

# 基於 OPC UA 工業自動化設備資訊監控系統

陳響亮<sup>1</sup> 范智翔<sup>2</sup>

國立成功大學製造資訊與系統研究所

slchen@mail.ncku.edu.tw、 mafcb21582@gmail.com

## 摘要

隨著電腦科技與通訊技術的發展,工業技術也產生了更進一步的革新—工業 4.0,在此概念下製造的生產模式也逐漸朝向智慧工廠的概念邁進,並使傳統單一大量的生產模式轉變為「多產線協同生產」、「客制化」甚至「全自動化」等特性。為與智慧工廠的實現更進一步,在傳統製造業中必須先整合製造加工過程中的機台資訊,以便有效地判別設備加工狀態和處理訊息,因此如何達成不同機台間的通訊,已成為首要的問題。

本研究提出「工業自動化設備資訊監控系統」,透過定義資訊模型,以開源標準的自動化通訊技術協議及低成本的微電腦裝置,為傳統 PC-Based CNC 提供加工訊息共享的能力。本文結論透過建立訊息伺服器與客戶端間的關係,使機台周邊感測裝置與機台加工資訊,能夠以自訂義的資訊監控系統監控三軸雕刻機運作情形,並從測試結果得知其運行效果良好,能夠滿足跨系統資料傳輸的需求。

**關鍵詞：**機台監控、OPC UA、工業物聯網。

## Abstract

With the development of information and communications technology. The innovative industrial technology has proposed, which known as Industry 4.0. And the conception of production mode in manufacturing has transformed into new features such as "Multi-production line collaborative production", "customized" and "Automation". To implement with the conception of smart factory. In the traditional manufacturing industry, it is necessary to integrate the machine information during machining process for effectively discriminate the processing status and processing information of the equipment. Therefore, how to achieve communication between different machines has become the priority problem.

This paper proposed the "An implement of industrial automation equipment information monitoring system based on OPC UA", which provides the ability of processing information sharing for traditional PC-Based CNC by defining the information model. The conclusion of this paper will be to establish the Client Server Architecture between the OPC UA server and the client, so that the peripheral sensing device and the

CNC machine processing information can be monitored by the customized information monitoring system.

**Keywords:** Machine Monitoring, OPC UA, IIOT.

## 1. 前言

### 1.1 背景研究動機

綜合目前為止,工業技術的概念已發生了四次的工業革命,其中分別為蒸汽動力化、電力動力源的利用、資訊技術與電子設備的應用,並且根據資訊與通訊科技領域的成長,第四次工業革命為德國於 2012 年所提出的「工業 4.0」,其概念基於物聯網(Internet Of Things)與大數據(Big Data)[1],將監控能力、感測數據採集與資料分析融入工業生產的各個環節中,藉由數據分析方法為製造商提供高效率的決策系統。同時,工業 4.0 概念的提倡也帶動了全世界產業革新的風潮,如台灣所提出的生產力 4.0、美國的「先進製造夥伴計畫」與韓國的「製造業創新 3.0」等。

由於各機台所具有的通訊協定標準不盡相同,進而導致資訊整合上的困難,因此,為協助傳統製造產業升級,本研究提出以開源標準的工業通訊協定「OPC 統一架構(OPC Unified Architecture, OPC UA)」建構「工業物聯網(Industrial Internet of Things, IIoT)」的環境,以作為不同機台間資訊串聯的橋樑由於 OPC UA 支援多種系統的開發,因此在不受任何系統與程式語言限制的情況下,除了能將機台本身運行的資訊進行傳輸以外,也能透過單板電腦(Single Board Computer, SBC)上的 I/O 埠端點連結額外的感測裝置,統一將資訊呈現於監控系統中。

### 1.2 研究目的

為連結與統整工業上不同機台的資訊,建構工業物聯網的環境是必須的。本研究根據物聯網三層式架構[2]提出符合工業標準的自動化設備資訊監控系統,採用工業通訊標準 OPC UA 通訊協定,開發具備資料採集與設備控制的監控系統,而本系統開發將具備以下優勢:

