

시각 기반 로봇 승부차기 게임 개발

Robot Penalty Shoot-Out Game Development based on Vision

진태일*, 문지윤*, 임태훈*, 조대용*[†], 정문호*

Tae-il Jin*, Ji-youn Moon*, Tae-hoon Lim*, Dae-yong Jo*[†], Mun-Ho Jeong*

Abstract As field of robot gets a lot of attention as new growth industry, especially researching about the educational robots is proceeded actively. By the help of these flows, many corporations are launching various educational robots and these things are being used as after-school program. But most of the educational robots stopped at running robots using simple sensors after manufacturing robot model. So educational robot has a weakness which can't give experience more than that. So in this essay, we make the elementary school students get new experiences with Robot by providing Penalty Shoot-Out Game combined with robot vision technology. But it's focused on pose estimation of robot based on vision technology.

Keywords : Vision, Robot, Educational Robot, Pose Estimation

초 록 로봇분야가 신 성장 산업으로 각광받고 있는 현재, 그 중에서도 교육용 로봇에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 흐름에 힘입어 여러 기업들에서도 다양한 교육용 로봇을 출시하고 있고, 이는 방과 후 학교 프로그램에서 많이 사용되고 있다. 그러나 교육용 로봇의 대부분이 로봇의 모형을 제작한 후 몇 가지 간단한 센서를 이용하여 이를 구동시키는데 그치는 경우가 많아 학생들에게 더 이상의 경험을 제공할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 이에 본 논문에서는 로봇비전기술을 결합한 승부차기 게임을 제공하여 초등학생들에게 로봇과 함께하는 새로운 경험을 제공하되, 비전기술을 기반으로 한 로봇의 자세추정을 중점적으로 다룬다.

주요어 : 비전, 로봇, 교육용 로봇, 자세 추정

1. 서론

최근 들어 여러 기업에서 개발한 교육용 로봇은 방과 후 학교 프로그램에서 체험학습의 형태로 이루어지고 있다. 예를 들어 스마트 액츄에이터를 이용하여 간단하게 로봇을 조립할 수 있도록 하였고, 프로그램을 이용한 간단한 동작을 생성하여 초등학생들에게 로봇에 대한 재미를 주었으며[1] 더 나아가 MCU와 다양한 기구들을 가지고 간단한 로봇을 조립할 수 있도록 만든 경우도 있다[2].

본 논문에서는 비전기술을 접목시킨 로봇을 이용한 승부차기 게임을 개발함으로써 초등학생들의 로봇에 대한 흥미를 유발하고 교육적 효과를 내고자 한다. ‘학생 무작위 선택’, ‘학생의 공 선택’, ‘로봇의 공 막기’, ‘로봇의 원 위치 복귀’ 순으로 진행되는 승부차기 게임은 원활한 게임 진행을 위해 로봇이 원 위치로 돌아가야만 한다. 이를 본 연구의

† 교신저자: 광운대학교 전자정보공과대학 로봇학부(constantine2010@nate.com)

* 광운대학교 전자정보공과대학 로봇학부

주안점으로 두고 로봇의 3차원 자세추정 방법을 연구하되 로봇의 제한된 시각을 반영하여, 자세추정의 정보로서 경기장에 있는 하나의 직선을 이용한다.

2. 본 론

2.1 로봇 승부차기 게임의 구성

게임은 로봇과 경기장으로 구성된다(Fig.1). 공을 찰 초등학생이 선택 되면 해당 학생이 공을 차고, 로봇이 공의 방향을 판단하여 공을 막는다. 한 게임이 끝날 때마다 로봇이 원위치로 복귀한 뒤 새로운 학생이 선택되면서 게임이 계속해서 진행된다.

