

工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

智慧運動控制平台 (IMP-2)

機電控制整合部

工業技術研究院
版權所有

Outline (1/2)

- **智慧運動控制平台(IMP-2)**
 1. 何謂智慧運動控制平台?
 2. 智慧運動控制平台規劃
- **IMP-2硬體規劃**
 1. IMP-2 電路規劃
 2. 智慧運動控制晶片(IMC)
 3. 泛用型伺服匯流排(GSB)
 4. 非同步串列遠端IO(ARIO)
- **IMP-2嵌入式即時作業系統**
 1. 嵌入式作業系統評估
 2. 作業系統資源與服務
 3. 精密運動控制核心



Outline (2/2)

- **IMP-2作業模式**
 1. 單機模式
 2. A+ PC模式
- **IMP-2實機展示**

範例與開發流程介紹

工業技術研究院
版權所有



智慧運動控制平台 (IMP-2)

何謂智慧運動控制平台

- 高效率高精度運算處理能力
- 多工即時作業能力
- 完善的運動控制、通訊及傳輸介面
- 彈性多元作業模式
- 簡易使用的程式元件



智慧運動控制平台 (IMP-2)

智慧運動控制平台規劃(1/3)

- 高效高精度運算處理能力

400MHz 32-bit RISC

Double precision FPU

MMU

128MB 100MHz DDR

- 多工即時作業能力

WindRiver VxWorks 6.x

Hard-Real Time OS

智慧運動控制平台 (IMP-2)

智慧運動控制平台規劃(2/3)

- 週邊通訊傳輸介面

PCI、Ethernet、**GSB**、**ARIO**、USB

- 作業模式

Standalone模式：

以高效率高精度處理器搭配硬即時作業系統組成之智慧運動控制平台(**IMP**)，獨立完成專用控制需求。

A+ PC模式：

透過Ethernet (loose link)或PCI (tight link)與PC連結，**IMP**負責精密運動軌跡運算，PC負責額外作業(如:視覺處理、人機介面...)，達到多核多工分散處理。

智慧運動控制平台 (IMP-2)

智慧運動控制平台規劃(3/3)

- 程式元件

- 單機模式

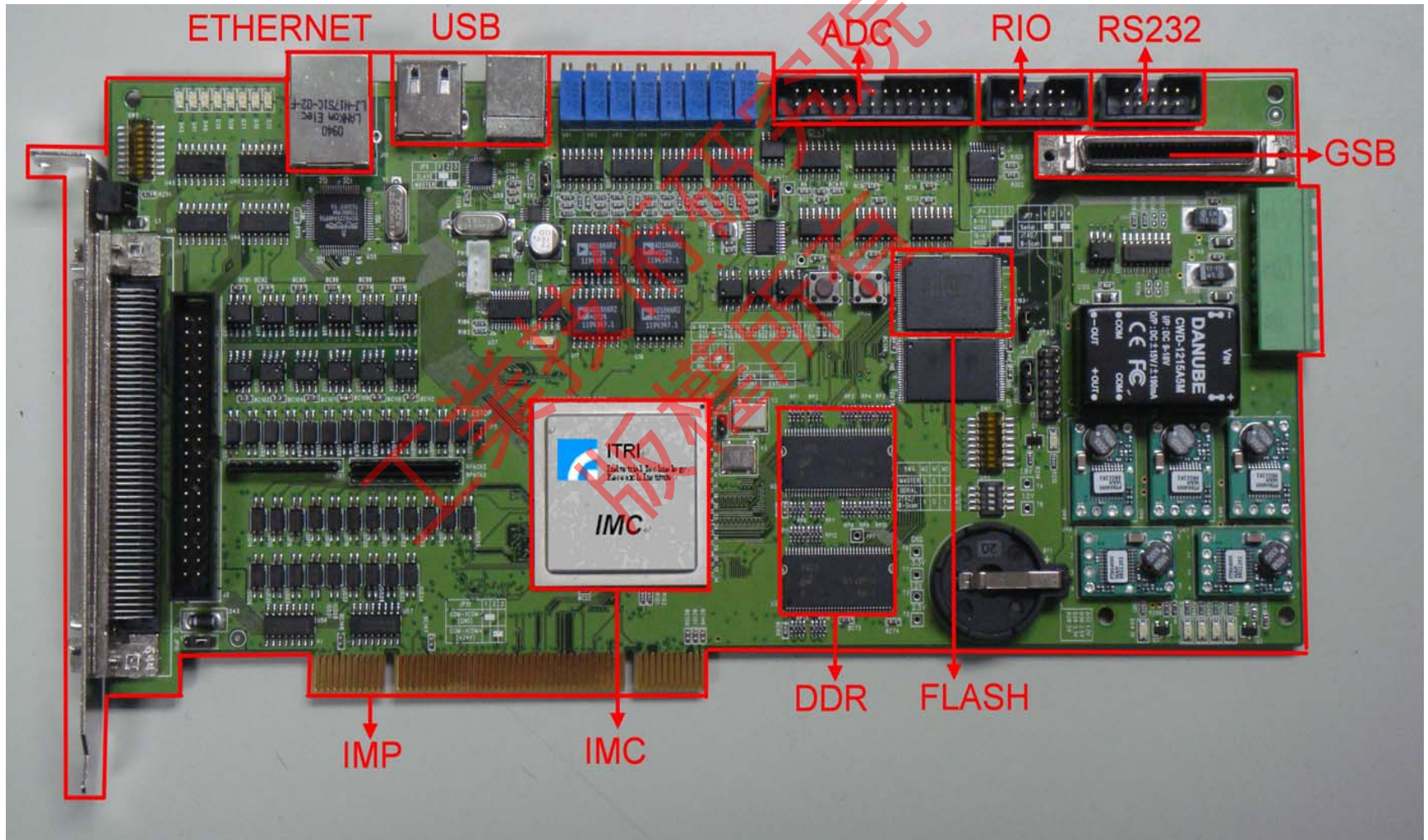
- 提供VxWorks作業系統運動控制相關靜態函式庫(.a)、動態函式庫(.so)、標頭檔(.h)…等

- A+ PC模式

- 提供Windows作業系統運動及通訊相關動態聯結函式庫(.dll)、標頭檔(.h)及ActiveX(.ocx)元件…等，於視窗開發環境(VB、C#、VC…)使用。

IMP-2硬體規劃

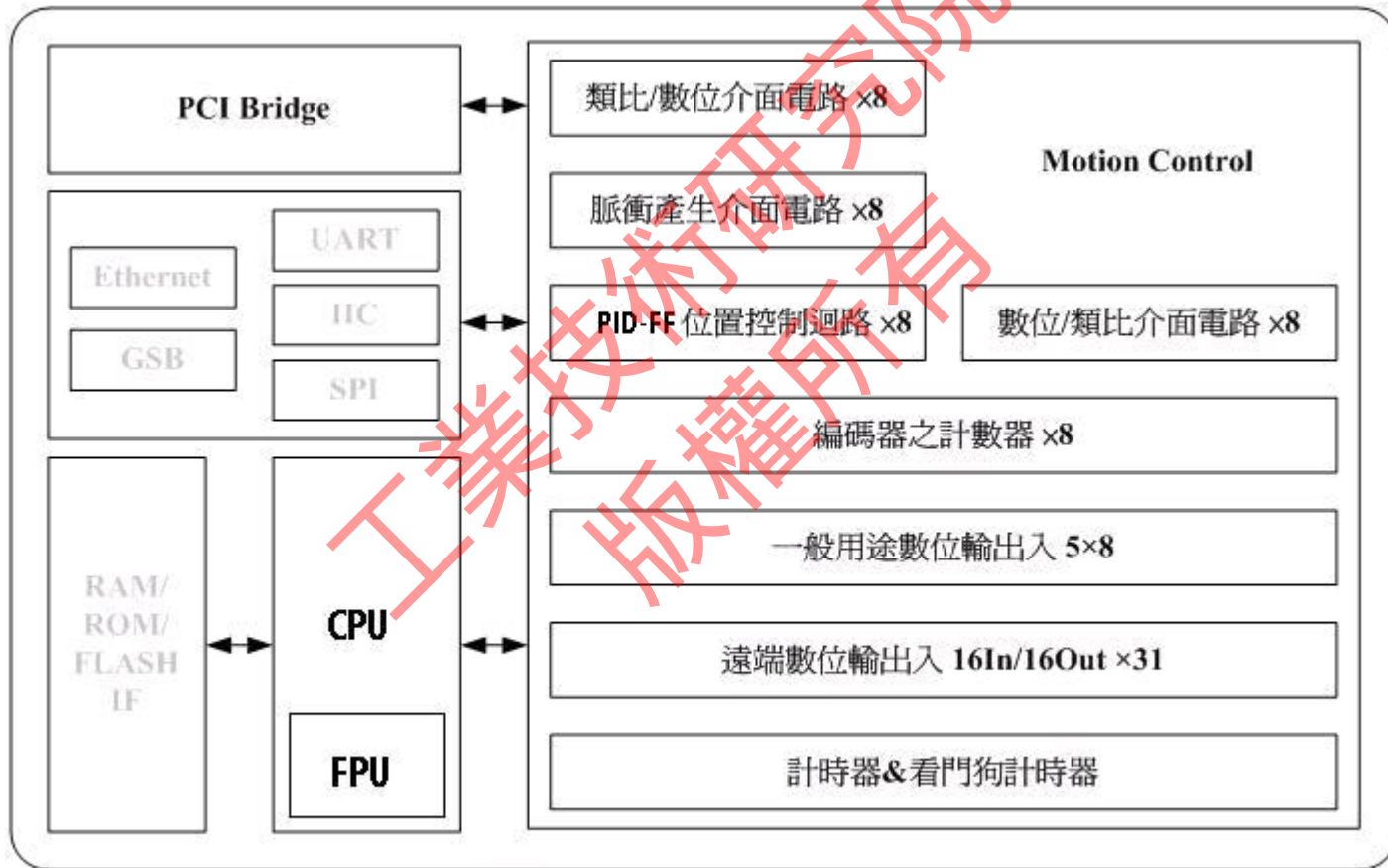
IMP-2電路規劃





IMP-2硬體規畫

智慧運動控制晶片 (IMC)-內部方塊圖



內建微處理器之智慧型運動控制晶片 (CPU inside IMC)

IMP-2硬體規畫

智慧運動控制晶片 (IMC)-規格(1/2)

中央處理單元(CPU)	400MHz 32bit 7-stage pipeline RISC 32KB D Cache / 32KB I Cache
硬體浮點運算單元(FPU)	100MHz 5-stage double precision FPU with 2.0 MFLOPS/MHz
電腦周邊元件連接器(PCI-Bridge)	33MHz 32bits 132MB/sec
記憶體單元控制器(DDR-Controller)	100MHz DDR 128MB
網路介面控制器 (Ethernet-Controller)	10/100Mbps
非同步傳輸通訊介面(UART)	115200bps
脈波輸出介面(Pulse-Generator)	8組 25MHz 具DDA功能
編碼器計數輸入介面(Encoder)	8組 32bit 4MHz 差動輸入+數位濾波

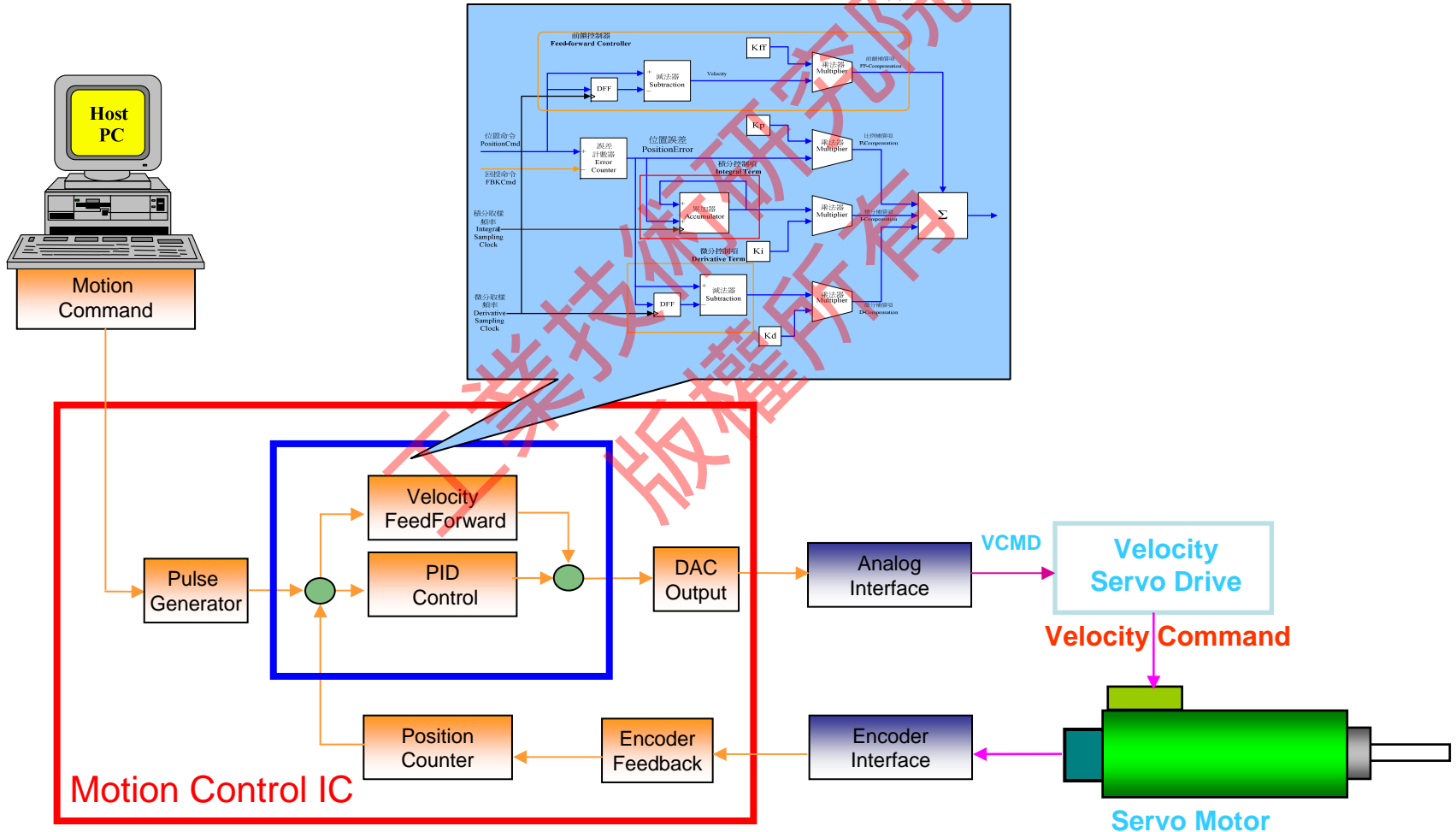
IMP-2硬體規畫

智慧運動控制晶片 (IMC)-規格(2/2)

