

基於知識本體之概念推理搜尋代理人 -以搜尋電腦零件為例

陳志豪

南華大學資訊管理所研究生
g4141009@mail2.nhu.edu.tw

邱英華

南華大學資訊管理系所副教授
ywchiou@mail.nhu.edu.tw

摘要

在語意網 (Semantic Web) 技術的研究與發展上，知識本體 (Ontology) 主要是在異質系統之間扮演著知識分享與再利用的角色。在智慧型代理人 (Intelligent Agent) 的研究發展方面，也隨著知識本體的開發與應用，使得它更具有抽象的智能與複雜的思考迴路。目前，在搜尋代理人 (Search Agent) 的實際應用上大都採用單一字串或是多重字串來進行目標搜尋，而欠缺概念推理的功能性。為了解決此一問題，我們提出以知識本體為基礎，開發出**概念推理搜尋代理人** (Concept Reasoning Search Agent, **CRSA**)。另外，我們也以搜尋電腦零件為案例，來驗證 CRSA 在實務上的應用。藉由 CRSA 我們可以有效地縮減搜尋流程中資訊篩選所耗費的時間與人力。

關鍵詞：語意網、知識本體、智慧型代理人

1. 導論

近年來，網路購物活動興盛，但面對資訊繁多與定義不一致的商品時，大量的資訊往往造成消費者個人必須花費時間與網路零售商作確認與過濾；而商家則因為消費者產品概念認知不一致因而錯失商機。另一方面，在現今**搜尋代理人** (Search Agent) 的搜尋機制上，大都以既有的輸入字串來進行資訊比對。然而，卻也因為如此無法搜尋到具有相同概念卻有著不同表達命名方式的商品。為了解決上述的種種問題，我們以**知識本體** (Ontology) 為基礎開發出**概念推理搜尋代理人** (Concept Reasoning Search Agent, **CRSA**)。透過將**領域知識** (Domain Knowledge) 有效地解析成系統可解讀的知識本體，我們更進一步結合 **JTP** (Java Theorem Prover) 概念推論的能力來改進傳統搜尋代理人搜尋能力之不足。

以使用者觀點來看，CRSA 主要在於改善

消費者在網際網路上搜尋特定概念產品時所忽略的相關且具有同樣概念屬性的產品資訊。在搜尋電腦零件的案例中，透過以知識本體呈現完整電腦零件概念屬性與邏輯推論的結合應用，除了讓零售商在制定各自定義的產品名稱概念外，也提供一個上層知識本體 (Top-Level Ontology) 概念讓個別零售商對映。透過一致性的對映方式，方可提供邏輯推論引擎的推論來源。

本文所開發的 CRSA 系統，其主要元件是以**知識本體**來呈現使用者欲搜尋的產品領域知識，並進一步結合 **JTP** (Java Theorem Prover) 概念推論的方式來達成不同知識本體之間具有相同概念推論的功能。在產品領域知識本體方面，關於採購個人電腦零件所使用的**領域本體** (Domain Ontology)，傳統的 **PCDIY** (Personal Computer Do It Yourself) 電腦零件知識本體所呈現的知識只在於硬體的分類概念而缺少應用於網路行銷的相關特徵屬性。為了解決此一問題，我們將傳統的知識本體改善後，本文提出了**電腦協商採購** (Negotiation for Procuring Personal Computer, **NPPC**) 知識本體得以實現運用至網路買賣採購行為決策上的重要資訊。

關於本文其餘部分的組織結構，我們首先在第 2 節的文獻探討裡介紹 CRSA 系統所涉及的相關背景技術，包含：知識本體、代理人程式，與網路購物決策影響因素等等。其次，我們在第 3 節描述 CRSA 系統分析與設計，包含：建構產品領域知識本體，以及 CRSA 完整的系統架構。完成 CRSA 系統雛型設計後，我們在第 4 節進行系統實作；實作的工具包含：**Protege** (知識本體開發平台)、**Racer Pro** (驗證知識本體工具) 與 **JTP** (Java Theorem Prover)。最後，在第 5 節，我們總結本文的重點並探討 CRSA 系統未來的研究發展方向。

2. 文獻探討

在本節，我們將介紹本文所開發的 CRSA

系統所涉及的相關背景技術，包含：知識本體(Ontology)、代理人程式(Software Agent)、與網路購物決策影響因素。

2.1 知識本體

隨著語意網 (Semantic Web) 技術的興起，其最終目標是著重在電腦能夠利用資料的分類、階層與關係來瞭解資料所代表的語意，而不是單純的做資料呈現的工作。語意網的創新關鍵在於以知識表達 (Knowledge Representation) 代替檔名，做為網路間訊息交換檢索的依據。因此，未來在語意網上，資源與知識檢索的對象是定義完善，且可由電腦或所謂的代理人程式(Software Agent)判讀的知識本體，而知識本體的研究與應用已成為實現語意網的關鍵。

