

## 室內健身房運動生理資訊系統之研發

### Design of the information system for exercise physiology in indoor Gym

黃志峰<sup>1</sup> 黃新賢<sup>2</sup>

#### 摘要

室內健身房已經漸漸成為都市人運動健身的場所，而衡量運動的方法即是參考運動生理的各種資訊，健身房的運動包括騎健身車、跑步、舉重等發生時間不確定且型式有很多種，若要正確且客觀地監控運動生理的資訊，需要知道正在使用的運動器材和運動造成的生理變化，藉由室內人體定位系統知道目前正在做的運動項目並利用運動生理的感測器量測運動的生理資訊，運動生理資訊由專業分析軟體處理後，即可提供健身房使用者的運動生理資訊。

本文主要設計室內健身房運動生理資訊系統之研發，首先建立健身房的座標系統，並將健身器材的座標輸入個人電腦(PC)，在健身房放數個zigbee無線感測器網路參考節點，接著要發展zigbee無線感測器網路的運動生理與人體定位之可攜式量測儀器，使用低功耗的運動生理感測器和嵌入式zigbee無線感測器網路微處理器構成，zigbee無線感測器網路不但可以將運動生理的資料透過無線收發連結技術儲存在個人電腦中，還可利用無線電的接收強弱來計算距離，實現無線電定位系統來得到人體移動的座標。使用個人電腦預先輸入的運動健身器材的座標資訊，即可知道健身的人目前的運動項目，並根據運動生理感測器來知道運動生理的資訊，配合PC的應用軟體來處理與分析各種生理參數，來提供使用者關於運動的客觀資訊。

**關鍵字：**運動生理、定位系統、無線感測器網路

#### ABSTRACT

The indoor Gym is become the excise place for the people health care and fitness in the city. The method for examining the excise is measuring the information of the exercise physiology. The exercises include riding exercise bike, running, weight lifting, etc take place uncertainly and there are many kinds of modeling. If we want to monitor the information of exercise physiology correctly and objectively, the using sport equipment and the change of physiology form the exercises. The human positioning system is used to get the information of the using sport equipment. The information of exercise physiology can be measured by the electronic sensor. The information of exercise physiology is analyzed by the professional software to offer the user in Gym.

The information system for exercise physiology in indoor Gym is designed in this project at mainly. The coordinate system of the Gym is set up at first. The coordinator of the sport equipment was keyed in the personal computer (PC). Several reference nodes of the zigbee wireless sensor network are built in Gym. Then we will develop the portable instrument using the zigbee wireless sensor network to examine the information of exercise physiology and the user's position. It will use the low and power consumptive sensor for detecting the exercise physiology and the wirelessly embedded microprocessor with zigbee sensor network. The data of the exercise physiology can be received and transmitted through the zigbee sensor network technology of linking and store it in PC. The human moving distance can be calculated by the strength of the received signal to implement the wireless positioning system for getting the coordinator of the user's moving position. The athletic items of the athlete are got by using the coordinator of the sport equipment that is keyed in PC previously. The information of the exercise physiology is measured by the sensor. The parameters of the exercise physiology are processed and analyzed by the application software in PC to offer the objective exercise information of the user.

**Keywords:** Exercise physiology, positioning system, wireless sensor network

<sup>1</sup>作者為正修科技大學資訊工程系副教授，Email:hcf0937@csu.edu.tw

<sup>2</sup>作者為正修科技大學資訊工程系副教授，Email:hsan@csu.edu.tw



## 1. 前言

台灣社會越來越進步，都會區生活運動健身的機會很少是造成現代文明病的主因，室內健身房由於可以很方便地在都會區提供運動健身的場所，透過會員制的經營使得商業利益龐大，近年來已經成為一項熱門的新興產業[1,2,3]。而且近年來感測器與微機電技術的發展，伴隨著 zigbee 無線感測網路技術的進步，及其與電腦的密切結合，已成為傳統運動休閒、醫療保健業等各大相關產業的發展重點。