- (1) 實現具備跨平台與統一通訊標準的監控系統。
- (2) 採用低成本單板電腦作為外掛感測器載體，提供更好的擴充性以支援更多元的擴充介面。
- (3) 藉由無線通訊達成資訊傳輸，無須受限於廠區佈局佈局空間。
- (4) 建構 OPC UA 於工業聯網中機台與感測器間資訊模型。

### 1.3 文獻探討

目前全球有關於資料採集與資訊監控等研究文獻相當多元，其中包含探討資訊傳輸協定種類、物聯網的應用與資訊系統架構等等，本節將評析出與本研究相關之文獻，如下列所示：

- (1) Martinov, G等人[3]提出利用嵌入式微電腦作為外部感測器的資料擷取站，並以TCP作為資料傳輸協議，讓目標加工機台準確接收外部硬件狀態資訊，提供以低成本微電腦處理器達成自動化設備外部硬件擴充的可能性。
- (2) 陳響亮等人[4]提出基於OPC UA 之低成本資料採集與控制閘道器設計，建構OPC UA 於資料採集上的資訊模型，提供後人以此開放與標準化的架構，整合感測器設備資訊。
- (3) Daniel Grossmann等人[5]提出基於OPC UA 協議的場域設備整合，不同以往的整合技術，如電子設備描述語言（EDDL）和場域設備工具（FDT），而是使用統一的標準將不同製造商設備資訊進行統整，能同時保有平台獨立、易於使用與易擴充等特性。
- (4) Marcelo V García等人[6]提出透過OPC UA協議以低成本單板電腦實現網宇實體系統於組裝產線上的應用，對組裝作業場域中工作機台的資訊進行水平整合，達成資訊共享的目的。

## 2. 研究方法

### 2.1 系統硬體規劃

本研究硬體採用 PC-Based CNC 三軸雕刻機作為自動化設備案例，使用者以載有 Windows7 系統的工業電腦，建立使用者人機介面，控制機台移動與加工指令下達，如 JOG 調適、快速定位、進給率調整與主軸轉速設定等，由於機台部屬的 I/O 模組不具備類比輸入與低電壓輸出能力，因此，本研究根據考量系統穩定性、網路連結與 I/O 介面擴充等特性，將採以市面上易取得的低成本單板電腦樹梅派(Raspberry Pi)連結額外的 I/O 設備載體，下列將分述樹梅派採用依據：

#### (1) 作業系統

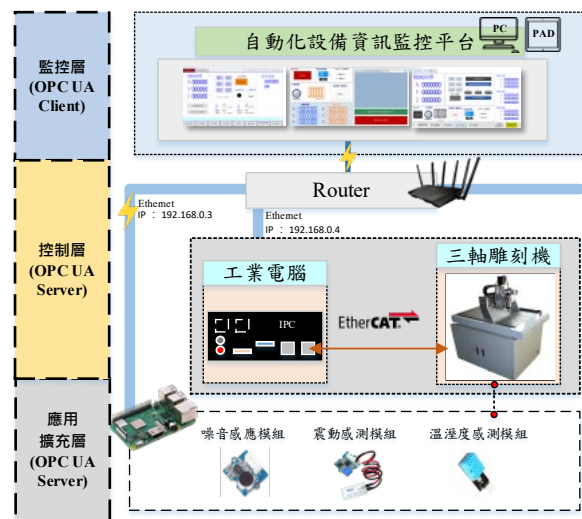
樹梅派採用 Raspbian 作業系統，Raspbian 作為樹梅派基金會官方推薦系統，具備優化功能及更好的程式相容性，且支援 GCC 編譯器以利於本研究進行。

#### (2) 網際網路連結

樹梅派具備無線網路卡與乙太網路接口，硬體上採用型號為 CYW43438 之網路晶片，支援 IEEE 802.11n 協議，如 Wi-Fi 及藍芽 4.0，是作為本系統實現感測器無線連網的硬體接口。

#### (3) I/O 介面

硬體上提供 26 個通用 I/O (General Purpose Input/Output, GPIO)與串列通訊埠(Universal Serial Bus, USB)，其中 GPIO 包含 I2C 與 SPI 串列通訊介面，整體系統上能提供系統擴充感測器與不同傳輸介面的能力。