硬體PID+FF閉迴路控制單元 (PID+FF Controller)	專利設計:改善積分補償Overshot 4x8bits參數暫存器
類比輸出介面(DAC)	8組 16bits -10V~10V
類比輸入介面(ADC)	8組 14bits 116ksps -10V~10V
內建數位輸出入介面 (On Board Digital I/O)	8x(OT+, OT-, HOME, SERVO, LED/SW) PRDY, ESTOP共42點
非同步遠端串列式輸出入控制(ARIO)	非同步電路設計 抗干擾 IO更新時間 7.2us 16點I+16點O 最大擴充至512點I+512點O
泛用型伺服匯流排(General Servo Bus)	彈性擴充各家全數位伺服介面

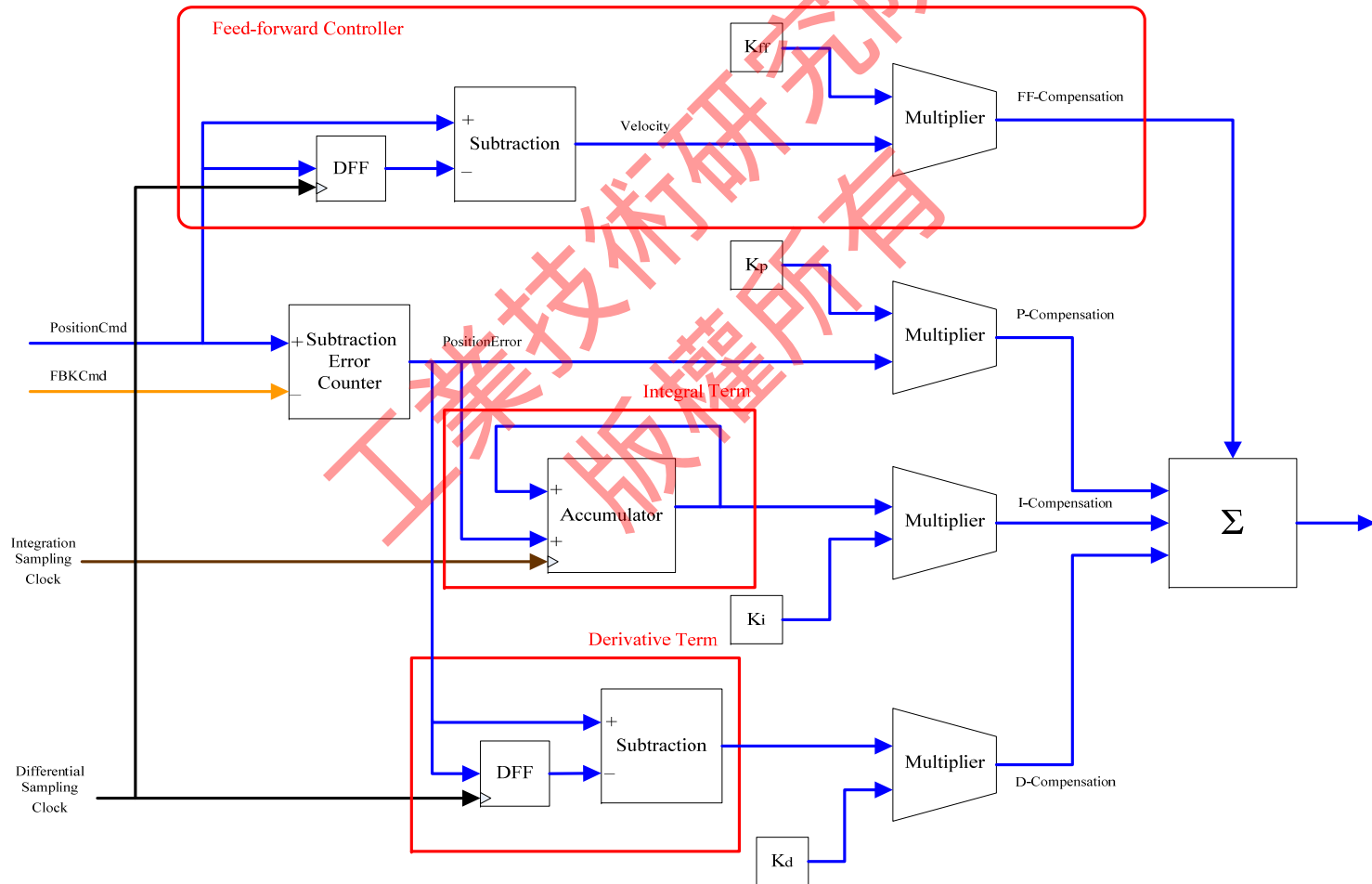
IMP-2硬體規劃

智慧運動控制晶片 (IMC)-PID-FF(1/2)



IMP-2硬體規劃

智慧運動控制晶片 (IMC)-PID-FF(2/2)



IMP-2硬體規畫

泛用伺服匯流排(GSB)



泛用伺服匯流排(General Servo Bus)

為滿足各家不同全數位伺服介面，IMP-2預留一組泛用型數位伺服匯流排，只需插上不同全數位伺服驅動器模組，IMP-2即可與不同廠牌的全數位網路伺服驅動器結合。

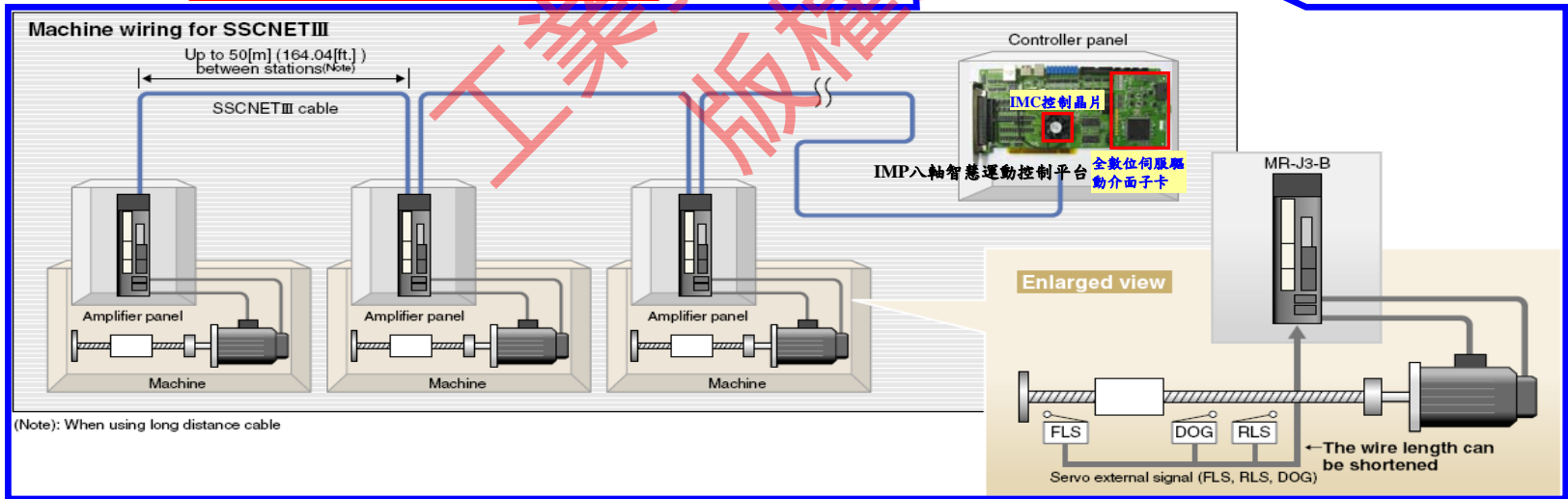
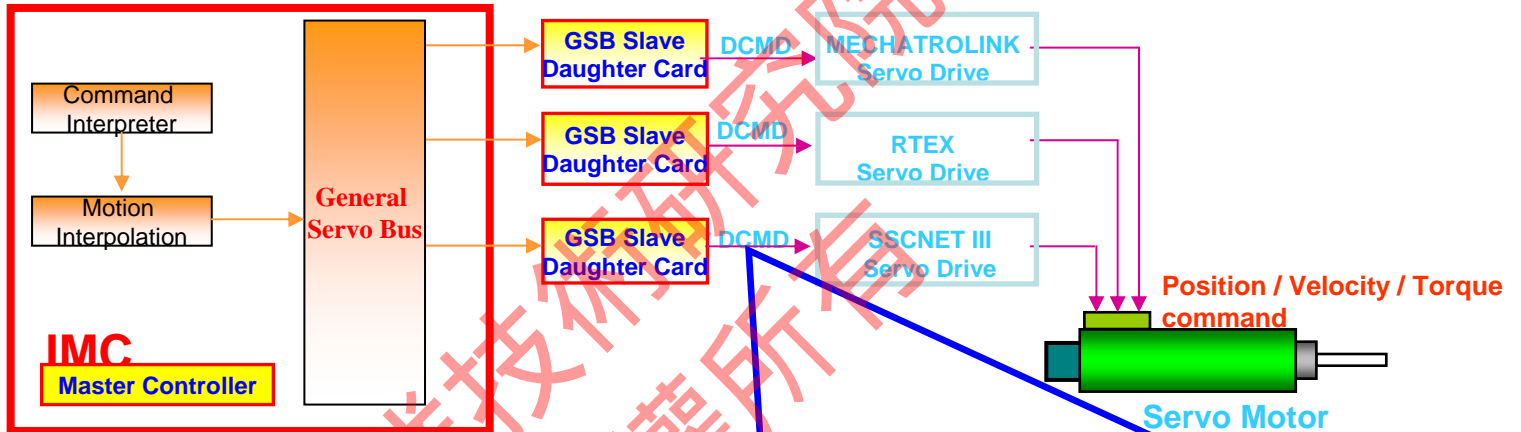
	SERCOS III	SSCNET III	MECHATROLINK III
Max. inter-node Distance	100m	50m	100m
Data Rate	100Mbps	50Mbps	100Mbps
Cycle Time	31.25us~1ms	0.44ms	31.25us~64ms
Transmission Media	Ethernet	Optical Fiber	Ethernet
Maker	Indramat...	Mitsubishi	Yaskawa

全數位伺服優點：

- 一、**即時性**：必須在固定的週期時間內完成傳輸控制命令，因此傳輸週期須達到**0.1ms至5ms**以內。
- 二、**有彈性**：可選擇非週期性的傳送接收伺服命令、伺服驅動參數與周邊I/O資料。
- 三、**抗干擾**：藉由數位傳輸並加入錯誤檢測碼的機制，降低雜訊干擾。

IMP-2硬體規畫

泛用伺服匯流排(GSB)

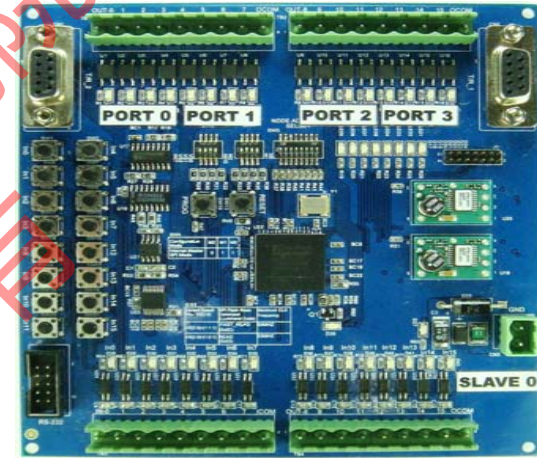


IMP-2硬體規畫

非同步串列遠端IO(ARIO)

Features

- 非同步串列通信介面
- 16點數位輸入
- 16點光繼電器(PhotoMos Relay)輸出
- 與控制母板電位隔離
- 最大總輸出入點數：512點輸入、512點輸出



