

網際網路協同虛擬環境技術

Internet Based Collaborative Virtual Environment Technology

顏世敏博士 (Shihming Yen, Ph.D.)

工研院電通所 (CCL / ITRI)
台灣新竹縣竹東中興路四段
工研院電通所 51 館 Ext 14623
Phone: +886-3-591 4623
Fax: +886-3-582 9732
E-mail : sidney@ccl.itri.org.tw

沈立勝博士 (Li-Sheng Shen, Ph.D.)

工研院電通所 (CCL / ITRI)
台灣新竹縣竹東中興路四段
工研院電通所 51 館 Ext 14623
Phone: +886-3-591 7302
Fax: +886-3-582 0025
E-mail : shen@ccl.itri.org.tw

摘要

網際網路的協同虛擬環境技術(Collaborative Virtual Environment) 結合 3D 虛擬實境技術、分散式資訊處理、以及網路協定技術建立多人即時互動之虛擬世界在其中傳遞 3D 圖形、影像、語音、文字以及數據的龐大情報。工研院電通所在過去兩年中技引美國華盛頓大學人工介面技術實驗室(Human Interface Technology Labs)之 GreenSpace 虛擬環境技術所開發之網際網路跨平台多人參與虛擬社區雛形系統，主要是以一種遊戲的形式來展示與評估在一個虛擬環境裡人們如何學習互動並從事協同合作之事宜。它提供了有限的同時上網人數從事協同遊戲與文字、語音交談。本論文中特別介紹系統中用以從事彩繪(Rendering)與網路資料傳遞最佳化之技術：Dynamic multiple zoning 與 Range of interest。

在爾後的研究電通所將潛心於擴充虛擬社區之人口數與網路運作之最佳化並探討協同虛擬環境技術更廣大的應用層面，以此做為下一代網際網路之實用化重要應用領域。

關鍵詞：協同虛擬環境 (Collaborative Virtual Environment ; CVE); 替身(Avatar); 虛擬社區(Virtual Community); Virtual Reality Modeling Language (VRML); Range of Interest.

1. 前言

下一世代的網際網路(Next Generation Internet)之發展將使得通訊型態全然改變，多媒體通訊型式將趨實用化，遠距多人即時性 3D 虛擬環境互動即為此重要之通訊模式。此通訊模式需要極寬的頻寬來傳遞一群人以 3D 圖形、影像、語音、文字互動的龐大情報。透過網路從事此類的應用有一重要關鍵考量：即是必須能夠反應迅捷，延滯(Latency：即操作者下動作至電腦產生反應之時間距)越低越好。在有限網路頻寬與電腦運算能力之下，如何容許更多人口同時上網，以多媒體形式從事互動行為，實為此應用成功之關鍵所在。協同虛擬環境(Collaborative Virtual Environment, CVE) 技術將是未來網路與虛擬實境應用最具挑戰性研究範疇之一，他是人工因素(Fuman Factor)、網路、資料庫、虛

擬實境技術整合應用的新向量。它的主要應用將是多元化的，主要有：虛擬社區、工程協同設計、3D 多人互動交談與遊戲以及具社交功能的虛擬商場等。電通所與美國華盛頓大學(Univ. of Washington)人工介面技術實驗室(Human Interface Technology : HIT Lab)技術合作所發展之虛擬社區 (Virtual Community)雛形系統，乃是一個跨電腦平台的共享虛擬世界(Shared Virtual World)，可在區域網路(LAN)以及廣域網路(WAN)上多人互動的多元化虛擬環境系統。網路虛擬社區簡而言之即是將一個 3D 模型世界透過網路讓多人在其間互動亦即所謂的 Cyber Space (見圖 1)。



圖 1. 3D World 經由 Internet 成為 Cyber Space

它可容許多人同時上網進入虛擬社區從事多元化的社交活動(交談、對話、文物瀏覽、競賽、玩遊戲等)。本系統以 VRML, Java 3D 結合 OpenGL 或 Direct3D 為 3D 模型與彩繪工具掌握現今技術標準。在爾後的研究電通所將潛心於擴充虛擬社區之人口數與網路運作之最佳化並探討協同虛擬環境技術更廣大的應用層面，以此做為下一代網際網路之實用化重要應用領域。

2. 虛擬環境技術的發展背景

共享虛擬世界(Shared Virtual World)在過去十年來展開相當活絡的成長，從 BBS(Bulletin Board), Multi-User Dungeons (MUDs), 文字交談窗(Text Chat)以致到 3D 虛擬環境，其複雜度與擬真度均與日提高。在 Internet 上的工具語言演變則是由早期的純文字，至 HTML 的 Hyper text，以至 VRML 的 3D Modeling language。VRML 的誕生使得全球資訊網上的內容由平面文件提升到三維的世界。其發展可分為下列三個階段：

