國科會工程處自動化學門

學門重點研究規畫書

學門召集人：顏家鈺教授

民國一百年十二月

目錄

壹、智慧型自動化系統／智慧型機器人 2

一、發展願景與目標 2

二、解決策略與行動方案 6

三、預期效益 16

四、討論題綱 17

貳、雲端應用研究 18

一、雲端運算應用簡介及考量因素 18

二、應用研究領域範例：E 化製造(e-Manufacturing) 26

三、其他潛在應用研究領域 37

四、預期成果 39

五、參考文獻 40

參、類生物型驅動與檢測技術 43

一、類生物型驅動與檢測技術之範疇 44

二、研究主題及方向 46

三、預期成果 50

四、參考文獻 51

壹、智慧型自動化系統／智慧型機器人

-整理自簡報資料:

智慧型自動化產業核心技術研發策略

先進核心技術（國科會）

羅仁權教授

一、發展願景與目標

1.強化國內智慧型自動化前瞻核心科技研究

- 指標性專題研究計畫補助
- 國際視野人才技術培育
- 原創性會議論文發表
- 國際知名期刊發表
- 核心專利技術申請
- 國際前瞻科技引進與合作

2.提升產學合作成效

- 指標性產學合作與技術移轉
- 產官學研整合

3.強化國內智慧型自動化前瞻核心技術研究

技術類別/國家	專利比重	日本	美國	歐洲	台灣
工作手臂技術	46%	○	△	△	△
互動技術	11%	△	○	△	△
移動平台技術	13%	○	△	△	△
系統控制技術	19%	△	○	○	△
互動內容技術	11%	△	○	△	△

○:具有競爭優勢 △:尚具優勢　　資料來源 IFR

- 現有專利技術分布來看，偏重工業機器人系統、控制系統及移動平台之零組件等領域。
- 未來發展將以智慧型系統功能及產品整合與附加價值設計為主

3-1. 扎實基礎技術

- 機械工程技術
  - 結構輕量化
  - 低能源機構
  - 結構優化
- 光機電整合技術
  - 視覺定位
  - 視覺追蹤
  - 視覺量測
  - 視覺辨識
- 感測器技術
  - 紅外線
  - 溫度感應器
  - 力量感應器

- 超音波
- 雷射量測

3-2.建立智慧型自動化前瞻核心科技

- 強健感知科技
  - 臉/語音辨識
  - 表情/語意辨認
- 認知科學科技
  - 人類情緒感知
  - 人類行為認知
- 學習功能和適應性科技
  - 推論技術
  - 適應性學習
- 先進控制和規劃科技
  - 定位、導航技術
  - 路徑規劃技術
- 人機介面科技
  - 操控技術
  - 介面表達技術
- 人機互動科技
  - 機器表情回饋
  - 情緒、個性演化技術
- 機器安全行為之科技
  - 輕量化靈巧機構

- 力回饋順服控制

4.提升產學合作成效

- 指標性產學合作／技術移轉
  - 智慧型自動化創新與創意產品
  - 智慧型自動化設備與機器人
  - 智慧型自動化生產、製造、加工
  - 智慧型自動化產品管銷

二、解決策略與行動方案

1. 發展智慧型自動化之前瞻核心科技

- 導入機器人達成智慧型工業自動化
- 智慧型醫療自動化與醫療機器人整合
- 智慧型建康照護自動化與照護機器人整合
- 智慧型服務機器人

2. 智慧型產業自動化與工業機器人整合所需之前瞻核心科技

2-1. 學習功能和適應性技術

經由比較與人類的動作及差異，機器人可藉由控制與調整其動作，比較工作表現來達到適應性，並調整其參數來達到最佳化的動作。

2-2.數學模型建立、分析和模擬技術

建力良好的模型和模擬技術及更好的高表現計算系統，可模擬各製造系統的各種層面，包含從原始材料到產品工件，及組裝及測試。

2-3.先進控制和規劃技術

未來的智慧型系統較現有的系統將需要更先進的控制和規劃演算法，來應對較大的不確定性，以及較寬的容錯性及較多的自由度。高效能的新規劃方法，可由尋找較大相對維度空間數學拓墣演算法來實現。

2-4.感知 (Perception)技術

機器設備須具備自我感知系統，以監控其與及其他機器的任務。並能即時檢視組裝的元件是否符規格，避免徒耗資源於不合格的部分。對於關鍵的組件，感測器須建立幾何與物理模型，並持續追踪，而這些需求都顯示新的感測系統要有更大的頻寬和解析度。

2-5.人機互動技術

機器設備與人之實體的接觸將愈見頻繁。人和機器共同合作時，機器要能辨認人的動作以確保任務的一致性。機器要能和人以多種不同的方溝通，並易於操作。

2-6.系統架構與表達方式 (Representation)

未來工廠的機器設備要能表達他所擁有的技能以及環境的物理特性對他工作的影響。結合低階的感測迴路與高階的推理系統控制。機器會開發有彈性且豐富的表示法，並且結合人的觀察，自主的學習新的技能。

3.智慧型醫療自動化與機器人整合

3-1.手術前的規劃與模型建立

- 病人資料庫匯整
- 病人特定模型分析
- 電腦輔助手術規劃

3-2.手術中的資訊與及時輔具操作

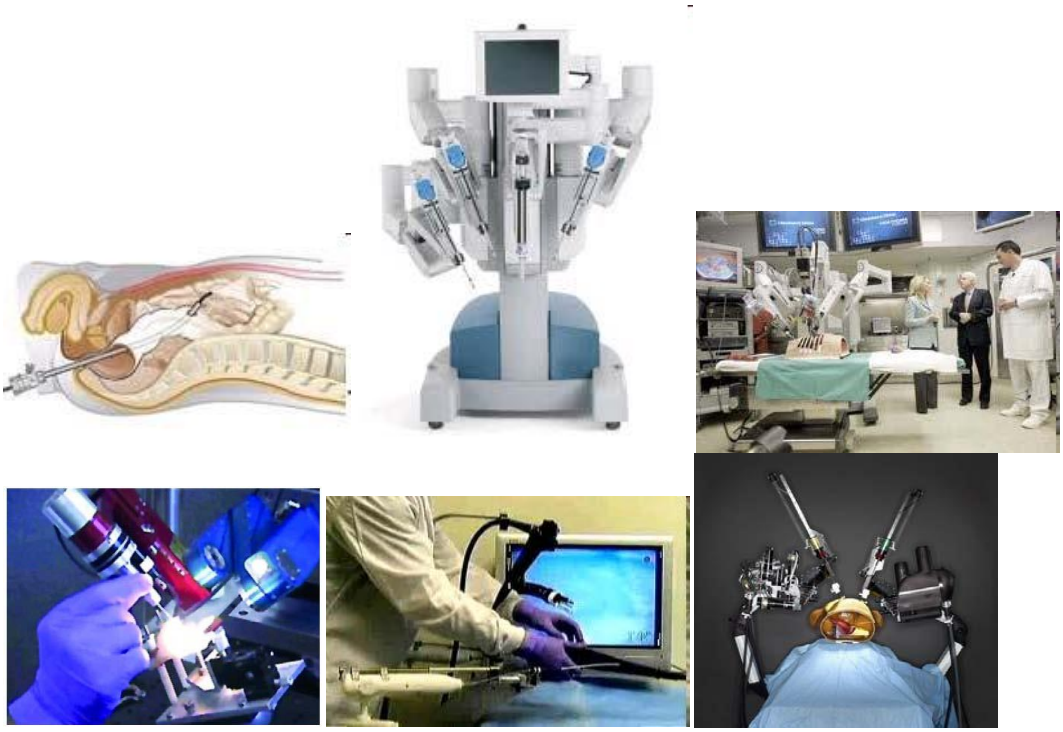
- 病人實體模型資訊更新
- 手術規劃比對與更新
- 電腦輔助手術系統

3-3.Minimal Invasive Surgery 技術發展

- 微創手術是利用幾個細小的切口，透過攝影鏡頭進行的各類型手術。相對傳統外科手術的大切口，創傷明顯大大減低，亦因此稱之為微創。

3-4.Natural Orifice Trans Endoscopic Surgery 技術發展

- 自然腔內鏡手術



4.智慧型醫療自動化與機器人整合所需之前瞻核心科技

4-1.先進控制和規劃技術

智慧型醫療輔助系統需要更先進的控制和規劃演算法來應對較大的不確定性，以及較寬的容錯性及較多的自由度。高效能的新規劃方法，可藉由尋找較大相對維度空間數學拓撲演算法來實現。

4-2.3D立體影像轉換技術

藉由3D實體虛擬，可先為病患身體做最精密的治療規畫與手術的模擬，將可以降低手術的風險，並獲得更好的手術效果。

4-3.機器人安全性技術

醫療安全性涉及許多方面包含需要:準確穩定的控制系統,反應可能的危險情況，本質安全驅動機制，以確保接觸的人或物體傷害降至最低。

4-4.人機界面操作技術

在醫療手術此領域中包括利用適當的感應器和致動機械輔具達到在不同的情況下可以由醫師靈活與精準的控制、並達到安全與快速的運作。

4-5.直覺式人機互動介面技術

機器人於建康照護的互動上，人機互動介面技術介於照護者、被照護者以及機器人之間，相關重要的模組系統如:感測感知系統以及動作系統。並要考慮系統涉及人的感覺，如視覺，觸覺(力和觸覺)，和聲音以及互惠性質的互動方式。

4-6.能自動理解人類行為之技術

為了能夠即時幫助使用者與機器人之間達成適當有效的人機互動，而需了解使用者的行為模式。

5.智慧型醫療自動化與機器人整合所需之前瞻核心科技

5-1.能自動理解人類情緒與生理狀態之技術

能夠自動識別被照護者的情感狀態，以支持適當機器人行為反應是健康照護自動化重要的有效關鍵，情緒識別研究包含了語音信號分析，人臉表情分別和生理資訊。目前穿戴感式測技術已逐漸被廣泛發展，應用於人類情緒與生理狀態之感測。智慧型健康照護自動化與機器人整合所需之前瞻核心科技

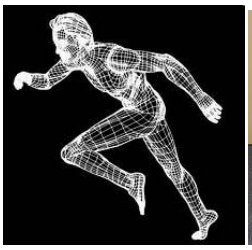
5-2.使用多種感測器之自動健康資訊擷取技術

運用感應器取得身體資訊在醫學影像方面有快速的成長，未來於生醫感應器方面也有很大的發展空間，例如可攜式螢幕、吞嚥式攝影機、多功能馬桶…等，這些於技

術上來說都有可行的空間，藉由這些儀器，可以詳細的紀錄所攝取的營養、身體運行的狀況，得到比之前更為精確、詳細的資料。

5-3.機器人安全行為之技術

機器人行為與反應的安全性是發展機器人以來大家都關切的議題。然而如何分辨使用者的動作，判斷出人類的意圖，並讓機器人做出相對應的動作也是非常的有挑戰的。(機器人如何分辨出人類無意識的動作與特定動作的意圖是一項新的挑戰)



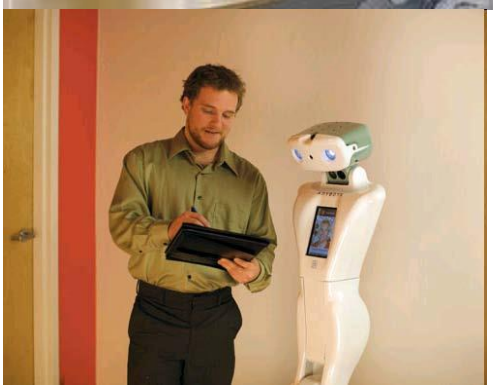
6.何謂服務型機器人？

6-1.服務型機器人可於住家或工作場所，幫助人們處理日常事務及閒暇娛樂，或輔助身障人士及高齡長者。

6-2.有別於工業用機器人的粗重及高危險性。

6-3.可於日常環境與人協同工作。

- 可區分為兩大類型：普遍專業服務型機器人
- 個人服務型機器人



7.智慧型服務機器人所需之前瞻核心科技

7-1.仿人型靈巧操作技術

靈巧操作技術包括利用適當的感應器和靈活的機械手臂達到在不同的情況下可以精準的控制、技能學習與傳輸、達到靈活且安全的運作。

7-2. 3 D實境路徑規劃及環境探索技術

自動化服務機器人必須可偵測環境的情況並在環境中移動來完成任務。如:服務型機器人必須在動態的環境中運作。因此建構地圖就可以提供機器人所需的資訊來完成任務，障礙物的偵測與辨認功能就可以支援建構地圖所需要的資訊。

7-3.認知科學(Cognition Science)技術

在未來行動中使用的環境的新模型，需建立感知、智能、語言、計算、推理等諸多現象的研究和模型化認知系統能。認知對於使用者及限制使用者訓練機會的部署範圍間的流暢互動是必要的。

7-4.強健感知 (Perception)技術

服務機器人在相對不受約束的環境中運作，因此有必要提供強健的感知功能，以應付環境變化。感知在導航以及在環境與使用者與接近系統的物體間之互動中相當重要。

7-5.直覺互動式人類－機器人介面（HRI）技術

- 服務機器人的部署在專業上及家庭設置上均需要介面的使用，使系統更容易接近使用者。
- 互動包括移動或輕推物體或人的身體動作及非接觸式的互動，近於因溝通目的或狀態而改變的運動行為。

7-6.人類技藝(skill)擷取及模仿科技

服務型機器人在解決新的工作時，必需能夠不斷地改善其效能，服務型機器人必需要能夠自動的獲取新的技能，技能能夠由很多方式來獲得：可以使用其他機器人上包含有技能獲取之技能函式庫。

