

應用於建置金字塔型傳輸架構的動態分群演算法 以減少網路多人虛擬環境中的訊息更新量

范欽雄

國立台灣科技大學資訊工程系
csfahn@mail.csie.ntust.edu.tw

黃百慶

國立台灣科技大學電機工程系
makishin.tw@yahoo.com.tw

摘要

由於電腦網路的發達,使得大家對它的需求也越來越高,虛擬實境是未來主要的人機介面型式,而多人線上網路遊戲更是近來新興發燒的話題,欲實現它們仍有許多技術需要突破,其中減少訊息更新量是重要的關鍵技術之一,若應用得當,則可節省網路成本,並增加虛擬實境的畫面更新率與真實性;有鑑於此,我們提出一個以灰關聯聚類形成興趣區域的動態分群演算法,它可用於建置一個由主從式與點對點聯通方式混合而成的金字塔型傳輸架構,結合此分群演算法與傳輸架構兩者的優點便可在網路多人虛擬環境中有效率地過濾不必要的訊息傳送。整個系統的實作係採用UDP/IP 封包傳送使用者的位置資訊,以加快網路的傳輸速度,由於伺服器的計算負荷可平均分配到各個客戶端,因此它只做管理的工作,讓計算負荷不會隨著使用者人數的增加而成等比級數的增加,這樣的新興技術與概念提供了降低訊息更新量的絕佳效果,尤其是金字塔型傳輸架構再加上分散式多址傳送服務的技術,可大大減少網路上的訊息流量,實驗結果顯示我們的方法對網路多人虛擬實境系統的應用有莫大的助益。

關鍵詞: 動態分群、灰關聯聚類、金字塔型傳輸架構、分散式多址傳送服務、降低訊息更新量、網路多人虛擬環境。

1. 簡介

在現今網際網路發達的時代,一般人已經不能滿足於2D的網頁畫面,隨著硬體設備的升級、網路速度的提昇,以前遙不可及的虛擬實境技術,現在已經可以在一般的個人電腦上執行,但目前依然不夠普及,原因就在有許多的關鍵技術仍須等待突破。網頁單向式的傳達資訊,使人與人的接觸越來越少,我們可以利用虛擬實境模型語言VRML在網頁上造就一個虛擬的環境,藉由三維的方式呈現我們所要的資訊服務甚至是互動溝通,這是一般的網頁

所做不到的事情,然而現在已經有很多人嘗試把這樣的技術應用在網頁上,以提供各式各樣的服務,像是將商品虛擬化、教育訓練[1]、虛擬合作技術[2]、線上3D互動遊戲[3]、機械模擬[4]、放射線醫學[5]等應用,事實上,較能讓使用者接受的介面是具有互動多樣化的視覺效果。

欲建構一個線上的多人虛擬環境,並不是那麼容易,因為在同一個場景中有許多的使用者化身(avatar),每個人都可以自由移動,為了要維持場景的真實性,必須利用網路來傳輸更新的訊息封包,以達到即時呈現動態場景,甚至是同時控制同一個物件進而共同分享,這時候網路傳輸部份就扮演著很重要的角色,它也是整個系統的關鍵瓶頸之一,因為隨著使用者的增加,計算量會增加,而訊息量更是遽增,這對於客戶端所用的一般個人電腦顯然是沉重的負荷,除此之外,依使用者上網的習慣,最怕的就是網頁的顯示時間過長,若需要經過冗長的等待,則會讓一般使用者喪失瀏覽的興趣,這也是我們在建構虛擬環境不可忽略的使用者心態。如果因為網路的延遲或是負荷過大而造成場景不能即時流暢展示,那麼使用者多半會選擇放棄瀏覽;因此,本論文希望藉由降低網路的訊息封包量,來提高客戶端在場景的執行效率以及網路流量的控制與管理,以減輕電腦的運算負擔,在這樣的條件下,所建構的虛擬環境才可以符合使用者的瀏覽習慣。以下介紹幾種目前用來減少訊息更新量的方法:

1) 未知狀態推測

此方法係利用一些已知或是過去的訊息來預測未來的值,因為此種方法所能降低的更新訊息量,常與所預測的狀態準確度有很大的關係,當今較普遍的方法有線性外插法、分散式互動模擬協定(distributed interactive simulation protocol)中的航行位置推算術(dead reckoning mathematics)[6]、卡爾曼濾波器(Kalman filter)[7],以及灰色預測法[8],其中航行位置推算術是利用物理的定律,透過現在的位置、速度、加速度等

