物聯網實體網路建置與硬體規格選用分析

朱朝煌　簡裕元*　胡凡勳

南亞技術學院機械工程系機械與機電工程碩士班

摘要

在生產排程正常運作的情況下，本研究探討工廠物聯網實體網路、網路攝影機與電力管理系統間之執行與整合。建置完成後再統計適當區間內生產線製程各站點的數據，透過 MODBUS 串行通訊協定組轉乙太網路，將數據建立到資料伺服器運算，後續將再透過製程配方系統回授參數至各站點，達到系統最佳化的功能。藉由本研究所架設於工廠之案例，可初步確認此軟硬體設備之效果，所得之數據亦可作為管理階層調整公司與台電間之契約容量時重要的參數，同時對於公司部分設備之能源效率提出檢討及更換與採購之依據。

關鍵字：物聯網，網路攝影機，企業資源計劃系統

*Email:darcy8951@gmail.com　Tel: 03-4521340#530　Fax:03-4524824

ANALYSIS ON PHYSICAL NETWORK CONSTRUCTION AND HARDWARE SPECIFICATION FOR INTERNET OF THINGS

Chau-Hwang Chu,　Yu-Yuan Chien*,　Farn-Shiun Hwu

Institute of Mechanical and Electro-Mechanical Engineering,
Nanya Institute of Technology

Abstract

This study explores the implementation and integration of the plant's IoT physical network, network camera and power management system while the production schedule is functioning properly. After the completion of the construction, the data of each station in the production line process in the appropriate interval is calculated, and the data is transferred to the data server through the MODBUS serial communication protocol group, and the data is then returned to the data processing system through the process recipe system. Each site achieves system optimization. Through the case of the Institute's erection in the factory, the effect of the software and hardware equipment can be initially confirmed. The data obtained can also be used as an important parameter for the management to adjust the contract capacity between the company and Taipower, and also for the energy efficiency of some of the company's equipment. Propose the basis for review and replacement and procurement.

Keywords: internet of things, Network Video Recorders, Enterprise Resource Planning.

*Email:darcy8951@gmail.com　Tel: 03-4521340#530　Fax:03-4524824

壹、前言

台灣早期之工廠型態大多為家庭代工廠或是小型工廠，慢慢轉型至今日的加工區、工業區與科學園區。政府相關技術部門觀察全球科技走向，依追尋永續發展、點燃創新的火苗，帶動產業全面創新推動五加二產業創新計畫[1]，計劃包括：「智慧機械」、「亞洲矽谷」、「綠能科技」、「生醫產業」、「國防產業」、「新農業」及「循環經濟」。其中「智慧機械」的目的是希望將傳統機械設備升級到智慧機械，如圖 1 所示之分類項目。

