

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

智慧型 3D 瀏覽介面中即時運動計畫演算法的設計(2/2) 研究成果報告(完整版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2221-E-004-015-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：國立政治大學資訊科學系

計畫主持人：李蔡彥

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：陶百成、鄭仲強、黃俊傑、陳俊傑、林岳巒、劉炳億、朱鈺琳、雷嘉駿
大學生-兼任助理：趙偉銘、許家毓、林享蓁、梁長宏

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96 年 10 月 30 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

智慧型 3D 瀏覽介面中即時運動計畫演算法的設計(2/2)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC 95-2221-E-004-015-

執行期間：95 年 8 月 1 日至 96 年 7 月 31 日

計畫主持人：李蔡彥

計畫參與人員：

碩士班兼任助理：陶百成、鄭仲強、黃俊傑、陳俊傑、劉炳億、朱鈺琳、雷嘉駿

學士班兼任助理：許家毓、趙偉銘、林享蓁、梁長宏

成果報告類型：精簡報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

■出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後可公開查詢

執行單位：國立政治大學資訊科學系

中 華 民 國 96 年 10 月 25 日

行政院國家科學委員會
專題研究計畫成果報告
智慧型3D瀏覽介面中即時運動計畫演算法的設計(2/2)
**Designing Real-Time Motion Planning Algorithms
for Intelligent 3D Navigation Interface**

計畫編號：95-2221-E-004-015

報告期限：95年8月1日至96年7月31日

主持人：李蔡彥 Email: li@nccu.edu.tw

執行機構及單位名稱：國立政治大學資訊科學系

中英文摘要

(一)、中文摘要

雖然電腦繪圖硬體的處理速度已有長足的進步，但由於虛擬演員的高自由度及操控介面的即時要求，在3D虛擬環境中實現動畫角色的即時控制仍是極具挑戰的課題。在本計畫中，我們以兩年的時間研究以運動計畫演算法，設計即時控制3D虛擬角色的智慧型人機介面，讓使用者能以即時互動的方式有效操控具有高自由度的動畫角色。在第一年的研究裡，我們以第一人稱視點運動控制方式為範疇，成功開發出能適應個人操控特性的線上輔助介面，並提升由電腦所產生輔助路徑的品質。在第二年的研究裡，我們嘗試將此控制方式提昇為更具挑戰的第三人稱控制法。我們根據視點是否依附在動畫角色上，設計了兩類第三人稱的控制輔助方法，即時產生能與環境互動的角色動畫。第一類是針對架設於動畫角色後方的攝影機，以分解計畫法則，產生能適應環境的人體上半身動畫。第二類是針對與動畫角色運動獨立的攝影機，以運動擷取資料庫為輔助，即時合成動畫角色多樣化的全身運動。目前這兩類技術均已能整合在一般個人電腦的操控介面上，產生能與環境互動的角色動畫。此計畫目前的研究成果已達到計畫原定目標，我們並已逐步將成果整理成論文，於各國際研討會或期刊中發表。

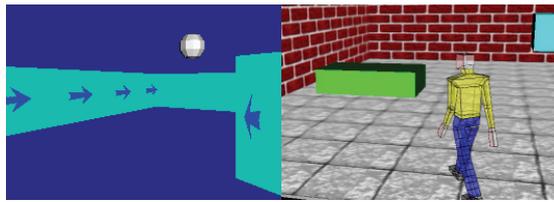
(二)、英文摘要

Despite the advances in graphics hardware development, controlling an interactive 3D character is still a great challenge due to the high degrees of freedom involved in controlling a virtual char-

acter and the real-time requirement of interactive interface. In this project, we have used two years to investigate how to make use of motion planning algorithms to design an effective intelligent user interface for controlling a digital actor in real time in walkthrough applications. In the first year, we have succeeded in developing an intelligent navigation interface with a first-person view that is adaptive to user navigation behaviors. In the second year, we attempt to extend the goal to cover the more challenging third-person control mode, where the viewpoint is detached from the eyes of the virtual character. According to the fact whether the viewpoint moves with the character or not, we have developed two methods to generate motions in real time. By assuming that the camera is placed behind the character, in the first method we use a decoupled motion planning algorithm to generate compliant motions for the upper body of the character. In the second method, by making use of a library of captured motions, we attempt to synthesize versatile motions in real time for the full body of the character. Both methods have successfully been integrated into 3D user navigation interfaces operated with a mouse or keyboard on a regular desktop computer. We have achieved the goals specified in the proposal, and we are in the process of publishing the results in international conferences and journals.

