可運行於樹莓派的視覺化脈搏及呼吸量測技術

研究生姓名：資訊工程系　劉凱翔

指導教授：國立雲林科技大學資訊工程系　張傳育教聘教授

摘要

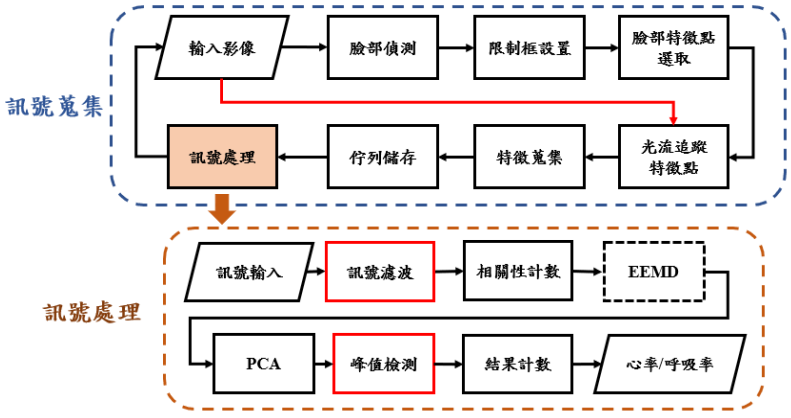
心率與呼吸率為反映人體生命跡象的重要資訊，許多研究透過人臉偵測與特徵點追蹤的方式找到適合量測的 ROI (region of interesting)進行非接觸式的分析與量測，然而相關研究主要方式都是採用將特徵轉變成單一訊號的方式進行處理，容易在 ROI 區域中出現雜訊干擾時，造成量測數據的錯誤，本論文採用多 ROI 的方式進行多特徵的選取，將不同的特徵訊號以訊號相關性進行選擇並透過主成分分析進行整合，減少單一訊號受到干擾時對量測結果造成直接地影響。

本論文基於光反射原理進行 RPPG(remote photoplethysmography)訊號量測以估算心率，再根據呼吸運動產生的臉部微振動資訊進行呼吸量測，並考量即時量測效能，本論文使用光流法追蹤以取代對每一幀影像進行人臉的偵測，並使追蹤的特徵有更良好的穩定性。實驗結果顯示，本論文在 Ostankovich 資料集上的心率量測結果 MAE 為 6.53、RMSE 為 8.684，比其他透過單一訊號進行分析的方法誤差更小，此外本論文結合總體經驗模態分析分解訊號方法進行分析量測，進一步將 MAE 與 RMSE 分別降到 4.124 與 6.897。本論文的呼吸率檢測結果 MAE 為 2.017、RMSE 為 2.676，反映出臉部振動與呼吸運動時胸腔起伏之關聯性。透過實際運行於樹莓派 4 上，證實本系統能在運算能力較小的平台上進行即時量測，且效果良好。

研究方法

本論文研究方法主要由資料蒐集與訊號處理組成，在訊號蒐集流程中透過的輕量人臉偵測模型 Yunet 進行人臉框檢測，並根據人臉框大小設置限制範圍以減少後續影像處理的範圍，使整體計算效能提升。使用迴歸樹技術從檢測的人臉上提取出特徵點，並採用光流方式持續進行人臉特徵點的追蹤，以增加特徵點追蹤的穩定性。根據多特徵點進行多特徵蒐集，並分別以人體振動訊號與顏色變化的 RPPG 技術作為呼吸率和心率訊號的蒐集特徵。將提取的特徵與當前幀處理以佇列方式進行存取，當存取的訊號數量達到設置的分析數量時，會根據紀錄時間進行訊號處理。