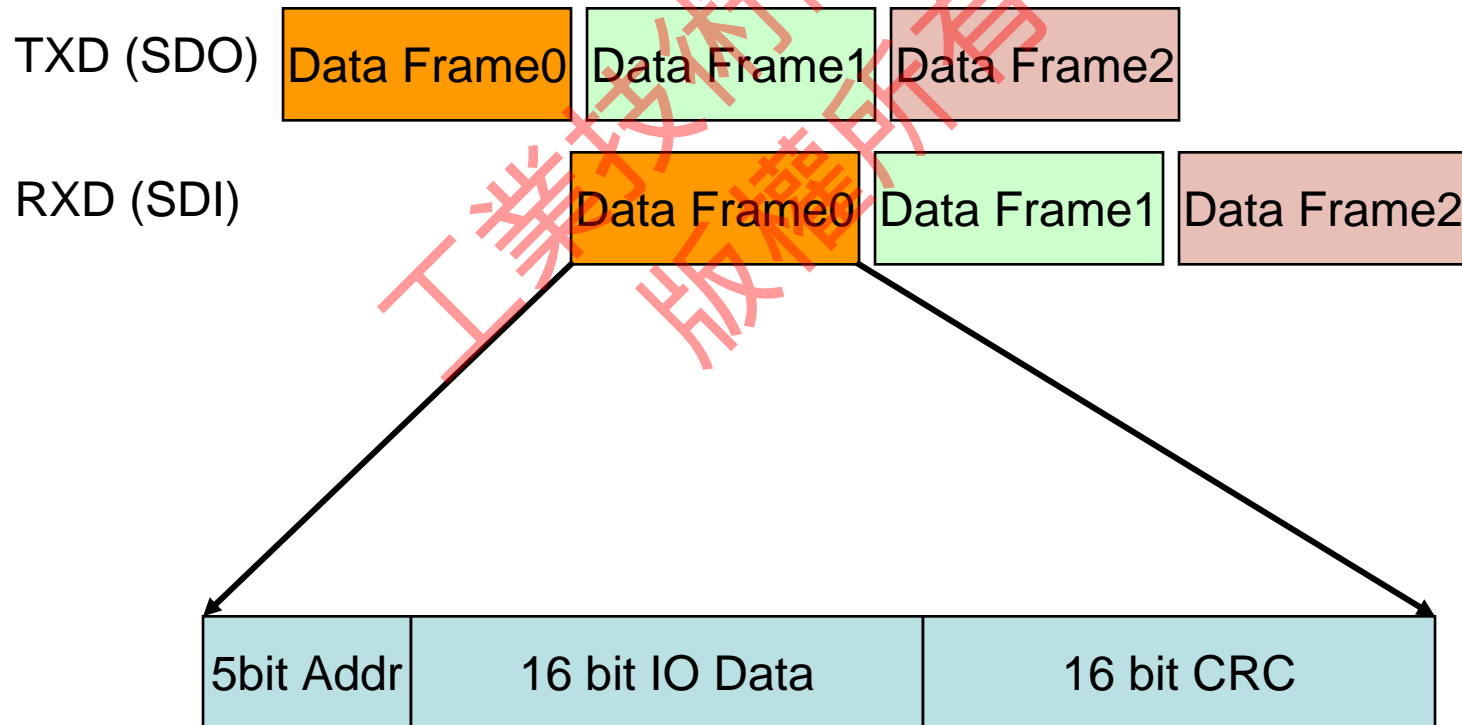
Introduction

遠端I/O控制子板為工研院機械所開發的產品，一個專屬數位的遠端輸出入控制卡，主要應用於一般產業機械的輸出入點控制，在應用上只需要加上簡單的驅動及接收之周邊電路(Master module)，配合遠端輸出入模組(Slave module)就可以形成一個具1024點的輸出入控制系統。透過遠端省配線化設計，利用非同步串列通信，母板可控制每個子板上16個輸入點及16個輸出點。這種遠端輸出入模組的觀念，由於大幅降低系統配線的複雜度，除了節省成本外，亦提高了系統的可靠度及維護性。

IMP-2硬體規畫

非同步串列遠端IO(ARIO)

非同步主從架構之串列遠端輸出入通訊協定，僅利用傳送線 (TXD) 與接收線 (RXD) 共兩條線即可達到全雙工的控制多點多模組遠端數位輸出/輸入資訊。

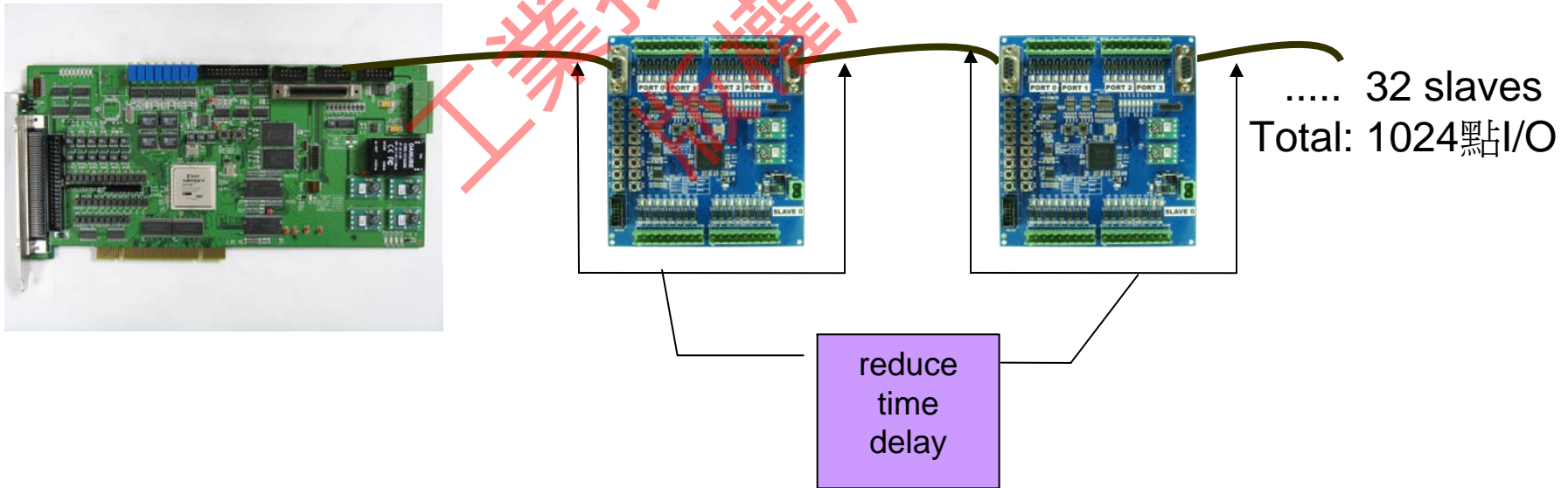


IMP-2硬體規畫

非同步串列遠端IO(ARIO)

IMP_AsynRIO—編碼解碼採用曼撒斯特編碼技術

- 資料0時，訊號在位元中間由低電位變換為高電位
- 資料1時，訊號在位元中間由高電位變換為低電位
- 具有自我時序的功能
- 乙太網路的傳輸採用此機制



IMP-2嵌入式即時性作業系統

嵌入式作業系統評估

- 嵌入式作業系統：
儲存於非揮發性記憶裝置，如ROM、Flash中的**微型作業系統**，提供**硬體裝置驅動、控制**，**周邊資源管理與提供應用程式介面**。
- 即時作業系統：
何謂即時作業系統(Real-Time Operating System-RTOS)，是指作業系統本身要能在一個**固定時限內對程式呼叫做出正確反應**，亦即對**時序及穩定度的要求十分嚴格**。**硬即時作業系統**，是指系統從命令起始到執行動作之間的中斷延遲(Interrupt latency)回應特性。一般像是Win CE這種的軟即時作業系統，其反應時間約為**1~2ms**，要達到**硬即時性能的要求**，其反應時間必須要在**150 μ s**以內。

IMP-2 嵌入式即時性作業系統

嵌入式作業系統評估-市場調查

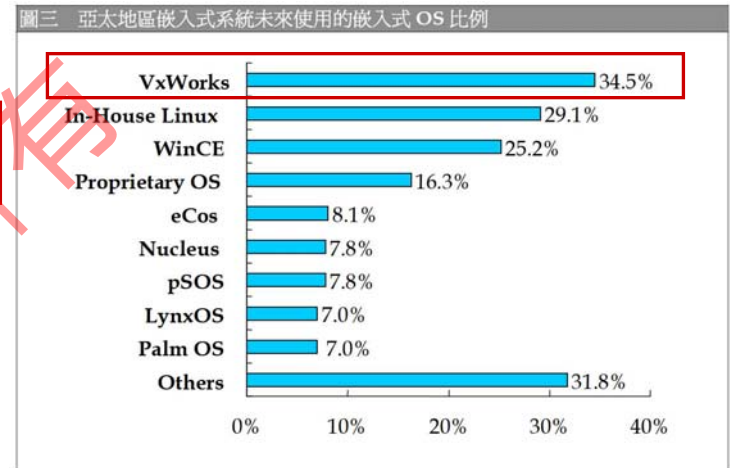
表一 前五大嵌入式作業系統廠商與產品

廠商	作業系統產品	營收市佔率	主要應用領域
WindRiver	VxWorks	23%	航太與國防、汽車、工業控制、網路基礎設備、資訊家電 (Digital TV、Set-Top Box)
Microsoft	Windows CE	11%	手持式裝置、精簡型電腦、精簡型伺服器
Palm Source	Palm OS	8%	手持式裝置
Metrowerks	Embedix	5%	手持式裝置、網路終端設備
QNX Software System	Neutrino RTOS	4%	汽車、工業控制、醫療、網路終端設備

註 1：Palm Source 為原先 Palm Computing 的軟體部門所獨立而成。

註 2：Embedix 原為 Lineo 的產品，Lineo 已於 2002 年為 Metrowerks 併購。

資料來源：資策會 MIC；2003 年 10 月



資料來源：Gartner, 2003 年 1 月



IMP-2 嵌入式即時性作業系統

嵌入式作業系統評估-即時性評估

- 任務切換時間 (Context switch)
作業系統在切換任務 (task) 時，將目前 CPU 暫存器狀態儲存後，載入下個任務狀態所需時間。
- 中斷回應時間 (Interrupt latency)
中斷回應時間 = 關中斷的最長時間
+ 保護 CPU 內部暫存器的時間
+ 進入中斷服務函數的執行時間
+ 開始執行中斷服務常式 (ISR)



IMP-2嵌入式即時性作業系統

嵌入式作業系統評估-即時性比較

	Vxworks	uC/OS II	RT-Linux2.0	QNX6
佔先式內核	是	是	是	是
排程策略	優先順序輪轉	優先順序	優先順序 最短時限優先	優先順序 先進先出迴圈式
優先順序分配	動態	動態	靜態(默認)	動態
優先順序繼承	是	無	非	是
優先順序數	256	64	不限	32
時間確定性	是	是	是	是

即時作業系統相關技術表

	Vxworks	uC/OS II	RT-Linux2.0	QNX6
Supplier	Wind River	Micrium	FSMLabs	Quantum
Hardware	MC68000 (20 MHz)	33MHz 486	60MHz 486	33MHz 486
Real Time	Yes	Yes	Yes	Yes
Context Switch	3.8us	<9us		12.57us
Interrupt Latency	<3us	<7.5us	25us	7.54us

即時性能比較表



IMP-2嵌入式即時性作業系統

嵌入式作業系統評估-即時性比較

	Vxworks	uC/OS II	RT-Linux2.0	QNX6
佔先式內核	是	是	是	是
排程策略	優先順序輪轉	優先順序	優先順序 最短時限優先	優先順序 先進先出迴圈式
優先順序分配	動態	動態	靜態(默認)	動態
優先順序繼承	是	無	非	是
優先順序數	256	64	不限	32
時間確定性	是	是	是	是

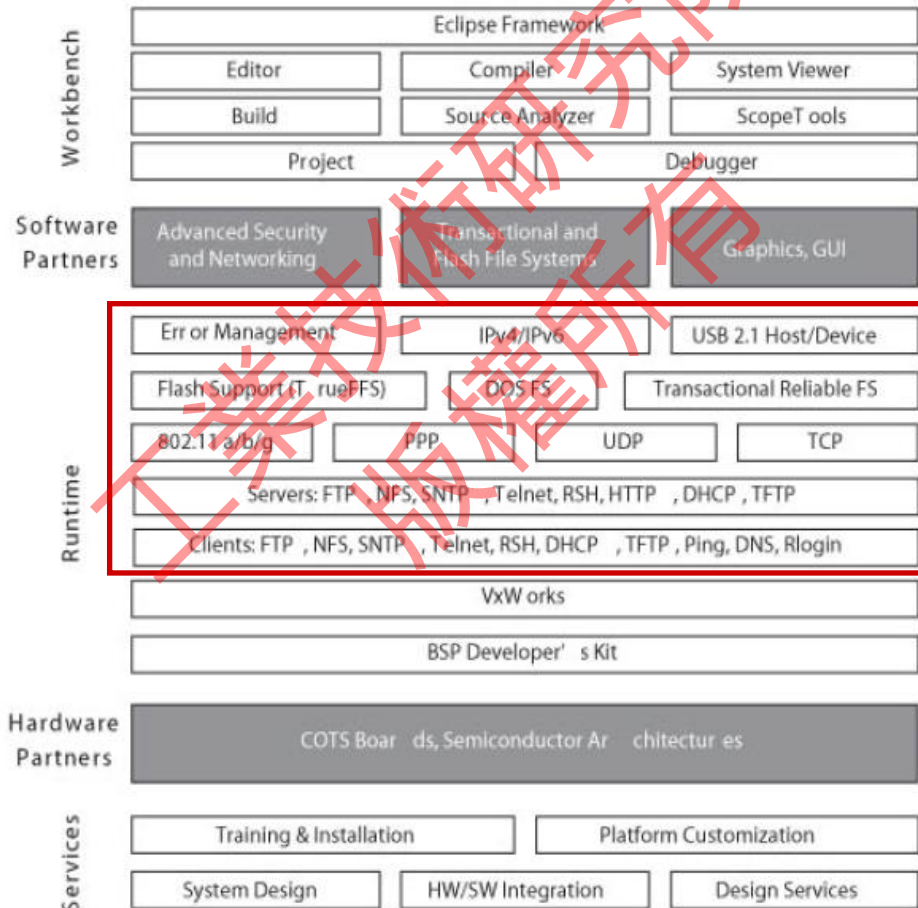
即時作業系統相關技術表

	Vxworks	uC/OS II	RT-Linux2.0	QNX6
Supplier	Wind River	Micrium	FSMLabs	Quantum
Hardware	MC68000 (20 MHz)	33MHz 486	60MHz 486	33MHz 486
Real Time	Yes	Yes	Yes	Yes
Context Switch	3.8us	<9us		12.57us
Interrupt Latency	<3us	<7.5us	25us	7.54us

即時性能比較表

IMP-2嵌入式即時性作業系統

作業系統資源與服務-VxWorks(1/2)