資訊來計算下一狀態的位置，而灰色預測法則是利用使用者前三個過去的資訊來作預測。

新量外，更可以適應各種虛擬實境的場景，並且有很高的執行效率。

2) 多層精細度(level of detail; LOD)

由於場景的展現速度正比於場景中須繪製的多邊形數目，因此就更新的速度來看，免除掉不必細緻表現的物件顯得非常重要，當使用者的視點與物件的距離若超過某種程度，而造成物件過小或是模糊時，則我們在場景中並不需要完整細緻地描繪此物件，因此可以降低畫面的精緻程度。多層精細度是 VRML 規格中所提供的功能，它能根據本身與物件間的距離遠近，選擇不同細緻度的相同物件，如此可以節省中央運算處理器的運算時間，適合在複雜深遠的場景中使用。

3) 空間分割與興趣區域的劃分

配合使用者在線上動態的相對位置，便可以過濾出多餘的訊息，而僅將資料送給會看到彼此的客戶端，如此便可以減低訊息的更新數目，其中使用者與其它使用者和物件可能會發生互動的區域稱作興趣區域(area of interest)，依照此方式，確實可以有效地減低訊息數量，但是它礙於場景只能限制在迷宮式、房間式的場景，才可以發揮該方法的效能，若網路的建置偏向主從式的傳輸架構，當使用者一增加，則伺服器的計算負荷將是非常大的考驗，虛擬實境的場景不應該受此限制。

本論文主要是依據空間分割與興趣區域劃分的概念，希望可以發展一個適應性強大又有效率的系統，它除了可以有效地降低訊息更

2. 系統架構

一般現行建置虛擬實境環境的電腦網路，有些使用點對點的分散式傳輸架構，例如 DIVE [9]與 NPSNET [10,11]，而一個用在軍事上模擬的分散式網路虛擬環境，是第一個使用多址傳送服務(multicast)技術所建構的多使用者的虛擬實境系統[12]；亦有採用主從式傳輸架構，例如 Virtual Society [13]，它是由 Sony 公司所提出的共享世界，包括客戶端程式與伺服器的程式。這兩種傳輸架構各有優缺點，目前也有很多實際的系統使用它們的形式，而本論文則是取兩者之優點並除去其缺點，建構出以 Server-Group-Client 網路所組成的金字塔型傳輸架構來作為我們網路多人虛擬實境系統的聯通方式，它可同時使伺服器與客戶端的計算量縮小，且封包傳輸量也隨之縮小。

欲使金字塔型傳輸架構一樣保有伺服器的角色，且客戶端的部分，彼此之間可以互相接收到對方所送出的訊息，而仍具有點對點傳輸架構的特色，其中一個重要的技術就是使用分散式的多址傳送服務，它可以讓訊息封包傳送的方式由硬體來負責，而非傳統的方式由伺服器來一個一個傳送，即將封包的傳送工作交給網路上的路由器(router)與交換器(switch)來執行，這個對於虛擬實境技術非常重要，目前已經被廣泛應用的即時影音傳輸，就是利用這樣的方式傳送封包，依此，不管是在伺服器或是客戶端的電腦負荷都會大大地降低，讓每一台電腦都可以節省許多資源，而能專注在場景的維護與演算法的計算，使其致力於減低封包數量的工作上，而將封包傳送的工作交給多址傳送服務去做。

