



life.augmented

## 感測器中的AI – 嵌入式機器學習核心運行決策樹分類器

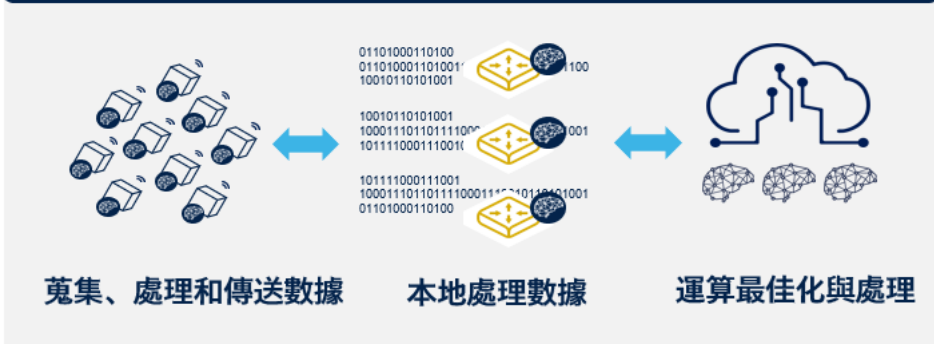
作者：意法半導體

人工智慧應用的市佔率穩步成長。為此，意法半導體提供廣泛的產品組合，輕鬆實現多級別的人工智慧應用。在本文中，將主要關注新型感測器中內嵌的MLC（機器學習核心），並闡述如何利用此AI核心開發極低功耗的「邊緣到邊緣」AI應用。

先從以下問題開始：什麼是邊緣人工智慧？在過去，AI應用需要許多計算資源，因此，來自感測器的資料必須傳輸到雲端處理，然後再將結果傳送回本地。整個過程既耗時又耗電，並且不適用於缺乏網路連線的情境。因此，邊緣人工智慧應運而生。有了微控制器（MCU）上的專用硬體，AI處理能力越來越強，將AI核心自雲端移到了本地MCU，使延遲和功耗方面的表現更加出色。

## 邊緣運算

利用邊緣運算在本地處理時效性需求較高的應用



本地處理之優勢

- 響應快
- 頻寬低
- 數據隱私性高
- 靈活自主  
(電池供電設備)

圖一、邊緣運算處理流程

意法半導體近期推出之全新感測器系列（以字母X為結尾的命名）使感測器能夠完全在感測器核心中運行AI演算法（決策樹分類器），而無需本地MCU承擔任何運算。進一步推動了「邊緣人工智慧」技術的發展。為此，我們稱之為「邊緣到邊緣」人工智慧。

假設設計人員有興趣開發一款應用，該應用使用感測器資料（來自加速度計、陀螺儀等）並利用

AI偵測人類活動（如步行、跑步、靜止等）或進行手勢辨識。在基於雲端的AI解決方案中，需要將資料發送到雲端進行推理，等待一段時間後獲得回應。這意味著不得不在資料傳輸方面耗費大量能量（如果網路連接可用，最高50mA），而且在接收輸出結果時會經歷相當長的延遲。一種創新型解決方案可以利用MCU來處理資料（“邊緣人工智慧”），但利用感測器資料傳輸仍是必須的。如果您的目標是最低功耗型解決方案，在感測器內部嵌入MLC是最佳選擇。從感測器到MCU的資料傳輸沒有功率消耗，優化後的ASIC使MLC核心的電流消耗限制在~10uA左右，而延遲更可以忽略不計。

回到應用本身，這意味著感測器可以自己運行行為辨識或手勢辨識應用：您只需對MLC感測器進行程式設計，打開感測元件，將基於AI的場景分類結果作為簡單的register value輸出，以供應用MCU進行決策（例如，改變應用的行為，開啟或關閉低功耗模式，等等）。

## 新一代動作感測器

LSM6DSOX, LSM6DSRX, ASM330LHHX, ISM330DHCX (IMU), IIS2ICLX (Inclinometer)



ST設計了新一代感測器，提升系統效率以發揮潛力

### 新一代感測器

- 降低功耗
- 提升性能
- 推動邊緣運算技術發展

圖二、ST新一代動作感測器

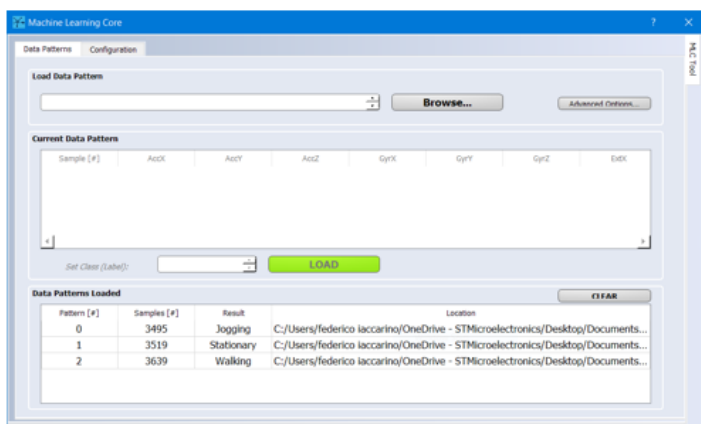
如前所述，感測器的AI基於決策樹分類器。不同的裝置具有類似的MLC可用資源，每個感測器都能並行運行最多8個不同的決策樹（共256或512個節點）。



