

合作式知識分類與管理代理人

盧芸玲、劉瑞璿

中華大學資訊管理學系

摘要

隨著知識經濟時代的來臨，知識之有效累積與應用已成為企業永續經營的重要關鍵。然而現今知識管理與資訊科技尚存在著差距，其中又以企業動態知識之自動分類為主，此乃因企業之知識往往相當龐雜，且具變動性與累積性。本文從知識管理與資訊科技兩者之整合角度出發，探討並縮短此差距，讓資訊科技能在企業內輔助知識管理活動之推行。我們提出一個合作式多代理人知識分類與管理模型，將企業員工與知識緊密結合。多代理人透過協商來對輸入之知識文件與需求進行妥善分類，並藉以確定負責此相關知識管理活動之代理人。各代理人即可各司其職，互助合作，達到知識之誘導、儲存與共享，有效支援整個知識管理之活動流程。我們並實際驗證此模型之知識分類技術。實驗證實：在階層式組織分類架構下，該技術能成功地自動擷取知識之適用場景，各代理人即可據此進行合作，提高知識自動分類之準確度。

關鍵字：知識分類、合作式代理人、知識管理。

Collaborative Agents for Knowledge Classification and Management

Yun-Ling Lu ,Rey-Long Liu

Department of Information Management, Chung Hua University

Abstract

Knowledge management (KM) has become a critical activity in business administration. However, there exists a significant gap between knowledge management and information technology: automatic classification of dynamic business knowledge, since business knowledge is often dynamic and accumulative. This paper aims to explore and reduce the gap so that information technology may really assist businesses in managing knowledge. An agent-based collaborative knowledge classification and management model CKCMA is proposed. The agents collaborate with each other in order to closely link people to knowledge, and vice versa. They negotiate with each other to classify input knowledge documents and requests, and accordingly identify which agent should be in charge of the related KM activities, including knowledge elicitation, accumulation, distribution, and sharing. An experiment is designed to empirically evaluate CKCMA's multiagent knowledge classification technique. In the experiment, the feasibility and contributions of context-based automatic knowledge classification are verified.

Keywords: Knowledge Classification, Collaborative Agents, Knowledge Management.

壹、緒論

知識已成為現今知識經濟時代企業成功的要素，知識的運用是這一世紀的競爭武器，也是決定一個企業能否發展的根本 [Hansen et. al.1999; Grant 1996]。能有效地管理企業內員工累積的知識與經驗，是目前企業提升其競爭力最根本的方法。然而由於企業所需之相關知識往往相當龐雜，且具變動性與累積性 [Nonaka 1994]，故資訊科技之輔助成為其關鍵成功因素。因此，如何能整合知識管理之需求與資訊科技之能力應為當務之急，其目標是希望能達到『在適當的時機，將適當知識分送給適當的人』。

本文提出一個合作式知識管理代理人模型，讓多個代理人各司其職，以合作為其工作模式，共同支援有效率且正確的知識管理活動。在一個成功的知識管理活動循環中，首要工作即是如何滿足員工之知識需求及如何將隱藏於員工內心的知識誘導出來。誘導出來之知識需經過編譯，才能成為知識文件。這些知識文件需加以妥善分類並儲存，才能真正實現知識管理的目標。因此，『知識之分類』是首要關鍵。當知識能被適當分類後，員工與知識即能在企業內緊密地結合，各部門（類別）的員工即可隨時掌握其業務相關之知識。然而，如前所述，企業所需之相關知識往往相當龐雜，且具變動性與累積性，『知識之自動分類』即顯得相當重要，也是資訊科技需扮演之重要輔助角色。知識的分類若全以人工來完成，會因成本高、速度慢而降低整體知識管理之效能，影響學習型組織之建構。本文即從知識管理與資訊科技整合的角度出發，除了提出完整可行之知識管理整合模型外，並具體提出與驗證知識自動分類之解決方案，以期能促進企業內知識管理之具體實現。

本文首先針對知識管理與資訊科技之間的關係進行探討（第二節）。企業對知識管理的需求，首推知識之誘導、儲存、分類與共享。而要滿足此需求，資訊科技需扮演重要角色。我們於是更進一步討論了二種關鍵資訊科技之現況：知識文件之自動分類及智慧型代理人。我們發現，現今資訊科技不能完全滿足知識管理之需求，其中又以多代理人式知識自動分類最為迫切。據此，我們提出一套解決方案，即合作式知識分類與管理代理人（第三節），並設計一實驗，觀察分析其可行性與意義（第四節）。最後提出結論及未來發展方向（第五節）。

貳、知識管理與資訊科技

現今資訊科技已成為企業再造的動力，徹底改變了企業經營的模式。在這知識管理漸形重要的今日，資訊科技如何輔助知識管理，而知識管理又如何善用資訊科技，為重要課題。在本節中，我們探討企業對知識管理之需求與資訊科技如何支援知識管理，最後討論現今資訊科技與知識管理結合所遇到之瓶頸。

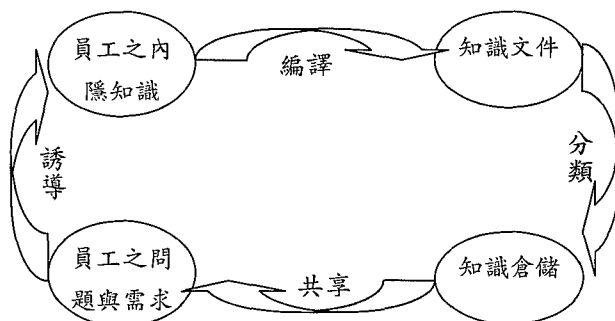


圖 1：知識管理活動循環圖

一、企業知識管理之需求

知識管理在管理科學中早已被認定為必行之趨勢。而大部分的研究亦著眼於建構一個學習性組織並讓知識能流通與共享於員工之間。舉例而言，企業知識之創新過程被認為是呈一個螺旋的方式反覆進行：外顯化、組合化、內隱化、共同化 [Nonaka 1994]，並藉由一個共同之平台來達成 [Nonaka & Konno 1998]。知識的可傳遞性在知識整合中被視為不可或缺之重要因素 [Grant 1996]。知識交流可以不同的方式進行，如純文件 (textual documents)、知識地圖 (knowledge maps) [Vail 1999]、及組織個體 (organizational entities) [Bourdreau & Couillard 1999; Hackbarth & Grover 1999]。至於知識之共享，主要有兩種模式：人對文件 (people-to-documents)，與人對人 (people-to-people) [Hansen & Nohria 1999]。

知識管理相關的研究亦已經建立了許多計算機模型，如 Harris 建立了一個以知識為核心的觀念來幫助將經驗轉換為知識 [Harris 1996]。Elofson 等人以代理人社群模型 (agent community model) 來實現知識共享 [Elofson et. al. 1997]，其中知識四種主要代理人包括：管理者、服務者、計畫者與排程者。Gundry 及 Metes 則強調電傳視訊會議在共享員工內隱知識之貢獻 [Gundry & Metes 1996]。Hendriks 與 Vriens 則探討了知識管理與知識系統之間的關係 [Hendriks & Vriens 1999]。這些研究多著重於知識的共享與保留上。

由上述文獻可知，知識的誘導、儲存、與共享為企業知識管理成功的主要核心 (參見圖 1)。企業必須將隱藏於員工內心的知識誘導出來並將之適當地儲存以利知識之共享。為達此目的，還需將知識進行編譯與分類。然而，因知識是從各個不同來源所獲得，且會由不同的知識工作者所再利用，因此編譯的方式亦各不相同。例如可以在編譯知識時為其增加額外之使用環境 (contextual knowledge)，如此可讓下一個接替此工作之員工使用知識時更加地便利 [Markus 2001]。Kwan 及 Balasubramanian 更進一步說明企業組織之不同角色，如銷售員、庫存管理員或監督者，其各自需要之使用環境之資訊 (contextual information) 亦各不相同 [Kwan & Balasubramanian 2003]。因此需為其增加不同之使用環境，例如行銷部門與管理者所需之使用環境即各不相同。