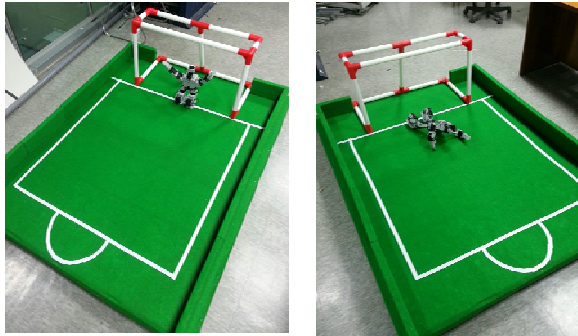


Fig.1 Game filed (1800mm x 1200mm) and Robot (height : 310mm)

원활한 게임 진행을 위해 단일 직선을 기반으로 한 로봇의 3차원 자세추정에 중점을 둘 것이며 이를 위해 전체시스템을 Fig.2와 같이 구성한다. 카메라의 영상은 RF통신을 통해 PC로 전달되고, 전달 된 영상을 이용하여 영상처리를 진행한다. 처리된 결과에 따라 수행되어야 할 모션명령이 Zigbee통신을 통해 PC에서 Motion Board로 전달되고 MCU는 PSD센서를 이용하여 골 여부를 판단하고, 그 결과를 RS232 통신을 통해 PC로 전달한다. 그 결과에 따라 PC는 해당되는 UI를 제시한다.

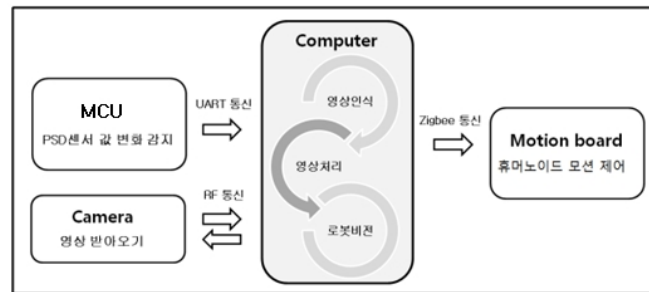


Fig. 2 System Configuration

2.2 단일 직선을 이용한 로봇의 3차원 자세추정

본 논문에서 다루는 시스템의 경우, 작업이 고정된 환경에서 이루어질 뿐만 아니라 로봇의 시야에 들어오는 정보가 하나의 직선으로 매우 한정적이다. 이러한 환경적 특징을 고려하여

본문에서는 단일 직선을 이용하여 로봇의 3차원 자세를 추정하는 방법을 중점적으로 연구했으며 자세추정의 정보로서 로봇과 직선간의 거리 및 각도를 구한다. 단, 카메라와 로봇에 대한 Calibration은 모두 완료되어 있다고 가정한다.

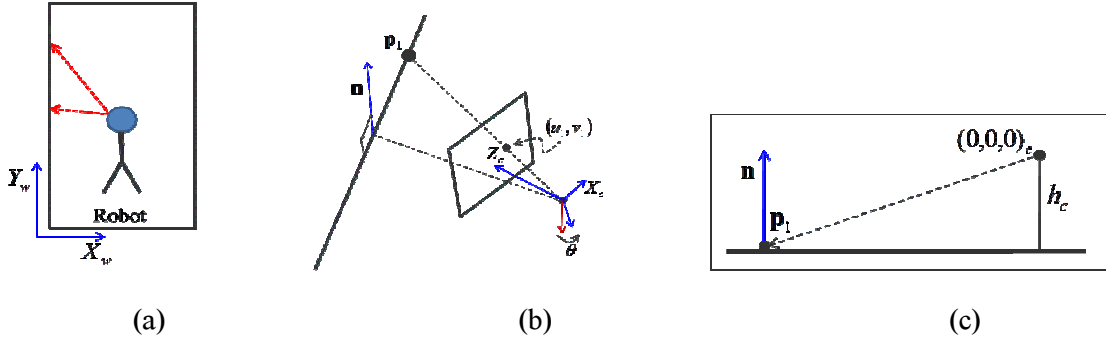


Fig. 3 (a) Robot and Lines (b) Relation of Camera and Model (c) Side view of (b)

