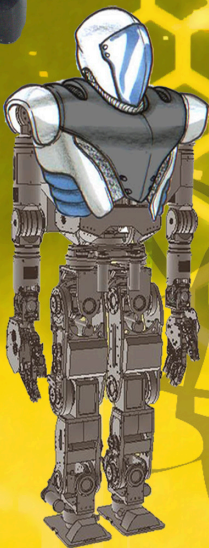




國立台灣大學機械系

機器人實驗室

NTU Robotics Laboratory





## 關於我們

**機**器人實驗室成立於民國七十五年十二月，目前位在國立台灣大學機械工程研究系工學院綜合大樓 B08 室。在黃漢邦教授主持之下，目前成員包括教授、博士班研究生、碩士班研究生、大學部專題生、及助理共有 26 人，正朝著智慧型機器人系統及製造自動化科技發展及研究。

近年來研究領域包含有智慧型系統、生醫工程、系統控制、工廠自動化、人型機器人及影像領域發展。研究目標包括有智慧型機器人、機電整合技術、工廠排程分析、微奈米操控、人工義肢開發、外骨骼系統、生醫訊號處理與辨識、腦機介面、客戶關係管理、網路入侵監控及影像伺服控制等。

機器人實驗室曾與許多產業合作，如台灣麗偉、台積電、福特汽車、裕隆汽車、上銀科技、新代科技、華創車電、承德科技等執行多項產學合作計畫。另外，也執行國科會、教育部、技術處、工研院、精密機械發展中心等相關政府機構專題計畫。除了提供技術、經驗及技轉外，並將其中部分研究成果發表成論文及取得專利。

目前實驗室研究方向主要分為智慧型機器人系統、製造自動化、生醫工程及影像伺服系統等四大方向。期許未來能對學術理論及產業技術提升做最大努力，成為相關領域的標竿。







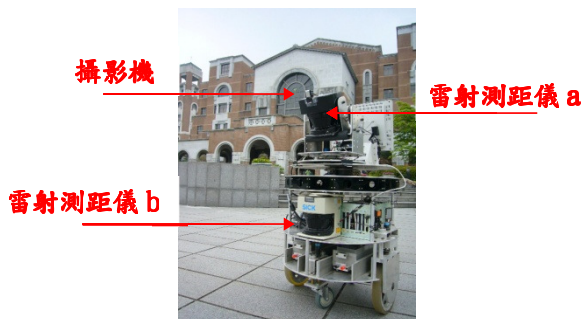
## 輪型機器人

**輪**型機器人是高度整合人工智慧技術的研究題目，本實驗室研發的輪型機器人，可以整合多種感測器的資訊自動定位、建地圖、軌跡規劃以及與環境互動。其中，感測器包含了微軟開發的 3D 環境感測器 (Kinect)，可即時將周遭環境模組化；此外更可利用雷射偵測行人軌跡找出潛藏在環境中的社會行為效應 (Spatial Behavior Cognition Model, SBCM)。此技術可應用在各個相關領域，例如，環境導覽、巡邏等多功能的人機互動。期望促進台灣學界與工業界在輪型機器人平台與自動化領域上的發展。





## 保全機器人



保全機器人-小胖，利用兩顆雷射測距儀可以建立出環境的3D地圖，設定好地圖上需要巡邏的位置後，就可以開始巡邏，找尋是否有可疑人物，以及利用攝影機可以用來偵測人臉以及判斷此人是誰。若是在資料庫未記載其資料，則警報系統會開啟，告知有人入侵。利用攝影機及火焰感測器判斷是否有起火，機器人即可移動到起火地方，啟動滅火器，進行滅火動作。



利用 SLAM 技術建立出台灣大學圖書館的 3D 模型

## 導覽機器人



導覽機器人-小美，臉部機構設計利用馬達拉動纜線，呈現出類似人情緒的表情增加親切感。配合雷射測距儀和工研院提供的語音模組，再加上即時定位以及建地圖的技術，就可以在各種場所進行導覽。在導覽時需要考慮是否會與人發生碰撞，利用所發展的避障演算法，可讓機器人一邊即時閃避靜態和動態障礙物，一邊順利執行導覽任務。



