

智慧型居家服務代理者社群架構之設計

楊豐兆 蘇培欣

大葉大學資訊管理學系

彰化縣大村鄉山腳路 112 號

摘要

本論文目的是在 OSGi 環境下以分散式合作解題計畫及多重代理者架構建立智慧型居家服務代理者社群 (intelligent home-service agent federation, IH-SAF)，此一聰穎式的智慧型環境可以讓各種不同類型的網路服務相互流通與分享，透過 OSGi Framework 部署社群中服務提供者所提供的各項服務，服務代理者也可以移動至用戶端並且動態地執行指定的任務。

IH-SAF 以 Jini 技術實現社群中代理者的自動發覺與註冊管理能力；被授權的服務代理者可以移動至用戶端並且動態地執行指定的任務。在設計與實作時為了使服務代理者元件與代理者社群架構的開發過程能模組化並且在使用上能更具彈性，本系統利用統一塑模語言為 IH-SAF 建立視覺化模型，以使用者觀點為中心出發進行需求分析，建立使用案例模型；再以結構觀點、行為觀點、實作觀點、部署觀點對 IH-SAF 進行分析與設計。

IH-SAF 系統開發目標是嵌入式系統，系統具有微型程式的特色，可以動態移除無用的服務以減少裝置資源浪費，因此本系統適合嵌入小型移動裝置，作為操控資訊家電的能力，並經由居家開道的整合與連接達到區域網路與廣域網路之間的互相操控，可以建置無所不在的管理環境。

關鍵詞：開放式服務開道，分散式合作解題，智慧型代理者，智慧型居家服務代理者社群，居家網路

The Design of an Intelligent Home-Service Agent Federation Architecture

FENG-CHAO YANG and PEI-HSIN SU

Department of Information Management, Da-Yeh University

112 Shan-Jiau Rd., Da-Tsuen, Changhua, Taiwan

ABSTRACT

The objective of this research is to construct an intelligent home-service agent federation (IH-SAF) using a cooperative distributed problem solving (CDPS) plan and a multi-agent architecture. Various types of service can be shared among federation members, and a specific service can be deployed from a remote site to a client site through an OSGi (open service gateway initiative) framework. Then the service agent carrying the specific service executes the service dynamically by moving it to the client site.

In an IH-SAF architecture, the service agent federation hierarchy is designed with the pattern of the agent community, and the services are deployed from the federation's service providers through the OSGi framework. An auto service discovery and auto registry ability are also implemented by using Jini technology for execution by the movement of the service agent. For the purpose of making the design, deployment, and implementation more flexible and modular, a unified modeling language (UML) is used to build various models for the IH-SAF. These models include a use-case diagram from the user's view and other diagrams from structural, behavioral, implementation, and deployment views.

The development of the IH-SAF is based on the need for an embedded system having the characteristics of a micro system which can start or remove the services dynamically to conserve device resources while the system is still running. As a result, the IH-SAF is suitable for being embedded into small devices as an information appliance service. Then the home services can be connected and integrated into the home gateway for interoperating among the other services, and a ubiquitous management environment can be constructed.

Key Words: OSGi, CDPS, intelligent agent, intelligent home-service agent federation, home networking.

一、前言

居家網路 (home networking) 相關技術已經逐漸成型，學者 Gerard O'Driscoll¹ 對居家網路的定義是：『居家網路包含分散在居家中的視、聽、資料、與居家裝置等資源，經由網際網路彼此連接，並且連接網際網路，其主要內容是由寬頻的存取 (broadband access)、居家閘道 (residential gateways)、居家網路科技 (home networking technologies)、中介技術 (middleware)、與資訊家電 (information appliances) 等所組成』[4]。本研究定義居家網路為：『使居家裝置能直接或間接經由資訊系統操控，透過網路技術互相串連並連接廣域網路，能主動提供單獨或複合式服務。』

智慧型居家網路服務社群的建立是以分散式網路環境為基礎，利用各種服務代理者之間的互相合作進行服務的提供。以網路為基礎的智慧型環境 [8] 包含智慧型節點與智慧型空間，其主要內容必須解決智慧型節點的裝置異質性問題、裝置互相察覺性問題、裝置資源不足性問題；以及智慧型空間的隨到即用問題、複合式服務整合管理問題，這些問題詳述如下：

1. 智慧型節點：居家中的一項裝置、一項軟體應用程式都是居家服務，服務來自眾多的廠商，以合作、協商等方式直接或間接提供服務給使用者，因此必須能滿足以下三項性質：

(1) 服務異質性：居家網路整合不同的服務廠商所提供的軟體或硬體服務，因為不同的協定與標準成為裝

置互通有無的障礙，居家網路必須解決居家裝置異質性問題以利串聯居家裝置，進而聯合軟體服務，對異質性服務進行整合性的管理。

(2) 服務的互相察覺性：網際網路上策略聯盟的做法促使服務提供者提供服務的形式可以是整合自多個不同的服務提供者，以整合性服務形式提供服務 [1]，因此居家網路必須提供服務互相察覺機制以滿足居家網路中服務能互相操作的需求。

(3) 裝置資源不足性：鑒於行動裝置愈趨小型化與資訊家電中嵌入式系統設計，裝置的資源不足性愈趨明顯，居家網路服務的設計必須考慮裝置的資源不足問題，以動態且微型服務來滿足行動裝置與資訊家電的裝置特性。

2. 智慧型空間：智慧型空間提供服務的註冊與取用機制，是作為服務執行時的環境，因此必須滿足下列三項特性：

(1) 隨到即用性：為滿足智慧型空間中新增居家服務與移動行動裝置等問題，居家網路必須提供新增裝置或行動裝置在進入居家環境中時，可以立即操作居家服務的需求 [1]。

(2) 複合式服務整合管理：居家網路串聯各種服務後再透過管理機制提供使用者整合性的服務，服務之間可以透過管理機制自動的互相取用或進行排程，達到自動化服務的目的。

因現行資訊家電尚未普及，進行居家網路的設計仍有許

多的問題，本研究在進行居家網路服務部署時必要的研究限制為：

1. 網際網路基礎建設與推動能普及化，且推動資訊家電發展為網際網路生活的一部分；
2. 資訊家電規格與服務提供者開發的服務能遵循開放式標準 OSGi 規範或相似的規範發展；
3. 本研究規劃居家服務代理者社群以合作的型態操控並管理居家各項的服務，因此代理人之間的欺騙行為，不在本論文的研究範圍。
4. 資訊安全議題會有良好解決方案。

依照 Carlos A. Iglesias 等學者在 MIX 計畫中對代理者一般性架構定義 [5]，代理者擁有兩種形式的服務，分別為 Service 與 Goal。本研究中採用的研究方法是將服務定義為：

1. 遵守 OSGi 規格開發，由服務代理者所攜帶，為提供某項特定功能可供下載的程式；
2. 操控硬體服務：經下載的程式，能在本地端操控特定裝置執行服務，例如照片沖洗機列印照片；
3. 軟體服務：經下載的程式，能在本地端提供特定軟體服務，例如電子郵件寄送服務；
4. 內部合作服務：經下載的程式，除了提供給使用者服務外，並可透過 OSGi 架構與其他代理者進行本地端內部服務分享。

二、相關研究文獻探討

為滿足居家網路設計上的議題：異質服務、服務互相察覺、裝置資源不足、隨到即用、與複合式服務整合管理等需求。本研究延伸統一塑模語言 (unified modeling language, UML) 建立代理者的一般性使用案例模型 (general agent use case model) 以及其他一般性視覺化模型，並且以擬人化方式規劃代理者架構，建置居家服務代理者作為居家網路服務的基礎元件。在建置策略上是以分散式合作解題 (cooperative distributed problem solving, CDPS) 計畫 [3] 與代理者社群概念 [4] 規劃居家網路以及居家網路社群機制。實作上是遵循 OSGi (open service gateway initiative) 規格 [8] 中 Bundle 的設計部署與管理居家網路服務，為居家社群建立服務分享的機制；並且利用 Jini 服務自動發覺的能力解決服務發覺自動化的問題。

居家網路利用服務閘道 (service gateway) 串聯所有家電與電腦設備，並連結居家網路與外部網路，建立資源共享

的聰穎居家環境；以 OSGi 提供的動態服務部署 (dynamic service deployment) 及管理能力作為實作服務代理者的核心，建構居家裝置間各種型式服務整合的基礎。相關支援技術說明如下。

