

# 工業控制網路及其在 Windows 平台上的發展與應用

工研院機械所\許明景

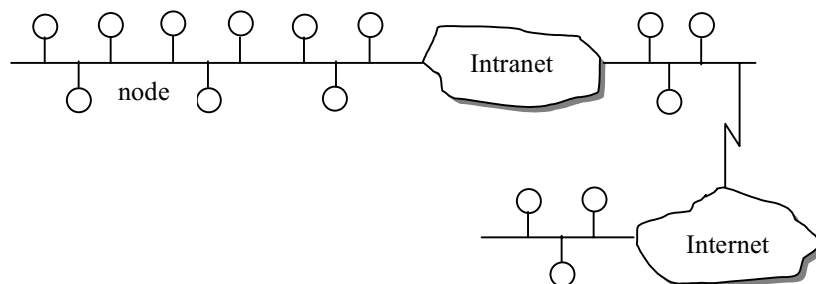
## 一、前言

現代化的自動控制技術，已經使產品的製造流程更有效率，降低生產的成本，並減低許多重複性、機械性工作的時間。但是，這樣的發展趨勢也代表著對生產設備的要求也同樣地提高了。在自動化程度越高的場合，生產設備也必須隨著更加有彈性，以因應各式各樣產業上的變化。

拜工具的日益更新與軟體開發逐漸走向高整合度之賜，工業界已不在希望單一的機台就僅執行單一的功能，而是期望具有多功能、彈性的機台能夠取而代之的，然而，這也意味著需要在軟、硬體之間投入更多的研就發展以及設計人員的智慧。這樣來自產業界的需求也就是就是增加控制系統複雜度，也更加難以駕馭的最主要原因。

爲了避免這些問題，設計人員必須重新思考控制系統基本架構的問題，原有的控制架構是否仍能夠有效率地因應產業趨勢的改變，又如果原有的系統架構已無法有效因應，那又該如何轉變？目標其實很明確：就是如何有效率的降低整體控制系統複雜度。有效的解決方法可以是多方面的，而採用分散式的系統架構以及控制網路的技術也提供了一個解決的方向。

網路技術的發展應用涵蓋了資料網路的網際網路(Internet)、區域網路(Intranet)及基層網路(Infranet)，亦稱控制網路(Control Networks)。網際網路及區域網路用於全球性與各組織之間的訊息傳遞，需要大量資料的快速傳送，要求每秒數百萬 bits 傳送頻寬。控制網路用於廠內或廠間(Factory-wide)事物對象的控制訊息連結，要求的是短訊息、快速反應、傳送可靠、網路節點(Node)價格低、節點小、強固的可擴充架構及分散式控制特性。控制網路的應用將使一般的集中式(Master/Slave)控制方式能夠更方便的轉成分散式(Distributed, Peer to Peer)的控制方式，並可直接的透過區域網路、網際網路相互連結整合，如圖一所示之整合圖。



圖一、 Infranet、 Intranet、 Internet 整合

本文首先針對工業控制網路之優點、應用與分類，做一簡單的介紹與說明，希望讀者能對何謂工業控制網路有一概略的認識。第二部份將介紹目前工研院機械所所實作之 SERCOS 工業網路，經由簡單的規格敘述以瞭解其技術內涵，以瞭解工業控制網路的特性。第三部份將說明目前視窗作業系統及開放式軟體元件架構應於工業網路之發展情況。最後，我們將做簡單的結論以闡述『網路即是控制系統』的概念。