- VRML 1.0 - 以 SGI 之 Open Inventor [1]為藍本規範靜態 3D 物件與世界的內容。
- VRML 2.0 - 擴充 VRML 1.0 使 3D 物件更具有即時動態行為與介面感應之能力。
- VRML 3.0 - 目前尚在制訂中，為多使用者內容的規範，Living World [2]、Open Community [3]等，就是多使用者內容規範的提案。

虛擬社區裡面的居民必定有互動的行為與社交，目前網際網路上之 3D 標準語言 VRML 2.0 對多使用者在虛擬實境內互動之規格並未加以訂定，因此產生了各自為政的戰國局面。以下簡介幾種較為成熟之技術與系統：

- **DIS 與 HLA**：DIS (Distributed Interactive Simulation) 為美國軍方為連接各種不同武器模擬器從事模擬演習而制定之協定與標準。不同的模擬器藉著 DIS 通訊協定標準介面與資料傳輸最佳化(traffic optimization)遂達到即時性聯合作戰演習的目的。然而由於 DIS 本身並不支援系統架構以及 DIS 所定義的元件大多限於軍事武器系統，新的 High Level (Simulation)Architecture-HLA 遂由 DIS 衍生而出 [4,5,6]。HLA 是一個開放式物件導向(object oriented)的架構，規範了網路系統與傳輸的模式，不僅應用在軍事上亦將廣泛地應用在非軍事的用途上。
- **World Chat, Alpha World, World's Chat 3D**—為 Worlds, Inc.所發展[7]，主要是在虛擬社區中從事文字交談。
- **CyberGate** - 為 Black Sun Interactive 所發展[8]。
- **The Palace Visual Chat**：為 The Palace Inc.所發展 [9]。
- **Spline (Scalable Platform for Large Interactive Networked Environment)**為 Mitsubishi Research (MERL)所發展，其為人知之應用系統為 Diamond Park[10]。
- **Virtual Polis** - 為 Carnegie Mellon Univ.所發展[11]其為人知之應用系統為 Habitat-Virtual City。
- **Dive - Distributed Interactive Virtual Environment** [12] 為瑞典電腦研究院(Swedish Institute of Computer Science)所研發的供研究用的雛形系統。
- **NICE: Narrative Immersive Constructionist/Collaborative Environments**, 為 University of Illinois at Chicago 所發展，為一沉浸式虛擬植物園並應用 CAVE 技術作為顯示系統[13]。
- **GreenSpace** - U. of Washington 之 Human Interface Technology Lab (HIT Lab)與 Fujitsu Research Institute 所發展[14]。它是一個 object-oriented C++ class library. GreenSpace 支援 multicast groups 並提供支援 “Area of Interest Manager”。

至於 3D 世界的 Builder 則有以下數種系統：

- **Living Worlds / Moving Worlds** [2] - SGI, Netscape (Live 3D).
- **Cosmo Players** [15] - SGI
- **Java 3D** [16] -- Sun Micro Systems
- **Direct 3D and Direct Play** [17] -- MicroSoft

在構築 3D 世界模型的繪圖語言，基於跨平台的考量以及對 VRML 的相容和 Rendering 之效率因素，我們乃決定採用 Sun Microsystems 的 Java 3D 並以 Java 語言為編碼語言。

3. 虛擬社區之相關技術

本虛擬社區以由美國華盛頓大學 HIT Lab 技引合作之分散式虛擬環境(Distributed Virtual Environment; DVE)

核心技術- GSNet (GreenSpace Network)為網路協定架構，以 Sun Microsystems 之標準 Java jdk 及 Java 3D 繪圖軟體為軟體工具建立一跨電腦平台之 3D 虛擬世界及其中之所有物件與人物，可在區域網路(LAN)並於廣域網路(WAN)上多人同時上網互動從事多元化的社交活動(交談、對話、文物瀏覽、競賽、玩遊戲等)[18]。茲將相關技術說明於下：

● Serverless與Server based之架構

Serverless 的系統，資料傳輸以星狀直接連接各主機，其優點為延滯較低。Server based 之系統各主機將其動態資料傳輸至 Server 匯總再分送至相關 clients，其優點為構造簡單，系統掌控容易，Server based 系統由於資料傳輸來往於 Server 與 Host 之間增加資料傳輸路程，且所有之運算完全集中於 Server 上容易造成瓶頸。分散式的 Serverless 系統則是資料直接來往於 Hosts 之間，各個 Host 各自處理本身的運算(物件互動、行為模式、顯示....)。圖 2 為兩系統之簡單架構圖。本虛擬社區乃取其兩者之長處以 Server based 為硬體架構，賦以各 client 完整之資料庫以為從事分散式資料運算處理(見圖 3)。

● Multicast與Broadcast

本虛擬社區系統在傳輸協定上具有相當之彈性：它支援 Multicast 與 Broadcast 之傳輸協定，Broadcast 是用於 LAN 裡面，各 client 將傳輸資料向 LAN 裡面之所有 hosts 傳送，運作方式很單純，至於 Multicast 則是在 Internet 上須透過 Multicast Router 將資料只傳至註冊之網址(見圖 4)，如此使得網路資源得以有效率的應用，不做無謂的傳輸。

