

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

支援協同計算行動代理人平台之研發(3/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-002-007-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立臺灣大學電機工程學系暨研究所

計畫主持人：郭斯彥

計畫參與人員：林敬育 何丞世 林語亭 蕭淑方

報告類型：完整報告

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 93 年 10 月 5 日

中文摘要

行動代理人程式架構在分散式環境中提供了一個可設定的、可擴展的並且主動式的計算平台，因此被視為具有在網際網路上提供一個可分享資源、服務及計算能力的全域性與整合性計算平台之潛力。

而 XML 作為一個 Markup Language 則具有在網際網路上不同系統與平台間資訊交換之能力，也因此成為最有可能整合 Intranet、Extranet 及 Internet 上，同一組織或不同組織之間不同系統服務之技術。

本計劃將探討 XML 技術與行動代理人程式架構整合之可能。期望結合兩者之特性，建立一可容易存取網際網路上之豐富資訊並充分了解與利用資訊內容的行動代理人程式架構，使代理人程式之行為可依據這些充足的資訊而更完美的完成使用者交付之任務。

並且利用 XML 之技術來整合原本個別獨立的行動代理人程式服務，藉由協同合作使得行動代理人程式可以完成更複雜的工作，以滿足未來網際網路上使用者日漸複雜的行為模式之需要。

另一方面則希望能依據此行動代理人程式架構作為支援協同合作之應用程式的發展平台，提供易於使用的分散式服務開發介面，使應用程式開發者能充分發揮此架構提供之基礎功能，專注於服務之開發。並且藉由行動代理人架構能夠隱藏網際網路上不同平台間之異質性之能力，讓應用程式能夠容易的達成可擴充性與跨平台性。

同時，藉由行動代理人程式間之協同合作，加上資源管理及監控之機制，我們可以容易的達成 Load Balance 及容錯之功能。

關鍵字：行動代理人程式、XML、協同合作、資訊交換、資源管理、容錯

Abstract

Mobile Agents have been shown to be a promising approach to addressing the issues of ubiquitous computing: they have advantages in managing vast amount of information available in the fixed network, relieving the problems of slow, unreliable connectivity, and limited capacity inherited in mobile computers. Mobile Agent Infrastructure provides a computing platform in the configurable, scalable, and initiative way.

XML as an information markup language has the ability to do information exchange on the Internet across the different platforms and operating systems. It is the most potential technology to integrate the systems and services in the same and different organizations on the Intranet, Extranet, and Internet.

This proposal will discuss the possibility of integrating the Mobile Agent Infrastructure and the XML technology. We expect the integration of these two technologies will combine the advantages of both and construct a Mobile Agent Infrastructure that can easy access and understand the voluminous information on Internet. Thus, Mobile Agents can complete the user's intentions more impeccably according to the sufficient information.

We will use the XML technology to chain the Mobile Agent Services that are individual originally. That will enhance the ability of individual Mobile Agent and make them more powerful on completing a complicate work.

On the other hand, the Mobile Agent Infrastructure will support collaborative computing by providing an easily used distributed services development interface. The collaborative computing service developer can use this interface to develop the collaborative computing applications. At the same time, the Mobile Agent Infrastructure can hide the heterogeneous among the different platform to provide the ability of platform independent and scalability.

The collaboration of Mobile Agents and mechanism of resource management, and verification will make us easily achieve the load balance and fault tolerance.

Keyword: Mobile Agent, XML, Collaborative Computing, Information Exchange, Resource Management, Fault Tolerance

目錄

一、 前言.....	1
二、 研究目的.....	2
三、 文獻探討.....	4
(一)、 協同計算 (Collaborative Computing)	4
(二)、 中介軟體 (Middleware)	5
(三)、 行動代理人系統 (Mobile Agent System)	6
(四)、 XML (Extensible Markup Language)	8
四、 研究方法.....	10
(一)、 遭遇之困難及解決途徑.....	10
(二)、 進行步驟及執行進度.....	12
五、 結果與討論.....	13
(一)、 行動代理人程式系統元件.....	13
(二)、 多代理人程式之合作.....	14
(三)、 行動代理人程式在協同計算之應用.....	16
六、 參考文獻.....	17

一、 前言

隨著網際網路的普及與行動式電腦設備的盛行，網際網路的使用者行為與互動方式愈趨複雜。使用者不僅僅要求能夠透過傳統固接式或撥接式網路來連上網際網路，瀏覽網際網路上的幾近於爆炸方式快速成長的網站及網頁。愈來愈多的使用者希望使用其隨身攜帶的行動式設備，包含筆記型電腦（Notebook）、個人數位助理（PDA）、行動電話（Mobile Phone）以及資訊家電（Intelligent Appliance）等設備，透過無線網路來連上網際網路，並且要求除了瀏覽網頁外網際網路上不斷增加與變化的各項服務，來完成其日常生活上或者商業上必須處理的事項，甚至於享受網際網路可以帶來之娛樂。隨處可及計算（Ubiquitous Computing）所談及的在任何時間、任何地點都可以方便而無障礙的擷取網際網路上的資訊，並且享受其網際網路所提供的服務，這樣的理想並不再是遙不可及。