## 二、 工業控制網路的優點

在我們考慮建構一個控制系統時，控制網路的技術較原有的控制系統架構提供了下列的優點：

1. 擴充性：控制網路的技術可以在現存的系統中加入新的組件，而不會增加系統大幅度的更動。
2. 簡化控制系統：控制網路技術可以顯著減少控制系統中連接線與接點的數目。再搭配軟體的整合，可以用最少且容易使用的元件來處理整個系統的要求。
3. 減少連接線與硬體的成本：採用控制網路技術，由於系統可以有效簡化，系統組件的減少也讓系統所需的硬體成本降低。因而系統更容易安裝，大幅度消滅建構的時間，而安裝與建構的成本也因而相對降低。
4. 控制軟體的整合：系統中的控制軟體可以更有效率的高度整合，例如以 SERCOS（稍後介紹）網路來說。I/O 與運動控制（Motion Control）的軟體可以被高度地整合在同一個應用軟體及相同的通訊協定之下。運動控制與 I/O 控制有相同的控制流程。因此不再需要為分離的系統撰寫獨立的程式。
5. 良好的錯誤診斷與維修：良好的 troubleshooting 能力可以在某個程度下提升控制系統維護的方便性。Troubleshooting 的機制可以分析傳輸匯流排、控制組件、以及 I/O 元件的狀態與效能。而分析之後的結果就可以提供給維護人員作為解決錯誤或是提升效能的重要參考依據。
6. 更快速的整體服務效能：由於快速的錯誤診斷與維修能力也意謂著更快速的整體服務效能。系統中較少的連線與硬體組成也讓我們更容易偵測到系統中隱藏性的問題。而更快速的效能也直接加快了產品的開發時程，更精確的掌握 Time-to-Market。
7. 模組化的設計使產品開發更加容易：控制網路的技術可以讓模組化的生產更落實，因為當你增加或更新生產組件時，硬體上的安裝與設定，最主要工作就僅是將電源及連線連接至系統。  
再搭配元件化，模組化的軟體組件，製造的彈性與便利性是可以無限擴充的。
8. 可獨立測試模組：高度模組化設計的結果，就可以讓獨立的生產單元在實際安裝至生產線之前獲得充分的測試，包括功能性與效能的完整驗證。因為高度模組化之下，所有的 I/O 與運動控制的元件是直接連接至機台，而與控制器的連接僅是透過 Bus 連線，並在控制器端執行相對應的控制軟體即可。生產單元在安裝至生產流程之前能夠經過越嚴密的測試就可以越減少安裝時線上測試

- 的時間，這讓彈性的製造系統更容易實現，也更快速的因應製造單元的轉換。
9. 開放性架構：控制網路具備開放性架構的能力，也許是除了上述所說的各項優點之外，最吸引人的特質了。不同製造商所生產的元件，只要遵循相同的通訊協定標準，並透過軟體的整合，便可以輕易連接到主要的控制系統架構之上。有的甚至可以達到類似 **Plug & Play**(隨插即用)或是 **Hot Swap**(熱拔插)的功能。而這同時也是高度模組化所帶來的另一項重要的成效。開放性架構的優點及它所帶來的效益已經在電腦工業上得到徹底的驗證，在此我們就不再贅述了。

### 三、 工業控制網路的應用

控制網路應用的進展，大致分為省配線裝置、PC-Based 整合、分散式控制三階段。省配線裝置將集中式控制系統(如 PLC)的平行配線方式轉變為串接方式，如 Siemens 公司的 Simatic S5/S7 PLC 使用 AS-i bus 裝置，Omron 公司的 SYSMAC C200 PLC 使用 DeviceNet 的 CompoBus/D 裝置等；PC-Based 控制的整合乃透過控制網路整合所連結的 I/O 裝置，由 PC 執行監控，如 Honeywell 的 Smart Distributed System (SDS)、Grayhill 的 OpenDAC/OpenLine、National Instruments 的 FieldPoint Distributed I/O System 及研華公司的 ADAM-4000/5000 系列等；或在 PC 執行 SoftPLC 控制，如 Wonderware 提供的 InControl 或 Intellution 提供的 Paradym-31 SoftLogic，在視窗 NT 環境下提供了標準 PLC 語言 IEC1131-3 的編輯環境及 SoftPLC 執行核心，提供邏輯、程序、運動控制及人機界面的功能，使用控制網路介面卡與不同廠牌的 PLC、控制 I/O 連結，執行監控、資料庫連結、批量生產等功能，進行整線整廠生產之控制。進而智慧型 I/O(Smart I/O)的發展，智慧型 I/O 節點通常僅連接數點的感知器(Sensors)或致動器(Actuators)並具有如資料分析、轉換、線性化、變化報告等控制運算智能及網路通訊能力，透過數位網路點對點(peer to peer)相互連結，系統的控制運作分散在各個節點上，不需要有中心控制裝置，形成分散式控制，彼此間的網路連結可經由如雙絞銅線、同軸電纜、電力線、無線電、紅外線、光纖等各種不同的傳輸介質，此已廣泛應用在如汽車的安全帶警告、ABS 煞車或引擎管理系統、大樓自動化、家庭自動化、運輸系統的火車控制裝置、廢水處理系統、電力自動讀錶系統、系統遠端監控、半導體設備用的乾式真空幫浦系統、無塵室空調設備、IC 蒸鍍設備...等。

### 四、 工業控制網路的分類

工業控制網路在這以往的十幾年間如雨後春筍般的發展，當然每個控制網路架構有其發展的背景也有其適用的場合，在現有超過 50 種的工業網路中，我們可用以下所列的方式來分類。而附表一是一些主要工業網路架構的特性分析。附表二則是其簡介說明。

