

基於虛擬實境之沉浸式拳擊節奏運動訓練系統

An Immersive Boxing Rhythm Training System Based on Virtual Reality

作者姓名 學生:陳可盈、鄭淳云、羅楷翔、潘可云

指導老師:張勤振 教授

國立聯合大學 資訊工程學系

苗栗市南勢里聯大2號

ccchang@nuu.edu.tw

摘要

本專題主要以 Unity3D 為開發工具,結合 HTC Vive 實現基於虛擬實境之沉浸式拳擊節奏運動訓練系統。系統旨在改善傳統居家運動缺乏沉浸感與互動回饋等問題,提供不受實體空間侷限的運動訓練環境。使用者可透過 VR 穿戴式裝置進入動態虛擬場景,進行結合音樂節拍之拳擊互動訓練。系統具備空間打擊判定、即時回饋介面、個人訓練紀錄、反應小遊戲,並提供練習、初階、進階與自定義訓練模式,且於訓練結束後透過虛擬教練機制,針對使用者的動作表現提供即時回饋與修正建議。期望透過數據追蹤與互動式訓練設計,提升使用者運動參與度與訓練成效。

關鍵詞: Unity3D、VR、拳擊節奏、居家運動、虛擬教練

Abstract

This project primarily utilizes Unity3D as the core development environment, integrated with the HTC Vive, to implement a virtual reality-based immersive boxing rhythm sports training system. The system is engineered to address the limitations of traditional home fitness—specifically the lack of immersion and interactive feedback—by delivering a training environment unconstrained by physical spatial boundaries. Utilizing VR head-mounted displays, users are immersed in dynamic virtual scenes to engage in

interactive boxing mechanics synchronized with rhythmic audio cues. The system architecture incorporates spatial hit detection algorithms, a real-time feedback interface, personal training records, and reflex-based mini-games. Furthermore, it supports practice, beginner, advanced, and user-customized training modes. Upon the conclusion of a session, a virtual coach mechanism evaluates the user's movement performance to provide immediate feedback and corrective suggestions. Through quantitative data tracking and interactive training paradigms, this project aims to significantly enhance user engagement and overall training efficacy.

Keywords: Unity3D, Virtual Reality, Boxing Rhythm, Home Fitness, Virtual Coach

一、研究動機

為針對居家運動難以長期維持的問題,我們認為關鍵因素在於「環境干擾」與「缺乏沉浸感」,若缺乏合適的環境背景與引導,使用者容易受到周遭影響,降低投入運動的專注度與持續意願。

基於上述原因,選擇以虛擬實境(VR)作為主要技術,利用「沉浸式」與「視覺阻隔」的特性,讓使用者戴上頭盔後就能從現實的居家環境中抽離,進入系統建置的模擬動態場景,使用者可更專注於運動動作與節奏,提升整體運動品質。

