

電動大客車智慧充電管理系統關鍵參數初探

張益城、陳國岳

研究期間114年2月至114年12月

摘要

有鑑於充電基礎建設的推動情形將具體影響大規模電動運具導入的進程發展，目前客運業者在路線電動化時，亦將建置電動大客車充電站，惟依照公車營運特性，電動大客車多利用晚上營運結束後進行充電，日間設備多為閒置狀態，若能開放其他車種如貨運，小客車使用，可提升設備稼動率。目前客運業者尚未有開放其他車種使用先例，而地方政府目前規劃之公共充電站則是朝大客車與小客車共用方向進行規劃，111年起本所已提供臺中市及臺北市公共充電站專業諮詢，另包括高雄、臺南、新北市等也開始提出公用充電站建置需求，113年臺北市政府提出土城捷運站建置公共充電站與智慧充電系統結合之合作需求。本計畫以113年電動大客車智慧充電服務驗證(2/2)-智慧充電管理系統精進與優化成果為基礎，為提供114年電動大客車智慧充電管理系統推廣與功能擴充(1/2)-系統導入輔導與共享充電服務機制規劃之先行研究，研提發展智慧充電管理系統關鍵參數應用初探之研究課題。

關鍵詞：電動大客車、關鍵參數

電動大客車智慧充電管理系統關鍵參數初探

一、背景說明

行政院為改善空氣汙染，已於 106 年 12 月 21 日宣布於 2030 年前將 1 萬輛市區公車全面電動化，交通部、經濟部與環保署持續推展 2030 年電動大客車推動策略。

現況國內客運業者均以自行於鄰近車輛行駛路線端點站之調度站申請設置充電樁，滿足營運所需之充電需求；考量土地管制、場站規模、電力供應等限制性，未必可於每條路線端點站周邊尋覓到足夠停放路線車輛且合適設置充電樁之場域，增加導入電動大客車車隊規劃之複雜度與困難性。

有鑑於充電基礎建設的推動情形將具體影響大規模電動運具導入的進程發展，故就電動大客車推動策略上，除提供客運業者購車、維運補助降低客運業者營運負擔、建置維修保養體系、載客營運補助及路網優化等配套外，交通部持續朝向制定共通規格與輔導業者改善充電介面、導入智慧充電排程管理以及推動公共充電站等方向，來加速電動運具普及化。111 年起交通部運輸研究所(以下簡稱運研所)已提供臺中市及臺北市公共充電站專業諮詢，另包括高雄、臺南、新北市等也開始提出公用充電站建置需求，113 年臺北市政府提出土城捷運站建置公共充電站與智慧充電系統結合之合作需求。本計畫以 112 年電動大客車智慧充電服務驗證(1/2)－智慧充電管理系統實證成果為基礎，進而研提發展公用充電站管理系統之重要課題。

二、OCPP 通訊標準

我國電動大客車補助作業要點後續將智慧充電管理系統納入補助，其中規定智慧充電管理系統必須以 OCPP (Open Charge Point Protocol) 為通訊協定。由於全球充電樁規範與標準不相同，大部分國家並無統一的標準規範，因此國際上於 2009 年成立開放充電協定論壇，爾後開放充電協定論壇改組為開放充電聯盟(Open Charge Alliance, OCA)，由 OCA 制定 OCPP

通訊協定內容。OCA 為國際化聯盟組織，包括公共和私人領域之電動汽車基礎設施的企業和廠商，其目的是通過合作、教育、測試和認證來推廣電動車充電設施通訊協定之發展和應用，同時推廣相關協定的行業標準。