#### 1. 以拓樸邏輯分類

##### (1) 線性匯流排 (Linear Bus) 架構

在眾多的連線架構中，線性匯流排架構是最直觀的也最常被使用的一種。在線性匯流排架構中，一條專用的連接線由控制器延伸至機器端，所有的 I/O 模組或元件都連接至這條專用線上。在這種架構之下，多個 master 或 peer-to-peer 的通訊方式也是可行的。兩個控制器可以在這種架構之下共同分享資訊及共同擁有 I/O 模組。此種架構可以在不停止系統運作的情況下直接從線上移除元件，這對於系統的維護與維修方面也是蠻重要的一環。這種網路架構可包含 Profibus-DP、DeviceNet 及 SDS 等。

### (2) 樹狀 (Tree) 架構

樹狀架構非常類似上述的線性匯流排架構，唯一的不同在於樹狀架構允許專用連接線的再分支。樹狀結構的網路主要用以結合智慧型的感知器與致動器。每一個網路上的節點都有其獨立的位址。樹狀架構僅允許一個 master 端的存在。AS-I 就是樹狀結構的一個例子。

### (3) 環形 (Ring) 架構

環形架構中，所有的 I/O 組件與控制器連接成一個環。控制器所送出來的資料必須通過所有連接的組件之後，再回到控制器本身，形成一個閉迴路的架構。在一個以環狀架構為基礎的系統中，同時間只能存在一個 master 端。控制器所傳出的資料送達第一個組件，通常訊號會經過放大之後，再重複送到下個組件，這樣的程序一直重複，直到資料通過所有位於這個環狀架構的每一個組件，而最後一個再將資料回傳至控制器端。

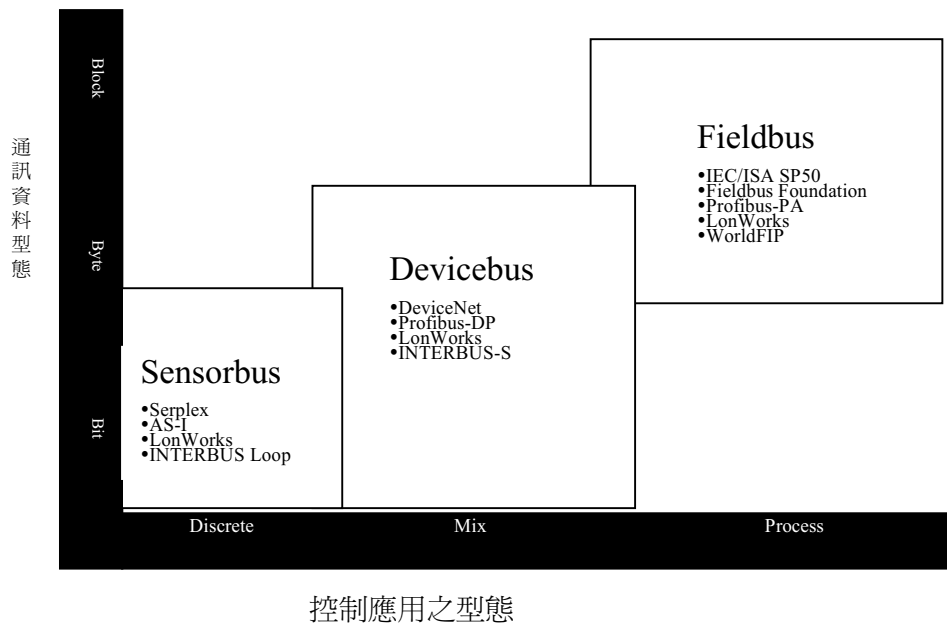
在環狀網路中，各 I/O 節點與控制器間的通訊是可以被預期的，在每一個電訊 (telegram) 封包傳輸之中可能包括了錯誤診斷與資料。另外一個優點是控制器可以在每個傳輸週期之中就可以完全的更新系統中各組件的狀態。但是，在環狀的架構中每一個組件都必須處於 Active 的狀態。控制器可以在傳輸週期之中就可以偵測到是否有組件沒有正常的回應。SERCOS 介面與 Interbus-S 就是屬於環狀架構的工業控制網路。

## 2. 以應用及傳輸數據的長短來分類

控制網路依應用及傳輸數據的長短，大致分為 Sensor bus、Device bus、Field bus 等三個層次。當然這只是相對的分類而非絕對性的，各類別之間的界線也不是那麼可以『說清楚、講明白』的，所以在 sensor 與 device 層次或 device 與 field 層次之間就存在著某些重疊性。而有的控制網路的特性甚至可以橫跨三個層次，如 LonWorks 即是。