然而實務上，即使所有員工都明白知識管理之重要性，但真正要他們上線將自己的知識登錄至知識庫供他人分享卻不容易，常會發生員工不喜歡填資料、不配合登錄的情形 [Gilmour 2003]。因此，如何讓員工能發自內心將其知識與經驗登錄至知識庫是相當重要的，也是知識管理的首要挑戰。誘導出員工心中知識與經驗有許多方法，例如，可配合管理上之措施，讓管理者得知該員工登錄了多少知識，使管理者能夠給予表現好的員工獎勵，帶動整個企業對知識管理的參與。進而建立整體企業文化，達到成功的知識管理 [Nidumolu et. al. 2001]。此外，可利用員工 e-mail，提出知識需求，繼而從相關員工身上將知識與經驗引發出來。

要實現上述知識誘導之首要前提是能正確地將員工之知識與需求正確地分類，如此才能向適當的員工誘導知識給需要的員工。實務上，一個知識類別可對應企業的一個組織部門或專業分工類別。故將不斷湧入之知識作完善的分類，是實現知識共享的重要基礎，以期讓適當的人在適當時間得到適當的知識。實現學習性組織，成就一個具競爭力之企業，達到共享的目標。

然而知識之正確分類，卻不是一件容易的事。其主要挑戰是辨識 (recognize) 隱含在各知識文件中知識之建構背景及適用場景 (context)。每一知識均具備不同的建構背景與適用場景，這些對於知識分類而言相當重要。例如同樣談論某主題 (如「汽車組裝」) 的兩份知識文件可擁有截然不同的建構背景與出發點 (如分別從「製造」與「維修」之背景出發) [Harris 1996]，進而反映了其不同之適用對象 [Nicholas & Clarkson 2000] 與場景 (如分別適用於解決汽車製造時之組裝問題與汽車維修時之組裝問題) [Reuber 1997]。因此，各知識之建構背景與適用場景之辨識攸關知識之正確分類，進而影響後續知識在企業中之誘導、儲存、與共享甚鉅。適用場景之誤判不但會嚴重影響知識之查詢與檢索，也會讓員工受大量不感興趣之知識所苦，大幅降低參與知識管理活動之意願。

二、支援知識管理之關鍵資訊科技

支援上述知識管理要求之相關資訊科技首推文件之自動分類與智慧型代理人技術。此乃因實務上知識常是以文件方式表達與儲存，且常具變動性與累積性。

(一) 文件之自動分類

以往文件分類技術多著重在資訊之分類，而非知識之分類，無法讓知識依其適用場景來進行分類。較具代表性之文件分類技術包括字詞-類別關連法 (word-category association) [Yang & Chute 1994]、法則歸納法 (rule induction) [Apte et. al. 1994]、Rocchio 所提出的方法 (Rocchio's method) [Schapire et. al. 1998]、最相似文件法 (k-nearest neighbor) [Lam & Ho 1998]、指數斜度法 (exponentiated-gradient) [Callan 1998] 及 Bayesian 獨立分類法 (the Bayesian independence classifier) [Larkey & Croft 1996] 等。在階層式文件分類之相關研究方面，先前研究主要在探討階層 (hierarchy) 對分類之意義及其是否真能增加分類之準確度 [Greiner et. al. 1997]。也有些研究是利用給定之階層架構來進行分類 [Koller & Sahami 1997; Mladenic & Grobelnik 1998]。這些文件分類技術皆將焦點放在利用字詞間之相似性來進行文件之分類，而非藉由辨識文件之適用場景來進行分類。此外，雖然有

少數研究利用關鍵字詞之鄰近字詞來提升文件分類的效能(此鄰近字詞可以是字串[Cohen & Singer 1996]或片語[Riloff & Lehnert 1994])，這些字詞間之相對位置與整體文件之適用場景也很明顯地不同，不能讓文件依其適用場景來適當分類。

(二) 智慧型代理人技術

智慧型多代理人可促進知識管理各項活動之自動與順利進行，並提昇系統之可擴充性(Scalability)。現今在代理人技術之研究已獲致不錯成果，但鮮少能充分整合應用於知識管理領域中。在常見相關應用領域方面，包括主管資訊系統[Turban & Aronson 1998]、電子商務[Hedbery 1995; Brown et al 1995]、與決策支援系統[King 1993; Turban & Aronson 1998]等。

與知識管理較相關之代理人研究還包括資訊搜集代理人(Information Gathering Agents)。此種代理人為使用者搜集其所關心之資訊，以個人化[Chen et. al. 1998]及合作[Lesser et. al. 1998]的方式為使用者搜集資訊。此外，亦有許多研究著重於多代理人間之協調，以期讓多代理人能共同完成整體目標，不互相干擾影響。以往的研究主要是針對如何解決代理人間的衝突，這些技術包括：計畫(Planning)[Martial 1992]、社會知識編碼(Social Knowledge Encoding)[Barbuceanu 1997; Cuena & Ossowski 1999]、協商(Negotiation)[Zeng & Sycara 1997]以及適性化代理人協調[Liu & Lin 2000]。此外，另有研究提出以機器學習(Machine Learning)方式，讓代理人學習如何與其他代理人協調。其主要集中焦點於(1)需要什麼樣的資訊來進行協調[Sugawara & Lesser 1998](2)其他代理人的表現行為為何[Zeng & Sycara 1997](3)何時要進行代理人間協調[Horling & Lesser 1999]等。

三、知識管理與資訊科技之結合及其瓶頸

上述相關資訊科技在支援知識分類與管理上仍存在著相當大的瓶頸值得探究。從代理人技術而言，鮮少有將知識管理活動完整融入各代理人運作之研究。從知識文件之自動分類而言，如前所述，現今文件技術著重於資訊的分類，而非知識的分類。其主因是現今技術不以辨識知識之適用場景為分類之依據，而知識之適用場景卻是實現知識管理之重要環節[Harris 1996; Nicholas & Clarkson 2000; Reuber 1997]。

更具體而言，當知識是以文件方式表達時，現今文件分類與知識分類除了在表面上皆是處理文件之分類以外，不論從思維與技術現況而言均存在著相當大的不同。前者是從文件間之相似度出發，將出現字詞相近的文章歸於同類；後者則是從企業組織或專業分工(如前述之「製造」與「維修」)出發，藉由辨識知識文件之適用場景來進行分類。也就是說，知識之分類需與企業組織或專業分工緊密結合，當一份知識文件之適用場景與某專業分工類別之場景相當匹配，則將其歸類於該類別，不論該知識文件內之字詞是否與該類別內之字詞很相似。延續前例，假設在專業分工中有以下兩個類別：「總管理處→生產部→製造組→組裝分組」及「總管理處→維修部→組裝組」，則一份以「組裝技巧」為主題之知識文件，若其談論背景是汽車製造，則應分類至生產部門下之組裝分組；反之，若其談論角度是汽車維修，則應分類至維修部門下之組裝組，不論文件中之其它字

詞出現的情形為何。在既有之企業組織或專業分工架構上辨識知識文件內隱含之適用場景，是知識分類與現今文件分類最大的不同，也是現今科技之主要挑戰。進一步結合多代理人設計，則可提昇知分類與管理系統之可擴充性。

參、合作式知識分類與管理代理人

為了縮短知識管理與資訊科技之間的差距，我們提出一個合作式知識分類與管理代理人模型 CKCMA (Collaborative Knowledge Classification and Management Agent)。藉由多代理人合作協商來大幅改進知識自動分類之準確度，進而結合代理人之自主性服務來提昇各知識管理相關活動之實際效能。

一、整體架構及各代理人之功能與內涵

圖 2 為 CKCMA 之整體流程圖。整個知識管理之活動流程皆由知識管理代理人負責，其主要目標是輔助知識之誘導、編譯、分類與共享。知識管理代理人彼此之間具有互助合作的關係，各專業知識類別(或企業部門)皆有專屬之代理人。每個代理人為其對應之知識類別與員工部門來處理各項知識管理工作，諸如儲存知識、通知使用者、檢索知識文件與條列相關人員以利人際互動知識交流等。

