

具國際共通標準之工具機產線可視覺化系統

The Machine Tool Production Line Visual System with International Interoperability Standard

柯耀興 陳柄佑 吳年欽 吳金能
Yaohsing Ko, Pingyu Chen, Nienchin Wu, Jinneng Wu

中文摘要

目前工具機產業中，因缺乏擷取機台資訊的共通標準協定，各家控制器採用不同通訊協定來交換資訊，成為工業4.0與物聯網的瓶頸。OPC (Open Platform Communication) Foundation 國際組織提出 OPC UA (Unified Architecture) 協定，整合現有工廠設備與應用系統，如 MES (Manufacturing Execution System)、ERP(Enterprise Resource Planning) 等，可解決機台資訊不相通問題，本論文簡介並實作工具機產線可視覺化系統，使用 OPC UA 協定，可即時呈現產線作業即時資訊。

Abstract

In today's machine tool industry, lacking of standard protocols for information exchange among machines has become the major bottleneck for companies to participate the era of Industry 4.0 and IoT (Internet of Things). OPC (Open Platform Communication) Foundation, an international organization, has proposed OPC UA (Unified Architecture) protocol. It integrates existed factory equipment and application systems, e.g. MES (Manufacturing Execution System), ERP (Enterprise Resource Planning), etc. It can resolve current communication issues among machines. This paper introduces and implements a visual system for machine tools in production line. By leveraging OPC UA protocol, it could present production line status immediately.

關鍵詞(Key Words)

工業4.0 (Industry 4.0)

物聯網 (Internet of Things ; IoT)

開放平台通訊統一架構 (Open Platform Communication Unified Architecture ; OPC UA)

1. 前言

近年來，物聯網、大數據分析、雲端技術蓬勃發展，2013年由德國首次提出的工業4.0概念，涵蓋層面廣泛。這些相關技術在全球製造生產領域獲得廣大的迴響，推升精密機械業智能化的浪潮，而工具機是工業生產必須的基礎設備，工具機產業佔機械工業極大比例，將導入工業4.0工具機產業已然成為重要的課題。

目前工具機產業中，因缺乏擷取機台資訊的共通標準協定，各家控制器皆不相同，即使取得資訊也無法與其它的工具機相容，成為工

業4.0與物聯網銜接的瓶頸。有鑑於此，各工具機領導廠商與相關組織提出不少工業自動化協定，希望有國際化的共同標準，目前OPC(Open Platform Communication) Foundation 國際組織提出OPC UA(Unified Architecture)協定，可整合現有工廠設備與應用系統，如MES(Manufacturing Execution System)、ERP (Enterprise Resource Planning)等，是新世代工業自動化互通標準，本論文說明工具機產線可視覺化系統，使用OPC UA協定，可即時呈現產線作業即時資訊。

2 · 工業自動化協定比較

目前工業自動化之國際標準協定中，主要有MTConnect、OPC、OPC UA、MTConnect-OPC UA，先介紹這些標準協定，再針對各協定進行分析比較。

2.1 工業自動化協定簡介

2.1.1 MTConnect

MTConnect是一個製造業標準，用來處理並追蹤從工具機得到的製造流程資訊。此協定的最早開端來自於製造科技協會 (Association of Manufacturing Technology, AMT) 於2006年度大會，會中兩場分別由昇陽科技的大衛艾德斯壯 (David Edstrom) 與加州大學柏克萊分校電腦科學教授大衛帕特森 (David Andrew Patterson)所帶來的演講：「網際網路的參與如何給工具機工業帶來戲劇性的改變」與「在二十一世紀的美國創造一個繁榮的美國製造基地」。這兩場演講都指出需要一個開放的通訊協定讓製造設備可以連上網際網路。之後，加州大學柏克萊分校的電子暨電腦科技學系與機械工程學系以及喬治亞理工學院開始合作，參考工業界代表的意見，進行此標準協定的早期發展工作。最後他們制定出此標準，採用免授權金的方式授權給別人使用。2008年9月在美國伊利諾州芝加哥舉行第一場公開展示活動，在這場活動有25個工業設備商網路連結他們的機械控制系統，這些系統讓網路上的任何一個客戶端都可取得這些資訊。MTConnect 1.0在2008年12月正式發行。

MTConnect是一個輕量、開放、有彈性的協定，用來在工廠設備與軟體應用程式之間交換資料，而這些資料可拿來監控跟分析。MTConnect是一個唯讀的標準協定，意味著他只能用來從設備讀取資料，而不能寫入資料去控制設備。另外，MTConnect各方面都是採用能免費取得、開放的標準，例如資料格式是採用XML(Extensible Markup Language)，而傳輸XML的協定是HTTP及其底下的傳輸協定。MTConnect提供RESTful介面，也就是它是stateless，不需建立session就能從MTConnect agent (MTConnect執行在設備端的軟體元件)取

得資料，也不需進行登入、登出的手續 (除非有加上安全性機制)。而自動搜尋服務方面建議採用輕量目錄存取協定 (Lightweight Directory Access Protocol ; LDAP)來達成。

MTConnect標準分為三個部分。第一部分以XML schema定義XML文件的結構。第二部分定義工具機元件以及描述可取得的資料。第三部分定義製造設備可以提供的資料流組成方式。MTConnect組織計畫增加第四部分，用來支援行動資產。目前已提供一個有彈性的XML schema，讓軟體開發商可以新增客製化資料滿足他們自己的特定需求[1]。

對於製造業而言，MTConnect標準收集資料方式符合網宇實體系統 (Cyber-Physical System ; CPS)五層架構[2]。CPS五層架構(如圖1)，包含：