當企業代理人彼此間需要溝通協商時，就需要使用知識本體來協助溝通，透過知識本體完善的定義規範，代理人之間則可有著共通的領域知識認知，藉此代理人之間可以擁有更具複雜的交談能力。在知識本體中，概念 (Concept) 是一個特定領域概念的共通詞彙，透過知識本體中專門領域的知識與關係，可以進行不同代理人之間的引導、轉換、轉化與組織。所以，利用知識本體來溝通是降低模糊度最好的方式(洪懷謙，2004)。

Guarino (1995)提到知識本體的概念為將真實世界視為許多不同的領域 (Domain) 所組成，在不同的領域中，有著不同的知識及領域知識。根據知識本體的內涵有三種分類：術語知識本體(Terminological Ontologies)、資訊知識本體(Information Ontologies)、與知識塑模知識本體(Knowledge Modeling Ontologies)。若是以主要用途來分類則有：上層知識本體(Top-Level Ontology)、領域知識本體(Domain Ontology)與作業知識本體(Task Ontology)、以及應用知識本體(Application Ontology)。Swartout (1997)認為知識本體應用在人工智慧上是一組概念，用來描述知識領域、建立知識的陳述。Chandrasekaran et al.(1999)認為知識本體在電腦科學是指某一個領域知識 (Domain Knowledge) 中相關的術語(或詞彙)的集合。Fensel et al.(1999)認為從代理人程式的角度來看，知識本體是一個理論，探討那些實體能夠存在於智慧型代理人的記憶中。此外，Fensel (2001)亦進一步補充提到知識本體是指某領域下之共有的認知，目的是為了以明確且正規的定義來表達共同概念化之事物。

2.2 代理人程式

近幾年來，代理人程式(Software Agent)不斷地被發展與廣泛地應用。在代理人程式的研究中，許多文獻對代理人程式所提出的定義都不盡相同。Maes(1994)提到代理人程式是一個接受委託的程式；它與傳統程式不同之處在於代理人程式具有的特性包含：個人化(Personalized)、不斷地執行(Continuously Running)、半自主性(Semi-Autonomous)。因此，代理人程式被廣泛地運用在許多資訊處理與管理的工作上。Etzioni and Weld(1995)則認為一個代理人程式必須具備下列特性：擬人化(Personality)、持續性(Temporal Continuity)、自主性(Autonomy)、溝通能力(Communication Ability)、調適(Adaptability)與機動性(Mobility)。Fitzmaurice(1991)提到代理人程式設計的理念為目標導向，只要指示給代理人程式一個「目標」，透過代理人程式內建的規則與智慧，不須教導其何時與如何去作，代理人程式即可完成交付之任務。Woodridge and Jennings(1995)則認為一個智慧型代理人應具備下列特性與能力：

- 反應力(Reactivity)：智慧型代理人能夠認知到環境的變化，並採取適當的行動以因應環境的改變。
- 主動能力(Proactiveness)：智慧型代理人能夠以採取符合自己的設計目標的活動，來顯示其行為是以目標為導向 (Goal-Directed Behavior)。
- 社交能力(Social Ability)：智慧型代理人能夠與其他的代理人進行溝通，以達到其設計目標。

另外，多代理人系統 (Multi-Agent System)是由許多獨立的代理人程式所組成，整個系統呈現分散式的型態，而系統效能則取決於代理人程式的組織架構和協商機制之設計。Jennings et al. (1998)認為多代理人系統是由一組透過溝通、協調與競爭方式來解決單一問題之系統所組成。Weiss (1999)更進一步指出：假使多代理人在一個有限資源的環境中，代理人之間便可以透過協調的方式將資源做有效的配置，以達到個體的利益或整體的目標，這時必須要使代理人之間有相同的溝通語言，並且對於溝通的事物要有共同認知以及代理人的互動協定。

2.3 網路購物決策影響因素

隨著電子商務技術的興起與成熟，網路拍賣購物行為亦逐漸進入成熟與興盛的階段，而

目前各類型的網路拍賣平台琳瑯滿目，對於消費者而言，隨著網路拍賣購物的出現，不僅打破了時間與地點的限制；對於商家而言，網路拍賣市場的低門檻進入條件與巨大商機更吸引無數的商家投入。面對網路上所販賣的眾多商品，消費者對於網路上採購的決策考量因素與商家對於消費者所重視的資訊呈現與服務項目亦有別於傳統商務。

Turban (2006)在消費者採購決策制定流程中指出商家可操控的變數包含：價錢、商標、多樣化、宣傳、產品品質、產品可得性、與客製化。林政瑩(1999)指出影響拍賣網站購物意願的因素有八項，包含：商品品質可靠、商品種類及價格、交易安全、購物流程便利、溝通管道便利、購物成本、購物規則、網站提供資訊豐富化。此外，在消費者進行購物決策的思考上會產生所謂的考慮集合概念，它是指當消費者在做購買決策時，可能會考慮購買的產品品牌的集合(Shocker et al., 1991)。因此，從消費者所產生的考慮集合概念上，可以進一步看出產品品牌的形象對於消費者採購決策上有著重大的影響。在面對眾多品牌的競爭下，良

