

工具機雲端監控平台

彭其捷
財團法人資訊工
業策進會,
中區產業服務處
foxfirejack
@gmail.com

張瀚心
國立台北科技大
學, 服務與科技
管理研究所
hanksing0118
@gmail.com

高志強
財團法人資訊工
業策進會,
中區產業服務處
jacokao
@iii.org.tw

顏均泰
財團法人資訊工
業策進會,
中區產業服務處
nelson
@iii.org.tw

邱宏昇
財團法人資訊工
業策進會,
中區產業服務處
bbchiu
@iii.org.tw

摘要

在全球採購的產業背景下，工具機加工業出現了一全球性的議題，每家加工廠的生產現場有著各式各樣的工具機台，但卻無法連接通訊，資訊不透明的結果造成了大量產能的錯置與浪費，也加強了跨國管理的難度。

除此之外，工具機產業日趨精密化，廠內生產管理、排程、檢測等，為了勝任操作，使用者必須接受長期教育訓練，但由於產線機種為數眾多，造成管理及訓練上的困難。

本研究為了解決工具機產業長久以來的問題，開發工具機雲端監控平台，透過資訊 ICT 技術，整合機台監控功能，加入監控資訊、產能資訊、警報資訊等廠內應用，期待能夠滿足工具機產業對於雲端監控平台之需求。

關鍵詞：工具機、機台監控、雲端運算

Abstract

Under the background of global sourcing industry, machine tool industry meet a global issue. Each plant's production site has many machine tools, but those machine tools are not connected to the internet, resulting in information capacity misplaced and waste. In addition, strengthening the difficulty of cross-international management.

Moreover, machine tools are getting sophisticated than before, as a result, the user must accept a long-term education and training before he can operate those machine tools precisely, cause the difficulty of factory management.

Therefore, this study developed a "Machine tool cloud monitoring platform", which let user to manage machine tools online. Through solve the above problems. Provide a more immediate and perfect factory management mechanism.

Keywords: machine tool, machine monitoring, cloud computing

1. 前言

1.1 產業背景

近年來隨著中國與東南亞市場的興起，全球工具機的生產逐漸向著東亞四國(台灣、日本、中國、韓國)聚集，以 2007 年為例，全球工具機的總需求為 702 億美元，其中的 335 億美元是由此東亞四國所供應，幾乎佔了一半的量，亞洲地區已成為全球工具機的生產重鎮。

在過去的機台設備當中，有各自訂定的資料格式，所以即使是簡單的資料傳輸工作，也需要一個特定的傳輸架構(含資料格式、每個資料片段所代表的意義等等)才能完成有效的傳輸動作。Gao et al.(2010)表示為了做到這一點，所有設備發送給分析工具讀取的資料檔案，必須具有特定而可被分辨的特性，單一通訊傳輸通訊架構的設定與建立是必須的，這個架構中所包含的資料以及其意義，在過去一直沒有標準答案。

此問題的主因，乃源自於國內機械生產廠(精密機械/產業機械)各自採用國外生產的不同控制器/自行研發之 PC 板/PLC 驅動器，缺乏軟體增值服務平台框架，導致機械製造生產業者、軟體增值服務研發業者和系統整合業者發展軟體增值服務系統困難重重。

簡單來說，因控制器產品多屬於封閉式系統(Sinumerik, 1997)，面臨不同工廠環境與不同廠牌機台組合時，就必須重新建立機台硬體連線與客製化調整軟體服務數據，導致機械機台產業軟體增值服務遲遲無法起步，如下圖所示。

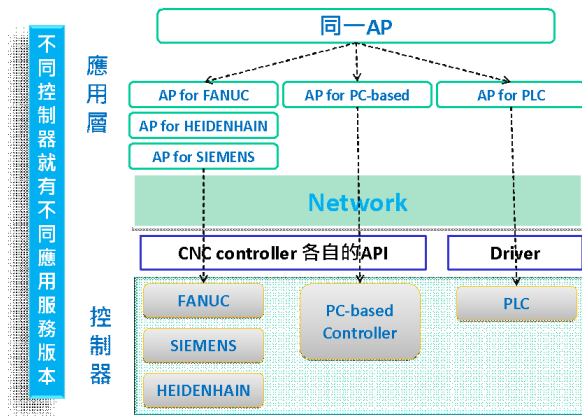


圖 1 國內工具機產業應用服務發展之困難

1.2 TMTC

為了解決前段所述的問題，資策會在 2013 年提出了台灣工具機資通訊標準(Taiwan Machine Tool Connect; TMTC)是一個基於開放式(Open protocol)且用於資料整合之協定，為介於工具機控制器與應用程式間之資通訊標準，主要目的為增強裝置與應用程式資料整合的能力。其支援裝置可為目前市售之所有搭配各家控制器之工具機機台，如市占率極高之商用機控制器廠商發那科(FANUC)、三菱(MITSUBISHI)、西門子(SIEMENS)與海德漢(Heidenhain)等，另包含 pc-based 之控制器廠商新代、寶元與研華等。