表 1 為各知識管理代理人之功能(職責)。給定一份知識文件或知識需求，所有的知識管理代理人必須協調出負責與該文件或需求相關之知識管理活動代理人。此協調之目的也可說是針對該知識文件或知識需求進行分類。決定該文件或需求之類別後，該類別對應之代理人即負責相關之知識管理活動(功能 1)。

協商出之負責代理人會因輸入之不同(即知識文件或知識需求)而進行不同之知識管理活動(功能 2A 與 2B)。當輸入為一知識文件時，代理人只需將此知識儲存至其對應之

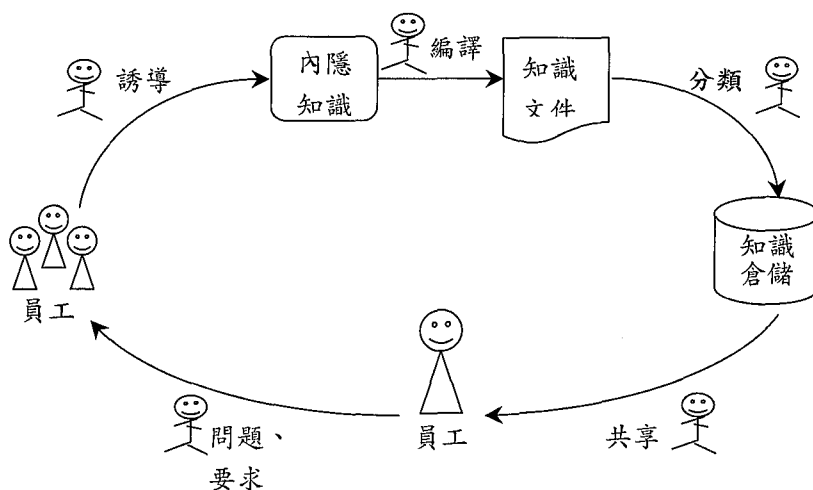


圖 2：CKCMA 之整體作業流程

表 1：各知識管理代理人之功能

當接受來自員工之新知識文件或需求查詢時，各代理人執行下列動作：

1. 其他代理人協調出由哪一位代理人來負責與此知識文件或需求相關之知識管理活動
2. 此一負責之代理人即代理知識管理之各種活動，包括
 - 2A. 若輸入為一知識文件
 - 2A1. 將此文章存入此代理人對應之知識類別
 - 2A2. 通知此知識類別之員工，以促進知識之共享
 - 2B. 若輸入為員工之知識需求
 - 2B1. 將符合此需求之知識文件檢索出來
 - 2B2. 將有此相關知識之人員條列出來，以利員工間互動，交流知識
 - 2B3. 若該員工不滿意
 - 2B3A. 向有相關此知識類別之員工發出要求(藉由 e-mail)
 - 2B3B. 處理相關員工回應之知識
 - 2B3C. 列出相關此知識類別之員工，以利員工間互動，交流知識

類別(功能 2A1)，並藉由主動告知與傳輸(即 push)將知識共享給該類別之相關員工(功能 2A2)。當輸入為員工之知識需求時，代理人首先自既有之知識倉儲中檢索出相關之知識供使用者參考(功能 2B1)，並條列出與此知識相關之員工，促進與此知識議題有關人員間彼此討論，進而創新知識(功能 2B2)。然而當此查詢的員工不滿意知識之查詢結果時，則須進行知識之誘導(功能 2B3)。代理人首先必須尋找出最適合解答此問題與要求的員工(功能 2B3A)。尋找出適當之員工後，代理人可藉由 email 發出問題與要求給此相關員工。當此員工回應後便完成誘導之工作。誘導出之內隱知識必須經過處理(即分類、儲存、與發送)才能形成知識文件，供後人再利用(功能 2B3B)。同樣地代理人亦可列出該類別之員工及其技能之基本資料供查詢者參考(功能 2B3C)以建立知識需求者與提供者間之溝通管道，促進彼此間之實際溝通，整合舊知識並創造出新知識。

圖 3 說明 CKCMA 中各代理人間之組織架構。CKCMA 以階層方式來組織所有代理人，其原因有二：

- (1) 許多知識文件資料庫是以階層式的樹狀結構來分類，且
- (2) 大多數的企業是以階層式樹狀結構來建構其人事組織。

因此，CKCMA 依據一般企業階層式組織架構來設計代理人之組織。各代理人以各司其職且分散於整個企業之方式，幫助整個知識分類能順利地進行。每一知識類別(即每一企業部門)皆指派一位知識管理代理人。分散於各部門之代理人是以合作之方式協調出應由哪一位代理人負責上述之知識需求與知識文件之相關知識管理工作，以期將各知識類別與員工部門緊密結合。

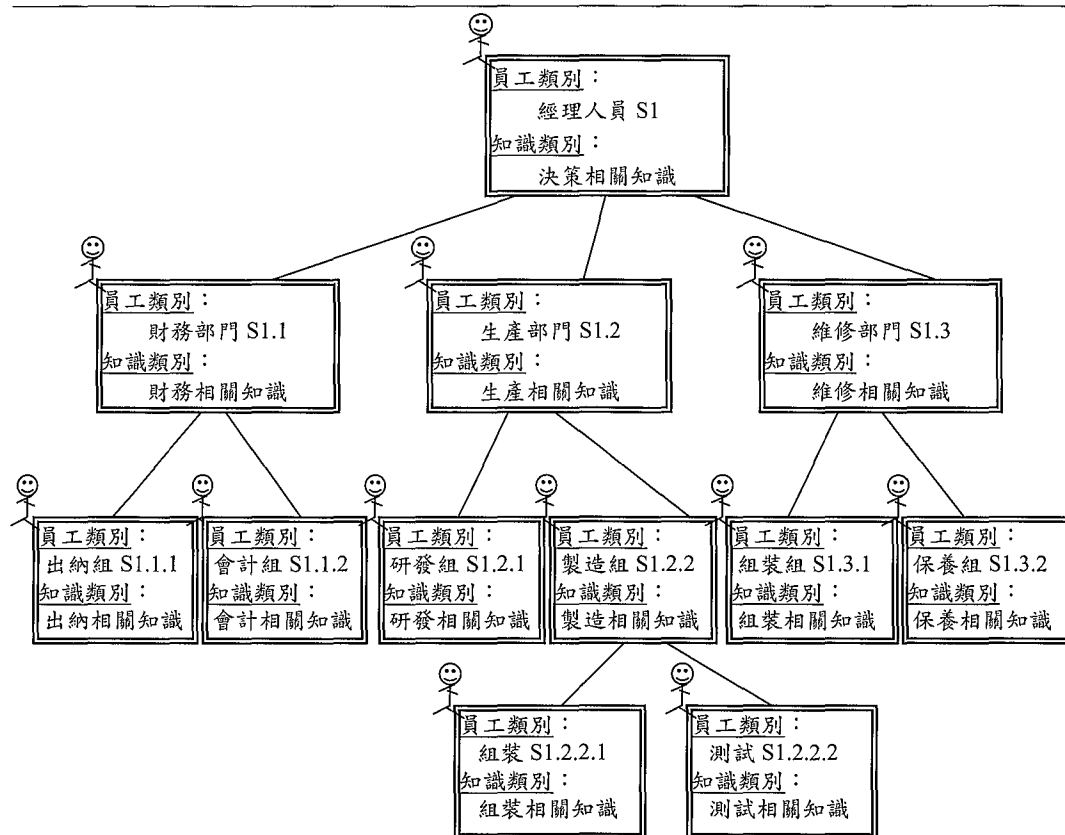


圖 3：代理人之組織是依企業組織架構而設計

統整上述 CKCMA 之架構及各代理人之功能定義，圖 4 說明各代理人所應具備之內涵，以實現上述各項知識管理活動之支援。各代理人需了解自身在整個階層架構中所處之類別及其相對位階，並管理該類別對應之知識文件庫。根據知識文件庫中之文件實質內容，代理人需整理出該類別之特徵，據以與其他代理人進行知識分類協商。在取得代理某知識文件或需求之知識管理活動後，適時利用類別對應之員工之技能（如專長與經歷）及其相關基本資料（如 email），促進人際間之知識交流。在這些代理人之功能與內涵中，以『知識類別特徵條件』及『代理人協商』為主要技術瓶頸與挑戰。它們均與知識之正確分類有關。以下我們詳細說明多代理人知識分類之運作方法。