(一) 開放式服務閘道 (open service gateway)

OSGi 是以 Java 為基礎的開放式服務閘道標準，其內容定義連接下一代網路消費者與小型企業裝置至網際網路的開放標準，規格內容包含服務的生命週期管理、內在服務相依管理、資料管理、裝置存取與管理、用戶端存取、資源管理與安全，亦即透過廣域網路傳送服務到區域網路與裝置的整合性複合管理。

OSGi 的應用範圍極廣，例如：網路存取 (internet access)、個人通訊 (personal communication)、能源管理 (energy management)、安全 (alarm systems' security)、健康監視 (health care)、娛樂 (entertainment)、資訊管理 (information management)、使用者付費 (pay-per-use)、服務協同合作 (synergistic services) 等。

(二) 智慧型代理者 (intelligent agent)

學者 Wooldridge 定義代理者內容為：“The agent is a computer system that is situated in some environment, and that is capable of autonomous action in this environment in order to meet its design objectives.” [11]，其內容強調代理者在所處環境中的自動化行為能力。物件管理組織 (object management group, OMG) 的代理者平台興趣小組 (OMG Agent Platform Special Interest Group, OMG Agent PSIG) [6] 著手制定的 AUML (agent UML)，將代理者定義為 “An agent can be a person, a machine, a piece of software, or a variety of other things...The basic dictionary definition of agent is one who acts.”，其內容也是強調代理者的自動化能力。

(三) 代理者社群 (agent society)

多重代理者是在代理者為基礎的環境下，代理者與代理者之間衍生各種關係所形成的集合，其起源是分散式系統中的分散式合作解題計畫。學者 Durfee 定義：“CDPS studies how a loosely-coupled network of problem solvers can work together to solved problems that are beyond their individual capabilities.”，亦即 CDPS 目的在解決分散式環境中代理者之間的合作問題 [3]。

由於代理者通常被視為具有人類某種特質，尤其是多個代理者 (multi-agent) 間的代理者社群 (agent society)。本論文延伸物件導向分散式合作解題系統 (object-oriented

cooperative distributed problem solving system, OOCDPSS) [12-13] 的解題架構，如圖 1 所示，此架構為代理者社群建立了一個對內 / 對外溝通的秩序，社群以 LA (leader agent) 作為群組的主要負責代理者。OOCDPSS 處理問題時會將問題適當的切割為許多的子問題 (subproblem)，再交由適當的問題解決者予以解決，最後再將所有子問題的解答結果加以整合，達到適當解決問題的目的。PSD (problem solving descriptor)，POCT (partial overview capability table)，與 PECA (parameterized event condition action) 三個模組分別提供群組解題所需的 Procedural Knowledge，Static knowledge 與 Strategic Knowledge。LA 主要的工作有：(1) 規劃所接受的問題；(2) 規劃合適的行為給適合的問題解決者 (problem solver)；(3) 管理程序速率；(4) 檢閱回傳的結果；(5) 整合回傳的結果等工作。

在領導代理者的自然特性與人類特質下，人類社群領導者必須具備六項重要的能力，分別是：聆聽 (listen)、解釋 (explain)、協助 (assist)、討論 (discuss)、評估 (evaluate)、回應 (respond)。在 OOCDPSS 中，社群領導者在合作問題解決的過程中同樣是以類似人類社群領導者的方式協助群組成員，包括，(1) 聆聽：細心聆聽任何問題要求的訊息；(2) 解釋：解釋所接收的訊息內容與意圖；(3) 協助：決定由哪一個它所擁有的群組或成員代理者具備相關能力能協助此項問題的解決；(4) 討論：傳送這個問題到成員代理者並且與成員代理者討論如何解題的相關細節；(5) 評估：藉由民主的方式－契約網路協定 (contract net protocol) [9] 評估所傳送回來的競標資訊 (bid) 或結果；(6) 回應：立即以作出的決定或結果回應問題要求者，這些相關的安排使得 OOCDPSS 的系統具備類似人類解題的特質。

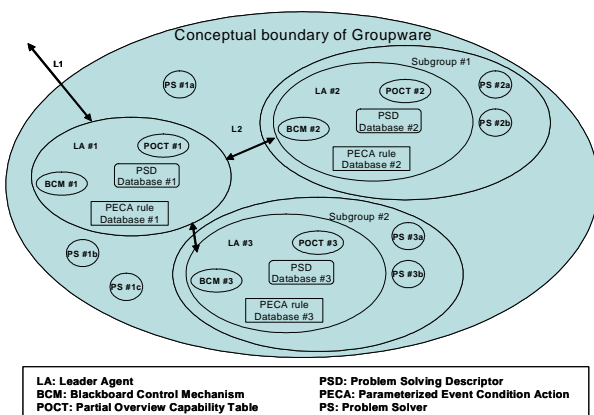


圖 1. OOCDPSS 架構

居家網路可以連接所有的網路裝置，以開放式服務閘道整合，帶來整合式的管理與動態的服務部署，並且可以對居家裝置進行遠端服務管理，藉由開放式服務閘道，更可提供一個標準化方式讓服務提供者進行標準化服務開發，進而允許所有新型態的服務可以在一個安全、可信賴和非常有用的環境下部署在家庭、汽車、或電話。基於居家網路服務環境之研究在未來行動商務中會扮演一個很重要的角色，因此本系統的研究與設計有其必要性與前瞻性。

三、智慧型居家服務代理者社群架構

智慧型居家服務代理者社群 (intelligent home-service agent federation, IH-SAF) 架構是以合作為基礎的居家網路架構，架構中的主要元件是智慧型代理者，透過服務代理者社群管理機制 (service agent federation management mechanism) 進行最佳化的整合性服務管理。

IH-SAF 架構是以 Federation 命名，與 Federation 一詞相似的是 Community，Community 在語意上的意義是“社區、共同社會、共同體”。Federation 在本論文譯為社群，社群中的成員是依照社群管理機制事先訂定的規則進行活動；Federation 在語意上的意義是：“聯邦政府、聯邦制度、聯邦化”，相較之下，社群有制度化的管理機制。學者 Mark Stang [10] 等人認為：“Federations are dynamic constructs, appearing and disappearing based on the demands of Jini devices.”，說明 Federation 具備有彈性化的特性，能在適當的時機，在社群中為服務索取者與所處環境中的服務提供者建立鏈結關係。

受到人類接受訊息處理方式的啟發，如圖 2 所描述，人類具備感知能力的神經，可以接受來自四面八方所傳送過來的訊息，包含有來自週遭環境的訊息 (environment stimulation)、溝通的訊息 (communication)、閱讀 (reading) 等，當感知神經接受到訊息，經過思考動作後，判斷接受刺激的種類以利產生適當的反應與動作；或是以直覺式反應的方式，進行直接反射動作。本論文以類似人類接受刺激、思考、與動作等概念建立代理者模型，並且模擬人類社群活動方式進行代理者社群環境的規劃與設計。

(一) 智慧型代理者模型設計

繼物件導向技術問世後，為因應愈來愈複雜的系統設計與專案管理，以物件導向為基礎的統一塑模語言適合作為物件導向分析與設計的視覺化模型工具。代理者技術是衍生自

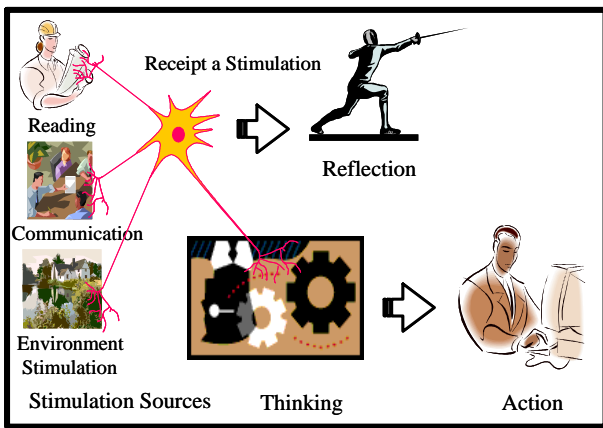


圖 2. 人類接受訊息方式示意圖

物件導向技術的新興資訊科技，代理者系統的開發也逐漸採用視覺化模型工具，以利更有發展與管理各種類型的代理者應用系統。代理者系統是演化自分散式系統，因此繼承分散式系統中分散式元件間的溝通、合作、互動等諸多特性，形成多重代理者社群系統的設計議題。