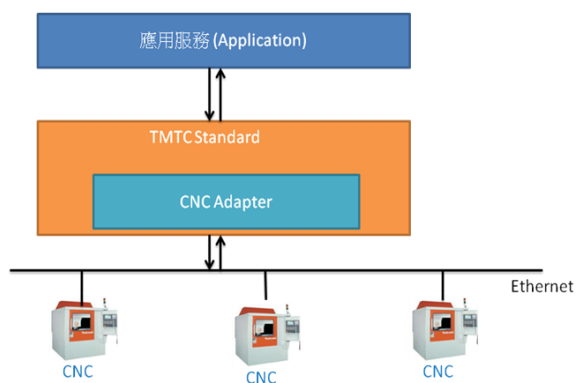


圖 2 TMTC 為 CNC 機台與應用服務間之資通訊標準

1.3 工具機雲端平台

本研究在 TMTC 的資通訊溝通基礎上，開發了一套工具機雲端監控平台，連接加工機械之工業控制器並進行資料的交換。整合所涵蓋之

控制器包括現行國內機械機台製造業者使用量最大之控制器 FANUC，由於此控制器並非台灣自製且系統封閉性高，在未使用本研究所開發之系統前，通常須耗費高昂的經費與心力突破此困難並進行資料的同步、擷取與偵測問題。本研究提出的雲端監控平台，可改善針對缺乏共通的系統架構與軟體應用服務開發業者無法跨不同廠牌機台作開發，只能仰賴專案等問題，透過本研究之系統提供對於資料的前處理、支援客製應用服務，讓增值服務軟體能準確無誤地分門別類並進行跨機台跨廠管理。

本研究將在後續章節詳細描述工具機網路服務雲端平台所提供之各項功能介紹，以及其所帶來的效益改善。

2. 研究背景

2.1 工具機(Machine Tools)

CNC 的名詞出現於 1970 年代，為利用微電腦以軟體控制，此種方式對於加工產量、品質、可靠性等都有明顯的改進，由於近年來電腦資訊科技高度發展，除了大量取代傳統機械加工外，並配合工廠自動化與其他機械或 CAD/CAM 系統連線，也因此數控工具機控制器的功能也大為增加(鄭正東,1996)。以機台維修為例，傳統的維修方法是被動式維修(passive maintenance)，當機台發生異常，維修工程師才由機台狀態進行故障診斷(Tsai, 2009)。但由於工業界維護技術的需求，維修的研究重點已逐步轉向狀態監測、預測性維修和故障早期診斷領域(Lee, 1995)。

Gage 學者在 1994 年提出遠端監視的概念，他認為不論何種類型之工具機的加工時間都會隨著加工圖形的複雜度和精確度的提高而拉長，所以當操作人員使用 CNC 工具機進行工件精密加工時，並不可能長時間處於工具機旁作監控，因此可依靠遠端監控來降低錯誤率。Hughes 學者也認為隨著網際網路技術的快速發展，遠端監控能改善工具機製程上的人力分配的問題。王鐘毅(2003)也認為為了有效提高工具機加工的生產率及效能，工具機必定會朝向無人工具機(unmanned machining)的方面作發展，使得可以全天候進行加工，讓工具機得以被充分利用。然而要發展無人工具機必定需要具備有監視系統來對工具機進行監視，避免因為刀具崩損或其他因素造成加工中

斷，而影響產能，所以遠端監視系統可算是工具機進化過程中的其中一個重要環節。

面對全球競爭白熱化的趨勢下，台灣工具機產業除了仍需要積極提升本國工具機性能水準、技術能力及加強關鍵技術的研發外，更應思考如何快速整合資源、創造產品的差異化及提高產品的附加價值，才能因應客戶需求的變化以及市場環境的快速變遷，進而獲得競爭的優勢。因此，本研究將結合遠端監控技術建置一工具機雲端平台，期待提升台灣工具機產業之產品附加價值及競爭力。