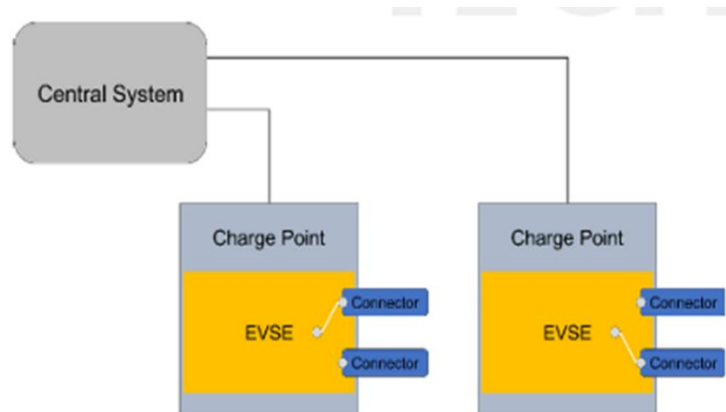
OCPP 智慧充電目標係透過車輛電網整合（vehicle-grid integration, VGI）技術來管理電動車的負載，並後續藉由用戶對價格信號（price signals）的回應、或透過充電站內置的自動回覆（automated response）系統，來搜集掌握電網與充電站現況的即時資訊、或結合前述兩種機制來貼近用戶對充電車輛排程的需求。具體來說，智慧充電設備兼具即時調節充電週期（charging cycles）或調整供電網路所供給電力的電壓（例如：根據監測契約容量或併接容量（connection capacity）、用戶需求（包含：客運排班與充電站管理、再生能源等資訊進行彈性調控）。因此，OCPP 可以搭配電網輸配電限制（distribution grid constraints）和再生能源可用性（local renewable energy availability）來優化充電過程的方式。

OCPP 為開放協定，旨在解決充電樁之間互通性問題，允許不同廠商的充電樁，於 OCPP 通訊協定中稱為 ChargePoint(CP)和集中管理系統(Central System, CS)間進行資料交換，在 2012 年制定第一個版本 OCPP 1.5，時至今日在 OCPP1.5 的基礎上已推出 1.6 和 2.0.1 版本為達到集中管理與遠端控制充電設備之目的，在充電樁與管理系統之間透過標準化的通訊協定規範控制充電樁行為流程相當重要。目前，OCPP 已在 49 個國家的 40,000 多個設施中實施，成為電動車充電基礎設施的關鍵通訊標準。

三、OCPP 1.6 功能類別

最初的 OCPP 1.5 是基於 HTTP(HyperText Transfer Protocol)協定傳送 XML(Extensible Markup Language)格式訊息與 CS 進行通訊。主要支援以下功能：本地啟動和遠端啟動充電功能、授權充電功能、緩存 IdTag 和本地授權列表功能、預約充電功能、充電樁軟體升級功能、充電樁回報診斷功能、充電樁遠端重啟功能、遠端解鎖充電槍功能。

OCPP 通訊中，CS 端與 CP 端為基本構成單位，通訊使用 Client-Server 架構如圖 1 所示，兩端皆擁有發起相關功能請求的能力。訊息傳輸內容包括使用者身分識別碼授權、遠端或本地開始與結束交易請求、電表資料傳送、CP 與 Connector 狀態通知等。



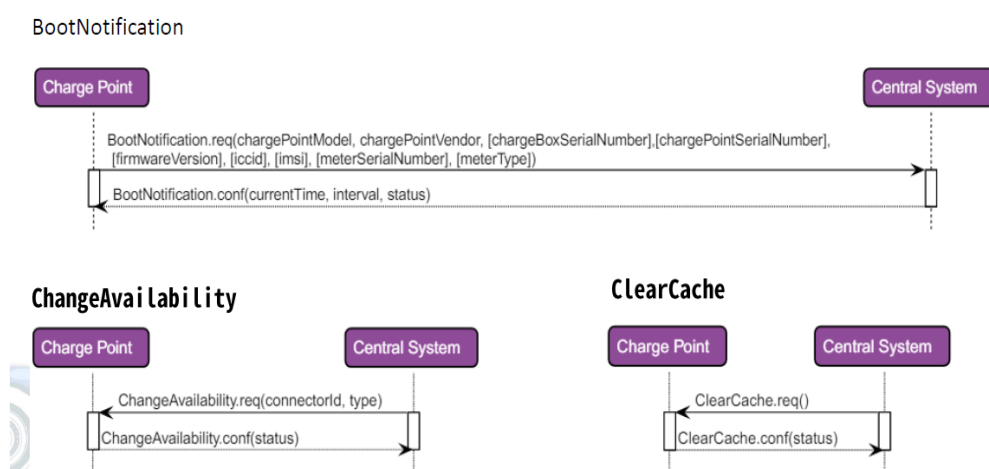
資料來源[2]

