

基於影像辨識的居家放鬆訓練系統設計

Design of home relaxation training system based on image recognition

指導教授:林奕安 老師

組員:范家豪 張家恩 戴瑞成

國立聯合大學 資訊工程學系

苗栗市南勢里聯大2號

{u1024017, u1024020, u1024029}@nuu.edu.tw

ianlin@nuu.edu.tw

摘要

本專題目的在設計一套基於影像辨識的居家表情與手部放鬆訓練系統，針對長時間居家辦公或線上學習的用戶，實現臉部與手部疲勞的監測以及放鬆指導。該系統利用攝影機檢測用戶的表情與手部動作，並結合個性化的放鬆建議與訓練計畫，幫助用戶進行有效的放鬆訓練，減少疲勞累積。系統整合 Mediapipe 提供的手部關鍵點檢測技術，並運用 PYNQ-ZU 平台進行數據處理與視覺化展示，實現便攜、高效的手勢檢測與反饋機制。整體系統架構包含多模態影像辨識演算法及後端伺服器，提升居家健康管理的便利性與效率，助力用戶在家輕鬆完成疲勞緩解與健康維護。

關鍵詞：影像辨識、表情檢測、手勢檢測、Mediapipe、PYNQ-ZU、視覺化展示

Abstract

The purpose of this topic is to design a home expression and hand relaxation training system based on image recognition, which can realize the monitoring of facial and hand fatigue and relaxation guidance for users who work from home or study online for a long time. The system uses the camera to detect the user's facial expressions and hand movements, and combines personalized relaxation suggestions and training plans to help users perform effective relaxation training and reduce fatigue accumulation. The system

integrates the hand key point detection technology provided by Mediapipe, and uses the PYNQ-ZU platform for data processing and visual display to achieve a portable and efficient gesture detection and feedback mechanism. The overall system architecture includes a multi-modal image recognition algorithm and a back-end server, which improves the convenience and efficiency of home health management, and helps users easily complete fatigue relief and health maintenance at home.

Keywords: image recognition, expression detection, gesture detection, Mediapipe, PYNQ-ZU, visual display

一、前言

隨著現代生活壓力的增大，越來越多的人需要簡單易行的放鬆訓練方式。然而，現有的放鬆訓練系統通常需要昂貴的設備或專業的場所，限制了其普及性。手勢辨識技術在醫療保健領域具有重要潛在應用和挑戰。首先，它可以用於遠程復健，進行康復訓練。此外，手勢辨識技術還可以應用於醫學影像解析，幫助醫生更準確地定位病灶和進行手術規劃。然而，這些應用也面臨著挑戰，如精準度和穩定性需不斷提升，同時需要考慮患者隱私和數據安全問題，以確保技術的可信度和可持續性。

可編程邏輯陣列 (Field-Programmable Gate Array, FPGA) 在醫療領域的應用正迅

速增長，成為推動醫療技術進步的重要技術之一。FPGA 是一種半導體設備，具有靈活性和可配置性的優勢，使其在多種醫療應用中具有廣泛的應用前景，醫療影像處理、可穿戴醫療設備、人工智慧與機器學習、生物信號處理...等等。總之，FPGA 在醫療領域的應用不僅提高了醫療設備的性能和效率，還推動了先進醫療技術的發展，為醫療行業帶來了更多創新和可能性。隨著技術的不斷進步，FPGA 在醫療中的應用前景將更加廣闊。

有鑒於此，透過這次專題設計希望能以資訊科技專業幫忙解決醫療人力上的問題，同時組員們對於以多模態手勢辨識、豐富臉部表情辨識與 FPGA 在醫療領域的作用有了些許認識。

二、研究方法及進行步驟

我們使用兩塊 PYNQ-ZU 開發板分別透過外接攝像頭捕捉影像進行影像辨識，其中一塊執行手部特徵辨識判定演算法，另一塊執行臉部表情判定演算法。執行結束後分別輸出手部辨識結果的 csv 檔及臉部表情判定結果的 csv 檔，使用者最後上傳至雲端讓另一端接收到檔案。接收到檔案後會使用已寫好的程式讀取 csv 檔產生圖表進行資料分析，比較執行的結果。實驗設置環境如下圖(圖1.)所示