● Java與Java 3D

本系統以 Sun Microsystems Java 為程式語言及 Java3D 為 Rendering API，其優點即為可跨平台及高效能之繪圖功能，Java 3D 具有 VRML Loader 可以輸入任何 VRML based 之模型與世界，VRML 之格式可完全為 Java 3D 接受且由於 Java3D 格式為 binary code 具有較高之彩繪效率及保護能力，Java 目前版本是 Sun Microsystems 之 Release 1.2.1 版，而 Java3D 則是 Sun 智慧財的 Microsystems Release 1.1 版。本系統將根據 Java 與 Java 3D 之版本做更新。

● 平行空間(Parallel Universe)技術

在虛擬遊樂場裡可能會有不同組的人在一起，然組與組之間並不認識而且也無意願從事互動。平行空間(Parallel Universe)技術滿足了這樣的需求。平行空間技術使得不同的群組同時存在於同一虛擬遊樂場但彼此並不互相干擾或看見對方(見圖 5)。

● Dynamic Multiple Zoning

3D 場景之幾何運算與彩繪(rendering)相當耗時，若把所有 3D World 全部包含在 Scenograph 內將影響 Runtime rendering 之時間。應用 Dynamic Attach/Detach for Multiple Zones 技術可以將一繁複之 3D 世界區分為數個簡單之次世界(Subworld or zone)，在任何一個時間僅有一個次世界會被掛在(attach)Scenograph 上作運

算與彩繪，此次世界即為本身替身所在之 Zone 我們稱之為 Active zone(見圖 6 與圖 7)。

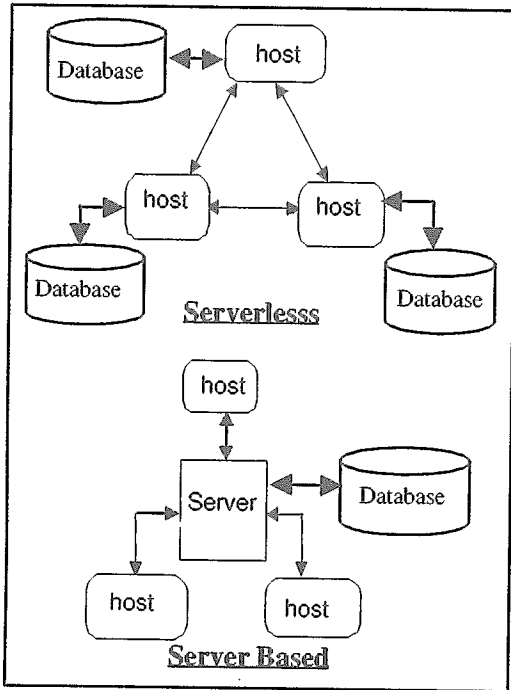


圖 2. Server based與Serverless系統之架構圖

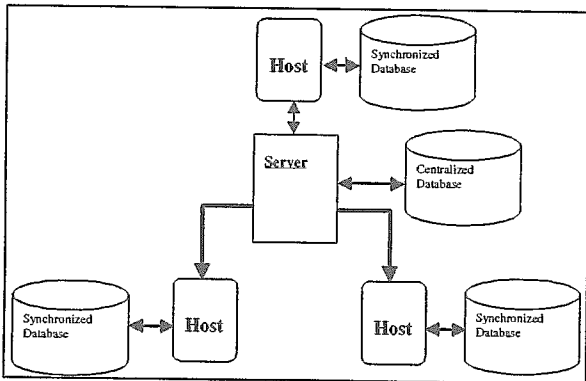


圖 3. Distributed Server based系統之架構圖

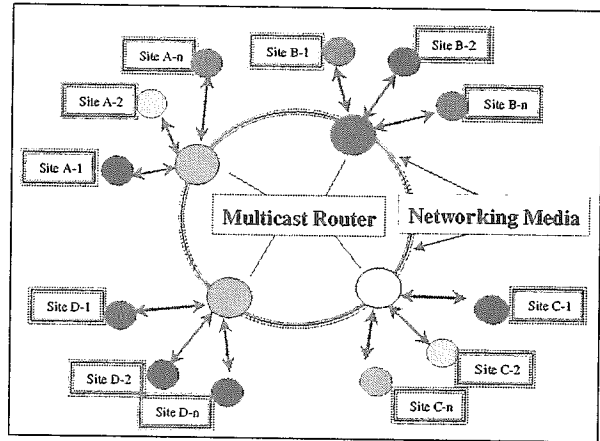
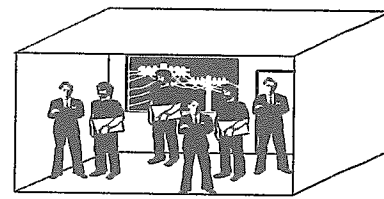
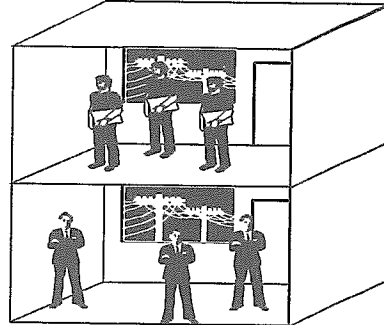