단일 직선 기반 로봇의 3차원 자세추정에 대하여 경기장의 경계선과 로봇의 관계 정보는 Fig.3(a)와 같다. 본문에서는 카메라에 들어오는 이미지를 이용하여 로봇의 자세를 추정하므로 경기장의 경계선과 로봇의 관계를 Fig.3(b)와 같이 표현할 수 있다. Fig.3(b)의 (u_l, v_l) 는 검출된 직선 상의 점들 중, 카메라에 투영된 3차원 점의 픽셀 좌표이고 f 는 카메라의 Focal length를 의미한다. Fig.3(c)에서 h_c 는 카메라의 높이를 의미하며 이는 상수로 알려져 있다고 가정한다. Fig.3(a)에서 X_w 와 Y_w 의 w 는 세계 좌표계를 나타내며 Fig.3(b)의 Z_c 축 방향의 평면은 카메라에 들어오는 영상 평면이고, 이 때 C 는 카메라 좌표계를 의미한다. 카메라가 장착되어 있는 Pan이 좌우로 회전함에 따라 고려해야 하는 카메라와 로봇간의 동차 변환은 사전 Calibration을 통해 이미 알고 있다고 가정하며 이를 바탕으로 Tilt의 상하회전만 고려한다. 그렇기 때문에 사용자가 입력하는 θ 값을 이용하여 세계 좌표계의 법선 벡터 \mathbf{n} 을 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\mathbf{n} = R(X_c, \theta) \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -\cos\theta \\ -\sin\theta \end{pmatrix} \quad \text{식(1)}$$

카메라 좌표계로 투영된 픽셀 (u_l, v_l) 과 모델의 3차원 좌표의 관계는 식(2)와 같다는 것이 알려져 있다. 이 때, Fig.3(c)로부터 식(3)이 성립함을 확인 할 수 있고, 식(1)로부터 구한 \mathbf{n} 벡터와 이미 알려져 있는 값 h_c 를 이용하여 식(2)의 미지수 z_l 을 구할 수 있다. 이를 식(2)에 대입함으로써 P_l 을 구할 수 있다.

$$P_l = \begin{pmatrix} x_l \\ y_l \\ z_l \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{u_l}{f} z_l \\ \frac{v_l}{f} z_l \\ z_l \end{pmatrix} \quad \text{식(2)}$$

$$- \mathbf{n} \cdot \mathbf{P}_1 = h_c \quad \text{식(3)}$$

같은 방법으로 식(2)를 이용하여 서로 다른 두 개의 3차원 점 P_1 과 P_2 를 구한다.

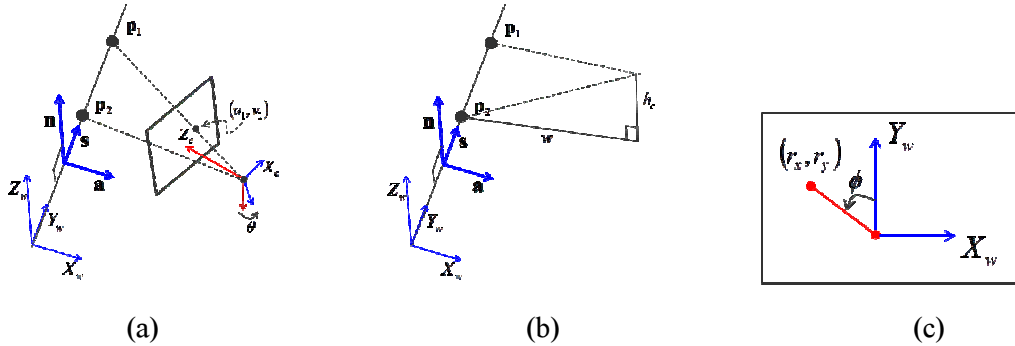


Fig. 4 Pose w.r.t. the World Frame

선택한 P_1 과 P_2 를 이용하여 식(4)와 같이 Fig.4 (a), (b)의 s 벡터를 구할 수 있다.

$$\mathbf{s} = \frac{\mathbf{P}_1 - \mathbf{P}_2}{\|\mathbf{P}_1 - \mathbf{P}_2\|} \quad \text{식(4)}$$

s 벡터와 n 벡터 정보를 알고 있으므로 이를 이용하여 식(5)로부터 a 벡터를 구할 수 있고, 벡터 값들을 이용하여 카메라 좌표계와 세계 좌표계의 변환 행렬을 구할 수 있다(식(6)).

