

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

建構一種根植於學習分類元系統的智慧型代理人之模式 Constructing An Intelligent Agent Model Based on Learning Classifier Systems

計畫編號：NSC 90-2113-E-034-002

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：林豐澤 中國文化大學 應用數學系

一、 中文摘要

代理人是一個以自主性與合作性連續作用於某一特定環境，協助使用者處理一些事情的軟體。當代理人具有學習與推理能力時我們稱之為智慧型代理人，智慧型代理人可以根據使用者的喜好與習性來做各種適應性的調整。需要使用代理人的理由有三項。第一、代理人可使用代理人專用的通訊語言透過網路通訊達成彼此間的合作，以簡化分散式計算的工作。第二、使用者不再直接操作，克服了使用者介面的問題，進而提升資訊服務的實際效益。第三、代理人可做為資源管理者，做好有效的工作規劃、資源分配、監督與執行。然而，當我們發展智慧型代理人技術時，會面臨下列兩大課題：(一) 有那些好的技術可用於機器學習與規則推論？(二) 有那些好的方法論可用來建構智慧型代理人模式？本研究計畫就是針對這兩個課題而進行的。我們利用分類元系統具有的大量平行處理訊息傳遞方式，來做為機器學習的一種機制。分類元不同於專家系統使用的

規則，因為它不是使用符號而是使用0與1的二元串列型式。因此它可利用基因演算法的演化程序，透過交配與突變淘汰不適用的分類元，引進新的分類元，藉以達成學習的目標。本研究計畫就是根據學習分類元系統來建構一個智慧型代理人的學習模式，同時提出一套建構的方法論。

關鍵詞：智慧型代理人、機器學習、分類元系統、基因演算法、學習分類元系統

Abstract

Agent is a software entity that functions continuously using an autonomous and collaborative way for facilitating users to accomplish their tasks in a particular environment. We call it an intelligent agent if an agent has learning and inference capabilities. An intelligent agent can adjust its behavior in an adaptable manner based on user's preference and habit. There are three reasons for explaining the question of "why agents"? First, agents can communicate with each other using the specific agent

communication language over the net that will simplify the complexities of distributed computing. Second, users no more directly manipulate interfaces that will overcome the limitations of current user interface approaches. This work will promote the efficiency of information services. Third, agents can be viewed as the resource manager that performing the functions of task planning, resource allocation, task monitoring and execution, and etc. However, as we develop agent technology, two major problems will arise there. First, which method for machine learning and rule inference is the best? Second, which methodology for constructing an intelligent agent model is most useful? We use classifier systems, which are massively parallel, message passing, as a mechanism for machine learning. Classifiers are different from the rules used in expert systems because they are 0 and 1 binary string coding rather than symbolic character representation. As a result, classifier systems can use genetic algorithms for performing evolutionary computations, where the process of crossover and mutation can eliminate old classifiers and create new classifiers in order to attain the goal of learning from evolution. The purposes of this research are to construct an intelligent agent model that based on the concept of learning classifier system and also to propose a methodology for constructing the intelligent model.

Keywords: Intelligent Agent, Machine Learning, Classifier Systems, Genetic Algorithms, Learning Classifier Systems

二、 緣由與目的

軟體代理人 (Software Agent, 以下簡稱代理人) 是一個發展非常迅速的研究領域。自從 1994 年七月號的 Communications of the ACM 以專輯方式刊出數篇代理人的文章後, 代理人一詞便經常出現在資訊科學、資訊工程、工程科學、資訊管理、企業管理與應用數學等學門上。事實上, 目前代理人已被廣泛的應用在許多行業, 包括工業、商業、出版業、網路與多媒體等等, 而且說法眾說紛紜, 用途也不一。

