

太陽光電雲端管理平台解決方案

A Photovoltaics Cloud-based Management Platform Solution

朱琇華 吳金能 劉郁珉
Hsiuhua Chu, Jinneng Wu, Iris Liu

摘要

太陽能發電日趨重要，唯目前PV系統業者多數僅著重建置成本忽略PV發電需長期營運維護的特色，故本文探討藉由資通訊能量導入，對於現場營運管理可帶來的效益，同時期許能帶領台灣業者建備完善解決方案進攻國際。

Abstract

Solar power has become more important. PV system operators mainly focus on reducing system establishing/building cost but ignoring the cost of operation and maintenance. By leveraging information and communication technology into the PV industry, it can not only improve the efficiency of operation, but also can establish a total solution to penetrate the international market.

關鍵詞(Key Words)

太陽光電(Photovoltaics ; PV)

雲端管理平台(Cloud Management System)

時域反射測量檢測技術((Time-domain Reflectometry ; TDR)

PV電力量測及通訊模組之特用單晶片(System on Chip ; SoC)

多變量分析技術(Multivariate Analysis)

功率因數(Power Factor ; PF)

網路位址轉譯閘道器之自動組態伺服器通訊技術(ACS Connection Request via NAT Gateway Technique)

機器與機器間資料交換技術(Machine to Machine ; M2M)

1 · 前言

我國97%的能源仰賴進口，近年無核家園風潮雲湧，提高可再生能源運用，已成能源政策主要課題。太陽能光電應用能否普及，除了建置價格以外，長期的營運管理與系統維護，即時發電效率的追蹤，都是系統普及

勝出的重要因子。本文探討如何藉由太陽光電管理與監控裝置系統建立，滿足營運管理業者需求。

綠能產業既是全世界的未來趨勢與商機，更能降低環境風險，讓下一代安心生活。其中在太陽能光電產業，台灣不僅具有國際級

的研發與製造能量；其他相關產業，例如資通訊、材料和機械產業，也都是台灣的強項。可藉由資源整合，以國內對能源自主和潔淨發電的需求來扶持產業，藉由協助產業提升系統整合能力，除了生產太陽能板，也能夠提供整廠規劃、整廠輸出的服務。以藉由走向出口，進軍國際市場，在國際產業鏈上，取得較好的戰略地位。為達到這樣的目標，目前系統中部分技術，如：發電性能檢測技術、系統元件可靠度研究、系統長期發電效能、運轉可靠度、系統維運管理等，尚未能完備，仍需產學研共同投入研究。

本文第二節先討論太陽能光電資料上的特性與管理上的挑戰，第三節進一步討論符合智慧太陽光電監控平台與維運技術、監控關鍵模組。第四節則以實際建置的案場為例說明。在第五節結語中，強調一個高值有效的智慧太陽光電監控管理系統，需考量建置前對系統維運之評估與系統生命週期中之最有效發電績效值。

2 · 太陽光電監控與管理技術分析

太陽光電產業能否進一步發展價格是一大因素。根據美國桑迪亞國家實驗室(Sandia National Laboratories)評估，系統發電成本會隨著系統壽命下降呈指數型態上升，衰退速度每增加1%，發電成本就會增加10%，可靠度的表現會進而影響整體系統應用的終端效益，因此，必須建立可供模組產品的參考預測衰退率模型，以利開發低成本高壽命的封裝材料，延長壽命與降低衰退率。若因系統故障率太高，或維護不易，也將降低終端使用者的裝設意願，造成產業推廣的最大阻力，因此如何在系統使用者端建立起即時監控系統，提供發電系統的即時資訊與預測系統發電量，是必須要面對的課題。

進一步而言，國內下游系統廠商規模小，缺乏系統整合能力，且裝置容量偏低、產品市場驗證實績不足，另有必要依據台灣的氣候特性，高溫高濕，甚至是高腐蝕環境，建立戶外的系統與模組驗證平台，

透過實際戶外實際環境條件，收集失效模式與失效機制數據，可做為廠商提高產品品質的驗證基礎。

2.1. 太陽光電管理及資料特性與挑戰

觀察國際太陽光電發展趨勢，小容量、大規模的發電系統之管理與監測已成為必須面對之議題。如何在不增加裝置成本下，進行小容量、大規模的發電系統管理，並取得太陽光電模組、系統之發電性能，使太陽光電系統擁有者能即時獲知發電狀況，以做必要之因應措施，將須搭配更有效的監測技術。

