基於 Wi-Fi 之無線化廠區雲端機台遠端監控平台設計

Design of a Cloud Platform for Machine Wireless Remote Monitoring Based on Wi-Fi Technology

*陳響亮 王欣如 陳韻堯
國立成功大學 製造資訊與系統研究所
* slchen@mail.ncku.edu.tw

摘要

製造業生產線上的機台是否能維持正常運作，對於製造廠之競爭力有非常大的影響。當機台無預警的發生故障，除了機台停止生產外，往往需要工程師花費時間故障排除、重新調整製程參數。若能降低線上機台停機時間，則可以縮短製程時間，降低製造成本，提升製造廠之產業競爭力。因此，本研究提出規劃機台服務製造雲，以Wi-Fi 為基礎擷取廠區機台製造資訊，實現廠區機台M2M(Machine to Machine)之概念，並設計一雲端機台遠端監控平台，解決上述問題。研究中所設計之平台可即時蒐集機台製造生產資料於雲端資料庫。當發生機況時，工程師能夠立即透過Wi-Fi使用行動裝置查看機台資訊，也可透過機台服務製造雲完整回溯機台歷史狀態，有效釐清問題與排除機況。預計未來實作成果可達成廠區無線化且隨時隨地監控的功能，維持廠區機台生產效率和品質。

關鍵詞 ： Wi-Fi、M2M、遠端監控、製造雲、雲端運算

Abstract

Maintenance of inline machines is an important issue for vendors or industries. When machines failed without warning, for stopping production, engineers need to spend time on equipment troubleshooting and process parameters readjustment. We can reduce equipment idle time by reducing the down status time of it. Therefore, a design of cloud-based platform for machine wireless remote monitoring based on Wi-Fi technology is proposed. By adapting the concept of M2M (Machine to Machine) for designing cloud-based remote monitoring platform, The proposed platform is able to collect manufacturing data real-time and can be saved in cloud manufacturing database. When machine error occurred, engineers can immediately using mobile devices to view manufacturing information via Wi-Fi in the factory. Engineers can also check the equipment history records for effectively clarifying problems and troubleshooting machine errors. The future implementation of the design in this study can improve the efficiency and quality of machine production in factories.

Keywords: Wi-Fi、M2M、Remote monitoring、Cloud manufacturing、Cloud computing

1. 前言

以往的機台製造業僅於販售機台與售後維修保固服務，隨著資訊通訊技術的發展，物聯網(Internet of Things, IOT) 與雲端科技 (Cloud Technology)概念的興起，機台製造業可提供的服務也從單純的產品交易延伸至後方機台的整合管理以建立緊密顧客關係。在 2006 年，Google 提出 Google101 計劃，雲端運算便開始蓬勃發展[1]，其透過雲端伺服器進行運算，用戶可在任何地方透過不同的終端獲雲端取服務，用戶不再需要耗費大量的成本於本地端伺服器的管理並可彈性取得雲端上提供的各種服務，且雲端伺服器比起本地端的伺服器具有較高的可靠度及擴展性[2]。Xun Xu[3]也提及製造企業若能將雲計算引入製造企業之生產管理系統中，將對企業帶來全新的商業服務模式，建立智慧型工廠。

2012 年行政院經濟建設委員會提出之三業四化方案[4]，其一為「製造業服務化」，經由線上遠端監控軟體，擷取製造機台的各項機械性能與軟體功能所產生的資訊，進行服務與管理，進一步協助客戶掌握工廠的加工資訊，加入雲端概念以雲端平台技術，加值製造服務作為企業競爭之優勢，以別於一般的差異化商業服務快速拓展業務。未來製造業服務化將成為企業競爭力的指標。

