

結合儲能系統發展新型電力輔助自行車無樁營運系統

林永曄¹ 魏民記¹ 宋啟嘉^{2*} 劉彥志³ 郭文凱⁴

¹虎尾科技大學光電與材料科技博士班

²虎尾科技大學電機工程系

³遠易通科技股份有限公司

⁴虎尾科技大學光電工程系

摘 要

本論文以電動輔助自行車結合當地政府共享電動輔助自行車管理法令，以無樁方式管理電動輔助自行車停放與租用，將電動輔助自行車導入低功耗微控制器，整合全球衛星定位系統（GPS）、LTE 通訊模組及藍牙等，構成定位與移動軌跡載具，並搭配太陽能光伏儲能系統結合無樁感測技術及雲端管理系統，配合當地政府設置之合法區域建置使用綠能之租賃支付設施，設計出一種適用全方位客戶層的營運管理平台，擴大電動輔助自行車的使用人數及使用率，今於國立虎尾科技大學校園及南投縣日月潭向山遊客中心等場域完成平台驗證。

關鍵詞：電動輔助自行車，太陽光伏儲能，無樁式營運系統

Development of a new pedelecs dockless operation system with energy storage system

Yong-Ye Lin¹, Min-Chi Wei¹, Chi-Chia Sun^{2*}, Yen-Chih Liu³, and Wen-Kai Kuo⁴

¹Graduate Institute of Electro-Optical and Material Science, National Formosa University

²Department of Electrical Engineering, National Formosa University

³Far Easy Pass LTD

⁴Department of Electro-optical Engineering, National Formosa University

ABSTRACT

This paper uses pedelecs(pedal electric cycle) in combination with the local government's regulation on the management of shared pedelecs to manage the parking and rental of pedelecs in a dockless manner, and uses pedelecs to integrate low-power microcontrollers, 4G LTE communication modules, Global Positioning System (GPS), and Bluetooth to form positioning and mobile trajectory carriers. The photovoltaic energy storage system combined with the dockless sensing technology is used to build green energy leasing and payment facilities in the legal areas set up by the local government, and combined with cloud management. An operation management platform is designed for all levels of customers to expand the number of users and usage of electric assisted bicycles. It has been completed at the campus of National Formosa University and the Sun Moon Lake site in Taiwan.

Keywords: pedelecs (pedal electric cycle), Solar Photovoltaic, Dockless manner

一、前言

共享單車[1-3]是一種可持續的交通服務，提供給使用者短時間的租借服務，其宗旨在可為使用者提供更方便和更靈活的自行車做使用[4]。公共自行車的發展歷經了第一代的免費自行車到現在的第四代無樁自行車發展，而目前第四代無樁共享單車，許多城市目前都有基於站點的自行車共享系統和無樁自行車共享系統[5]。知名有樁式共享自行車的案例，像是台灣台北市與新北市的 YouBike 使用者可以電子票證註冊後租借自行車，美國的 Citi Bike，使用者可以透過租賃支付設施機台和 APP 租借自行車[6]，法國巴黎的 Velib，使用者可以透過 Passe Navigo 租借自行車[7]，和中國杭州的公共自行車交通系統，使用者預先在電子錢包、杭州市民卡等相關卡證加值後，在租借點透過租賃支付設施機台租車。知名無樁式共享單車的案例，有中國的 ofo [8]和新加坡 Obike，使用者透過 APP 連接自行車藍牙，在自行車上輸入密碼後，即可租借自行車。

有樁式共享自行車需採取甲租乙還的方式運作，故需要固定地點的租借站，且由於租借站及自行車車身有特殊設計，大都成本都相當昂貴。而無樁式自行車與有樁式自行車相比，最大的特點為便利性，可隨處借還，也因此造成單車停放亂象、單車損壞等問題。來自新加坡公司所推出的 obike，曾經在台灣紅及一時，但因無法管制停車亂象，導致車輛占滿人行道，影響市容美觀，對比在台灣熱門的 YouBike 有樁式共享單車營運模式，也讓地方政府在共享單車的營運多了一層考慮。

電力輔助自行車是一種適合短、中、長里程新式出行載具，因為車輛成本高於共享單車，基於營運保障，租借時 APP 以綁定銀行帳戶或信用卡來支付費用[9]。部分使用者無銀行帳戶或信用卡，無法透過電子載具和 APP 租借電力輔助自行車，導致這些使用者無法體驗電力輔助自行車。

為了改善電力輔助自行車所面臨問題，我們致力於發展無樁式新型電力輔助自行車營運管理系統，電力輔助自行車是使用者腳踩踏板時，由電動馬達輔助動力，使用者能夠在騎乘過程中能夠節省體力[10]。配合地方政府規範，建置使用綠能的租賃支付機台與管理機

制，透過能源管理技術[11]能夠有效地節省支付機台電力，且 GPS 追蹤車輛位置和結合藍牙與電子圍籬技術，使用者必須將車輛停置於指定位置，能夠有效管理車輛，且支付機台無須拉設室電，也維持市容美觀。採用會員制的方式，讓學生族群透過數位學生證讓無銀行帳戶或信用卡以電子票證租借，所有使用者都可以體驗新型電力輔助自行車。基於通訊技術可即時掌控電池電力，使用者能夠長時間騎乘新型電力輔助自行車，並且減少人力更換電池問題，能夠有效提高新型電力輔助自行車使用效率，為本論文目的。