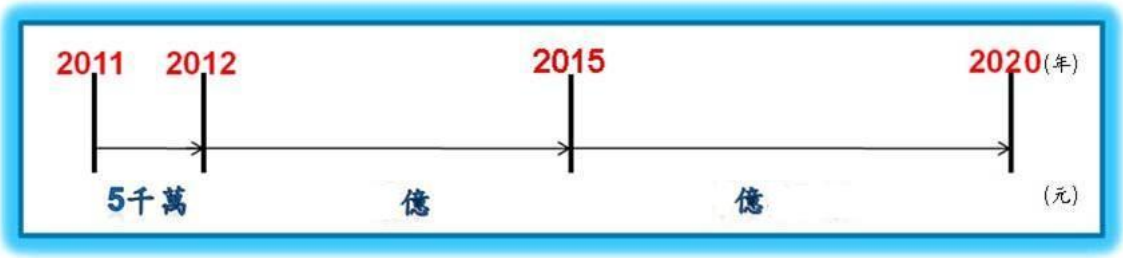
- 技能能夠經由嘗試錯誤(trial and error)結合其他技能而被學習。
- 技能能夠經由觀測其他機器人和人類行為而被學習。
- 機器人可以經由人類和機器人的教導者而被教導。
- 能能夠被參數化，在不同的情況下，學習和選擇適當的參數也被包含在技術獲取的能力之中，並能夠在機器人之間，傳遞技能與

7-7.安全性機器人科技

- 安全性涉及許多方面包含需要，需有安全認證標準
- 進階的認知能力以偵測物體與人及預測可能的安全危害，控制系統，反應可能的危險情況，本質安全驅動機制，以確保接觸的人或物體造成很少或沒有傷害。

8.行動方案：智慧型自動化發展－專案補助預算

以2011~2020年的10年發展策略目標來說，預估首年需要5仟萬的經費，其後每年1億元經費，補助遴選具有前述指標性及整合型的智慧型自動化機器人前瞻核心科技研究計畫，並加強與國際交流合作。



8-1.智慧型自動化與機器人研發環境整合建構

- 指標性產學合作與技術移轉
- 產官學研整合

8-2.強化人才培育與與國外合作引進措施

- 國際前瞻科技引進與合作
- 國際視野人才技術培育

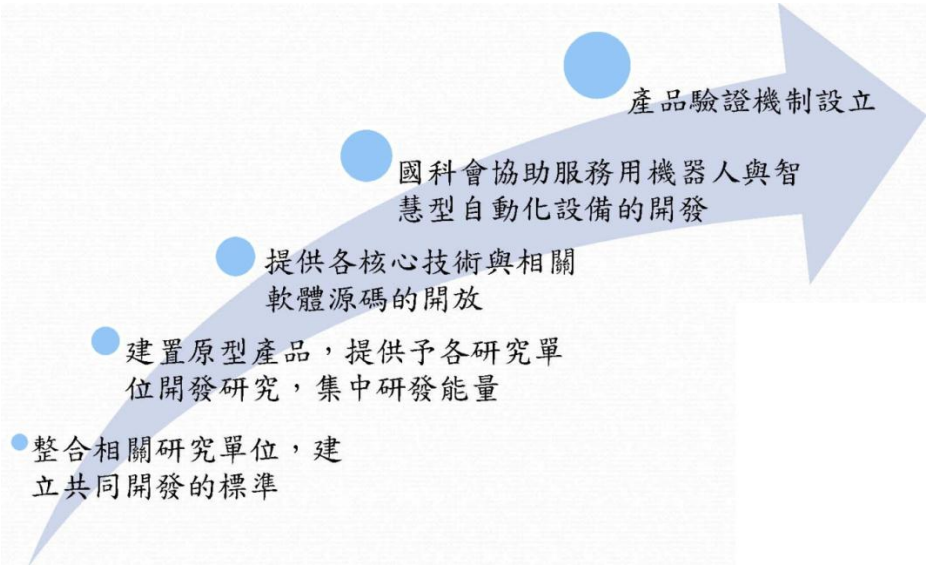
8-3.發展自主創新前瞻核心科技

- 強健感知科技
- 認知科學科技
- 學習功能和適應性科技
- 先進控制和規劃科技

- 人機介面科技
- 人機互動科技
- 機器安全行為之科技

8-4. 建置智慧型系統應用軟體及標準測試平台

8-5. 建置原型產品應用及開放測試平台



三、預期效益

2011~2020

1.產生相關碩、博人才培育以五百名以上

2.原創性會議論文與國際知名期刊發表達2百篇以上

3.有效核心專利技術申請與技術轉移達1百件以上

4.國際前瞻科技引進與合作達10項以上

5.重要國際會議Keynote speech/Plenary speech五次以上

四、討論題綱

題綱一：智慧型自動化前瞻核心科技整合環境建構之發展策略

- 建構前瞻核心技術發展環境
- 強化人才培育與國外合作引進措施
- 發展自主創新前瞻核心科技
- 建置原型產品應用及開放測試平台

題綱二：智慧型自動化共同前瞻核心科技開發

- 智慧型自動化整合許許多多零組件學科及技術，如計算機工程、感測技術、材料科學、驅動元件技術、控制工程及人工智慧…等。
- 零組件技術的不斷進步，促使智慧型自動化/機器人科學日新月異；智慧型自動化領域的應用需求也推動零組件技術的進一步發展。
- 智慧型自動化所需共同先進核心科技

貳、雲端應用研究

-整理自簡報資料:

雲端運算應用研究

Cloud Computing Application Researches

洪敏雄教授

楊浩青助理教授

鄭芳田講座教授

一、雲端運算應用簡介及考量因素

1.領域重要性及未來發展

1-1. 雲端運算 (Cloud Computing)為未來十年資訊應用新主流，各國政府都爭相投入雲端運算之政策規劃。為藉雲端運算升級台灣成為資訊應用與技術先進國家，政府已於99年4月核定通過「雲端運算產業發展方案」[1] ，預期 5 年內投入 240 億元，全方位從政府推動面、社會影響面與產業經濟面，發展雲端運算產業，發揮國家整體施政效益。

1-2. 著眼於雲端運算為未來資訊應用主流模式,可對我國產業發展帶來鉅大潛在利益[2]，本雲端運算應用研究規劃 書，將探討雲算運算之特質及應用現況，進而規劃自動化學門相關之雲端運算應用研究主題及方向，期能引導學術界及業界投入雲端運算應用相關的創新研發，發展產業關鍵技術與雲端應用服務，以提升產業自動化與建構營運新模式，加速產業升級。

2. 雲端運算特質與分類

2-1雲端運算定義[3][4][5]:

雲端運算為一種資源共享模式，能夠方便地隨需利用網路存取共享的廣大運算資源（如網絡、伺服器、儲存、應用程式及服務等），並可透過最少的管理工作來服務供應者之互動需求，以便能快速地提供各項資訊服務。（by NIST）

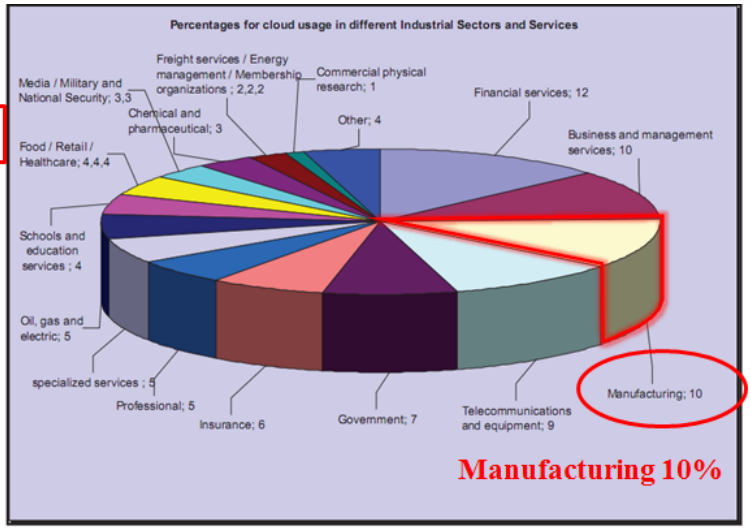
2-2. 雲端運算特性[3][4][5]:

- 快速彈性：能因應要求調整資源規模大小。
- 計量服務：雲端服務各層次均由雲端供應者掌控與監管。
- 隨需自助服務：消費者可自行使用雲端服務，毋需與雲端供應者互動。
- 無所不在網路存取：雲端供應者服務可隨時在網路取用。
- 資源彙整：雲端供應者透過多重租賃模式服務消費者，依據消費者要求，來指派或重新指派實體及虛擬資源。

2-3. 雲端運算運用領域

根據研究[6]顯示，目前雲端運用在各個領域的使用情況如下：

領域	比例
金融業	12%
製造業	10%
一般企業	10%
通訊傳播與設備業	9%
政府機關	7%
保險業	6%
其他	46%



2-4.雲端運算分類

4-1.以服務模式(Delivery Mode)分類[3][4][5]:

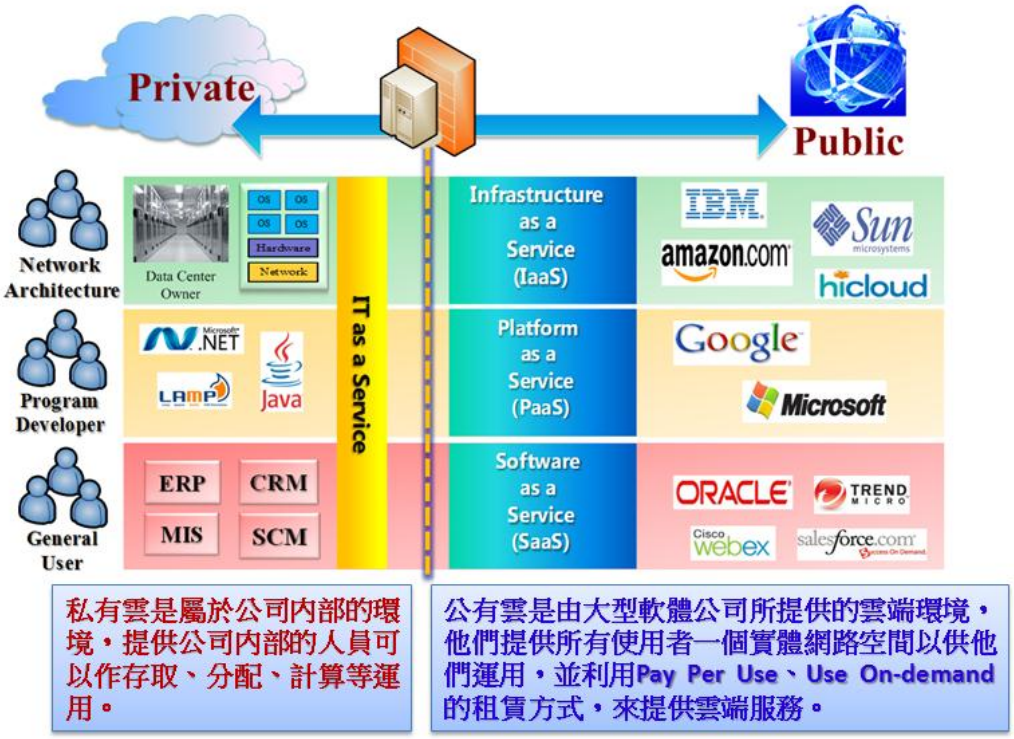
服務類型	基礎設施服務 (IaaS, Infrastructure as a Service)	平台服務 (PaaS, Platform as a Service)	軟體服務 (SaaS, Software as a Service)
說明	專門提供設備、儲存空間、伺服器或專業，協助企業建置或使用雲端運算服務	為用戶提供一個託管平台，能將多種不同的應用軟體整合在同一個介面下，讓用戶可以將他們所開發的軟體部屬在雲端	直接為用戶提供所需的應用服務各類軟體安裝在網路上，只要上網，就可使用，客戶不需再下載至自己電腦而增加負擔
實際案例	Amazon、IBM、Hicloud、Sun	Google、Microsoft	Oracle、Salseforce、Trend、Cisco

4-2.以部署模型(Deployment Model)分類[3][4][5]:

服務方式	公有雲 (Public Cloud)	私有雲 (Private Cloud)	混合雲 (Hybrid Cloud)
說明	由多個企業和用戶共同使用的雲端運算環境，在公有雲中，使用者所需的服務皆由一個獨立的雲端供應商提供，同時也為這些使用者提供共享的雲端資源，適合中小型企業使用	由某個企業獨立建構且使用的雲端運算環境，所有使用者皆是企業或組織內部的成員，共用該雲端運算環境所提供的所有資源，適合大型企業如金融機構，製造業、科技業、政府機關等大型企業。	指私有雲和公有雲的混合，一般來說，如金融機構、`政府機關、大型企業等他們已經擁有一定規模的IT基礎建設，他們可以將一些安全需求和可靠度較低的應用，如人力資源管理部署在公有雲上，減低自身IT基