當廠區生產線上的機台無預警發生故障時，除了機台停止生產外，往往需要耗費工程師時間進行故障排除、重新調整製程參數，若能使產線機台接近零停機時間，則可縮短機台製程時間，降低製造成本，進而提升製造業之產業競爭力。本研究提出基於 Wi-Fi 之無線化廠區雲端機台遠端監控平台，以 Wi-Fi 為基礎擷取廠區機台製造資訊，實現廠區機台 M2M 之概念，解決上述問題。透過本研究架構能夠即時蒐集廠區製造生產數據，當故障發生時，工程師能夠完整回溯機台歷史狀態，達到問題有效釐清與故障排除。並且能夠隨時隨地監看機台狀況，維持廠區機台生產效率和品質，協助製造廠區達到機台整合管理。

2. 研究目的

本研究主要目的為建構一 Wi-Fi 之無線化廠

區雲端機台遠端監控平台與機台服務製造雲，包含下述四項之開發指標：

1. 規劃製造廠區 Wi-Fi 設備之佈建，透過 Wi-Fi 擷取廠區機台生產資訊。
2. 規劃機台服務製造雲，延伸機台製造業提供的商業服務至後端製造資訊之整合性管理。
3. 基於機台服務製造雲規劃雲端機台遠端監控平台，提供製造廠區人員整合管理。
4. 實際測試 Wi-Fi 與機台連接，並分析 Wi-Fi 預計佈署效益與預計廠區導入本研究架構前後效益比較。

3.文獻探討

3.1 廠區機台資訊擷取佈建

以往廠區機台聯網佈建多採取有線乙太網路方式進行，近年來行動裝置普及，使得企業開始重視無線網路環境的佈建。安全的無線網路，需具備 End to End 加密，End To End 加密方式使無線網路具備擴充性、安全性、移動性與低成本優點，而目前技術也已發展完備。以網路佈建之成本、設備、後端管理、應用性、安全性考量，有線網路不再是最佳考量[5][6]，本研究也將加入 End To End 加密考量至 Wi-Fi 設備選擇的條件中。

部分遠端監控系統提出以 ZigBee 方式進行資料蒐集[7][8]，雖然 ZigBee 體積小、低成本、也具可靠性，但其傳播距離短(相鄰節點之間的距離 10-100m)，雖提高功率可延長傳播距離，但會縮短其內部電池的壽命。對於一般製造廠區而言，機台數量眾多且線上製造機台動輒數百萬，需要能夠提供穩定可靠且不需經常更換的聯網設備，因此本研究採用 Wi-Fi 做為製造機台之聯網設備。

3.2 M2M (Machine to Machine)應用

M2M 概念為設備與設備之間的溝通，透過網路作為橋樑，將設備的資訊傳遞至遠端的系統平台處理，設備之間傳遞資料可透過伺服器與系統進行溝通處理。M2M 系統被廣泛應用於各種領域，目前市場約有 100 萬無線 M2M 連接點，而未來預計市場 2016 年將達到 359 萬個連接點[9]，應用領域廣大包含智慧家庭系統、遠端監控系統、醫療保健、機械設備、貨物追蹤等[10]。

國家實驗研究院-科技政策研究與資訊中心(STPI)[11]與 RCG[12]皆提及提出 M2M 應用系統包括以下三點：

(1)現場設備的數據收集和監控

(2)設備可透過網路與伺服主機聯繫

(3)透過伺服主機之系統平台進行資料分析、反應與處理

歐洲電信標準協會 (The European Telecommunications Standards Institute, ETSI) 提出對於 M2M 服務模型提出定義[13]，ETSI 將 M2M 服務模型分為兩大部分，一為設備間的溝通，二為設備連網後所提供應用之服務，其架構如圖 1：

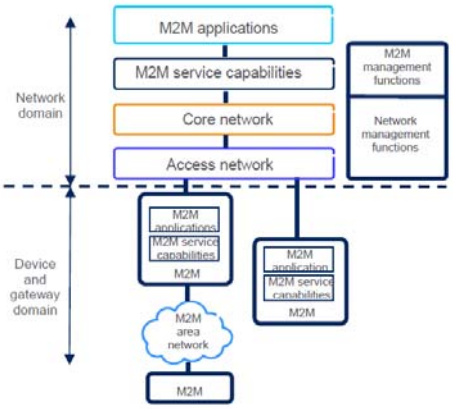

圖 1 ETSI 提出之 M2M 服務模型[13]

