

用於軌跡追蹤的移動手臂機器人運動規劃

Motion Planning of a Mobile Manipulator for Trajectory Tracking

Josuet Bernardo Leoro Mendoza¹、彭彥嘉^{2*}

¹ 國立交通大學 電機工程學系 博士生

² 工研院機械所 智慧機器人技術組 服務型機器人技術部 副理

摘要：運動規劃問題在於如何找到機器人系統的關節命令，順利完成所給定的任務。本文介紹了移動手臂機器人運動規畫演算法的實現。首先，介紹為什麼需要導入移動手臂機器人的原因。接下來，介紹描述這種類型機器人系統所具有的每個挑戰。然後，我們介紹如何解決運動規劃問題，以及機器人運動學上總概括性的問題解釋。最後，實作出一個使用工研院機械所機器人實驗室 (ITRI Robotics Lab) 開發的移動手臂機器人，來作為運動規劃的實際案例，並討論所得到的結果。

Abstract : The motion planning problem consists of finding joint commands of a robotic system to accomplish a given task. This article presents the implementation of a motion planning algorithm for mobile manipulators. The need for mobile manipulators is first introduced. Next, the technical challenges of mobile manipulators are described. A summarized explanation of how motion planning problem was solved was provided. Finally, an experimental example using for the motion planning of a mobile manipulator is presented and results are discussed.

關鍵詞：移動手臂機器人、投影梯度法、加權最小範數法

Keywords : Mobile manipulator, Projected gradient method (PG), Weighted least norm method (WLN)

前言

過去的幾十年來，各種工業產品的生產製造，已從大規模生產的模式，漸漸地轉換到客製化生產的模式。在過去大規模生產模式中，扮演重要角色的工業機器人，基於安全目的，往往會被安裝在安全圍籬內或遠離操作人員的配置，才有辦法合乎法規的在生產線中，執行特定的重複任務。然而，對於某些任務，這種類型的機器人系統不是最合適的解決方案。例如，用於將產品包裝到盒子中的機器手臂，需要針對該特定製程進行配置，通常是針對特定的產品尺寸和盒子尺寸，撰寫程式和精度校正。如果必須在該過程中，換線、包裝不同的產品，則需要麻煩地重新撰寫程式和重新校正機器手臂。

由於強調製程或製造場域內配置的彈性，已漸漸成為現行工業生產中一項重要的需求。因此，傳統工業機器人的使用方式，不見得完全適合客製生產上所需要的彈性要求，所以進而延伸出來的協作機器人手臂解決方案，對於這樣需求彈性製造的公司來說至關重要。協作機器人旨在安全地與人類工作人員共享工作環境，無需圍籬，並且易於重新撰寫程式，以適應製造過程中的微小變化；而安全性的部分，則會由各種感測器檢測手臂和環境之間的碰撞。為了進一步提高靈活性，適應不斷改變的環境，以及各種任務，增加機器人手臂工作空間的需求，似乎是一個合乎邏輯的解決方案。所以，通過將機器手臂安裝在移動平台中，來實現增加機器人手臂工作空間的目的，



圖 1 KUKA 移動手臂機器人

機器人系統的工作空間在理論上是無限的。且透過此方式，機器手臂可以圍繞在這些製造單元週邊移動，執行各種新任務，也或者在各製造單元之間移動運載，執行如運輸成品、半成品之類的任務。這種類型的機器人系統被稱為移動手臂機械人，是協作機器人手臂之後的下一步。由於這些優點，移動手臂機器人將會是接下來研究和開發的焦點。

移動手臂機器人

綜合前言上述原因，移動手臂機器人是具有前瞻性的，而目前移動手臂機器人系統，存在著許多的挑戰。其中最重要的一個是，如何協調由其兩個子系統（即移動平台系統和機器手臂系統）所執行的運動，以便正確地移動末端執行器（機器手臂末端的裝置，例如夾爪）完成一項特定的任務。回到主題，移動平台加上機器手臂，一般直覺式的使用認知是，首先移動平台進行大範圍的移動動作，隨後接著使用機器手臂進行任務作業，可以大大簡化了完成任務的方式及困難度，對於某些任務而言，例如小物體的拾取和放置，這是正確的，但是其他任務需要協調運動以使末端執行器遵循期望的路徑。（當末端執行器必須遵循給定路徑時，此問題稱為軌跡追蹤。）

讓我們想像一個例子，塗裝一個長的、不規則的表面，如船體、飛航器等等，如圖 1。與固定式機器手臂相比，移動手臂機器人，非常適合此類任務，因為它可以將末端執行器移動到整個船體表面。如果單獨使用移動平台子系統及機器手臂子系統來完成此任務，則將呈現以下運動：機器手臂用於塗裝第一個區域，然後移動平台用緩緩移動到第二區域；接下來，機器手臂用接著塗裝第二個區域，並且再由移動平台再次移動至第三個區域。不斷重複這一系列的運動，直到任務完成。然而，有更有效率的方法來塗裝此大型船體或飛航器，並且同時滿足在塗裝時能遵循其表面的形狀。這種實現任務的方法需要協調兩個子系統的聯合運動。此外，當與大物體作業互動時，可能還需要協調兩個子系統的移動，以避免機器人本體與其周圍環境間的碰撞。另外，移動平台的移動可能受到限制，這取決於所使用的平台的類型。考慮圖 2 中所示的差速驅動系統，其由兩個驅動輪和一個或多個腳輪組成。該平台使用兩個電機獨立控制每個驅動輪，並提供給驅動系統命令（車輪速度），通常將其轉換為移動平台的線性速度和角速度。

將移動平台與機器手臂組合時通常會出現的另一個挑戰是系統的冗餘（Redundancy）。冗

更完整的內容

詳見 | 機械工業雜誌 | · 436 期 · 108 年 7 月號

機械工業雜誌·每期 **220** 元·一年 12 期 **2200** 元

線上訂購網址：<https://www.automan.tw/magazine/orderMag.aspx>

付款方式

1. 郵局劃撥—戶名：財團法人工業技術研究院機械所 帳號：07188562
請於劃撥單的通訊欄寫明：購買期數、金額等
2. 匯款資料—兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)
帳號：203-07-02288-0 戶名：財團法人工業技術研究院
3. 信用卡—請填寫信用卡 [訂購單](#)

麻煩您將 繳款收執 或 信用卡刷卡單 傳真至 (03)582-2011，我們會盡快處理您的訂單並開通權限，再次感謝您的支持與愛護。

訂書專線：03-591-9339

傳 真：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

機械工業雜誌 優惠訂購單

訂閱一年 **12** 期

\$ 2200 / 續訂戶 \$ 2000

好禮二選一

- A** 史欽泰墨寶帆布袋
- B** 工研院機械所無人車USB (8G)

訂閱紙本+電子雜誌

\$ 3000 原價 \$ 4400

一年12期

贈送

- A** 史欽泰墨寶帆布袋

訂閱二年 **24** 期

\$ 4000 / 續訂戶 \$ 3600

好禮四選二

- A** 史欽泰墨寶帆布袋
- B** 工研院機械所無人車USB (8G)
- C** 工具機叢書任一本
- D** 智慧機械人叢書任一本

限量專屬精品送給您



A



B



C



D