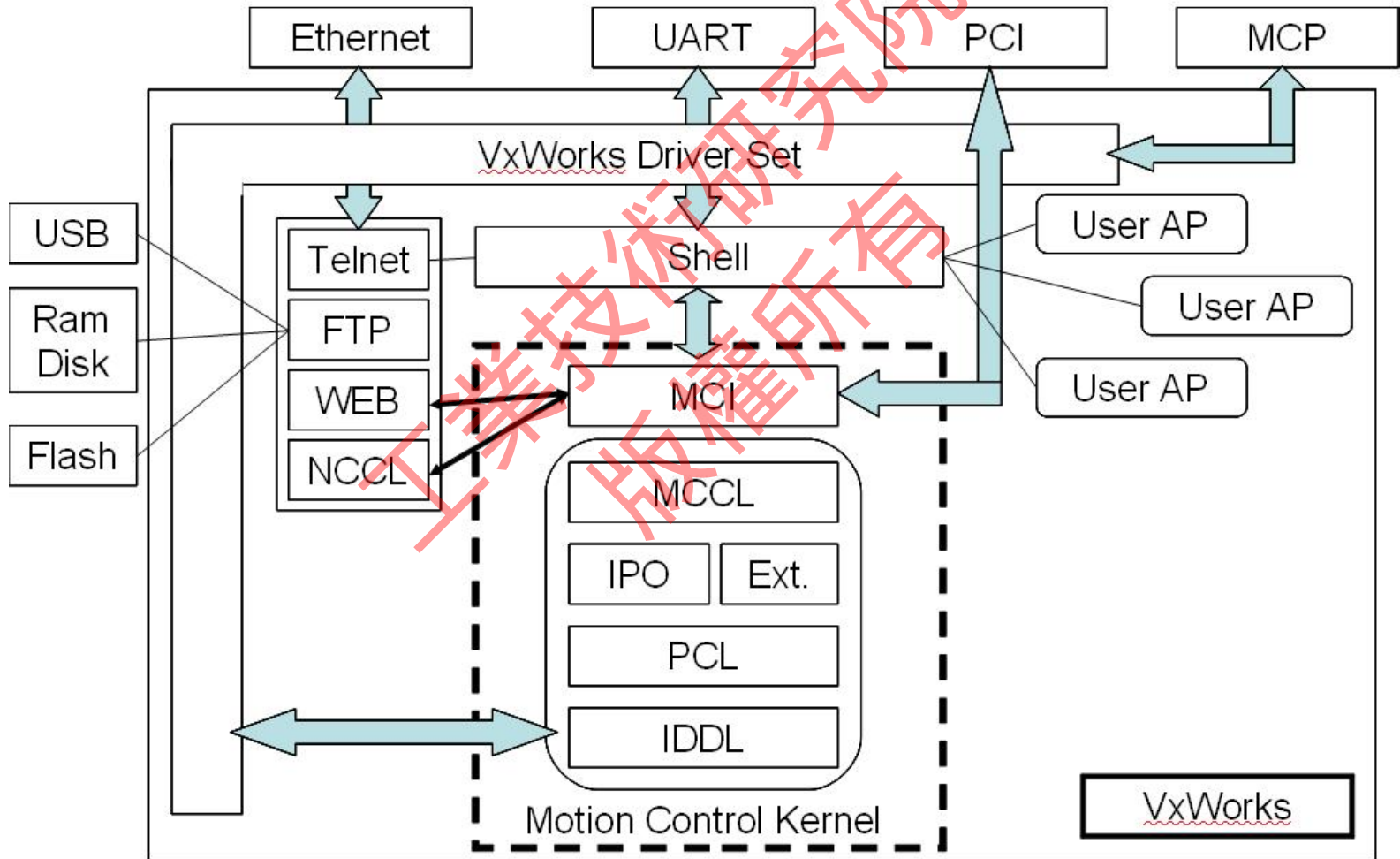
IMP-2嵌入式即時性作業系統

作業系統資源與服務-VxWorks(2/2)

- 即時多工
MUX、Semaphores、Event、Signal、share data、Message Queues...
- 網路支援
IPv4/6、TCP、UDP、ICMP、IGMP、DHCP、FTP、Telnet、Rlogin、NFS、RSH...
- 週邊驅動
USB、Flash、RamDisk、Ethernet...
- 檔案系統管理
TrueFFS、dosFS、ROMFS...

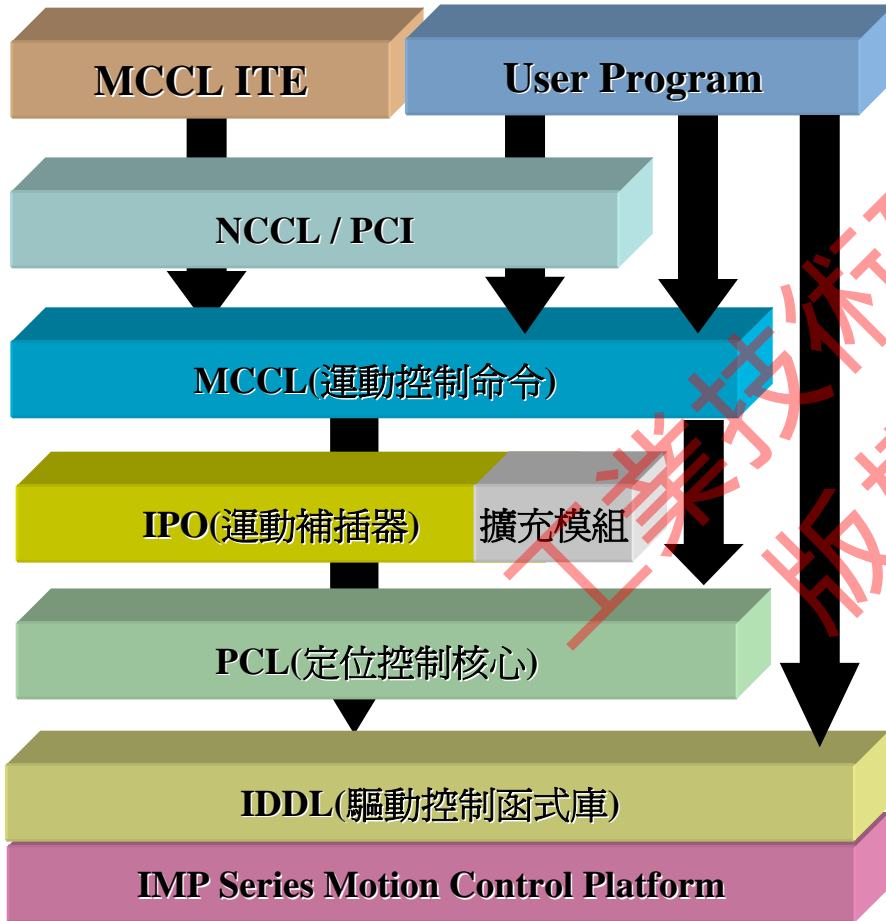
IMP-2 嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心



IMP-2嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心-MCCL



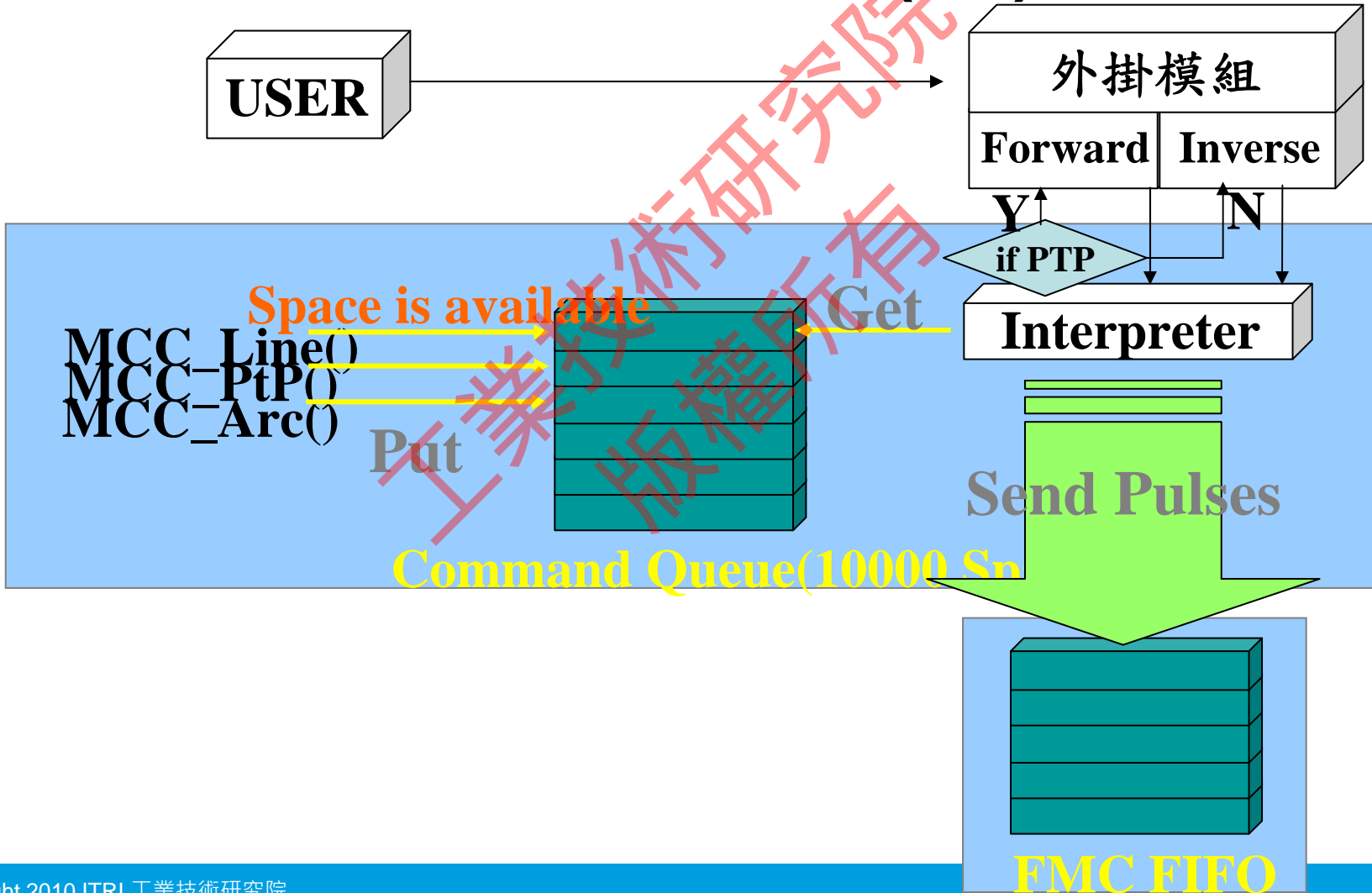
使用者介面；提供**函式化、元件化介面**供使用者更方便達到運動控制的目的

運動路徑規劃核心；掌管所有運動之**路徑規劃**，為MCCL中最重要模組

定位控制核心；因定位控制目前由硬體實現，故此模組最重要的功能轉為與硬體溝通，且預留**軟體伺服控制**功能。

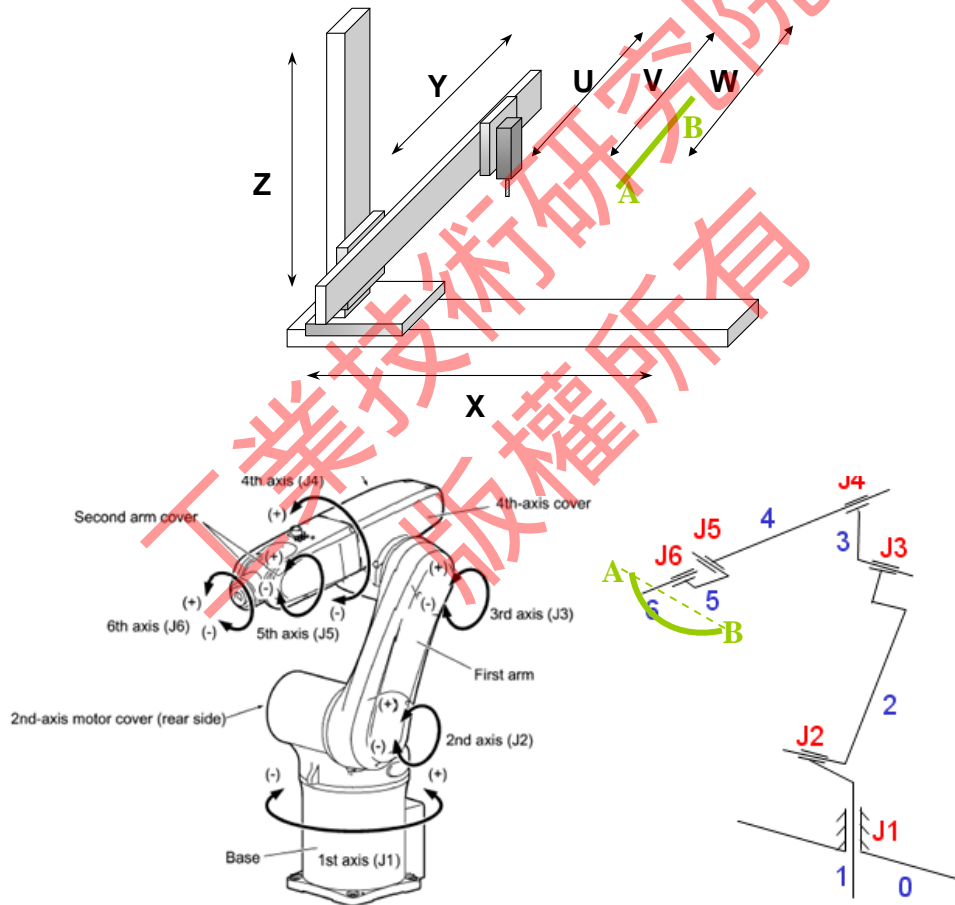
IMP-2 嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心-擴充模組(1/2)



IMP-2嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心-擴充模組(1/2)



IMP-2嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心-Custom motion

```
MCC_API int MCC_CALL MCC_CustomMotionEx(  
    CUSTOM_START_MOTION pfnStartMotion,  
    CUSTOM_INTERPOLATION pfnInterpolation,  
    CUSTOM_CLEANUP pfnCleanUp,  
    CUSTOM_BLENDED_START pfnBlendingStart,  
    CUSTOM_BLENDED pfnBlending,  
    CUSTOM_BLENDED_END pfnBlendingEnd,  
    void* pvBuffer,  
    WORD wGroupIndex = 0,  
    DWORD dwAxisMask = EPCIO_AXIS_ALL);
```