隨著雲端運算的興起，透過雲計算可提供大規模的設備管理和服務，解決以往複雜的 M2M 應用，集中管理和決策數十億的設備將成為 M2M 重要的精隨[14]。由 Geng Wu 等人提出一 M2M 架構結合雲端運算概念[15]，其將 M2M 伺服器與服務建置於雲端，並提供一行動化系統提供使用者取用服務，如圖 2 所示。

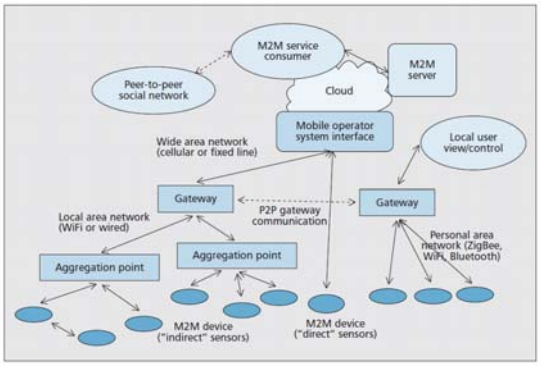

圖 2 M2M 架構結合雲端運算概念[15]

綜合以上所述，本研究規劃一應用於製造廠區機台遠端監控之 M2M 架構，如 4.1.1 所示。

3.3 雲端運算技術之應用

3.3.1 雲端運算模型定義

NIST (National Institute of Standards and Technology, 國家標準與技術研究院)提出對雲端運算的定義[16]，並說明符合雲端運算之系統，必須具備此定義之五項基本特徵。表 1 為 NIST 定義雲端運算之描述。

表 1 NIST 對雲端運算模型之定義[16]

Five **Essential Characteristics** (五項基本特徵)	On-demand self-service. Broad network access. Resource pooling. Rapid elasticity. Measured Service.
Three **Service Models** (三種服務模式)	Software as a Service (SaaS). Platform as a Service (PaaS). Infrastructure as a Service (IaaS).
Four **Deployment Models**	Private cloud. Community cloud.

(四種佈署模式)	Public cloud. Hybrid cloud.

依照 NIST 對雲端運算模型之定義，本研究之平台將使平台具備以下五項特徵－隨需自助服務、隨時隨地用任何網路裝置存取、多人共享資源、快速重新佈署靈活度、可被監控與量測的服務，提供 PaaS、IaaS、SaaS 的服務，本研究將採用私有雲方式建置製造雲後端伺服器環境。

4.3.2 IaaS 於廠區機台遠端監控

IaaS 提供後端製造雲基礎設施與建置虛擬環境，於虛擬環境中，可提供快速重新佈署的靈活度。雲端伺服器佈署平台與服務讓多使用者能夠共享資源，雲端資料庫則存放機台製造資訊與雲端平台相關資料。

4.3.3 PaaS 於廠區機台遠端監控

PaaS 提供雲端製造服務平台，使用者可根據自己的需求選擇平台所提供的服務，支援雲端應用，平台需仰賴 IaaS 雲端基礎設施資源。製造雲可透過 PaaS 平台整合服務，使用者只需利用任何網路裝置聯網，即可隨時隨地存取平台之服務。

4.3.4 SaaS 於廠區機台遠端監控

Bernhard Holtkamp 等人[17]對於 SaaS 層提出以下定義，SaaS 層將運算、儲存及網路等資源轉化為標準化服務，提供使用者在網路環境下進行操作。本研究將轉化 PaaS 規劃之平台功能為雲端服務，設計一行動化 APP 應用程式存取服務。

在本研究規劃 IaaS 層為雲基礎設施與虛擬環境建置；PaaS 層規劃為雲端機台遠端監控平台與製造雲服務整合開發；SaaS 層規劃將提供製造廠區一行動化 APP 應用程式取用雲端所佈建的服務，讓廠區人員使用行動裝置即可操作。