圖 1 OCPP 通訊架構與 CP 模型

而在 2015 年推出的 OCPP 1.6 提供 JSON(JavaScript Object Notation) over WebSocket 與 SOAP(Simple Object Access Protocol)兩種訊息傳輸方式，且整合成以下六大類別：

1. Core(核心)

核心定義功能包含 Authorize、BootNotification、StartTransaction 與 StopTransaction 等功能如圖 2 所示。核心類別為 OCPP 1.6 中基礎功能類別，所屬功能皆與基本充電樁操作和一般交易流程相關，故所有支援 OCPP 通訊之充電樁須具備核心類別所有指令。包括充電樁開始與停止充電交易前，須通過智慧充電管理系統授權才可進行。核心指令中 idTagInfo 內含日期、認證訊息以及授權狀態，在開始充電時通過系統授權才可充電，否則無法啟動充電；使用者出示 idTag 停止交易時須先經過授權行為才可停止交易結束充電。

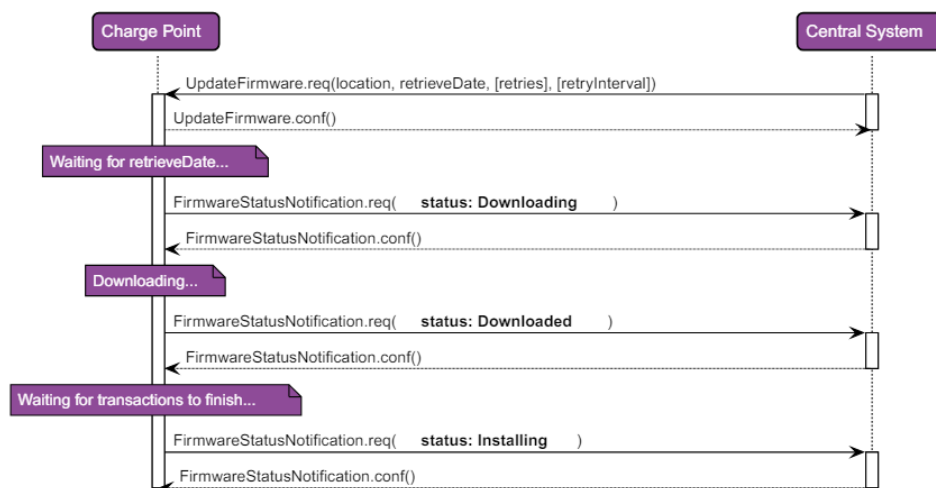


資料來源[1]

圖 2 OCPP Core 訊息時序圖

2. 韌體管理(Firmware Management)

OCPP 具有韌體升級與診斷回報功能，於 OCPP 1.6 將相關功能更新整合至韌體管理類別之中，包括 GetDiagnostics、DiagnosticsStatusNotification、FirmwareStatusNotification 與 UpdateFirmware 等功能。智慧充電管理系統使用 GetDiagnostics 訊息要求充電樁上傳診斷檔，診斷檔將被上傳到指定網路位置。另充電樁須依照上傳狀態向智慧充電管理系統回報充電樁韌體版本及狀態。DiagnosticsStatusNotification 上傳訊息狀態，包括上傳成功、上傳失敗與上傳中三種狀態。同時 OCPP 支援包括充電樁或車輛韌體更新，可使用 UpdateFirmware 訊息，如圖 3 所示。下載與更新之狀態須向智慧充電管理系統通知，UpdateFirmware 請求中可設置重試次數與每次重試之間的間隔時長。



資料來源：資料來源[1]

圖 3 UpdateFirmware 訊息時序圖

3. 授權清單管理(Local AuthList Management)

授權清單管理類別包含 GetLocalListVersion 與 SendLocalList 兩個主要功能，對充電樁管理方面，儲存的授權車輛做更新或查詢車輛充電版本功能。智慧充電管理系統使用 GetLocalListVersion 向充電樁傳送授權清單的版本。另外一個功能為 SendLocalList，在車輛或充電樁請求訊息，利用「updateType」欄位決定更新充電樁中本地授權清單的資訊更新方式，「Differential」為將 SendLocalList 中的「localAuthorisationList」新增至充電樁現有的本地授權清單中；「Full」

則使用 SendLocalList 請求訊息中的「localAuthorisationList」取代充電樁的本地授權清單如圖 4 所示。



資料來源：資料來源[1]