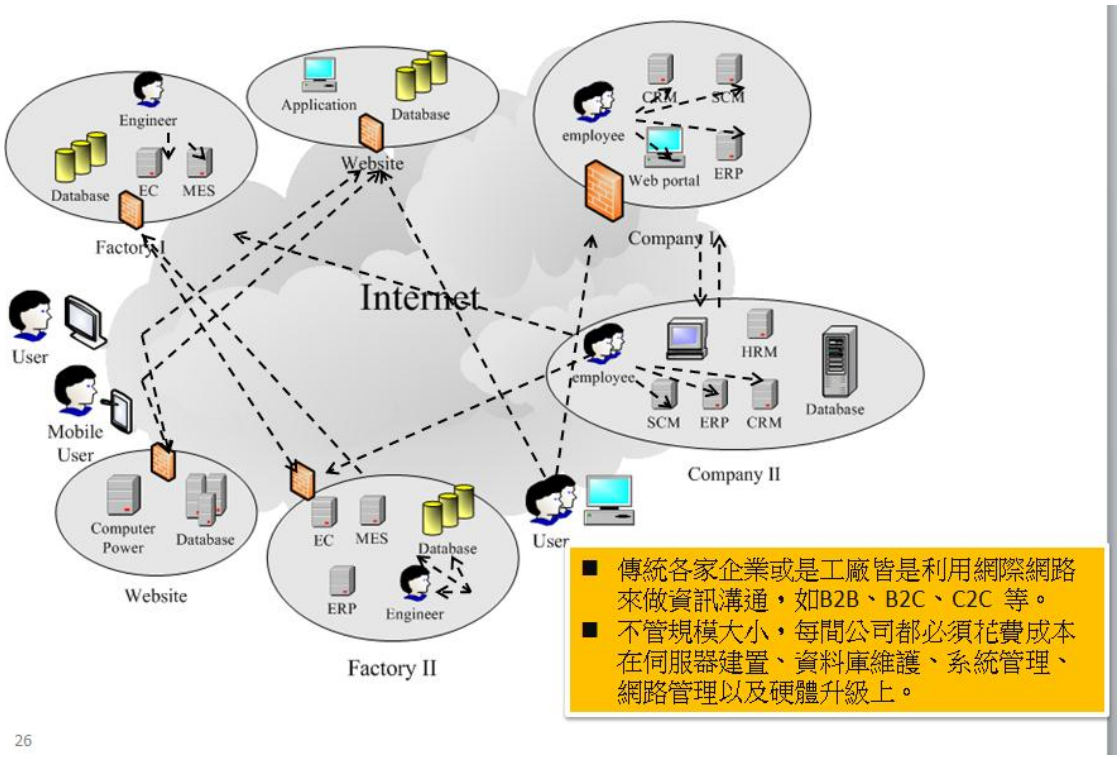
			礎建設的負擔。

3. 雲端運算架構

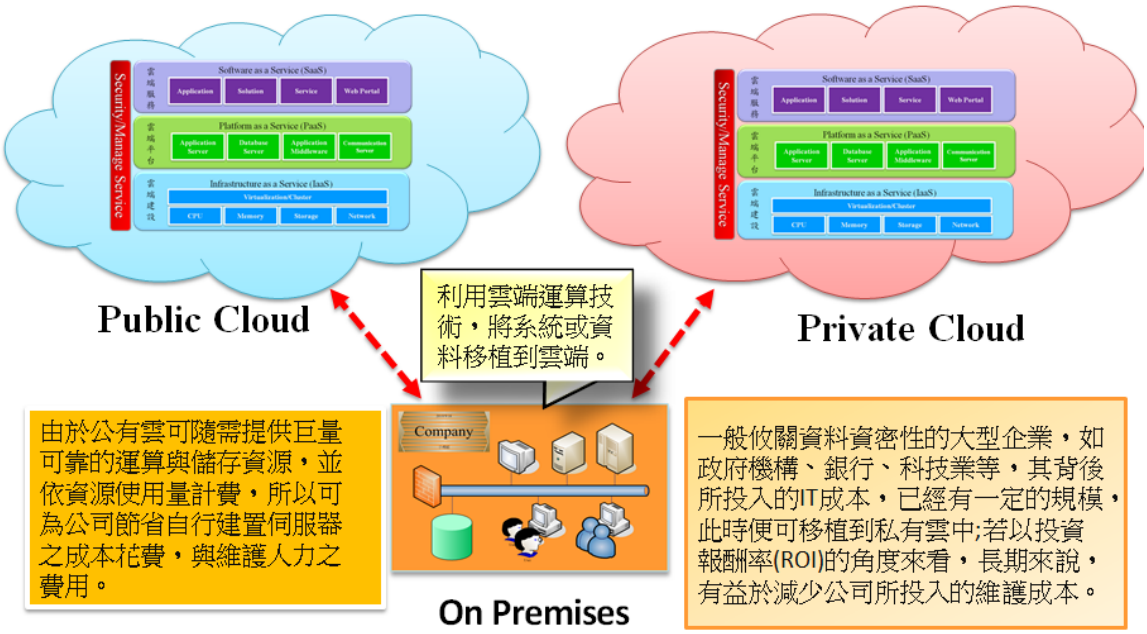


[25] Source: NIST [3]; Microsoft News Center [7].

3-1. 現行基於網際網路之企業電子化應用



3-2. 未來基於雲端運算之企業電子化應用



4.企業導入雲端運算考量因素

4-1.企業導入雲端運算之前，可以考量以下因素，作為是否進行雲端化之參考[8]：

- 伺服器數量：若企業伺服器數量小於一百台，其即適合於將系統移植於公有雲上。 但若其伺服器數目已超過上萬台時，則意即其不需要將系統移植至雲端，本身已於雲端中。
- 服務使用人數：適合於雲端運算程度，隨系統所服務之人數增加而增加。
- 資源使用模式：使用模式指的是資源的使用量是呈現規律模式，且峰值不超過平均量的兩倍。一般而言，變動率大、瞬間高使用量及時有時無等模式，均適合使用公有雲端運算。其中，高變動率模式為某些時間點的使用模式呈現大幅落差；瞬間高使用量模式為某一個短時間使用量是平均使用量的兩倍或兩倍以上；時有時無指的是在某些時刻的資源使用量為零。
- 資料量：當每月的處理的資料量小於 500 MB 時，較適合使用雲端的儲存空間；但若是每個月所處理的資料量大於100 TB 時，由於花費在傳輸以及頻寬的成本太高，在適用性上較不適合使用公有雲。
- 資料機密性/資料安全性：為目前雲端運算所面臨的主要議題。 資料雖可透過演算法加密、壓縮、防火牆等技術來實現其安全性，但若是該雲端提供者面臨營運中斷、倒閉等問題時，這些資料即很難被保護，除非是由組織自行建置私有雲；因此，如政府機密、銀行帳號密碼、商業機密等則不適合於公有雲。
- 該工作任務或是應用是否具關鍵性：由於一般雲端提供者所提供的服務平台都是屬於較為標準的開放平台，除非企業具有一定的財力和雲端提供者要求做客製化的需求，如獨立系統配置、獨立資料庫等，否則一般來說，愈關鍵的任務愈不適合放至公有雲上。

4-2.部署雲端運算必須考量之安全因素[19]

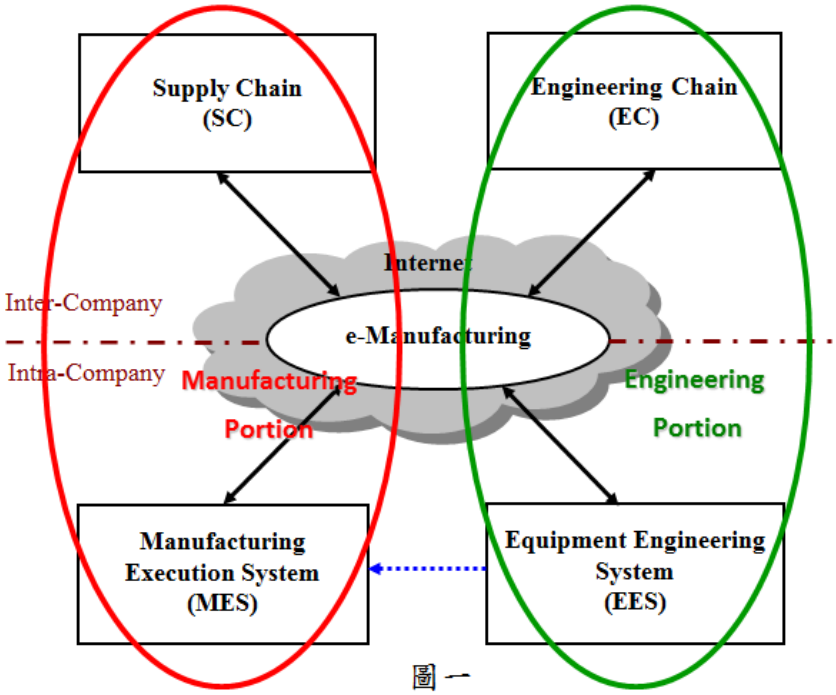
- 雲端運算的濫用與進行非法行為（Abuse and Nefarious Use of Cloud Computing）
- 不安全的介面與 APIs（Insecure Interface and APIs）
- 惡意的內部人員（Malicious Insiders）
- 共享環境的議題（Shared Technology Issues）
- 資料遺失或外洩（Data Loss or Leakage）
- 帳號或服務被竊取（Account or Service Hijacking）
- 未知的風險（Unknown Risk Profile）

二、應用研究領域範例：E化製造（e-Manufacturing）

E 化製造（e-Manufacturing）

e-Manufacturing構成要素如下圖所示[10]，其目標乃是利用開放的網際網路 及資訊科技，藉以有效整合工廠區之製造執行系統(Manufacturing Execution System, MES)與設備工程系統(Equipment Engineering System, EES)，並將企業間之供應鏈(Supply Chain, SC)與工程鏈 (Engineering Chain, EC)等納入整體考量，以達到整體產業(包含工廠區、企業管理層、上下游工廠間、客戶端、設備與技術供應商及其它企業夥伴)間資訊的整合與流通性，期能有效提高整體設備效率(Overall Equipment Efficiency, OEE) ，且在正確時間提供正確資訊予所需要之使用者，且能快速反應客戶需求、縮短產品自設計與發展至上市之期間，進而達成降低整體生產成本的願景。

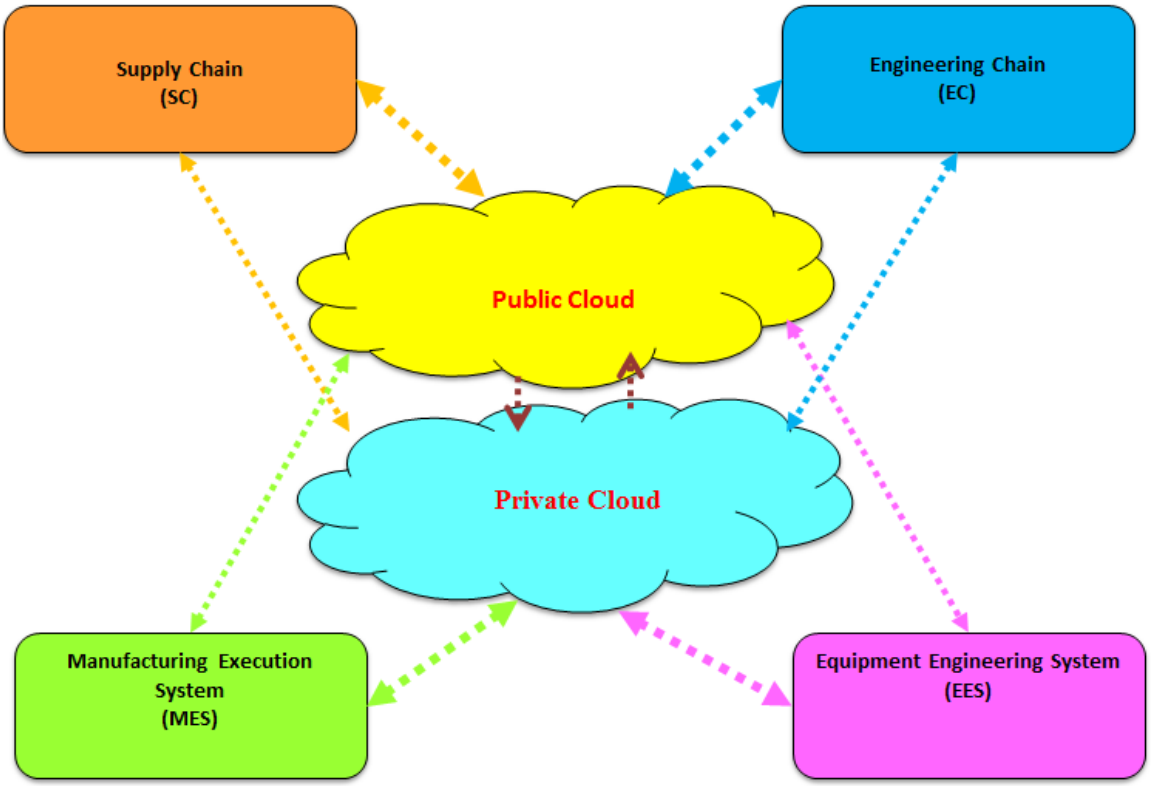
現行e-Manufacturing架構



圖一

Source: [10].