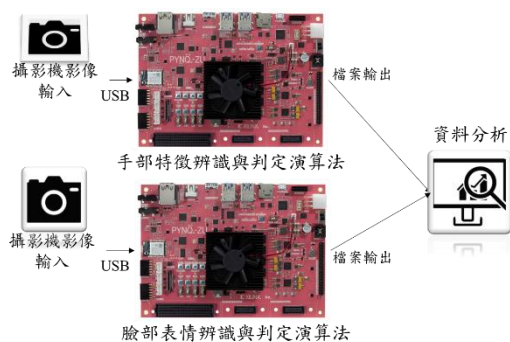


圖1.實驗設置環境

(一) 手勢辨識

MediaPipe 手部追蹤圖如圖(圖2.)所示。該圖包含兩個子圖——一個用於手部檢測，另一個用於手部關鍵點（即標誌點）計算。MediaPipe 提供的一個關鍵優化是

僅在必要時進行手掌檢測器（相當不頻繁），從而節省了大量計算時間。我們透過從當前幀中計算出的手部關鍵點來推斷後續視頻幀中的手部位置，進而消除了每幀運行手掌檢測器的需求。為了增加穩定性，手部追蹤模型輸出了一個額外的標量，捕捉手部是否存在以及輸入裁剪中是否合理對齊的信心。只有當信心水平低於某個閾值時，才會對整個幀重新應用手部檢測模型。

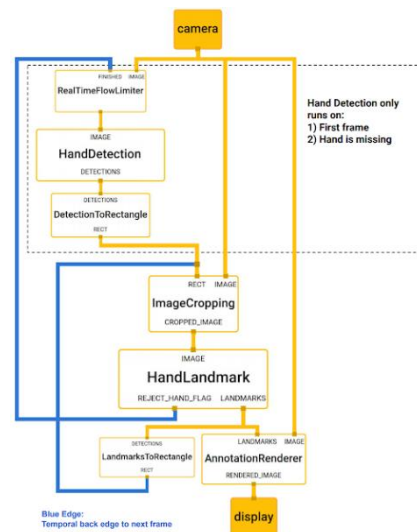


圖2. 手部追蹤圖

系統功能：

1.手勢識別：透過 MediaPipe 實現手部關鍵點的檢測與識別(圖3.)，提取二進制手勢數值。手勢判斷以圖上的節點取得座標(x,y)相互比較，分辨出手指為伸直或彎曲。比較 X 軸座標:大拇指(4,3)，比較 Y 軸座標:食指(8,6),中指(12,10),無名指(16,14),小指(20,18)

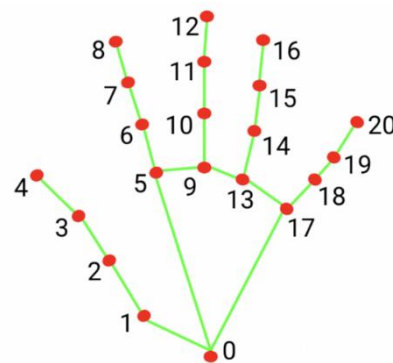


圖3.手部關鍵點

- 2.實時顯示：利用 PYNQ-ZU 的 HDMI 輸出接口，將識別結果以圖形化方式顯示。
- 3.數據記錄：將手勢識別結果（包括時間戳和手勢數值）記錄到 CSV 文件中。
- 4.退出條件：用戶可通過特定手勢（雙手手勢數值為30）退出系統。

(二) 臉部辨識

利用 PYNQ-ZU 開發板和 Mediapipe 模組實現了一個即時人臉辨識和表情分析的應用。系統通過攝像頭捕捉視訊，使用 Mediapipe 的人臉網格模型(圖4.)進行人臉關鍵點檢測，進而計算並分析嘴巴的寬高比(Mouth Ratio)和眼睛的面積比。最終，根據這些特徵指標判斷出使用者的表情及眼睛的開啟狀態(睜開或閉合)。