而隨著網際網路應用與所提供服務的增加，使用者間彼此的互動關係亦愈趨密切，使用者不再滿足於以一個人的方式使用網際網路，而是希望藉由位於不同位置的許多使用者共同參予、集體合作，共同完成一個目標。協同計算（Collaborative Computing）即是一種允許多個使用者透過電腦的輔助，協同合作共同完成其工作目標的行為方式。在這樣的行為方式中，使用者可能來自世界各地、使用各式各樣的設備、透過各種不同種類的網路連線方式，藉由網際網路與其他使用者達到即時或非即時的通訊與互動，共同完成其目標。這些使用者間其所在位置與距離、使用的設備、執行的系統、乃至於網路連線的方式的不同，都可能存在巨大的差異性，而這些異質性造成了支援協同計算的應用程式設計上及實作上複雜度與困難度的大幅增加，並且遠超過傳統應用程式所考慮之範疇。

本計劃即是希望發展一行動代理人程式系統，提供通訊的便利性與代理人程式的行動性，作為協同計算應用程式的發展平台與執行環境，隱藏各使用者與系統間的差異性，進而提供應用程式發展者一個一致的介面和相同的應用程式執行環境，減輕應用程式發展者所面對的分散且異質的環境之種種負擔，而能更專注及有效率的從事於所提供服務之研究發展。此外，本計劃亦將整合 XML（eXtensible Markup Language）之技術，作為協同計算系統中各元件間彼此互動之標準的介面定義語言（Interface Definition Language），以及代理人程式與使用者介面間的資料連結。

二、 研究目的

隨著網際網路應用與所提供服務的增加，使用者間彼此的互動關係亦愈趨密切，使用者不再滿足於以一個人的方式使用網際網路，而是希望藉由位於不同位置的許多使用者共同參予、集體合作，共同完成一個目標。協同計算（Collaborative Computing）即是一種允許多個使用者透過電腦的輔助，協同合作共同完成其工作目標的行為方式。在這樣的行為方式中，使用者可能來自世界各地、使用各式各樣的設備、透過各種不同種類的網路連線方式，藉由網際網路與其他使用者達到即時或非即時的通訊與互動，共同完成其目標。

協同計算可視為結合通訊、多媒體、安全驗證、分散式系統等相關領域技術，過去幾年，分散式系統在計算機科學領域中佔有極重要的位置，而協同計算即自分散式系統衍生出且更為人性化的技術，其應用包括：互動式音樂博物館(interactive music museum)、互動式圓桌會議(interactive desktop conferencing)、物流管理(workflow management)、及產業協同合作(Industry Collaboration)等，簡言之，協同計算技術提供了一個技術可發展互動式環境，使用者在自己的系統下即可共同合作開發各種應用。該系統之最終目標為輔助現存之分散式系統：擴展通訊網，以提供更便捷之協同合作及線上開發的各種應用環境，並提供使用者或軟體開發工程師更多交流與合作的機會。

雖然人們對於協同計算工作環境的需求日漸增加，但是，在傳統的協同計算工作模式裡，各個參與者之間的互動性其實並沒有想像中的高。由於普遍地缺乏一種良好的使用者介面，讓參與者可以確實感受到正在參與一件協同計算工作。加上為了效率的考量，與資料一致性的易於維持，多半是將工作細分，然後讓每個參與者在個人的工作環境裡，獨力完成這整個專案的一部分，之後再將自己的成果與其他參與者的整合在一起。這種操作方式事實上是相當地違反直覺、不夠透明化的。參與者事實上只是看到與參與整個專案的一小部份，而且是不同的一部份。離真正的協同工作，還有一段距離。

在協同計算的系統裡，分散的人或機器要搶奪分散在各地、各式各樣的資源，於是使得資源管理有了革命性的改變—由原來的獨佔、單純化與集中式逐步走向共享、異質化與分散式。為了有效的管理這些複雜的分散式多樣資源，網路資源管理的概念逐漸受到重視，而它的應用也從單純的資訊搜尋、過濾等擴展到更多的應用，如電子商務、分

散式資料庫、大型工程運算，甚至在娛樂方面等等。有效的資源管理是維持系統順暢運作與提供服務品質保證的不二法門。

在協同計算系統中使用者間所在位置與距離、使用的設備、執行的系統、乃至於網路連線的方式的不同，都可能存在巨大的差異性，而這些異質性造成了支援協同計算的應用程式設計上及實作上複雜度與困難度的大幅增加，並且遠超過傳統應用程式所考慮之範疇。

行動代理人程式架構為一建構於網際網路上提供應用程式行動能力之分散式架構，可以適用於無線網路環境，並且支援能力較弱資源較少的行動式設備，具有跨平台、容易擴充、可使用者化等優點，因此被視為最具有在網際網路上提供計算能力平台的潛力之架構。行動代理人程式系統，藉由提供通訊的便利性與代理人程式的行動性，作為協同計算應用程式的發展平台與執行環境，隱藏各使用者與系統間的差異性，進而提供應用程式發展者一個一致的介面和相同的應用程式執行環境，以減輕應用程式發展者所面對的分散且異質的環境之種種負擔，而能更專注及有效率的從事於所提供服務之研究發展。