另一方面，對於電力公司而言，若是無法準確取得各太陽光電系統之實際發電量，則小容量、大規模之太陽光電發電，將對整體供電系統造成衝擊，而形成電力調配之負擔。且若實際發電量與收購電量不匹配，則將直接導致電力公司之成本負擔。

太陽光電產品製造商也會希望能了解產品實際於終端用戶使用之狀況，提供其應鏈廠商之產品開發研究。目前，當矽晶電池或太陽光電模組出貨後，製造商即無法取得其產品於終端使用時之性能狀態、效率變化，甚或故障失效等原因，此將不利於製造商日後對其產品性能作改善，迫使產品於國際市場較不具競爭力。因此，若能於針對太陽光電系統進行管理監測時，同時將監測之結果回饋予國內太陽光電供應鏈中各所屬製造商，將使得國內太陽光電產品之終端使用品質獲得大幅度提升。

此外，有鑒於分散式市場逐漸成熟，小型且專業的太陽能系統商日漸增多，主要工作為提供案件搜尋、工程、投資架構...等，直到最終端為特殊目的成立的公司以及20年維運等電廠服務。對這些公司而言，採用雲服務，依照公司管理所需的運算量、資料傳輸流量，購買所需的服務，避免自建機房、建置費用、與軟硬體維護及人員費用，是為極佳的解決方案，公司也可專心致力於電場管理的技術與服務。

2.2. 太陽光電系統管理監測雲端解決方案

綜合前述說明，本文提出太陽光電系統管理與監測之雲端解決方案，透過「模組監控關鍵技術」，建置運用於模組端之性能監控晶片與裝置，並於「系統營運管理平台」，建置一架構於雲端平台之營運管理系統，以期提供針對小容量、大範圍太陽光電系統所需之監測系統平台。

此系統可區分為兩大部分，概述如下：

- (1) 系統營運管理平台：藉由建立一架構於雲端運算之系統營運管理平台，以作為太陽光電發電系統之系統性能長期監測以及系統運轉維護管理使用。雲端監測平台可促成太陽光電系統營運新模式，本平台將包括兩個部分：(1)系統性能與可靠度研究，以及(2)系統營運雲平台技術規劃。
- (2) 監控關鍵模組：針對住宅 PV (Photovoltaics)與太陽能發電場(PV Farm)之不同應用場域，規劃PV監控系統所需之關鍵監控模組、通訊介面模組及網路管理系統整合技術，以提供詳細的系統操作資訊給後端系統營運管理平台，作為系統營運、故障監測分析之數據參考來源。本項目可分為兩個部分進行技術與系統開發：(1)監控裝置模組開發，以及(2)通訊介面開發與系統整合。(如下圖)

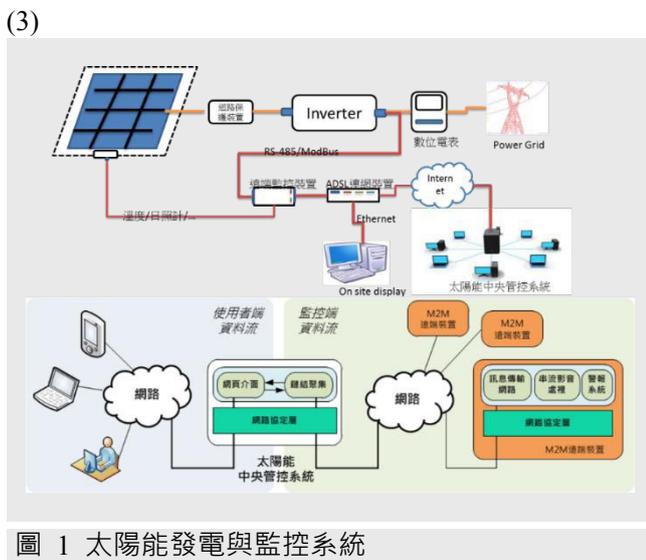


圖 1 太陽能發電與監控系統

3. 太陽光電智慧監控與維運系統技術

目前太陽光電系統業者所尋找的大型系統維護與管理完整解決方案，包括以下4個目標：(1)開發便於監控、計算之方案，(2)協助電力公司與售電方進行發電量比對，(3)開發有利於安裝、維護、監控管理之方案，協助快速佈建工程、提高民眾投入意願，(4)開發完整戶外檢測驗證能力，加速業者組件、模組與系統開發時程。