基於雲端運算之E化製造框架



1.設備工程系統（EES）

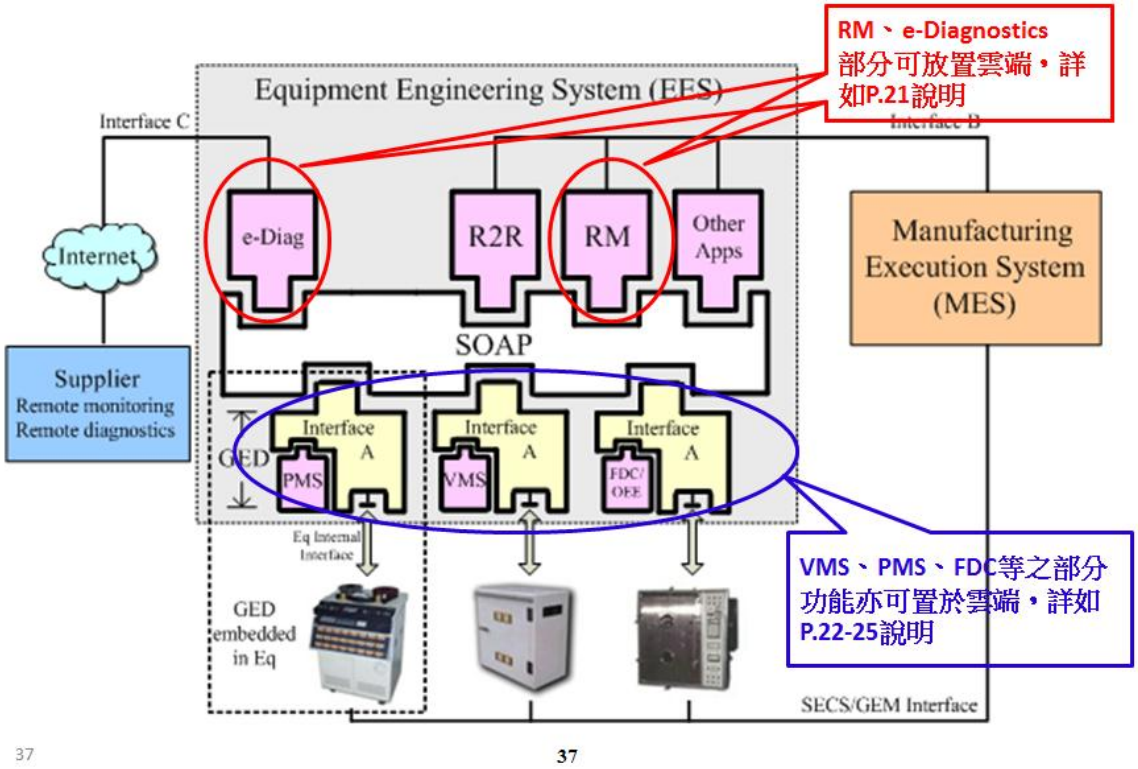
設備工程系統(EES)為監控生產機台的狀態，ISMT 提出 EES 的觀念，希能藉由擷取設備製程參數藉以分析與預測設備的健康狀況與製程品質，以提高整廠的 OEE。EES 有別於一般的MES,其目的在於如何運用設備工程資料存取控制(EE Data Access Control)等技術，將設備工程資料(EE Data)取出，並藉由網際網路傳送至廠內或設備供應商所建立的設備工程應用 (EE Applications)相關模組，以利達成設備工程應用及提高 OEE 之目的，本規劃書將以雲端運算為基礎架構針對設備工程系統提出以下之未來研究方向[10]。

1-1.基於雲端運算之 EES 研究方向

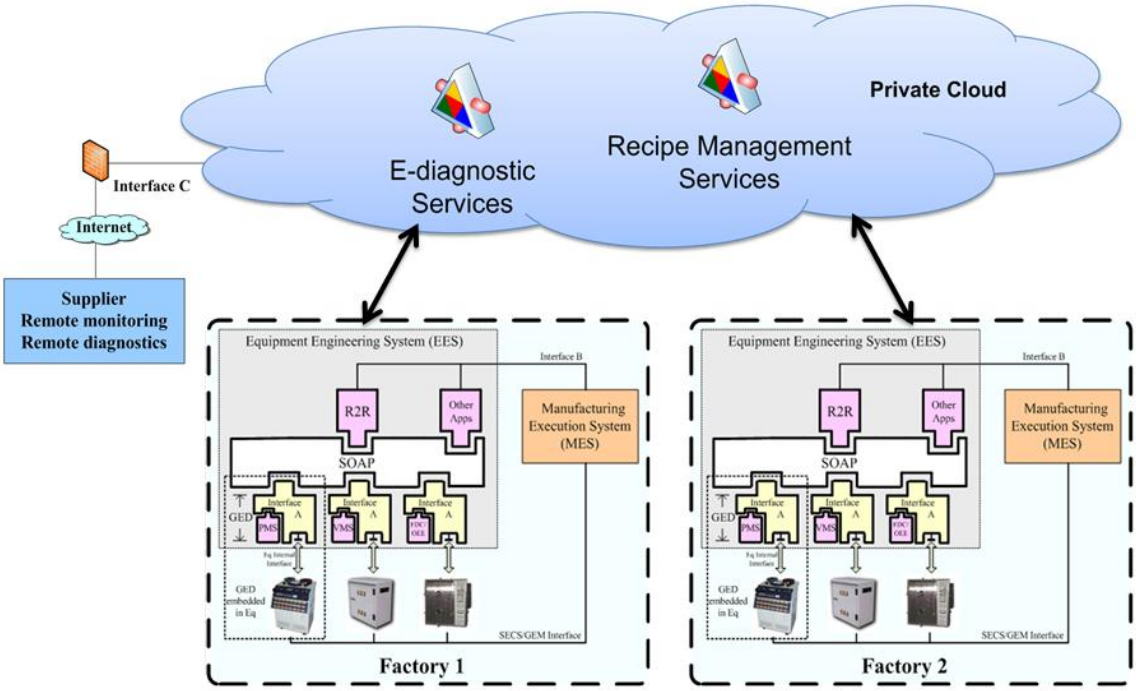
- 基於雲端運算環境之網路式診斷：研究如何運用設備工程資料存取控制(EE Data Access Control)等技術，將設備工程資料(EE Data)取出，並藉由網際網路傳送至工廠或設備供應商所建立的雲端平台，以達成網路式診斷(e-Diagnostics)、設備健康監視(Equipment Health Monitoring)、先進製程控制(Advanced Process Control, APC)、錯誤偵測與分類(Fault Detect and Classification, FDC)、以及設備使用效能(Overall Equipment Effectiveness, OEE)等之應用[16][17]。

- 基於雲端運算之通用型預測系統：研究如何以雲端運算之基礎架構(IaaS)上建構通用型預測系統(Generic Prediction System)，提供半導體產業、面板業、機台製造商、鋼鐵業等先進產業之線上雲端服務，適用於各式不同應用(如虛擬量測、良率預測、精度預測、預測保養所須之剩餘壽命預測、…等等)之通用型預測架構，以達到資源共用，服務共享等目標[18][19]。

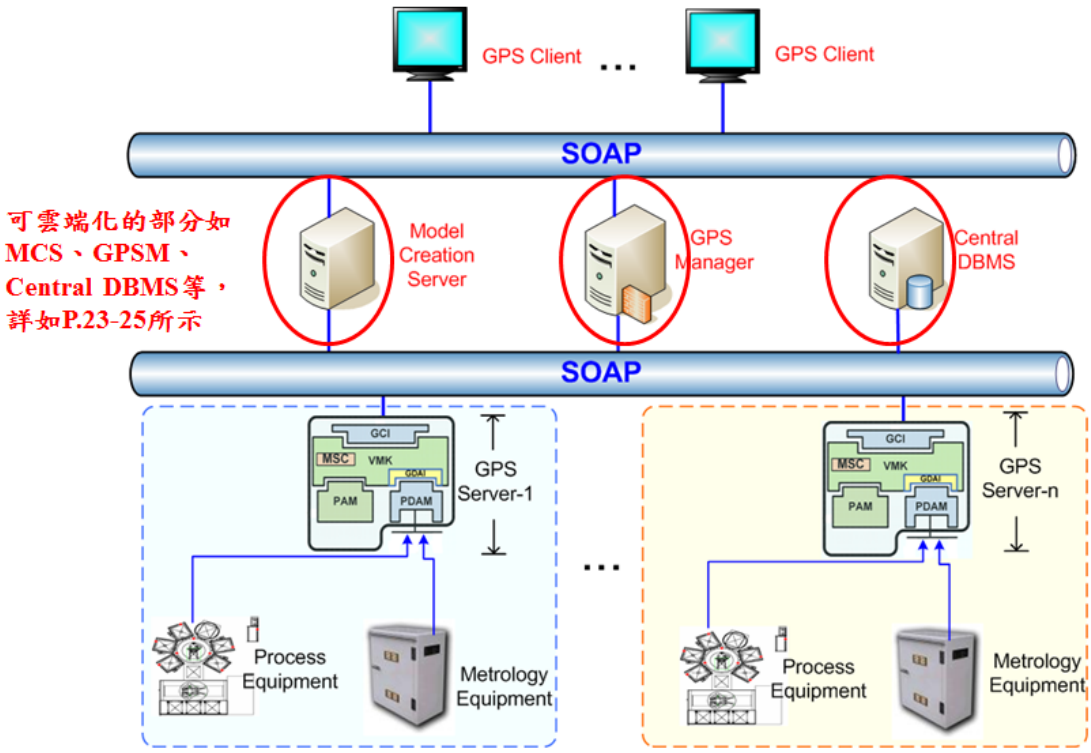
1-2.現行 EES 模型範例[10]



