

應用物聯網 IoT 實現工業4.0之目標

文/陳俊隆、薛敦仰

關鍵字：工業4.0、工業物聯網(IoT)、預測保養(PdM)、能源使用效率

工業4.0的時代來臨改變了製造業的遊戲規則，各公司無不蔚為風潮地投入新的製造模式。然而若要全面達到工業4.0之目標，必須大幅度投入新型技術或是購置大量新設備，這將會耗費大量的資金與時間，對於台灣工業是以中小企業為主的製造業會帶來很大的負擔。近幾年IoT (工業物聯網) (Internet of Things) 技術的出現，不但在德國成為示範工廠的測試平台，也開始導入產業應用。IoT技術是將現實的機台使用通訊技術和互聯網連接，能實現工廠機器即時數據採集、低延遲的本地數據處理，與全面可視化的智慧工廠監控等目標。而IoT是以現有的機台加上連接設備 (Gateway) 與雲端平台，不須淘汰原有設備，使得公司以更低的成本生產，並以更大的靈活性滿足市場需求、提升競爭力。

前言

科技的演進始終源自人類對於現實的需求，自從工業革命以來，人類開啓機械與製造工廠的概念，因應大時代的背景去改良生產模式，從工業1.0使用蒸氣與水利取代人力；到工業2.0使用穩定能源的電力來驅動機械，因應大量

人口成長衍出生產線與大量生產模式；再到工業3.0使用電子設備及資訊技術踏入自動化生產來面對高危險、高複雜度的工作環境，並開起電腦數位化 (NC) 控制生產的時代。現今進入工業4.0的時代，將人和數位控制的機器運用互聯網和通訊技術相結合。所以也被稱作互聯產業時代。這一系列的影響將

改變工廠的未來樣貌，由 i3.0 自動化轉變成 i4.0 智能工廠；工廠內所有設備裝上感測元件，記錄所有數據，人員利用 IT 設備監控，並且可以因應產業作業型態(如航太工業常見垂直產業鏈模式)和市場需求進行調整，增加生產彈性與反應速度，並利用雲端伺服器，透過 AI 與大數據分析做出決策，走向客製化生產與銷售模式。工業 4.0 最大的改變在於生產中或在製造中數據從各個機台垂直流向公司的 IT 雲端平台。除此之外，數據也會在生產機器和公司的製造系統之間橫向流動。本文中將要介紹的物聯網 IoT (Internet of Things) 是智慧型工廠的橋樑與自動化轉變成 i4.0 智能工廠關鍵要素。

IoT 帶來的改變

物聯網的概念可以追溯到 1999 年，由英國技術先驅 Kevin Ashton 定義：「當今的電腦以及網際網路幾乎依賴於人類來提供資訊。傳統的網際網路藍圖中忽略了為數最多並且最重要的節點：人。而問題是：人的時間、精力和準確度都是有限的，他們並不適於從真實世界中截獲資訊。這是大問題。我們生活於物質世界中，我們不能把虛擬的資訊當做糧食吃，也不能當做柴火來燒。當今的資訊科技如此依賴人類產生的資訊，以至我們的電腦更了解思想而不是物質。

如果藉助電腦能的幫助，我們就可獲知物質世界中各種可以被取得的資訊，並能夠以這些資訊追蹤和精準計量那些物質，而得以減少製造過程浪費、損失和消耗。我們將知曉物品何時何時需要送達加工站，該加工站技術員是否有資格操作該項設備，該項設備機件是否該更換、維修或召回，他們是新的還是過了有效期，甚至進行高階的庫存(物料管理)、插單、最佳化排程與即時報價功能。IoT 技術有改變世界的潛能，就像網際網路一樣，甚至更深遠。」

在未來工廠中，一切事務都將互通互聯，從現場機台到雲端計算的 IT 系統。透過機台感測器收集或是市場回饋的數據，無論是銷售中或是正在生產的工件，都會影響產品的製造流程。而當收集的信息越多，製造品質愈容易提高。這些數據經過分析為製造商提供決策，幫助優化生產過程，從設計、開發和量產，大量節省時間和金錢。

