

代理人程式在門診醫療資訊系統的應用

蔣肇慶

陳奕明

中央大學資訊管理研究所

中央大學資訊管理研究所

摘要

「門診醫療資訊系統」是醫院電腦化的第一步，其所建立的資料是醫院整體醫療資訊作業電腦化資料庫的一部份，可作為成本分析、病患疾病分析、及保險申報的主要依據，此外門診醫療作業的收入，也是醫院最主要的收益來源。因此，門診醫療作業電腦化的良窳，對醫院經營效率的影響非常大。然而目前大多數的門診醫療資訊系統在病患過多時，會造成資料傳輸網路的擁塞，所以我們亟需應用新的軟體技術來克服此問題。代理人程式 (Agent)，它具有人工智慧，並且可以依據人們的指令，遊走於網路之間，完成交付之任務，且能協助我們做繁瑣且循環工作，因此若是將它用在門診醫療作業電腦上，不但可以減少網路的交通流量、主機的負擔，更可以提高作業效率。本文即介紹代理人程式在門診醫療資訊系統的設計與應用。

關鍵詞：代理人程式，門診醫療資訊作業系統，效能分析，智慧型程式

The Application of Agent Software in Out-patient Medical Information System

Jaw-Ching Chiang

Department of Information Management National Central University

Yi-Ming Chen

Department of Information Management National Central University

ABSTRACT

Most modern Out-patient Medical Information Systems(OPMIS) are based on the hospital's LAN, thus inherit the drawback of poor system performance during burst network traffic period. To overcome this problem, we adopt the agent software, rather than traditional client-server technology, to construct the OPMIS. The mobile agents carry the patient data and move around the stationary agents which reside on the registration site, clinic site and so on. In the context, we not only give the architecture of the overall system and the block diagram of mobile and stationary agents, the performance comparison between the agent-based approach and the conventional client-server approach of OPMIS is also presented.

Keywords: Agent, Out-Patient Medical Information System, Performance analysis, Intelligent program

壹、前言

醫院現代化有賴醫療資訊系統電腦化，其中門診作業系統在功能整合方面，兼具了醫院內的各種醫療作業。因此，門診資訊作業是居於整體醫療系統的核心，其成功對於病患的就醫與醫院的營運管理有很大的效益 [1][10]。

目前國內醫院每天的門診量都非常大，門診的掛號，加上醫令、病患結帳及各檢驗處輸入檢驗結果等作業，造成各種資料在用戶端 (client) 與伺服器主機 (server) 間頻繁的來往，往往在尖峰時間造成傳輸資料的擁塞，及電腦反應速度的變慢¹，由此造成病患的不耐久候及影響醫師的看病情緒，凡此種種，都是門診醫療資訊系統所要克服的問題。一般解決此問題的方法可由硬體與軟體來改善：1. 硬體方面，可以將主機升級換為較大者，或者將網路的頻寬加寬；2. 軟體方面，可採用機動式代理人程式 (Mobile Agent) [3][5][6]，協助處理各個工作站之間的資料傳輸，以便將伺服器主機工作分攤到醫院各部門電腦去執行。

本文目的即是說明如何應用代理人程式在門診醫療資訊作業系統。全文分為五節，第二節介紹傳統門診醫療資訊系統執

行的情形與介紹代理人程式的特性，第三節說明代理人程式的架構、有限狀態機圖及在門診醫療資訊系統的應用，第四節對此代理人程式的應用效益做初步的評估，第五節說明系統的可信賴度，最後，我們第六節做一簡短結論。

貳、傳統門診系統執行的情形與代理人程式

一、傳統門診系統執行的情形

如圖 1 傳統的門診醫療資訊系統都有一個貯存資料及監控各終端設備的主機，我們稱之為伺服器主機 (Server)。其它的設備，則稱之為終端機或終端站 (Terminal Node)。掛號、結帳、各診間的醫令等資料的傳輸即在各個終端機輸入，經過網路，傳至伺服器貯存，其它的終端機需要資料時，再向伺服器索取。如此，病患的資料，就一直在網上來來回回的傳送，若是遇到病患的突然增加，或醫令大量增加，再加上醫院主管立即要某個報表來協助決策，則此時線上作業的資料傳輸遽增，立即造成網路擁塞，而且導致伺服器負荷過重，因而延長伺服器主機回應使用者要求的反應時間 (Response Time)。

