

智慧型機器人簡介

Introduction to Intelligent Robots

黃漢邦、康志豪

Han-Pang Huang, Zhi-Hao Kang

智慧型機器人可感知周遭環境，規劃軌跡和行為，並與環境的人事物互動，順應環境。二十一世紀後半期，智慧型機器人將如同今天的筆記型電腦一樣普遍，幾乎每人擁有一機。人與機器人之間的關係，需有一全新的規範。

Intelligent robots can perceive the change of environment, plan trajectory and behavior, interact with human and objects, and then comply with environment. It is expected that intelligent robots will be as popular as today's notebook PCs and everyone will have one in the late 21 century. The relationship between human and robots should be re-defined.

一、前言

近年來，隨著世界各地機器人相關技術的迅速發展與人力資源昂貴的因素，機器人實際進入人類社會中為人服務的趨勢與需求無可避免的逐漸升高。智慧型機器人顧名思義為一種多功能的多軸全自動或半自動機械裝置，它可透過程式化動作執行各種活動，提供服務和具備與人互動功能，且能在不需使用者干預的情況下針對環境的改變做出適當的動作及回應。智慧型機器人主要是將各種不同的零組件與系統模組整合成一體，屬於高度整合性的產業。

目前台灣機器人產業以生產工業用機器人為主，如產業用機械手臂、機械取放裝置、無人搬運裝置、自動倉儲與其它相關設備等。在智慧型服務用機器人方面，大致可分為專業用服務機器人及個人/家庭用服務機器人。專業用服務機器人包括下

列幾種類型。特殊用途機器人涵蓋下水道工作機器人、深海工作機器人、微型機器人、教育機器人、室內保全機器人、室外巡邏機器人、汽車/飛機清洗機器人、消防救援機器人、挖掘救災機器人、無人搬運機器人、奈米機器人、管路探勘機器人、導覽機器人、公共場所清潔服務機器人等。國防用途機器人涵蓋地雷探測機器人、無人駕駛機器人、太空探測機器人、反恐防爆機器人、小型偵查機器人等。農業用途機器人涵蓋伐木機器人、採果機器人、蔬果嫁接機器人等。醫療用途機器人涵蓋機器人電動代步車、復健支援機器人、雷射治療機器人、外科手術輔助機器人等。在個人/家庭用服務機器人方面主要包括吸塵機器人、除草機器人、泳池清理機器人、窗戶清洗機器人、跳舞/娛樂機器人等。

我國已將機器人納入重點發展產業，智慧型機器人更是生產力 4.0 的主要關鍵產業之一。希望在

2020 年，讓台灣機器人市占率達到 6%。隨著在無人環境工作的工業機器人發展已經日漸成熟，世界各知名研究機構更積極投入研發不同種類、應用場合的使用，甚至是可在動態環境執行取代、協助人類執行各式各樣工作，且同時可與人互動的人形機器人及輪型機器人等。以下就此兩種常見之智慧型機器人與其發展加以說明。

二、人形機器人

人形機器人主要有三個特徵，分別是：能在人所處的環境中工作、能使用人們所用的工具以及具有像人一般的外型，人型機器人的尺寸與種類大致可分為以下三種。在 30—40 公分範圍一般最常見的就是娛樂以及教育用途用的小型人形機器人，通常使用 RC 伺服馬達組合而成，可藉由原廠開發的程式進行動作組合的編輯，或者 Visual Basic 程式語言進行單晶片控制器的編寫用來控制馬達與周邊。在 50—60 公分範圍，則是偏向教育用途使用的人形機器人，使用的馬達控制更為精準，同時加上許多不同的感測器，如 Camera、麥克風、SONAR、紅外線、慣性量測裝置等，而且也有較高性能的 CPU 進行多工編成，可作為人形機器人運動控制的研究平台。超過一公尺高度與小學生體型相近的大型人形機器人，此種機器人具有類人型的自由度，以人類軀體及關節之運動學與動態學為基準設計具有類人型自由度之機器人，主要都是由各個研究單位所自行研發，進而深入研究具有仿人型的姿態、動作與人工智慧的發展，發掘人形機器人在人類生活環境中可以實際進行的任務與工作。

