

新型食品零售業能源管理系統

一、前言

國內導入能源管理系統之場域，以大型商辦建築及大學校園之用電收集分析及大型空調系統之運轉控制應用為主。反觀中小型食品類零售服務業場域，則因場域經濟規模小，耗能設備多樣複雜，技術整合困難度高等障礙因素，因此目前此行業導入能源管理系統之比例仍低。

國內諸如變頻空調、LED 照明等高效率設備、環境及電力量測感測元件、網路通訊、及人工智慧分析等產業關鍵技術相當成熟，惟應用上述資通訊技術於能源管理控制之應用技術相較不足，因而無法提升能源管理之節電效率，導致應用於場域經濟規模小之中小型食品零售業之 ROI 過高，此亦為此行業導入能源管理系統之比例仍低之主因。

因此發展關鍵性之系統整合節電控制演算技術為基礎，可有效整合國內既有成熟之設備產業(空調、照明、展示櫃)、自動控制產業(設備運轉控制器、監控系統控制器、電子控制閥)、網路通訊產業(通訊晶片、通訊模組)、電機業(直流無刷馬達)以及系統整合工程業之技術能量，針對中小型食品類零售業場域，發展以系統最佳節電化之能源管理系統解決方案，以提升節電效率、降低建置成本，來大幅降低能源管理系統建置之 ROI，藉此提高中小型食品類零售業導入能源管理系統之比例，並透過技術示範系統之建置，以擴大推廣於同業，來提升該產業節電成效，並進而帶動相關產業之產值，表 1 為先進型能源管理系統整合控制器產品與國內外相同產品之功能比較。

表 1 系統整合控制器之技術規格比較表

產品 功能	國外產品	國內產品	新型技術
運算能力	CPU: 600-800MHz RAM: 128MB	CPU: 312MHz RAM: 64MB	CPU:1.4GHz RAM: 1024MB
通訊標準	RS485 雙絞線網路	RS485 雙絞線網路	WiFi 無線網路
通訊協定	Modbus(Polling 式)	Modbus(Polling 式)	MQTT(M2M 式)
監控設備數目	254	254	1024
總用電需量控制	有	有	有
空調監控	依據環境溫濕度值調整設定溫度	依據預估之駐留人數調整設定溫度	依據預估之駐留人數調整設定溫度
照明監控	利用光感器或時程控制	利用時程控制	利用光感器或時程控制
展示櫃監控	多個展示櫃之最節能化協調控制	各個展示櫃之動態設定溫度控制範圍	多個展示櫃之最節能化協調控制
空調、冰櫃、照明及插座用電之協調整合控制	無，設備各別控制	無，設備各別控制	應用 AI 技術之最節能化協調整合控制
預估全店(以超市為例)節電效率	約 12%	約 10%(便利商店場域)	約 15%

現有節能技術著重於展示櫃內部元件節能(除霜、除霧除汗、膨脹閥等)，主要採用感測器量測訊號或時間控制進行節能控制，對於智慧化或物聯網應用較為薄弱，因此先進行能管系統使用新世代人工智慧物聯網(Artificial Intelligence of Things , AIoT)技術做為基礎，設計新一代的能源管理系統。並且著重於雲端數據分析平台開發，以整合食品零售業場域中各類能耗與運轉資訊，進行最佳化協調運轉控制。此外藉由能源管理系統蒐集之大量能耗與運轉資訊，發展深度分析與故障預警技術，讓保修商於設備完全損壞前即開始進行修復，避免進一步能源浪費。除可提升能源管理系統產業之技術能量外，亦可進一步擴大食品零售業之節電成效。

二、新型食品零售業能源管理系統

新型食品零售業能源管理系統採用三層式系統架構設計，最底層為設備端，中層為能源管理控制器，上層應用端則為雲端數據平台系統。設備端主要包含中小型食品零售業之冷凍冷藏設備、空調設備與照明設備，透過中層的能源管理系統控制器，包含能源管理系統控制主機、WiFi 無線通訊模組、冷凍冷藏設備溫度控制器、空調與照明控制器，並架設無線存取點，每一個設備端搭配一個隨插即用的 WiFi 通訊模組，與能源管理系統主機串接，遵循標準通訊協定互相溝通，形成一個完整的能源管理監控網路，詳見圖 1。

