의 평면을 결정할 수 있다. 만약 주어진 3차원 좌표가 3개를 초과하는 경우, 해당 점들은 모두 같은 평면상에 있는 경우도 있지만, 그렇지 않을 경우가 일반적이다. 이러한 경우에는 주어진 n 개의 점들에 대해 각각의 점 (x'_i, y'_i, z'_i) ($1 \leq i \leq n$)과의 거리의 합이 제일 최소인 평면을 찾는, 즉 식 (3)을 변형한 식 (6)의 오차 e_i 의 제곱의 합이 최소가 되는 인자를 찾는 문제를 생각해 볼 수 있다.

$$a_p x'_i + b_p y'_i - z'_i + c_p = e_i \quad (6)$$

오차의 제곱의 합들로 이루어진 행렬은 식 (7)과 같이 표현된다.

$$\|\mathbf{AR} - \mathbf{B}\|^2 \quad (7)$$

식 (7)을 최소로 하는 \mathbf{R} 은 식 (7)을 \mathbf{R} 에 대해 편미분한 결과인 $-2\mathbf{A}^T(\mathbf{B} - \mathbf{AR})$ 가 0이 되는 \mathbf{R} 이다. 이는 식 (8)와 같이 \mathbf{A} 의 유사역행렬을 통해 계산함으로써 구할 수 있다[12]. Fig. 3은 3차원 좌표계에서 주어진 점들을 통해 평면을 결정하는 것을 보인다. 이렇게 주어진 좌표로부터 평면의 인자를 결정하여 최적의 평면을 모델링한다.

$$\mathbf{R} = \mathbf{BA}^+$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} x'_1 & y'_1 & 1 \\ x'_2 & y'_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x'_n & y'_n & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} z'_1 \\ z'_2 \\ \vdots \\ z'_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{R} = \begin{bmatrix} a_p \\ b_p \\ c_p \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\mathbf{A}^+ = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T$$

이렇게 구한 평면과 실제 주어진 점들 간의 오차는 평면의 인자행렬 \mathbf{R} 을 이용하여 계산된 각 점의 깊이 \bar{d}_i 와 실제 측정된 깊이 d_i 의 차이의 절대값의 평균(Mean of Absolute Error: MAE)를 통해 구한다. 식 (8)을 통해 찾은 평면의 인자를 대입한 식 (3)에 대해 식 (2)를 대입하면, 2차원 영상 좌표 (x_i, y_i) 로 투영되는 3차원 좌표에서의 z 좌표 값, 즉 해당 위치에서의 모델링된 평면으로까지의 깊이값 \bar{d}_i 에 대한 식 (9)를 구할 수 있다. 식 (9)를 통해 식 (10)과 같이 MAE를 구한다. MAE가 문턱치 T 보다 클 경우, 해당 화소군은 평면을 이루지 않는 것으로 판단한다.

$$\bar{d}_i = -c_p \left(\frac{a_p}{f} x_i + \frac{b_p}{f} y_i + 1 \right) \quad (9)$$

$$\text{MAE} = \sum_{i=1}^n \|d_i - \bar{d}_i\| \quad (10)$$

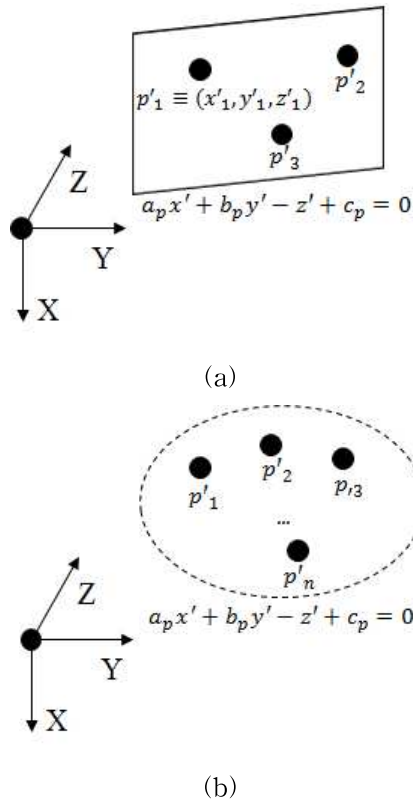


Fig. 3 Plane in camera coordinate system: (a) plane determined by three points and (b) closest plane to the given points