圖 4. Multicast系統之架構圖



Groups within single worlds



Groups using parallel universes

圖 5. 虛擬遊樂場之群組在單一空間與平行空間之圖解

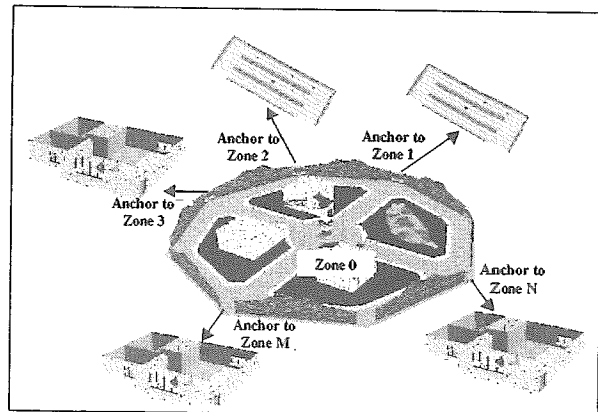


圖 6. Dynamic Attach/Detach for Multiple Zones之圖例

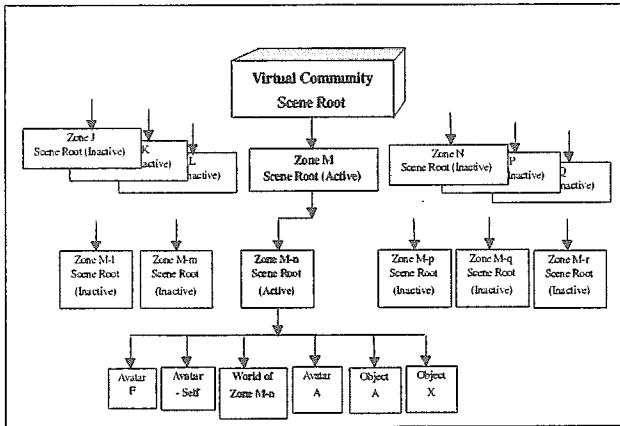


圖 7. Scenegraph for the Dynamic Attach/Detach for Multiple Zones

4. 虛擬社區之技術細節

4.1 虛擬社區之技術細節

虛擬社區之基本軟體架構如圖 8 所示。茲說明如下：

- **Virtual Community**：此為系統之應用軟體，主要在展示與評估一個共享之 3D 虛擬社會裡，人們如何互動、觀摩與學習因而建立社會運作模式。
- **GSNet**：此為虛擬環境網路協定(Networking Protocol)程式庫。

虛擬社區軟體系統細部方塊圖見圖 9 所示。

- **GSClient**：此為虛擬環境應用軟體 API 程式庫，為網路程式庫與應用軟體之間的介面。
- **Light weight Address/Message Server**：提供 IP Multicast 或 Client/Server 之 Addressing 與 Message 之傳遞。他並且負責中控之資料管理。

