

國立政治大學資訊科學系

Department of Computer Science

National Chengchi University

碩士論文

Master's Thesis

3D 互動敘事中以穿戴式裝置與虛擬角色互動之機制

設計

Using Wearable Devices to Interact with Virtual
Agents in 3D Interactive Storytelling

研究生：王玟璇

指導教授：李蔡彥

中華民國一百零八年八月

August 2019

3D 互動敘事中以穿戴式裝置與虛擬角色互動之機制
設計

Using Wearable Devices to Interact with Virtual
Agents in 3D Interactive Storytelling

研 究 生：王玟璇

Student: Wen-Hsuan Wang

指 導 教 授：李 蔡 彥

Advisor: Tsai-Yen Li



submitted to Department of Computer Science
National Chengchi University

in partial fulfillment of the Requirements

for the degree of

Master

in

Computer Science

中華民國一百零八年八月

August 2019

摘要

近年來，越來越多的產業加入虛擬實境技術的開發與應用，例如職場訓練模擬或遊戲娛樂等，但大多數的應用，通常是利用手把按鍵或給定的動作選項與環境中的物件及 NPC 互動，故事體驗者選擇動作後，NPC 給予的回應多只是制式的罐頭動畫或者是單純的語音文字輸出。

我們認為此般互動並不能讓故事體驗者真正融入虛擬世界當中，因此，我們提議能夠利用穿戴式動作捕捉設備，讓玩家能以自然的動作當作輸入，並將虛擬人物的動畫模組透過參數化的方式，讓動畫模組能透過參數的變化而有更多元的呈現輸出，並讓相同的人物與場景，會因為與故事體驗者進行不同的互動而呈現出不同的劇情發展及動畫回饋。

我們實現了一套系統，讓故事體驗者利用穿戴式裝置輸入肢體動作，系統解析動作後，決定玩家角色的動畫呈現，以及判斷是否有觸發 NPC 的互動事件，根據互動過程的不同導向不同的結局。實驗利用穿戴式裝置與 VIVE 控制器兩種不同輸入媒介來做比較，受試者完成體驗後填寫問卷以及接受訪談，最後分析實驗結果，驗證了我們設計的互動方式是直覺且順暢的，並且受試者會想要嘗試不同的故事路徑，證明了我們的系統有重玩的價值。

Abstract

In recent year, more and more industries and companies are devoted to the development of Virtual Reality in applications such as work training and entertainment. However, most of them use traditional user interfaces such as buttons or predefined action sequences to interact with virtual agents. When a player has chosen her movement, the responses from NPC's are usually fixed animations, voice, or text outputs.

We think this kind of interaction could not allow players to immerse into a virtual world easily. Instead, we suggest using wearable devices to capture the player's gesture and use her natural movements as inputs. In addition, we attempt to make the animation module of virtual character parameterizable in order to deliver appropriate, flexible, and diversified responses. We hope that the player can experience different story plots and perceive responsive animation feedbacks when they interact with the virtual world.

We have implemented an interactive storytelling system which captures and interprets user's body actions through wearable devices. The system can decide how to perform player character's animation accordingly. The storyline will be adjusted if any NPC interactions are activated, thus leading to different story experiences. We have conducted a user study to evaluate our system by using traditional controller and wearable device for comparison. The participants evaluated the system by filling questionnaires and were interviewed after the experiment. The experimental results reveal that the interaction methods we have designed are intuitive and easy to use for the users, compared to the controller. In addition, the users are willing to try to play with the system multiple times, which confirm the replay value of our interactive storytelling system.

誌謝辭

在這些年的資工與資科系生涯當中，第一次自己完成這麼大的專案，從當初偶然在大學的電腦圖學與 3D 遊戲設計課程時對電腦動畫與互動領域產生興趣，到後來研究所進入了 IMLab 並參加了多次計算機圖學研討會，以及修習了研究所中許多相關的課程，對互動敘事領域有了更多的了解，跟指導老師討論過後訂定了最後論文的方向，花費了許多心力研究過後終於成功通過了口試。

在碩士生涯裡，首先要感謝指導教授李蔡彥老師不離不棄的指導，常常在系統開發上遇到問題時，多虧老師的一番指點才能夠破解卡關的地方並繼續往下發展。因為我個人的理解能力並沒有那麼好，常常同樣的問題問了一遍又一遍，老師還是會細心的一次次解說直到我真正明白為止，非常感謝老師熱心的指導，我才能成功的將論文及系統完成。還有很感謝系辦的助教們，當我拿行政事務上的問題去詢問時，或是報帳被退件退了好幾次時，都很熱心的指導我該怎麼處理。

還有也很感謝實驗室的學長姊們，一開始找指導教授時，詳細解答我的問題的學姐們；SuSu 學姊的論文與計畫上的成果，引導了我論文题目的方向，且在實驗室總務的工作上教了我很多訣竅；毅聖學長在修習碩士班課程以及實驗室事務上給了很多的幫助以及建議；還有也很感謝同屆的同學莞茜，上課時有許多同組共同撰寫專案的機會，大家互相分工合作才成功的通關許多不熟悉的課程；最後是學弟妹及實驗室的專題生們，莞瑜身為總務幫忙解決了很多報帳的問題，在口試時幫助我招待了教授們，真的非常謝謝大家！

最後要感謝我的家人，在我學習的過程中給予我許多建議，以及在我感到疲累不知如何行動時給予我關懷以及包容。少了任何一個人的幫忙，我就沒辦法成功完成論文，非常感謝大家的支持與鼓勵，謝謝大家！

玟璇 2019/8/28

目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
致謝辭.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vii
表目錄.....	x
第 1 章 導論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目標.....	2
1.3 論文貢獻.....	4
1.4 本論文之章節架構.....	5
第 2 章 相關研究.....	6
2.1 自然的體感輸入.....	6
2.2 豐富且擬真的動畫呈現.....	7
2.3 動畫腳本語言.....	9
2.4 互動敘事(Interactive storytelling).....	10
2.5 沉浸感(Immersion).....	11
2.6 小結.....	12
第 3 章 身體動作語言解析.....	13
第 4 章 系統架構.....	18
4.1 系統使用之載具.....	18
4.1.1 畫面呈現載具之介紹.....	18
4.1.2 互動載具的介紹.....	19
4.1.3 兩種載具合用時之調整.....	20

4.2 系統架構.....	20
4.3 動作解析模組.....	22
4.3.1 直接偵測輸入模式.....	22
4.3.2 指令輸入模式.....	24
4.3.3 強制播放模式.....	26
4.3.4 互動腳本.....	26
4.4 故事管理模組.....	29
4.5 動畫管理模組.....	30
4.5.1 動畫模組參數化.....	30
4.5.2 動作排程.....	31
4.5.3 互動式動畫.....	33
4.6 提示系統.....	39
4.7 配合 VIVE 眼鏡之字幕設計.....	40
第 5 章 實驗設計與結果分析.....	41
5.1 實驗目標與對象.....	41
5.2 實驗流程與範例故事.....	42
5.2.1 實驗流程.....	42
5.2.2 VIVE 手把操作按鍵.....	43
5.2.3 範例故事.....	43
5.2.4 問卷設計.....	53
5.2.5 受試者記錄.....	53
5.3 實驗結果與分析.....	53
5.3.1 問卷分析.....	54
5.3.2 受試者記錄分析.....	61
第 6 章 結論與未來發展.....	63
6.1 研究結論.....	63

6.2 未來目標.....	63
參考文獻.....	65
附錄 1 實驗的故事劇本.....	67
附錄 2 實驗的互動腳本.....	68
附錄 3 實驗同意書.....	69
附錄 4 實驗流程說明.....	70
附錄 5 問卷調查.....	71



圖目錄

圖 1 辨識跑步動作之流程圖(截自[1]).....	7
圖 2 身體部位權重分配圖(截自[5]).....	8
圖 3 動畫演示範例圖(截自[7]).....	9
圖 4 角色動畫設定 XML 範例(截自[9]).....	10
圖 5 人體骨架圖 (截自 UNITY).....	13
圖 6 人體左手骨架圖 (截自 UNITY).....	14
圖 7 HTC VIVE PRO 及無線模組 (截自官網).....	19
圖 8 PERCEPTION NEURON(截自官網).....	20
圖 9 系統架構圖.....	21
圖 10 上圖為右手碰到物件前，下圖為碰到時，物件周圍會散發紅光.....	24
圖 11 互動 XML 腳本範例.....	27
圖 12 故事 XML 劇本範例.....	29
圖 13 拆分身體部位來播放不同動畫之範例.....	31
圖 14 動作排程範例示意圖.....	32
圖 15 動作排程範例示意圖二.....	33
圖 16 NPC 面對玩家方向.....	33
圖 17 SHOOT 範例-玩家與 NPC 距離近，NPC 開槍射擊.....	34

圖 18 SHOOT 範例-玩家與 NPC 距離中，NPC 追逐玩家	35
圖 19 SHOOT 範例-玩家與 NPC 距離遠，NPC 左右查看，停止 SHOOT.....	35
圖 20 SHOOT 範例-NPC 停止 SHOOT 後，繼續原本的動作，走向酒吧.....	36
圖 21 IK 範例.....	38
圖 22 提示系統 – 換衣服提示.....	39
圖 23 字幕範例.....	40
圖 24 實驗流程圖.....	43
圖 25 故事簡化分支圖.....	45
圖 26 範例故事-輔助系統說嫌疑犯在酒吧當中.....	46
圖 27 範例故事-輔助系統建議主角換衣服.....	46
圖 28 範例故事-主角走進服飾店碰觸服飾模特兒.....	47
圖 29 範例故事-主角自身的模樣換成該模特兒的模樣.....	47
圖 30 範例故事-主角進入酒吧.....	48
圖 31 範例故事-嫌疑犯與酒保正在說話.....	48
圖 32 範例故事-嫌疑犯向主角伸出酒杯.....	49
圖 33 範例故事-主角伸出手抓住酒杯.....	49
圖 34 範例故事-嫌疑犯曝光自己的罪犯身分.....	50
圖 35 範例故事-主角抓住罪犯的手.....	50
圖 36 範例故事-主角將罪犯帶到街道上的警車旁.....	51

圖 37 範例故事-主角與罪犯一起上車.....	51
圖 38 範例故事-GOOD END，罪犯被關到監牢內.....	52
圖 39 VIVE 手把操作性平均值折線圖.....	55
圖 40 穿戴式裝置操作性平均值折線圖.....	56
圖 41 VIVE 手把沉浸感平均值折線圖.....	59
圖 42 穿戴式裝置沉浸感平均值折線圖.....	60



表目錄

表一、故事體驗者在虛擬環境中之直接偵測輸入.....	23
表二、故事體驗者在虛擬環境中之指令輸入.....	24
表三、互動腳本內可利用之參數.....	28
表四、可抓取之目標 TAG	29
表五、動作指令清單.....	36
表六、受試者基本資料.....	42
表七、故事結局分支表.....	52
表八、操作性調查.....	54
表九、故事性與系統功能調查.....	57
表十、沉浸感調查.....	58
表十一、受試者受測時間與到達結局的次數.....	61

第 1 章 導論

1.1 研究動機

傳統的敘事，如故事書、電視影集等，依靠作者、編劇、演員們各專業領域從事者共同的努力，編撰精彩的故事，讓觀眾在觀賞過程中感受著角色們的喜怒哀樂，彷彿自身也處在劇情當中。近年來，隨著科技的大幅成長及個人電腦的普及，觀眾不再只是旁觀者，而是能有機會成為故事中的角色，與編劇者或演員互動，此類互動敘事的應用也逐漸受到重視，讓體驗者能透過不同的行動或選擇來影響故事劇情的發展及結局。例如，利用鍵盤或遊戲把手按鈕控制角色的行動，擊敗敵人的動作遊戲；利用滑鼠選擇不同選項分支，而有不同結局的角色扮演遊戲等。而如今，藉著 Leap Motion、Kinect 等體感偵測裝置的問世，故事體驗者能夠透過更加直覺的動作與虛擬環境中的物件及角色互動，再加上 VR 眼鏡在視覺上的立體呈現，讓故事體驗者彷彿真的像是虛擬世界中的一份子，在虛擬環境中活動。

雖然近年來各方面的技術及設備都有著顯著的進步，但目前在虛擬人物動畫產生的部分，大多數還是依靠透過動作捕捉裝置預先錄製好的動畫，當故事體驗者達成某些條件時，依照程式的邏輯判斷該播放哪一個動畫。這樣的動畫回饋無法因故事體驗者的動作速度、肢體幅度等變數而有不同的呈現，讓使用者在重複體驗時感覺在做重複的事情，因而降低了故事體驗者的重玩（Replay）意願。

另一方面，體感偵測輸入的裝置，目前有許多產品都已經十分成熟，能夠忠實的將故事體驗者的身體姿態反應到虛擬世界的角色身上，但是要如何透過故事體驗者的動作了解他的意圖，來讓虛擬人物做出適當的回應，還有許多的研究空間。另外，虛擬世界中的環境及物品跟現實環境中的可能並不相同，因此在故事體驗者想要做出需要特定物品才能達成的動作時，往往無法完成想要表現的動作。例如想要讓虛擬角色呈現出坐在椅子上的行動，但現實環境中該處並沒有椅子時，故事體驗者只能一直維持坐空氣椅的姿勢，才能在虛擬世界中表現出坐下的畫面。為了解決這類物理上之限制，我們認為需要制定一套規則，將輸入區分為直接呈現穿戴者肢體動作的「直接輸入模式」，以及透過指令讓虛擬人物脫離故事體驗者的身體控制，去演繹出某些特定動作的「指令輸入模式」。

1.2 研究目標

如前所言，我們所發展的系統希望能讓故事體驗者透過身體動作的輸入，彷彿跟與真人互動一樣去跟 NPC 互動，而虛擬世界中的虛擬角色所呈現出的動畫也必須是合理、順暢的。在 NPC 動畫回應方面，我們希望 NPC 能夠因應故事體驗者的行動而有不同的動畫回饋，讓同樣的故事大綱因為故事體驗者所作出的不同行為而有多元的故事發展。

為了得到上述成果，我們預計完成以下項目：

(一) 藉著更自然的輸入方式，賦予故事體驗者更高的自由度：

傳統透過鍵盤或滑鼠進行輸入的方式，通常只能提供固定的幾種選項讓故事體驗者做選擇，往往限制了故事體驗者體驗上的自由度；而 Leap Motion 雖然能偵測手部的動作，但偵測所及的範圍十分有限；HTC VIVE 的手把搭配紅外線偵測設備，大大增進了故事體驗者在虛擬環境中能表現的動作，可惜沒有辦法偵測到手指或關節等部位較細微的動作。

因此我們希望透過穿戴式動作捕捉系統，讓故事體驗者在體驗故事時，能夠利用最自然、如同在真實世界時與他人的肢體互動方法來進行輸入。

然而，此方法有時會因為現實世界中沒有虛擬世界中相對應的物件，而無法完全比照利用，例如故事體驗者想要表現出坐在椅子上的動畫，但現實環境沒有椅子可讓故事體驗者坐下，將導致無法合理演繹出想要的動作。為了解決這項問題，我們將輸入分為兩種模式：

1. 直接偵測輸入模式：

根據故事體驗者的動作，直接回饋到虛擬角色的動作上。例如當故事體驗者穿著穿戴式動作捕捉系統，並做出揮手的動作時，虛擬世界中跟故事體驗者相對應的虛擬角色會同步做出揮手的動畫。

2. 指令輸入模式：

透過系統設定好的身體指令，讓虛擬角色脫離故事體驗者的操控，演出體驗者所指定的動作，讓虛擬環境中的虛擬角色演出的動畫符合自然情況。舉例來說，當故事體驗者手部碰觸椅子並蹲下時，系統判斷出故事體驗者想要坐下，因此開始播放坐下的動畫，動畫完成後將虛擬角色的下半身維持在坐下的姿勢，此時不管故事體驗者的下半身如何活動，都不會影響到虛擬角色的下半身，但上半身還是會根據感測到的故事體驗者姿態而變化。直到故事體驗者蹲下後再起身，代表發出站立的指令，系統會開始播放從椅子上站起的動畫，完成後回到直接偵測輸入模式。

(二) 人物動畫參數化，讓動畫更加有彈性：

當故事體驗者的輸入方式更多元化後，如果 NPC 還是只有一貫的制式回應罐頭動畫，會造成使用者沉浸感的喪失，且如果每次故事體驗者做出相似行為時，NPC 都是給予相同的動畫回饋，會降低擬真性及重玩價值。因此我們希望將動畫模組「參數化」，增加動畫的重複利用性及可變性。當使用者的輸入變化時，

NPC 的動畫回饋會透過參數的改變來演出不同的回應效果。例如一個走路的動畫，透過參數化，希望能夠調整走路的速度、步伐的幅度、前進的方向...等等，讓 NPC 的動畫可因應他當下的感情而有不同的呈現，以增加 NPC 的擬真程度。