UML 是以視覺化工具作為系統模型建置的基本工具，可以讓系統建構者以各種不同的觀點建立系統的各種模

型，並且提供一套標準化環境讓計畫共同參與者可以依循。學者 Sinan Si Alhir 認為「UML 的模型觀點主要取決於使用者是採用哪一種觀點來檢視系統，以及每一種觀點的設計考量重點為何」[2]。為了系統化 IH-SAF 的規劃與設計過程，本論文根據代理者的基本特性，採用延展 UML 的方式設計一個適用於代理者社群的一般性代理者架構，以一般性代理者的使用案例架構為基礎逐步建構代理者社群架構，並規劃代理者社群的服務分享管理機制。圖 3 是 IH-SAF 架構的各種觀點，包括：使用者觀點、結構觀點、實作觀點、行為觀點、環境觀點，各個觀點模型詳述如下。

1. 使用者觀點 (user model view) :

使用者是以系統外部使用者角度來檢視系統。在 UML 是以使用案例圖 (use case diagram) 描述系統功能，亦即來自外部使用者或是另一個系統 (行為者, actor) 的觸發事件，描述外部使用者或另一系統提供服務的情境或劇本 (使用案例, use case)。其目的是描述系統功能性需求，找出使用案例與行為者，並界定系統明確的範圍。本論文根據前述代理者定義與代理者社群中代理者的行為能力、溝通能力、認知能力等特性與社群管理的需求，在使用者觀點下，以使用案

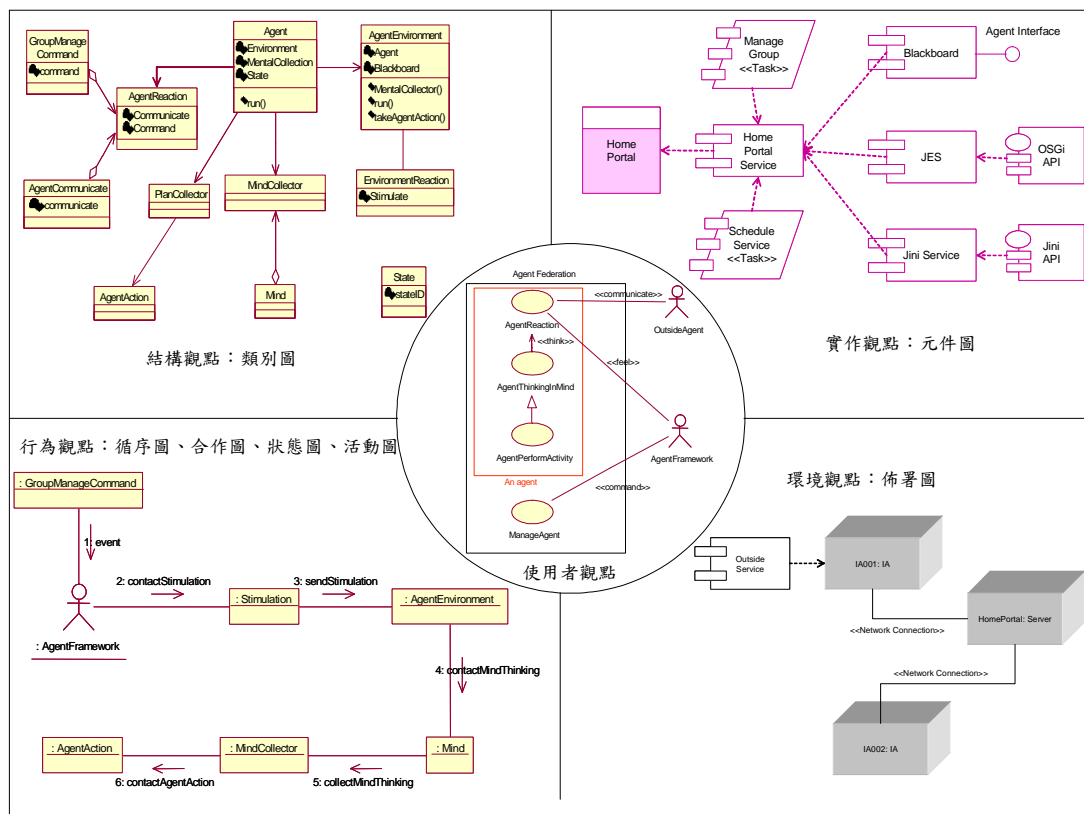


圖 3. 居家服務代理者社群架構的各個觀點模型

例模型描述 IH-SAF 系統。

如表 1 所示，代理者的刺激來源包括有：(1) Stimulation 是社群中成員代理者接受到因環境改變所產生的刺激，屬於環境與內部代理者間的互動，此類刺激有如人類生活中的氣候因素，人類接受此類刺激後以撐起雨傘來抵禦風雨；(2) Command 是社群中環境領導者對環境或其成員代理者所交付的命令，屬於環境領導者與環境或環境領導者與內部代理者間的互動，環境領導代理者有如人類社群中的警察局或政府機關，可以規範人類禁止吸煙或規定某些道路的速度限制；(3) Communication 是社群中環境領導者與其成員代理者或外部代理者（當需要外部代理者提供服務時）的溝通行為，或社群中的成員代理者與外部代理者的溝通行為，屬於環境領導者與內部代理者或內部代理者與外部代理者的互動，此類訊息類似人類社會中一般民眾可以與擔任社區領導工作的警察人員溝通，亦可以與社區外部的人員溝通。

IH-SAF 在使用者觀點下，依據代理者的特性與社群管理的實際需求，以使用者的角度描述一般性代理者的使用案例模型，模型內容如圖 4 所示。在使用者觀點的 Use Case Diagram 中，觀察到的是代理者外部的 Actor（包括：OutsideAgent 與 AgentFramework）與代理者社群系統的互動關係，包含有外部代理者與代理者的溝通、代理者社群中領導代理者對環境所下的命令（command）與環境內部狀態的改變所產生的刺激（stimulate）。詳細內容說明如下：

- (1) AgentFramework：AgentFramework 是代理者所處的環境，屬於代理者系統以外並且會與代理者產生互動的行為者，AgentFramework 與代理者社群系統互動所產

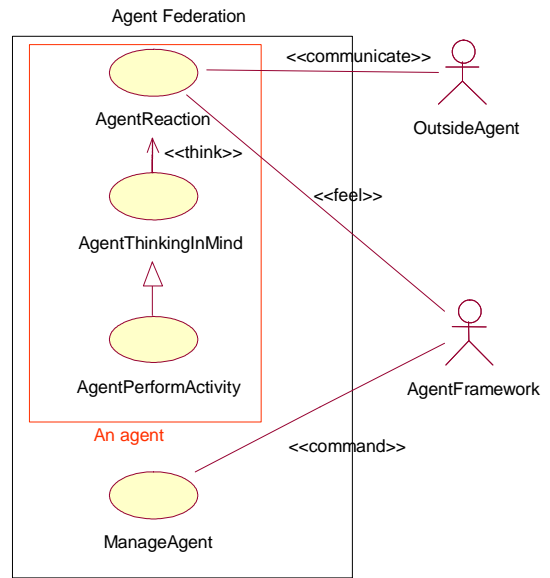


圖 4. 一般性代理者使用案例模型

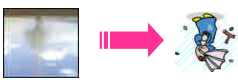

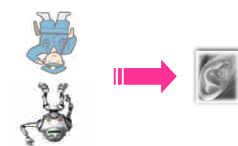
生的使用案例情境（代理者所具備的三種行為），分別是：反應行為、代理者思考行為、代理者動作行為；與代理者在代理者社群環境中的管理行為。代理者具備有獨立自主的特性，是社群的基本組成成員（例如：領導代理者、服務提供者、或服務索取者），以環境領導代理者與其成員代理者的互動情形而言，代理者接受刺激的種類可以是代理者與代理者的溝通行為，也可以是為了達成某種控管的命令行為。環境狀態的改變會以刺激的方式刺激代理者（請參照表 1），以利產生適當的反應。

- (2) OutsideAgent：外部代理者統稱為 OutsideAgent，是屬於代理者系統的外部行為者，描述社群外部代理者與代理者社群系統的互動情況，外部代理者與社群內部代理者的溝通、以及社群中的領導代理者與外部代理者的溝通，溝通的行為就如人類社群中的溝通，接受訊息的人可以經由思考後選擇接受或不接受這個訊息，而接受訊息的代理者會依據接受刺激的內容產生適當的反應（reaction）。