2.2 雲端運算 (Cloud Computing)

雲端運算是一種分散式運算的新應用，先將龐大的運算處理程序拆散，透過網際網路傳送至多部伺服器所組成的龐大系統，在後端處理運算之後，再透過網路將結果回傳。允許企業或個人用戶透過網路的服務介面來完成運算、儲存等工作。

Gartner(2011)將雲端運算區分為雲端服務(Cloud Computing Services)與雲端科技(Cloud Computing Technologies)兩大類別。雲端服務專指透過網際網路連線，由遠端取得相關服務。雲端科技則為利用虛擬化、自動化及標準化等技術來創造和普及電腦中的各種運算資源，這被視為一種延伸傳統資料中心的方式，不需要經由第三方提供外部資源，便可直接套用於公司的內部系統上運作。

美國國家標準局(National Institute of Standards and Technology, NIST)定義雲端運算具備五大特徵、四類部屬模式及軟體即服務(SaaS)、平台即服務(PaaS)、基礎建設即服務(IaaS)三種服務模式

五大基本特徵包括：隨需自助服務(On-demand Self-service)、隨時隨地使用任何網路裝置存取(Board Network Access)、資源共享池(Resource Pooling)、快速彈性佈署(Rapid Elasticity)與計量服務(Measured Service)。

四類部屬模型包括：公有雲(Public Cloud)：公有雲一般可能免費或低廉租用，為企業或個人可透過網路，使用第三方提供的服務雲。私有雲(Private Cloud)：私有雲可提供和公有雲相同的服務，經由業界內部組織控管，因此不需承受網路頻寬、可用性問題和潛在性安全風險的負擔，為業界和用戶提供更好的掌控度、安全性與恢復能力。社群雲(Community Cloud)：社群雲大多為學術單位使用分享的空間。混合雲(Hybrid Cloud)：混合雲為公有雲和

私有雲的合體，大多情況為私有雲不敷使用，變租借或連結公有雲以進行補充。

雲端運算不僅引發資通訊產業變革，影響所及如同工業革命時代，全球產業重新分工，在企業經營效率最佳化的考量下，雲端運算的架構已成為產業未來發展與轉型的最佳選擇，深具市場潛力。

因此本研究結合工具機與雲端技術，建立一個工具機的雲端監控平台，讓使用者們可以透過平台取得廠內工具機相關資訊。

3. 系統實作

以下為本研究實作系統之登入畫面以及應用服務列表的頁面：



圖 3 雲端監控平台登入畫面

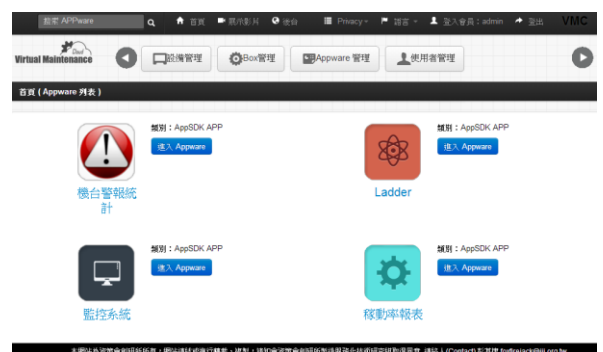


圖 4 平台應用服務列表

本系統為了滿足客戶提出的各項服務需求，設計出各類應用服務，目前共有監控應用服務、生產稼動應用服務、Ladder Diagram 應用服務及機台警報應用服務，以下章節會分別介紹。

3.1 監控應用服務

CNC 監控應用服務之系統架構如下圖所示：



圖 5 監控應用服務運行架構圖

監控應用服務透過「控制器擷取模組 ServBox」來與控制器進行連線，以及「平台監控模組」來負責接收 ServBox 傳送之加工訊號，讓使用者能夠遠端監控工具機資訊。

3.1.1 控制器擷取模組 ServBox

待控制器與 ServBox 的連線設定完成後，再透過 PCMCIA LAN 或是手動方式設定網路 IP 及 PORT 後，便可讓 ServBox 透過網路位址與控制器進行連線，形成內部區域網路，使得 ServBox 可以擷取控制器中的參數資訊。

ServBox 的實作方式為 C# 搭配 .net Framework，並配合使用 FANUC 控制器 Focas Library API(FOCAS)與控制器進行連線，進而擷取控制器之參數與資訊。