三、 文獻探討

以下將對本計劃相關之技術與研究，包含協同計算、中介軟體、行動代理人程式系統及 XML 技術作一概略性的介紹，並且說明其與本計劃之相關性。

(一)、 協同計算 (Collaborative Computing)

所謂的協同計算指的是一群個別的工作者，透過電腦硬體、軟體的協助，彼此溝通、分工合作以共同完成一個目標。類似的名詞有 CSCW (Computer Supported Cooperative Work) 及 Groupware 等。就時間上的不同可以分類為即時 (Real Time) 與非同步 (Asynchronous Time) 兩種。依照工作者所在位置的不同可以有相同位置 (Same Place) 與不同位置 (Different Place) 兩種區別。

協同計算主要有以下幾個目標：

1. WYSIWIS

What You See Is What I See，希望透過通訊與虛擬桌面的輔助，讓所有的工作者能夠在 WYSIWIS 的環境下，彼此通訊與互動。

2. 整合性的工作環境

協同計算系統必須提供一整合性的工作環境，將所有輔助性的單元整合在一起，方便工作者操作使用。

3. 個人秘書功能

協同計算系統必須提供類似個人秘書功能，幫助參與工作者處理排程、安排會議、過濾訊息等。

4. 時間管理

提供群體工作日誌及群體專案時程管理功能

5. 多媒體通訊

提供工作者多媒體通訊能力，使工作者能以相似於真實生活的通訊方式互動。

6. 可個人化的使用者端應用程式

使用者端應用程式必須具備可個人化的能力，以因應各工作者使用習慣的差異。

協同計算已經成為下一代分散式系統主要的努力目標，唯有在電腦網路的世界提供多人協同合作的工作模式，方能滿足網際網路使用者日漸殷切的需要。並且因為允許分工與合作的行為模式，而使得專精於各領域的一群人，能夠協同合作，成就以往各自工作時無法完成之工作。

(二)、 中介軟體 (Middleware)

根據 Next Generation Internet (NGI) Workshop 在 1997 年三月所發表的“Research Challenges for the Next Generation Internet”中定義，中介軟體為一組服務或程式，提供應用程式可以在網路環境中良好運作所需的普遍功能。可能包含作業系統之部分功能、分散式作業環境 (e.g., JAVA/JINI) 網路架構之服務 (e.g., DNS) 及執行時期之函式庫等。

但是這樣的定義隨著討論領域的不同並不總是適用，在一份 2000 年二月由 Network Working Group 所提出的 RFC (RFC 2768) 中談到，與會的學者普遍同意中介軟體的存在，但認為其定義將隨應用領域及討論時間而不同。即今日所謂的中介軟體，可能會成為明日的基礎服務。同時這份文件中提及中介軟體之核心功能如下：

1. Application Programming Interfaces and Signaling

提供應用程式發展者開發服務所需之 API，並且支援信號發送與接收之機制。典型的 API 可能包括可以獲得硬體資源、網路狀態、使用者資訊、遠端服務、資料管理功能等介面。

2. Authentication, Authorization, and Accounting (IETF AAA)

中介軟體應該提供使用者身分認證、行為授權管理、資源存取控制與帳號計帳等功能。

3. Policy Framework

中介軟體應該提供策略管理架構，允許系統因應不同需求而有不同之運作方

式，並且具備策略衝突之解決能力。

4. Directories

提供複製(Duplication) 同步(Synchronization) 分享(Share) 重用(Reuse) 多重呈現 (Multiple Representation) 等特性。

5. Resource Management

提供網路頻寬、檔案系統、硬體資源、系統服務等之資源管理功能，以保證應用程式之順暢運作及防止系統進入危險狀態。

6. Networked Information Discovery and Retrieval Service

提供名稱與位址之對應服務，以隱藏資訊或服務位址之改變。提供應用程式方便的資訊與服務獲得方式。

7. Network QoS

根據應用程式之需求，提供不同的網路服務品質保證。

8. Network Management, Performance, and Operations

網路管理、效能調整與操作功能。

9. Support Multicast Applications

提供網路群播 (Multicast) 與廣播 (Broadcast) 之功能。

本計劃將專注於中介軟體的網路通訊部分，即前列的 6 至 9 項。藉由發展行動代理人系統，提供完整而可靠的通訊方式，解決協同合作應用程式發展者所必須面對的異質性分散式系統中複雜的網路通訊問題，而專注於應用程式的開發。

(三)、 行動代理人系統 (Mobile Agent System)

行動代理人程式架構為一建構於網際網路上提供應用程式行動能力之分散式架構，可以適用於無線網路環境，並且支援能力較弱資源較少的行動式設備，具有跨平台、容易擴充、可使用者化等優點，因此被視為最具有在網際網路上提供計算能力平台的潛力之架構。以下將就行動代理人程式架構在網路通訊、資訊安全與使用者等三方面提供之優點敘述如下：

行動代理人程式架構在網路通訊上可以提供以下好處：

1. 跨平台

行動代理人程式架構提供跨平台特性，建構於其上的代理人程式擁有可跨平台之特性，亦即只需發展一次就可在不同的作業系統及設備上執行，可大幅縮減系統開發所需時間及負擔。跨平台的特性通常由 Java 程式語言所支援。