1.3 論文貢獻

本論文主要達成了以下貢獻：

(1) 以穿戴式裝置參與互動的 3D 互動敘事系統

我們以 Unity 遊戲引擎做為整合介面，實作了一套系統，故事體驗者透過穿戴式裝置作為輸入的媒介，系統接收輸入後，自動判斷玩家角色動畫要呈現直接偵測輸入模式或是指令輸入模式，並判斷是否有觸發 NPC 之互動事件，如有觸發事件則依據互動腳本之設定來決定 NPC 的動畫回應，根據互動的發展影響後續劇情的呈現。

(2) 動畫模組參數化

透過 NPC 動畫的參數化，我們的系統讓 NPC 回應時，能根據當下的位置與狀態客製化動畫的產生。例如，即時依據玩家角色位置的不同去調整自身的方向，讓 NPC 面對玩家角色說話；或是 NPC 被抓住時，即時依據玩家手部的移動而跟著移動，增加互動的真實感。除此之外，透過將 NPC 的動畫模組參數抽取至外部 XML 檔案的方式，可以在不變更任何系統程式的情況下，對動畫的演出做出調整。

(3) 利用實驗問卷與使用者記錄，驗證系統之可用性及故事的沉浸感

設計操作性及故事性問卷，並以各項問題的分數來評估系統的價值以及尚需改進的部分。透過使用者記錄觀察故事體驗者的行為，分析體驗者可能會想要增加哪些互動方式，做為未來改進的目標。

1.4 本論文之章節架構

在接下來的第二章中，將會介紹過去相關之研究，包含體感偵測與姿態辨識、動畫合成、腳本語言的編撰等主題。第三章是身體語言之分析與動作設計。第四章將會介紹此研究之系統架構以及系統各個模組的功能和各個模組之間的合作方法。第五章為本研究之實驗流程與範例故事，還有實驗結束後之問卷分析。第六章是結論與未來發展。最後是參考文獻的部分。



第 2 章 相關研究

在本章節中，我們首先將介紹一些與體感輸入相關之研究成果，接著是不同的動畫合成方式之研究，然後是動畫腳本語言的研究以及互動敘事的研究，最後是關於沉浸感之定義及如何用問卷檢測體驗者沉浸感之研究。

2.1 自然的體感輸入

傳統鍵盤滑鼠等選項式的輸入，在如今豐富的虛擬世界中已經無法滿足使用者的需求，而透過 Kinect、Leap Motion 等體感偵測裝置的普及以及其可開發性，有許多研究都試著利用這些裝置，研究如何以更自然的體感輸入方法影響故事的發展和動畫的呈現。

例如，Kistler [1]利用遊戲書的概念，在故事劇情中穿插能讓故事體驗者選擇之劇情分歧點，透過在螢幕上顯示出希望故事體驗者在時限內完成的動作，藉由 Kinect 偵測故事體驗者之身體動態，系統則依據故事體驗者動作成功或失敗，或是不同的動作分支，來決定接下來的劇情發展。如圖 1 為辨識跑步動作的流程圖，故事體驗者要在限定時間內，輪流抬起左右腳兩個輪迴，才算是完成跑步動作。我們參考了此研究辨識動作的方式，將動作拆分成許多條件式，依序滿足所有條件式才能成功觸發動作。

Mousas [2]透過 Kinect 裝置進行偵測，測試多種不同的動作指令，來當作虛擬角色行動的觸發。例如前後揮動手部或是腳步原地踏步來當作虛擬角色前進的

指令，並根據揮動的快慢來決定是跑步或是行走；也可以利用單手揮動前進，而此時故事體驗者的另一隻手可以做出其他的動作，例如揮手、拿東西等等，將身體拆成多個部分，每個部分透過系統機制來決定要呈現已錄製之動畫輸出或是體感偵測輸出。我們的系統在「指令輸入」模式時，需要同時在身體的不同部份播放直接偵測到的體感姿態或是事先錄製好的動畫片段，此研究將身體拆分成多個部分，並分開播放適合的動畫之機制，是我們的系統在此模式時參考的依據。

Rhodin [3]利用 Kinect 及 Leap Motion，透過事先指定好的體感姿勢輸入以及輸入速率的快慢，來呈現相對應之虛擬動物不同的行為動畫，同時讓受測者測試利用手把當作輸入，比較兩者之間的優缺點。問卷結果顯示，大部分的受測者認為體感的輸入方式是較為有趣的。雖然我們的故事中的虛擬角色皆為人類，因此沒有參考此研究的控制方式，但我們認為此研究讓受測者接續體驗兩種不同輸入工具，並利用問卷來比較哪種輸入方式較為有趣的方法是相當值得參考的。

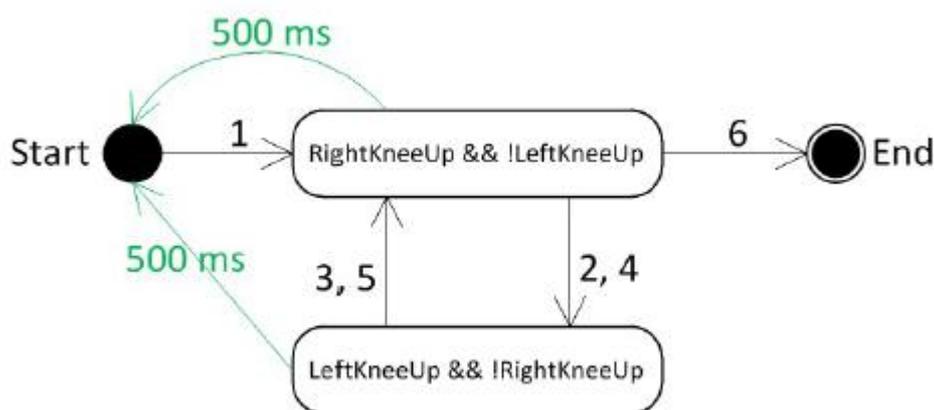


圖 1 辨識跑步動作之流程圖(截自[1])

2.2 豐富且擬真的動畫呈現

以前電腦動畫的製作過程，需要大量的動畫師們一個個 frame 的建構出想要的畫面，不僅耗時又費力，手工建構出的人物動作擬真度品質又相當不穩定。隨著動作捕捉技術的日益成長，現在製作電腦動畫已經可以透過動作捕捉系統直接捕捉

真人的動作姿態，再匯入電腦中供遊戲引擎將錄製好的動畫片段套入虛擬角色身上使用。後來，有些研究試圖利用物理模擬的方式產生人物動畫，但模擬出的動畫擬真度並不高，且運算過程相當耗時。Thalmann [4]提到，他們分析其他論文研究的成果，說明現今大部分的電腦動畫產業，還是以動作捕捉技術去製作動畫的居多。但是以我們的系統而言，因為故事體驗者將加入故事的演出，事先錄製好的動畫沒有辦法配合故事體驗者的身體姿態做即時的調整，需要額外透過例如動畫合成(Motion Synthesis)的技術去做調整。

如 Tonneau [5]利用事先錄製的動畫片段，在虛擬環境發生改變時，偵測角色姿態是否合法且平衡，如不合法則自動尋找新的立足點，並對一連串的動畫做平順的動畫合成。運用在會變動的即時環境中或是預先製作好的動畫裡想微調部分場地時，有相當不錯的效果。我們系統內的非玩家控制虛擬角色當環境發生改變時，也會適當的調整自身的行走方向去迴避障礙物。

Shoulson [6]所完成的平台，將不同的動畫模式(例如運動、坐下、物理模擬等)分開來做成陰影，再根據權重的不同來分配身體的哪個部分要呈現哪個陰影。例如在虛擬角色走路到目的地的途中，下半身的權重會給予 locomotion 較高的權重，讓虛擬角色的下半身維持走路的動畫，但同時上半身可以完成其他的動作，例如 Reach(手部)、Gaze(頭部)。如圖 2 所示，透過不同權重值的分配，影響最終虛擬角色所呈現出之動畫。我們系統中的 NPC 動畫，參考此研究的方法將虛擬角色身體拆分為多個區塊，並透過權重的不同來指定每個區塊要使用哪種動畫模式。

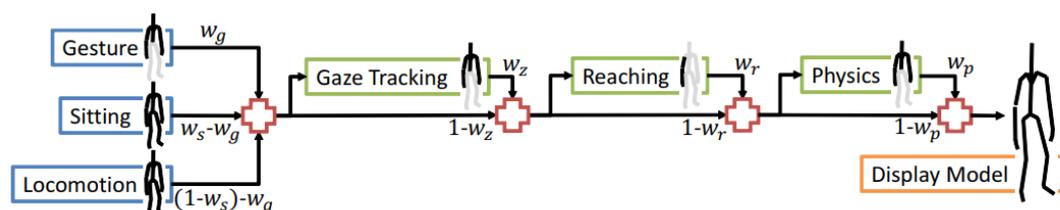


圖 2 身體部位權重分配圖(截自[5])

Kapadia [7]則藉由分析虛擬角色動畫資料庫以及虛擬環境地形，讓虛擬角色在導航到目的地的途中，自動選擇最合適的行動，不只能夠利用跑、跳等基本動作，還能利用蹬牆、攀爬等更複雜的動作來跨越障礙物。雖然我們故事的環境並沒有這麼複雜之地形，但是我們需要在不同動作的切換之間做適當的處理，例如正坐在椅子上的虛擬角色，要走到指定地點時，需要先播放起立的動畫，再播放走路的動畫，減少動作突然跳躍的問題。

Mousas [8]之 CHASE 系統，讓使用者以文字輸入的方式，結合三種不同的命令(do、goTo、interactWith)搭配不同的參數輸入，例如不同的目的地、想要互動的物體名字等，由系統自動產生出對應的連續動畫，讓不懂得動畫製作技術的一般使用者也能輕鬆的創造出一部完整的動畫。如圖 3，動作參數輸入依序為：
task[1] = do(wave hand, handR, 3); task[2] = goTo(ball, walk).do(wave hand, handL);
task[3] = interactWith(ball, punch, handR); task[4] = do(jump); task[5] = do(wave hand, handR, 2);

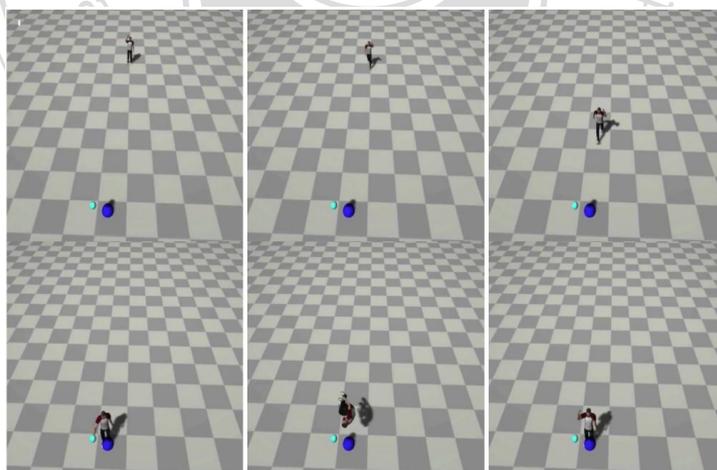


圖 3 動畫演示範例圖(截自[7])

2.3 動畫腳本語言

為了擴展動畫的重複利用性，將動畫的參數提取出來，變更為可藉由外部的腳本對動畫參數做變化，再透過系統讀入參數並輸出為動畫的方法是相當有價值的。

例如楊奇珍 [9]設計了一套 XML 腳本語言，讓故事體驗者能夠透過編撰 XML 腳本，來改變故事的流程或是動畫之呈現，透過故事圖、故事鏈結、故事場景的拆分，在修改故事時能對特定的部分做修改，方便編輯。圖 4 即為角色動畫設定之 XML 腳本範例，可設定演出該動畫之演員、動畫開始的時間、臉部之表情等等。故事體驗者體驗故事時，利用 Leap Motion 偵測故事體驗者的手部動作，根據不同的手勢來決定走向哪一個劇情的分支，並在故事體驗者對劇情較不熟悉、停頓較久時，適時出現提示來提點。畫面呈現部分，則是透過 VR 眼鏡的立體呈現效果，讓故事體驗者能夠更加身歷其境。我們參考了此研究的 XML 腳本語言，將 NPC 動畫參數化並撰寫至外部的 XML 腳本中，讓故事的編輯能更加方便。

```
<AnimCharacterMove StartTime="720" Duration="150"  
Actor="Jack" Animation="walk_drunk_inplace"  
EmotionId="face_NEUTRAL" EmotionLevel="1" Talk="false"  
positionx="0" positiony="0" positionz="8" rotation="0" />
```

圖 4 角色動畫設定 XML 範例(截自[9])

2.4 互動敘事(Interactive storytelling)

互動敘事涵蓋的領域相當廣泛，包含故事內容設計、角色動畫合成、人群模擬、人工智慧虛擬角色、動畫語言、動作輸入設計等，都是互動敘事系統會涉獵到的領域。例如前面提到的 Kistler [1]讓故事體驗者透過肢體動作影響故事的發展，或是楊奇珍 [9]利用手勢的不同來決定劇情的走向，Kipp [10]設計動畫語言讓角色動畫能夠對應語音的時間，Funge [11]幫虛擬角色建構基本知識，讓虛擬角色自動選擇最適合當下情況的行動，梁芳綺 [12]透過智慧型共同創作平台的設計，多個故事創作者能夠共同創作劇情，讓故事劇情擴展開來，蘇雅雯 [13]將 NPC 動畫回應分為三個層次，設計 NPC 與故事體驗者之間的互動，這些研究都涵蓋於互動敘事領域。本研究主要著重在角色動畫合成與動作輸入設計的部分，希望讓故事體驗者藉由自然的輸入方式跟 NPC 適宜的動畫回饋，增進體驗故事時的沉浸感。

2.5 沉浸感(Immersion)

當故事體驗者可進行的互動變得更為自由，且 NPC 之回應更加靈活後，要如何
去測量判斷故事體驗者遊玩的感受，目前大部分是依靠測試完成後，請受試者填
寫問卷及訪談的方式，去調查結果的優劣，因此，問卷的內容設計便相當重要。

「沉浸感(Immersion)」常常在互動敘事的領域中被提及，但是不同的研究人員，
對於該名詞之定義可能不盡相同。像是 Brown [14]中提及，有些研究，將沉浸感
定義為完全融入生活中的過程；又有些研究，把沉浸感當作遊戲的本質；而一部
分虛擬實境的研究，更將存在的概念提升，將之定義為人的知覺與認知被引導去
相信自身處在與現實所在地不同的地方。最後，他們藉由訪談幾位玩家玩遊戲時
的狀態及情緒，分析結果後，將沉浸感分為三個等級，分別為：

1. Engagement：玩家願意投資時間去玩該遊戲。此階段會受到玩家自身的遊
戲偏好影響，以及遊戲的操作是否能讓玩家上手。此狀態下的玩家對於遊戲是有
興趣的，並且願意花時間繼續玩該遊戲。

2. Engrossment：玩家的情緒會跟隨故事劇情而起伏，且停止遊玩時，玩家
會覺得失落。要進入此階段，遊戲的結構相當重要，包含美術、有趣的任務、故
事對話等，都是受試者所提到，願意讓他們繼續玩的要素。此狀態下的玩家對於
自身周圍環境的意識降低，全神貫注在遊戲上。

3. Total Immersion：玩家仿佛從現實中切離，忘了現實中的所有紛紛擾擾，
只關心遊戲的內容，就像自身真正處於遊戲的世界當中。要進入此階段，同理心
及氣氛是必要的，這裡的同理心並不是玩家對遊戲中的角色感到同理，而是仿佛
自身就是該名角色，對故事中的劇情有著身歷其境的感覺；而氣氛則是靠遊戲的
圖像、劇情、聲音等結合去營造出來的，且需要與遊戲角色的動作及場景相符。

Jennett [15]透過三種不同的實驗，分析統計問卷的答案以及受試者完成任務

的速度，驗證受試者在剛玩完較有沉浸感之遊戲後，回到現實世界中解答益智遊戲的時間長度，比起剛玩完較低沉浸感之遊戲之受試者來的更久，代表受試者進入較高的沉浸感後，要花較多的時間才能讓注意力回到現實中的事務上。另外，這也驗證了他們設計問卷能夠有效的測出受試者的沉浸程度。我們研究的沉浸感調查即是利用此研究設計的問卷進行測驗，以驗證我們的系統是否能達到預期的目標。

2.6 小結

上述許多研究皆已經十分完善，並實作出容易使用的平台及語言可供效法，使互動數位敘事的技術發展更加成熟。但大部分研究著重在虛擬角色動畫的擬真度，或是利用高階語言來讓非程式設計師也能夠產生出自己的互動敘事劇本，僅有少數關注依據故事體驗者輸入指令時的不同狀態，來讓NPC產生不同的互動反應，以及在同一個動畫模組上透過速度及方向等細微的調整，產生出不同動畫呈現等方面。因此我們的研究希望在這兩部分上有所突破，並結合互動及動畫雙方面的成果，完成一套完整的互動敘事體驗情境，藉由穿戴式裝置的輸入以及VR眼鏡的視覺呈現，希望能夠提升故事體驗者之沉浸感，讓故事體驗者覺得自身真正處於該虛擬環境之中，並能用較為自然之方式互動。