好的品牌形象與信譽會造就消費者優先考慮的認知經驗。而對於消費者的產品知識，可以解釋為消費者對產品的熟悉度、產品的專業知識與產品的經驗(Schmidt & Spreng, 1996; Park et al, 1992; Alba & Hutchinson, 1987; Brucks, 1985)。產品的熟悉度是指，自我評估對產品知識瞭解自信的程度，而經過評估後的自我認知的產品熟悉度亦會影響購物決策的結果。

在上述文獻所呈現的各類網路購物決策因素中，我們歸納出應用於 CRSA 系統中消費者於搜尋過程活動中可以選擇搜尋的決策關鍵因素，包含：價錢、品牌、保固、交易方式。

3. CRSA 系統分析與設計

在本節，我們主要說明以知識本體為基礎所建構的概念推理搜尋代理人(Concept Reasoning Search Agent, CRSA)的系統架構與運作流程。首先我們在 3.1 節中呈現 CRSA 系統所使用的產品領域知識本體；之後，我們在 3.2 節呈現出完整的 CRSA 系統架構。

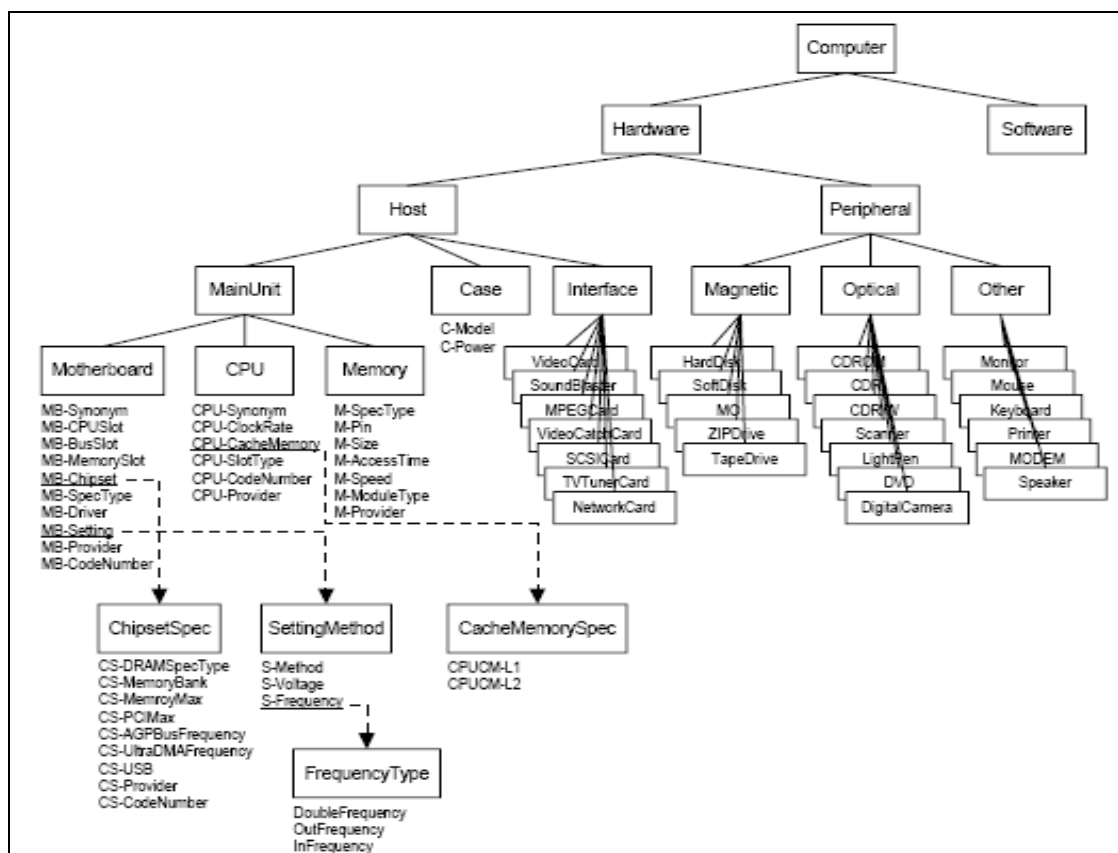


圖1. 傳統 PCDIY 知識本體的基本架構
(資料來源：楊勝源，2001)

Motherboard	CPU	Memory	VideoCard
MB-Synonym MB-CPUslot MB-BusSlot MB-MemorySlot MB-Chipset MB-SpecType MB-Driver MB-Setting MB-CodeNumber MB-Provider MB-Seller MB-Warranty MB-CommonPrice MB-MinPrice MB-TransportType	CPU-Synonym CPU-ClockRate CPU-CacheMemory CPU-SlotType CPU-CodeNumber CPU-Provider CPU-Seller CPU-Warranty CPU-CommonPrice CPU-MinPrice CPU-TransportType	M-SpecType M-PinM-Size M-AccessTime M-Speed M-ModuleType M-Provider M-Seller M-Warranty M-CommonPrice M-MinPrice M-TransportType	VC-Synonym VC-SlotType VC-GPUClockRate VC-GPUCodeNumber VC-MemorySpeed VC-MemorySize VC-DRAMSpecType VC-Provider VC-Seller VC-Warranty VC-CommonPrice VC-MinPrice VC-TransportType