3.4 遠端監控系統

由陳響亮等人[18]提出之工具機智慧型遠端加工及診斷與維修軟體系統，在遠端監控模組功能規劃，遠端主機連線、機台遠端運動控制及加工參數傳輸、機台資料紀錄及遠端讀取、檔案傳輸、文字即時訊息交談視窗等功能，本研究將參考其功能並加入行動化 APP 概念使本研究平台服務加值，平台功能規劃如 4.3.2 所示。

Dragan Djurdjanovic 等人[19]提出以 Web 建構一遠端監控平台應用於機床主軸的診斷預測，此研究之架構如圖 3，此遠端監控平台在後端 Server 部分採 P2P 架構建置。作為一個可提供廠區給多用戶使用的製造管理平台若採用 P2P 架構會有速度過慢且資訊安全不夠嚴謹的問題，因此在本研究將加入雲端的概念並以私有雲的架構去建置一個廠區生產機台之雲端機台遠端監控平台。

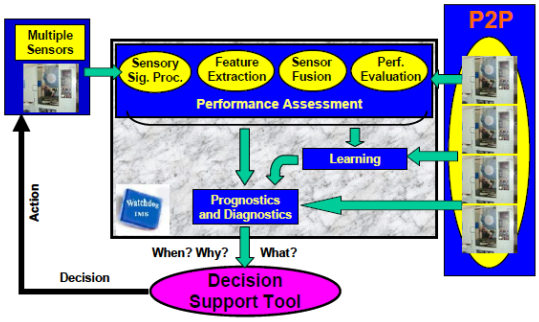

圖 3 Dragan Djurdjanovic 等人提出之遠端監控平台架構[18]

4.研究方法

4.1 製造廠區 Wi-Fi 模組佈署

4.1.1 本研究之 M2M 架構

本研究 M2M 架構分為兩大部份共 5 層，第一部份為 Device domain 有 M2M device Layer、M2M hardware Layer、Middleware Layer，第二部份為 Communication network Layer、Cloud service Layer，架構如圖 4 所示。

以下將對本研究 M2M 架構分層敘述：

(1) M2M device Layer：實現 M2M 的第一步就是將機器設備中獲得的數據，透過網路發送出去，使機器具有 talk 的能力。方法有兩種，一為生產機器設備的時候即嵌入 M2M hardware；二為對現有機器進行加裝，使其具備聯網能力。本研究以製造廠區機台為研究對象，為現有機器。因此本研究將於 M2M hardware 層規劃對廠區機台加裝之設備。

(2) M2M hardware Layer：M2M hardware 是使機器具備通訊和聯網能力的設備。本研究採用 Wi-Fi Node 組裝於製造機台，使其具備聯網能力。

(3) Middleware Layer：主要負責數據收集，為 M2M 架構中的"翻譯員"。收集來自機台的數據，將數據傳送給訊息處理系統。本研究於此採用陳響亮等人[20]開發之 i-line 32 software 擷取製造機台控器上的製造資訊，並傳遞至雲端資料庫儲存。

(4) Communication network Layer：將蒐集的數據傳送至 Cloud service Layer，Communication network 在整個 M2M 架構扮演重要角色。本研究架構通訊網路將會通過無線網路 Wi-Fi(IEEE 802.11)與有線網路 Ethernet (IEEE 802.3)傳遞數據。

(5) Cloud service Layer：將雲端資料庫中的數據進行處理，將結果呈現給觀察者和決策者，並進一步建置雲端服務或應用程式。本研究於此層將建構一製造雲，其中包含雲端伺服器、雲端平台、App 應用程式、製造雲端服務等，提供 PaaS、IaaS、SaaS 服務。