- (1) 智慧連線層(Connection)：
 - 設備有自我連線、自我感測的能力。
- (2) 轉換層(Conversion)：
 - 機器近端進一步將智慧連線層得到的感測資料，用來自我預測潛在問題。
- (3) 網路層(Cyber)：
 - 在此層會依照各機器量測到的特徵值建立其對應的Twin model，並且進一步依照Time-Machine的方法特徵化其機器健康模式。被建立出的Twin model用來自我比較出點對點的效能差異以進行更進一步的資料統整。
- (4) 認知層(Cognition)：
 - 將自我存取、自我評估的結果視覺化呈現給使用者看。
- (5) 設定層(Configuration)：
 - 機器或整個生產線可以依照優先權跟風險條件重新設定以達到效能彈性的目的。

MTConnect進階的資料獲取及傳輸技術是屬於五層架構中的智慧連線層，也就是這五層架構的最基礎。

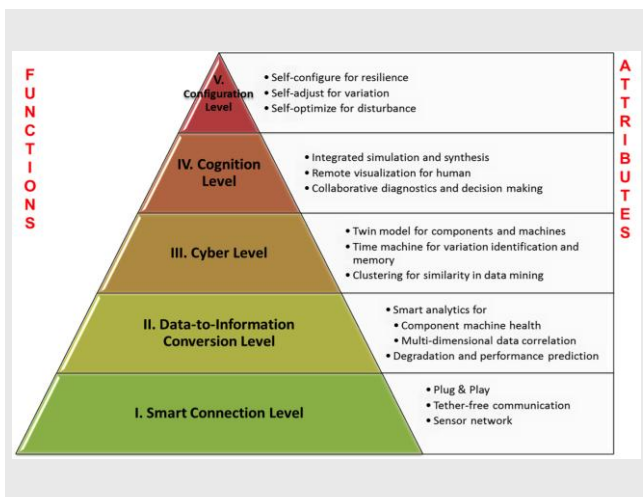


圖 1 CPS五層架構(本圖引自[5]Wikipedia: CPS)

MTConnect以漸進方式定義製造設備的通訊需求，而非一次就把所有的製造設備各種可能的資料都定義出來，根據業界需求與研究標的來定義需要的元素，目前這標準已經為金屬切割設備分類出最重要的元件跟資料項目。

MTConnect用在機台預測上，工具機元件(如滾珠軸承)發生非預期停機之前，若能早一步採取行動，所造成的維護成本跟生產力損失就能降低。除此之外，工具及插銷這些零件十分昂貴，太早汰換將形成浪費，反之，太晚汰換將造成工件品質不佳，增加工件重製的成本。

MTConnect用在機台健康管理上，健康監控應用程式利用MTConnect取得控制資料，然後歸納出演算法可以鑑定轉軸與工具的健康狀況。整個健康存取方式是基於在收到最新一筆資料時會跟目前資料比對。線上工具狀況監控模組使用控制器的資料(如轉動馬達的電流)，以及其他感測器(震動、發聲)來準確的測量、預測目前工具的狀況。

2.1.2 OPC

開放平台通訊 (Open Platform Communication ; OPC)是一系列工業電信的標準跟規格的統稱。此規格定義「流程控制與製造自動化的應用程式物件 (Objects)、介面 (Interfaces)、方法 (Methods)」的標準來達到協同運作的目的，定義不同廠商的控制設備之間如何即時傳輸工廠資料，可以包含其他資料傳輸技術，如：微軟.Net框架、XML，甚至是OPC

Foundation自訂的二進位TCP資料格式。OPC 相關協定將在下章節中詳細介紹。

2.1.3 OPC UA

OPC UA(Unified Architecture) 是 OPC Foundation定義之工業M2M通訊協定，可用Java、微軟.NET、C語言實作，與之前OPC版本差別在於不侷限在使用微軟的Windows平台。UA把既有的OPC介面與新技術(如XML、Web Service)的功能結合來支援高階MES與ERP。OPC UA 相關協定將在下章節中詳細介紹。

2.1.4 MTConnect-OPC UA

為了讓OPC UA與MTConnect可以互通，2010年，OPC Foundation跟MTConnect組織宣布合作，提出MTConnect-OPC UA協定[4]，確保這兩大陣營所制定的標準能有互動性以及一致性，目前提出的協定，主要架構在現有的MTConnect與OPC UA協定之上，可能會有多种整合方式，雖然擁有兩者之優點，但會有較難實作的缺點。

2.2 工業自動化協定比較

各協定之比較，如表1所示。MTConnect是唯讀的通訊協定，無法寫資料到MTConnect agent (設備端)，所以它的功能性相較OPC可寫可讀的特性，顯得略為薄弱。然而，OPC協定必須綁在微軟視窗平台(windows 不台)，無法與各式各樣非微軟平台相容，相當不利於此協定的發展。另一方面MTConnect-OPC UA主要用來讓MTConnect與OPC UA互通，其複雜度最高，實作不易，以目前工具機產線實際案例，目前並未使用到MTConnect協定，不需MTConnect-OPC UA互通的功能。且目前國際大廠德國西門子公司、德國KUKA機器人公司、美國通用電氣公司(GE奇異公司)，皆競相導入OPC UA，並將其視為工業4.0的最佳解決方案，且已有數百家公司加入OPC Foundation組織，顯示OPC UA為目前產業發展趨勢。因此本論文採用OPC UA作為目標系統的通訊協定。