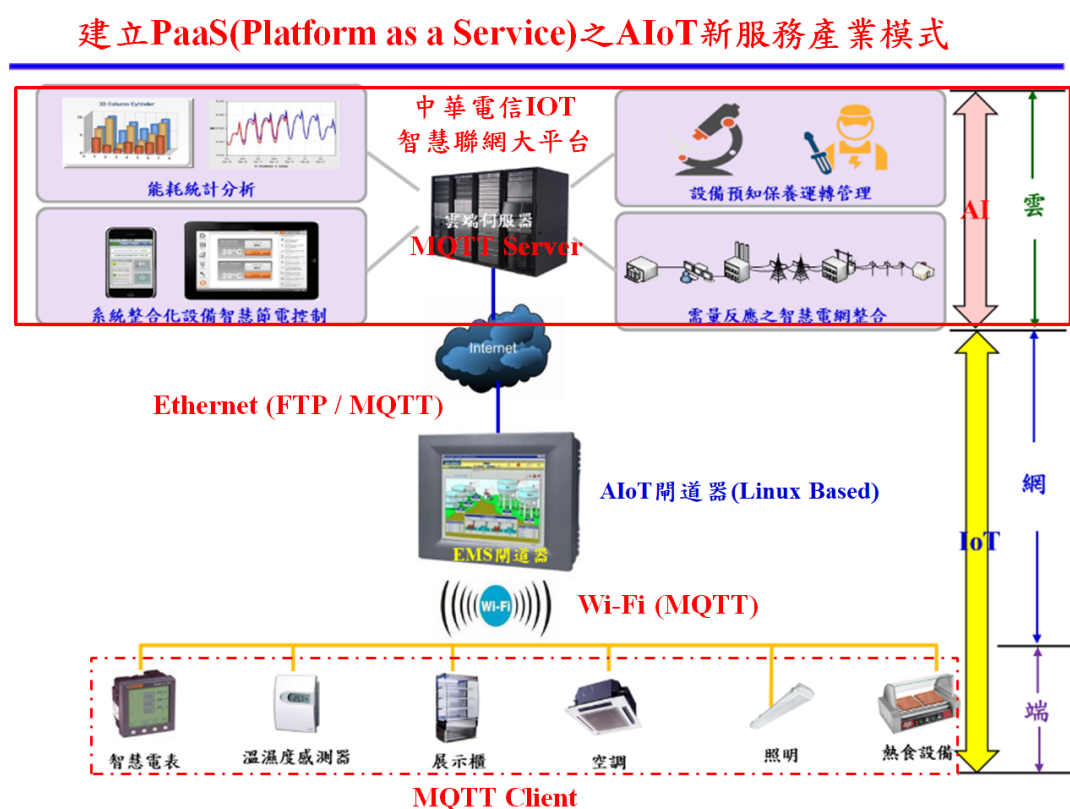


圖 1 新型食品零售業能源管理系統

此技術所開發之能源管理系統目前每 30 秒產生一筆運轉數據，並於每日零時將所收集的數據壓縮打包，經由店內聯外網路以 FTP (File Transfer Protocol) 上傳至後端伺服器，並透過智能演算法自動分析各項運轉數據，將數據圖表化顯示於雲端數據平台上，提高資料可讀性，方便業者掌握各店設備狀態與用電

趨勢，以提早安排設備維修或調整用電分配，降低食品安全風險與避免用電超約罰款。

能源管理系統所收集到的數據資料，不僅可使業者更有效掌握場域狀況，亦可建立不同類型場域的耗能模型，透過人工智慧演算法進行場域耗能特性的分群，與其他同類型場域進行基準化比較，找出耗能特別高的場域中可進行節能或耗能改善的機會，藉此達到節能成效。