本研究於一般性代理者架構中為代理者的使用案例模型中加入四個模板型別（stereotype），以擴充模型的方式標示，可以增加模型語意上的易讀性。圖 4 中增加了 UML 延伸的模板型別有：

- (1) <<communicate>>：communicate 是內部代理者(IH-SAF

表 1. 代理者接受的刺激來源

刺激種類	敘述	互動對象與狀況
Stimulation		社群中成員代理者接受因環境的改變所產生的刺激
Command		社群中環境領導代理者對環境或其成員代理者所吩咐的命令
communication		社群中環境領導代理者與其成員代理者或外部代理者（當需要外部代理者提供服務時）的溝通行為 社群中的成員代理者與外部代理者的溝通行為

系統內部的代理者)與外部的代理者或與領導代理者進行溝通,與 `command` 不同的是, `communicate` 是代理者的溝通行為,就如同人與人溝通一樣,代理者可以選擇相信與不相信這些訊息。如圖 4 中外外部代理者與內部代理者之間的關係屬於溝通的表現,領導代理者亦可以與其他代理者以溝通的方式互動,當領導代理者以溝通的方式與其他代理者互動時,此時領導代理者的溝通行為亦有可能被其他代理者所拒絕。

- (2) `<<feel>>`: `feel` 是代理者接收到環境狀態改變的刺激時,代理者與環境中互動的情況,此時環境會進一步將刺激傳送給代理者的思考機制進行思考, `feel` 與 `communicate` 及 `command` 不同的是, `feel` 是代理者仔細聆聽環境狀態的改變(刺激)時,代理者與環境的關係。
- (3) `<<think>>`: `think` 是使用案例 `AgentReaction` 與 `AgentThinkingInMind` 之間的關係,代表代理者在接受到刺激(`communicate`、`command`、或 `stimulate`)後,必須進行思考的動作,可以提供更具智慧的服務。
- (4) `<<command>>`: `command` 是使用案例 `ManageAgent` 與行為者 `AgentFramework` 間的關係,代表領導代理者管理成員代理者或環境的動作,與 `communicate` 不同的是, `command` 是領導代理者所吩咐的“命令”(與領導代理者的溝通行為不同),任何代理者加入社群後,必須遵循領導代理者的吩咐,並且執行領導代理者交付的工作。

一般性代理者使用案例模型是模擬人類語意的基本模型,其中包含有兩種行為者(`OutsideAgent` 與 `AgentFramework`)與四種使用案例(分別為:`AgentReaction`、`AgentThinkingInMind`、`AgentPerformActivity`、及 `ManageAgent`),代理者的其他行為可以由此模型延伸。圖 5 描述延伸一般性代理者使用案例模型,外界刺激部分的使用案例可以延伸(`extend`)自代理者反映的使用案例(`AgentReaction`);代理者之間的溝通與互動的使用情況延伸自代理者所執行的動作(`AgentPerformActivity`);與管理相關的使用情形則是延伸自管理成員代理者(`ManageAgent`)的使用案例。

2. 行為觀點 (behavior model view)

行為觀點是系統的動態(行為)觀點,又稱為動態、程序、同時或合作觀點。UML 是以循序圖(或以合作圖)表

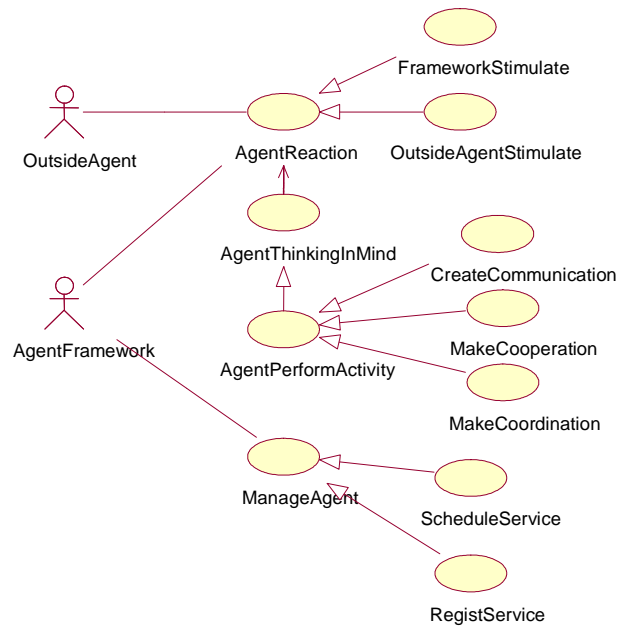


圖 5. 延伸一般性代理者使用案例模型

示物件之間動態的溝通方式;或是以狀態圖表示物件狀態的變化;或是以活動圖表示業務流程或某一類型中單一運作的邏輯流程。本研究在代理者的動態模型觀點是以 UML 中的合作圖(`collaboration diagram`)與循序圖(`sequence diagram`)描述代理者之間的基本互動狀況,並以狀態圖表示代理者的生命週期變化。

圖 6 以互動圖表示一般性代理者動態模型,代理者接受刺激後產生反應的流程,相關描述如下:(1)代理者中負責接收各種訊息的類別(訊息種類有:`communication`、`command`、`stimulation`)接收來自各處的訊息;(2)將所收到的訊息由感應類別(`sensor`)彙整分類;(3)感應類別將訊息彙整並通知代理者;(4)代理者以心智類別(`mind`)思考所接受的訊息;(5)依據思考的結果,代理者擬定行事計畫;(6)與(7)將所擬定的計畫傳回給代理者作為行動的準則;(8)代理者依據所擬定的計畫執行動作。

有別於使用者觀點的使用案例模型,代理者的狀態改變是以外部的觀點檢視代理者模型中狀態的改變。代理者如同人類一樣具有生命週期的循環,在提供服務階段會進入代理者的生命週期,服務代理者的生命週期如圖 7 所示,可能的狀態包括:(1)未註冊狀態(`unregistered`):`unregistered` 代表服務代理者在創造出來時原始的狀態,亦即服務代理者所擁有的服務尚未向任何領導代理者註冊;(2)已註冊狀態(`registered`):原本在未註冊狀態的服務代理者,經由自動