表 1 工業自動化協定比較表

協定 項目	MTCConnect	OPC	OPC UA	MTCConnect - OPC UA
傳輸 格式	XML	XML、 binary	XML、 binary	XML、 binary
基礎 協定	HTTP RESTful	Web Service 、TCP	Web Service 、TCP	Web Service 、TCP
複雜度	低	中	中	高
安全性	高	低	高	高
傳輸 負載	高 (HTTP +XML)	低 (binary +TCP)	低 (binary +TCP)	低 (binary +TCP)
資料 可寫	否	是	是	是
跨平台	是	否	是	是
協定 互通性	低	低	高	高

3 · 工業自動化互通標準OPC UA

3.1 OPC 協定發展

最初的OPC 協定，是由一些軟硬體廠商與 Microsoft 合作，所共同建立出來的一個工業標準，是OLE for Process Control的縮寫，在對硬體裝置的通訊控制上，採用 Microsoft 的OLE(Object Linking and Embedding)、COM(Component Object Model) 和 DCOM(Distributed Component Object Model)技術，而OLE 技術之後亦已被重新架構並命名為 ActiveX。

OPC Foundation 國際組織於1994年成立，由一群產業界的代表性廠商組成，開始訂定一系列的工業自動化協定，其最初的構想是想要定義一個統一的軟體介面，來存取各家硬體廠的IO裝置，但幾乎每家廠商都有自行開發的設備驅動程式(device driver)來存取自家的硬體裝置，如此將造成系統廠或整合商的困擾，

必須要去了解各家設備驅動方式，才有辦法整合。有鑑於此，OPC Foundation定義了一系列標準的軟體介面，系統廠可以透過這一系列的標準介面撰寫控制端程式(OPC Client)，若要整合不同廠商的硬體，只要該廠商有提供此一標準介面(OPC server)即可。

表 2 OPC 協定發展

年份	標準協定
1996	OPC DA(Data Access)
1999	OPC A&E(Alarms & Events)
2001	OPC HDA(Historical Data Access) OPC Batch OPC Security
2003	OPC Complex Data OPC Data eXchange OPC XML-DA OPC UA (Unified architecture)
2004	OPC Commands
2006	OPC UA version 1.0
2009	OPC UA version 1.0.1

1996年發表第一個規範，OPC DA(Data Access) Specification 1.0a。歷經三次主要的改版，規格多了新的功能，版本雖然有向下相容，新版的server可被舊版的client存取，但還是需要舊版client有實作此新功能。然而，若一個client被寫成不支援舊版的功能、只支援新版功能，那麼此版本的client將無法存取舊版的server。OPC相關協定發展，如表2。

OPC相關協定發展到後來，因受限於採用OLE(COM/DCOM)技術來實作此介面，造成只能運用在Windows作業系統之上，2003年發表OPC UA (Unified architecture)協定架構願景，並將之前的OPC規範改稱為OPC Classic，2006年發表OPC UA version 1.0，此時加入跨平台的能力，同時新增多項功能。

3.2 OPC Classic協定

傳統OPC(OPC Classic spec.)，具有DA、HDA、A&E等功能，在工業自動化領域中受到廣泛使用，唯其受限於需使用Microsoft平台，其架構圖，如圖2。

(1) DA(Data Access)

OPC DA，主要用於收集device端(如PLC)即時數據，透過DCOM傳輸到遠端儲存系統或後端應用程式(如SCADA、ERP、MES等)。

(2) HDA(Historical Data Access)

OPC HDA主要用於收集device端已封存的歷史數據，並傳輸到後端應用程式。

(3) A&E(Alarms & Events)

OPC A&E定義警訊及事件之類的資訊如何被傳遞，也定義了變數狀態、狀態管理，收集device端之警報與事件，並傳輸到後端應用程式。

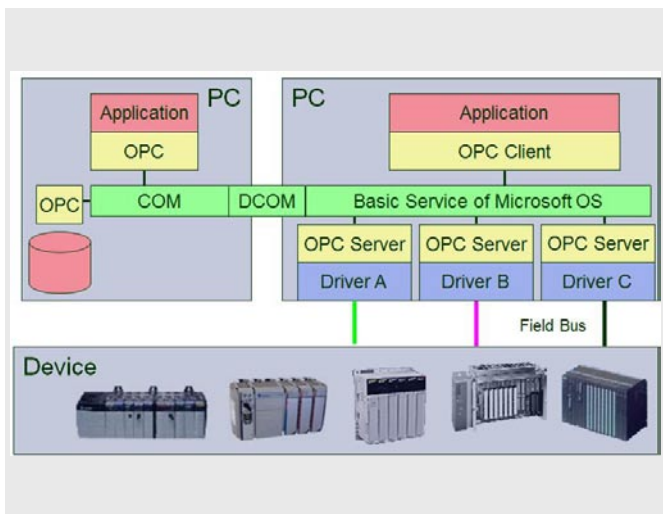


圖 2 OPC Classic 架構

3.3 OPC 協定特色

OPC是被設計來提供軟體應用程式與流程控制硬體之間的橋樑。使用標準一致的方法，而這些方法是用來從工廠設備存取資料。儘管資料的種類與來源不同，這方法是一樣的。也就是說，不管硬體設備為何，OPC server提供資料給OPC client存取的方式都會是一樣的。目的是為了要減少重複判別資料型式與讀取的工作，這些工作來自於硬體製造商以及他們的軟

體夥伴，如SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)與其他HMI (Human-Machine Interface)生產者。一旦硬體製造商開發出他們新硬體的OPC server，上層軟體便可以直接存取設備內的資料；同樣地，一旦SCADA生產者開發出他們的OPC client，便可經由某一相容的OPC server存取任何硬體內的資料(包含已存在的或還沒被創造出來的硬體)。