第 3 章 身體動作語言解析

大部分的遊戲，係利用選項或是特定按鍵做出特定行動之方式，來讓故事體驗者參與故事的發展，較少有利用體感裝置進行互動敘事的應用，一方面可能是因為體感偵測裝置的成本較高，另一方面當體驗者被要求做出指定動作以作為輸入時，每個人的肢體模樣指定方式可能均不相同。因此我們的系統設計了幾種較容易完成且辨識率高的動作，讓故事體驗者能利用這些動作去影響故事的發展。另外，由於我們使用之裝置沒有震動回饋之功能，因此我們透過視覺上之動畫呈現或提示、以及聽覺上之提示音播放做為回饋，讓故事體驗者明確知道自己是否有達成特定動作的觸發條件。

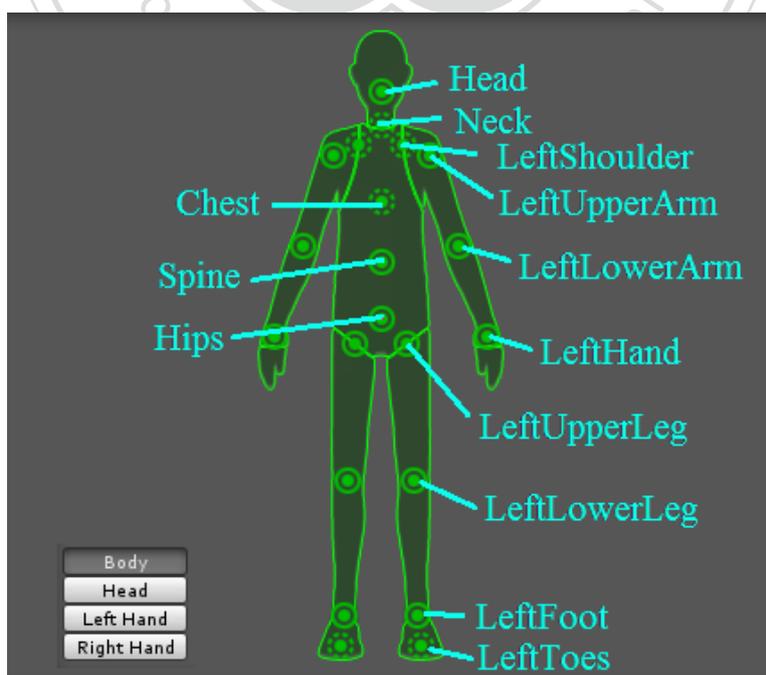


圖 5 人體骨架圖（截自 Unity）

本研究所開發之系統將人體骨架分為 56 個關節點。在圖 5 中，我們畫出了人體中較大的 21 個節點，左右對稱部位將 Left 改為 Right，其餘名字相同。我們將利用這些節點的動態即時資料，來判斷故事體驗者在體驗過程中，是否有滿足特定動作的觸發。如第一章所述，為了讓體驗者表現出一些因為虛擬與現實環境不同而難以表現的動作，我們將動作輸入分為「直接偵測輸入」與「指令輸入」兩種模式，這些動作包含抓、揮手、走路、坐下、站起、校正等，本章中主要描述我們的系統如何辨識出這些動作，而辨識成功後，在系統中如何運用將在第四章節做進一步的介紹。

如前面所述，一個指定動作可能有著無數種的肢體模樣，要如何辨識肢體模樣所代表的意義相當不容易。我們的系統基於經驗規則(rule-based)之方式，觀察整理使用者在指定動作時，人體關節普遍會呈現怎麼樣的姿態，將該姿態的數個關鍵節點設為比較的條件，在人體姿態達成指定條件時即觸發該指定動作。接下來將詳細介紹我們判斷這些動作的方式。

(1) 抓：

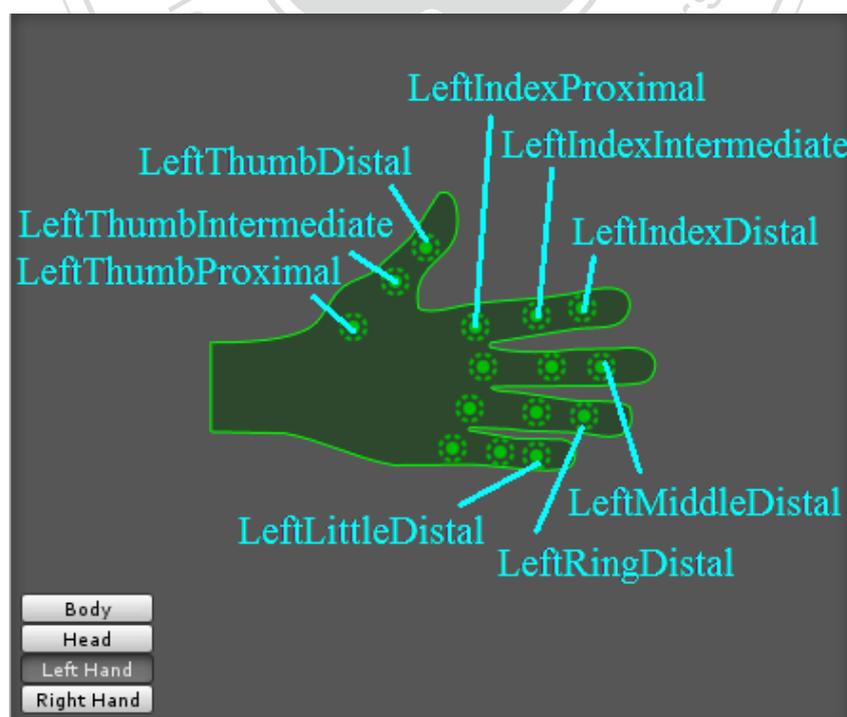


圖 6 人體左手骨架圖 (截自 Unity)

「抓」的動作可用來抓取物件或是其他 NPC 之手部，除了圖 5 的 LeftHand、RightHand 手腕節點外，還會用到圖 6 中之手指節點。此動作看起來像是手部作出握拳的動作，一般抓取東西時，大拇指與食指的距離靠近，或是手指向手掌內縮，關節點_t代表第 t 秒時該關節點的 position 值，D 代表一定的距離，系統內的判斷條件為：

$$| *ThumbDistal_t - *IndexDistal_t | < D$$

(*可填入 Left 或 Right)

或是

$$| *Hand_t - *@Distal_t | \leq | *Hand_t - *@Intermediate_t |$$

(*可填入 Left 或 Right；@可填入 Index、Middle、Ring、Little)

任一項成立，即代表完成抓的動作

(2) 揮手：

「揮手」的動作可用來與其他 NPC 互動。揮手時，舉起手掌高過肩膀，並左右揮動，^R 關節點代表右邊的對應關節點，^L 關節點代表左邊的對應關節點，關節點.y 代表該關節點位置(position)的 y 座標值，關節點.x 代表該關節點位置(position)的 x 座標值，position₁ 代表用來記錄 position 值的變數，判斷條件為：

$$\text{step 1. } {}^L\text{Hand}_t.y > {}^L\text{Shoulder}_t.y, \text{ position}_1 = {}^L\text{Hand}_t$$

$$\text{step 2. } \text{position}_1.x > {}^L\text{Hand}_t.x \quad \text{or}$$

$$\text{position}_1.x < {}^L\text{Hand}_t.x$$

$$\text{step 3. } \text{position}_1.x < {}^L\text{Hand}_t.x \quad \text{or}$$

$$\text{position}_1.x > {}^L\text{Hand}_t.x$$

step 4. 如果 3 判斷成立，將發出提示音，代表完成揮手動作

(3) 走路：

「走路」動作用來讓玩家虛擬角色做較長距離的前進。因系統內可利用 VIVE 定位做較短距離之移動，用穿戴式裝置辨識做長距離的移動，為了區分兩者，走路動作為雙腳原地踏步，且腳抬起時的高度要夠高， D_1 代表較大的距離， d_1 代表較小的距離，判斷條件為：

$$\text{step 1. } | {}^L\text{Foot}_t.y - {}^R\text{Foot}_t.y | > D_1$$

$$\text{step 2. } | {}^L\text{Foot}_t.y - {}^R\text{Foot}_t.y | < d_1$$

step 3. 如 2 判斷成立，代表完成走路動作，角色會朝 Hips 面對之方向前進，並播放腳步聲音效

(4) 坐下：

「坐下」動作用來讓玩家虛擬角色在可供坐下的物體上坐著。坐下時，需先選擇想在哪張椅子坐下，然後彎曲膝蓋讓臀部位置降低以坐到椅子上，關節點 t_0 代表第 0 秒時該關節點的 position 值， d 代表一定的距離，判斷方式為：

$${}^L\text{Hand} \text{ 或 } {}^R\text{Hand} \text{ 碰觸到椅子時, } \text{Hips}_{t_0}.y - \text{Hips}_t.y > d$$

(5) 站起：

「站起」動作用來讓坐下狀態的玩家虛擬角色站起。如欲站起，則先下蹲表示現在是坐著的狀態，然後在起身回到站立姿態，詳細判斷為：

$$\text{step 1. 在坐下狀態時, } \text{Hips}_{t_0}.y - \text{Hips}_t.y > d$$

$$\text{step 2. } \text{Hips}_t.y - \text{Hips}_{t_0}.y \geq d$$

step 3. 如 2 判斷成立，將發出提示音，代表完成站起動作

(6) 校正：

穿戴式裝置使用時間越長，越容易因為身體的活動導致穿戴式裝置之位置跑掉，而「校正」動作是用來讓身體位置偏掉時，能夠即時作簡易的修正。一般穿戴式裝置常見之校正動作為「T-pose」，我們也是利用此動作來當校正之辨識，雙手往兩側平舉且雙手要高於胸部位置， d_2 代表一定的距離，詳細判斷為：

$$\begin{aligned} 1. \quad & |{}^L\text{Hand}_t - {}^R\text{Hand}_t| > |{}^L\text{Hand}_t - {}^L\text{LowerArm}_t| + \\ & |{}^L\text{LowerArm}_t - {}^L\text{UpperArm}_t| + \\ & |{}^L\text{UpperArm}_t - {}^R\text{UpperArm}_t| + \\ & |{}^R\text{UpperArm}_t - {}^R\text{LowerArm}_t| + \\ & |{}^R\text{LowerArm}_t - {}^R\text{Hand}_t| \\ \text{and } & {}^L\text{Hand}_t.y > \text{Spine}_t.y \\ \text{and } & {}^R\text{Hand}_t.y > \text{Spine}_t.y \\ \text{and } & |{}^L\text{Hand}_t.y - {}^R\text{Hand}_t.y| < d_2 \end{aligned}$$

2. 當 1 判斷成立時，將發出三聲提示音，並在校正方向上出現一顆與眼睛位置水平的校正點，穿戴者注視著該球 3 秒後，會發出 complete 音效，代表完成校正動作

身體語言的動作設計上，我們希望能儘量根據現實中的情況設計動作，讓故事體驗者在遇到劇情分支時，不是透過提供的選項進行選擇，而是能透過實際演出該動作，讓故事體驗者不用分神去思考該按哪個按鍵，以增進沉浸感。而在完成動作後，透過虛擬世界中物件的即時動畫回饋，我們希望能讓故事體驗者更加沉浸到虛擬世界之中。

第 4 章 系統架構

為了驗證自然的體感輸入及動畫參數化的可行性，我們利用 Unity 遊戲引擎實作一個演示情境，透過 Neuron Perception 的穿戴式動作捕捉系統當作自然化體感輸入的偵測裝置，並搭配 HTC VIVE 眼鏡作為語音輸入及視覺方面的輸出。

4.1 系統使用之載具

4.1.1 畫面呈現載具之介紹

為了增加故事體驗者之沉浸感，我們使用 HTC 之 VIVE Pro 頭盔做為視覺及聽覺的呈現介面，以及利用頭盔內建之麥克風，做為語音輸入的媒介。利用 Unity 的 assest store 中的 SteamVR 套件，將 Unity 專案跟 VR 設備做結合，讓原本透過電腦螢幕呈現的 2D 遊戲畫面，變成透過 VIVE Pro 頭盔呈現 3D 視覺體驗。此外，搭配上 2018 年新推出之無線模組，能夠將原本頭盔與電腦之間的有線連接變為無線的連接，雖然會稍微降低畫面的品質，但是能夠讓故事體驗者在體驗故事時不受線材的干擾，可以任意的活動身體，以增進故事體驗者的體驗效果。



圖 7 HTC VIVE PRO 及無線模組 (截自官網)

4.1.2 互動載具的介紹

體感輸入部分，我們採用 Noitom 推出的 PERCEPTION NEURON 體感偵測裝置，偵測穿戴者的頭部、四肢、身體、臀部等各個節點的加速度與角速度，再透過與裝置相連之 HUB，以無線 WIFI 或是有線 USB 的方式，傳輸偵測到之數據至官方推出的 AXIS Neuron 程式中。該程式會將偵測到的數據轉換並套用到虛擬角色之各個身體部位，讓虛擬人偶的姿勢跟穿戴者的姿勢同步，最後利用 live wireless Bounding Volume Hierarchy(BVH) streaming 的方式即時將資料傳輸到 Unity 平台，將骨架數值套用至第三章的圖 5 及圖 6 所示的 56 個關節點上，讓穿戴者之身體動態能即時反應到虛擬世界當中。

我們的系統將串流的 BVH 資料套入虛擬世界中的玩家虛擬角色的模型骨架上，讓玩家虛擬角色的動作能跟故事體驗者的動作同步。然而，在進行指令控制動作時，玩家角色與故事體驗者的姿態將可能不同步，而這部分的機制將在接下來的系統架構做進一步的說明。

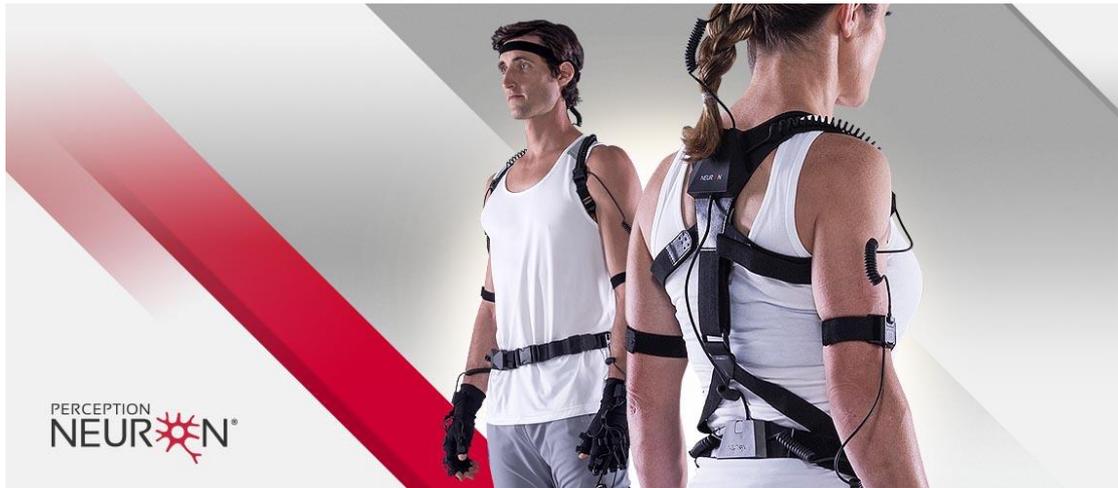


圖 8 PERCEPTION NEURON(截自官網)

4.1.3 兩種載具合用時之調整

如圖 7 及圖 8 所示，我們利用 HTC 之 VIVE Pro 頭盔做為畫面呈現之媒介以及 Noitom 所推出的 PERCEPTION NEURON 體感偵測裝置做為動作輸入之媒介。但也如圖 7 及圖 8 所示，兩種設備都有需要穿戴在頭上之部分，經過實際穿戴測試後，如果兩者同時配戴，會對偵測上的準確度造成影響，以及造成穿戴者穿戴上的不適感增加。因此我們的系統最後捨棄了 PERCEPTION NEURON 頭上之節點，改為使用 VIVE Pro 頭盔之旋轉偵測，讓玩家虛擬角色之頭部隨之旋轉，而身體其他部位則跟原本一樣，跟著 PERCEPTION NEURON 體感偵測裝置做旋轉及移動。

