



慣性視覺感測融合之同步定位 與地圖建置技術

Inertial and vision-based Simultaneous Localization And Mapping, I-vSLAM

謝祥文

工研院機械所
智慧機器人技術組
機器人技術應用部

張彥中

工研院機械所
智慧機器人技術組
機器人技術應用部

蔡雨坤

工研院機械所
智慧機器人技術組
機器人技術應用部

鄭明育

工研院機械所
智慧機器人技術組
機器人技術應用部



關鍵詞

- 慣性 Inertial
- 視覺 Visual
- 多重感測融合 Multi-sensor fusion
- 同步定位與地圖建置
Simultaneous Localization and Mapping

摘要

機器人對於未知環境感知及自我定位的準確度，將決定其是否具備有效率的自主移動能力，亦影響了其在實際環境中提供人們所需服務的安全性與品質。本篇文章將介紹機器人同步定位與地圖建置的技術，藉由慣性與視覺感測元件的整合，以及多重感測器融合技術之建構，來提升此技術於實務應用的可靠性。

The accuracy of robot perception and localization determines whether a robot will be able to navigate autonomously and efficiently. Also, that directly affects safety and quality of services the robot can provide. This article presented technologies of simultaneous localization and mapping and multi-sensor fusion algorithms which integrates inertial and visual sensors. It is expected the presented technologies help to improve the corresponding reliability for practical applications.

一、前言

機器人自主移動能力為服務型機器人研發的主要核心技術之一，包括兩大層面：環境資訊收集與辨識、機器人位置估測及行走路徑規畫[1]。環境資料的收集與辨識，主要透過配置在機器人身上的距離感測器進行週遭環境特徵的擷取，透過偵測週遭



的物體或障礙物，建構出可描述環境特徵的電子地圖，機器人即可在行走過程中依不同時間點所收集到的環境距離資訊及電子地圖，完成本身位置的估測及路徑規劃[2][3]。在早期的研究中我們利用室內 GPS (Global Position Sensor)的數據或者特殊的外部信標(Land Mark)當作環境特徵，建立了環境資訊的地圖，機器人於環境中感測到參考點資訊即能計算所在位置，進一步用於規劃行走路徑。

然而當環境資訊是未知的或是環境中的參考點不可用時，機器人必須透過某種方式決定恰當的環境參考點，進而建立可供機器人本體自主定位的環境電子地圖。SLAM (Simultaneous Localization And Mapping)的技術即在於解決這個問題，其技術目的在於讓機器人透過感測器進行環境感知，藉由機器人不斷接收感測器所提供外部資訊達到同步自行定位及環境地圖建置[4][5]。目前已實現的 SLAM 系統中，主要透過整合高精度雷射(Laser)、超音波(Sonic)或立體視覺感測器，達成定位與地圖建置目的。然而，雷射距離感測器的高成本限制此類系統架構在實務應用的機會；超音波感測器對於環境物體材質及相對角度敏感度高，影響定位應用的穩定性；透過立體視覺方式，對於一般的牆面或是單純背景環境，常造成環境物體深度估測不確定性高，亦直接影響定位與地圖建置效果。

近年的研究成果中，已經成功利用低成本單一攝影機作為唯一的感測裝置[6][7]，透過擷取所拍攝影像的環境特徵擷點，做為定位與地圖建置的主要參考點，並結合 EKF(Enhance Kalman Filter)或 PF(Particle Filter)演算法，進行機器人移動的預測與修正程序，以達成較準確的環境特徵地圖與機器人定位。然而，以單一攝影機擷取影像的 SLAM 架構，所擷取到的特徵位置容易因角度、光源、距離等因素影響，造成特徵比對錯誤使機器人定位失效。因此，為改善此單純透過單一攝影機影像可能造成的

缺點，除了強化環境特徵擷取與比對的穩定性，如 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)演算法在影像特徵上對於光線、雜訊、些微視角改變的容忍度的優勢[8]，進一步結合現有低成本的慣性感測元件來提升估測的穩定性，亦成為近年來 vSLAM(visual SLAM)技術發展的主要方向。因此，本研究提出一整合慣性感測元件與單一攝影機之 I-vSLAM (Inertial and vision based Simultaneous Localization And Mapping, I-vSLAM)架構，並整合影像特徵描述技術，以期機器人在實際環境運行時，對於所觀測環境特徵角度的改變以及機器人在快速移動的情形下，仍能達成穩定環境感知與自我定位。

二、I-vSLAM 系統架構設計

機器人定位技術可分成兩大類：已知環境資訊，亦即事先獲得環境的電子地圖，並以此電子地圖進行定位，如圖 2.1 所示，當電子地圖資訊(Map)與距離感測器讀值(Sensor readings)幾乎重疊時，表示機器人位置估測接近於實際位置；另一為環境資訊未知，事先無法獲得環境的電子地圖，機器人在環境行走過程中進行同步定位與電子地圖建置，亦即 SLAM 技術。就第二類的 SLAM 技術架構而言，EKF SLAM (Extended Kalman Filter SLAM)為最常見之應用架構，其所建構的電子地圖為由許多點的路標 (landmark) 構成，屬於特徵型地圖 (featured-based)，與第一類所建立的電子地圖不同，圖 2.2 為 EKF SLAM 所建構環境特徵地圖及所行走的軌跡。本文所介紹的 I-vSLAM 架構，屬於第二類的機器人定位技術，在系統硬體架構設計上整合慣性感測元件及視覺感測器，並透過特徵比對與感測融合演算法的設計，達成機器人同步定位與地圖建置的目的，其系統執行流程如圖 2.3 所示。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】329期・99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