

具備人工生命的汽車駕駛虛擬環境之研究—  
行為與動畫引擎子計畫 (I)  
Artificial Life for the Virtual Environment of Driving –  
The Behavior and Animation Engine (I)

計畫編號：NSC87-2213-E-009-035

執行期間：86/08/01—87/07/31

主持人：柯皓仁 教授 交通大學計算機中心

一、中文摘要（關鍵字：虛擬實境、人工生命、駕駛模擬器、獨立個體、行為模式、反應與互動、環境感測引擎）

道路駕駛模擬一直是虛擬實境的重要應用，而在目前的道路駕駛模擬系統中，大多是以固定的場景配合參與者的操作為主軸，較缺乏模擬環境中各角色間（如汽車與汽車、汽車與行人、汽車與環境等）的互動，因此無法使參與者（駕駛者）達到全然的身歷其境。本計畫著重於人工生命技術在道路駕駛模擬環境中之應用，以加強參與者在虛擬環境中之身歷其境感。我們已建構了獨立個體模型與獨立個體行為模式，並完成環境感應引擎之設計。

英文摘要（Key Words: Virtual Reality, Artificial Life, Driving Simulator, Autonomous Agent, Behavioral Model, Reaction and Interaction, Sensing Engine）

Driving simulators are important applications of virtual reality. The traditional applications of driving simulators include only the scene

created by applications' screenwriters, and are short of the interaction between the participants (drivers) and the roles in the scene, (such as the interaction between cars and cars, between cars and pedestrians, and between cars and the environment, etc.) This could prevent the participants from achieving the full immersion in the virtual environment. In this project, we include the concept of artificial life as an effective approach to embed the interaction between roles in a virtual environment. We have constructed the model of autonomous agents, the model of the behaviors of autonomous agents, and the basic design of the sensing engine.

二、計畫緣由與目的

動畫製作(Animation) 在虛擬實境 (Virtual Reality)與電腦繪圖領域中是一個很大的研究分支。過去十年來，動畫製作研究的方向由純粹的以幾何模型來建構 (Geometric Modeling) 進展到以物理為基礎的製作 (Physically-Based Modeling)，這些進展使我們能夠很逼真地模擬真實世界中物體的動作。由於虛擬實境技術的

引進，動畫製作者隨即面臨一個嶄新的挑戰，虛擬實境的必要條件之一是要能夠給予參與者 (Participants) 「身歷其境」 (Immersive) 的效果，然而以傳統技術製作出來的動畫，由於是一個固定不變的畫面順序 (Frame Sequence)，因此對虛擬實境的參與者而言，僅能以旁觀者 (Viewer) 的立場，去觀看戲中角色的表演，而無法與這些角色 (或稱為虛擬演員，Virtual Actors) 有即時性互動，一個虛擬演員也無法根據其他虛擬演員或參與者的動作來調整其行動模式，換句話說，將傳統的動畫技術應用在虛擬實境中並無法使參與者得到全然身歷其境的效果。也就是在上述的情況下，近幾年來，動畫製作的研究出現一個新的研究方向，即為「人工生命」。人工生命主要在結合電腦繪圖與生物學 (Biology) 上的知識，用以模擬動畫製作中各角色的運動狀態。人工生命適用的範圍可以由植物、動物、人類，甚至可以應用在具備與生物類似機制的非生物 (如本研究之重點：汽車)，在虛擬實境中運用人工生命的優點是能夠增加參與者與整個虛擬環境的互動性，加強參與者身歷其境的感覺。本計畫的目的是研究人工生命在「身歷其境的汽車駕駛虛擬環境」中之應用所需要的技術。

### 三、研究方法與成果

為了在汽車駕駛的虛擬環境中融入人工生命，並賦予這些人工生命類似於真實生命的行為與反應，我們依序研發下列汽車虛擬環境中相關的研究課題：

1. 獨立個體模型之建構 (The Modeling of Autonomous Agents)  
我們以「物件導向 (Object-Oriented)」的方法來建構汽車個體、行人個體、道路狀況個體、天候狀況個體與背景物個體。環境中的每一種個體，均以一個物件形式 (Object Type) 來表示，而每一個個體則為其所屬物件形式的一個 Instance。我們將根據每一種獨立個體的特性指定其相關屬性，屬性可分為 (1) 幾何屬性、(2) 動作屬性以及 (3) 行為屬性等三種。幾何屬性主要用來描述獨立個體的形狀、位置等與幾何相關的特性。動作屬性則用來描述個體的動作狀況。而行為屬性則包括與目的、動機、感應等相關的內部變數 (Internal Variable) 以及方法 (Method, Operator)。
2. 獨立個體行為模式之建構 (The Modeling of The Behaviors of Autonomous Agents)  
我們以多階層式控制 (Multiple-Level Control) 的概念應用在本系統中，整個行為模式可分為 (1) 行為單元階層 (Behavior Unit Layer)：主要用來定義獨立個體巨觀的行為模式，如超車、路邊停車等。(2) 基本行為階層 (Elementary Behavior Layer)：其作用在於接收行為單元階層的指令，以控制個體的基本行為 (Elementary Behavior)，如轉彎、剎車、加速等。(3) 動畫階層 (Animation Layer)：其目的在於控制個體的實際運作方式，如打左轉方向燈、方向盤向右打一圈等。