二、知識之自動分類

在上述階層式樹狀架構的特性基礎上，CKCMA 之各代理人是以合作的方式來完成知識分類的工作（即表 1 之第 1 項功能），並據此完成知識管理活動之指派。我們提出一個名為『族譜』（PEDIGREE）的多代理人知識分類技術，其主要關鍵有二：（1）、各代理人特徵條件之自動建立，及（2）、各代理人據此特徵條件而進行之協商協定（Negotiation Protocol）。

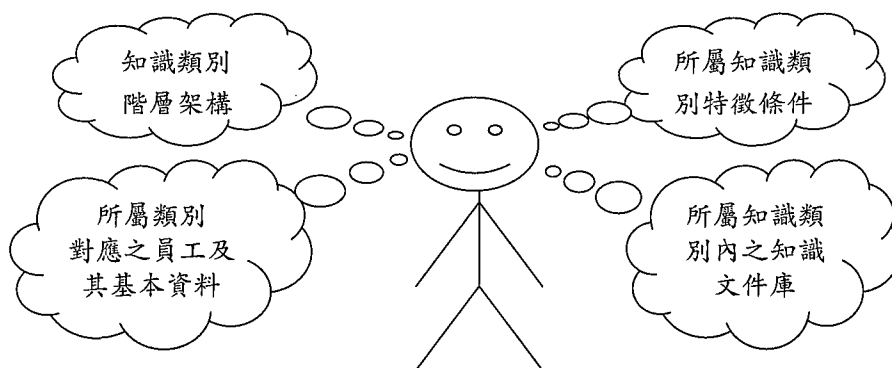


圖 4：各代理人之內涵

(一) 各代理人特徵條件之自動建立

各代理人特徵條件之自動建立的方式可如表 2 所示。其目的是讓各代理人擁有其負責之知識類別之知識內容的特徵，以做為後續知識分類協商之依據。在給定一組訓練文件及一個企業專業知識(或職掌)分類樹後，CKCMA 為此分類樹上之每一類別節點之代理人建立特徵條件。各代理人之特徵條件是由一組特徵關鍵字及其強度所組成(參見步驟 2A1)。CKCMA 計算每一個知識類別中的知識文件的每一個關鍵字在樹狀結構之兄弟類別間的強度關係(參見步驟 2B1 及 2B21)。若某關鍵字出現在某類別的頻率高(即 term frequency, tf 高)，且在此類別之兄弟類別出現的頻率低(即 inverse document frequency, idf 高)，則該關鍵字在此類別之強度會很強，而在其兄弟類別之強度會很弱，代表此關鍵字在此類別具有獨特專屬性。更具體而言，一個關鍵字 w 在一個類別 c 之強度 s 為 $TF_{w,c} * (B_c / \sum_b TF_{w,b})$ ，其中 b 可為 c 及 c 之兄弟，而 B_c 為 c 之兄弟個數加 1。

表 2：各代理人特徵條件之建立

輸入：(1) 一個企業專業知識之階層式分類樹 T

(2) 訓練之知識文件 d 及其所屬類別 c

輸出：建立 / 修改各代理人之特徵條件

步驟：

(1) $W \leftarrow$ 在 d 中出現次數大於 δ 的字所成的集合；

(2) 當 c 不為根節點 (root) 時作：

(2A) 對每一個在 W 中的字 w 皆作：

(2A1) 當 w 不存在於 c 所對應之代理人特徵條件 H 中時，將 (w, s) 加入 H 中，其中 s 尚未有明確初值；

(2B) 對 H 中每一組特徵關鍵字及其強度 (w, s) 皆作：

(2B1) 更新其強度 s ；

(2B2) 對每一個 c 之兄弟節點 b 作：

(2B21) 若 w 存在於 b 之代理人特徵條件中，則更新其強度；

(2C) $c \leftarrow c$ 的父親節點；

以上述之汽車產業為例，由於在「維修類別」(參見圖 5 之 S1.3 節點)之知識文件中『故障』之出現頻率高(即 tf 高)，而在其兄弟類別(參見圖 5 之 S1.2 節點)出現頻率低(即 idf 高)，故維修類別之代理人之特徵條件中之『故障』之強度很強。又如『組裝技巧』這個關鍵字，在「維修類別」下之「組裝子類別」(參見圖 5 之 S1.3.1 節點)與「生產類別」下之「製造子類別」下之「組裝子類別」(參見圖 5 之 S1.2.2.1 節點)出現之頻率皆高(即 tf 高)，而在該二個子類別之兄弟類別出現頻率皆低(即 idf 高)，故『組裝技巧』在 S1.3.1 與 S1.2.2.1 之代理人特徵條件中之強度亦很強。

此關鍵字強度計算方法可以為各類別自動釐定具有能反應該類別知識之『適用場景』的關鍵字。也就是說，若一個關鍵字在某一類別中之強度很強，則其越能反應該類別知識內容之適用場景。此乃因此關鍵字若在該類別強度高，則其必須在該類別具有代表性(因 tf 高)，且具有獨特性(因 idf 高)。依此原則，每個關鍵字均可依其在各階層類別之代表性及獨特性而獲得適當強度。屬於較低階類別(即細類)之適用場景關鍵字會在低階類別中獲得較高強度。而屬於較高階類別之適用場景關鍵字則可在較高階類別中獲得較高強度。