OPC server提供許多OPC client存取流程控制器資料的方法，這些OPC client可以是PLC (Programmable Logic Controller)或DCS (Distributed Control System)。以往的做法是，每次換了不同的設備、客製化介面或驅動程式，整個軟體就需要重寫。OPC的定義共同介面讓軟體只需寫一次就可以不斷被任何軟體(SCADA、HMI、客製化軟體)重複使用。一旦某特定設備的OPC server被寫好，它就能被任何有OPC client功能的應用程式存取。

OPC有些標準是公開的，有些標準只有OPC基金會會員才能取得。所以沒有公司真正擁有OPC，任何人都可以開發OPC server，不管他是否為OPC基金會會員，而且非會員也不需使用最新版的規格。任何人都可以整合OPC產品，而且沒有任何必須隸屬於某個組織的前提。因此，每個公司可以自由選擇是否要加入OPC基金會，加入可以額外確保其產品被認證，公司的系統整合者能得到足夠的訓練。

3.4 OPC UA協定

於2006年發表的OPC UA協定，加入SOA (Service-Oriented Architecture) 物件導向模型，統一各元件介面，備援機制與安全性等特性與跨平台能力，透過OPC UA 可相容於傳統OPC 以及其它既有之工業用通訊協定，其架構圖，如圖3[3]。

3.4.1 OPC UA client 架構

使用OPC UA Client API來收送Application層的Service requests 與 responses，經由Communication Stack層之訊息資料轉換，再對外與OPC UA Server溝通，如圖4[3]。

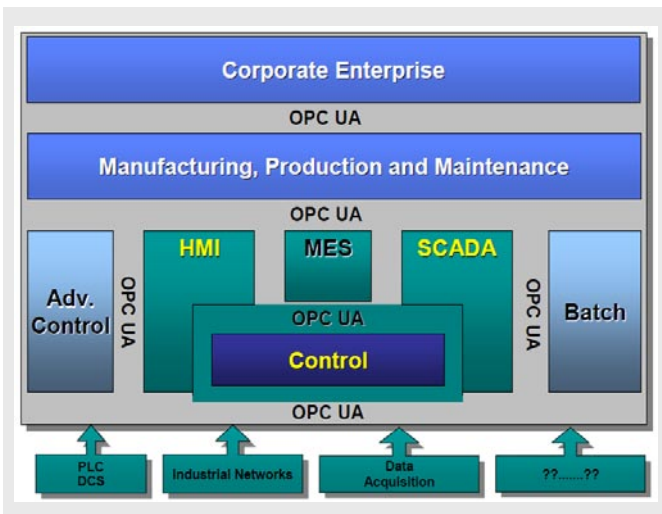


圖 3 OPC UA 架構(本圖引自[3]OPC UA Spec.)

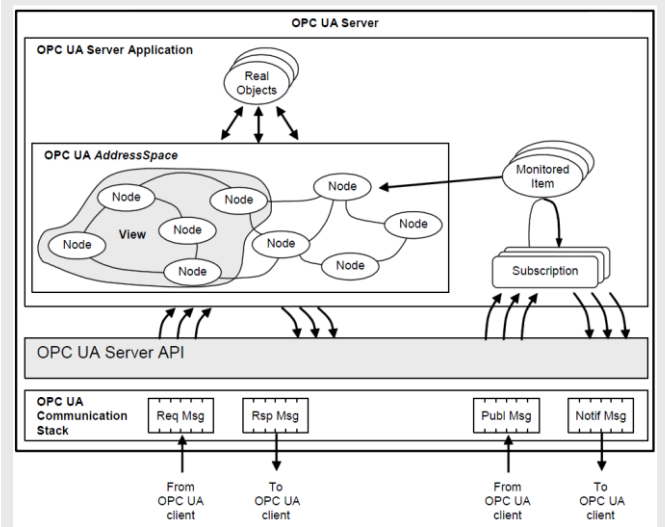


圖 6 OPC UA server 架構(本圖引自[3]OPC UA Spec.)

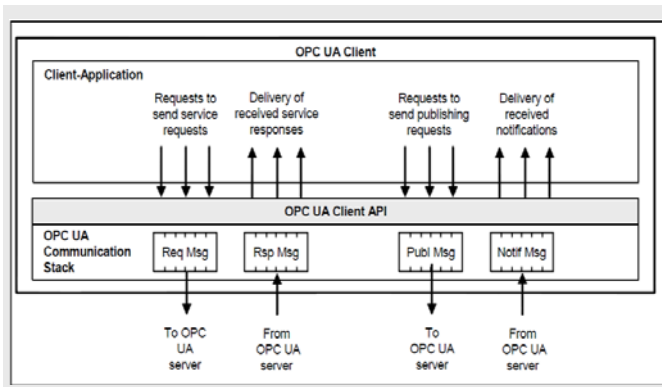


圖 4 OPC UA client 架構(本圖引自[3]OPC UA Spec.)

3.4.2 OPC UA server 架構

OPC UA Server 主要面對 PLC 等實體介面，並收送來自 OPC UA Client 的 Request/Response，另外有 subscribe/notification 機制，如圖 5[3]，OPC UA Server 內部使用 AddressSpace Node 代表實際的物件，OPC UA Server Application 使用 OPC UA Server API 來收送來自 OPC UA Client 的 Messages，並處理 subscribe/notification 機制，如圖 6[3]。

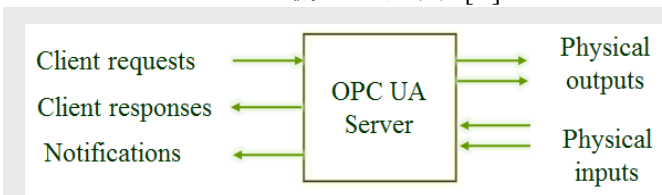


圖 5 OPC UA server 介面 (本圖引自[3]OPC UA Spec.)