機器人導覽台大校史館



開心

普通

尷尬

沮喪



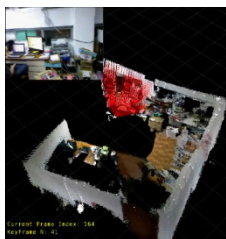
國立台灣大學機械系機器人實驗室  
NTU Robotics Laboratory



## 居家機器人



居家機器人-邦妮，其臉部設計利用 LED 燈板以及 8051 單晶片控制，可以表達豐富的卡通造型表情。另外，邦妮安裝了 Kinect，可偵測 0.4 到 3.5 公尺距離內的物體，適用於室內環境，並且可建立 3D 室內地圖。再利用所建的模型，能夠抓取人的關節位置，並透過機器學習，進而了解人類運動方式所代表的意義。



興奮



普通



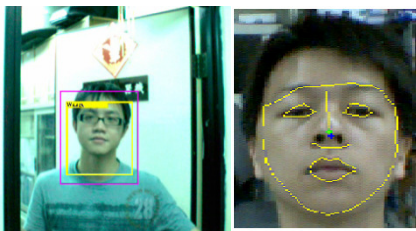
生氣



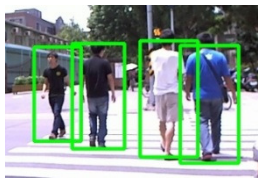
傷心

## 行人偵測與追蹤

研發機器人的最終目的是要讓他們走進人類社會，服務人群。因此，機器人辨識及追蹤行人技術是很重要的研究課題。經由所發展的演算法，讓機器人能經由攝影機得到的影像資料，偵測人類的位置以及正在進行的動作，並且依照情況判斷給予適當的服務與資訊。



人臉偵測以及辨識示意圖



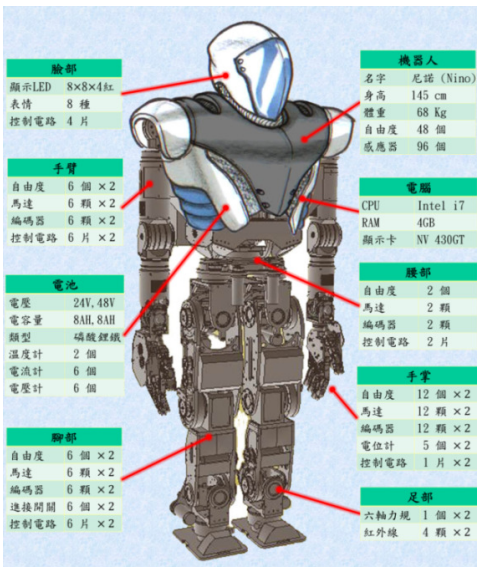
使用 HOG (Histogram of Oriented Gradients) 偵測行人





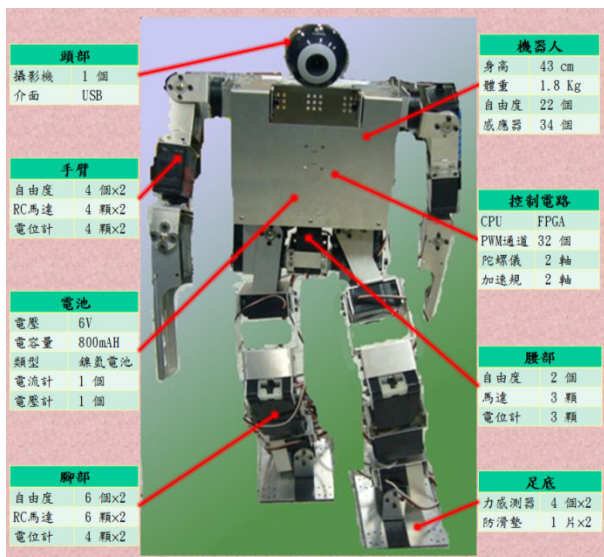
# 全人型機器人

人型機器人是一個高度技術整合的研究題目，從機構設計、電路設計、自動控制、軌跡規劃到人工智慧都有所關聯。本實驗室設計與整合了人型機器人所需的軟體、硬體與韌體，並且開發可以即時運行的機器人運動規劃演算法。期望將來以目前我們所擁有的技術為基礎，開發出更為靈巧的人型機器人，並將這些技術應用在各個相關領域，促進台灣學界與業界在機器人與自動化領域上的發展。