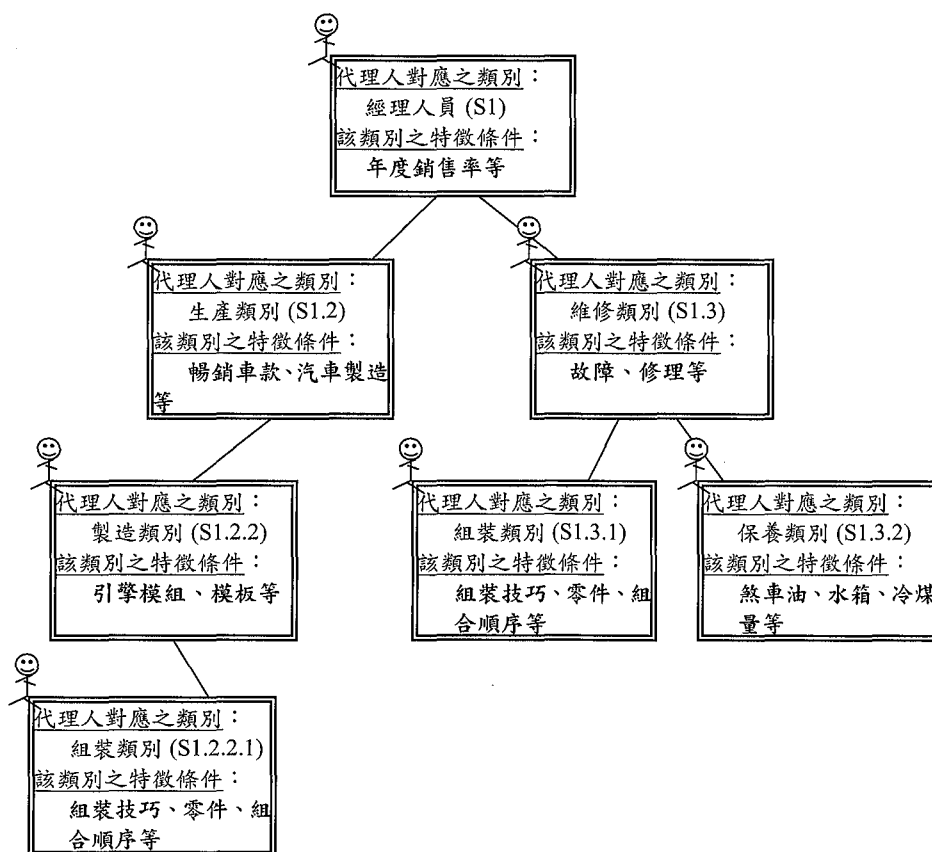


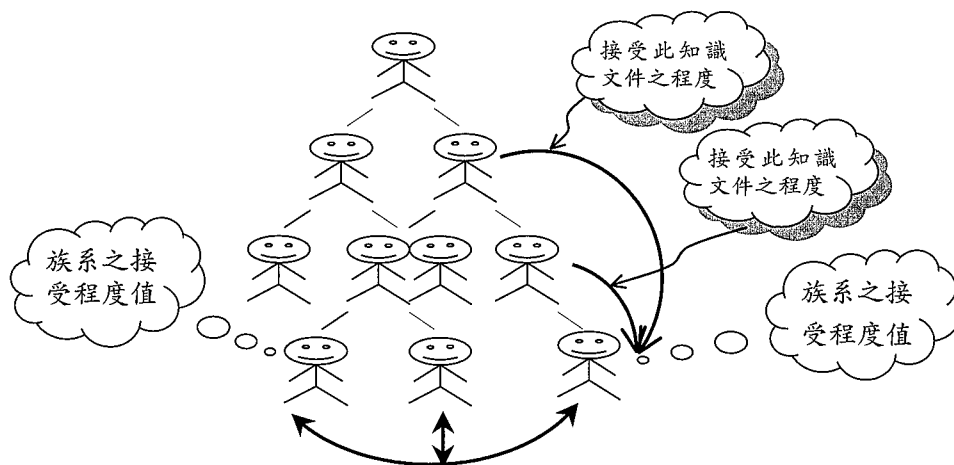
圖 5：在各類別中具有高強度之關鍵字可反應該類別內知識文件之適用場景

上述各類別之知識文件適用場景之擷取對知識與正確分類有很大助益。延續上例，當有關於『故障之組裝技巧』之新知識或使用者需求查詢來臨時，『故障』即可用來作為「維修類別」之適用場景，以用來區分出其與兄弟類別之「生產類別」；再進而利用『組裝技巧』來區分「組裝子類別」與「保養子類別」（參見圖 5 之 S1.3.2 節點）。如此，「維修類別→組裝類別」此直系因為適用場景之關係加強此直系之整體強度。反觀「生產類別→製造類別→組裝類別」此直系則因為無適用場景之支持，而降低了此直系之整體強度。因此，適用場景之使用可提升整體知識分類之正確分類。此外，如『汽車構造』這個關鍵字，在「生產類別」與「維修類別」出現之頻率皆高（即 tf 高，但 idf 低），故此關鍵字在此二類別之強度皆不高，其扮演此二類別之知識文件適用場景之強度即不高。因此，若查詢或文件中有『汽車構造』也不致造成混淆與誤判。

此種方式可建立出整體企業專業分工組織中各知識管理代理人之特徵條件，讓此代理人社群 (agent society) 能依各代理人之不同的特性來處理各不相同的部門之知識管理相關工作。在給定一份知識文件後，各代理人即依據本身之特徵條件（即所負責類別之適用場景）來判別其接受此知識文件之程度。然而，當每個代理人均表達其接受程度後，為能最終確認負責之代理人（或類別），各代理人隨即進行協商（即表 1 之第 2 項功能）。

(二) 各代理人以合作協商方式達成知識分類

代理人間是以彼此之階層式樹狀結構關係為基礎來進行協商。愈接近根節點 (root) 之代理人則負責愈一般化 (general) 之知識文件（例如整個企業之總經理）；位於愈接近葉子節點 (leaf) 之代理人則負責愈特定 (specific) 之知識文件（如企業之組裝子部門）。階層式分類方法是讓整個階層式架構中每位代理人皆有權利表明其對此知識文件之接受程度。各代理人是根據其特徵條件來決定此接受程度。經由彙整各代理人之接受程度值來決定負責此知識文件之代理人。



依族系接受強度進行協商

圖 6：代理人依所屬族系之接受強度進行協商

更具體而言，代理人以協商來達成知識分類之概念可如圖 6 所示，而各代理人為達此協商之行為則定義於表 3 與表 4 (表 3 定義各非樹葉代理人之行為，表 4 則定義各樹葉代理人之行為)。每一位代理人首先會擷取欲處理之知識文件或需求之關鍵字，並將這些關鍵字與本身之特徵條件進行比對，最後得到加總後之接受程度值 (Acc，表 3 步驟 2)。若此代理人為非樹葉節點之代理人，則會將其接受程度傳給直系之樹葉節點代理人 (表 3、步驟 3)。若此代理人為樹葉節點代理人，則在彙整完來自直系家族之接受程度並計算平均值後，將此平均值通知至其他樹葉節點代理人 (表 4、步驟 3)。當此樹葉代理人收到所有來自其他樹葉代理人所傳來之各族系之接受程度值後，此樹葉代理人比較各接受程度值，若本身之接受程度值為其中之最大者，則負責該文件對應之知識管理活動 (表 4、步驟 4A)。

也就是說，各樹葉代理人之協商是以「合作」與「互信」為基礎。在此基礎上，族系接受程度高者能獲得代理權。採用來自同一直系關係的原因是，一篇知識文件或知識需求應不只描述其主旨，亦應包含其背景介紹。族譜在進行知識文件分類時，文件中之背景介紹的部分即可被上層節點之代理人接受，知識的分類便更具背景方向性，提高知識分類之準確度。

表 3：每一非樹葉節點代理人為達知識分類之行為

輸入：欲處理之知識文件 d 或知識需求 R
 輸出：將接受程度值傳予樹葉代理人
 步驟：
 (1) $W \leftarrow$ 在 $R(d)$ 中出現的字所成的集合；
 (2) 接受程度值 (Acc) $\leftarrow$ 對於所有存在於 W 中之字，比對此代理人特徵條件並將其強度值加總；
 (3) 將 Acc 傳給此直系家族之樹葉代理人。

表 4：每一樹葉節點代理人為達知識分類之協商行為

輸入：欲處理之知識文件 d 或知識需求 R
 輸出：決定此代理人是否應負責 $R(d)$ 所對應之知識管理活動
 步驟：
 (1) $W \leftarrow$ 在 $R(d)$ 中出現的字所成的集合；
 (2) 接受程度值 (Acc) $\leftarrow$ 對於所有存在於 W 中之字，比對此代理人特徵條件並將其強度值加總；
 (3) 計算出此代理人之直系家族之平均接受程度值 A_{Acc} (=此直系家族各成員代理人所傳來之 Acc 值總合再取平均)，並將 A_{Acc} 通知其他樹葉代理人；
 (4) 當收到所有樹葉代理人所傳來之 A_{Acc} 值，則：
 (4A) 比較本身之 A_{Acc} 值與來自其他樹葉代理人之 A_{Acc} 值，
 (4A1) 若本身之 A_{Acc} 值為最大，則負責 $R(d)$ 所對應之知識管理活動；
 (4A2) 否則，放棄 $R(d)$ 之代理權。