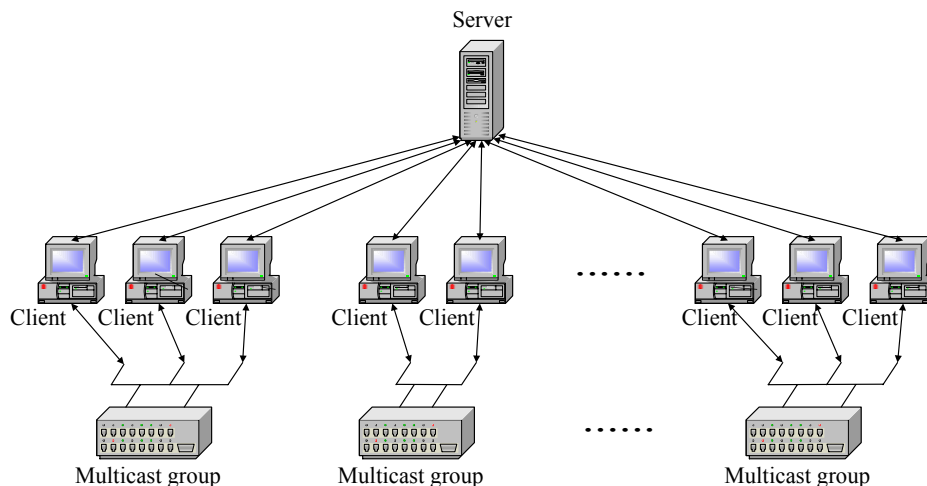


圖 1 金字塔型傳輸架構：Server-Group-Client 網路。

圖 1 說明了我們系統的傳輸架構，其中有一台伺服器當做管理者，它可與每個客戶端連線作溝通，且交換訊息、取得服務、程式場景檔案的下載等各項功能皆由伺服器提供，至於客戶端之間，並不像點對點的傳輸架構需要一一開啟連結到網路上的其它客戶端的電腦，而是藉由加入一個群組位址，成為該群組的成員；在取得群組別後，便有權利享有接收群組所有的訊息，且自己也可以對群組內所有的使用者傳送訊息，而只需要一個步驟就可以達成，即是將訊息傳送到群組位址，使硬體上的多址傳送服務功能啟動，查詢所屬群組表，找到應該要收到訊息的成員，再透過封包複製的方式，將一個封包訊息同時傳給多台電腦，當中我們使用 UDP/IP 封包，因為這種封包較簡短，又是非連接導向的協定，即使封包發生遺落的情形，對於場景也不會有太大的影響，以這樣的方式最適合傳送場景中的物件，尤其是大量而且具有重複性質更新的訊息，它比起傳統的主從式傳輸架構，節省了不少伺服器因傳送大量重複訊息所造成的負荷，這種情況也同樣會發生在點對點的傳輸架構上。

另外，我們的傳輸架構還有一個特點，就是並非所有客戶端都屬於同一個群組，由圖中即可窺知我們支援多個多址傳送服務的群組，利用這樣的方式，可以有效地降低訊息更新量，因為整個架構就是藉由伺服器掌控全局，它可動態地分配各個客戶端的群組別，隨著使用者分群後，訊息也跟著作分群，即將需要互相傳送訊息的客戶端歸到同一個群組，使其它使用者不會接收到不相關的訊息；相反地，自己送出的訊息也不需要傳到不相關的電腦，利用這樣的做法，就可以有效率地將訊息作分流過濾，大大減低了封包複製的數量，使客戶端接收到的訊息與傳送出的訊息跟著減少，這樣的傳輸架構可說是一舉兩得，不僅可降低伺服器與客戶端電腦的計算量以及傳送訊息的工作量，又可以有效地降低網路傳輸訊息封包的數量，比起點對點傳輸架構以及主從式傳輸架構來說，正是集合了兩者的優點，除去了兩者的缺點，而達到相輔相成，相得益彰的功效。

3. 動態分群演算法

為了破除傳統靜態被動地分配興趣區域，我們所採用的是較具彈性的方式，即是以動態的方式來隨機更動興趣區域，它可根據使用者位置的聚集狀況來將整個場景作分割，再依據聚類的結果作位置訊息的過濾與更新動作。對使用者分群的計算主要是由伺服器來負責，客戶端並不用負擔任何演算法的計算，而由伺服器來統一管理，如此可以分散客戶端的

計算負荷，又可以有效地掌控管理者的場景運作，以及人員進出的世界。以下是我們基於灰關聯聚類(gray relational clustering)所提出的動態分群演算法(dynamic grouping algorithm)，它不但可以適用於各種場景的興趣區域分配，包括室內、室外、大場景、小場景，又可不增加客戶端的計算負荷，進而提高場景的使用人數，除了這些客觀的優點外，主要是可以有效地減低訊息的更新數量，並且去除不必要的訊息與計算負荷。

3.1 灰關聯分析

灰色系統理論所提出的灰關聯分析方法，可以在不完整的訊息中，對所要分析研究的各個因素，使用給定的數據，在隨機的因數數列間，找出它們的關聯性。關聯分析主要是對系統態勢的發展變化進行演算，由於它是按發展趨勢作分析，因而對樣本量的大小多寡沒有太高的要求[14]，我們便是利用灰關聯分析所得的聚類結果作為動態分群的依據，詳細的演算過程如下。

從 m 個數列裡，先決定一個參考數列 X_0 ，此稱作母數列，其餘的皆為比較數列 X_l ，稱作子數列，亦即

$$X_0 = \{x_0(k) | k = 0, 1, \dots, n-1\}$$

$$\text{且 } X_l = \{x_l(k) | k = 0, 1, \dots, n-1\}, \quad l = 1, 2, \dots, m-1,$$