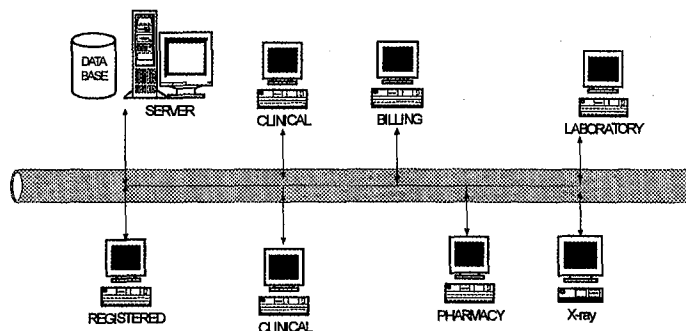


圖1：傳統門診醫療資訊系統作業架構

¹ 以台大醫院為例，每週的巔峰為星期二與星期五，每天巔峰時段為上午 9 ~ 11:30 時及下午 2~4 時。

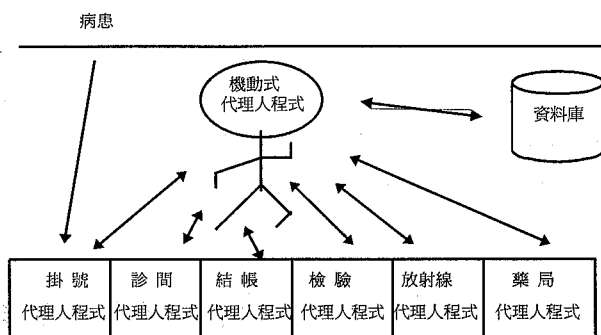


圖2：代理人程式活動圖

二、代理人程式

代理人程式是種智慧型的軟體，可以協助處理複雜且例行性的工作，減輕使用者的負擔 [2][7][8]。綜合來說，它具有以下的特性 [5][9]：

- (一)智慧 (Intelligence)：此類程式能透過人工智慧技術，教導其行為，並且使其具有思考及行為的能力表現。
- (二)機動式 (Mobile)：在網路環境裡，有些代理人程式可遊走於工作站之間，傳輸資料、擷取資料及執行任務等。
- (三)合作性 (Cooperation)：它可以與其它的代理人程式合作，相互傳遞、交換資訊，促進資訊交流。
- (四)通訊 (Communication)：可以在不同的系統中，取得所需的資訊，提供給使用者使用。
- (五)自治 (Autonomy)：可不需由人類或其它軟體程式的操作指示，自我控制部份的行動及內部狀態。

此外，依據代理人程式 Jurgen Berghoff 等學者 [3] 是否可以在網路中移動的狀態的特性，大致上又可區分為下列兩類：

- (一)機動式代理人程式 (Mobil Agent)：能遊走於網路中的各終端機、工作站、伺服器之間，執行任務。如下文裡遊走於各工作站的智慧型機動代理人程式。

- (二)靜態式代理人程式 (Stationary Agent)：

無法遊走於網路中的伺服器（或工作站）之間，僅限於在某伺服器（或工作站）中活動。如下文裡的掛號代理人程式、診間代理人程式、收費代理人程式及檢驗放射線代理人程式。

參、代理人程式的架構及門診醫療資訊系統的應用

一、設計目標

利用第二節所描述代理人程式的特性，我們將建立一個門診醫療資訊代理人程式模型，在此模型中，我們想要達到下列設計目標：

- (一)配合在門診作業的需求，在各個醫療作業點，分別設計不同的代理人程式，用較少的網路傳輸成本來傳遞與處理醫療資訊。
- (二)利用代理人程式的智慧與機動性，去尋找與分析適當的資料，以達到使用者訂定的目標，例如結帳時找到排隊最短的結帳櫃台去結帳。
- (三)機動式代理人程式能遊走於工作站，並與各工作站的靜態式代理人程式合作。

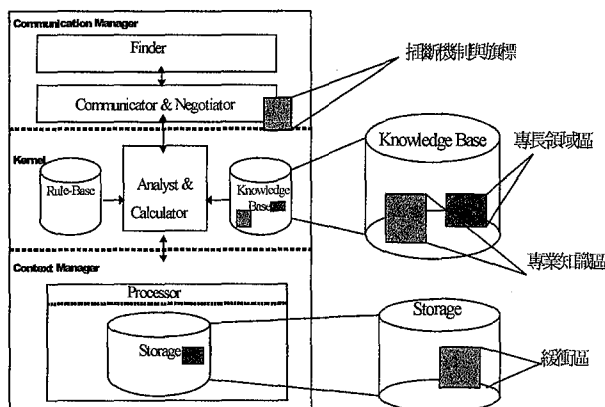


圖3：代理人程式架構圖

二、系統架構

基本上，門診醫療資訊系統代理人程式的運作模型，可以用圖3來簡單表示代理人程式間執行的情形。

首先，各門診醫療資訊作業點之代理人程式的功能如下：

(一)智慧型機動式代理人程式 (Intelligence Mobile Agent)：該代理人程式在這流程裡是居於一個關鍵性的地位，它帶著病患的資料（基本資料、處方、醫令、檢驗項目及結果），配合病患的看診、結帳、做檢驗及領藥的動作流程，遊走至適當的工作站，傳輸資料與做適當的處置。

(二)掛號代理人程式 (Register Agent)：它位於掛號的工作站內，病患一掛號，該代理人程式即收集病歷號碼、診別及序號後，交給智慧型機動式代理人程式處理。

(三)診間代理人程式 (Clinical Agent)：由智慧型機動式代理人程式手中接收病患的資料後，即依看診順序顯示於螢幕，並準備接受醫師為此病患開的醫令處方 (order)。