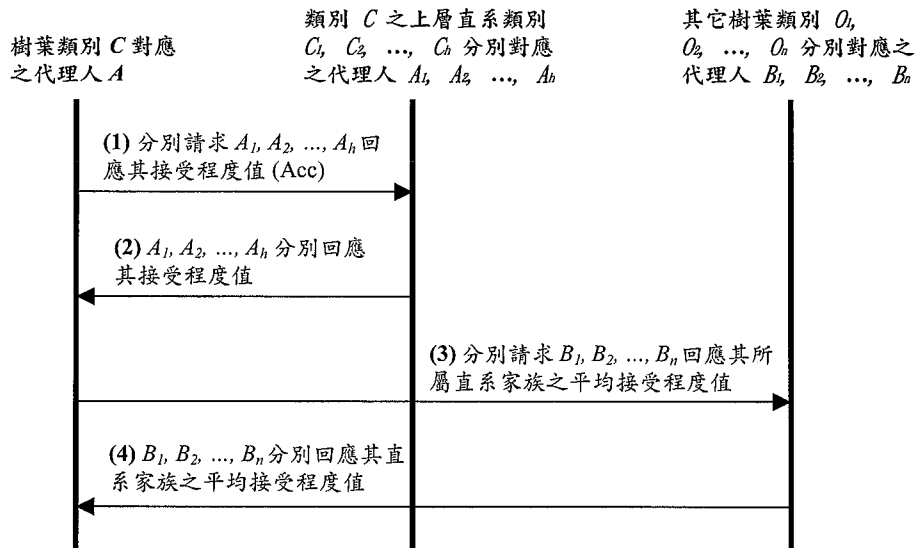


圖 7：各代理人互動之過程

若從各代理人間之互動而言，其過程可如圖 7 所示。對於一樹葉類別 C 所對應之代理人 A 而言，其首先需請求同屬一個類別族系之上層代理人回應其對知識文件或需求之接受程度值 (即 Acc)。待所有上層代理人回應後，代理人 A 即可計算所屬族系之平均接受程度值 (即 AAcc)。此時代理人 A 即算是已備妥要與其它樹葉類別之代理人進行協商。首先代理人 A 會請求其它各個樹葉代理人分別回應其所屬族系之平均接受程度值。當這些樹葉代理人一一回應其平均接受程度值時，代理人 A 即可依上述「合作」與「互信」之基礎，以最高值者獲勝 (Winner-Take-All) 之協定來決定自己是否可獲得代理此知識文件或需求之權利。以此互動與協商之機制，此多代理人社群可自主且合作地完成知識之分類。此外，由於僅有兩種代理人 (即樹葉代理人與非樹葉代理人)，且同屬一種之代理人之行為定義是一樣的，故只要為此兩種代理人分別設計實作一個代理人「樣板」，則系統即可輕易地擴充至所需之規模，降低系統開發與維護之成本。

延續上例，若某一知識文件是談論有關『汽車製造時，引擎模組所需之組裝技巧』。則生產部門之代理人 (參見圖 5 之 S1.2 節點) 因為符合「汽車製造」此適用場景而會投一強度高之接受程度值；製造部門之代理人 (參見圖 5 之 S1.2.2 節點) 因為符合「引擎模組」此適用場景亦會投一強度高之接受程度值；組裝部門之代理人 (參見圖 5 之 S1.2.2.1 節點) 因為符合「組裝技巧」此適用場景亦會投一強度高之接受程度值。則樹葉代理人 (即圖 5 之 S1.2.2.1 節點)，將彙整所有之接受程度值並取其平均。由於此知識文件符合此直系各階層之適用場景，此直系之平均接受程度值為較高。反觀其他族系因不符合該知識文件之背景介紹，因此降低其直系之平均接受程度值。因此，由該樹葉代理人 (S1.2.2.1) 負責該知識文件對應之知識管理活動。

總結而言，CKCMA 是以企業組織專業職掌之階層式架構為基礎，建構階層式知識管理代理人來幫助企業達到自動化之知識管理。由於企業部門需求之知識各不相同，每

位代理人各司其職，負責處理被委任之工作，包括知識之誘導、儲存與共享。當來自員工需求查詢或新知識文件時，族譜讓各代理人間以合作的方法來進行協調以達成該需求或文件之分類，以便決定應由哪一位代理人來負責此相關之知識管理活動。階層式代理人協商能夠符合整體企業組織之架構。利用此架構之優點，避免了因忽略文件之背景介紹而造成之分類錯誤情形。知識必須在整個企業組織中流通與分享，利用分散於整個企業的知識管理代理人與其正確分類之能力，能將更正確的知識分享給更正確的人，提高整個知識管理之品質。

肆、實驗設計與結果分析

此實驗之目的是驗證上述知識自動分類方法(即 PEDIGREE)之可行性與效能。如前所述，知識之自動分類是實現知識管理之關鍵技術。透過實際實驗可證實 PEDIGREE 在縮短知識管理與資訊科技間差距之貢獻。

一、實驗設計

在本實驗中，PEDIGREE 是在 MS-Windows 下以 Visual Basic (VB) 開發，並採用 Microsoft SQL Server 7.0 為資料庫管理系統。值得注意的是，PEDIGREE 對硬體之要求並不高。本實驗僅採用一部 PII 350 CPU 之電腦，其 RAM 為 512MB。開發過程順利。

我們著重於檢驗其依適用場景來進行知識分類之成效(即準確度)。為驗證此成效，我們將實驗分為三個階段：(1) 分析知識的來源及其分類之結構，(2) 搜集測試資料，與(3) 建立評估準則與實驗之對照組。

(一) 知識來源及其分類結構

本實驗，擷取了 McLeod, JR. 所著之 Management Information Systems (MIS, [McLeod 1995]) 及 Block & Hirt 所著之 Foundations of Financial Management (FM, [Block & Hirt 1994]) 二本書為知識庫內容。選擇此二本書之原因為：(1) 此二本書皆為其領域提供廣泛之知識，(2) 此二本書可代表一般企業之不同部門之知識，(例如 MIS 即對照企業中之資訊部門、FM 則對照企業之財務部門) 與(3) 書中之內容是依章節階層式分類，符合 PEDIGREE 之要求。我們依照其書(Book)、部(Part)、章(Chapter)順序建構一階層式樹狀架構，且依序為其編號，其準則如下：

- (1) 先建立一根節點(s)，並分別為此二書各建立一子節點(MIS→s1 及 FM→s2)。
- (2) 在 s1 節點下建立 7 個部(part) 節點(s11~s17)，在 s2 節點下建立 6 個部節點(s21~s26)。
- (3) 在 MIS 之部節點下建立 16 個章(chapter) 節點(s111~s17M)，在 FM 之部節點下建立 16 個章節點(s211~s26K)。章節點之選擇為除了每個部節點之最後一章不納入外，其餘皆選入當作樹狀架構之節點(例如第 1 部共有 2 章，則只選擇第 1 章)。

因此整個樹狀架構上全部有 48 個節點，廣泛且均衡地來自此二本書。雖然各企業之

組織架構不盡相同，且實務上亦難確保本實驗之樹狀架構能完全對應各企業之組織，但在此實驗環境下所得之驗證結果可證實 PEDIGREE 在階層式樹狀分類結構中之貢獻。其在推廣應用於企業階層式組織之意義亦可獲得證實。

訓練文章 (training documents) 是擷取自書本內容之節 (Section) 與子節 (Subsection)。我們以間隔的方式廣泛地收取各節的文章 (即第一節入選，第二節不選，第三節入選，... 等)，選定之節中其所有子節內容均一一入選為訓練文章。如此總共自二本書上擷取了 389 篇訓練文章，佔兩本書之大約一半篇幅。

(二) 測試文章及其來源

我們擷取了二本書內之 116 篇文章當成測試文章 (testing documents)。其取樣原則如下：

- (1) 自訓練文章中選擇較長篇幅之 50 篇文章當測試文章。選擇較長篇幅之文章的原因是長文章之文字較多，其內容一般而言會較明確。而平均之篇幅為每篇 230 個字，我們稱此類文章為『訓練資料』(TrainingData)。
- (2) 另 66 篇測試文章是擷取自被選中章節之序論 (introduction) 與總結 (summary)，這些文章是沒有被用來訓練的。我們並將原 64 篇 (32 章*2) 之序論與總結中較長篇幅之文章分割並將較短篇幅之文章合併，以便控制每篇文章平均長度在 250 個字，提升驗證之客觀性。我們稱此類文章為『非訓練資料』(NonTrainingData)。

直接擷取書本之內容可較易知道結果之正確性，除可減少人工判別之誤差，亦可降低尋找測試文章來源之不相關性。而區分訓練資料與非訓練資料之作法旨在驗證族譜之學習能力及一般化 (generalization) 能力。如果族譜之實際效能可在此實驗知識庫中獲得證實，其在知識管理之適用性與可行性即可被期待。