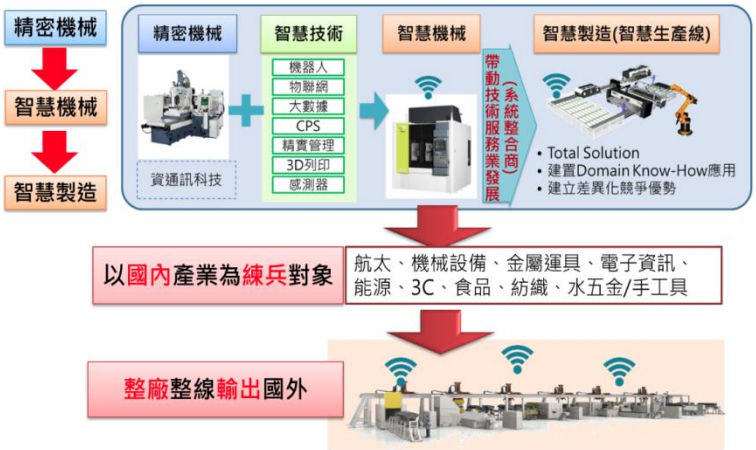

圖 1. 行政院五加二產業創新計畫之智慧機械分項

台灣有許多傳統工廠面臨轉型的困境，針對建置物聯網，大多問題可以歸類為廠房老舊、生產設備老舊、損壞、原廠技術已無支援，同時導入新科技將面臨，需立即提升員工素質、考量員工教育訓練的參與度、配合政府法令…等。因此建置物聯網將考驗規劃團隊的能力，本研究將由使用需求瞭解硬體規格的選用與限制，同時瞭解供應商的利潤平衡到不影響產線生產的情況下施工完成。一般民間企業都很願意配合政府的政策，同時可以提升工廠效益。此項工程牽涉範圍過廣，同時供應商各有各的專長與考量商業利益下，很難一次做到位，或是效益評估報告不夠科學，也常發生明明可以利用同一個系統或設備做到的工作，因供應商避免糾紛，往往用獨立不互相干擾等商業話術，讓原本可以被整合的硬體無法建置在單一台設備上。進而產生無謂的硬體設備或是不相容的系統共存。本研究在政府大力推動下，與資訊工業策進會(以下簡稱:資策會)合作建置能源管理平台。同時規劃建置網路攝影機(Network Video Recorders, NVR)、物聯網實體網路，預期可利用此建置完成之硬體設備監控公司之電力供應情形與設備耗能狀態，作為管理決策分析之重要參數。

貳、系統建置

一、規劃準備

政府與許多法人或公證機構合作，協助民間企業推行建置物聯網。目前大多數企業、廠商已瞭解建置物聯網的大方向，但對於企業經營者而言這終究是一個或許花錢卻不見得可預期回收若干效益的投資。最近有許多單位於建置物聯網推動說明會上指出，沒有資料收集就無法成立下一階段的 AI 智慧工廠。因此企業需要進行的第一步驟就是讓生產機械或週邊設備的數據可以上傳到資料庫，再經由分析軟體計算後回饋最佳設定回傳到生產機械或週邊設備上。因此建置硬體規格前需先確認以下幾點內容：

(一) 需要建置何種網路？如何建置？選多快的網路？網路要給什麼硬體使用？

(二) 生產機械或週邊設備如何與雲端硬碟聯繫？用什麼硬體？多少設備需連接？

(三) 使用何種硬體擷取資料？如何查看資料？歷史資料儲存時間長度？異常回報時之回報方式？

(四) 資料分析所需軟體？表現分析結果之方式為何？建置資料庫演算之理論基礎？

二、工廠現況

此次研究對象為一製程工廠，最大用電需量為 2300kVA。其中 65%為製程用電，35%為基載。最大單一負載為 250HP 個別急速冷凍(Individual Quick Freezing, IQF)壓縮機用電，於開線後運轉到停線，中途不會啟停[2]。參考「智慧機械」的精神建置可供物聯絡的網路、資料庫分析平台、能源管理平台、NVR 攝影系統、單機物聯網功能。

本次能源管理平台軟體與通訊硬體介面，廠商已委由資策會協助建置，不需另行設計。其規格完全符合工廠使用需求，並兼顧常用功能與後續軟體的維護及點位數量的擴充性。廠商對於選擇軟硬體設備供應商的考量因素包含其後續服務能力及建置成本，因此在相關綜合考量因素限制下將以滿足各項使用需求且符合最低建置成本來決定選用之設備。

三、設施選用

本研究為分析製程工廠，依需求、回收效益、經費使用原則分階段進行。規劃步驟參照上述二規劃前準備討論：

一、網路建置

本研究規劃之製程工廠佔地地坪約 1000 坪屬 U 字型建築（圖 3），各站點的距離不超過 50 公尺。網路建置完成後，依使用量排序，最大使用量依序為 NVR（76 組鏡頭）、企業資源計劃系統（Enterprise Resource Planning, ERP)、辦公區上網、本案建置集合式電表數據（64 組）、生產設備與冷凍即時資料收集（32 組）。電信業者提供之上網速度單位為 Mbps(Megabit per second)與一般儲存空間用的 MB（Megabyte）不同，1Byte = 8bits。依評估同一時間可能產生最大流量為 NVR 操作，假設 5 人同時觀看解析度最高的畫面約需 8Mbps 的流量。如為 NVR 歷史畫面下載也不太可能為 2 人以上同時操作，因此評估經濟效益決定採用 100Mbps（下載）／100Mbps（上傳），5 組固定 IP。