人型機器人下半身的設計上，為了能夠以最低限制模仿人類在三維空間的腳部動作，單腳的自由度以 6 自由度為主 (髖部 3，膝部 1，踝部 2)，若要進一步增加步伐的可動範圍，則會在腳掌也增加自由度，或是增加 2—3 個自由度的腰部。在人形機械手臂的設計上，自由度也由原本只能做簡單動作的 3 個自由度，提升到可以到達空間中所有位置與姿態的 6 個自由度，進一步加強更可以達到更自然的動作與更大工作範圍的 7 個自由度。在 30—40 公分範圍小型人形機器人產品主要有利

基應用科技 Robotinno 系列和近藤科學株式會社等公司所生產的 KHR 系列等。在 50—60 公分範圍中最出名的則是 SONY 公司的 QRIO 和 Aldebaran 公司生產的 NAO。而更大型有商品化的人形機器人則是 PAL ROBOTICS 公司所生產的 REEM-C，高 165 公分，重 80 公斤。而各個研究單位自行研發的機器人中，日本是最早開始進行人形機器人的研發國家，最出名的就是 HONDA 的 ASIMO、AIST 的 HRP 系列和早稻田大學的 WABIAN。在韓國則是 KAIST 的 KHR 系列。德國則有 DLR 所研發的人形機器人和慕尼黑科技大學的 LOLA。而最近幾年美國也開始積極參與人形機器人的研發。在手掌的部分，也從單純的夾爪型式，提升到 3 手指甚至與人相同的 5 手指型式，可以達到完全模仿人的手掌動作。從功能性的角度而言，無論是何種類型、驅動式的機器人平台，一旦機器人需要執行除了本體移動外之運動功能時，經常會在機器人身上根據所需之特定功能，安裝上特製的機器手臂 (manipulators)，並在機器手臂的末端加裝端接器 (end-effectors)，以達到在空間中運動，執行搬運、裝配、指示、抓取等功能。因此，在設計泛用型的工業用機器人手臂時，除了設計可以達到空間定位、追蹤、指示等功能外的機器手臂外，都需要再配合可以任意更換不同端接器的連接機構設計，以配合工業用機器人來執行客製功能，以執行多樣的工作。人形機器人在控制上有相當困難度，需要整合非常多的感測器裝置、大量的運算資源以及電池。但是，由於機構上的空間限制而不能無限制的擴充，未來的首要發展目標就是小型化、結構更加緊湊而性能更強大的 CPU 和感測器。目前的各種關鍵零組件製作成本都相當高，也是需要克服的問題之一。只有解決了這些硬體上的限制之後，才能更容易發展人形機器人的智能問題。

臺大機械系機器人實驗室長期從事機器人研發，已研發出產業用機械手臂 (6 軸、7 軸、8 軸)，全世界第一隻可收納式及折疊式機械手臂，機械手掌 (3 自由度、9 自由度、11 自由度、17 自由度、20 自由度)，人工義手，全人形機器人，輪型機器人，腦控機器人，復健機器人等。所研發出的全人形機器人名為尼諾 (Nino)，具有多種實用基

本功能，例如，能夠行走、轉彎、前進、後退、走斜坡、上下樓梯、揮手、提重物、推車、說話、自我介紹、手語比劃以及模仿人類動作等功能。機器人的外表由鋁合金打造，高 145 公分，重 68 公斤，擁有 52 個主動自由度、112 個感應器及電源管理系統。每一隻腳有 6 個自由度，關節處皆使用諧波式減速機，並在腳踝裝設六軸力量感應器，讓尼諾在移動時能更穩定，並將接觸地面的情況傳給控制器。每隻手臂也具有 6 個自由度，可以做出接近人類的動作。每隻手掌有 12 個主動自由度及 5 個被動自由度，可以靈活的手語表演以及物品夾取。台大人形機器人尼諾規格表及手語展示如圖 1 和圖 2 所示。