圖 2. NPPC 知識本體的屬性

3.1 建構產品領域上層知識本體

圖 1 顯示出傳統PCDIY知識本體，它明確定義出電腦軟硬體的各项細節概念與屬性。從硬體的角度來看，透過PCDIY知識本體可以完整表達電腦零組件的組成概念與各项零組件的細部內容與屬性。利用該特性結合代理人程式的運用，代理人程式可以清楚地辨識各類零組件的組成關係與相關零組件的知識來源。然而，傳統PCDIY知識本體的提出只在於重視電腦零組件概念的分類，而不具有任何交易協商的能力。例如：在CPU(中央處理器)此類別中，其相關屬性(包含：Synonym、ClockRate、CacheMemory、SlotType、CodeNumber與Provider)皆在解釋CPU名稱、規格與製造商；在這些屬性中，我們發覺其中並無交易協商中消費者所注重的協商屬性。

為了解決此一問題，我們提出在代理人協商過程中所採用的協商目標知識本體，除了以傳統PCDIY知識本體為基礎外，在每一零組件概念中皆增加數項協商概念屬性。透過我們對於傳統PCDIY知識本體的改良之後，使其知識本體具有記載產品交易明細的屬性來做為搜尋的根據。而改良後的產品領域知識本體，我們將其命名為個人電腦協商採購 (Negotiation for Procuring Personal Computer, *NPPC*) 知識本體。亦即，NPPC知識本體是整合了傳統PCDIY知識本體與商業概念。

在NPPC知識本體中，針對每一零件概念所增加的數項協商概念屬性上，我們以CPU(中央處理器)、Motherboard(主機板)、Memory(主記憶體)、VideoCard(顯示卡) 為範例並描述其

各零組件的完整屬性，如圖 2 所示。在此圖中，我們以實線筐起的屬性表示傳統PCDIY本身所具備的零組件特性，而虛線筐起的屬性則是我們參考網路購物決策影響因素之相關文獻後所制定設計的商業概念屬性，其主要應用於搜尋過程中代理人程式比對的依據。針對圖 2 中的虛線筐起的各項屬性，我們描述如下：

- *Seller* (零售商)：此項屬性主要用於描述參與協商之零售商名稱。
- *Warranty* (保固期)：此項屬性主要用於描述該零件廠商所提供的保固時間。
- *CommonPrice* (一般價格)：此項屬性主要用於零售商制定該零件起始價格。
- *MinPrice* (底限價格)：此項屬性主要用於零售商制定該零件最低可接受賣出價格。
- *TransportType* (運送型態)：此項屬性主要用於制定零售商所提供的零件運送方式。

3.2 CRSA 系統架構

經過了上述各節的分析之後，我們呈現出概念推理搜尋代理人(Concept Reasoning Search Agent, CRSA)的完整系統環境(如圖 3 所示)，以及該系統元件的主要功能。在CRSA系統中，消費者能夠在開放的環境之下透過CRSA來與多數不特定零售商所建置的產品領域知識本體進行關聯概念特徵搜尋。參與協商的多數零售商對自身產品領域知識本體制定上可以在一致的認定標準下進行個別化的命名與更改，如此才能夠提供邏輯推論引擎來進行多數產品概念之間的共通推論。