三、無感應器壓縮機性能衰退預知功能

「食品安全」已升級成每個國家的國安議題，各國政府也都列為施政重點，但真正有效的食安，靠得是業主的「自主管理」，目前業主若發現冷藏冷凍櫃未能保持在正確的溫度時，必須銷毀櫃內食品，意味著食品的浪費和庫存成本提升，因此必須將有可能使食品暴露於高溫狀態下之原因排除。

導入能源管理系統(EMS)，不僅隨時監測冷藏冷凍櫃內溫度，還可預測出冷藏冷凍櫃之冷媒洩漏、除霜不完整等故障預警功能。但製冷的源頭「壓縮機」若出現故障無法製冷時，比冷媒洩漏等使之製冷能力慢慢下降的類型更為嚴重，且部分大型超市為共機系統，一台壓縮機停機更是會導致多櫃冷藏冷凍櫃無法製冷。

因目前冷藏冷凍壓縮機設備均為故障後才發報通知限時維修，不僅維修時間壓力，且維修人員並不一定可馬上找出故障原因，但若可提前告知設備有故障或性能衰退之疑慮，可在定期保養時先檢查，降低故障之風險與性能衰退之耗能，透過低成本感測判斷冷藏冷凍壓縮機之故障預警及性能衰退，利用原生 EMS 建置時收集各迴路之電壓電流歷史資料，透過系統大數據分析與自主學習，判斷正常與故障、衰退之特徵差異，進而判斷冷凍冷藏壓縮機之狀態，其演算法流程詳見圖 2，此外並透過雲端數據分析平台進行監控與發布故障預警報，其流程詳見圖 3。