近年來感測器與微機電技術的發展，伴隨著 zigbee 無線網路技術的進步，及其與電腦的密切結合，運動訊號量測系統應用的蓬勃發展已是時代趨勢，並已成為傳統運動休閒、醫療保健業等各大相關產業的發展重點。在目前日常生活中，已隨處可見醫療保健和運動訓練等相關產品，例如：心電圖計，血管容積測量計，體溫計...等，將這些生理量測工具結合 zigbee 無線網路的技術，研發完整的可攜式生理量測系統的硬體設備，再配合運動休閒系提供實驗環境和樣本，來完成專業之運動生理訊號紀錄與分析之電腦軟體，預估其未來產值及重要性將持續大幅地提昇。

運動能健身而衡量的重要參數為運動生理訊號的量測包括運動體溫、流汗量、心跳、運動能量消耗、運動姿勢和軌跡等等，目前可使用的運動生理訊號的感測器包括溫度、溼度、紅外線、電極、加速度和地磁感測器等等[4,5,6,7,8,9,10]，使用 zigbee 無線感測器網路的通訊與定位技術，能得到運動健身者的位置和運動生理的資料即時傳輸回電腦做即時分析與監控，不但可應用在運動員和復建病患身上，並能使用在家居的運動休閒上，相信未來可成為另一項在健身房能量測運動生理訊號之熱門商品。而運動健身器材如跑步機和腳踏車機，由於可讓使用者雙手固定在把手上利用把手當電極可量測心跳數，這方面產品都是單一產品，沒有一致性的通訊傳輸介面，所以無法紀錄整個運動過程各種生理訊號的整合性資料，以致對健身房的所提供的運動生理量測資訊無法滿足使用者的需求。

本計畫發展室內健身房運動生理資訊系統，利用各種的運動生理感測器、zigbee 無線感測器網路微處理器構成，來設計在任何時間在健身房量測運動的生理訊號資料，未來能夠輕鬆攜帶，隨時能監控運動生理資訊，用電腦將量測數據與分析結果並提供更多運動生理量測資訊滿足使用者的需求，未來更有機會成為實用的運動休閒量測器材。

## 2. 研究方法

使用 zigbee 無線感測器網路技術結合個人電腦來設計運動生理資訊系統為了運動與訓練之需要，需開發 zigbee 無線感測器網路的各種運動生理與人體定位之可攜式量測儀器攜帶在身上，使用 zigbee 無線網路技術來得到運動員目前位置並用運動生理感測器包括溫度、溼度、紅外線、電極、加速度和地磁感測器來偵測運動生理訊號，再透過 zigbee 無線網路模組將身上之運動生理訊號資料傳輸到 PC，來完成運動生理數據資料的收集與分析。

運動加速度感測器和溫溼度感測器配戴在身上用來量測運動時所產生的加速度和體溫與溼度，再結合地磁感測器來量測運動姿勢和軌跡，三軸運動加速度訊號計算可得到運動強度，並和地磁感測器來量測運動姿勢和軌跡的資料，溫溼度感測到的體溫與溼度一起收集成一個資料封包，透過 zigbee 無線網路模組每五秒一次傳輸到 PC。

## 3. 系統實現架構

圖 1 為室內健身房運動生理資訊系統的整體方塊圖，包括使用 zigbee 無線感測器網路的運動生理感測器與人體定位之可攜式量測儀器和使用 zigbee 無線網路模組的嵌入式主機可連接上 PC，主要開發 zigbee 無線網路技術來得到運動員目前位置和放在身上之運動生理訊號量測儀器，而 zigbee 無線網路模組能將運動生理訊號的量測資料透過無線網路傳輸到 PC，讓使用者方便與舒適地攜帶。



