

Industrial IoT & Big data

於能源管理之應用

台灣積體電路製造股份有限公司 八廠

王儒生

摘要

因應環境氣候變遷以及政府能源政策的變因，目前台灣無法有效擴充穩定的基載電力，致使產業界近年頻頻面臨限電危機，在環保與限電的雙重挑戰下，如何節能與提升能源使用效率已經是產業界刻不容緩的議題。

本文以半導體廠之廠務系統為基礎，透過四個階段的循環達到能源管理目標，四階段循環簡要分述如下：

- (一)以工業網路IIoT(Industrial IoT)的概念進行設備運轉資料擷取與收集，依照不同系統屬性進行層別分類並建置能耗資料庫；
- (二)利用Big data 多因子回歸找出其關聯性，進而比對其效能差異，藉以進行設備運轉調度管理；
- (三)Big data分析結果除了進行運轉調度外，此階段將已得知的設備差異化進行本質改善，評估可能的節能機會，執行設備效能提升；
- (四)檢討系統變異與需量修正，再加入環境因素與產能規劃進行回歸藉以修正系統需量，達到需量管理目的。

總結本文以IIoT的概念建立能源流，並透過Big data手法分析其能效差異，再藉以改善個別效率及高效驅動設備導入，最終達到系統消耗與需量平衡，以提升能源使用效率為目的。

關鍵字：IIOT、工業物聯網、Big Data、多因子回歸、能源管理、需量管理、節能。

物聯網與工業物聯網

物聯網(IoT, Internet of Things) 的概念源起，於1995年比爾·蓋茲出版的《未來之路》一書中開始提及物互聯的雛型概念; 物聯網的正式出現，普遍公認是1998年麻省理工學院MIT Auto-ID中心Ashton教授提出了當時被稱作EPC系統的物聯網構想。1999年，在物品編碼RFID技術上Auto-ID公司提出了物聯網的概念; 2005訊息世界峰會上，國際電信聯盟(ITU) 發布了《ITU網際網路報告2005：物聯網》，物聯網的定義和範圍不再只是指基於RFID技術的物聯網，由於硬體製造與通訊技術的演進使聯網元件的成本與體積大幅下降，因此應用範圍開始拓展，這是比較貼近目前樣貌的架構發展。

物聯網實現人類社會與物理系統的整合，透過感測器嵌入到電網、運輸、建築...等各種物體中，再以網路將分散的資訊互聯與整合，在這個整合的網路當中，能夠對整合網路內的人員、機器、設備和基礎設施進行管理和控制，在此基礎上，人類以更加精準和動態的方式管理生產及生活、提高資源利用率和生產力。物聯網的應用領域可涵蓋到人類大部分的生活領域，包含運輸物流領域、健康醫療、能資源管理、工業生產、智慧家庭、智能工廠、個人和社會領域等，本文將針對某半導體製造工廠IIoT應用於能源管理進行探討。

1.網路架構

根據歐洲電信標準協會 (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) 之定義，IoT 可依照不同的工作內容劃分為感知層、網路層及應用層，本系統應用於IIoT之網路架構圖如 (圖1) 所示。

(一) 感知層

就感知層而言，利用具感測或辨識能力的元件嵌入各種真實物體。這些感測元件包括溫度、濕度、壓力、亮度、流量、距離、加速度、壓力、氣體偵測等感測器或儀表裝置，使物件具有感測環境變化能力，且透過條碼、RFID或網路名稱賦予每個物件具備自己專屬的身分識別，透過身分識別與反饋，使接收設備得知每個物件或儀表對於環境物理量的變化。

(二) 網路層

如前述IIoT中的物件皆具備聯網能力，可將感測資訊傳遞至網際網路，部分元件亦具備接收遠端使用者的命令及控制功能。為此，網路層提供物件與使用者之間的聯絡通道，一般可透過有線或無線傳輸，常見的通訊技術例如3G、WiFi、NFC、Beacon、Zigbee、藍牙等，以及工業網路常見Modbus、PROFIBUS、FieldBus、CANopen等通訊協定達到互聯功能。