2. 減少網路連線及通訊次數，支援離線作業

行動代理人程式架構只有在發出行動代理人程式及接收結果時，才需要與客服端電腦連線，可以減少網路連線與通訊次數。並且伺服器端不須在服務執行時隨時保持連線，如此可以支援離線作業。這樣的特性在使用者透過無線網路連線時特別有用。

3. 減少在網路傳送的資料量大小

行動代理人程式可以在伺服器端與伺服器互動，並且過濾結果，只帶回使用者真正有用之資訊，如此可以避免使用頻繁的資料重複傳送，並且避免傳送不必要的資料回客服端。

4. 降低資料處理時等待資料到達的時間

行動代理人程式會帶著執行時期所需要的資料到伺服器端執行，對於某些對網路反應時間要求嚴格的應用而言，可以降低資料處理時的等待資料到達時間。

5. 隱藏使用者及元件位置之改變

以名稱為基礎的通訊方式 (Name-Based Communication)，可以隱藏使用者及元件位置之改變。

行動代理人程式架構在安全性上可以提供以下好處：

1. 減低被竊聽的風險

行動代理人程式架構可以避免機密資料在不設防的網際網路上傳送，而由代理人程式到達機密資料所在的伺服器端完成必要的工作，如此可降低機

密資料被竊聽的風險。

2. 避免假冒的情形

行動代理人程式與伺服器端位於同一機器上執行，彼此之通訊不須經過網路，可以避免竊取連線（Session Hijacking）的攻擊方式。

行動代理人程式架構對使用者來說可以提供以下好處：

1. 提供使用者一個隨處可及的計算環境（Ubiquitous Computing Environment）

行動代理人程式架構中使用者可使用可移動式設備透過有線及無線網路連上網際網路，獲得服務。

2. 提供使用者永遠最新的應用程式（Applications On Demand）

行動代理人程式架構中可以擁有一專門儲存代理人程式的伺服器，所有的代理人程式發出時才由此儲存伺服器發出，如此在應用程式更新其服務程式時，只需在此更新，而使用者可以永遠獲得最新的應用程式服務。

3. 提供行動式的使用者，應用程式、資料及中間結果的移動能力

行動代理人程式架構允許行動代理人程式在程式執行時期暫停執行，帶著中間結果移動至另一行動代理人伺服器，接續著之前的中斷點繼續執行。這樣的架構提供行動式的使用者，可以帶著應用程式、資料及中間結果從一伺服器移動至另一伺服器而不中斷其服務。

(四)、 XML（Extensible Markup Language）

XML 技術在本計劃中主要應用於兩個部分：

1. 作為各元件間的介面定義語言（Interface Definition Language）

代理人程式間彼此之合作關係包含提供自己本身之函式供其他代理人程式呼叫，我們將利用 XML 作為其函式介面之描述語言。

2. 提供代理人程式（Java Programs）與使用者介面（Web Pages）間的連結

使用者可能透過在控制網頁的表格上填入代理人程式執行相關參數的方式來發出或控制代理人程式，XML 可以提供 Java Program 與 Web Page 間參數傳遞之連結。