4 · 系統實作與案例說明

為了可即時呈現產線作業即時資訊，實作工具機產線之可視覺化系統，使用 OPC UA 協定傳輸工具機資料至後台，使用 WebSocket 傳輸即時資訊至畫面，系統架構與系統流程說明如下。

4.1 系統架構

系統架構分為工具機 OPC UA 協定架構、OPC UA Client 端系統架構、視覺化呈現架構，共三部份，分述如下。

4.1.1 工具機 OPC UA 協定架構

使用 OPC UA 協定傳輸工具機資料至後台(如圖 7)，最右邊是 OPC UA Client，與中間這排一到多個 OPC UA Server 連接，每一 OPC UA Server 則與工具中心(Machining center)連接。

圖中間最下面那個 OPC UA Server 呈現其內部架構，最底層是作業系統，在此實作例子是使用微軟視窗作業系統，在作業系統上執行了三個程式，最左邊的 VMX 是工研院工具機中心所開發的程式，其作用是取得工具機的資料，然後儲存到中間的 SQL Server，SQL Server 是微軟的資料庫，最後由右邊的 VMX OPC UA Server 程式的 DB Proxy 模組讀取 SQL Server 中的資料，最後傳送給 OPC UA Client。

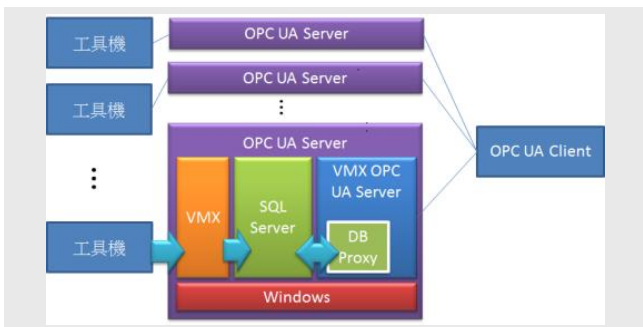


圖 7 系統架構圖

在此實作例子的 information model 是根據 VMX 所連接之工具機所設計的(如圖8)。在基本的 information model 的 Objects/Server 下，增加了一個 VMX 的節點，此節點之下新增所需的 information model(如圖9)。此 information model 是工具機中心參考 MTConnect 所設計，雖然現階段不是採用 MTConnect-OPC UA，但為了之後的互通性，盡量符合 MTConnect 以降低日後改用 MTConnect-OPC UA 所需變動的幅度。