則 $x_l(k)$ 與 $x_0(k)$ 的距離灰關聯係數為：

$$\xi_{l,0}(k) = \frac{\text{Min}_k \text{Min}_l \Delta_{l,0}(k) + \rho \text{Max}_l \text{Max}_k \Delta_{l,0}(k)}{\Delta_{l,0}(k) + \rho \text{Max}_l \text{Max}_k \Delta_{l,0}(k)},$$

$$k = 0, 1, \dots, n-1 \text{ 且 } l = 1, 2, \dots, m-1, \quad (1)$$

其中 ρ 為分辨係數，而 $\Delta_{l,0}(k) = |x_l(k) - x_0(k)|$ 為 $x_l(k)$ 與 $x_0(k)$ 的距離。再由這些灰關聯係數 $\xi_{l,0}(k)$ ， $k = 0, 1, \dots, n-1$ ，求出數列 X_l 與數列 X_0 的灰關聯度(gray relational grade)：

$$\gamma_{l,0} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} \xi_{l,0}(k), \quad l = 1, 2, \dots, m-1. \quad (2)$$

每個數列都可當作母數列，依據此計算方法，最後可獲得 m 個數列之間所有的灰關聯度 $\gamma_{i,j}$ ， $i, j \in \{0, 1, \dots, m-1\}$ 但 $i \neq j$ 。

[規則 1] 若 $\gamma_{i,j} \geq \lambda$ ，則將數列 X_i 與數列 X_j 設定為同一個群組。

符合上述規則的數列 X_i 與數列 X_j 即擁有第一級灰關聯度，其中 λ 為一個給定的閾值。根據此規則所分出來的群組是因為這些數列彼此之間接近的程度超過或等於閾值，而被設定為同一群，雖然就繪圖的概念不一定有必要

在場景中看到遠處同一群的化身，但是為了將訊息作分流，避免群組過多，而使整個系統減少訊息更新量的功能降低，所以閾值的訂定是很重要的工作；為了適應各種情況，我們必須調整閾值 λ 與 ρ 值，因為這些值的大小會影響灰關聯分析的結果，本論文是透過不斷的實驗，由分群的結果做傳輸訊息的封包數評估，以求出這些參數的最佳值。接著，計算所有的灰關聯度並將它們排序，而得到灰關聯序，在灰關聯分析當中要是數列的處理方式不同，所產生的灰關聯度也不同，但是灰關聯序一般是不會發生變化，而我們所關心的是關聯度大小的排序，至於所算出來的關聯度值的實際大小並沒有太大的意義存在。取得數列的關聯度排序後，便可以依照我們的需求，進行分群的動作，從數列之間的關係，求出我們所要的結果。

3.2 邊緣灰關係點

由於是動態的計算，所以我們必須考慮到更多的情況，圖 2 裡以箭頭所指的紅色點表示對應的數列具有灰色地帶(gray area)的特性，即所謂的「邊緣灰關係點」，它是出現在使用者於下一秒鐘可能遇到的情況，例如：

- 1) 位置的改變造成群組別的更換。
- 2) 可能看到快速接近中的不同群組的使用者。
- 3) 必須先做出預測的動作，以達到預測的效果。
- 4) 預防人物的突然若隱若現所造成的不真實感。
- 5) 考慮到未來與其它使用者關聯度的提昇。

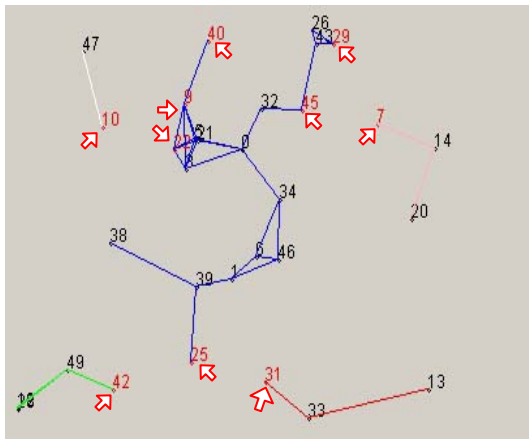


圖 2 第二級灰關聯度與其它群組的關係。

為了應付上述的情況，我們利用已經計算好的灰關聯度值，再向下延伸，尋找除了第一級灰關聯度以外(即閾值小於 λ)，還具有接近

性的數列，即稱為邊緣灰關係點，這些數列雖然沒有達到更新訊息的臨界值，但是有可能在下一秒鐘因為使用者的位置改變，而使第一級灰關聯度大大地提昇，導致來不及執行更新的動作，因此我們特別將這些數列給予特權，讓它們可以同時加入兩個以上的群組，以提高整個系統的連續性，其方法如下：

[規則 2] 若 $\lambda - boundT \leq \gamma_{i,j} < \lambda$ ，則讓數列 X_i 與數列 X_j 加入對方所屬的群組。