4.2 系統架構

圖 9 為系統架構圖，系統主要分為三個模組：動作解析模組、故事管理模組、動畫管理模組。

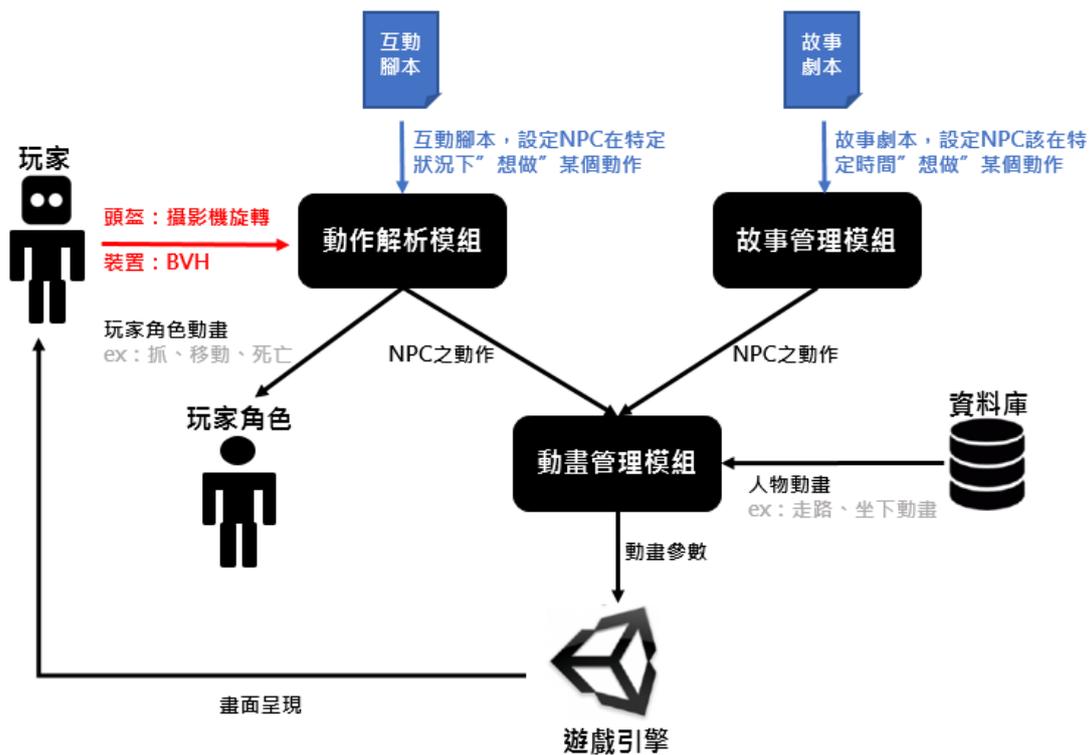


圖 9 系統架構圖

系統中決定劇情及動畫呈現的因素分為三種：

1. 玩家(紅線)：透過身體的動作，觸發 NPC 事件以及與環境物件互動。
2. 腳本(藍線)：透過腳本內容的編撰，影響 NPC 對故事體驗者之回應，以及 NPC 原始的故事動畫。
3. 系統(黑線)：自動對前兩者傳來之數值變化或指令做出運算，安排 NPC 及玩家角色的動畫呈現。

為了擴展系統的靈活性及維護的便利性，我們將系統分為三大模組，再搭配動畫資料庫，實作出一套完整的穿戴式互動敘事系統。故事體驗者透過穿戴式裝置及 VR 頭盔與虛擬世界互動；故事編輯者透過互動腳本及故事劇本來編撰故事的初始劇情及互動的觸發條件；系統接收前兩者傳來的資料，自動判斷各種情況下該做出怎樣的動畫呈現。接下來我們將對各個模組做詳細的介紹。

4.3 動作解析模組

動作解析模組負責管理故事體驗者的輸入與輸出。輸入為穿戴式裝置傳送之 BVH 資料，透過動作解析模組進行動作解析，輸出為玩家角色的對應動畫，或是傳入動畫管理模組的 NPC 動作指令。

利用穿戴式動作捕捉系統，可以偵測故事體驗者從全身的大動作到手指的彎曲等細部動作。但如果將所有的動作皆當成可供互動的輸入指令，會讓互動方式過於複雜，造成故事發展無法收束，因此如第三章所描述的，我們利用 Unity 人體骨架當作判斷依據，制定了幾項故事體驗者在虛擬環境中，可用來與環境中之物件及 NPC 互動之動作。如第一章所述，為了模擬一些故事體驗者在現實環境中無法達成之動作，我們將動作輸入分為「直接偵測輸入」模式及「指令輸入」模式兩種。「走路」較為特別，兩種模式都有機制控制走路，在體驗情境中，因為虛擬場景範圍較大，如果利用 VIVE 本身的定位功能無法完整涵蓋可移動之範圍，且為了增加故事體驗者在虛擬世界中移動的擬真感，因此也不希望利用瞬間移動(teleport)功能，所以我們設計了一套移動機制，讓故事體驗者可透過 VIVE 之定位系統做小範圍之移動，並透過走路動作機制的觸發，做長距離的移動。

而玩家動畫呈現的部分，除了前述兩種不同輸入模式所對應的不同動畫輸出外，我們還設計了第三種強制播放模式，以因應劇情發展，強制播放特定的動作動畫；例如角色死亡時，將強制播放死亡動畫。

4.3.1 直接偵測輸入模式

在直接偵測輸入模式下，玩家虛擬角色會隨著偵測到之故事體驗者的身體移動而跟著移動。當故事體驗者滿足特定動作條件時，將會觸發玩家虛擬角色進入對應的動作狀態，而虛擬環境中可互動的物件，會根據不同的狀態而有不同的反應，詳如表一所示。

表一、故事體驗者在虛擬環境中之直接偵測輸入

角色動作狀態	觸發動作之步驟
抓	<ol style="list-style-type: none"> 1. 玩家虛擬角色任一隻手接近物品或其他人物之手部，當靠的夠近時，如果是可互動之物件，物件周圍會散發紅光，如圖 10 2. 接近物件的那隻手，做出「抓」的動作 3. 如果判斷成功，將發出提示音，並且該物件會在玩家虛擬角色握拳的手之掌心位置，跟著手部移動及旋轉 4. 成功抓住後，會持續判定 2.之判斷式是否成立，如果不成立，即代表玩家虛擬角色放開該物件，該物件會隨著物理引擎的重力效果而向下掉落，如果該物件為其他 NPC 的手，則會讓手回到原本的位置
推	<ol style="list-style-type: none"> 1. 身體任何部位碰到可碰撞之物品，並持續同方向施力，該物品會隨著施力方向移動
揮手	<ol style="list-style-type: none"> 1. 玩家虛擬角色任一隻手之手腕位置高於該邊之肩膀高度，並記錄手腕超過肩膀時之位置 2. 以 1 紀錄之位置為基準，判斷手腕是否有向左或向右移動 3. 如果 2 時手腕向右移動，則判斷手腕是否向左移動；反之，如果 2 時手腕向左移動，則判斷手腕是否向右移動 4. 如果 3 判斷成立，將發出提示音，代表完成揮手動作 5. 當手腕位置低於肩膀位置，即判斷為取消揮手動作
走路	<ol style="list-style-type: none"> 1. 故事體驗者直接移動身體，玩家虛擬角色將隨著 VIVE Pro 頭盔定位的位置而移動

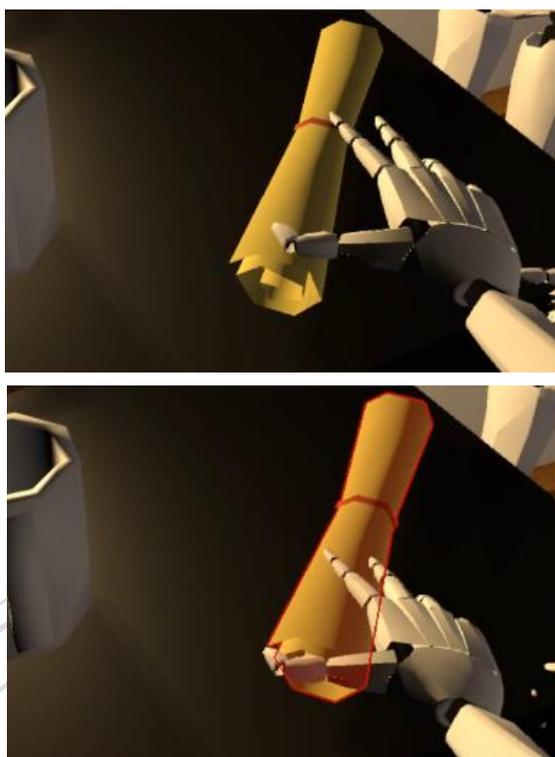


圖 10 上圖為右手碰到物件前，下圖為碰到時，物件周圍會散發紅光

4.3.2 指令輸入模式

在指令輸入模式中，透過輸入預先設定之使用者指令動作，玩家虛擬角色會播放對應之動畫，並有可能在動畫結束後鎖定某些身體部位之行動，如表二。其中，走路狀態會根據故事體驗者原地踏步之速率而影響虛擬角色的前進速度。

表二、故事體驗者在虛擬環境中之指令輸入

角色狀態	使用者指令步驟	角色對應動畫
走路	<ol style="list-style-type: none"> 1. 玩家虛擬角色任一隻腳底節點比另一隻腳底節點距離地面之距離 $> x$ 2. 離地面較遠的那隻腳，判斷是否與另一隻腳回到同樣高度 3. 如 2 判斷成立，即觸發走路動作 	玩家虛擬角色朝 hips 節點面對方向前進之動畫

<p>坐下</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 玩家虛擬角色手部接近能夠坐下之椅子時，椅子如同抓取時一樣，周邊會發出紅光 2. 在椅子發出紅光之狀態下，玩家虛擬角色做出微蹲之動作 3. 如 2 判斷成立，將發出提示音，並進入坐下模組，播放一連串的動畫，同時鎖住故事體驗者對玩家虛擬角色除了頭部旋轉以外的控制權 4. 坐下模組結束後，發出提示音，故事體驗者此時即可控制玩家虛擬角色上半身之任何動作以及身體的旋轉，但下半身會維持著坐下動作之動畫 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如果玩家虛擬角色距離椅子的距離太遠，會先播放走路動畫，並讓玩家虛擬角色移動到椅子的位置 2. 播放坐下動畫，並鎖定下半身動畫
<p>站起</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 玩家虛擬角色在坐下狀態時，才能夠觸發站起之動畫。玩家虛擬角色做出微蹲之動作 2. 如 1 判斷成立，將發出提示音，代表觸發站起動作，播放起立動畫，動畫播畢後，開啟坐下時被鎖定之下半身的移動，此時故事體驗者即可控制玩家虛擬角色全身之任何動作 	<p>起立動畫</p>

<p>校正</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 當故事體驗者發現玩家虛擬角色跟自身面向不吻合時，可透過觸發「校正」動作來重新校正方向 2. 當校正判斷成立時，空中會出現一個目標物讓故事體驗者去注視，面對該目標物並注視 3 秒鐘，會發出提示音，代表校正完成 	<p>玩家虛擬角色轉向對的方位</p>
-----------	---	---------------------

4.3.3 強制播放模式

在故事進行到尾聲或是觸發特殊狀況時，為了能順利讓劇情接續到下一個場景，將進入強制播放模式，限制住故事體驗者除了頭部旋轉以外的所有行動，播放系統設定好之動畫，讓故事體驗者跟隨劇情發展進入接下來的場景。如果不設定強制播放並限制故事體驗者的動作，有可能發生不合理的情況，例如主角死亡了，卻還是可以移動。

在範例故事中，將有兩種狀況會觸發進入此模式：(1)故事體驗者與 NPC 互動之過程中，有可能遭受 NPC 的攻擊，當受到重點攻擊(例如心臟被子彈射中)時，將會強制播放死亡動畫，並限制住玩家虛擬角色全身之行動，接著進入壞結局的場景。(2)故事體驗者抓住嫌犯，並帶著嫌犯坐上警車，當故事體驗者打開警車車門時，即進入強制播放模式，在嫌犯 NPC 上車後，玩家虛擬角色會接著上車，接著車子會啟動，帶著嫌犯及玩家虛擬角色一同往監獄的方向移動，最後進入好結局場景。

4.3.4 互動腳本

為了擴展故事體驗者與 NPC 之間互動的延展性，以當故事劇情改變時，能更容易對互動的反應進行修改，我們的系統將互動方式參數化成 XML 腳本的格式。

如圖 11，根元素為<Interaction>；<Character>元素為區分不同之 NPC 角色，tag 屬性為該 NPC 之標籤，標籤不會重覆；<InteractMovement>元素為一條條的互動指令，一共有 6 種屬性，分別為：

1. PlayerIdentity 為玩家目前的身分
2. PlayerMovement 為玩家目前的動作狀態
3. SelfMood 為該 NPC 目前之情緒
4. RespondMovement 為滿足前三項條件且故事體驗者進入 NPC 視覺觸發範圍內時，NPC 會回應之動作
5. Duration 為 RespondMovement 被觸發後，會持續演出之時間長度
6. GrabTarget 為當 PlayerMovement 為 grab 時，確定故事體驗者抓取的物品之 tag 為何

以圖 11 之第五行為例，代表當心情為 good 的嫌疑犯看到路人在自己旁邊坐下時，會開始播放 give 動作，持續時間為 20 秒。

```
1 <Interaction>
2 <Character tag="Suspect">
3 <InteractMovement PlayerIdentity="Police" PlayerMovement="all" SelfMood="all"
4 RespondMovement="shoot" Duration="20"/>
5 <InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="sit" SelfMood="good"
6 RespondMovement="give" Duration="20"/>
7 <InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="grab" SelfMood="good"
8 RespondMovement="beCatched" Duration="20" GrabTarget="SuspectStrongHand"/>
9 <InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="walk" SelfMood="bad"
10 RespondMovement="walk" Duration="20"/>
11 <InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="grab" SelfMood="Great"
12 RespondMovement="follow" Duration="100" GrabTarget="SuspectStrongHand"/>
13 <InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="grab" SelfMood="Great"
14 RespondMovement="follow" Duration="100" GrabTarget="SuspectOtherHand"/>
15 </Character>
16 <Character tag="Bartender">
17 <InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="sit" SelfMood="good"
18 RespondMovement="lookat" Duration="20"/>
19 </Character>
20 <Character tag="Waiter">
21 <InteractMovement PlayerIdentity="Police" PlayerMovement="waveHands" SelfMood="good"
22 RespondMovement="waveHands" Duration="5"/>
23 </Character>
24 </Interaction>
```

圖 11 互動 XML 腳本範例

以下表三及表四為互動腳本內可以利用之參數，包含 NPCtag、玩家身分、玩家動作、NPC 情緒、NPC 回應動作、可抓取之目標 tag 等。根據表內之參數撰寫互動 XML 腳本，我們的系統會在開始遊戲時自動讀入該互動腳本並存入資料庫。在遊戲進行中，當故事體驗者滿足互動觸發條件時，NPC 回應參數會即時傳入動畫管理模組，該模組負責 NPC 動作之排程與動畫平順化之呈現。舉例來說，圖 11 之第五行，當故事體驗者進入 NPCtag 為”Suspect”的 NPC 之視線範圍內，且該 NPC 之情緒為”good”時，故事體驗者目前的玩家身分為”Passerby”且觸發”sit”動作，系統立即傳送”give”持續 20 秒的指令到動畫管理模組，動畫管理模組會自動將該動作排入”Suspect”的動作排程中。如果將 give 參數改為其他動作指令，例如改為”lookat”，則在達成觸發條件時，系統立即傳送”lookat”持續 20 秒的指令到動畫管理模組，表示劇情從原本的玩家在嫌疑犯旁坐下時，嫌疑犯舉起酒杯向玩家勸酒，變為玩家在嫌疑犯旁坐下時，嫌疑犯將看向玩家，並注視著玩家。變更互動腳本的內容即可對故事劇情有一定程度的修改，增進故事的可變性。

表三、互動腳本內可利用之參數

NPCtag (tag)	玩家身分 (PlayerIdentity)	玩家動作 (PlayerMovement)	NPC 情緒 (SelfMood)	NPC 回應 (RespondMovement)
Waiter	Police	all	all	walk
Bartender	Passerby	grab	bad	follow
Suspect		waveHands	good	sit
Passerby1		walk	great	stand
Passerby2		sit		lookat
		stand		talk
				waveHands
				shoot

				give
				run
				beCaught

表四、可抓取之目標 tag

GrabTarget
SuspectStrongHand
SuspectOtherHand
drink

4.4 故事管理模組

故事管理模組負責讀入外部的故事 XML 劇本並存入資料庫，在劇本中指定的時間到達時，將動作指令傳送到動畫管理模組。如圖 12 為 XML 故事劇本之範例圖，一條 AnimCharacterMove 為一項動作指令，裡面包含的參數有：

1. StartTime：此項動作指令之開始絕對時間
2. Duration：動作將播放多久的時間
3. ActorTag：要演出該動作的虛擬角色之標籤
4. Movement：要演出之動作名稱
5. destinationTag：如果該項動作須要有一個互動目標，則須填寫

以圖 12 為例，代表相對時間為 0 時，遊戲物件標籤為嫌疑犯之虛擬人物，將走路前往椅子的位置，維持 15 秒。

```
<AnimCharacterMove StartTime="0" Duration="15"
ActorTag="Suspect" Movement="walk" destinationTag="Chair" />
```