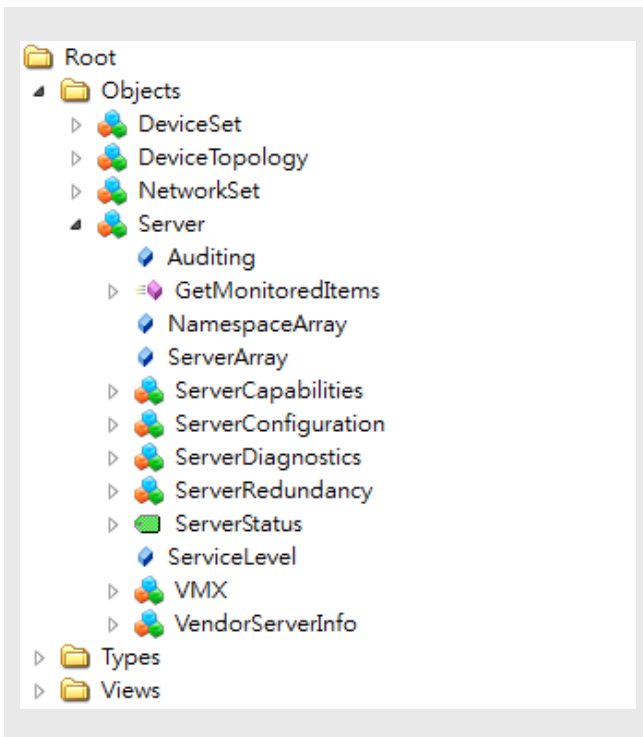


圖 8 information model 概觀

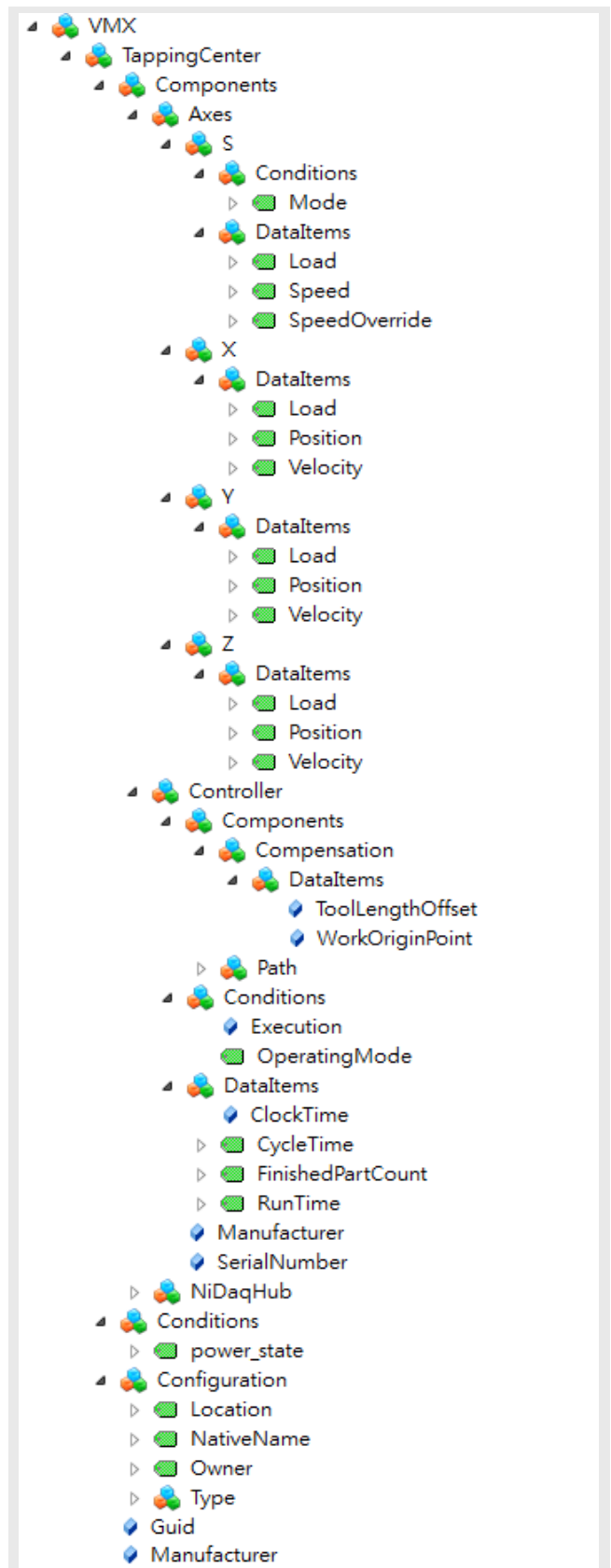


圖 9 VMX information model

上圖9中，顯示新增之information model，節點 VMX以下有Components、Conditions、Configuration等子節點，各子節點再往下細分。Components節點，主要為工具機各元件基本資料與運作參數值，在Axes節點下，分別為各軸(S、X、Y、Z軸)之負載、座標位置與轉速，在Controller節點下，有 FinishedPartCount(已完成工件數)、CycleTime(加工時間)等。Conditions節點下，主要為工具機之狀態，Configuration節點下，主要為工具機之基本設定資料。

4.1.2 OPC UA Client端之系統架構

OPC UA Client端之設計，為了將收到的資料轉發視覺化UI呈現，分為UaProxy、OPC UA Client Core、Easywsclient 三個元件(如圖10)。

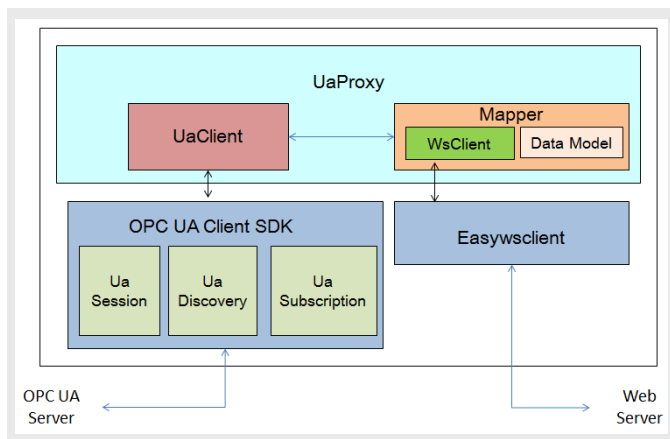


圖 10 OPC UA Client端架構

(1) UaProxy

- UaProxy為OPC UA Server與視覺化UI的轉發角色，處理雙方的資料流。

(2) OPC UA Client Core

- OPC UA Client Core包含UaSession、UaDiscovery、UaSubscription，提供OPC UA client API。
- UaProxy使用此API與OPC UA Server通訊(Information Model的存取)。

(3) Easywsclient

- Easywsclient 提供 C++ WebSocket Client的API，UaProxy利用它以WebSocket 協定與Web Server做雙向通訊，達到即時畫面的呈現。

- UaProxy 有UaClient處理OPC UA網路通訊，並由Mapper將資料做解析，存於Data Model。WsClient 主動(資料改變)或被動(Web Server需求)將Data Model資料送至Web Server，達到即時的效果。

4.1.3 視覺化呈現架構

為達到即時UI的效果，OPC UA Client與Web Server間通訊，與Web Server至各瀏覽器間之通訊，皆採用WebSocket機制(如圖11)。WebSocket提供單個TCP連線進行全雙工的協定，藉由伺服器推播的功能，達到瀏覽器與伺服器即時雙向溝通，連接Web伺服器的UI能即時反應目前機台的狀況，以利監控。

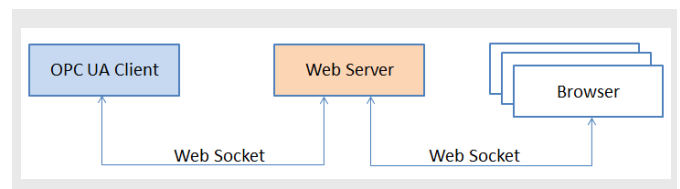


圖 11 Web Server通訊架構

4.2 OPC UA Client 運作流程

依據上圖10之架構，其相對應之運作流程，分述如下。

4.2.1 UaClient初始化(圖12)

- (1) 依據Configuration檔案的設定，建立一次性資料與即時性資料清單。
- (2) 建立OPC UA Server連線。
- (3) 透過OPC UA協定讀取(Read)一次性資料，內容有位置、機型種類、製造商等。
- (4) 透過OPC UA協定訂閱(Subscribe)即時資料，內容有狀態、運行時間、完成工件數目等，當值改變時會通知UaClient。