Sensor bus 通常連接 I/O 點，以表示感知器的 On/Off 狀態，每一個節點僅一至二個 bit 的數據，無法傳輸字組 (word) 的資料，例如應用在 PLC 串列 I/O，以替代一般 PLC I/O 信號的平行配線方式，其優點在於節省配線的費用、安裝維護容易、具有自行偵錯功能，每一通道安裝容量通常為 128/256 節點，2048/4096 個數位 I/O 點，至少在 5ms 週期內各節點狀況即可掃描完成。Device bus 可以傳輸字組的資料，包括用以診斷的資訊與裝置的狀態回覆等，也使用

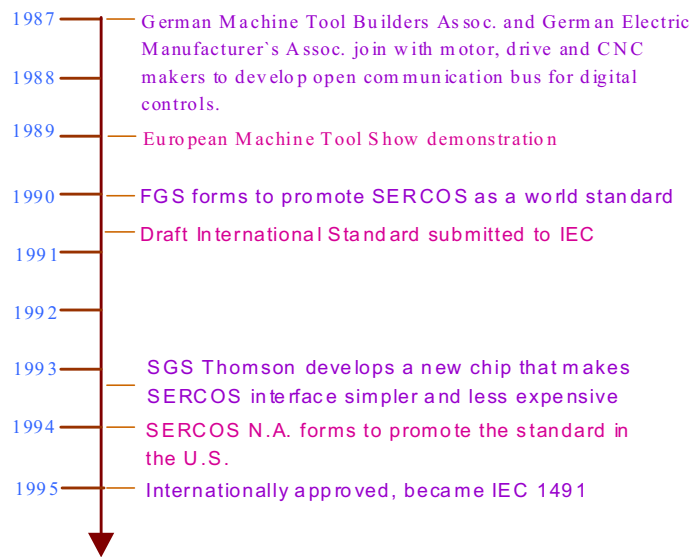
在介於單純的 ON/OFF 狀態的 I/O 裝置及 Field 裝置之間的應用場合。而 Field bus 則可傳輸資料長度更長的資料流。圖二為上述三種控制應用型態的大致分類。



圖二、工業控制網路的分類

## 五、 SERCOS 網路介紹

SERCOS ( **S**ERIAL **R**eal-time **C**OMMUNICATION **S**ystem ) 最早在1987年時德國率先發展，由機械工具協會、電氣製造協會與許多工具機、伺服器廠商針對數位運動控制所制訂出來的開放式通訊架構。1989年的歐洲工具機展中正式問世，並於次年(1990)組成FGS推動SERCOS成為國際標準，該年7月向國際標準組織(IEC)提出申請。1993年SGS Thomson公司發展了世界上第一顆SERCOS控制IC，SERCON410B，這顆IC使得SERCOS介面與應用變得簡單且便宜。1994年SERCOS N.A.成立，SERCOS協定開始在北美地區被推廣，並於1995年獲得通過成為IEC 1491國際標準，同年11月更動編號為IEC 61491。圖三是由SERCOS N.A.所提供的SERCOS發展時程圖。



圖三. SERCOS發展時程圖

有別於其他工業網路，SERCOS是目前國際上唯一成為IEC國際標準的運動控制專用網路，具有以下幾個特色：

1. SERCOS是全數位化的網路：在SERCOS問世之前，運動控制器與伺服驅動器間常需依賴數位/類比轉換器，以類比形式的訊號( $\pm 10V$ )溝通；而SERCOS提供了一個全數位化的介面，就無須數位/類比轉換器，一則節省數位/類比轉換器的成本，再則利用全數位式的特性，可以製作智慧型控制器。
2. SERCOS是開放式架構：SERCOS是一個由許多製造商共同制訂發展的架構，為一開放式架構，任何人都可以依據其架構設計自己所需的產品。
3. SERCOS具有良好的擴充性：當使用塑膠光纖為傳輸介質時，SERCOS每節點間的傳訊距離為40米；若使用玻璃光纖，傳訊距離可長達200米，整個環狀網路的長度可達一萬到五萬米。每個環狀網路上理論上最多可連接256個輔節點，而實際上可連接的節點數則取決於傳輸週期、資料長度及傳輸速率。當節點數超過一個環狀網路的負荷時，可以利用多環路的方式擴充。
4. SERCOS具有高傳輸率：SERCOS目前的傳輸速率為4M Baud Rate，而利用ST公司出產的專用IC SERCON410B更可利用外頻將傳輸速率提高為10 M Baud Rate，可提供使用者62 $\mu$ s到62ms的即時通訊(Real Time Communication)週期。
5. SERCOS具有隨插即用的特性：當初SERCOS在制訂過程就以隨插即用的概念設計，盡可能將許多上下游間的協議明確的定義下來以確保產品間隨插即用的特性。
6. SERCOS具有跨廠商相容的特性：SERCOS在制訂標準時，就制訂了一些系統介面的相容類別(Compliance Class)，這些相關介面定義可以在IEC-61491標準中找到。只要製造商依據這些介面規格設計產品，這些產品就具有跨廠商相容的特性。