本文將從兩個方向進行切入與驗證：(1)系統營運管理平台技術開發，以雲端運算作為太陽光電智慧監控與維運管理平台；(2)模組監控關鍵技術開發，在開發太陽光電模組監控所需之模組與晶片、通訊介面模組及網路管理系統整合技術等。

3.1. 系統營運管理平台技術開發

為長期監測太陽光電發電系統之系統性能，同時提供系統維運管理功能，本平台包括兩個子系統：(1)系統性能與可靠度，以及(2)系統營運雲平台。(如下圖)。



圖 2 太陽光電系統營運雲平台

3.1.1. 系統性能與可靠度

系統性能的可靠度，常用的方法是結合 TDR(時域反射測量，Time-domain reflectometry)檢測技術與系統損失因子分析法，配合 PV 現地監測資料庫之建立，分析模組發電性能與 TDR 反射訊號之對應關係，以

期透過TDR量測與數據分析，快速預估該模組之現地發電性能，達到預估與實際PR值相差±2%內，並藉此建立快速模組發電性能檢測平台。

針對台灣北中南電腦監測PV系統發電量調查與歷年能源局補助系統回報發電量之數據統計分析，並透過至少每年20套PV系統現場查驗與運轉調查，收集台灣PV系統發電量分佈、異常或故障原因調查及歸納分析，並結合系統損失因子分析法，藉由系統設置之損失分佈，找出系統異常癥結點，以作為PV系統維運政策研擬之參考依據。

再者，透過進行併聯型、防災型與混合型 (PV + Diesel) 系統運轉維護機制評估，針對系統設計、安裝與運作特性，探討造成系統維護需求成因、維護作法、維護間隔、維護成本、以及維護對發電成本之影響等，亦針對不同系統運轉問題提出相對應之維運對策。

3.1.2. 系統營運雲平台

藉由建置太陽光電系統營運雲監測平台，以提供太陽光電系統發電監測、環境氣象監測、系統運轉操作上之基礎/進階監測功能、異常警報功能等。雲平台具有大量資料儲存與運算能力，亦具有彈性擴充之系統規模特性(Scalability)，將可處理因應太陽光電場域所衍生大量監控之資料儲存與運算需求。

其次，須建置太陽光電發電/售電匹配分析功能模組，以避免因為太陽光電系統實際發電量，與電力公司收購電量兩者間不匹配導致之電力公司成本負擔。所開發的太陽光電發電/售電匹配分析功能模組，藉由基本的模組、系統發電量比對、同區域發電量比對，以及高階之平均日照量預測、極短期系統發電量預測等工具，協助解決發電/售電匹配問題。

整合前述「系統性能與可靠度」之研究成果，可建置太陽光電系統性能分析與運轉維護功能，並進一步探討與開發資料分析之多變量分析技術(multivariate analysis)，而於雲平台中提供太陽光電系統/模組元件性能分

析模組、運轉維護模組，進而作為各設備供應商進行設備元件之性能評估工具。

最後藉由建立太陽光電監控管理雲平台之營運模式，以評估、建立與測試太陽光電雲監控管理平台之營運模式，有別於過往太陽光電系統之監測均由系統整合商提供，太陽光電雲監控管理平台可成為一獨立的軟體應用服務提供者，不僅可提供太陽光電系統擁有者多元之監測服務外，亦可提供電力收購者瞭解收購對象之系統運轉狀態，同時，對於系統設備供應商，也可藉由雲監控管理平台中，取得設備實際運轉狀態，作為產品開發、維護保養之進階資料。

本系統可在雲平台中，除了提供太陽光電系統發電監測、環境氣象監測、系統運轉操作上基本之監測功能等，亦提供使用者透過太陽光電系統發電監控功能模組，取得基本監測資訊，主要模組簡介如下：

- 監測資料點設定模組：提供與資料接收模組、資料儲存環境串連之太陽光電系統監測項目、監測點位設定。監測點位設定採用樹枝狀結構進行設定，以提供高邏輯性之設定模式。
- 最新監測數據顯示模組：針對太陽光電系統受監測點位、環境監測點位等，提供最新數據顯示。依據監測點位、上傳資料，顯示包含如：負載電壓、負載電流、負載功率、陣列電壓、陣列電流、陣列功率、功率因數(Power Factor; PF)、當日累積系統電能產出、逆變器(Inverter)效率、日照、環境溫度等。(如下圖)