3.1.2 平台監控模組

平台監控模組，其實作方式為使用 Java 和

網際網路技術，由於擷取模組之擷取頻率較快，因此傳送給監控模組的資料也就相對頻繁，為了有效處理因 ServBox 傳輸頻繁資料傳輸量大增的問題，本程式採用穩定的非同步傳輸機制。

ServBox 讀到控制器的參數資料後，不會直接送到平台監控模組，而是送到一個訊息佇列(Message Queue)。訊息佇列為一具高速效能，可以迅速且有效地接收來自 ServBox 傳送的參數資訊，另外，訊息佇列本身也具有緩衝空間，可有效保存接收到的資料，而監控模組會定期去 Message Queue 取得資料並顯示於平台上面。

3.1.3 監控功能介紹

以下分段介紹監控應用服務所提供之功能：

■ 單機即時狀態監視：

是指 CNC 加工機的控制器狀態監視，例如控制器狀態(目前工作狀態，啟動中、程式編輯中、暫停、故障等)、座標系資料(絕對座標、機械座標、相對座標、剩餘距離)、累積加工數量、G 碼(G-Code)狀態、M 碼(M-Code)狀態、單節程式暫態及伺服切削進給率等等。

主要資訊

Alarm 履歴

操作履歴

PMC訊號

Alarm 訊息

CNC記憶體下載

CNC記憶體上傳

控制器資訊

Message履歴

Me:

【主要資訊】 LEAN_ID = null, DEVICE_ID = MA-1560

資料更新時間 Thu Nov 29 2012 11:53:15 GMT+0800 (台北標準時間)

◎ 控制器端狀態列

1	2	3	4	5	6	7
MEM	START	****	****	MTN	無資料	無資料

◎ 絕對座標(mm)

軸稱	數字
X	0.036
Z	0.018

◎ 機械座標(mm)

軸稱	數字
X	0.036
Z	0.018

◎ 相對座標(mm)

軸稱	數字
X	0.036
Z	0.018

◎ 剩餘距離(mm)

軸稱	數字
X	0
Z	-0.018

■ 元件資料

項目	數字
加工元件總數	432423
使用元件數量	0
加工元件數量	432423

■ 伺服切削進給率(%)

項目	數字
伺服軸進給率	1
主軸轉速進給率	0

● Modal G-code

G01	G97	G69	G98	G21	G40
G25	G22	G80	G67	G54	G64
G18	G69.1	G40.1	G50.2	G13.1	G50.1
G49	G15	G5.5	G54.4	G80.5	G80.4
G8.9	G5.7	G10.3			

● Modal other code

H	D	T	M	F	S
0	0	3	70	0	0

● ExecProg

程式	時間
N03G1W-0.1F0.75	Thu Nov 29 2012 11:53:00 GMT+0800 (台北標準時間)

圖 6 監控應用服務介面圖

■ 單機加工程式上下載與管理：

透過單一 CNC 加工機之控制器加工程式上下載功能，使用者可調整機台加工內容，達到彈性更換生產內容或調整機台不良加工狀

態。可每次上傳或下載 1 個加工程式，並可進行程式重新命名。

■ 故障履歷清單：

可利用此功能檢視 CNC 加工機過去因故障造成機台停機的訊息清單，使用者可由此了解機台停機原因、次數及時間。

■ 操作履歷清單：

可利用此功能檢視 CNC 加工機過去操作的內容，使用者可了解過去一段時間內，機台的執行了哪些參數變更與操作動作等等。而另一功能則是訊息履歷清單，記錄 CNC 控制器曾出現過的警示訊息，但不影響加工者。

3.2 生產稼動應用服務

生產稼動率(Overall Equipment Efficiency)是計算機台在一段時間內的生產效率，通常分為三個面向計算：時間稼動率，速度稼動率及

品質稼動率，本系統實作項目為時間稼動率。透過每日固定排程，從機台狀況、加工程式、時間戳記等資訊，來取得機台之有效加工時間，並與排班表進行比對，算出工廠機台之稼動率 (公式為：有效加工時間 / 班別時間)。

生產稼動應用服務可查詢每日機台的稼動率，包括有效稼動率與總稼動率。亦可針對不同班次計算稼動率。此外，記錄表可以查詢在一個班次內，該機台在各個加工循環(Cycle)的時間與數量，可再依客製化的需求，增加更詳細的分析，了解更多管理層面的意涵。

