

# 結合 AI 教練回饋的手部運動偵測系統

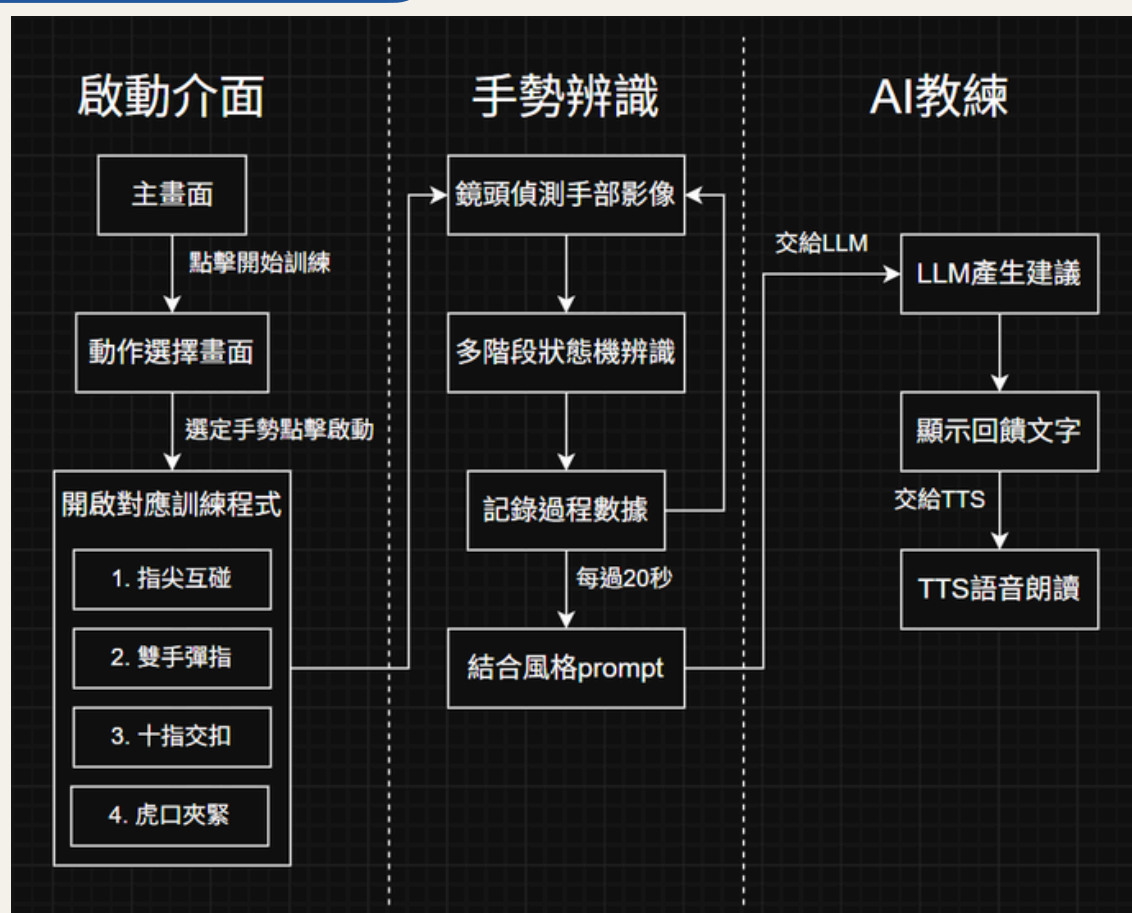
專題組員：張瀚升、張瑋倫、溫景翔、李信緯

## 摘要

隨著科技日新月異，大眾對3C產品使用時間大幅增加，長時間使用不僅易造成手部疲勞與疼痛，短影音平台的盛行更使人減少深度思考，增加腦部老化風險。

本專題結合 MediaPipe 進行手部關鍵點偵測，透過計算距離與角度判斷動作正確性，並整合 AI 教練功能，以語音提示與畫面字幕即時引導使用者調整。幫助使用者在日常使用3C產品之餘，同步促進手部活動與腦部運作，達到保健與訓練效果。