三、輪型機器人

輪型機器人大多具有類人型的上肢，下肢則以各種不同的驅動方式來取代雙足，機動性的關鍵取決於底盤的輪子配置方式。依照底盤的移動式機構進行分類，主要分為四種：履帶式、全向輪型、轉向型與兩輪差速型。履帶型的優點在於能夠行走於凹凸不平且具有瓦礫碎石的地面，克服崎嶇不平的地形，救難與探勘型機器人都會配置此機構之設計。全向輪型的優點在於全向輪提供了直向與側向兩個方向的力量，使其能夠任意移動不需要設計底盤的轉向機構。轉向型則是如同汽車的設計一般，具有轉向機構使其進行轉彎，而此種機構與全向輪

頭部	
自由度	2 個
伺服馬達	2 個
電位計	2 個
顯示 LED	8 × 8 × 4 紅
表情	8 種
控制電路	5 片

手臂	
自由度	6 個 × 2
馬達	6 顆 × 2
編碼器	6 個 × 2
控制電路	6 片 × 2

電池	
電壓	24V, 48V
電容量	8AH, 8AHaT
類型	磷酸鋰鐵
溫度計	2 個
電流計	6 個
電壓計	6 個

腳部	
自由度	6 個 × 2
馬達	6 顆 × 2
編碼器	6 個 × 2
電流感測器	6 個 × 2
近接開關	6 個 × 2
控制電路	6 片 × 2

機器人	
名字	尼諾 (Nino)
身高	145 cm
體重	68 Kg
自由度	52 個
感應器	112 個

電腦	
CPU	Intel i7
RAM	4GB
顯示卡	Intel® HD Graphics 4000

腰部	
自由度	2 個
馬達	2 顆
編碼器	2 個
雷射測距儀	1 個
IMU	1 個
控制電路	2 片

手掌	
自由度	12 個 × 2
馬達	12 顆 × 2
編碼器	12 個 × 2
電位計	5 個 × 2
控制電路	1 片 × 2

足部	
六軸力規	1 個 × 2
紅外線	4 顆 × 2

圖 1. 台大人形機器人 NINO 規格表。

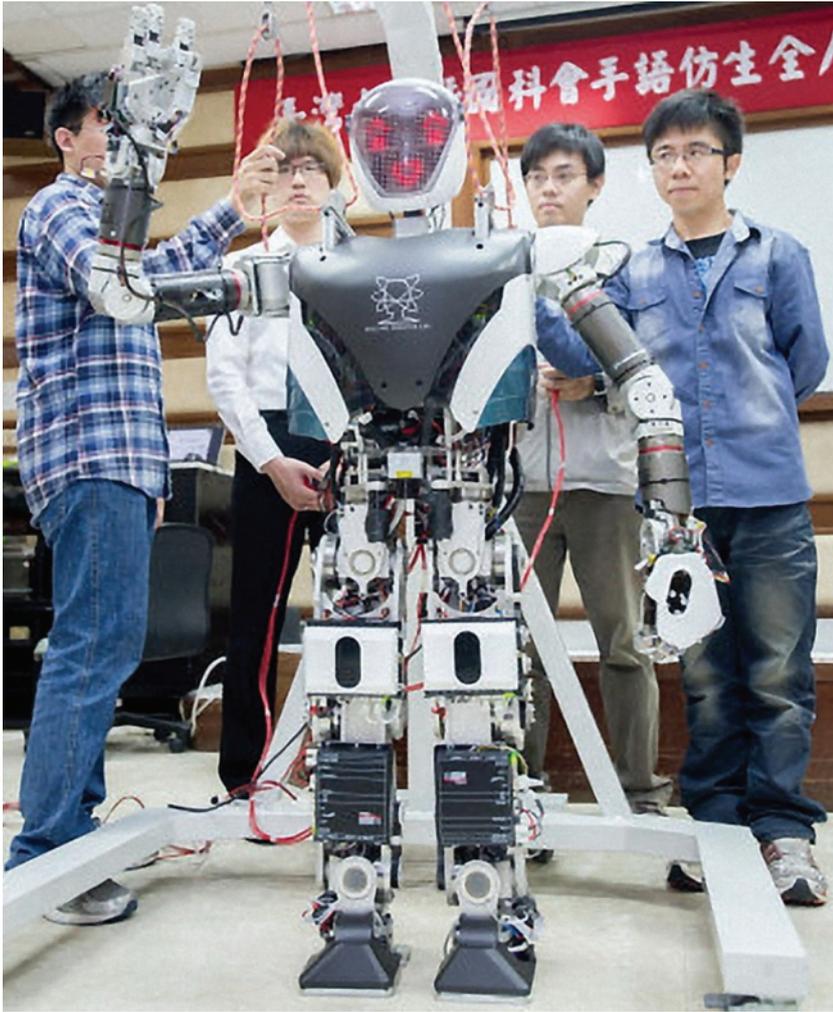


圖 2.
台大人形機器人 NINO 手語展示。

型最大的差異在於輪子的不同。全向輪機構為了達到全向移動的設計輪子的負重性則相對於一般的輪子較低，所以使用轉向型能夠使得機器人具有較大負載能力。最後一種是差速型，主要特色在於轉彎時候藉由兩個輪子的差速達到旋轉的目的。以上四種底盤設計皆有各自的特色與適用時候，例如行走於戶外則選用履帶型、行走於小空間中則選用全向輪或差速型機構，在需要高負載的使用環境下則可以使用轉向型機構。

