

## 利用Time-of-Flight感測器開發 3D手勢辨識

作者：意法半導體

手勢辨識是電腦科學和語言技術中常見的主題之一，能夠透過數學演算法解釋人類手勢。這在機器和人類之間搭起更豐富的橋樑，讓生活更有趣、更智慧。依據影像/影片的手勢辨識有許多研究，這些研究通常使用2D攝影機。本文將探討利用新的飛行時間（Time-of-Flight，ToF）3D手勢辨識解決方案。

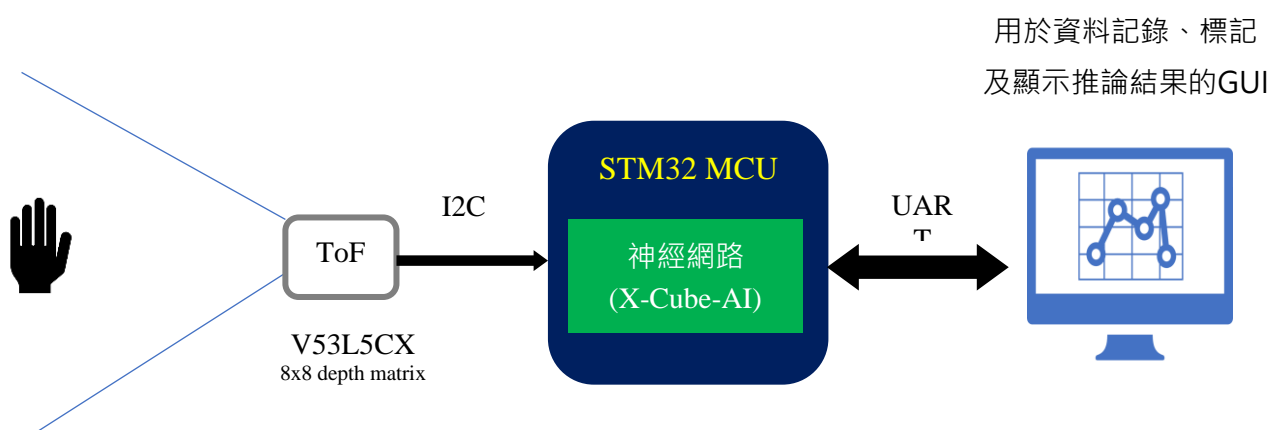
在目前COVID-19疫情下，大眾對「無接觸」解決方案的使用者介面要求越來越多，而保持社交距離正成為「新常態」。我們平常仍需要接觸公共場所中的多個物件，特別是操作ATM、自動販賣機、工廠機器的介面。全新的ST感測技術與強大的AI演算法結合，我們可以透過3D手勢辨識來實現這種解決方案。

