

先進智慧型 人形機器人與 系統實驗室

成大電機系智慧型機器人與系統實驗室(aiRobots Lab) 特聘教授／李祖聖

近年來，科技日新月異，人們的需求也日益趨高，但在有限的人力、勞力供給之下，要如何滿足人們龐大的需求？要如何有效的來提高總產量？因此，對於機器人的需求氾氾而生。

機器人的需求日益趨高，也帶動整個機器人的產業也蓬勃發展，各大企業也開始投資於自動化機器人的開發以及研究，從一開始的機器手臂，到現在加入AI人工智慧的機器人也因此誕生。現今的機器手臂以被應用在許許多多的工廠生產線上，能夠有效的增加生產的效率以及產量，但仍有許多的缺點需要去克服以及改善，像是，機器手臂僅能夠在同一個地方重複執行被賦予的工作，在移動上頗為不方便。此外，若發生了一點小誤差，機器手臂沒有足夠的人工智慧進行有效地判斷處理。因此，為了要克服此狀況，能夠方便移動並具有良好人工智慧的機器人就因此而生。

若要克服上述機器手臂的缺點，何不做出一隻仿人的機器人呢？讓機器人能擁有類似人類的四肢、人類的思考模式，這樣就能夠行走移動以提高機動性，對於遭遇突發狀況發生時也會有一定的應變能力，並且能提供高效率的勞力。

因此我們先進智慧型機器人與系統實驗室(aiRobots Lab)致力於研究與開發智慧型機器人，目前實驗室對於智慧型機器人的研究包含兩個團隊，分別開發居家照護機器人以及人形機器人。以人形機器人來說，要如何使機器人的動作能夠跟人類相似？並且能夠維持一定的平衡是非常困難的，而如何讓他擁有像人類一樣的人工智慧？所以，對於機器人嵌入式系統的設計、身體所有零件的架構設計、雙足走路步態平衡上的調整、人工智慧的實現等，都是我們實驗室致力研究以及開發的項目。數年來研發之下，我們也從一開始小型人形機器人（約莫60cm高）發展至目前的大型人形機器人（約莫135cm高）。而這些人形機器人，不管是在動作上抑或是思考上，都與人類有一定程度上的相似。

近年來智慧型機器人雖然尚在開發階段，但是對於未來的應用可以期望在工廠的生產線上，將能夠減少更多人力的負擔，並提高生產率；而在未來的家庭當中，智慧型機器人也能夠擁有在家幫佣或是照顧家人的功能，對於未來的生活就像智慧型手機一樣，佔有非常重要的地位。

硬體介紹

本實驗室目前已經實作出高135公分（大型）、95公分（中型）、50公分（小型）三種量級的機器人，近年都積極參與兩大國際機器人競賽FIRA與RoboCup，圖(一)為本實驗室之第二代大型人形機器人David II：

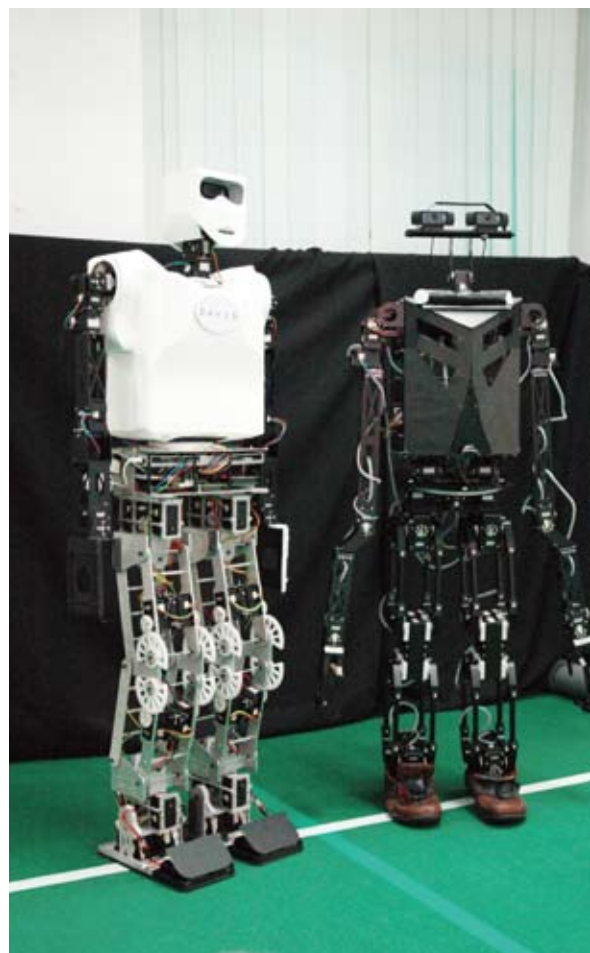
目前人形機器人在發展上碰到最大的困難就是如何維持行走的穩定性，因此需要使用很多的感測器，讓機器人知道目前的運動狀況，進而做出相對應的動作調整，期望能夠達到穩定而且有效率的行走步態。舉例來說，當人類在行走的時候，可以察覺到自己的重心變化，當重心位置會造成跌倒或是比較不良的步行姿態時，人們會利用各個軀幹的姿態調整，避免跌倒或走得更穩定。而在本實驗室的機器人上也有設計類似的控制結構：首先在機器人腳掌的各個角落將放置壓力感測器，而根據各個壓力感測器回傳的數值，則可推算目前機器人的重心位置。接著根據目前機器人的姿態，進行運算過後去調整各關節的馬達狀態，就可以如同人類一般，達到穩定的步態控制。