稼動率計算方式可從選擇查詢機台稼動率開始。在選擇機台後即可選擇欲計算的班別及日期計算出該時間段之稼動率。

紀錄加工之機別與員工								班表稼動率長條圖		稼動率與日加總	
日期	device id	程式號碼	班次	加工開始	加工結束	加工時間	上下料時間(分)	員工	機別	稼動率	
20130801	MC2	O0003	早班	12:32:23 PM	12:41:40 PM	9 M 17 S	0 M 0 S	尚未設定	尚未設定	2%	
20130801	MC2	O0003	早班	12:41:40 PM	12:57:41 PM	16 M 1 S	0 M 0 S	尚未設定	尚未設定	3%	
20130801	MC2	O0003	早班	1:26:42 PM	2:52:44 PM	86 M 2 S	29 M 1 S	尚未設定	尚未設定	18%	
20130801	MC2	O0003	早班	3:30:45 PM	4:14:46 PM	44 M 1 S	83 M 14 S	尚未設定	尚未設定	9%	
20130801	MC2		早班	班次加總		155 M 21 S	112 M 15 S			32%	
20130801	MC2	O0003	晚班	7:33:08 AM	7:59:59 AM	26 M 51 S	453 M 8 S	尚未設定	尚未設定	6%	
20130801	MC2		晚班	班次加總		26 M 51 S	453 M 8 S			6%	
20130801	MC2			日加總		182 M 12 S	565 M 23 S			7.59%	

圖 7 生產稼動率應用服務

3.3 LadderDiagram 應用服務

PLC (Programmable Logic Controller) 早期稱為順序控制器 “SequenceController”，於 1978 NEMA (National Electrical Manufacture Association) 由美國國家電氣協會正式命名為 “Programmable Logic Controller”，其定義為一種電子裝置，能夠依據輸入信號的狀態或數值並根據內部儲存預先編寫的程式，以微處理機執行邏輯、順序、計時、計數及算式運算，產生相對應的輸出信號到輸出裝置，來達到機械控制自動化或加工程序之目的。

而普遍使用於 PLC 程式設計的語言，即是階梯圖 (Ladder Diagram) 程式語言。階梯圖為二次世界大戰期間所發展出來之自動控制圖形語言，是歷史最久、使用最廣之自動控制語言，最初只有 A（常開）接點、B（常閉）接點、輸出線圈、計時器、計數器等基本機構

裝置（今日仍在使用之配電盤即是），直到可程式控制器 PLC (Programmable Logic Controller) 出現後，階梯圖之中可表示的裝置，除上述外，另增加了諸如微分接點、保持線圈等裝置以及傳統配電盤無法達成之應用指令，如：加、減、乘及除等數值運算功能。無論傳統階梯圖或 PLC 階梯圖其工作原理均相同，只是在符號表示上傳統階梯圖以較接近實體之符號表示，而 PLC 則採用較簡明且易於電腦或報表上表示之符號。

本研究透過 CNC 控制器取出其 PLC Ladder Diagram，繪製成網頁介面，並實作警報偵測機制，只要控制器出現異常，即可在網頁上立即透過 Ladder Diagram 顯示警報位址，讓使用者可以在問題發生的第一時間收到通知，快速排除問題。繪製出的 Diagram 如下圖所示。