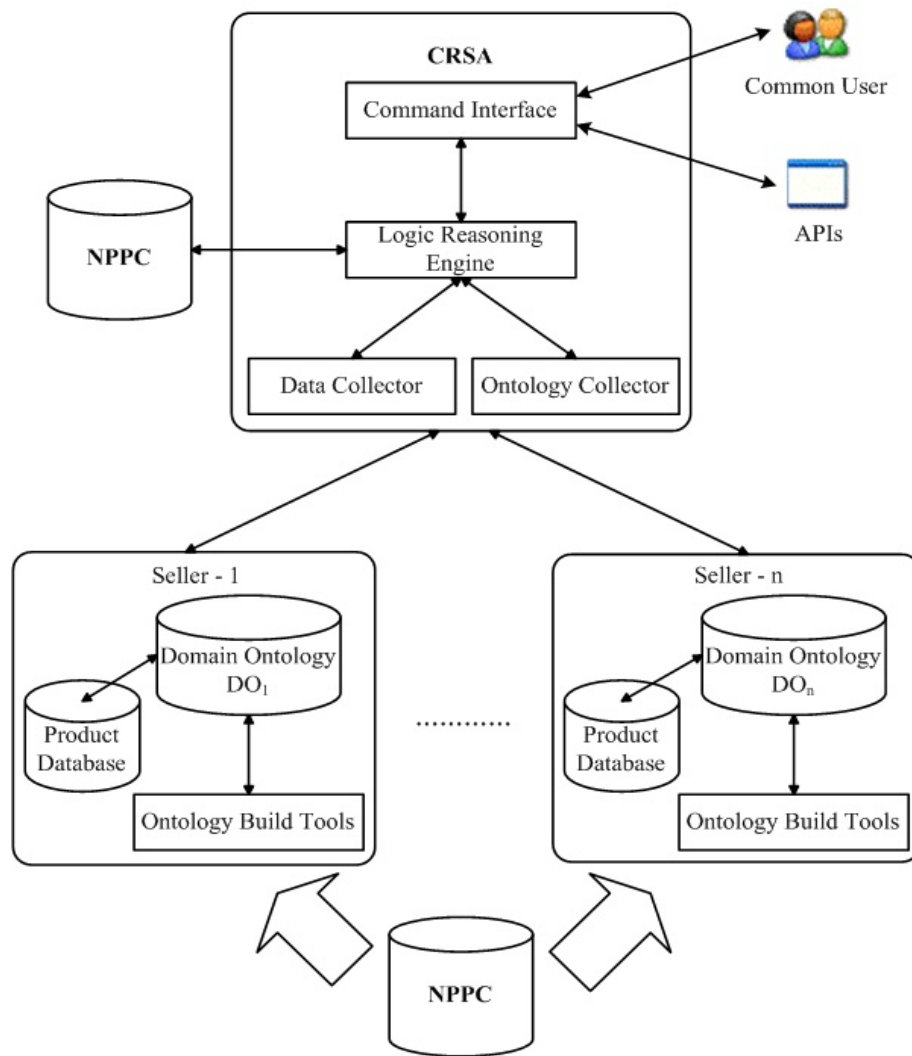


圖3. CRSA系統環境

我們所設計出的CRSA的完整系統環境(見圖3)，包含下列數個主要元件：

- *Domain Ontology* (產品領域上層知識本體)：在零售商產品領域知識本體的設計上，我們以具商業概念的NPPC知識本體為上層知識依據，各家零售商分別制定符合自身企業要求的產品領域知識本體。
- *Logic Reasoning Engine* (邏輯推論引擎)：為了使代理人程式之間溝通的訊息有相同的認知，透過知識本體可以將我們對事物的認知以抽象化的概念來表達。利用邏輯推論引擎引用產品領域知識本體，可以將開放式環境中不同的外部代理人產品知識概念與使用者所下達搜尋的產品知識概念做推論演算。
- *Ontology Build Tools* (知識本體建置工具)：

這些工具主要為提供零售商開發產品領域知識本體的工具套件。在目前知識本體的開發上，大都採用Protégé (<http://protege.stanford.edu>)為主要的開發工具，並且以Racer System公司的Racer Pro軟體來驗證知識本體的邏輯正確性。另外，我們更進一步利用JTP(Java Theorem Prover)來進行概念推論的工作。

- *Ontology Collector* (知識本體收集器)：在CRSA系統運作過程中，透過知識本體收集器可以將外部代理人所制定的產品領域知識本體作收集動作，目的在於提供邏輯推論引擎推論來源。
- *Data Collector* (資料收集器)：透過邏輯推論引擎引用個別領域知識本體進行轉譯各別零售商零組件概念後，則可由資料收集器轉換內部查詢訊息成為外部各別零售商可解

