

智慧聯網之設計與應用-以泳姿訓練分析為探討案例 Design and Application of Intelligent Networking - The Case Study of Swimming Training Analysis

徐翠琇 老師
徐敏珠
德明財經科技大學
資訊管理系
tracy@takming.edu.tw

王博生 學生
余逸誠
李佳儀
李亭萱
許志愿
楊皓麟
德明財經科技大學
資訊管理系
trainswimmer@gmail.com

摘要

近年來民眾健康意識抬頭，運動儼然成為一種生活習慣，游泳這項運動被譽為全民健身的第一運動。在現今的奧林匹克運動會中游泳也是第二大項競賽，游泳運動過程中良好且正確動作絕對是必要的。許多游泳運動者往往是透過自行摸索、閱讀相關游泳訓練書籍、教學影帶、以攝影機當做影像來源，經過影像處理得到划手軌跡資訊。透過影像處理雖然能夠正確的取得運動的軌跡，但是對於身體細部的扭動或是旋轉則較難以偵測。競技游泳是藉由自身的浮力與肢體的動作在水中運動前進的技能，前進的動力來源主要來自上肢划手動作。基於此我們以游泳運動為主要對象，研究出應用Arduino101開發板技術突破傳統影像攝影，讓游泳者游泳時戴起專業泳姿訓練分析手環能隨時隨地進行基礎訓練。配合慣性感測元件偵測游泳者的動作蒐集游泳者划手動作的三維坐標，並將資料傳送至手機或雲端系統。程式亦將載入的泳姿數據進行運算並處理感測器的偏差校正。透過手機App顯示游泳者水中划手的軌跡並與標準軌跡比對後的3D圖表，除了划手軌跡的比對外，也提供正確率、划頻、划手次數、划幅、速率、游泳時間等資訊，以幫助游泳者藉由這些資訊自行修正動作達到分析的效果，並參照系統給予的建議改善進而快速達到訓練效果。

關鍵詞：穿戴式設備、慣性測量、划手軌跡

前言

游泳是藉由浮力與肢體動作在水中前進的活動(劉康田等,2013),現代生活中游泳被譽為全民運動,同時是奧林匹克運動會中的第二大項競賽。近年來臺灣民眾健康意識抬頭,自願開始參與運動的人與日俱增,(Toussaint&Truijens, 2005)指出優異的運動表現應於整個競賽過程中將運動員的能力作適當分配,讓選手能力得以展現與發揮到最佳表現。游泳是週期性的運動項,藉由不斷重覆動作來完成一定的距離,(曾俊堯, 2006)指出捷泳競賽的速度動力,主要來自於游泳者的手部划手動作,因此「划頻越快,划幅越大,游泳前進的速度就越快」。而游泳是偏向個人的運動,因此游泳理論上是可以自行實施自我訓練,現代人體運動姿態追蹤相關的研究相當多,感測資訊辨識近年也因於感測器的發展,相關研究也陸續增加,主要利用的資訊有透過G-sensor得到的加速度以及陀螺儀量測的角速度,研究範圍也從最早的偵測靜態姿態到運動姿態追蹤(邱柏鈞,2012)。隨著科技發達,IMU(慣性測量裝置)已經漸漸取代傳統高人力資源的手動紀錄與攝影數據的動作分析。智慧穿戴裝置除了當成配件的外型取向外,手環的功能性也是消費者購買時最大的考量,有64.8%的使用者表示,智慧型穿戴裝置能幫助他們更有效地運動,消費者在挑選其穿戴裝置時,「掌握自身健康」及「提升運動效果」為其最大考量要點。我們以游泳運動者為主要對象,研究應用Arduino101開發板技術突破傳統影像攝影,讓游泳者游泳時配戴專業泳姿訓練分析手環能隨時隨地進行基礎訓練,配合發展成熟的慣性感測元件偵測游泳者的動作蒐集游泳者划手動作的三維坐標,結合手機同步將資訊透過網路傳送至雲端系統,載入游泳者數據進行運算並處理感測器的偏差校正。最後透過手機App描繪出游泳者划手軌跡並顯示水中划手的軌跡並與標準軌跡比對後的3D圖表,除了划手軌跡的比對外,也提供正確率、划頻、划手次數、划幅、速率、游泳時間等資訊,以幫助游泳者藉由這些資訊自行修正泳姿且參照系統給予的建議改善。