二、系統架構

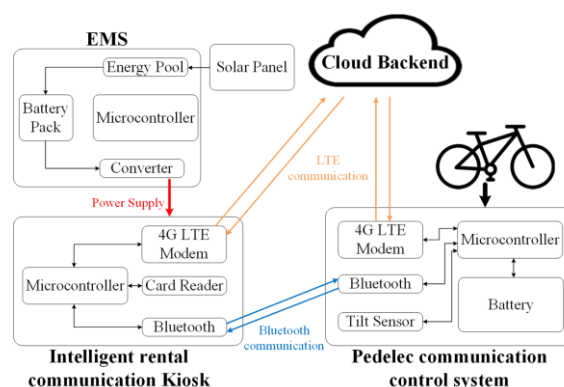


圖1. 系統架構圖

本章將介紹無樁電力輔助自行車營運系統，硬體與系統流程。

2-1 章節，將介紹無樁營運系統硬體架構。

2-2 章節，KIOSK 整合多樣化支付平台，為無信用卡或銀行帳號使用者增添便利性。

2-3 章節，將介紹電力與輔助自行車與 KIOSK 間傳輸系統架構和硬體。

2-4 章節，電力輔助自行車如何透過低功耗藍牙發展電子圍籬技術。

2-5 章節，將介紹電力輔助自行車營運後台管理流程。

2-6 章節，電力輔助自行車維護事件處理流程。

2-7 章節，總結電力輔助營運系統運作流程。

2-8 章節，本章節將介紹 KIOSK 結合能源管理技術，能夠有效延長系統電力使用時間。

2.1 無樁營運系統

本系統使用無線傳輸技術、能源管理技術(Energy Management System, EMS)及多元支付技術設計一套電動輔助自行車無樁營運系統，其架構如下圖 2 所示，在過去市面上常見的系統中，大部分都是使用市電連接主要系統，再由轉換器轉換成主系統所需要的電壓準位，以提供主系統所使用。此系統則是使用能源管理技術，透過太陽能電池組連接至能源控管模組，將電能儲存於儲存裝置，再由儲存裝置轉換給主系統使用，可針對不同系統切換成合適的電壓準位提供給主系統所使用。主系統架構共包含了無限通訊傳輸技術及多元支付技術，整合設計出一套能夠無樁借還電動輔助自行車支付系統，並透過無線傳輸技術將車輛資訊、支付金額、租借點資訊及能源用量資訊等回傳至後台雲端系統中，讓維護人員能夠即時觀看系統所有資訊，快速派遣維修人員至鄰近租借點評估、問題排解及維護。在支付平台上可支援手機 APP 電子支付或是以票卡方式支付，透過無線傳輸技術使用行動裝置即可線上繳費，若無持有行動裝置消費者可使用一般常用市售電子票證進行靠卡扣款方式消費租借各租借點電動輔助自行車。本系統也導入低功耗藍牙智慧車鎖控制方式，消費者可透過手機 APP 或租借點交易顯示儀表進行電子支付行為，替代現金付款租借共享自行車之方式，減少開立發票或實體貨幣交易等不便利性。

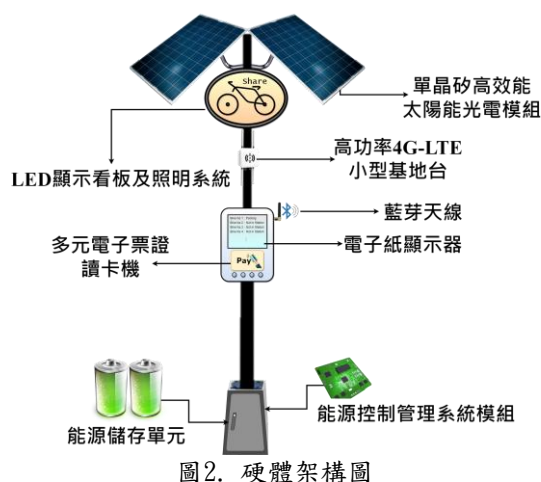


圖2. 硬體架構圖

2.2 多元支付

本系統主要提供消費者有多樣化的支付

平台，透過手機 APP、電子票證、信用卡等即可快速租借車輛，由下圖 3 所示，由線上註冊方式先將個人資料綁定後可完成租賃契約，消費者操作平台簡化了按鍵、靠卡區域、租借顯示面板，可快速完成電輔自行車租借與歸還，消費方式可藉由操作平台上靠卡或是以手機 APP 完成扣款手續。

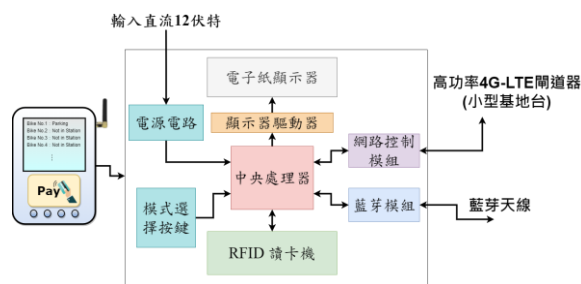


圖3. 多元支付硬體架構

2.3 無線傳輸技術

此系統為達資訊安全性及車輛安全性，消費者在租借歸還車輛時，會透過高功率 LTE 基地台與後端系統連結，配發隨機加密密碼給使用者端，使用者端可以使用操作平台或是手機 APP 對車輛進行解鎖，解鎖方式係使用藍牙通訊技術達成車輛鎖匙控制，當車輛回到租借點時可藉由 GPS 訊號提供系統資訊，表示車輛已在租借點中等待使用者進行租借程序，通訊模式如下圖 4 所示。

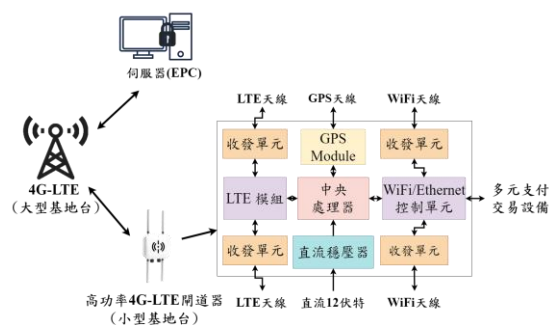


圖4. 無線傳輸技術

2.3.1 藍牙通訊元件

為了節省系統功耗，我們採用 JDY-10M 4.0 藍牙模組，JDY-10M 是基於藍牙 4.0 協定標準，頻段為 2.4GHz 範圍，最大發射功率為 8dbm，最大發射距離為 50m，具有功耗低、尺寸小、信號強、資料傳輸穩定等特性[12]。JDY-10M 支援一對多、多對一、多對多數據