2.3 블록 단위의 평면 그룹화를 통한 평면 영역 검출

촬영된 영상을 $N \times N$ 크기의 블록단위로 분할한 후, 식 (7)-(8)을 통해 각 블록에서 평면으로 이루어졌는지 여부를 확인하고, 해당 블록의 평면인자 a_p, b_p, c_p 를 구한다. 그 후 평면으로 판명된 상하좌우로 인접한 두 블록 간의 평면의 유사도를 측정하여 같은 평면인지를 확인한다. 이 때 해당 평면의 법선 벡터는 식 (1)에서의 x, y, z 좌표의 인자로 구성된 벡터로써, 즉 $(a_p, b_p, -1)$ 이다. 또한 c_p 는 추정된 평면과 카메라 좌표계의 원점간의 거리이다. 따라서 인접한 블록의 추정된 평면들의 유사도는 식 (11)으로 구할 수 있는 두 법선벡터의 사이각과, 두 평면의 c_p 값의 차이로 Fig. 4와 같이 측정할 수 있다. 본 논문에서는

식 (12)을 만족하는 두 평면을 같은 평면으로 간주한다. 만약 인접한 두 평면이 식 (12)을 만족한다면 두 평면을 그룹화한다. 이를 반복하여 여러 평면들이 차지하는 영역을 구할 수 있다.

$$\cos \theta = \mathbf{n}_1 \cdot \mathbf{n}_2 / |\mathbf{n}_1| |\mathbf{n}_2| = (a_{p1}a_{p2} + b_{p1}b_{p2} + 1) / (\sqrt{a_{p1}^2 + b_{p1}^2 + 1} + \sqrt{a_{p2}^2 + b_{p2}^2 + 1}) \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \cos \theta &> U \\ |c_{p1} - c_{p2}| &< D \end{aligned} \quad (12)$$

2.4 깊이 정보를 이용한 번호판 검출

차량 번호판을 촬영한 영상을 깊이 정보를 이용하여 깊이 영역들을 구한다. 구해진 각 평면 영역에서 상단, 하단, 좌단, 우단에 위치한 화소를 Fig. 5와 같이 $p_t \equiv (x_t, y_t), p_b, p_l, p_r$ 로 둔다. 그 후 식 (2)를 통해 각 점들을 3차원의 카메라 좌표 $p'_t \equiv (x'_t, y'_t, z'_t), p'_b, p'_l, p'_r$ 로 변환한다. 해당 영역의 너비와 높이는 식 (13)를 통해 구한다.

$$\begin{aligned} height^2 &= (x'_t - x'_b)^2 + (y'_t - y'_b)^2 + (z'_t - z'_b)^2 \\ width^2 &= (x'_r - x'_l)^2 + (y'_r - y'_l)^2 + (z'_r - z'_l)^2 \end{aligned} \quad (13)$$

식 (13)에서 height와 width는 검출된 영역의 폭과 넓이를 뜻한다. 식 (13)을 통해 측정된 height와 width는 깊이 카메라를 통해 측정된 깊이 값의 단위와 같다. 만약 깊이 카메라가 mm단위를 통해 깊이 값을 측정한다면 해당 height와 width의 단위도 mm가 된다.

계산된 평면 영역의 실제 너비와 높이를 Table 1의 실제 번호판의 규격과 일치하는지 측정한다. 이 때 깊이 영상의 오차 등의 원인으로 인해 측정된 길이에 약간의 오차가 발생할 수도 있다. 이러한 경우를 고려하여 측정된 번호판의 너비와 높이가 실제 번호판의 규격과 각각 오차 T_c 이내의 값을 가진다면 해당 영역을 번호판으로 검출한다. 그렇지 않을 경우, 해당 영역은 번호판이 아닌 다른 평면 영역으로 간주한다.

Table 1 Specification of Korean vehicle plate

Vehicle plate type	Width	Height
General vehicles produced before 2006	335mm	155mm
General vehicles produced after 2006	520mm	110mm