圖 4 SendLocalList 訊息時序圖

4. 預約(Reservation)

OCPP 1.6 版本建立預約類別讓智慧充電管理系統用以在特定時間內保留充電樁，供特定電動車輛交易或取消特定預約，OCPP 預約包含 ReserveNow 與 CancelReservation 兩大功能，ReserveNow 訊息用於預約指定充電樁，ReserveNow 訊息時序如圖 5 所示。利用包括「connectorId」、「expiryDate」、「idTag」與「reservationId」定義被預約位址車輛以時間等參數，選定車輛被預訂期限內非預約之車輛無法在該連接器上進行交易，以指定該充電樁在期限內只允許特定車輛開始的交易。相對的是 CancelReservation 指令，該訊息中包含「reservationId」，用於取消 ReserveNow 預約。



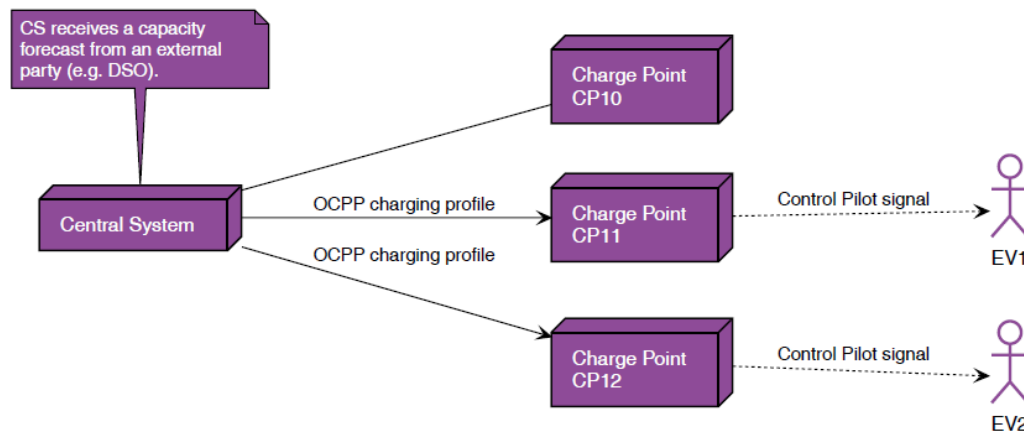
資料來源：資料來源[1]

圖 5 ReserveNow 訊息時序圖

5. 智慧充電(Smart Charging)

OCPP1.6 提供智慧充電指令功能包含 SetCharging Profile、ClearCharging Profile、GetComposite Schedule 三類，SetCharging Profile 透過設置充電限制定義充電功率消耗，達成智慧充電的目的。SetChargingProfile 分為交易開始時發送以及其他時間發送兩種，

SetChargingProfile 透過一個智慧充電管理系統平衡控制多個充電節點拓樸如圖 6 所示。



資料來源：資料來源[1]

圖 6 智慧充電管理系統充電節點拓樸

OCPP 定義智慧充電系統可透過 ClearChargingProfile 清除部分或是全部的充電指令功能，另外透過 GetCompositeSchedule 指令將一段時間所有充電指令反饋至系統，更新相關資訊。

6. 遠程觸發(Remote Trigger)

OCPP 遠程觸發類別中功能為 TriggerMessage，透過 TriggerMessage 可要求充電樁發送特定訊息。系統可遠端使用 TriggerMessage 訊息向充電樁詢問相關狀態，訊息時序如圖 7 所示。TriggerMessage 訊息中的 requestedMessage 為要求充電樁發送的功能包括 BootNotification、DiagnosticsStatusNotification、FirmwareStatusNotification、Heartbeat、MeterValues、StatusNotification。