軟體介紹

環境辨識

由於FIRA或RoboCup比賽是以仿人形機器人為主，故在硬體的限制上，無法使用不符合人類生理型態的硬體。例如脖子不可有360度旋轉、或機器人不可有前後鏡頭等，也無法使用如Kinect此類主動式(可打出紅外線訊號)、可

抓取人體骨架型態、得知物體距離的攝影機。但所幸，比賽內所需要辨識的項目如球、球框、障礙物等主要物件的顏色以簡單鮮明為主。故本實驗室的人形機器人David，以一般的網路攝影機作為機器人的眼睛，環境辨識以「顏色辨識」與「機器人座標轉換」為兩大主軸。



圖（一）左David II, 右David I

顏色辨識

最常見電腦顏色模型為色光RGB模型，光的三原色紅藍綠，但此模型極易受到亮度的變化，同一個顏色會因為亮暗的不同在模型下的RGB值差很多。故我們將攝影機抓取的RGB影像，轉換成HSV的影像。HSV是另外電腦視覺的模型，HSV分別對應到色彩的色相、飽和度、亮度。他的模型將亮度的項目獨立出來，較符合人類對於色彩的感知。在電腦端的控制面板，也可以很直覺地利用區域選取的方式選顏色範圍，在執行時，電腦會掃描整張攝影機裡的影像，若該顏色點(pixel)落在我們所想要的範圍內，將會被註記為目標物。在機器人執行時，機器人就會盡量將所得到的目標物，藉由頭部追蹤的方式，盡量將目標物保持於畫面中心，以利於接下來機器人座標的建立。

座標轉換

以機器人為中心，將環境的各個物件全部座標化，如此可以將機器人與物件的關係數據化。藉由相對座標，可以直接使用判斷條件讓機器人做出決策。前述提及David在硬體設計上的限制，與藉由頭轉追蹤的方式讓目標物在畫面中心。此時，利用事前得知的機器人身高、鏡頭跟馬達的偏移距離、加上最重要的頭部馬達的左右轉動、上下轉動角度，進行從目標物到鏡頭到腰部再到腳底中心，一連串相對座標的轉換，補足不用特殊攝影機而缺少的功能。

仿生演算法

在控制領域內，各類最佳化的演算法一直在推陳出新。其中也不少仿生物行為模式的演算法，例如GA基因演算法，導入有交配、突變

等過程；ABC人工蜂群演算法，導入不同蜂群覓尋食物源的概念；PSO演算法導入鳥群搜尋食物的想法；Neural Network模擬人類神經網路的傳遞等。例如我們在眾多的障礙物之間要找出一條可以走的路，若我們能運用目前已有的仿生演算法，解決「找出可以走的路，又不碰到障礙物」的路徑規劃問題，讓這些仿生演算法去找出最好的答案。