圖 3 發電資訊概觀

- 監測統計報表功能建置：此功能提供太陽光電系統監測點位、環境監測點位等之報表顯示等功能，其中報表功能至少包含：各監測點位年月日時統計報表與趨勢圖、選定時間區間內統計報表與趨勢圖、選定時間區間內前N與後N資料排序與趨勢圖。(如下圖)



圖 4 歷史發電資訊

- 警示(Alarm)與報表統計：提供資料傳輸異常等相關異常事件發生時，以Mail/簡訊通知使用者、管理人員之功能，並於使用者登入太陽光電營運雲監控平台軟體服務系統時，於使用者介面上警示有異常事件。
- 監測資料查詢功能：提供所有監測點位、上傳資料之最新查詢，以及歷史資料查詢功能。
- 支援手持式行動監控與管理應用程式加入發電監控功能。

3.2. 監控關鍵模組

針對住宅PV與太陽能發電場之不同應用場域，開發PV監控系統所需之關鍵監控模組、通訊介面模組及網路管理系統整合技術，提供詳細的系統操作資訊給後端系統營運管理平台，作為系統營運、故障監測分析之數據參考來源。所需模組如下：

3.2.1. 監控裝置模組

本模組具可量測每片PV模組之輸出電壓、電流與溫度等操作參數，及直流電力線數位通訊功能之PV電力量測及通訊模組，其電壓量測範圍為直流0-100V，量測功率為0-250W，溫度量測範圍為0-125°C。並整合上述模組功

能成為PV電力量測及通訊模組之特用單晶片(System On Chip；SOC)，以縮小硬體電路尺寸並降低成本。

3.2.2. 通訊介面與系統整合

需具備一個異質網路通訊介面轉換模組，包括可將直流電力線通訊訊號轉換成符合IEEE802.15.4/ZigBee低功率無線通訊、交流電力線通訊、乙太網路通訊、及符合RS485標準之雙絞線通訊介面之通訊介面轉換模組，以利監控資料於異質網路環境之通訊傳遞工作。

另藉由太陽光電監控模組之遠端網路管理平台，建立從控制中心的後端系統透過用戶端之寬頻接取網路，或是智慧電表系統網路對用戶端之太陽光電模組進行各項網路管理與監控的應用層協定技術，包含：用戶端太陽光電監控模組與控制中心ACS (Auto Configuration Server)之間的通訊協定技術、控制中心ACS對用戶端太陽光電監控模組與相關設備之監控參數的TR-069 Data Model技術、控制中心ACS與其他backend設備(如：Service Configuration Manager)之介面(Northbound Interface)與整合技術、當用戶端太陽光電監控模組在NAT (Network Address Translation)的環境中(也就是監控模組採用Private IP address時)，透過網路位址轉譯閘道器之自動組態伺服器通訊技術(ACS Connection Request via NAT Gateway Technique)、太陽光電監控模組與智慧電表系統整合。

4. 實際建置案場分析

本章節將介紹筆者所屬之技術團隊於實際應用案例，希冀提供讀者能對太陽能的應用有更多想法。

本案例介紹小型與建築整合型太陽能發電監控系統，其中之太陽能發電站屬於居家或小規模發電站的使用客群，此類使用者因不具備太陽能專業背景，需要專業的人員

進行後續的維護與監控服務，然而針對小型與建築整合型太陽能發電佈建後，須提供給使用者易於監控與維護的整合型平價服務卻未被提出。因此，為達成平價化的經濟模式，運用自動化與遠端管理技術，以提供眾多太陽能發電使用者監控與維護服務為極具潛力的營運方式。

另一方面，現有太陽能發電系統之遠端監控多是利用RS-232 介面技術串連之系統，僅能做到點對點方面的傳輸，無法提供多位使用者同時使用。

除了監控發電效率之外，對小型太陽能發電的業者來說，太陽能設備依然屬於貴重資產，根據業者佈建實例，確有遭竊或遭破壞的經驗，因此用於監視設備的警報系統需求油然而生。然而，對專業太陽光電系統整合廠商而言，所建置之場域分佈各地，現行作法由各場域錄影監控或聘雇專人進行監控及保全，受到於空間及距離的限制，仍無法即時掌控各場域狀況。