4.2.2 Mapper初始化(圖13)

- (1) 連結UaClient，與UaClient建立資料交換機制。
- (2) 初始Data Model。
- (3) 建立WsClient並與Web Server建立連線。

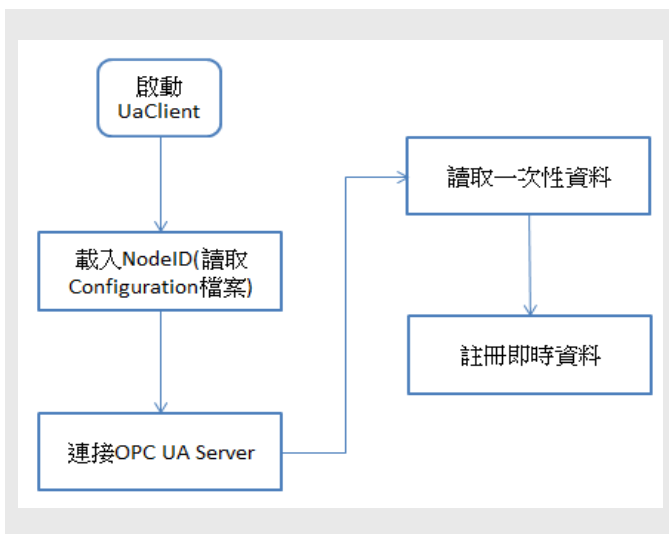


圖 12 UaClient 初始化

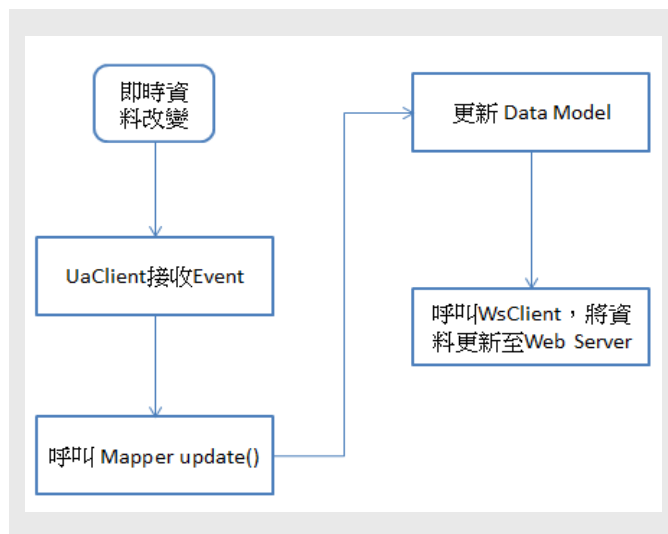


圖 14 即時資料變化

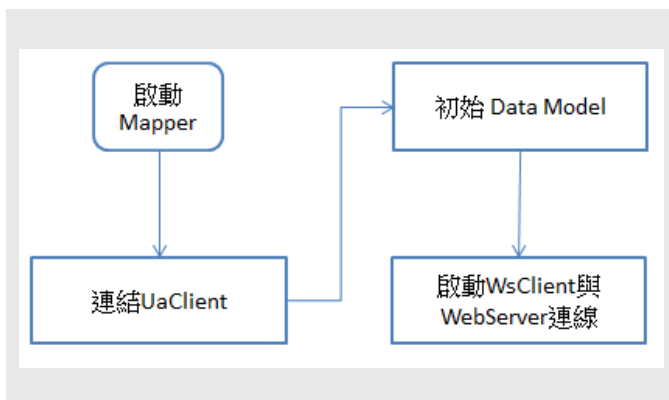


圖 13 Mapper初始化

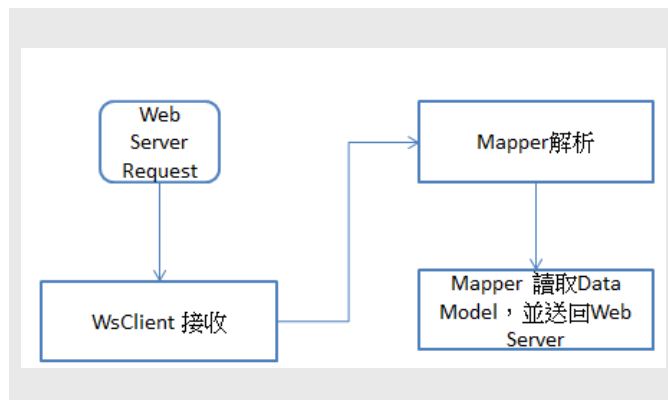


圖 15 Web server 主動更新UI

4.2.3 即時資料變化運作流程(圖14)

- (1) 當 OPC UA Server 之即時資料改變時 (被訂閱) · UaClient 會收到從 Server 送出最新資料。
- (2) 呼叫Mapper的update()做資料解析。
- (3) 更新Data Model。
- (4) 呼叫 WsClient · 將資料更新至 Web Server。

4.2.4 Web Server主動更新UI(圖15)

- (1) WsClient接收 Web Server更新頁面需求。
- (2) 呼叫Mapper做解析。
- (3) Mapper讀取Data Model的資料 · 並透過 WsClient回送給 Web Server。

4.3 視覺化呈現

4.3.1 Web呈現系統運作流程

於 OPC UA Client 實作 WebSocket Client · Web Application 實作 WebSocket Server · Web page實作WebSocket Client · 當使用者開始瀏覽page A時 · web page A將此訊息傳至WebSocket Server · WebSocket Server再 broadcast到所有的WebSocket Client · OPC UA Client 即時傳出web page A之資料 · 之後隨 OPC UA Server notification更新頻率 · 持續更新 · Web呈現之詳細流程(如圖16) · 系統整體運作流程(如圖17)