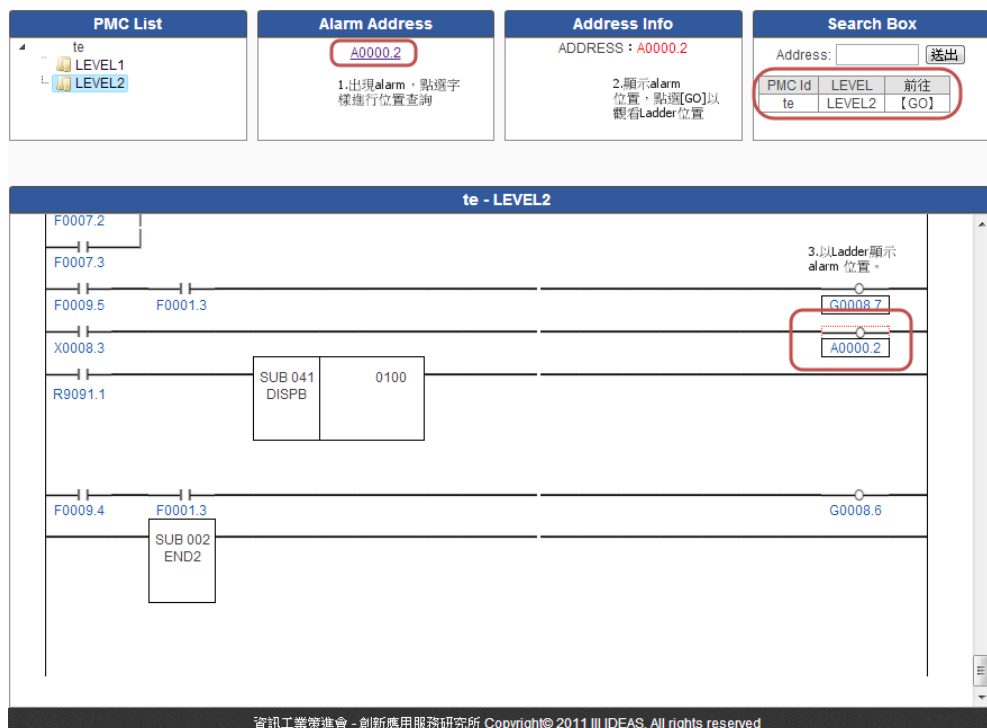


圖 8 Ladder Diagram 應用服務及主動示警功能

3.4 機台警報應用服務

工廠維運應避免機台出現異常狀況，警報應用服務就是為了能夠在第一時間根據機台狀況回報至雲端平台上面，掌握故障排除的黃金時間。

當警報發生時，平台中會跳出警示訊息如下圖 9 紅框內容。點入紅框內容後會顯示警報的詳細內容，包括：異常機台編號、警示類型

及警示時間，而查詢警示資訊可依機台編號或警示碼編號進行查詢，依機台編號查詢。並可進一步查詢所有機台一年內警報履歷統計長條圖，如下圖 10，再點擊任一長條圖後可看到該警報每次發生的起迄時間與歷時。