圖三、UNICO-GUI上的五個開發步驟

決策樹基於訓練過的AI模型（監督學習），需要資料集來訓練模型。最後再將決策樹程式部署到感測器MLC中。針對這5個關鍵步驟，意法半導體提供UNICO-GUI工具，引導開發人員進行資料蒐集、程式產生，並在感測器中上傳程式實現MLC。

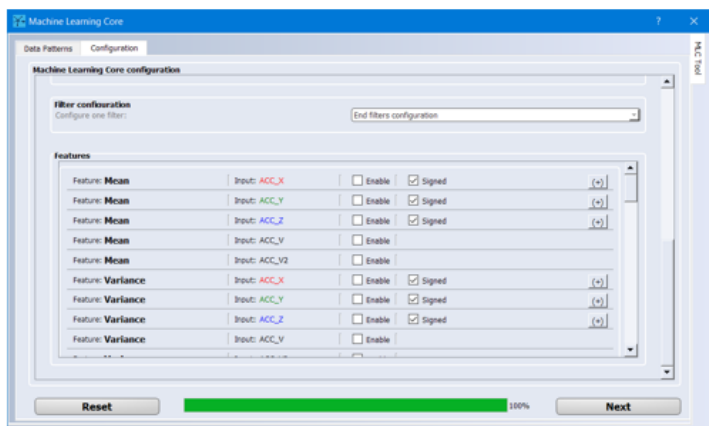
第一步是數據蒐集。設計人員可以選擇意法半導體的開發板蒐集數據，我們建議使用FP-SNS-DATALOG1硬體蒐集資料，確保所蒐集資料的格式與一致性。一旦資料準備完成，就可以啟動UNICO-GUI。



圖四、利用UNICO-GUI蒐集數據

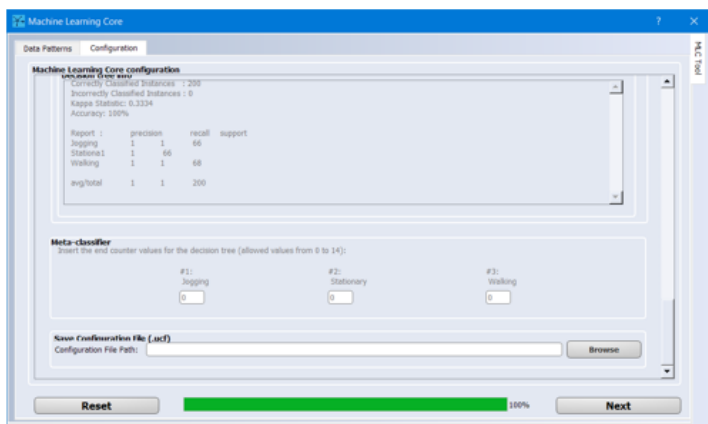
在UNICO-GUI中執行的第二步是標註數據和特徵配置，為所蒐集的資料集分配一個名稱或標籤。決策樹模型會基於設計人員資料集和所選之特徵進行訓練，以區分所選的類別。UNICO-GUI工具可以導入許多類型的資料集。此外，使用者還可以在數據蒐集階段定義感測器的工作模式，其中最重要的是選擇為決策樹分類所用的特徵值。特徵值基本上是對感測器資料進行的一種「分析」，決策樹將使用特徵來選擇類別。舉如，使用XL訊號的「標準差」或「峰對峰值」特徵來判斷使用者是靜止狀態還是運動狀態。顯然，有許多特徵可以組合在一起，以實現符合應用的最佳

決策樹。如需更多關於特徵選擇和理解決策樹創建過程的詳細資訊，請參見[ST Design Tip 0139](#)。



圖五、利用UNICO-GUI建立決策樹

在UNICO-GUI中執行的第三步是構建決策樹，該步驟生成初始設定並分析訓練集的限制，以構建一個能夠辨識動作行為的決策樹。



圖六、利用UNICO-GUI部署模型

在UNICO-GUI中執行的第四步是感測器程式生成。一旦建立了決策樹，需要用感測器MLC語言「翻譯」決策樹。使用者將得到一個檔案，其中包含在內建MLC的ST MEMS感測器執行應用的所有內容。

最後（第五步），當裝置完成程式設計後，可以在應用中利用經訓練的決策樹來執行MLC的結果。更多關於MLC在MEMS感測器中的應用，可以參考[ST MLC網頁](#)或[ST MLC GitHub](#)，這些網頁提供大量應用和配置範例，可以引導設計人員一步一步地完成從資料蒐集到MLC即時功能檢查的整個過程。