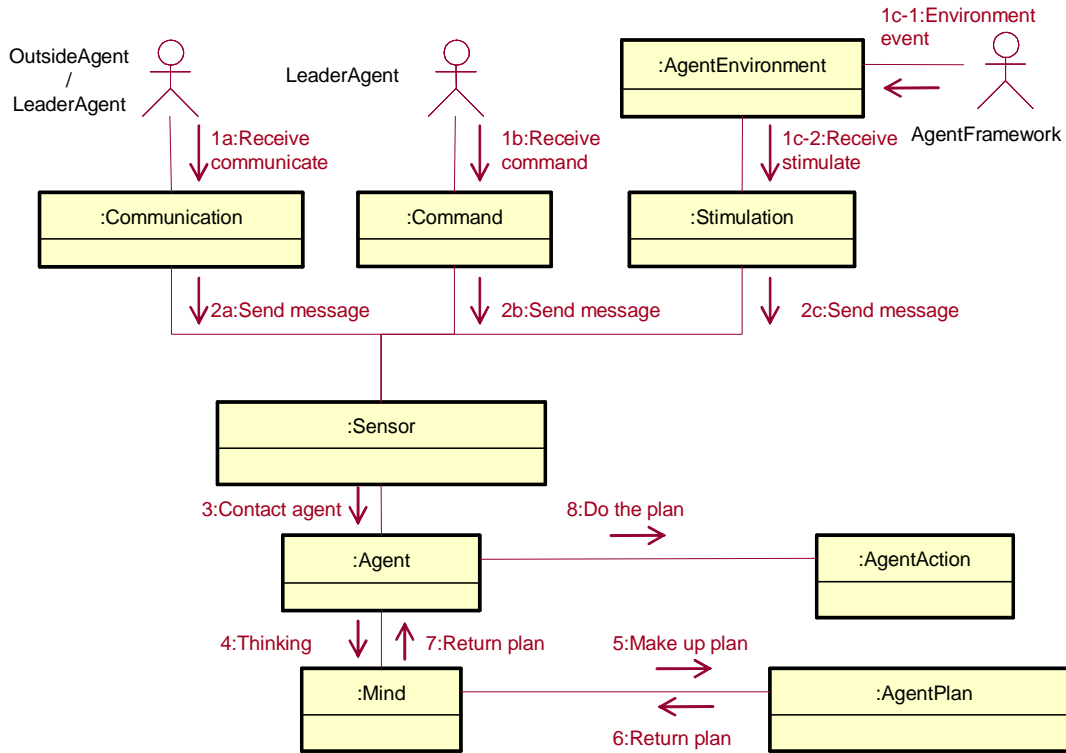


圖 6. 一般性代理者動態模型－互動圖

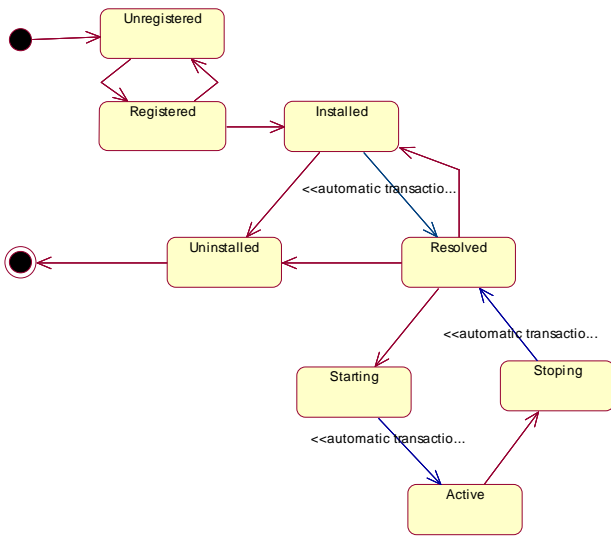


圖 7. 一般代理者生命週期

或手動的方式向領導代理者註冊，其狀態隨即轉變為已註冊狀態，可以隨時等待服務索取者（可以是人類使用者或任何用戶端代理者）索取；(3) Bundle 生命狀態 (bundle life state)：經由註冊後進入以註冊狀態，代理者可以被取用，亦即進入 OSGi 所規範的 Bundle 生命週期，包含有：(1)

Installed－代理者已經成功地安裝於代理者平台上；(2) Resolved－代理者所需要的所有的類別資源均已準備妥當可以使用，此狀態是指代理者已經準備妥當，可以進行啓始 (started) 或暫停 (stopped) 等動作；(3) Starting－代理者已經啓動；(4) Active－代理者正在運作；(5) Stopping－代理者已經暫停；(6) Uninstalled－代理者已經從代理者平台上被移除，並且無法再進入任何狀態。

3. 結構觀點 (structure model view)

結構觀點是系統的靜態觀點，又稱邏輯觀點。在 UML 是以類別圖來表示物件類型之間在結構上的關聯性。本研究以類別模型規劃代理者系統結構，結構觀點的靜態模型如圖 8 所示，其中包含有：(1) 代理者 (agent) 類別：代理者類別內包含有代理者名稱 (agentName)、代理者所屬群組資訊 (groupInfo)、代理者所提供的服務資訊 (serviceInfo)、與代理者的狀態 (statusID)，其中代理者的名稱、所提供的服務、與代理者狀態等變數可以經由代理者內部方法設定，代理者的群組資訊則是由代理者環境設定；(2) 心智 (mind) 類別：心智類別是代理者的思考機制，以訊息 (message) 變數代表所接受到的各種刺激，將這些刺激進一步進行處理後，提供代理者作執行動作前的參考，而心智是屬於代理者

5 環境觀點 (environment model view)

圖 10 是以環境觀點來檢視居家服務的部署情況，部署的設備包含有：(1) 能提供居家分享服務的居家入口網站 (HomePortal: Server)；(2) 各種常見的資訊家電 (例如：名稱爲 IA001 與 IA002 的資訊家電，其元件的表示如：IA001: IA 及 IA002: IA)、外部服務，可以支援資訊家電所需的服務。至於資訊家電與資訊家電之間也可以透過內部的區域網路進行訊息溝通與服務的分享或取用。

檢視 UML 的各種觀點，使用者觀點可以描述使用者需求，結構觀點可以描述系統的類別結構，行爲觀點可以描述系統的運作流程及狀態，實作觀點可以描述系統中各元件的關聯性與相依性，環境觀點可以描述系統實際部署的情形。上述觀點可以將系統模型化，資訊家電以小型代理者程式作爲介面完成特定服務任務，進一步衍生類似人類社群的協商、合作、執行特定任務、溝通與競爭等行爲，兩個以上的代理者就可以組織社群，共同進行各項群體活動，例如：合作、協商、競爭等活動。

(二) 一般性服務代理者架構規劃

代理者被視爲具備有人類特質的小型程式，代理者以溝通、認知、行爲等能力以及代理者與代理者之間的互動關係 (例如：競爭、協商、溝通) 形成代理者社群機制。透過反應代理者 (reactive agent) 與 BDI 代理者 (believe-desire-intension agent) 可以描述代理者之間以及與所在環境間的互動關係。代理者具備人類一些行爲上的特徵，可以接受刺激，也可以作出決策並自動執行排程指定的動作。本研究定義代理者特徵如下：

(1) 代理者是具備溝通、認知、與行動能力的動態元件，

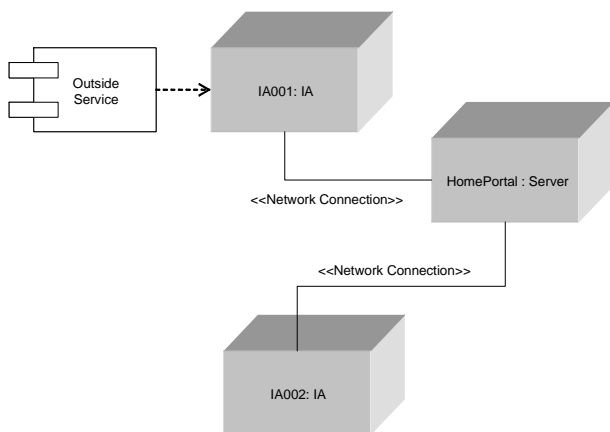


圖 10. 數位居家生活環境之環境觀點一部署圖

是獨立的個體，也可以單獨運作於環境中。

- (2) 代理者所提供的能力以服務統稱。
- (3) 代理者具備狀態改變的能力，形成生命週期循環。
- (4) 根據元件與框架 (framework) 的特性，動態元件較一般性元件更具備狀態改變的能力，其內容代表代理者動作的情形。以元件爲基礎的代理者系統設計配合代理者環境框架繼承動態元件與框架的優點，賦予代理者更具彈性化、更動態的活動能力。在本研究，整合式服務代理者 (integrated service agent) 是整合現有的服務提供代理者，能提供整合性的服務。

代理者的活動平台是以動態元件爲基礎框架 (framework)，如圖 11 所示，動態元件框架提供給代理者環境的諸多優點簡述如下，包含：

- (1) 代理者的生命週期可以交由代理者平台管理，並直接反映在代理者元件的狀態改變。
- (2) 代理者之間相依性問題以及代理者內部資源使用問題是由框架管理，並且可以藉由框架進行代理者資源的分享與代理者之間的溝通與協調。
- (3) 採用代理者的服務 (service) 與實作 (implementation) 分離的方式 (OSGi 與 Jini 程式寫作技巧)，服務可以透過框架進行維護與註冊。
- (4) 以框架作爲代理者平台可以協助觸動事件 (event) 的處理，並且可以利用框架協助監視並紀錄代理者的狀態。
- (5) 動態元件與框架的配合可以視使用者需要動態新增需要的代理者或是移除不再需要的服務代理者。

本研究設計智慧型居家服務代理者社群，設計內容包括一般性服務代理者架構 (general service agent architecture)、代理者的生命週期 (service agent life cycle)、服務代理者社群 (service agent federation) 等三個居家網路中會使用到的概念建置 Jini-based Service Agent，利用 Jini 本身具備的服



圖 11. 以動態元件爲基礎的代理者系統

務發覺能力，使得資訊家電彼此間也能具備發覺與相互操作能力。

IH-SAF 是以多重代理者系統觀念、智慧型環境中智慧型節點 (smart node) 概念、CDPS 計畫中代理者解題計畫、與 OSGi 框架建置一般性服務代理者架構；以 OSGi 中 Bundle 的生命週期模式規劃服務代理者的生命週期；再以 OOCDPSS 中代理者社群觀念、黑板機制觀念、智慧型環境中智慧型空間 (smart space) 觀念、與 Jini 技術中社群觀念規劃服務代理者社群。並以階層式管理與水平式管理將服務代理者社群細分為服務代理者階層 (service agent hierarchy) 與行動社群 (mobile federation) 兩部分。