1. 解決問題

以往針對動作辨識的作法都是利用多個攝影器材擺放在不同的角度,以攝影機取得影像來源,取得全方位的動作資訊。雖然透過影像處理能夠正確的取得運動的軌跡,但是對於身體細部的扭動或是旋轉則較難以偵測。本系統透過穿戴式智能設備與手機App探索人和科技全新的交互方式,為了更好的了解自我運動數據情況所進行的分析及設計,需更貼近人性化的需求,為每個人提供專屬的個性化服務。其中有一些是必需要解決的問題:

1. 慣性感測器應用

無線感測網路是藉由感測元件來監控變數的智慧系統。近年來各種感測元件的體積、成本、耗電等都已經大量下降且具即時性的特性。系統利用慣性測量裝置,安置於游泳者的上肢並進行上肢划手動作分析。慣性裝置的加速度與陀螺儀訊號能提供精確客觀的資料來分析游泳動作與複製優秀選手動作特色,而且在使用上極具方便性,可以提供游泳教練或是相關游泳者在訓練時之參考角正之用(劉康田,2013)。如果慣性裝置想要應用於水中運動的量測與監控,需要密封慣性感測裝置並掛載電源供應,安置在游泳者的所須測量的身體肢段上,近年來的微機電系統與傳感器系統的簡化與封裝能力,已能確保量測系統在水中使用不受影響。

2. 感測器偏差校正

隨著慣性感測元件在微機電方面的發展，除了原本應用於車輛或是醫療器材等較為昂貴的領域之外，也逐漸應用在個人姿態辨識領域(Mathie等,2001)。感測器內部的嵌入式系統發展逐漸成熟，已可讓使用者身上穿戴一些感測元件，持續發送人體動作的感測資訊，可即時監控穿戴者的狀況。由於感測元件會隨著時間或電壓大小的變化導致其量測的基準點會有些許偏差，該誤差會導致計算物體位置的累計誤差值加大，因此我們系統解決感測器偏差校正問題。

3. 時間同步問題

感測器的時間同步在無線感測網路環境中已經是熟知的研究議題，在配戴多個感測器的情況下，我們並無法確定每個感測器是在同一個時間點開啟，如此造成兩個感測器間的時間偏差(邱柏鈞,2012)，而游泳划手又是一個屬於短時間的快速動作，因此對感測器同步問題是很重要。我們以主機接收到的時間搭配各自感測器上的計時tick 數，計算出主機及感測器之間的時間差並進行同步問題調整。

2. 系統架構與實作

系統架構包含游泳穿戴式裝置-IMU 慣性感測元件，蒐集游泳者划手動作的三維坐標，並將資料傳送至手機或雲端系統。透過泳姿分析平台可顯示游泳者水中划手的軌跡並與標準軌跡比對後的 3D 圖表，除了划手軌跡的比對外，也提供正確率、划頻、划手次數、划幅、速率、游泳時間等資訊，以幫助游泳者藉由這些資訊自行修正動作，系統環境顯示於圖 1。



圖1 系統環境圖



圖2 Arduino101開發板



圖3 專業泳姿訓練系統

為了提供完善的泳姿分析功能，本系統利用Arduino 101開發板，游泳者透過Arduino101開發板上IMU技術，蒐集三維座標，使用藍芽連接智慧型手機，將數據送到手機端。將智慧手環和手機整合提供許多便利親切介面讓使用使能夠輕鬆簡單操作及快速學會使用：

1. 穿戴式科技

穿戴式科技顧名思義就是應用現有的科技開發出微型輕便化的裝置，穿戴在人的身上以擷取相關資訊，經由有線或無線通訊的方式把資料傳遞到雲端運算，雲端再將結果反饋到個人行動裝置上，讓使用者可以得到所需要的資訊。智慧型手環裡最基本的是

CPU、傳輸模組以及一個G-sensor(重力感應器)。CPU負責各類的運算、通訊模組把這些資料傳輸到手機或是其他裝置。G-sensor是一個X、Y、Z的三軸感應裝置。當我們將手環配戴在手上，手臂開始擺動的時候，這三軸的數字都會同時發生變化，我們就必須透過這些不斷變化的數值，判斷游泳者現在正在做什麼動作。水中游泳時我們智能手環上的慣性感測元件，能夠偵測游泳者的划手軌跡，提供正確率、划頻、划手次數、划幅、速率、游泳時間等資訊，抓水、抱水、推水、提肘、抬臂、入水及伸展動作等矯正建議。在練習或訓練結束時，游泳者可以透過藍牙或USB把資料傳輸到手機上，藉以分析泳姿是否準確，有無改善空間，顯示於圖2。