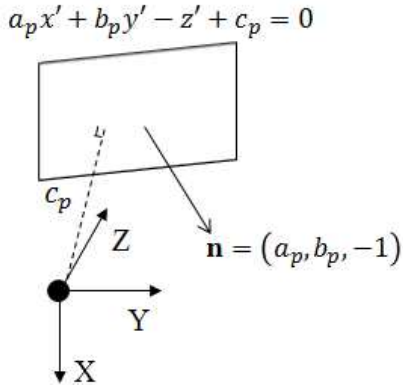


Fig. 4 Measuring similarity of two planes

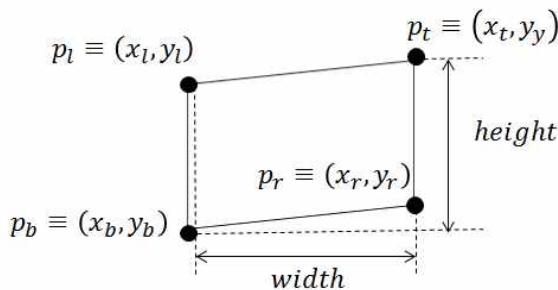


Fig. 5 Calculating width and height of plane area

3. 실험결과

본 논문에서 제안한 깊이 정보를 이용한 평면 유사도 측정을 통한 번호판 검출 방법의 정확도를 모의실험으로 측정한다. 먼저 본 논문에서 제안한 평면 영역 검출에 대해 Fig. 6의 차량 번호판을 촬영한 영상을 대상으로 실험을 수행하였다. 영상을 촬영한 깊이 카메라는 Intel Realsense D435이다. 깊이 영상의 해상도는 320×240이고,

mm단위로 깊이 값을 측정한다. 식 (1)-(2)에서 사용된 초점 거리 f 는 약 423.5이다. 차량의 번호판과 깊이 카메라의 거리는 2m-4m을 유지하여 촬영하였다. 실험에 쓰일 인자의 기본 값으로 식 (12)에 적용할 U 와 D 는 각각 0.98과 20을, 블록 크기 N 은 4로 적용하였고, 2.2절에서 블록이 평면으로 구성되었는지를 판단하는 문턱치인 T 는 30을 적용하였다. 또한 실제 번호판의 규격과 비교할 때 허용 오차 T_e 는 70mm (7cm)을 적용하였다.

제안된 방법의 각각의 과정에 대한 결과는 Fig. 7-8과 같다. Fig 7은 평면 검출에 대한 결과이고, Fig. 8은 실제 번호판 검출에 대한 결과이다. 실험 결과 번호판 검출이 잘 이루어짐을 보인다.

Fig. 9는 기존 색상 영상에서 LBP를 이용하여 번호판을 검출한 방법[4]를 적용한 결과이다. 검출 결과는 제안된 방법과 비슷하거나 더 높았다. 하지만 색상 영상을 이용한 방법을 적용하기 위해서는 많은 기존 번호판에 대해 기계학습을 미리 수행하여야 한다는 단점이 있지만, 제안된 방법은 번호판의 너비와 높이만 주어지면 거의 비슷한 성능으로 번호판을 검출할 수 있다는 것이 장점이다.

각각의 번호판 규격에 대해 20개의 영상을 촬영하여 검출율을 Table 2과 같이 측정하였다. 이때 D 가 50, U 가 0.95일 때 최적의 성능을 보였다. 이때 2006 이전에 발행된 번호판의 경우 검출율이 더 높게 나왔는데, 이는 번호판의 넓이가 더 넓기 때문에 좀 더 정확한 번호판 검출을 하기 때문으로 분석되었다.

Table 2 Simulation results of vehicle plate detection

Vehicle plate type	D	U	Detection success rate
Produced before 2006	30	0.95	85
	30	0.98	92.5
	50	0.95	87.5
	50	0.98	95
Produced after 2006	30	0.95	75
	30	0.98	92.5
	50	0.95	77.5
	50	0.98	97.5



Fig. 6 Vehicles pictures for simulation



Fig. 7 Plane surface detection by using proposed method



Fig. 8 Vehicle plate detection by using proposed method



Fig. 9 Vehicle plate detection by using conventional method for color picture[4]

4. 결론

본 논문에서는 깊이 영상을 이용하여 번호판 영역을 검출하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서는 평면을 검출하기 위해 정사각형 블록 단위로 영상을 분할한 후, 블록 내 2차원 영상 좌표를 깊이 정보를 이용하여 3차원 카메라 좌표계의 좌표로 변환하였다. 이렇게 변환된 3차원 좌표들을 이용하여 제일 인접한 하나의 평면을 모델링한 후 실제 측정된 깊이와 모델링된 평면에서 계산된 깊이의 오차를 계산하는 방법을 통해 평면 여부를 검사하였다. 만약 해당 블록이 평면으로 이루어져 있을 경우 해당 평면의 법선 벡터와 카메라와의 기하학적인 거리를 계산한 후, 인접한

블록 간에 두 특성이 일정 오차내로 동일할 경우, 두 블록을 같은 평면으로 그룹화하여 평면 영역을 분할하였다. 그 후 분할된 각 영역에 대해 깊이 정보를 이용하여 너비와 높이를 실제 크기로 변환한 후 실제 번호판 크기와 일치하는지를 검사하여 실제 번호판을 검출하였다. 본 논문에서 제안된 방법을 통해 4m 이내로 촬영된 번호판의 깊이 영상을 대상으로 실험한 결과 95% 이상의 번호판 검출률을 보였다.