1. 服務代理者內部架構 (inner the general service agent)

一般性服務代理者內部架構如圖 12 所示，包含有三個主要部分，分別是：代理者控制器 (agent controller)、服務能力 (service facility)、與啓始者 (activator)，代理者必須於代理者平台 (OSGi framework) 上運作。遵循 OSGi 標準規劃的代理者一般性架構，依此設計各種形式的服務代理者，服務代理者可以內嵌在資訊家電或位於網路服務提供者處，稱為服務伺服器 (service server)。所有具備 OSGi Framework 的設備可以動態下載所需的服務代理者。以社群的觀點，任何一項網路設備可以視為服務代理者社群中的一個整合性服務代理者，可以提供社群成員服務或使用成員所

提供的服務。

服務提供者在社群中將提供的服務包裝起來，成為可供下載的服務代理者；當使用者需要時，可以由外部環境移動到使用者端直接提供所屬服務，其組成如下所述：

- (1) 代理者控制器：負責代理者本身行為的支配，代理者啓始後將依照代理者控制器排程的分配來執行其行為 (代理者能力)。
- (2) 服務能力：代理者的服務能力可以區分為有具體行為能力 (activities) 與提供給代理者平台上其他的代理者使用的內部服務 (inner-services) 能力兩種。行為能力與內部服務能力是由代理者的認知能力 (perception) 與溝通能力 (communication) 所構成，認知能力負責代理者的思考功能，並透過溝通能力與其他代理者進行溝通。
- (3) 啓始者：代理者的服務能力必須經由啓始者啓始，執行代理者的能力或註冊所能提供的內部服務。
- (4) 代理者平台：本研究所提出的服務代理者均是在 OSGi 的平台上運作，在同一個 OSGi 平台可以並存多個不同性質的服務，由 OSGi 平台操控代理者間服務的版本控制、相依性與衝突等問題。

因為 OSGi Framework 提供動態安裝、升級、移除的功能，所以適合小型移動裝置的架構，所以服務代理者可以動

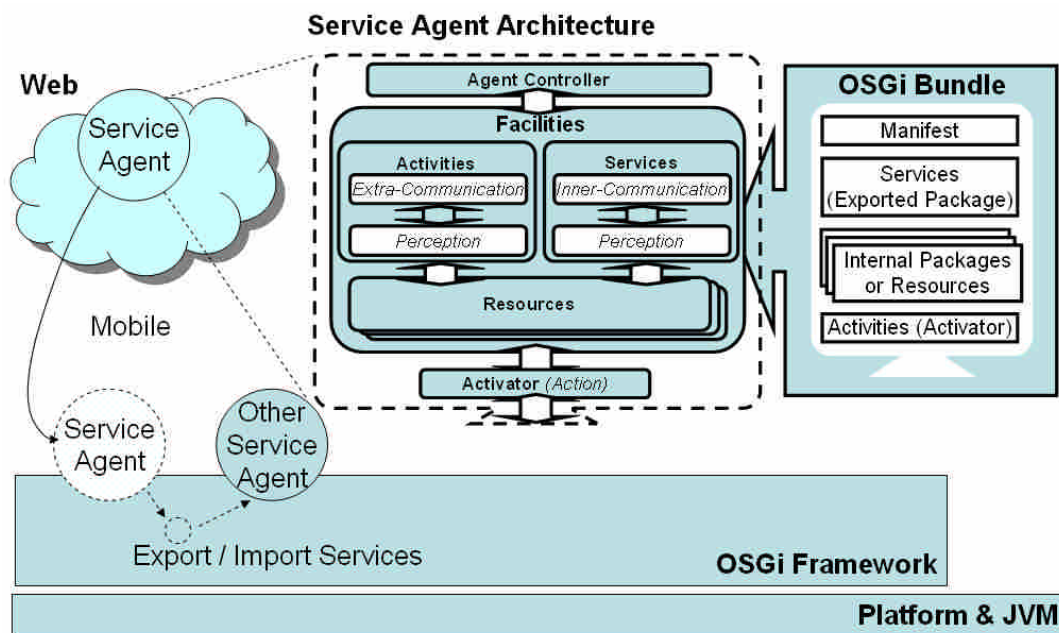


圖 12. 服務代理者一般性架構圖

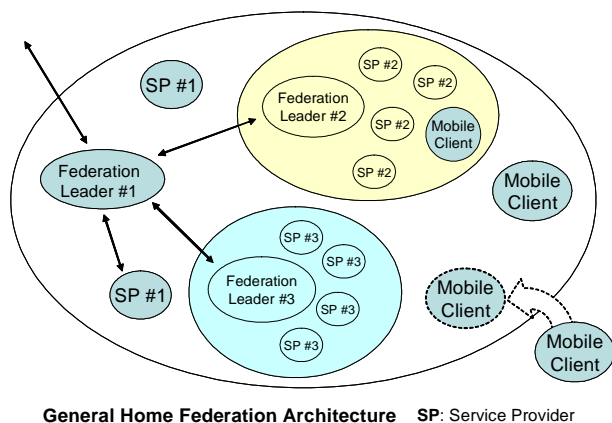
態地安裝到具備 OSGi Framework 的行動裝置或居家裝置（通常是居家閘道）上作為裝置能力的延伸。

2. 服務代理者社群架構 (service agent federation architecture)

本研究所設計的服務代理者社群架構可以解決服務代理者數量龐大時的服務管理問題；以及服務社群中服務代理者互相發覺與分享的問題。服務代理者社群的建置是遵循 OSGi 標準以分散式合作解題計畫與 Jini 社群觀念為核心。居家的聚集形成社區，因此本研究所規劃的居家服務代理者社群是以階層式的方式向上建置有社區 (community) 與公正第三者中心 (third party)，形成服務社群階層。針對代理者的成員與服務社群階層詳述如下：

(1) 服務社群成員：一個服務代理者社群主要是由環境領導者、社群成員（裝置或子社群）、移動端所組成，是為居家社群（本研究中所提出的三個階層）中的三種成員。圖 13 是居家網路服務社群組織的一般性架構，群組 (federation) 可以是居家社群中的居家、社區或公正第三者，而且每個社群成員是其下屬的子社群或移動端。

- 環境領導者 (federation leader)：居家社群是以階層方式組成，可以區分為公正第三者、社區、居家三個階級，每一個社群擁有其社群代表，稱為環境領導者，環境領導者的實作是居家領導代理者的延伸，其對內負責記載其子社群（對居家而言為裝置）的服務資訊，對外提供服務資訊給予外部服務索取者，因此環境領導者必須接受成員服務提供者的註冊，並記錄所有提供的服務資訊以利提供成員服務



General Home Federation Architecture SP: Service Provider

圖 13. 居家社群組織的一般性架構

資訊；並且負責連接上一個層級的環境領導者（或外部服務提供者）。經由環境領導者提供的整合性機制，對內整合社群內的服務，對外連接外部環境，使得服務可以更容易被分享。

- 社群成員 (federation member)：服務代理者社群成員是由裝置或其子社群所組成，其角色可能是服務提供者也可能是服務索取者。在居家中，社群的成員是居家裝置，它可能需要向其他裝置要求服務，或是提供某些服務給其他的服務索取者，這些用戶端或服務提供者都是居家的成員。在其他的社群中，社群成員可能是行動端裝置或是其他子社群，子社群提供其內部服務資訊給上一個階層的環境領導者。例如圖 13 中：當 #3 子社群或行動端（均簡稱 Client 端）需要 #2 子社群中的某項服務時（假設 #3 並未提供這項服務），則此用戶端將向 #1 的環境領導者提出搜尋此項服務資訊要求，再根據此項資訊向 #2 索取服務。
- 行動端 (mobile client)：行動端也是居家社群的重要角色，移動端會因為所處的位置不同向所屬區域註冊或提出搜尋服務要求，當移動端搜尋不到所在群組的環境領導者時，會直接向上一個層級的環境領導者註冊或搜尋服務。行動端代理者會視所處的社群環境，視情況向該社群環境要求加入成為社群成員，當行動端代理者取得該社群領導代理者核准，允許其加入社群，就可以與該社群其他成員進行互動，例如進行服務的提供或索取其他成員的服務。行動端代理者可能長時間存在於社群中，也可以隨時離開社群，全視行動端代理者用途而定，可以劃分為永久性成員與暫時性成員。永久性成員：在本研究，行動端代理者可以是隸屬於住戶的新增添行動服務，例如聰穎式行動裝置或個人數位助理器，住戶因為長時間居住於居家中，因此其所擁有的隨身行動裝置會長時間位在社群環境中，是屬於此社群中的永久性成員。暫時性成員：當住戶的朋友需要使用居家各項服務時，因獲得住戶同意加入居家社群，可以使用社群中成員所提供的各項服務，此時，住戶的朋友視為暫時性成員。