傳輸與控制，能夠對於輔助自行車系統車輛連結，發揮很大的幫助。

2.3.2 4G 通訊元件

為了提升定位準確度，我們採用 EC21-Mini PCIe 模組，EC21 是一系列採用標準 PCI Express® Mini Card 外形尺寸 (Mini PCIe) 的 LTE 1 類模組，如，專門針對 M2M 和物連網應用進行了優化，具有成本效益高、功耗低的 LTE 連接，並提供 M2M 優化的 10Mbps 下行峰值和 5Mbps 上行峰值的速度。這使它成為眾多物聯網應用的理想選擇，而這些應用不依賴高速網路，但仍需要 LTE 網路[13]的持久性和可靠性。且 EC21 系列可向後兼容現有的 EDGE 和 GSM/GPRS 網路，確保它可以輕鬆地從 LTE 遷移到 2G 或 3G 網路。且支援 Qualcomm® IZat™ 定位技術 Gen8C Lite (GPS、GLONASS、BeiDou/Compass、Galileo 和 QZSS) 構成 GNSS 大大簡化了產品設計，並提供更快、更準確和更可靠的定位。

2.3.3 Tilt sensor

在電力輔助自行車上裝設傾角感測器，目的是為了防止使用者不當使用或遭外力衝擊造成車身傾倒於面，透過 SAC60C 傾角感測器[14]信號，偵測傾角當前車身狀況，即時判斷車輛是否有傾倒現象，可以提醒使用者目前騎乘狀況且防止意外發生，也能夠依照偵測值判斷使用者是否騎乘於坡度陡升與陡降的環境下，控制馬達輸出力道，避免使用者過度出力產生身體危害因素，如：過度換氣、肌耐力驟降、心肺功能喪失等，對使用者是一種極大的危險因子，讓使用者省力又無負擔騎乘，如下所示。

2.4 電子圍籬技術

各國的公共自行車系統主要可分為有樁式與無樁式租借兩種模式，其中無樁方式雖然方便租還車輛，卻也容易造成佔有其他空間、隨意棄置、損毀市容等負面影響，而有樁方式則容易產生難以架設、供電不易、調度不及時的狀況，為了解決上述問題，電子圍籬結合無樁租借是一種不錯的選擇，如圖 5 所示。電子圍籬是一種電子化追蹤指定目標的技術，透

過基地台與目標訊號間的強度、連線與否判定該目標是否位於指定範圍中，該技術可應用在不同情境下，如大型傳染疾病的疫情追蹤、受刑人假釋的活動範圍監控、大型場地的動向判定…等，適合使用在不需要於目標物上額外加裝精準定位裝置，只要估略出大概範圍的事物上。以往各國電子圍籬的技術多是透過各電信商架設的基地台與個人使用的可連網 3C 裝置作為基礎，但其主要目的是為了獲得各地區基地台與訊號連接中產生較為準確的地理資訊，所以需要大範圍、大數量的基地台作為支持，但該方式並不適用於本論文提出的系統中，本系統的首要目標是要能夠不依靠市電進行架設，且只需要針對租借站點的周遭進行偵測判定即可，於是低功耗藍牙 (Bluetooth Low Energy, BLE) 技術成為了本系統的選擇。BLE 是由藍牙技術聯盟 (Bluetooth Special Interest Group, SIG) 於藍牙 4.0 [15] 規範中所提出的規格技術規範，主要使用在需要高續航能力的裝置上，應用如移動裝置、穿戴裝置、工業…等多方領域中，此外，BLE 裝置可以透過調整功率的大小降低功耗，其偵測範圍也能夠從對大應用範圍 30m 左右調整至本系統的需求範圍。如同圖 2 所示，本系統以應用電子圍籬的概念結合藍牙的連線機制作為無樁借還車站點判斷的依據，從而判定目標車輛是否進入租借範圍，才決定是否可以進一步操作人機介面。由於 BLE 裝置在尚未與其他裝置連線時，從端設備可以不斷地發送廣播封包掃描周遭裝置的主端設備的存在，並且能夠在該階段要求交換彼此的裝置識別碼等額外訊息，因此可以透過該原理讓電力輔助自行車站點得知是否有車輛進入了停放範圍，從而解決過去 GPS 即時精準定位產生的高功耗弊端。

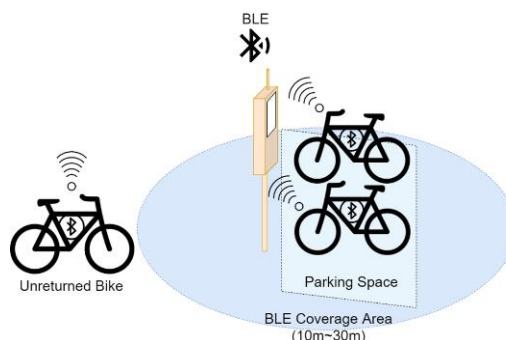


圖5. 電子圍籬技術

2.5 營運後台管理系統

營運後台管理系統的運作流程，如圖 6 所示，可以發現營運後台會從雲端資料庫中取得需要的資料提供給營運商使用，這些資料經過 AI 演算法的歸納整理，快速提取出有用的資訊，並自動判斷是否觸發事件，營運人員可以藉由系統觸發的營運事件快速得知現有資訊，如果有維運事件遭到觸發，營運人員便可以前往事件發生處進行維運、調度等工作，快速排解出現的各種狀況。

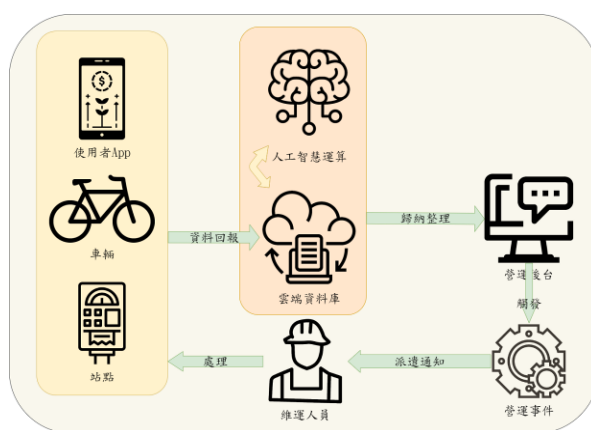


圖6. 營運後台管理運作流程

2.6 後台與維運事件

維運事件的處理判別以及其應對流程，如圖 7 所示，定義了維運與後台處理人員遇到事件時的標準作業程序，減少在問題發生時只針對單方面處理而造成無法完整解決問題的狀況，使應對人員可以參照該圖表正確且快速處理。可以發現在流程應對上分別以兩種裝置為主體，站點以及車輛，其中車輛問題多數屬於硬體上的問題，必須立即排解的優先度較高，而站點除了設備上的狀況外還須將軟體、交易等狀況納入考慮，應對處理的方式較具有優先差異。

