

에어 하키 게임을 위한 2축 직교 좌표 로봇 최적화

김희연¹ · 이원재¹ · 유운섭² · 김남호^{1*}

¹한국폴리텍대학 융합기술교육원 · ²한경대학교

2-Axis Cartesian Coordinate Robot Optimization for Air Hockey Game

Hui-yeon Kim¹ · Won-jae Lee¹ · Yun Seop Yu² · Nam-ho Kim^{1*}

¹Convergence Technology Campus of Korea Polytechnic · ²Hankyong National University

E-mail : namo@kopo.ac.kr

요 약

에어하키 로봇은 머신 비전 시스템으로 하키 공을 카메라를 통해 인식하여 사용자와 플레이를 할 수 있다. 하키 공의 위치 감지는 OpenCV 라이브러리를 사용하여 공의 색 정보를 이용하여 인식하게 구현하였다. 하키 공의 위치를 감지하고 또한 그 궤적을 예측하여 결과를 ARM Cortex-M 보드로 전송한다. ARM Cortex-M 보드는 2축 직교 로봇을 제어하여 에어 하키 경기를 진행한다. 에어 하키 로봇의 전략에 따라 수비, 공격, 수비과 공격 모드로 동작시킬 수 있다. 본 논문에서는 비전 시스템 개발과 궤적 예측 시스템에 대해 기술하고 에어 하키 경기를 진행하는 2축 직교 로봇을 제어하는 새로운 방법을 제시한다.

ABSTRACT

Air hockey robots are machine vision systems that allow users to play hockey balls through the camera. The position detection of the hockey ball is realized by using the color information of the ball using OpenCV library. It senses the position of the hockey ball, predicts its trajectory, and sends the result to the ARM Cortex-M board. The ARM Cortex-M board controls a 2- Axis Cartesian Coordinate Robot to run an air hockey game. Depending on the strategy of the air hockey robot, it can operate in defensive, offensive, defensive and offensive mode. In this paper, we describe a vision system development and trajectory prediction system and propose a new method to control a biaxial orthogonal robot in an air hockey game.

키워드

Air Hokey, OpenCV, biaxial orthogonal robot, machine vision, Trajectory prediction

I. 서 론

로봇의 활용분야는 다양하다. 실생활을 파고든 가정용 청소 로봇부터 공공에 사용되는 안내 로봇, 산업용 로봇등 다양한 분야의 로봇이 개발되고 발전하고 있다.

본 논문에서 사용하는 로봇은 기존의 2명의 사람이 사용하는 게임시스템에 1명의 사람을 대체할 수 있는 로봇을 제작하는데 목적이 있다. 게임을 즐기는 인간의 동작을 대체하여 상대가 필요없는

게임시스템을 구현할 때 필요한 머신 비전 기술과 2축 직교 로봇 제어 기술의 습득이 목적이다. 이러한 구현을 위해 에어 하키 게임을 선택하였다. 에어 하키는 기본적으로 두 명의 플레이어가 필요하다. 에어 하키 로봇은 혼자서도 플레이를 할 수 있는 게임을 목적으로 하며 이때 사용하는 2축 직교 로봇을 제어하는 효율적인 방법을 제시한다.

II. 시스템 구성

에어 하키 로봇은 에어 하키 테이블, 2축 직교 로봇 제어 시스템 및 카메라를 포함한 비전 시스템

* corresponding author

템의 세 부분으로 구성된다. 비전 시스템에서 하이공의 위치를 감지하여 로봇 제어 시스템에게 명령을 내려 하이공의 위치를 예측하여 2축 직교 로봇이 하이공을 이동시킨다. ARM Cortex-M보드로 구현한 2축 직교 로봇 제어 시스템은 스텝 모터에 적합한 신호를 전송하여 예측 좌표로 하이공이 이동하도록 한다. 본 시스템의 핵심 제어 기술은 로봇에 장착된 하이공 사용자의 속도에 맞춰 새로운 위치로 이동하는 것이다. 로봇의 구조는 스텝모터 2개, 금속 막대, 도르래 및 3D 인쇄 부품으로 구성된다. 가로축과 세로축 이동이 가능하며 스텝모터를 구동시키기 위한 A4988 드라이버와 STM32F429(ARM cortex-M4) 보드를 이용한다. 에어 하이공 로봇으로 2축 직교 로봇을 사용한다. 에어 하이공은 하이공의 부양을 위해 테이블 바닥에 작은 구멍을 통해 공기가 나올 수 있도록 구성되어 있다.