作為目前唯一具有高速、高精度的運動控制國際標準，SERCOS的應用範圍非常廣泛，目前市面上可以看到的產品種類包括伺服驅動器、CNC工具機、數位運動控制器、獨立的鑽孔及切削機、機械臂、凸輪曲柄研磨機、影印機、伐木機、半導體製程與封裝設備等等。基於發展SERCOS的其中一項主要目的是為了讓驅動器與控制器能獨立發展，因此在SERCOS的廣大應用範圍與IDN功能制訂中並不包含功率級（Power Stage）介面。

在95年的國際標準中，SERCOS定義了大部分的數值控制功能的IDN(Identification Number, IDN)，為了拓展SERCOS的應用範圍，位於德國的SERCOS Technical Working Group(TWG)陸續制訂增加新的IDN功能，目前已出版98.1更新版，內容增加了額外的診斷功能、伺服驅動器和馬達參數、密碼、新的操作模式、多國語言切換...等；除此之外，還發展SERCOS介面的I/O功能。這些新的功能雖然目前還未列入國際標準，但日後功能完整確定後也必能成為新的國際標準，使SERCOS成為功能更強大的即時通訊網路。雖然目前SERCOS的成本還是偏高，但一旦SERCOS挾其優秀的特性成為市場主流後，成本降低是指日可待，屆時SERCOS即能成為一個便宜、可靠、性能優異的工業網路。

## 六、視窗作業系統在工業控制網路上的應用

工業控制網路通常需要在一個具有即時能力的作業系統下，才能展現其高速的控制能力。嚴格來說，目前微軟的視窗作業系統都不算具有即時能力(事實上沒有一種作業系統可稱得上是具有真正的即時性，只能用等級來區分)，然而為什麼不選擇即時性能較優的作業系統(如 VxWorks、QNX、OS 9 等)來開發應用軟體，而要選擇視窗作業系統呢？關鍵在於從商業的角度來看，利用微軟的視窗作業系統在整體上可獲得更高的利益。接下來我們將以*即時性(real-time)*與*嵌入式操作(embedded operation)*兩方面，來探討視窗作業系統在工業控制上的性能表現。

目前微軟的視窗作業系統，以 Windows NT 搭配 Intel 的 Pentium 級 CPU 為例，也就是俗稱的 Wintel Solution，通常只能達到 3~5 ms 的弱即時(Soft real-time)，對須要 1 ms 反應時間的運動控制而言，不能算是強即時(Hard real-time)作業系統。但若藉由加掛 third-party 所提供的擴充即時子系統，如 VenturCom 的 RTX、Imagination System Inc.的 Hyperkernel、Radisys Corporation 的 inTime，即可達到上述的強即時性能。

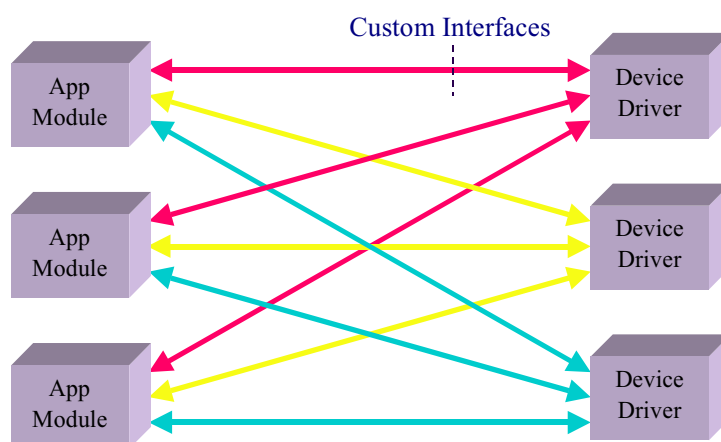
除了要求即時性能外，還有一項要求便是嵌入式操作。由於目前的視窗作業系統，基本上都需要至少 100 M bytes 的空間存放系統，即使在技術上可以用類似 Flash ROM 的方式把整個 Windows NT 擺進去，但其硬體的成本可能不是一般工控器所能接受的。此外，視窗作業系統還有開機時寫入資料檔(page files)與登錄(login)的問題，這些對視窗作業系統成為嵌入式 PC-based 工控器的核心都是致命傷。針對這些情況，目前經由 third-party 的努力，VenturCom 公司提供一套名為 Component Integrator(CI, 1999 年第四季已賣給微軟，並包裝成一項新產品：