圖 12 故事 XML 劇本範例

4.5 動畫管理模組

NPC 根據故事體驗者行為歷程，進入不同狀態，如果每位虛擬世界中的 NPC，在面對故事體驗者相同的動作輸入但是不同的故事歷程時，都是產生一樣的回應的話，將使體驗的擬真感及重玩性降低，因此我們希望透過賦予每位 NPC 不同的「身分」及「情緒」，來讓回覆變得更為豐富。在演示情境中，將讓 NPC 有 good/bad/great 三種不同的情緒，好情緒時的 NPC 與壞情緒時的 NPC，將會給予故事體驗者不同的回應，而 NPC 的情緒會隨著互動過程有不同的變化，讓故事體驗者能對虛擬世界有更多的影響。

4.5.1 動畫模組參數化

系統會根據 NPC 本身的身分及當時的情緒，調整動畫模組之參數，呈現不同的動畫效果，例如情緒為 good 的 NPC 在揮手回應時，揮手幅度較大且速度較快；而情緒為 bad 的 NPC 則反之。

NPC 之狀態參數包含以下幾種：

- (1) gameObject：該 NPC 在 Unity 中的遊戲物件
- (2) CharacterTag：該名 NPC 的身分
- (3) mood：該 NPC 當下的情緒，有 great/good/bad 三種情緒
- (4) state：該 NPC 之動作狀態，有 sit/stand/dye 三種狀態

除了動畫參數的調整之外，系統將身體拆分為多個區塊，可同時對不同區塊播放不同動畫，讓在動畫資料庫較為貧乏的狀況下，也能透過不同動畫的組合，增加動畫回應的種類，以及呈現更加合乎狀況的動畫。如圖 13，結合坐下動畫與說話動畫，變成下半身維持坐下動畫，上半身播放說話動畫。



圖 13 拆分身體部位來播放不同動畫之範例

4.5.2 動作排程

在虛擬實境的互動敘事中，為了讓故事體驗者能夠透過參與影響劇情發展，往往無法像普通的動畫一樣，單純依照製作者的想法安排動畫播放的時間，而是需要考慮到故事體驗者參與進來的時間，播放合適的動畫回應。但是如果僅有互動時才觸發動畫，所有 NPC 將都等待著故事體驗者與之互動，才會有所動作，不像現實的狀況人物會有自己的想法，做自己當下想做的事情。因此，我們希望在這中間取得一個平衡點，讓 NPC 照著基本的故事劇本演出，而當故事體驗者透過故事參與以影響劇情發展時，可以藉由互動腳本的設定去演出不同的劇情。

為了合併這兩種不同的動畫觸發方式，我們的系統利用了類似 priority queue 的概念，將動作解析模組及故事管理模組傳來之動作指令依照不同的優先度，插入或放入 queue 當中，並依序執行動作。

以圖 14 為例，遊戲時間為 0 時，嫌疑犯的動作排程中沒有任何動作。遊戲時間為 n 時，故事管理模組傳來走路的動作指令，系統將該動作指令放入動作排程中，並開始執行，嫌疑犯播放走路至目的地的動畫。遊戲時間為 m 時，故事

體驗者之玩家虛擬角色進入嫌疑犯的視線範圍內，動作解析模組依照當下的玩家及 NPC 狀態，傳送 NPC 攻擊玩家虛擬角色的動作指令至動畫管理模組，因為動作解析模組的互動為即時性的，優先度較高，因此攻擊的動作指令插入動作排程最前端，嫌疑犯暫停原本的走路動畫，轉而開始播放攻擊動畫。遊戲時間為 k 時，攻擊動畫時間結束或是玩家虛擬角色死亡，攻擊的動作指令結束，從動作排程中移除，並恢復尚未完成的走路動作指令，嫌疑犯由目前位置繼續向目的地前進。



圖 14 動作排程範例示意圖

以圖 15 為例，遊戲時間為 0 時，嫌疑犯的動作排程中沒有任何動作。遊戲時間為 n 時，故事管理模組傳來坐下的動作指令，系統將該動作指令放入動作排程中，並開始執行。遊戲時間為 m 時，動畫管理模組判斷嫌疑犯離坐下的椅子距離過遠，因此插入走路的動作指令，系統將該動作指令放入動作排程中，並開始執行，嫌疑犯播放走路至目的地的動畫。遊戲時間為 k 時，故事體驗者之玩家虛擬角色進入嫌疑犯的視線範圍內，動作解析模組依照當下的玩家及 NPC 狀態，傳送 NPC 攻擊玩家虛擬角色的動作指令至動畫管理模組，因為動作解析模組的互動為即時性的，優先度較高，因此攻擊的動作指令插入動作排程最前端，嫌疑犯暫停原本的走路動畫，轉而開始播放攻擊動畫。遊戲時間為 l 時，攻擊動畫時間結束或是玩家虛擬角色死亡，攻擊的動作指令結束，從動作排程中移除，並恢復尚未完成的走路動作指令，嫌疑犯由目前位置繼續向目的地前進。遊戲時間為 j 時，動畫管理模組判斷嫌疑犯離椅子的距離夠近，走路的動作指令結束，從動

作排程中移除，並接著執行坐下的動作指令，播放坐下動畫。遊戲時間為 h 時，坐下的動作指令結束，嫌疑犯維持坐在椅子上的動畫。



圖 15 動作排程範例示意圖二

4.5.3 互動式動畫

除了根據故事體驗者不同的輸入及故事歷程，NPC 會有不同的對應動作外，我們的系統亦能依照玩家虛擬角色目前的位置，決定 NPC 面對的方向。例如 NPC 對玩家虛擬角色說話時，會面向玩家虛擬角色的方向，讓故事體驗者擁有 NPC 是在跟自己說話的感覺，如圖 16，左圖為坐在 NPC 右邊，右圖為坐在 NPC 左邊。



圖 16 NPC 面對玩家方向

當動作排程中的動作指令被執行時，某些指令會根據當下虛擬世界的狀況改變，例如根據動作執行者與目標物體的距離，改變播放的動畫，讓動作的動畫演出更加合乎邏輯，如圖 17 至圖 20 為「shoot」動作之範例，圖 17 時玩家進入 NPC 視線範圍內，開始朝玩家射擊；圖 18 時玩家向右移動，NPC 追逐玩家；圖 19 時玩家與 NPC 距離過遠，NPC 播放左右查看的動畫，並停止 shoot 動作；圖 20 時 NPC 恢復原本的動作排程，走向酒吧。



圖 17 shoot 範例-玩家與 NPC 距離近，NPC 開槍射擊



圖 18 shoot 範例-玩家與 NPC 距離中，NPC 追逐玩家



圖 19 shoot 範例-玩家與 NPC 距離遠，NPC 左右查看，停止 shoot



圖 20 shoot 範例-NPC 停止 shoot 後，繼續原本的動作，走向酒吧

表五列出了所有動作指令及其會根據哪些情況做出改變，條件式中的 distance 皆是指動作執行者與目標物之距離，f 為 Unity 中之單位。

表五、動作指令清單

動作指令	狀況判斷
walk	if distance > 0.5f，則 walk else 停止 walk
run	if distance > 0.5f，則 run else 停止 run
follow	if distance > 2f，則跟著目標物移動 else 停止
sit	if distance > 2f，則先走至目標椅子的位置 else 坐下

stand	站起
lookat	注視目標物
talk	if distance < 2f，才會開始對話 else 先走至目標物的位置
waveHands	面對目標物揮手
shoot	if distance > 10f，則取消 shoot else if distance > 3f，則走至目標物的位置 else 朝著目標物射出子彈
give	if distance > 2f，則先走至目標物的位置 else 朝著目標物利用 IK 系統伸出酒杯
beCaught	if distance > 1f，被抓的手回到原始位置 else 被抓的手利用 IK 系統隨著目標物移動

最後畫面繪圖輸出的部分，本系統採用 unity 遊戲引擎之 animator 系統，利用參數變更動畫的播放與快慢的調整，再搭配 Inverse Kinematics (IK) 系統，在特殊動作時控制手部節點的位置，如圖 21，玩家抓住 NPC 的左手並站在原地，NPC 隨著玩家左手的位置變化而跟著移動；而路徑規劃的部分，是利用 unity 遊戲引擎之 Navigation 系統，讓虛擬人物能自動規劃從現在位置到目標地點的路線，並自行避開障礙物及禁止行走的地區。



圖 21 IK 範例

4.6 提示系統

故事體驗者在體驗故事時，要如何理解故事的劇情，以及可能會影響劇情的行動，是不容易的。以我們的範例故事為例，故事開始時會有故事內設定之輔助系統的虛擬角色，利用聲音與字幕來讓故事體驗者了解故事及任務內容。但是如果故事體驗者對系統不夠熟悉時，或是剛好恍神沒注意到系統說了什麼時，可能會導致體驗過程中因為不知道如何去行動，而使故事無法往下發展。

為了減少這些狀況導致的難易度提升，我們的系統設置了提示的系統，在滿足特定條件時，利用字幕與語音的方式，引導故事體驗者能夠達成劇情上的分支選項。以範例故事為例，一開始會有輔助系統提醒玩家可以去服飾店換衣服，以免被嫌疑犯認出主角是警察，如果此時故事體驗者沒有去換衣服，直接往酒吧的方向前進，輔助提示系統將會利用字幕搭配語音，提示故事體驗者服飾店在哪個方位；但如果故事體驗者原本就有去換衣服，再往酒吧的方向前進，就不會出現該提示，如圖 22。

對於不同熟練度的故事體驗者而言，系統會判斷是否要給出提示，且不會馬上就出現提示，留給故事體驗者自行探索、嘗試的樂趣。



圖 22 提示系統 - 換衣服提示

4.7 配合 VIVE 眼鏡之字幕設計

主角與 NPC 之間的對話，或是 NPC 與 NPC 之間的對話，除了播放事先錄製好之語音外，還會在 VIVE 眼鏡所看到的下方位置出現白色字體之字幕，如圖 23。當體驗者的頭部旋轉或移動時，字幕也會跟著移動旋轉，讓字幕一直保持在眼鏡的下方，並且為了區隔字幕與環境，在字幕出現時，會在字幕後方加上一塊半透明淡黑色之區域，讓字幕能夠更加清晰。



圖 23 字幕範例

第 5 章 實驗設計與結果分析

如第四章所示，此系統利用體感裝置偵測故事體驗者之身體動作，再透過動作解析模組分析出該動作所代表之身體語言，藉由故事體驗者與 NPC 之間的互動，進而改變呈現出之動畫劇情。

在本章節中，將會制定實驗目標與受試者之群體，再介紹實驗的流程與用來實驗之範例故事，最後分析受試者之問卷與訪談結果。

5.1 實驗目標與對象

本研究的目標為設計出用穿戴式裝置與虛擬環境自然互動之方法，並且在虛擬環境中根據故事發展、參數設定而給予不同的動畫回饋。為了驗證系統的可用性和操作性與互動敘事的沉浸感，我們邀請了八位受試者來參與實驗，年齡分布範圍在 22~28 歲之間，其中有四位受試者為曾經體驗過或開發過 VIVE 之遊戲，使用熟練度較高，而另一半則沒有體驗過或是只體驗過一兩次 VIVE 之遊戲，熟練度較低。而多數的受試者都沒有使用過穿戴式裝置，或是使用過但沒有開發之經驗，如表六所示。測試完畢後請受試者填寫沉浸感與操作性調查之問卷，分析我們的系統是否有達到預期之目標。

為了不影響受試者在進行實驗時的沉浸程度，我們的實驗地點在實驗室內，同一時間只會有一個受試者進行測試。

表六、受試者基本資料

編號	性別	年齡	是否使用過		
			HTC VIVE	穿戴式裝置	Kinect
A	女	25	是(普通熟練)	否	否
B	男	28	是(相當熟練)	否	是(普通熟練)
C	女	22	是(相當熟練)	是(不熟練)	是(不熟練)
D	男	24	是(相當熟練)	是(相當熟練)	是(不熟練)
E	男	24	是(普通熟練)	否	是(普通熟練)
F	男	27	是(相當熟練)	是(普通熟練)	是(相當熟練)
G	女	25	是(不熟練)	否	否
H	女	25	是(普通熟練)	否	是(普通熟練)

5.2 實驗流程與範例故事

5.2.1 實驗流程

實驗流程如圖 24，我們首先請受試者簽實驗同意書(如附錄 3)，接著向受試者講解實驗內容及實驗流程(如附錄 4)，講解完畢後幫受試者穿上穿戴式裝置與 VIVE pro 虛擬眼鏡。進入遊戲後，首先會有一個教學場景，讓體驗者事先熟悉故事內所能運用的動作，體驗者覺得練習充足時，隨時可以進入正式場景開始體驗故事，體驗者至少要完成一次任意結局，接著可重複體驗直到滿足為止，體驗結束後請體驗者填寫問卷並做簡單的訪談。為了比較穿戴式裝置與一般控制器的差別，因此會讓體驗者利用兩種不同的控制器各體驗一次系統，並在每次體驗完成後各填寫一次相同的問卷。



圖 24 實驗流程圖

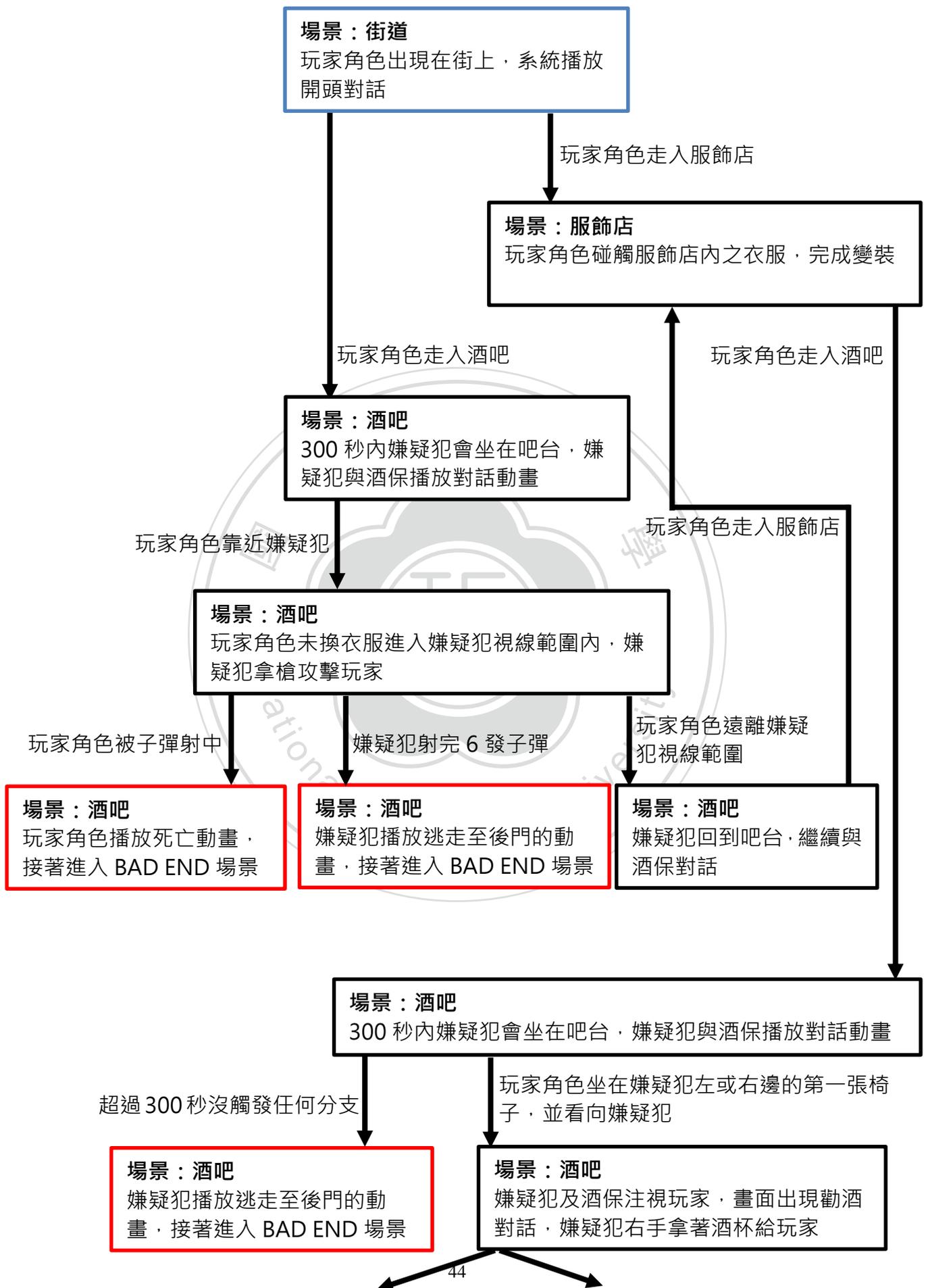
5.2.2 VIVE 手把操作按鍵

當作對照組的一般控制器版本，利用 HTC VIVE 控制器來做為輸入的媒介。為了讓對照組的操作方式儘量符合最常見的方式，我們參考了 SteamVR 內的操作設定，「移動」利用 Touchpad 來觸發 Teleport (拋物線軌跡移動)；「抓取」利用 Hair Trigger 來觸發；「坐下起立」利用 Grip 來觸發。