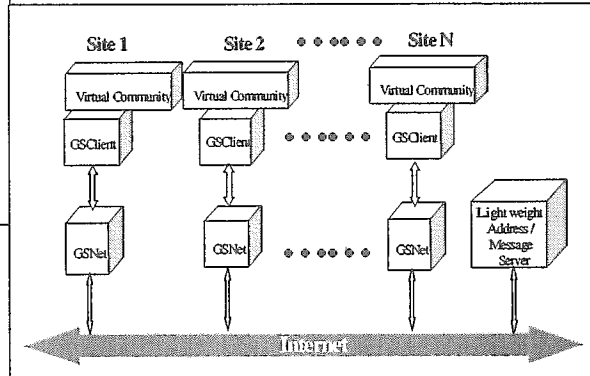


圖 8 虛擬社區系統軟體基本架構

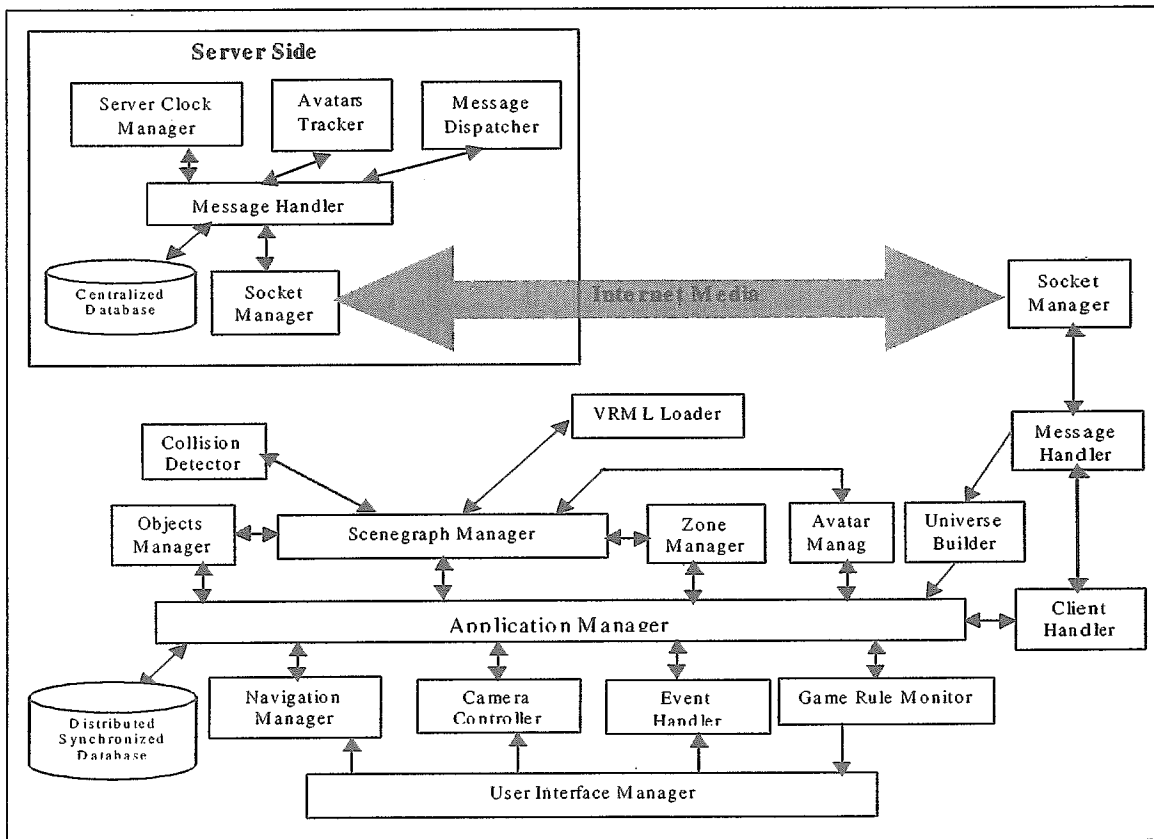


圖 9. 虛擬社區軟體系統細部架構圖

本系統之功能有以下諸點茲敘述如下：

- Avatars' Gestures
- Runtime Avatars change

- Runtime Avatars Attributes assignment
- Text chat
- Runtime change of Active Zones
- Shopping and carrying 3D objects from the world
- Time Synchronization with Server or Standard time server
- VRML 2.0 loader
- Rendering 3D worlds by Java 3D
- Avatars or objects simple animation.

4.2 虛擬社區之技術細節

基於台灣現行 Internet 的 Infrastructure, Multicast 的結構無法普遍運作，因此本虛擬社區主要還是以

Client/Server 的架構為之，圖 9 所示為其軟體系統細部架構圖。

Client Side:

Scenegraph Manager, Zone Manager, Avatar Manager and Object Manager 負責處理 Java 3D Node based 之 hierarchical world scenegraph structure and avatars /objects rendering, 掌管整個虛擬世界 3D 模型之運作與 Zone 之動態切換。Client Side 運作流程如圖 10 所示。虛擬社區除了主要廣場(如圖 11)供人們在其間交談外，並有許多商店(如圖 12)可供人們選購物品回家(如圖 13)佈置。如此多的 3D 世界以 visible barrier 作為 Areas of interest filtering. 每個 Host 所見到的只有本身 avatar 所在之空間。