符合此規則的數列 X_i 與數列 X_j 即擁有第二級灰關聯度。在判定數列是否具有第二級灰關聯度時，必須把閾值設定得很恰好，才不會造成後續群組間多餘的訊息更新量， $boundT$ 參數可以用來定義第二級關聯度的範圍。圖 3 即是依第一級灰關聯度與第二級灰關聯度的條件下所獲得的分群結果。

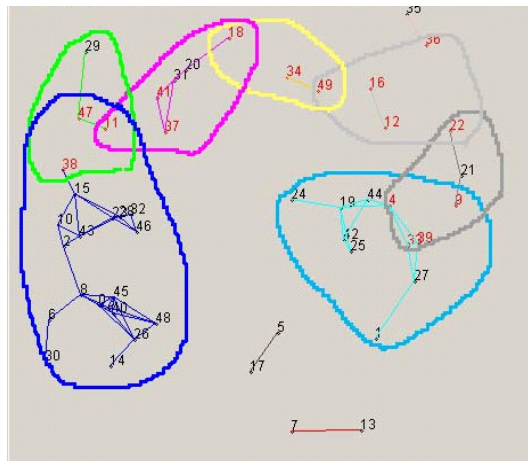


圖 3 包括邊緣灰關係點的動態分群結果。

4. 實驗結果

本實驗共分成動態分群演算法所需參數的最佳設定、各傳輸架構伺服器/客戶端傳送/接受訊息封包數量的評比，以及繪製場景所得畫面更新率的估算三部份，全部實驗皆使用一部個人電腦配備 AMD Athlon 1.0 GHz 中央運算處理器，在微軟 Windows 2000 作業系統下執行完成，其中所撰寫的模擬程式係採用 J2SE 1.4.2 電腦語言。

4.1 動態分群演算法的參數設定

在我們的動態分群演算法中，曾經提到計算灰關聯係數所用的分辨係數 ρ ，這個參數值會影響演算法的分群效果，另外，我們定義的兩級灰關聯度裡也有一個閾值 λ ，此值的訂定亦相當重要，為了適應各種情況包括場地大

小、人數多寡等，我們必須調整閾值 λ 與 ρ 值，因為它們會影響最後灰關聯分析的結果。

進行這些參數的最佳設定的實驗方法是使它們可以隨著不同的使用人數以及場地的大小作改變，而得出最好的分群效果。其實灰關聯聚類法已經隱含可以應付各種尺寸的場景特性，因為最後用來判別的關鍵是灰關聯係數，它代表著數列間關係的高低，依此，將實際兩兩之間的距離數值轉化為一個 0 到 1 之間的灰關聯度，使得場景的大小並不會對此數值產生巨大的變化，一樣可以擁有很好的分群效果。人數的多寡，對於分群後的群組數有很大的影響，基本上在大場景裡人數多與少都可以應付得很好，這是受到灰關聯聚類法的特性影響，但是當小場景的時候，擁擠度增加，使得平均灰關聯度提高不少，如果我們還是使用相同的閾值 λ ，將無法獲得預期的分群結果，因此我們必須特別關切於閾值 λ 的設定，它必須隨著人數的增加而提高數值；反之，因為擁擠度的增加，而必須縮小分辨係數 ρ ，表 1 與表 2 為我們對於不同大小場景做出的實驗結果。

表 1 600 平方單位長度的場景最佳參數設定

使用人數	擁擠度	閾值	分辨係數
90 人以上(含)	$d > 0.025\%$	$\lambda = 0.87$	$\rho = 0.5$
70 人以上(含) 至 90 人以下	$0.019\% < d \leq 0.025\%$	$\lambda = 0.86$	$\rho = 0.5$
50 人以上(含) 至 70 人以下	$0.013\% < d \leq 0.019\%$	$\lambda = 0.85$	$\rho = 0.5$
30 人以上(含) 至 50 人以下	$0.008\% < d \leq 0.13\%$	$\lambda = 0.84$	$\rho = 0.5$
30 人以下	$d \leq 0.008\%$	$\lambda = 0.83$	$\rho = 0.5$

表 2 300 平方單位長度的場景最佳參數設定

使用人數	擁擠度	閾值	分辨係數
90 人以上(含)	$d > 0.1\%$	$\lambda = 0.83$	$\rho = 0.35$
70 人以上(含) 至 90 人以下	$0.07\% < d \leq 0.1\%$	$\lambda = 0.82$	$\rho = 0.35$
50 人以上(含) 至 70 人以下	$0.05\% < d \leq 0.07\%$	$\lambda = 0.80$	$\rho = 0.35$
30 人以上(含) 至 50 人以下	$0.03\% < d \leq 0.05\%$	$\lambda = 0.80$	$\rho = 0.35$
30 人以下	$d \leq 0.03\%$	$\lambda = 0.78$	$\rho = 0.35$