5.2.3 範例故事

為了驗證第四章之系統架構可行性，我們設計了一段演示情境(如附錄 1 及附錄 2)，讓故事體驗者透過穿戴式裝置或 VIVE 手把控制器及 VR 頭盔在虛擬世界中互動。故事體驗者在進入演示情境體驗前，會先觀賞一段前情提要，並得知這段情境希望完成的目標。在故事體驗者體驗情境的過程中，需要利用事先訓練過的幾種動作來跟虛擬環境中的物品及 NPC 互動，一步步達成預期的目標。演示情境故事簡化分支如圖 25，前情提要為：主角是一名警察，在追查嫌疑犯的過程中接獲通知，一名重大嫌疑人在附近的一家酒吧內。故事體驗者將扮演故事中的警察角色，透過各種手段去判斷該名嫌疑人是否為真的嫌犯。故事中的嫌疑犯，在故事體驗者(警察)不對他產生任何影響的情況下，會照著既定的故事劇情行動(在吧檯喝酒→跟調酒師聊天→走出酒吧)。但故事體驗者參與進去後，將對故事過程甚至是結果產生很大的變動。

如圖 25，藍框節點為開場節點，紅框為進入壞結局之節點，綠框為進入好結局之節點，黑框為一般節點。如圖所示，雖然我們的範例故事只有兩種結局，一種是沒抓到犯人的壞結局，另一種是有抓到犯人並帶去監獄的好結局，但是到達結局的過程中，有數種不同的分支能讓體驗者去探索，增加故事的重玩性。



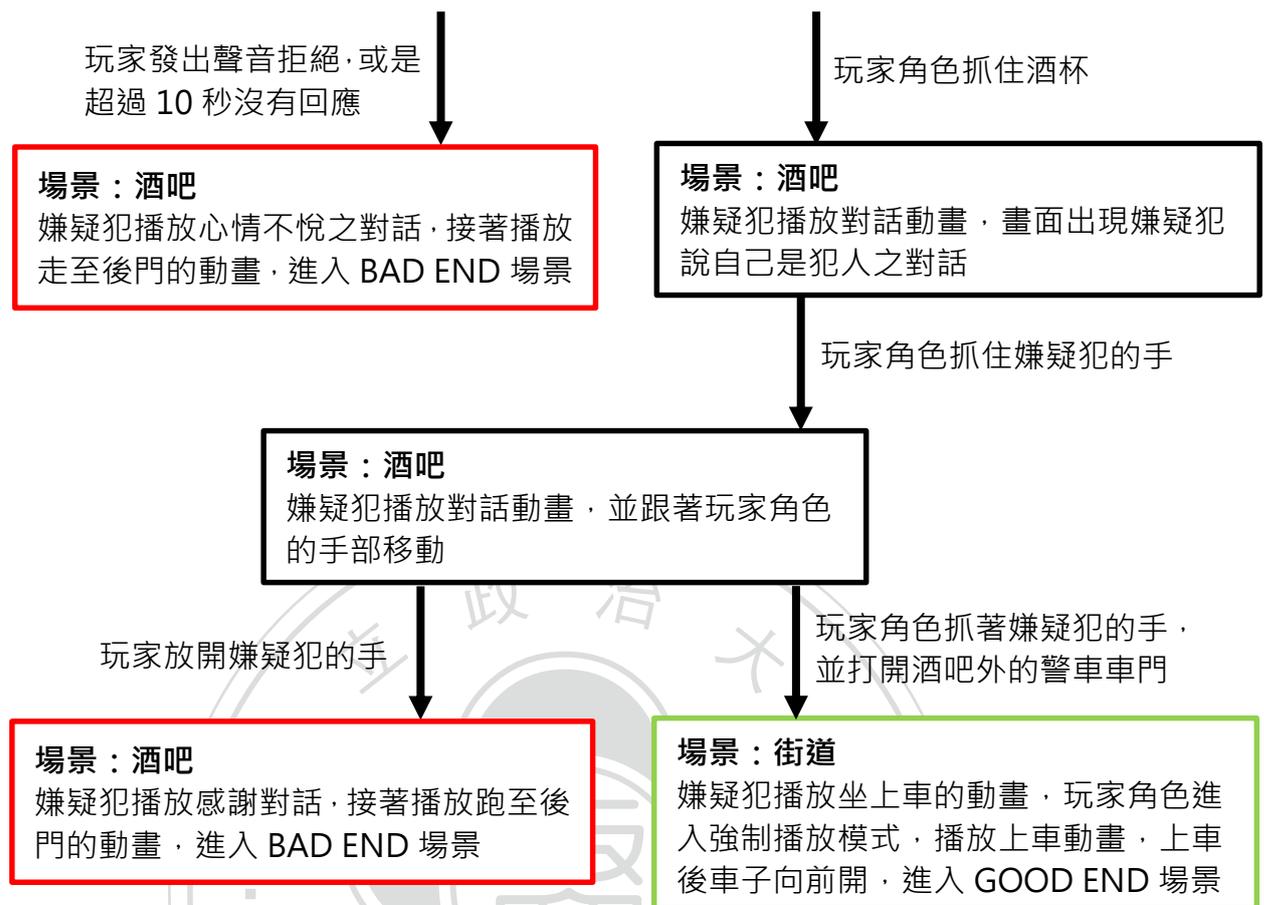


圖 25 故事簡化分支圖

舉其中一條到達好結局的路線為例，一開頭，主角會聽到輔助系統說嫌疑犯在酒吧當中(圖 26)，並建議主角先去換衣服(圖 27)，以免被嫌疑犯攻擊，主角聽從輔助系統的建議，走進服飾店碰觸服飾模特兒(圖 28)，自身模樣換成該模特兒的模樣(圖 29)，接著走出服飾店並進入酒吧(圖 30)，進入酒吧時，嫌疑犯與酒保正在說話(圖 31)，在嫌疑犯身邊的椅子上坐下並看向嫌疑犯，嫌疑犯伸出酒杯做出一起喝酒的邀請(圖 32)，主角伸出手抓住酒杯(圖 33)，嫌疑犯覺得主角很有趣並開始對話，對話途中不小心曝光了自己的罪犯身分(圖 34)，主角確認該嫌疑犯為罪犯後，抓住罪犯的手(圖 35)並將他帶到街道上的警車旁(圖 36)，主角伸手打開車門，與嫌疑犯一起上車(圖 37)，最後進入 GOOD END 場景，罪犯被關在監牢內(圖 38)，而其他警察同仁幫主角歡呼。

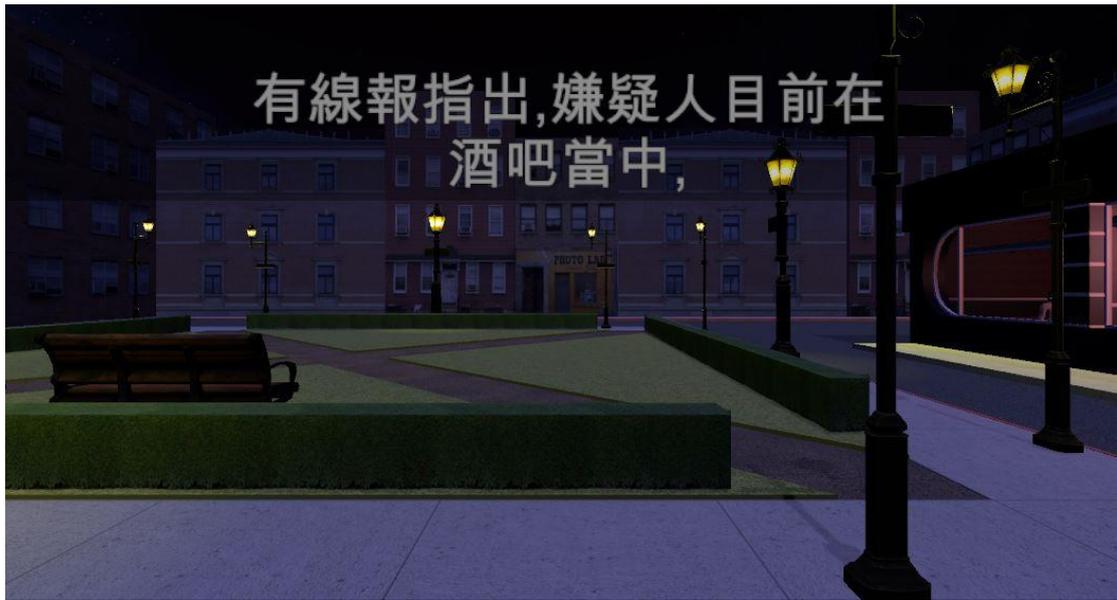


圖 26 範例故事-輔助系統說嫌疑犯在酒吧當中

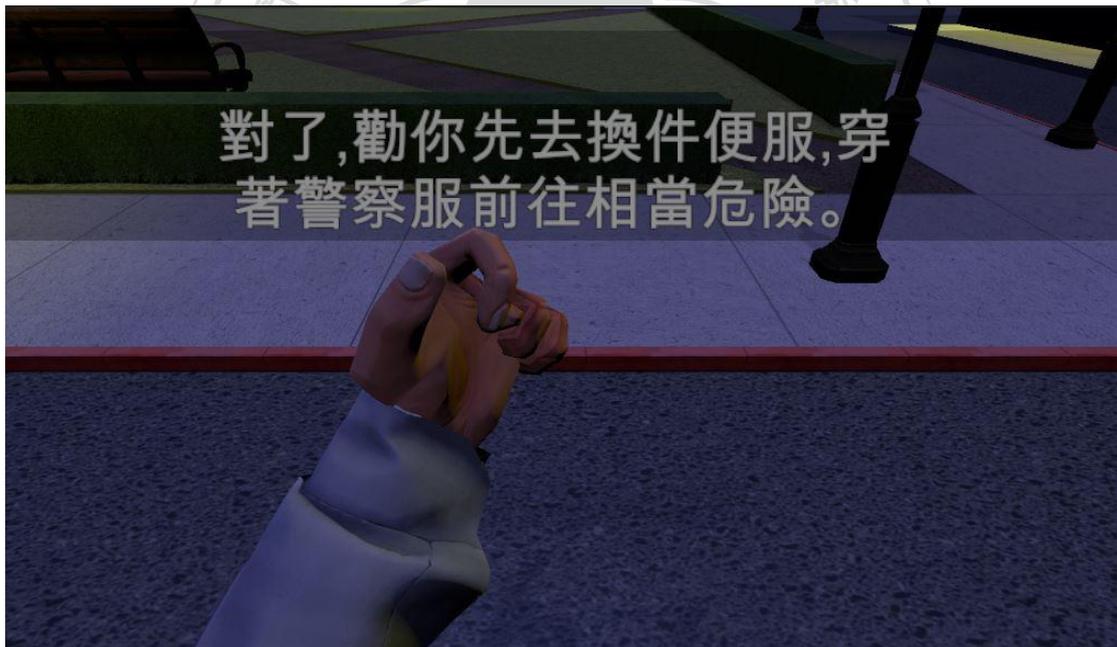


圖 27 範例故事-輔助系統建議主角換衣服



圖 28 範例故事-主角走進服飾店碰觸服飾模特兒



圖 29 範例故事-主角自身的模樣換成該模特兒的模樣



圖 30 範例故事-主角進入酒吧



圖 31 範例故事-嫌疑犯與酒保正在說話



圖 32 範例故事-嫌疑犯向主角伸出酒杯



圖 33 範例故事-主角伸出手抓住酒杯



圖 34 範例故事-嫌疑犯曝光自己的罪犯身分



圖 35 範例故事-主角抓住罪犯的手



圖 36 範例故事-主角將罪犯帶到街道上的警車旁



圖 37 範例故事-主角與罪犯一起上車



圖 38 範例故事-GOOD END，罪犯被關到監牢內

表七、故事結局分支表

場景	場景中可採取的行動	對應情節
街道上	<ol style="list-style-type: none"> 1. 前往服裝店 2. 前往酒吧 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主角警察換上便服
酒吧內	如果在街道場景中，主角沒有換上便服，且在酒吧內被嫌疑犯看見，將被嫌疑犯用槍攻擊	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主角被子彈射中，進入 BAD END 2. 主角躲開所有子彈，嫌疑犯逃離，進入 BAD END 3. 主角跑離嫌疑犯視線範圍
	如果在街道場景中，主角有換上便服，則	<ol style="list-style-type: none"> 1. 超過 300 秒，嫌疑犯離開酒吧，進入 BAD END 2. 嫌疑犯拿酒給玩家
	嫌疑犯拿酒給玩家，玩家選擇	<ol style="list-style-type: none"> 1. 嫌疑犯喝醉後自曝身分 2. 嫌疑犯不開心，離開酒吧，進入 BAD END
	嫌疑犯自曝身分後，玩家抓住嫌疑犯的手	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成功抓住嫌疑犯，開車前往監牢，進入 GOOD END 2. 嫌疑犯逃離，進入 BAD END
BAD END	前往門口，重新開始故事	
GOOD END	前往門口，重新開始故事	

5.2.4 問卷設計

在第二章節的相關研究時，提到 Jennett[10]設計出可以量測受試者沉浸感之問卷，但是該論文之實驗環境為利用電腦螢幕呈現之 2D 遊戲，與我們系統利用 VIVE 呈現虛擬實境場景及利用穿戴式裝置互動有很大的不同，因此我們以該問卷為基礎，設計出符合本系統情境之沉浸感問卷。

我們的問卷不計實驗同意書及實驗流程，總共有四頁，受試者先填寫基本資料以及是否使用過 VR 設備，接著填寫 12 題的操作性問題，7 題系統與故事問題，16 題的沉浸感問題，題目如附錄 5 所示，從非常不同意到非常同意分為五種同意程度，分析實驗結果時將同意程度化為 1~5 的數值，分數越高代表受試者對於這項题目的同意程度越高，並將數值做平均值與標準差，比較兩種不同輸入裝置的分數。最後是意見欄，請受試者寫下任何體驗過程中遇到的問題或是對於系統的改進建議。

5.2.5 受試者記錄

在受試者體驗的過程中，將會全程利用錄影機將受試者的全身以及電腦螢幕畫面錄影起來，透過記錄統計受試者總共體驗了幾次劇情，以及在兩種模式各花了多少時間體驗劇情，以此來判斷故事的沉浸感是否符合預期，以便未來能夠做為系統改進的依據。

5.3 實驗結果與分析

實驗結束後，收集了八位受試者所填寫的問卷，我們將統計實驗結果，首先分析各項题目的分數高低之原因，再來做受試者記錄之分析。

5.3.1 問卷分析

表八到表十分別統計了問卷各項题目的 VIVE 手把模式(對照組)及穿戴式裝置模式(實驗組)的平均值及標準差，其中表八是操作性調查，表九是故事性與系統功能調查，表十則是沉浸感之調查。

表八、操作性調查

問題	VIVE 手把		穿戴式裝置	
	平均值	標準差	平均值	標準差
1. 我覺得「移動」的操作是直覺的。	4.1	0.83	4.6	0.52
2. 我覺得「移動」的操作是順暢的。	4.1	0.99	4.3	0.71
3. 我覺得「移動」的操作是有趣的。	4.1	0.99	4.4	0.92
4. 我覺得「抓取」的操作是直覺的。	4.0	0.93	4.8	0.46
5. 我覺得「抓取」的操作是順暢的。	4.1	0.99	4.1	0.99
6. 我覺得「抓取」的操作是有趣的。	4.1	0.64	4.6	0.52
7. 我覺得「坐下起立」的操作是直覺的。	3.1	1.25	4.1	0.64
8. 我覺得「坐下起立」的操作是順暢的。	3.8	1.39	4.4	0.52
9. 我覺得「坐下起立」的操作是有趣的。	4.4	0.74	4.8	0.71
10. 我覺得我可以自由的移動身體。	3.8	1.39	4.5	0.76
11. 我覺得畫面上的手就是我的手。	3.8	1.04	4.4	0.74
12. 我覺得鏡頭就是我的眼睛。	4.6	0.74	4.8	0.46

表八的第一題到第九題為系統操作性的評估，大部分的平均值都是穿戴式裝置比 VIVE 手把更高分，代表我們的系統成功的讓受試者覺得利用穿戴式裝置作

為輸入媒介，比利用 VIVE 手把來的更直覺且更順暢。進一步分析實驗結果，VIVE 手把的標準差都是較大的，根據問卷結果分析，對於 HTC VIVE 設備較不熟悉的受測者普遍認為利用穿戴式裝置去演出動作是比較直覺的，不用像 VIVE 手把需要特別記住手把上的哪個按鍵是用來觸發哪個動作的；而對 VIVE 手把較熟悉的受試者，因為很熟悉利用手把來操控，因此兩種版本都給予較高的分數，但較熟悉的受試者也認為穿戴式裝置來操縱較為有趣。其中 VIVE 手把版本的第七題特別低分，大部分的受試者反應手把上側邊的 Grip 按鍵是較難按的，因此給的分數較低。而受試者 B 表示因為椅子的高度較低，但坐下的指令是手部碰到椅子時按下指定按鍵，要彎腰去碰椅子是違背直覺的。第十題的部分也是穿戴式裝置模式較高分，受試者 H 表示利用 VIVE 手把的 Teleport 功能去移動時，感覺只是在調整角色的位置，沒有像穿戴式裝置一樣有自己本身在虛擬世界中移動的感覺。

