

標題：機器人的智慧分工

關鍵字：智慧型機器人、階層式流程、互動式流程、群體機器人



自 20 世紀以來，傳統機器人一直都是工廠自動化設備的典範。然而，他們往往聽命於人類，除了不需要自行思考做事策略之外，也拙於應對周遭環境的變化，工作內容通常相當單一，因此很難離開工廠進入複雜又多變的日常生活中。然而，智慧型機器人克服了這些疑慮。不同於傳統機器人，智慧型機器人擁有自己的「眼睛」和「腦袋」，可以接收來自附近的信號，並靠自己的能力適應環境，甚至可以互相溝通、討論策略，完成特別瑣碎的任務，同時將人類的生活推向更方便也更有效率的新層次。

智慧型機器人

智慧型機器人有兩種典型的行為流程—階層式(hierarchical)與互動式(reactive)。

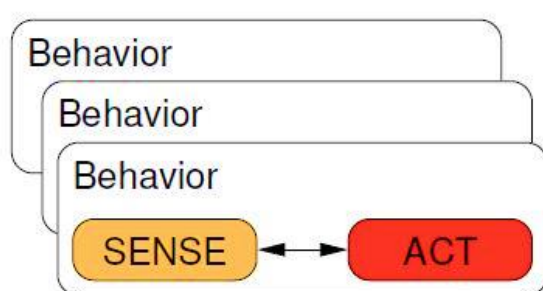


(圖一、階層式行為流程圖)

階層式是一種順向(Top-down)，而且需要經過「深思熟慮」才動作的行為操作。為了能夠在指定的場合下精準又迅速地完成任务，機器人必須先「感知(Sense)」周遭的環境，並且接受來自使用者的指令。接著機器人會利用從人機互動介面或外部感測器(sensor)蒐集的資料進行任務「規劃(Plan)」，再分配到相

應的控制命令訂定目標，安排出下一步行動的實行計畫。最後，硬體控制系統會依循計畫中的動作及路線「行動(Act)」，完成階段性的任務。

然而，階段式流程是建立在封閉世界(closed world)的假設上，也就是不存在機器人需要但不知道的事，而且「規劃任務」在計算方面相當吃重，用來儲存「感知」訊息的資料庫又是全域的(global)，得動態更新維護，使得一個簡單的任務可能需要花上不少時間完成。雖然整體行為相當謹慎完整，但同時也犧牲了不少效率和彈性。



(圖二、互動式行為流程圖)

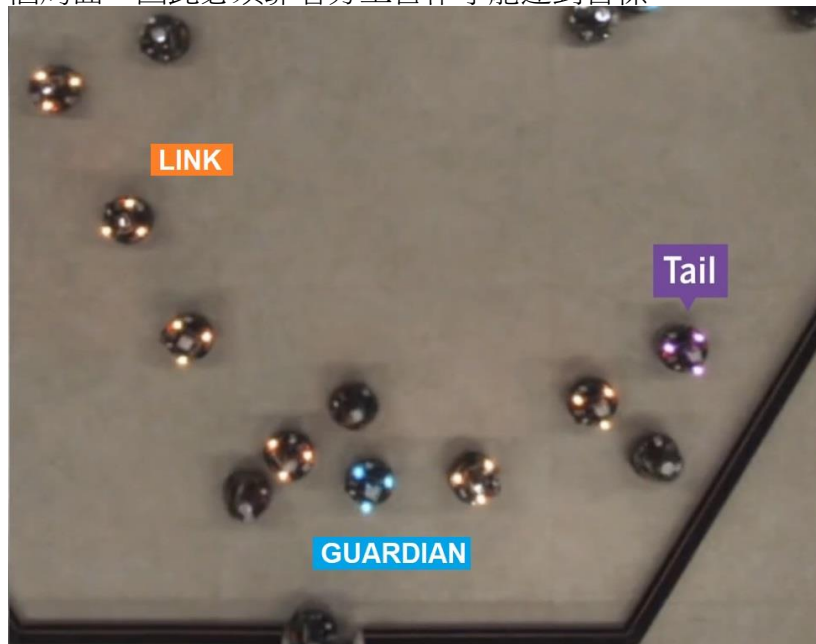
相較於階層式行為流程，互動式沒了「規劃」，而由「感知」和「行動」組成的「行為(behavior)」，成為機器人完成任務的基礎。這個概念類似動物的直覺反應，可以像飛蛾趨光般來自天性，也可以由學習而來，例如騎腳踏車的技能。當然，多個「行為」可以同時發生，有些甚至可以互相獨立，像是唱與跳、逃跑跟尖叫、吃點心和看電影等等。

