

引用行動代理程式技術建立具良好擴展性伺服器之研究

文成康、蔡尚榮、蘇金沛

國立成功大學電機工程學系

台南市大學路一號

(Email:ckwen@eembox.ee.ncku.edu.tw)

摘要

網際網路技術快速的發展使得各式各樣的資訊透過網路伺服器提供給使用者。迅速增加的使用者服務要求卻也使單一伺服器的負載能力不勝負荷。因此，具可擴展性(Scalable)之伺服器設計便成為目前分散式系統中被積極研究的議題，而且也已有些許成果的完成。然而，這些研究焦點都將集中於伺服器群組的運作方式，對於伺服器軟體的安裝與服務組態的調整還是停留在人工操作模式。這將使得在廣域網路上的可擴展性伺服器的軟體安裝、更新與管理工作耗時費力，而且伺服器提供的服務項目也將被限制固定不變而無彈性。本文針對這樣的困境，應用行動代理程式技術，設計一套在可擴展性伺服器之遠端軟體安裝機制，讓網路服務的經營者可以透過網路自動安裝應用伺服器軟體在遠端的伺服器上，而且也可以動態地載入應用功能模組，以彈性地增加應用伺服器新的服務功能。

在本文中，我們實作了一個可擴展性交談式娛樂伺服器離型系統，用以驗證系統設計的可行性。利用行動代理程式技術來達成伺服器軟體的自動安裝與組態設定的目標，簡化伺服器群組的管理工作。並且可動態地增減服務模組，調整伺服器服務功能。本系統提供一個交談聊天室和白板功能，以及一個五子棋的功能模組，讓原來的系統上的使用者可以下五子棋，展現本系統對於伺服器功能的彈性設計。

關鍵字：行動代理程式、遠端安裝、可擴展性、伺服器群組。

1 簡介

由於網際網路 (The Internet) 技術的快速進步，網際網路

應用日漸普及，各式各樣的資訊與應用透過網路伺服器提供給人們使用，因而使網路使用人口的急速增加，許多網路伺服器已不堪負荷。即使增加單一伺服器的硬體效能也趕不上使用者服務要求增加的速度，而且花費高又不符合經濟效益。因此必須設計以多伺服器集合的伺服器群組(Server Cluster)來分散單一伺服器的負載，以低花費應付高需求。因此如何設計一個有效而實用的可擴展性伺服器系統，便成當前大家積極研究的議題之一。

雖然目前已有的一些針對可擴展性伺服器系統的研究成果，例如，NCSA 的可擴展性 Web 伺服器[1]。但是若檢視這類伺服器系統，會了解必須具有專業技能的人才能安裝伺服器軟體與執行管理工作。這對網路服務公司而言，是一大人力負擔，因為一般商業行為皆以低成本高利潤為經營目的。而且由於是固定伺服器程式，所提供的服務項目基本上也是固定不變的。尤其是在廣域網路上，伺服器分散各地，伺服器軟體的安裝、更新與組態異動等工作，對公司經營者來講，無異更加重了人事與管理的成本。因為伺服器的安裝和更新等維護工作不但耗時費力而且是技術導向的，必須有專業人員管理。因此，在網際網路發達的今日，若能透過網際網路作遠程安裝(Remote Installation)，甚至是自動安裝(Automatic Installation)是可能的是而且是有效的作法。

在廣域網路上的伺服器群組雖然以共同提供同一項服務為目的，但是群組中各單一伺服器未必會有相同的軟體平台。這使得伺服器相關軟體需具備有不同平台的版本可用。因此，不但軟體維護不易，更加重了遠程安裝及自動安裝的困難度。為達到伺服器軟體可跨平台執行，也就是必須可以在不同的軟硬體環境使用，所以必須考慮到彼此的執行環境是否一樣，如此才能在不考慮

遠端伺服器的平台而將伺服器軟體在遠端執行。SunSoft Java 的 JVM (Java Virtual Machine) [13] 提供這樣的可跨平台環境。以此為基礎發展出來的 Mobile Agent [5][6][7] 更具有包括有可程式 (Programmable)、可複製 (Clone a program)、可遷移的功能特性，可以使此大規模伺服器之遠程軟體安裝變得可行。

