

# 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

王玟璇

國立政治大學 資訊科學系  
台北市文山區指南路二段 64 號  
TEL : (02)29393091 ext62266  
E-mail : 105753004@nccu.edu.tw

李蔡彥

國立政治大學 資訊科學系  
台北市文山區指南路二段 64 號  
TEL : (02)29393091 ext62266  
E-mail : li@nccu.edu.tw

### ABSTRACT

互動敘事大多數的應用，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，增加玩家能以自然的動作當作輸入，並將虛本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。我們預計利用穿戴式裝置與 VIVE 控制器兩種不同輸入媒介來做比較實驗，受試者完成體驗後填寫問卷以及訪談，最後分析實驗結果，來驗證我們的系統是否有效。

### CCS Concepts

•I.3.7 [Three-Dimensional Graphics and Realism]: Animations, Virtual Reality

### Keywords

Virtual Reality, Interactive Storytelling, Wearable Devices

## 1. 簡介

最傳統的敘事，例如故事書、電視影集等等，依靠作者、編劇、演員們各個領域專家共同的努力，編撰出一部部讓觀眾沉浸其中的故事，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，讓觀眾能夠不再只是旁觀者，而是讓自己成為故事中的角色，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項分支來影響故事劇情的發展及結局。

除了傳統利用鍵盤滑鼠選擇選項的互動方式外，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去與虛擬環境中的物件及角色互動，再加上 Virtual Reality (VR)眼鏡在視覺上的立體呈現，讓故事體驗者能真的像是虛擬世界中的一員一樣在虛擬環境中活動。

然而雖然各方面的技術及設備都有著顯著的進步，但目前在虛本人物動畫的部分，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出該播放哪一個動畫。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，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本人物的角色身上，但是要如何透過故事體驗者的動作去判斷他的意圖，來讓虛本人物做出適當的回應，還有許多的研究空間。

因此，我們以 Unity 遊戲引擎做為整合平台，實作了一套系統，故事體驗者可以透過穿戴式裝置作為輸入的媒介，而系統接收輸入後，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 的互動事件，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，進而根據互動的發展，影響後續劇情的演進。透過 NPC 動畫的參數化，我們的系統能讓 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。

## 2. 相關研究

### 2.1 自然的體感輸入

有許多研究利用不同的體感偵測裝置來當作輸入的媒介，例如利用 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[1]，或者透過 Kinect 進行偵測，測試多種不同的動作指令，來當作虛本人物行動的觸發[2]。或是以 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，來呈現相對應之虛本人物的行為動畫[3]。

### 2.2 豐富且擬真的動畫呈現

在動畫呈現的部分，[4]利用事先錄製的動畫片段，在虛本人物發生改變時，自動尋找新的立足點，並對動畫做平順的動畫合成。有研究完成一套動畫系統[5]，透過將不同的動畫模式(例如運動、坐下、物理模擬等)之間區分開來並做成陰影的方式，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。[6]則藉由分析虛本人物動畫資料庫以及虛本人物環境地形，讓虛本人物在導航到目的地的途中，自動選擇最合適

的動作。[7]的 CHASE 系統，讓使用者以文字輸入，結合三種命令搭配不同的參數輸入，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。

### 2.3 動畫腳本語言之設計

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。例如有一些研究[8]利用 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。

### 2.4 對於故事之沉浸感

「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[9]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：Engagement、Engrossment、Total Immersion，不同等級時，玩家對遊戲的專注度及對現實周遭環境的關注程度有所不同。

## 3. 系統設計

為了驗證自然的體感輸入及動畫參數化去增進體驗者沉浸感的可行性，我們利用 Unity 遊戲引擎實作了一套系統，透過 Nerour 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。