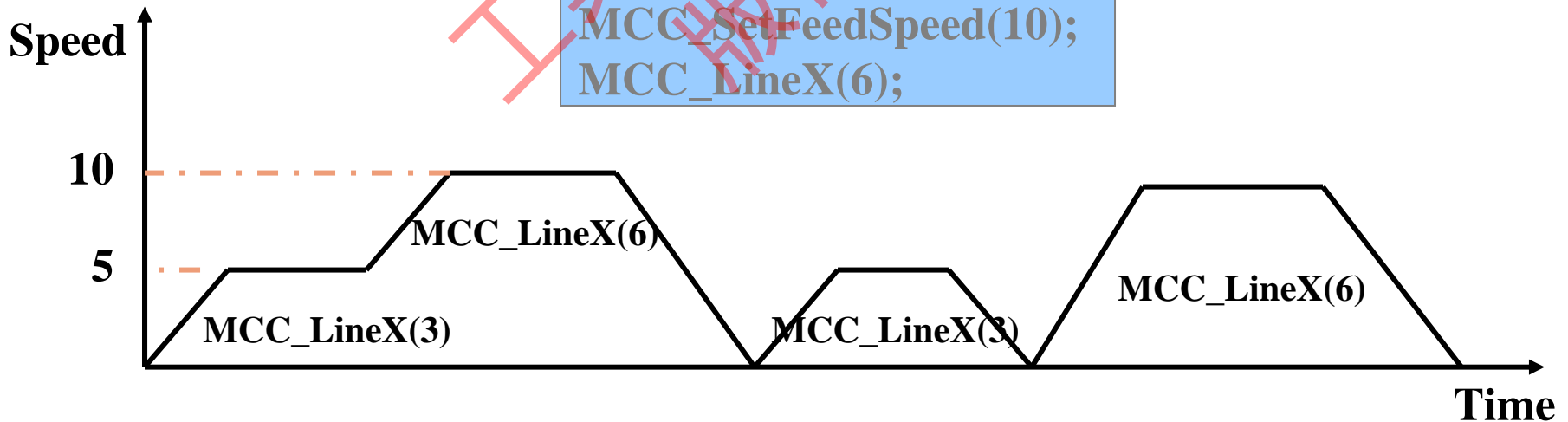
優點：

1. 協助使用者進行多元且高階軌跡規劃設計
2. 客製化插值設計
3. 客製化連續路徑平滑處理

IMP-2嵌入式即時性作業系統

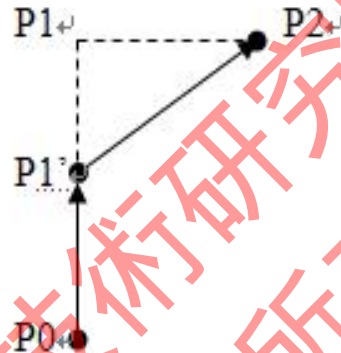
精密運動控制核心-Blend

```
MCC_EnableBlend();  
MCC_SetFeedSpeed(5);  
MCC_LineX(3);  
MCC_SetFeedSpeed(10);  
MCC_LineX(6);  
MCC_DisableBlend();  
MCC_SetFeedSpeed(5);  
MCC_LineX(3);  
MCC_SetFeedSpeed(10);  
MCC_LineX(6);
```



IMP-2 嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心- Dynamic Blend



其中 P0 為起點，P1 為運動 1 的終點，P2 為運動 2(OM enabled)的終點，P1' 為運動 1 運行路徑上之任意點。

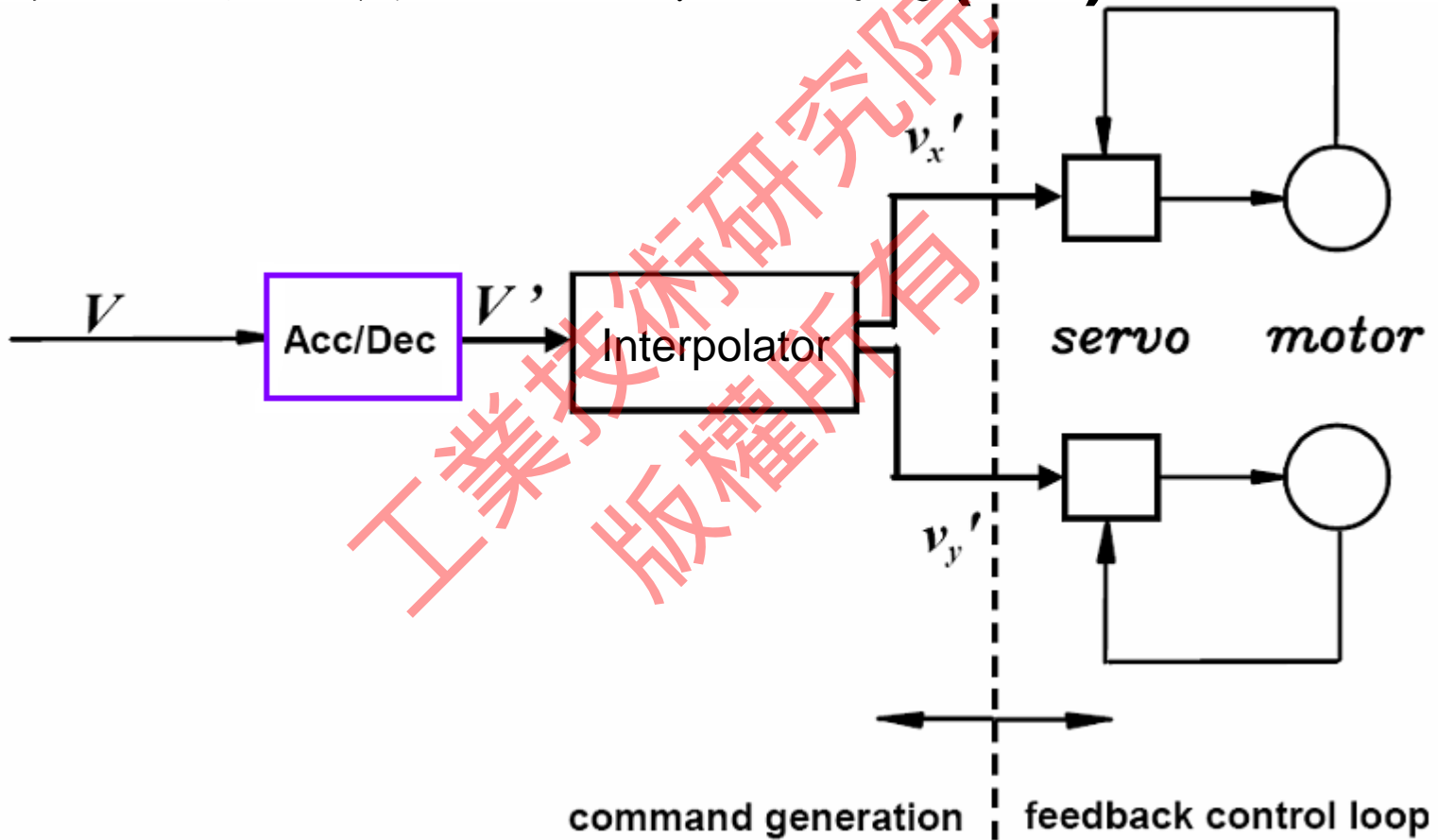
(1) 如果運動 1 為 **blending enabled**，則當運動 1 正在執行時，如果運動 2 於 P1' 時加入 **command queue** 中，那運動 1 會隨即和運動 2 產生 **blending**，然後朝 P2 前進。

↵

(2) 如果運動 1 為 **blending disabled**，則當運動 1 正在執行時，如果運動 2 於 P1' 時加入 **command queue** 中，那運動 1 立即停止，然後朝 P2 前進。

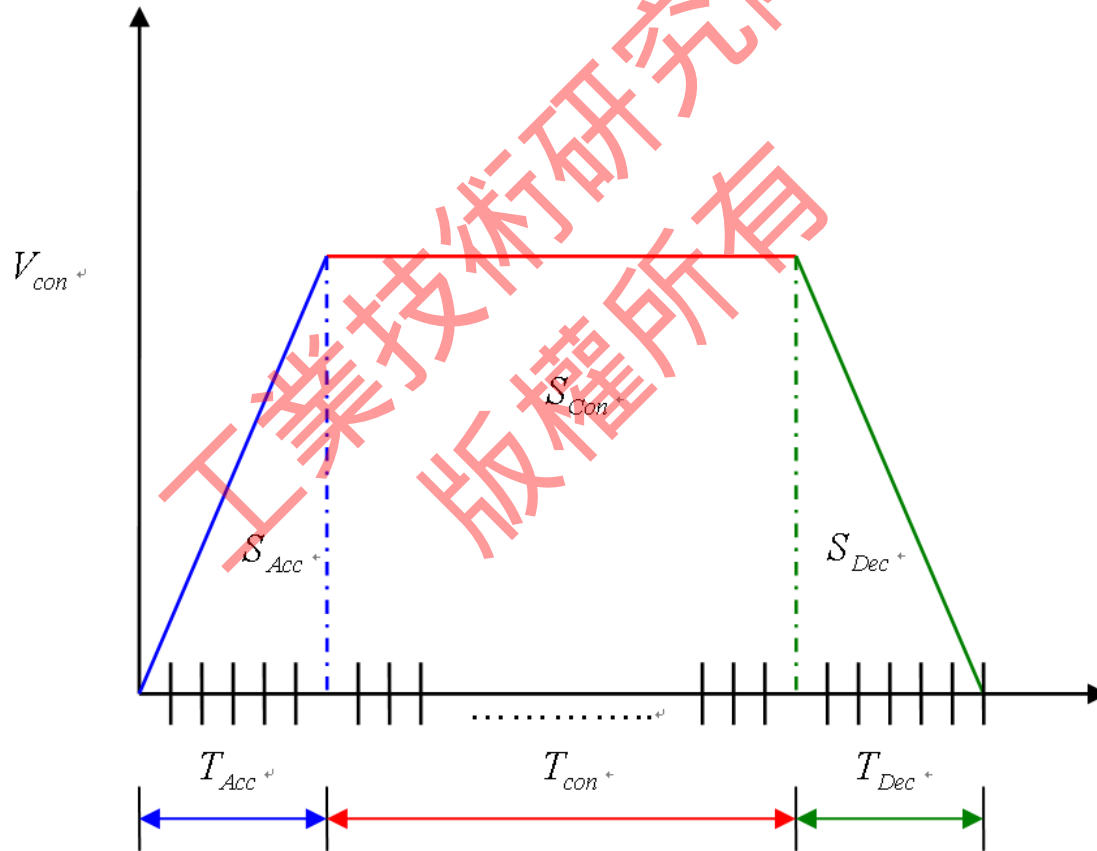
IMP-2嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心- 前加減速(1/2)



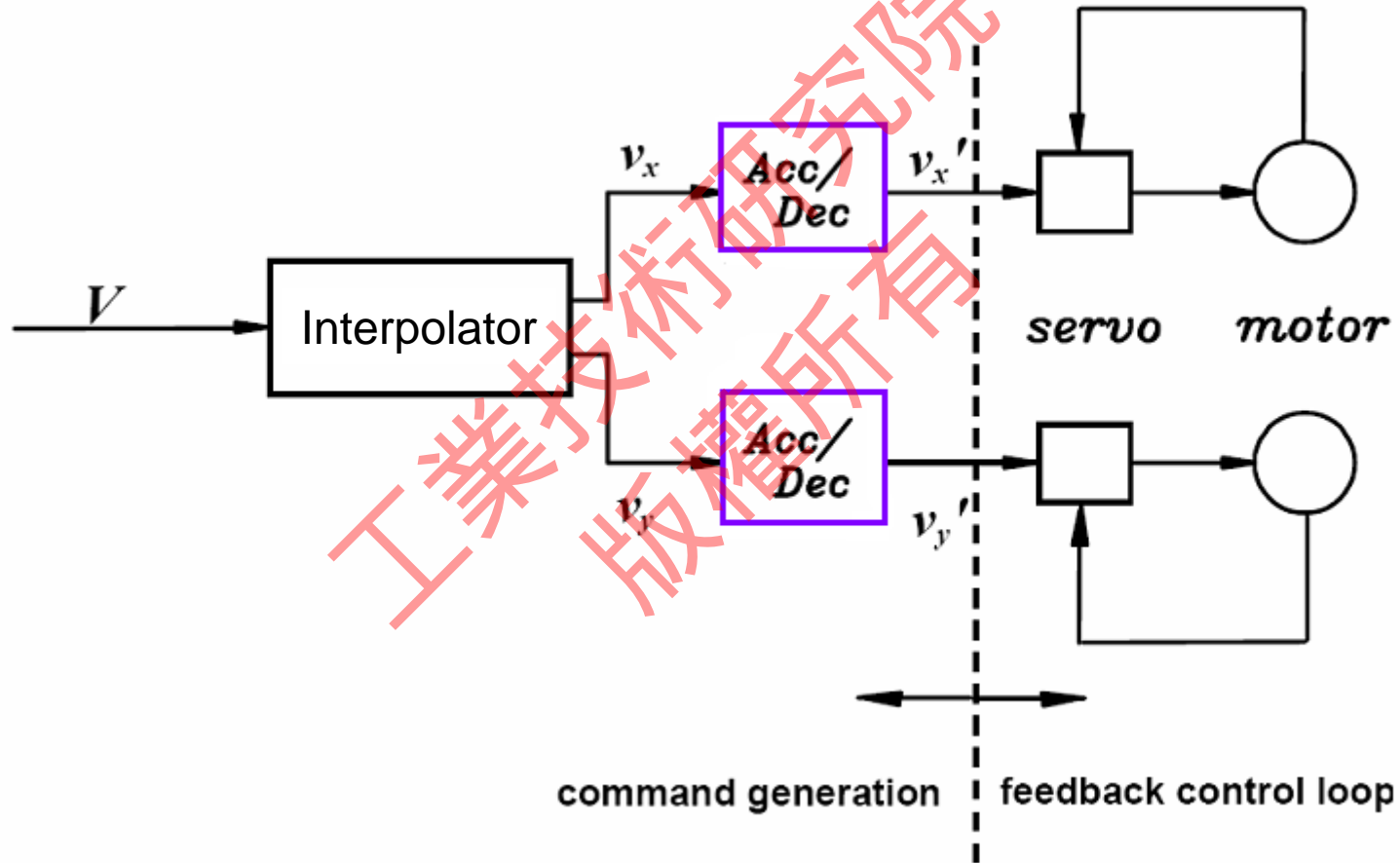
IMP-2 嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心- 前加減速(2/2)