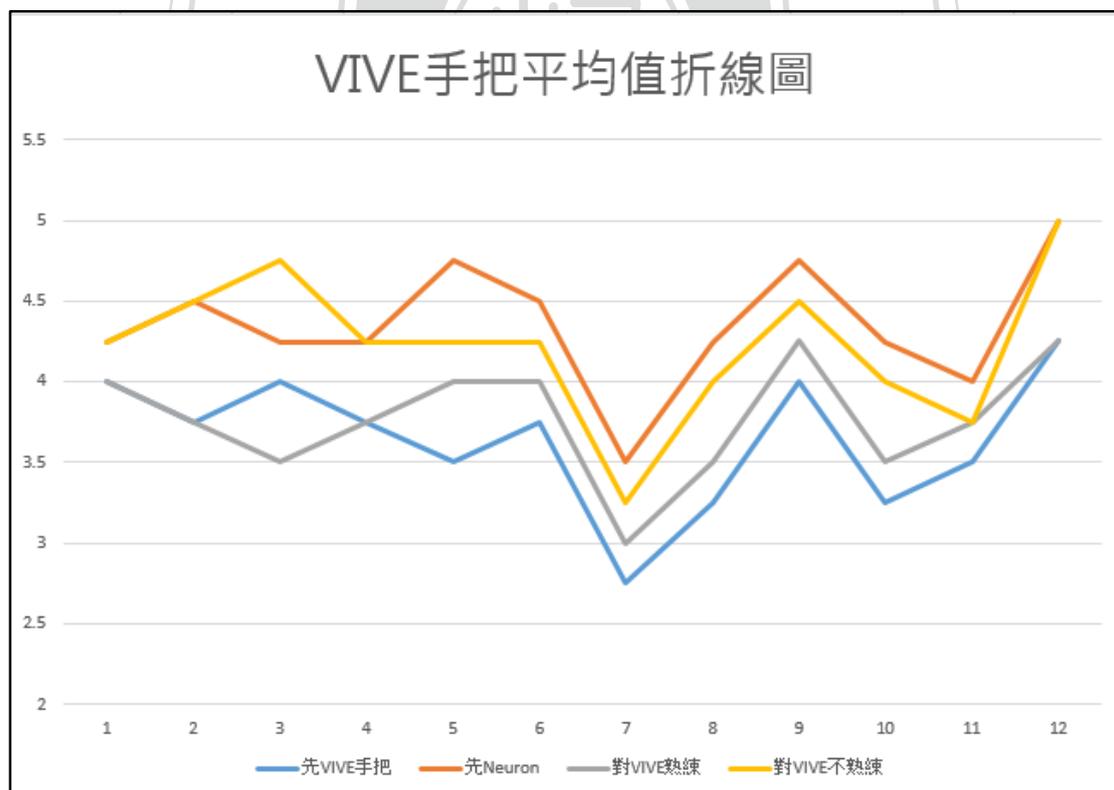


圖 39 VIVE 手把操作性平均值折線圖

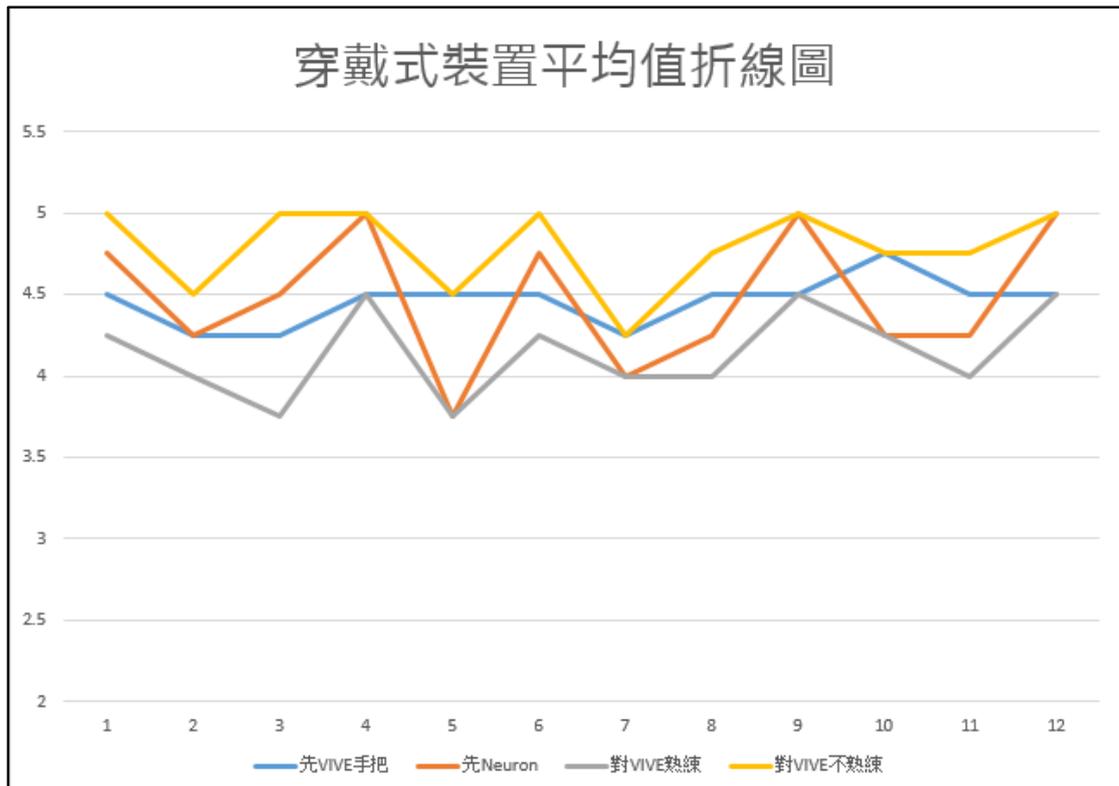


圖 40 穿戴式裝置操作性平均值折線圖

進一步將操作性調查的受試者分為四類，如圖 39 及圖 40，藍線為先做 VIVE 手把版本再使用穿戴式裝置版本的受試者之平均值，橘線為先做穿戴式裝置版本再使用 VIVE 手把版本的受試者之平均值，灰線為對 HTC VIVE 設備熟練度較高的四名受試者之平均值，黃線為對 HTC VIVE 設備熟練度較低的名受試者之平均值。從折線圖可以看到，穿戴式裝置版本的平均值均為較高的，且對 HTC VIVE 設備熟練度較低的受試者的成效特別顯著。而對 HTC VIVE 設備熟練度較高的受試者雖然平均值比其他三種低，但幾乎都維持在 4 分以上的高分。

表九、故事性與系統功能調查

問題	VIVE 手把		穿戴式裝置	
	平均值	標準差	平均值	標準差
1. 我覺得我能了解故事的內容。	4.9	0.35	4.8	0.46
2. 我覺得故事的內容是有趣的。	4.6	0.52	4.4	0.74
3. 我覺得故事的進行是順暢的。	4.6	0.74	4.6	0.52
4. 我想要重複體驗不同的故事路徑。	4.6	0.52	4.9	0.35
5. 我覺得輔助系統的語音及文字提示，可以讓我順利的在故事中進行互動。	4.9	0.35	4.8	0.46
6. 我覺得虛擬角色是在跟我互動。	4.4	0.52	4.3	0.46
7. 我覺得我影響了劇情的發展。	4.5	0.53	4.5	0.53

表九是系統功能與故事性的評估，整體來說的分數都相當高，代表我們的演示劇情是有趣的，並且受試者有意願去重覆體驗劇情以達到不同的故事路徑，而輔助系統的幫助也讓所有受試者都成功的到達結局，不會停在原地不曉得自己下一步該採取什麼行動才能推進故事劇情。受試者 F 表示，如果有更多的劇情分支的話會更好，像是被嫌疑犯射擊時，如果能抓住嫌疑犯的手來阻止他射擊，甚至是可以拿起桌上的槍跟嫌疑犯對決的話，劇情會更加的有趣。

表十、沉浸感調查

問題	VIVE 手把		穿戴式裝置	
	平均值	標準差	平均值	標準差
1. 我覺得我的情緒跟著劇情發展起伏。	3.9	1.13	4.0	1.20
2. 我想知道劇情會怎麼發展。	4.3	1.04	4.8	0.46
3. 我會擔心是否能成功完成任務。	4.0	0.93	4.1	1.13
4. 我發現自己相當融入劇情，以至於想直接跟虛擬角色對話。	4.1	0.83	4.5	0.53
5. 遊戲中的畫面讓我覺得享受。	4.3	0.71	4.4	0.52
6. 玩這個遊戲讓我覺得享受。	4.6	0.52	4.4	0.52
7. 我覺得遊戲操作是容易上手的。	4.3	0.71	4.5	0.53
8. 我沒意識到自己在有任何使用任何控制器。	2.4	1.30	4.5	0.76
9. 我覺得我能夠照自己的意願去移動。	4.3	0.89	4.4	0.74
10. 我覺得在虛擬世界互動時，彷彿跟在現實世界中互動一樣。	3.3	1.16	4.1	0.64
11. 在體驗過程中，我沒意識到真實世界的環境中發生了什麼。	3.4	1.06	4.3	1.16
12. 我覺得自己脫離了現實世界。	3.6	0.92	3.9	0.99
13. 在體驗過程中，我覺得遊戲是我唯一關心的事情。	3.9	0.83	4.1	0.64
14. 我不會想停止遊玩去察看我身邊發生了什麼事。	3.8	0.71	4.4	0.52
15. 我覺得我身處在虛擬世界中而不是現實世界。	4.4	0.92	4.5	0.76
16. 我覺得遊玩中時間過的很快。	4.4	0.74	4.6	0.52

表十統計了受試者體驗時的沉浸感，大部分的项目皆為穿戴式裝置版本分數

較高，表示利用穿戴式裝置去參與劇情是能夠增進沉浸感的。第二題在穿戴式裝置的版本相當高分，大部分的受試者都認為透過穿戴式裝置去實際演出各種動作，能夠讓自己更沉浸到劇情當中。第十題 VIVE 手把版本的平均值相當低，受試者 A 表示透過手把互動並不那麼直覺，常常會在要做動作時按錯按鍵。第十一題則是因為實驗環境空間較小，導致直接移動時很容易會撞到現實環境中的桌椅，導致一直需要注意自己在現實世界中的位置，無法全神貫注到虛擬世界當中，雖然穿戴式裝置版本也有同樣的問題，但受試者 F 表示因為原地踏步的前進方式能夠較容易移動到想去的位置，所以比較不會因為移動而撞到現實中的東西。第十二題穿戴式版本的分數較其他題低分，部分受試者的原因跟第十一題一樣，因為怕會撞到東西，所以還是會意識到自己是正在現實世界中。

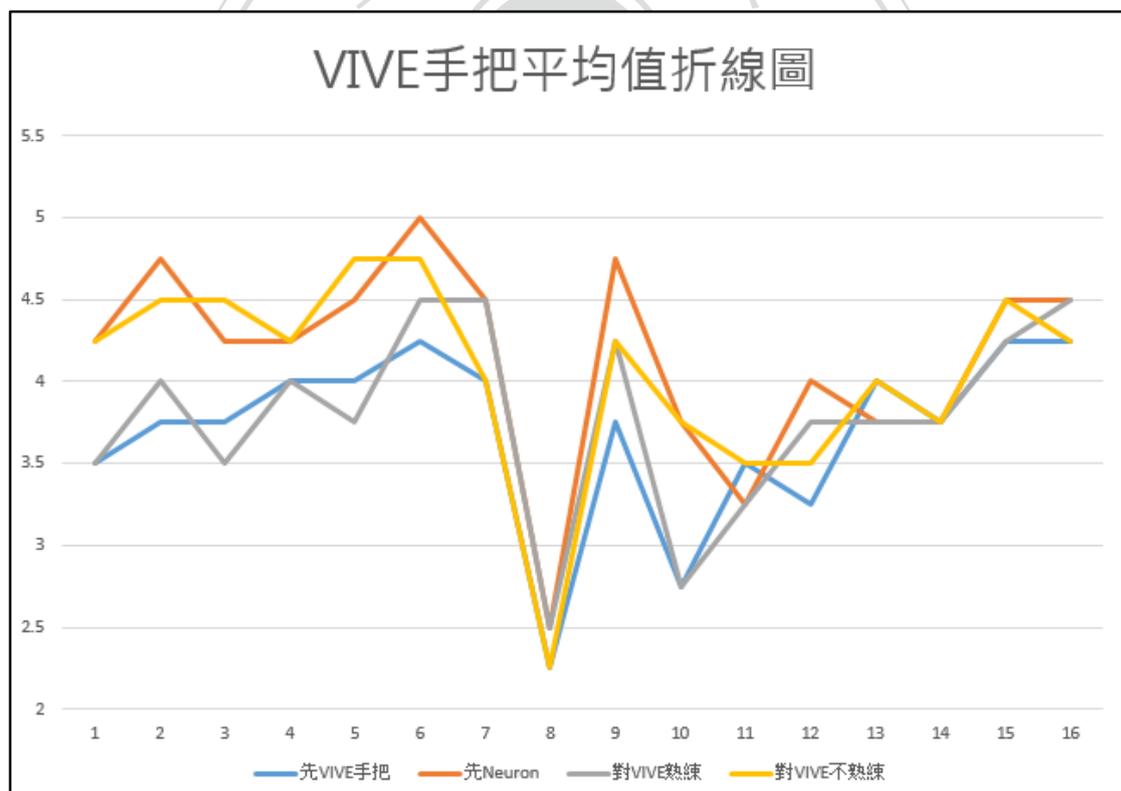


圖 41 VIVE 手把沉浸感平均值折線圖

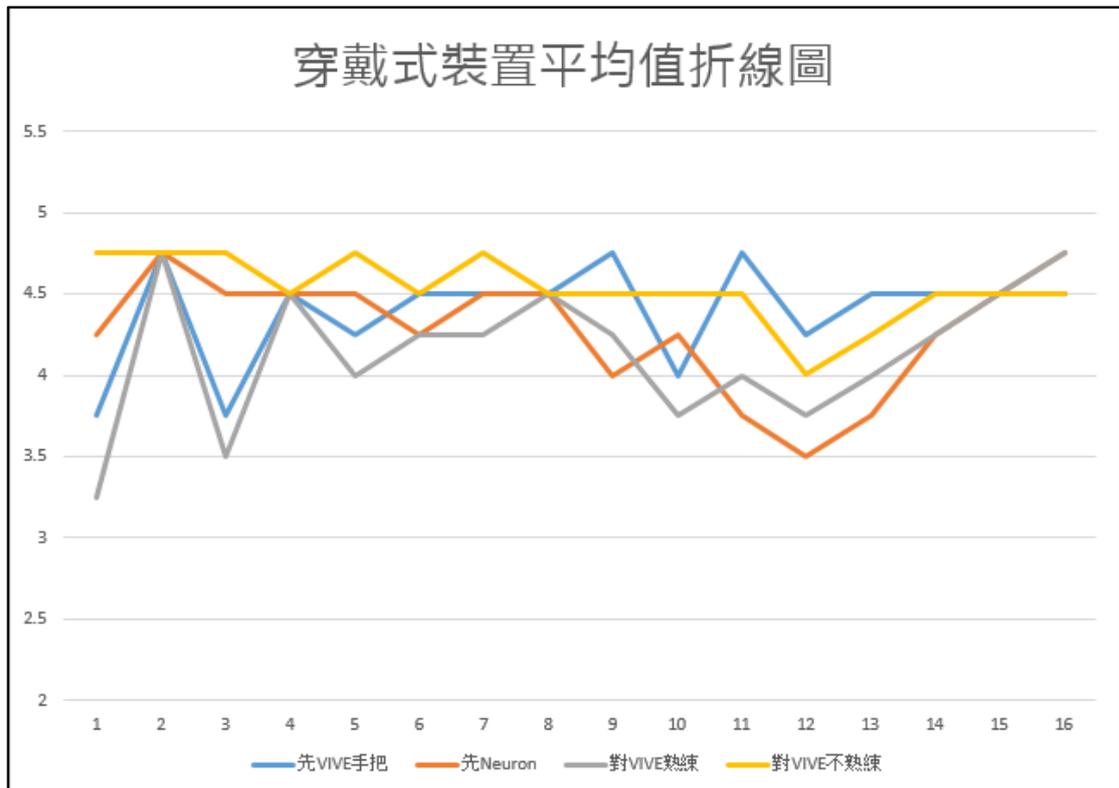


圖 42 穿戴式裝置沉浸感平均值折線圖

進一步將沉浸感調查的受試者分為跟操作性調查一樣的四類，可看出我們設計的利用穿戴式裝置的互動方式，成功提高受試者的沉浸程度，達到了我們當初預期的目標。

訪談的部分，受試者 B 提到利用穿戴式裝置時，有時候人物的身體跟自己身體本身的方向並不吻合，導致要做任何需要接觸物品的動作時，手的位置會不好控制，但當他轉動腰上的感應器節點時，是能將方向對上的，因此建議每次開始遊戲時能夠確認體驗者與人物方向是吻合的，能夠更加增進沉浸感。受試者 D 建議 NPC 講話的語速也許可以加快一些。受試者 F 表示體驗穿戴式版本利用原地踏步前進時，有時候會因為腳上的感應器位置跑掉以致偵測的姿勢不對，導致原地走了很多步卻都沒有觸發前進。受試者 H 表示雖然穿戴式利用原地踏步前進是較直覺的，但是我們的系統為了要區分直接移動與指令移動，因此設定指令移動的原地踏步是需要將腳抬的較高的，導致如果要重複體驗時，移動的部分會比較累，建議可以加大每一次觸發移動時前進的距離，或是縮短場景建築物間的