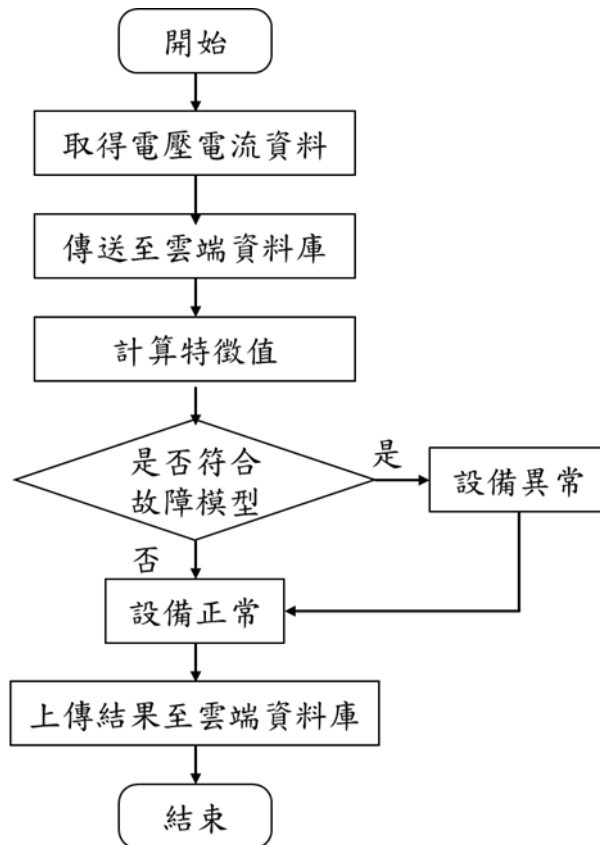


圖 2 壓縮機性能衰退預知模型

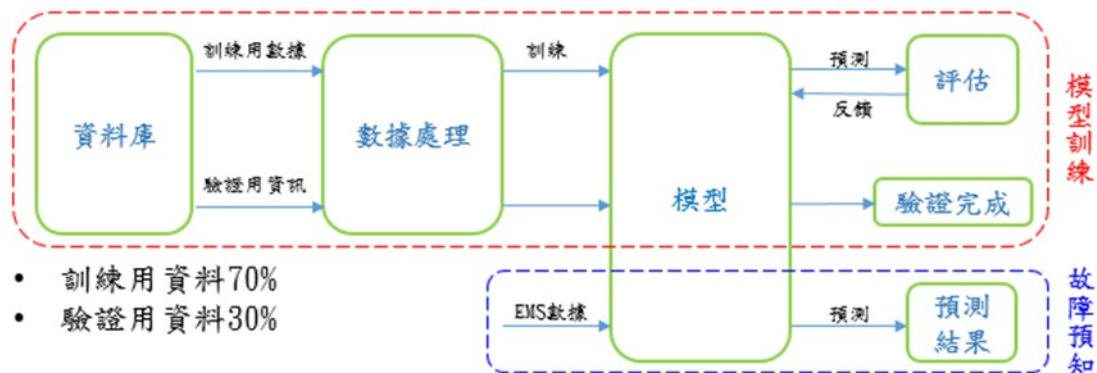


圖 3 冷藏冷凍壓縮機故障預知保養技術流程圖

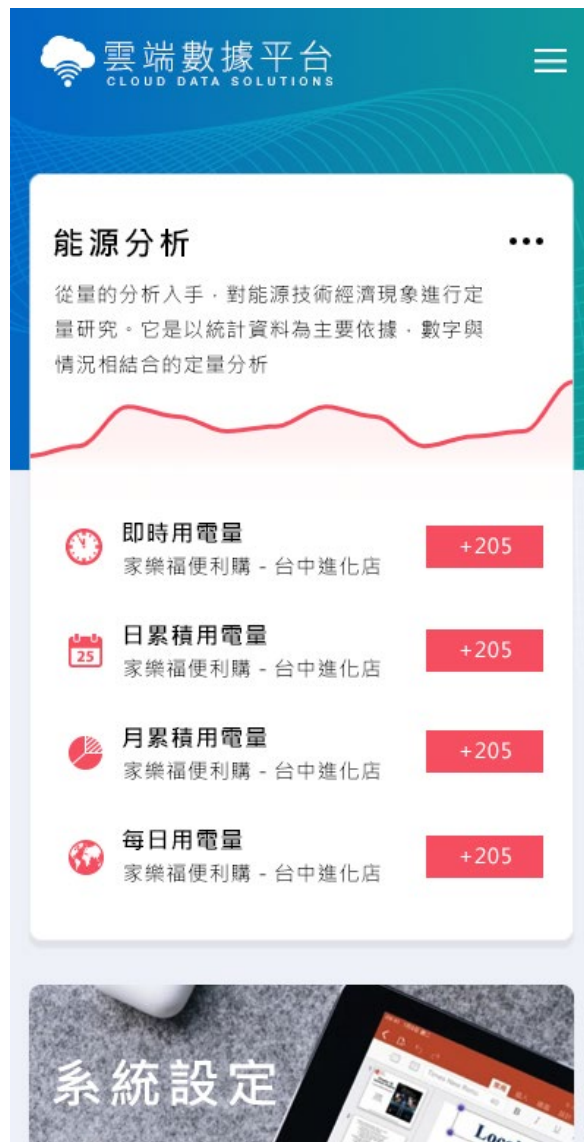
四、AIoT EMS雲端數據分析平台進階功能

根據最新數據顯示，台灣使用手機上網人口已達到八成以上，因此除傳統電腦網頁顯示以外，為使每個裝置皆能順暢瀏覽網站，亦須相容於手機、平板畫面顯示。我們的雲端數據平台採用響應式網頁設計 (Responsive Web Design,

RWD), 是一種網頁設計技術, 讓手機、平板與電腦網頁可使用同一個網站的內容與資料, 在不同尺寸的顯示器上, 網頁程式會根據當前顯示器的解析度進行畫面調整, 使網頁在不同解析度皆有適合的呈現, 減少使用者平移或捲動畫面的操作, 如圖 4 示意。有別於過去網頁設計須針對不同解析度進行不同設計, 響應式網頁設計方法更易於維護並管理網頁程式。