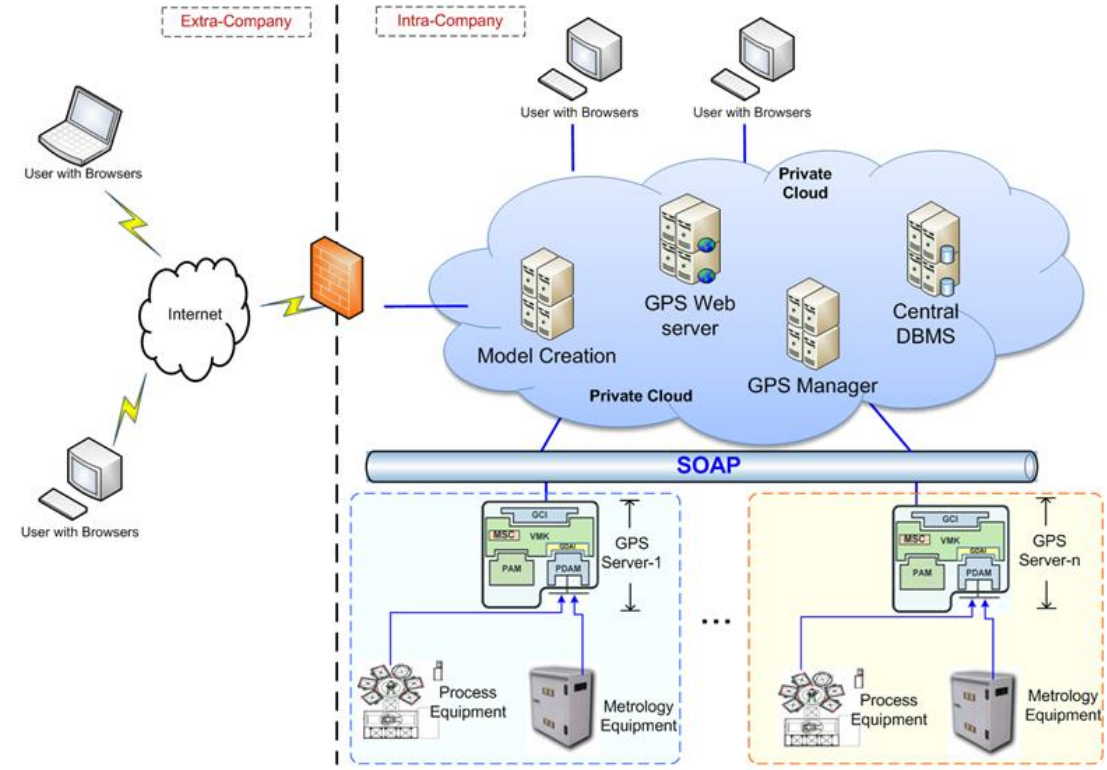
1-3.基於雲端運算之 EES 架構



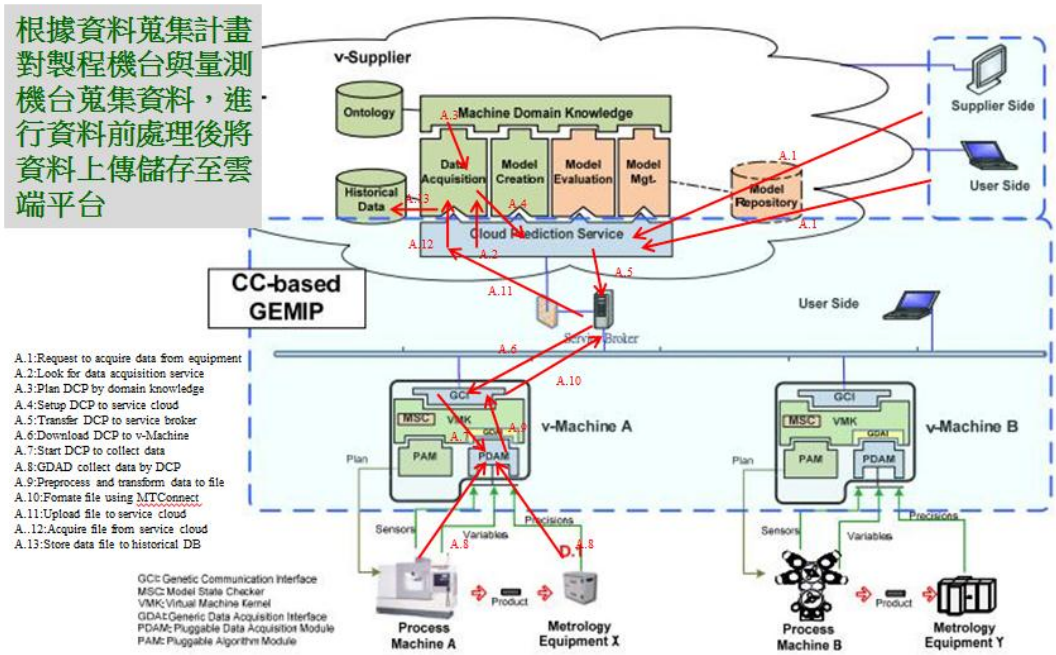
1-4.適用於VMS/PMS/FDC等之通用型預測系統(GPS)架構範例



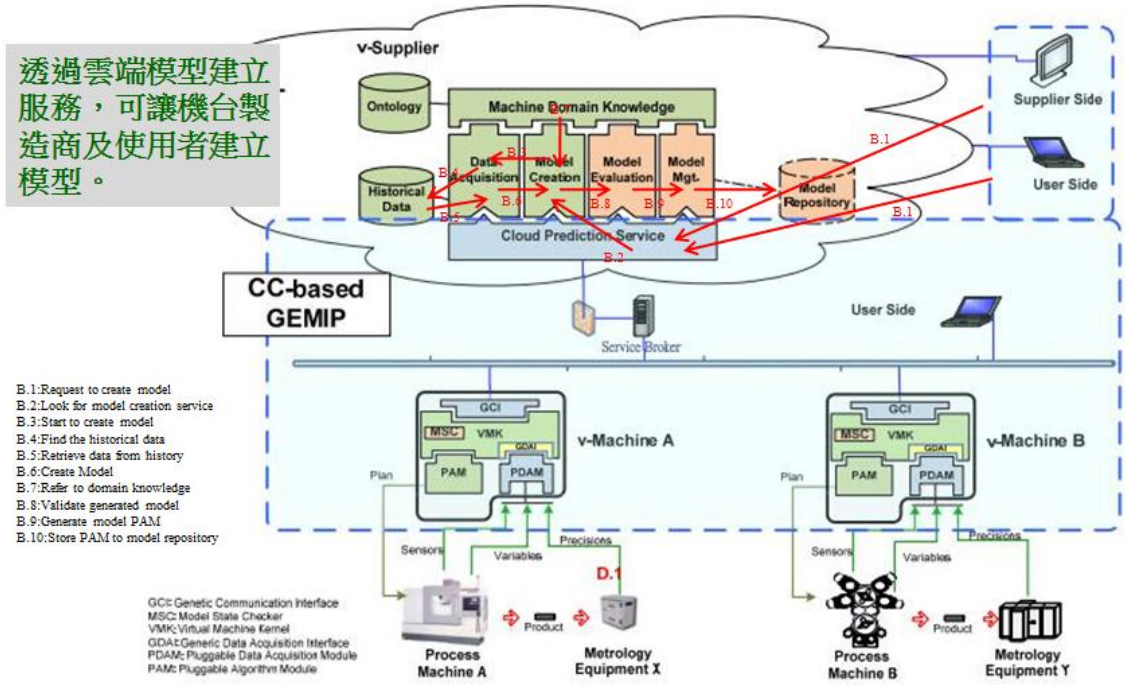
1-5. 基於雲端運算之GPS架構



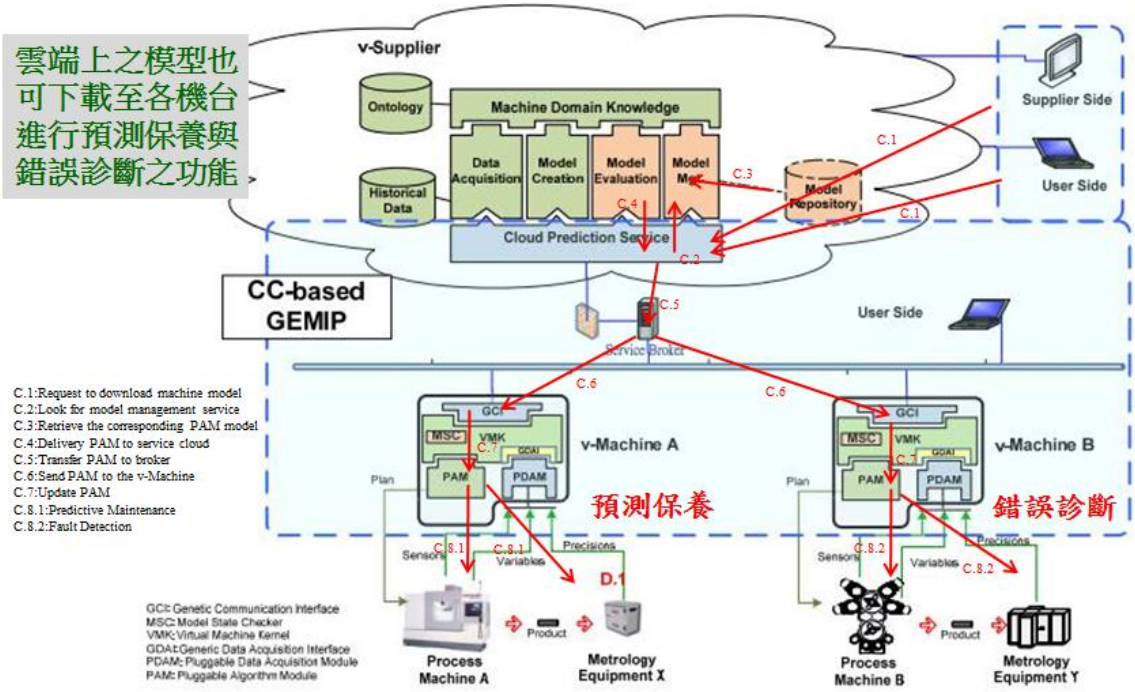
1-6. 範例:基於雲端運算之通用型設備監控平台架構 (1/3)—雲端資料蒐集服務



1-7. 範例:基於雲端運算之通用型設備監控平台架構 (2/3)—雲端模型建立服務



1-8. 範例:基於雲端運算之通用型設備監控平台架構 (3/3)—模型之下載並提供本機端機台進行預測保養與錯誤診斷



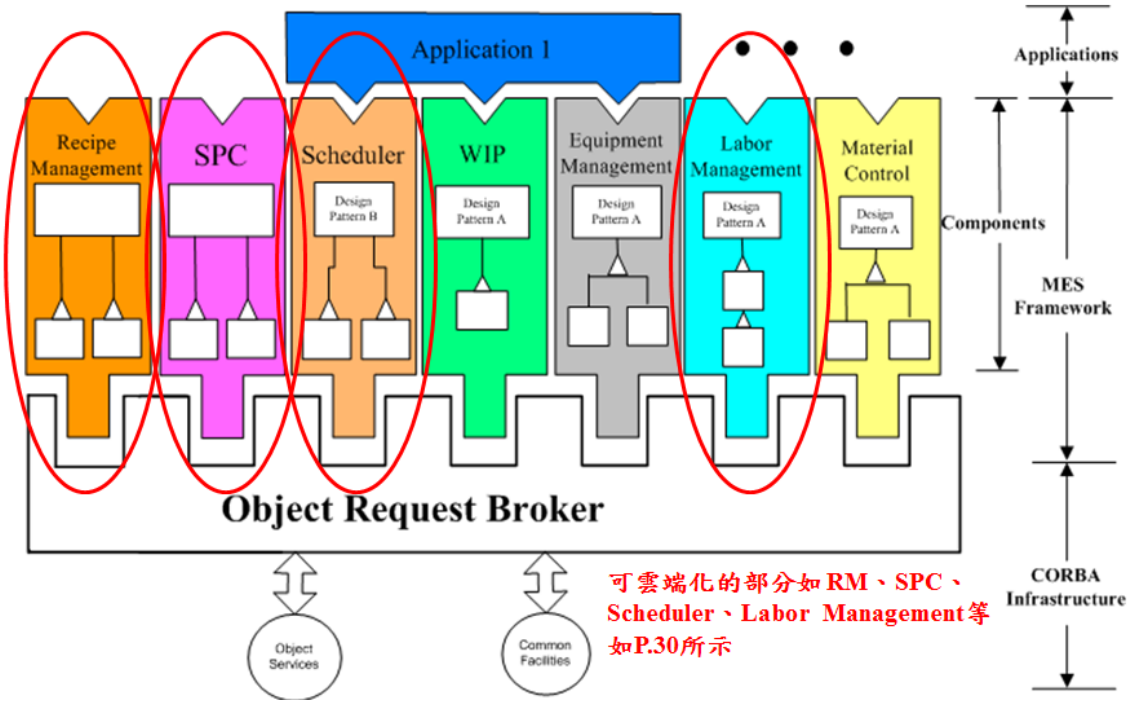
2.製造執行系統 (MES)

在產業E化潮流中，MES 是廣受現代製造產業仰賴的資訊化管理應用系統。透過 MES 的導入，能將相關製造業流程，如訂單、生產、製造、物料、委外、設備管理及品管等，採用自動化與智慧化之整合分析，可有效協助企業改善生產流程、降低存貨與成本，以利提昇整體競爭力[10]。

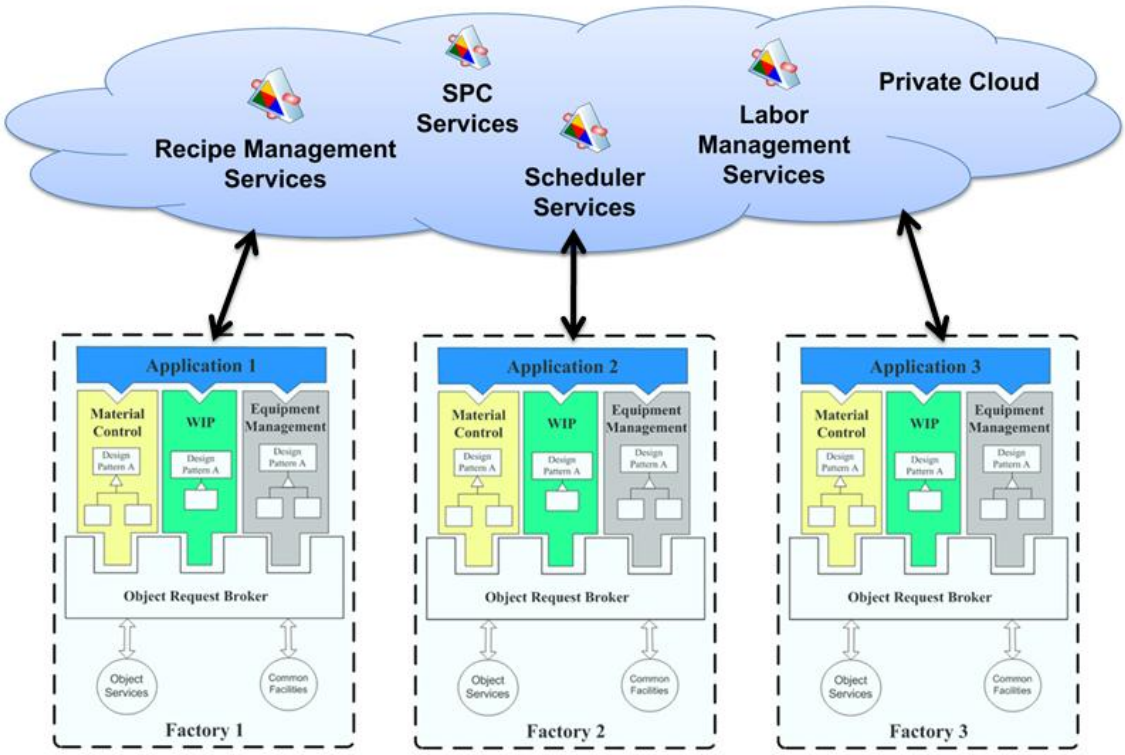
2-1.基於雲端運算之 MES 研究方向

- 工廠內部私有雲建置：研究於企業內部打造私有雲(Private Cloud)，由於資料安全性考量，一般公司通常不會將資料放在公有雲上，而為了打造私有雲，企業必須自行建置雲端基礎建設、雲端服務平台、與雲端服務機制[11][12][13]。
- 安全管理機制建置：研究如何建立存取機制、認證及授權機制，來允許哪些使用者、是系統或其他服務可以存取不同的服務或資料[11][14]。
- Web化的溝通環境建置:研究如何建立Web化的雲端系統,讓使用者利用行動裝置或是網頁瀏覽器即可操作系統而不必再另行安裝程式[15]。
- 雲端功能服務建置:研究如何運用雲端技術的優勢，提供簡單、快速的資料服務，以及研究如何將離線作業或是存取頻率效低的系統移置到雲端環境，讓運算資源可以充分地運用在這些系統上，如SPC、Scheduler 、Recipe Management、Labor Management 等系統。

2.2 現行 MES 模型範例[10]



2.2 基於雲端運算之MES架構



3.供應鏈（SC）

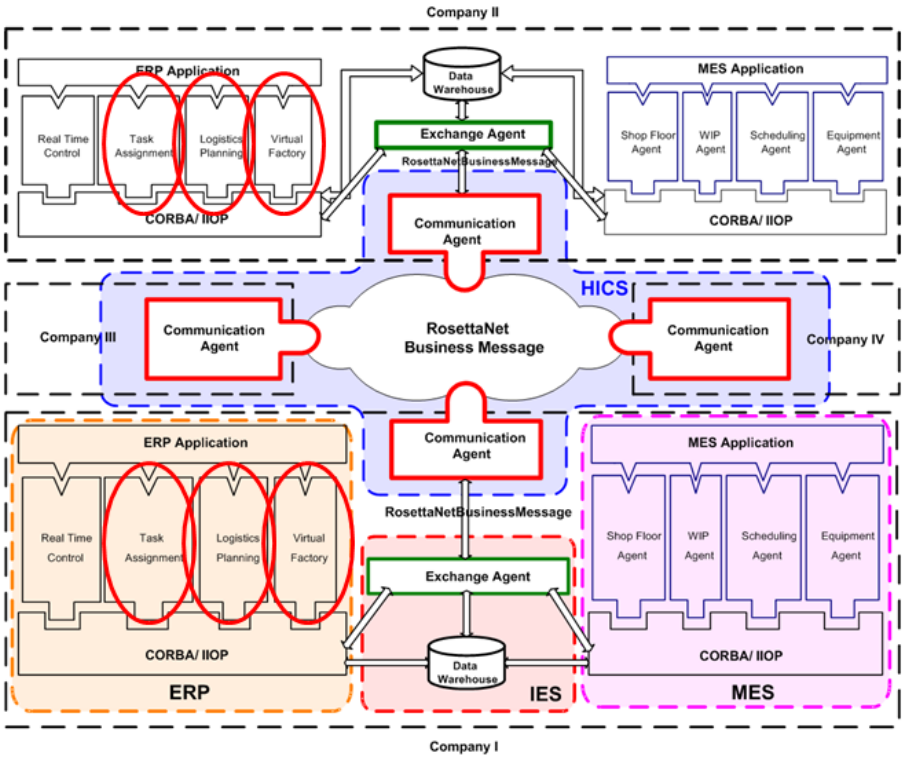
供應鏈管理（Supply Chain Management, SCM)係運用一連串有效率的方法，以整合供應商、製造商、批發商、零售商，使得商品可以適當的數量生產，並在適當的時間配送到適當的地點，其目標為基於一個可令顧客滿意的服務水準下，使得整體系統成本最小化。SCM涉及企業與企業間流程之協調及整合，該系統將會與MES, EES 及EC進行Logistics Collaboration，俾能達成縮短Order-to-Delivery之目標[10] 。