以 BMW 智能工廠為例，在整個製造過程產生大量數據。將所有的數據透明化和 AI 數據分析不斷幫助每個階段的製造優化。在智能工廠中，將每個組件編碼。使得每個零件在數位虛擬系統上定位。每個生產工廠都有一個“數位雙胞胎”，可以準確顯示註冊物體的實際位置，如圖 1 所示。

即時數據分析可以顯示零件、車輛和機器的當前狀態，使自動化系統能夠

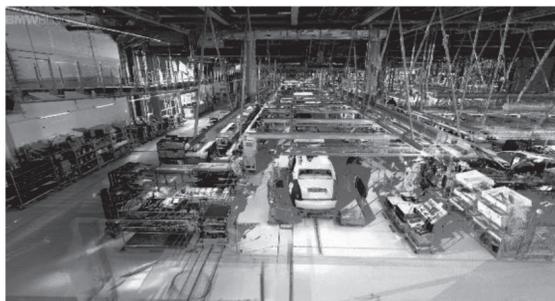


圖1 BMW集團數位雙胞胎系統



圖2 BMW集團數製造輔助系統

在出現任何損壞或中斷時立即警報。例如：如果運輸自動搬運車 (AGV) 發生事故，系統會自動計算替代方案並為工作人員下達相應的措施，如圖2所示。使用數據分析可以產生更明智的決策，降低錯誤風險，並減少溝通和重複工作所需的時間，裝配線上車輛的生產時間從傳統的40小時減少到的20小時。滿足工業4.0高品質與高靈活生產。

IoT的智慧工廠

現行許多工廠和機器尚未進入數位時代。首先需要連接它們才能充分利用

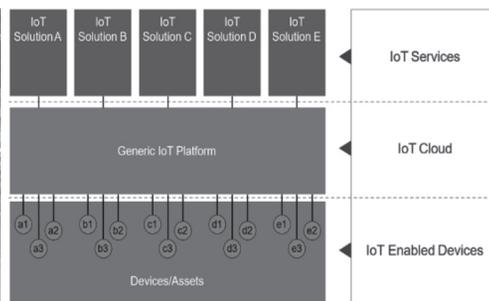


圖3 BOSCH通用雲端平台的分層

工業物聯網的優勢。將其用於已安裝或是新的運算電腦。物聯網軟體使您的機器和過程數據更加透明。實時監控過程數據，如溫度、壓力、振動等，確保生產穩定。Bosch公司將其主要架構為三層如圖3所示，而基本架構為：

感知層(Device)

針對不同的環境進行感測與監控，主要可分為感測技術，例如：加速規、溫度、壓力感測器；辨識技術，例如：RFID、QR code辨識。

網路層(Connect)

將感知層收集到的資料傳輸至網際網路，建構無線通訊網路上，可分為有線網路技術、無線網路技術。

應用層(Manage)

產業間進行技術融合，會根據不同的需求開發出相應的應用軟體，主要可分為資料收集、資料傳輸、資料處理、資料交換。

以Bosch公司的方案為例子，如圖4所示，要將現行工廠導入IoT系統，首先加裝互聯網閘道器 (IoT Gateway) 將現有的傳統機器與IT + IoT的基礎設施相連接，讀取現有PLC和其他傳感器所生產的數據，透過網頁連結器將控件器和驅動器連接到Web應用介面，透過數據分析伺服器分析和監控所有數據並存儲在大數據的數據庫，配合高階應用系統:製造執行系統 (Manufacturing Execution System, MES) 以及企業資源計劃(Enterprise resource planning, ERP)等監視現場機器狀態，除了基本的配備以外，加上線上網路診斷，由大量數據分析可以降低停機的风险，另外使用開放核心介面通過高級語法和工具直接編輯控件器和驅動器的核

心功能，配合MES模塊連接機器和生產線，透過即時的螢幕顯示為現場作業人員和決策者提供參考與處理建議。

IoT新型態能源管理與預測保養

近年來環保意識抬頭，綠能發電更加重視，帶來的副作用就是電價上升，能源使用效率越來越重要，以德國許多行業為例子，能源成本佔產品製造總成本的5-8%，相當高。因此有效使用和降低能源成本是一個重要的競爭因素。