最後將決策裡相對應的動作，例如往前走、轉彎等送到運動控制板，讓機器人身上的馬達做出對環境的反應，如此一來，David就可以完全自主地在陌生環境中運作。

RoboCup競賽介紹：

機器人世界盃（RoboCup）為國際知名的機器人競賽，首屆機器人世界盃大賽在1997年7月，於日本名古屋舉行。自1997年起，RoboCup便是各國機器人學與人工智慧的研究先驅積極參與的比賽之一，並致力於將機器人的性能提升到最高。而RoboCup亦提供學術界與產業界一個相當優良的測試平台，開啟了世界各國機器人相關研究之交流機會。競賽的目標是推動各國研究單位投入資源促進各類型機器人之發展，並計畫在2050年組成一支全自主人形機器人足球隊，甚至能夠擊敗人類足球隊的世界冠軍。而競賽項目分別有足球機器人、救援機器人、居家服務型機器人等項目。本實驗室於2010年起積極參與RoboCup足球機器人與居家服務型機器人相關競賽，而足球機器人近年來更以參加難度最高的大型人形機器人競賽為主。

大型人形機器人足球賽比賽項目有PK、

折返跑、運球避障、邊界擲球與踢高等項目。而建造大型人型機器人足球員的難度在於如何克服機器人重量所帶來的負重問題。大型人形機器人的重量有非常大的部份是來自於伺服馬達，若伺服馬達數量過少則無法提供足夠的力矩讓機器人動作，而數量太多又會造成機器人的負擔。因此如何以最完美的比例搭配，並加上齒輪帶動設計，是大型人形機器人的研製重點。而所有的競賽項目皆必須要全自主，除了發送開始訊號外，不得以任何方式操控機器人。故機器人的邏輯思考，與視覺辨識系統都要非常準確，才能讓機器人獨立完成所有比賽項目。

RoboCup Japan Open 2013於2013年5月2日至5月6日在日本東京玉川學園舉行。日本亦為機器人發展十分興盛的國家，每年的日本公開賽

皆吸引世界各地的參賽者積極參與。在此次賽事中，本團隊分別參與人形機器人組競賽與居家機器人組競賽。而人形機器人組所使用的大人形機器人是本團隊所開發之第二代大人形機器人David II，並於技術挑戰賽中擊敗日本隊獲得冠軍，圖二為Japan Open比賽過程而圖三為與aiRobots隊員合影。

FIRA競賽介紹

FIRA競賽（Federation of International Robot-soccer Association）創辦於1997年，是國際知名的機器人足球與運動競賽，每年皆吸引各國之機器人研究團隊前往參與。其競賽類別包含MiroSot、SimuroSot與HuroCup等項目，由真實機器人或模擬環境中之機器人進行各種運動及足球之競賽，而其中HuroCup類別即為全自主雙足



（左）圖(二) 2013 RoboCup Japan Open比賽過程

（右）圖(三) 2013 RoboCup Japan Open隊員合影



人形機器人之運動競賽，亦是本實驗室所研究的重點項目，該競賽總計包含8個運動項目：

1. 籃球 (Basket ball)

籃球場地上將規劃三分線與五分線的分界線，測試機器人是否能以盡可能遠離籃框的距離將球擲入籃框。此項競賽目的是考驗機器人對於籃框距離判定的準確性以及擲球力道的掌控力。

2. 避障 (Obstacle Run)

在4公尺×3公尺的場地內將散落著數個靜止不動的障礙物，機器人須避過或是跨越障礙物並到達終點才算是完成該項目。雖然障礙物皆為靜止不動，但機器人須在限制時間內判斷出合理的路徑，並順利避開障礙物才可完成。此一項目除了考驗機器人人工智慧的完整度，同時也考驗著機器人動作的穩定度。

3. 來回競走 (Sprint)

在該競賽中，機器人必須快速地由起點線前往折返線，當雙腳皆跨越折返線後才能以倒退走的方式返回起點線。對於人形機器人來說，能夠穩定與快速地行走是最基本也最重要的能力，此項競賽的目的便是考驗機器人此項能力。

4. PK賽 (Penalty Kick)

不同於人類足球賽的PK賽之規定，在機器人踢球點的位置與球門間將放置三個靜態的障礙物，機器人必須在規定時間內帶球避開障礙物並且進入射門區後才可射門。此項競賽考驗著機器人同時進行避障與帶球的能力以及快速移動的能力。

5. 舉重 (Weight Lifting)