為提供一個在可擴展性伺服器系統中軟體安裝與更新的解決方案，我們設計了一個機制，應用行動代理程式可遷移程式的功能來支援伺服器程式的自動複製、應用程式的自動遷移及載入至遠端電腦，減少安裝或更新伺服器軟體時所需的時間及人力。當網際網路上的電子商務趨勢形成後，必定會有相當多的網站會加入同一項網路服務以搶佔商機。若有新的網站伺服器欲加入此伺服器群組時，只須透過我們設計的機制便能自動成為伺服器群組的一員，而且可自動從其它的伺服器上取得軟體並自動安裝，彈性增加伺服器的服務多樣化。如果某一伺服器即將要關機或是負載過重時，亦可經由本機制將此伺服器上的連線從新導引至其他的伺服器去，這使整個伺服器系統具有更進一步的容錯及負載平衡的能力。

本文對行動代理程式在具擴展性伺服器中的應用做一探討。第二部份說明 Scalability 及 Mobile Agent 的相關概念，第三部份說明利用 Aglet 建立可擴展性伺服器群組的系統設計，第四部份建立一個可擴展性交談式娛樂伺服器之雛型，以驗證本文之設計理念，最後則為結論。

2 背景知識與相關研究

本文之研究重點在於可擴展性伺服器系統中之伺服器軟體的遠程安裝與更新自動化，期望經由本研究提供一個新式的網路服務的經營環境與架構。本單元將對於目前可擴展性伺服器的研究現狀及行動代理程式的觀念作一概念性的說明。

2.1 Scalable Service

一個具可擴展性伺服器系統 (Scalable Server) 是指對於使用者數量龐大或是增減變動性很大的服務要求，藉由多個伺服器共同合作來提供單一服務，而從使用者的觀點看是單一個伺服器提供服務。

為何可擴展性 (Scalability) 已成為一項重要的問題，其主要因素有：(1) 使用者數量的快速成長。大量的使用者要求會造成網路交通的擁擠及伺服器負載的急速增加。(2) 網路上資料物件的大小增加。多媒體檔案往往造成了網路和伺服器容量的瓶頸。(3) 網路上資料量的大量增加。資料量的增加使得存取這些資料，資料搜尋，資料管理更為困難，同時也增加了系統負載及處理時間。(4) 使用者需求的分佈不規則。由於使用者的位置、時間及習慣不一，伺服器的使用可能很不平均，造成負載不平衡的情形。

由多個伺服器所組成的伺服群組，通常比單一伺服器提供更好的有效性 (Availability)。在具可擴展性伺服器中，伺服器個數並不需是固定的，在應付不可預知的使用者服務要求的狀況下，是可以動態地新增或減少伺服器個數。當伺服器群組中的某些伺服器無法正常工作時，群組中的其他伺服器仍可接手繼續提供服務，而且也能達到分散負載 (Load sharing) 及較佳的回應時間 (Response Time)。使用者對於可擴展性伺服系統所能察覺到的優點，通常包括了幾個要件，例如系統服務的有效性、回應時間等等 [14]。

目前已有相當之研究技術用來解決伺服器之可擴展性問題。依照使用的方法可分成下列各項：

用戶端導向：Smart Client [3] 就是在用戶端執行 Java Applet 來收集伺服器群組之各成員負載資訊，用以決定將使用者服務要求送至合適的伺服器。

伺服器端導向：SWEB [15] 的 WWW 伺服器可在本身負載過重時，利用 HTTP 的 Redirection 功能將用戶端的服務要求轉移至其他合適的伺服器。

分配器導向：NCSA 的 Scalable HTTP Server [1][16] 是利用 DNS [17] 的 Round-Robin 功能，將使用者的服務要求依序地轉送到伺服器群組中的某一伺服器。ONE-IP [2] 則是透過一個分配機制 (Dispatcher) 將 IP 層次的資料封包指派到伺服器群組中的合適伺服器以使用戶有較佳的服務品質。SSB [4] 亦是針對分散伺服器負載而將用戶端服務要求的 IP 封包轉移至區域網路中的某一伺服器，以平均伺服器群組成員的負擔。