一、緣由與目的

近年來，發展快速的電腦3D圖學技術，除了代表電腦硬體技術日新月異之外，也意味使用者對電腦3D應用的需求與期望。互動式虛擬環境就是其中一種被廣泛應用的3D圖學技術，例



(a) 第一人稱視點 (b) 第三人稱視點

圖一、兩種不同的化身控制方式

如Second Life便是近年來風行的線上3D虛擬環境[23]。與所謂沉浸式(immersive)虛擬實境不同的是，這類網路虛擬環境假設使用者透過一般的個人電腦使用所配備的鍵盤及滑鼠來控制場景中的虛擬人物。

通常我們稱使用者在虛擬環境中所操控的虛擬人物為「化身」(avatar)。常見的化身型態分為第一人稱與第三人稱兩種類型，如圖一。在第一人稱化身的設計上，使用者操控的是化身視點(viewpoint)；隨著視點的移動，所呈現出來的畫面就如同真的在虛擬環境中移動一般，不過無法看見化身本身的模型。對於第三人稱的化身，使用者操作的則是人形化身的模型(humanoid model)。在操控過程中，除了場景的變化之外，也能夠看見化身的模型。在不同的應用中，對化身種類的選用會有不同的偏好，例如在一般全球資訊網中的虛擬環境系統，大多數是使用第一人稱類型的化身，因為其目的是提供簡單的場景瀏覽(walkthrough)。但是當化身本身的運動對虛擬環境的使用者具有意義時，就需要使用第三人稱的化身，像是3D遊戲或是虛擬工作訓練這類型的應用。其中，根據視點是否隨著化身移動，第三人稱的控制方式又可以分為兩種：固定在化身後方、獨立於化身運動。在第一年的研究裡，我們已經開發出能適應個人3D操控特性的智慧型瀏覽介面[19]。本年度的研究則是以第三人稱化身的智慧型控制為主，並針對上述兩種控制方式，發展適當的運動計畫機制，根據環境中障礙物的組態即使用者的高階指令，即時產生適當的化身動畫。

在文獻中，對非沉浸式的虛擬環境，大多是針對如何在較低維度的輸入裝置與虛擬物體的控制間，建立一個直覺的、容易理解的對應；例如如何使用2D滑鼠來進行3D空間中一些操作問題[6][8]。近年來，有些學者認為可以透過人工智慧的方式，來協助使用者對虛擬環境中事物的控制，因此陸續有一些協助型的智慧型介面被提出來。例如，引導式的協助瀏覽機制[7]，或是加

入路徑規劃器、虛擬力場等人工智慧技術的輔助瀏覽介面[7][17][18][22]。這些研究的目的是，都是為了讓使用者在虛擬環境中，更容易的操作。不過目前這些機制，大多都是用在第一人稱化身身上，也就是協助使用者操控視點在虛擬環境中進行瀏覽。[22]這個研究雖然把運動計畫的輔助機制應用到第三人稱的化身身上，但是並未為化身搭配任何的肢體運動，像是走路時的手臂擺動、步伐的改變等。

當我們在虛擬環境中選擇使用第三人稱人形化身時，人體動畫(humanoid animation)就成了必需考量的部分。人體動畫由於本身的特性，經常被分為兩部分來看待，全域運動(global motion)與局部運動(local motion)。全域運動指的是路徑上的變化，局部運動則是肢體動作的變化。不論是全域或局部的運動，最基本的產生方法就是由動畫師編修關鍵格(Key Frame)，或是透過運動擷取(Motion Capture)這兩種方式產生。這兩種方法共同的缺點是動畫產生後就固定了，所以比較適合影片、卡通這種一次性的應用。對於3D遊戲、虛擬環境這一類互動的應用裡，虛擬角色的體型、場景、移動的路線可能都是會變化的，虛擬角色使用的全域或局部運動可能隨時都需要做些許的調整。為了使人體動畫能夠比較彈性的被產生或被重用，有許多研究被提出。研究策略上大概可分為「樣本資料驅動(Data Driven)」與「程序性方式(Procedure)」兩類。

在以樣本資料驅動的研究上，大多將運動擷取(Motion Capture)所得的運動分解成較基本的動作片段，並將這些基本單元進一步組織成「運動圖(Motion Graph)」[15]等的資料結構，再根據目標應用，合成所需的動畫。這類動畫產生方式的優點在於動作的逼真性，而缺點則在於動作的重用性較差。文獻中曾有研究將運動擷取資料用來產生即時互動的虛擬角色[16]，但尚未有能與3D瀏覽控制介面密切整合的研究成果。另一方面，程序式產生動畫的方式以機構學或動力學模型，設計特定動作的計算程序，優點在於動作的彈性較大，但通常需要費時的調整動畫模擬參數，方能產生出較為自然的動畫[1]。過去曾有研究能即時由使用者操控虛擬角色，自動產生下半身的行走動畫[5]，但能在控制過程中根據環境因素即時產生上半身運動的研究則尚不多見。