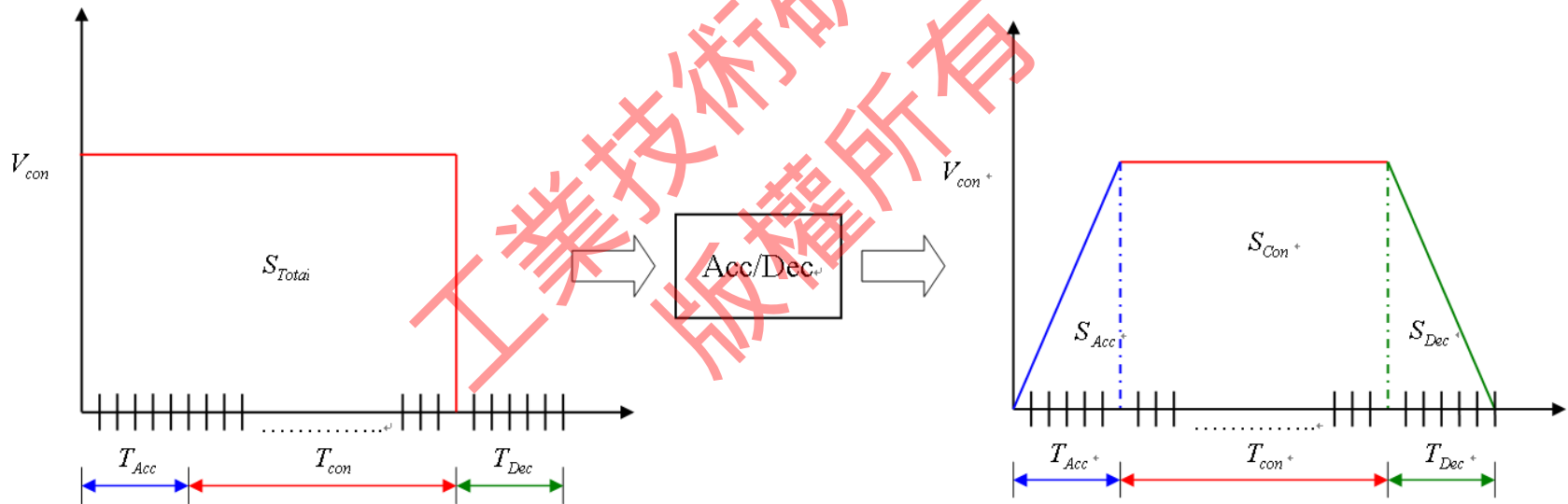
IMP-2 嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心- 後加減速(1/2)



IMP-2 嵌入式即時性作業系統

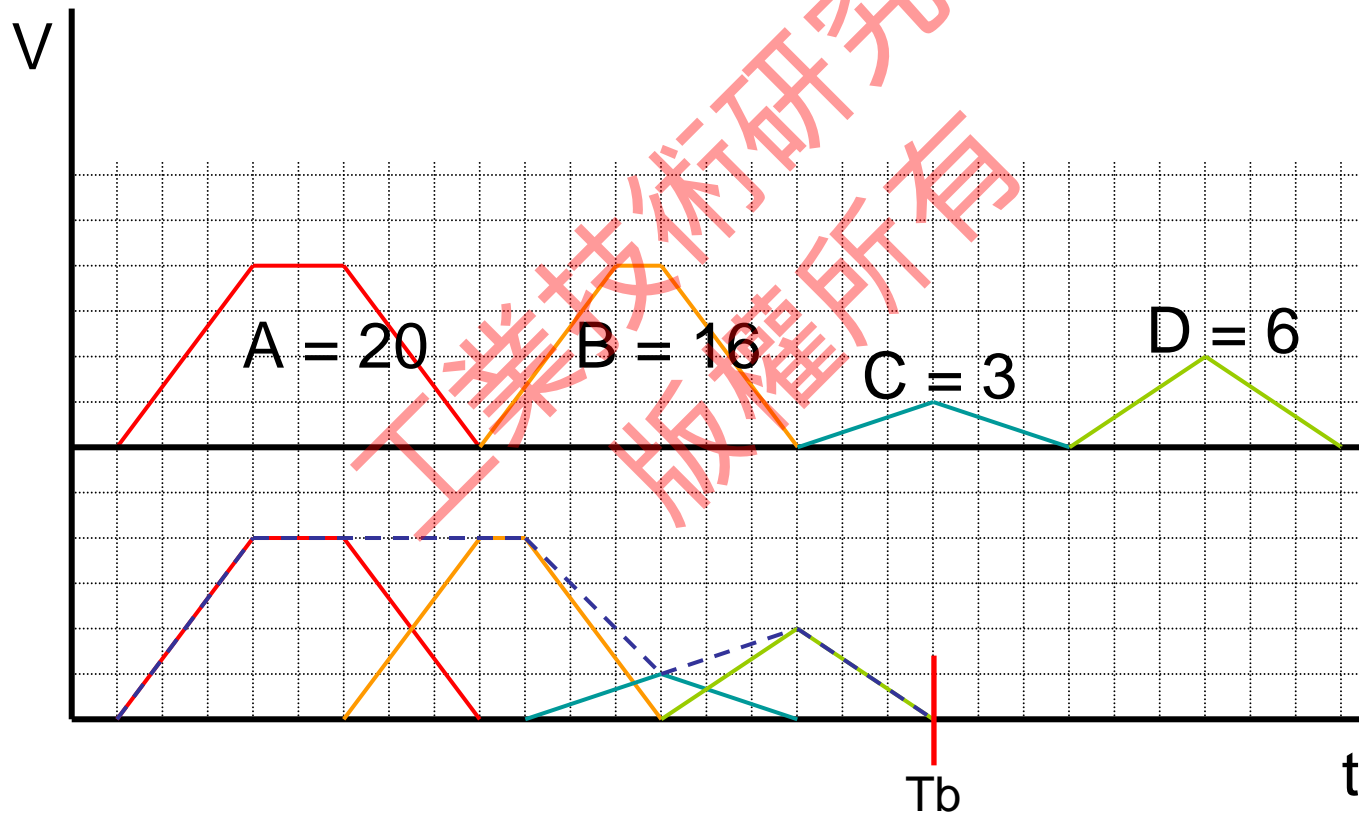
精密運動控制核心- 後加減速(2/2)





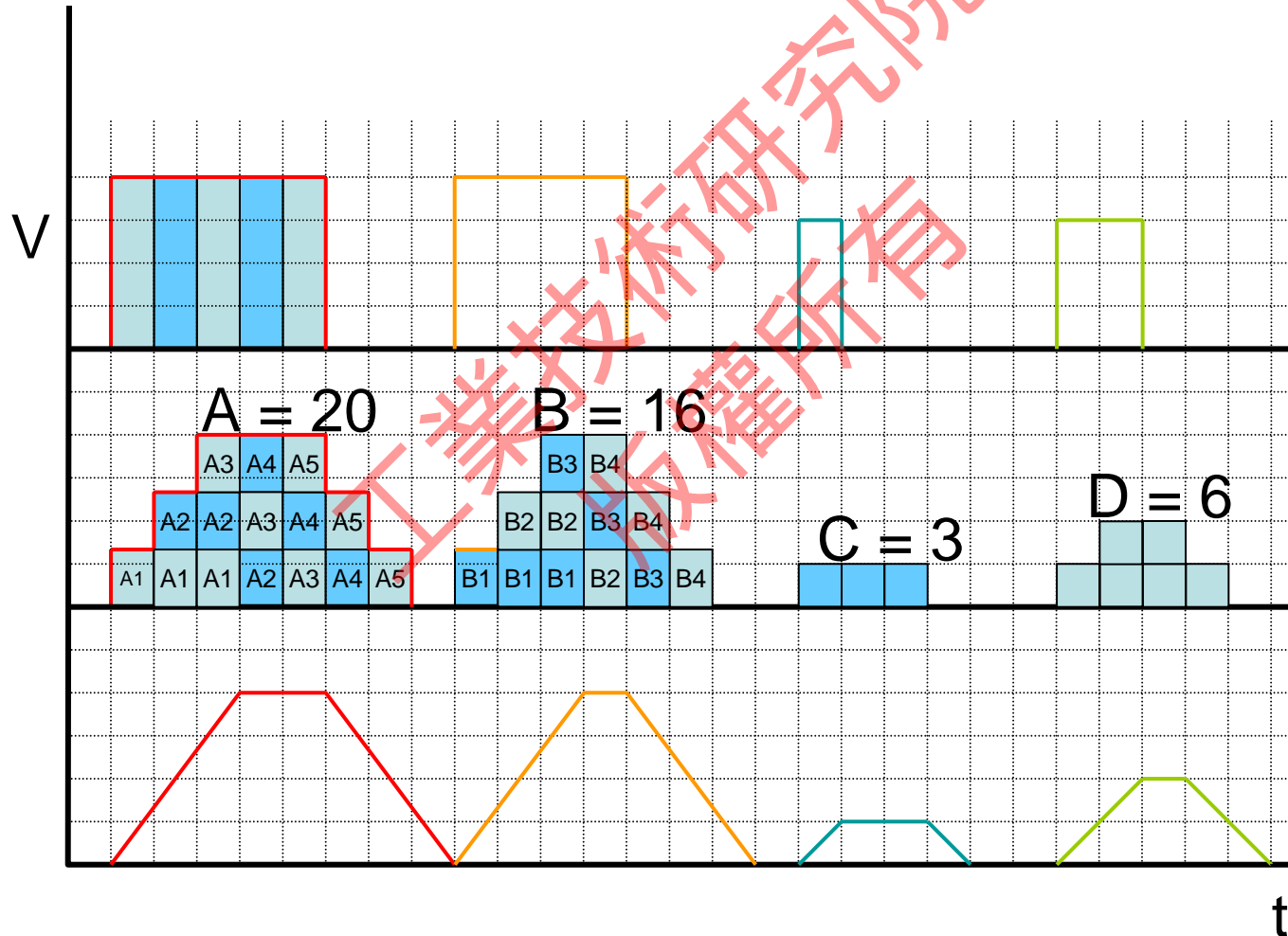
IMP-2嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心- 前加減速平滑處理



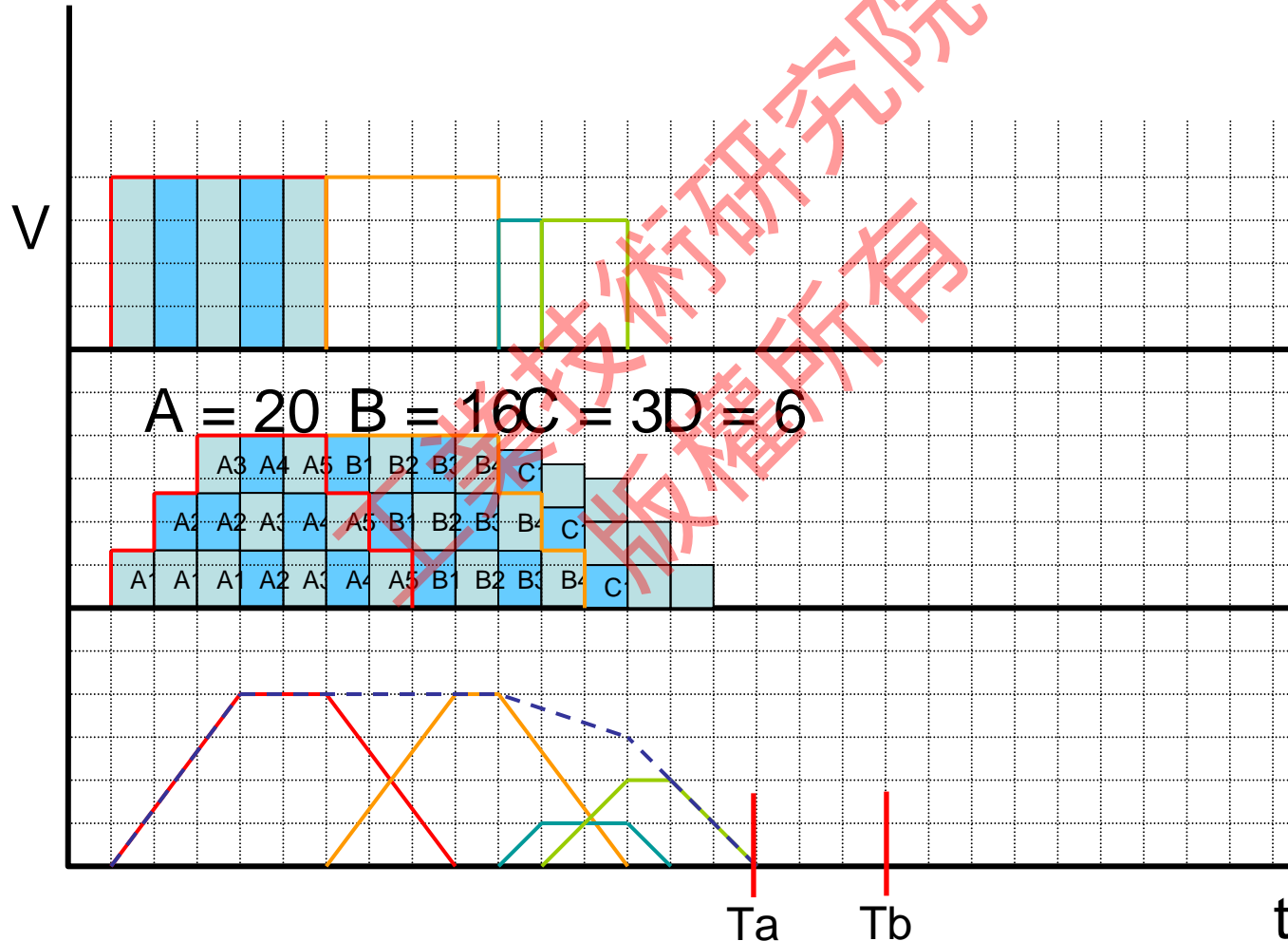
IMP-2 嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心- 後加減速平滑處理(1/2)