以上無論採用的方法為何，對使用者來講，是感覺不到任何差異的，這就是使用者透過性(User Transparency)。

2.2 Mobile Agent

Mobile Agent 是屬可動式程式碼(Mobile Code)[10]的一種。它是一種以物件導向為主的程式，可在相異的網路環境下攜帶自身狀態、資訊，從一電腦被分派傳送至遠端電腦執行。可動式程式碼提供了較有效率的方法。目前可分成三種[11][12]：(1)Code On Demand、(2)Remote Evaluation、(3)Mobile Agent。在以上的三種方法中，又以 Mobile Agent 較適用於本文之研究。使用 Mobile Agent 有以下幾項主要的優點：存取效率高、可節省網路頻寬、擴充性高。

Aglets[8][9]是 IBM 以 Java 發展出的 Mobile Agent 套件。Aglets 是可以從網路上的一端移動到另一端的 Java 物件。當 Aglets 移動的時候，它把它的程式碼跟所有它所攜帶物件的狀態一起搬移過去。Aglets 有幾項特點：(1)提供一個簡單而全面的模組給寫 Mobile Agent 程式的人，而且並不需要去修改 Java VM 或是它的 native code。(2)提供動態而強大的通訊功能，讓 Agents 可以對未知的 Agents 就像已知的一樣作通訊的動作。(3)設計一個可再使用和可擴充性，而且和現有的 Web/Java 技術相容的系統架構。(4)提供一個廣泛而且簡單的安全機制讓使用者可以信任這些自遠端來的 Mobile Agents。

3 系統設計

本系統主要是針對目前使用者數目迅速增加，伺服器負載隨之加重的環境下，提出一套可擴展性伺服器之設計方法，以求增強伺服器的可擴展性、減少服務軟體安裝的複雜度、以及分散伺服器的負載。

3.1 系統概觀

本系統如 Figure 1 所示，在一可擴展性伺服器系統中，用戶端以單一的網域名稱透過本實驗室改良的支持可擴展性伺服器的網域名稱伺服器(DNS)[18]，就近連接至合適的伺服器去取得所需之服務。伺服器群組中有主從之分，主要伺服器(Master Server)負責軟體維護與更新，從屬伺服器(Slave Server)可從主要伺服器上下載新版軟體

進行更新。除此之外，主從伺服器並無差異。

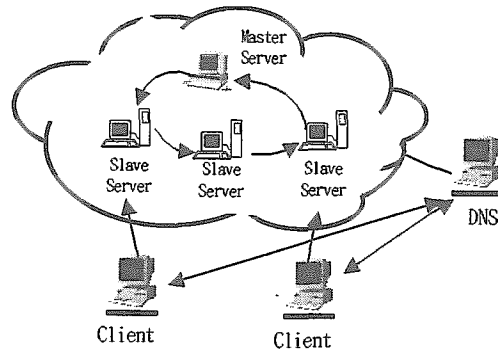


Figure 1 系統概觀

為了讓應用程式碼可以跨越不同平台執行，我們以 Java 為程式設計工具，而 Mobile Agent 部份則是應用了 IBM Mobile Agent—Aglets。利用 Mobile Agent 可以移動到遠端的電腦並執行的特性，設計應用伺服器 (AP Server) 以及自動安裝及初始化伺服器上服務軟體的機制。當我們要在遠端加入一個應用伺服器時，遠端只需準備好一部伺服器，而所需的應用伺服器則透過網路由遠端自動傳送到此伺服器上自動安裝。因為我們的服務群組具有可擴展性，所以當一台新的伺服器加入並取得服務軟體時，同時也會自動的加入此群組，所以不論客戶端連上哪一台伺服器，皆可取得其他伺服器上的服務與資訊，甚至可以和其他伺服器上的使用者傳送訊息。

3.2 系統架構

本系統之架構可由 Figure 2 說明。伺服器 Server 1 正執行 AP Server 程式，伺服器 Server 2 欲加入此伺服器群組的服務行列，此時 Server 1 的 AP Server 便將自己複製一份傳送到 Server 2 去。當此複製的 AP Server 到達 Server 2 後便進行初始化的動作，然後開始執行並提供服務。