NT Embedded)的工具，可以將 Windows NT 適當的剪裁，亦即根據工控器的本身需求，僅選取 Windows NT 內所需的元件，如顯示裝置、輸入裝置、網路、CD ROM 與硬碟等，再以 Embedded Component Kit(ECK)來對這些元件做適當的連結，產生新的作業系統。一般而言，經過『瘦身』之後的 Windows NT 大約佔 10~20 M bytes 的空間即可具有圖形化使用者界面與控制的能力，同時 page files 與 login 的問題也不再出現，如此一來便使得視窗作業系統在嵌入式 PC-based 工控器的核心市場上更具有競爭力。

雖然微軟的 third-party 提供了讓視窗作業系統成為具有即時性與嵌入性的作業系統，但若是能有一個真正適合 PC-based 工控器核心，且同時具有與視窗作業系統的設計環境與配套商品相容的作業系統豈不更好？事實上，微軟宣稱 Windows CE 3.0 就是符合上述需求的作業系統。它具有元件裁剪(scalable)、設置在唯讀裝置(romable)、強即時系統等特性，此外它與大部份的 Win32 API 相容，基於以上種種理由，Windows CE 3.0 在 PC-based 工控器的核心市場一直備受矚目。只要能符合如上述所提及的特性，相信 Windows CE 3.0 將會為 PC-based 工控器與工業控制網路帶來一波相當大的衝擊。

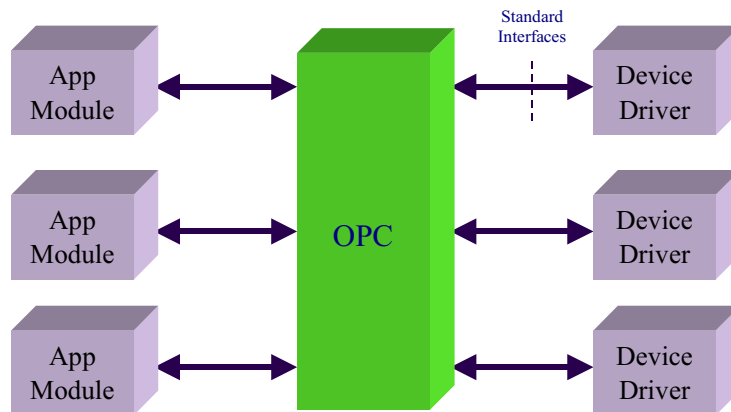
## 七、工業控制網路的共通標準界面

傳統控制應用程式的開發者，通常會將控制元件的驅動程式，直接整合在專屬的應用程式中。因此，在絕大部份的情況下，這些驅動程式無法在其他的應用程式中重覆使用。這樣的結果，除了造成使用者的選擇有限之外，同時也造成系統整合者及應用軟體開發者因為硬體或作業系統更換而增加的開發成本(如圖四)。基於上述的考量，如果能夠制定一種介於驅動程式與應用程式的標準界面，並且要求所有的製造商與系統整合者都遵守這個規範，那麼不論是控制元件或是應用程式，只要符合標準界面，使用者便可選擇(如圖五)。然而要如何統籌制訂標準界面的規格，卻是一件不易的事。目前在這方面，推廣最成功的要算是 OPC 了。



圖四：使用者自訂介面





圖五：標準共通介面

什麼是 OPC？簡單的說，OPC(OLE for Process Control)是一種由世界級的自動化廠商及硬體供應商，結合微軟的元件化技術(OLE、COM、DCOM)，針對程序控制及自動化領域所制訂的工業標準。目前所有 OPC 的規格制訂及更新皆由 OPC 協會(OPC Foundation)管理。目前已經有超過 220 個會員加入，這些會員幾乎都是世界上控制系統、儀器設備及程序控制系統的主要供應商，其規模相當龐大。

此外，VenturCom, Inc.甚至制訂了一套具有控制軟體與驅動程式之間的即時資料交換的介面規格(Data and Control Exchange, DCX)，使得非即時標準界面(OPC)得與具有即時控制能力的標準界面(DCX)能夠連結。如此一來，任何系統整合者或是使用者，都可隨時更換其整個設備的軟硬體，而不必擔心不相容的問題會再發生。

