

Embedded Systems Labs 期末 project --- BLE mouse with handwriting recognition

劉人廣 王奕倫

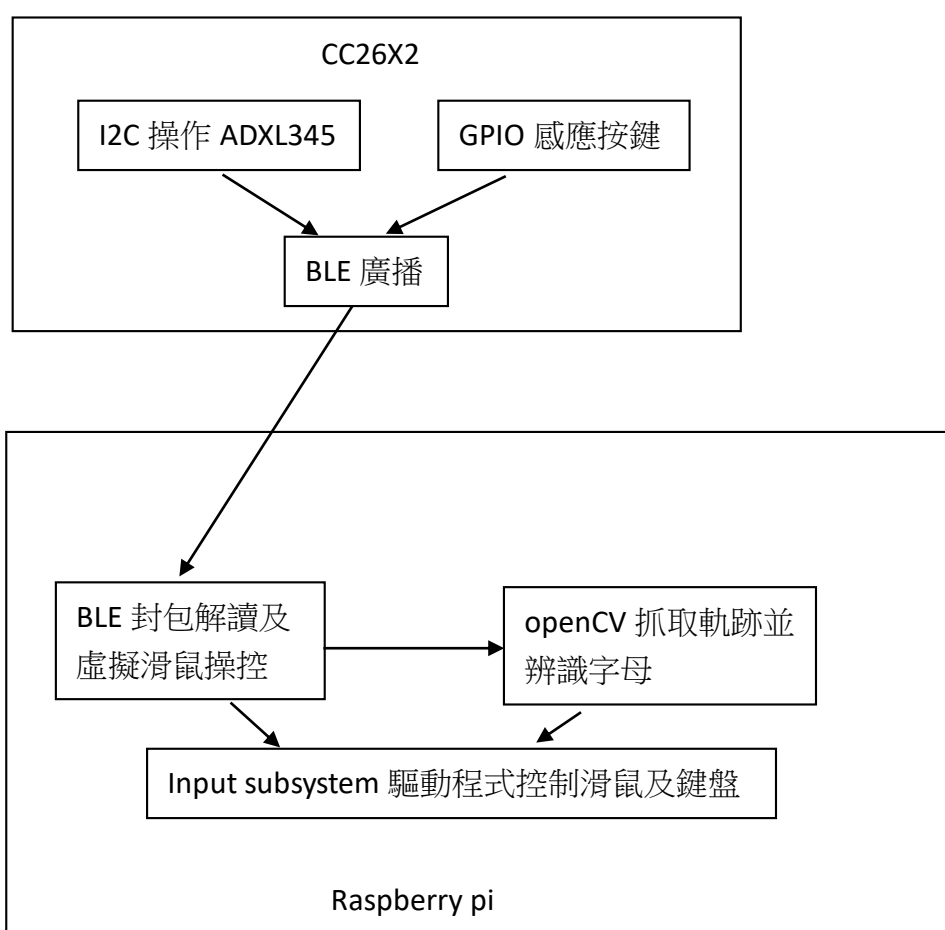
一. 動機

熟悉較為底層的系統程式及驅動程式以完成 BLE 傳輸、三軸加速度計讀值、GPIO 操控、虛擬滑鼠及文字輸入等功能，搭配 openCV 之套件抓取手寫軌跡並辨識為何字母。

此作品盡可能使用便宜的器材來體現工業生產上的成本考量，大致上需要 CC26x2、ADXL345、raspberry pi，其中運行於 raspberry pi 的程式能夠移植至其他裝有 linux 作業系統的機器。

另外此作品也盡量落實嵌入式裝置能量節省的原則，程式中以一些特殊的作法來達到此目的。

二. 作法



1. CC26X2 --- I2C 操作 ADXL345

虛擬滑鼠游標是透過傾斜 CC26X2 來操控，因此需要利用 ADXL345 得到傾斜程度。利用簡單機制過濾掉移動及震動產生的加速度數據，避免產生游標亂飄或不穩定的情形。

另外傾斜程度要使 x 軸或 y 軸達到 360mg 之加速度才會開始移動游標，即代表小於此值的加速度數據無須量測。因此設定 ADXL345 的 activity interrupt，當加速度超過 360mg 對 CC26X2 的 DIO 發出中斷，中斷處理程序才會讓 CC26X2 開始讀取 ADXL345 的加速度值，直到傾角小於操作值為止。