## 小型人型機器人

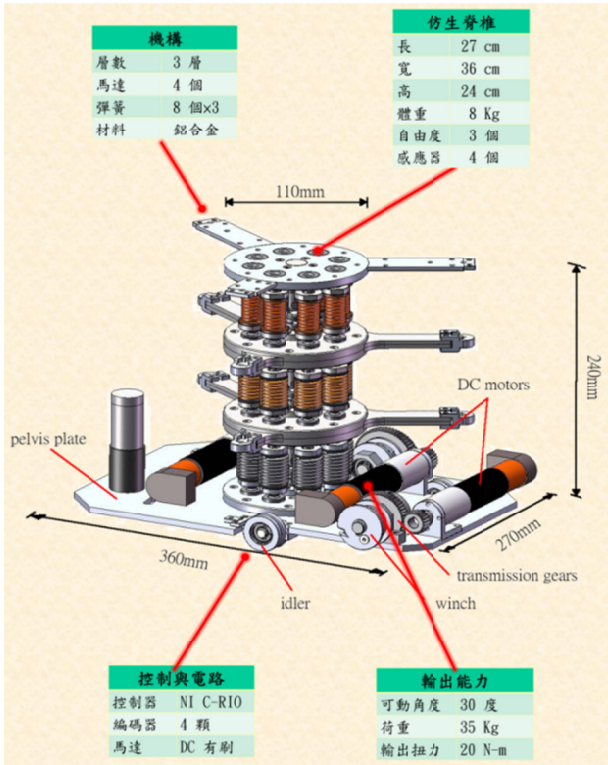


小型人型機器人常被用在教育、表演以及娛樂方面，是一種除了工業機械手臂，最常見的機器人類型。本實驗室所開發的小型人型機器人，由於使用 RC 伺服馬達，可以快速地製造、組裝與維修，能夠用來快速驗證控制演算法並且驗證機器人的動作是否恰當。

相較於大型人型機器人，小型人型機器人更為便宜與安全，適合早期演算法的開發。小型人型機器人的缺點，則是空間不足以安裝電腦等運算能力強大的設備；以及馬達控制與感應器讀取速度不夠快，所以複雜的演算法及高精度與高速的控制，還是必須要由大型人型機器人來達成。



## 仿生脊椎

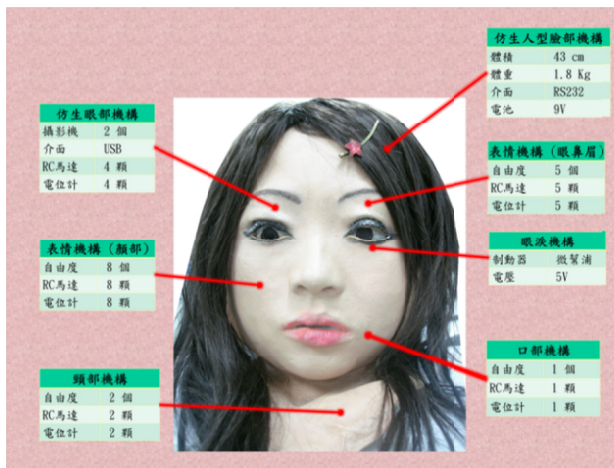


本實驗室設計了一套仿生脊椎機構，目的在於模仿人類脊椎來取代一般腰部機構的設計，承載上半身的重量。不同於一般直接裝設馬達的腰部機構，仿生脊椎利用三條鋼線與二十四個彈簧，達成具有彈性的機構設計。在仿生脊椎受到外力時，可以彈性地緩衝，而當外力釋放之時，仿生脊椎上的彈簧可以自動地將機構回歸原位。如此，可節省機器人電力，達成柔軟並且省能的腰部機構設計。