(三) 評估之準則與實驗之對照組

本實驗是以知識文件分類之正確度為評估準則。如前所述，PEDIGREE 僅具一個參數 δ (參見表 2，步驟 1)，我們將之設定為 2。實驗之對照組是以傳統資訊檢索分類技術為主。在現今眾多之分類技術中，我們採用 Naïve Bayes (NB)，其原因有二：

- (1) 如前所述，現今主要文件分類技術均以字串比對來計算相似度，不以動態關鍵字擷取與根據適用場景來進行分類。NB 在這些方面均具相當之代表性。
- (2) 此分類技術已存在許久，是目前最常被使用與肯定之分類技術之一 [Koller & Sahami 1997; McCallum et. al. 1998]。故以 NB 為對照組可方便進行各技術效能之交叉比較。

NB 是在預先選定好之一組特徵字詞 (feature set) 之基礎上建立分類器。其分類之依據是各特徵字詞在各類別中出現之條件機率值。當一篇文件輸入時，NB 針對各類別計算文件中各特徵字詞之條件機率連乘積。乘積最大之類別為輸出類別 (詳細之 NB 方法，請參閱 [Koller & Sahami 1997])。在本實驗中，我們選取了所有之特徵字詞，其集合大小為 1311。選取字詞的方式是先計算各字詞之強度，強度高者優先入選。我們是以 χ^2 方式計算各字詞之強度 (在某些研究中發現此計算方法效能最好 [Yang & Pederson 1997])。

χ^2 是利用該字詞在各類別所出現之頻率作交叉計算。更具體而言，字詞 t 之強度為 $Max \chi^2(t,c)$ ， c 為類別，而 $\chi^2(t,c) = [N*(AD-CB)^2] / [(A+C)*(B+D)*(A+B)*(C+D)]$ ，其中 N 為文章之總篇數、 A 為在類別 c 中出現 t 之文章數、 B 為在類別 c 以外之類別中出現 t 之文章數、 C 為在類別 c 中不出現 t 之文章數、 D 為在類別 c 以外之類別中不出現 t 之文章數。因此，若該字詞在許多類別之出現頻率皆高，則該字詞為不具代表性之字詞，其所獲得之強度即低；反之若該字詞只在某些少數類別中有相當之出現頻率，則其所獲得之強度即較高。由於 NB 是將各類別獨立看待（即不考慮其間之階層關係），此驗證可指出 PEDIGREE 之依知識適用場景來分類之方法相對於現今資訊科技而言，對知識分類之實際貢獻。

二、結果分析

表 5 為 PEDIGREE 之於傳統分類方法 (NB) 之結果。在 PEDIGREE 與傳統分類方法之比較方面，對非訓練資料而言，PEDIGREE 相對於傳統的方法改進了 32.83%，意謂 PEDIGREE 的學習能力較佳，可成功分類較多未曾見過之知識文件。一般實務上，待分類之知識文件多不與原訓練文件相同，族譜在此表現出其較高之效能，對於企業知識管理之推廣具有相當意義。由於傳統方法異於 PEDIGREE 之處主要為知識適用場景之辨識，此實驗結果亦顯示知識之適用場景確能提昇整體知識分類之準確度。

以下我們以一個例子說明為何傳統方法分類錯誤而 PEDIGREE 可分類正確之原因。表 6 是取自 MIS 書中之非訓練資料之測試文章。

表 5：PEDIGREE 之於 NB 之分類準確度

	NB	PEDIGREE	改進幅度
以『訓練資料』測試	0.68	0.98	44.11%
以『非訓練資料』測試	0.67	0.89	32.83%

表 6：測試文章範例

(1) 欲分類目標節點： s17M (s1→s17→s17M) s1: MIS s17: information as a managed resource s17M: managing information resources (2) 測試文章內容： <i>...The accomplishment of the strategic plan for information resources is a major responsibility of the CIO, and he or she is assisted by the other vice presidents and the members of the MIS steering committee. This committee manages all of the ongoing system development projects in the firm. In multinational corporations, some of the projects involve global computer networks. In many firms the strategic information plan is accomplished within corporate cultures that emphasize quality and ethics. A firm's information resources represent a large investment. The CIO is responsible for keeping these resources safe and secure. The CIO considers all of the threats to the firm's computing activities and achieves systems security by means of both physical and logical barriers to unauthorized access...</i>
--

此文章主要是在談論有關管理者管理資訊資源。其正確歸屬類別應為「s1 (MIS) → s17 (information as a managed resource) → s17M (managing information resources)」傳統的分類方法將其誤分類至 MIS 之 s111 類別。此類別主要是談論電腦資訊系統之概況，其本質與實際要分類之測試文章是截然不同的。傳統方法分類錯誤的原因可歸咎於沒有引用適用場景。所以雖然此二類別皆是在討論資訊 (information)，但傳統方法卻只單純利用字串比對來計算相似度，因此造成分類至錯誤類別之情況。舉例而言，電腦 (computer)、資訊 (information)、系統 (system) 等關鍵字相對於錯誤類別 s111 而言，是重要之關鍵字 (參閱表 7)。傳統方法經過比對並計算其相似度後，便將其分類至錯誤類別。

表 7：測試文章分類結果分析

(1) 分類結果：	
(1.1)	PEDIGREE: s17M
(1.2)	對照組: s111
	s1: MIS
	s11: The computer as an organizational information system
	s111: introduction to the computer-based information system
(2) PEDIGREE 擷取出之適用場景在此篇測試文章中之使用情形：	
(2.1)	s1 (MIS)
	<i>access, accomplished, activities, area, business, computer, functional, information, IS 與 system 等。</i>
(2.2)	s17 (information as a managed resource)
	<i>CIO, committee, contingency, information, IS, manages, resource 與 steering 等。</i>
(2.3)	s17M (managing information resources)
	<i>CIO, committee, development, executive, information, IS, operation, plan, resource, responsibility 與 service 等。</i>

反觀 PEDIGREE 能學習並利用知識文件之適用場景，如 s1 之功能 (functional)、資訊系統 (IS) 等；s17 之資訊 (information)、管理 (manages)、資源 (resource) 等；與 s17M 本身之資訊長 (CIO)、委員會 (committee)、職責 (responsibility) 等 (參閱表 7)。因此對於傳統方法分類錯誤之類別 s111 而言，在加入這些場景考量後，發現其接受程度明顯減弱許多，而正確類別之接受程度則明顯增加許多。透過適用場景之辨識，可較清楚掌握文章之原意，進而將文章分類至正確地類別，提高知識分類之準確度。

伍、結論與未來展望

知識是未來企業最重要的資產之一。隨著企業競爭日趨白熱化，越來越多的企業投身於提高企業智商的任務中。因此知識管理成了企業在下一波競爭中能否獲得優勢的關鍵。而實現知識管理之關鍵技術是知識自動分類。若能將企業內龐雜且具變動性與累積性的知識自動地適當分類，即能確實善用知識於企業內，在這個以知識為武器的時代，

成為具有競爭優勢之企業。本文提出一個多代理人合作式知識分類與管理模型，並實際驗證其知識自動分類之成效。此模型利用代理人將知識與員工緊密地結合。藉由知識自動分類等關鍵技術之突破，讓企業內知識之誘導、儲存、分類與共享更為順暢有效。

我們正嘗試擴展本研究以達監控外部知識異動的目標。利用族譜之分類技術，若知識分類至與上次不同之類別，即可直接判定此知識經過更新，進而達到監控外部知識之目的，讓企業能輕鬆掌握外部知識之變遷[盧芸玲 & 劉瑞瓏 2000]。我們並計畫將此模型實際於企業中上線運作，以測試其成效，推廣此合作式知識管理代理人模型。