展示概述：

這個展示目前能夠辨識多達8種手勢，包括向左滑動、向右滑動、向上滑動、向下滑動、點選、點兩下、順時針旋轉和逆時針旋轉。

我們使用ST最新的VL53L5CX ToF 8X8多區域測距感測器輸入，接著於STM32上運行神經網路，最後可在PC GUI上顯示辨識結果。

針對硬體，我們選擇能與VL53L5 EVK擴充板結合的STM32F401RC Nucleo開發板。



輸入感測器：

VL53L5CX是先進的ToF多區域測距感測器，可強化ST FlightSense產品系列。

特色：

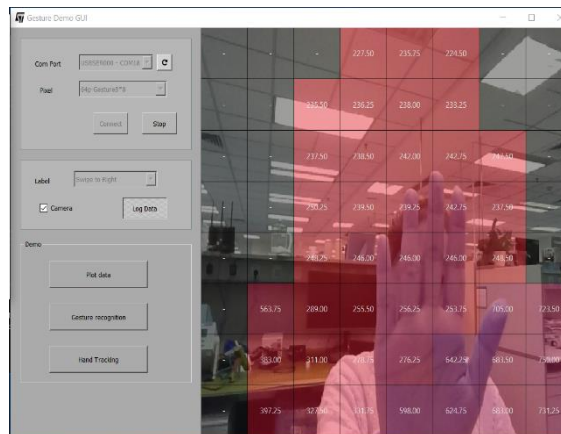
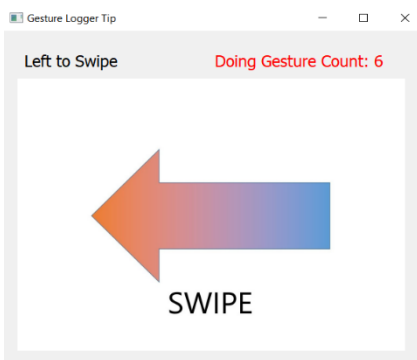
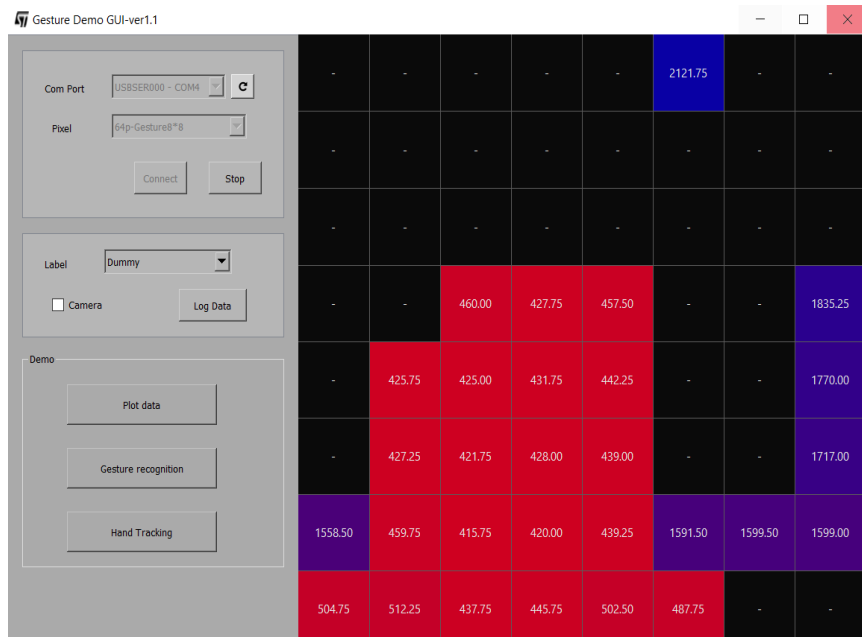
- 快速、準確的多區域測距感測器
  - 具有4x4或8x8獨立區域的多區域測距輸出
  - 具有中斷可程式化閾值，可喚醒host的自主低功耗模式
  - 最大4公尺的測距
- 具有視角(FoV)的完全整合微型模組
  - 發射器：940 nm不可見光垂直腔面發射雷射(VCSEL)和整合式類比驅動器
  - 在發射器和接收器上使用繞射光學元件(DOE)的63° 對角方形FoV
  - 尺寸：6.4 x 3.0 x 1.5 mm
- 易於整合
  - 單一可回流元件
  - 彈性的電源選項，單一3.3V或2.8V操作或3.3V或2.8V AVDD與1.8V IOVDD的組合



擷取和標記資料集：

對於訓練人工神經網路模型而言，擷取充足、不同手勢的資料相當重要。

使用Python開發的特定GUI，我們可以用手勢輕鬆擷取和標記來自ToF感測器的原始資料，並建立自己的資料集。



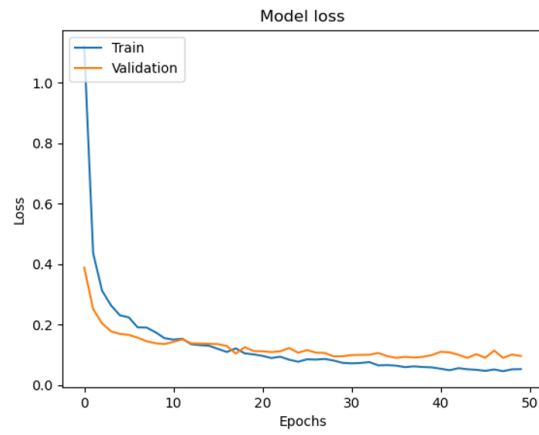
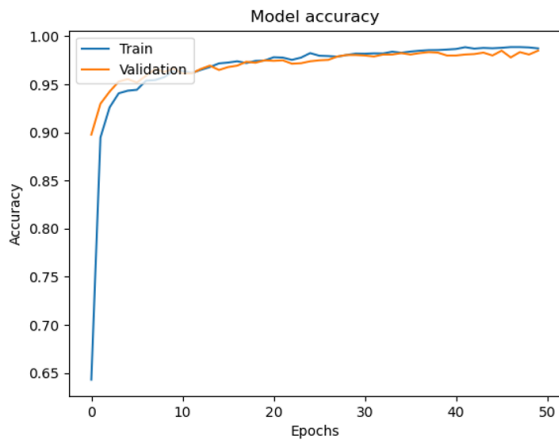
資料集包含每個手勢的數千個樣本（展示中有8個樣本：向左滑動、向右滑動、點選、點兩下、順時針旋轉、逆時針旋轉、向上滑動、向下滑動）。