T568B 標準線序

Pin	對	Wire	顏色
1	2	tip	白/橘
2	2	ring	橘
3	3	tip	白/綠
4	1	ring	藍
5	1	tip	白/藍
6	3	ring	綠
7	4	tip	白/褐
8	4	ring	褐

圖 2. 網路線序 [3]

經評估後，站點的位置由 NVR 攝影機為佈點參考，工廠網路管制由資料單位控管，因此橋接部份全由集線器（HUB）處理。集線器規格為可透過網路線直接供電給攝影機 GS1900- 24HP 24port PoE 交換器。因此攝影機不需另外供電，可以再省下電源線路建置費用。網路線施工根據 543 原則，5 個網段、4 個中繼、3 個電腦群體，各站點不能超過 100 公尺，建議超過 50 公尺多增設一個站點中繼 [4]。

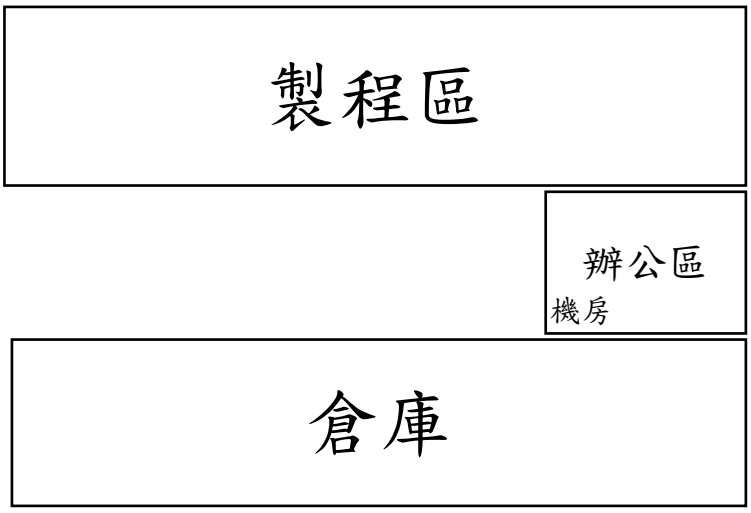

圖 3. 廠區示意圖

二、採用 PLC 外掛收集生產設備數據

自動控制訊號依狀態可分為 AI 類比輸入 AO 類比輸出 DI 數位輸入 DO 數位輸出等 4 個 (AD-I/O) 狀態。此次階段為收集 5 組 IQF 與 27 組冷凍庫狀態，以冷凍庫設備為例，本次規劃還未建置完整資料庫分析軟體，因此只做資料收集，輸出點先規劃功能暫做預留。點位表如下表 1：

表 1 點位表

DI			DO			AI			通訊 MODBUS	
總異常	壓縮機狀態	容調	壓縮機啟動	需量控制	異常復歸	高壓壓力	低壓壓力	庫溫	多功能電錶	中控
1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1

通訊連接中控端有兩個選擇：(A) PLC 直接掛乙太模組；(B)使用 MODBUS，其餘交由中控系統商以軟體處理。經評估，能撰寫 PLC 的供應商雖然後多，但可上非套件的資料庫則需依賴中控系統商之技術能力。因此本研究之 PLC 係由企業本身廠區電控工程師編輯，MODBUS 到資料庫段則由中控系統商處理[5]。此分工方式之好處為若需增加 PLC 點位時，不至受限於分析資料庫的影響，只需於建置