二、問題定義及研究方法：

本研究的目標在第三人稱的控制方式下，為

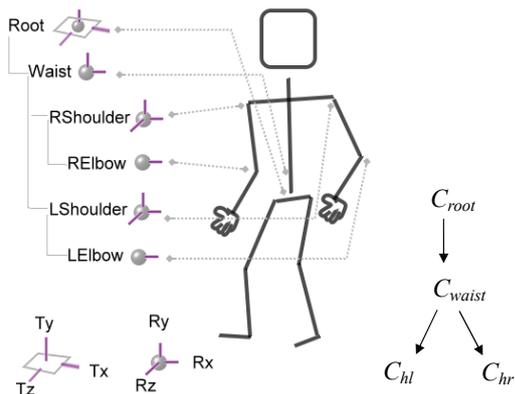


圖 2：化身上半身自由度模型，T：位移，R：旋轉

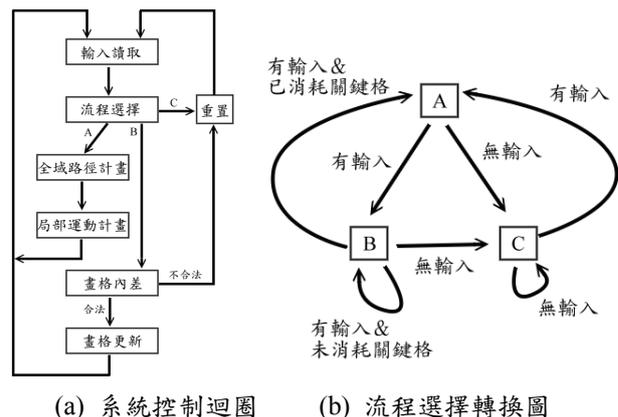


圖 3：系統控制迴圈及流程選擇轉換圖

虛擬環境中的化身，設計能與環境中物體互動的即時動畫。我們根據視點是否與化身分離，設計不同的資料結構與演算法，以滿足不同控制方法下使用者對化身運動的期待。以下我們謹就此兩類作法，提出我們的問題假設與作法。

(一)、以「分解式運動計畫法則」產生順應環境的化身運動：我們假設視點在化身後方，並與其保持一定的距離，因此使用者可以清楚地看到化身的上半身。化身在使用者的操控下運動，但其肢體不得與環境中的物體發生碰撞。在使用者輸入控制指令後，首先要解決的問題是全域路徑的計畫，必須先為使用者決定一個短程的目標，以及規劃出一段往短程目標前進的路徑。有了全域路徑之後，第二個問題是，我們必須為這段路徑，搭配上身部的局部肢體運動。局部肢體運動的產生有兩個限制條件，首先是肢體運動必須盡量保持走路時上半身的運動樣式，包含了雙手自然擺動與保持腰部直立，這個限制屬於非嚴格限制(soft constraint)。第二個限制則是屬於嚴格限制(hard constraint)，即在搭配動作的過程中，肢體的運動軌跡，不能夠與障礙物發生任何碰撞。

化身的機構學模型如圖2所示。我們以 R 代表系統中的化身。 R 上半身的部分共有13個自由度。以 C 代表 R 的組態空間，表示 R 在進行運動計畫時的參數空間，或稱組態空間(Configuration Space)。我們沒有直接使用與自由度空間相同的13維空間當成 R 的組態空間，而是根據人體架構的特性，將13個維度分成四個群組(如圖2)，以 J 來表示四個群組的集合， $J = \{ root, waist, hl, hr \}$ ，故 $C = (C_{root}, C_{waist}, C_{hl}, C_{hr})$ 。每個群組有自己在計畫時的組態空間 C_j ， $j \in J$ ，在 C_j 中的任一個點

q_j ，稱 R 在 C_j 中的組態。 q_j 是用來描述目前 R 身上，對應到 C_j 中那些自由度的值。但是因為人體架構是具有階層式架構，階層較低的 C_j ，要等階層高的組態定決定後，才能夠決定。決定順序如圖2。這種把高維度組態空間分解成幾個低維度組態空間，再依序進行計畫的方法，一般稱為分解式計畫(decoupled planning)。

我們提議用運動計畫中街圖法[10]的概念來加速計畫的效能。我們將化身特定部位肢體的偏好動作設計成「活動能力圖(Activity graph)」，以做為街圖法中街圖的骨幹。這些局部運動必須搭配在使用者控制的全域路徑上，因此若以時間函式 $f(t)$ 來表示全域路徑，即代表我們必須把活動能力圖，向時間軸延伸成「組態-時間」空間街圖(C-T space roadmap)，再從「組態-時間」空間街圖搜尋出一段「合適」的局部肢體軌跡。所謂「合適」是指運動要有意義，而且要能夠閃避障礙物。活動能力圖除了是街圖的一部份外，也做為搜尋合法路徑時，目標函示設定的主要依據。換言之，在不與障礙物碰撞的前提下，偏好的循環運動在搜尋過程中會盡可能的被維持住，而街圖會根據問題的難易而適度的擴張成長。

系統運作的流程，是由計畫階段與執行階段輪流進行。圖3(a)為系統控制迴圈。控制迴圈中，分別有三種不同的流程走法。一開始會先讀取使用者的輸入，進入到流程選擇。A的流程是計畫流程，首先將使用者的輸入放入全域的路徑計畫器中，為化身規劃一條沒有碰撞的全域路徑。再來透過局部運動計畫器，為這條全域路徑搭配局部運動，並且把計畫結果輸入到關鍵格佇列中。B的流程是執行動畫播放的流程，主要的工作是

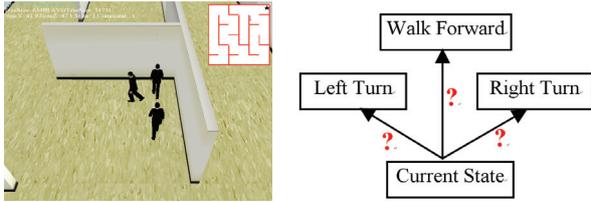


圖 4：角色動作預測

從佇列中取出資料進行畫格更新。如果更新過程中，關鍵格佇列空了，就會進行C重置的流程，下一輪再讀取使用者的輸入重新計算，重新進入A的流程。如果畫格更新沒有失敗，B的流程會一直重複，直到有超過一個關鍵格被消耗後，下一回合才會再回到A的流程。當使用者停止輸入時，則進行C的流程，直接重置。圖3(b)為整個流程選擇的轉換圖。