(四)結帳代理人程式 (Billing Agent)：處理病患的結帳。

(五)檢驗代理人程式 (Laboratory Agent)：

配合病患資料報到，醫事人員將檢體置入儀器裡檢驗，待其結果出來，此檢驗代理人程式會先查核檢驗結果是否合於邏輯性，再將結果與醫令結合後，通知智慧型機動式代理人程式來取走。

(六)放射線代理人程式 (X-ray Agent)：

配合病患資料報到，將X光片判讀報告與醫令結合，通知智慧型機動式代理人程式來取走。

(七)藥局代理人程式 (Pharmacy Agent)：

協助檢查醫師所開的藥在服用上是否有交互作用或產生副作用，抑或是劑量過重，以免影響到病患的身體。

為使代理人程式具有高度的智慧，我們提出圖3的架構，使其具有執行門診醫療資訊系統所需的各項功能。此架構分為Communication Manager、Kernel與Context Manager三部份。

(一) Communication Manager

1. Finder：它最主要的功能是藉由其內部儲存的資料正確的辨認出代理人程式身份及機動式代理人程式欲前往與尚未前往之目的地。此Finder的資料由掛號代理人程式先填入欲看的診間位址。

經看診後，再依醫師的醫令（Order）填入欲前往的位址（如結帳處、檢驗處、放射線處或藥局）。

2. 當 Mobile Agent 的 Finder 依儲存資料找到 Stationary Agent 時，即通知 Communicator 與對方的 Communicator 相互溝通；同時，由雙方之 Negotiator 相互協調資料如何傳遞與接收。
3. 插斷（Interrupt）機制與旗標：此對於代理人程式的是否接受插斷服務非常重要，若是不可插斷服務，則該旗標（Flag）將表示為「不可插斷」，否則接受插斷的服務。

(二) Kernel

1. Analyst & Calculator：它憑藉著 Rule-base 與 Knowledge-base 之知識去分析所接收的對方資料是否正確，並且做最適當之處理。
 2. Rule-base：所儲存的内容是代理人程式執行任務時，所依循的準則，而此準則是使用者依實際執行情形訂定，並且告訴 Agent 必須遵守。
- 如：藥局代理人程式
- Rule 1: 檢查收到的處方箋，内容資料是否齊全？
- Rule 2: 將病患之基本資料（如年齡、體重等）與處方箋內之各種藥的劑量（Dose）送給 Analyst 分析及 Calculator 計算，檢查是否適當？
- Rule 3: 在檢查各藥劑間是否有交互作用？或是副作用？
- Rule 4: 若劑量沒問題，藥劑間無副作用，且有藥劑師同意，則調配處方。
- Rule 5: 若劑量有問題，或藥劑間有副作用，且螢幕顯視警告訊息，並通知藥劑師。

3. Knowledge-base：在代理人程式的架構中，是指它的知識庫。該知識庫中的内容可以由與其他的代理人程式相互合作及通訊中累積經驗而來，或是儲存使用專家所提供的重要資訊與知識以讓程式代理人去使用。

如：

Knowledge 1: 某藥劑 A 之適當劑量：

依據病患之體重，
若 $\text{體重} \leq W1$ 公斤，
則劑量 = 0.5 單位；
若 $W1 \text{ 公斤} < \text{體重} \leq W2$ 公斤，
則劑量 = 1 單位；
若 $W2 \text{ 公斤} < \text{體重}$ ，
則劑量 = 2 單位。

Knowledge 2: 處方藥劑之服用法：

NACID 500MG/T：請嚼碎後吞服
MEDICON 15MG：飯後使用
INCIDAL 50MG：飯後使用
HISMANAL：空腹使用…等。

其中，專業領域²儲存著各代理人程式的專長領域，以方便代理人程式間的相互瞭解，以供必要時之查詢。專業知識區係儲存著各代理人程式的各種專業知識。

(三) Context Manager

由於代理人程式必須接收自其它代理人程式的資料及處理這些資料，因此在 Context Manager 中有處理器（Processor）及儲存庫（Storage Base），能讓代理人程式處理與暫時儲存資料之用。

1. Processor：將所得到的病患資料，予以組合、轉換或整理成適當的格式，以符合資料庫的需求。
2. Storage：一方面，它暫時儲存自其它代理人程式所得的資料。如：病患基本資料、處方藥、檢驗醫令、放射線醫

² 專業領域係指各個代理人程式代表的各個不同領域的專業，如醫師、護理師、醫事檢驗師等。

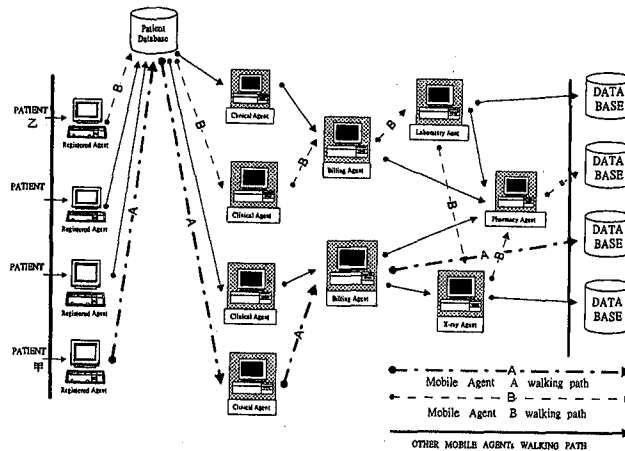


圖4：代理人程式執行之門診醫療資訊系統

令、各項費用等；另一方面，作插斷時，暫時儲存資料為緩衝區（Buffer Area）之用。

由於機動式代理人程式與靜態式代理人程式並不十分相同，因此在架構上，略有差異。機動式代理人程式遊走於各工作站之間，對資料並不作處理，只將資料傳送至正確的程式代理人，因此，機動式代理人程式並不需要 Processor。