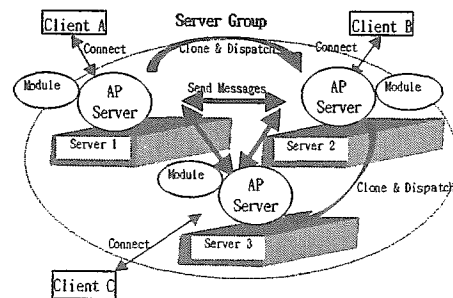


Figure 2：系統架構

3.2.1 伺服器管理

本系統之伺服器拓模型態(Topology)採多層環狀架構,如 Figure 3 所示。採用此架構主要考量是要降低網路頻寬的使用。本系統之遠端軟體安裝與更新是將透過行動代理程式攜帶新版軟體至目的伺服器去進行安裝與更新之工作,因此,若對於同一份軟體欲安裝至多個的伺服器時,派出的行動代理程式次數越少,則表網路頻寬的使用越少。若是採用其他架構,例如:星狀或是階層式連結,則對於同一份軟體勢必同時派出多個行動代理程式去執行安裝工作,此時網路頻寬的使用將呈倍數成長。

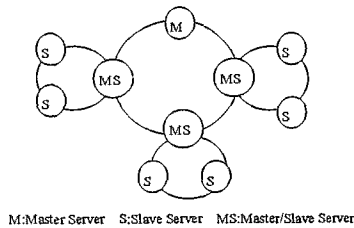


Figure 3 伺服器架構

本系統中的伺服器分為兩種: Master Server 和 Slave Server。說明如下:

Master Server 的功能如下:

1. 負責記錄及管理其下游的 Slave Server 的成員。
2. 負責安裝和更新 Slave Server 上 AP Server 的軟體。
3. 負責收集及統計各 Slave Server 的狀態,如負載或是連線的客戶端數目。

Slave Server 的功能如下:

1. 負責接收 Client 的 request, 並為 Client 端提供服務。
2. 接收其他 Slave Server 所轉接過來的連線。

Figure 4 說明伺服器之間軟體更新的流程圖,在服務群組裡有 Master Server、Slave Server 和兼具有兩者特性的 Server。當 Master Server 把 Service Agent, 即 AP Server, 傳送給所有的 Slave Servers 時,是以一個環狀的架構一個傳向另外一個的。所以在同一個環狀的服務群組內從頭到尾就只有一份 Service Agent 在網路上流動。環狀架構是多層次的。這樣設計的重點是為了減少網路頻寬的浪費,又不會因為環狀結構太大而變的沒有效率。

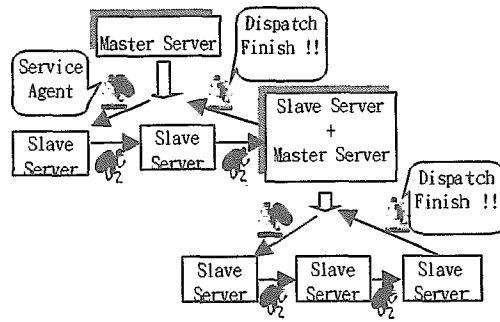


Figure 4 Master Server 和 Slave Server 的運作流程圖

在 Master Server 和 Slave Server 上皆有一 Server Manager 來處理伺服器的管理工作,現將之分別說明:

(1) Master Server: Figure 5 是 Master Server 的 Server Manager 主要的流程圖。

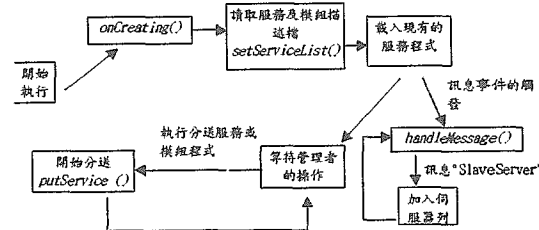


Figure 5 Master Server 的 Server Manager 的程式流程圖

(2) Slave Server: Slave Server 的 Server Manager 功能可分成兩個部份:(A)取得 Master Server 的 Aglet ID。(B)負責向 Master Server 註冊自己的 Aglet ID,以及接收分送過來的 AP Server 並登錄起來。Figure 6 說明 Slave Server 的運作方式。