圖 1 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。

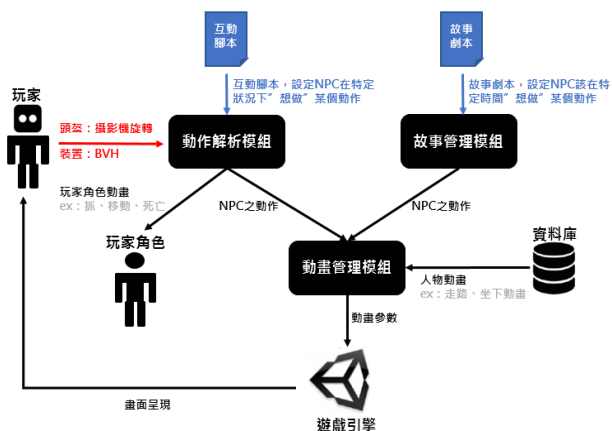


圖 1. 系統架構圖

為了擴展系統的靈活性及維護的便利性，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與 VR 頭盔與虛擬世

界互動；故事編輯者透過腳本及劇本的編輯讓故事本身變得更加豐富；系統工程師編寫程式內部的系統運作，並在有需要時，增加新的動作及參數供兩者做使用。接下來會對各個模組做詳細的介紹。

### 3.1 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，透過模組設計的動作解析，輸出為玩家角色的對應動畫呈現，以及如果有完成觸發條件時，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，可以偵測到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。為了模擬一些故事體驗者在現實環境中無法達成之動作，又將動作輸入分為直接偵測輸入模式及指令輸入模式兩種。而玩家動畫呈現的部分，除了前述兩種不同輸入模式有不同的動畫輸出外，還有第三種強制播放模式，以因應劇情發展而需強制播放之動作動畫，例如角色死亡時，將強制播放死亡動畫。

#### 3.1.1 直接偵測輸入模式

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身體部位的移動而跟著移動，當故事體驗者滿足特定動作條件，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，會根據不同的狀態有不同的反應，如表 1。

表 1. 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	玩家虛擬角色手部靠近可互動物件時，物件周圍會散發紅光，如圖 2，此時做出「抓」的動作，大拇指與食指的距離靠近，或是手指向手掌內縮，即能抓住物件，讓物件跟著手部移動及旋轉
推	身體任何部位碰到可碰撞之物品，並持續同方向施力，該物品即會隨著施力方向移動
揮手	玩家虛擬角色手部高於肩膀，並左右晃動，即完成揮手動作

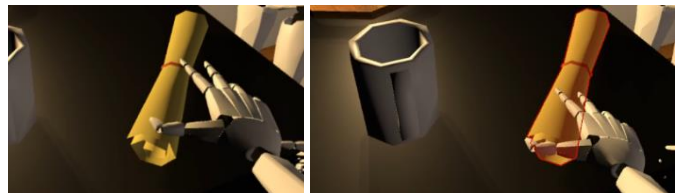


圖 2. 上圖為右手碰到物件前，下圖為碰到時，物件周圍會散發紅光

#### 3.1.2 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，玩家虛擬角色會播放對應之動畫，並有可能在動畫結束後鎮

定某些身體部位之行動，如表 2。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 2. 故事體驗者在虛擬環境中之直接偵測輸入

角色狀態	使用者指令步驟	角色對應動畫
走路	玩家虛擬角色左右腳輪流原地踏步，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
坐下	玩家虛擬角色手部接近椅子時，周邊會發出紅光，此時做出蹲下之動作，蹲至夠低時，將發出提示音，進入坐下模組，讓虛擬角色脫離故事體驗者的控制，播放一連串的動畫。坐下模組結束後，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	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，再播放坐下動畫，並鎖定下半身動畫
站起	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，蹲至夠低時，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	起立動畫
校正	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，一般常見校正動作為「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，當校正處發成功時，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	玩家虛擬角色轉向對的方位

### 3.1.3 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。

在我們的範例故事中，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場景。(2)故事體驗者抓住嫌犯，並帶著嫌犯去坐上警車，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。

### 3.1.4 互動腳本

為了擴展故事體驗者與 NPC 之間互動的故事性，還有劇情改變時，能夠更容易對互動的反應做修改，我們的系統將互動參數化成 XML 腳本的格式。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：PlayerIdentity、PlayerMovement、SelfMood、RespondMovement、Duration、GrabTarget。我們的系統會在開始遊戲時自動讀入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。