我們獲取最佳參數的方法，是讓每個使用者的位置在最分散的情況下，藉由群組數目在 10 個上下作為最佳參數的選擇時機，其中的擁擠度 d 是用人數除以場地面積取得的參數。由表 1 與表 2 可以發現：不管人數是多少或場景的大小皆與分辨係數有密切的關係，這

是因為我們所使用的距離灰關聯係數牽涉到最大距離與最小距離的計算，當場景小的時候，最大距離與最小距離的差值變小，因此需要將分辨係數降低，以取得較大分辨能力的灰關聯度，這是關於分辨係數的設定。而閾值的訂定與人數有很直接的關係，我們特別利用擁擠度來觀察人數的變化與閾值的關係，當人數增加時，擁擠度或稱密度會增加，此時我們必須提高閾值的門檻，因為擁擠度的提高，相對地我們所算出來的灰關聯度平均值也會提高，這時候我們必須將閾值提高以求得更精準的分群，否則會有全部的人都歸屬於同一群組的情況，如此便失去以動態分群演算法形成興趣區域的功能。圖 4 說明了我們有否調整參數對於分群結果的影響；在沒有調整參數的情況下，當人數變多且群組數目下降時，客戶端的訊息量會增加，而失去我們的分群功能。透過本實驗，我們便可在實際的系統中加入判別條件，使它能夠隨著人數多寡與場景大小作最佳的參數調整，以保持一定的分群效率。

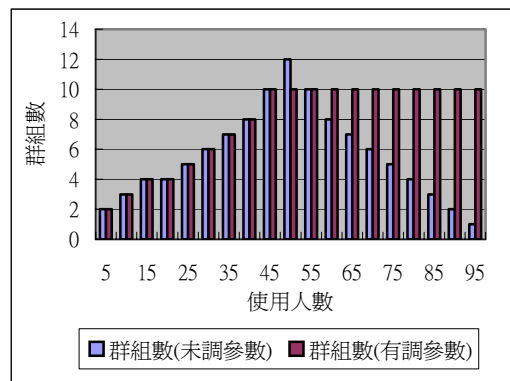


圖 4 使用人數與群組數的關係。

4.2 傳輸訊息的封包數量

在取得最佳的參數設定值後，即可進行網路傳輸封包的實驗，其中我們將兩種傳統的網路傳輸架構與金字塔型傳輸架構作比較，以便看出我們的 Server-Group-Client 網路以及動態分群演算法的優勢所在。以下對本實驗的環境作了一些條件設定：

- 1) 當使用者在移動位置時，每隔一秒送出更新位置訊息一次。
- 2) 使用者移動的機率是七成。
- 3) 以隨機移動位置的方式設定使用者下一個位置。
- 4) 伺服器每 5 秒鐘更新分群結果一次，並送出更新組別訊息。
- 5) 測量的時間為 300 秒。
- 6) 人數設定為 20 人到 80 人，在 600 平方單位長度的場地上。

表 3 各個傳輸架構在不同使用人數下每秒平均的傳送與接收封包數量

使用人數	群組數	主從式傳輸架構 (無動態分群) 傳送數	點對點傳輸架構 (無動態分群) 傳送數	主從式傳輸架構 (有動態分群) 傳送數	金字塔型傳輸架構 (有動態分群) 傳送數	主從式傳輸架構 (有動態分群) 客戶端接收數	點對點傳輸架構 (無動態分群) 客戶端接收數	金字塔型傳輸架構 (有動態分群) 客戶端接收數
20	3.8	282.4	268.2	50.5	14.1	2.0	13.1	2.0
30	4.2	628.6	607.6	210.1	21.1	6.3	20.0	6.3
40	5.3	1392.3	1364.1	267.3	28.0	6.3	27.2	6.3
50	6.5	1740.4	1705.4	334.2	35.0	6.3	34.0	6.3
60	6.5	2442.0	2400.7	527.0	41.3	8.4	40.2	8.4
70	6.9	3486.0	3435.9	616.7	50.2	8.4	49.0	8.4
80	6.3	4523.8	4467.8	652.8	57.1	7.7	56.0	7.7