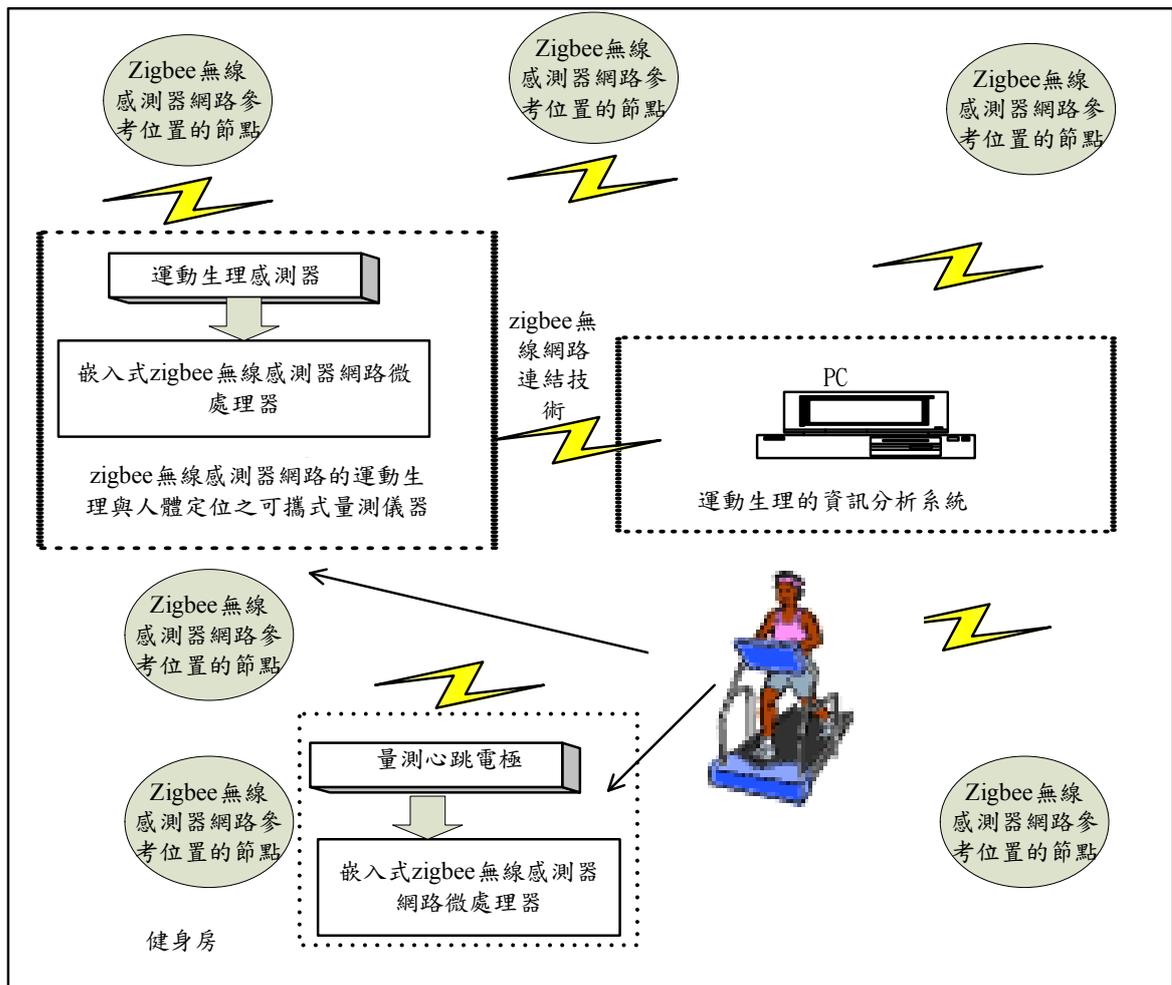


圖1 室內健身房運動生理資訊系統

圖 2 為使用 zigbee 無線感測器網路的運動生理感測器與人體定位之可攜式量測儀器的方塊架構圖，使用可測溫度與溼度的 SHTX、可量測心跳的紅外線感測器或電極、可量測運動能量消耗的加速度感測器 IC(ADXL202E)並結合地磁感測器來量測運動姿勢和軌跡、嵌入式 zigbee 無線感測器網路微處理器、充電電路和電池等方塊，充電電路和電池必須提供 zigbee 無線感測器網路的運動加速度的振幅與人體定位之可攜式量測儀器之電源，並可利用嵌入式微處理器做電源控制，使電源消耗最小化。ZigBee 無線定位系統採用德州儀器公司 (TI) 的 CC2430 和 CC2431 無線 ZigBee 晶片上系統，結合符合 ZigBee-2006 協定規範的 Z-Stack 協定堆疊，可用來進行 ZigBee-2006 網狀網路即時定位系統的開發，ZigBee 無線定位系統參考節點的位置固定，一般應隨時供電，在空閒時接收器始終打開以便可以始終回應盲節點的位置請求訊息。參考節點的座