系統將以拳擊搭配節奏鮮明的音樂作為核心，並融入遊戲化與互動元素，建立兼具運動效果及娛樂性的 VR 拳擊節奏運動訓練系統。

二、專題內容與方法

(一) 專題架構

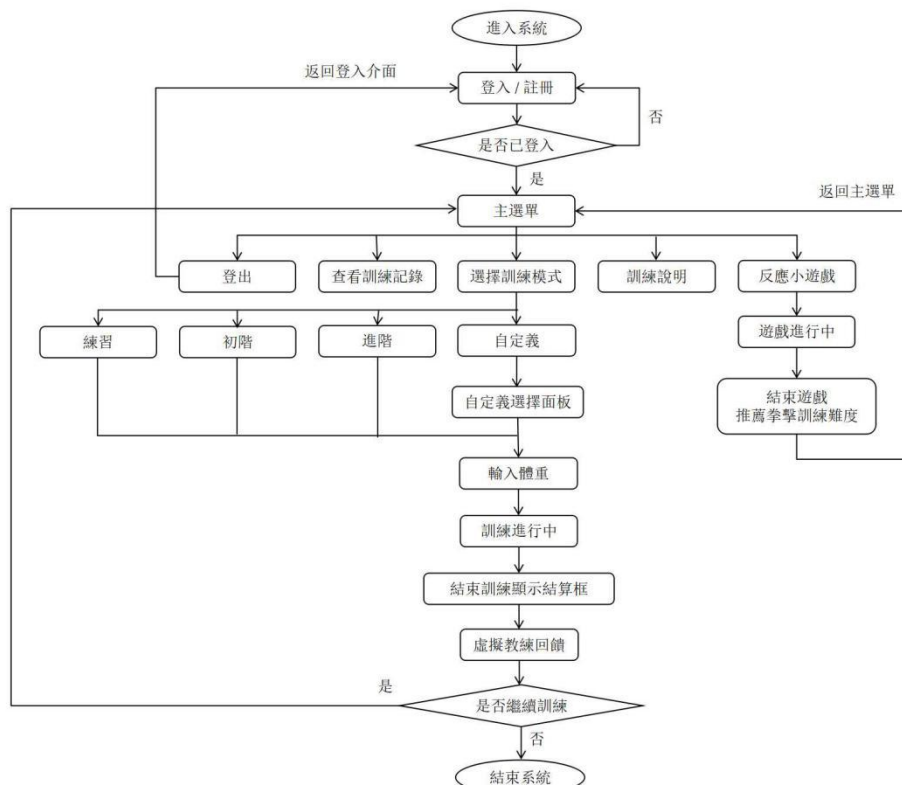
開啟應用程式後，會先進入登入/註冊畫面，登入後進入主選單畫面，主選單提供選擇訓練模式、訓練說明、訓練紀錄、反應小遊戲與登出之功能。使用者需先完成登入或註冊，才能正式進入系統主選單使用其他功能，使每位使用者的訓練結果皆能分開保存與管理。

使用者在進入正式拳擊訓練前，可進入反應小遊戲作為練習及娛樂，場景中會隨機出現目標物，使用者需快速瞄準並命中目標，以練習反應速度與注意力，結束後系統會依照命中表現推薦使用者適合的拳擊訓練模式，讓使用者更了解自身狀態，因而選擇後續訓練模式。

正式進入拳擊訓練後，系統會提供不同的拳擊訓練模式，包含練習、初階、進階與自定義。

使用者可以依照自身能力選擇適合的模式，系統會根據所選模式載入對應的音樂、動作提示與訓練節奏。進入訓練場景後，使用者透過 VR 頭戴式顯示器觀看虛擬訓練環境，並使用左右手控制器進行揮拳動作。系統會偵測控制器的移動速度、方向與打擊時機，判斷使用者是否成功完成動作，並即時更新分數、連擊數與命中結果。

訓練結束後，系統會顯示結算畫面，包含分數、最大連擊數、Perfect、Great、Miss 數、卡路里等訓練資訊，顯示結束後會跳轉至虛擬教練場景，提供使用者本次訓練的建議以及進步方式，之後使用者可以選擇返回主選單，以重新訓練或查看健身紀錄。健身紀錄會保存每次訓練的日期、模式與成績，使使用者能夠回顧過去的訓練表現，達到反覆練習與自我進步的目的。



圖一、系統架構圖

(二) 開發環境介紹

2.1 Unity

本系統使用 Unity 2022.3.62f2 [1] 版本做為開發整合平台，此開發平台含有許多套件，能夠實現高品質的虛擬現實體驗。並有提供免費版本給個人開發者。

2.2 Visual Studio Code

程式撰寫使用 Visual Studio Code 作為開發工具，並以 C# 作為主要程式語言來進行編碼。

2.3 HTC Vive

HTC Vive 設備 [2] 讓使用者戴上頭戴式顯示器後能體驗在虛擬環境中四處觀看與活動，並使用運動跟蹤的手持控制器來操控選單以及進行運動訓練。

2.4 Steam VR

SteamVR 為一個 VR 執行平台，SteamVR 支援 HTC Vive 以及 Windows Mixed Reality 頭戴顯示器等硬體，也提供使用者能自行更改手把的輸入配置。Steam VR 使頭戴式顯示器與控制器能被 Unity 正確辨識，並讓使用者可以在實體 VR 環境中進行訓練測試。