另外，互動式的「感知」資料庫是區域性的，可以節省整理資料庫的心力，讓反應更加及時。舉例來說，對於一個要閃避障礙物的機器人，障礙物與自己的相對位置比它的絕對位置更為實用，因為只有在附近的障礙物需要被納入考慮，運作上除了可以減少建立模型的空間，也省去許多不必要的判斷和計算。

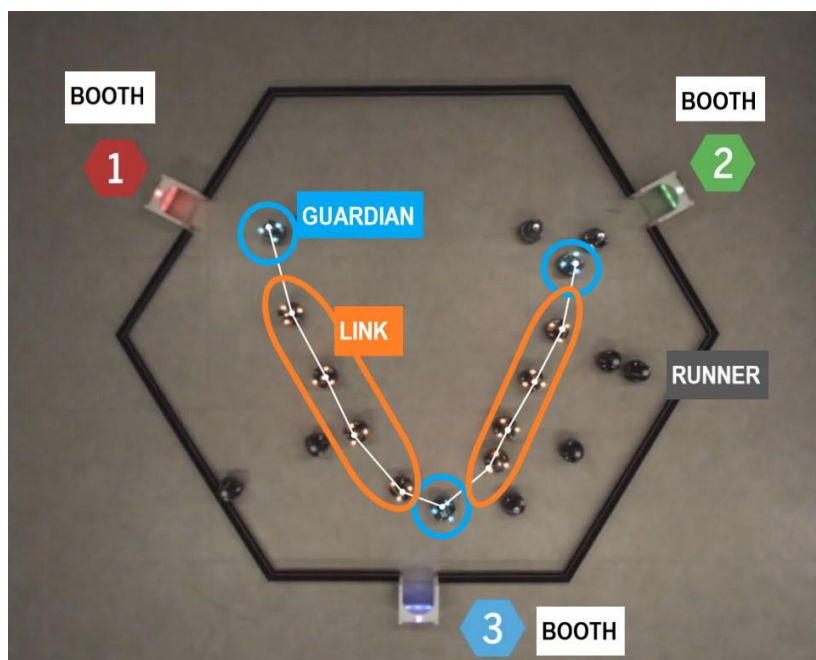
群體機器人

「五人團結一隻虎，十人團結一條龍。」分工合作的力量無窮，而要順利分工，溝通是絕對的關鍵。當蜜蜂找到花蜜時，會利用「擺尾舞」通知夥伴，並提供蜜源與巢穴的距離；若有螞蟻死去，也會散發死亡費洛蒙，好讓夥伴們辨識並抬出巢外，保持巢穴內的通道乾淨暢通。智慧型機器人固然強大，但有些任務實在不太可能單靠一個機器人負荷。倘若機器人之間要分工，又會是如何溝通呢？

比利時的研究人員因此設計了一項任務，要求二十個雙輪機器人必須按照規定順序走完三個停靠亭(booth)。由於每個機器人的察覺力有限，沒有辦法洞察整個局面，因此必須靠著分工合作才能達到目標。



(圖三、建造中的通路)



(圖四、建造完的通路)

如同群體動物一樣，機器人會扮演著幾個不同的角色—跑者(runner)、護衛(guardian)、鏈結(link)和鏈尾(tail)。一開始，大家都擔任跑者，四處周循遊蕩，最先闖入停靠亭的就會升級成為該亭的護衛，守著亭子不讓亂了順序的機器人

誤闖。接著，當所有護衛都被選出來後，其他的機器人就會轉換成為鏈結，試著連接不同的護衛形成一條通路(chain)，而建造過程中通路尾端會有個鏈尾機器人，標示工程的進度。一旦通路完成，機器人便可以依循指定路線按規定順序走完每個停靠亭，有效率又有系統地達成任務。

上述的合作模式推翻了大家對機器人的傳統認知，機器人在特定環境中的運作不一定只能靠預先計畫(preprogram)。而在未來，我們可以善用這種新鮮的策略於搜救任務上，就算機器人事先不知道明確的工作順序，也有機會靠著各自摸索和互相溝通，替人類完成繁重又複雜的任務。

參考資料：

1. Robin R. Murphy, "[Introduction to AI Robotics](#)", A Bradford Book, 2000, ch4
2. Shandria Sutton, "[Simple robots form a chain gang to solve complex problems](#)", Science, 31 July 2018