標位置是由使用者指定，並輸入電腦中，它自己不會計算自己的座標，因此參考節點可以由 CC2430 或 CC2431 構成，為降低成本建議使用者使用 CC2430，盲節點是可移動節點，可由電池供電並可進入睡眠模式，它將查詢射頻範圍內節點的位置並從每一個響應節點的響應訊息來獲取接收信號強度，盲節點必須由 CC2431 構成，以便使用 CC2431 內部的硬體定位引擎來計算盲節點的位置，Zigbee 無線感測器網路使用 4-8 個參考位置的節點，使用 CC2430 微處理器設計參考節點的電路，並包括接受運動員資料的主機能和 PC 連線，而要運動的人攜帶的 zigbee 的無線網路收發器為可移動的盲節點，使用 CC2431 微處理器來設計，在收發資料的過程盲節點會根據接收的無線電強度計算出攜帶 zigbee 的無線網路收發器的運動員和參考節點的距離，來知道運動員的座標，達到人體定位的功能。將感測電路設計包裝起來，做成小型化的運動生理感測器配戴



在身上，感測身體運動的生理訊號，選用嵌入式 zigbee 無線感測器網路微處理器具有類比數位轉換器(ADC)，將運動生理訊號取樣量化後，轉換為運動的生理資訊並依 zigbee 網路封包格式將生理資訊變成可無線傳輸的封包，藉由 zigbee 無線

網路技術將資料傳輸到另一個使用 zigbee 無線網路模組的嵌入式主機，此 zigbee 無線網路模組的嵌入式主機使用 RS232 介面接於 PC 上，用 RS232 通訊模式即可將運動生理的資料傳輸到 PC。