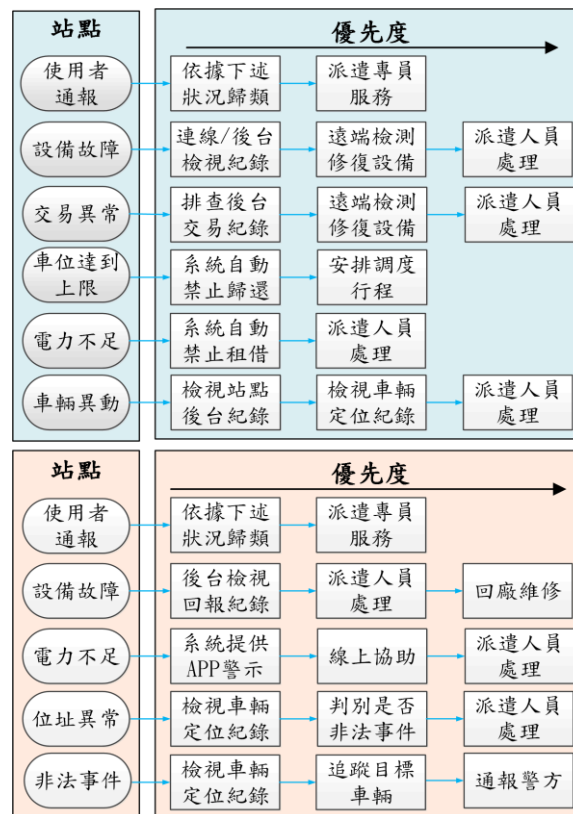


圖7. 後台維運管理事件流程

2.7 營運系統運作流程

本系統中所建構的電動輔助自行車租賃系統主要能夠讓使用者透過多元方式認證(票卡身分綁定、手機 APP)對電力輔助自行車進行租借、歸還的行為，具有下述幾項特點：

- ◆ 系統可以快速部屬，無須受硬體設備不足(如：電力、網路)限制。
- ◆ 使用者在租借點可以透過 KIOSK 人機操作介面租借、歸還車輛。
- ◆ 租借點 KIOSK 人機操作介面具備多元支付讀卡機可供使用者以不同方式支付費用。
- ◆ 雲端系統收集、歸納後，提供 APP 站點車輛資訊提供維運調度，減少使用者找尋時間，即時提供後台人員資訊，快速排查車輛狀況。

2.8 能源管理技術

在大都會中，公共自行車租借系統皆是連接市電至系統的方式，常會因為增設租借點時需要申請開挖、電力申請、環境評估等，設置

需要花費的時間成本相對也較高。在本系統有別於其他公共自行車租借系統差異在於導入能源管理技術，設置太陽能電池組提供光電能轉換至能電力收集儲蓄池，再由電力儲蓄池分批次存入電池組，再由電池組供應照明設備及租借系統所需電力，該能源管理都經由能源控管單元進行獨立判斷控制各部件輸入與輸出，達成自主監視控功能，也能使用數據傳輸單元提供給主系統由高功率LTE基地台發送當前狀況至後端管理平台進行監控，有效增加電力使用率及轉換效率，持續及自主供應系統電量，降低時間、硬體、人力成本等，其能源管理技術如下圖 8 所示。

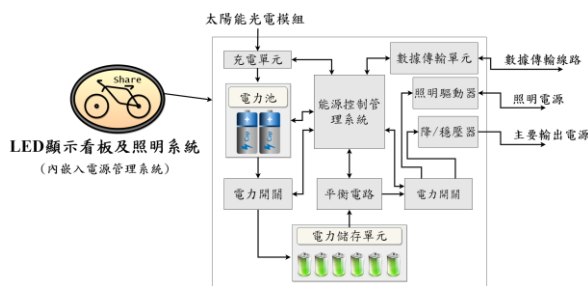


圖8. 能源管理技術

三、實驗與結果

電力輔助自行車整合 4G 通訊模組、藍牙模組、重力傾角感測器、車輛鎖及電池管理系統，藉由車載上電池供應整體系統電力，透過微型能源管理系統控制輸出電力，供應主要控制電路板及車載驅動電力，藉由通訊系統傳輸車輛位置資訊及電池電力狀態，為確認車輛是否因外部力量衝擊產生傾倒現象或人為破壞，使用重力傾角感測元件偵測相關車輛資訊，當發生傾倒、衝擊、破壞等事件時，系統會立即發布緊急訊息，通知後台維運人員至現場處理，當車輛租借與歸還時使用電子式車鎖，將車輛上鎖與解鎖，提供消費者使用，以避免車輛遭竊，低功耗系統硬體結構如圖 9 所示。

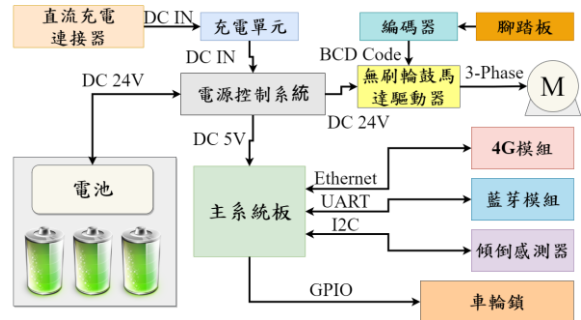


圖9. 電力輔助自行車系統硬體架構

3.1 新型電力輔助自行車

新型電力輔助自行車，如圖 10 所示，透過微控制器監控電力輔助自行車電池電量，搭配傾角感測器能夠根據不同地形，給予使用者適當的助力，微控制器透過 4G-LTE 將車輛數據，如電池剩餘電量、車輛位置等傳送至後台紀錄，透過 GPS 功能，紀錄使用者騎乘距離，透過定時傳送車輛狀態記錄騎乘時間。控制部件，其具有電控裝置、電池組、無刷馬達、無線通訊裝置及車輛鎖等；使用者可透過 APP 與 KIOSK 得知目前車輛狀態，開啟 APP 與靠近 KIOSK 時，車體藍牙將會與 APP 和 KIOSK 自動連結，並且及時更新車輛狀態，並且使用者可以透過實體按鍵及 APP 完成租借車輛手續。