3. 定義網際網路上資訊之存取介面，作為代理人程式與網際網路資訊交換之標準語言

代理人程式執行過程可能需要某些網際網路上之資訊作為其判斷之依據，XML 可以定義網際網路上資訊之存取介面，作為代理人程式與網際網路資訊交換之標準語言。

四、 研究方法

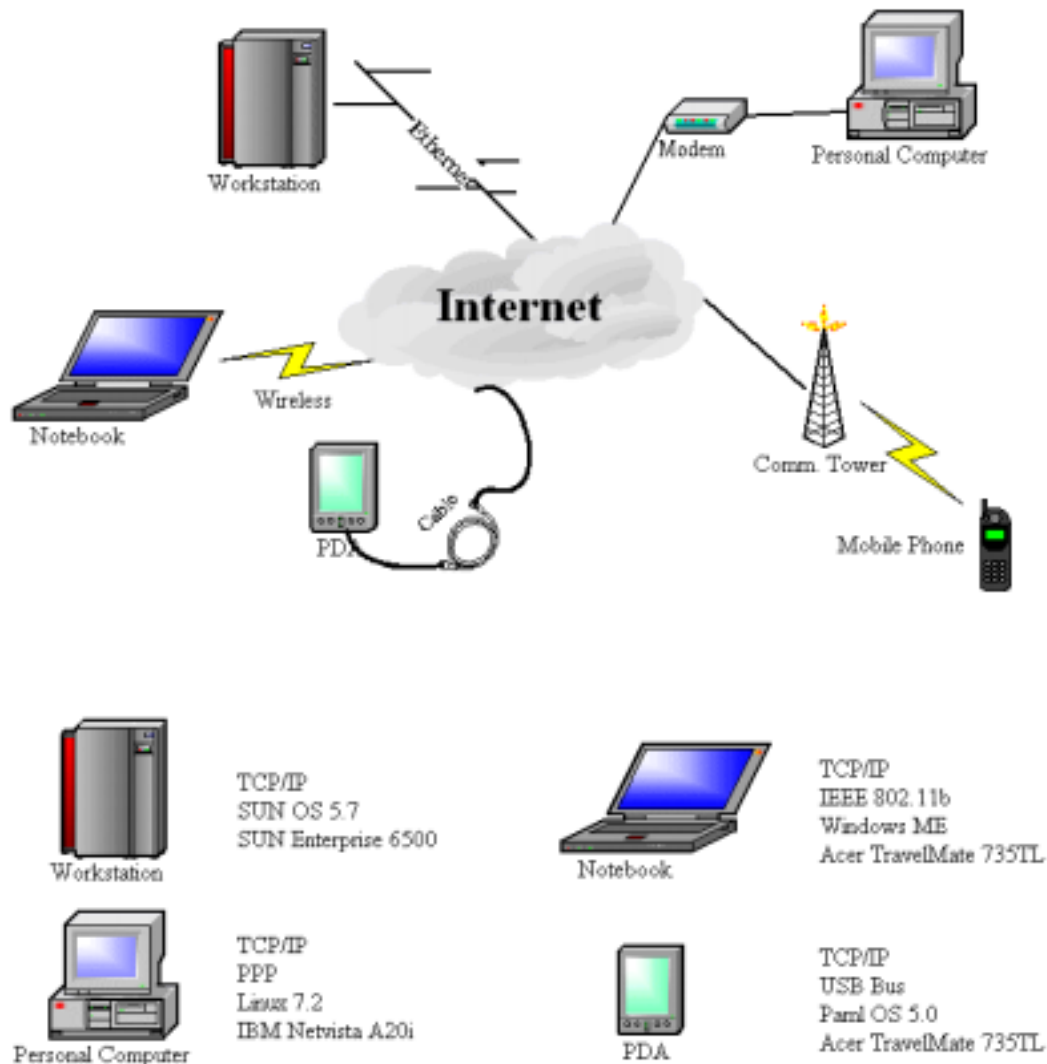
(一)、 遭遇之困難及解決途徑

協同計算是一種允許多個使用者透過電腦與網路的輔助，協同合作共同完成其工作目標的計算平台。在這樣的工作方式中，使用者可能來自世界各地、使用各式各樣的設備、透過各種不同種類的網路連線方式，藉由網際網路與其他使用者達到即時或非即時的通訊與互動，共同完成其目標。這些使用者間其所在位置與距離、使用的設備、執行的系統、網路連線的方式乃至於使用者的習慣都有所不同，皆可能存在巨大的差異性，而這些異質性造成了支援協同計算的應用程式設計發展者所必須面對複雜而難以處理之分散式網路環境問題，並增加系統擴充之困難。

以下將就其差異性對網路特性及應用程式之開發所造成之問題，討論如下：

1. 使用者使用的設備不同，可能包括功能強大的工作站伺服器、一般個人電腦工作平台、有電池使用時間限制的筆記型電腦、記憶體及計算能力有限的個人數位助理甚至是只能完成特定功能的行動電話。設備的不同主要影響系統執行時可以獲得的資源多寡與使用方式，這些資源包括計算能力、記憶體大小、資料儲存設備的有無以及其他週邊設備的特性等。協同計算平台必須可以處理使用不同設備所造成的差異性，根據其特性作適當的處理，包括給予功能較差的設備較少的工作負擔或者只提供較少的服務，以維持整個協同計算系統之順暢運作。
2. 使用者執行之作業系統不同可能造成應用程式獲得系統服務方式的不同，包括使用系統資源、獲得系統環境參數、呼叫系統函式及使用週邊設備等都可能需要不同的處理。協同計算平台必須能提供一致性的執行環境，以利應用程式之發展。
3. 網路連線方式的不同影響網路通訊的特性，包含資料傳輸頻寬、網路連線等待時間、通訊品質穩定度、斷線之可能性、是否隨時可以連線以及是否具有移動性等。協同計算平台必須隱藏這些特性，代為處理網路斷線或通訊品質不佳及移動性等問題。協同計算平台可能也必須根據其連線方式，決定要傳送的資料量大小並支援資料暫存重做等機制。

4. 使用者因為其個別需要或習慣之不同可能對系統有不同的要求，協同計算平台必須具備可個人化之特性，允許使用者根據其需要對系統作不同之組態設定。



圖一 協同計算之異質性網路分散式環境

因為協同計算環境之網路環境具有如此大之差異性，我們需要一具有跨平台、容易擴充、可使用者化等特性，並且支援無線網路環境與行動式設備的系統架構來支援協同計算，而行動代理人程式架構正為我們不二之選擇。

(二)、 進行步驟及執行進度

- 第一年度

本計劃開始執行初期，我們首先作文獻的研讀，廣泛蒐集已經出版之文獻，比較各現存協同合作系統之優缺點，作為我們系統設計之參考。本年度我們亦研究本計劃相關之技術，範圍包括協同計算、中介軟體、行動代理人程式系統、XML 技術等，這些理論基礎為本計劃的核心觀念，我們將探討這些理論所各自涵蓋之領域與彼此之間的關係，評估這些理論對本計劃之貢獻。我們在本年度也分析比較各種實作上所需之技術，包括分散式系統開發環境與實作之語言。我們討論現存之技術，評估其對本計劃之支援性、困難度及未來的擴充能力，選擇最適當的技術與實作語言。