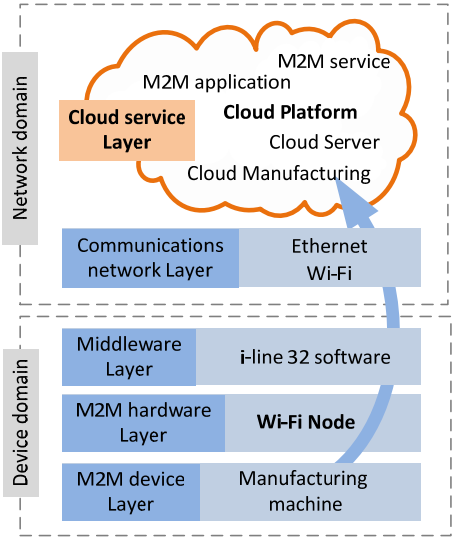

圖 4 本研究之 M2M 架構

4.1.2 廠區 Wi-Fi 模組佈署架構

本研究於廠區機台 Wi-Fi 模組佈署架構如圖 5 所示，在廠區內在每台機台上都裝上一台 Wi-Fi 傳輸模組，如圖 5 中 Wi-Fi Node。Wi-Fi Node 透過 RJ-45 Port 加裝於機台上，再透過網路設定使機台擁有無線功能，Wi-Fi Node 與 AP 連接透過無線網路將機台資訊傳至伺服器儲存。

在跨廠區佈建，透過 Switch/Router 串接，若廠區距離較遠可透過佈署 AP Node 將無線網路串起，其佈署架構如圖 5。

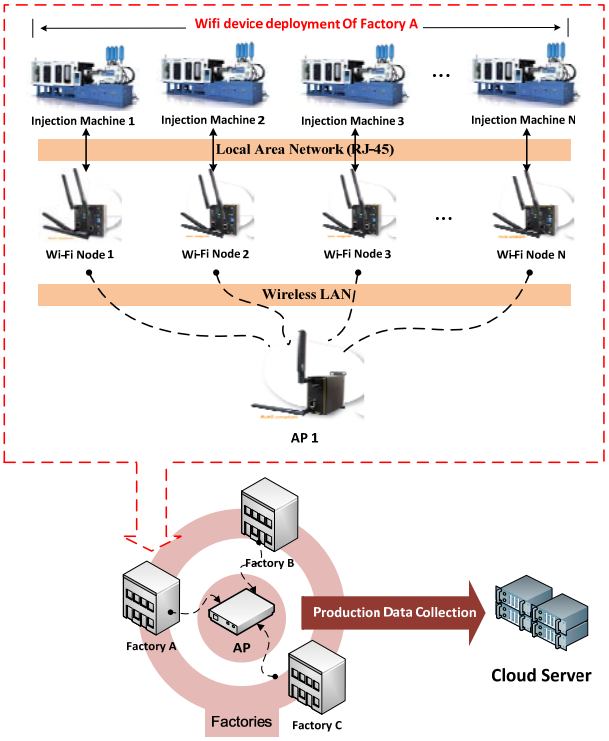

圖 5 廠區機台資訊收集 Wi-Fi 模組佈署

4.2 機台服務製造雲之建置規劃

本研究規劃之雲端伺服器環境，將規劃私有雲方式建置，圖 6 為本研究之規劃佈署架構。使用者只須透過可聯網之載具，經由網路通過防火牆進入本研究之私有雲雲端服務環境，即可取得服務。在雲端伺服器佈署部分，本研究規劃使用兩台實體伺服器，一台利用虛擬化技術分割成三台虛擬伺服器分別做為平台服務佈署、備份雲佈署、資料庫佈署、平台機制佈署(身份辨識、負載平衡等)；另一台實體伺服器則用來資料備份。於此，為本研究規劃提供之 IaaS 服務。