代理人的觀念可溯至 1970 年代分散式人工智慧 (Distributed Artificial Intelligence, 簡稱 DAI) 的研究領域, DAI 是研究如何以分散計算方式來達成 AI 問題的平行處理。1976 年學者 Carl Hewitt 曾提出 Concurrent Actor Model, 這個 Actor 就是類似現在的 Agent。到了 1990 年代, 學術界例如史丹福與 MIT 積極投入代理人之研究, 之後各種不同性質的代理人紛紛出現, 包括了 Interface Agent, Mobile Agent, Collaborative Agent, Reactive Agent, Information Agent 等等。隨著網際網路的盛行, 美國華盛頓大學於 1994 年曾製作一個智慧型代理人, 稱為軟體機器人 (Software Robot, 簡稱 Softbot)。Softbot 是使用 UNIX 的 shell 結合 WWW, 做為使用網際網路資源的介面代理人。最近幾年來, 網路上更盛行所謂的 Multi-User Domain (簡稱 MUD), 使用者可以登錄進入系統去探險, 在虛擬實境的虛擬世界裡, 你可以嘗試各種不同的角色, 體驗不同的人生。更有所謂 bot (Softbot 的簡稱) 以擬人化方式與你交談。其中最著名的是 Julia, 是一個 Entertaining Agent。

無論如何, 我們可以簡單的說, 一個代理人是一個可自主且可連續作用於某一

特定環境的軟體個體。而一個智慧型代理人 (Intelligent Agent) 應具備自主性、可移動、能學習、推理、協調溝通、與分工合作等基本能力。代理人的研究已從早期 DAI 的計算模式，到目前多樣性、廣域性、兼具各種功能的代理人。需要代理人的理由歸納出來有三項。第一、代理人可使用特定的通訊語言透過網路彼此溝通達成合作，如此可簡化分散式計算工作。第二、使用者不再直接使用各種設備或需要記憶各種操作指令或使用程序，這克服了使用者界面的問題，因而可提升各種資訊服務的實際效益。第三、代理人可做為資源管理者，取代部份作業系統的工作，能做好工作的規劃、資源的分配、任務的監督與執行。由此可見，未來軟體的發展有可能會走向以代理人為主的軟體工程與代理人導向的程式設計，所以智慧型代理人會繼續不斷的研究與發展。到目前為止，代理人的實際應用可從電子商務、電子事業、虛擬企業、科學計算、網路通訊、智慧型製造業、家庭自動化、遊戲娛樂到建構軟體元件等等。然而，建構智慧型代理人，學習與推理是最重要與較困難的部分，不同的做法得到不同的效果，若使用的技巧不對則學習效果必然差。MIT 的智慧代理人是強調人性化 (Personalization)、自主性、與學習三項，他們將人性化置於首位。如何達到人性化的介面？這也是當前研究智慧型代理人的重要課題之一。

三、 結果與討論

我們以分類元系統為基礎並設計基因演算法來建立學習的機制，並強化學習的機能。學習分類元系統主要由下列三子系統所組成的。

- (a) Rule and message subsystem
- (b) Reward subsystem
- (c) Rule Generation subsystem

我們建立的架構包括有：偵測器、操縱器、訊息公佈欄、與分類元儲存處。分類元的語法結構是：

$\langle \text{classifier} \rangle ::= \langle \text{condition} \rangle : \langle \text{message} \rangle$

$\langle \text{condition} \rangle ::= \{0, 1, \#\}^n$

其中 condition 就是一般規則的 if-part，message 就是 then-part。if 部分只是個假設，有一定的可信度，因此被賦予一個數值稱之為強度。基本上，這個分類元系統是並行處理多個規則的系統。因此分類元間可透過大量平行處理的訊息傳遞方式，來做為一種機器學習的機制。其處理的步驟如下：

Step 1. Place all environmental messages on the current message list.

Step 2. Compare all messages to all conditions of classifiers in the classifier store, record all messages and erase the message list.

Step 3. For each match compute a bid based on the strength of the classifier and place only the messages of the highest bidding classifiers on the message list.

Step 4. If the new message list specifies some action to be taken, do so, but with resolution of effector conflicts if necessary.

Step 5. Return to Step 1.