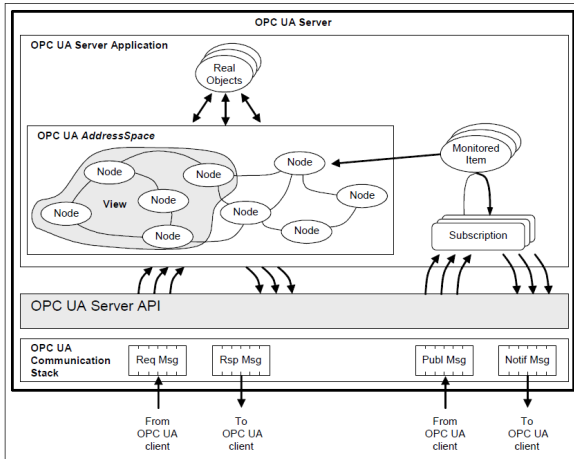


圖一、硬體平台規劃示意圖

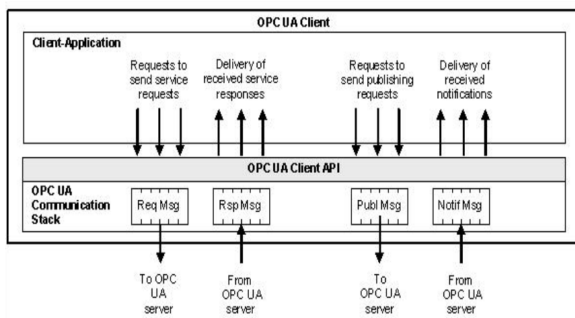
如圖一所示，本研究系統硬體架構分為三層，分別為監控層、控制層與應用擴充層，監控層作為本系統與使用者互動之人機介面，是裝載於個人電腦或移動設備之系統；控制層中工業電腦作為控制核心與 OPC UA 客戶端，以 EtherCAT 工業用通訊協定，對指定機台傳輸運動控制封包，並同時作為三軸雕刻機之 OPC UA 伺服器，而伺服器資訊傳輸方式將通過路由器進行，以工業電腦具備的乙太網路接口，連結作為數據傳輸媒介的路由器和 OPC UA 客戶端處於同個網域下；應用擴充層則藉由樹梅派讀取外加的感測器資訊，作為 OPC UA 伺服器提供客戶端存取資料，同樣與三軸雕刻機連接於相同網域下。

### 2.2 系統軟體架構設計

如 2.1 節所述，本研究系統作為自動化設備與感測器監控系統，以 OPC UA 作為不同平台間的通訊協議，工業電腦與樹梅派於整體架構中為機台 控制站與感測器載體的角色，並同時擔任 OPC UA 伺服器端接收設備資訊，與處理客戶端存取資訊的請求，如圖二與圖三所示，OPC UA 伺服器及客戶端的架構模型，二者之間訊息的請求與回覆，會透過各自平台的應用程式與 API 進行。



圖二. OPC UA Server 架構模型[7]



圖三. OPC UA Client 架構模型[7]

本系統架構下的客戶端與伺服器關係如圖四所示。由上而下可分別為，客戶端應用程式、客戶端與伺服器應用程式介面 (Application Programming Interface, API)、硬體控制函式等四個區塊，下列將分述說明各區塊功能：

#### (1) 客戶端應用程式

客戶端應用將呈現來自於伺服器的資訊，利用 OPC UA 跨平台的特性，本研究客戶端之應用程式應用於微軟 Windows 作業系統，軟體語言採用 C Sharp 開發 Winform。