圖10. 新型電力輔助自行車及控制部件

3.1.1 電力輔助自行車比較

在各國公共自行車大多是使用一般的自行車，需要藉由踩踏板帶動自行車鍊條驅動後輪[16]，也有部分車款大多沒有變速功能，因此在使用者騎乘上需要耗費相當的體力，針對電力輔助自行車也有多款設計被廣為使用的，電力輔助的設計能夠有效率的減少使用者體力的消耗，且大多具有變速功能，增加了騎乘舒適度及安全性，所以針對各種電力輔助自行車做比較，如表 1 所示。

表1. 各種電力輔助自行車比較表

	Panasonic	MERIDA	GIANT	OUR
車型	ViVi	eSPRESSO 563	EA-101	e-bike
續航	31~50 (km)	30~50 (km)	40~45 (km)	40~50 (km)
電池	8.0 (A)	18.0 (A)	12.0 (A)	12.0 (A)
充電	4 hrs	12 hrs	6 hrs	6 hrs
重量	26 kg	26.4kg	33.1kg	21kg
價格	25,000	79,800	27,800	27,500

在表 1 中，他牌的總體車重量較重，使用者在騎乘過程會較費力，且針對電池重量與容量也取得一個平衡數據，提升使用者體驗及發揮電動輔助自行車的最大效益，最大續航力也達到約 40 公里的距離，在充電的部分也可以利用夜間非營運的時間完成充電，有效提供車輛控管、維護等程序。

3.2 租借車輛操作介面流程

本章節將介紹車輛租借流程，使用者可透過操作 KIOSK 和 APP 租借車輛，也可透過 KIOSK 和 APP 進行支付，提供使用者不同方式的租借體驗，且在人性化的介面上讓使用者更方便操作，完成快速租借、交易等手續，達成最佳收益與效益。

3.2.1 APP 租借車輛系統運作流程

圖 11 為借車流程圖，使用者可以透過 APP 和操作 KIOSK 來租借自行車。情境一，使用者可執行 APP，開啟掃描功能，掃描車輛上 QR code，此時將會顯示車號，使用者可以核對車身編號後，開始租車；此時被選擇車輛藍牙成功與租借點 KIOSK 作連接，並且將資料傳輸至後台紀錄車輛資訊，待資料紀錄無誤後解鎖車輛，傳輸車輛資訊、車輛解鎖時間點、租借租借點等資訊至營運後台。

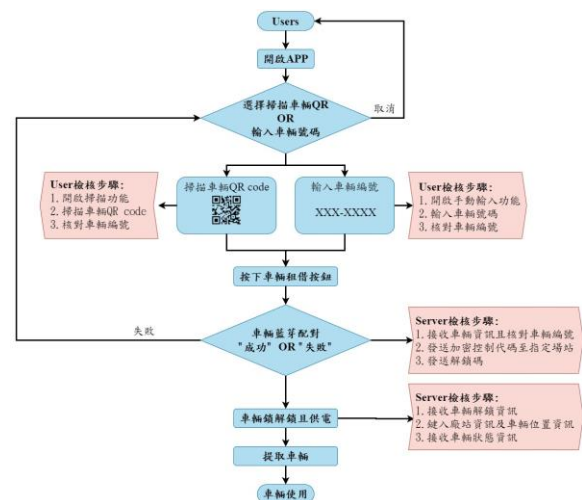


圖 11. 租借車輛流程圖

3.2.2 KIOSK 租借車輛系統運作流程

情境二，未使用 APP 的使用者可透過租借點安裝的 KIOSK 來進行租車，KIOSK 將會優先選擇兩部電力充足，且連線良好的車輛，使用者可透過按鍵選擇後，進行租車；此時被選擇車輛藍牙成功與 KIOSK 進行連接，KIOSK 將資料傳輸於後台，並且記錄車輛資訊，待資料無誤後解鎖車輛，KIOSK 將上傳並紀錄車輛資訊、車輛解鎖時間點、租借租借點等資訊至營運後台。

3.2.3 歸還車輛流程

使用者還車流程，如圖 12，需至指定區域位置，選擇 APP 或 KIOSK 歸還車輛，車輛藍牙將會與 KIOSK 配對，並且記錄車輛資訊將資料傳送至後台，確認資料無誤後車輛將會上鎖。使用者可透過 APP 或 KIOSK 的多元化的付款方式如：信用卡或電子票證付款，滿足使用者的不同需求。

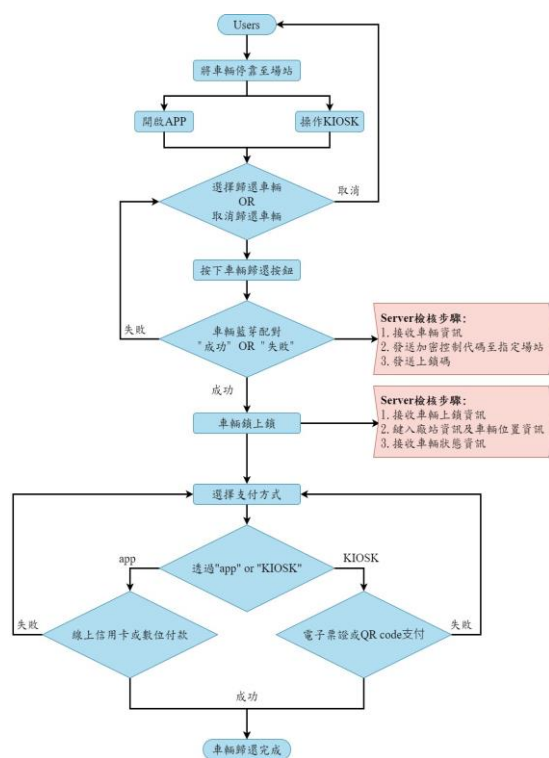


圖12. 還車流程圖

3.2.4 KIOSK 操作介面流程

人機介面（Human-Machine Interface, HMI）是透過 Java 程式語言所撰寫而成，適合嵌入式系統的開發。如圖 13 操作流程，操作介面包含租借、註冊和還車操作頁面。