## 八、工業網路的未來發展

### --- 「網路即是控制系統」的概念

控制網路的進展，使得許多集中式控制的系統可以由分散式控制系統替代，且成本更低、可靠性更高、擴充性更有彈性及更容易偵錯維護。猶如電腦網路中網際網路或區域網路的電腦，彼此相互溝通連結；控制網路的節點，彼此亦可以相互網綁(binding) 連結。電腦網路是人與人之間的連結，控制網路是事物與事物之間的連結，差異的是電腦網路有統一共同的標準可循，而控制網路標準眾多、節點小、價位低，兩者的發展內涵卻是雷同。發展時程卻有 10 年的時間差距。目前控制網路正發展提供如 TCP/IP 的網路開道，網路節點可具有小網站功能或可成為網際網路的客戶端(Client)，人與事物、資訊與控制可以直接連結存取，各類的網際網路裝置即可應運而生，從網路 PC、家庭網路到生活週邊事物控制等，可以想像人類的世界可由一綿綿無盡的網路所串連。在網際網路興起時，有一口語是『網路即是電腦』 (“The network is the computer” ,by Sun Microsystems )。當控制網路結合智慧型裝置提供一低價位、可靠的、有彈性的分散式且靈活的控制系統，並深入應用在如家庭、大樓或工廠...等生活週邊事物控制，並與網際網路整合時，『網路即是控制系統』 (“The network is the control

system”)的時代即將會來臨。

## 九、 附錄

---

1. ARCNet, [www.arcnet.com](http://www.arcnet.com);
2. AS-Interface (AS-i), [www.as-interface.com](http://www.as-interface.com);
3. CANopen (CAN-based bus): [www.can-cia.de](http://www.can-cia.de);
4. ControlNet, [www.controlnet.org](http://www.controlnet.org);
5. DeviceNet (CAN-based bus), [www.odva.org](http://www.odva.org);
6. Fieldbus Foundation, [www.fieldbus.org](http://www.fieldbus.org);
7. HART, [www.ccsi.com/hart](http://www.ccsi.com/hart);
8. Interbus, [www.interbusclub.com](http://www.interbusclub.com);
9. LonWorks, [www.lonmark.org](http://www.lonmark.org);
10. Profibus-DP, -FMS, -PA, [www.profibus.com](http://www.profibus.com);
11. SERCOS, [www.sercos.com](http://www.sercos.com);
12. Seriplex, [www.seriplex.org](http://www.seriplex.org);
13. Smart Distributed System (SDS, based on CAN),
14. WorldFIP, [www.worldfip.org](http://www.worldfip.org)
15. OPC Foundation, [www.opcfoundation.com](http://www.opcfoundation.com)
16. DCX, [www.vci.com](http://www.vci.com)

附表一、工業控制網路的特性簡介

Sampling of Industrial Networks					
<i>Network</i>	<i>Introduced</i>	<i>Topology</i>	<i>Data Transfer Size</i>	<i>Speed</i>	<i>Original Technology Developer</i>
As-I	Fall '93	Bus, ring, tree, or all	31 slaves with 4 in, 4 out	167 Kbps	Consortium
CANopen	'92	Trunkline or dropline	8-byte, variable message	1 Mbps, 500 Kbps, 250 Kbps, 125 Kbps	Philips/CiA
ControlNet	'97	Trunkline, tree, star	510 bytes	5 Mbps	Allen-Bradley
DeviceNet	3/94	Trunkline or dropline with branching	8-byte variable messaging	500 kbps, 250 kbps, 125 kbps	Allen-Bradley
Fieldbus Foundation	'95	Multidrop with bus-powered devices	16.6 M objects/device	31.25 kbps, 1 Mbps, 2.5 Mbps	Consortium
Interbus	'84	Segmented with "T" drops	512 bytes h.s., unlimited block	500 kBits/s, full duplex	Consortium
LonWorks	3/91	Bus, ring, loop, star	228 bytes	1.25Mbps full duplex	Echelon Corp.
Profibus	DP-'94; PA-'95	Line, star, ring	244 bytes	DP up to 12 Mbps; PA 31.25 kbps	Consortium Siemens
SDS	1/94	Trunkline or dropline	8-byte variable messaging	1Mbps, 500 kbps, 250 kbps, 125 kbps	Honeywell
* Most industrial networks are now governed/guided through groups or consortiums.					
Implementation of industrial communications technologies vary widely by transport mechanisms, physical characteristics, performance, applicable standards, "openness," and other parameters. This information draws from a March 1998, 18-column comparison from Synergetic Micro Systems, Downers, Grove, Ill.					
<i>Source: Synergetic Micro Systems</i>					