也可依警報資訊中的警示碼來進行查詢，並進一步蒐尋警示碼統計資訊，包括該警示碼發生次數、發生機台及發生機率等資訊。

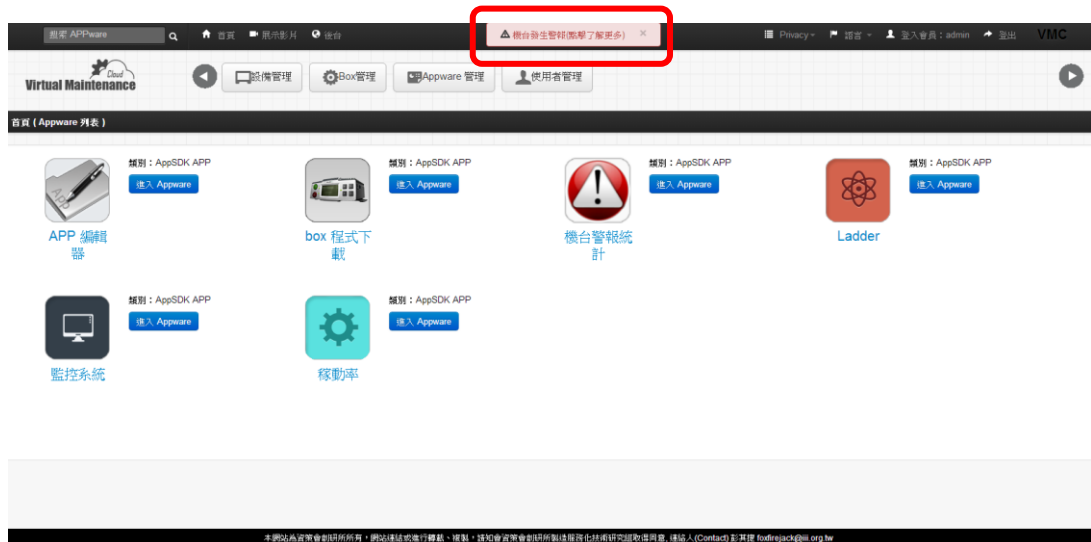


圖 9 警報訊息產生

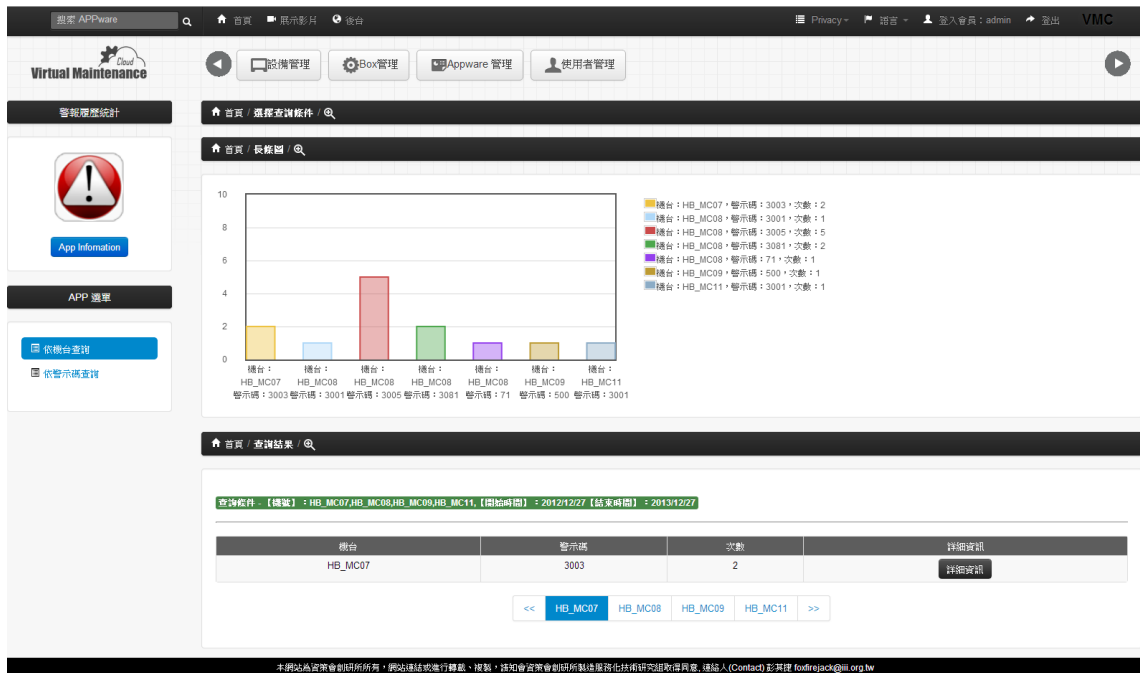


圖 10 查詢機台警報記錄

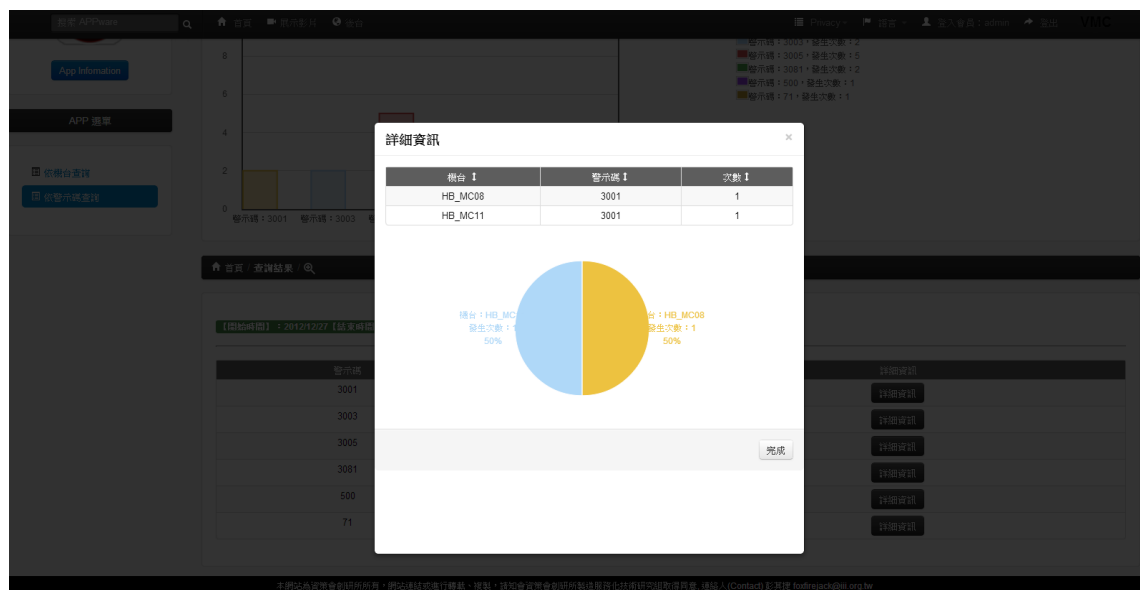


圖 11 查詢機台警報次數統計

4. 結論

4.1 研究結果

本研究透過 TMTC、ServBox 與工具機雲端監控平台的通力合作，整合不同廠牌的控制器資料並傳輸至平台上面，解決台灣工具機產業目前不同廠牌機台組合時所面臨的系統問題，透過單一平台掌握工廠生產狀態。