本年度之另一重點為系統之設計，我們依照規劃來設計我們的行動代理人平台，設計其系統架構、討論各軟體元件所需提供之功能、定義各元件之介面。

- 第二年度

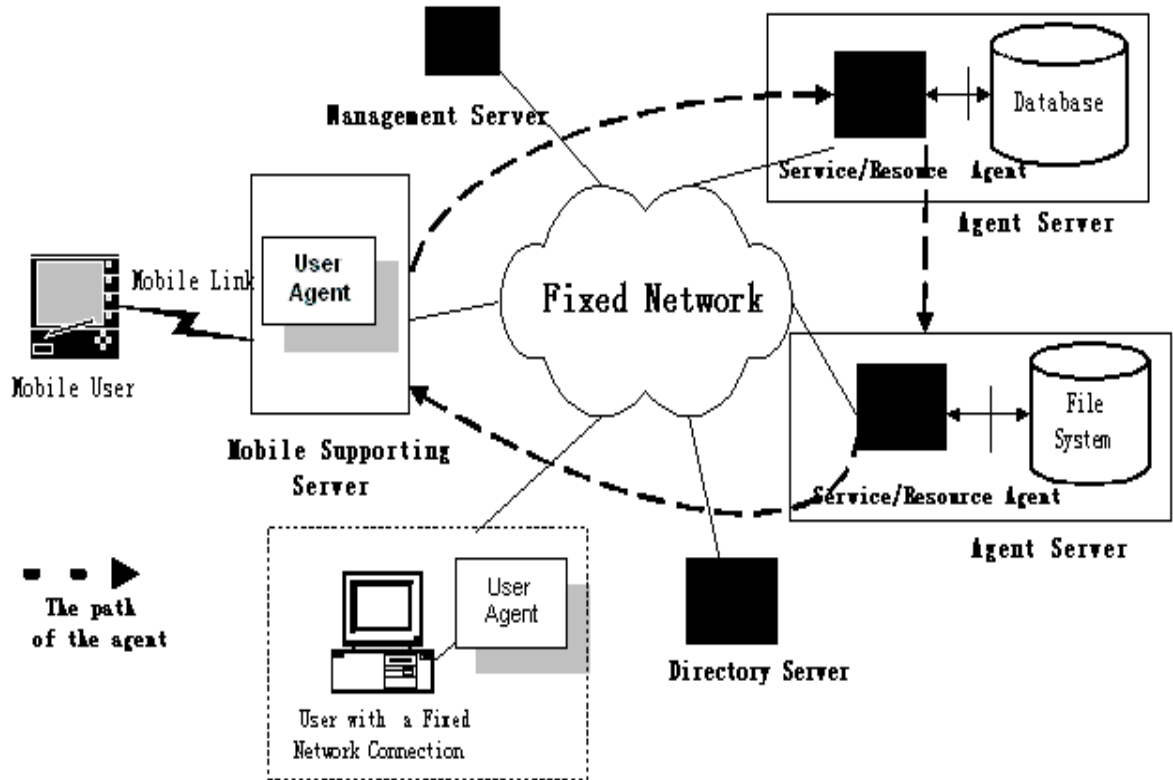
本年度的重點在於系統實作與評估，我們利用第一年度研究與討論所得之結論著手系統之實作，工作包含系統中各個元件的實作以及計劃內的元件整合。我們亦評估各元件之效能，測試其可靠度與功能性，唯有小心的測試每一個元件才能減少將來在整合上的困難度。

- 第三年度

本年度是關鍵性的一年也是驗收成果的一年，我們進行系統整合，並且完整的測試系統之表現。在這個年度我們亦基於我們所發展出來的中介軟體，利用中介軟體所提供之功能與開發環境實際發展一應用程式，來展現我們的研究成果。

五、 結果與討論

(一)、 行動代理人程式系統元件



圖二 行動代理人程式系統架構圖

行動代理人程式系統架構(圖二)由 Agent Server、 Mobile Supporting Server、 Directory Server、 Management Server、 Mobile Agent 與 Service Agent 等元件所組成，各元件之功能簡述如下：

- **Agent Server**

提供行動代理人程式執行環境。連結當地資料庫、檔案系統或其他資源，提供服務。提供行動代理人程式的網路傳輸機制。

- **Mobile Supporting Server**

位於有線網路 (Fixed Network) 上，做為無線網路與有線網路連接點。可接受行動使用者 (Mobile User) 的要求發出行動代理人程式，並且儲存行動代理人程式

執行完成之結果。

- **Directory Server**

扮演 Broker 角色，允許 Agent Server 註冊所提供之服務。行動代理人程式被派遣時，可先向 Directory Server 查詢提供相關服務之 Agent Server 位址，決定其 itinerary 路徑。