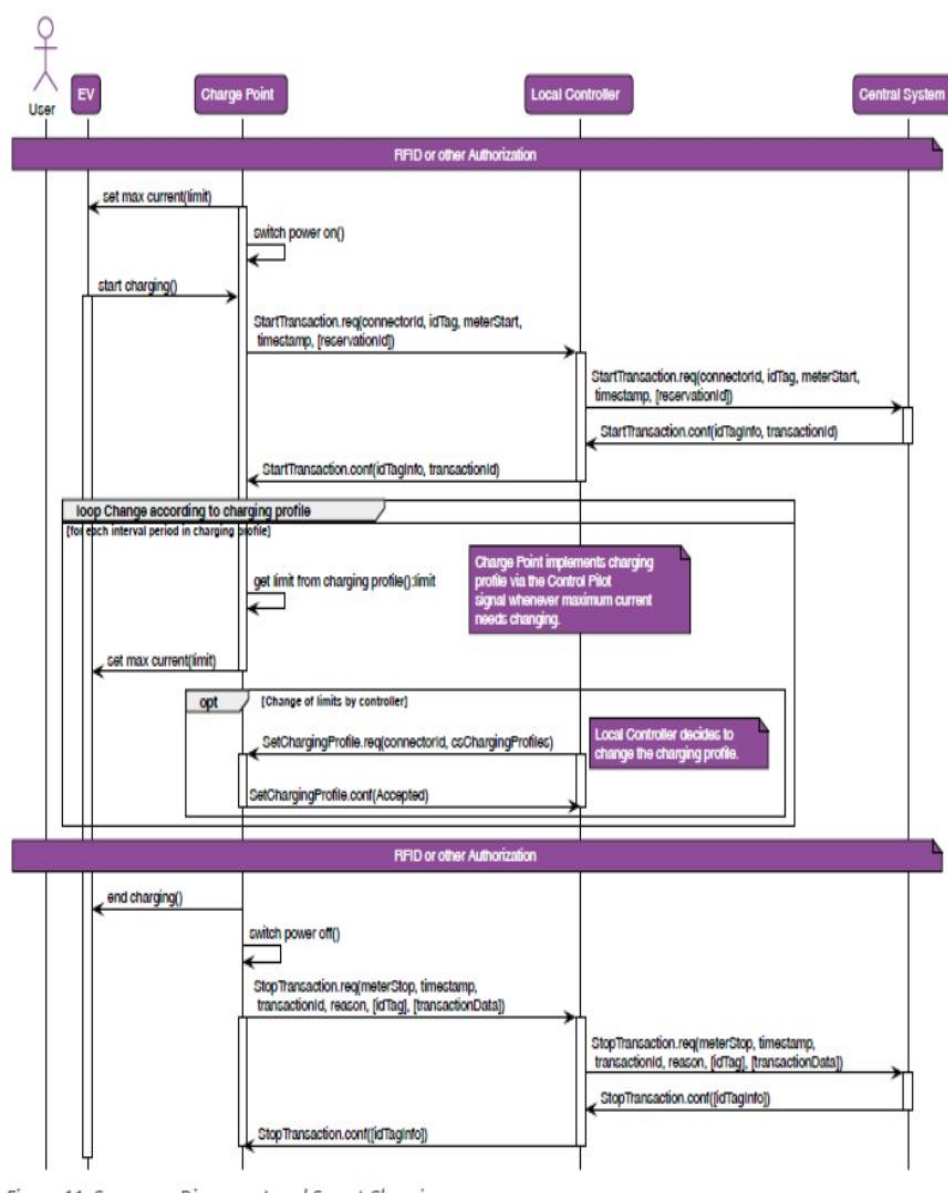
資料來源：資料來源[1]

圖 7 OCPP 遠端觸發指令

四、智慧充電關鍵參數

智慧充電管理系統設計的幾項關鍵參數，包括避免超過契約容量、配

合營運班表以及提供健康度預測以延長電池使用壽命。OCPP 智慧充電提供智慧充電的充電流程如圖 8 所示，在智慧充電管理系統中 OCPP 系統軟體以通訊功能為目的設計，為避免通訊中的延遲導致等待時間長而使軟體出錯，OCPP 系統軟體使用 Asyncio 函式庫開發，建立非同步框架將智慧充電相關功能撰寫為協程函式(Coroutine Function)，使用協程(Coroutine)以充電排程以任務(Task)的形式加入事件迴圈(Event Loop)中執行。非同步的架構下，程式仍是在單一線程上執行，不同的是在事件迴圈中的任務會切換執行，當執行中的任務進入閒置或等待回應的阻塞狀態時，將執行事件迴圈中下一個任務。

