

搜救好幫手—機器蛇

文·圖／周瑞仁

蛇類經過特殊的演化過程，選擇退化四肢，發展出一套獨特的運動方式—蜿蜒爬行，這種運動方式特別適合於崎嶇不平、開口小、細長而難以到達的空間或角落。因此我們常在沙漠、草叢、沼澤、山洞，甚至樹上、水中各種環境地形中發現蛇類的蹤跡。想要在各種不同的災難現場或是危險環境中自動進行偵搜或提供現場資訊，第一個想到的平台就是機器蛇。921大地震後，我們開始有了研究機器蛇的動機與想法，目的就是希望能夠把握黃金救援72小時，迅速進入結構體傾斜或龜裂的危樓當中，肩負起探測生命跡象或扮演災難現場蒐集資訊的角色，作為搜救決策的參考。

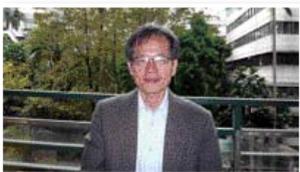
機器蛇的研究近況

機器蛇的研究起步很早，日本東京工業大學（Tokyo Institute of Technology）廣瀨茂男（Shigeo Hirose）教授早在70年代就開始機器蛇的研究，30多年來陸續開發出各式各樣的機器蛇，有陸上走的、水中游的、也有水陸兩用的。目前世界上研究機器蛇比較有名的單位除了廣瀨茂男教授實驗室之外，美國太空總署（NASA）、瑞士洛桑聯邦理工學院（Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, EPFL）仿生機器人研究團隊、卡內基美隆大學（Carnegie Mellon Univ.）、密西根大學（Univ. of Michigan）、德國國家資訊技術研究中心（German National

圖1：機器蛇爬樓梯



圖2：機器蛇爬水管



周瑞仁

1980年臺大農業工程學系機械組畢業，1984年碩士，1990年獲美國加州大學洛杉磯分校機械工程學系碩、博士。同年返母系任教迄今。研究專長為機電整合、機器人學、自動控制。

Research Center for Information Technology, GMD) 等單位都有不錯的研究成果。

我們實驗室發展的機器蛇主要用於危樓內部狀況的情報蒐集，因此必須能夠上下樓梯（圖1）、匍匐爬行或攀爬管柱（圖2）。圖1、圖2所展示的機器蛇由17個關節模組所組成，每個模組的組裝架構如圖3所示，相鄰兩模組之旋轉軸互成垂直連結，這樣的安排可以讓機器蛇做出複雜的3維動作。只要提供足夠的電力，它可以一路串接下去，一般而言，串接的節數越多，自由度越大，動作會更具彈性。事實上，真實蛇的脊椎往往介於100~400根之間，以工程的方法要實現這麼多節數的機器蛇基本上有其困難，如何以簡化的機構，達到真實蛇的運動功能，呈現左右、上下波動、側向橫移、或像手風琴一樣地折疊前進，的確是一大挑戰。

我們所研發的機器蛇身上裝有控制器、手機模組及電池，而蛇頭上配置攝影機與超音波感測器（如圖1與圖2所示）。使用者可以採用我們一般常用的手機與機器蛇上的手機模組進行通訊，遠端遙控，因此只要手機能夠溝通的地方，就可以透過手機撥號，以按鍵的方式隨心所欲地控制機器蛇的行動。手機模組與我們使用的手機基本上是一樣的，

同樣需要一張SIM卡，也需要一個門號，唯一的不同在於它有開放的輸出入介面，容許我們與機器蛇的其他元件做系統整合。安裝在蛇頭上的攝影機，可以將機器蛇看到的影像即時地以無線傳輸的方式送達遙控端，使用者可以根據這些環境資訊，發出遙控信號；而對於已知的環境，我們則可以將所有軌跡或步態寫成程式，由程式來控制其動作。機器蛇頭上裝設測定距離的超音波感測器，乍看之下，外貌酷似響尾蛇。電池則採用兩顆鋰電池所組成，提供機器蛇上所有的能源。機器蛇上背負這麼多東西，為了避免集中在一處，造成頭重腳輕，或腳重頭輕，需考量電池、控制器、手機模組及感測器等元件的平衡配重問題。