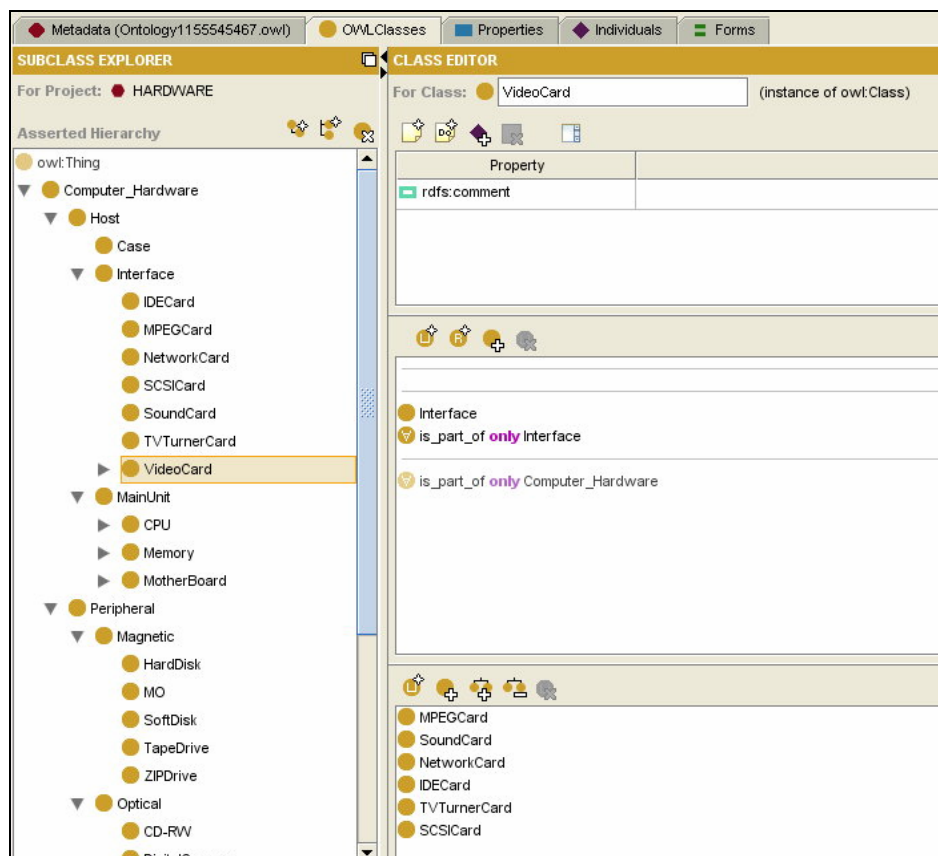


圖4. 以Protégé建置NPPC知識本體

譯了解的查詢訊息來進行收集零售商產品資料庫的收尋結果。

- *Product Database* (產品資料庫): 主要為存放依據零售商自訂的領域知識本體做產品實例建置的資料庫。
- *User Interface* (使用者介面): 為使用者下達搜尋指令與呈現結果的介面。

4. 系統實作

在前一節，我們已呈現出概念推理搜尋代理人(Concept Reasoning Search Agent, CRSA)系統的設計原理。為了進一步驗證本文所提出的CRSA系統的實用性，本節主要是實作與解說關鍵性的系統設計原理為主。首先，我們實作CRSA系統所使用的產品領域上層知識本體(亦即，NPPC知識本體)，並且透過知識本體收集器來進行收集外部代理人所建置的產品領域知識本體；之後，我們再以 *JTP* (Java Theorem Prover)邏輯推論的方式來進行推論不同代理人程式之間產品概念的對應。

4.1 以Protégé實作NPPC知識本體

在本節，我們以OWL (Web Ontology Language, 網路本體語言)來描述CRSA系統所使用的產品領域上層知識本體(亦即，NPPC知識本體)。目前在開發知識本體的工具中，多數以Protégé為主要的開發工具。該工具除了支援OWL語法外，亦支援RDF (Resource Description Framework, 資源描述架構)格式。透過Protégé所設計的協商目標知識本體的類別與屬性階層架構，顯示於圖4。例如，在Computer_Hardware類別底下包含Host與Peripheral兩個子類別，而在Host類別底下又可分為Case、Interface與MainUnit三個子類別。

在以Protégé初步建置完成後，我們可以透過Racer Pro來驗證整體建置過程中是否有邏輯錯誤存在。Racer System公司的Racer Pro軟體為德國漢堡大學所開發，它可以與Protégé結合做為驗證知識本體的邏輯正確性及簡單推論的工具。而透過Protégé呼叫Racer Pro驗證的畫面，如圖5所示；在Connected to Racer的對話視窗中，可清楚地看到各項類別關係與邏輯的驗證檢查結果。

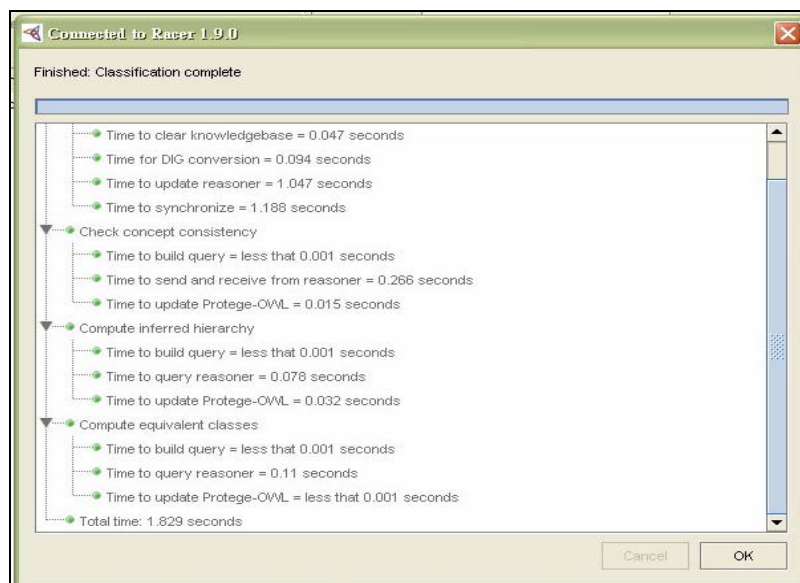


圖 5. 以 Racer Pro 驗證 NPPC 知識本體

4.2 以 JTP 實作知識本體概念推論

在CRSA系統中，我們所設計的邏輯推論引擎主要功能在於提供數個不同外部代理人程式之間能夠進行數個產品領域知識本體之間的概念協調。邏輯推論引擎的推論能力可以提供代理人程式之間相同的產品概念知識；透過一致性的概念認知，後續代理人彼此之間才能夠進行更具複雜的溝通。在我們以Protégé採用OWL語法來表達協商目標知識本體的基礎下，我們進一步利用JTP來進行概念推論的工作。JTP是由美國史丹佛大學知識系統實驗室針對 DAML+OIL (DARPA Agent Markup Language for Ontology Inference Language) 與

