

即時 HRV 分析系統發展及其應用於生物回饋系統

研究生：黃進忠

指導教授：羅佩禎教授

國立交通大學電機與控制工程學系

摘要

目前臨床上許多研究發現失眠、焦慮或輕度憂鬱症等疾病都與心率變異有著密切的相關性，所以爲了研究生物回饋是否能夠調節心率變異，進而舒緩現代人因爲壓力而產生的許多身心問題，我們需要一具有生物回饋功能的即時心率偵測系統，所以本論文主要目的爲設計並製作一即時心率偵測和生物回饋之系統，進而探討聲音和影像生物回饋訊號對心率變異的影響。本系統是以MATLAB爲架構基礎，並利用它所提供的Simulink 及Real-Time Workshop 等開發工具設計出一個完整的即時心率偵測和生物回饋系統，其中在生物回饋系統部分是以高低頻功率比作爲生物回饋的指標。最後我們從實驗結果發現到透過生物回饋確實可以影響人體自律神經系統的平衡，並發現透過影像生物回饋的方式會比聲音生物回饋的方式更容易去調控心率變異特性。

Development of Real-time HRV Analyzer and its Application to the Biofeedback System

Student:Ching-Chung Huang

Advisor:Dr. Pei-Chen Lo

Department of Electrical and Control Engineering

National Chiao-Tung University

Abstract



Clinical reports have shown that problems like insomnia, anxiety, or melancholia mostly relate to the factor of heart rate variation (HRV). In order to reduce stress of the modern life, this study was aimed to investigate the effectiveness of regulating HRV by biological feedback. Accordingly, a real-time HRV analyzer were developed to support the biological feedback function. In addition, we evaluated the efficacy of using different feedback signals (sound and image) on the HRV regulation.

The system (called “HRV-based biofeedback system”) was developed under the Matlab environment, with the tools of Simulink and Real-Time Workshop (RTW). The ratio of high- to low-frequency power was used as the biofeedback signal. Our results demonstrate that appropriate biofeedback mechanism indeed improves the autonomous nerve response. Moreover, image cue (visual stimulus) provides more efficient way of regulating the HRV behavior.

誌謝

首先我要由衷感謝羅佩禎老師對我的指導與教誨，讓我對學問研究的方法有了更深一層的認識，並且讓我了解到除了唸書之外，品格的發展更是重要；同時，也要感謝口試委員林進燈老師、陳伯寧老師與陳右穎老師給予我許多寶貴的建言和指正，使我能順利畢業。

在研究所期間，承蒙誼詠、適達和權毅等學長姐們的指導與幫助，並分享很多個人經驗，對本人非常受用。特別要感謝憲政學長，他總是在我有疑惑時給予我最正確的指導，總是適時地協助我找出解決問題的方法。

最後，謹將此碩士學位及論文獻給我最摯愛的雙親黃水河先生及許秋竹女士，感謝您們給予我不虞匱乏的生活，使我可以順利完成學業。最後，再次感謝所有關心我的人，願您們與我分享這份喜悅。



目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
圖目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究背景.....	2
1.3 章節安排.....	5
第二章 研究原理.....	7
2.1 心電圖原理.....	7
2.2 自律神經系統.....	11
2.3 心率變異分析.....	13
2.3.1 心率變異的分析方法.....	13
2.3.2 心率變異的頻譜特性.....	14
2.3.3 心率變異的非線性分析.....	16
2.4 生物回饋簡介.....	19
第三章 系統設計.....	21
3.1 系統架構.....	21
3.2 硬體.....	22
3.3 軟體.....	23
3.3.1 心電圖 QRS 波偵測.....	23
3.3.2 Matlab/Simulink 即時訊號處理程式設計.....	27
3.4 即時顯示介面設計.....	34
3.5 MIT/BIH 不整脈資料庫驗證.....	38
第四章 探討生物回饋對心率變異之影響.....	40

4.1 實驗流程和實驗設計	40
4.2 實驗結果	43
第五章 結論與未來方向	53
5.1 結論	53
5.2 未來方向	54
參考文獻	56
附錄一	62
附錄二	65
附錄三	66



圖目錄

圖 2-1 心臟之傳導系統(摘錄自《甘龍醫用生理學下冊》第28章572頁).....	8
圖 2-2 標準的心電圖波形.....	11
圖 2-3 (a)心率變異之三個主要的頻峰圖 (b)副交感神經抑制使中高頻衰減 ，合併抑制交感與副交感神經使心率變動消失	16
圖 2-4 Poincare plots.....	18
圖 2-5 可應用於生物回饋之人體生理參數.....	20
圖 3-1 即時心率偵測和生物回饋顯示系統架構	22
圖 3-2 心電圖波形	24
圖 3-3 單極肢體導程	24
圖 3-4 心電圖特徵化處理流程圖.....	25
圖 3-5 (a)原始心電圖訊號(b)低通濾波後訊號(c)高通濾波後訊號(d)微分後訊號 (e)平方處理後訊號	26
圖 3-6 Simulink程式設計流程圖	27
圖 3-7 離線分析人機介面.....	29
圖 3-8 R波遭緩衝器切割示意圖.....	30
圖 3-9 (a)實際R波出現位置(b)即時心率分析系統原始RR interval輸出時間點示 意圖	32
圖 3-10 視窗內插法	33
圖 3-11 (a)實際RR interval出現位置(b)即時心率分析系統在輸出時間點上視窗 內差後之RR interval	33
圖 3-12 即時心率偵測和生物回饋顯示系統顯示介面架構	35
圖 3-13 即時功率頻譜圖顯示	36
圖 3-14 即時Poincare plots顯示.....	36

圖 3-15 Simulink顯示介面	37
圖 3-16 遠端電腦顯示畫面	38
圖 4-1 實驗流程圖	41
圖 4-2 實驗用踏車外觀	42
圖 4-3 影像生物回饋顯示畫面	42
圖 4-4 (a)頻譜分析流程圖(b)心電圖視窗移動示意圖	43
圖 4-5 (a)至(c) 運動後subject1 - 3 LF/HF曲線.....	45
圖 4-5 (d)至(f) 運動後subject4 - 6 LF/HF曲線.....	46
圖 4-6 (a)至(c) 運動後subject1 - 3 LF/HF改變率曲線.....	48
圖 4-6 (d)至(f) 運動後subject4 - 6 LF/HF改變率曲線	49
圖 4-7 (a)至(c) 運動後subject1 - 3 LF/HF改變率曲線的標準差.....	51
圖 4-7 (d)至(f) 運動後subject4 - 6 LF/HF改變率曲線的標準差	52



表目錄

表 2-1 心率變異分析各頻域參數之頻帶範圍.....	15
表 3-1 DAQCard-6024E之各項規格參數.....	23
表 3-2 MIT/BIH不整脈資料庫驗證結果.....	39
表 4-1 生物回饋系統的顯示和控制方法.....	42
表 4-2 運動後休息時LF/HF改變率曲線的標準差.....	50