我們的學習機制是根據下列的強度計算公式：

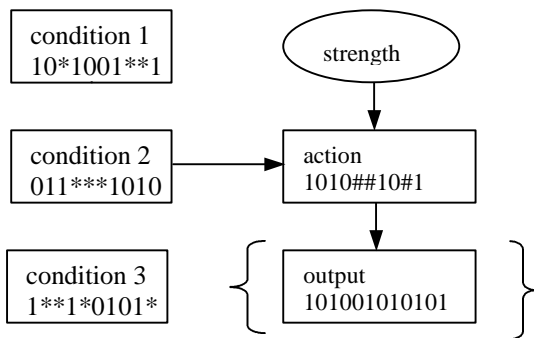
$$(1) B(C, t) = R(C) * S(C, t)$$

$$(2) S(C, t + 1) = S(C, t) - kB(C, t)$$

$$(3) S(G, t + 1) = S(G, t) + kB(C, t) / n$$

$B(C, t)$ 是 classifier C 在時間 t 的 bid， $R(C)$ 是 classifier C 的 specificity， $S(C, t)$ 是 classifier C 在時間 t 的 strength。k 是某一百分比率，G 是一群 classifiers 被 classifier C 所激發的。所有 $kB(C, t) / n$ 的和就是它的 reward, Rew。當一個

classifier 滿足某一條件時，它對應的 strength，action，與 output 如下圖所示：



我們也加入一個 prediction，其計算公式如下：

$$p_j \leftarrow p_j + r(\text{Rew} - p_j)$$

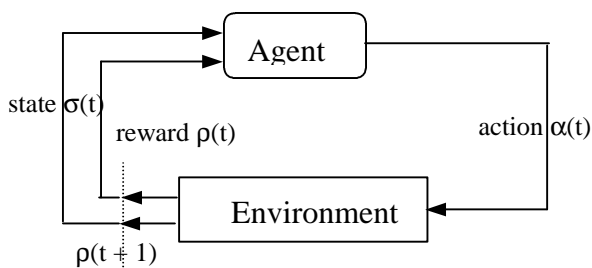
其中 p_j 是 Classifier C_j 的 prediction， r 是 learning rate，Rew 是每一 classifier 所收到的 reward。每一 classifier 的 error rate 是 $V_j \leftarrow V_j + r(|\text{Rew} - p_j| - V_j)$ 。而學習的過程大致如下：

Initialization

```

Create a classifier for each condition-action pair;
t := 0;
Set S(C, t) to an initial value;
Repeat forever
  Read (m) //m is a message
  Let M be the matching set;
  Choose the firing classifier c ∈ M, with a probability given by S(C, t) / ∑ S(C, t) ∈ M;
  Change classifiers strength according to the prediction;
  t := t + 1;
  Perform the action or the output
  
```

而 agent 與環境的互動如下圖所示：



四、計畫成果自評

由於智慧型代理人目前是大學學術追求卓越發展計劃中‘新一代資訊通訊網路尖端核心技術’的一項分項計劃。該計劃的主要目標為研究如何透過網路智慧代理人讓使用者與提供資訊的 ISP 之間建立起一座橋樑，提高網際網路資訊服務的效益。而本研究計劃是針對學習與推論方面做理論與應用之研究，以期產生人性化、更具學習能力的智慧型代理人。我們所使用的技巧與方法論不同於上述分項計劃，有學術上的價值。目前的成果只是個起步，我們會再繼續做學習分類元系統方面的研究。

參考文獻

1. M. Dorigo and U. Schnepf, “Genetics-Based Machine Learning and Behavior-Based Robotics: A New Synthesis.”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 23, 1, pp.141-154, 1993.
2. O. Etzioni, N. Lesh, and R. Segal, Building softbots for UNIX, Technical Report 93-09-01, University of Washington, 1993.
3. O. Etzioni and D. Weld, “A Softbot-Based Interface to the Internet”, CACM, Vol. 37, No. 7, pp. 72-76, 1994.
4. L. N. Foner, “Entertaining Agents: A Sociological Case Study”, The First International Conference on Autonomous Agents (Agents’97), Marina del Rey, CA, 1997.
5. M. Gen and R. Cheng, Genetic Algorithms & Engineering Design, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997.
6. M. Genesereth and S. P. Ketchpel, “Software Agents”, CACM, Vol. 37, No. 7, pp. 48- 53, 1994.
7. M. Genesereth, “An Agent-Based Framework for Interoperability”, In J. M. Bradshaw, editor, Software Agents, AAAI Press, pp. 317-345, 1997.