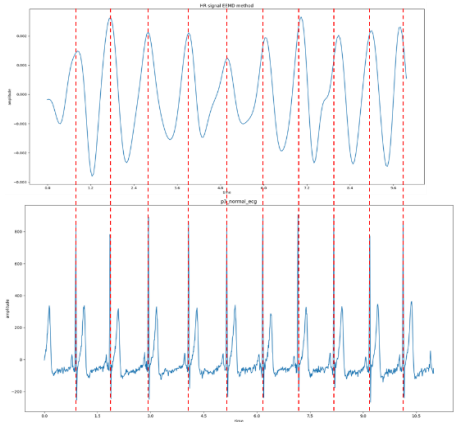
訊號處理中主要將以帶通濾波器將輸入訊號的大量雜訊濾除以保留觀測訊號相關的資訊，再將多特徵蒐集的輸入訊號進行皮爾遜相關性計算選取最大相關性的訊號，經過主成分分析將選取訊號進行整合，以波峰計數方式並參考處理時間分析心率和呼吸率的數據。考量 EEMD 根據訊號本身混合多組雜訊再平均的方式有效提升訊號分析的準確度，本論文在流程中加入 EEMD 的分析，並根據其效果與效能花費進行探討。



實驗結果

使用 Ostankovich 資料集之量測結果

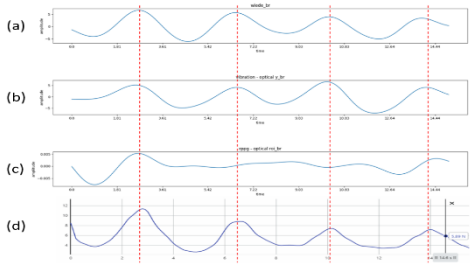
	MAE	RMSE	PCC
Li[14]	12.033	19.639	0.2454
Rouast[13]	11.666	18.839	0.4383
Lee[15] (EEMD)	5.004	9.767	0.7907
Mehta[16]	7.654	18.724	0.5764
The proposed	6.530	8.684	0.7827
This proposed with EEMD	**4.124**	**6.897**	**0.9164**



本論文量測訊號與 Ostankovich 的 ECG 訊號比較

基於本論文蒐集資料之呼吸率量測結果

	MAE	RMSE	PCC
Wiede[7]	1.244	1.427	0.968
The proposed	2.017	2.676	0.930
This thesis - RPPG	3.631	5.423	0.438



不同呼吸量測方式與呼吸帶量測波型比較

結論

本論文採用光流追蹤多特徵的方式進行訊號的蒐集，再透過濾波、相關係數與 PCA 之處理方法進行訊號整合分析，最後透過波峰消去法計數心率與呼吸率的數值。在準確度方面，根據使用 Ostankovich 資料集進行量測的實驗結果證實，本論文採用多特徵的訊號選擇將受到影響的訊號排除，比起單一 ROI 蒐集的訊號有更佳的穩定性，心率量測的 MAE 及 RMSE 分別是 6.53 及 8.684，表現優於其他方法，且所提方法之量測極端值也低於其他量測方式。此外結合 EEMD 的處理方式在準確率上有明顯的提升，MAE 與 RMSE 分別縮小到 4.124 與 6.897。在呼吸率部分我們根據量測結果觀察可以看到本論文採用臉部微振動資訊的 MAE 與 RMSE 分別為 2.017 與 2.676，接近觀察胸腔量測的方式，並透過訊號的比對也展現量測訊號與實際呼吸運動關聯性，證實此臉部微振動檢測呼吸率的可行性。

為有效降低所提方法的運算量，本論文藉由(一)光流追蹤方式取代對每一幀影像進行人臉偵測，大幅減少每一幀蒐集特徵的處理時間。(二)透過限制框的設計取代對整張影像的計算，進一步降低光流的運算時間。考量即時處理不同於錄製影像每秒中有固定的幀數，本論文透過佇列方式的特徵與時間記錄讓即時量測的時間依據更加靈活且可靠，也經過實驗證明本論文所提的方法能在樹莓派上進行即時的量測。

本論文基於臉部血管進行特徵蒐集可以有效的將心跳資訊提取出來，有鑑於近年來深度學習的蓬勃發展，未來可以結合深度學習整合直觀的血管觀察以及電腦視覺技術提升特徵蒐集的品質及準確度。另外本系統透過光流追蹤方式蒐集臉部特徵進行心率與呼吸率的評估，然而劇烈的晃動與干擾容易造成光流追蹤效果不佳，如何考量劇烈晃動的情況進行運動時的量測是也是未來值得探討的議題。