#### (2) 客戶端 API

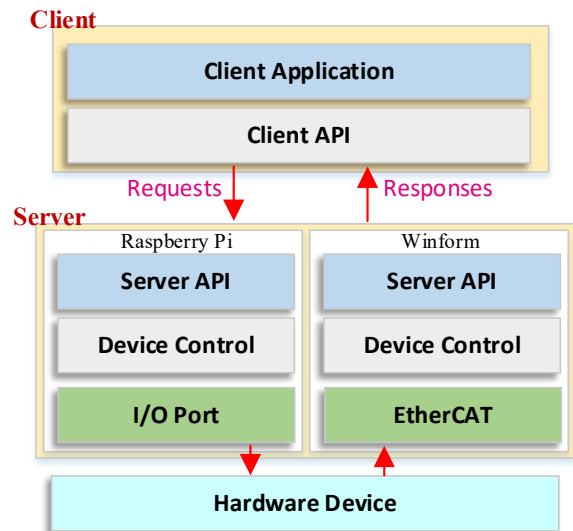
可透過第三方提供的函式庫，與伺服器進行資料請求。客戶端採用 OpcUaHelper 函式庫，完成系統平台應用程式對伺服器資料節點、方法節點與歷史數據等資料的讀取。

#### (3) 伺服器 API

可透過第三方提供的 IEC 62541 標準之 open62541 函式庫，與 OPC UA 伺服器進行資料請求。本研究透過樹梅派以 open62541 為基礎，建立可對傳輸用的系統資訊模型與架設伺服器，以此完成客戶端資訊請求的回覆。

#### (4) 硬體控制函式

樹梅派透過其具備的 I/O 埠，可連接多種的感測設備，此區塊用於編寫伺服器硬體與 I/O 設備之間資料擷取作業，可將感測設備提供之 API 與資料邏輯整合，將其定義為可被呼叫的方法，讓使用者可透過客戶端進行方法的觸發。

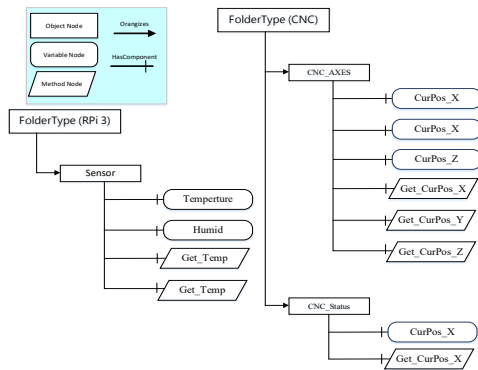


圖四. 基於 OPC UA 通訊架構監控系統之軟體架構堆疊圖

### 2.3 OPC UA 資訊模型

在 OPC UA 的通訊協定中，其建構資訊模型 (Information Model) 的概念與物件導向程式相近，藉由不同的節點彼此互相參照構成，如同物件一般每個節點皆具有屬於自己的屬性，也包含事件的觸發與方法。

如圖五所示，本研究建構二種資訊模型，分別用於 CNC 三軸加工機與感測設備，於資訊模型中將透過 Object Node 對不同種類的資訊進行分類，如機台座標位置、加工狀態與感測設備狀態，再針對各物件節點新增 Variable Node 來表示其實體資訊，最後以 Method Node 提供客戶端調用伺服器 I/O 的方法。



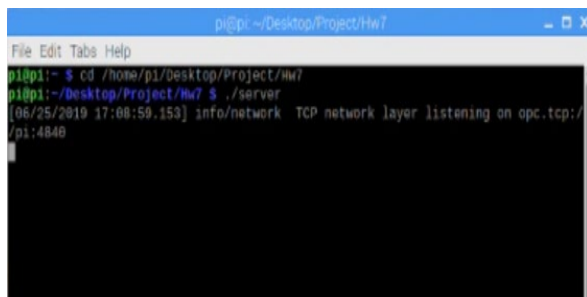
圖五. OPC UA 監控系統資訊模型

### 3. 研究結果

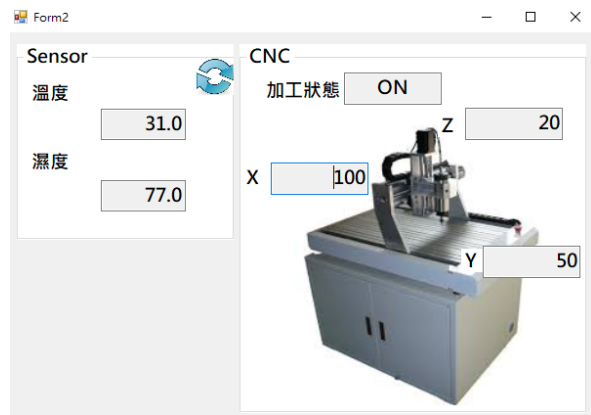
本研究提出用於基於 OPC UA 的自動化設備監控系統架構，建構機台與感測器各自的伺服器資訊模型，讓使用者能以支援 IEC 62541 標準下的 API，存取系統架構下所有的節點資訊，及讓程序呼叫指定的方法。