圖4. 人臉網格

主要程式的流程如圖5.所示，在啟動攝像頭後若取得人臉則進行人臉表情與眼睛的嘴巴開合比(Mouth Ratio) 與眼睛面積比的計算，最後將數據寫入 csv 檔。

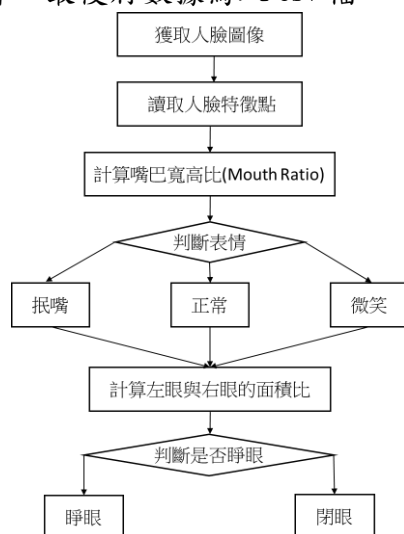


圖5. 臉部偵測流程圖

1.校正眼睛閾值

校正左眼與右眼最小與最大面積的初始值。在3秒內計算使用者睜開眼睛的最大面積，在次進行相同操作取得閉上眼睛的最小面積。返回校正後的眼睛面積範圍，與閉上眼睛的閾值用於後續判斷眼睛是否睜開。

2. 眼睛面積比計算

使用 Mediapipe 提取的眼部關鍵點所形成的多邊形，並使用 OpenCV 的 cv2.contourArea()函數來計算眼睛多邊形的面積，用計算出的面積比與校正後的閾值來判斷是否睜眼。

3. 嘴巴開合比計算(Mouth Ratio)

同樣利用 Mediapipe 提取嘴部特徵點，計算嘴巴高度與寬度的比值來判斷嘴巴狀態。

4. HDMI 顯示與儲存數據

通過 pynq.lib.video 庫實現 HDMI 視頻輸出。使用 CSV 文件保存檢測結果，提供後續分析數據的支持。為了不讓資料被重複儲存以及儲存到無用資料，臉部表情需改變並維持大於1秒的臉部資料才會被儲存，以及若與上一筆資料相同也不做儲存。

(三) 數據分析

本系統旨在透過一個互動流程，提供使用者直觀的體驗與數據分析功能。流程圖(圖6.)如下：

- 1.音檔播放：使用者透過 GUI 介面播放指定音檔，接收指令或提示音
- 2.姿勢回應：根據音檔內容，使用者完成相對應的動作或姿勢。
- 3.數據回傳：系統記錄使用者的回應，並以 CSV 格式回傳相關數據。
- 4.圖表生成：系統讀取 CSV 檔案中的數據，並將其轉換為易於理解的圖表。
- 5.網頁展示：透過網頁端呈現生成的圖表，供使用者檢視與分析。