距離。雖然體驗時或多或少有遇到一些問題，但所有受試者都表示利用穿戴式裝置互動是較直覺且較有趣的，代表我們的互動設計有達成當初制定的目標。

5.3.2 受試者記錄分析

如前面所言，受試者體驗過程中我們錄下了受試者的影像，用來分析受試者體驗時的各種數據。我們的實驗設計是受試者用兩種不同的輸入媒介各做一次實驗，實驗至少要到達結局一次，而要重複體驗幾次並沒有限制，因此每位受試者的體驗次數及時間長短都不盡相同。

表十一、受試者受測時間與到達結局的次數

編號	VIVE 手把		穿戴式裝置	
	受測時間	體驗次數	受測時間	體驗次數
A	13 分鐘	2 次	7 分鐘	2 次
B	8 分鐘	2 次	10 分鐘	2 次
C	4 分鐘	1 次	8 分鐘	2 次
D	7 分鐘	2 次	8 分鐘	2 次
E	8 分鐘	2 次	22 分鐘	3 次
F	9 分鐘	2 次	24 分鐘	16 次
G	7 分鐘	2 次	4 分鐘	1 次
H	5 分鐘	2 次	9 分鐘	2 次

如表十一所示，大部分的受試者總共體驗了 15 分鐘，到達了 4 次結局。受試者 E 在穿戴式裝置版本時因為裝置出了點問題，腰部節點的感應器偵測到錯誤的方位，導致多花了一些時間在校正位置上；而受試者 F 則是想嘗試能不能在

嫌疑犯射擊時躲過全部的子彈，所以體驗了較多的次數。以統計的數據來看，受試者願意重複體驗去觀看不同的劇情，但是因為系統提示似乎太過明顯，以致大部分的受試者都會跟著提示走到好結局，較少會觸發其他路線，導致受試者以為就只有這一、兩種路徑可以體驗。因此未來可能可以將提示不要設定的這麼明顯，讓受試者能夠有更多自己探索的機會，也許能夠進一步增加重玩價值。

分析受試者體驗時的行動，發現多數受試者會想要嘗試與嫌疑犯以外的角色互動，因為我們的演示劇情較聚焦在與特定 NPC 的互動上，其他 NPC 對玩家只有很簡單的動畫回應，未來可能可以增加更多 NPC 讓體驗者能夠與之互動，讓劇情分支能夠更加擴展開來。



第 6 章 結論與未來發展

6.1 研究結論

我們完成了一套 3D 互動敘事結合穿戴式裝置的系統，使用者透過穿戴式裝置當作輸入的媒介，系統偵測到使用者輸入的體感資料後，判斷使用者目前是呈現什麼樣的動作，不同的動作會讓非玩家虛擬角色或是遊戲中可互動的物品有不同的動畫回饋，並根據互動的過程，系統自動將劇情導向不同的分支，讓使用者不僅是故事的旁觀者，而是能實際體驗並影響故事的劇情的參與者。系統設計的部分，我們透過將動畫參數化的方式，讓互動動畫的回應能夠利用 XML 語言撰寫到外部的腳本上，並在系統運行時才讀取腳本內容，讓動畫的呈現在不更動程式內部的狀態下，也能夠有一定的更改彈性，讓作者能更方便快速的調整劇情發展或分支。最後透過問卷與訪談的驗證，證實了我們設計的互動方式是直覺且順暢的，且系統呈現出的動畫回饋與故事劇情是有趣的，讓使用者有意願重覆去體驗不一樣的劇情分支。

6.2 未來目標

在問卷調查時有提到，大多數受試者會希望能夠跟場景中出現的其他 NPC 有所互動，讓劇情更加豐富，但是因為台詞跟語音的部分都是事先錄製好的，並沒有辦法根據劇情發展自動產生，且動作排程的機制是結束互動事件後，NPC 會回

到原始的故事主線，並沒有記錄玩家的介入是否會影響主線劇情的變化。因此未來如果可以加入即時語音合成的功能，以及在互動事件結束後判斷是否要回到原本的動畫劇情，也許就能更完善的根據劇情發展及 NPC 的情緒不同，給予使用者不同的劇情呈現，增加系統的重玩價值。

而穿戴式裝置輸入的部分，因為目前裝置的感測器是用鬆緊帶綁在使用者身體的各個肢體部位上，當使用時間較長時，就容易發生感測器位置偏移導致判斷動作錯誤的問題，因此未來如果能夠加強鬆緊帶的緊度，或是利用類似透氣膠帶的物品讓感測器更穩固的保持在定點上的話，就能夠讓體驗的過程更加的順暢，也減少因為肢體扭曲導致沉浸感下降的問題。

目前因為系統在開發階段，因此遊戲的劇情及台詞皆為程式人員自行構思，並利用線上語音合成系統事先合成並錄製的，如果未來有機會和專業的作者及配音員配合的話，也許能夠進一步增加故事的深度與體驗時的沉浸感。

參考文獻

- [1] F. Kistler, D. Sollfrank, N. Bee, E. André, "Full Body Gestures enhancing a Game Book for Interactive Story Telling," in *International Conference on Interactive Digital Storytelling*, 2011, pp.207-218.
- [2] C. Mousas, C.-N. Anagnostopoulos, "Performance-Driven Hybrid Full-Body Character Control for Navigation and Interaction in Virtual Environments," *3D Research*, 8(2), Article No. 124, 2017.
- [3] H. Rhodin, J. Tompkin, K. I. Kim, E. de Aguiar, H. Pfister, H.-P. Seidel, C. Theobalt, "Generalizing Wave Gestures from Sparse Examples for Real-time Character Control," in *Proceedings of ACM SIGGRAPH Asia 2015*, 34(6), Article No. 181, 2015.
- [4] D. Thalmann, "Motion Modeling: Can We Get Rid of Motion Capture?," in *International Workshop on Motion in Games*, 2008, pp.121-131.
- [5] S. Tonneau, R. A. Al-Ashqar, J. Pettré, T. Komura, N. Mansard, "Character contact re-positioning under large environment deformation," in *Proceedings of the 37th Annual Conference of the European Association for Computer Graphics*, 2016, pp.127-138.
- [6] A. Shoulson, N. Marshak, M. Kapadia, N. I. Badler, "Adapt: the agent development and prototyping testbed," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 20.7, 2014, pp.1035-1047.
- [7] M. Kapadia, X. Xu, M. Nitti, M. Kallmann, S. Coros, RW. Sumner, MH. Gross, "PRECISION: Precomputing Environment Semantics for Contact-Rich Character Animation," in *Proceedings of the 20th ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*, 2016, pp.29-37.
- [8] C. Mousas, "Towards Developing an Easy-To-Use Scripting Environment for Animating Virtual Characters," arXiv preprint arXiv:1702.03246, 2017.
- [9] 楊奇珍, "以體感方式參與敘事的3D互動敘事系統," 國立政治大學資訊科學系碩士論文, 2015.
- [10] M. Kipp, A. Heloir, M. Schroder, P. Gebhard, "Realizing Multimodal Behavior," in *International Conference on Intelligent Virtual Agents*, 2010, pp.57-63.
- [11] J. Funge, X. Tu, D. Terzopoulos, "Cognitive modeling: knowledge, reasoning and planning for intelligent characters," in *Computer graphics and interactive techniques*, 1999, pp.29-38.
- [12] 梁芳綺, "互動敘事中智慧型共同創作平台設計," 國立政治大學資訊科學系碩士論文, 2015.
- [13] 蘇雅雯, "互動敘事中具沉浸感之互動動畫產生研究," 國立政治大學資訊科

學系碩士論文, 2017.

- [14] E. Brown, P. Cairns, " A grounded investigation of game immersion," in *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2004, pp.1297-1300.
- [15] C. Jennett, A. L. Cox , P. Cairns, S. Dhoparee, A. Epps, T. Tijs, and A. Walton, "Measuring and defining the experience of immersion in games," *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(9):641-661, 2008.



附錄 1 實驗的故事劇本

第五章實驗設計中的故事劇本，我們以 XML 檔案格式作為腳本語法，包含 NPC 的標籤、要在什麼時間點播放動畫、持續播放多長時間、播放的動畫名稱、動畫的目標為何的設定。

```
<Scenario>
  <Scene ID="Start">
    <AnimActivitys>
      <AnimActivity ID="TheStart">
        <AnimCharacterMove StartTime="0" Duration="300"
          ActorTag="Waiter" Movement="random_walk" destinationTag="randomwalk_point_bar" />
        <AnimCharacterMove StartTime="0" Duration="15"
          ActorTag="Suspect" Movement="walk" destinationTag="Chair" />
        <AnimCharacterMove StartTime="0" Duration="0"
          ActorTag="Passerby1" Movement="sit" destinationTag="Passerby1" />
        <AnimCharacterMove StartTime="0" Duration="0"
          ActorTag="Passerby2" Movement="sit" destinationTag="Passerby2" />
        <AnimCharacterMove StartTime="1" Duration="300"
          ActorTag="Passerby1" Movement="random_talk" destinationTag="Passerby2" />
        <AnimCharacterMove StartTime="2" Duration="300"
          ActorTag="Passerby2" Movement="random_talk" destinationTag="Passerby1" />
        .....
        <AnimCharacterMove StartTime="15" Duration="0"
          ActorTag="Suspect" Movement="sit" destinationTag="Chair" />
        <AnimCharacterMove StartTime="18" Duration="300"
          ActorTag="Suspect" Movement="random_talk" destinationTag="Bartender" />
        <AnimCharacterMove StartTime="20" Duration="300"
          ActorTag="Bartender" Movement="random_talk" destinationTag="Suspect" />
        .....
        <AnimCharacterMove StartTime="330" Duration="0"
          ActorTag="Suspect" Movement="stand" destinationTag="Chair" />
        <AnimCharacterMove StartTime="335" Duration="100"
          ActorTag="Suspect" Movement="walk" destinationTag="RunAwayPoint" />
      </AnimActivity>
    </AnimActivitys>
  </Scene>
</Scenario>
```

附錄 2 實驗的互動腳本

第五章實驗設計中的互動腳本，我們以 XML 檔案格式作為腳本語法，包含角色的標籤、玩家的身分、玩家的動作、NPC 的情緒、NPC 的回應動畫名稱、動畫回應的時間長度等設定。

```
<Interaction>
... <Character tag="Suspect">
... <<InteractMovement PlayerIdentity="Police" PlayerMovement="all" SelfMood="all" RespondMovement="shoot"
Duration="20"/>
...
... <<InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="sit" SelfMood="good" RespondMovement="give"
Duration="20"/>
...
... <<InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="grab" SelfMood="good" RespondMovement=
"beCatched" Duration="20" GrabTarget="SuspectStrongHand"/>
...
... <<InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="walk" SelfMood="bad" RespondMovement="walk"
Duration="20"/>
...
... <<InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="grab" SelfMood="Great" RespondMovement=
"follow" Duration="100" GrabTarget="SuspectStrongHand"/>
... <<InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="grab" SelfMood="Great" RespondMovement=
"follow" Duration="100" GrabTarget="SuspectOtherHand"/>
...
... <<InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="grab" SelfMood="all" RespondMovement="shoot"
Duration="20" GrabTarget="gun"/>
...
... </Character>
... <Character tag="Bartender">
... <<InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="sit" SelfMood="good" RespondMovement="lookat"
Duration="20"/>
... </Character>
... <Character tag="Waiter">
... <<InteractMovement PlayerIdentity="Passerby" PlayerMovement="waveHands" SelfMood="good" RespondMovement=
"waveHands" Duration="5"/>
... </Character>
</Interaction>
```

附錄 3 實驗同意書

這份問卷是調查使用者對於以穿戴式裝置參與互動之 3D 互動敘事作品的互動性與沉浸感，主要希望可以了解使用者在體驗故事時的感想。在進行實驗的時候會錄下使用者的操作過程以及聲音，所得到的數據僅供學術使用，請安心作答。非常感謝您對於本研究的幫助。

國立政治大學 資訊科學所

指導教授：李蔡彥 研究生：王玟璇 敬上

1. 可能會將您的使用者操作過程的影片用於實驗結果
同意 不同意
2. 可能會將您的使用者操作過程中所錄下的聲音用於研究實驗結果
同意 不同意

受測者簽名：_____

附錄 4 實驗流程說明

親愛的使用者您好，非常感謝您參與本實驗。本實驗的設備有電腦、穿戴式裝置、VIVE 控制器、VIVE 頭盔及其內建之麥克風，使用者可透過這些裝置來與虛擬環境中的角色互動。

我們設計出的範例故事是關於警察抓犯人的故事，使用者透過穿戴式裝置或 VIVE 控制器去觸發各種事件，以影響故事的發展。

本實驗的目的在於測驗以體感參與敘事的 3D 互動敘事系統的沉浸體驗程度是否有達到我們預期的標準，以及我們設計的觸發動作是否能讓使用者以最直覺的方式進行互動。

每次實驗結束後，需要您填寫我們所設計問卷，在結束兩次實驗後進行簡短的訪談，訪談時間約為半小時。

國立政治大學 資訊科學所
指導教授：李蔡彥 研究生：王玟璇 敬上

附錄 5 問卷調查

第一部分：基本資訊

1. 編號：_____
2. 年齡：_____歲
3. 性別： 男 女
4. 是否使用過 HTC VIVE 這項裝置？
是 否
5. 承上題，熟練程度為何？
相當熟練 普通 不熟練
6. 是否使用過穿戴式裝置這項裝置？
是 否
7. 承上題，熟練程度為何？
相當熟練 普通 不熟練
8. 是否使用過 Kinect 這項裝置？
是 否
9. 承上題，熟練程度為何？
相當熟練 普通 不熟練

第二部分：操作性調查，共 12 題

	非常 不同意	不同 意	普通	同意	非常 同意
1. 我覺得「移動」的操作是直覺的。					
2. 我覺得「移動」的操作是順暢的。					
3. 我覺得「移動」的操作是有趣的。					
4. 我覺得「抓取」的操作是直覺的。					
5. 我覺得「抓取」的操作是順暢的。					
6. 我覺得「抓取」的操作是有趣的。					

7. 我覺得「坐下起立」的操作是直覺的。					
8. 我覺得「坐下起立」的操作是順暢的。					
9. 我覺得「坐下起立」的操作是有趣的。					
10. 我覺得我可以自由的移動身體。					
11. 我覺得畫面上的手就是我的手。					
12. 我覺得鏡頭就是我的眼睛。					

第三部分：故事體驗與功能調查，共 7 題

	非常 不同 同意	不同 意	普通	同意	非常 同意
1. 我覺得我能了解故事的內容。					
2. 我覺得故事的內容是有趣的。					
3. 我覺得故事的進行是順暢的。					
4. 我想要重複體驗不同的故事路徑。					
5. 我覺得輔助系統的語音及文字提示，可以讓我順利的在故事中進行互動。					
6. 我覺得虛擬角色是在跟我互動。					
7. 我覺得我影響了劇情的發展。					

第四部分：沉浸感調查，共 16 題

	非常 不同意	不同 意	普通	同意	非常 同意
1. 我覺得我的情緒跟著劇情發展起伏。					
2. 我想知道劇情會怎麼發展。					
3. 我會擔心是否能成功完成任務。					
4. 我發現自己相當融入劇情，以至於想直接跟虛擬角色對話。					
5. 遊戲中的畫面讓我覺得享受。					
6. 玩這個遊戲讓我覺得享受。					
7. 我覺得遊戲操作是容易上手的。					
8. 我沒意識到自己有在使用任何控制器。					
9. 我覺得我能夠照自己的意願去移動。					
10. 我覺得在虛擬世界互動時，彷彿跟在現實世界中互動一樣。					
11. 在體驗過程中，我沒意識到真實世界的環境中發生了什麼。					
12. 我覺得自己脫離了現實世界。					
13. 在體驗過程中，我覺得遊戲是我唯一關心的事情。					
14. 我不會想停止遊玩去察看我身邊發生了什麼事。					
15. 我覺得我身處在虛擬世界中而不是現實世界。					
16. 我覺得遊玩中時間過的很快。					

第五部分：在您使用過後，對於系統的操作有何改進的建議？