為模擬工廠系統硬體部屬，本研究以樹梅派外接溫溼度感測器，模擬工廠外部感測器的擴充。而系統通訊的建設由 CNC 三軸雕刻機與樹梅派透過 open62541 分別建立獨立的伺服器，再透過路由器將二者併於同網域下，如此便可藉由客戶端同時接收二者伺服器 Object Node 下的 Variable Node 狀態與透過 GET 系列的 Method Node 觸發 I/O 讀取程序。

由於 OPC UA 具備跨平台通訊的優勢，因此本研究在驗證系統的可行性上，採用 .Net 框架下的 C Sharp 程式語言，開發 Winform 視窗程式作為模擬的監控系統介面，不限於特定裝置，監控介面能夠存在於任何支援 .NET 框架的作業系統中。圖六為樹梅派以 open62541 啟動伺服器畫面，客戶端透過 OPC UA 函式庫 OpcUaHelper 指定連線於伺服器 IP「opc.tcp://192.168.2.3:4840」，便可根據本系統所建構的資訊模型，將圖七中的視窗資訊顯示物件與指定的 Variable Node 資料繫結，達成資訊的串聯。



圖六. OPC UA Server 啟動畫面



圖七. OPC UA Client 視窗介面

### 4. 結論

本研究為考量機台資訊系統升級成本與系統設備擴充的彈性，提出「基於 OPC UA 機台製造資訊監控系統」，藉由統一架構的網路傳輸協議，設計一套資料監控的軟體架構，並運行在不同的作業系統上。以本文實際測試案例顯示，監控介面能順利取得二種獨立伺服器上的資訊，包含連接於樹梅派的溫溼度感測器與 PC-Based 機台狀態資訊。

目前本研究仍有許多可改進之處，作為廠區不同機台物聯網的基礎架構，其資訊模型仍不夠完善，因此，期許未來能夠新增多節點與採用工業級感測器進行測試，確保整體系統的穩定性，及測試系統負載上限，穩固本研究之系統架構發展，並實際應用於製造工廠中，提升傳統製造業加工系統的資訊整合能力。

### 5. 致謝

本研究承蒙科技部研究計畫予實驗補助(計畫編號 MOST 107-2221-E-006-230-MY2)與工研院機械所(計畫編號 D453REE110)支持。

### 6. 參考文獻

- [1] Zheng, P., Sang, Z., Zhong, R. Y., Liu, Y., Liu, C., Mubarak, K., Yu, S., and Xu, X., 2018, "Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives," *Frontiers of Mechanical Engineering*, 13(2), pp. 137-150.
- [2] Sethi, P., and Sarangi, S. R., 2017, "Internet of things: architectures, protocols, and applications," *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2017.
- [3] Martinov, G. M., N. V. Kozak, and R. A. Nezhmetdinov. "Implementation of control for peripheral machine equipment based on the external soft PLC integrated with CNC." 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). IEEE, 2017.
- [4] 陳響亮、李桂銘、吳承學、江易軒、葉佳心, "基於 OPC UA 之低成本資料採集與控制開道器設計與實踐," presented at the 臺灣學術網路研討會, 2018.

- [5] Grossmann, D., Bender, K., and Danzer, B., "OPC UA based field device integration," Proc. 2008 SICE annual conference, IEEE, pp. 933-938.
- [6] Garcia, M. V., Irisarri, E., Pérez, F., Estévez, E., and Marcos, M., "OPC-UA communications integration using a CPPS architecture," Proc. 2016 IEEE Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), IEEE, pp. 1-6.
- [7] OPC Foundation , " OPC 10000-1 - Part 1: Overview and Concepts " , 2017 , pp.14-15.