## 仿生人型臉部機構



在仿生人型臉部機構部分，除了基本的頸部、口部等機構可表達基本的頭部動作與言語外，更設計了表情機構來表現出平靜、驚訝、快樂、傷心、生氣、噁心、害怕等七種表情。臉部內的仿生眼部機構、紅色 LED 與眼淚機構則透過眼部運動、臉紅、及落淚讓表情更加生動。

表情機構的部分主要利用了線與網狀拉伸機構模擬人臉線性與非線性肌肉結構。眼淚機構則主要透過微幫浦的觸發使機器人臉具有哭的表情並可以掉下眼淚。另外，表情辨識則利用嘴巴與眉毛等參數特徵進行。在偵測到表情特徵後，仿生人型臉部機構更設計了特定的對應模式，顯露出不同的表情，讓人們能感受到機器人的貼心與關懷，並促進人與機器人間的互動。

## 機械手臂

**實**驗室在機器手臂部分已發展多年，由第一、二代的七軸手臂，第三代的四軸手臂，到最近兩代的六軸手臂，針對機構設計、電路控制、演算法等多方向持續改進。除了可以控制手臂到精密定位外，對於手臂抓取力量之控制與力回饋之感應，也有不錯之成效。目前正在嘗試與影像做結合，希望達到基於視覺回饋的物體抓握，並朝向更創新且更強健的機械手臂邁進。

近年來，也致力於發展人工義肢，期望將機器手臂之發展應用到截肢病患上，為台灣生醫領域貢獻一己之力，並促進產業的發展。





## 初期機械手臂



第一代機械手臂



第二代機械手臂



第三代機械手臂

初期的機械手臂針對仿人型的七自由度來發展，使用直流有刷馬達，經由 Harmonic Drive 或 Gearhead 減速後，將動力透過齒輪組與皮帶輪傳遞。初期的手臂重量較重(6.5~7.5kg)、負載低(900g以下)，且手臂無外殼包覆，看起來較不美觀，在操作上也具有一定的危險性。從第三代手臂開始，手臂加上外殼，將馬達、線路等整入狹小的空間中，在機械設計、散熱上均為一大挑戰。

## 第四代機械手臂



### 黑金鋼

重量	5.2 Kg
負重	2 Kg
自由度	6 DOFs
全臂長	510mm
材料	鋁合金

名為黑金鋼的第四代機械手臂具有六個自由度，使用直流有刷馬達，並透過 MCDC 3006S 馬達驅動器驅動。經由皮帶傳到 Harmonic Drive 減速之後，可以達到最大的轉速為 110 deg/sec。此手臂重量約五公斤，最大荷重約兩公斤，最遠可以伸到約 510mm 的地方。

2009 年，實驗室成員曾藉此機械手臂進行第二屆「上銀智慧機器手」比賽，其優異表現技驚全場，並獲得該屆所有比賽關卡最佳成績及整體的總冠軍。





## 第五代機械手臂



### DAMA

重量	7 Kg
負重	3 Kg
自由度	6 DOFs
最高速度	320 deg/sec
全臂長	627mm
材料	鋁合金
特色	二軸機構

與第四代手臂不同的是，第五代機械手臂首度嘗試將六軸手臂分為三組二軸機構 (Dual-Axis Modularized Reconfigurable Actuator, DAMA)。模組化的設計方式使後續維護、替換上更加方便。此手臂也將走線單純化、精簡化。透過 CAN-Bus、分散式控制，將原先並列式傳輸的外露式走線改為埋入手臂的串列式傳輸，使外型更為美觀。

沿襲著過往的技術經驗，DAMA 同樣使用直流有刷馬達，透過齒輪傳到 Harmonic Drive 進行減速。但新一代的機械手臂於第六軸末端改採鋼線驅動，有效減少重量與成本；並採用自製電路板進行驅動，使整隻手臂從設計、組裝到控制均為本實驗室自行研發。