在探討完代理人程式的各個模組其機制架構後，圖4可更清楚地表達各工作站代理人與智慧型機動代理人在門診醫療作業系統動作的流程。

以下步驟說明，我們假設病患甲、乙兩人就診（如圖4），且分別由不同的智慧型機動式代理人程式A、B帶資料遊走於網路中。

(一)當病患甲、乙在掛號處掛號後，此時掛號代理人程式將病患的病歷號碼、看診之診別及序號的資料，送訊息給智慧型機動式代理人程式A、B，通知有病患資料要傳輸。

(二)智慧型機動式代理人程式A、B取得資料後，至資料庫擷取完整的病患基本資料與看診所須之相關資料，並視看診的診間別，將資料傳輸至正確的診間，向該診之診間代理人程式報到。

(三)診間代理人程式分別收到病患甲、乙資料後，立即顯示病患於待診名單內，並且接收醫師看診後的醫令及處方，同時送訊息給智慧型機動式代理人程式A、B，告知有病患資料即將傳輸。

(四)智慧型機動式代理人程式A、B將病患甲、乙資料傳送至結帳工作站，告知其結帳。結帳代理人程式隨即自工作站資料庫中取出欲結帳項目之費用，並計算健保給付、自費等相關費用。結帳後，送訊息給智慧型機動式代理人程式A、B，請其將資料帶回，繼續往下走。

(五)智慧型機動式代理人程式A、B收得資料，視病患甲、乙的檢驗項目的有無、是否需照X-ray等，分別向檢驗處和放射線處報到，或藥局報到，或完成門診作業，將資料整理送回資料庫貯存。

(六)檢驗處收到病患乙的檢驗資料，檢驗代理人程式立即印製檢驗單並顯示訊息於螢幕告知檢驗員。檢驗員將病患檢體收集採樣後，送入檢驗儀器執行檢驗，檢驗代理人程式待檢驗結果與檢驗項目結合後，將資料予以整理，再通知智慧型機動式代理人程式B，檢驗資料已完成。回至(五)。

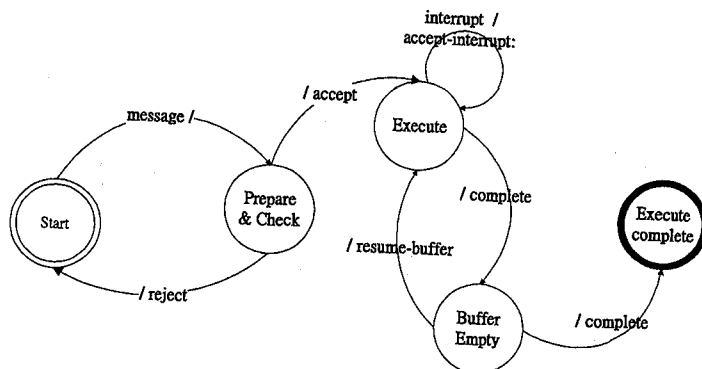


圖5：機動式代理人程式有限狀態機圖

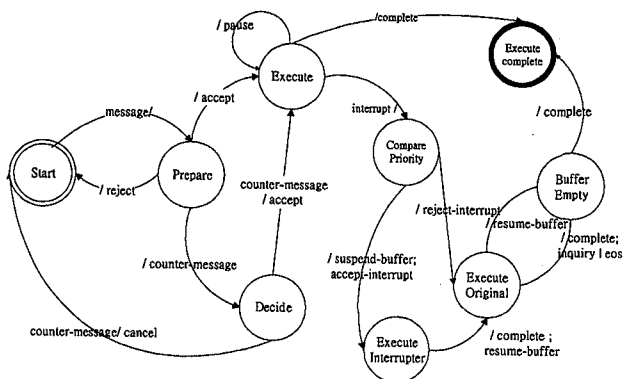


圖6：靜態式代理人程式有限狀態機圖

(七)放射線處收到病患乙的 X-ray 資料，放射線代理人程式立即印製放射線照會單及顯示訊息於螢幕告知技術員。技術員依醫令執行後，放射線醫師判讀 X 光片，其判讀報告與醫令項目結合後，放射線代理人程式並將資料予以整理，再通知智慧型機動式代理人程式 B，放射線報告已完成。回至(五)。

(八)藥局代理人程式收到病患乙的資料後，先協助檢查處方裡的藥物在服用上是否有交互作用或產生副作用，抑或是劑量過重的情形。若沒問題，則印出配藥單，同時通知智慧型機動式代理人程式 B，該門診病患資料完成。回至(五)。