顯然地，我們可以使用相同工具為新的自定義手勢，並建立不同的資料集。

建立和訓練神經網路：

針對神經網路部分，開發者選擇簡單、彈性、強大的架構Keras來建立NN。由於手勢是序列行為，因此選擇CNN + GRU層來建立模型。經過大約50個epoch的訓練後，訓練集和驗證集可達到95%以上的準確度，而且loss僅約0.08。

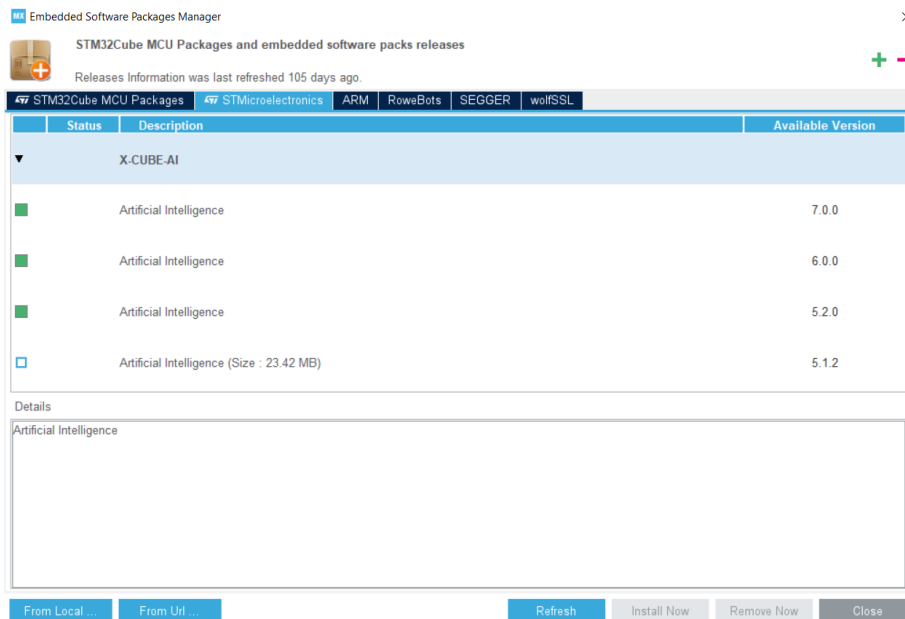
針對測試資料集，每個手勢也達到良好的準確度。F1 score可達到96%。



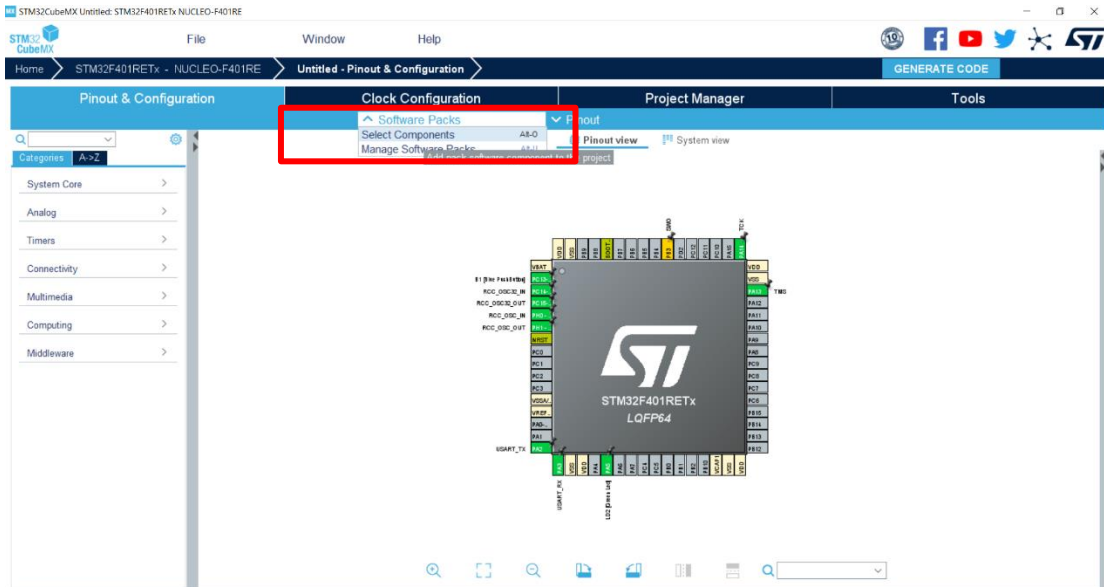