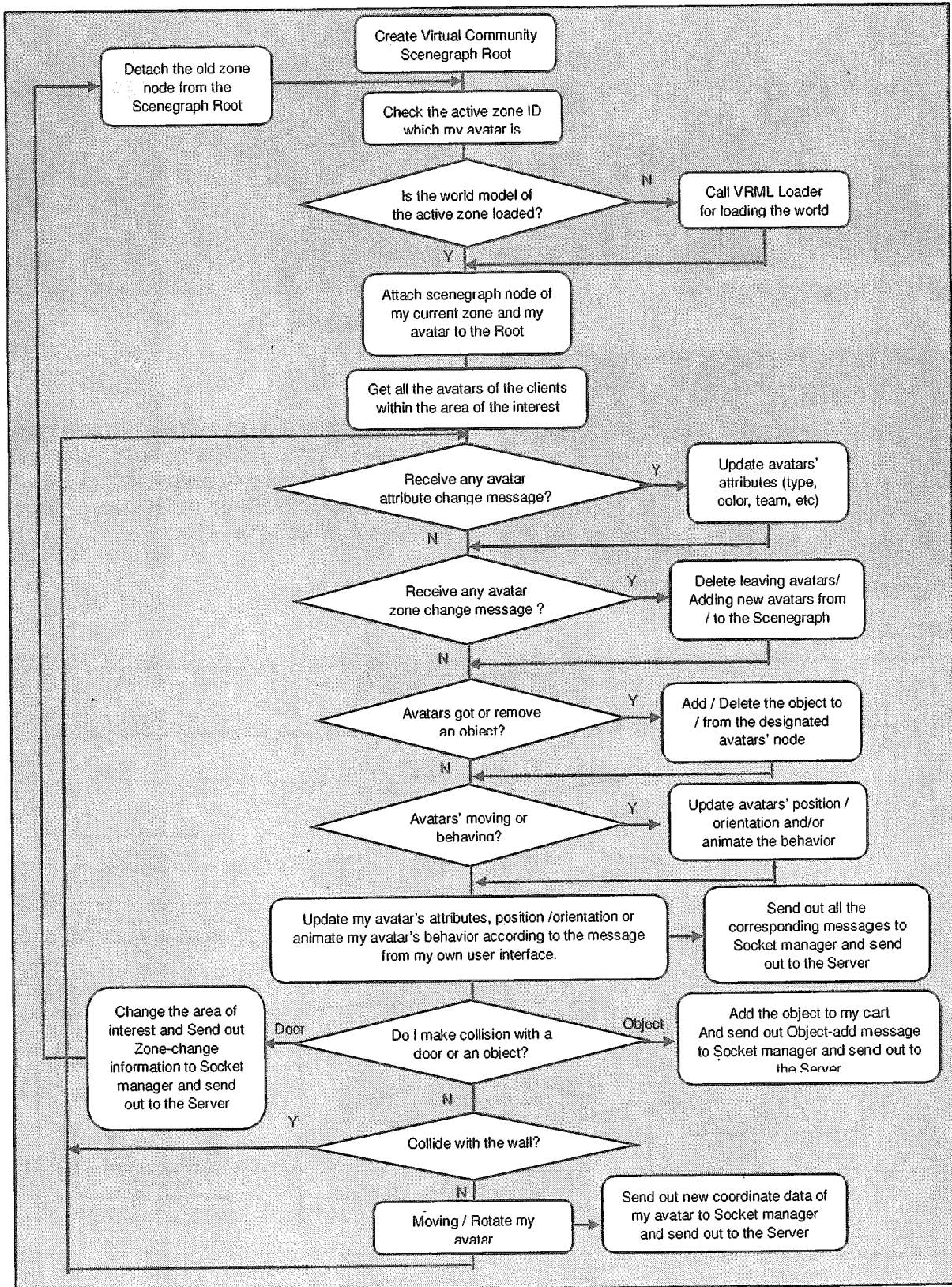


圖 10. 虛擬社區Client Side 之運作流程圖



圖 11. 虛擬社區之主要廣場一角

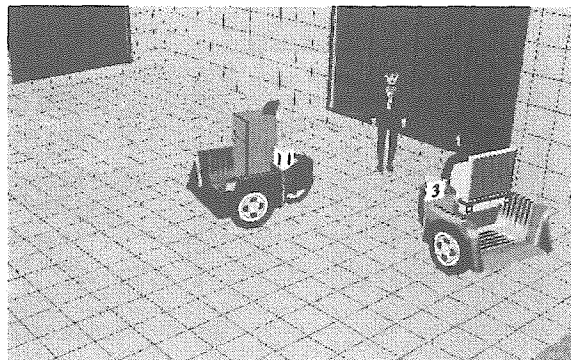


圖 13. 擬社區之住家一角

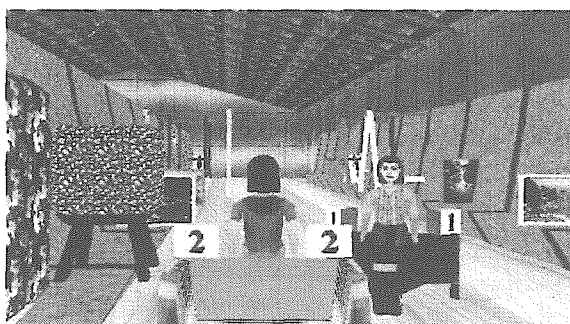


圖 12. 虛擬社區之商店一角

Server Side:

Server side 主要管理整個虛擬環境的信息傳遞，追蹤所有 Avatars 之狀態以及掌握環境完整資訊以提供給新加入社區之 Clients 並清除離去或無反應之 Clients。此外 Server 並提供標準時間以同步所有 Clients 之時鐘。Server Side 之運作流程如圖 14 所示。