為了減少 BLE 傳輸造成的能量消耗，將傾斜角度分為幾個等級，只有在等級發生變化時 CC26X2 才會廣播通知 raspberry pi。為了避免等級變化的誤判，實作簡單的判定及過濾機制。

2. CC26X2 --- GPIO 感應按鍵

CC26X2 有兩個按鍵，利用這兩個按鍵實作左鍵、右鍵、兩鍵齊按，又各分為長按及短按。

當一按鍵被按下時，負電壓會觸發中斷處理程序，將該按鍵的中斷禁能，並啟動時鐘。時鐘到期後會呼叫一函數，檢查計時期間另一按鍵是否被按下。若是，則為兩鍵齊按。若否，則是左鍵或右鍵。此時會發出 BLE 廣播通知 raspberry pi 按鍵種類。接著將被禁能的按鍵重新使能以抓取鬆開按鍵產生的正電壓，若重新使能後過了一段時間都沒有將按鍵鬆開，便會發出 BLE 廣播通知 raspberry pi 按鍵為長按鍵。鬆開按鍵後會以 BLE 廣播通知 raspberry pi 按鍵結束。

3. raspberry pi --- Input subsystem 驅動程式控制滑鼠及鍵盤

註冊 BTN_LEFT、BTN_RIGHT、REL_X、REL_Y、REL_WHEEL、KEY_A~KEY_Z、KEY_RIGHTSHIFT。

並實作 write 函數，讓 user program 到 Sysfs 控制滑鼠及鍵盤。user program 會將一塊 buffer 寫入，該函數會判斷 buffer 的表頭做出對應的處理。

4. raspberry pi --- BLE 封包解讀

利用 BlueZ 在 linux 中的 hci socket 來掃描 BLE 封包，並根據封包類型作出對應處理。

5. raspberry pi --- 虛擬滑鼠操控

游標的移動根據 CC26X2 測得加速度換算成等級，等級愈大，write 至虛擬滑鼠驅動程式的頻率就愈高。

若是游標移動為上下或左右的單一方向，則每次的移動單位為 1 單位，利用移動頻率來決定移動速度。

但若是游標移動為斜向，向上下和左右移動的頻率和時機要相同，以

避免不順暢的表現。也就是說上下和左右各有等級，而等級大的方向移動頻率須和等級小的相同，但每次的移動單位會較大，以達到斜向移動不同的斜率。

6. raspberry pi --- 手寫文字辨識

利用 `picamera` 即時抓取滑鼠的影像，並且分析其位置來得到滑鼠移動的軌跡。為了增加準確性，在滑鼠前端附上螢光綠色物體，在程式中設定好綠色的範圍，即可透過 `openCV` 來辨認該 `frame` 中綠色物體的位置，並記錄其質心的座標，存入一大小 32 的 `deque`。將 `deque` 中的質心座標照順序連接即可得到所要的軌跡圖，同時也就是使用者寫出的文字。

接著利用 `tesseract` 此 OCR(optical character recognition)引擎來辨別文字，由於 `tesseract` 本身僅支援極少量字體的辨識，直接拿來使用準確度極低。因此先用滑鼠寫出 26 個手寫字母的圖，再將其各個標記好其對應的字母，再放進 `tesseract` 做 `training`。經過 `training` 後，辨別的準確度可大幅提升。

此部分的功能是使用 `python` 編寫，因此利用 `socket` 來達成 `python` 與 `c` 執行檔的連結。當左鍵長按時，`CC26X2` 會發出廣播通知給 `raspberry pi` 上 `mouse.c` 的執行檔，再透過 `socket` 通知 `object_movement.py` 開始執行。鬆開左鍵時，再透過同樣方式通知書寫結束，同時 `python` 程式辨識當下軌跡並將結果寫給驅動程式，寫出對應的文字。

三. 成果

1. 滑鼠游標可向上下、左右、斜向大致順暢移動。並可依 `CC26X2` 傾斜程度有不同速度及斜率。
2. 滑鼠左鍵、右鍵、兩鍵齊按可正常使用。
3. 滑鼠按鍵搭配游標移動可做出拖曳、滾輪等功能。
4. 滑鼠長按左鍵開啟寫字功能，可直接在空中書寫。

四. 參考資料

1. <https://www.pyimagesearch.com>
2. <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract/wiki/TrainingTesseract-4.00>