輪型機器人為了要能夠在前往指定的位置，對於周遭環境的認識、地圖的定位、路徑規劃與避障的能力也是輪型機器人發展的另一個重點。目前輪型機器人中常使用的感測器主要以雷射、超音波、攝影機，藉著使用上述的各種感測器來認識機器人周遭的環境。雷射更可應用於了解位於地圖的位

置，而攝影機更是能夠比擬為人類的眼睛，可以將機器人所看到的資訊進一步的分析，例如，判斷水瓶、馬克杯、筆等物品的位置，甚至進一步的判別使用者的意圖等，讓機器人能夠更進一步的了解人類的狀態。超音波與雷射感測器亦能偵測機器人附近是否有障礙物或人類路過，機器人則利用回授訊號決定出一條安全且最有效率的路徑。輪型機器人已經廣泛的應用在人們的生活中，例如，已經商品化的打掃機器人、亞馬遜公司的配送機器人、工業上自動導引車，以及國外救災現場所使用的探索機器人都算是輪型機器人的一種。未來，服務型機器人為重要發展項目之一，而服務型機器人又可以細分為家庭用服務機器人與專業用服務機器人兩大類。專業用服務機器人用於取代或輔助專業人員的用途，如導覽機器人、偵察機器人、復健支援機



圖 3. 台大導覽機器人小美。

器人等。家庭用服務機器人則是作為輔助家務的角色，如打掃機器人、照護機器人、輪椅機器人等。

臺大機械系機器人實驗室所研發出的輪型機器人，包括導覽機器人小美 (圖 3) 以及居家機器人邦妮 (圖 4)。小美與邦妮皆使用一顆雷射測距儀，在建構出的 2D 地圖中完成任務。演算法上，機器人使用 Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) 建構環境地圖以及定位，利用 HOG (Histograms of Oriented Gradients) 偵測行人並透過 ego-graph 來了解與預測行人未來所有可能經過的路徑。為了不久的將來越來越多的機器人將出現在人類社會，機器人利用本實驗室所提出的「空間行為辨認模型」(Spatial Behavior Cognition Model, SBCM) 來描述人與人、以及人與環境之間的社會行為。為了使機器人能與人們更為親近，輪型機器人更使用語音模組並搭配可愛生動的表情。2010 臺北國際花卉博覽會的香草機器人，及台中美術館的導覽機器人均採用我們的技術。