BOSCH公司開發能源效率管理模組，幫助工廠諮詢和節能優化，通過可視化的能源流程，到製造過程的能源優化與能源供應。成功的重要因素是利用IoT與智能結合，監控過程中能量的生產以及分配製造過程中有效使用能原，減少製造過程中的使用量。

在德國Blaichach擁有全球最大汽車零組件廠BOSCH公司工業4.0工廠，

這裡與全球工廠連線，每台設備全部連結，這些機器以毫秒為單位將生產數據回饋到中央系統，廠區裡沒有一張紙，只高掛著超薄液晶屏幕，如圖5所示 (類似Toyota看板 JIT功能)。屏幕上顯示每台機器的耗電量、排氣量，過去要七、八個人負責每天生產六千八百個零組件，現在只需要兩個人。

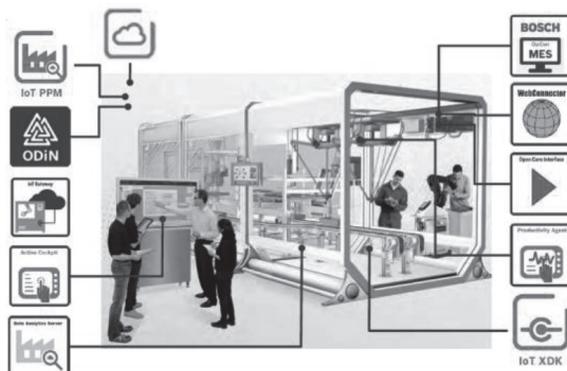


圖4 BOSCH應用模組化於包裝機



圖5 類似Toyota看板 JIT功能

BOSCH公司的工廠中實現了出色的節約。僅在一個站點上優化機器組就可以減少25%的能源使用，大約為德國1400個單戶住宅的消耗需求。以BOSCH公司在法蘭克福近郊的Homberg工廠為例，在德國政府執行終止核電政策後，綠能取代後電價在4年內上漲40%，該廠導入i4.0智能產線，全年能源支出不升反降。

除了能源管理以外，維修保養的消耗也是對於公司成本與環境資源的一大衝擊，一般的工廠根據機台製造商建議的時間表或服務時間更換設備，例如：常見的日檢、周檢、季檢、年檢等，但是具有週期性的維修保養不能精準的得知機器的狀態，太早保養浪費零件成本；故障才保養會造成生產線停擺，而大量損失，所以預測保養(Predictive Maintenance, PdM)的理念被提出我們可以透過設備監控即時狀態偵測用以實時掌握設備運作狀態，設備監控也透過各種感測器擷取設備的「健康數據」，如

電流、振動、聲音等，來判斷機台設備正常與否。

透過大數據分析，廠務人員可根據設備的實際運作狀態來推測使用壽命，讓工廠管理者在檢修機台設備時，依照實際狀況進行評估。藉由數據分析更可預測潛在的故障危機，讓產線不因臨時故障而停擺，進而提升產能穩定。

機器和設備是複雜的系統，其中各種驅動和控制技術協同工作。只有透視整個系統時，我們才能看到系統並提高能源效率與並在整個生命週期。

IoT的網路安全

物聯網為消費者帶來了諸多好處，改變消費者與供應商的互動的方式。在未來，物聯網將虛擬世界和實際世界融合在一起。從安全和隱私的角度來看，傳感器等設備普遍進入私密空間，從汽車到穿戴產品都會發出數據。在其中隱私和數據安全是主要問題。

物聯網使更多的設備在線也意味著需要保護的設備越多，物聯網系統通常不會設計用於網路安全。隨著網路罪犯持續增加，越來越多數據洩露事件發生，甚至可能使系統癱瘓而停工，導致嚴重的損失。由於物聯網是關鍵的基礎設施組件，因此它成為國家和工業間諜提供了良好的目標去攻擊。

在2017年6月，日本汽車大廠本田

(Honda) 因發現WannaCry病毒而緊急關閉東京西北方一家工廠近兩天，影響千餘輛車的生產。該公司指出，雖然五月中曾經針對WannaCry特別做了加強防護，但該公司仍發現網路仍遭感染，因而決定暫時關閉琦玉縣一座工廠，損失為每日上千台的產量。