最後可將最佳模型和參數另存為gesture.h5，以便在MCU端實作。

在MCU端實作手勢模型：

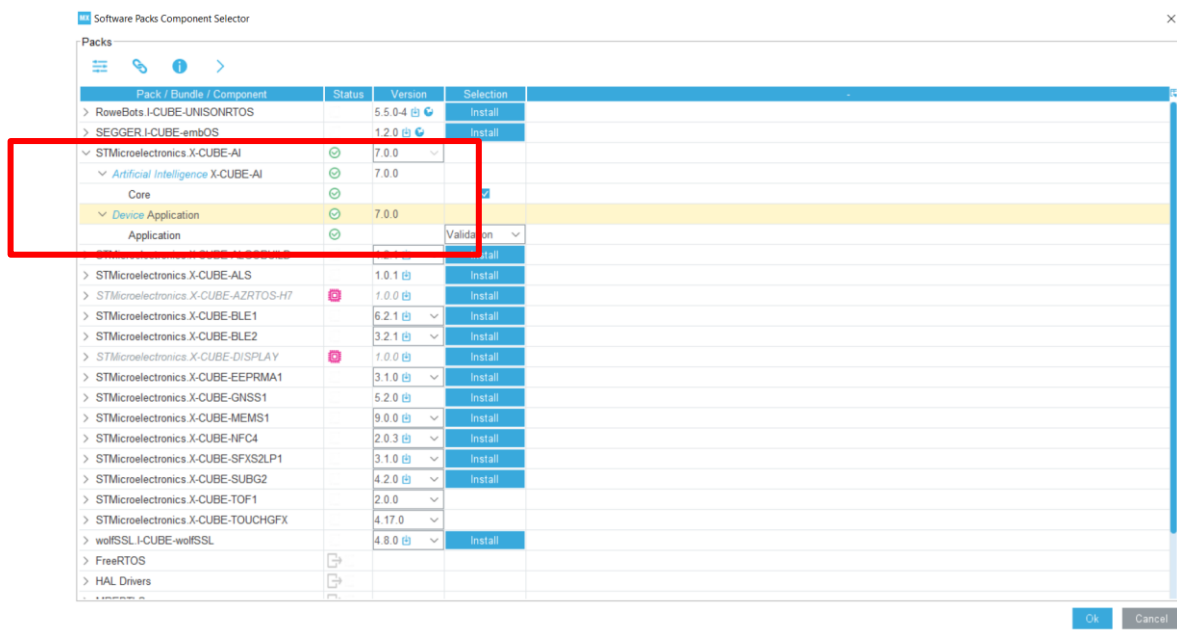
事前準備：您需要在STM32CubeMX中安裝X-Cube-AI擴充套件。目前的最新版本是7.2.0，其支援scikit-learn機器學習模型。



X-Cube-AI設定：設定使用的開發板後，可以從「Software Packs」->「Select Components」載入X-Cube-AI，也可以使用快速鍵Alt+O。