### 3. 環境感應引擎之設計 (The Design of The Sensing Engine)

在環境感應引擎的設計上，我們建構了所有個體的物件資料庫，以便使環境感應引擎的測試能夠集中在對汽車與行人的行為有影響的個體上，如此可使環境感應引擎需要測試的物件大幅減少。另外，我們也利用汽車駕駛環境的一貫性 (Coherence) 來組織物件資料庫，並採用交錯式方格 (Interleaved Square) 來分割道路駕駛環境，使環境感應引擎能夠快速地偵測到在影響範圍內的物件以及便利預先擷取 (Prefetch) 工作之進行。

### 四、結論與討論

我們已將人工生命技術應用於道路駕駛模擬系統中，使系統中之獨立個體能感測環境中具影響的個體，並據以產生適當的行為，如此可大幅提昇駕駛者身歷其境的感覺，加強道路駕駛模擬系統之功效。我們的方法包括三個階段：獨立個體模型之建構、獨立個體行為模式之建構、環境感應引擎之設計。在獨立個體模型之建構階段，我們先建構了汽車、行人、交通號誌等的模型。在獨立個體行為模式階段，我們以階層式控制之方式，建構了系統中各獨立個體之行為模式。最後在環境感應引擎之設計階段，我們以建構了包含所有個體之物件資料庫，並以交錯式方格分割道路駕駛環境，使環境感應引擎能快速偵測到影響範圍內的物件以及便利預先擷取工作之進行。

### 五、參考文獻

1. Y. Aloimonos, ed., "Active Perception," Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1993.
2. I. Aleksander, "Artificial Consciousness," *Artificial Life and Virtual Reality*, John Wiley, Chichester, 1994, pp. 73-81.
3. R. C. Arkin, "Integrating Behavioral, Perceptual, and World Knowledge in Reactive Navigation," *Design Autonomous Agents*, pp. 105-122, MIT Press, Cambridge, 1990.
4. N. I. Badler, C. B. Philips, B. L. Webber, "Simulating Humans," *Computer Graphics Animation and Control*, Oxford University Press, 1993.
5. P. Becheiraz, R. Boulic, D. Thalmann, "A Walking Control of Autonomous Human Actors for The Evaluation of Public Environments," *SIGGRAPH '95 Course Note 7*, pp. 5-67.
6. A. D. Blimbo, E. Vicario, "Specification by-Example of Virtual Agents' Behavior," *IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics* 1(4): 350-360, 1995.
7. B. M. Blumberg, T. A. Galyean, "Multi-Level Direction of Autonomous Creatures for Real-Time Virtual Environment,"

- Proc. SIGGRAPH '95*, 1995, pp. 47-54.
8. B. M. Blumberg, "Action-Selection in Hamsterdam: Lessons from Ethology," *Third International Conference on the Simulation of Adaptive Behavior*, MIT Press, pp. 108-117, 1994.
  9. R. Brooks, "A Robust Layered Control for A Mobile Robot," *IEEE Journal of Robotics and Automation*, 2(1): 14-23, 1986.
  10. G. Bucci, R. Mattolini, and E. Vicario, "A Framework for the Development of Object-Oriented Distributed Systems," *Proc. International Symposium of Autonomous and Distributed Systems*, Kavasaky, Jaoan, 1993.
  11. J. L Crowley, "Navigation for An Intelligent Mobile Robot," *IEEE Journal of Robotics and Automation*, Ra-1(1): 31-41, 1987.
  12. H. Hugkum, C. Faccinetti, "Architecture of An Autonomous System: Application to Mobile Robot Navigation," *Proc. Symposium on Artificial Intelligence and Robotics*, pp. 97-110, 1994.
  13. M. W. Krueger, "*Artificial Reality II*," Addison Wesley, 1990.
  14. J. Kuhl, D. Evans, Y. Papelis, R. Romano, and G. Watson, "The IOWA Driving Simulator, and Immersive Research Environment," *IEEE Computer*, 35-41, 1995.
  15. S. Levy, "*Artificial Life*," Vintage Books, NY, 1992.
  16. P. Maes, T. Darrel, and B. Blumberg, "The Alive System: Full Body Interaction with Autonomous Agents," *Computer Animation '95 Conference*, IEEE Press, pp. 11-18, Switzerland, 1995.
  17. P. Maes, editor, "Design Autonomous Agents," The MIT Press, Cambridge, MA, 1991.
  18. P. Maes, "Bottom-Up Mechanism for Behavior Selection in An Artificial Creature," *Proc. First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*, 1991.
  19. H. Noser, O. Renault, and D. Thalmann, N. Magnenat-Thalmann, "Navigation for Digital Actors Based on Synthetic Vision, Memory and Learning," *Computers and Graphics*, 19(1):7-19, 1995.
  20. C. W. Reynolds, "Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model," *Computer Graphics*, 21(4):25-34, 1987.
  21. X. Tu and D. Terzopoulos, "Artificial Fishes: Physics, Locomotion, Perception, Behavior," *Proc. SIGGRAPH '94, Computer Graphics*, 1994, pp. 42-48.

22. T. Tyrell, "The Use of Hierarchies for Action Selection," In From Animals to Animats 2, Proc. Second International Conference on Simulation of Adaptive Behavior, pp. 138-147, 1993.
23. J. Wilhems and R. Skinner, "A Notion for Interactive Behavioral Animation Control," *IEEE Computer Graphics and Applications*, 10(3): 14-22, 1990.
24. J. Wilhems, "Toward Automatic Motion Control," *IEEE Computer Graphics and Application*, 7(4): 11-22, 1987.