(三) 應用層

物件透過「感知」與「聯網」將資料傳送至雲端或資料，經過分析藉以發展出各種應用或服務。應用層涵蓋到應用領域相當廣泛，從個人周遭的智慧家庭(Smart Home)、智慧醫療、智慧建築(Building Management)，大至環境監測、無線感測網路(Wireless Sensor Network ; WSN)、智慧電網(Smart Grid)與智慧工廠(Smart Factory)等大範圍的應用。

本文之應用係以半導體廠之廠務系統為基礎，將無塵室廠房等周邊系統建構在IIoT架構上，現場佈設之自動化儀表及控制元件除透過PLC可程式控制器進行自動控制外，並將資料透過Modbus工業網路傳輸至各SCADA(supervisory control and data acquisition)監控系統，由SCADA人機介面進行顯示與操控，在此同時SCADA亦將所有現場數值、操作參數與系統狀態資料拋轉至雲端伺服器資料庫進行儲存，經過長年運轉此資料庫累積了龐大的運轉數據，本次應用以能源管理應用為主題，即透過Big data概念進行資料挖掘(data mining)與分析，藉以找尋節能機會與達成需量最佳化為目的。

2. Big data與節能應用

大數據Big Data分析是基於資料科學 (data science)，主要是希望從大量的資料中找出幕後代表的意義和潛在關聯。採用的理論和方法可能涵蓋訊號處理 (signal processing)、機率統計 (probability and statistics)、機器學習 (machine learning)、統計學習 (statistical learning)、資料探勘 (data mining) 等學門。

2.1 系統盤查與能源流向

能源管理與節能分析的基礎工作，首先必須透過盤查建立系統架構，藉以找出各系統之間的關聯與能源流向，廠務主系統與次系統展開架構如 (圖2) 所示：

以此廠為例，共建立數萬餘個元件監控點，即時監控各設備運轉狀態、能耗、效率以及外部環境的變化，資料庫每日記錄達數千萬筆即時運轉資料，這些資料依照系統歸納並與產能規劃整合，建立能源消耗監控平台以掌握能耗基線、趨勢變化與能源流向，其平台畫面如 (圖3) 所示：

2.2 系統層別

在巨量數據架構掌握能源流向，首先利用柏拉圖即可清楚層別各系統耗能排序，依照80/20法則即可迅速掌握主要因子與次要因子，優先對於主要因子進行分析改善，如 (圖4)。由於能源消耗平台資料庫所紀錄數值型態是二維時域的能耗資料，因此僅能判斷趨勢變化，而無法直接辨別系統差異與效能優劣，以本廠為例每年累計將近88億筆資料，在如此龐大的數據架構下，通常無法以人力進行運算，因此必須透過統計手法與軟體輔助才能分析，以找出節能機會與成效驗證。

3. 節能案例

3.1 案例(一)：空調冰機運轉組合與需量管理

此案例為冰機調度管理優化，利用相關性(Correlation)檢視可疑因子，如(表一)圖例(資料來源[7])，將所有可疑因子納入比較表，例如本案例將冰機用電、外氣焓值、大氣壓力、風速、溫度、濕度、COP..等可能因子進行計算，以此為例，可發現冰機用電與COP及焓值在統計上呈現強相關，此方式亦可檢視各因子之間相互關係。

後續利用多因子回歸預估期望值，依據負載特性與外氣變化推估最佳開機台數，使開機數量與需量達到最佳平衡。

接著將前一年度全年焓值變化與所有冰機單機用電狀況製成分布圖，由此圖可以檢視出在某外氣焓值條件下冰機用電的分布區間，我們以中位數的概念將此區間畫分為上下兩部分，上半部為較耗能之運轉組合，下半部則為較節能之組合。再利用回歸找出節能區域之冰機效能排列，藉此做為調度起動之優先順序，使整體冰機運轉組合之效能確保維持在節能區域。