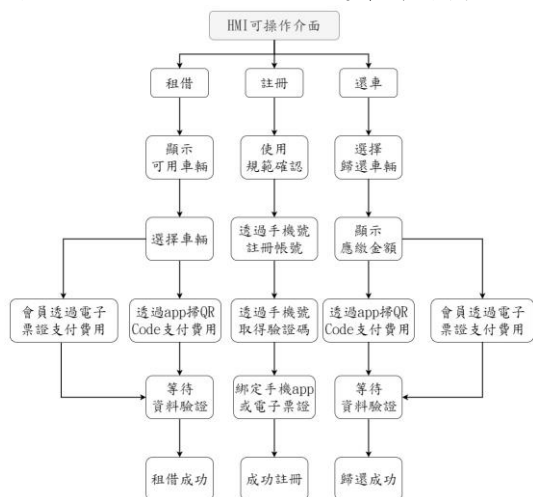


圖13. 人機介面操作流程

3.3 KIOSK 功能設計說明

在本說明人機介面中操作頁面的需求，

包含租借、歸還、註冊、交易等設計。

3.3.1 註冊

在開啟註冊頁面後需要在同意使用規範後，在開通會員之前使用者須先完成個人資料輸入與手機號碼等認證，待驗證碼驗證正確後，即可綁定實體電子票證，成功綁定後，即可開始借還車。

3.3.2 租借

租借時系統將會優先選擇兩輛電池電量充足的自行車，如圖 14，使用者可以在此畫面選擇車輛，車輛選擇後即可透過手機 APP 掃 QR code 或使用已註冊卡片進行租借。

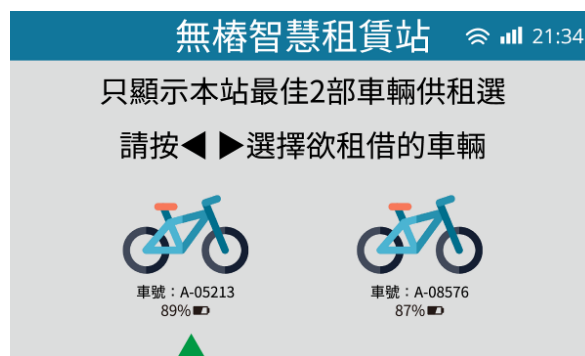


圖14. KIOSK 可租借自行車圖示

3.3.3 無樁還車功能說明

本論文於 2.4 節所提出的電子圍籬混合歸還系統為無樁電力輔助自行車的主要功能，透過電力輔助自行車所具備的定位功能，可以在 KIOSK 完成歸還車輛的操作。系統透過電子圍籬判斷車輛是否停於指定規劃區域位置，傾倒感測器將會偵測車身角度，判斷車輛是否正常停車，假如車輛未正常停車，將無法還車。租借費用如圖 15 所示，還車付款方式可透過 QR code 或電子票證。



圖15. 還車租借費用圖示

3.4 各硬體部件比較與系統功耗說明

在系統運作過程中，功率消耗的多寡將會影響整體耗能，且影響整體系統運作穩定性，針對本系統對硬體各部件評估使用效能及功率消耗。

3.4.1 太陽能光電模組比較

太陽能光電模組提供 KIOSK 電力來源，電壓、電流、效率及尺寸決定系統總發電容量，為增加轉換效率，本系統採用的是兩片單晶矽太陽光電模組，良好的轉換效率有效的提供更穩定的電力來源，達到供需平衡，系統模組比較數據如下表 2 所示。

表2. 太陽能光電模組詳細規格表

名稱	單晶矽模組	多晶矽模組
最大功率點電壓	18.68 V	18.5V
最大功率點電流	4 A	4 A
開路電壓	22.32 V	22.1 V
短路電流	4.5 A	4.2 A
轉換效率	18.8 %	15.99 %
工作溫度	-40~85°C	
耐雪壓	5400 pa	
耐風壓	3600 pa	
尺寸	900 x 520 x30 mm	

本論文中使用綠能電力包含照明、多元支付、高功率 LTE 基地台(Small cell)皆透過兩組電力儲存單元持續交替供應，消耗功率不可超過額定之 1/3，對於電池功能選擇，如表 3，18650 電池組與鉛蓄電池比較中，18650 電池組儲存電力的容量近似一組鉛蓄電池的容

量，在室外嚴苛的條件下，能夠保持電池組穩定性，在溫差環境變化大時容量不易改變[17][18]，在本系統中共使用兩組 18650 電池組交替充放，皆透過能源管理系統偵測變化並控制供應電力提供系統運作。

3.4.2 電力儲存單元

在能源管理方面，針對外部電力供應或太陽光電模組輸入源設計，選擇各種電力儲存單元，如：Li-Ion、Ni-MH、Pb、Li-Po、LiFePO₄ 等循環式電池，可規劃式模組型態大幅度增加使用彈性，針對不同架構使用不同的電力儲存單元，有效增加儲存效率。

表3. 電力儲存單元詳細規格表

名稱	18650 電池組	鉛蓄電池
串並聯形式	4S10P	1S
電壓(V)	14.4	12
放電電流(A)	36	50
容量(Ah)	35	46
尺寸(size)	100 x 120 x 70	276 x 175 x 191

3.4.3 能源管理系統

此系統輸入範圍可模組化調整，且透過 RS232 及 RJ45 連接網路系統進行網路通訊，針對各租借點的電力使用狀態回傳至後台，提升設備管理效率，其詳細規格如表 4 所示。

表4. 能源管理系統詳細規格表

名稱	能源管理系統
輸入電壓範圍	DC 12~110 V
輸入電流	0~20 A
輸出電壓	DC 5~12 V
輸出電流	0~10 A
充電電壓	12~18 V
充電電流	0~5 A
網路通訊	RJ45
串列通訊	RS232
數位控制	Digital I/O
工作溫度	-45~85°C
尺寸	150 x 150 mm

3.4.4 KIOSK 多元支付平台

多元支付平台採用高解析度 E-Ink 六吋顯示器，其低功耗的特性提升了能源供應系統運作時間，不再是使用過去高耗能的 LCD 產品，在戶外開放式空間也讓使用者能夠清晰辨識顯示內容，降低使用者負擔，多元票證支付是使用 Mifare[19]的讀卡設備，支援 10 個 SAM 卡卡槽，可感應距離 6 公分以內，且可判斷票卡重疊，減少卡片讀取錯誤，此系統也包含了 4 個功能按鍵，方便使用者及維運人員進行功能選擇，其規格如下表 5 所示。

