

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫二：新式六軸定位遊戲機搖桿之設計、製作及測試

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2218-E-009-012-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學機械工程學系(所)

計畫主持人：陳宗麟

計畫參與人員：高忠福 許齡元

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 26 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫年度報告

動力與控制學門專題計畫

子計畫三：加速規式之位置, 摩擦力感測器在二維衝量馬達伺服控制中之應用

計畫編號： NSC 93-2218-E-009-012-

執行期限： 93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

主持人： 陳宗麟

Email: tsunglin@mail.nctu.edu.tw

研究人員： 高忠福、許齡元

中文摘要

在這個計畫裡，我們將在遊戲機的定位搖桿上，加裝新式的六軸定位感測器，此一感測器將僅由加速規所構成，且僅需要一個積分運算即可獲的角度資訊。此新式感測器兼具兩種傳統做法(三個陀螺儀和三個線性加速規；六個或六個以上的加速規)的優點。除此之外，此一新式感測器所需的加速度規都安裝在同一個平面上。製作的成本可大幅降低，感測器的精度可提高。

模擬結果顯示使用 9 個位於同一平面的線性加速規，搭配觀測器程式運算，可以精準的估算角速度與線性加速度。與傳統僅由加速規所構成的慣性單元相較之下，減少一次積分運算。除此之外，此新式慣性感測器與一個角度感測器及重力方向的加速度兩資訊搭配下，可以完全的解決角度訊號飄移的問題。

Abstract

In this project, we want to develop a novel 6DOF sensor for the joystick of a game console that combines the advantages from two conventional approaches which include 3 gyroscopes combined with 3 linear accelerometers method and linear-accelerometers only method. In a word, we want to develop a 6DOF inertial measurement unit that uses accelerometers only; secondly, all the accelerometers can be placed on the same plane so that they can be fabricated and assembled simultaneously; lastly, the performance of the novel 6DOF inertial measurement unit can meet the requirement for the joystick for the use in the virtual reality environment.

The simulations results indicate that we are able to obtain linear acceleration and angular velocity by deploying linear accelerometers on a planar surface. Furthermore, with the help from a angle sensor and information along the gravitational direction, we are able to obtain angle information without the integration error.

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

國科會專題研究計畫成果報告撰寫格式說明

Preparation of NSC Project Reports

計畫編號：NSC 93-2218-E-009-012

執行期限：93 年 8 月 1 日至 43 年 7 月 30 日

主持人：陳宗麟

交通大學機械工程學系

計畫參與人員：高忠福、許齡元 交通大學機械工程學系

一、中文摘要

在這個計畫裡，我們將在遊戲機的定位搖桿上，加裝新式的六軸定位感測器，此一感測器將僅由加速規所構成，且僅需要一個積分運算即可獲的角度資訊。此新式感測器兼具兩種傳統做法(三個陀螺儀和三個線性加速規；六個或六個以上的加速規)的優點。除此之外，此一新式感測器所需的的加速度規都安裝在同一個平面上。製作的成本可大幅降低，感測器的精度可提高。

模擬結果顯示使用 9 個位於同一平面的線性加速規，搭配觀測器程式運算，可以精準的估算角速度與線性加速度。與傳統僅由加速規所構成的慣性單元相較之下，減少一次積分運算。除此之外，此新式慣性感測器與一個角度感測器及重力方向的加速度兩資訊搭配下，可以完全的解決角度訊號飄移的問題。

關鍵詞：六軸定位感測器、加速規、訊號飄移

Abstract

In this project, we want to develop a novel 6DOF sensor for the joystick of a game console that combines the advantages from two conventional approaches which include 3 gyroscopes combined with 3 linear accelerometers method and linear-accelerometers only method. In a word, we want to develop a 6DOF inertial measurement unit that uses accelerometers only; secondly, all the accelerometers can be placed on the same plane so that they can be fabricated and assembled simultaneously; lastly, the performance of the novel 6DOF inertial measurement unit can meet the requirement for the joystick for the use in the virtual

reality environment.

The simulations results indicate that we are able to obtain linear acceleration and angular velocity by deploying linear accelerometers on a planar surface. Furthermore, with the help from a angle sensor and information along the gravitational direction, we are able to obtain angle information without the integration error.