初期提出設備需求時定義好 PLC 廠牌即可。

三、多功能電錶選用

依企業廠區需求，多功能電錶採購有相關認證之合格廠商，有助於日後申請政府相關補助時，廠商可立即提供認證資料或校正所需之報告。多功能電錶大多用於低壓端，採購規格如下：

(一) 電壓使用上限 600Ｖ或可搭配比壓器

(二) 容量視使用負載而定或參考可搭配之比流器

(三) 通訊格式選用可直接支援 TCP/IP。直接選擇相容中控系統商硬體的電錶，同時符合日後申請政府補助計畫之規格。

四、攝影機選用

本研究規劃時，市面上攝影機有兩種規格可符合需求：(A) DVR 數位視訊錄影機（Digital Video Recorder, DVR）；(B)NVR 網路視訊錄影機。DVR、NVR 這兩種規格的儲存方式、歷史畫面查找方式相近，但不同的地方在於線路佈線。DVR 與攝影機連線需使用 1 對 1 專線，對於日後攝影機數量的擴充或是移動延伸攝影機距離位置都很不方便。NVR 佈線方式同一般電腦網路建置，透過網路集線器（HUB）即可建置，同時可以與其它網路用途結合。本研究最終選擇 NVR 來建置，其架構如（圖 4）所示。其餘的部份如鏡頭都可以達 200 萬畫素之水準、支援 1080Ｐ、IP66、影像格式Ｈ265、工作環境-40℃～60℃（冷凍庫內）。市面上還有另一種 IP Camera 可以直接用手機監看，只要有網路線的地方都可以直接安裝，但此系統於歷史資料查找時，必須連線到單一鏡頭的 SD 卡讀取，此方式非常佔頻寬，同時一般這種機型的即時觀看畫面功能較為陽春。經分析 IP Camera 的製造廠商均以單機為主力，4 鏡頭以上的操作就明顯遜於具備主機的系統，故考量管理層面之需求並未採用 IP Camera。