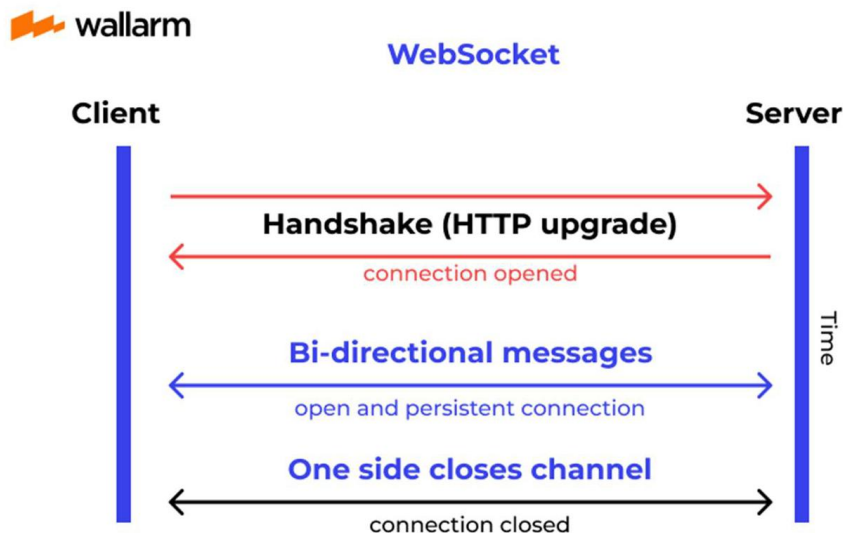


資料來源：資料來源[3]

圖 8 OCPP 智慧充電控制程序

由圖 8 可知，OCPP 系以預先訂最大電流，確定充電功率，隨後不斷由車輛與充電點回傳相關參數，調整電流大小，決定電流大小。客運業者在利用智慧充電管理系統不超過契約容量前提滿足其動態排程與班表需求之外，如何延長電池使用壽命，降低其維護成本亦為智慧充電管理系統的重要任務。

和 OCPP 的 1.5 版本以 HTTP (HyperText Transfer Protocol) 為主不同，OCPP 的 1.6 版本之中提到網路傳輸協定可同時相容 HTTP 和 WebSocket 兩種方式建立連線，WebSocket 和 HTTP 不同，WebSocket 完全實現雙向通訊的應用。WebSocket 允許通過單一 TCP (Transmission Control Protocol) 通訊埠實現全雙工通訊如圖 9 所示，透過單次交握 (Handshake) 建立雙向傳輸通道。當智慧充電管理系統與充電裝置交握成功可開始資料傳輸，直到任一方結束連線則即可關閉傳輸通道，所示。Websocket 實現雙向通訊的方式與 HTTP 使用輪詢 (Polling) 維持雙向通訊的方式不同，透過建立傳輸通道的方式減少頻繁的請求。WebSocket 比 HTTP 有更低的資訊的延遲 RTT (Roundtrip Time)，同時可以在通訊成功後，單向結束通訊。



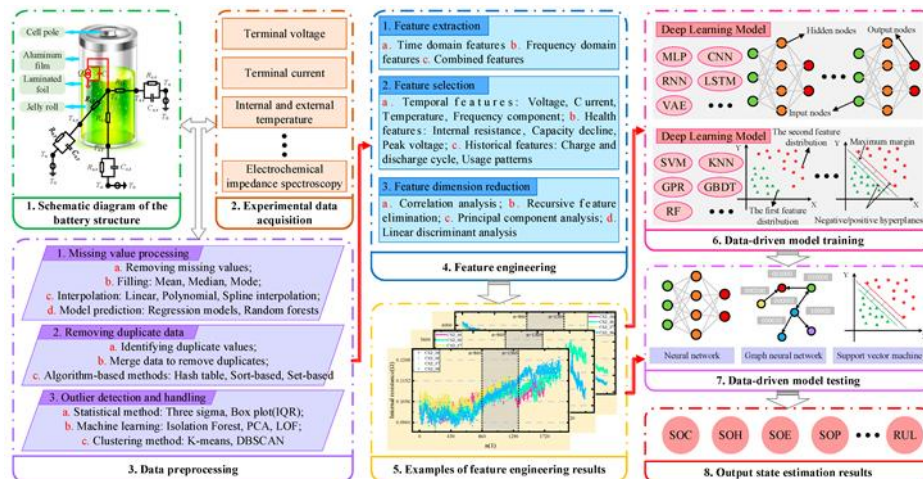
資料來源：資料來源[3]