그림 1. 에어 하이공 시스템 구성

III. 사용 기술

영상 처리를 위해 OpenCV 라이브러리를 사용하였다. MS Visual Studio 2015버전에 OpenCV 3.1을 설치하였다. 하이공의 위치 인식을 위해 공의 색상정보를 사용한다. OpenCV를 이용하여 프레임 캡처, RGB분할 및 HSV변환 함수를 사용한다. 색상 필터를 사용하여 임계 값을 넘는 물체를 감지하고 레이블링한후 일정 크기 이상의 물체를 하이공으로 인식하였다. 카메라의 왜곡은 거의 없는 것으로 파악되어 왜곡 보정은 사용하지 않았다.

2축 직교 로봇의 모터 제어를 위해 STM32F429(ARM Cortex-M4) MCU를 사용하였다. 영상 인식 시스템에서 STM32F429보드로 시리얼 통신을 통해 하이공의 궤적을 예측한 정보를 전송하면 STM32F429보드는 2축 직교 로봇의 스텝모터를 제어한다. 스텝모터는 총 4개의 PWM신호로 제어하며 여기에 사용된 모터 드라이버는 A4988 드라이버이다. 스텝모터는 Pulse파형의 상승 엣지와 하강 엣지에 1.8° 씩 움직이는데, 안정적인 파형을 위해 Duty Ratio를 50%로 유지한다.

로봇에 장착할 하이공은 3D프린터를 사용하여 자체 제작하였다. 그리고 하이공도 영상 인식을 높이기 위해 하이공 테이블색인 흰색과 대비되는 검은 색으로 3D프린터로 제작하였다.

IV. 구현 결과

영상은 일반 USB카메라 640x480 VGA급 영상 30fps를 사용하였다. OpenCV 라이브러리를 사용하여 RGB영상에서 HSV영상으로 변환한후 에어 하이공 테이블의 주요 색상인 흰색 바탕에서 하이공의 색상인 검은 색을 추출하는 색상 필터를 구현하였다.

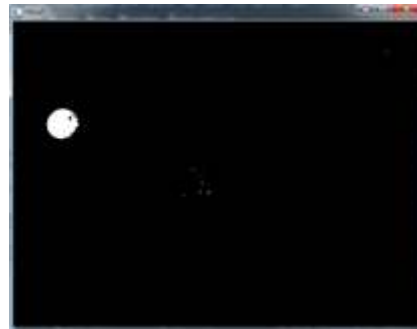


그림 2. 색상 필터 통과후의 하이공 영상

색상필터를 통과한 이와 같은 이진 영상에서 노이즈 제거를 위해 모폴로지 필터를 통과시킨후 물체의 중심점의 좌표를 추출한다.



그림 3. 하이공의 위치 표시

그림3은 하이공의 중심점을 표시한 영상이다. 이 추출된 좌표를 STM32F429보드에 전송한다. STM32F429보드는 이 좌표를 바탕으로 2축 직교 로봇의 위치를 제어한다. 하이공 테이블에서 하이공이 위치하는 좌표를 단순화하기 위해 x축과 y축으로 나눠 총 20x10개로 단순화한 후 STM32F429보드로 시리얼 통신 115200bps의 속도로 전송하였다.



그림 4. 3D 프린터로 제작한 하키 채와 하키 공

그림 4는 3D 프린터로 자체 제작한 하키 채와 하키공의 그림이다. 하키 공의 크기는 50x3mm이며 에어 하키 테이블의 크기인 82x43x17cm를 고려하여 제작하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 로봇을 이용하여 단독으로 플레이 할 수 있는 에어 하키 게임 방법을 제시하였다. 일반 윈도우 PC에서 영상 인식 시스템을 구현하고 2축 직교 로봇 제어는 STM32F429보드가 담당하였다. 보다 신속한 제어를 위해 하키 공의 위치를 단순화하여 2축 직교 로봇의 실행을 최적화하였다. 추가적인 연구로 비전 시스템과 로봇 제어 시스템을 하나의 시스템으로 구현하기 위해 PC와 STM32F429보드 대신 USB카메라를 장착한 라즈베리파이보드에서 본 시스템을 쉽게 구현할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 2축 직교 로봇 제어의 핵심인 스텝모터 제어를 좌표의 단순화를 통한 최적화보다는 좌표 예측 알고리즘의 최적화를 통해 구현 가능하다고 예상된다. 특히 본 시스템 구현 결과를 학생들을 위한 흥미로운 과제 형식의 프로젝트로 활용이 가능할 것으로 예상된다.

References

- [1] J. S. Lee, "Optimal Design of the Second Arm of a SCARA Robot Based on Performance Evaluation," Journal of the Korean Society of Mechanical Technology, vol.11(2), no.2, pp.1-8, June 2009.
- [2] Akihiro Teramachi, "Introduction to Linear Systems," THK Linear Systems Editorial Group, pp.108-114, 2001.
- [3] Wikipedia Cartesian coordinate robot [Internet]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Cartesian_coordinate_robot
- [4] STM32F PWM tutorial [Internet] . Available : <https://stm32f4-discovery.net/2014/05/stm32f4-stm32f429-discovery-pwm-tutorial/>