三、代理人程式的有限狀態機圖

在醫療資訊系統裡的機動式代理人程式與靜態式代理人程式交談行為時，各個

之行為可以用有限狀態機圖 (Finite State Machine FSM)，描繪出它們在執行相互連絡、協調的交談行為時，各個代理人程式的狀態轉換。圖 5 與圖 6 分別表示機動式代理人程式與靜態式代理人程式的有限狀態機圖。各狀態機圖中，◎代表初始狀態，○代表中間狀態，●代表結束狀態，狀態間連線上的標示代表狀態轉換時所需的輸入及產生的輸出，亦即表示在某狀態下，收到交談的行為訊息後，立即轉變為另一種狀態。如靜態式代理人程式有限狀態機圖 (圖 6) 裡，代理人程式在狀態 Execute 中，接收到 Interrupt 指令，它立即改變狀態為 Compare Priority，比較現行任務與插斷任務的優先權，若是現行任務的優先權高，則拒絕 Interrupt 的請求，否則接受插斷的指令，將現行任務置於緩衝區等待，待執行完畢插斷之任

務後，再取出執行。(/accept 表示沒有輸入僅有輸出，反之亦然)

實際的 Agent 間的交談，根據上述的狀態圖，配合 Mihai Barbuceanu & Mark S. Fox 等學者 [4] 對於 Agent 間之 speech act 的語意及上一節的系統架構說明即可以去進行代理人程式的設計與實現。

肆、系統效能評估

在本節，我們對使用代理人程式於門診醫療資訊系統所帶來的系統效能改進，做一初步評估，其比較標準為交易量 (Transaction) 和通訊量 (Communication)

【假設】某醫學中心，一天門診人次數 6059 人，約 14.49 % 病患開檢驗醫令，約 5.39 % 病患開放射線醫令，約 72 % 病患有關藥。

【定義】交易 (Transaction)：使用者從終端機 (或工作站) 下命令，到伺服器主機執行，再回覆給使用者，稱為一個交易。如掛號一次、開處方藥一次 (無論幾種藥)、開檢驗醫令一次 (無論幾種檢驗) 或開放射線醫令一次 (無論幾次照會) 等，均稱為一個交易。

【定義】通訊 (Communication)：使用者從終端機 (或工作站) 下命令，資料經過網路，到達另一終端機 (或工作站)，即稱一個通訊。例如在網路上，機動式代理人程式將資料從一個端點 (如：診間代理人程式) 傳輸至另一個端點 (如結帳代理人程式) 時，即稱之為一個通訊。

表1：傳統門診系統與使用代理人程式產生伺服器主機交易量之比較

地點	傳統執行狀況	使用代理人程式
掛號處	6059	6059
診間醫令 (處方藥、檢驗、放射線等)	6059	0
收費結帳處	6059	0
檢驗處	878	0
放射線	327	0
藥局	4362	0
資料存回資料庫	0	6059
合計	23744	12118

表1說明：

1. 在傳統執行狀況裡：處方藥之交易量 = $6059 * 0.72$

收費結帳處之交易量 = $6059 * 1$ ，其餘類推。

2. 使用代理人程式裡：

只有在開始掛號及最後傳資料回資料庫之終工作站，才與伺服器主機傳送資料於資料庫，因此，其餘之交易量為 0。

表2：傳統門診系統各終端工作站之間的通訊量

路徑	通訊量	說明
掛號→伺服器主機	12118	由於每個終端工作站，將資料傳輸至伺服器主機直到回復，是一個來回，因此，通訊量為 " 門診人數 * 2 "。
診間→伺服器主機	12118	
收費結帳處→伺服器主機	12118	
檢驗處→伺服器主機	1756	
放射線處→伺服器主機	654	
藥局→伺服器主機	8724	
合計	47488	

表3：使用代理人程式時各終端工作站之間的通訊量

路徑	通訊量	說明
掛號→診間	6059	1. 從結帳收費處至檢驗處、放射線處、藥局，並非是每位病患皆有，而是依前述之"假設"情形，計算而得。且病患至檢驗處之行爲與病患至放射線處之行爲互不影響，相互間之條件爲"互相獨立"。 2. 計算如下： (1) 收費結帳處→放射線處→藥局 $6059 * (0.0539 + 0.72)$ (2) 收費結帳處→放射線處→檢驗處→藥局 $6059 * (0.0539 + 0.1449 + 0.72)$ 3. 從收費結帳處至各個工作站因爲爲"互相獨立"，因此，至從收費結帳處分別之通訊量如左之計算。所以，病患其方向，僅爲其中之一。
診間→收費結帳處	6059	
• 收費結帳處→藥局	4362	
• 收費結帳處→檢驗處	878	
• 收費結帳處→放射線處	327	
• 收費結帳處→放射線處→檢驗處	1205	
• 收費結帳處→放射線處→藥局	4689	
• 收費結帳處→檢驗處→藥局	5240	
• 收費結帳處→放射線處→檢驗處→藥局	5567	
合計	121180 $+ \text{MAX} ($ $4362,$ $878,$ $327,$ $1205,$ $4689,$ $5240,$ $5567)$ $= 17685$	