$$\mathbf{a} = \mathbf{s} \times \mathbf{n} \quad \text{식(5)}$$

$$R_c^w = \begin{pmatrix} \mathbf{a}^T \\ \mathbf{s}^T \\ \mathbf{n}^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_x \\ \vdots \\ r_y \\ r_z \end{pmatrix} \quad \text{식(6)}$$

본 논문에서는 로봇과 세계 좌표계에서의 틀어진 각도를 구하고자 하므로(Fig.4(c)), z 축에 대한 회전정보를 가지는 식(6)의 제 3열의 값들을 취하여 각도를 구한다(식(7)). 사전에 구했던 한 점 P_2 와 a 벡터를 이용하여 로봇과 모델간의 직선거리를 구할 수 있다(식(8)).

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{-r_x}{r_y} \right) \quad \text{식(7)}$$

$$w = -\mathbf{P}_2 \cdot \mathbf{a} \quad \text{식(8)}$$

한편, 검출되는 직선이 곧게 나오지 않아 정확한 값을 추정하는데 문제가 되었고 이를 보정해주고자 RANSAC (Random Sample Consensus) 알고리즘[3]을 적용하여 곧은 직선을 검출한다(Fig.5(c)).

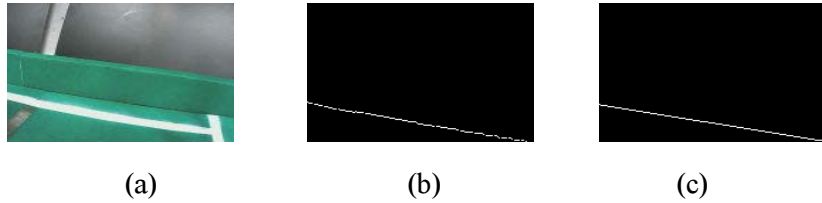


Fig. 5 (a) Original Image (b) Extracted Line (uncorrected) (c) Extracted Line (corrected)

단안 카메라를 이용한 단일 직선 기반 3차원 자세추정 실험 결과, 거리 값은 추정 값의 오차가 최대 2cm 이내였고(Fig.6(a)), 각도 값은 추정 값의 오차가 최대 4도 이내(Fig.6(b))로 게임 진행에 있어 무리 없는 수준의 결과가 나왔다.

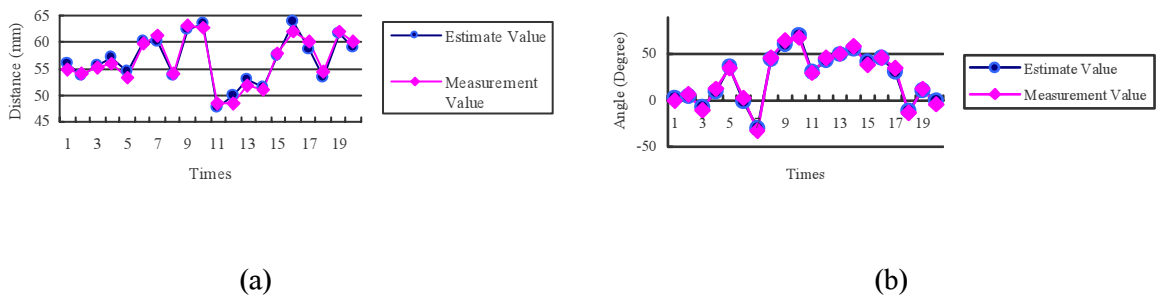


Fig. 6 Result of Pose Estimation (a) Distance (b) Angle

2.3 실험 결과

본 연구의 교육적 효과를 확인하기 위해 초등학교에 방문하여 학생들을 대상으로 직접 시연하였다.

2.3.1 학생 무작위 선택

학생들의 관심을 끌기 위해 게임에 참여할 학생을 주어진 단체사진에서 무작위로 선택하는 방법을 고안했고, 이를 위해 NCC(Normalized Cross Correlation) 알고리즘[4]을 적용하여 Template Matching을 구현했다(Fig.7).