- **Management Server**

記錄行動代理人程式的執行狀態，並提供行動代理人程式管理之功能。包含 suspend、terminated、resume、retract 及 report 等。

- **Mobile Agent**

由一段帶有使用者意志的可執程式碼及相關資料所構成。可被在網路上傳送並且在 Agent Server 上執行。幫助使用者達成其目的。

- **Service Agent**

屬於靜態的代理人程式，常駐於 Agent Server 上，與行動代理人程式溝通以提供服務。

(二)、 多代理人程式之合作

在單一代理人程式 (Single Agent) 的架構中，透過減少無線網路之通訊次數、提高頻寬使用效能及減少行動設備計算負擔等方式，以網際網路所連結的龐大計算環境及資源作為行動設備之支援，達到減少行動式計算因行動設備及無線網路所受到的限制。

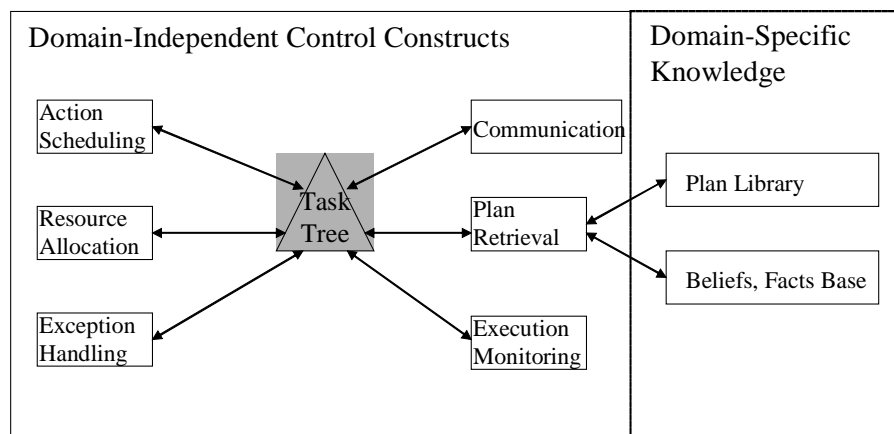
但是面對快速成長、日益複雜的網際網路，要能讓使用者容易的使用網際網路上的龐大資源，單一代理人程式的架構則須面對以下的問題及挑戰。

- 網際網路上的資源常是缺乏組織、沒有固定形式並且分散於各地的。這使得單一代理人程式無法以單一界面獲得資源。
- 網際網路上的資訊來源及服務，其數量及變動性每天都呈快速的成長。其形式、可獲得性及可信賴度亦隨時間不斷的改變。這使得單一代理人程式必須不斷的被修正，以因應環境的變動。

- 相同的資源可能可以透過許多不同的方式獲得，而不同的方式可能有不同的服務品質。包括不同的等待時間、不同的正確性、不同的更新速度等等。單一代理人程式必須有更複雜的機制，決定其獲得資源之方式。
- 因為資訊及服務來源的變動及資訊的更新與維護，可能造成結果的不明確 (ambiguity) 甚至影響正確性。單一代理人程式必須對所獲得的結果，擁有更多的過濾及判斷能力。

基於以上的原因，多代理人程式 (Multi-Agent) 共同合作之架構被廣泛的討論，希望藉由許多可以完成較單純工作的代理人程式共同合作模式，來緩和單一代理人程式在上述問題中所面臨的窘境。

在多代理人程式合作模式的架構中 (圖三)，可以將問題分割成與其應用領域無關 (Domain-Independent) 及與應用領域知識相關 (Domain-Specific Knowledge) 的兩部份。



圖三：Agent Collaboration Architecture

在與應用領域無關的部份中，以 Task Tree 為中心可細分為 Action Scheduling、Resource Allocation、Exception Handling、Communication、Plan Retrieval 及 Executing Monitoring 等單元。Task Tree 是 tasks 與 subtasks 關係的階層式表示，tree 的中間 node 由 task 的 goals 及 subgoals 組成，tree 的末端 node 則為真正完成 goals 的可執行動作 (action) 所構成。這些可執行的動作之間存在一些執行的順序性或可被平行處理，其排程由 Action Scheduling 單元控制。另外還需要負責要求資源的 Resource Allocation 單元及負責網路通訊的 Communication 單元；Execution Monitoring 負責監控工作之執行，若發生錯誤則交由 Exception Handling 單元處理。

當代理人程式被指派一項工作時，代理人程式首先由 Plan Retrieval 單元至 Plan Library 中搜尋完成該項工作相關的 Plan，並根據 Plan 將 Goal 切割細分成許多的 subgoals 直到該 subgoal 直接對應到可執行的動作 (executable action) 為止，藉這樣的方式來產生 Task Tree。在執行的過程中，代理人程式會累積許多的結果及資訊，這些資訊被存於 Beliefs and Facts 知識庫中。在這一部份 Plan Library 及 Beliefs and Facts 兩個單元其知識 (knowledge) 的表達方式可以根據應用領域的不同，選擇不同的表示方式。

(三)、 行動代理人程式在協同計算之應用

行動代理人程式架構為一建構於網際網路上提供應用程式行動能力之分散式架構，可以適用於無線網路環境，並且支援能力較弱資源較少的行動式設備，具有跨平台、容易擴充、可使用者化等優點，因此被視為最具有在網際網路上提供計算能力平台的潛力之架構。