比較一：伺服器主機 (server) 的交易量比較

我們用代數式表示爲：

Transaction (傳統) =

病人數 * (3 + σ_1)(1)

Transaction (Agent) =

病人數 * 2(2)

說明：1. σ_1 爲網路上除了掛號、診間及收費之外平均每個病患會造訪的終端工作站數目。

2. (1)式中的"3"表示掛號、診間及結帳三處終端工作站。

3. (2)式中的"2"表示掛號及最後傳資料回資料庫的兩處終端工作站。

比較二：各終端工作站之間的通訊量比較

我們用代數式表示爲：

Communication (傳統) =

病人數 * 2 * σ_2 (3)

Communication (Agent) =

病人數 * (2 + MAX(P(A)))(4)

而 $P(A)^3 = \{ \Phi,$

$\alpha_{w1}, \alpha_{w2}, \alpha_{w3}, \alpha_{w4}, \dots, \alpha_{wn},$

$\alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w1}^*, \alpha_{w3}^*, \dots, \alpha_{wn-1}^* \alpha_{wm},$

$\alpha_{w1}^* \alpha_{w2}^* \alpha_{w3}^*, \alpha_{w1}^* \alpha_{w2}^* \alpha_{w4}^*, \alpha_{w1}^* \alpha_{w2}^*$

$\alpha_{w5}^*, \dots, \alpha_{wn-2}^* \alpha_{wn-1}^* \alpha_{w1}^*, \dots,$

$\alpha_{w1}^* \alpha_{w2}^* \alpha_{w3}^* \alpha_{w4}^* \dots \alpha_{wn}^*, \}$

說明：1. σ_2 爲網路上除伺服器主機之外平均每個病患會造訪的終端工作站數目 ($\sigma_2 = \sigma_1 + 3$)。

2. W_i $i = 1, 2, 3, \dots, n$ 表示病患除了掛號、診間及收費結帳外平均造訪 σ_1 個工作站下的每個工作站編

³ P (A) 表示 A 的所有子集合構成的集合。

號。

3. n 為病患除了掛號、診間及收費結帳之外，造訪的終端工作站數目 ($n \leq \sigma_1$)。

4. $\alpha_{w1}, \alpha_{w2}, \alpha_{w3}, \dots, \alpha_{wn}$ 為病患到達各工作站的機率。

5. (3)式中的 "2" 表示各終端工作站與伺服器主機連接來回一次的通訊量。

6. (4)式中的 "2" 係指掛號至診間及診間至收費站的兩次資料通訊量。

綜上所述，我們可以知道：

1. 伺服器主機的交易量比較

由(1)，(2)式，我們可得：

$$\begin{aligned} \text{Transaction (傳統)} &= \text{病人數} * (3 + \sigma_1) \\ &> \text{Transaction (Agent)} = \text{病人數} * 2 \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

從(5)式，我們可以知道傳統執行狀況的交易量恒大於使用代理人程式的交易量，並且終端工作站愈多則相差愈明顯。從表一的例子，更清楚的看出使用代理人程式的門診醫療資訊系統，較傳統的執行狀況為佳，省了 48.97 %，也就是說在 CPU 在資料庫的存取負擔上僅用了 51.03 % 的執行率⁴。

2. 各終端工作站之間的通訊量比較

由附錄的定理證明，我們可以知道傳統執行狀況的通訊量恒大於使用代理人程式的通訊量。此外，表 2 與表 3 更清楚的知道使用代理人制度的門診醫療資訊系統所需的通訊次數，其執行率僅為傳統門診系統的 37.23%⁵，節省了 62.77 % 的 CPU 在資料庫的存取負擔上的時間。

伍、系統的可信賴度

這一節我們將討論系統的可信賴度 (Reliable)，也就是錯誤容忍度。對於系統在執行時，我們須慎重的處理，否則會有資料遺失的可能。病患的資料分別由不同的代理人程式在網路間傳遞及處理執行，當執行的期間至結束，如何確保資料的正確性？安全性？是否會遺失？或執行至某時點突然斷電、當機。因此，對於資料的備份我們採用下面兩種方法解決：

【方法一】

資料在終端工作站裡的靜態式代理人處理完畢後，傳給機動式代理人程式時，則立即將有異動（包含新增與修改）之部份，同時傳遞於伺服器（或主機）；換句話說，即是在有資料的異動之後，在伺服器（或主機）與機動式代理人程式裡都有最新的資料。而且此部份之通訊量加上原先通訊量之總和並不會大於傳統執行之通訊量。

【證明】

一、由前一節可以知道：

傳統執行之通訊量為：病患數 * 2 * σ_2 ；代理人程式的通訊量為：病患數 * (2 + MAX (P (A)))

二、此時，當代理人程式在各個工作站執行完畢後，將資料備份於伺服器（或主機），因此，通訊量之數目增加

病患數 * ($\alpha_{w1} + \alpha_{w2} + \alpha_{w3} + \dots + \alpha_{w\sigma_1}$) 的量。