### 3.2 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，並在劇本內指定的時間到達時，將動作指令傳送到動畫管理模組。如圖 3 為 XML 故事劇本之範例圖，一條 AnimCharacterMove 為一項動作指令，裡面的參數包含：

1. StartTime：此項動作指令之開始時間
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 3 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 3. 故事 XML 劇本範例

### 3.3 動畫管理模組

NPC 根據跟故事體驗者之間的互動，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，將使得擬真感降低，也使得故事的重玩性低下，因此我們希望透過賦予每位 NPC 不同的「身分」及「情緒」，來讓回覆變得更加豐富。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高的影響力。

#### 3.3.1 動畫模組參數化



圖 4. 拆分身體部位來播放不同動畫之範例

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，揮手速度較快；而情緒為 bad 的 NPC 則反之。除了動畫參數的調整之外，系統將身體部位拆分為多個區塊，可同時對不同區塊播放不同動畫，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，來增加更多動畫回應的種類，以及呈現更加合乎狀況的動畫。如圖 4，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。

### 3.3.2 動作排程

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，因此沒辦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 都等待著故事體驗者與之互動，才會有所動作，而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，也會不夠自然。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 stack 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 stack 當中，並依序執行動作，如圖 5。



圖 5. 動作排程示意圖

### 3.3.3 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 會有不同的動作對應外，我們的系統亦能依照玩家虛擬角色目前的位置，來決定 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 6，左圖為坐在 NPC 右邊，右圖為坐在 NPC 左邊。



圖 6. NPC 會根據玩家不同的位置自動面向玩家

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，例如動作執行者與目標物體的距離，去改變播放的動畫，讓動作的動畫演出更加合乎邏輯。如圖 7 為「shoot」動作之範例，左上為玩家進入 NPC 視線範圍內，開始朝玩家射擊；右上為玩家向右移動，NPC 追逐玩家；左下為玩家與 NPC 距離過遠，NPC 播放左右查看的動畫，並停止 shoot 動作；右下為 NPC 恢復原本的動作排程，走向酒吧。



圖 7. shoot 範例，根據玩家與 NPC 的距離而有不同的動畫呈現

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 8，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 8. IK 範例，NPC 被抓住的手跟著玩家的手移動

### 3.4 提示系統與字幕設計

故事體驗者體驗故事時，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，導致故事無法往下發展的困境。

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 9。

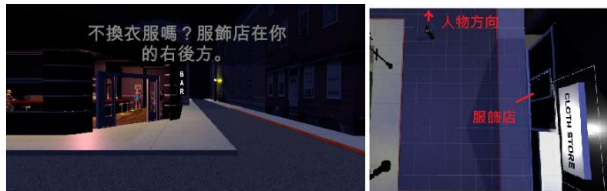


圖 9. 提示系統 - 換衣服提示

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。

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，如前面的圖 6。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。而提示系統的字幕則是會出現在畫面的上方，以便區分提示與對話。

### 4. 範例故事

為了驗證系統架構可行性，我們設計了一段演示情境，讓故事體驗者透過穿戴式裝置及 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，會先進入教學場景，讓體驗者熟悉系統操作，並告知演示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 10，前情提要為：主角是一名警察，在街上巡邏的過程中接獲通知，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，