2. 鎖定專業泳姿訓練

目前穿智慧穿戴裝置盛行，智慧穿戴裝置除了當成配件的外型取向外，手環的功能性也是消費者購買時最大的考量，大多數使用者表示，智慧型穿戴裝置除了能幫助他們更有效地運動外，並能夠利用裝置定期追蹤身體健康資訊。消費者在挑選其穿戴裝置時機戶都是以運動、健康為最大訴求。不過，市面上的智慧手環大部分還是針對計算走路步數、消耗卡路里、測心跳、脈搏、睡眠偵測、久坐提醒、來電通知、訊息提醒等活動所設計的居多。以專業游泳訓練為主的手環尚未見到。我們以游泳運動者為主要對象，配合發展成熟的慣性感測元件偵測游泳者的動作，並將資訊透過網路傳送至手機。以專業智能手環上的慣性感測元件，偵測游泳者的划手軌跡，鎖定目前市面上沒有的專業泳姿訓練。讓游泳訓練不再依賴游泳動作影片或者製作標準3D動畫等、透過慣性感測元件偵測游泳者的動作並蒐集划手動作三維坐標來加以比對分析，並給最適當建議讓游泳訓練能更確實及讓被訓練者能力得於展現與發揮以達到最佳表現，顯示於圖3。

3. 整合有線及無線傳輸介面

既然是智慧泳姿訓練手環當然具備連網功能，可透過Connect控制指定物聯網裝置，透過整合無線與有線的傳輸介面(黃國銘等,2014)，其中有線傳輸介面包括一般傳統的USB，無線則利用短距離無線傳輸介面Bluetooth，游泳者透過Arduino101開發板上IMU技術，蒐集三維坐標，並選擇利用USB或藍芽將蒐集到的數據資料傳送至手機端，顯示於圖4。



圖 4 傳輸介面

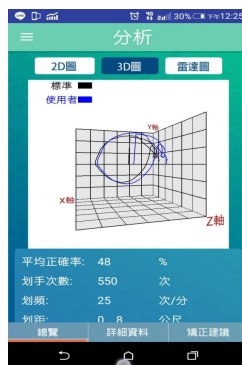


圖 5 泳姿划手分析

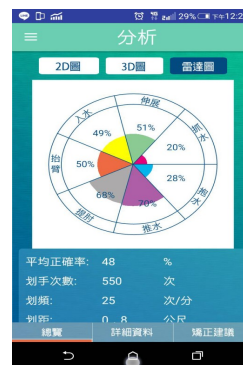


圖 6 雷達圖分析

4. 蒐集資料偏差校正及整合分析矯正

配合發展成熟的慣性感測元件偵測游泳者的動作以蒐集划手動作三維坐標，除了划手軌跡的比對外，也提供正確率、划頻、划手次數、划幅、速率、游泳時間等資訊。儘管能正確蒐集到各種指數，並將它們彙整視覺化的圖表和曲線。三軸感應器蒐集的，

只是一些方向變化的資料，想要對這些資料做出正確的判讀，這就是考驗我們的地方。當游泳者在游泳划手時，會有一定頻率的變化，但是如果這個變化又太規律，或是不符合游泳者的動作和速度，就得把這些資料當成是無效的資料來剔除，處理了感測器的偏差校正。手環只是一個記錄相關數值的工具，如果對它做出正確的判讀，則有賴於我們系統的演算法。如果系統不能正確的解讀從手環所得到的各種數據，那麼使用者得到的，也就會是錯誤的資料。過多或雜亂的數據通常會讓圖表等呈現讓人看不懂，導致游泳訓練嚴重錯誤，因此蒐集的資料偏差校正系統是必需要做的，才能讓圖表等更容易清楚判讀。而一般使用者並不具備解析這些數據的專業能力，如何有效整合利用資料，在資料分析的基礎上對游泳訓練泳姿做出指導，是人們對可穿戴設備最終的期待，也因此需要整合各項數據，讓系統根據游泳者的實際情況進行預判數據分析後，游泳者可參考系統統計使用者游泳中有哪些地方可以進行改善的建議，顯示於圖5、圖6及圖7。

動作	正確率	圖示	
抓水	20%		手 過前
抱水	28%		手
推水	70%		推水
提肘	68%		提肘
抬臂	50%		上臂 向前

圖7 矯正建議

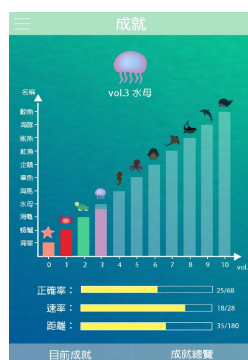


圖8 成就總覽



圖9 社群平台頁面

5. 成就總覽

目前智慧聯網之設計與應用由免費開放原始碼的軟體建構而成，包含儲存游泳者划手動作的三維坐標資訊的軟體，透過這些軟體儲存游泳者的訓練游泳歷程資訊，並且系統設計十一種等級成就依照游泳者游泳資訊給予代表生物。將每次訓練所蒐集到資訊整理成圖表提供給游泳者或教練，透過一段時間的訓練可查看系統所有設置的等級以及應如何達成條件。這些成就總覽資料能讓游泳者更方便得知透過訓練調整泳姿後效果是否能快速達到，顯示於圖8。

