



九軸慣性感測器介紹

Introduction to 9D Inertial Measurement Unit

孫冠群

工研院機械所
智慧機器人技術組
機器人系統整合部

郭依倫

工研院機械所
智慧機器人技術組
機器人系統整合部

關鍵詞(Keywords)

- 加速規 Accelerometer
- 陀螺儀 Gyroscope
- 磁力計 Magnetometer

摘要(Abstract)

過去造價昂貴、體積龐大的機械結構型慣性感測器，隨著微機電技術的突破，如今已被實現於低成本、小尺寸與低功耗的積體電路上，進而能被廣大的消費性電子產品市場所接受，並廣泛地應用在各種產業領域中。本文將針對慣性感測器在實現演算法上所需具備之知識以及將遭遇之困難做簡易介紹。

Thanks to the improvement of the micro-electro-mechanical system (MEMS) technology, the expensive and huge-sized mechanical inertial measurement unit (IMU) nowadays can be implemented in a small-sized, low-cost, and low-powered integrated circuit. This helps the MEMS IMU to be accepted in consumer electronics market and widely used in multiple fields. This article will simply introduce the practical algorithm and the difficulties faced when an IMU is used.

1. 前言

九軸慣性感測器(9 degrees of freedom inertial measurement unit, 9D IMU)，一般指包含三軸的加



速規(accelerometer)、陀螺儀(gyroscope)和磁力計(magnetometer)所組成之模組，用來估測物件之慣性運動行為，或是用來計算感測器座標相對於一固定參考座標之旋轉矩陣，已被廣泛應用於各個領域如機器人[1]、航空飛行[2]、生物醫學[3]、動態循跡[4]以及三維虛擬實境技術[5]等，它也是無軌式導引自動車(free ranging automated guided vehicle)之關鍵技術之一。隨著應用與需求日漸成長，至今如無特別強調，一般談及慣性感測器已暗指九軸的慣性感測器模組，其各別功能分述如下：

加速規，是指一可以偵測到待測物體受外力所造成之加速度(acceleration)的感測器，除了速度的變化量外也包含地球重力(gravity)作用於待測物上的向量，早期常用來估測飛機相對於地球座標之仰角(pitch angle)與側翻角(roll angle)，也是飛行器黑盒子(black box)裡的重要組件之一；近年來因微機電化而普及於消費電子商品市場，包括任天堂(Nintendo)的 Wii 遊戲機、蘋果(Apple)的 iPhone 行動電話、谷歌(Google)的 Android 智慧型手機系統等，在國際上有許多的供應廠商提供解決方法，可參考文獻[6]之表一。而加速規使用上的問題點在於：其反應的變化量是軸線性加速度與地球重力向量的綜合結果，此二訊號任一項獨立皆為有用之特徵訊號，但混合結果確非吾等所樂見，如何找出合適的演算法，以有效地分離出此二訊號，仍是使用加速規之難題，目前尚無一公認的標準作法來解決這個問題。

陀螺儀，是指一可以偵測到待測物體旋轉角速度(angular rate)之感測器，常與加速規搭配使用，可以補償加速規無法偵測到軸的轉動慣量之

不足，提高偵測維度與系統頻率，在國際上也有許多廠商提供解決方案，請參考[6]表二。而陀螺儀使用上的問題點在於：其估測之轉動位移需要經過一次積分後得到結果，很容易因為數位電子雜訊(noise)、感測器直流偏壓(DC bias)等原因而造成計算結果偏移(drift)，影響測量結果的精準度，目前比較好的作法是跟加速規與磁力計做感測器融合(sensor fusion)，在後續章節會詳加描述。

磁力計，是指一可以偵測地球磁力(意即磁北極)向量之感測器，也就是俗稱的電子羅盤，常用來做方位的判斷，與加速規和陀螺儀結合可以估測出待測物之指向角(yaw angle)，國際提供廠商請參考[6]之表三。而磁力計在使用上的問題點在於：它會受到環境中硬鐵(hard iron)與軟鐵(soft iron)的干擾，所謂硬鐵指的是外在磁力源相對於磁力計為一固定方向之向量，而軟鐵則是指外在磁力源相對於磁力計為一時變向量，此二干擾源皆會影響方位的判斷，產生估測的誤差，目前文獻上僅能夠用事前校正(off-line)的方式來計算消除干擾源，對於即時(on-line)的時變系統尚無有效的解決方法。

九軸慣性感測模組的供應商除了國際知名大廠外，尚有許多第三方(third party)的供應商可提供解決方式，但將三種感測器作融合後輸出高精準姿態估測(orientation estimation)的解決方式，目前僅找到 Analog Device [7]和 Xsens [8]兩家公司且要價不菲，其原因除了上述所提及之感測器本身的使用困難點外，此技術尚需要有座標轉換、數位訊號處理以及感測器融合等技術知識門檻，筆者將其歸納為以下三個技術重點，並在後續章節中進行說明與介紹：

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】388期・104年7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