기존 색상 영상에서 번호판 영역을 검출하는 방법은 환경적인 요인으로 인해 검출의 정확도가 떨어지는 문제가 있었지만, 깊이 영상을 이용하여 본 논문에서 제안하는 방법을 적용할 경우 번호판 영역을 정확하게 검출할 수 있었다. 하지만

깊이 영상의 잡음으로 인해 번호판의 인식이 불가능한 경우가 발생하기도 하였다. 깊이 영상의 정확한 보정 방법에 대한 연구를 통해 인식 정확도를 개선할 수 있을 것이다. 또한 제안된 방법은 깊이 카메라의 특성상 4m를 초과하는 객체에 대해서는 깊이 정보를 정확하게 측정하지 못하여 인식이 힘들다는 단점이 있다. 하지만 자동차 출입 시스템 등의 응용에서는 거의 근접하여 카메라를 설치하기 때문에 본 방법을 사용하여 번호판 영역 검출을 개선시킬 수 있을 것이다. 본 논문에서 제안된 방법을 통해 지능형 교통 시스템에 적용함으로써 더욱 신속하게 차량 번호판을 검출할 수 있을 것으로 예상된다.

References

- [1] R Zunino and S Rovetta, "Vector Quantization for License-Plate Location and Image Coding," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 47, No. 1, pp. 159-167, 2000.
- [2] S. Chang, L. Chen, Y. Chung, and S. Chen, "Automatic License Plate Recognition," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 5, No. 1, pp. 42-53, 2004.
- [3] H. Zhang, W. Zia, X. He, and Q. Wu, "Learning Based License Plate Detection Using Global and Local Features," *Proceeding of 18th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 1102-1105, 2006.
- [4] S. Du, M. Ibrahim, M. Shehata, and W. Badawy, "Automatic License Plate Recognition (ALPR): A State-of-the-art Review," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 23, No. 2, pp. 311-325, 2013.
- [5] Y. Zhang, T. Lu, J. Yang, and H. Kong, "Split and Merge for Accurate Plane Segmentation in RGB-D Images," *Proceeding of 4th IAPR Asian Conference on Pattern Recognition*, pp. 49-54, 2017.
- [6] W. H. Lee, K. G. Kim, and S. H. Chung, "Volume Measurement of Limb Edema Using Three Dimensional Registration Method of Depth Images Based on Plane Detection," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 17, No. 7, pp. 818-828, 2014.
- [7] D. Holz1, S. Holzer, R. B. Rusu, and S. Behnke1, "Real-Time Plane Segmentation Using RGB-D Cameras," *Proceeding of Robot Soccer World Cup*, pp. 306-317, 2011.
- [8] J. Sturm, N. Engelhard, F. Endres, W. Burgard, and D. Cremers, "A Benchmark for The Evaluation of RGB-D SLAM Systems," *Proceeding of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 573-580, 2012.
- [9] F. Pomerleau, S. Magnenat, F. Colas, M. Liu, and R. Siegwart, "Tracking A Depth Camera: Parameter Exploration for Fast ICP," *Proceeding of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 3824-3829, 2011.
- [10] D. S. Lee and S. K. Kwon, "Intra Prediction of Depth Picture with Plane Modeling," *Symmetry*, Vol. 10, No. 12, pp. 1-16, 2018.
- [11] S. K. Kwon and D. S. Lee, "Method for Determining Variable-Block Size of Depth Picture for Plane Coding," *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, Vol. 22, No. 3, pp. 39-47, 2017.
- [12] R. Penrose, "On Best Approximate Solutions of Linear Matrix Equations," *Proceeding of the Cambridge Philosophical Society*, Vol. 52, No. 1, pp. 17-19, 1956.



이 동 석 (Dong-Seok Lee)

- 정회원
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과
공학석사
- 동의대학교

컴퓨터소프트웨어공학과 박사과정

- 관심분야 : 멀티미디어 신호처리, 영상 인식



권 순 각 (Soon-Kak Kwon)

- 정회원
- 경북대학교 전자공학과 공학사
- KAIST 전기및전자공학과 공학
석사

- KAIST 전기및전자공학과 공학박사
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
- 관심분야 : 멀티미디어처리, IoT