這一代的機械手臂也整合到全人型機器人身上，透過 CT-RRTs 軌跡規劃演算法，達到即時雙手協調控制。

## 機械手掌

人類的手十分精巧以及複雜，日常生活中我們利用手來運作各種事情，不論吃飯喝水、寫字畫圖、付錢結帳，以及透過手勢表達情感和需求，我們會利用不同手指以及手掌的交錯方式。因為手掌在我們生活種扮演著極其重要的角色，只要是在機器人領域研究的學者，必定也對手掌的相關的研究有所著墨。

機械手掌研究領域相當多元，像手掌結構、驅動器配置及驅動方式、抓握物品手勢、對不同表面物品施力大小分布、和人類互動以及如何配合不同感測器達到所要求目的等。本實驗室也針對設計仿人類機械手掌有相當長時間的研究。





# 歷代機械手掌

本實驗室所研發的機械手掌，發展目標朝著更實用性及更安全的人機互動面向發展。

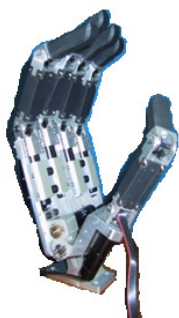


NTU Hand I



NTU Hand III

## NTU Hand IV



自由度	11 DOFs
重量	650 g
應用層面	復健義肢、語音控制、位置與力量控制，可執行抓握杯子抓雞蛋及彈鋼琴

## NTU Three-Finger Hand



自由度	8 Joints
	3 DOFs
應用層面	適應性機構設計，可用來抓握任何外型的物體

## NTU Five-Finger Hand

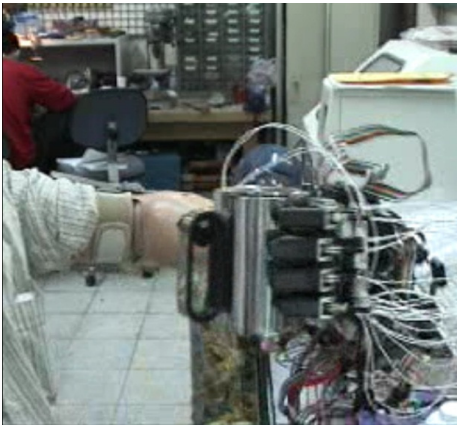


自由度	19 Joints
	12 DOFs
應用層面	適應性機構設計，在與人互動上保有更多的安全裕度



## 多手指人工義肢系統

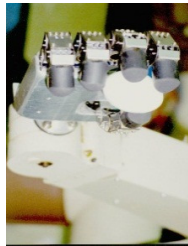
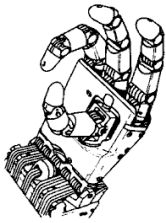
本實驗室所研發的人工義肢系統，為一個可攜式的系統。為了達成高度整合的目的，我們引進了 SOPC 的技術，並且使用 PDA 操控人工義肢。此外，也成功的把肌電辨識系統嵌進 PDA 中。在人工義肢的控制器方面，我們利用硬體描述語言 Verilog 撰寫一個多指節控制器，並且使用 Nios 為整個人工義肢系統的主控核心。在肌電辨識系統方面，我們提出了一個新的時間-尺度領域特徵，攫取此特徵並且透過支持向量機進行分類，辨識率可達 93%。在 PDA 人機介面方面，我們開發了一套使用者圖形介面，透過這個圖形介面，使用者可以完整運用機械手的所有功能，包括肌電辨識系統的訓練與測試，抓杯子、抓雞蛋等抓握動作，以及感測器的監控等功能。





## 第一代台大機械手

具有五指十七個自由度之多手指機械手，所有機構、驅動器、感測器及控制器均可整合至機械手本體。其自由度數目及大小均接近人手，與傳統之腱帶傳動方式相比較，更適於作為人工義手之用途。除了研究多手指機械手之機構、運動學、動力學及抓握姿態之分析，並研發為多手指機械手所設計之模糊控制器，其結合數位訊號處理器與類比控制器模組，除了可同時控制五指十七個自由度外，並符合空間限制及遠端操作的需求。