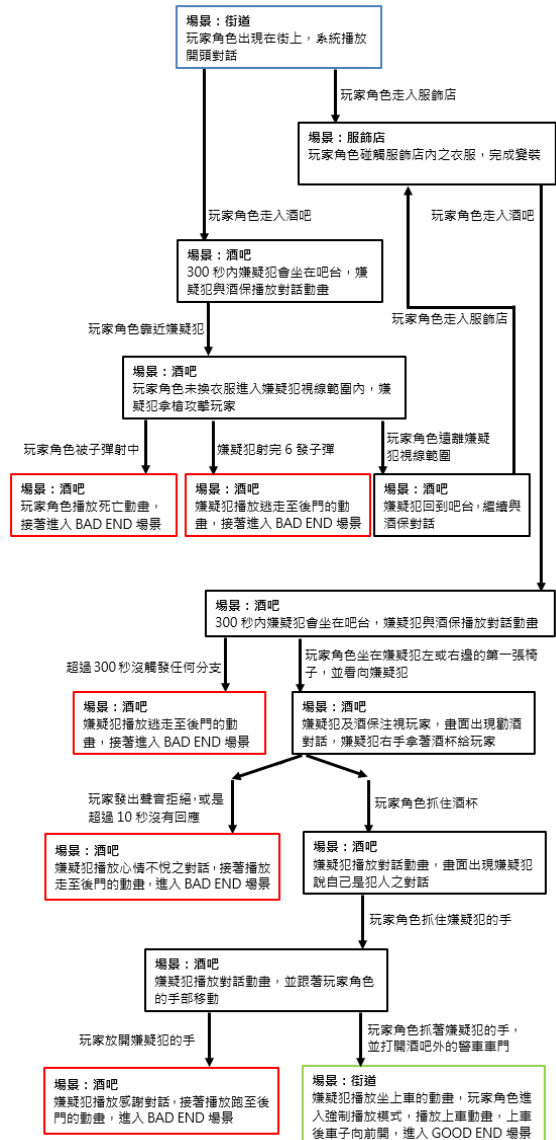


圖 10. 範例故事分支圖

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 10，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 10 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 11. 範例故事

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 11 左上)，並建議主角先去換衣服，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(左中上)，自身模樣換成該模特兒的模樣，接著走出服飾店並進入酒吧，進入酒吧時，嫌疑犯與酒保正在說話(右中上)，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(右上)，主角伸出手抓住酒杯，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(左下)，主角確認該嫌疑犯為罪犯後，抓住罪犯的手(左中下)並將他帶到街道上的警車旁(右中下)，主角伸手打開車門，與嫌疑犯一起上車，最後進入 GOOD END 場景，罪犯被關在監牢內(右下)，而其他警察同仁幫主角歡呼。

## 5. 結論與未來研究

在本研究中，我們在 3D 虛擬環境中設計了一套互動敘事系統，讓故事體驗者能夠透過穿戴式裝置與虛擬世界中的角色互動，而互動的方式以自然且易學為目標，並透過將動畫模組參數化的方式，提升虛擬人物動畫的靈活性與重用性，結合這兩者，讓故事體驗者不只是用眼睛去看故事，用耳朵去聆聽故事，更能透過自己的選擇，將故事導向不同的結局。

預計之後會邀請受試者來做實驗，以評估我們的系統設計是否真的是有效且可行的。實驗過程會請受試者試玩兩種不同輸入媒介，但同樣劇情的範例故事，其中一種利用 VIVE 控制器當作輸入媒介為對照組，另一種穿戴式裝置當作輸入媒介為實驗組，實驗過程中會記錄玩家從開頭至到達結局場景所花的時間，受試者完成體驗後，填寫操作性及沉浸感兩

種問卷，最後我們會分析遊玩時間與問卷內容，來判斷系統的可用性。

## 致謝

本研究在國科會計畫 (MOST 105-2221-E-004-011-) 及 (MOST 106-2221-E-004 -014) 資助下完成，特此致謝。

## 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] 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, pp127-138.
- [5] A. Shoulson, N. Marshak, M. Kapadia, N. I. Badler, "Adapt: the agent developmentand prototyping testbed," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 20.7, 2014, pp.1035-1047.
- [6] 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.
- [7] C. Mousas, "Towards Developing an Easy-To-Use Scripting Environment for Animating Virtual Characters," arXiv preprint arXiv:1702.03246, 2017.
- [8] 楊奇珍, "以體感方式參與敘事的 3D 互動敘事系統," 國立政治大學碩士論文, 2015.
- [9] E. Brown, P. Cairns, "A grounded investigation of game immersion," in *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2004, pp.1297-1300.