表5. 多元支付系統詳細規格表

名稱	多元支付系統
輸入電壓	DC 12 V
輸入電流	0~2 A
顯示器	E-Ink 6”(彩色)
讀卡機	Mifare
網路通訊介面	RJ45
串列通訊介面	RS232、UART
無線通訊介面	BLE
工作溫度	-45~85°C
尺寸	250 x 350 mm

3.4.5 光源模組

在標示看板則是使用 LED 光源，有別於傳統日光燈在戶外環境造成損壞及成本較低，使用直流電源即可供應運作，能避免在電源轉換過程中功率的消耗，體積也較傳統式日光燈小，在設計看板也更有彈性，其規格比較如下表 6 所示。

表6. 照明模組詳細規格表

名稱	LED 照明	傳統日光燈
電壓(V)	DC 12	AC 110
電流(A)	1.25	0.2
功率(W)	15	21
照度(LUX)	1600	2000
尺寸(size)	Ø14 L350	Ø28.5 L580

3.4.6 系統運作效能比較

在本論文中所使用之能源管理系統主要係提供周邊硬體所需能源供應，透過太陽光電模組產生的電力儲存於能源儲蓄池中，為達到電力供需平衡，因此輸入容量設計約為輸出的 1~1.5 倍，由表 7 中所示，每日實際輸出功率消耗約 164 瓦，在平均日照 4 小時的地區太陽能最大發電量時可供應電力 432 瓦，除天候及外在不定因素[20, 21]，如：颱風、梅雨季、遮蔭、落塵等，皆能在平均日照 4 小時地區將能源儲蓄池充滿，並提供電力儲存單元充電，系統使用天數可達約一週，若平均日照時間約 5、6 小時地區可達到自體循環供應系統電力，並隨時透過網路傳輸將電量及時資訊回傳至營運後台進行管理，若發生電力儲存單元或其他設備損壞時，營運後台會發布警示訊息告知維運人員進行現場維修或調度。透過能源管理系統，搭配可再生能源的太陽能[22]，能夠有效延長電力使用時間，並且免去系統拉設市電，造成破壞市容等問題，未使用能源管理系統時，供應系統電力只能維持五天，透過能源管理系統搭配光伏儲能系統，我們可以由表 8 中所知，每日消耗功率遠低於能源儲存單元所儲存功率，確實有效的解決電力問題。

表7. 電力消耗統計表(無日照)

能源儲蓄池(4S10P)	電壓	14.4V	容量	36Ah	
電力儲存單元(3S10P)	電壓	10.8V	容量	25Ah	
狀態	每小時消耗功率	單位小時	單位秒	傳輸次數	功率小計
1. 主控板待機模式	0.19	24			4.56
2. 網路傳輸	0.65	24	30	144	0.78
3. 顯示器刷新	1.04		1	600	0.17
4. 交易數據傳輸	0.35		60	60	0.35
5. 讀卡機傳輸	0.28		600	500	0.05
6. 藍牙數據傳輸	0.65		90	500	8.13
7. 照明電力供應(DC 12V 1.25A)	15.00	10			150.00
每日功率消耗					164.04
電力儲存單元可供應電量(於 20%保護) 註:兩組儲存單元總和					432.00
使用 EMS 前能源儲存單元可供應系統天數 註:無日照無法充電				2.63	天
能源儲蓄池滿電狀態對電力儲存單元充電天數				1.0	
系統總維持天數 註:系統滿電無日照				3.6	

表8. 電力消耗統計表(有日照)

太陽能光電模組	電大功率點電壓	18V	電大功率點電流	4A	
能源儲蓄池(4S10P)	電壓	14.4V	容量	36Ah	
電力儲存單元(3S10P)	電壓	10.8V	容量	25Ah	
每日功率消耗		164.4W			
電力儲存單元可供應電量(於 20%保護) 註:兩組儲存單元總和		432.0W			
使用 EMS 前能源儲存單元可供應系統天數 註:無日照無法充電			2.63	天	
太陽能光電模組(1S2P)對能源儲蓄池充電天數		平均日照 2 小時		1.32	天
		平均日照 4 小時		2.6	
		平均日照 6 小時		3.95	
使用 EMS 後系統總維持天數	平均日照 2 小時		>5		
	平均日照 4 小時		>8		
	平均日照 6 小時		n		

3.5 成果展示

經實地量測，36/11.6Ah 的電池電量可提供 80 公里騎乘距離，可在夜間對電池進行充電與更換管理，有效降低維運人力。圖 16 為實際騎乘照片，實驗場域為國立虎尾科技大學第一校區。



圖16. 使用者於校園內騎乘電力輔助自行車

台灣是個人口密集的國家，在市區騎乘時，常會遇到上坡，或是頻繁遇到停等紅綠燈後需重新起步的情況。爬坡和重新起步是最耗費力氣的，透過電力輔助自行車系統就能大大減輕騎乘者的負擔，也因為負擔減輕，相對也能夠有效的提升騎乘自行車可到達的範圍，亦或者增加隨身行李負重量。透過無樁還車規劃區，如圖 17，且配合當地政府建置於合法區域，能夠抑止車輛隨意停放於路邊，嚴重影響市容美觀和交通問題。

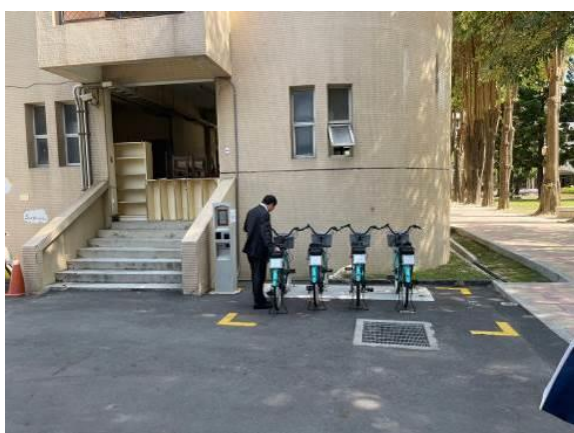


圖17. 使用者歸還電力輔助自行車

目前與南投縣魚池鄉日月潭向山遊客中心，於遊覽車停放區之合法固定點，設置無樁

電動輔助自行車租借營運商合作驗證系統穩定性，如圖 18，其場域於平常日、一般假日以及國定假日皆會有大量遊客到此騎乘腳踏車環湖旅遊活動，也能夠針對附近景點增設臨時租借點，如圖 19，機動性的增加站點數量也能夠增加營運收益，調派車輛到達較多人潮的地點提供遊客租借，達成最大收益。