圖 9 WebSocket 通訊時序圖

WebSocket 適合智慧型充電管理系統採用動態負載平衡 (Dynamic Load Balancing, DLB) 時採用，即時監控所有連接設備的能源使用情況。當能源需求改變時，系統會根據需要自動重新分配電力，以確保每一

輛電動大客車依據需求獲得適量的電量，而不會導致系統過載。

在電動大客車取代傳統燃油大客車過程，電池性能和壽命的持久性和穩定性一直是一個關鍵問題，因此智慧充電管理系統如何提供電池健康檢測技術變得至關重要。而電池健康度(State of Health, SOH)的預測方法有分為三種方式：傳統直接量測法(Direct Measurement)，模型基礎法(Model-Based Method)與數據驅動法(Data-Driven Method)。Direct Measurement 係指透過實際量測電池性能來確定期 SOH，其中包括量測電池的放電容量、充電電壓、內部電阻等物理參數。Model-Based Method 是建立物理和化學的模型，並基於數學算法來模擬電池的工作情況，然後使用數學算法與實際量測的結果進行比較，從而估計電池的 SOH。Data-Driven (數據驅動)Method 係指透過智慧型充電管理系統蒐集充電過程數據，搭配機器學習方法，讓模型自己從這些數據中學習特性，藉此預估 SOH。如圖 10 所示



資料來源[4]

圖 10 Data-Driven Method 預測電池健康度

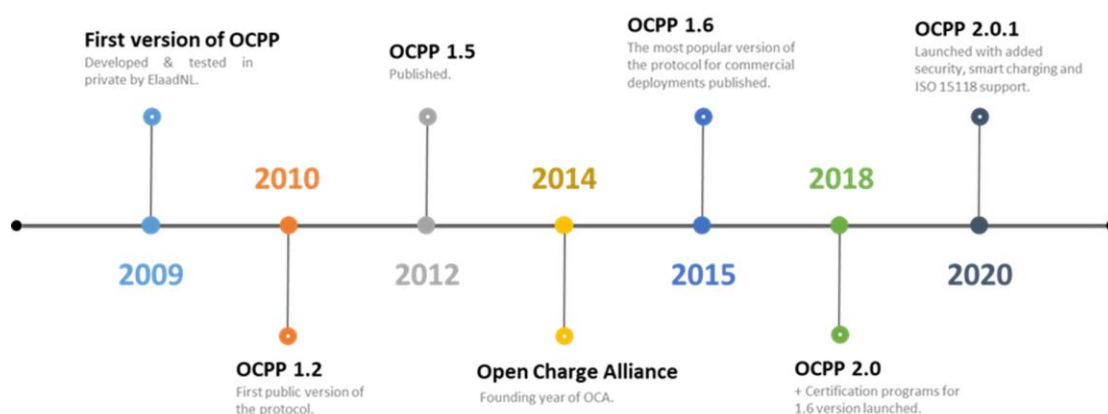
數據驅動是指智慧充電管理系統在所有充電過程中，依靠充電數據分析和從數據中得出的見解並透過系統化的方法，對充電數據進行蒐集、分析、運用，最終目的是為了優化充電的質量和流程的效率。其中，智慧充電管理系統蒐集執行過程數據提供了數據驅動所需要的資料；利用大數據提分析方法。數據驅動的核心思想是基於數據做出分析。此外，智慧充電管理系統數據驅動的數據不見得是愈多越好，而是需要整理過的資料，透過觀察和分析數據找出當中的差異，利用