OWL所提出來的查詢答覆系統，當中包含邏輯推論引擎以及相關的JAVA API (應用程式介面)。

在進行概念推論之前，我們假設有雙方零售商分別使用Protégé開發各自的協商目標知識本體，在過程中皆引用NPPC知識本體為其上層概念，且假設兩方皆各自對電腦零組件名稱有自己的考量依據而有所變動，但在零組件概念上則皆遵循產品領域上層知識本體(亦即，NPPC知識本體)的電腦零組件概念關係規範。最後，我們將雙方產品領域知識本體分別命名為USER1與USER2。在圖 6 與圖 7，分別顯示出USER1與USER2產品領域知識本體，我們說明如下。

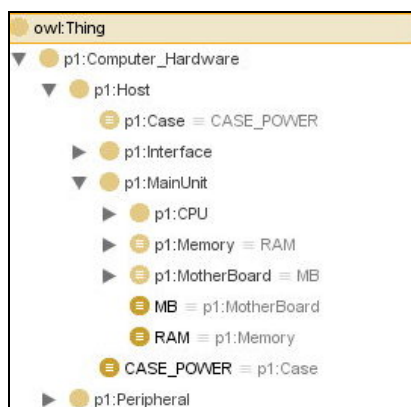


圖 6. USER1知識本體與NPPC知識本體的概念關聯

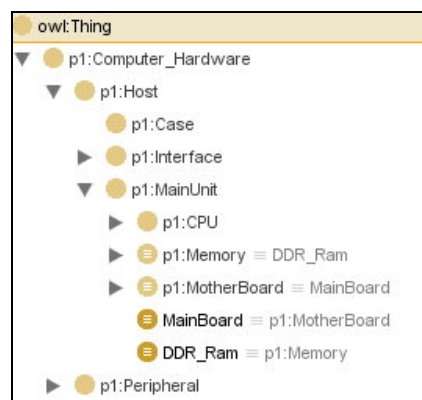


圖 7. USER2知識本體與NPPC知識本體的概念關聯

```
C:\ 啓動 JTP
> ask
Enter query: (<|http://www.w3.org/2002/07/owl#|::equivalentClass |http://www.owl-ontologies.com/Ontology1155713868.owl#|::!MB! ?x>
ASKING: (<|http://www.w3.org/2002/07/owl#|::!equivalentClass! |http://www.owl-ontologies.com/Ontology1155713868.owl#|::!MB! ?x>

Query succeeded.

Bindings 1:
  ?x = |http://www.owl-ontologies.com/Ontology1155545467.owl#|::!MotherBoard!
Bindings 2:
  ?x = |http://www.owl-ontologies.com/Ontology1155713868.owl#|::!MB!
Bindings 3:
  ?x = |http://www.owl-ontologies.com/Ontology1155716183.owl#|::!MainBoard!
> _
```

圖 8. 以JTP推論知識本體之間零組件概念相對關聯

- USER1產品領域知識本體定義MB全等於NPPC知識本體的MotherBoard零組件概念。
- USER1產品領域知識本體定義RAM全等於NPPC知識本體的Memory零組件概念。
- USER1 產品領域知識本體定義CASE_POWER全等於NPPC知識本體的Case概念。
- USER2產品領域知識本體定義MainBoard全等於NPPC知識本體的MotherBoard零組件概念。
- USER2產品領域知識本體定義DDR_RAM全等於NPPC知識本體的Memory零組件概念。

在我們完成建置雙方產品領域知識本體與NPPC知識本體的關係之後，我們接下來以命令提示字元模式底下啟動JTP系統。在啟動JTP後，透過load-kb指令來針對USER1產品領域知識本體、USER2產品領域知識本體與NPPC知識本體進行讀取至JTP記憶體的工作。透過知識本體內容所描述的概念與屬性的讀取與對比，JTP方可進行推論活動。在將雙方知識本體讀取完畢後，可以透過下列ask指令問句來進行概念推理工作：

(|http://www.w3.org/2002/07/owl#|::equivalentClass|http://www.owl-ontologies.com/Ontology1155713868.owl#|::!MB! ?x)

此指令問句主要在於詢問USER1產品領域知識本體中的MB零組件概念是否與其他已被載入的知識本體有相同的概念存在，而透過JTP詢問的結果如圖8所示。在此圖中的Ontology1155545467.owl所代表的即為NPPC知識本體的網路參考名稱；Ontology1155713868.owl所代表的即為USER1產品領域知識本體於網路上的參考名稱；Ontology1155716183.owl則代表USER2產品領域知識本體於網路上的參考名稱。推論後的結果顯示：NPPC知識本體的MotherBoard概念同等於USER1產品領域知識本體的MB概念，也同等於USER2產品領域知識本體MainBoard概念。