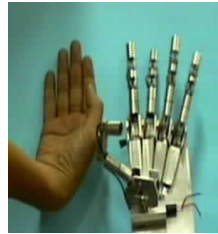
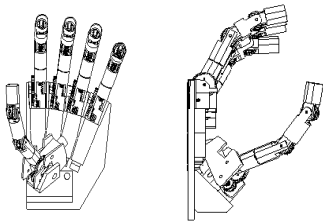


第二代台大機械手基於第一代台大機械手設計上和材料上的缺點加以改進，使其活動範圍增大，重量減輕。在關節軌跡規劃方面，利用前人所提之利用線架構和物體表面點來取得操作物體所需關節軌跡的方法，將之擴展至多機械手操作多物體的應用。

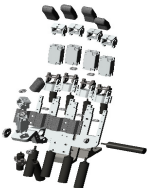
最後，則是執行軌跡時接觸力的維持。在此利用虛擬的彈簧阻抗模型，結合主從式架構的方式來實現間接的力量控制。

## 多手指人工義手

第三代台大機械手為一隻模組化的電子義手。本研究發展出一套專門討論機械手機構的設計理論，稱為關節法。該法以機械手上關節間的關係為基礎，針對一種或數種手的動作需要，尋找出最簡單，又滿足需要的關係組合。經由關節法得出的關係組合，經由很簡單的步驟就能實踐。該模組化義手具有五類模組件。其中三類模組件各包含兩樣模組件，二選一，可以決定特定的兩個關節是耦合或獨立。不同組合的結果，該義手最多可達十一個自由度，最少可達五個自由度。



第四代台大機械手為一具有五指十一個自由度之多手指人工義手，所有機構、驅動器、感測器及控制器均可整合至人工義手本體，可同時控制五指十一個自由度，並符合空間限制的需求。此外，亦發展了虛擬圖形控制系統，將人工義手、虛擬圖形控制系統以及實驗室開發之肌電訊號辨識系統進行整合，並成功與截肢患者進行人體實驗。

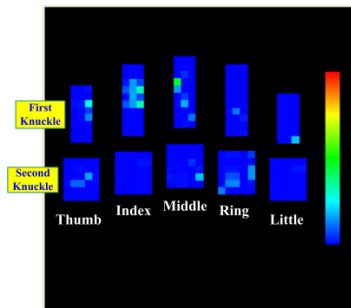
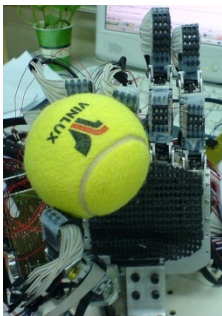




## 人工皮膚

為了使 NTU-Hand IV 有觸覺的感知能力，以模糊理論為基礎的抓握控制演算法，配合人工皮膚的開發，藉以提升 NTU-Hand IV 的抓握能力。人工皮膚是由兩種感測器組成：正向力感測器是由撓性電極板和壓力導電橡膠 CSA (Pressure Conductive Rubber) 結合而成，以感測正向力的大小及分佈；滑動感測器的材料是 PVDF (PolyVinylidene Fluoride)，用以感測抓握物體的滑動情形。透過兩種感測器，使人工皮膚具有三維觸覺的感測能力。最後，亦發展適用於人工皮膚之硬體、軟體及使用者圖形介面，並與獨立的控制系統作整合。

在抓握控制演算法方面，力量/位置混合控制為抓握控制的架構，並引進了以模糊控制為基礎的力量控制以及多感測器融合理論。在抓握時，將人工皮膚所感測到的訊號作為模糊控制的輸入，根據資料庫推論出適當的馬達扭力大小，並考慮力量封閉和摩擦圓錐，使 NTU-Hand IV 能達到穩定抓握，並擁有近似人類抓握的能力。