本研究選用目前世界市佔率第一之 NVR 系統，除顧慮其第三方軟體資源最多外，且硬體規格更新速度也很快。特別重要的考量點為，此主機可相容於許多它牌的攝影機鏡頭。

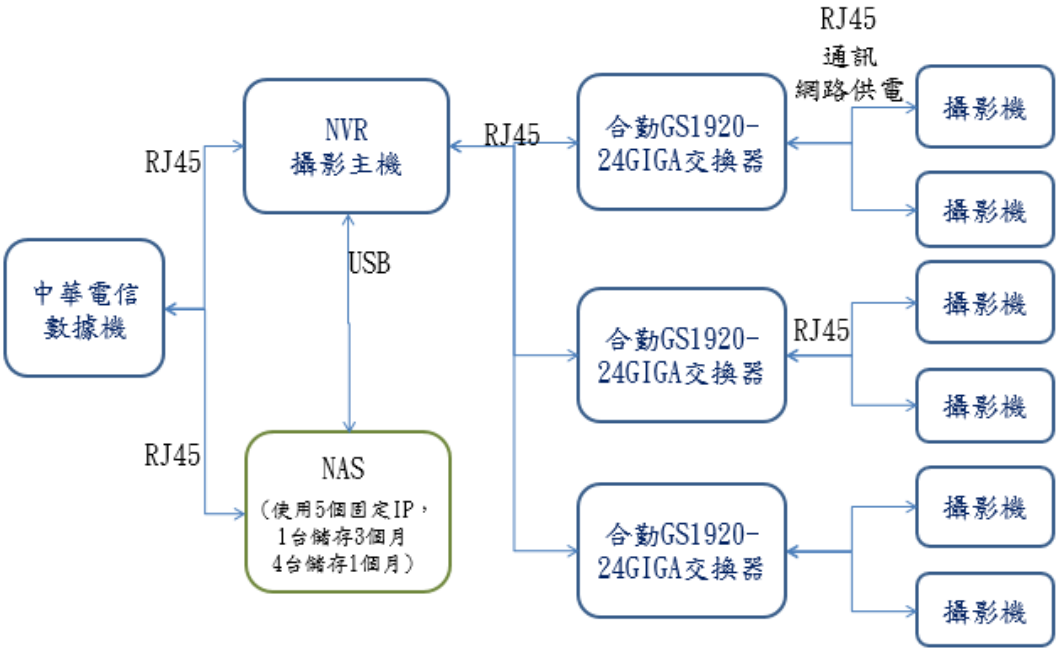

圖 4. NVR 網路架構

五、伺服器選用（雲端資料庫）

以目前硬碟市場價格與網路連接儲存裝置（Network Attached Storage, NAS）的普及化、不斷電系統（Uninterruptible Power System, UPS）的價格、100Mbps 網路的月租費，自建伺服器主機後，其實已不需要專人每天維護。NVR 有主機與內存設備，同時畫面不需要做分析。伺服器的應用只是用在多功能電錶、製程設備的數據等資料，其流量、資料量並不大。因此建置伺服器的思維將分為：(A)運算要在伺服器，用戶端（Local）只有一個操作畫面（Web Server）。(B)運算要在用戶端，伺服器只要做雲端資料庫。此需求全看操作單位人員的專長，或是考量資料的安全性做評估，本研究選擇(A)運算在伺服器可以直接出圖表，同時資料可以轉出 csv 檔由 Excel 操作計算。另一個考量是日後如整併 ERP 系統，再另請軟體商編寫資料庫程式將雲端上的資料自動生成加密過的數據交換資料，避免有資安上的疑慮[6]。

六、使用官方相容的軟體

政府每年都會有補助綠能、智能管理硬體建置相關計畫，同時如資策會等官方機構也會常提供輔導節能改善的專案。此次評估後決定採用資策會的軟體做為能源管理平台，同時建置 MODBUS 轉 TCP/IP 的軟硬體模式。

參、結果與討論

CAT6 網路佈線總長 2000 餘公尺，標準型 41U 直立機櫃一組建置於機房，其餘中繼採用 6U 壁掛機櫃 12 組。公共區域於平常日靜態施工，製程區假日施工。依合約共計 60 日歷天完工。NVR 主機與攝影鏡頭與採購時，供應商更換壓縮格式，由 H264 改為 H265，原 6T×4 組之硬碟儲存容量也從原本的 1 個月增加到 1.2 個月。NVR 主機與攝影機於網路線完工後，4 個工作天內全部安裝完成，並執行 1 個星期的燒機測試，NVR 預覽畫面如（圖 5）所示。

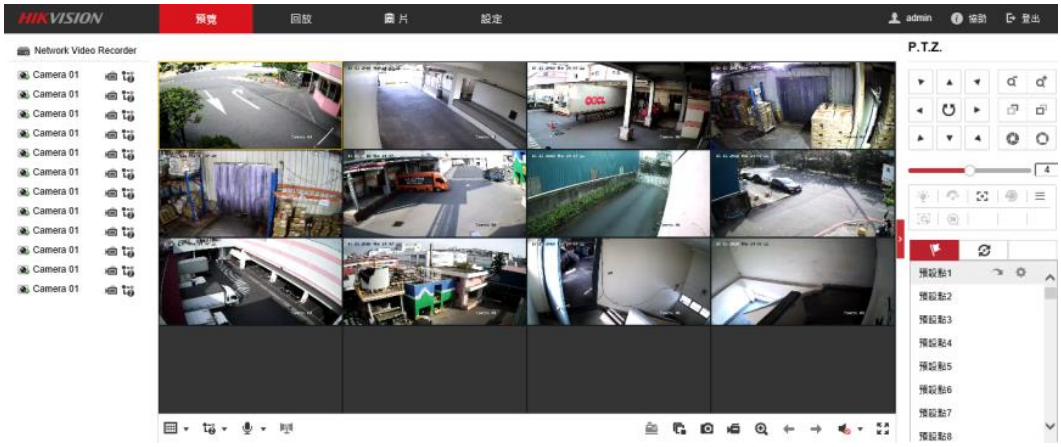

圖 5. NVR 預覽畫面

能源管理平台數據每日約 50MB，如 NVR 無人觀看，依 CAT6 實體流量可用於 1000Mbit/s 的情況下，該數據 1 秒左右可以傳完，圖 6 為能源管理系統介面。

