



使用FPGA實現視覺回授 之滾球及球桿平衡控制系統

Visual Feedback Control of a Ball-and-Beam Balancing
Control System Using FPGA

施慶隆

臺灣科技大學
電機工程系
教授

解子葳

臺灣科技大學
電機工程系
碩士研究生

關鍵詞(Keywords)

- 滾球及球桿平衡控制 Ball-and-Beam Balance Control
- 視覺回授 Visual Feedback
- 模糊邏輯控制器 Fuzzy Logic Control

摘要(Abstract)

影像物體追蹤是能夠從連續之序列影像中判斷出移動物體的運動軌跡。物體追蹤需要在大量影像資料中達到即時性、速度快及低耗能的要求。本文之動機在於發展基於即時影像視覺回授之運動控制系統，並驗證即時影像視覺回授控制系統能夠實現於滾球及球桿的平衡控制。滾球及球桿

平衡控制系統採用雙迴路的控制架構，內迴路為球桿傾斜角度數位 PI 控制器，外迴路則為滾球位置模糊邏輯控制器。為同時兼顧系統平行處理速度快、體積小以及系統整合性高本文以 FPGA 硬體數位電路設計方法來設計所有的影像視覺回授以及控制程式演算法，並成功完成滾球及球桿平衡控制的實驗驗證。

Visual object tracking is used for identifying the trajectory of moving objects in video frame sequences. Object tracking involves intensive computation in order to extract real-time and high speed rate information from high-volume video data with low power consumption. The motivation of this work is to develop a real-time visual feedback-based motion control system. We have experimentally verified that a ball-and-beam balance control system



can be achieved with only visual feedback information. The ball-and-beam balance control consists of an inner loop PI controller for regulating the beam angular position and an outer loop fuzzy logic controller to balance control of the ball position to maintain stationary near the center position of the beam. The implemented control system integrates all functions of visual feedback and controller design based on a single FPGA chip for parallel processing, fast computation speed, small volume and easy system integration. The experimental results show that the integration of real-time visual feedback and control system design based on FPGA works well for a ball-and-beam balance control task.

1. 前言

影像物體追蹤是能夠從連續影像之序列影像中判斷出移動物體的運動軌跡，其為電腦視覺系統中一個十分重要的基本功能並廣被應用於無人操控系統、保全監視系統、自動交通管制系統、醫學影像分析以及智慧型機器人系統等等[1,2]。如同大多數的電腦視覺功能，影像物體追蹤需要在大量的影像資料中進行大量的運算。除此之外，電腦視覺的應用場合必需達到即時性與運算速度快以及低耗能的要求[3]。本案之動機在於使用即時動態影像追蹤移動物體，並完成基於即時影像視覺回授的運動控制系統。

以即時影像視覺回授取代傳統接觸性的馬達

位移感測器，直接由影像處理演算法得到控制機構的位移量回授給控制器來控制馬達驅動。即時影像視覺回授為非接觸性的感測方式，除了可以直接量測到三度空間物體的位置訊息也同時量測到單軸以上控制機構的位移量。與傳統的接觸性位移感測器如編碼器、電位計等相比較，影像視覺回授具有節省電子電路空間與成本以及適用範圍廣等優點；但也存在量測精度低以及回授時間延遲等缺點。為證明即時影像視覺回授控制系統能夠克服上述的二項困難，我們發展基於即時影像視覺回授的滾球及球桿(ball-and-beam)平衡控制系統設計。

基於動態影像分析的移動物體偵測與運動軌跡追蹤問題可簡述如下：首先偵測出動態影像中可疑的移動物體之影像區塊(object detection)，接著由移動物體的顏色、形狀或其他特徵進行移動物體的分類(object classification)，然後再記錄與追蹤特定移動物體的運動軌跡與位置(object tracking) [2]。分析動態影像之三個重要步驟為偵測移動物體的影像區域、移動物體的辨識與分類以及追蹤移動物體的運動軌跡及估算位置與速度，其中以移動物體影像的偵測為關鍵步驟，因為後面兩個步驟倚賴它的偵測結果。由於在本案之滾球及球桿平衡控制機構之動態影像的移動物體相對地單純，因此移動物體影像的偵測為取得控制系統位移回授訊息的核心步驟。為了簡化影像處理演算法，本案以顏色分類法計算出球桿的傾斜角度以及滾球的位置。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】389期・104年8月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw