

# 多人虛擬環境中有情緒性行為的自主式虛擬演員 Autonomous Virtual Actors with Emotional Behaviors in a Multi-User Virtual Environment

陳柏戎<sup>1</sup>

李蔡彥<sup>2</sup>

李秀惠<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 國立台灣大學資訊工程系

電話: +886-2-23630231 Ext. 3235-308

E-mail: {hh\_lee,b7506014}@csie.ntu.edu.tw

<sup>2</sup> 國立政治大學資訊科學系

電話: +886-2-29393091 Ext. 63379

E-mail: li@cs.nccu.edu.tw

## 摘要

目前文獻上的多人虛擬環境系統，多未具備能依情緒與使用者互動的虛擬代理人。本論文的目的便是在多人互動的虛擬實境中，建立一個有路徑規劃能力，並且會依情緒改變行為模式的虛擬演員架構。此研究的目標不僅在使瀏覽者和虛擬演員，及虛擬演員互相間能有更富於變化的互動，並讓情緒充分且合理的影響虛擬演員的行為。由於此架構能自動完成許多繁雜瑣碎的規則，並讓虛擬演員自主地選擇對話、動作及行為模式，因此可減低場景編輯者的負擔，讓使用者可以花較少的時間，不需撰寫程式，就能建立出很豐富生動的多人虛擬環境。我們已將此虛擬演員的架構實做在一個以 VRM/X3D 為基礎的多人虛擬環境上，我們並將報告此系統的初步實驗結果。

## 1. 簡介

目前關於虛擬演員(Virtual Actor)觀念在多人虛擬環境(Multi-user Virtual Environment, MVE)的研究不少，可讓 MVE 具備更豐富的互動功能。但市面上如 ActiveWorlds[27]、Blaxxun[28] 等 MVE 並沒加入虛擬演員，可見虛擬演員在 MVE 並不普及。原因是隨著功能越來越多，越來越複雜，要創造一個虛擬環境也更加困難，需要更多的專業知識。在加入代理人(Agent)觀念後，如何設定這些代理人的人工智慧(AI)，以及如何和 MVE 系統做連結，也成為一項需要專業知識的工作。而撰寫程式的麻煩，讓豐富多樣的 MVE 環境成了專家們的特權，一般人不是不想創作，而是只能做的十分簡陋無趣。

本研究的主要目標，就是希望讓一般使用者也能把虛擬演員輕鬆地放入自己的虛擬環境中，透過 VRML/X3D [36][37]的顯示環境，創作自己想要的 MVE，讓大家能連上來觀賞、分享、互動。在一些論文裡，如[18]和[28]中，“agent”一字的意義並不侷限於虛擬演員，也可能是其他物體。但我們所想像的，完全就是一些“假人”，說話、走路或動作等和使用者一致。而且除了和使用者溝通互動外，自己彼此間一樣會互動。我們

把這樣的“agent”稱作「虛擬演員」，整篇論文中皆是如此。

要達成這個目標，必須讓虛擬演員能自己避開障礙物，知道現在能看到誰等，這些原本都是需要撰寫程式來達成的。若能讓虛擬演員自動具備這些能力，即可減輕編輯者的負擔。除此之外，關於虛擬演員的反應及行為，我們也希望能作出一套自主式的機制。讓虛擬演員自己依當時情形來判斷該怎麼反應。而場景編輯者只需要設定有哪些反應或互動可以選擇及每個虛擬演員的個性或心情等，其餘虛擬演員會自己去判斷。

自主式機制，我們參考了文獻上的相關研究[3][17][24][25]，以“情緒”(emotion)為主體，再加上個別的記憶印象與每個人的個性差異。如此虛擬演員依自己的情緒、記憶和個性去選擇想要的動作、對話等，來和別的虛擬演員或使用者互動，以表現出許多變化，並求具有合理性。和一般情緒研究不同的地方在於，我們不是從面部表情來表現情緒，而是表現在肢體動作、對話選擇及行走路徑的策略上。因此我們的系統希望達到兩個主要目標在於，讓虛擬演員能有豐富趣味的變化，以及讓場景編輯者不須會撰寫程式仍能擁有一個自己設計的 MVE。

## 2. 相關研究

關於 MVE 中虛擬演員架構的相關研究，最早將虛擬演員架構放到 MVE 中的是[18][19][20]的研究。他們所做的系統，主要包含 X3D、DLP、STEP 三部分。STEP 是一個人物動畫的描述語言，而 DLP 則是 Distributed Logic Programming 的縮寫，是屬於事件觸發式的邏輯程式語言。透過這些元件，可以組成一個有虛擬演員的 MVE。[8]則是將 agent 功能直接放入 X3D 的節點中，透過加入新的 X3D 節點來表現相關的人物動畫。不過由於偏重於動畫部分，只能算加強 X3D 的人物動畫功能，對於人工智慧方面就沒有提到適當的解決方案。[28]的 InViWo agents 架構的特色是能用許多不同的介面來展現，無論 3D、2D 或其他自己想要的風格。他透過 Marvin language 來撰寫虛擬演員的 AI 等資料，不過對於如何有系

統地、彈性地撥放人物動畫，則沒有提到解決辦法。至於[15]則是提出了一套高階看法的虛擬演員架構，希望虛擬演員架構能適應 server-client 和 peer to peer 或其他網路型態而不受限制。不過對於實作面的動畫及 AI 等並沒有深入討論。這些研究各有優缺點，但對於場景編輯者的工作，卻都是會更加複雜困難。而他們對於這方面的困難，都沒有提出解決的方案。因此我們想提供簡單易用的架構，讓非專業人員也可以創造自己想要的 MVE。

為了達到讓編輯者方便的目標，要找出可以自動化的地方，最直接的就是關於避開障礙物和碰撞偵測。這方面的研究由來已久，是屬於機器人學的範圍。把這些應用在虛擬環境裡，[6]曾經有實作過。只不過他們是應用在環境的導覽上，自動產生出虛擬導覽員帶領使用者參觀虛擬環境並加以解說，但和 MVE 以及互動方面並無直接關係。我們採用的是[1]的 potential field 演算法，使虛擬演員能自動避開障礙物來活動，不須任何編輯者的努力。

除了自動化以外，自主式機制也是必要的，否則虛擬演員就缺乏任何變化了。而虛擬演員的變化，究竟是以何者作為依據？根據參考過的相關研究[17]，[24]和[25]，我們決定以情緒做為自主式機制的主體。

至於情緒在虛擬演員方面的研究，大多和目標(Goal)相關。因為目標達成與否或目標的完成度，會對情緒造成許多影響。例如著名的 OCC 模型[26]。還有 PEN [14]及 OCEAN [7]等人格特質的模型，這些模型都和目標有相當密切的關係。許多實作研究[10]和[11]都以這些模型為基礎，表現的方式是對話時的面部表情。但因為目標與客觀環境是密切相關的，我們系統卻是需要適應任何的場景，所以不能預設虛擬演員有什麼目標。再加上[2]所討論若干缺失，因此我們沒有直接使用這些心理模型，而是參考[13]和[16]的理論，找出幾個基本的情緒，來創作出我們的情緒架構。除此之外，因為牽涉到 MVE 中許多不同的使用者及其他虛擬演員，因此對個別記憶印象也是很重要的。還有就是表現出每個虛擬演員差異的人格特質，也是非常需要的。

情緒機制如何運作？根據[25]的說法，主要包含了 appraisal 和 coping 兩方面。Appraisal 是指因為不同的情緒而會造成對環境不同的評估。在不同情緒下聽到同一句話，感覺就會有所不同。而 coping 則是人物適應或試圖改變環境的行為。要制定一個有情緒成分的互動系統，這兩方面的

機制必須建立，這樣才能讓別人感受得到情緒的效果。例如 OCC 模型就是屬於 appraisal 的機制。至於 coping 的機制也有很多研究，[24][25]都提出了十分精采的看法。

表現情緒是 coping 的一部分，最普遍方法就是面部表情。而其中大部分是以 OCC 模型為基礎，因為 OCC 就只提供了 appraisal “解讀”機制，至於怎樣影響別人或適應環境，面部表情是不需要知道的。關於面部表情的研究有很多，[10][11]的研究就是一例。除了面部表情外，其實對話、手勢、走路的樣子等也都透露出一個人的情緒。不管是路徑的選擇或是其他的肢體動作，其實有時候反映情緒的效果比面部表情更好，尤其是當彼此的距離比較遠的時候。而在虛擬環境中，除了和自己對話的人之外，其實大部分時間表情是不容易觀察到的。因此我們希望以這些來表現虛擬演員的情緒，而這些路徑、肢體動作和對話以情緒來作為選擇的標準，在目前的研究中幾乎是找不到的。所知道的唯有[4]的虛擬演員有依情緒來選擇動作撥放的功能。但他們所做的僅有肢體動作，而且是在特定的情境下，且沒有和 MVE 結合。

至於情緒如何標記，如何傳輸，目前普遍的有 VHML [35]和 MPML [34]。有固定的格式來標記情緒，可以方便地來透過網路傳輸。例如[9]就是以 MPML 來標記情緒狀態，然後可以將情緒傳給其他 client 端，則別人可以依據情緒標記來做表現。這樣確實能有多樣表現的好處，也就是如何表現由 client 端決定，可以很多樣；但如何產生此情緒則是單一的。而 VHML 也有類似的情緒標記語法，稱作 EML。但是我們的系統卻不宜以這樣的方式來實作。因為若只傳情緒給別人知道，怎麼表現由 client 端自己決定，那怎樣走路、選擇路徑等等，會佔用相當大的計算資源。因此 VHML 及 MPML 等標記語法還是和面部表情或簡單肢體動作的表現方法比較相配，至於需要較大計算量的表現手法，還是應該以單一方完成，在將完成的結果送至各個 client 端，才有效率。

### 3. 系統架構

#### 3.1. 系統需求及解決方案

我們所希望的系統應具備有豐富變化的虛擬演員來和使用者互動，讓使用者容易使用，只需開啟網頁瀏覽器即可；並且讓虛擬場景編輯者容易製作，不需程式基礎。整個系統可分為編輯模組，監控模組，client 模組及虛擬環境系統四部分(如圖 1 所示)。

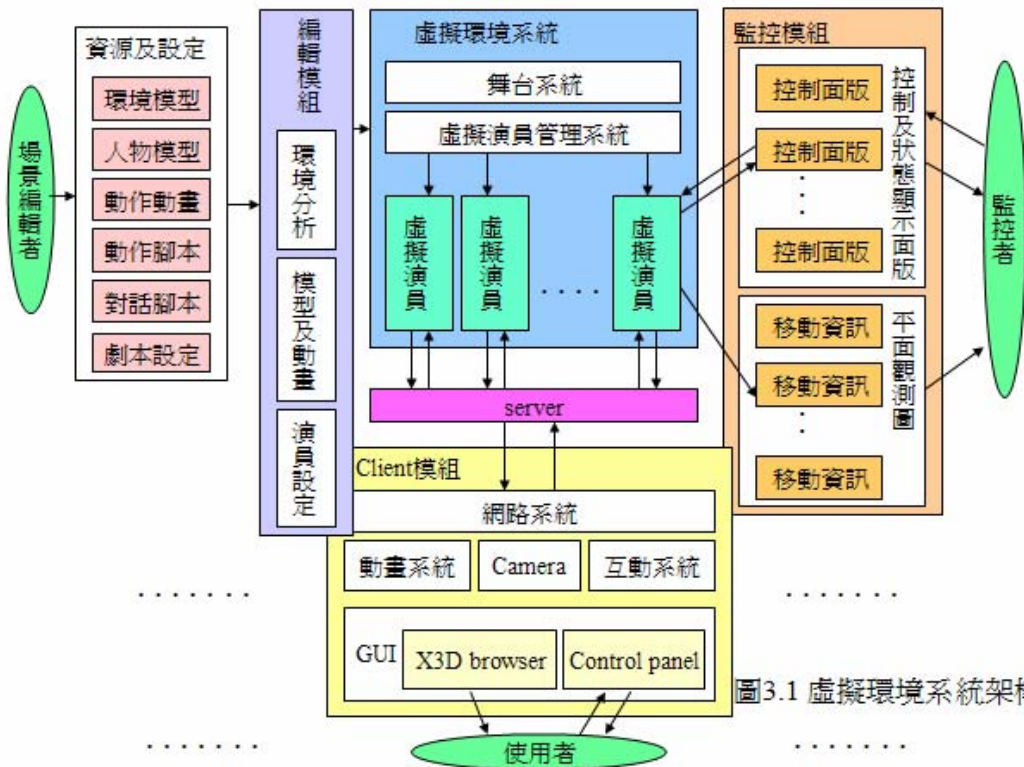


圖 1. 虛擬環境系統架構

使用者的 client 端需要有 VRML/X3D 的瀏覽器，並且有一套人物動畫撥放系統，能在適當的時機撥放這些動作動畫。這個動畫撥放系統，要能支援 VRML/X3D，並且能支援網路傳輸方面的設定，使得彼此之間的動作能讓對方看到。這部分我們採用的系統是 IMNET [32] 多人虛擬環境系統。IMNET 具備的特色是人物動畫撥放功能，其能支援主要的 H-Anim [31] 人物模型格式，並且動畫的格式以 XAML (eXtensible Animation Markup Language) [21][22][23] 來描述。XAML 的主要好處有兩個，第一是採取 XML 的格式包裝，因此可藉由 JDOM [33] 的 java classes 讓程式產生和解讀。而如此一來，當我們希望在動作中加入一些別的屬性(attributes)，或是稍微改變原來的內容，都變得十分容易。第二個好處是，XAML 能支援低階、中階、高階的動作描述，從最低階每個節點的旋轉及位移，到高階的 move to 等綜合指令，使得許多應用方面能有充分的彈性。

對於場景編輯者，我們希望能做的事情有：

- 找合適的人物模型來代表使用者或虛擬演員，人物模型必須符合 H-Anim 格式。
- 找一些自己會用上的人物動作，當然這些動作也要符合 H-Anim 格式。
- 找一合適的場景來當做舞台，讓使用者和虛擬演員在其中互動。
- 編寫純文字檔案來設定虛擬場景和虛擬演員的初始狀態，也可說是劇本設定。

- 可以設定一些場景中會用到的對話，來提供給虛擬演員使用。
- 以一個純文字檔案描述所有人物動作檔案的分類和意義。

在本系統中，每一項都可以輕易做到。其中 1, 2, 3 更已經有內定的檔案資源可供選擇，甚至不必再去找了。而第 2 點更有提供動作編輯器，讓編輯者可以編輯自己想要的動作。至於 4, 5, 6 也已經有範例的檔案可供參考，格式十分簡單，如此能確實減少場景編輯者的負擔。

整個虛擬演員的系統，和 server 端是分開的，而是透過模擬許多 client 端來和別人溝通。這樣的好處，使得架構更為清楚，且功能可以完全分割。即使關閉虛擬演員系統，或是根本不啟動，完全不會影響其他使用者及 server 的狀態，就只是許多人退出場景。

### 3.2. 虛擬演員系統

每個虛擬演員系統所需提供的是自主式的判斷和選擇，主要分為五個部分(如圖 2 所示)：

- **執行緒(Thread)單元**：每一個虛擬演員至少有一個執行緒。並且具有計時器(Timer)功能，能讓每個單元以固定的頻率工作。
- **溝通單元**：包括傳送訊息給使用者或其他虛擬演員，和接收別人的訊息。因此本單元亦包含網路部分。

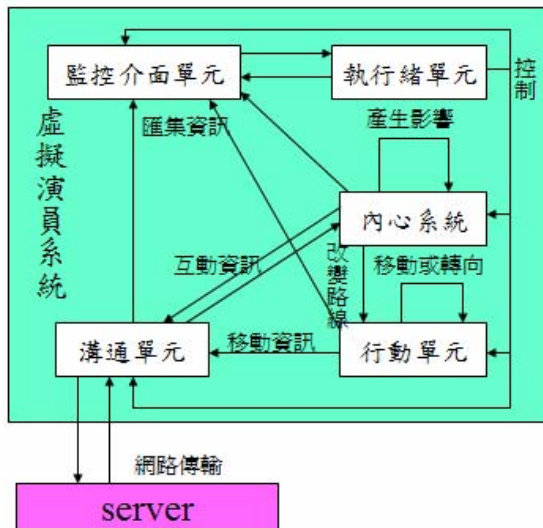


圖 2. 虛擬演員系統中單元間的溝通

- **內心系統單元**：虛擬演員的核心，包含情緒、記憶、個性的判斷機制，也是決定如何解讀別人訊息，如何選擇想要的互動和動作，是讓虛擬演員富有變化及趣味性的關鍵。
- **行動單元**：虛擬演員的自動化功能，包括避開場景中的障礙物、碰撞偵測、找別人說話、甚至逃離某人等，是虛擬演員的肉身。製作出這些功能，使虛擬演員具有絕佳的可攜性，可以適應任何場景，也省卻了許多場景編輯者煩惱的問題。
- **監控介面單元**：一個面版，讓監控者得以觀察虛擬演員的狀態，並可對其做基礎的控制。可觀察的狀態包括收到的訊息，內心系統的數值，行動單元的狀態等。

#### 4. 內心與互動 --- 情緒、記憶與個性的影響

##### 4.1. 內心系統的制定與量化

在本系統中，情緒、記憶、個性是影響虛擬演員各式各樣行為和選擇的依據。為何要考慮這三者的影響？因為我們希望虛擬人物在不同情緒狀態下會有不同表現，對不同的對象也會有不同反應，甚至也會因為不同個性而產生差異。要產生合理並豐富的互動，使這些差異產生並加以量化，是一大關鍵。以此訴求，則想塑造的虛擬演員，在情緒方面必須達成幾個要素。

- 因有多樣的情緒，使虛擬演員會有許多不同的行為方式和選擇傾向，讓人不覺得呆版。
- 能感覺其合理性，但可以有較誇張地呈現。
- 選擇比較有表現力的情緒，讓別人能清楚地察覺差異。
- 選擇的情緒必須是可藉由互動產生和改變，並且在任何場景劇本下都很可能具備的。

- 人的基本情緒，依據[12][13][16]和[27]的研究，有六到十數種，說法不一。最小範圍的六種快樂、悲傷、厭惡、恐懼、驚訝、生氣是獲得一般認同的。以上述的原則挑選，我們選擇快樂、悲傷、生氣、恐懼來表現。不選擇驚訝，是因為驚訝時的表現可能是一句話，一個動作或表情，但對行為方式及選擇傾向則無法表現出什麼差異；至少是很不易表現的，因此目前不考慮。厭惡的情緒則是有對象的，而不是一種狀態。以“人與人之間”的關係，則厭惡的對象必定是別人。對別人的印象差異，我們是以記憶印象的方式呈現，而非情緒，這在稍後會說明。而在別人研究裡曾提到且實作過的自信和焦慮等，雖然會對選擇傾向等造成影響，但此類情緒的產生及互動，牽涉到與環境有關的客觀衡量標準，如壓力大小，目標達成與否等，較不屬於在任何場景劇本下都具備的情緒。例如一個純聊天和觀賞的虛擬世界中，壓力和目標達成等就不存在，使自信和焦慮等情緒無法設定，即使存在也無法改變和互動，因此也不考慮。

把這四種情緒量化，我們是依據人們在互動時，所產生的效果加以分類，別人若對自己表達友善則快樂；別人表達不友善則生氣；別人責備或取笑，亦即自己的價值遭否定時，會悲傷；而安全遭受威脅時，則會恐懼。這樣的分類原則在之後介紹本系統的互動時會再詳加說明。以這種方法分類，也許不是完備徹底的，但以人和人之間的一般對話互動而言，卻很合情合理。所以這可以說是窄化過後的四種情緒，專門指在上述互動中所產生的情緒。這樣一來，快樂和生氣可說是相反的，因此把快樂和生氣設定成一個軸，悲傷一個，恐懼一個；如此就由三個軸所形成的空間來表現出一個虛擬演員目前的情緒了。快樂(Eh) - 生氣(Ea)，悲傷(Es) - 不悲傷(Ens)，恐懼(Ef) ---- 不恐懼(Enf)。

另外，參考 VHML 及 MPML 的表現方法，本系統也加入了長期(long-term)及短期(short-term)情緒的分別，來增加合理性。短期的情緒可說是目前的情緒狀態，就是表現出來的情緒。如何選擇動作和對話時完全受短期的情緒的影響，而別人的動作和對話也是直接影響到虛擬人物的短期情緒。長期的情緒則扮演平復及緩和的功用。一個人恐懼一段時間，若沒有再受到令他恐懼的事，應該會慢慢平復；和一個人爭吵，過一段時間後情緒應會緩和，這些就是設定長期情緒的用處。使得虛擬演員的短期情緒慢慢平復趨近長期情緒，而長期情緒則是短期情緒的累積。

另外我們設定了好感程度(Mi)、熟悉程度(Mc)、悲傷印象(other's Es)、恐懼印象(other's Ef)來代表虛擬演員對每個對象個別的記憶。每個虛



擬演員對於每一位使用者或其他虛擬演員都具有好感度和熟悉度的記憶，來代表對於對方的印象，是好是壞，是有長時間接觸過的，還是陌生的。而悲傷和恐懼印象則是上次對談產生的印象，對方有多恐懼、有多悲傷，而之後就會以這個資訊來看待他。所以未接觸過的人，就不會有這兩個印象；而之後，則會留下最近一次對談的感覺。如此一來，才能表現一個虛擬演員在相同情緒狀態下，對人的態度會因為不同的印象而產生不同的反應。另外和情緒一樣，記憶在好感程度方面也有長期短期的不同，理由與影響方式和情緒一樣，並無不同。

個性的差異也以情緒相關的為基礎，有人容易生氣，有人容易悲傷，有些人表達較含蓄，有些人較誇大恐懼的表現等，這些差別可說是有不同的人格特質。因此我們以三個軸的情緒容易被影響的程度，以及表達的激烈程度來分類出不同的人格特質，也就是個性差異。容不容易快樂(Th)，容不容易生氣(Ta)，容不容易悲傷(Ts)，容不容易被鼓勵(Tns)，容不容易恐懼(Tf)，容不容易感到安全(Tnf)，表達快樂的激烈程度(Ih)，表達生氣的激烈程度(Ia)，表達悲傷的激烈程度(Is)，表達恐懼的激烈程度(If)。

綜合上面所述，每個虛擬演員都有長期和短期分別三個軸的情緒，對每位者用者及其他虛擬人物的記憶，包括長期好感、短期好感及熟悉程度。最後是以 10 個變數來表示的人格特質。

## 4.2. 互動機制

### 4.2.1. 互動事件的意義與選擇

有了內心的系統，即可依不同的內心狀態來調整虛擬演員不同的行為。但若要使虛擬演員在場景中，動態地改變他的內心狀態，進而改變其行為模式，則一個良好的互動機制是必須的。有了互動機制，內心系統才算完整。因此制定出一套合理的、並且不太呆版的互動機制是一個重要的問題。這問題包括藉何種事件來互動，虛擬演員如何選擇互動，互動如何影響虛擬演員等。

制定互動機制的目的，在於影響對方內心狀態，無論對方是使用者或虛擬演員。因此互動事件中必須包含”期望對別人造成的影響”。例如：對一個討厭的人，罵他一下讓他生氣；對一個悲傷的人給予鼓勵等。不僅如此，對於別人的內心狀態有一定程度的了解，在互動中是必須的。例如，“我的好朋友很悲傷，那我該會想鼓勵他。”此互動的選擇有賴於知道對方是否悲傷，要是無法得知，則互動就無法實現。因此互動事件包含有”期望造成別人的影響”和”表達自己內心狀態”兩方面。我們選定內心狀態的三個主要元素，也就是友善、悲傷和恐懼，來作為互動事件的元素。每個互動事件皆包含友善、悲傷和恐懼方面的資

訊，可能是試圖影響自己的內心狀態，或是表達他的內心狀態。

一個互動事件中，可能既包含恐懼相關意義，也包含悲傷和友善相關意義，是可以重複的，如：“別難過，我會幫你的。”這句話可能既包含鼓勵別人不要悲傷的意思，也有友善的正面表達。但是同一個內心元素的相關分類中，只能表達影響別人，或表達自己感受，例如：求饒及威脅都和恐懼有關，但單一句子中應該不會同時表達這兩個意義。而鼓勵和責備這樣意義相反的分類，當然也不應該出現在同一個互動事件中。至於怎樣選擇互動，虛擬人物完全是依照上述所謂情緒、記憶及個性來決定。至於是要表達自己的內心狀態，還是要試圖影響別人的，則是看虛擬演員覺得哪個比較重要。以目前的設定，也是最簡化的設定，是看何者數值較大來決定。若別人表達出非常強烈的情緒，比自己內心各方面的強烈程度都大，就會傾向影響別人的情緒。反之，則傾向表達自己的情緒。在雙方一開始接觸時，並不知道對方的情緒，因此只能猜測，或不予考慮。直到了解對方內心狀態後，才加入比較機制。

目前系統中的互動事件分類列於下表：

表 1. 悲傷相關的互動

分類	表達的意義	選擇的原因
抱怨	表達自己的悲傷程度	自己較悲傷。
鼓勵	試圖降低對方的悲傷程度	對方較悲傷，且自己對他友善。
責備	試圖讓對方更悲傷	對方較悲傷，且自己對他不友善。
無	無任何悲傷相關意義	無明顯悲傷或友善情緒的狀況。

表 2. 恐懼相關的互動

分類	表達的意義	選擇的原因
求助	表達自己的恐懼程度	自己較恐懼，且對他友善。
求饒	表達自己的恐懼程度	自己較恐懼，且對他不友善。
安撫	試圖降低對方的恐懼程度	對方較恐懼，且對他友善。
威脅	試圖讓對方更恐懼	對方較恐懼，且對他不友善。
無	無任何恐懼相關意義	無明顯恐懼或友善情緒的狀況。

表 3. 友善相關的互動

分類	表達的意義	選擇的原因
友善	表達自己的友善程度	一定會表達，但數值可能為 0。

友善相關的表達，既表達自己的內心狀態，也自然影響別人的友善狀態，而且應為一致的。一般情形下，沒有一個互動事件是表達自己很友善，卻是希望對方降低友善的。因為不可分割，所以不需再分類。因此本系統的單一互動事件，可用下列形式表示：(悲傷類別，此悲傷類別表達數值，恐懼類別，此恐懼類別表達數值，友善類別，此友善類別表達數值。)，例如：“你完蛋了!”----(無，0，威脅，80，友善，-70)，這是代表一句很不友善且威脅對方的話。當對方比自己恐懼，而且自己對他不友善時，就可能選擇這句話。以上述規則作標準，則虛擬演員可由他目前的內心狀態，選擇互動類型。並且有表達的強烈程度，使虛擬演員能找一個符合他希望的互動事件，來表達自己，或影響別人。

#### 4.2.2. 互動事件的解讀

按照不同的互動意義，當然會對虛擬演員造成不同的影響。但我們所希望的不僅如此，情緒、記憶和個性的不同，對於同一個互動，其解讀的程度也會不同，這也是[24]中所認同的。例如聽到一句“你真棒!”，是怎樣情緒下聽到的，是誰說的，應該會對其意義有不同的解讀。如果是仇人說的，也許聽起來也不見得中聽。這樣更為合理，也更符合一般現實生活的狀況。

至於如何“扭曲”別人的意見，一個普遍的現象是，人們通常只聽到自己想聽的意思。更客觀地說，我們習慣於先預先猜想對方可能會講出什麼話，表達什麼態度，來形成心理準備。因此當接收到別人意思時，會先去比對是否如自己想的這般，這就會造成某些偏差。以[16]的說法，情緒確實常常會造成人刻意忘記一件事，刻意不去了解一件事，或刻意往一方面想。而情緒的強弱，就是扭曲的強度。

在本系統的互動中，除表達自己情緒外，就是影響別人的情緒，對於三個軸的情緒增加或減少。往快樂、不悲傷、不恐懼這三個方向應視為正面的影響，而相反的生氣、悲傷、恐懼則是負面的影響。至於別人會希望我產生正面情緒或是產生負面情緒，則是以友善程度來作判斷。這些關係在上面選擇互動的部分有過說明。因此，以友善程度來作為預期扭曲的標準，友善的對象所作的互動都往比較善意的方向解釋，例如威脅我，我聽起來也不覺得太嚴重；但一個不友善的人，即使說一點不好的話，我也可能認為很有惡意。綜合說來，若對方在虛擬演員的記憶中是友善的，則情緒影響的互動會傾向往正面的方向來解讀，反之則往負面方向解讀。

- **基本影響(OE)**：由互動所制定的影響數值取得，可以是友善、悲傷或恐懼方面的影響。

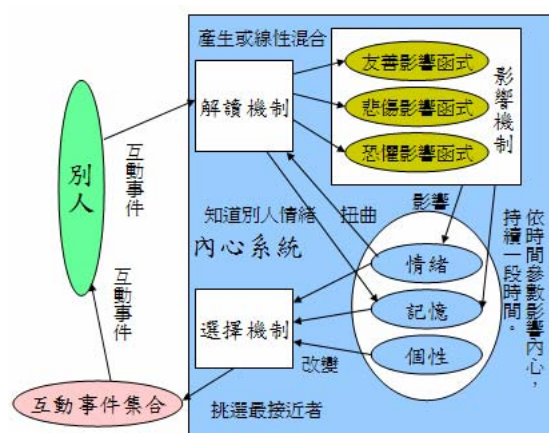


圖 3. 內心系統與互動事件的運作方式

- **最終影響(FE)**：實際上影響虛擬演員情緒記憶的數值。
- **綜合好感**： $(K) = ((short-term Eh) \times (100 - (Mc)) + (Mi) \times (Mc)) / 100$ 。值為  $(-100) - (+100)$ 。
- **綜合好感比率**： $(K rate) = (K) / 100.0$ ；值為  $(-1) - (+1)$ 。
- **最小基本扭曲(BMD)**：綜合好感為最大時，至少會造成對最終影響多大扭曲。
- **最大扭曲比率(MDR)**：綜合好感為最大時，會產生多大比率的扭曲。

我們所使用的扭曲公式為： $最終影響(FE) = (K rate) \times (BMD) + (1 + (K rate) \times (MDR)) \times (OE)$ 。

除了情緒記憶方面的扭曲，個性上面也會造成影響大小的差異。有的人也許對別人的批評無動於衷，有的人可能敏感，有的人也許容易悲傷等等。依之前提過的個性設定，使得虛擬演員情緒受互動的影響會有誇大或抑制的效果。

友善影響除了使虛擬演員的快樂和生氣情緒受到改變，並改變虛擬演員對此對象的好感程度。另外，經過一次互動後，虛擬演員對互動對象的熟悉度也必定提升，至於提升多少方為合理，視需求而定。有時候也許希望互動是短暫而誇張的，那每一次互動後熟悉度就可大幅提升；若希望長時間累積感情，那就只能增加一點點。但無論是哪一種情形，要遵從的規則是，一句無關緊要的場面話，和一句刻骨銘心的真摯言語，在我們心中造成的影響是無法相提並論的。因此，熟悉度的增加，端看最終影響(FE)，也就是對虛擬演員內心的衝擊大小，來決定熟悉度增加的量。

- **最小增加量(MI)**：即使最終影響為0，仍會留下的印象大小。
- **增加率(IR)**：每單位最終影響會留下多少印象。
- **熟悉度增加量** =  $(MI) + (FE) \times (IR)$ 。

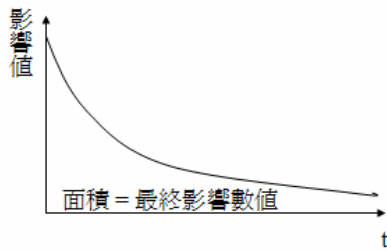


圖 4. 影響函示與時間的關係

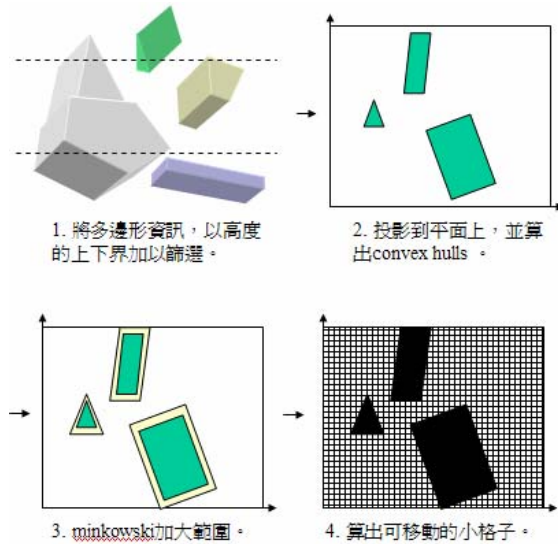


圖 5. 處理 VRML/X3D 場景的流程圖

至於影響的方式，則並非一瞬間心情從原本狀態跳至影響完成狀態。參考[25]，我們採取一個與時間相關的情緒影響函式。簡單說來，情緒影響總共的量就是最終影響，但也許會花一段時間，幾秒或幾分鐘，才會完成整個影響的動作(如圖 3)。這與我們日常生活的經驗是相符合的，也是較合理的方式。

因此接到別人互動事件後，經自己的解讀，即產生一個情緒影響函式。此函式隨時間改變虛擬演員的情緒和記憶，直到時間結束(如圖 4 所示)。另外，對同一種影響而言，例如恐懼影響，僅有一個情緒影響函式，若重複不斷地接到影響恐懼的互動，都會線性合併到同一個情緒影響函式中，當然效果和分開是一樣的。

## 5. 路徑選擇與肢體動作

除了上述的對話選擇外，路徑選擇和肢體動作也是本系統中採用表現情緒的方式。所謂路徑選擇，是指虛擬人物移動時方向的選擇、速度的選擇、目標的選擇等；而肢體動作，則是包含虛擬人物的手勢、走路姿勢等。路徑選擇和肢體動作有不少地方可以顯現出差別，如果躲避某人，緊張兮兮，憤怒地講話等，都有許多可觀察的差異。

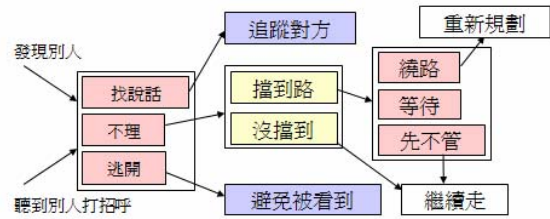


圖 6. 反應差異的流程圖

### 5.1. 路徑選擇

#### 5.1.1. 認識場景和偵測人物

虛擬人物要選擇路徑，就必須先對地圖，人物位置等有所認知。我們所作的流程如下(如圖 5):

- 將 VRML/X3D 場景檔中所有的多邊形資訊，以高度的上下界加以篩選。上下界的定義是根據虛擬演員的身高來制定的，僅有在此範圍處的多邊形可能對虛擬演員產生障礙。
- 將所有多邊形資訊投影到 2D 平面上，並依不同的 3D 物件，每個物件分別算出其所有點的 Convex Hull。
- 依照 Minkowski Sums [5] 方式，將所有的 Convex Hulls 往外加寬一層，其寬度為虛擬演員的碰撞半徑，產生許多新的 Convex Hulls。如此一來，在考慮與障礙物的碰撞時，虛擬演員即可以一個沒有寬度點來考慮，增快速度。
- 將場景分為平面上許多細小的格子，並算出所有格子是在某 Convex Hull，即障礙物中；還是可以自由移動的地區。
- 使每個虛擬演員都能具備一份這樣的地圖，行走時，即可應用[1]的方法算出 potential field 來引導移動。

#### 5.1.2. 路徑選擇方面的差異

移動要有所差別，除了速度不同、姿勢不同外，選擇的路線也可不同。其中姿勢的不同會在肢體動作部分討論。路線的改變可說是對人的反應，可能追著他，可能逃開他，可能找他說話，可能被他擋住等等。在眾多可能的反應中，要先決定提供哪些可能的選擇，然後才能加以系統化，和內心系統產生關聯。這裡必須遵守一件事，就是這些選擇的差異必須是使用者能感覺出來的。由於路徑的選擇，可能有非常多的路都可以走，但即使作出許多些微的差異，使用者卻無法感受到，就白費力氣了。因此，我們選出了下列種類的反應來提供虛擬演員選擇。

1. 發現別人時的反應
  - (1) 找他說話
  - (2) 不理他
  - (3) 趕緊逃開
2. 聽到別人叫自己的反應



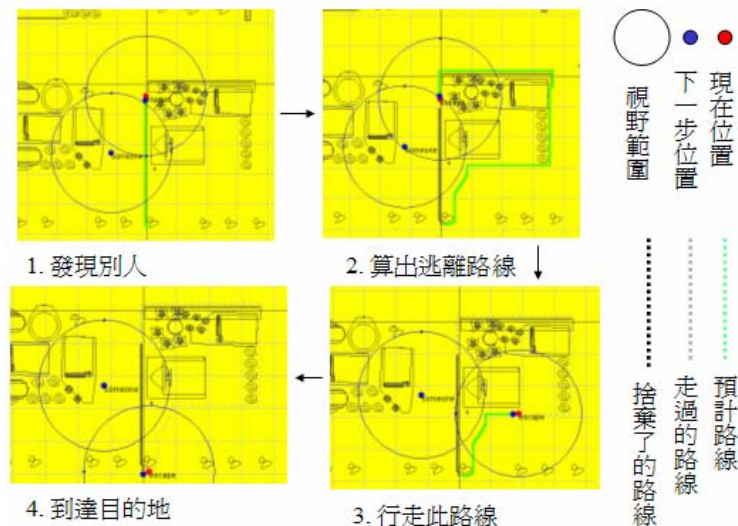


圖 7. 發現別人的反應－逃離別人的平面流程圖

- (1) 找他說話
  - (2) 不理他
  - (3) 趕緊逃開
3. 發現別人擋住路時的反應
- (1) 等待
  - (2) 繞過去
  - (3) 等撞到再說

至於撞到別人時就一定會繞過了(如圖 6)。

### 5.1.3. 內心系統如何影響移動

上述的反應種類，“發現別人時的反應”和“聽到別人叫自己的反應”，所能選擇的反應和運作機制是相同的。因為都是發現別人，只是一種是自己先發現別人，另一種則是別人先發現自己。這兩種情形的判斷規則也是先將情緒、記憶及個性等綜合成三個表達程度，也就是友善表達程度，悲傷表達程度，恐懼表達程度。如果很想要表達好感、惡意、責備、安撫、鼓勵、威脅、求助等，則會越傾向於和對方說話。若是自己很恐懼，又遇到自己討厭的人，則會傾向逃走。若自己很悲傷時，則很消極，不願意和人互動。和選擇對話不同的地方是，對話互動可以讓一句話包含很多意思，但要找他說話，不理他，還是逃走，只能作一個選擇。因此，哪一個方面的衝動最大就選擇相對應的行為(如圖 7)。

記憶中的好感( $M_i$ ) < 0, ( $E_f$ ) > (other's  $E_f$ ), 也就是想逃走時, 則心理衝動( $IMP$ ) =  $-(100 - E_s) / 100 \times (- (M_i) + (E_f))$ 。用負號代表是想逃走。負越多則越想逃走的意思。其他情形下, 心理衝動( $IMP$ ) =  $(100 - E_s) / 100 \times (|K| + \text{Max}(E_f, (\text{other's } E_f), (\text{other's sad})))$ 。當此心理衝動大時, 表示想去找他說話。至於是去罵人還是鼓勵, 責備還是安慰就不一定了。若是心理衝動很小, 則表示不大想和他說話, 則會選擇不理他。

反應臨限值(response limit)：心理衝動大於此數值，則會行動，否則就當作沒看到。 $|IMP| \geq (\text{response limit})$ 。逃走或找他說話。小於則不理他。

當虛擬演員選擇“不理他”的時候，可能會發現此人正擋在自己要走的路上，也就是在自己路徑規劃的路線上。在這個時候的三種選擇，則是和移動的急迫程度(emergency)有關。

$$(\text{emergency}) = (100 - E_s) \times (E_f) \times (IMP)。$$

(emergency)高：選擇“等撞到再說”。

(emergency)中：選擇“繞過”。

(emergency)低：選擇“等待”。

至於行走的速度。當然越急迫時行走速度會越快。

### 5.2. 肢體動作

除了對話選擇和行走方面的差異外，肢體動作也是相當重要的。本系統有一個支援 XAML 格式以及部分 H-Anim 格式的人物動作編輯器，讓虛擬場景的編輯者可以自由地設計他所想要的動作。

而肢體動作依不同時機所能表現的動作可分為五類，個別的選擇規則如下：

- **打招呼：**考慮友善表達程度。範圍在(-100) - (+100)。每個打招呼的動作有一個和友善相關的參數，因此當虛擬人物打招呼時，會以此句話中的友善表達程度，來搜尋數值最接近的打招呼動作。
- **說話的動作：**考慮對話種類，說話激烈程度。每個說話動作都有一個類別，共有抱怨、鼓勵、責備、求助、求饒、安撫、威脅、好感、惡意和平淡 10 種，主要是呼應對話的種類。對話的意義中，友善、悲傷、威





圖 8. 對話與肢體動作同時進行

脅數值何者絕對值最大，就採取那種類的對話類別。

- **道別的動作：**考慮友善表達程度。範圍在(-100) – (+100)。道別動作和打招呼動作的選擇方式和設定方式都是一致的。
- **走路的動作：**考慮行走速度。每一個行走的動作都有一個和速度有關的參數。行走時，系統會一虛擬演員的移動速度來撥放適當的行走動畫。
- **停止時不經意的動作：**考慮快樂、悲傷、恐懼的表達數值。每個停止時不經意的動作都有三個數值表示關於快樂、恐懼及悲傷的表達。當虛擬演員停止移動時，就會選擇撥出。至於選擇的標準，是由虛擬演員的情緒以及個性中的各項表達(expression)數值綜合成上面三個數值，而因為不經意的動作是沒有對象的，因此不把記憶成分列入考慮。

動作播放的範例可參考圖 8。

## 6. 結論及未來工作

這個系統運用自主式情緒架構使得虛擬演員能自主地表現出不同的對話、不同的動作及不同的行動策略。這些行走、對話選擇、肢體動作的表現除了讓場景及虛擬演員更生動外，也使得場景編輯者的工作得以減輕。這樣自主式的表現系統，相信也能用在除了 MVE 以外的其他地方。

有許多功能可以和目前的架構相結合，並能維持原有的簡單方便性。讓 MVE 的製作編輯者想有更多更細緻的控制時，能做出複雜炫麗的功能；而若只想要有簡單基本的功能，也能最輕鬆、最沒有額外負擔地完成。

例如對話的關聯性，可以讓編輯者設定哪句話後面可以接哪些話，再讓虛擬演員選擇。另一方面，若能讓虛擬演員使用自然語言來和別人溝通，將會更自然更真實。不過，以目前的技術要判斷對方說話的情緒，只能以面部表情來識別。至於以說話內容來識別對方情緒，或以情緒來選

擇想要說的自然語言，我們還沒有看過相關的研究。並且，若以自然語言來溝通，則對於細膩的劇情或較複雜的故事性恐怕無法達成。

也可以加上面部表情功能。但對於面部表情的設定，必須要有程度上的差別；如生氣的程度，悲傷的程度等。而且除了內定的幾種表情之外，希望也能讓 MVE 編輯者可以加入自己設計或找到的面部表情。畢竟面部表情有 H-Anim 的公開格式可作為標準，編輯者應能從網路上蒐集到自己喜歡的面部表情，再將其加以定義，就可以讓系統的虛擬演員來選擇。