6. 社群平台

社群平台主要作用是為一群擁有相同興趣、關注或活動的人建立線上社群並且彼此間發展出人際關係。這類服務往往是基於網際網路為用戶提供各種聯繫、交流的互動通路。系統提供游泳愛好者一個交流平台，游泳者隨時可以分享彼此學習成果，游泳相關心得、發表提問或依照泳姿「正確率」、「速率」、「距離」、等與平台上其它游泳者或是好友做排行等，讓社群好友提高學習的樂趣並相輔相成互相提攜互相競爭進而達到訓練游泳更好的成效，顯示於圖9。

3. 結論

因應穿戴式設備的發展，一般年輕使用者對於穿戴式設備使用接收度相當高，本系統應用Arduino101開發板技術讓游泳者進行游泳訓練時配帶專業泳姿訓練分析手環並

配合發展成熟的慣性感測元件偵測游泳者的動作。蒐集游泳者划手動作的三維坐標，與手機同步將資訊透過網路傳送至雲端系統，程式載入游泳者數據並進行運算及處理感測器的偏差校正。透過手機App顯示游泳者水中划手的軌跡並與標準軌跡比對後的3D圖表，除了划手軌跡的比對外，也提供正確率、划頻、划手次數、划幅、速率、游泳時間等資訊，讓游泳者能夠得到關於泳姿動作的回饋。藉由系統的泳姿分析資訊及建議改善快速幫助游泳者自行修正動作達到訓練效果。該系統可分為體感網路及雲端計算兩部分，在體感網路部份我們處理了感測器碰到的偏差修正及，雲端計算方面我們將划手動作依據感測資訊分解為七個時期-抓水、抱水、推水、提肘、抬背、入水及伸展，並提供游泳者關於軌跡正確率分析及矯正建議。目前系統只能給予一些初步的建議，未來將以此系統為基礎，再結合與專業教練探討游泳運動的專業資訊及細節，分析各種影響游泳速度的因素，並配合發展成熟的慣性感測元件進一步的提供游泳訓練者更完整的專業分析，再加強SwimAnalyst社群平台發掘甚至創造出具影響力且能凝聚社群的做法來彼此分享學習成果，提高學習的樂趣。

4. 參考資料

- [1] M. J. Mathie, J. Basilakis, and B. G. Celler, "A system for monitoring posture and physical activity using accelerometers," Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, vol. 4, pp. 3654–3657, October 2001.
- [2] Toussaint, H., Truijens, M., "Biomechanical aspects of peak performance in human swimming. Animal Biology", 55, 17-40, 2005
- [3] BSN UK, "Body sensor networks" , <http://vip.doc.ic.ac.uk/bsn/m185.html>.
- [4] 康金塗、蕭新榮、林春梅、吳旻寰, "探索高齡化族群透過穿戴式裝置進行健康監控之準確性"(2016), 成大體育 ; 48 卷 1 期 (2016 / 04 / 01) , P14 - 31
- [5] 黃國銘、曾惠萍、吳金能、李坤敏(2014)。整合穿戴式設備之健康管理服務系統微系統暨奈米科技協會會刊, 31 期 (2014 / 06 / 10), P51-55
- [6] 邱柏鈞, "基於體感網路的高爾夫揮桿分析"(2012), 交通大學網路工程研究所學位論文
- [7] 曾俊堯, "青少年泳游選手 100 公尺捷泳分段策略"(2006), 國立花蓮教育大學體育教學碩士論文
- [8] 黃貫倫、吳佳蓉、張哲琬、涂瑞洪 (2013)
"不同划頻與划幅組合之探討以自由式為例", 國立屏東教育大學出版
- [9] 劉康田、張淳皓、孟範武、何金山 (2013)
"影像分析與慣性裝置運用於游泳划手動作分析之探討", 嘉大體育健康休閒期刊, 12 (3) , P310-316
- [10] 教育部學生水域運動安全網-學生游泳能力分級說明圖卡(2017),
<http://www.sports.url.tw/classroom/detail/item/4>
- [11] 運動手環基本構造(2015),
<https://www.techbang.com/posts/39984-bracelets-are-ramming-you-need-the-kind-of-bracelet>