協同計算已經成為下一代分散式系統主要的努力目標，唯有在電腦網路的世界提供多人協同合作的工作模式，方能滿足網際網路使用者日漸殷切的需要。並且因為允許分工與合作的行為模式，而使得專精於各領域的一群人，能夠協同合作，成就以往各自工作時無法完成之工作。

因此，以行動代理人程式架構作為協同計算中介軟體所需的通訊基礎，再加上 XML 語言作為中介軟體之共同描述語言，結合兩者之優點，可以提供協同計算必須克服的分散式網路環境之異質性問題。

六、 參考文獻

1. Rhee, S. Y. Cheung, P. Hutto, V. Sundream. *Group Communication Support for Distributed Multimedia and CSCW Systems*. Proc. 17th ICDCS, Baltimore, MD, May 1997.
2. Pfeifer. *The domain and goals of CSCW*, University of Calgary, 1995.
3. S.P. Olesen, S.E. Chodrow, M. Grigni, and V.S. Sunderam, *Distributed Data Management Support for Collaborative Computing* . Proc HPCN '97, Vienna, Austria, April 1997.
4. L. Beca, et. al., *TANGO - a Collaborative Environment for the World-Wide Web* . <http://trurl.npac.syr.edu/tango/>, 1996.
5. J. Grudin, *CSCW: History and Focus*, IEEE Computer, Vol. 27, No. 5, pp. 19-27, May 1994.
6. K. Birman, R. Friedman, M. Hayden, and I. Rhee. *Middleware Support for Distributed Multimedia and Collaborative Computing*. To appear in Proc. MMCN 1998, 1998.
7. T. Horstman R. Bentley and J. Trevor. *The World Wide Web as enabling technology for CSCW: The case of BSCW*. Computer Supported Cooperative Work: The Journal of Collaborative Computing, 7:21, 1997.
8. S. Hupfer. *Turingware: An Integrated Approach to Collaborative Computing*. PhD thesis, Dept. of Computer Science, Yale University, New Haven, CT, December 1996.
9. Amit Khetawat. *Collaborative Computing on the Internet*. Master's thesis, Electrical and Computer Engineering, North Carolina State University, Raleigh, N.C., May 1997. Also available at <http://www.cbl.ncsu.edu/-publications/#1997-Thesis-MS-Khetawat>.
10. DEMURJIAN, S., TING, T., AND THURAISINGHAM, B. *User-role based security for collaborative computing environments* . Multimedia Review 4, 2 (Summer 1993), 40--47.
11. Hao, Ming C. Alan Karp, Daniel Garfinkel, "*Collaborative Computing: A Multi-Client Multi-Server Environment*", ACM Organizational Computing Systems Conference, August, 1995
12. S. Cheung, S. Chodrow, T. Goddard, P. Gray, M. Grigni, M. Hirsch, P. Hutto, A. Krantz, S. Olesen, I. Rhee, J. Sult, and V. Sunderam, "*CCF: Collaborative computing frameworks*." In preparation., 1997.
13. Blair, G.S., Coulson, G., Robin, P. and M. Papathomas, *An Architecture for Next Generation Middleware*, Proc. Middleware '98, The Lake District, England, November 1998.
14. P.A. Bernstein, "*Middleware: A Model for Distributed System Services*", Communications of the ACM, 39(2), February 1996.

15. Aniruddha Gokhale and Douglas C. Schmidt, "*Measuring the Performance of Communication Middleware on High-Speed Networks*," in Proceedings of SIGCOMM '96, Stanford, CA, August 1996, ACM, pp. 306--317.
16. K. Birman, R. Friedman, M. Hayden, and I. Rhee. *Middleware Support for Distributed Multimedia and Collaborative Computing*. To appear in Proc. MMCN 1998, 1998.
17. "*Network Policy and Services: A Report of a Workshop on Middleware*", RFC 2768, February 2000.
18. G. H. Forman and J. Zahorjan, "*The Challenges of Mobile Computing*", Technical Report UW CSE 93-11-03, University of Washington, March 1994.
19. D. T. Chang and D. B. Lange, "*Mobile Agents: A New Paradigm for Distributed Object Computing on the WWW*", In Proceeding of the OOPSLA'96 Workshop Toward the Integration of WWW and Distributed Object Technology, 1996.
20. W. -S. E. Chen, and Y. -N. Lien, "*Intelligent Messaging for Mobile Computing over the World-Wide Web*", in Proc. of the Second International Workshop on Mobile Computing, April 1996.
21. Mitsubishi Electric ITA, "*Concordia: An Infrastructure for Collaborating Mobile Agents*", In First International Workshop on Mobile Agents 97, April 1997.
22. Rohit Khare and Adam Rifkin, "*Automating the Web Through XML*", June 1997.
23. Philip Merrick and Charles Allen, "*Web Interface Definition Language(WIDL)*", W3C Working Group, September 1997.
24. W3C. Extensible Markup Language (XML) 1.0, W3C Recommendation 10. Available at URL <http://www.w3.org/TR/>, February 1998.
25. OMG. XML Meta Data Interchange. <http://www.omg.org>.