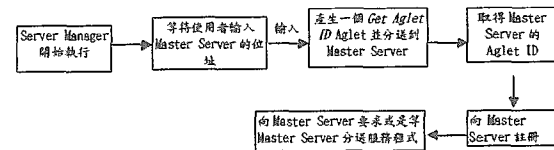


Figure 6 Slave Server 的 Server Manager 的程式流程圖

3.2.2 應用伺服器

服務伺服器(AP Server)是實際接受用戶端服務要求連線的伺服器程式,它會開啟一個網路的 Port 以接受客戶端連線並提供所需之服務的。以 TalkServer 之設計為例,它的功能是提供線上使用者一個聊天室以及網路小白板。整個伺服器可以分為兩部分來說明:負責接受客戶端連線的 TalkHandler 和 Aglets 的主體程式 TalkServer。

(1) TalkHandler：它主要是開啟一個網路的 Port 來 Listen 並接受客戶端連線，並處理客戶端傳送過來的資訊和傳送資訊到客戶端。

(2) TalkServer：負責整個服務程式的複製、移動以及和其他伺服器上 TalkServer 程式通訊。

如 Figure 7 所示為 TalkHandle 與 TalkServer 之關係。TalkHandler 負責對本地端的連線使用者傳送和接收訊息，而和其他伺服器上的 TalkServer 的通訊則是交由 TalkServer 來負責。

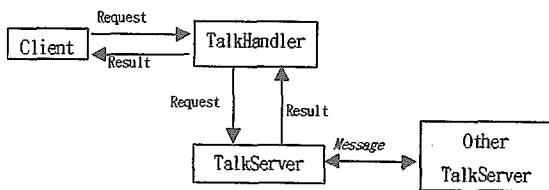


Figure 7 TalkHandler 和 TalkServer 的關係

3.2.3 應用功能模組

整個系統的服務除由 AP Server 提供的固定項目外，亦可經由功能模組動態地提供額外的服務功能。我們設計一個 Module Agent 機制，使 AP Server 能有動態載入特定功能模組程式的能力。Module Agent 可以在服務不用停止或終止的情形下，增加 AP Server 的功能。Figure 8 是 Module Agent 運作的示意圖。

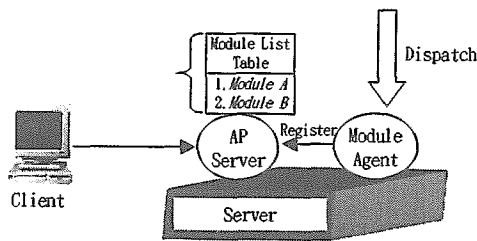


Figure 8 功能模組動態載入的運作圖

應用功能模組是用來擴充服務程式的功能，讓我們在增加原先服務程式新的功能時，不必重寫或修改原先的服務程式。故一個模組程式必須依附在所屬的服務程式之下，無法和客戶端建立新的連線，一切均需透過服務程式來和客戶端溝通，如 Figure 9。以設計一個五子棋的遊戲模組為例，由 Figure 9 中可知它並不直接與用戶端接觸，但它可用來增加之前 TalkServer 服務程式的功能。



Figure 9 FiveStone 和 TalkServer 的關係圖

3.3 負載分散與容錯

負載分散與容錯是設計可擴展性伺服器的重要議題之一。我們在下面分兩方面來討論：

1. 負載分散：服務群組中可能的用戶端連線可能過份集中在某些伺服器上，因為大部分的使用者只知道某些較常用的伺服器網址，所以會造成這些伺服器比較忙碌。我們透過本實驗室先前設計的網域名稱伺服器將一個固定的網域名稱對映到所有伺服器的實際網址。使客戶端可不經選擇而就近連線至較近的伺服器。如此做法自然就把廣域網路上的客戶端分散成區域性了；也就達成負載分散的目的。

2. 容錯：在我們的系統中，當服務群組裡的伺服器如果需要關機時，連上此伺服器的客戶端可以不受影響的繼續享受服務。因為我們的客戶端有自動重新連線的功能，而伺服器有重新建立這些連線資料的能力。由 Figure 10 所示，當 Server 1 要把 Client A 的連線搬移到 Server 2 時，Server 1 會將 Client A 的狀態傳給 Server 2。當 Client A 中斷與 Server 1 的連線而自動重新連線到 Server 2 時，Server 2 能夠知道此連線是從 Server 1 過來的，並把原先由 Server 1 傳過來狀態值對 Client A 的連線作初始化。另外一方面，當某個伺服器上出現連線太多時或是負載太重時，也透過相同的方式來把部分客戶端的連線分散到其他的伺服器上，已達到負載分散的目的。