(2) 服務社群階層：當服務代理者充滿我們的生活環境時，必須有一個有效的管理機制來管理這些服務代理者，

因此本研究規劃服務社群階層來進行服務代理者社群的管理。我們生活的環境是以居家為基本的單位，因此在服務社群階層的設計是以居家為最小的組成單位；居家的集合形成社區，以社區中的環境領導者整合社區中的服務。因為人類日常活動的範圍大致上是在社區之間，因此本研究中以社區為群組的最頂層設計，超出社區以外的環境是以公正第三者中心作為服務的聚集處。服務網路是以階層的方式設計，如圖 14 所示，區分為：居家、社區、公正第三者中心等三個層級，利用服務社群階層的概念將居家中的各項裝置服務聚合成為居家服務，再將居家服務聚合成為社區服務，最後以公正第三者為最頂層聚合網際網路上其他的服務（不屬於居家與社區的服務，一般指網際網路上的服務提供者），建立服務社群階層。服務社群階層的三個層級組成與架構詳述如下：

- 居家：居家是由居家裝置所組成的群組，由日常生活中能直接提供服務的裝置、設備或各式軟體服務所形成的群組（例如家中或公司中的整合式網路，以及企業為服務顧客在營業場所建置的網路服務等），並且由居家環境領導者負責記載居家環境內的服務資訊，作為居家中服務索取者查詢依據。在居家網路社群，家是最基本的成員單位，家中所有的設備均由居家環境領導者進行整合管理，負責管理家中的各項服務並且與上一個層級進行溝通，可以提供相關服務資訊給上一個層級的社區環境領導者，同時提供給其下屬的成員作為搜尋服務的依據。

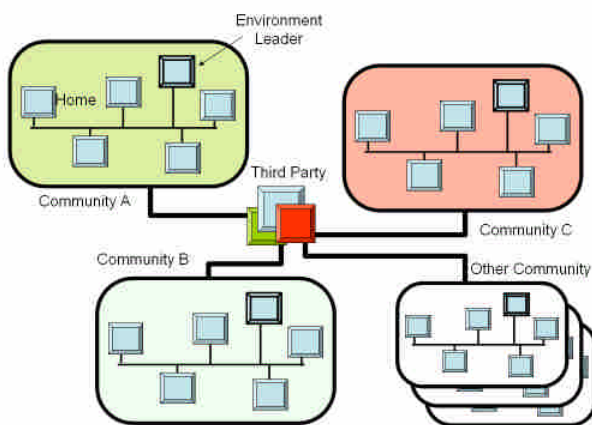


圖 14. 服務社群階層架構

- 社區：社區是包含著特定區域居家的組群，在社區中是以社區環境領導者作為服務資訊蒐集管理中心，其中記載著社區中所有服務的相關資訊並且向上一個層級的公正第三者中心註冊，可以提供相關服務資訊給其下屬的成員作為搜尋服務的依據。社區階層的形成是當使用者跨出居家時，服務索取者可以以社區為範圍，搜尋與取用社區範圍內的服務。居家階層中的服務只要向社區環境領導者註冊者並取得授權後，可以與社區中的其他成員分享服務。
- 公正第三者中心：公正第三者中心是整個大環境的服務註冊中心，當網際網路上的服務提供者或索取漫遊於居家環境（屬於居家階層）或社區環境（屬於社區階層）外，在搜尋或註冊服務時，必須向網際網路上的公正第三者中心註冊。這些漫遊在居家與社區網路外的服務提供者一般是以向全球提供服務為目的。因為服務索取者具移動特性且未獲得鄰近社群註冊許可的服務索取端，例如行動商務，行動端用戶的活動範圍經常發生跨越社區的情況，因此本研究以網路上的公正第三者中心作為社區以外的環境服務註冊與控管機制。

服務社群階層中，服務是以代理者的形式存在，經由所在位置的環境領導代理者進行整合性管理，社區成員之間可以互相分享服務，也可以透過階層式架構向上一階層的環境領導者索取鄰近社群的服務，達到資源分享的目的。

3. 服務代理者協商（service agent negotiation protocol）

服務代理者協商機制是以契約網路協定（contract net protocol）[9] 為基礎，使得服務索取者在眾多提供相同服務的服務提供者之中，能策略性的選擇最佳的服務來源。

居家網路中服務索取代理者是透過環境領導代理者，在眾多相同的服務中以契約網路協定方式進行品質評估以索取服務，如圖 15 所示，社群中欲索取服務的服務索取代理者與欲提供服務的服務提供代理者，必須先行向環境領導代理者進行註冊並加入由此領導代理者所主導的社群（federation）。當服務索取者向環境領導代理者索取服務資訊時，環境領導代理者會對該類型服務的服務提供者進行服務的評估，評估的動作是以契約網路協定為基礎，當環境中有兩個或兩個以上可以提供相同或相似服務的服務提供者時，環境領導代理者發佈待解決問題至可提供服務的服務提

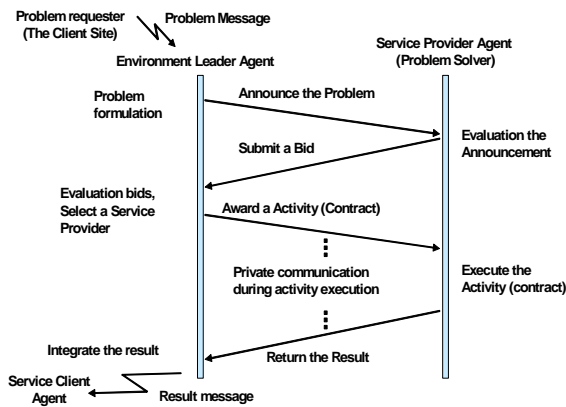


圖 15. 契約網路協定示意圖

供代理者，服務提供代理者接收到服務後會要求進行評估，隨後呈交一個競標回覆 (bid) 回給環境領導代理者，環境領導代理者在評估眾多服務提供者回傳的競標回覆後，選擇其中最合適的服務提供代理者與其訂定工作契約 (contract)。服務提供代理者最後回傳結果給環境領導代理者完成服務要求週期，此時環境領導代理者將此契約服務交給服務索取代理者，讓服務索取代理者可以使用此項服務。

由代理者模型、一般性服務代理者架構、與服務代理者社群架構的設計，可以實作居家服務代理者社群。本研究中以 Jini 技術實作服務代理者社群，社群中的環境領導者、服務索取者、與服務提供者呼應 Jini 架構中的 Jini Lookup Server、Jini Client、Jini Service Provider 三個角色，這些角色應用在居家環境中可以提供居家更便利的服務。

四、系統特性分析

為說明 IH-SAF 具有的代理者特性，根據 Agent PSIG [6] 彙整智慧型代理者的特性以及其優點，依行為能力、認知能力、溝通能力等分類代理者的各項特性。為能適用居家網路服務的設計，IH-SAF 系統在行為能力方面著重於獨立自主性、行動能力、短暫持續性能力的設計；在溝通能力方面著重於互動能力、協調能力、合作能力的設計；在認知能力方面著重於代理者的智慧能力、與代理能力設計；IH-SAF 亦符合代理者系統的合理性、堅固性、可信賴性、具特徵性、通透性、可數性等特性，表 2 彙總代理者各項特性，並說明 IH-SAF 系統的實作程度。