Keywords: Accelerometer, 6DOF sensor, Joystick

二、計畫緣由及目的

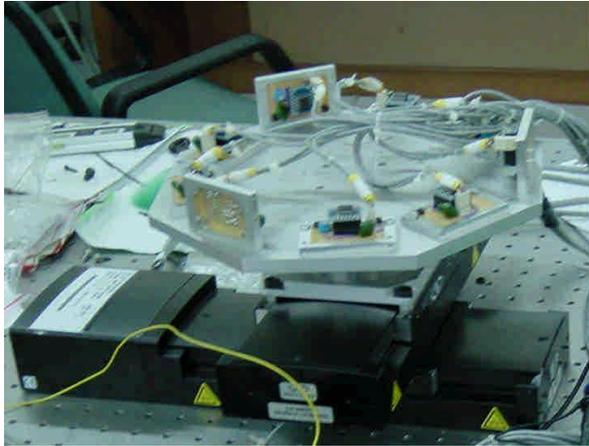
互動式 (Interactive) 電腦遊戲與虛擬真實 (Virtual Reality) 技術的結合將是電腦遊戲未來發展的主要趨勢。虛擬真實技術主要包括 3D 立體聲音效、3D 視覺效果以及一個能提供 6 軸定位的“人 \leftrightarrow 虛擬真實”界面。基本而言，3D 音效及 3D 視效將足以讓遊戲者感覺置身於一虛擬真實的空間中，然而若缺乏其它輸入、輸出界面、裝置的輔助，遊戲者將無法與遊戲所設定的虛擬空間產生互動。

而一個能提供 6 軸定位的“人 \leftrightarrow 虛擬真實”界面裝置 (例如：遊戲機中之 6 軸定位搖桿) 正是提供此一管道讓遊戲者可與遊戲所設定的虛擬空間產生互動。此界面裝置的成功與否相當重要，一個設計優良的輸入裝置，可增加遊戲者於虛擬空間中身歷其境的感覺；而一個設計不當的輸入裝置，不僅使用者無法順利操作，更可能破壞了由遊戲中由故事情節、3D 音效和 3D 視覺所設計的虛擬空間。

三、研究方法

傳統的 gyro-free IMU 使用 6 個線性

加速規以獲得線性加速度及角加速度，此作法有嚴重的積分誤差(訊號飄移)的問題。使用 9 個位於同一平面的線性加速規如圖(一)所示，其中 6 個加速規作用方式與傳統 gyro-free IMU 相似，另加三個相同的加速規當成 IMU 系統的輸出來校正 IMU。由此可準確估得物體的角速度及線性加速度。然而若接著利用此資訊來計算物體的絕對位置及姿態，仍會有一次積分漂移的問題。為了改善此方面的問題，再加裝一個角度感測器及計算出此時物體的所受的重力方向，利用這兩個輔助資訊來結合四元素的微分方程式，一起帶入卡曼濾波器，來估測物體的姿態，因此能有效抑制姿態方面的積分漂移問題。



圖(一)平面式純加速規慣性量測單元

四、結論與成果

模擬結果包含兩個部份，第一個部份為使用平面式純加速規慣性量測單元，

$${}^b\dot{\omega}_{3 \times 1} = J^{-1}(1:3,:) \times ({}^b\omega \text{ terms})_{9 \times 1} + [A]_{9 \times 1} + [n]_{9 \times 1}$$

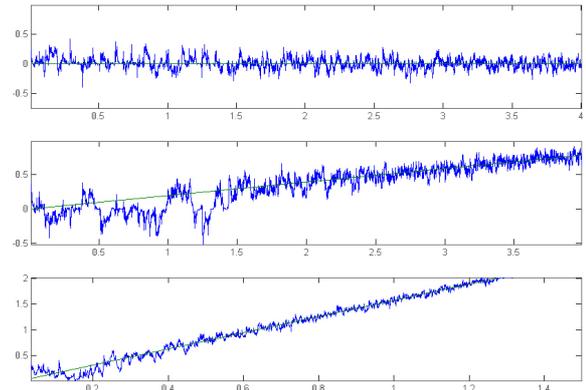
$$A_{9 \times 1} = J \cdot \begin{bmatrix} {}^b\dot{\omega} \\ {}^bF_o \end{bmatrix} + [{}^b\eta_o^T \cdot ({}^b\omega \times ({}^b\omega \times {}^b r))_o] + [n]$$