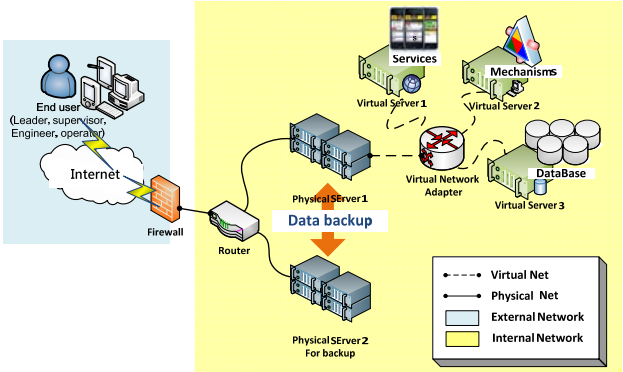

圖 6 雲端伺服器網路設備佈署架構

4.3 行動化雲端製造服務平台之規劃

4.3.1 行動化雲端製造服務平台架構

本研究平台架構如圖 7，廠區機台透過 RJ-45 Port 連接 Wi-Fi 模組，將機台生產資訊傳遞至廠區所架設的 AP，AP 再透過 TCP/IP 協定將生產資訊傳至伺服器，進入 Database 儲存。本研究所規劃之雲端機台遠端監控平台即可從雲端資料庫撈取資料以建置雲端服務。最後呈現的界面則有 Web 瀏覽器與行動版機台資訊應用 APP 兩種方式。於此，本研究透過平台提供廠區 PaaS 服務。

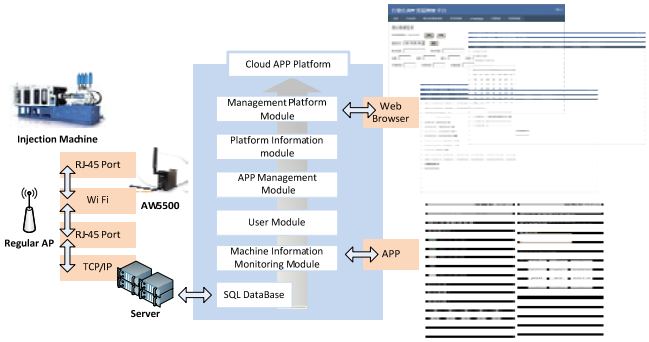

圖 7 行動化雲端製造服務平台架構圖

4.3.2 行動化雲端製造服務平台功能規劃

本研究規劃使用 ASP.NET 建置平台，平台以 Web Browser 方式呈現，提供用戶能夠上傳下載自

行設計之機台 App，平台功能包含使用者模組、APP 管理模組、訂閱模組、管理者模組，雲端機台遠端監控平台。

研究中雲端機台遠端監控平台主要規劃五大服務模組，分別說明如下。

(1)機台資訊監看模組：經由抓取雲端資料庫機台之資訊，顯示於平台上供使用者查看監測，提供機台生產統計表、多機狀態監看、加工資訊表、機台稼動率表等資訊。

(2)使用者管理模組

a. 使用者註冊認證服務：基於企業內部資訊安全，平台的使用者註冊後，須透過平台管理者二次認證後才能夠使用平台。

b. 使用者分群管理服務：註冊時依據不同身分別將使用者分成不同的群組管理，給予不同權限。

使用者資料維護/檢閱服務：提供使用者維護個人資料、變換群組申請。提供管理者查詢使用者基本資料。

(3)APP 管理模組

a. APP 上傳/下載服務：規劃雲端空間供使用者能夠上傳自行開發之 APP，與下載其他使用者設定公開的 APP 程式，並加強規劃不同使用者存取之區塊將使用戶資料隔離。

b. 權限設定服務：使用者透過此功能可將 APP 設定不同的公開程度，或是設定特定群組下載或閱覽。

c. 分類服務：平台提供多使用者上傳 APP，因此具備 APP 分類功能能讓使用者方便找尋 APP 程式。

d. 訂閱申請/取消服務：提供使用者訂閱其他使用者之 Windows/Android APP，當被訂閱者上傳新的 Windows/Android APP 則會透過平台通知功能來提醒訂閱者。