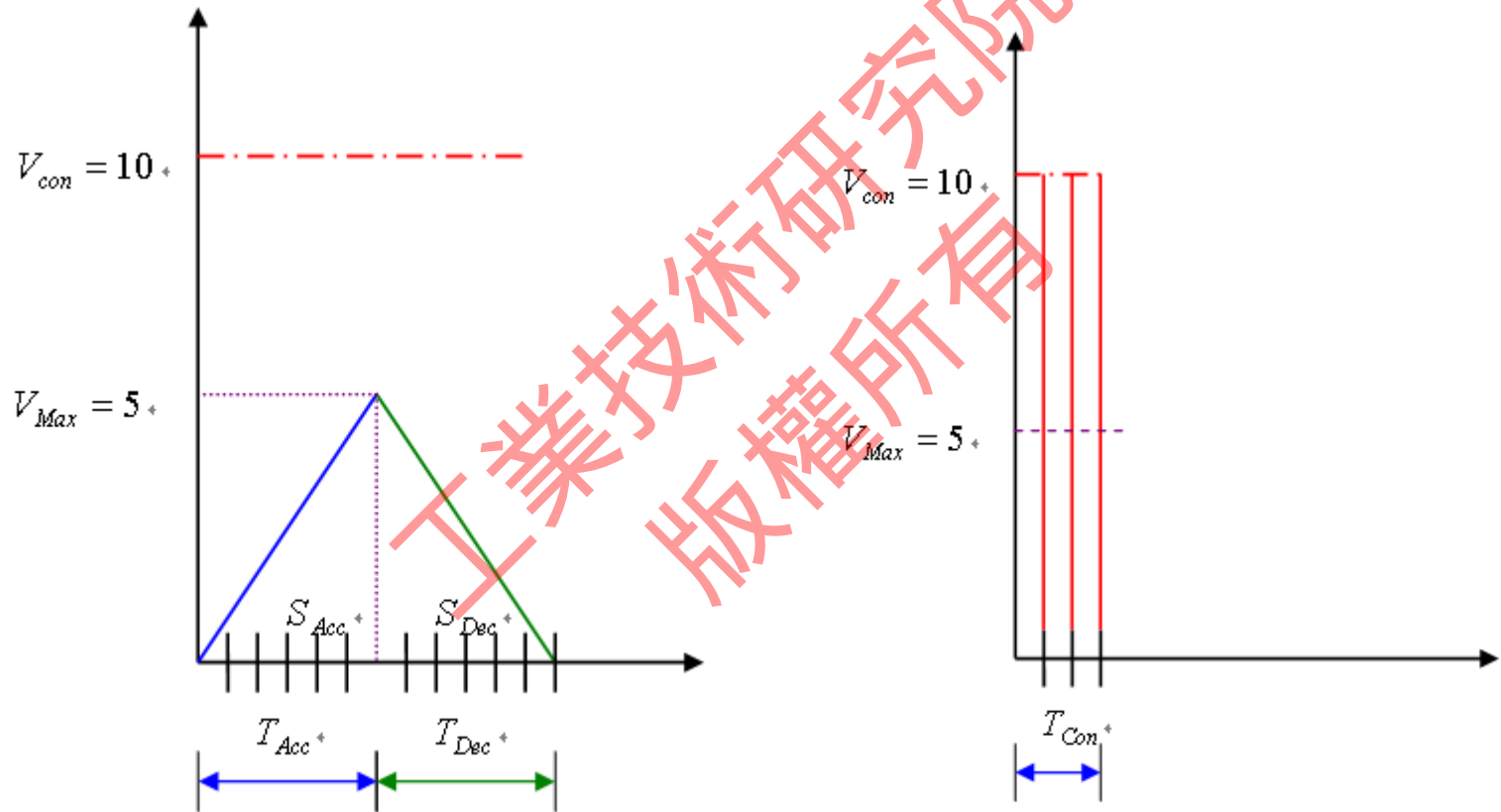
IMP-2嵌入式即時性作業系統

精密運動控制核心- 後加減速平滑處理(2/2)



IMP-2 嵌入式即時性作業系統

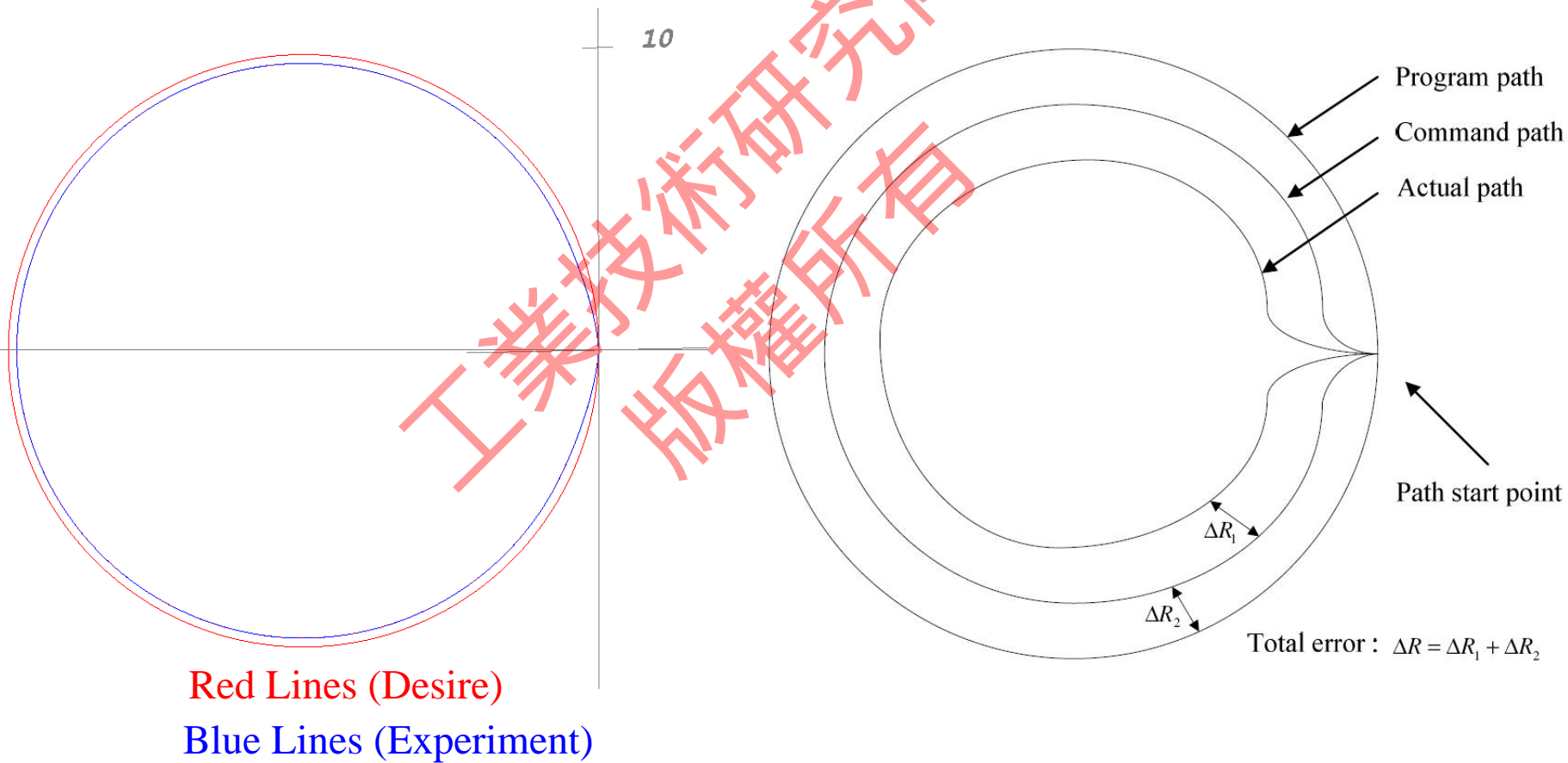
前加減速 vs. 後加減速 - 連續短路徑速度比較



0.03 mm $T_{IPO}=0.001ms$

IMP-2 嵌入式即時性作業系統

前加減速 vs. 後加減速 - 後加減速軌跡失真



IMP-2作業模式

Standalone 模式：

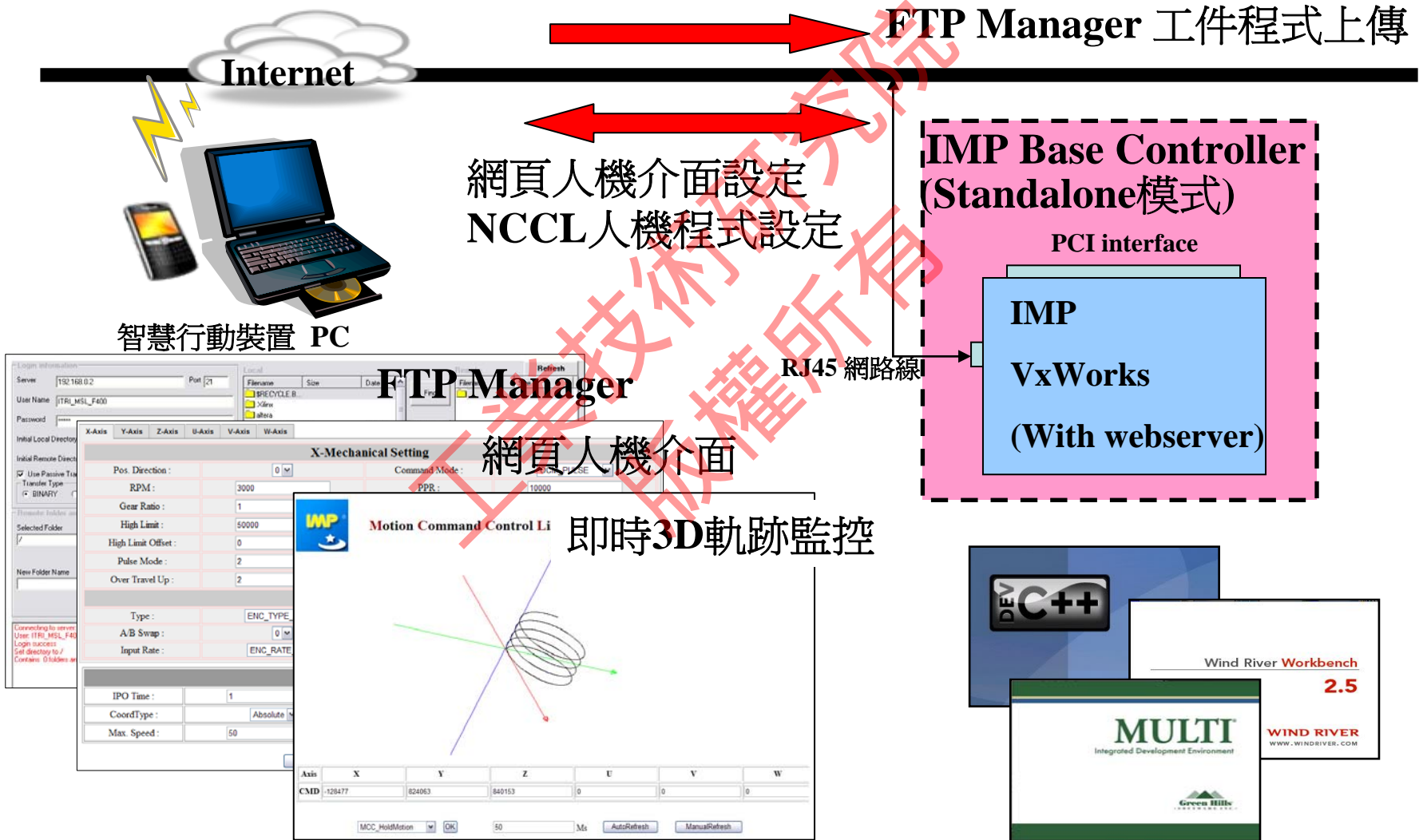
智慧型運動控制平台可透過內建**高效能處理器**，搭配**即時作業系統**及本身周邊驅動電路，可獨立完成符合需求之**專用型精密運動控制**工作，並同時提供使用者透過內建各式**網路服務**進行系統資料讀取及**狀態監控**。

A+ PC模式：

智慧型運動控制平台經由**Ethernet (loose link)**或**PCI (tight link)**與**PC**連接，使用者可直接利用**Windows**程式開發工具(**VC、VB、C#、BCB...**)，搭配平台提供之**運動、通訊、控制...等相關程式元件**(.dll、.lib、.bas、.cs或**AxtiveX**元件)進行精密運動控制視窗程式設計，而此程式會透過通訊傳輸介面交付精密運動軌跡運算作業給智慧型運動控制平台，而**PC**本身僅負責其餘作業(人機介面、視覺處理....)，達到**多核多工分散處理**。

IMP-2作業模式

單機模式(1/2)



FTP Manager

Local

Filename	Size	Date	Time	Flags
BPFCYCLE.B				
3drev				
altera				

網頁人機介面

X-Mechanical Setting

Pos. Direction :	3000	Command Mode :	STOP/PULSE
RPM :	1	PPR :	10000
Gear Ratio :	50000		
High Limit :	0		
High Limit Offset :	2		
Pulse Mode :	2		
Over Travel Up :	2		

