**RLS 磁性編碼器實現兩輪自平衡無人車的穩定性控制**

在設計兩輪自平衡無人車時，精準、快速地量測角度旋轉是一項關鍵要求。除此之外，將零組件的重量和尺寸最小化也同樣重要。東京電機大學 (Tokyo Denki University, TDU) 工學部的學生，透過 Renishaw 旗下 RLS 公司的 RM08 磁性旋轉編碼器解決了這道難題。

**背景**

東京電機大學致力於科學和技術教育，於 1907 年由兩位年輕的工程師廣田精一和扇本真吉創立，其辦學宗旨是推動工程學科教育，為國家經濟發展奠定基石。

石川淳先生在 TDU 的機器人與機電所任教，並且在機器人控制系統開發等多個技術領域進行先驅研究。石川先生向工學部的學生們提出一項考驗：製作一輛兩輪自平衡無人車。在這個項目中，學生們選擇了 Renishaw 旗下 RLS 公司的 RM08 磁性旋轉位置回饋編碼器。

**挑戰**

石川先生對學生們提出的考驗是：如何解決經典的控制理論難題 — 倒單擺。比如著名的 Segway（賽格威）電動平衡車，其技術基礎是將倒單擺的質心設計在支點上方。

倒單擺與懸擺不同，懸擺會在移位後自然回復到穩定的平衡位置，而倒單擺具有內在的不穩定性。想像一下，將撞球桿或掃帚柄直立倒放在手掌上，如果不持續調整手的位置，它就會翻倒。較短的倒單擺與較長的倒單擺相比，會更快速地遠離垂直位置，因此需要更頻繁地調整位置，而且更難控制。例如，在手掌上保持鋼筆直立比保持撞球桿直立更難。

Segway 所採取的解決方案之一，是將支點放在輪式平台上。這類車種是從 IMU（慣性量測單元）獲取慣性輸入。IMU 包含兩個感測器：加速儀和陀螺儀。

在這種情況下，垂直軸和水平軸上的加速儀均用於確定重力引起的角度加速度。透過不斷監測擺錘的傾斜角和角速度，可使用 PD（比例微分）控制系統來驅動車輪向前或向後滾動，藉此保持平衡。

學生們決定在他們自己設計的控制系統中採用一種類似的方法，因此他們需要設計將三種部件整合成一個高效能的解決方案，包括傾斜角度感測器、控制邏輯和馬達驅動電路。為此控制應用而設計的 PCB（印刷電路板）尺寸小且重量輕，是整合到車把中的決定性要素。他們對 PCB 的結構進行了優化，以確保在最小的封裝尺寸內整合所有必需的功能。

**解決方案**

將 PCB 控制板安裝在車把內，位於擺錘的頂部，承載所有必需的電子電路，包括固態陀螺儀、微控制器、直流馬達驅動器和電源管理元件。

輪式平台的底部有兩條軸：連接車輪的水平軸和由輕巧型直流馬達驅動的垂直軸。兩條軸的交叉處裝有一個簡單的錐齒輪傳動裝置，馬達透過此傳動裝置可朝任意方向驅動車輪。

系統必須將方向保持在近乎垂直的極小角度範圍內，才能進行有效控制。如果無人車朝任何一個方向傾斜超過 30 °，則可能會失去穩定性。為保持平衡，必須以經過精密計算的加速度和速度連續驅動車輪。

為達到預期的運動控制效能，學生們需要一個高解析度的位置編碼器來監控和調節馬達輸出。而且，這個編碼器還必須小巧輕便，能夠被容納在無人車纖薄的垂直結構中。

幾經考慮，他們最終選擇了 Renishaw 旗下 RLS 公司的 RM08 磁性旋轉編碼器。這款非接觸式、無摩擦磁性旋轉編碼器僅重 2 g（包括電纜），具有鋁擠感測器外殼，直徑為 8 mm，厚度僅 3 mm。

學生們設計了一個細窄的尼龍襯圈，作為馬達軸與 RM08 編碼器的磁性促動器之間的連接，而這個設計只增加了不到 0.5 g 的重量。RM08 編碼器產生 12 位元解析度輸出（每轉 4,096 步），可用在運作速度高達 30,000 rpm 的應用，精度達 ±0.3°。

**結果**

東京電機大學的學生們設計出一個運動控制方案，使用 RM08 高速磁性旋轉編碼器以 12 位元解析度量測角度旋轉，讓兩輪無人車保持自平衡和直立。

RM08 編碼器的防護等級達到 IP68，專門整合到各種大量生產的 OEM 應用中，性能非常可靠。

還有一點也很重要，磁性旋轉編碼器還解決了這輛無人車嚴苛的物理設計限制。它的外形極為輕巧，幫助學生們同時克服了空間和負載限制。

這個項目的成功為學生們建立了信心，激勵他們繼續探索更多的高階機器人專案。

詳情請上 **www.renishaw.com.tw/denki**

**- 完 -**