

평판 위 구의 거동을 위한 강인 비주얼 서보잉

Robust Visual Servoing to Control the Motion of a Sphere on a Plate

박종현*, 이영종**

* 한양대학교 정밀기계공학과 (Tel : 82-02-2290-0345; E-mail: jongpark@email.hanyang.ac.kr)

** 한양대학교 정밀기계공학과 (Tel : 82-02-2297-3786; E-mail: yjlee@ajuhitek.co.kr)

Abstract : This paper presents the control problem for the motion of sphere with robot manipulator. The robot manipulator is controlled to regulate the angle of plate for the sphere to track given trajectories on the plate. The center position of the sphere is measured with machine vision system and the advanced algorithm for center detection is proposed in which the change of shape is considered to solve the problem of image distortion. To cope with the variation of plate material and the structure of sphere (size, mass, etc.), sliding mode control, which has robustness to model uncertainty, is applied to the control of robot manipulator.

Keywords : sliding-mode control, interlaced scanning, tracking

1. 서론

사람은 작업을 하면서 다양한 감각기관을 사용하기 때문에 작업 대상에 변화가 발생해도 무리없이 작업을 할 수 있다. 그러나 로봇의 경우에는 여러가지 문제점이 발생한다. 즉 주변환경이나 작업대상을 감지할 수 있는 감지기의 부족과 감지한 정보의 부정확성이 가장 큰 문제점이다. 이런 문제를 극복하기 위해 Hashmoto[1]는 robotic 요오의 제어를 통하여 visual feedback의 유용성을 검증하였고 본 논문에서는 평판 위 구의 거동을 machine vision을 이용하여 검출하였다. 로봇으로 작업을 수행할 때 생기는 또 다른 문제점은 작업 수행을 위한 물체 거동의 수학적 모델링이 비선형 방정식으로 표현되고 변수의 변화와 부정확성 때문에 제어기의 성능을 보장할 수 없다는 것이다. 그래서 정확한 모델링을 필요로 하지 않고 변수의 변화와 불확실성 그리고 외란이 존재할 때 변화 한계만 요구되는 슬라이딩 모드 제어기[7]를 본 논문에서는 적용하였다. 실험 장치는 공의 위치를 감지하는 CCD 카메라와 비전 보드 그리고 평판을 제어하는 6축 로봇으로 구성하였고, 판의 재질과 구를 변화시키면서 평판 위에서 구가 주어진 경로를 따라 움직이도록 하는 실험을 통하여 감지기로서의 비전 시스템의 유용성과 변수 변화에 대한 슬라이딩 모드 제어기의 강인성을 검증하였다.

2. 비전 시스템

2.1 영상처리

배경과 물체를 구별하고 계산량을 줄이기 위해 영상의 이진화(thresholding)가 필요하다[3]. 본 연구에서는 비전 보드(vision board)에서 제공하는 LUT(lookup table)를 이용하여 영상을 획득함과 동시에 하드웨어적으로 이진화를 하였다.

2.2 검사 영역 생성

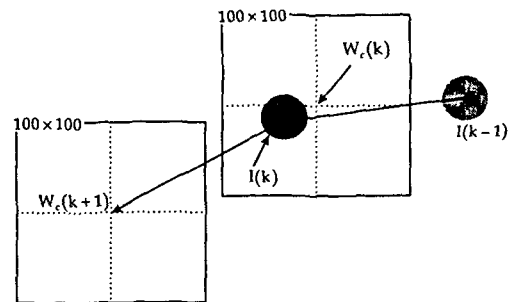


그림 1. Prediction of the search area

움직이는 물체에 대한 영상을 획득한 후 물체의 위치를 검출하기 위해 640x480 크기의 전체영상을 사용하면 많은 계산량 때문에 제어 시스템의 성능을 저하시키게 된다. 이를 보상하기 위하여 다음 식과 같은 일차 미분 방정식에 기반을 둔 거동하는 물체의 위치 파악을 위한 predictor를 이용하여 검사영역을 100x100개의 화소로 축소하는 방법을 사용하였다[4].

$$W_c(k+1) = \hat{I}(k+1) \quad (1)$$

여기서 W_c 는 검사를 위해 축소된 영상의 중심이고, \hat{I} 은 영상 좌표내의 예측된 구의 위치이고 다음과 같은 식으로 정의된다.

$$\begin{aligned} \hat{I}(k+1) &= I(k) + \hat{I}(k) \cdot \Delta T \\ \hat{I}(k) &= \frac{I(k) - I(k-1)}{\Delta T} \end{aligned} \quad (1a)$$

2.3 구 중심의 검출

구의 중심을 검출하기 위해서 앞에서 축소된 영상내에서 구에 관한 x의 최소값과 최대값, y최소값과 최대값의 4가지 정보가 필요하다. 그러나 제한된 시스템에서 구가 빠르게 거동을 하기 때문에 4가지 정보를 구하는데 문제가 발생한다.