由表 3 的實驗結果可以得知:有配合動態分群演算法的金字塔型傳輸架構的封包訊息傳送數遠低於不具動態分群演算法的主從式傳輸架構與點對點傳輸架構,約為 20 至 80 倍,其降低訊息量的效率正比於使用人數。若主從式傳輸架構有配合動態分群演算法,則其所需的訊息封包傳送數可以減少 3 至 7 倍,但它比採用金字塔型傳輸架構高出 4 至 13 倍。就各個傳輸架構的客戶端之訊息封包接收數而言,點對點傳輸架構比金字塔型傳輸架構多出 3 至 7 倍;若主從式傳輸架構有採用動態分群演算法,則其效率與金字塔型傳輸架構相同。

4.3 畫面更新率

使用畫面的更新率可以評定一台電腦在繪製場景的計算量是否合乎視覺接受的範圍內,經由以下的實驗可測試我們的系統在面對多使用者同時上線的時候,是否畫面的更新率會降低到無法接受的地步。本實驗係採用位置插入器(position interpolator)來彌補低封包更新率的問題,因為我們的系統是當使用者開始連續移動的時候,每隔一秒鐘讀取使用者當時送出的位置,因此其它使用者在接收到封包後可能與原來場景中的位置相隔一段距離,如果我們直接將場景化身跳到新封包的位置,則會造成畫面不連續的情況。一般的系統為了達到畫面的流暢性會將位置封包更新率提高,這意味著每秒鐘我們要收到好幾個來自同一個人的封包,然而本論文所使用的位置插入器就可以降低封包的更新率,它是藉由計算最初位置與最後位置的中間路徑,再由瀏覽器按照該路徑在場景中繪出使用者移動的動畫,如此不但可以減少封包的更新率,卻又保有畫面流暢的效果。在這個實驗中我們證明以這樣的方式來更新場景中物件的位置,具有如下的優點:

- 1) 擁有良好的畫面品質。
- 2) 瀏覽過程少有延遲的情況。
- 3) 計算量不會超過電腦負荷。
- 4) 即使群組內有很多人同時送出封包,一樣不受影響。

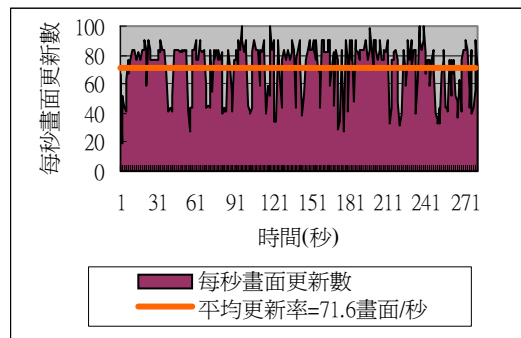


圖 5 同時有 25 個使用者送出更新封包下客戶端的畫面更新率。

圖 5 可以看到一個客戶端在 VRML 場景中的 3D 畫面更新率;在其它 24 個使用者持續送出他們更新封包的時候,只要一收到訊息便立刻更新場景中各個使用者化身的位置,即使在這樣的情況下場景的更新率仍然能夠保持在平均每秒約 72 個畫面,這表示以我們的方式來更新場景畫面可以得到符合視覺效果的要求,這意味著客戶端的計算量並不會因為有大量封包的送入,導致它需要耗費龐大的計算量在更新場景上面,而真正影響畫面更新率的原因還是跟場景本身的複雜度有很大的關係,尤其是大量的貼圖影響最大,每當我們進入大量貼圖的地方就會感受到畫面的更新率變低了。由以上的實驗可以看到使用位置插入器來作場景更新,再利用 LOD 技術減低貼圖量,就可以讓客戶端的電腦負荷不會太高,計算量也隨之降低,而使整個系統的效能大大昇。

5. 結論與未來發展

在網路多人虛擬環境中，為了使 3D 場景可以同步而且即時地更新所有使用者的位置狀態，客戶端必須不斷地送出更新的訊息，當有很多人同時上線的時候，便會使伺服器以及客戶端接收的更新封包過多，造成無法負荷的情況。本論文提出基於金字塔型傳輸架構所建置的 Server-Group-Client 網路，在配合動態分群演算法形成的興趣區域下，與傳統的網路聯通方式相比較，可以減少超過八成的傳送與接收訊息的封包量，它可確實地讓網路上的封包流量大大地降低，而達成訊息分流過濾的目的。此外，我們系統的另一個特點就是在系統效能的提昇，文中提出新穎的場景和程式檔案更新的傳輸方式，不但可以加快網路的傳輸效率，間接地也可以讓使用者更快地進入系統裡面瀏覽，而不需要冗長的等待時間，這也是其它系統所不能比擬的。同時為了減低伺服器的負擔，在我們的架構中伺服器擔任的是管理者的角色，而不是傳統的服務提供者，這樣的改變會使伺服器的工作量降低，它只需執行演算法並管理使用者的群組分配即可，不必擔任訊息傳遞的角色，未來人人皆可以架設這樣的網路多人虛擬實境系統，卻不需要昂貴的電腦設備而一樣可以執行得很好。