3-1.基於雲端運算之SC研究方向

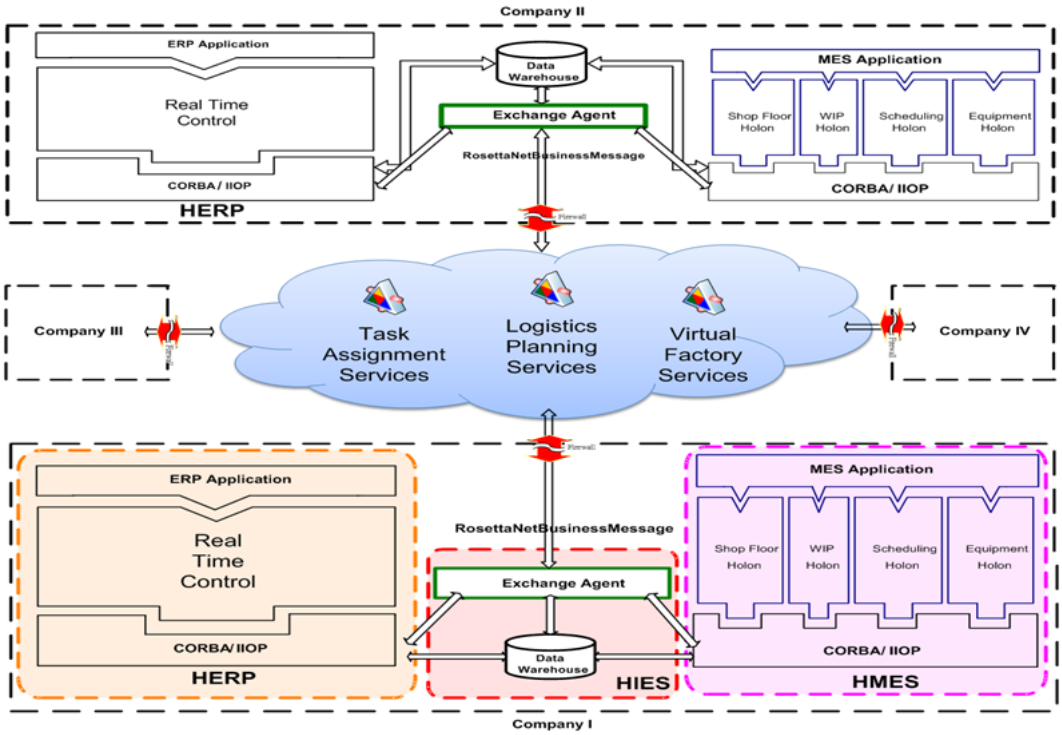
- 基於雲端基礎架構之供應鏈平台：研究如何應用軟體服務化(Software-as-a-Service , SaaS) ，建構雲端商務平台，有效掌握市場資訊脈動，提昇市場需求預測能力與生產計畫之準確度,確實對所需的資源作有效之運用與掌控,以加速內部供應鏈反應時間，提高訂單派送之效率，同時增加企業的接單與競爭力[10]。
- 雲端平台上之資料傳輸安全性：研究在雲端環境中企業內及企業間的資料安全性，以及雲端服務該如何提供該服務的存取控制及服務匯流，並提供可靠的服務水準協定[14] [15] 。
- 雲端平台之協同商務：研究針對客戶關係管理(CRM)、供應商關係管理(SRM)、客戶服務管理(CSM)雲端化,各重複性的應用模組打包成套件提供用戶選擇,讓員工協同合作,消除作業等待期間，縮短產品上市時間，提升庫存之週轉率滿足客戶達到需求的效益[2][20]。
- 供應鏈使用服務：研究如何開發供應商以及製造商之間的服務，讓物品資料可以這些服務來達到完整快速的資訊交換，而這些服務如訂單服務、需求服務、預測服務、成本計算等服務[2]。

3-2. 現行 SC 模型範例 [10]

可雲端化的部分如 Task Assignment、Logistics Planning、Virtual Factory等，如P.34所示



3-3. 基於雲端運算之供應鏈模型



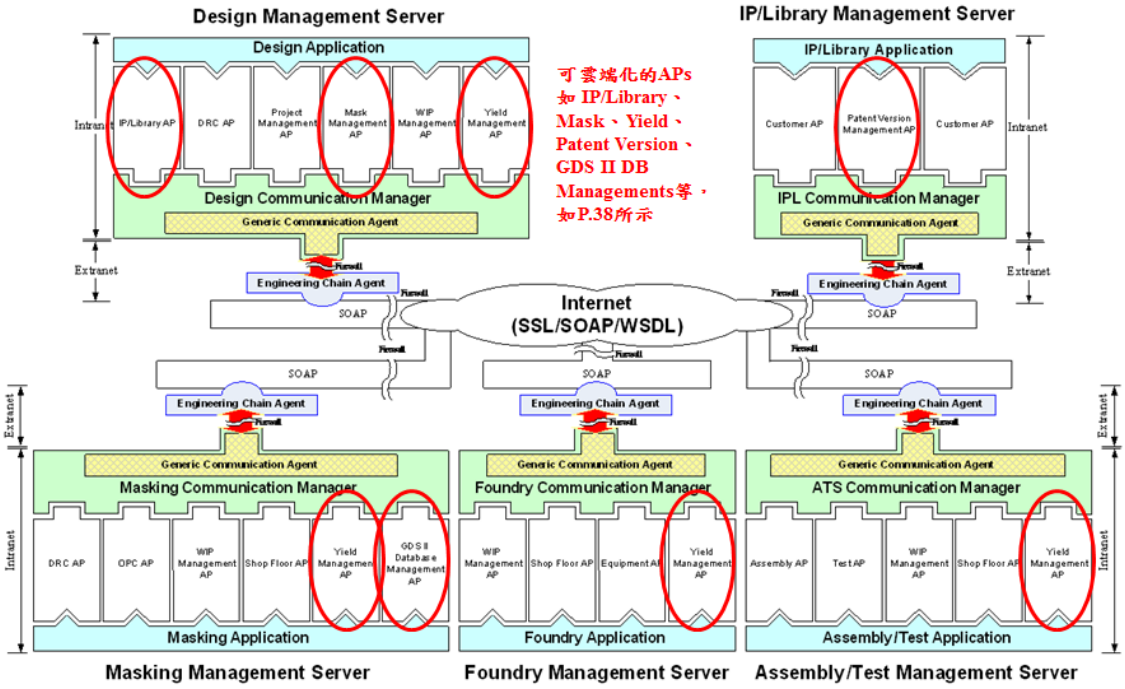
4.工程鏈（EC）

工程鏈係為整合設計、製造及最後產品測試等各階段的工程鏈合作夥伴形成通用資料模式(Common Data Model)，以提供精確、彈性及快速交換資料的製造效率，以利減少從設計到最終產品的整體成本及縮短產品發展週期時間。近年來工程鏈管理(Engineering Chain Management, ECM)已被視為改善產品生命週期的重要研究議題之一[10]。

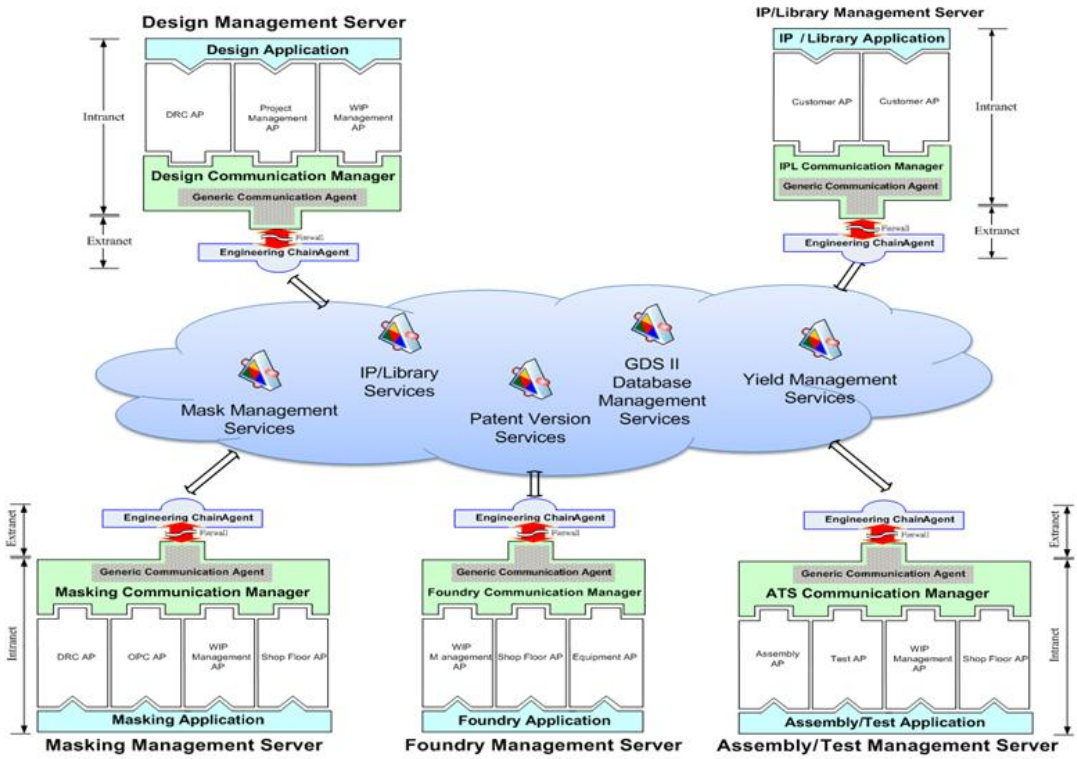
4-1.基於雲端運算之EC研究方向

- 基於雲端基礎架構之工程鏈平台：研究如何建構雲端協同設計平台，減少開發週期、快速進入市場 (Time-to-Market, T2M)之效率 [8][12]。
- 大量資料分享服務：研究如何利用雲端資料庫，將大量的產品設計資料放置雲端，讓每個產品之設計與開發的參與者都可以存取這些資料，以避免資料重複性，並減少資料傳輸所花費的時間 [14]。
- 使用者存取限制：從設計、生管、採購、 製造、組裝/測試等各階段，再結合各個階段的管理員，劃分出不同的權限管理，透過這種方式的結合，讓工程師在設計時，只讓特定人員存取設計圖檔，增加 圖檔的保密性，一旦經由雲端上的第三方電子簽核以及認證後，圖檔才開始進行下一階段的權限控管[11]。
- 雲端平台之協同設計服務：研究基雲端上的協同開發環境，提供版本服務，讓使用者可以掌握最新的設計版本；計畫管理服務，讓專案管理者可以完全掌握並確保目前的狀態，使行程、流程、設計等資料都能處在正常的狀況下[1][14]。
- 工程鏈使用服務：研究如何利用相同的通訊標準，並利用雲端平台開發每個IC設計參予者的服務，讓設計資料可利用這些服務來達到快速的資訊交換； 例如產能服務是用來蒐集製程資料及產出資料，而認證授權服務則是用來保護傳輸的資料 [14]。

4-2. 現行工程鏈管理系統模型［21］



4-3. 基於雲端運算之工程鏈管理系統



三、其他潛在應用研究領域

1.智慧型機器人(Ubiquitous Robot) [22]

1-1.軟體機器人(Software robot , Sobot)

1-2.行動機器人(Mobile robot , Mobot)

2.醫療/照護(Medical/Health-Care) [1][2][23]

2-1.電子病歷資料交換平台 (The Platform of Electronic Medical Record Data Exchange)

2-2.醫療知識服務與分享 (Service of Medical Knowledge sharing)

2-3.遠距照護(Tele-Homecare or Home Tele-health)

3.整合無線感測器網路應用(Integrating Wireless Sensor Networks, WSN) [24][25][26]

3-1.感測雲之整合架構發展(Development of Sensor-Cloud Integration Framework)

3-2.安全無線感測網路之雲端運算(Secure WSN-Integrated Cloud Computing)

3-3.無線網格及雲端運算(Wireless Grids & Wireless Clouds)

4.政府、校園及家庭應用

4-1.政府機關服務(Services of Government)[1][2]

- 財稅服務
- 災難防治服務
- 警政服務
- 便民服務

4-2.智慧校園服務(Services of Wisdom School)[1][2]

- 線上學習
- 電子書

4-3.數位家庭應用(Services of Digital Home)[1][2]

- 娛樂服務
- 影音/遊戲服務

四、預期成果

1. 目前在雲端運算的技術、服務發展與應用上，全球皆在起步狀態，以台灣產業的資通訊實力，若是能提早投入，不僅有助於市場競爭優勢，更有機會扮演全球雲端市場上的重要角色。