誌謝

本研究承蒙國科會補助，計畫編號 NSC 89-2218-E-216-008，謹此誌謝。

參考文獻

1. 盧芸玲、劉瑞瓏，民 89，『智慧型代理人在企業知識管理中之應用與展望』，Communications of IICM, Vol. 3, No. 2., 頁 37-49。
2. Apte, C., Damerau, F. and Weiss, S., "Automated Learning of Decision Rules for Text Categorization," ACM Transactions on Information Systems, Vol. 12, No. 3, July 1994, pp. 233-240.
3. Baker, L. D. and McCallum, A. K., "Distributional Clustering of Word for Text Classification," Proc. of ACM SIGIR'98, 1998, pp. 96-103.
4. Barbuceanu, M., "Coordinating agents by role based social constraints and conversation plans," In Proceedings of the Fourteenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI '97), 1997, pp. 16-21.
5. Block, S. B. and Hirt, G. A., "Foundations of financial management," 7th edition, IRWIN, 1994.
6. Brown, C., Gasser, L., O'Leary, D., and Sangster, A., "AI on the WWW: Supply and Demand Agents." IEEE Expert, Vol. 10, No. 4, August 1995, pp. 50-55.
7. Callan, J., "Learning while filtering documents," In Proc. ACM SIGIR Conf., Melbourne, 1998, pp. 224-231.
8. Chen, H., Chung, Y.-M., Marshall, R., and Christopher, C. Y. "An Intelligent Personal Spider (Agent) for Dynamic Internet/Intranet Searching," Decision Support Systems, Vol. 23, No. 1, May 1998, pp. 41-58.
9. Cohen, W. W. and Singer, Y. "Context-Sensitive Learning Methods for Text Categorization," Proc. of ACM SIGIR'96, 1996, pp. 307-315.
10. Cuenca, J. and Ossowski, S. "Distributed Models for Decision Support," in Multiagent Systems – A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, 1999, Weiss G. (ed.),

- The MIT Press, pp. 459-504.
11. Elofson, G., Beranek, P. M. and Thomas, P. "An Intelligent Agent Community Approach to Knowledge Sharing," *Decision Support Systems*, Vol. 20, 1997, pp. 83-98.
 12. Gilmour, D. "How to Fix Knowledge Management," *Harvard Business Review*, October 2003, pp. 16-17.
 13. Grant, R. M., "Prospering in Dynamically-competitive Environments: Organizational Capability as Knowledge Integration," *Organization Science*, 7 (4): 1996, pp. 375-87.
 14. Greiner, R., Grove, A., Schuurmans, D., "On learning hierarchical classifications," <http://logos.uwaterloo.ca/~dale/papers.html>, 1997.
 15. Gundry, J. and Metes, G. "Team Knowledge Management: A Computer-Mediated Approach," <http://www.knowledge.co.uk/wbwteam.html>, 1996.
 16. Hackbarth, G. and Grover, V. "The Knowledge Repository: Organizational Memory Information Systems," *Information System Management*, Vol. 16, No. 3, Summer 1999, pp. 21-30.
 17. Hansen, M. T., Nohria, N., and Tierney, T. "What's Your Strategy for Managing Knowledge?", *Harvard Business Review*, March-April, 1999, pp. 106-116.
 18. Harris, D. B. "Creating a Knowledge Centric Information Technology Environment," <http://www.techined.com/ckc.htm>, 1996.
 19. Hedberg, Sara Reese. "Intelligent Agents: The First Harvest of Softbots Looks Promising." *IEEE Expert*, Vol. 10, August 1995, pp. 6-9.
 20. Hendriks, P. H. J. and Vriens, D. J., "Knowledge-based systems and knowledge management: Friends or foes ?" *Information & Management*, Vol. 35, No. 2, February 1999, pp. 113-125.
 21. Horling, B. and Lesser, V. "Using Diagnosis to Learn Contextual Coordination Rules." *UMass Computer Science Technical Report 99-15*, 1999.
 22. King, W. R. "Integrating Knowledge Management into IS Strategy," *Information Systems Management*, Vol. 16, No. 4, Fall 1999, pp. 70-72.
 23. Koller, D. and Sahami, M., "Hierarchically classifying documents using very few words," *Proc. of ICML'97*, 1997.
 24. Kwan, M. M. and Balasubramanian, P. "KnowledgeScope: managing knowledge in context," *Decision Support Systems*, Vol. 35, 2003, pp. 468-486.
 25. Lam, W. and Ho, C. Y. "Using A Generalized Instance Set for Automatic Text Categorization," *Proc. of ACM SIGIR'98*, 1998, pp. 81-89.
 26. Larkey, L. S. and Croft, W. B. "Combining Clasifiers in Text Categorization," *Proc. of ACM SIGIR'96*, 1996, pp. 289-297.
 27. Lesser, V., Horling, B., Klassner, F., and Raja, A. "BIG: A Resource-Bounded Information Gathering Agent," *UMass Computer Science Technical Report 1998-03*, 1998.

28. Liu, R.-L. and Lin, S.-Y. "Adaptive Coordination of Agents for Timely and Resource-Bounded Information Monitoring," Proc. of the 4th International Conference on MultiAgent Systems (ICMAS-2000), 2000, Boston, U.S.A., pp. 175-182.
29. Martial, F. von "Cooperation and Coordination of Intelligent Agents," in Coordinating Plans of Autonomous Agents, Springer-Verlag, 1992, pp. 15-57.
30. Markus, M. L. "Toward a Theory of Knowledge Reuse: Types of Knowledge Reuse Situations and Factors in Reuse Success," Journal of Management Information Systems, Vol. 18, No. 1, Summer 2001, pp. 57-93.
31. McCallum, A., Rosenfeld, R., Mitchell, T., and Ng, A. Y., "Improving Text Classification by Shrinkage in a Hierarchy of Classes," Proc. of ICML'98, 1998.
32. McLeod Jr Raymond "Management Information Systems" 6th edition, Prentice Hall International, Inc, 1995.
33. Iadenic, D. and Grobelnik, M., "Feature selection for classification based on text hierarchy," Proc. of the conference on Automated Learning and Discovery, 1998.
34. Nicholas, H. M. and Clarkson, P. J. "Web-Based Knowledge Management for Distributed Design," IEEE Intelligent Systems, May/June 2000, pp. 40-47.
35. Nidumolu, S. R., Subramani, M., and Aldrich, A., "Situated Learning and the Situated Knowledge Web: Exploring the Ground Beneath Knowledge Management," Journal of Management Information Systems, Vol. 18, No. 1, Summer 2001, pp. 115-150.
36. Nonaka, I. "A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation," Organization Science, Vol. 5, No. 1, February 1994, pp. 14-37.
37. Nonaka, I. and Konno, N. "The Concept of "Ba": Building a Foundation for Knowledge Creation," California Management Review, Vol. 40, No. 3, 1998, pp. 40-54.
38. Reuber, R. "Management Experience and Management Expertise," Decision Support Systems, Vol. 21, 1997, pp. 51-60.
39. Riloff, E. and Lehnert, W. "Information Extraction as a Basis for High-Precision Text Classification," ACM Transactions on Information Systems, Vol. 12, No. 3, 1994, pp. 296-333.
40. Shchapire, R. E., Singer, Y., and Singhal, A. "Boosting and Rocchio Applied to Text Filtering," Proc. of ACM SIGIR '98, 1998, pp. 215-223.
41. Sugawara, T., and Lesser, V. R. "Learning to Improve Coordinated Actions in Cooperative Distributed Problem-Solving Environments," Machine Learning 33, 1998, pp. 129-153.
42. Turban, E. and Aronson, J. E. "Intelligent Agents and Creativity," in Decision Support Systems and Intelligent Systems, Prentice-Hall, Inc, 1998, pp. 720-762.
43. Vail, E. F. "Knowledge Mapping: Getting Started with Knowledge Management," Information Systems Management, Vol. 16, No. 4, Fall 1999, pp. 16-23.
44. Yang, Y. and Chute, C. G. "An Example-Based Mapping Method for Text Categorization and Retrieval," ACM Transactions on Information Systems, Vol. 12, No. 3, 1994, pp.

252-277.

45. Yang, Y. and Pederson, J. O., "A Comparative Study on Feature Selection in Text Categorization," Proc. of 14th International Conference on Machine Learning (ICML 97), pp. 412-420.
46. Zeng, D. and Sycara, K. "Benefits of Learning in Negotiation," Proc. of AAAI-97, 1997, pp. 36-41.