利用上式加速規及角速度的關係可計算出物體的角速度，所計算物體角速度如圖(二)。

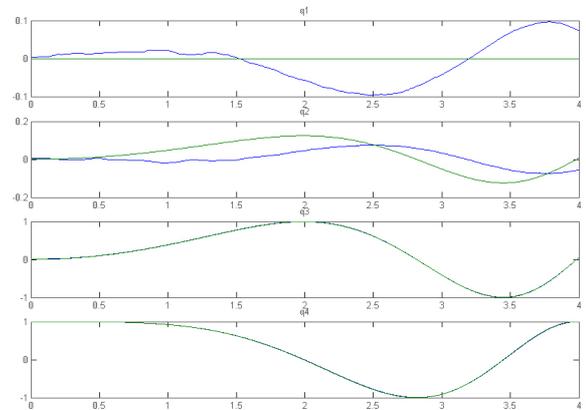
接著直接利用四元素法，把物體的姿態計算出來，角度估算結果如圖(三)所示。

由圖(三)可發現由於角速度的雜訊，使得在計算物體姿態時產生了誤差。因此使用另一單軸的角度感測器及計算出此時物體重力方向來抑制積分漂移現象。

其中四元素微分方程式及量測方程式如下：



圖(二)物體的角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z



圖(三)物體的四元素 q_1 、 q_2 、 q_3 、 q_4

$$\dot{q}_{4 \times 1} = \frac{1}{2} [{}^b\omega \text{ term}]_{4 \times 4} q_{4 \times 1}$$

$$z_{4 \times 1} = [\phi, \theta, \psi \text{ term}]_{4 \times 1}$$

其中

$$\theta = \text{Arc tan} \left(\frac{{}^b g(1)}{\sqrt{{}^b g(2)^2 + {}^b g(3)^2}} \right)$$

$$\phi = \text{Arc tan} \left(\frac{-{}^b g(2) \text{sign}(\cos \theta)}{-{}^b g(3) \text{sign}(\cos \theta)} \right)$$

$$\psi = \text{Arc tan} \left(\frac{-v(2)/a}{v(1)/a} \right)$$

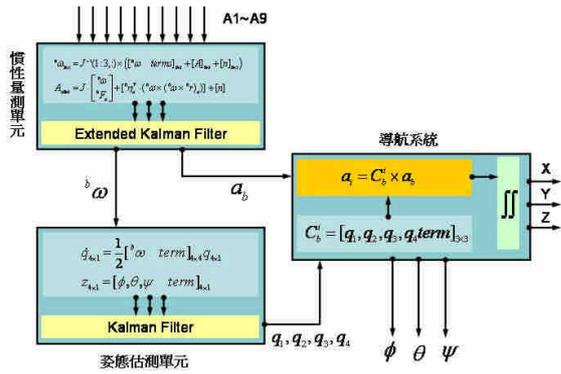
${}^b\omega$ ：為物體上的角速度，由平面式純加速規慣性量測單元來獲得。

g ：為重力在物體的分量。

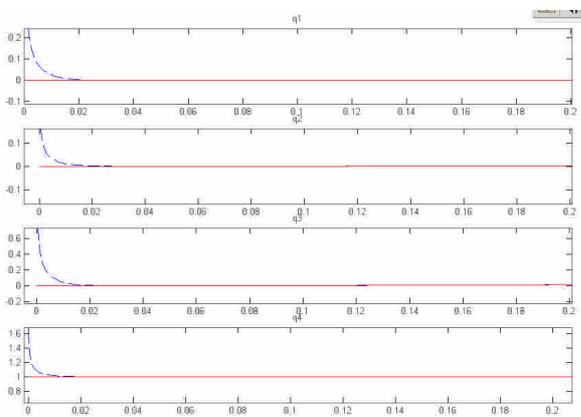
v ：為磁力在物體的分量。

藉由以上的公式，代入卡曼濾波器來估測姿態的四元素。結合方式如圖(四)所示。

[2] Tsung-Lin Chen and Sungsu Park, MEMS SoC: observer-based coplanar gyro-free inertial measurement unit. Journal of Micromechanics and Microengineering, pp.1664-1673, 2005



圖(四) 角物感測器與慣性感測器結合圖



圖(五) 物體的四元素估測

由圖(五)可知道利用角度感測器及物體重力方向資訊可以有效改善姿態的積分漂移問題。

為了能將慣性感測器用於搖桿的六軸定位，除了需解決了角度的飄移問題外仍需解決位置的飄移問題。位置的飄移問題將繼續藉由重力方向的資訊來使的訊號不因雜訊透過積分而飄移，此問題將繼續探討。

五、參考文獻

[1] Tatsuya Harada, Hiroto Uchino, Taketoshi Mori and Tomomasa Sato, Portable Orientation Estimation Device Based on Accelerometers, Magnetometers and Gyroscope Sensor Network. IEEE, pp.191-196, 2003.