圖18. 固定點租借場域



圖19. 臨時點租借場域

四、結論

本新型無樁電力輔助公共自行車營運系統，在遵守當地政府對公共電動輔助自行車相關法令的前提下，能夠有效管制無樁自行車的隨意停車亂象，避免影響市容及交通外，同時能達到有樁式公共自行車的管理秩序性；且能因應不同族群的使用者，提供多元化支付平台，讓使用者能享有優良、安全、便利的金流服務品質。使用者能在簡易的透過手機安裝 APP 後，在租借之前確認電力輔助自行車狀態，也能在騎行過程中查詢使用者騎乘里程數，不論是作為小範圍交通工具或是休閒運動騎乘，均能有良好的騎行體驗。電力輔助自行車能將車輛資料定時上傳至雲端，管理人員可以輕易掌握車輛狀況，透過監控車輛狀態，管理者能夠及時提供完善維護流程。搭配光伏儲能系統可以免架設市電的繁瑣流程，快速在城市任何需要建立智慧租借車服務 KIOSK 站，以光伏儲能系統結合智慧電源管理系統，KIOSK 電池電力可延長使用壽命至一年以上，有效的解決電力問題。

參考文獻

- [1] P. J. J. o. p. t. DeMaio, "Bike-sharing: History, impacts, models of provision, and future," vol. 12, no. 4, p. 3, 2009.
- [2] S. A. Shaheen, S. Guzman, and H. J. T. r. r. Zhang, "Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: past, present, and future," vol. 2143, no. 1, pp. 159-167, 2010.
- [3] J. Pucher, J. Dill, and S. J. P. m. Handy, "Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: an international review," vol. 50, pp. 06-25, 2010.
- [4] E. Fishman, S. Washington, N. Haworth, A. J. T. r. p. A. p. Watson, and practice, "Factors influencing bike share membership: An analysis of Melbourne and Brisbane," vol. 71, pp. 17-30, 2015.
- [5] M. Meng, J. Zhang, Y. D. Wong, and P. H. J. I. j. o. s. t. Au, "Effect of weather conditions and weather forecast on cycling travel behavior in Singapore," vol. 10, no. 9, pp. 773-780, 2016.
- [6] L. Gordon-Koven, N. J. R. C. f. T. M. Levenson, and Policy, "Citi bike takes new york," 2014.
- [7] R. Nair, E. Miller-Hooks, R. C. Hampshire, and A. J. I. J. o. S. T. Bušić, "Large-scale vehicle sharing systems: analysis of Vélib'," vol. 7, no. 1, pp. 85-106, 2013.
- [8] W. Ting and Z. Xiaoyan, "Marketing strategy of sharing bike based on swot analysis: taking ofo as an example," 2017.
- [9] J. Lazarus, J. C. Pourquier, F. Feng, H. Hammel, and S. J. J. o. T. G. Shaheen, "Micromobility evolution and expansion: Understanding how docked and dockless bikesharing models complement and compete—A case study of San Francisco," vol. 84, p. 102620, 2020.
- [10] Y. Ouyang, B. Guo, X. Lu, Q. Han, T. Guo, and Z. J. I. T. o. M. C. Yu, "Competitivebike: Competitive analysis and popularity prediction of bike-sharing apps using multi-source data," vol. 18, no. 8, pp. 1760-1773, 2018.
- [11] G. E. Ann, S. Zailani, and N. J. M. o. E. Q. A. I. J. Abd Wahid, "A study on the impact of environmental management system (EMS) certification towards firms' performance in Malaysia," 2006.
- [12] A. Zolfaghari et al., "A multi-mode WPAN (Bluetooth, BLE, IEEE 802.15. 4) SoC for low-power and IoT applications," in 2017 Symposium on VLSI Circuits, 2017, pp. C74-C75: IEEE.
- [13] R. Ratasuk, N. Mangalvedhe, and A. Ghosh, "Overview of LTE enhancements for cellular IoT," in 2015 IEEE 26th annual international symposium on personal, indoor, and mobile radio communications (PIMRC), 2015, pp. 2293-2297: IEEE.
- [14] SCA60C 單軸傾角感測器 Url: <http://www.61mcu.com/upload/SCA60C-N1000060.pdf>
- [15] J. J. C. Decuir, UK: Cambridge Silicon Radio SR plc, "Bluetooth 4.0: low energy," vol. 16, 2010.
- [16] L. Bergmann, et al. "Optimal assistive control of a pedal-electric drive unit," vol. 110, 2021.
- [17] H. S. Choi, T. Kim, J. H. Im, and C. R. Park, "Preparation and electrochemical performance of hyper-networked Li₄Ti₅O₁₂/carbon hybrid nanofiber sheets for a battery-supercapacitor hybrid system," Nanotechnology, vol. 22, no. 40, p. 405402, 2011.

- [18] H. S. Choi, J. H. Im, T. Kim, J. H. Park, and C. R. Park, "Advanced energy storage device: a hybrid BatCap system consisting of battery-supercapacitor hybrid electrodes based on $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ -activated-carbon hybrid nanotubes," *Journal of Materials Chemistry*, vol. 22, no. 33, pp. 16986-16993, 2012.
- [19] F. D. Garcia et al., "Dismantling MIFARE classic," in *European symposium on research in computer security*, 2008, pp. 97-114: Springer.
- [20] P. Simon and Y. Gogotsi, "Materials for electrochemical capacitors," *Nanoscience and technology: a collection of reviews from Nature journals*, pp. 320-329, 2010.
- [21] J. B. Goodenough and Y. Kim, "Challenges for rechargeable Li batteries," *Chemistry of materials*, vol. 22, no. 3, pp. 587-603, 2010.
- [22] F. Cheng, J. Liang, Z. Tao, and J. Chen, "Functional materials for rechargeable batteries," *Advanced Materials*, vol. 23, no. 15, pp. 1695-1715, 2011.