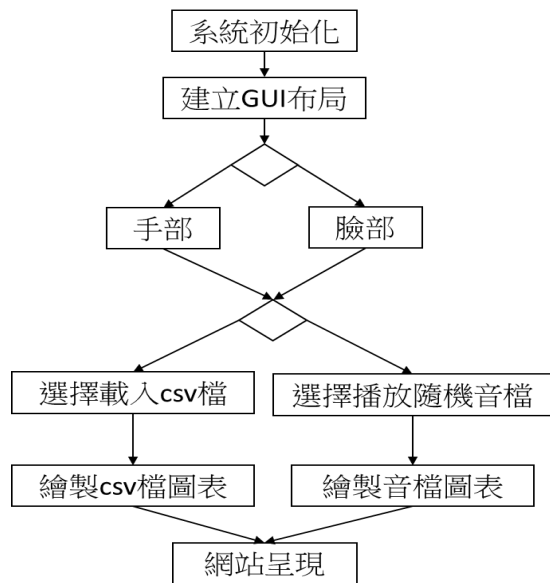


圖6.數據分析流程

三、成果展示

使用者透過音檔比出一連串特定的手勢及臉部表情(圖7.)(圖8.)並透過上傳 csv 檔給另一端進行數據分析。



圖7.手部姿勢



圖8.臉部表情

生成的圖表將通過網頁介面展示，使用者可在網頁中查看自己的動作數據分析結果，並進行進一步的反饋或互動。下圖為網頁展示所有結果的圖表。網頁如下圖(圖9.)所示

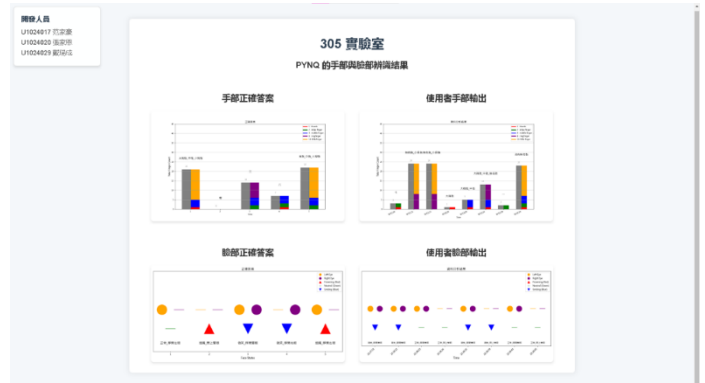


圖9.網頁呈現

四、參考文獻

- [1] 黃宣閔，以 PLC 及模糊系統遠端即時監控溫度控制應用於自動化水產養殖系統，碩士論文，國立高雄海洋科技大學電訊工程學系，2015。
- [2] 楊英傑，以 PLC 設計之輔助治療良性陣發性頭位暈眩症自動化設備控制系統，碩士論文，國立勤益科技大學機械工程學系，2016。
- [3] 吳振銘，低價位的簡易復健機器手臂控制與設計，碩士論文，義守大學電機工程學系，2010。
- [4] 宋修賢，上肢復健機器人與復健手套系統開發，博士論文，正修科技大學機械工程學系，2023。
- [5] 林佳慧，基於放鬆及任務狀態腦波之復健機器人控制的研究，碩士論文，國立臺北科技大學自動化科技研究所，2022。
- [6] 郭建業，整合氣壓人工肌肉致動之下肢復健外骨骼肌機構與跑步機之設計與控制，碩士論文，國立臺北科技大學自動化科技研究所，2022。
- [7] 潘冠宇，兼具行動輔助功能之可移動式下肢復健系統設計與控制，碩士論文，龍華科技大學機械工程學系，2018。

- [8] 余駟恩，機器視覺結合六軸機器手臂應用於夾取隨機堆疊傾斜物件，碩士論文，國立屏東科技大學機械工程學系，2023。
- [9] 郭竣豪，六軸機器手臂多行程速度規劃與3D 曲線擬合之模擬與實現，碩士論文，明新科技大學電機工程學系，2023。
- [10] 黃冠瑜，機器手臂變速度軌跡規劃的設計與實現，碩士論文，國立高雄科技大學電機工程學系，2023。
- [11] 林沛羽，基於半主動與滑模控制法則之無力感測器機器手臂位置/力量混合控制，碩士論文，國立陽明交通大學電機工程學系，2022。
- [12] 梁耕豪，基於 RGB-D 影像之三維物體抓取六軸機器手臂，碩士論文，國立臺灣科技大學電機工程學系，2022。
- [13] 黃梓瑋，基於 FPGA 實現非逆向運動學之多軸機器手臂軌跡追蹤演算法，碩士論文，國立陽明交通大學電機工程學系，2021。
- [14] 雷歐羅，非完整約束移動式機器手臂之逆向運動學與運動規劃，博士論文，國立陽明交通大學電機資訊國際學程，2021。