## 附表二： 控制網路的簡介說明

ARCNET	"Attached Resource Computer Network" , developed in 1977 by Datapoint. Maximum data rate of 5.0 Mbps.
ASI	"Actuator Sensor Interface" , developed in Germany by consortium of sensor suppliers. A low-cost , bit-level system designed to handle 4 bits per message for binary devices in a master/slave structure operating in distances up to 100 meters.
BACnet	"Building Automation Control Network" , an America Association of Heating , Ventilation , Refrigeration & Air Conditioning Engineers(ASHRAE) standard developed by HVAC system suppliers. It supports networking options-ARCNET , Ethernet , a Master/Slave token passing (MS/TP) network based on RS-485 protocol , and LONWORKS.
Bitbus	developed in 1984 by Intel around the 8044 microprocessor. Features multi-tasking with a master/slave structure using RS-485 serial linking.
CAN bus	"Control Area Network" , developed in Germany by Robert Bosch GmbH with Intel and Philips in the early '80s for automotive in-vehicle networking. A peer to peer Carrier Sense Multiple Access (CSMA) system. Selectable baud rates up to 1 Mbps , and twisted pair , fiber , coax , and RF media supported. CAN is ISO Standard #11898 , approved for passenger vehicle applications. CAN-based systems were approved by SAE as standard J1850 for American passenger cars and standard J1939 for trucks and large vehicles. A CAN in Automation (CIA) Group has been formed in Germany to work on application issues.
Cebus	"Consumer Electronic Bus" is being developed by a consortium of consumer electronics Manufacturers through the Electronics Industries Association (EIA). It is primarily used for home automation and supports coax , RF and power line media.
DeviceNet	version of CAN developed by Allen-Bradley. It features use of object-oriented software and is used primarily in industrial control systems. It uses 4-wire (signal pair and power pair) shielded cable and can support up to 64 nodes per network at speed up to 500 kbps at 100 m and 125 kbps at 500 m. An open DeviceNet Vendors Association(ODVA) has been formed. It is Standard ISO 11898 & 11519.
GPIB	"General Purpose Interface Bus" became the IEEE-488 Standard in 1978. More of a data-acquisition system with limited node capabilities. It is used mainly in laboratories and industrial instrument systems
HART	"Highway Addressable Remote Transducer" , a network produced by Rosemount. Provides 2-way digital communication atop traditional 4-20mA loops. A HART organization has been formed.
Interbus S	open system developed by Phoenix Contact. A fast sensor/actuator data ring type bus. Utilizes RS-422 transceiver technology and handles analog via separate I/O modules. Up to 256 drops per network and up

	to 4096 digital I/O can be supported. The network is deterministic with data throughout in the low milliseconds. It is German DIN Standard 19258
ISA SP50	Organized in 1985 to develop a digital signal based standard to complement the traditional 4-20mA standard of the process industries. Best by individual company interests as well as Profibus / WorldFIP polarizations , SP50 has had a long tough trail in pursuing an acceptable fieldbus standard. However , recent progress is encouraging with the constructive support of the Fieldbus Foundation. Both Profibus and WorldFIP offer eventual migration paths to any forthcoming IEC 1158-SP50 world standard.
J1850	an SAE Standard for passenger cars covering mid-speed data rates optimized at 10.4 and 41.6Kbps rates used by GM and Ford.
LONWORKS	"Local Operating Network" , a distributed control network developed by Echelon Company. It uses custom Neuron chips implementing ISO/OSI 7-layer stack protocol .It supports media like twisted pair , coax , fiber optic , RF , infrared , and power line with data rates up to 1.25Mbps for distances up to 500m and 78 Kbps at 2000m. It is Standard IEC 709.
SDS	"Smart Distributed System" , developed by Honeywell MicroSwitch. An "OPEN" CAN-based system using a 4-wire cable (two twisted pairs; signal and power).It can support up to 128 nodes at speeds up to 1.25Mbps interfacing with PLC and PCs for industrial control applications
SERCOS	a bus developed in Europe for motors and motion control applications. It is standard IEC 1491 for drives at numerically controlled machines.
SERIPLEX	Developed by Automation Process Control(APC) Company. An ASIC-based multiplexing system which offers both peer to peer and master/slave communications
Profibus	"Process Field Bus", developed in Germany and strongly supported by Siemens. It is German DIN Standard 19245. In 3 parts, Part 1& 2 are designated Profibus-FMS and cover automation in general. Part 3, Profibus-DP is a faster system for factory automation. A fourth Profibus-PA part is in preparation for process control. A number of installations are operating covering various industries. Chips and tools are available.
WorldFIP	"Factory Information Protocol", a French National Fieldbus Standard based on the the 3 OSI control related layers 1,2&7. There are a number of installations primarily in France and Italy. Chips and products are available. FICOMP (Fieldbus Consortium) begun in late 1992 is developing board level products and software in accordance with IEC, Fieldbus Foundation and WorldFIP specs.
Foundation Fieldbus	formed from the merging of components of specifications by WorldFIP and Profibus supporters. This was formed to test/demonstrate fieldbus components to support an eventual single, universal fieldbus standard.