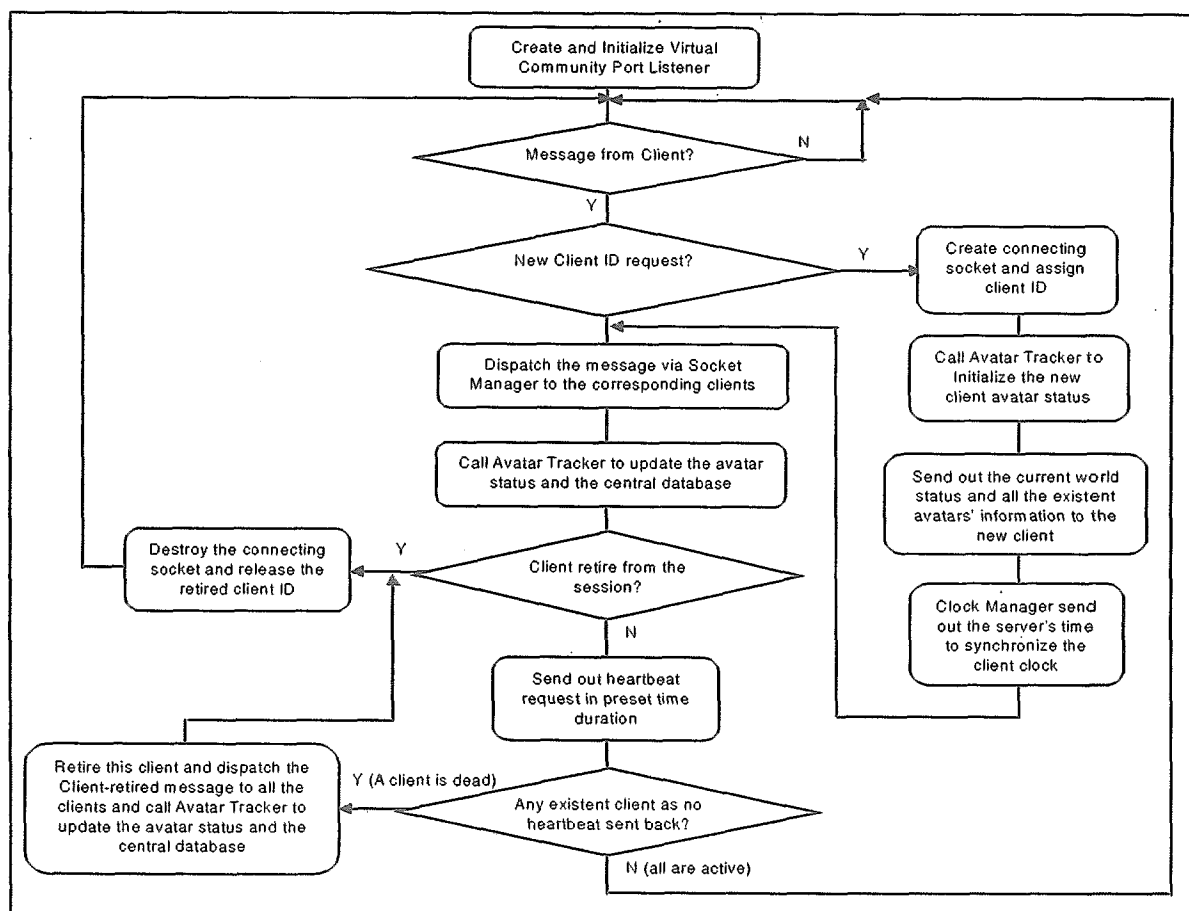


圖 14. 虛擬社區之 Server Side 運作流程圖

5. 應用及未來發展方向

網路多人互動虛擬環境系統將是未來網際網路上之一重要應用，其主要應用有下列諸項：

- 工程協同設計(Engineering Collaborative Design)
- 虛擬社交活動(Virtual Socialization)與行為模擬
- 多人參與之教育性娛樂性遊戲(Multi-participant Edutainment and Gaming)
- 虛擬商場或博物館(Commercialized Virtual Mall or Virtual Museum)。

至於它的未來發展方向則分為功能增強與新技術研發兩方面，茲分別敘述如下：

功能增強方面：

- **Non-Twitch Gaming Demonstration**：一個寓教於樂之系統需有足夠吸引人的主題或遊戲，由於網路之頻寬以及人口數的需求因素，其性質當以多人協同參與慢速運作類為主，例如：室內裝潢、尋寶、積木搭建、電子園藝、等等。
- **Avatar Gallery**：建立一個替身藝廊增加替身種類讓玩者有更多之選擇，如此可增加社區人口之多元化。
- **Intelligent Social Behavior**：既是一個以人爲主的社區就必須有多方面的社交行爲，目前系統之社交行爲仍然很簡單，如何讓替身有更多肢體動作以及行爲反應亦是本系統功能提昇之重要一環。
- **Locale Management**：Java 3D 具有多功能之 Local Management，Visibility culling，與 Behavior culling，如何更有效的管理本身的 Scenograph，使之更有效的作影繪(Rendering)，使得操作更流暢，參與人口數更多亦是待提昇之重要事項。
- **Ownership and Permission**：網際網路上多人運作之軟體，物件 Ownership 與 Permission 的確定才能使物有所屬。如何更有效的建立 Ownership 與 Permission 的層次，以保持物件歸屬之一致性，當爲社區運作成功之重要課題。
- **World Persistence**：目前玩者進入社區皆是從初始的場景開始，此並非一個自然人類社區之現象，社區會進步，虛擬社區在玩者進入其內從事建設後，當能將新社區存在資料庫內，並將此社區之初始場景作更新。
- **Audio Communication**：語音交談(Audio chat)需求頻寬相當的大，如何在降低系統的網路互動功能，善用現有之 off-the-self 的 IPHONE 與 IPARTY，從事 audio chat 以及應用 Java 3D 日趨成熟之 Spatial sound，讓虛擬社區成爲有聲音的社區亦是努力之目標。