相較過去各機械廠自行研究針對特定廠牌

之應用服務，或是與應用軟體開發商進行整合，本研究所開發之平台能適用於多種 CNC 控制器的機台，不需再針對每個特定廠牌作客製化開發及設定。如此一來，工具機廠商可以減少研發成本的投入，也能有效加速系統導入與整合時間。

4.2 未來發展

目前平台應用程式皆以資訊監控為主，在未來發展上，本研究主要有三項後續目標，均是希望能繼續加值平台的新型應用服務型態。

第一是加強分析能力，將平常工廠管理的概念建立成應用服務，像是最佳化排程、稼動率預測等等，透過紀錄下來的監控資料，結合原本依賴人力計算的知識，撰寫分析演算法，每天自動產生商業智慧，並提供給工廠管理者參考。

第二是加強防呆控制以及主動式錯誤修正，目前之警報應用服務已能偵測各機台之異常情形並即時顯示於平台，提示使用者發生之警告編號及時間點，但還是依賴使用者進行故障的排除，若使用者未能以最快速度進行適當的處理，仍可能造成工廠損失。因此，若能開發出自動偵測機台警示狀況並依警示碼判斷是否該自動停止機台加工之功能，或是進行自動校正，就能減少人為處理不當的問題產生，而將損失降至最低，也能建立故障排除資料庫，減少新人訓練的成本。

第三則是結合前兩項特徵，若平台已能整合監控、分析、以及防呆控制，下一步便是邁向無人工廠的自動化控制目標前進。如果人腦都能判斷出何時應該修改排程，何時應該上下加工料件，何時應該故障排除，代表程式規則也可以達到，本研究的終極目標應該是減少工廠現場人力的配置，透過一個統一的工廠管理平台，結合各領域專業人力，將生產效率極大化，並透過一個大型的生產管理資料庫，不斷擴充各類加工、警報、排程、最佳化規則，減少作業員經驗的依賴，減少各類狀況的排除時間，實現真正的「雲端工廠」生產概念。

誌謝

本研究依經濟部補助財團法人資訊工業策進會「103 年度，產業智慧化感知加值服務平台研發計畫(1/4)」辦理。

參考文獻

- [1]王鐘毅“工具機遠端監視系統之設計研究” 中原大學機械工程學系碩士論文,2003。
- [2]陳詩皓”以圖形為基礎的網際服務搜尋引擎之設計與實作” 國立中央大學資訊

工程研究所碩士論文, 2013。

- [3]鄭正東,”五軸控制 MC 結構及其運用技術”, 機械技術 pp.98-100, 1996。
- [4]Gage, D.W., ”Internet Tools for Sharing Unmanned Vehicle Information”, Proceedings of AUVS-94, 21 Annual Technical Symposium and Exhibition of the Association for Unmanned Vehicle Systems, Detroit MI , 1994.
- [5]Gartner,” Research Report”,<http://www.gartner.com/technology/home.jsp> , 2011.
- [6]Hughes, S., “PLC Control Systems for the Remote Control of Cranes and Manipulators”, Advances in Programmable Logic Controllers, IEE Colloquium on, 1992.
- [7]Lee, J., “Machine Performance Monitoring and Proactive Maintenance in Computer-Integrated Manufacturing: Review and Perspective,” International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 8, No. 5, pp. 370-380 (1995).
- [8]Sinumerik DOC ON CD, 840D English, 08, 1997.
- [9]Sachin Karadgi, Daniel Metz, Manfred Grauer, Walter Schafer, ”An Event Driven Software Framework for Enabling Enterprise Intergration and Control of Enterprise Processes”, International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, pp.24 –30,Oct,1,2010.
- [10] Tianrong Gao, Dong Yu, Dongfeng Vue, Yi Hu, “Design and Implementation of Communication Platform in CNC System,”Mechatronics and Embedded Systems and Application (MESA) IEEE International Conference”, pp.355 –360, July, 15-17, 2010.
- [11] Tsai, Y. T., “Applying a Case-Based Reasoning Method for Fault Diagnosis During Maintenance,” Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, Vol. 223, No. 10, pp. 2431-2441 (2009).