以大自然為師

為了進行機器蛇的研發，我們數度到木柵動物園觀察真實蛇在不同環境下的運動模式，也到圖書館查詢蛇類相關書籍，觀看錄影帶，研究蛇類生理結構和運動步態。

模仿大自然，然後用人為的方式巧妙地把他們給重塑出來，這是工程師常做的事情（圖4（a））。近世以來，前人向大自然學習並應用工

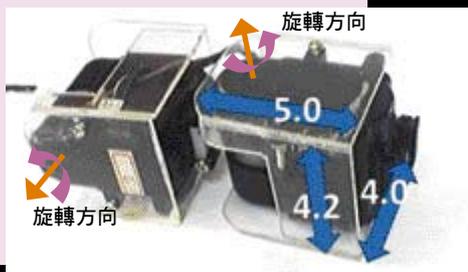


圖3：機器蛇模組

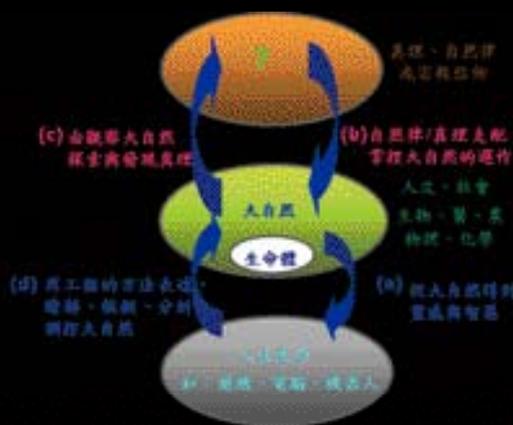


圖4：以大自然為師

程技術而開發出來的產品不計其數，例如：飛機模仿飛鳥，船舶的設計概念來自於水中游魚，當初電腦的開發就是期待取代或強化人腦，蜂窩的啟示大大增強了土木結構，其他人工關節、人工心臟、人工耳、人工眼等人造器官都是來自於大自然中生命系統的啟迪。事實上螢火蟲的閃光應答對光通訊技術的啟發，蝙蝠、海豚的超音波定向導航與偵測對雷達與聲納的開發都功不可沒。除了以上實體的東西靈感來自於大自然之外，一些方法或演算法最初的想法也是來自於生命系統，如：螞蟻演算法（Ant algorithm）、類神經網路法（Artificial neural network）、遺傳演算法（Genetic algorithm）、模糊邏輯理論（Fuzzy logic theory），以及其他許多人工智慧（Artificial intelligence）相關的方法都是來自於生物體的啟發。工程，簡單的說就是「人造東西」的科技。創意不必外求，向大自然取經、學習，即可得到無窮無盡的創意。

大自然一切的運行與變化都來自於真理或自然律的支配與掌控（圖4（b））。理解大自然的韻律與啟示，有助於我們掌握真理（圖4（c））。我們對真理的認識，很大一部分來自於對大自然的觀察與研究，大自然就像一位智者一樣，不斷含蓄地向我們揭露真理。然而大自然本質上是複雜的，需要更多有用的工具來協助表達、瞭解、建模、模擬、分析、鑑別與調控（圖4（d））。在這方面，工程已經發展出許多有用的方法，期待應用在自然、人

文、社會科學上，做整體性和系統化的研究與探索。

結論

由於機器蛇具有長而細的身軀，能鑽能爬，足以克服許多複雜的地形，因此可用在危險環境中的探測或狹小管道之檢測。除了在地震或火災現場尋找生還者，探視災難現場的情形，決定救援行動之外，也可用在有粉塵、有輻射、有毒害等惡劣環境中執行偵搜任務，甚至警察攻堅或戰場中的先遣偵察上。事實上，我們在健康檢查或手術上常見的內視鏡，也可以看成某種形式的微型機器蛇。從教育的觀點看，藉著觀察真實蛇這樣的生命系統，將牠當作模仿對象，從中擷取靈感，以現有的資源、工程的方法有創意地仿效，並實現出來。從整個實作的過程當中，挖掘問題，學習解決問題的能力，並獲得知識，如：系統的觀念、控制的知識、感測的原理、選用馬達的原則與傳動機構的動力學基礎等，體會跨領域整合—光機電整合的樂趣與困難，同時也可以從中學習到人工智慧、智慧型控制、或機器學習等課題。當然在製作機器蛇之前必須先瞭解蛇類的行為與機制，這對於生物，特別是動物的生理、結構、習性、動作、功能的學習非常有幫助。因此不管在實務上、理論上或教學上，機器蛇都是一個很好的平台，其應用前景廣闊，具有很大的發展潛力。（本文策畫／生物產業機電工程學系林達德主任） 

延伸閱讀：

1. Hirose Shigeo, 1993. Biologically inspired robotics. Oxford Univ. Press.
2. Webb Barbara and Consi Thomas R., 2001. Biorobotics-methods & applications. MIT Press.
3. Menzel Peter and D'Aluisio Faith, 2001. Robo sapiens: evolution of a new species. MIT Press.
4. Wilson H. Daniel, 2006. How to survive a robot uprising. Blackstone Audio Inc.
5. 羅慶生、韓寶玲、越小川、張輝。2008。現代仿生機器人設計。電子工業出版社。
6. 羅均、蔡少榮、翟宇毅、王琦。2006。特種機器人。化學工業出版社。