儘管本論文所提出新的網路傳輸概念，以及配合形成興趣區域的動態分群演算法，可有效地減低網路傳輸的訊息量，但它仍然有幾個地方需要再加強，以下為未來可研究改進的方向：

1) 系統安全性的強化

我們所建構的網路多人虛擬實境系統，並未考慮到伺服器以及客戶端的安全性問題，因為是以直接連線的方式進行，對於檔案下載的部分，雖然可以從其它客戶端下載更新，卻不能確保檔案的正確性，在固定埠號下傳輸與通訊，有可能遭受到駭客的入侵與攻擊，針對此點去加強系統的保密性與安全性。

2) 不支援多址傳送服務網路的建構

金字塔型傳輸架構需要具有支援多址傳送服務的網路，如果客戶端不支援這樣的傳輸協定，就無法進入我們的網路多人虛擬實境系統，因此在我們的傳輸協定必須改為點對點的傳輸方式，這部分的程式尚待建構。

3) 動態分群演算法的加強

目前動態分群演算法僅用到使用者位置的座標當作數列來聚類，並未加入

使用者的方向資訊，若考慮使用者的視角與可見度等因素，則會使分群的效果更加準確。

4) 灰關聯聚類法的參數自動調整

關於灰關聯聚類法的參數調整，現在是依照各種情況的實驗方式，找出最佳的參數設定，未來可以更加精準地分析參數與分群效果的關係與規則，利用智慧型的演算法達到參數的自動化調整，使它可以更具彈性適應的功能。

6. 參考文獻

- [1] N. H. El-Khalili and K. W. Brodli, "Architectural design issues for web-based virtual reality training systems," in *Proc. of the 1998 Int. Conf. on Web-based Modeling and Simulation*, San Diego, California, pp.153-158, 1998.
- [2] G. Q. Huang, K. L. Mak, J. Y. Shen, and J. Q. Yan, "Web-based product design review: implementation perspective," in *Proc. of the Sixth Int. Conf. on Computer Supported Cooperative Work in Design*, London, Ontario, Canada, pp. 261-266, 2001.
- [3] S. N. Matsuba and B. Roehl, "Bottom, thou art translated: the making of VRML dream," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 19, no. 2, pp. 45-51, 1999.
- [4] M. Rohrmeier, "Web based robot simulation using VRML," in *Proc. of the 2000 Simulation Conf.*, Munich, Germany, vol. 2, pp. 1525-1528, 2000.
- [5] N. W. John, M. Riding, A. Sadarjoen, and L. Blumrozen, "Bringing 3D to teleradiology," in *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Information Visualization*, London, England, pp. 4-9, 2000.
- [6] "IEEE standard for distributed interactive simulation- application protocols," IEEE Std 1278.1a-1998, 1998.
- [7] P. D. Joseph, "Kalman filter introduction homepage," <http://ourworld.compuserve.com/homepages/PDJoseph/>.
- [8] 沈敦蔚，網路多人互動式虛擬環境上未知狀態推測演算之研究，碩士學位論文，國立成功大學工程科學系，台南市，民國 88 年。
- [9] S. Benford and L. Fahlen, "A spatial model of interaction in large-scale virtual environments," in *Proc. of the 3rd*

European Conf. on Computer Supported Cooperative Work, Milan, Italy, pp. 109-124, 1993.

- [10] NPSNET, <http://www.npsnet.org/~npsnet/>.
- [11] M. Zyda, D. Brutzman, R. Darken, R. McGhee, J. Falby, E. Bachmann, K. Watsen, B. Kavanagh, and R. Storms, "NPSNET- large-scale virtual environment technology testbed," in *Proc. of the Int. Conf. on Artificial Reality and Tele-Existence*, Tokyo, Japan, pp. 18-26, 1997.
- [12] W. Broll, "Distributed virtual reality for everyone- a framework for networked VR on the Internet," in *Proc. of the 1997 Virtual Reality Ann. Int. Symp.*, Albuquerque, New Mexico, pp. 121-128, 1997.
- [13] 廖蕙君, JAVA 魔幻世界- 3D.VRML, 大偉書局, 台北市, 民國 86 年。
- [14] 鄧聚龍、郭洪, 灰預測原理與應用, 全華科技圖書股份有限公司, 台北市, 民國 85 年