2. 在E化製造方面：由於雲端運算的支援，預期在製造執行系統、設備工程系統上，能夠進一步地提高產能、增加資源使用率以及提高整體設備的生產效率；而在供應鏈、工程鏈的研究上能夠提高資訊整合能力，降低長鞭效應以及產品開發週期，並提供穩定、暢通的溝通環境。

3. 在其他應用上:如行動機器人、醫療照護、整合型無線感測器網路應用、政府機關服務、智慧校園服務及數位家庭應用等領域，皆能透過雲端運算技術，經由網路提供便利、無所不在、穩定與高效能的雲端運算資源及應用服務，大幅提高自動化能力及減少IT成本。

五、參考文獻

- [1] “雲端運算產業發展方案”，經濟部，2010 年4 月。
- [2]陳瀅著，”雲端策略—雲端運算與虛擬化技術”，天下雜誌出版社，2010 年3月。
- [3] P. Mell and T. Grance, “The NIST Definition of Cloud Computing,“ Ver. 15, Information Technology Laboratory, NIST, July 9, 2010. http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/
- [4] P. Mell and T. Grance, “Effectively and Securely Using the Cloud Computing Paradigm,“ Ver. 26, Information Technology Laboratory, NIST, October 7, 2009. http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing
- [5] Cloud Computing Use Cases Discussion Group, “Cloud Computing Use Cases White Paper,” Ver. 4, July 2, 2010. http://www.cloudusecases.org/
- [6] T. Ercan, “Effective Use of Cloud Computing in Educational Institutions,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* vol. 2, no. 2, pp. 938-942, 2010.
- [7] Microsoft News Center: http://www.microsoft.com/presspass/presskits/cloud/imagegallery.aspx
- [8] S. Misra and A. Mondal, “Identification of a Company ‘s Suitability for the Adoption of Cloud Computing and Modeling its Corresponding Return on Investment,” *Mathematical and Computer Modeling,* no. 30, 2010.
- [9] CSA (Cloud Security Alliance), “Top Threats to Cloud Computing,” V1.0, March 2010.
- [10] Fan-Tien Cheng et al., “Advanced E-Manufacturing Model,” *IEEE Robotics & Automation Magazine,* vol. 17, no. 1, pp. 71-83, 2010.
- [11]B . Sotomayor, “Virtual Infrastructure Management in Private and Hybrid Clouds,” *IEEE Transactions on Internet Computing*, vol. 13, no. 5, pp. 14-22, 2009.
- [12] R. Buyya, C. S. Yeo, and S. Venugopal, “Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities,” *10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications (HPCC ’08)*, pp. 5-13, 2008.
- [13] L. Wu and C. Yang, “A Solution of Manufacturing Resources Sharing in Cloud Computing Environment,” *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 6240, pp. 247 - 252, 2010.
- [14] C. Wang, “Ensuring Data Storage Security in Cloud Computing,” *17th International Workshop on Quality of Service*, pp. 1-9, 2009.

- [15] D. Chappell, “Introducing the Windows Azure Platform.” Chappell & Associates, December 2009.
  www.davidchappell.com

- [16] M.-H. Hung, Fan-Tien Cheng, and Sze-Chien Yeh, “Development of a Web-Services-Based e- Diagnostics Framework for Semiconductor Manufacturing Industry,” *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, vol. 17, no. 5, pp. 122-135, February 2005.

- [17] M.-H. Hung, T.-L. Wang, F.-Y. Hsu, and F.-T. Cheng, “Development of an Interface C Framework for Semiconductor e-Diagnostics Systems,” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 24, issue 3, pp. 370-383, June 2008.

- [18] Y. -C. Su, F. -T. Cheng, M. -H. Hung, and H. -C. Huang, "Intelligent Prognostics System Design and Implementation, " *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, vol.19, no.2, pp.195-207, May 2006.

- [19] M.-H. Hung, H.-C. Huang, H.-C. Yang, and F.-T. Cheng, “Development of an Automatic Virtual Metrology Framework for TFT-LCD Industry,” *in Proc. 2010 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering,* Toronto, Ontario, Canada, pp. 879-884, August 2010.

- [20] B. J. White, J. A. E. Brown, C. S. Deale, and A. T. Hardin, “ Collaboration Using Cloud Computing and Traditional Systems,” *Issues in Information Systems*, vol. x, no.2, pp. 27-32, 2009.

- [21] M.-H. Hung, S.-W. Wu, T.-L. Wang, F.-T. Cheng, and Y.-Y. Feng, “An Efficient Data Exchange Scheme for Semiconductor Engineering Chain Management System,” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 26, issue 5, pp. 507-516, May 2010.

- [22] F. F. Kong, A. S. Kumar, K. D. Meng, and G. W. Kit, “DAvinCi: A Cloud Computing Framework for Service Robots,” *2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2010)*, pp. 3084-3089, May 2010.

- [23] C.O. Rolim, F.L. Koch, C.B. Westphall, J. Werner, A. Fracalossi, and G.S. Salvador, “A Cloud Computing Solution for Patient ‘s Data Collection in Health Care Institutions, ” *2010 Second International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine,* pp. 95-99, Feb. 2010.

- [24] V. Rajesh, J.M. Gnanasekar, R.S. Ponmagal, P. Anbalagan, “Integration of Wireless Sensor Network with Cloud,” *2010 International Conference on Recent Trends in Information, Telecommunication and Computing,* pp. 321- 323, 2010.

- [25] M.M. Hassan, B. Song, and E.-N. Huh, “A Framework of Sensor-Cloud Integration Opportunities and Challenges,” in *Proceedings of the 3rd International Conference*

on Ubiquitous Information Management and Communication, Suwon, Korea, pp. 618-626, 2009.

- [26] X.H. Le *et al.*, "Secured WSN-Integrated Cloud Computing for u-Life Care," *7th IEEE Conference on Consumer Communications and Networking (CCNC),* pp. 1-2, 2010.

參、類生物型驅動與檢測技術

-整理自簡報資料:

智慧型自動化產業核心技術研發策略

先進核心技術（國科會）

楊燿州教授

類生物型驅動與檢測技術(Bio-Inspired Sensing and Actuation)

所謂類生物或生物啟發(Bio-Inspired)，也就是透過向自然界中的各種生物學習、效仿來取得啟發;自然界的生物經過長時間的演化,能在不斷變化的環境中適應並永續發展，便有許多技術及功能面是我們現有經驗及技術無法達成，仿造各種生物的優點與功能性，能夠為工程技術提供新的設計思想與創新的原理，這樣不僅能找到工程問題的解決方案，更可以完全適應自然環境的需要。

生物啟發便是一門研究去瞭解生物系統的原理或生物的特殊行為，包括了生物外部的動作或是形體的結構，及內部的構造原理、器官功能、能量的傳遞等，而在科學或工程上提供新的設計方案或系統架構。生物啟發涉及了許多學門，像生物學、物理學、光學、聲學、人工智能、微機電工程相關等領域，將充分運用從奈米科技到宏觀尺度的全面生物與工程系統整合。其技術的挑戰是要透過工程角度來提高我們對生物學的理解，以創造具高性能感測、驅動、自我診斷、自我修復能力的類生物工程系統。

一、類生物型驅動與檢測技術之範疇

1. 仿生機器人

在生物的動作或行為中找到不同的設計想法，並從中學習其優點，搭配機電系統的整合，便可發展仿生機器人，而仿生機器人涵蓋的範圍非常大，以下僅列出幾種近幾年所研究的仿生機器人[1-6]：

- 機器蛇
- 機器魚
- 機器水母
- 壁虎機器人
- 機器龍蝦
- 機器昆蟲

2. 生物醫學裝置

由類生物的概念來發展醫學裝置，在生物相容性、功耗、與可靠度上能大幅提升，又有效降低醫療成本，科技與醫療的搭配創造了更多的可能性，使傷殘人士獲得全面性的輔助，或人體內部健康資訊檢查。以下列舉幾項相關的生物醫學裝置[7-11]：

- 仿生手臂
- 智能膝蓋
- 電子仿生眼
- 智慧化心導管與藥物載具
- 植入式智慧化醫療器材
- 嵌入式健康感測裝置

3. 生物啟發之能源系統開發

能源問題是目前相當備受屬目的研究主題，而我們在追求取得能源的過程中，有著許多技術是與自然生物的機制相仿，故我們可學習生物的作用原理，達到較佳的能源取得方式，如仿生太陽能電池就學習植物中葉綠體的光合作用，達到太陽能電池設計的改良[12-13]。

- 仿生太陽能電池
- 微生物燃料電池

4. 生物啟發之控制系統

從生物的感官系統、神經系統中獲得啟發，以人體生理中的訊號控制作為理論基礎，可達到生物體內系統的探索與了解，並且採用相同生理訊號的特性，達到可遠端操控之控制系統，此發展可幫助醫學及其他高科技製程[14-15]。其挑戰是了解生物在競爭或演化的目標下，如何提取、壓縮、傳輸、與協調時間空間訊息，並將此了解用於人類控制系統技術上。

- 生理訊號模擬與遠端控制系統
- 類神經傳遞控制系統

二、研究主題及方向

在此依據類生物型驅動與檢測技術的幾個大方向，訂出五個研究主題，分別為（1）類生物型檢測元件/系統、(2）類生物型驅動元件/系統、(3）具感測或致動功能的類生物型材料、(4）類生物型之微奈米光機電製程、(5）智慧化生物醫學裝置/醫療器材，以下分別簡單介紹四大主題中近幾年所做的研究：

1. 類生物型檢測元件/系統

- 電子鼻

  氣味常常是食品或其他產品的一個品質指標，傳統上常依賴專家的人工評鑑，但品鑑的結果都無法去定量，而電子鼻的作用就是取代一些人工嗅覺工作，並且將測量到的結果定量，就可以將數據建檔與一些遠端量測數據交換，另外電子鼻也可用於工業上的氣體及化學藥劑辨識。一般電子鼻主要的原理，是利用石英晶體壓電材料在固定溫度時近乎於常數的自然振動頻率，以其作為測量的感測元件，當暴露於氣體分子時，振動頻率的改變便做為的分辨依據[16-17]。

- 電子眼

  仿效人類視覺系統所研發的電子眼，可幫助後天失明的人重新看見影像，原理為將外界的光源藉由微型攝影機接收光電訊號，再轉換為電訊號由無線的方式傳送至眼睛內的訊號接收晶片，晶片可對眼睛內殘餘的視網膜神經細胞給予適當電刺激，即可產生視覺[18]。

- 人工皮膚

  人工皮膚是利用合成的方式達到模仿生物表皮的功能，像是防水透氣材質的研究，或另一種以感測功能為仿效目標的依據，研究壓力感測、溫度感測等功能的人工表皮，採用彈性電路的概念，發展出高度伸展之觸覺感測器陣列[19]。

- 分佈式感測系統

  人腦的操作頻率不高，但卻可以達到許多積體電路無法處理的工作，故在系統的設計上可結合傳統的電子系統與生物系統，達到快速的計算能力，並擁有環境適應能力；在分佈式網路感測應用上，以傳遞資料封包代替實體網路，並以規則的拓樸連接克服不規則的點對點連線[20]。

- 人工纖毛

許多生物利用纖毛傳導來感測其周遭的環境，其中一個典型的例子就是人類的耳蝸。當聲波進入耳蝸時，它們所誘發的壓力差，造成了纖毛的彎曲或剪切，而觸發細胞內神經元的反應。奈米線可經由電化學的過程，被加工成緊密堆積的陣列，這些結構有著各式大小、彈性、與磁致伸縮傳導的獨特組合，所以非常適合用在仿生人工纖毛感測器裝置。懸臂式納米線陣列在聲波、觸覺、流體的激發下會導致偏移彎曲，其產生應力可導致磁場的變化[21]。

2. 類生物型驅動元件/系統

- 仿生運動行為之理論與偵測

  研究並模仿生物體的身體結構，與其在自然環境下的特殊運動行為，再結合生物與自然界物質共存的功能原理，以改進現有技術與設計。

- 人工肌肉

  仿造人體肌肉的原理，開發出類似肌肉的材料，使其可以在受到電流刺激時可以變形，並隨著材料內部分子隨電流偏移至某端，而產生伸長或縮短的效果，此材料一般稱為電致動聚合物，也就是所謂的人工肌肉；人工肌肉主要可以分為電子型與離子型兩種，電子型直接利用電流刺激，離子型則是經由溶液中的帶電離子移動傳遞電荷，兩者一樣都是利用導電使形狀發生改變[22]。

- 離子高分子金屬複合材料致動器

  離子高分子金屬複合材料(Ionic Polymer Metal Composites, IMPC)，因為其擁有質量輕、柔軟等特性，又只需低驅動電壓就可以造成高位移量，故常常用於仿生機器人的人工肌肉材料；主要原理為當施加電壓時，正離子會朝向陰極移動，因正離子為較大的離子，並且具有親水性，使得水分子往陰極移動，而造成陰極膨脹，使離子高分子金屬複合材料往陽極致動[23]。

3. 具感測或致動功能的類生物型材料

- 仿生太陽能光電轉換元件

  學習植物行光合作用的過程，將太陽能轉換為電能或化學能，藉由模仿葉綠素的機制，以人工酵素將功能轉換成分解水之化學能，再藉由濃度梯度造成分子滲透類囊體膜的特性，製造帶電離子之運動產生電流，成為新的仿生太陽能源系統[12]。

- 視網膜晶片

  一般視網膜晶片是由光敏、光電二極體、金屬電極所組成，經由光敏吸收外界光線，光線通過光電二極體後轉換為電流，再從金屬電極給予視神經電流刺激[18]。

- 壓電石英晶體

  壓電石英晶體為一般感測味覺常用的材料，即為電子鼻做氣體偵測時所採用的感測元件，採用矩陣排列，氣體經由接收膜吸收後，氣體分子在吸收膜上會造成質量的變化，也導致振動頻率的改變，由振動頻率的改變量測出氣體的種類與濃度；另外也由資料的比對分析，整理出所有味覺的資料庫，做為日後的氣體量測依據[24]。