WannaCry 是一種利用美國國家安全局(NSA)外洩出來的 Windows 漏洞所製成的電腦病毒，通常加密受害者電腦並要求贖金，如圖6所示，目前全球災情因各國機構相繼投入研究而較為緩解，但並未真的消失，反而不斷研發新的版本，成為具有主動感染功能的電腦蠕蟲。

而在2018年3月，Boeing公司也遭受此病毒傷害，影響的生產線包括787 Dreamliner 和採用最新技術的 777X。波音商已緊急命令以人力接管所有生產設備。先進自動化生產設備將可能使病毒藉由性能測試設備傳播到飛機本身的軟體系統。



圖6 WannaCry電腦中毒畫面

近期台積電也遭受WannaCry變種病毒癱瘓了全臺各地廠區多條生產線，釀災關鍵因素是台積電為了效率，將台灣各地廠房都串連到雲端，因此WannaCry蠕蟲如入無人之境，可以一臺臺的感染各廠區。預估營收損失高達52億元。

工廠因許多專門的生產設備並不會經常更新且相互連接，容易受到病毒擴散感染。雖然物聯網等技術威脅一直存在，但可以使用數據加密，用戶身份驗證，彈性編碼以及標準化和經過測試的API (application programming interface)等安全工具來增強安全性。

IoT連結工業與商業

企業為了瞭解下包商所有主要生產設備的即時狀態，透過物聯網的連接，要求下包商在生產設備中加入感測器以追蹤設備運行狀態，並即時回報給其供應商，如此一來就可從源頭排除產品運送遲滯的可能性，並進一步對生產計畫做出調整。

以BMW公司為例，它為每輛車生產關鍵部件的零件供應商的工廠安裝了物聯網傳感器，並允許BMW公司讀取這些即時數據，供應商的延遲交貨可以立即解決，而不是幾天或幾週後。

由於未來的製造型態是少量多樣，因此我們需要在短時間內判斷：接受訂單的利潤與產能，如果使用以往的方式

並非是好方法。供應商應該建立好一套決策模型，才能依據現有已知的資料，計算出正確決定，而模型的建立必須倚靠IoT的數據收集。

另外隨著產品透過物聯網的連接，企業能夠追蹤使用中的產品，因此有可能回饋顧客的使用情況。利用新的分析和新的服務，促進更有效的預測、流程優化和顧客服務體驗。另外客製化也是銷售的關鍵，製造商可以根據客戶購買的內容，通過軟體許開啓或關閉特定功能。這種方法將使用物聯網設備的製造商能夠在其產品中的每一項功能上獲利，而無需額外成本。

以特斯拉為例：該汽車製造商允許客戶購買下載軟體更新，該軟體更新將使用自動駕駛功能升級於現有汽車。特斯拉車主不再受限於等待新車利用新功能，汽車不再是固定的對象，而是一種不斷變化的，可定制的服務，可以根據持續不斷地為客戶提供新的價值。

隨著製造商尋求建立客戶關係和增加利潤的新方法，他們需要變得更具戰略性。這種趨勢已經在重塑製造業的規則。傳統設備製造商面臨的主要挑戰為將其產品視為具有固定對象。他們必須開始思考並像服務提供商一為現有客戶提供新的價值以滿足他們不斷變化的需求。

總結

物聯網應用於智能工廠，使其賦予決策導向，具有計算智能和自我學習能力，使製造過程更加優化。不管是用於生產流程管控、設備診斷、加強供應鏈運作或是回饋顧客體驗，沒有所謂一體適用的方案，製造商不是花費大量的成本去建立，必須依照自身的需求挑選適合方案，但其最終目的為降低生產成本，提高競爭力。■

參考資料

1. “2017_Rexroth Connected Automation_Building Blocks_Solutions_V1” from BOSCH.
2. “Digitalisation in production.” from BMW.
3. “Tesla : Case Study : Internet of Things” from Tesla.

作者簡介



陳俊隆
德國Bosch Rexroth 台灣分公司協理
專長：
工廠自動化
智慧機械運動控制機電整合



薛敦仰
國立台灣大學機械工程系精密製造技術
實驗室/研究生
專長：
CATIA 與NX10 CDA CAM
航太組裝工具設計