即時3D軌跡監控

IMP Motion Command Control Li

Axis	X	Y	Z	U	V	W
CMD	-120477	824063	840153	0	0	0

MCC_holdMotion OK 50 M/s AutoRefresh ManualRefresh

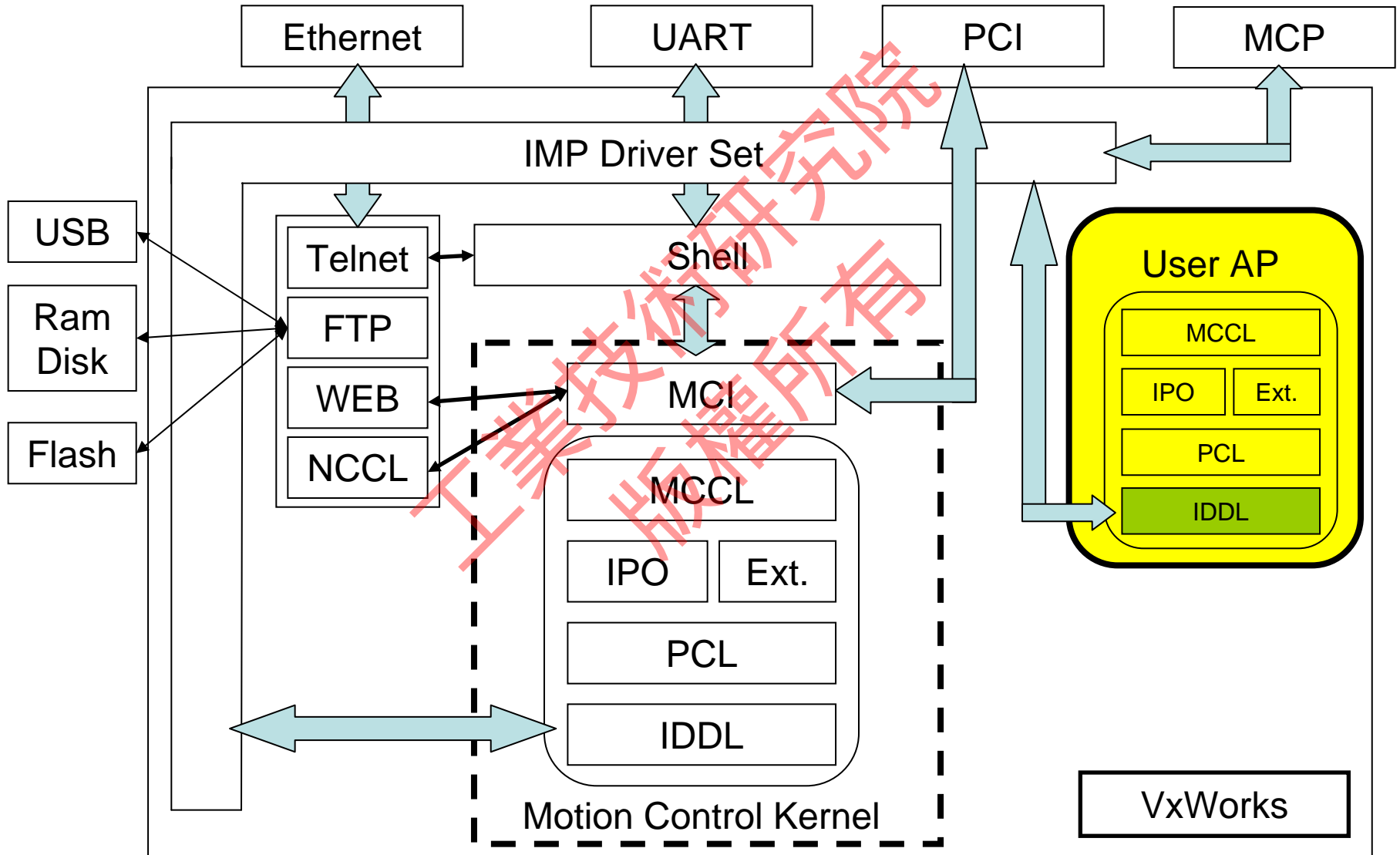
DEV C++

Wind River Workbench 2.5

MULTI Integrated Development Environment

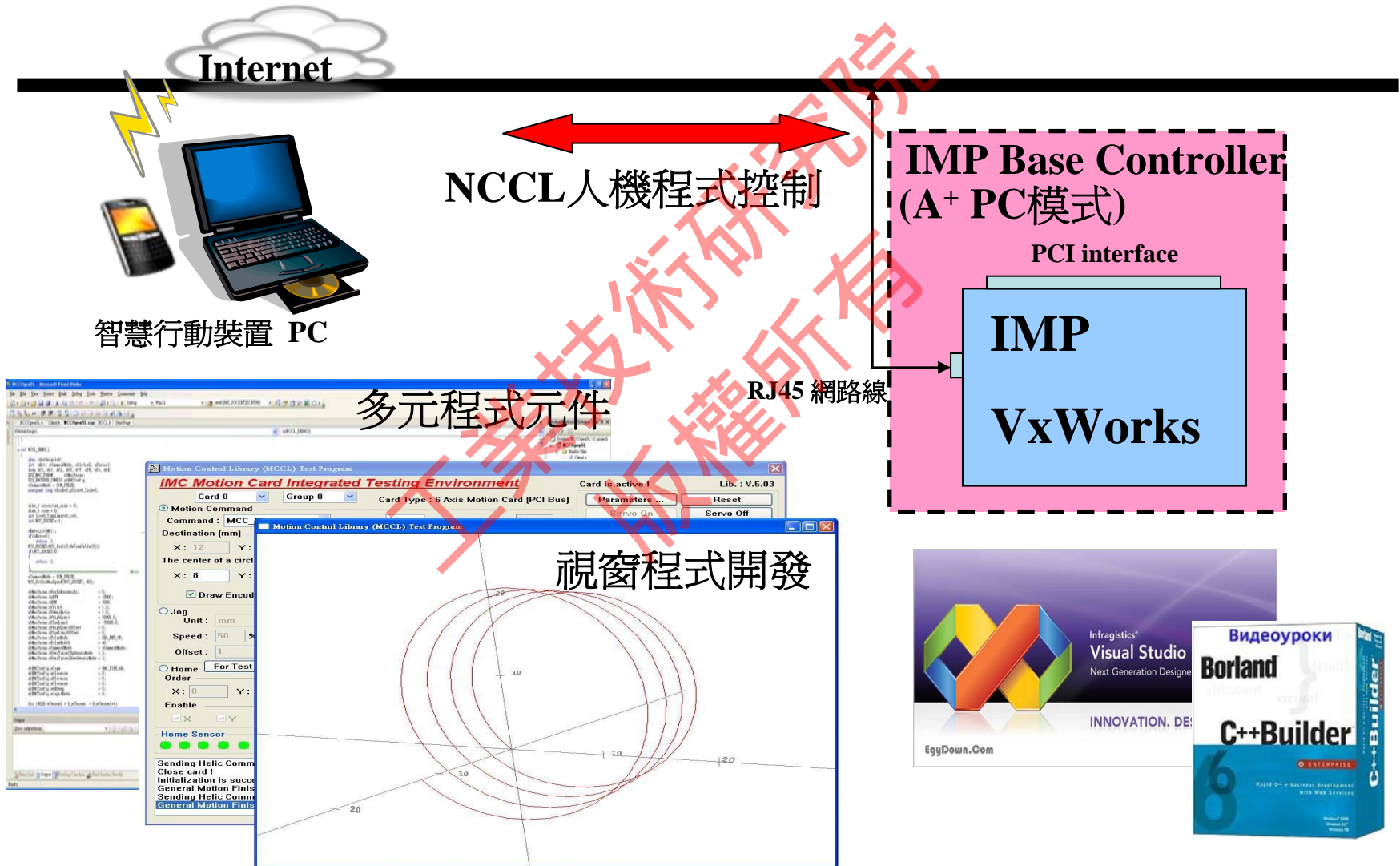
WIND RIVER WWW.WINDRIVER.COM

IMP-2作業模式 單機模式(2/2)



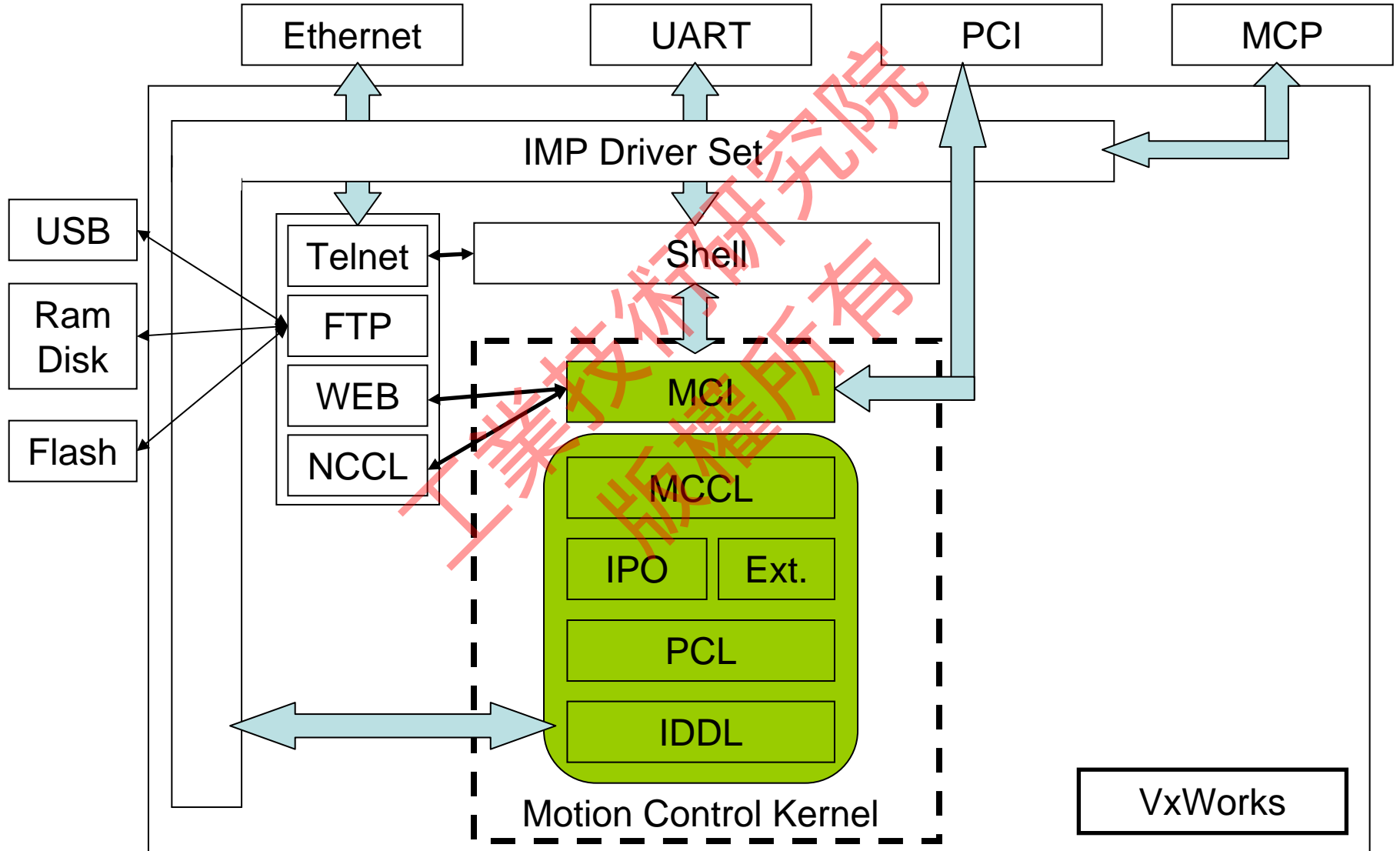
IMP-2作業模式

A+ PC模式(1/2)

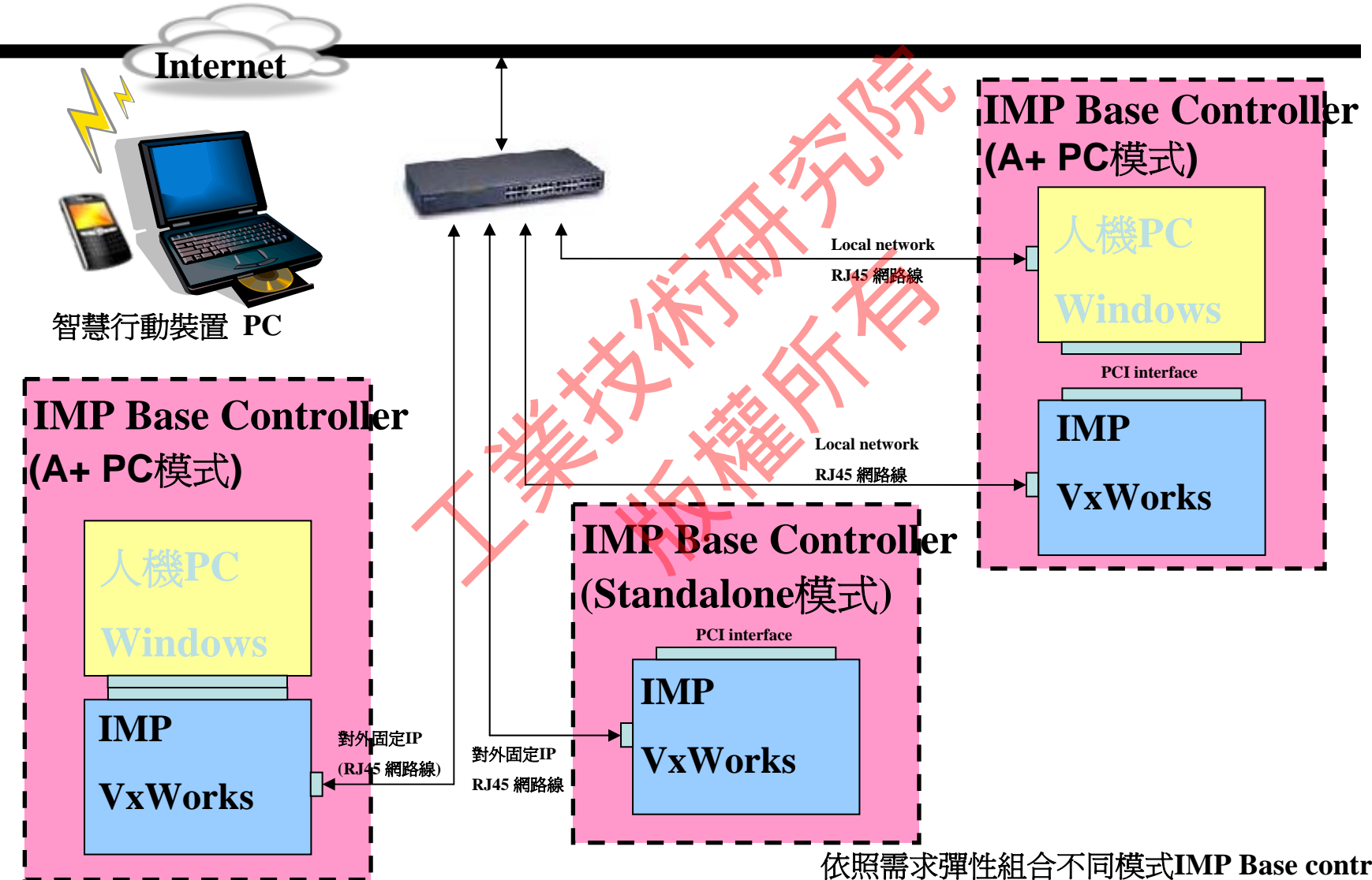


IMP-2作業模式

A+ PC模式(2/2)



IMP-2作業模式



依照需求彈性組合不同模式IMP Base controller。



IMP-2實機展示

範例與開發流程介紹

- A⁺ PC模式高階控制器範例及開發流程
- 單機模式專用控制器範例及開發流程
- Q&A

工業技術研究院
版權所有