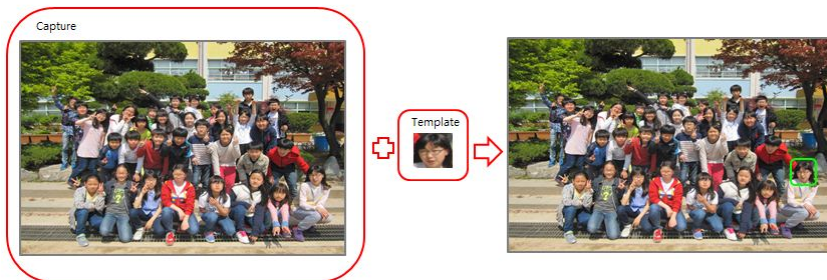


Fig. 7 Result of Random Select using Template Matching

2.3.2 공 찾기

공의 방향성을 판단하기에 앞서 Color Model을 이용, 이진화 시켜 공을 찾는다[5]. 이진화된

영상에서 공에 해당하는 부분이 가장 넓다는 것이 명백하므로 그 나머지 부분을 노이즈라고 정의하고 이를 제거하기 위해 Labeling 알고리즘을 적용했다(Fig.8)[5].

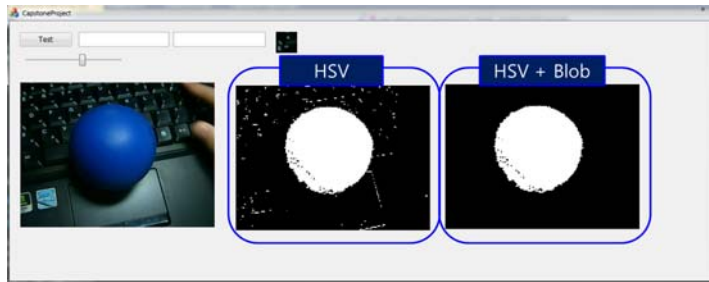


Fig. 8 Result of Labeling (right)

2.3.3 전체 시연

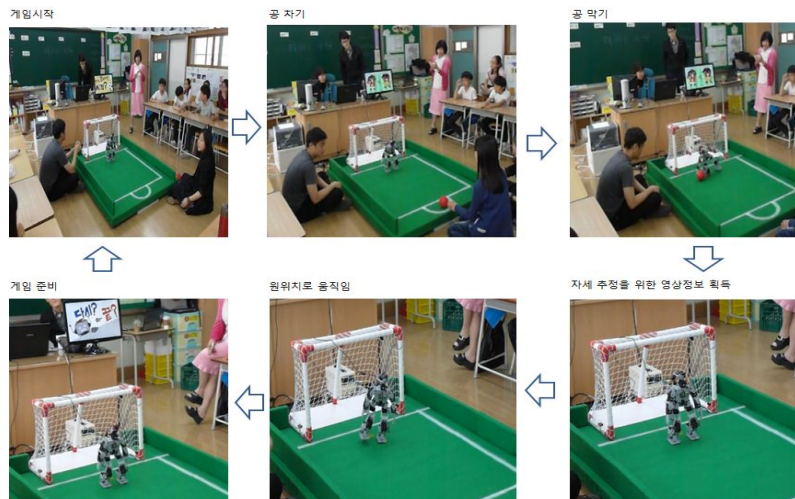


Fig. 9 Game Demonstration

3. 결론

기존에 개발되었던 교육용 로봇과 달리 로봇에 대한 관심을 유도하고, 로봇을 사용한 교육의 효과를 높이기 위해 시각 기반 로봇 승부차기 게임을 개발했다. 게임의 원활한 진행을 위해 로봇의 단일 직선 기반 3차원 자세 추정을 성공적으로 구현했다.

참고문헌

- [1] www.robotics.com
- [2] www.roborobo.co.kr
- [3] Konstantinos G. Derpanis (2010) Overview of the RASNAC Algorithm, pp.1-2
- [4] K.Briechle, Uwe D. Hanebeck (2001) Template Matching using Fast Normalized Cross Correlation, Institute of Automatic Control Engineering, Technische Universita Munchen 80290 Munchen, Germany, pp.2-4
- [5] IT EXPERT Image processing programming by Visual C++(2007), 황선규, Hanbit Media, Inc.