三、病患數 * ($\alpha_{w1} + \alpha_{w2} + \alpha_{w3} + \dots + \alpha_{w\sigma_1}$)

$$= \text{病患數} * \left(\sum_{i=1}^{\sigma_1} \alpha_{wi} \right)$$

$$\leq \text{病患數} * \sigma_1 \text{Max}(\alpha_{wi})$$

⁴ 執行率 = 使用代理人程式 / 傳統執行狀況 = 12118 / 23744 * 100% = 51.03%

⁵ 執行率 = 使用代理人程式 / 傳統執行狀況 = 17685 / 47488 * 100% = 37.23%

$$\leq \text{病患數} * \sigma_1。$$

四因此，代理人程式的通訊量之總和（原先之量 + 資料備份之量）

$$= (\text{病患數} * (2 + \text{MAX}(P(A)))) + (\text{病患數} * \sigma_1)$$

$$\leq (\text{病患數} * 3) + (\text{病患數} * \sigma_1)$$

$$= \text{病患數} * (3 + \sigma_1) \cdots \cdots (6)$$

五傳統之通訊量為：

$$\text{病患數} * 2 * \sigma_2$$

$$= \text{病患數} * 2 * (3 + \sigma_2)$$

$$(\because \sigma_2 = \sigma_1 + 3)$$

$$= \text{病患數} * (2 * \sigma_1 + 6) \cdots \cdots (7)$$

六由(6)與(7)得知傳統之通訊量仍然恒大於代理人程式的通訊量之次數總和。

【方法二】

資料在網路中相互傳遞處理，當各個終端工作站的靜態式代理人處理完畢後，傳給機動式代理人程式時，則立即將資料備份暫存於此處，同時將上次暫時儲存於此的終端工作站内同樣病患之備份資料予以清除；換句話說，即是在有資料的異動之後，在機動式代理人程式與此病患所經過的最後工作站裡均存有最新的資料。

【證明】

一由於此資料係暫存於各個終端工作站，並未有傳送至任何的工作站或伺服器（或主機）。因此，在通訊量與交易量的數量並沒有增加。

二增加的部份，為各個終端工作站的輔助記憶體部份，而該部份由於是硬體。輔助記憶體在目前絕大部份皆以硬式磁碟機為主要，並且容量日益增大，價格是日漸下跌，因此，在講求效益上，此並不是一個難題。

三所以，此部份可以增加各個終端工作站的輔助記憶體即可解決。

陸、結論

在主從式（Client Server）的網路架構下，使用代理人程式來發展門診醫療資訊作業系統，在成本效益上，有很大的實質效用。以成本上的考慮為例，數年之內，若病患數量維持一樣的話，可以不必擴充主機；在效益上，不僅是減輕了CPU的負擔，而且減少網路傳輸之成本，更能充份的使用CPU的運轉執行力於其他應用上，如應用於決策性的資訊分析上，提供決策者更有效率的資訊。此外，代理人程式不僅可以用在門診醫療資訊系統，而且可以用在住診、急診的醫療資訊系統裡，凡資料大量地來回於伺服器主機與終端機之間的各業務，皆可以用代理人程式的技術，以提昇服務的品質。

我們上述的研究考慮交易量與通訊量，而沒有將病患的資料量（Information Size）加入考量，其主要的因素為每位病患的病情不同，相對的，醫師對病情不同的病患也就有不同的診查與治療，在醫令方面的開立上，如藥品、檢驗項目等就不相同，因而，在病患的資料裡，就會有存在不同的差異性。所以，在病患的資料量的大小問題，是我們目前研究的限制。因此基於上述的問題，在未來的研究方向，我們對於代理人程式的資料量的處理與相互間通訊等方向，已在另文繼續深入研究，以便能架構出更完善的代理人程式相互通訊機制。希望在未來能將代理人程式應用在整體醫療資訊系統裡，有適當的處理，不但提供更好的服務給病患，而且在醫院的整體運作與營運有最好的績效。

參考文獻

1. 吳清賢，"門診作業之規劃與趨勢分析"，醫療資訊雜誌，1993，pp.15-29，
2. 賴宏仁，楊子青，陳年興，"Intelligent Agent的整合性功能架構"，第七屆國際資訊管理學術研討會論文集，199

- 6, pp.322-330
3. Jurgen Berghoff, Oswald Drobnik, Anselm Lingnau and Christian Monch, "Agent-based configuration management of distributed application", In Proceedings. of Third International Conference on Configurable Systems, 1996, pp.52-59
 4. Mihai Barbuceanu and Mark S. Fox, "COOL: A Language for Describing Coordination in Multi Agent System" In Proceedings of First International Conference on Multi-Agent Systems, 1995, pp.17-24
 5. Oren Etzioni, Daniel S. Weld "Intelligent Agents on The Internet: Fact, Fiction, and Forecast", IEEE Expert vol. 10, 1995 Aug, pp.44-49
 6. Perter Domel, "Mobile Telescript Agents and the Web" Digest of Papers. COMPCON '96, 1996, pp.52-57
 7. Raul Olierira, Jacques Labetoulle, "Intelligent Agents: a way to reduce the gap between application networks", In Proceedings of IEEE International workshop on Factory Communication Systems, 1995, pp.81-90
 8. Robetro Okada, Eun-Seok Lee, Norio Shiratori, "Agent-based Approach for Information Gathering on Highly Distributed and Heterogeneous Environment" In Proceedings of 1996 International Conference on Parallel and Distributed Systems, 1996, pp.80-87
 9. T. Magedanz, K. Rothermel, S. Krause, "Intelligent Agents: An Emerging Technology for Next Generation Telecommunication?", In Proceedings of IEEE INFOCOM'96, 1996, pp.464-472
 10. Yu-Zen Shen, "NATIONAL HEALTH-CARE INFORMATION SYSTEM", 醫療資訊雜誌, 1992, pp.91-94