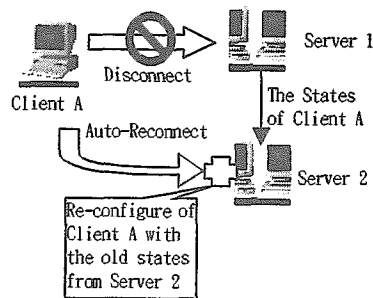


Figure 10 自動重新連線的運作圖

3.4 系統特色及優點

本系統具有以下幾個特色：(1)可擴展性設計、(2)應用伺服器程式可自動安裝及更新、(3)功能模組可動態載入、(4)良好負載分散及容錯能力。茲說明於下。

(1)可擴展性之設計：本系統利用 DNS 將此系統的單一網域名稱對應到多個 IP 位址，提供單一伺服器之印象，使用者只看到唯一的網域名稱。經由本系統的設計，服務提供者可以視整個服務系統的負載輕重而很方便地動態加入或減少其伺服器群組的伺服器個數。調整工作只需在主要 DNS 伺服器上的資料庫增加或減少對應的 IP 位址個數即可，而伺服器成員位址可分佈各處，不拘限於區域網路(LAN)中，可真正達到可擴展性的目標。

(2)應用伺服器程式的自動安裝及更新：對於不具專業技能的服務經營者而言，可透過本系統經由網路從遠端自動安裝服務應用程式。當應用程式有較新版本時，亦可自動的更新所有伺服器上舊有的應用服務程式。這對網站經營者來說，只需提供電腦設備並且安裝本系統，其餘即可不需經營者去擔心了。

(3)功能模組的動態載入：伺服器可提供多樣化的應用程式。當一個服務程式的基本功能不能滿足使用者的需求或需增加新的應用程式時，在不需重新修改原先的服務程式，而且不需要停止服務進行的情形下，動態地載入功能模組，以補充原先服務程式功能的不足。

(4)良好的負載分散能力和容錯：移動客戶端的連線。當某伺服器的負載過重時，本系統可將此伺服器上的部分服務要求遷移到其他負載較輕的伺服器上，而且也可在伺服器要關機的時候，透過同樣的作法來讓使用者可以繼續使用服務，不致中斷。

4 可擴展性網路交談式娛樂伺服器群組

本文的應用系統雛型以客戶端-伺服器模式為主，客戶端需透過伺服器求和其他的客戶端作互動。用以驗證我們以 mobile agent 來設計伺服器程式的自動安裝，設定每個伺服器不同參數，以及伺服器之間的通訊等可行性。我們設計此可擴展性網路交談式娛樂伺服器群組，將可展示下列功能：(1)Server Scalability：每一個使用本系統

的伺服器都可以和其他的伺服器做溝通，而且具有容錯和負載分散的能力。(2)Remote Automatical Installation and AP Server Patching：本系統的系統管理者可由 Master Server 下載 AP Server 的程式自動安裝和事先設定好組態。AP Server 的版本有更新，也會下載至每一台伺服器上自動更新。(3)Dynamic Module Loading：此系統可以動態載入某一模組，增加 AP Server 的某項功能。在這裡我們選擇了一個五子棋的應用來實作這項功能。

本系統之伺服器分成 Master Server 及 Slave Server 兩種：前者是服務群組裡最重要的伺服器，負責服務和模組程式的分送、下游伺服器的註冊，和管理在下游伺服器的服務和模組程式。後者是提供執行平台讓 Master Server 可以分送服務和模組程式的伺服器。當系統管理者想要增加一個 AP Server 到服務群組時，所要安裝的便是 Slave Server 的軟體。

在 Master Server 與 Slave Server 上皆有 Server Manager 來管理合服務伺服器的運作。在 Master Server 上的 Server Manager 是負責讀取 Service 的描述檔並載入記憶體中，並接受 Slave Server 的註冊，與分送服務和模組的程式到已註冊的 Slave Server 上。Figure 11 是 Master Server 上的 Server Manager 執行時的視窗。