## 7. 參考資料

- [1] J. Barraquand, B. Langlois, and J.C. Latombe, "Numerical Potential Field Techniques for Robot Path Planning," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 22, No. 2, March/April 1992.
- [2] C. Bartneck, "Integrating the OCC Model of Emotions in Embodied Characters," 2002. Also available from URL: <<http://www.bartneck.de/publications.html>>.
- [3] J. Bates, "The Role of Emotion Believable Agents," *Communications of the ACM, Special Issue on Agents*, 122 – 125, 1994.
- [4] P. Bécheiraz, and D. Thalmann, "A Behavioral Animation System for Autonomous Actors personified by Emotions," *Proc. of the First Workshop on Embodied Conversational Characters (WECC '98)*, Lake Tahoe, California, 1998. Also available from URL: <<http://ligwww.epfl.ch>>.
- [5] M. de Berg, M. van Kreveld, M. Overmars, and O. Schwarzkopf, *Computational Geometry Algorithms and Applications 2nd Edition*, pp.275 – 281. Springer, 1999.
- [6] L. Chittaro, R. Ranon, and L. Ieronutti, "Guiding Visitors of Web3D Worlds through Automatically Generated Tours," *Proc. of the 8th Intl. Conf. on 3D Web Technology*, pp. 27–38. 1992.
- [7] P. T. Costa, and R.R. McCrae, "Normal personality assessment in clinical practice: The NEO personality inventory," *Psychological Assessment*, vol.4, pp. 5 – 13, 2003.
- [8] R. Dashselt, and E. Rukzio, "Behavior3D: An XML-Based Framework for 3D Graphics Behavior," *Proc. of the 8th Intl. Conf. on 3D Web Technology*, pp. 101 – 112. 2003.
- [9] S. Descamps, I. Barakonyi, and M. Ishizuka, "Making the Web Emotional: Authoring Multimodal Presentations Using a Synthetic 3D Agent," *Proc. OZCHI-2001 (Computer-Human Interaction, SIG of Australia)*, pp. 25 - 30, Perth, Australia, 2001.
- [10] A. Egges, S. Kshirsagar, and N. Magnenat-Thalmann, "A Model for Personality and Emotion Simulation," 2003. Also available from URL: <<http://miralabwww.unige.ch>>.
- [11] A. Egges, X. Zhang, S. Kshirsagar, and N. Magnenat-Thalmann, "Emotional communication with virtual humans," 2003. Also available from URL: <<http://miralabwww.unige.ch>>.
- [12] P. Ekman, "Expression and the Nature of Emotion. Ekman, P., and Scherer, K. (Eds.), *Approaches to emotion*, pp. 319 – 343. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1984.
- [13] P. Ekman, *Telling lies*. New York: Norton, 1985.

- [14] H.J. Eysenck, "Biological dimensions of personality," L. A. Pervin, editor, *Handbook of personality: Theory and research*, pp. 244 – 276. New York: Guilford, 1990.
- [15] Y. Fabre, "A Framework for Mobile-Agents Embodied in X3D Networked Virtual Environment," *Proc. of the 8th Intl. Conf. on 3D Web Technology*, pp. 113 – 122, 2003.
- [16] H. Gleitman, 洪蘭 編譯. 2000. *心理學(下)*, pp. 395 – 430, 遠流出版社.
- [17] A. E. Henninger, R. M. Jones, and E. Chown, "Behaviors that Emerge from Emotion and Cognition: Implementation and Evaluation of a Symbolic-Connectionist Architecture," *Proc. of the 2nd Intl. joint Conf. on AAMAS*, pp. 321 – 328, 2003.
- [18] Z. Huang, A. Eliëns, and C. Visser, "3D Agent-based Virtual Communities," *Proc. of the 7th Intl. Conf. on 3D Web Technology*, pp. 137 – 143, 2002.
- [19] Z. Huang, A. Eliëns, and C. Visser, "A platform for Embodied Conversational Agents Based on Distributed Logic Programming," *The First Intl. Joint Conf. on AAMAS WorkShop*, 2002. Also available from URL:<<http://www.vhml.org/workshops/AAMAS/papers.html>>.
- [20] Z. Huang, A. Eliëns, and C. Visser, "Implementation of a Scripting Language for VRML/X3D-based Embodied Agents," *Proc. of the 8th Intl. Conf. on 3D Web Technology*, pp. 91 – 100, 2003.
- [21] T.-Y. Li, and M.-Y. Liao, "A Scripting Language for Extensible Animation," *Proc. of 2003 Computer Graphics Workshop*, Taiwan, 2003.
- [22] T.-Y. Li, M.-Y. Liao, and C.-F. Liao, "An Extensible Scripting Language for Interactive Animation in a Speech-Enabled Virtual Environment," *Proc. of Intl. Conf. on Multimedia Expo*, 2004
- [23] Y.-L. Liu, and T.-Y. Li, "A Multi-User Virtual Environment System with Extensible Animations," *Proc. of the 8th Intl. Conf. on 3D Web Technology*, pp. 129 – 134, 2003.
- [24] S. Marsella, and J. Gratch, "Modeling Coping Behavior in Virtual Humans: Don't worry, Be Happy," *Proc. of the 2nd Intl. joint Conf. on AAMAS*, pp. 313 – 320, 2003.
- [25] E. Oliveira, and L. Sarmiento, "Emotion Advantage for Adaptability and Autonomy," *Proc. of the 2nd Intl. joint Conf. on AAMAS*, pp. 305 – 312, 2003.
- [26] A. Ortony, G. Clore, and A. Collins, *The Cognitive Structure of Emotions*, Cambridge University Press. 1988.
- [27] R. Plutchik, "The evolutionary context," Plutchik, R., and Kellerman, H. (Eds.), *Emotion: Theory, Research, and Experience*, Vol.1. New York: Academic Press, 1980.
- [28] N. Richard, "InViWo Agents: Write Once, Display Everywhere," *Proc. of the 8th Intl. Conf. on 3D Web Technology*, pp. 123 – 127. 2003.
- [29] ActiveWorlds, URL:<<http://www.activeworlds.com>>.
- [30] Blaxxun, URL:<<http://www.blaxxun.com>>.
- [31] Humanoid Animation Working Group & H-Anim. URL:<<http://www.web3d.org/x3d/workgroups/h-anim.html>>. URL:<<http://www.h-anim.org/>>.
- [32] IMNET, URL:<<http://imlab.cs.nccu.edu.tw/IMNet>>.
- [33] JDOM, URL:<<http://www.jdom.org>>.
- [34] MPML, Multimodal Presentation Markup Language, URL:<<http://www.miv.t.u-tokyo.ac.jp/MPML/>>.
- [35] VHML, Virtual Human Markup Language and EML, Emotion Markup Language. URL:<<http://www.vhml.org>>.
- [36] VRML97 and EAI specification 1997. URL:<<http://www.web3d.org/x3d/specifications/vrml/>>.
- [37] X3D 2002. URL:<<http://www.web3d.org/x3d/>>.