(一) 代理者的行為能力

代理者的行為能力方面，必須提供特定的服務，並且與

其他代理者進行溝通與合作。IH-SAF 架構目的是實作服務代理者群組，其各項特徵與能力敘述如下：

- 獨立自主能力：居家網路服務是以智慧型代理者的設計代表居家服務（裝置服務或軟體服務），強調服務搜尋、安裝的自動化能力。例如：居家保全服務領導代理者會在使用者需要居家保全服務時，自動下載並安裝其所領導的成員代理者，並在互助合作基礎下完成居家保全服務。
- 行動能力：在 IH-SAF 系統架構中，領導代理者是以動態服務部署的方式，在需要服務時自網際網路上的服務提供者處下載。以 Jini 服務發掘協定實作各式服務代理者，是網際網路上的分散式資源，具備行動能力，可以提供服務給遠端的使用者。例如：居家保全服務領導代理者整合網路上不同主機上的警報服務代理者、列印服務代理者。
- 短暫持續性：服務代理者是網際網路上的分散式資源，具備有持續提供服務以及以契約方式（例如：Jini 所提供的 lease 以及契約網路協定所建立的契約），可以在不同時間區段提供服務給服務索取者，例如：在網路上的某主機提供的列印服務代理者，在 10 分鐘的契約時間內提供列印服務。

(二) 代理者的溝通能力

IH-SAF 是以居家網路為主的多重代理者系統，代理者需要與其他代理者進行溝通以進行合作，最後提供整合形式的服務。IH-SAF 溝通能力實作說明如下：

- 互動能力：互動能力是代理者之間的對談行為或領導代理者與其成員之間的互動狀況。例如：居家保全服務領導代理者指示列印服務代理者進行列印工作。
- 協調能力：代理者之間協商的情況發生於服務索取者搜尋特定的服務，而社群中存在有多個可以提供相同或相似服務的服務代理者，服務索取者可以透過協商的機制選擇合適的服務代理者進行服務。例如：列印服務代理者可以透過與印表機進行溝通，取得閒置的印表機執行列印服務。
- 合作能力：代理者之間的合作以整合式服務代理者作為代表。整合式服務代理者是代理者環境中的一個子社群，子社群的領導代理者可以領導其成員代理者，利用代理者之間的互相合作以提供更完善的整合式服務。例如：居家保全服務領導者與其成員之間互相合作以提供

表 2. 代理者系統的各项特性與 IH-SAF 架構的實作程度

行為能力		
獨立自主性(autonomous)	✓	使用者不用進行特定的操控，可以自動執行所提供的服務
行動能力(mobile)	✓	可以將代理者本身自所屬環境轉移到另一環境
適應能力(adaptive)	--	尚未進行深入研究
預先行為特性(proactive)	--	尚未進行深入研究
短暫持續特性(temporally continuous)	✓	為持續一段時間的執程序序
代理能力(proxy)	✓	代理者可以代理使用者執行特定的服務
溝通能力		
互動能力(interactive)	✓	與代理者環境或其他代理者溝通
社交能力(sociable)	--	尚未進行深入研究
協調能力(coordinative)	✓	與提供相同服務的代理者進行溝通，以利選擇適當的服務提供者
合作能力(cooperative)	✓	兩個以上的服務代理者合作，以利提供更進階的服務
競爭能力(competitive)	--	尚未進行深入研究
認知能力		
智慧能力(intelligent)	✓	代理者思考所接受刺激的能力
不可預期的行為特性(unpredictable)	--	尚未進行深入研究
其他特性		
合理性(rational)	✓	代理者的行為符合預設的目標
堅固性(rugged)	--	可以處理錯誤或不完整的錯誤資料
可信賴性(trustworthy)	✓	代理者必須保證完成指定的服務
具特徵性(character)	✓	代理者各自具備代表自己特性的特徵
通透性(transparent)	✓	使用者使用代理者所提供的服務時不需瞭解代理的實作細節
可數性(accountable)	✓	代理者的數量有限

居家保全服務。

(三) 代理者的認知能力—智慧能力

智慧型代理者是具有智慧能力的小型程式。在 IH-SAF 系統中以代理者的心智作為認知的處理能力，因此在居家網路服務的範疇，對代理者的需求是以提供使用者特定的服務為主，其智慧能力必須是使用者可以操控的，因此“不可預期的行為 (unpredictable)” 特性不在本研究的範疇。

(四) 代理者的其他特性

代理者的其他特性，例如：合理性、堅固性、可信賴性、具特徵性、通透性、可數性的說明如下：

- 合理性 (rational)：居家服務代理者的行為與一般程式相似，具備合理性，表現的行為均會與預先設定的目標 (goal) 相符或相近。例如：列印服務代理者提供列印特定文件的服務。
- 可信賴性 (trustworthy)：代理者所表現的行為具備可信賴的特性，可以完成使用者完成指定的任務。例如：列印服務代理者可以在資源充足的前提下，為使用者在網

際網路上找到合適的列印服務，並且回覆使用者。

- 具特徵性 (character)：代理者實作 (implement) 特定的服務介面來發佈所提供的服務。例如：列印服務代理者實作列印服務介面 (PrinterServiceInterface)，服務索取者可以透過搜尋有實作此介面的服務代理者要求列印服務。
- 通透性 (transparent)：服務代理者實作特定介面來提供該類型的服務，服務的使用者不需要知道服務的實作細節或方法。例如：使用實作列印服務介面的列印服務代理者，不需要瞭解內部的實作細節。
- 可數性 (accountable)：服務代理者社群中的成員來自國際網路上的服務提供者，領導代理者會依照使用者需求下載服務代理者程式。服務代理者是以元件為基礎的實體，具備有可數的特性。

五、結論

本研究所建置的 IH-SAF 系統架構，可以因應網際網路的便利性以及數位生活環境的普及，利用居家網路串起所有的家電、電腦設備、以及居家防禦設備，所有設備均可透過網路分散式計算能力，經由服務閘道（service gateway，如：cable modem、set top box、DSL modem、Web phone、Dedicated residential gateway device 等）整合機制運作下，連結居家網路與外部網路，建立有效率的資源共享的聰穎居家環境。未來發展方向是建立以網路為基礎的硬體操控方式，利用網際網路的便利性來偵測並發覺新增的資訊家電，透過網際網路操控各項服務並且超越居家閘道的使用限制，促進跨網路的合作以利充分使用資訊家電功能。

誌謝

本論文承蒙國家科學委員會計劃編號：NSC 92-2213-E-212-028 經費贊助。

參考文獻

1. Abowd, G. D. and J. P. G. Sterbenz (2000) Final report on the interagency workshop on research issues for smart environments. *IEEE Personal Communications*, 7(5), 36-40.
2. Alhir, S. S. (1998) *UML in a Nutshell*, 1st Ed., 1-286. O'Reilly Associates, Sebastopol, CA.
3. Durfee, E. H., V. R. Lesser and D. D. Corkill (1989) Cooperative distributed problem solving. In: *The Handbook of Artificial Intelligence*, 4, 83-148. A. Barr, P. R. Cohen and E. A. Feigenbaum Eds. Addison-Wesley, Boston, MA.
4. Huhns, M. N. (2002) Agent societies: Magnitude and duration. *IEEE Internet Computing*, 6(1), 79-81.
5. Iglesias, C. A., J. C. González and J. R. Velasco (1996) MIX: A general purpose multiagent architecture. In: *Intelligent Agents Volume II*, M. Wooldridge, J. Müller and M. Tambe Eds. Springer Verlag, München, Alemania.
6. Object Management Group. Agent technology green paper. http://www.objs.com/agent/agents_green_paper_v100.doc.
7. O'Driscoll, G. (2001) A helicopter view of the home networking industry. *Home Networking Industry Forum*. http://www.xilinx.com/esp/home_networking/pdf_files/hnif_presentations/keynote_gerard.pdf
8. OSGi specification. <http://www.osgi.org>.
9. Smith, R. G. (1981) Frameworks for cooperation in distributed problem solving. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 29(12), 61-70.
10. Stand, M. and S. Whinston (2001) Enterprise computing with Jini technology. *IT Professional*, 3(1), 33 -38.
11. Wooldridge, M. (2002) *An Introduction to MultiAgent Systems*, 1st Ed., 1-14. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, West Sussex.
12. Yang, F. C. and Y. K. Ho (1997) An object-oriented cooperative distributed problem solving shell with groupware management ability. *Software- Practice and Experience*, 27(11), 1307-1334.
13. Yang, F. C. and Y. K. Ho (1997) Cooperative distributed problem-solving management framework for office automation systems. *Concurrent Engineering: Research and Applications*, 5(1), 77-94.

收件：92.11.19 修正：92.12.17 接受：93.02.19