8. D. E. Goldberg, "Genetic Algorithms – in Search, Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.
9. D. E. Goldberg, "Genetic Algorithms and Rule Learning in Dynamic System Control", Proceedings of the First International Conference on Genetic Algorithms and Their Applications, pp.8-15, 1985.
10. R. Gustavsson, "Agents with Power", CACM, Vol. 42, No. 3, pp. 41-47, 1999.
11. C. Hewitt, "Viewing Control Structures as Patterns of Passing Messages", Artificial Intelligence 8(3), pp. 323-364, 1977.
12. B. Hayes-Roth, "An Architecture for Adaptive Intelligent Systems", Artificial Intelligence 72 (1-2), pp. 329-365, 1995.
13. S. R. Hedberg, "Intelligent Agents: The First Harvest of Softbots Looks Promising", IEEE Expert, August, 1995.
14. J. H. Holland, "Adaptation in Natural and Artificial Systems", Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1975.
15. J. H. Holland, "Properties of the Bucket Brigade", Proceedings of the First International Conference on Genetic Algorithms and Their Applications, pp.1-7, 1985.
16. A. Joshi and M P. Singh, "Multiagent Systems on the Net", CACM, Vol. 42, No. 3, pp. 39-40, 1999.
17. J. A. King, "Intelligent Agents: Bringing Good Things to Life", AI Expert, February, pp.17-19, 1995.
18. F. T. Lin and T. B. Wu, "Designing a genetic algorithm for rapidly breaking Vigenère cipher", The Proceedings of the Fifth Conference on Artificial Intelligence and Applications, TAAI 2000, Nov. 17, 2000, pp. 548-553.
19. F. T. Lin and J. S. Yao, "Applying Genetic Algorithms to Solve Some Fuzzy Equations", Proceedings of the 2000 International Computer Symposium, Workshop on Artificial Intelligence, National Chung Cheng University,, Chiayi, Taiwan, Dec. 6- 8, pp. 128-133, 2000.
20. P. Maes, "Agents that Reduce Work and Information Overload", CACM, Vol. 37, No. 7, pp. 30-40, 1994.
21. M. Mauldin, "Chatterbots, TinyMUDs, and the Turing Test: Entering the Loebner Prize Competition," Proceedings of Twelfth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-94), Seattle, Washington, August 1994.
22. M. Mitchell, An Introduction to Genetic Algorithms, A Bradford Book, The MIT Press, Mass.,1996.
23. H. S. Nwana, "Software Agents: An Overview", Knowledge Engineering Review, Vol. 11, No. 3, pp. 205-244, 1996.
24. H. S. Nwana and M. Wooldridge, "Software Agent Technologies", British Telecommunications Technology Journal 14(4), October, 1996.
25. C. Petrie, "Agent-Based Software Engineering", Lecture Notes in AI, Springer-Verlag, 2000.
26. M. Shaw and R. Sikora, "A Multi-agent Framework for the Coordination and Integration of Information Systems", Management Science, November 1998.
27. M. Shaw and R. Sikora, "A Computational Study of Distributed Rule Learning", Journal of Information System Research, Vol. 7, No. 2, June 1996, pp. 189-197.
28. W. M. Spears and K. A. De Jong, "Using Genetic Algorithms For Supervised Concept Learning", Technical Report, George Mason University, 1994.
29. S. Wilson and D. E. Goldberg, "A Critical Review of Classifier Systems", Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms, 1989, pp. 244-255.
30. M. Wooldridge and N. Jennings (Ed.), "Intelligent Agents: Theory and Practice", The Knowledge Engineering Review 10 (2), pp. 115-152, 1995.
31. M. Wooldridge and N. Jennings (Ed.), Intelligent Agents, Lecture Notes in Artificial Intelligence 890, Heidelberg: Springer Verlag, 1995.