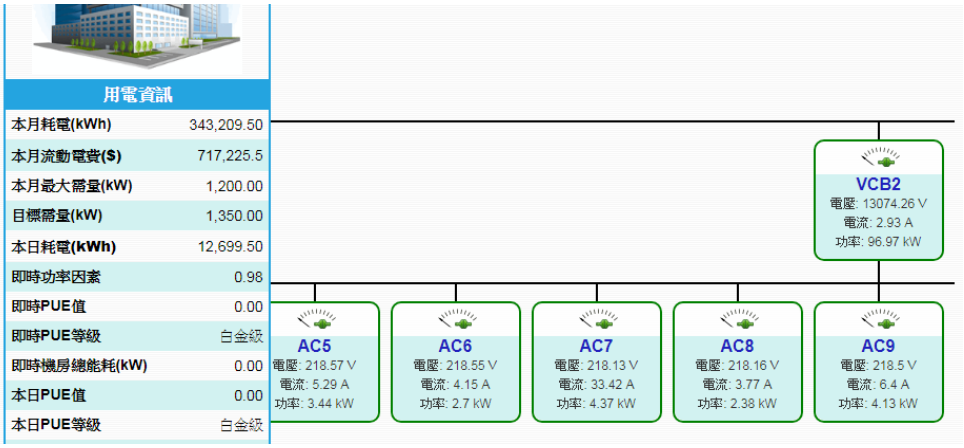

圖 6. 能源管理系統(電力狀況)

目前伺服端分析，其圖表與 csv 檔案資料一次設定上限下載為 1 星期，待伺服

器網路流量測試完成後，將開放到 3 個月並直接轉檔，Web Server 圖表及數據資料之呈現方式如圖 7 及圖 8 所示。

圖 7. 能源管理系統(Web Server 圖表)

虛功率(VAR)	電壓(V)		回報時間
112314.00	13477.30		2018-10-01 00:00
118067.00	13468.10		2018-10-01 00:01
120065.00	13476.10		2018-10-01 00:02
119982.00	13474.10	0.81	2018-10-01 00:03
196841.00	13465.70	0.82	2018-10-01 00:04
242412.00	13469.30	0.81	2018-10-01 00:05
386938.00	13460.50	0.84	2018-10-01 00:06
494082.00	13454.80	0.83	2018-10-01 00:07
580067.00	13440.40	0.83	2018-10-01 00:08

圖 8. 能源管理系統(Web Server 數據資料)

企業廠區用電原契約容量 2000kVA，平時製程時間約 17 小時／日，基載約 700kVA，企業安排星期一生產至星期六，冷凍庫則為 24 小時運轉，申請之工業用電為三段式時間電價。該廠區產線係以自動化連續生產方式進行，當製程排定後，中途完全沒有停線休息到結線為止。產線上的所有設備均為必要性設備，因此製

程用電無法使用一般 ON-OFF 的需量控制。本研究之目標係朝向改用高效率的節能設備或搭配能源管理系統來提升設備效率與生產排程的管理，首先要協助企業規劃出其與台灣電力公司訂定契約容量數字的合理性，其次則為節省超約電費；並列出企業改善設備效率、降低流動電費等項目之參考因子。利用企業廠區每月用電狀況資料分析 106 年 6 月～10 月與 107 年 6 月～10 月經常需量如表 2 所示。在相近的外氣溫度、月產能、相同設備、製程環境下，調整冷凍設備除霜時間、修復冷凍設備保溫、錯開除霜時間與停機設定調整後進行相關比較，連續五個月兩年度相對應月份的用電需量數值皆下降。另統計台電電價計算中之超約費用，107 年 6 月～10 月的超約費用比 106 年 6 月～10 月減少共計 NT 191509.6 元。依數據統計 106 年 6 月～10 月工廠產品總產量約 5816 噸，107 年 6 月～10 月工廠產品總產量約 5739 噸。用電相關明細費用請參閱表 2。