## 外骨骼支持與復健系統

由於高齡化社會及勞動生產力下降的問題，下一代的機器人必須要可以直接且自然地與使用者進行物理性的互動。因此我們針對有關人機互動的議題，特別是安全的物理性物互動方面，發展一個在未組織過的環境中，整體考量使用者意圖、機器人執行效能及互動安全性的智慧型外骨骼機器人系統。主要包含五個主要的研究題目：

1. 安全互動與系統效能之規範發展
2. 本質安全之致動方式及機械設計
3. 應用於撓性關節機器人之阻抗控制
4. 基於視覺系統之人類意圖辨識
5. 即時性安全運動規劃及控制策略

本實驗室的最終目標是整合上述之研究主題於實際機器人系統，讓機器人系統可以藉由表情辨識、共同注意力、行為決策三個子系統所共同組成之意圖辨識系統，配合上安全機構、進階控制理論與即時性安全運動規劃及控制策略，達成自主性與人進行安全互動之功能。

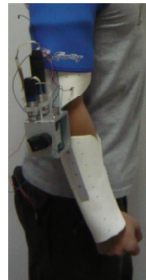
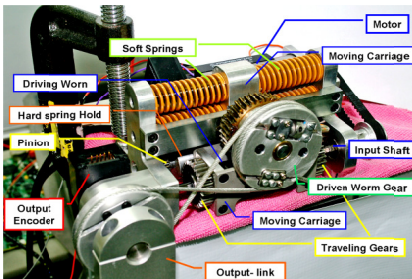




## 上肢外骨骼系統

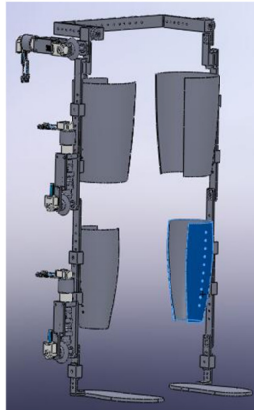
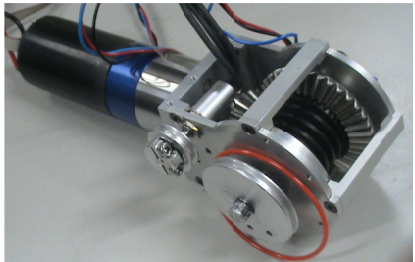
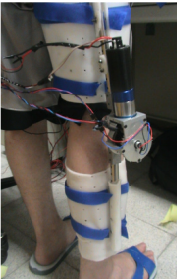
針對主被動的復健及力量增強問題，我們先對廣義的人機系統進行理論上的分析，利用自行發展的彈性耦合驅動方式，設計開發出一個彈性耦合機器人系統。此一系統可針對不同任務調整系統的力量輸出特性，做即時性互動。可以利用事先設定的方式或動態調整的方式，產生適應不同患者的特定運動或特定的最佳化行為，具有提供有效率、安全且舒適的行為外，也可使用於具有痙攣症狀的病患上。

為了能增加人機互動使用上的安全，使用了適應性變剛性機構來建構上肢外骨骼系統。第一種利用不同剛性之彈簧，使機械剛性會隨著受力的不同而產生變化。當人類與之互動的時候，可以增加使用者之安全，同時能顧及到機構本身的操作效能。第二種則是利用拮抗的四連桿機構來產生不同之機械剛性。此設計拓展了第一種設計，使之可以連續變化剛性，甚至可以輕鬆地產生零剛性之特性，對於人類互動上之安全與操作性有著極佳之功能。本實驗室將建構多關節上手臂外骨骼系統，使之能夠真正的幫助老人與上肢動作受損之患者。