三、系統特色

本系統有別於傳統平面按鍵節奏遊戲，結合 VR 空間互動特性與健身運動需求，提供高度沉浸式的體感體驗，具備以下幾項主要特色：

(一) 多樣化的訓練模式

整體架構除了標準的初階、進階兩種難度分級，以及練習模式外，更支援使用者自定義選擇訓練時間、節奏與訓練動作。並加入反應小遊戲，使運動過程兼具挑戰性與遊戲性。

(二) 訓練中的 3D 視覺

系統於訓練過程中會即時顯示時間、分數、連擊數及判定資訊，協助使用者即時掌握訓練狀態。

訓練場景採用滾動式虛擬隧道設計，以提升整體沉浸感。場景中的沙包與障礙物皆採用 3D 視覺設計，並搭配擊碎特效提升互動體驗。訓練結束後，系統會顯示各項判定比例與最終評定等級，方便使用者檢視訓練成果。

(三) 精準空間打擊判定機制

為確保實質的運動成效，系統導入精準空間打擊判定機制，設置了合理的打擊時間寬容、位移方向與瞬間速度之比對，嚴格要求使用者的肢體運動軌跡須符合該節拍指令，且達到一定的爆發力門檻才可判定為成功，並將打擊狀況結合相對應的節奏判定評分 [3]。

(四) 卡路里消耗計算機制

系統於訓練前會先請使用者輸入當下體重，並依據訓練模式對應之 MET 值、運動時間計算基礎熱量消耗，並結合最終評定等級進行努力度校正 [4]，避免僅透過隨意揮動而產生過高熱量數值，使計算結果更貼近實際運動表現。

(五) 虛擬教練回饋機制

訓練結束後，系統將透過虛擬教練分析使用者的動作表現，提供即時回饋與訓練修正建議，協助使用者改善訓練動作，進一步提升自主運動之效率與持續性。

(六) 數據化的個人訓練紀錄

系統具有使用者管理機制及數據化的個人健身紀錄功能，每次結束訓練後，系統會自動收集當次的體重、訓練模式、最終評分等級、消耗卡路里、最佳動作等訓練資訊，並轉換成視覺化的滑動列表展示 [5]，幫助使用者追蹤長期訓練成效。

四、專題實作部分

(一) 選單介面

開啟應用程式後，進入歡迎畫面（圖二），點擊註冊並輸入電話和密碼註冊成功後，即可登入並進入主選單（圖三）



圖二、歡迎畫面

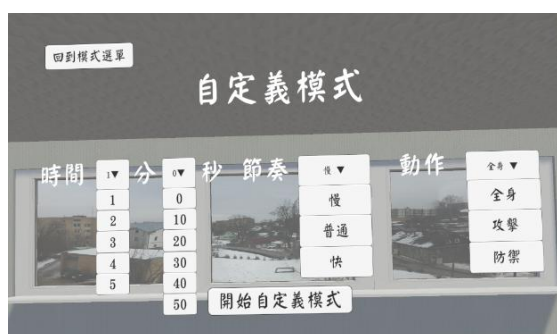


圖三、主選單

點擊選擇訓練模式，會進入模式選單（圖四）。點擊練習、初階及進階時，會直接進入訓練場景，並進行該模式的訓練。點擊自定義，會進入自定義選單（圖五），自由選擇時間、節奏、動作後，會進入訓練場景，並進行該次選擇的訓練。