e.訂閱認證服務：透過此認證來告知被訂閱者其帳戶被訂閱，被訂閱者須確認許可後，訂閱者才能夠訂閱以保障被訂閱者之權益。

(4)平台資訊服務模組

a. 雲端空間與傳輸量資訊：提供查詢雲端空間使用狀況以及平台資料傳輸量的查詢。

b. 平台基本資訊服務：提供平台模組功能介紹、平台版本更新以及系統公告等資訊。

c. 平台通知服務：用戶能在此功能查詢由平台所發出之個人重要通知。

d. 平台用戶備忘錄服務：提供平台用戶紀錄個人重要資料或發出公告。

(5)管理平台權限模組

a.帳號管理服務：提供平台管理者管理平台所有的帳號、查詢帳號資訊、登入紀錄。

b.安全性管理服務：提供可連線之 IP 設定。

4.4 測試環境測試與效益分析

4.4.1 廠區機台 Wi-Fi Node 佈署

本研究採用佈署於機台之 Wi-Fi 模組，如表 2:

表 2 Wi-Fi 模組規格與功能

Atop AW5500	**設備規格**	相容標準	IEEE802.11 a/b/g/n
		傳輸率	300Mbps
		加密類型	TKIP, AES
		支援通訊協定	IPv4, TCP, UDP, DHCP Client, SNMP, SMTP, HTTP, DNS, RADIUS, RFC2217, WPS
		主要特點	可做為 Access Point, WDS Bridge, AP Client
	功能	於本研究作為 AP，串聯各個機台之 Wi-Fi Node。並作為跨廠區 Wi-Fi 佈署時的橋接設備。	
Atop SW5501	**設備規格**	**相容標準**	IEEE802.11 a/b/g/n
		傳輸率	300Mbps
		加密類型	TKIP, AES
		支援通訊協定	IPv4, TCP, UDP, DHCP Client, SNMP, SMTP, HTTP, DNS, RADIUS, WDS, WPS
		主要特點	具有串列傳輸功能
	功能	於本研究作為機台之 Wi-Fi Node，透過網路線(RJ-45)即可與工具機台連接，使機台具有無線傳輸功能。	

4.4.2 Wi-Fi 模組連接機台測試

Wi-Fi 模組連接機台測試畫面，如圖 8 所示使用者能夠成功使用平板電腦查看到機台製造資訊，圖 9 為本研究所採用之 Wi-Fi Node-SW5501，SW5501 透過 RJ-45 Port 與機台連接。

圖 8 使用 Windows 作業系統平板電腦讀取機台生產參數

圖 9 連接機台之 Wi-Fi 模組

4.4.3 無線網路預計佈署效益分析

廠區佈署 Wi-Fi 無線網路與乙太有線網路效益比較，如表 3 所示：

表 3 Wi-Fi 無線網路與乙太有線網路效益比較

	Wi-Fi 無線網路	乙太有線網路
佈署成本	低	高
變動成本	無	有
移動便利性	高	低
穩定度	一般	高
安全性	高	高
速度	視 Wi-Fi 設備而定	高
服務多樣性	高	一般

由表 3 可知採用若 Wi-Fi 無線網路佈署於製造廠區，比起以往採用有線網路有著更大的效益。以下將對於本研究架構預計導入製造廠區之前後做出比較，如表 4 所示：

表 4 本研究架構預計導入製造廠區之前後比較

	導入前	導入後
系統整合性	低	高
雲端基礎設備	有	完備
機台訊息即時性	低	高
廠區資訊整合性	低	高
資訊功能多樣性	低	高

5. 結論與未來展望

本研究提出無線化製造廠區，透過 Wi-Fi 設備佈建廠區，擷取機台製造資訊，並規劃機台服務製造雲，延伸機台製造業提供的商業服務至後端管理，規劃雲端機台遠端監控平台，提供製造廠區機台整合性管理。使製造廠區能夠透過 Wi-Fi 立即以行動載具接收機台資訊，完整回溯機台歷史狀態，有效釐清問題與排除機況。

本研究規劃採用私有雲方式建置雲端服務，對於企業內部資料提供安全的環境，使廠區能夠放心的讓客戶透過雲端機台遠端監控平台使用服務。本研究未來將進行平台開發、製造雲(IaaS、PaaS、SaaS)建置與廠區實際佈建，預計研究成果可達成無線化且隨時隨地監控的功能，使廠區機台維持生產效率和品質。