5. 結論

我們以知識本體結合代理人程式與推論機制建置概念推理搜尋代理人(Concept Reasoning Search Agent, CRSA)系統，而該系統平台相較於傳統搜尋代理人有下列優點：

- CRSA透過知識本體的運用，使得代理人彼此間有著標準的概念知識規範。
- 我們將產品領域知識與商業概念結合所設計出的NPPC知識本體，提供更具有彈性的屬性描述與進行更具有抽象的資訊搜尋來源。
- 透過CRSA邏輯推論機制的推論能力能讓多方不同資訊表達格式但蘊含相同概念的產品資訊不被遺漏，藉此提高搜尋結果的完整性。

在代理人程式的研究中，如何更加深入取代人類作業思考模式亦是專家們不斷努力的方向。有關搜尋代理人的學術研究與實務方面，本文所提出的CRSA系統已向前邁進了一大步。在學術上，以知識本體的方式來呈現代理人的產品概念知識，主要是為了提昇代理人概念理解的模糊範圍，並促進代理人之間概念表達的複雜性。在實務上，發展CRSA系統則可有效地解決應用於網路購物商品資訊篩選的人工程序。

參考文獻

- [1] 林政瑩，「影響拍賣網站使用者到拍賣網站購物意願因素之研究」，國立中山大學企業管理系碩士論文，http://etds.ncl.edu.tw/theabs/site/sh/detail_result.jsp?id=088NSYS5121003，1999。
- [2] 洪懷謙，「以本體論考量之教材數位版權管理之研究」，國立高雄師範大學資訊教育研究所，http://192.83.186.202/theabs/service/ft_result.jsp?FT=Y&id=092NKNU0395033，2004。
- [3] 楊勝源、朱毓君、何正信，「以本體論強化網路FAQ系統之解答整合能力」，**第六屆人工智慧與應用研討會**，高雄，台灣，2001。
- [4] Alba, L. W., and J. W. Hutchinson, "Dimensions of Consumer Expertise", *Journal of Consumer Research*, vol. 13, no. 4, 1987, pp. 411-54.
- [5] Brucks, M., "The Effect of Product Class Knowledge on Information Search Behavior", *Journal of Consumer Research*, vol. 2, no. 1, 1985, pp. 1-16.
- [6] Chandrasekaran B., J. Josephson and V. Benjamins, "What are ontologies, and Why do we need them?", *IEEE Intelligent System*, Vol.14, No.1, 1999, pp. 20-26.
- [7] Etzioni, O., and Weld, D. S., "Intelligent Agents on the Internet: Fact, Fiction, and Forecast," *IEEE Expert*, August, 1995, pp. 44-49.
- [8] Fensel, D., Benjamins, V. R., Motta, E., and Wielinga, B., "UPML: A framework for knowledge sytem reuse," *Proceedings of the 16th International Joint Conference on AI*, Sweden, 1999, pp. 16-21.
- [9] Fensel, D., "Ontologies and Electronic Commerce." *IEEE Intelligent System*, Volume 16, no. 1, 2001, pp. 8-14.
- [10] Fitzmaurice, G., "Form-Countered Workflow Automation Using an Agent Framework," Brown University, USA, 1991.
- [11] Guarino, N., "Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Representation," *International Journal of Human - ComputeStudies*, 43, 1995, pp. 625-640.
- [12] Jennings, N. R., Sycara, K., and Wooldridge, M., "A Roadmap of Agent Research and Development," *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Vol. 1, No. 1, 1998, pp. 7-38.
- [13] Maes, P., "Modeling Adaptive Autonomous Agents." In *Artificial Life: An Overview*, Cambridge, MA: MIT press, 1994, pp.135-162.
- [14] Park, C. W., L. Feick, and D. L. Mothersbaugh, "Consumer Knowledge Assessment -- How Product Experience and Knowledge of Brands, Attributes, and Features Affects What Think We Know," *Advances in Consumer Research*, vol. 19, no. 3, 1992, pp. 193-98.
- [15] Schmidt, J. B., R. A. Spreng, "A Proposed Model of External Consumer Information Search," *Journal of Academy of Marketing Science*, vol. 24, no. 3, 1996, pp. 246-56.
- [16] Shocker, Allan, Ben-Akiva M., Boccara B., and Nedungadi P., "Consideration Set Influences on Consumer Decision-Making and Choice: Issues, Models and Suggestions," *Marketing Letters*, 2 (3), 1991, pp. 181-97.
- [17] Swartout, B.R., Patil, K., Knight, T.R., "Toward distributed used of large-scale

- ontologies, " ***Ontological Engineering***, AAAI-97 Spring symposium series, 1997, pp.138-148.
- [18] Turban, E., King, D., Viehland, D., and Lee, J., " ***Electronic Commerce : A Managerial Perspective***," Prentice-Hall, New Jersey, USA , 2006, pp. 140-141.
- [19] Weiss, G., " ***Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*** " , MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA, 1999.
- [20] Wooldridge, M., and Jennings N. R., "Intelligent Agents: Theory and Practice," ***Knowledge Engineering Review***, Vol. 10(2), 1995, pp. 115-152.