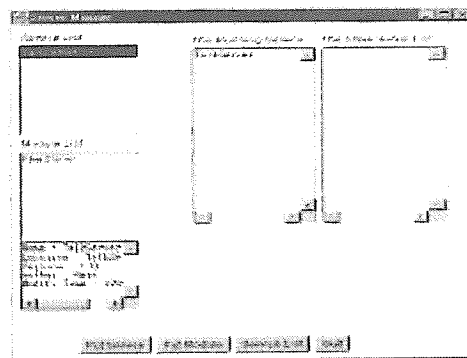


Figure 11 Master Server 的 Server Manager 啟動畫面
而在 Slave Server 上的 Server Manager 則是負責向 Master Server 的 Server Manager 註冊以及接受自 Master Server 分送過來的服務和模組程式。Figure 12 是它執行時的視窗。

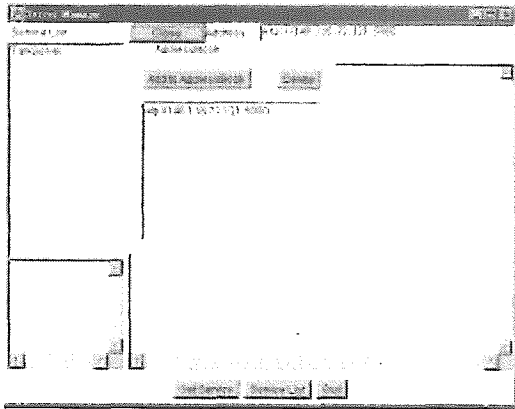


Figure 12 Slave Server 的 Server Manager 的畫面

本系統的交談服務項目主要是透過 AP Server 提供給用戶端。服務伺服器(AP Server)會開啟一個網路的 Port 以接受客戶端連線的。以 TalkServer 為例，它的功能是提供全部的線上使用者一個聊天室以及網路小白板。

Figure 13 為接受客戶端連線的視窗。

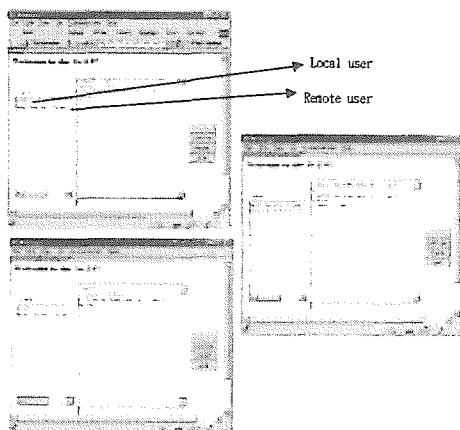


Figure 13 客戶端連線的畫面之一

用來擴充 AP Server 的功能是以動態方式載入功能模組。功能模組並不能單獨存在，它必須依附在所屬的 AP Server 下才能動作，也就說功能模組只能透過 AP Server 才能和客戶端與其他伺服器溝通。Figure 14 為一五子棋之功能模組執行視窗。

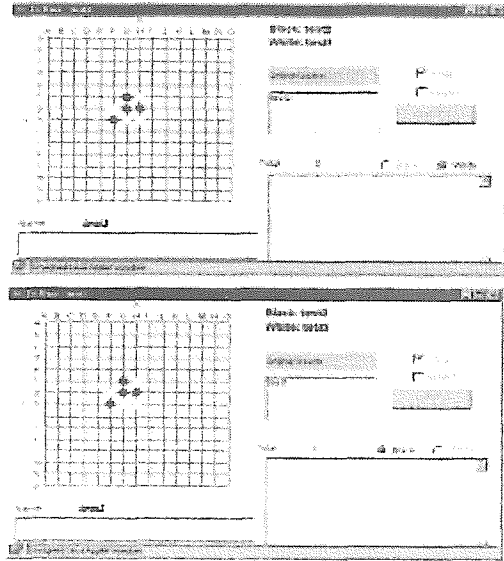


Figure 14 客戶端連線的畫面之二

我們的應用系統除了驗證先前的系統設計之外，亦展現下列的特性：(1)網站增加簡單：網站經營者只需將伺服器開啟並完成向 Master Server 註冊的手續即可。(2)減少安裝時雙方的通訊量：本系統以 Mobile Agent 為媒介，所以本來需要兩端互相交談才能完成的事，只需在 Mobile Agent 到達遠方的伺服器上，便可在當地的環境下完成。(3)減少應用程式碼的網路傳輸量：在本系統裡，Master Server 在分送服務或是模組程式時，只有送出一次，便會自動複製一份往下一個目的地送，直到全部的伺服器都有為止。所以對每一台伺服器來說，它們都是中繼站，這樣不會有某個伺服器之程式重複出現在網路媒體上，而減少總傳輸量。