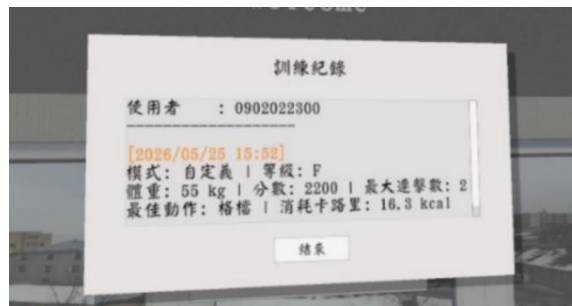


圖四、模式選單



圖五、自定義選單

點擊訓練紀錄，可觀看先前每次訓練的詳細數據（圖六）。點擊訓練說明，會進入訓練說明圖片（圖七）。點擊反應小遊戲，會進入遊戲場景（圖八），倒數後開始遊玩。



圖六、訓練記錄畫面



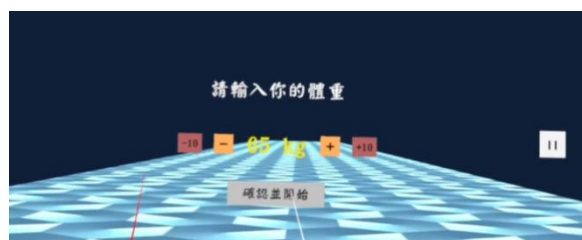
圖七、訓練說明圖片



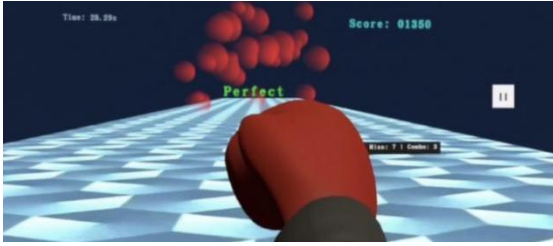
圖八、反應小遊戲畫面

(二) 訓練場景

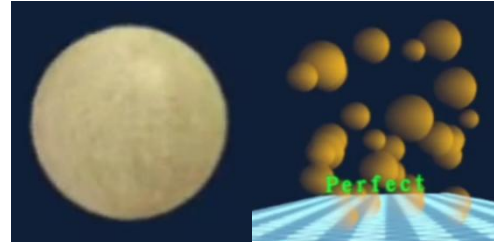
在正式開始訓練前，會先請使用者輸入當前的體重（圖九），輸入並確認後，會倒數並開始正式訓練（圖十）。



圖九、輸入體重畫面



圖十、訓練場景



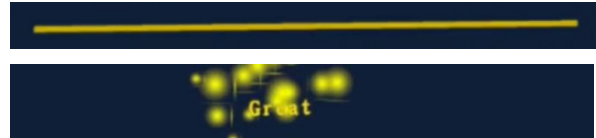
圖十二、左手側勾拳

(三) 訓練動作

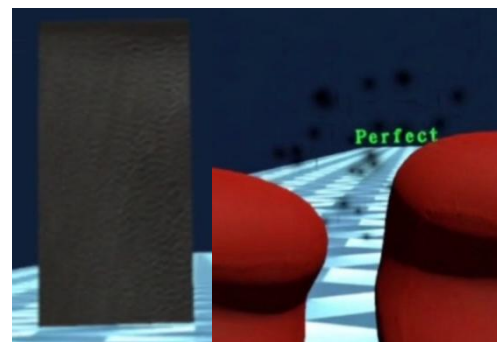
訓練中有四種動作〔6〕，分別為右手直拳（圖十一）、左手側勾拳（圖十二）、蹲下閃避（圖十三）、格擋（圖十四）每個動作有對應的沙包或障礙物呈現，並且有特定的擊中或防守成功判定流程（圖十五），成功後會有對應的破碎特效。