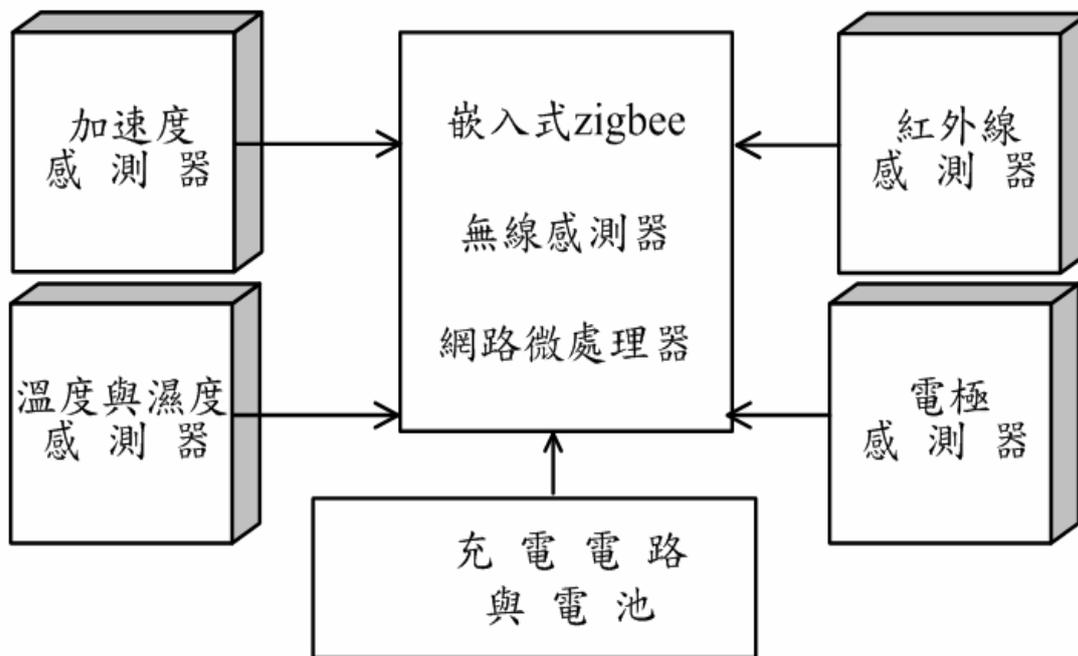


圖2 zigbee無線網路之運動生理感測器與人體定位之可攜式量測儀器的方塊架構圖

#### 4. 結果與討論

本文的室內健身房運動使用跑步機運動 10 分鐘來實驗，室內健身房運動生理資訊系統使用

測溫度與溼度的 SHTX 來得到運動時的體溫和溼度的資料如圖 3 所示，因在室溫 20°C 下跑步，體溫會升到 29°C，而相對溼度會到 90%。



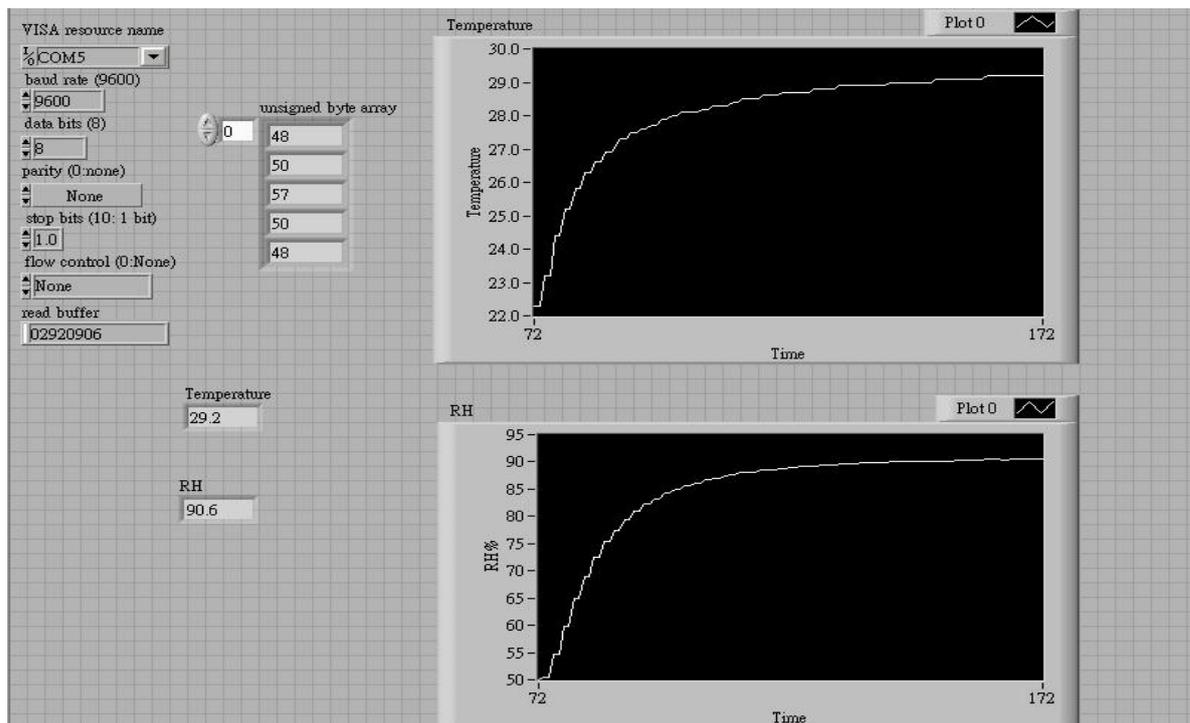


圖3 跑步運動時的體溫和溼度

量測運動能量消耗的加速度感測器 IC(ADXL202E)得到運動強度的波形資料如圖 4 所示，並用快速傅利葉轉換得到跑步運動的頻譜，運動強度頻率的分析，由運動強度的最高主頻率推算出每秒所跨的步數，將每秒步數乘上大約的步幅可推算出大約跑步的平均速度，圖 5 為

跑步的頻譜，運動強度的最高主頻率為 1.1 Hz，跑步平均速度大約為 10 公里/小時，體重 70 公斤的人，跑步平均速度 10 公里/小時換算每小時能量消耗為 875 大卡，可推算出跑步 10 分鐘的運動能量消耗約 146 大卡。