(二)、以「可行運動樹」合成化身之全身運動：當視點脫離化身而獨立運動後，化身的全身運動可以在不同的角度被觀察到，因此我們希望能根據使用者的高階輸入，即時產生化身多樣化的全身運動。例如在一般的3D角色操作系統裡，使用者只需要下達前進、後退、往右和往左等高階命令，系統便能從角色的可能動作裡，搜尋出跳躍、蹲下或側翻等能符合使用者操作要求且又能閃避過場景中障礙物的角色動作。然而，一般運動計畫演算法的效能，尚無法在即時的限制下計算出多樣化的全身運動。因此，我們在此模組中採用運動資料庫(Motion Library)做為我們進行規劃與合成運動的資料來源。

我們將運動資料庫中的運動片段(Motion Clips)加以編輯成為運動圖(Motion Graph)，並藉以在執行時間合成所需的化身運動。為了能順利合成可行的運動，我們必須對未來可能的動作進行預測。角色動作預測的目的是要在角色組態空間裡，盡量搜尋出合法且可以被目前角色所達到的未來角色組態，讓系統之後可以根據這些預測結果來選擇適當的動作。圖4便是一個簡單的動作預測例子，從圖裡可以看出角色目前正處於行進中的狀態，未來它可以選擇向前走、向左轉或向右轉的動作。在這個例子裡，由於右邊有牆壁阻擋，向前走和左轉便是我們這裡所希望預測出來的合法角色組態。其中如果使用者給角色的命令是往前，那麼我們將會優先搜尋向前走的動作。但要在龐大的角色組態空間中進行搜尋，並不是一件容易的事。為了增加搜尋的效率，我們

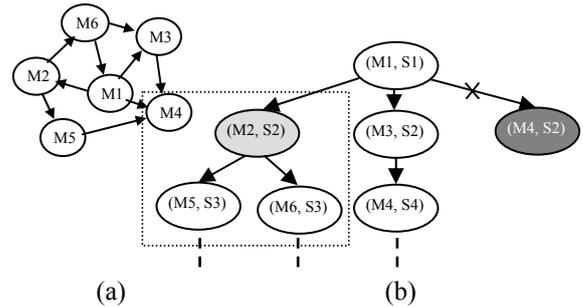


圖 5：運動圖(a)及其可行動作樹(b)的範例

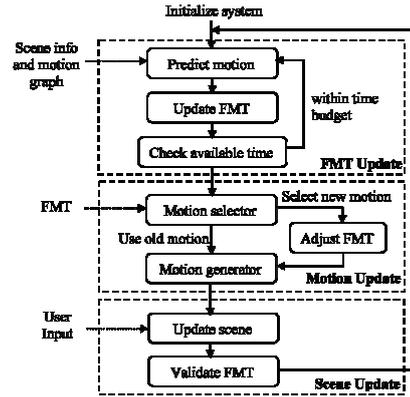


圖 6：系統運作流程圖

根據實際的需求來改變組態搜尋的優先順序，優先搜尋比較容易被使用到的組態，藉此減少許多不必要的計算。

「可行動作樹 (Feasible Motion Tree)」是我們所提出用來儲存角色未來組態的樹狀資料結構。其中樹的根節點(root)代表目前的角色組態，其它節點則是未來可能組態。圖5是個簡單的例子；這個例子是以角色中心點所處的位置及當時的系統時間來表示 S_j 。其中樹的根節點是 $(M1, S1)$ ，代表角色所正在進行的動作為 $M1$ ，在場景裡的狀況為 $S1$ 。而從圖5(a)的運動圖可以看出下一個可能動作為 $M2$ 、 $M3$ 和 $M4$ ，因此其子節點可以是 $(M2, S2)$ 、 $(M3, S2)$ 和 $(M4, S2)$ ，但 $M4$ 因會與障礙物發生碰撞被設為不合法。之後可從節點 $(M2, S2)$ 推論出 $(M5, S3)$ 和 $(M6, S3)$ ，依此類推。

此系統的運作方式如圖6流程圖所示。由於此可行動作樹的維護必須在使用者操控化身的同時，利用每一畫格更新的間隙進行，因此我們必須在有限的時間內有效的選擇適當的葉節點進行擴展，並在目前運動片段結束時，根據目前的可行運動樹做出下一個動作片段的選擇。我們發展了數個擴展策略及動作選擇策略，包括深度優先、寬度優先、節點老化、指令吻合度優先等