機器人必須舉起以木棍與光碟片所組成的

舉重棍，並行走一定距離後將舉重棍向上舉起，再行走至穿越終點線。此一項目考驗著機器人手臂的負重能力以及機器人在負重狀態下的動作穩定度。

6. 爬牆 (Climbing Wall)

其比賽場地為一個由間距不定的木棍所組成的樓梯，由於各階梯之間的間距皆大於機器人可跨越的高度，使機器人必須以攀爬的方式，以手抓取高處的木棍，手腳並用才可往上攀爬。因此，此一項目相當考驗機器人手臂對機器人自身重量的耐受力以及機器人手腳並用的能力。

7. 不平坦路面負重行走 (Lift and Carry)

該項目場地為狀似等高線圖的不平坦路面，機器人須背負一定數量的電池穿越路面最高處至終點才算是完成該項目。此競賽考驗的是機器人在負重時於不平坦路面行走的穩定度，對於目前大多數的參賽隊伍來說仍是極為困難的項目。

8. 馬拉松 (Marathon)

此項目的競賽場地通常設置在戶外，而機器人必須在不得更換電池的情況下完成長達200公尺的賽跑距離。此競賽項目對於機器人的困難點在於，因場地設置於戶外，將使得機器人的視覺判斷常常會受到嚴重的光影變化所干擾而讓機器人偏離賽道，且戶外地形也不甚平坦，相當考驗機器人各項能力的穩定性。此外，因無法更換電池，此一項目也考驗著機器人的續航力。

FIRA RoboWorld Cup 2013於2013年8月24日至29日在馬來西亞吉隆坡舉行，共有12國、50多隊參加。我們所設計研製的大人形

機器人David，於大人形機器人全能運動賽8項競賽中，拿下2金4銀以及總冠軍(All-round Championship)之佳績。圖(四)為比賽過程而圖(五)為aiRobots隊員合影。同年10月24日至29日應邀參加韓國貿易工業能源部在首爾Kintex主辦的ROBOWORLD 2013中International Robot Contest，我們所設計研製的大人形機器人David，再度獲得3單項冠軍、2單項亞軍及總成績冠軍獎，更獲韓國總統朴槿惠頒發總統獎獎狀。



(上) 圖(四) 2013 FIRA RoboWorld Cup比賽過程

(下) 圖(五) 2013 FIRA RoboWorld Cup隊員合影

aiRobots Lab.

人形機器人近五年得獎紀錄

- 參加教育部主辦之2014 International Competition on Intelligent Humanoid Robotics，獲教育部長頒發2張冠軍4張亞軍及1張季軍之獎狀。
- 參加韓國首爾舉行之2013 International Robot Contest獲得3單項冠軍、2單項亞軍及總成績冠軍獎，更獲韓國總統朴槿惠頒發總統獎獎狀。
- 參加馬來西亞吉隆坡舉行之2013 FIRA RoboWorld Cup，獲大型人形機器人組籃球項目與PK項目冠軍，舉重項目、避障項目、折返跑項目與馬拉松項目亞軍，以及總錦標冠軍。
- 參加教育部主辦之2013 International Competition on Intelligent Humanoid Robotics，獲教育部長蔣偉寧教授頒發4張冠軍3張亞軍之獎狀。
- 參加日本舉行之2013 RoboCup Japan Open Tokyo獲得大型人形機器人組技術挑戰賽冠軍。
- 參加英國Bristol舉辦之2012 FIRA RoboWorld Cup獲得小型人形機器人組三金與總錦標賽亞軍；大型人形機器人組二金四銀與總錦標賽亞軍。
- 參加臺灣高雄舉行之2011 FIRA RoboWorld Cup獲得人形機器人組二金一銀二銅與總錦標賽亞軍。
- 參加日本舉行之2011 RoboCup Japan Open Osaka獲得人形機器組3對3機器人足球賽亞軍以及技術挑戰賽季軍。
- 參加印度Bangalore舉行之2010 FIRA RoboWorld Cup小型人形機器人組獲得二金一銅與總錦標賽冠軍。
- 參加印度Bangalore舉行之2010 FIRA RoboWorld Cup獲得AndroSot組季軍。
- 參加新加坡舉行之2010 RoboCup世界機器人足球競賽獲得小型人形機器人技術挑戰賽亞軍。