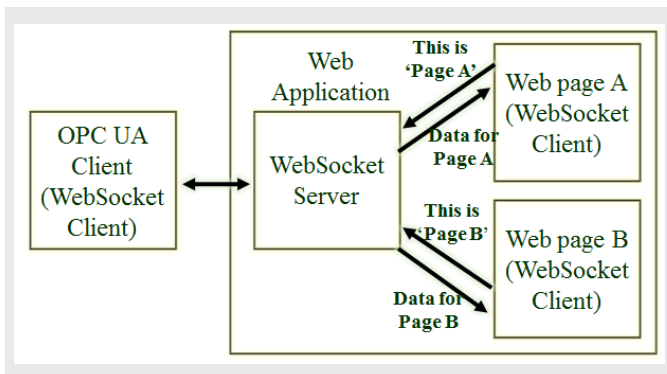


圖 16 Web 呈現流程

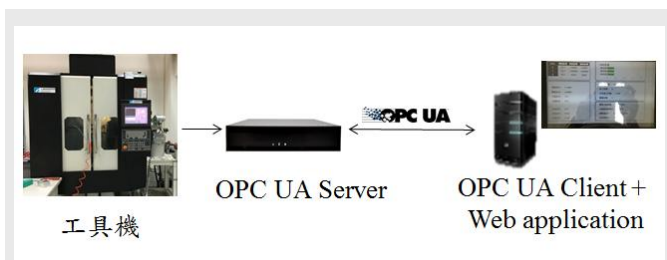


圖 17 系統整體運作流程

4.4 即時資訊傳輸實驗

為了因應能傳輸工具機大量即時資訊，需要得知OPC UA的傳輸量上限。故進行實驗以求得此上限。

4.4.1 實驗環境

兩台PC (A與B)用1Gb Ethernet連到同一台switch，互相ping的網路延遲時間都是小於1毫秒，A電腦上執行OPC UA server，B電腦上執行OPC UA client。OPC UA server的information model 有一變數節點(一個長度10k的Int16 array)，OPC UA server背景執行一個執行緒每毫秒變動此變數的值，然後OPC UA client訂閱此變數，並將此訂閱設定成一有變動就發佈此變數的值。

4.4.2 實驗結果

單一session所能達到的極速是每秒發佈14次，每次發佈10k個Int 16，因此每秒最大可以傳輸約140k個Int 16，也就是280kB的資料量。若單純只是讓使用者即時監控資料，其資

料傳輸率不大，但如果要用來即時分析並預測潛在問題的話，所需的資料傳輸率就高得多(約每秒10k個Int 16)。由此實驗數據結果顯示，目前傳輸採用OPC UA協定已足以應付一般資料傳輸的需求。

5 · 結論

近年來，工具機智慧化原本泛指各工具機廠商為了提升效能而開發的單機輔助軟體，隨著工業4.0相關協定與物聯網、雲端技術蓬勃發展，有了更智能化的詮釋，不再追求單一工具機的智慧化，取而代之的是工具機與產線的資源共享與資訊互通，也是工業4.0的核心。

本論文為了此目的，採用工業自動化國際標準協定OPC UA，整合工具機的Information model，成功的將工具機的即時資訊，以web方式呈現，同時為了大量傳輸即時資訊的需求，有針對OPC UA協定進行傳輸測試實驗，此數據可供未來傳輸大量資料或大數據分析之參考。目前已有不少廠商將OPC UA導入生產流程中，紡織業大廠藉由OPC UA通訊協定進行底層設備(空壓機、鍋爐、電力、定型機、加工紗機、氣織機與染色秤料系統等)資訊擷取，統一底層通訊介面在未來進行機台擴充時，可有效減少過往重新建置所需時間，另透過上層中央監測系統進行可視化圖型介面的呈現、警示系統的建立、歷史資料的查詢、統計分析與移動監看等具體實現精實管理項目。另一家PCB生產公司更將OPC UA訂為未來採購機台必備的通訊協定，並預估未來能夠透過數位與自動化節省人員成本，提高工作效率。

上述產業導入共通介面與統一可視化圖形系統，初步成效可以將異常通報時間由5分鐘降低至3秒鐘，加速事件處理的時程。在實驗過程中亦可知道最大的傳輸量為280kB，足夠應付一般工廠的資料傳輸情形。

未來此系統可擴大整合各類型的工具機，配合各工具機的類型制定其Information model，若該類工具機有用到MTConnect協定，系統亦可進一步擴充使用MTConnect-OPC UA協定，達到將工具機智能化的目標。

參考文獻

- [1] MTConnect 基金會，
<http://www.mtconnect.org/>
- [2] MTConnect 維基百科，
<https://en.wikipedia.org/wiki/MTConnect>
- [3] OPC 基金會，<http://opcfoundation.org>
- [4] MTConnect-OPC UA 互通協定，
<http://www.mtconnect.org/opc-ua-companion-specification/>
- [5] Wikipedia: Cyber-physical system (CPS)
https://en.wikipedia.org/wiki/Cyber-physical_system

作者簡介

柯耀興



現任職於工研院資通所智能製造服務系統組。專長於平台服務系統、遠端管理技術、雲端平台管理技術。

陳柄佑



現任職於工研院資通所智能製造服務系統組。專長為家庭網路通訊協定技術、雲端平台管理技術。

吳年欽



現任職於工研院資通所智能製造服務系統組。專長於網路通訊協定、遠端管理技術、嵌入式系統。

吳金能



現任職於工研院資通所智能製造服務系統組。專長於平台服務系統、遠端管理技術、遠距醫療與居家照護系統。