這些重點規劃出適合的充電策略與電池健康度預測。

五、結論與建議

OCPP 1.6 已被全世界廣泛採用，並以提供可靠的基本功能而聞名。本所 113 年研究計畫電動大客車智慧充電服務驗證(2/2)-智慧充電管理系統精進與優化與「臺灣電動車輛電能補充產業技術推動聯盟」合作推動智慧充電納入交通部公路局補助電動大客車作業要點，即以 OCPP1.6 作為智慧充電管理系統標準，惟 OCPP1.6 是能源管理需求較低的小型裝置的首選協議。本所 114 年電動大客車智慧充電管理系統推廣與功能擴充(1/2)-系統導入輔導與共享充電服務機制規劃中，即有拜訪電動大客車製造廠以及充電器廠商，蒐集各廠商對電動車充電系統互通性標準 OCPP 之精進建議。並與「臺灣電動車輛電能補充產業技術推動聯盟」提出之智慧充電分級標準進行滾動檢討並提出後續推動建議，同時建立智慧充電管理系統資訊安全機制。

針對包括跨場域充電以及後續資安系統建立，OCA 於 2020 年將 OCPP1.6 升級至 OCPP2.0.1 如圖 11 所示，主要較 OCPP1.6 在擴展安全性（即安全性配置、資訊處理、加密、安全性記錄檔等）、充電設備管理功能，曾經更多智慧充電指令集等。



資料來源[5]

圖 11 OCPP 版本演進

同時針對後續智慧充電管理系統發展，歐盟已將 ISO 15118 定為通訊標準，和 OCPP1.6 相比，OCPP2.0.1 系完整支援 ISO 15118 如圖 12 所示，同時針對跨車種充電及智慧充電需求，ISO 15118 同時允許隨插即充(Plug & Charging, PnC)：只需將充電樁之充電槍插入電動車輛，系統將自動識別身份及確認車種，無須拿出手機掃描 QR 碼或刷 RFID 卡，跨車種或跨

業者充電行為更加便利，同時支援規劃管理充電策略，包含電動車輛能源需求之訊息、電池充滿電可用時間、區域電網當前利用率及再生能源當前及預測可用性訊息等訊息之彙整。

OCPP 1.5	OCPP 1.6	OCPP 2.0.1
OPEN CHARGE POINT PROTOCOL	OPEN CHARGE POINT PROTOCOL	OPEN CHARGE POINT PROTOCOL
<ul style="list-style-type: none"> ◦ SOAP ◦ 10 Charge Point operations ◦ 15 Central System operations ◦ Extensible Markup Language (XML) ◦ Easy to learn ◦ Used in more than 30 countries 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ OCPP 1.5 ◦ SOAP and JSON ◦ Smart Charging support for load balancing and use of charge profiles ◦ (Local) list management support ◦ Additional status ◦ Message sending requests such as CP time or status at the CP 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ OCPP 1.6 plus added functionalities ◦ Device Management ◦ Improved Transaction handling ◦ Added Security ◦ Added Smart Charging functionalities ◦ Support for 15118 ◦ Display and messaging support ◦ additional improvements requested by the EV charging community

資料來源[5]

圖 12 OCPP 版本差異

建議本所後續研究計畫，針對是否升級 OCPP2.0.1 進行評估，主要本所 114 年電動大客車智慧充電管理系統推廣與功能擴充(1/2)-系統導入輔導與共享充電服務機制研究計畫未來將朝向跨車種公有充電站以及雙向充電等技術進行研究分析，OCPP1.6 相比之下，雖然在智慧充電、雙向充電以及資安防護上並不完善，但目前為全世界使用最為廣泛系統，OCPP2.0.1 雖然功能完善，但系統以及指令較 OCPP1.6 複雜以及後續檢測能量建立等因素仍需後續評估。

參考文獻：

1. Open Charge Point Protocol 1.6 edition 2 FINAL, 2017-09-28
2. Establishment of an Electric Charging Infrastructure for the Public Bus Network, Case Study e4you – VECTOR。
3. [VS Gowri, P Sivraj, “A Centralized Management System Software Framework to aid inEV Charging”, 2021 International Conference on Recent Trends on Electronics,Information, Communication & Technology, Aug. 2021.](#)

4. 許乃倫, 「電網整合電動載具資通訊標準與應用研析」, 台電綜研所 資通室, Nov.2022.。
5. Mandhusudhanan S, P Sivraj, “Development of Communication Simulator for Electric Vehicle Charging following ISO 15118”, IEEE North Karnataka Subsection Flagship International Conference, Nov. 2022Viriciti smart charging rollout at QBuz ,
<https://greenbusandcoach.com/news/viriciti-smart-charging-rollout-at-qbuzz/>。