## 下肢外骨骼系統

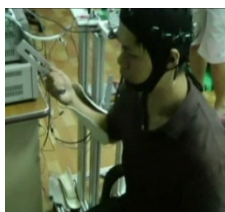
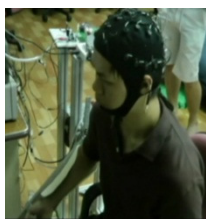
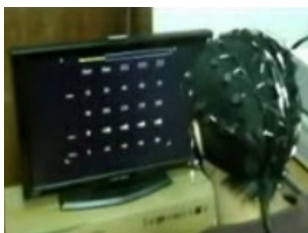
為了幫助行走不便之患者，下肢外骨骼系統之發展非常的重要。下肢外骨骼與上肢外骨骼最大的差異，為下肢通常使用來完成特定之行走與跑步任務，所需要的靈活度與人類意圖估測相較於上肢系統簡單許多，但其所需要的負重卻遠比手臂來的高。針對此現象，發展了可反驅動串聯扭力彈簧之驅動系統，並以此來輔助人類下肢之行走。此扭力彈簧可以增加人類與機器互動之安全並感測機器實際施加於人類身上的助力，配合上人類意圖偵測與高階力矩控制，便可以真實地幫助人類行走，輔助老人與下肢無力之患者移動。





## 腦機介面

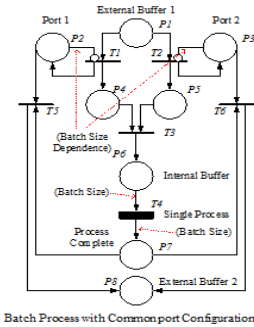
這幾年來有許多的實驗室開始進行大腦與外界溝通介面的研究，目的是為了讓人類能利用腦波來與外界溝通。對於中風病人、漸凍人、行動不便的老人、或是患有神經肌肉骨骼疾病的重症病患，腦波是唯一能夠被使用來控制的訊號，即使病人無法行動，也可以利用腦機介面來主動地控制週遭的環境。所發展的腦波控制機械手臂，利用腦機介面（Brain-Computer Interface, BCI）中的一種方法 P300，經由辨識法則後，可以控制手肘復健機構與支持運動。P300 辨識的準確率可達 100%，平均辨識一個字的時間為 30 秒。未來，為了能使病人能更方便的使用腦波訊號，目標將會放在降低辨識一個字的時間，也會研究有關無刺激源之腦波訊號分類，例如想像動作之分類，並擴展更多的腦波應用範圍，像是使用腦波訊號來控制七軸機器手臂和輪椅之應用，使得人類能有更獨立與美好的生活。



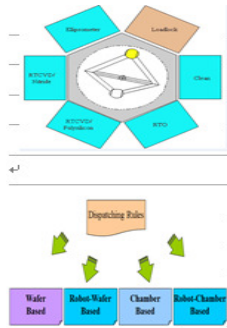


# 工廠自動化

**快**速產品變遷和急遽的市場變化，使製造系統面臨強大的競爭壓力。為了滿足近代製造系統的需求，包括模組化、可重組性、彈性化等，本實驗室以分散式和模組化的建構方式，設計所需之各種組合架構。並進一步建構半導體廠可重組之集結式機台 (Cluster Tool) 的模型，再以多種不同的派工法則加以測試。



Model



Dispatching Rules

此外，所發展的半導體集結式加工機台也具有遠端診斷及維修功能。統計製程管制和批次控制模組用來檢測和消除製程變異，診斷模組則分別對機台作預測和故障診斷，維修模組則提供維修時間的預測和策略選擇來保養機台。所有重要資訊都能夠透過網頁和所發展的訊息傳遞平台 (GMPP) 來通知遠端的使用者，以便瞭解機台即時情況。





- 封面封底設計 : 楊秀婷、陳衍文、趙毓文、王聖翔
- 內頁設計/排版 : 楊秀婷、王聖翔
- 文字 : 嚴舉樓、黃子豪、趙毓文、羅聖諺  
王聖翔、楊秀婷、李泓逸、楊瑋軒  
陳衍文、張啟舜、翁振虔、顧紹彤  
張書瑋

國立台灣大學機械系 機器人實驗室

連絡人：黃漢邦教授

電話：(02) 3366 - 4478

傳真：(02) 2367 - 6064

Email：hanpang@ntu.edu.tw

地址：台北市大安區羅斯福路四段一號

國立台灣大學工學院綜合大樓B08室

網址：<http://robot0.me.ntu.edu.tw>



國立台灣大學機械系機器人實驗室

NTU Robotics Laboratory