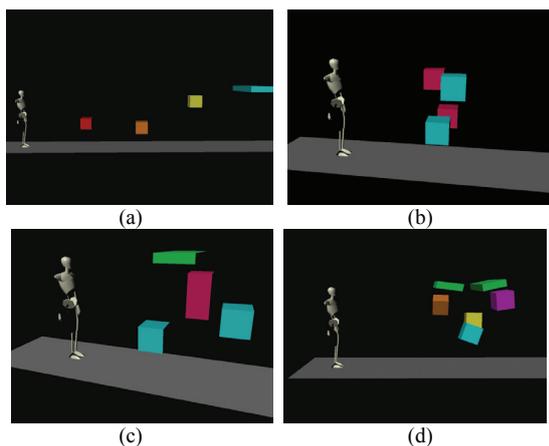


圖 7：效用測試實驗場景

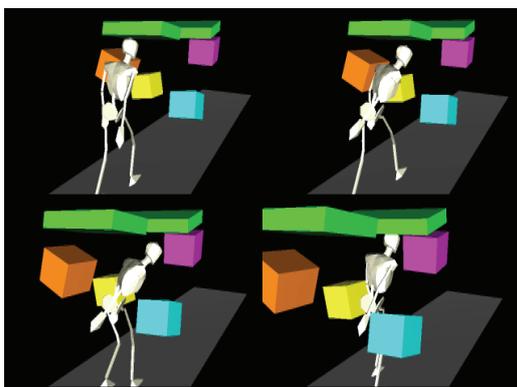


圖 8：化身通過場景 D 的範例

原則，並對這些策略進行了有效性的比較。

三、研究結果：

針對上述兩個研究目標，我們已完成所需軟體模組的設計，並取得初步的成果。

(一)、產生能順應環境的化身運動：我們設計了四個擺設方式不同（困難度遞增）的簡單場景（如圖7）來測驗我們所設計的機制。我們對每個場景，都進行五組實驗，分別設定不同的關鍵格序列的大小（大小從3~7）。在一組實驗中，我們會進行三次的「穿越測驗」（分別使用不同亂數種子）。實驗結果如表1，數據都是三次實驗的平均值。為了表示上的方便，我們以（場景,關鍵格佇列大小）來描述表格中的某一行。例如(A,4)，表示場景A，使用關鍵格佇列大小為4的情況。圖8所示之動畫為由系統成功產生化身在場景D之運動的範例。我們可以發現關鍵格佇列如果太小，會使得我們的機制發揮受到一些限制。佇列越大，能夠解決的問題數越多，但對於複雜的場景，佇列太大會喪失即時性的效能。整體而言，佇列長度設在4-6的效果最好，都能達到即時更

表 1：局部運動計畫器實驗數據

SCENE		A					B					
Success	KeyFrame Queue Size	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	
	< 30 sec. rate	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	straight rate	0%	100%	100%	100%	100%	0%	100%	100%	100%	100%	
	stuck times	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		passed time (sec.)	8.3	5.0	5.0	5.0	5.0	16.7	2.7	2.3	2.3	2.0
Local Planning	Total	40.0	28.0	27.7	26.7	27.0	78.3	15.0	13.7	13.0	12.3	
	Success rate	79.2%	90.5%	90.4%	90.0%	90.1%	60.9%	84.4%	85.4%	92.3%	100.0%	
RealTime Performance		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	
SCENE		C					D					
Success	KeyFrame Queue Size	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	
	< 30 sec. rate	100%	100%	100%	100%	100%	0	67%	33%	67%	100%	
	straight rate	0%	67%	100%	100%	67%	0%	0%	0%	0%	0%	
	stuck times	2.7	0.3	0.0	0.0	0.3	2.5	9.0	1.0	1.3	1.3	
		passed time (sec.)	8.0	3.3	3.3	3.3	9.0	7.5	10.0	12.5	17.3	
Local Planning	Total	35.0	18.3	19.3	16.7	15.7	37.5	49.0	26.5	32.3	32.3	
	Success rate	61.9%	69.1%	79.3%	88.0%	95.7%	68.0%	65.3%	84.9%	78.4%	78.4%	
RealTime Performance		Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	N	N	

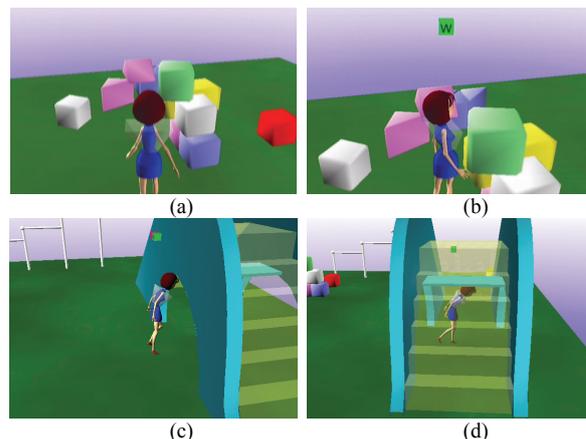


圖 9：在使用者的操控下，虛化身即時產生避障行為的範例(a)(b)扭身避開肩膀碰撞(c)(d)彎腰避障

新的目的。我們也將此機制在多個虛擬環境的操控介面上進行測試。如圖9所示，化身在使用者的即時控制下，分別做出轉身及彎腰的動作。

(二)、以可行動作樹合成化身的全身運動：我們實驗中所使用到的22個動作片段檔，是修改自CMU Graphics Lab動作擷取資料庫裡所提供的動作片段。另外，在場景與角色的碰撞偵測部分，我們是以每一個動作格為碰撞檢查的基本單位。我們已將此運動計畫器整合在一個自行開發的第三人稱控制介面裡，其執行範例如圖10所示。在此場景中使用者以鍵盤操控化身移動，以不同運動通過兩個障礙物，其中(a)及(c)分別為系統所維持的可行動作樹範圍。對於不同的可行樹擴展策略，我們也作了一些實驗進行比較，實