新技術研發方面：

- **Internet Bandwidth Optimization and New Internet Technology Adaptation**：研發新的網路通訊協定以 optimize 網路頻寬之使用，並引用新一代的網路技術使得社區同時上網人口能大幅提昇是技術待突破

之一。

- **Scalability Optimization**：虛擬社區人口之突破除了網路技術待突破外尚有其他關鍵技術待努力，例如：Parallel Processing Servers, Intelligent Scene Management, World partition using "Range of Interest", Hierarchical Zone Partition, Dynamic Level of Details, Message Dispatching Optimization, 等等。
- **Latency Optimization**：透過網路在虛擬社區裡人與人的互動有延滯現象(Latency)在所難免，然如何讓延滯降低至最少將是相當具挑戰的技術突破。
- **Software Modulization**：目前虛擬社區的軟體是 Java and Java 3D based Application Driven 的軟體架構非常不容易維護更新，更不容重複使用到不同之應用軟體，因此有必要將它模組化。建立一個 User friendly 的 API。
- **White Board Chat**：交談工具除了文字與語音外尚可利用白板(white board)，如此可使社區人與人之間溝通更多元化、更豐富。
- **Versatile Human Interface Devices**：目前人機介面的輸入只有 Keyboard, Mouse, Graphics user interface, 將來可考慮使用 Data gloves 與 Tracker 或語音輸入，讓人機溝通更豐富與自然。

6. 結論

本所在網際網路多人互動虛擬環境技術的研究提供了一個教娛性多元化的共享式虛擬社區。

未來公用網際網路技術以及頻寬的突破乃是共享式虛擬世界之應用臻致實用化及普遍化的重要關鍵。

更快速的繪圖加速卡以及 CPU 則是建立一個高傳真度(Hi-Fidelity)的虛擬世界所必需。

共享式虛擬世界的應用將是下一代網際網路技術之重要應用之一，並且扮演著重要的角色。然而 Scalability 與 Latency 乃是共享式協同虛擬環境技術重要關鍵因素之一，本計畫之延續研究將會著眼於 Distributed Multiple Server 與 Areas of Interest Filtering 技術結合突破上述之關鍵問題。讓此協同環境技術真能廣泛被應用，在新世紀人類的生活、學習、工作與娛樂藉著 Internet 建立新的模式。

參考文獻

1. Shihming Yen, "Open Inventor: An Object Oriented 3D Graphics Tool; Its Anatomy, Application, and Prospect," *CCL Technical Journal*, p.49- 57, Taiwan, March, 1996.
2. "Living Worlds," Feb 1997.
http://www.livingworlds.com/draft_1/index.htm
3. "Open Community," MERL, Chaco Communications Inc. and Velocity Games Inc., November 1996.
4. DIS Standard v.2.0.4, <http://www.sc.ist.ucf.edu/~STDS>, 1996.

5. Shihming Yen, "Implementing DIS/HLA Protocol and Architecture to the Application of Distributed Multi-Participant VR / Simulation Systems," *CCL Technical Journal*, p.3 - 9, Taiwan, January, 1997.
6. "HLA," <http://www.dmsomil.com>, 1999.
7. "Worlds Inc." <http://www.worldsaway.com>.
8. "Black Sun Interactive Inc.," <http://www.blacksun.com>.
9. "The Palace Inc.," <http://www.thepalace.com>.
10. "MERL," <http://www.merl.com/opencom>.
11. "Virtual Polis," <http://www.dmsomil.com/docslib/reports/dodedu/ANNEXE/025CMU.HTM>.
12. Hagsand Carlsson, "Dive - A Multi-user Virtual Reality Systems," *IEEE VRAIS*, September, 1993.
13. Jason Leigh, Andrew Johnson, Thomas Defanti, "Issues In the Design of a Flexible Distributed Architecture for Supporting Persistence and Interoperability in Collaborative Virtual Environments," *SC97 Technical Paper*, U. of Illinois at Chicago, 1997.
14. James Mandeville, Thomas Furness III, M. Kawahata., "GreenSpace, Creating a Distributed Virtual Environment for Global Applications," *IEEE Proceedings of the Networked Reality Workshop*, Boston, MA, October, 1995.
15. "Cosmo Players," <http://www.sgi.com>.
16. "Java 3D," <http://www.javasoft.com/products/java-media/3D/index.html>.
17. "Direct X," <http://www.microsoft.com>.
18. Paul Schwartz., Lorand Bricker., Bruce Campbell., Shihming Yen, "Virtual Playground: Architecture for a Shared Virtual World," *ACM Proceedings of VRST'98*, p.43 - 50, Taipei, November 1998.