運用自動化的機器與機器 (Machine to Machine, M2M) 間的資料交換技術，來提供眾多太陽能發電使用者監控與平價維護服務為必要手段，為達成此營運所須之效率，在太陽能發電站須搭配研發一遠端太陽能監控及保全模組，此模組負責將太陽能發電站之資料傳回服務中心。此一整合型遠端太陽能設備監控及保全服務系統，除了提供遠端監控等基本參數外，同時搭配影像監測進行入侵偵測、入侵影像回傳，提供硬體設備保全與提高整體太陽光電發電系統的工作效率之服務。

緣此，本案例經採用雲端太陽光電營運管理系統後，案場管理的優點包括：

- 用戶端太陽光電監控模組採用TR-069 Data Model監控技術，新的逆變器架設後，後端管理系統即刻顯示於管理介面上，後台的管理人員只須進行歸類與輸入人工識別資訊即可，隨插即用，可省去傳統繁複組態架設的困擾。
 - 自動化資訊擷取與各式報表製作發送，省去大量人工作業，亦提供管理者更輕易的管理方式。
- 過去由於案場位處極為偏僻地區且不易

到達，每兩個月人工抄表一次，間距過長，常有抄完表後，系統即出狀況之實際案例發生，直到下次例行巡檢抄表，當機近兩個月，若以一中型場域而言，將造成數十萬元損失。透過監控系統得知案場即時狀況，當案場發生異常時，現場人員立即前往處理，使得在太陽光充足的天氣狀況下，案場的日平均發電量(Daily Mean Yield, DMY)值達到4.5以上，以及系統性能比(Performance Ratio, PR)值達到85以上。



圖 5 案場管理資訊

5. 結語

隨著太陽能發電成本持續下降，德國、義大利、西班牙及日本等國已經達到太陽能與市電同價門檻，未來各國太陽能成本陸續低於這個關鍵點之後，估計將大量取代傳統石化燃料，成為發電能源的主要來源之一。本文以過去太陽能光電系統建置經驗，提出的太陽光電智慧監控與維運系統技術，將有助於提升長期系統效益，包括：

- 快速模組發電性能檢測技術與系統元件可靠度研究成果，可協助強化系統業界元件選用與設計能力，提升新建系統之發電性能與可靠度，降低維運成本，確保系統投資效益，有利推動太陽光電系統大量設置。
- 太陽光電系統長期發電性能、運轉可靠度與系統維運管理模式等研究成果，除可提供政府補

助政策研擬參考，並可提供系統產業在設計、元件選用與維運管理系統模式之參考。

- 太陽光電系統營運雲平台技術之開發，可提供太陽光電發電系統—監測平台，將適用於住宅屋頂發電系統、獨立型發電系統，以及大型併網發電系統。可使得發電系統擁有者、電力公司，以及太陽光電系統供應商均能透過此系統取得各自系統運轉資料，以及與不同系統間評比分析資料。
- 提供加速老化、嚴苛環境之可靠度、性能評價，並發展高壽命系統設置準則，並作為後續新型系統產品測試載具。

未來期許能進一步為國內雲端SaaS建立綠能服務之營運模式，以提供資訊服務業者新應用領域，或提供系統整合關鍵技術於PV相關產業之模組商、系統整合商、網通、工控業者，據以開發客製化的產品。

誌謝

感謝雲端太陽能技術團隊同仁平台管理部李坤敏經理、聯網終端部李曉暉經理、鍾逸呈，協助本文撰寫時技術建議與場域應用經驗分享。

參考文獻

- [1]. “Global Market Outlook for Photovoltaics until 2014-2018, ” European Photovoltaic Industry Association, Sweden.
- [2]. Paris France Sustainable Innovation Forum 2015 working with UNEP website. [Online]. Available://www.cop21paris.org/
- [3]. 楊翔如, “2016年太陽光電產業環境掃描,” IEK, 2016.

作者簡介

朱琇華



現任職於工研院資通所智能製造服務系統組研發經理。專長於大型分散式銀行系統、智慧製造系統技術與系統建置。

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。

劉郁珉



現任職於工研院資通所智能製造服務系統組。專長於資通訊領域計畫管理。