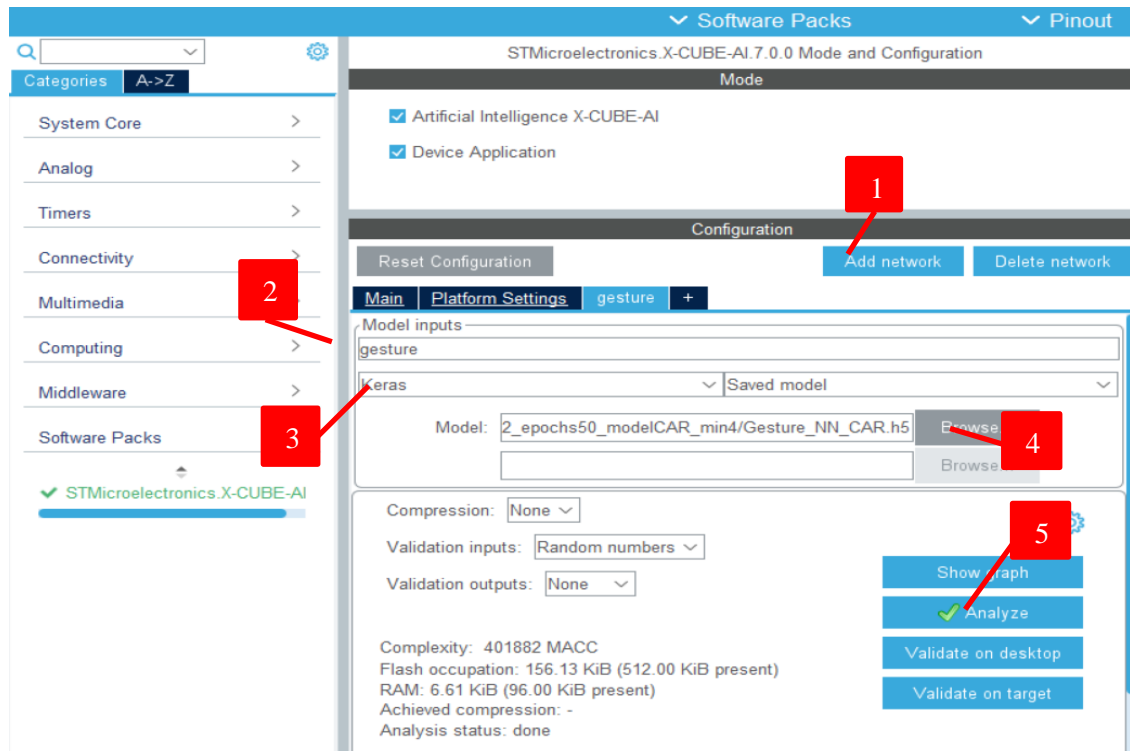
在「軟體套件元件選擇」視窗中，必須勾選X-Cube-AI/Core Bundle才能上傳NN模型並產生相關的STM32 NN 函式庫。然後按一下[確定]完成選擇。



啟用X-CUBE-AI元件：點擊 [STMicroelectronics X-CUBE-AI 7.2.0]開啟初始AI設定視窗，接著勾選 [Artificial Intelligence Core]以開啟X-CUBE-AI核心元件。此外，亦須勾選 [Artificial Intelligence Application]才能新增附加AI應用。

載入NN：

1. 新增網路。
2. 將模型名稱變更為「gesture」。
3. 選取輸入模型類型為「Keras」。
4. 選取「Browse」鍵以選擇要實作gesture.h5的模型。
5. 點擊「Analyze」分析模型。



分析後，將顯示模型各層的詳細報告，以及此模型需要使用的MACC、快閃記憶體、RAM資訊。

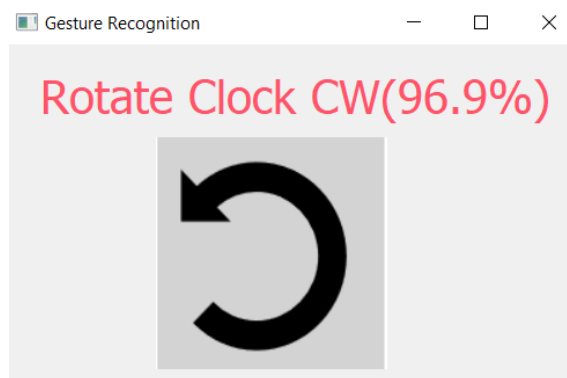
最後在CubeMX中按下「Generate code」，這會在專案中建立一個X-CUBE-AI 資料夾，使用者可以在此資料夾中找到一些實用檔案。

- gesture.c 和 gesture.h 是模型拓樸檔案。
- gesture\_data.c 和 gesture\_data.h 是參數及 bias 檔案。
- app\_x-cube-ai.c 和 app\_x-cube-ai.h 檔案亦提供通用的多網路推斷 API，可供 AI 客戶端應用程式使用。

如果需要更新模型參數來達到更好的效能，只需要更新gesture\_data.c和gesture\_data.h檔案。

顯示結果：

最後，將UART log顯示到電腦，在GUI端顯示我們的預測結果。若在ToF感測器前距離20-80公分處做出順時針旋轉手勢時，GUI將顯示預測結果，如下所示。百分比是這個手勢的機率。



現在，3D手勢展示已完成，而且此解決方案可以在下列幾個應用中使用。

- 智慧家電可在使用者手不乾淨或潮濕時，利用手勢辨識控制不同設備。
- 互動娛樂，例如遊戲機。
- 人機互動提升機器智慧化，使人更安全，特別是在 COVID-19 環境或一些危險環境中。