表 2 系統設置前後經常需量與節電效果之比較

統計收費月份	最大需量 kVA	超約附加費(元)	節省(元)
106 年 6 月	2238	114930.4	21465.6
107 年 6 月	2206	93464.8	
106 年 7 月	2286	147128.8	46956
107 年 7 月	2216	100172.8	
106 年 8 月	2274	139079.2	6708
107 年 8 月	2264	132371.2	
106 年 9 月	2302	157861.6	34265.2
107 年 9 月	2234	123596.4	
106 年 10 月	2100	104813.2	82114.8
107 年 10 月	1774	22698.4	

此次經本研究收集資料發現冷凍庫除霜時間過於集中，除了易造成庫溫不穩定外，於除霜完成後，壓縮機同時啟動造成耗能[7]。多組冷凍並聯設備，因設定同停機點造成機組追逐，最嚴重的狀況為低載運轉於持溫造成嚴重耗能[8]。工廠生產計畫與上下游供應的需求，導致工廠的淡旺季明顯。加上大電力的製程設備均需散熱裝置，因此外氣溫度的變化也影響著設備用電。兩個因素相加導致夏季

電價時段用電平均為 105 萬度，經常需量約 2250kVA。冬季電價時段使用約 85 萬度，經常需量約 1500kVA。經用電數據分析，並配合後續業務規劃與使用民間常用之需量計算方式，同時參考台電試算公式[9]，契約容量建議企業調升至 2100kVA。

肆、結論

本研究針對物聯網實體網路的建置，硬體設備及搭配之操作或監控軟體已全部完成，同時已上線商轉。透過網路攝影機(NVR)、物聯網實體網路等建置完成之硬體設備監控公司之電力供應情形與設備耗能狀態，作為管理決策分析之重要參數。初期已透過改善相關製程等方式得到降低電力經常需量及節省超約費用等效果；近期將應用此數據分析出降低流動電費之方案，必要時可擬具設備汰換之規畫。藉由此物聯網之建置所蒐集資訊，提供企業日後製程設備全部上線時將單機整合到可智慧連結，即可透過資料庫分析與生管排程管理使全廠區符合品質管理精神，進而達成產品出貨到顧客端後仍可透過 Q-code 系統回追產品的來源與生產過程。

參考文獻

[1] 行政院重要施政成果然產業創新，2018，https://achievement.ey.gov.tw/cp.aspx?n=11242B03B6C2D889&s=99F7F25178A34881。取用日期：2018 年 12 月。

[2] 江善宗，2000，＜食品冷凍工程學上冊＞。大中國。

[3] 維基百科 TIA/EIA-568，https://zh.wikipedia.org/wiki/TIA/EIA-568，取用時間：2018 年 10 月。

[4] 鄭王駿、鄧姚文，2005，＜電腦與網際網路＞。全華。

[5] 永宏 PLC WinProladder 操作手冊，http://www.fatek.com/tw/technical.php?act=manual&catId=25，取用時間：2018 年 10 月。

[6] 張志勇、翁仲銘、石貴平、廖文華，2018，＜物聯網概論＞。碁峰。

[7] 徐進財，2006，<冷凍食品學>。復文。

[8] 經濟部能源局，2016，＜節約能源技術手冊＞。工業技術研究院綠能與環境研究所。

[9] 台灣電力公司高壓用戶服務入口網站，需量管理反應措施試算。https://hvcs.taipower.com.tw/。