(a) 網頁版



(b)手機版

圖 4 雲端數據分析平台

由所建置多家中小型食品零售業場域收集的數據存放於雲端伺服器中，於每日凌晨預先計算分析資料，架設結構化查詢語言伺服器(SQL Server)，以儲存分析結果。並建立 Web 服務 (Web Service) 用以透過標準的 Web 協議提供資料，支援網頁所提交服務的請求，並將資料打包為 JSON 格式進行資料交換，JSON (JavaScript Object Notation)為一種輕量級的資料交換語言，提供易於閱讀的格式，用來傳輸由屬性值或序列性的值所組成的資料物件，為現今程式中常用的資料交換格式。

此雲端數據平台將開發能源管理系統進階分析功能，包含能源分析部分中的能源地圖、店鋪分群等功能，透過能源地圖將分析資訊圖像化，資訊視覺化將抽象資料的互動式視覺表示，可加強使用者閱讀速度與資訊理解，透過耗能柱狀圖、耗能趨勢圖、數據表格等，並加入店鋪地圖，整合數據與圖像，將抽象的概念轉化為視覺化資訊。此外，透過人工智慧演算法建立店鋪的類型分群，比較同類型店鋪中耗能基準，找出同類型店鋪中異常耗電的設備，提供使用者透過雲端數據網頁可提早發現異常店鋪加以改善，以達到節能成效。

此外，預計增加智能分析功能包含冷凍冷藏設備參數標準化，使各店設備達到品質一致性，不僅方便使用者進行店鋪管理，並可統一各店鋪食品品質控管，確保食品保存環境於安全範圍，提高食品安全。

五、結語

利用能源管理系統(EMS)收集場域中各類型運轉數據，再利用雲端數據分析平台整合場域中各類能耗與運轉資訊，達成設備運轉分析及性能管理，藉以達到整體最佳化之節電效率，此模式已成為現代化能源管理系統趨勢。系統可同時藉由場域中壓縮機、冷凍、冷藏櫃之運轉與報修資訊，進行壓縮機性能衰退預知分析，提升能源管理系統之節能效率與附加價值。藉由現代化之能源管理系統之低 ROI 與高附加價值特點，可強化業者導入意願，達成節能減碳之目標成效。

六、參考文獻

- [1] 謝雨岑,宋鴻均,徐瑋鴻, 能源管理系統於連鎖超市之應用「智慧生活科技研討會」,(第十四屆), pp.102-107, 20190614
- [2] Gaspar, P. D., Carrilho Gonçalves, L., & Pitarma, R. (2011). Experimental analysis of the thermal entrainment factor of air curtains in vertical open display cabinets for different ambient air conditions. Applied Thermal Engineering,

- [3] Z. Mylona , M. Kolokotroni , S. Tassou , Frozen food retail: measuring and modelling energy use and space environmental systems in an operational supermarket, *Energy Build.* 144 (2017) 129-143
- [4] J. L. Lin and T. J. Yeh, "Modeling, identification and control of airconditioning systems," *International Journal of Refrigeration*, vol. 30, pp. 209-220, March 2007.
- [5] C. Aprea and R. Mastrullo, "Experimental evaluation of electronic and thermostatic expansion valves performances using R22 and R407C," *Applied Thermal Engineering*, vol. 22, pp. 205-218, February 2002.
- [6] W. Chen, Z. J. Chen, R. Q. Zhu, and Y. Z. Wu, "Experimental investigation of a minimum stable superheat control system of an evaporator," *International Journal of Refrigeration*, vol. 25, pp. 1137-1142, December 2002.
- [7] Z. Z. Gao, L. N. Zhao, L. J. Lee, X. Z. Bai, and C. Lee, "Algorithms Research on the Dual-fuzzy Controller of the Electronic Expansion Valve ," *Automation & Instrumentation*, pp. 39-42+53, 2015.
- [8] 丁海濤,唐富勇,一種基於 BP 神經網絡的壓縮機狀態預測方法, 2005
- [9] 王玉兵,孫程斌,徐雷,高讚軍,王炬, 基於 BP 神經網絡的小型民機蒸發循環製冷系統故障診斷研究, 2019.
- [10] K. Ghorbanian *, M. Gholamrezaei, "An artificial neural network approach to compressor performance prediction", 2008.