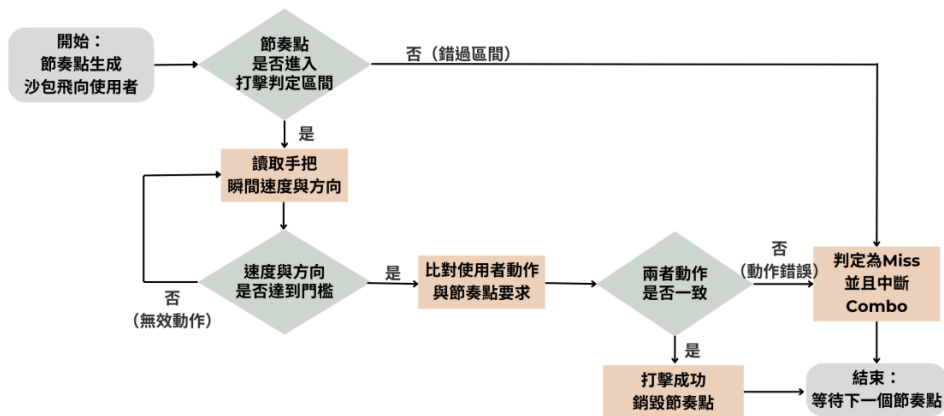
圖十一、右手直拳



圖十三、蹲下閃避



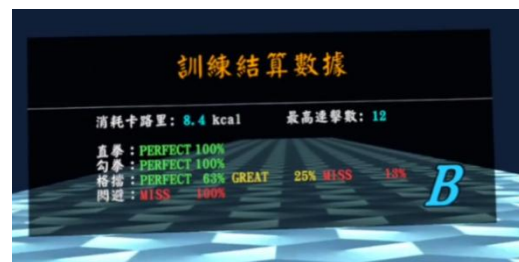
圖十四、格擋



圖十五、動作判定流程圖

(四) 訓練結束

訓練結束後，會顯示結算框（圖十六），使用者可以觀看本次訓練數據，會由上而下排序表現完美度最高的動作，並由左至右呈現該動作百分比最高的判定數據，使用不同顏色呈現，讓使用者能夠快速閱讀。



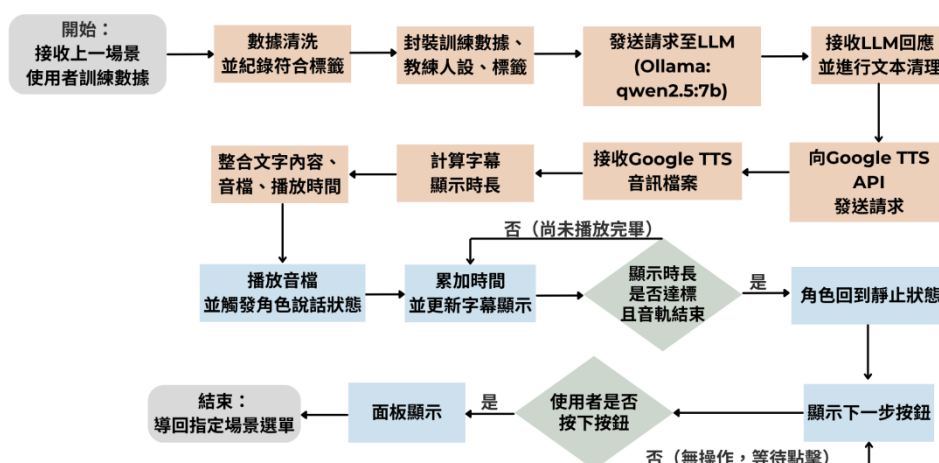
圖十六、結算框畫面

(五) 虛擬教練場景

使用者看完結算數據後，會進入虛擬教練場景（圖十七），有對應流程生成回饋（圖十八），回饋生成後會播放語音，同時有字幕逐字呈現，結束後點擊下一步按鈕後，可以選擇是否繼續訓練，結束一次完整的訓練。



圖十七、虛擬教練場景



圖十八、虛擬教練回饋生成流程圖

五、結論

(一) 研究成果與意義

本系統利用 VR 設備與技術，創造結合節奏與拳擊運動的沉浸式虛擬訓練平台。系統功能涵蓋了反應小遊戲、多樣化的訓練模式，包含練習、初階、進階與自定義，並能偵測使用者揮拳的方向與打擊時機以及虛擬教練建議。這些特性增強了使用者在室內運動的動機與安心感，還能藉由保存訓練紀錄協助使用者自我進步。不過，礙於當前科技設備的局限，系統在還原真實擊打的體感互動仍有進一步優化的空間。

(二) 未來的發展方向

未來將致力於擴展訓練模式與音樂庫的多樣性，並提高與虛擬教練的互動性，以及在不同使用者體能狀態下的自適應難度變化。此外，我們也期望未來能加入多人連線競賽的機制。伴隨虛擬實境相關軟硬體設備的日新月異，相信在不久的將來，

VR 運動系統能為使用者帶來更完美、逼真的健身訓練體驗。

六、參考文獻

[1] Unity

<https://unity.com/>

[2] Vive 官方網站

<https://www.vive.com/tw/product/>

[3] 分數判定資料

<https://forum.gamer.com.tw/C.php?bsn=32195&snA=144>

[4] 衛生福利部健康署-運動消耗卡路里

<https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=571&pid=9738>

[5] Unity 腳本教學-高分紀錄

https://blog.csdn.net/Half_Awake/article/details/100990902

[6] 拳擊招式教學影片

https://youtu.be/9Cz-hlt2TfY?si=1vfAL4V4n_k8E0m2