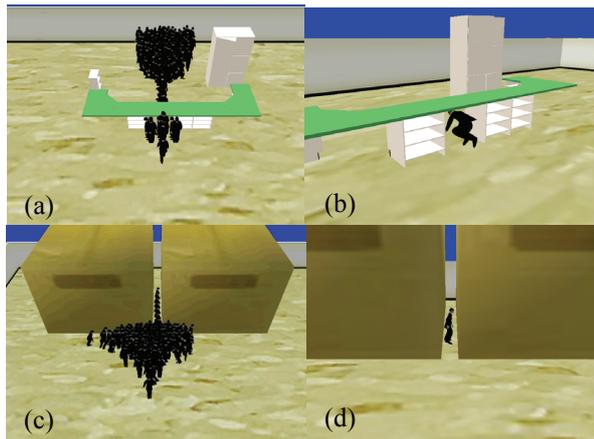


圖 10：化身通過場景中不同障礙物的範例。(a)及(c)是可行動作樹搜尋的範例；(b)及(d)為通過障礙的方法

驗結果如圖11所示。圖中的數據都是取四次實驗的平均值。Type1是以目標吻合度搭配優先權老化的擴展策略，Type2是單純只以目標吻合度來進行動作樹擴展的策略，Type3則是寬度優先的擴展策略。實驗結果顯示第三種策略所能維持的節點數最多，其效果也最佳。

四、 成果自評：

本研究計畫已經依照預定的進度，完成了以下工作：

1. 以虛擬力場設計出能適應使用者操控特性的第一人稱智慧型瀏覽介面，並以實驗方式證明其所提昇的效率。(第一年)
2. 以虛擬鏈結觀念改善RRF演算法所搜尋到的視點之全域路徑的品質。(第一年)
3. 以分解式運動計畫法則為第三人稱的虛擬化身控制規劃出可順應環境的上半身肢體運動。(第二年)
4. 以運動圖及可行動作樹的觀念，在動作庫中搜尋化身未來的合法全身動作，並以實驗驗證擴張策略的有效性。(第二年)

本計畫所獲致的成果，已整理發表於知名國際期刊及學術研討會中 [3][4][10][11][12][13][19][20]；另外，計有四位同學根據本研究的成果，完成碩士論文(其中一位並獲得中華民國資訊學會最佳論文佳作獎)，並已順利畢業投入職場或出國深造[2][9]。我們相信在此計畫中，我們已經建立了一個虛擬環境中即時控制虛擬化身的機制，未來我們將就數位演員的自主推理能力作進一步的研究，以達在多人虛擬環境中即時

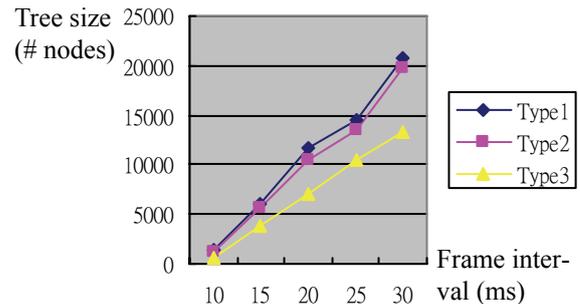


圖 11：不同擴展策略（詳見本文）下可行動作樹所能維持的平均大小

運動計畫的目標。

五、 參考文獻

- [1] A. Bruderlin and T. W. Calvert. Knowledge-Driven, "Interactive Animation of Human Running," *Graphics Interface 1996*, pp. 213-221, 1996.
- [2] C.C. Chen, *Interactive Motion Control for Intelligent Characters in 3D Games*, Master Thesis, Computer Science Department, National Chengchi University, 2007.
- [3] C.C. Chen, and T.Y. Li, "Intelligent Third-Person Control of 3D Avatar Motion," *Proc. of the 7th Intl. Symp. on Smart Graphics*, LNCS4569, pp. 61-72, Kyoto, Japan, 2007.
- [4] C.C. Chen, T.Y. Li, "Interactive Smart Character in a Shooting Game," *Proc. of ACM Symp. on Virtual Reality Software and Technology (VRST2007)*, Newport Beach, CA, 2007.
- [5] P. F. Chen and T. Y. Li, "Generating Humanoid Lower-Body Motions with Real-time Planning," *Proc. of 2002 Computer Graphics Workshop*, 2002.
- [6] M. Chen, S.J. Mountford and A. Sellen, "A Study in Interactive 3D Rotation Using 2D Control Devices," *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, Vol.22, No.4, pp.121-129, 1988.
- [7] P.K. Egbert, and S.H. Winkler, "Collision-Free Object Movement Using Vector-Fields," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.16, No.4, pp.18-24, 1996.
- [8] A.J. Hanson and E. Wernert, "Constrained 3D Navigation with 2D Controllers," *Proc. of Visualization '97*, pp.175-182, 1997.
- [9] S.W. Hsu, *Intelligent Avatar Control in Virtual Environment*, Master Thesis, Computer Sci-