誌謝

感謝高科技設備前瞻技術發展計畫編號 302205501 與國科會編號 NSC 102-2221-E-006-107- 之計畫對本研究之經費提供與技術支援，由於國科會與賜福科技公司的支持，使本研究得以順利進行，特此致上感謝之意。

參考文獻

[1] Shuai Zhang, Shufen Zhang, Xuebin Chen, and Xiuzhen Huo, “Cloud Computing Research and Development Trend,” Second International Conference on Future Networks, 2010.

[2] Ning Liu, Xiaoping Li, and Qian Wang, “ A resource & capability virtualization method for cloud manufacturing systems,” IEEE International Conference , 2011.

[3] Xun Xu, “From cloud computing to cloud manufacturing,” Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 28, Issue 1, pp. 75–86 , 2012.

[4] 行政院經濟建設委員會, 工具機製造業服務化, [Online]. Available: http://www.cepd.gov.tw/m1.aspx?sNo=0018051 , 2012.

[5] DIGITIMES, http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?cnlid=13&cat=50&id=0000329449_22736ACO590NM38OG6PBE#ixzz2bkxWyhdy

[6] ARUBA, 網路佈建新思維-無線與有線比重之考量, http://www.ecomsoft.com.tw/solution/s_02.html.

[7] Zhang Xiang-li, Yan Kun, Ye Jin, Li Jian, “A Remote Manufacturing Monitoring System Based on the Internet of Things,” International Conference on Computer Science and Network Technology, pp. 221 - 224, 2012.

[8] Qiang Ruan, Wensheng Xu, Gaoxiang Wang, “RFID and ZigBee Based Manufacturing Monitoring System,” Electric Information and Control Engineering (ICEICE), pp. 1672 – 1675, 2011

[9] Berg Insigth, The Global Wireless M2M Market, M2m Research 2012.

[10] Shih-Hao Hung, Chun-Han Chen and Chia-Heng Tu, “Performance Evaluation of Machine-to-Machine (M2M) Systems with Virtual Machines,” pp. 159 – 163, 2012.

[11] ETSI TS V1.1.1, Machine-to-Machine communications(M2M); M2M service requirements.

[12] Regal Cyber Group, M2M 技術簡介, http://www.rcg.tv/zh_tw/industry-technology/m2m-overview.html

[13] 科技產業資訊室, 機器與機器的溝通-看 M2M 產業發展趨勢 http://cdnet.stpi.org.tw/techroom/analysis/2008/pat_08_A021.htm

[14] Željko Popović, Vanesa Čačković, “Cloud Based Service for M2M Communication”, International Symposium on Telecommunications, pp. 1-6, 2012.

[15] Geng Wu, Shilpa Talwar, Kerstin Johnsson, Nageen Himayat, and Kevin D. Johnson, Intel , “M2M: From Mobile to Embedded Internet,” IEEE Communications Magazine, vol. 49, pp. 36-43, 2011.

[16] Peter Mell, Timothy Grance, "A NIST Definition of Cloud Computing," National Institute of Standards, 2011.

[17] Bernhard Holtkamp, Sebastian Steinbuss, Heiko Gsell, Thorsten Loeffeler, Ulrich Springer "Towards a Logistics Cloud" 2010 Sixth International Conference on Semantics, Knowledge and Grids, PP.305-309, 2010.

[18] 陳響亮, 林鼎皓, 何季璋, ”工具機智慧型遠端加工及診斷與維修軟體系統之開發研究,” NSC Project, 2004.

[19] Dragan Djurdjanovic, Jihong Yan , Hai Qi , Jay Lee and Jun Ni, “Web-Enabled Remote Spindle Monitoring and Prognostics“, 2007

[20] 陳響亮、郭晟宏、蕭應涵、王欣如、李庚學,” 基於射出成型機之雲端 e 化監控管理系統,” PMMT, 2013