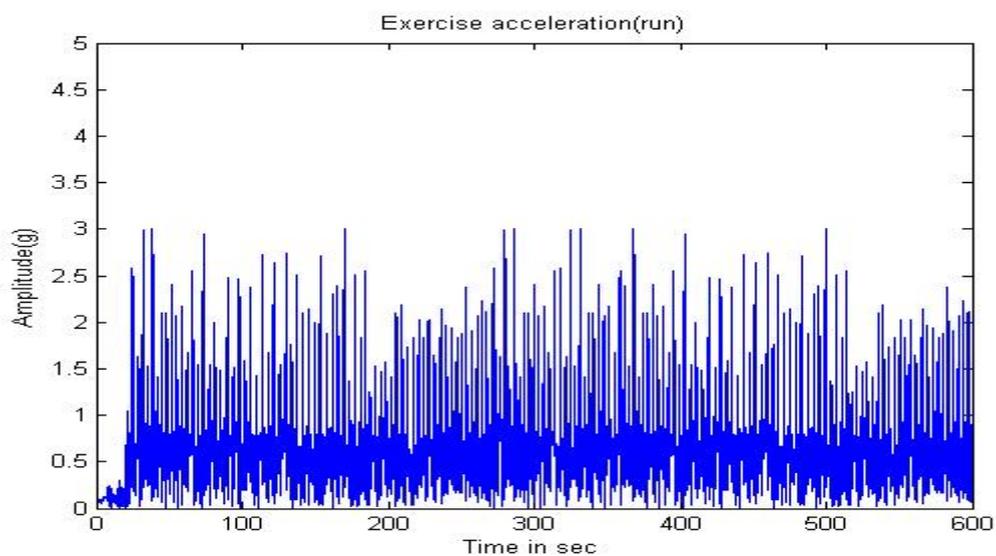


圖4 跑步運動的強度波形



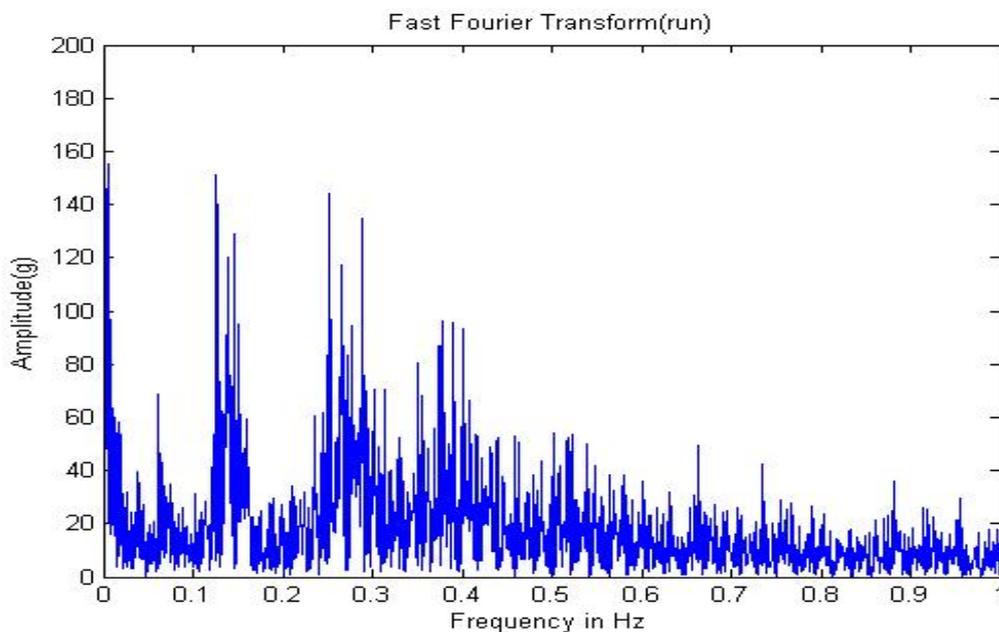


圖5 跑步運動的頻譜

最後由量測心跳的紅外線感測器來得到心跳數的波形資料如圖 6 所示，平時一分鐘的心跳數約 70 次，跑步時一分鐘心跳數會上升到 130 下，

當一分鐘心跳數高於 150 下時要提醒運動員放慢速度，讓心跳數下降。

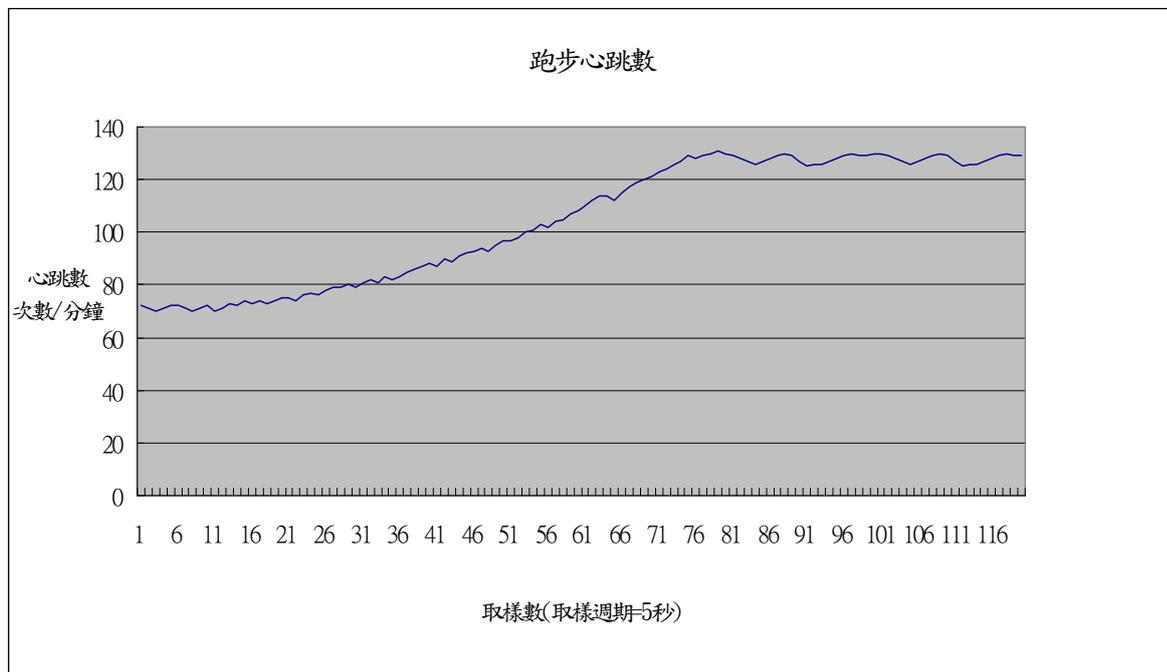


圖6 跑步運動的每分鐘心跳數的資料



室內健身房運動生理資訊系統對產業界方面可達成研發完整的可攜式生理量測系統的硬體設備，再配合運動休閒系提供實驗環境和樣本，來完成專業之運動生理訊號紀錄與分析之電腦軟體，預估其未來產值及重要性將持續大幅地提昇。並且運動健身房能提供更好的運動生理資訊，即能提供會員更多的服務。

### 參考文獻

1. 徐藍翊，『健身俱樂部目標行銷之研究—以金牌健身俱樂部為例』，銘傳大學觀光研究所碩士論文，2005。
2. 宋曉婷，『台北是健身俱樂部會員轉換之研究』，朝陽科技大學休閒事業管理研究所碩士論文，2002。
3. 蘇睦敦，『婦女運動休閒參與者感受利益與滿意度之研究—以高雄地區為例』，國立體育學院體育研究所碩士論文，2002。
4. T. Pylvänäinen, "Accelerometer Based Gesture Recognition Using Continuous HMMs," Lecture Notes in Computer Science (IbPRIA 2005 Proceedings), Estoril, Portugal, 2005, pp.639-645.
5. Campbell KL, Crocker PR, McKenzie DC., "Field evaluation of energy expenditure in women using Tritrac accelerometers," *Med Sci Sports Exerc*, 2002, Vol. 34, pp.1667-1674.
6. Masurier GC, Tudor-Locke C. "Comparison of pedometer and accelerometer accuracy under controlled conditions," *Med Sci Sports Exerc*, 2003, Vol. 35, pp.867-871.
7. Chin Leong Lim, Chris Byrne, Jason KW Lee, "Human Thermoregulation and Measurement of Body Temperature in Exercise and Clinical Settings," *Ann Acad Med Singapore*, 2008, Vol. 37, pp.347-353.
8. Hancock, P.A., "Body temperature regulation during racquet sport competitions," *Conference Proceedings of the International Symposium on the Effective Teaching of Racquet Sports*, 1981.
9. A. Bar-Or, J. Healey, L. Kontothanassis, J.M. Van Thong, "BioStream: A System Architecture for Real-Time Processing of Physiological Signals," In *Proc. Eng.in Med. and Bio. Society (EMBS)*, 2004 pp. 3101-3104.
10. A. Krause, D.P. Siewiorek, et. al., "Unsupervised, dynamic identification of physiological and activity context in wearable computing," In *Proc. 7th Int'l Symp. on Wearable Computers, (ISWC)*, 2003, pp. 88 – 97.