- ence Department, National Chengchi University, 2005.
- [10] S.W. Hsu and T.Y. Li, "Improving the Path Quality of the Incremental RRT-based Roadmap Methods with Virtual Links," *Proc. of the 2004 Conf. on Automation Technology*, Taiwan, 2004.
- [11] S.W. Hsu and T.Y. Li, "Planning Character Motions for Shadow Play Animations," *Proc. of Intl. Conf. on Computer Animation and Social Agents*, Hong Kong, 2005.
- [12] S.W. Hsu, and T.Y. Li, "Intelligent Third-Person Avatar Control for Virtual Environments," *Proc. of Natl. Computer Symposium*, Taiwan, 2005.
- [13] S.W. Hsu and T.Y. Li, "Third-Person Interactive Control of Humanoid with Real-Time Motion Planning Algorithm," *Proc. of IEEE Intl. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, China, 2006.
- [14] L. Kavraki, P. Svestka, J.C. Latombe and M. H. Overmars, "Probabilistic Roadmaps for Path Planning in High-Dimensional Configuration Space," *IEEE Trans. On Robotics and Animation*, 12 (4): 566-580, 1996.
- [15] L. Kover, M. Gleicher, F. Pighin, "Motion Graphs," *Proc. of SIGGRAPH 2002*, 2002.
- [16] J. Lee, J. Chai, P. Reitsma, J.K. Hodgins, and N. Pollard, "Interactive Control of Avatars Animated with Human Motion Data," *Proc. of SIGGRAPH 2002*, 2002.
- [17] T.Y. Li and H.C. Chou, "Improving Navigation Efficiency with Artificial Force Field," *Proc. of IPPR Conference on Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 2001.
- [18] T.Y. Li, and H.K. Ting, "An Intelligent User Interface with Motion Planning for 3D Navigation," *Proc. of the IEEE Virtual Reality Conference*, p.177-184, 2000.
- [19] T.Y. Li, and S.W. Hsu, "An Intelligent 3D User Interface Adapting to User Control Behaviors," *Proc. of Intl. Conf. on Intelligent User Interfaces (IUI'04)*, Portugal, 2004.
- [20] T.-Y. Li, S.W. Hsu, "An Authoring Tool for Generating Shadow Play Animations with Motion Planning Techniques," *Intl. J. of Innovative Computing, Information and Control*, 4(2), 2008.
- [21] T.Y. Li and Y.C. Shie, "An Incremental Learning Approach to Motion Planning with Roadmap Management," *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, p.3411-3416, 2002.
- [22] B. Salomon, M. Garber, M.C. Lin, D. Manocha, "Interactive Navigation in Complex Environments Using Path Planning," in *Proc. of the Symposium on Interactive 3D Graphics*, p.41-50, 2003.
- [23] Second Life, <http://secondlife.com>.

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：96年10月30日

國科會補助計畫	計畫名稱：智慧型 3D 瀏覽介面中即時運動計畫演算法的設計 計畫主持人：李蔡彥 計畫編號： NSC 95-2221-E-004-015-學門領域：資訊工程
技術/創作名稱	即時產生 3D 虛擬角色動畫的智慧型人機介面技術
發明人/創作人	李蔡彥
技術說明	<p>雖然電腦繪圖硬體的處理速度已有長足的進步，但由於虛擬演員的高自由度及操控介面的即時要求，在 3D 虛擬環境中實現動畫角色的即時控制仍是極具挑戰的課題。我們研究以運動計畫演算法，設計控制 3D 虛擬角色的智慧型人機介面，讓使用者能以即時互動的方式有效操控具有高自由度的動畫角色。視點控制的方式一般而言分為第一人稱及第三人稱兩種。在第一人稱視點運動控制方面，我們成功開發出能適應個人操控特性的線上輔助介面，協助使用者在困難區域順利達到有效瀏覽的目標，並提升由電腦所產生輔助路徑的品質。在第三人稱的控制方面，我們根據視點是否依附在動畫角色上，設計了兩類第三人稱的控制輔助方法，即時產生能與環境互動的角色動畫。第一類是針對架設於動畫角色後方的攝影機，以分解計畫法則，產生能適應環境的人體上半身動畫。第二類是針對與動畫角色運動獨立的攝影機，以運動擷取資料庫為輔助，即時合成動畫角色多樣化的全身運動。目前這兩類技術均已能整合在一般個人電腦的操控介面上，產生能與環境互動的虛擬角色動畫。</p> <p>Despite the advances in graphics hardware development, controlling an interactive 3D character is still a great challenge due to the high degrees of freedom involved in controlling a virtual character and the real-time requirement of interactive interface. We investigated how to make use of motion planning algorithms to design an effective intelligent user interface for controlling a digital actor in real time in walk-through applications. The modes of controlling an avatar typically can be classified into two groups: first-person and third-person. For the first-person control mode, we have succeeded in developing an intelligent navigation interface that is adaptive to user navigation behaviors and with better path quality. For the third-person control mode, according to the fact whether the viewpoint moves with the character or not, we have developed two methods to generate avatar motions in real time. By assuming that the camera is placed behind the character, in the first method we use a decoupled motion planning algorithm to generate compliant motions for the upper body of the character. In the second method, by making use of a library of captured motions, we attempt to synthesize versatile motions in real time for the full body of the character. Both methods have successfully been integrated into 3D user navigation interfaces operated with a mouse or keyboard on a regular desktop computer.</p>
可利用之產業 及 可開發之產品	即時動畫或線上遊戲等虛擬環境系統中虛擬角色的智慧型操控及動畫即時產生，並可用來設計新一代的 3D 角色動畫遊戲。