## 系統流程



**啟動介面**：具備現代化的UI及嚴謹的行程管理，以獨立行程開啟訓練程式，透過互斥鎖定與同步關閉，確保硬體不衝突且避免系統資源浪費。

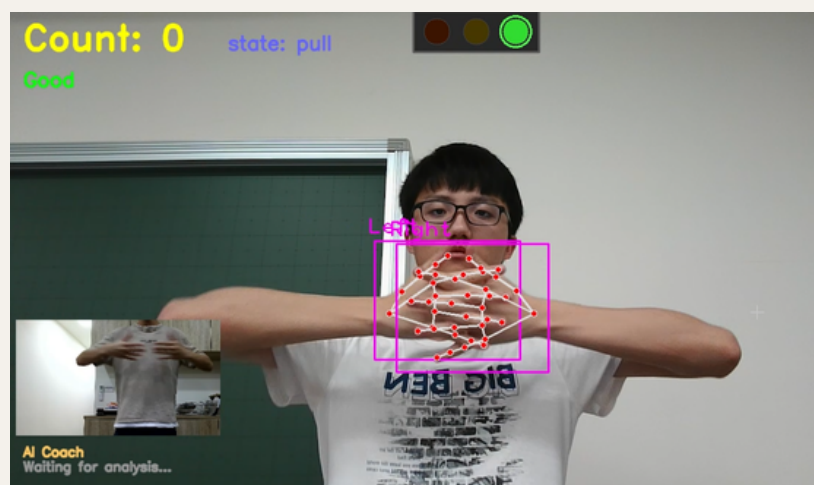
**手勢辨識**：包含四項手部訓練，透過多階段狀態機辨識使用者手部動作，統計正確次數與各項錯誤，產生一個數據紀錄。

**AI教練**：採用非阻塞式多執行緒架構，每20秒將數據交由 LLM 生成即時建議並顯示，再透過 TTS 進行語音朗讀。

## 動作介紹



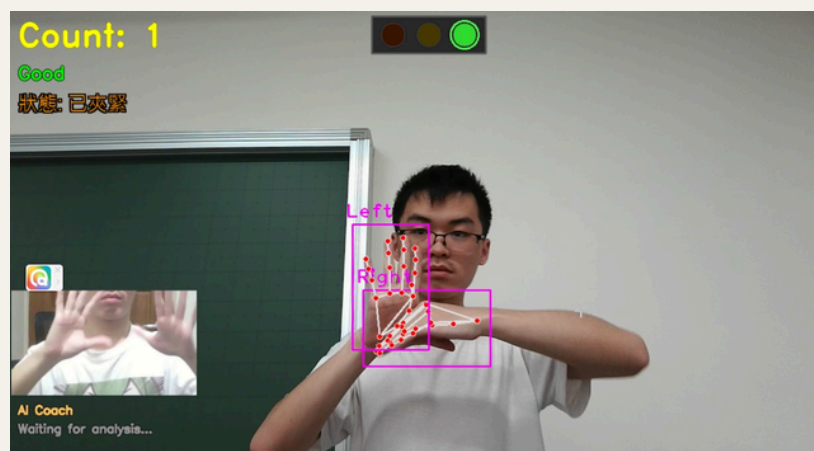
**指尖互碰**：透過手掌比例動態計算指尖距離，並結合手掌與手腕關鍵點進行拱形姿勢檢查，加入錯誤容忍機制避免手部晃動或交疊造成誤判。



**十指交扣**：透過校正取得相對距離比例，從準備階段開始，偵測雙手手指交扣的深度與夾緊時指尖開合的間距，採分階段狀態機全面評估動作之完整性。



**雙手彈指**：採用有限狀態機持續追蹤手指「捏合→蓄力→彈出」之完整動態流程，精準判斷爆發力不足或發力遲緩等代償錯誤。



**虎口夾緊**：以三階段狀態機依序判斷插入、夾緊與分開，並引入影格判定時間差，有效克服因交疊遮擋產生的失準問題。

## 挑戰克服

### API非同步執行：

手勢辨識需要即時運行，若同時串接 LLM 容易造成執行緒阻塞。

**解決方法**：`def _llm_worker()`：採用背景執行緒+佇列架構來實現非阻塞式 API 串接架構。

### Prompt設計：

AI回饋的語氣不夠自然且給出的建議與偵測到的錯誤不符。

**解決方法**：`<task>` `</task>` 引入 XML 標籤來結構化輸出格式，並減少讓 LLM 執行邏輯判斷，使其專注於數據分析。

## 結語

我們成功實作出結合電腦視覺與智慧互動的手部運動偵測系統，讓使用者在家就可以完成四種手部保健訓練。