四、智慧型機器人之發展

人形機器人未來應用的可能性上，首先是要開發可自主控制的機器人，讓機器人可以自主執行一

些簡單的任務。這就需要整合許多視覺感測和力量感測的能力，並且具有可以操作各種物體的靈活多手指手掌，一個多自由度的擬人形機器手臂與多指機器手的整合設計是必須的。同時為達到協助人們工作與人們互動，新一代的機器手臂與機器手必須具有良好的機構設計、運動規劃和即時控制系統，可執行抓握、搬運、提取物體等任務。同時搭配特殊的機構設計、多重感測器融合、運動規劃、協調控制等理論及電控系統的發展與實現，使機器人不僅可以執行特定的任務外，更可以在與環境互動時確保雙方的安全，才能使得其能夠適應人類多變且不確定的環境與工作，最終的目標就是要能與人共處在同一空間中，與人一起協調工作。為達到此目的就必須使機器人除了有獨立的作業能力之外，同時必須具有高度的安全性和可靠性以保障人類的安全。目前服務型機器人具有大幅的成長空間，主要因為多數已開發國家正邁入高齡化、少子化的社會，對老人的居家照護及兒童的教育娛樂及家庭勞務服務需求大增，機器人的便利性、服務性以及人工智慧的發展將可使機器人與人之間的互動更加頻繁緊密，機器人與人在未來將成為不可或缺的夥伴。



圖 4. 台大居家機器人邦妮。

我國在光電、精密機械、資訊電子等產業規模名列前茅，且在模組零組件、系統整合與 IC 設計等領域，擁有極佳的技術基礎。因此，我國在發展智慧型機器人產業，具有產業相互支援整合之利基。

參考文獻

1. Huang, H.P., Jia-Yang Wu, Jiu-Lou Yan, *A Stable Walking Biped Robot based on Combined CPG/ZMP*, International Forums on Systems and Mechatronics, Tainan, Taiwan (2007).
2. Wang, C.K., S. Chen, H.P. Huang, *Visualized Human-Machine Interface of the Power Management System on the Safeguard Robot*, The Ninth Intl. Conf. on Automation Technology (Automation 2007), Taiwan (2007).
3. Huang, H.P., S.W. Yu, J.L. Yan, *Walking Pattern Analysis and Control of a Humanoid Robot*, Intl. Conf. on Advanced Robotics (ICAR 2007), Jeju, Korea (2007).
4. Chung, S.Y., H.P. Huang, and S.W. Yu, 2005, *The Fuzzy Inference System for Humanoid Robot Balance Control*, International Journal of Automation, Austria (2005).
5. Yan, J.L., H.P. Huang, *A Fast and Smooth Walking Pattern Generator of Biped Robot Using Jacobian Inverse Kinematics*, IEEE Workshop on Advanced Robotics and Social Impacts (ARSO07), Hsinchu, Taiwan (2007).
6. Kuo, C.H., H.P. Huang, 2003, *Distributed Performance Evaluation of a Controlled IC Fab*, IEEE Trans. on Robotics and Automation, **19** (6), 1027(2003).



黃漢邦先生為美國密西根大學電機工程暨資訊科學博士，現任國立台灣大學機械工程研究所終身特聘教授及國立台灣大學工業工程學系研究所教授。

Dr. Huang received Ph.D. degree in electrical engineering from The University of Michigan, Ann Arbor, in 1986. He is currently a Distinguished Professor in the Department of Mechanical Engineering and Institute of Industrial Engineering at National Taiwan University.



康志豪先生現為國立台灣大學機械工程學系博士班學生

Mr. Zhi-Hao Kang is currently a Ph.D. student in the Department of Mechanical Engineering at National Taiwan University.