技術特點	虛擬環境中的動畫角色由於自由度高，一般使用者多無法輕易控制其動作，與環境發生互動。本技術的特點在能以一般桌上型電腦上的控制裝置（如滑鼠及鍵盤）操控虛擬環境中的虛擬角色，做出符合當下環境的適當動作，以提昇角色動作的豐富性及真實性。
推廣及運用的價值	在虛擬環境或線上遊戲的應用中，以智慧型控制介面的技術，提高使用者控制的層級及順暢度，並增加角色動作的豐富性及真實型。

- ※ 1.每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
- ※ 2.本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
- ※ 3.本表若不敷使用，請自行影印使用。

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

報 告 人 姓 名	李 蔡 彥	服 務 機 構 及 職 稱	國立政治大學資訊科學系
會 議 時 間	2006 年 10 月 9-15 日	本 會 核 定	94-2221-E-004-015
會 議 地 點	中 國 北 京	補 助 文 號	
會 議 名 稱	(中文) IEEE 智慧型機器人及系統國際研討會 (IROS2006) (英文) IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2006)		
發 表 論 文 題 目	(中文) 以即時運動計畫演算法設計虛擬人體之第三人稱控制方法 (英文) Third-Person Interactive Control of Humanoid with Real-Time Motion Planning Algorithm		

一、參加會議經過

一年一度的 IEEE/RSJ 智慧型機器人及系統國際研討會 (IROS2006)。IROS 是 ICRA 以外最大的一個與機器人學或自動化相關的國際學術研討會。此會議今年仍由 IEEE 及 Robotics Society of Japan 主辦，中國各知名大學共同承辦，在北京市舉行。會議地點在北京市的國際會議中心 (International Conventional Center)。參與此次會議的學術團體，包括歐亞美澳洲各國的代表共一千多人參加。發表由議程委員精選的九百多篇會議論文。此次會議的大會主席是由香港中文大學的劉雲輝教授擔任。議程主席則是由美國密西根大學的 Ning Xi 教授擔任。此次會議的議程共分五天：前三天是 Workshop 及 Tutorials。後三天是技術論文報告，此技術議程 (Technical Session) 共有 190 個場次 (Sessions)，分 16 個平行場次進行。除了平行場次外，議程中還包括三場精彩的大會專題演講，演講主題分別在人形機器人、微型機器人、及人機介面等領域。另外，大會也安排了展覽的活動，由產業界及學界展示最新的機器人系統研發成果，包含微軟的機器人軟體套件、及許多維妙維肖的仿人機器人。在社交活動方面，大會除了安排典型的社交酒會外，更在北京人民大會堂舉辦大會晚宴，場面盛大隆重；會中有不少文化表演活動，與 2003 在台灣所舉辦的 ICRA2003 會議的安排相仿。

本人所發表的論文題目為「以即時運動計畫演算法設計虛擬人體之第三人稱控制方法」，是有關以即時運動計畫的技術，為數位演員提供全身互動式控制的計算能力。在發表的場次，本人也擔任該場次的主持人。就整個研討會參與的學者而言，或許是由於地利之便，以亞洲學術團體的代表較多，其次是美國及歐洲的學者。台灣也有約十幾位機器人學、自動控制及資訊科學相關領域的老師及專家與會。

二、與會心得

電腦動畫的研究經常被劃分在電腦繪圖的領域裡，但是近年來許多電腦動畫技術的發展，深受其他相關領域(例如機器人學、機構動力學、虛擬實境、及人工智慧等)的影響，使得電腦動畫逐漸成為跨領域的技術。在此次研討會中，雖然大多數的論文與機器人學較為相關，但許多技術都可以應用在電腦動畫中動畫角色的設計上。從本次會議的論文及展覽的項目來看，人形機器人的研究風潮在近幾年方興未衰，但仍有許多研究的瓶頸有待克服。機器人學在此領域的發展，對電腦動畫技術的提昇也會有相當大的幫助。過去人形機器人的研究，多著力於微機電設計及自動控制上，但由於目前人形機器人的應用多在娛樂與服務的領域上，因此人工智慧及人機介面的研

究，也逐漸受到重視。此次研討會中所展示的人形機器人，仍以日本、南韓、及中國為主，特別是中國大陸近年來的發展迅速，政府所投入的研究資源也相當大。儘管人形機器人在服務業的應用上有許多問題有待解決，廣泛應用尚稱過早，但此類研究成果對其他產業在相關技術上的提昇，也有相當大的幫助。

三、建議

機器人學的學術領域，一直都是美國及日本在主導。此次的 IROS2006 研討會在中國大陸舉辦，受到大陸產官學界的高度重視，可見大陸政府發展機器人相關產業的決心，對提高學術界從事相關研究的興趣，有相當大的幫助。我國雖然在 2003 年曾舉辦 ICRA 研討會，但與眾多相關研討會相比，參與程度仍是少數。因此，建議國內多鼓勵相關領域的研究群，踴躍投稿，並爭取更多相關研討會在台舉辦，以增加我國學術研究的能見度。

四、攜回資料名稱及內容

1. 由 IEEE 出版的 IROS2006 研討會 CD 論文集一張