附錄

【Lemma】 $\text{MAX}(\Phi,$

$$\begin{aligned}
 & \alpha_{w1}, \alpha_{w2}, \alpha_{w3}, \alpha_{w4}, \dots, \alpha_{wn}, \\
 & \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}, \alpha_{w1}^* \alpha_{w3}, \dots, \alpha_{wn-1}^*, \alpha_{wn}, \\
 & \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w3}, \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w4}, \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w5}, \dots, \alpha_{wn-2}^*, \alpha_{wn-1}^*, \alpha_{wn}, \\
 & \dots \\
 & \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w3}^*, \alpha_{w4}^*, \dots, \alpha_{wn-1}^* \alpha_{wn}, \} \\
 & \cong 1
 \end{aligned}$$

【證明】

- 一、 $\text{MAX}(\alpha_{w1}, \alpha_{w2}, \alpha_{w3}, \alpha_{w4}, \dots, \alpha_{wn}) \leq 1$, (因為 $\alpha_{wi} < 1$, 所以 $\max \{ \sigma_{wi} \}$ 恒 < 1)
- 二、 $\text{MAX}(\alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}, \alpha_{w1}^* \alpha_{w3}, \dots, \alpha_{wn-1}^* \alpha_{wn}) \leq 1$,
(因為 α_{wi}, α_{wj} 皆 < 1 且 $\sigma_{wi}^* \sigma_{wj} < 1$, 所以 $\max \{ \sigma_{wi}^* \sigma_{wj} \}$ 恒 < 1)
- 三、因為 α_{wi} 為正純小數, 當其兩兩相乘、三三相乘……時, 其結果之值是越趨越小, 所以, 我們取其前兩項計算其值比較。
- 四、在兩兩相乘的值裡 $\max \{ \sigma_{wi}^* \sigma_{wj} \} < \text{單值} \max \{ \sigma_{wi} \}$ 。

五、所以 $\text{MAX}(\Phi,$

$$\begin{aligned} & \alpha_{w1}, \alpha_{w2}, \alpha_{w3}, \alpha_{w4}, \dots, \alpha_{wn}, \\ & \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}, \alpha_{w1}^* \alpha_{w3}, \dots, \alpha_{wn-1}^*, \alpha_{wn}, \\ & \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w3}, \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w4}, \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w5}, \dots, \alpha_{wn-2}^*, \alpha_{wn-1}^*, \alpha_{wn}, \\ & \dots \\ & \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w3}^*, \alpha_{w4}^*, \dots, \alpha_{wn-1}^*, \alpha_{wn}, \\ & < 1 \cong 1 \dots \end{aligned}$$

【Theorem】Communication (傳統) = 病人數 * (2 * σ_2)

$$> \text{Communication}(\text{Agent}) = \text{病人數} * (2 + \text{MAX}(P(A)))$$

【證明】一、依 Lemma 我們可以得到

一、 $\text{MAX}(\Phi,$

$$\begin{aligned} & \alpha_{w1}, \alpha_{w2}, \alpha_{w3}, \alpha_{w4}, \dots, \alpha_{wn}, \\ & \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}, \alpha_{w1}^* \alpha_{w3}, \dots, \alpha_{wn-1}^*, \alpha_{wn}, \\ & \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w3}, \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w4}, \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w5}, \dots, \alpha_{wn-2}^*, \alpha_{wn-1}^*, \alpha_{wn}, \\ & \dots \\ & \alpha_{w1}^*, \alpha_{w2}^*, \alpha_{w3}^*, \alpha_{w4}^*, \dots, \alpha_{wn-1}^*, \alpha_{wn}, \\ & \cong 1 \end{aligned}$$

二、因此 $\text{Communication}(\text{Agent}) =$

$$\text{病人數} * (2 + \text{MAX}(P(A))) \text{ 病人數} * (2 + 1)$$

三、所以 $\text{Communication}(\text{Agent}) \text{ 病人數} * 3 \dots (A-1)$

四、 $\text{Communication}(\text{傳統}) = \text{病人數} * (2 * \sigma_2)$

$$= \text{病人數} * (2 * (\sigma_1 + 3))$$

$$= \text{病人數} * (2 * \sigma_1 + 6) \dots (A-2)$$

由 (A-1) 與 (A-2) 得知 $\text{Communication}(\text{傳統})$ 恒大於 $\text{Communication}(\text{Agent})$ 的次數。