最終在實際應用面上，此功能整合至SCADA進行即時監控，SCADA將依據天候焓值建議運轉台數及預估耗電量以及建議開機順序，並透過警報簡訊通報值班人員，以確保冰機運轉組合與需量維持最佳化之狀態。

3.2 案例(二) : PCW負載分配優化(能者多勞)

本廠製程冷卻水泵浦係採用PID變頻控制維持定壓運轉，本次採用分布圖分析，發現在相同負荷下三號泵浦運轉效能最佳。由於此系統運轉特性趨近於定載運轉，且泵體與管線等配置幾乎無法調變，遂發想如何透過調度達到節能目的。

在此之後，利用線性回歸找出每部泵浦出力與用電關係，如（圖5）所示。發現一號泵浦與三號泵浦具有較佳的出力性能。

據此發現，將運轉特性較佳的三號泵浦手動加載調升2Hz，再利用同樣方式驗證，其他泵浦耗能均出現下降趨勢，經分析結果顯示在調整之後整體耗電量減少1%，此方案在無花費成本情況下即達成節能成效。

3.3 案例(三)：桶槽液位調整與節能

此次案例分析結果有一組有趣且令人意外的發現，在進行泵浦出力關聯性分析時，如（表二），意外發現泵浦耗電與桶槽液位看似不相關的兩組數據竟然出現規律的負相關，經推論是位能差異造成泵浦入口壓力變化，進而影響耗能表現。

此組泵浦耗電與桶槽液位數據經過分布圖驗證後，證實此兩組數據呈現線性相關。

據此結論，重新檢視安全液位與警報機制，並開始著手將部分桶槽控制液位調高，經驗證結果顯示，整體泵浦耗電量減少2.5%，如（圖6）。

以上節錄以上三組案例分享，本次活動利用PDCA循環，透過資料收集、系統盤查掌握能源流向、建立能耗平台、統計分析、設備本質改善、系統需量管理等步驟，共計分析15個節能方案，超出預期成效。

4.能源管理制度

企業建立有效的能源管理制度，不僅可以減少能源採購成本，更可以使其產品更環保，現今能源管理國際標準以國際標準組織(ISO) ISO 50001為主流，其透過系統性的PDCA循環達到管理目的，並利用持續性的檢核追蹤與管理階層的分工機制，持續性地逐步檢視各項能源耗用指標與能源基線的調整，並透過組織性的連結使管理階層與技術階層達成一致目標，並進一步將節約能源的觀念內化成為企業文化。

此時當能源管理人員執行節能方案時所扮演角色，必須為管理階層與技術階層之協調者，以ISO 50001為架構藍圖，管理者與技術者之執掌在不同階段的工作綱要，其機制可歸納如(表三):

系統性的標準是讓各類型的組織建立必要的能源管理制度和流程，了解內部能源使用現況、相關法規要求及能源基線，進一步設定企業的能源績效指標及短中長期改善目標，以提高能源績效，包括能源效率、能源使用、能源消耗以及能源強度等。該標準要求組織能夠建立、執行、維護及改善能源管理系統，使組織能夠系統化的推動並達成能源績效的持續改善。

5.總結

本次活動以IIoT 與Big data 為發想，提供一種較新的節能思維，以系統性的數值分析改善以往偏重單一設備效率提升的盲點，使得能源管理措施可以更靈活與多樣化，使節約能源更有效率。

此次藉著科學工業園區廠務技術研討會平台發表節能成效與經驗分享，期望能達到拋磚引玉的效果，也善盡一份個人與企業社會責任。

參考文獻

1. 張志勇、陳正昌，物物相聯的龐大網路—物聯網，科學月刊[2014]。
2. 楊采蓉，IoT物聯網市場趨勢與最新技術應用，DIGITIMES[2015]。
3. 創新曼波，建構Big Data應用的7大要素，數位時代[2014]。
4. 張育誠，ISO 50001能源管理系統國際標準簡介，財團法人台灣綠色生產力基金會[2012]。
5. ISO 50001 能源管理系統要求事項。
6. 經濟部能源局，工廠能源管理系統建置。
7. Correlations between hockey variables , <http://alexdiuz.ca/>