- 奈米碳管人工肌肉

  奈米碳管可作為人工肌肉的材料，屬於電子型電致動聚合物，經由電流的改變來控制人工肌肉的收縮，由於奈米碳管具有高強度、高撓曲性、高導電及導熱等特性，使其在生物醫學領域上的應用相當被看好，利用奈米碳管製成的人工肌肉可更接近於真實肌肉[25-26]。

4. 類生物型之微奈米光機電製程

- 微透鏡製造

  目前所製造出的成像工具，如相機、攝影機，皆能擷取影像，但其成像的原理與我們人眼是大不相同，微透鏡的製造研發就是希望可以以類似生物眼睛裡水晶體的成像方式，來達到影像的捕捉，微透鏡利用鏡面的曲度來控制影像的大小遠近；到微奈米等級最常用的就是液態透鏡，其中液壓式的微透鏡，藉由液壓的方式使PDMS 薄膜變形，達到透鏡的作用；另外，可利用介電液體作為液態透鏡的介質，當通過電流後，可改變材料內部分子方向或整體液珠外型，達到焦距調變之目的。[27]

- 微型幫浦

  近年來，微機電系統技術應用在生醫流體檢測上有急速的發展，藉由檢測系統的微小化，可縮短檢測與反應的時間，減少試劑的用量，及降低人力操作上的需求。在微流體系統中，微幫浦屬於系統的驅動者，主要作用為精確的運輸微量流體，於系統中扮演關鍵的角色。熱氣致動蠕動式微幫浦藉由加熱及自然冷卻的機制來改變腔體內的壓力變化，使覆蓋腔體上的薄膜依序產生運動，推擠流體向前。在應用上具有輸出體積大、施加電壓小、結構簡單且製作容易等優點[28]。

- 電容觸覺感測陣列

  電容式觸覺感測陣列採用微機電製程及軟性電路板技術製作而成，每一電容式觸覺感測單元則是由一個浮動電極搭配兩個感測電極所構成，能有效降低感測結構的複雜性，與改善導線與電極容易破裂缺點，進而提升感測器陣列的穩健性[29]。

5. 智慧化生物醫學裝置/醫療器材

- 智慧化心導管

  心導管手術是一項非常重要的手術，不只可以妥善處理心臟及周邊血管疾病，也可以診斷與治療其它心臟方面的疾病如心律不整。心導管是將一條細長柔軟的管子，以打針的方式從鼠蹊部或前臂的動脈或靜脈插入，向前推至心臟部位進行血管攝影以評估心臟血管病變及構造之異常，並在必要時藉由心導管進行氣球擴張術與血管支架置放手術。心導管可藉由人體內大小血管，而抵達人體重要器官，因此極具有運用在其他方面疾病的潛力[30]。目前其它運用已包括改良心導管前端成超音波裝置以進行血管硬化斑塊的量測、放射性裝置以進行癌細胞的治療、熱裝置以進行對心臟不正常電路的燒結。新一代的心導管如果賦予智慧化功能，將會對目前許多醫療方法產生重大的影響。

- 植入式智慧化醫療器材

  目前植入式醫療器材已日趨智慧化，比如治療心律不整的心律去顫器與心律調節器，除了其原先的心律調節與電擊功能外，亦可內建袖珍無線裝置，在植入病人體內後，醫生可透過無線網路即時監控病人狀況，並可直接為病人調整儀器設定。心律去顫器與心律調節器均具有儲存重要資料的電子記憶體：它能記錄所接受的治療次數及類型、每次接受心律治療的療效、心臟於最近療程中進行的檢查，醫師可於下一次追蹤回診時擷取這些重要的病人臨床資訊[11]。此項科技目前正擴大運用至腦部方面的疾病，如帕金森症與阿茲海默症患者，藉由監測腦波及其他參數變化，在適時予以小量電擊調節腦波，以達到改善病患症狀的目標。

- 智慧化藥物載具

  傳統的藥物治療會把藥物同時投遞到全身各處，進而影響身體內所有的細胞組織，例如癌症藥物治療除了把癌細胞殺死之外，也同時嚴重影響一般正常細胞的生存，而導致嚴重的副作用。為了防止此一情況的發生，標靶治療已成為一種潛在的腫瘤治療方式，並在近年來受到醫界的高度重視[30]。此方法乃是利用特殊的藥物載體，攜帶足夠且高劑量的藥物抵達身體內特定器官，以進行局部且長期的藥物釋放工作，從而有助於減少病人副作用的發生。目前標靶治療的研究多集中於奈米粒子工程上，將藥物封裝於奈米粒子內，並在其外塗覆特定癌細胞所能接收之物質，以達到結合並攻擊特定癌細胞的目的[32]。這一創新構想如能與智慧化心導管與新型藥物載具(如人體可降解材料)結合[33]，並賦予其智慧化功能(控制給藥時

機與藥物釋放速度，或兼具測量體內局部血糖、含氧量等功能)，將對目前許多醫療方法產生重大的影響。

三、預期成果

仿生科技能提供設計者一種新的設計，並且有效的解決我們舊有設計上的困難，而且對環境或生物體的相容性也是大大的提升，可在現在的醫學技術上給予新技術的支援，造福到人類的健康。

類生物型之感測與致動技術,能夠影響到下個世代中所有大小尺度的機械設備與系統;奈米技術可以用來做出持久耐用的人造仿生材料，而這些仿生的材料可在感測、致動以及一些生物治療上達到額外的功能。

四、參考文獻

1. Bin Li, Shugen Ma, Changlong Ye, Shumei Yu, Guowei Zhang, and Haili Gong, “Development of An Amphibious Snake-like Robot,” *Proceedings of the 8th World Congress on Intelligent Control and Automation*, pp. 613-618, 2010.
2. Chao Zhou, Min Tan, Zhiqiang Cao, Shuo Wang, Douglas Creighton, Nong Gu, and Saeid Nahavandi, “Kinematic Modeling of a Bio-Inspired Robotic Fish,” *IEEE International Conference on Robotics and Automation Pasadena*, pp. 695-699, 2008.
3. Shuxiang Guo, Liwei Shi1, Xiufen Ye, and Lingfei Li, “A New Jellyfish Type of Underwater Microrobot,” *Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, pp. 509-514, 2007.
4. Daniel Santos, Barrett Heyneman, Sangbae Kim, Noe Esparza, and Mark R. Cutkosky, “Gecko-Inspired Climbing Behaviors on Vertical and Overhanging Surfaces,” *IEEE International Conference on Robotics and Automation Pasadena*, pp. 1125-1131, 2008.
5. Joseph Ayers and Jan Witting, “Biomimetic approaches to the control of underwater walking machines,” *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, Vol. 365, No. 1850, pp. 273-295, 2007.
6. Sanjay P. Sane, Alexandre Dieudonne, Mark A. Willis, and Thomas L. Daniel, “Antennal Mechanosensors Mediate Flight Control in Moths,” *Science*, Vol. 315, pp. 863-866, 2007.
7. Michele Folgheraiter, Bertold Bongardt, Jan Albiez, and Frank Kirchner, “A Bio-Inspired Haptic Interface for Tele-Robotics Applications,” *Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics Bangkok*, pp. 560-565, 2009.
8. Roozbeh Borjian, James Lim, Mir Behrad Khamesee, and William Melek, “The Design of an Intelligent Mechanical Active Prosthetic Knee,” *34th Annual Conference on Industrial Electronics of IEEE*, pp. 3016-3021, 2008.
9. Francisco Barranco, Javier Díaz, Eduardo Ros, and Begoña del Pino, “Visual System Based on Artificial Retina for Motion Detection,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics*, pp. 752-762, 2009.
10. Bo Wang, Andrei Karpiouk, and Stanislav Emelianov, “Design of Catheter for Combined Intravascular Photoacoustic and Ultrasound Imaging,” *Proceedings of the 2008 IEEE International Ultrasonics Symposium*, pp.1150-1153, 2008.
11. Michael R. Bristow et al., “Cardiac-Resynchronization Therapy with or without an Implantable Defibrillator in Advanced Chronic Heart Failure,” *New England Journal of Medicine*, Vol. 350, pp. 2140-2150, 2004.
12. Kim B. Lam, Eric Johnson, and Liwei Lin, “A Bio-Solar Cell Powered by Sub-cellular Plant Photosystems,” *17th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems*, pp. 220-223, 2004.
13. Chin-Pang-Billy Siu, and Mu Chiao, “A Microfabricated PDMS Microbial Fuel Cell,” *Journal of Microelectromechanical Systems*, pp. 1329-1341, 2008.
14. Panagiotis K. Artemiadis and Kostas J. Kyriakopoulos, “A Bio-inspired Filtering Framework for the EMG-based Control of Robots,” *17th Mediterranean Conference on Control & Automation*, pp. 1155-1160, 2009.
15. V. P. Shmerko, A. Stoica, and R. R. Yager, “Accelerating Decision Making Support in Biometric Assistant for Remote Temperature Measures,” *Symposium on Bio-inspired, Learning, and Intelligent Systems for Security*, pp. 11-14, 2007.
16. Ahmet Özmen, and Ercan Doğan, “Design of a Portable E-Nose Instrument for Gas Classifications,” *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, pp. 3609-3618, 2009.

17. H. GholamHosseini, Dehan Luo, Hongxiu Liu, and Guanggui Xu, ”Intelligent Processing of E-Nose Information for Fish Freshness Assessment,” *3rd International Conference on Intelligent Sensors and Sensor Networks Information*, pp. 173-177, 2007.
18. Xu Zhang, Weihua Pei, Beiju Huang, and Hongda Chen, “Neuro-Stimulus Chip with Photodiodes Array for Sub-retinal Implants,” *International Conference on Solid-State and Integrated-Circuit Technology*, pp.1757-1760, 2008.
19. Ming-Yuan Cheng, Chan-Mo Tsao, and Yao-Joe Yang, “An Anthropomorphic Robotic Skin Using Highly Twistable Tactile Sensing Array,” *IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*, 2010.
20. Charalambos Charalambous, and Shuguang Cui, “A Biologically Inspired Networking Model for Wireless Sensor Networks,” *Network, IEEE*, pp. 6-13, 2010.
21. Patrick D. McGary et al., “Magnetic Nanowires for Acoustic Sensors,” *Journal of Applied Physics*, Vol. 99, Issue 8, pp. 08B310-08B310-6, 2006.
22. Bala Krishna Juluri, Ajeet S. Kumar, Yi LiuU, Tao Ye, Ying-Wei Yang, Amar H. Flood, Lei Fang, J. Fraser Stoddart, Paul S. Weiss, and Tony Jun Huan, “Molecular Muscle Based Nano-Electro-Mechanical-Systems (NEMS),” *IEEE 22nd International Conference on Micro Electro Mechanical Systems*, pp. 595-598, 2009.
23. P. Brunetto, L. Fortuna, P. Giannone, S. Graziani, and F. Pagano, “A small scale viscometer based on an IPMC actuator and an IPMC sensor,” *Instrumentation and Measurement Technology Conference*, pp. 585-589, 2010.
24. Hamdi Melih Saraoğlu, and Mehmet Koçan, “Determination of Blood Glucose Level-Based Breath Analysis by a Quartz Crystal Microbalance Sensor Array,” *Sensors Journal, IEEE*, pp. 104-109, 2010.
25. Wei Chen, and Luhua Lu, “Bionic nanocomposite actuator based on carbon nanotube and ionic biopolymer,” *International Nanoelectronics Conference*, pp. 1364-1365, 2010.
26. C. Zuniga, M. Rinaldi, S.M. Khamis, T.S. Jones, A.T. Johnson, and G. Piazza, “DNA-Decorated Carbon Nanotubes as Sensitive Layer for Ain Contour-Mode Resonant-MEMS Gravimetric Sensor,” *IEEE 22nd International Conference on Micro Electro Mechanical Systems*, pp. 320-323, 2009.
27. Frank S. Tsai, Daniel Johnson, Sung Hwan Cho, Wen Qiao, Ashkan Arianpour, and Yu-Hwa Lo, “Bio-inspired Fluidic Lens Surgical Camera for MIS,” *Annual International Conference of the IEEE EMBS Minneapolis*, pp.4081-4084, 2009.
28. Y.-J. Yang, and H.-H. Liao, “Development and characterization of thermopneumatic peristaltic Micropumps,” *Journal of Micromechanics and Microengineering*, pp. 1-13, 2009.
29. M-Y Cheng, X-H Huang, C-W Ma, and Y-J Yang, “A flexible capacitive tactile sensing array with floating electrodes,” *Journal of Micromechanics and Microengineering*, pp. 1-10, 2009.
30. Shriram Sethuraman, Salavat R. Aglyamov, James H. Amirian, Richard W. Smalling, and Stanislav Y. Emelianov, “Intravascular Photoacoustic Imaging Using an IVUS Imaging Catheter,” *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, Vol. 54, No. 5, pp. 978-986, 2007.
31. R. Longo, et al., “Pancreatic Cancer: From Molecular Signature to Target Therapy,” *Critical Reviews in Oncology Hematology*, Vol. 68, No. 3, pp. 197-211, 2008.
32. Omid C. Farokhzad, et al., “Nanoparticle-Aptamer Bioconjugates: A New Approach for Targeting Prostate Cancer Cells,” *Cancer Research*, Vol. 64, pp. 7668-7672, 2004.
33. P.W. Serruys, et al., “A Bioabsorbable Everolimus-eluting Coronary Stent System (ABSORB) - 2-year Outcomes and Results from Multiple Imaging Methods,” *Lancet*, Vol. 373, pp. 897-910, 2009.