5 結論

在本文我們對於大規模分散式系統中解決伺服器可擴展性問題之相關研究進行探討，並提出一個應用行動代理程式技術建立的具擴展性伺服器的系統架構。引用行動代理程式使伺服器的服務程式可經由網路從遠端安裝，而且服務程式還可動態載入功能模組，擴增伺服器新功能，並且跨越不同平台障礙。這對於在網際網路上的網路服務業者而言，可解決軟體安裝、更新與維護的繁複工作。此外，亦透過我們實驗室自行改良的 DNS，使此系統提供單一伺服器影像以及負載分散的作用。為驗證

我們提出的系統設計架構，我們實作一個可擴展性網路交談式娛樂伺服器群組之離型系統。此系統透過交談服務程式提供一個五子棋遊戲模組給使用者。所有伺服器上的服務程式皆可以遠端自動安裝並且可動態載入功能模組，大幅簡化了伺服器系統的管理工作，也使得整個伺服器群組的規模更具彈性。

參考文獻

- [1] E.D.Katz, M.Butler, R.McGrath, "A Scalable HTTP Server: The NCSA Prototype", Computers networks and ISDN systems, Vol 27, 1994, pp.155-164
- [2] O. P. Damani, P. Y. Chung, Y. Huang, C. Kintala, and, Y. M. Wang, "ONE-IP: Techniques for Hosting a Service on a Cluster of Machines," in Proc. The Sixth Int. World Wide Web Conference, April 1997.
- [3] Chad Yoshikawa, Brent Chun, Paul Eastham, Amin Vahdat, Thomas Anderson, and David Culler, "Using Smart Clients to Build Scalable Services", Computer Science Division University of California Berkeley, CA 94720
- [4] Antony Y. R. Lu, "A Scalable Server Broker Supporting Single Server Image and Load Balance", NCKU, 1997
- [5] <http://www.cs.dartmouth.edu/~agent/general/overview.html> , "D'Agents: Mobile Agents at Dartmouth College"
- [6] <http://www.meitca.com/HSL/Projects/Concordia/Welcome.html> , "Concordia - Java Mobile Agent Technology"
- [7] <http://www.objectspace.com/products/vgrOverview.htm> , "Voyager: Mobile Agent at ObjectSpace"
- [8] <http://www.trl.ibm.co.jp/aglets/> , "IBM Aglets Software Development Kit"
- [9] Danny Lange and Mitsuru Oshima , "Programming and Deploying Java Mobile Agents with Aglets"
- [10] Alfonso Fuggetta and Giovanni Vigna, "Understanding Code Mobility," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 24, no. 5, pp. 342-361.
- [11] Mario Baldi and Fulvio Risso, "Designing a Videconference System for Active Networks," Accepted for publication in Proceedings of the 2nd International Workshop on Mobile Agents, Stuttgart, September 1998.
- [12] Mario Baldi, Silvano Gai , "Exploiting Code Mobility in Decentralized and Flexible Network Management," In Mobile Agents, Proceedings of the 1st International Workshop on Mobile Agents 97 (MA'97), Berlin, (Germany), April 1997.
- [13] See <http://www.javasoft.com/>
- [14] Nielsen, J. "Usability Engineering ", San Diego, Academic Press., 1993.
- [15] D.Andersen, T.Yang, V.Holmedahl and O.Ibarra, "SWEB:Towards a Scalable WWW Server on MultiComputers," Journal of Parallel and Distributed Computing, 1997.
- [16] T.T.Kwan, R.E.McGrath, D.A.Read, "NCSA's World Wide Web Server : Design and Performance", IEEE Computer, Nove, 1995, pp.68-74.
- [17] RFC1034, "Domain Name-Concepts and Facilities".
- [18] Song Fong-Shui, Shong-Rong Tsai, "A Scalable Proxy Server Supporting Document Categorization," Master Thesis, 1997.