

運用智能插座提升家庭用電節能效益之研究

Research on Using Smart Sockets to Improve Energy-saving Benefits of Household Electrical

林廣至

Guang-Zhi Lin

空軍航空技術學院戰航管氣象組技勤專業教官

Department of Tactical Control Air Traffic Control & Meteorology, Air Force Institute of Technology

摘要

台灣對於用電及製電問題，一直沒有完善結論，因此在全國大量用電情況下，台電只能被迫走向製造及供應更多能源，以目前各國最大產電方式多半是核電廠、火力發電為主，次為風力、水力等，也因這樣造成溫室效應，使得每年四季變遷。假使能在這些問題上找出源頭，並有效管控用電方式與時段，就能大量減少非必要之用電，本次實驗運用雲端技術結合 Wi-Fi 智能插座，以進行各類電器模組控制電力及定時功能，在由手機透過 APP 來操控智能插座電源開啟與關閉，並結合終端主機詳細統計及觀察用電度數，在用電最高峰時，來警示用電過高以避免造成電力浪費，使我們更詳細了解整體用電過程與過剩問題。

關鍵字：尖離峰用電、遠端控制、家庭有序用電、無線 Wi-Fi。

Abstract

There is always no perfect conclusion on the issue of electricity consumption and production in Taiwan. Therefore, Taipower is forced to manufacture and supply more energy in the case of large demands of electricity. Currently, the most electricity production methods are nuclear power plants and thermal power in every country. The secondary and third are wind power, water power, etc. It also creates the greenhouse effect, which makes the four seasons change every year. If we can find the source of these problems, and control the way and time of electricity consumption effectively. We can greatly reduce unnecessary electricity consumption. In this experiment, we take cloud technology and WiFi intelligent socket to operate the module which controls power and timing function. At the same time, we can turn on and off the power through the app in the smart phone, combining the detailed statistics and observation of the power consumption of the terminal host which warns the excessive power consumption, and avoiding the power waste at the peak of the power consumption. We can understand the overall electricity consumption process and surplus problems in much more detail.

Keywords : Peak/off power demands of electricity, Remote control, Orderly electricity consumption at home, Wireless Wi-Fi

一、前言

能源危機是全球不斷討論共通性的話題隨著時代變遷工業發展與進步是需要龐大能源來供應，根據伯恩斯坦估算，台積電在 2019 年

的用電量，已佔全台 4.9%若以平均工業用電的價格估算，該年電費就高達 329 億元[1]，所以台灣未來也將面臨缺電危機。

依現階段環境資訊研討，台灣暫不開放核

四供應，產電方式用原有火力發電來持續提供應能源所需(以火力發電佔 82%電量)[2]，科技在日新月異下使各類電器消耗功率甚高，在 2015 年至 2020 年全國耗電已從 2,095 億度至 2,264 億度，足足提升快 10%用電量，以目前用電量往後幾年去推算，初估在 2025 年所需電量將會增加至 15%(相當於 3,029 億度)的需求[3]。

(一)、用電情況探討

住宅用戶每月平均用電度數及電費與去年同期比較結果，從 3 月開始從本期平均用電上跟去年比對卻直直上升，尤其在每年 7 月至 9 月這段時期更是落差懸殊，也剛好是夏季期間，所以電費支出上來看也是高出許多如圖 1-1 所示。

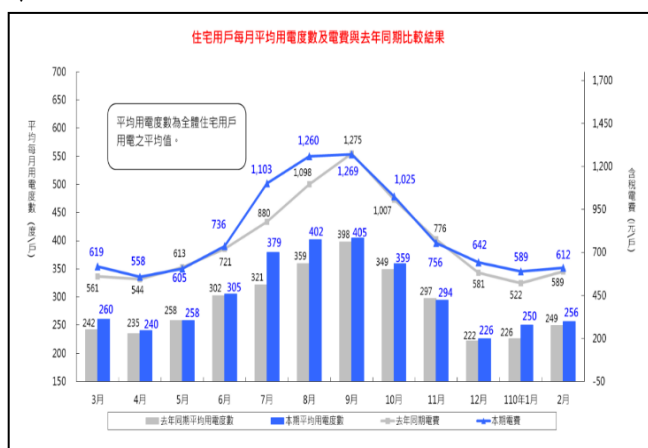


圖 1-1 住宅用戶每月平均用電度數及電費與去年同期比較結果圖[4]

小型商店用戶統計中，小商店每月平均用電度數及電費與去年同期比較來看，7 月至 9 月雖然用電量比去年平均還高，但是電費卻與去年差不多，相對的 12 月份雖然平均用電指數高一點卻在電費上提高特別多，如圖 1-2 所示。



圖 1-2 小商店用戶每月平均用電度數及電費與去年同期比較結果圖[4]

台電在 2019 年公布瞬間用電量最大前 10 名家電排行，分別是乾衣機、暖氣機、電子鍋、冷氣機、吸塵器、電鍋、開飲機、烤箱微波爐、電熱水瓶等，一般常用電器的消耗功率越高，耗電量也會越高，但也要依使用時間來決定，使用時間越長耗費電量則會越多[5]，透過年度平均用電統計資料顯示；空調比例為 27.5% 照明與其他比例為 11.8%、電冰箱例為 14.3% 電視、電鍋及電子鍋電熱水壺例為 21%[6]。

(二)、拔插頭省電效益

依國際能源總署調查研究發現，先進國家的家庭因為沒有拔插頭，而浪費電力(待機電力)佔了約總電量的 3%至 11%，因此在家中除了飲水機及冰箱等需 24 小時持續運作外，其他電器在外出及不長使用時，必須將家電電器的插頭徹底拔掉或完全切除電源，才能最大化的節約用電並減少電費支出[7]。

二、實驗設計

(一)、研究方法

本次研究地點以高雄市岡山區，位於岡山路上的大樓住宅住戶，透過此次的研究方法來實際查看住戶家庭電錶，並了解家庭用電習慣找出每日用電尖離峰時段，並探討更多的節能空間，如果尖離峰差距越大，在用電效率上改善的空間相對就越大，所以我們運用一個可以利用手機遠端操控電源迴路開關，並詳細統計此住戶家電的用電情況、耗能、使用時間。安裝智能插座遠端控制電源迴路開關，計量個別家電情況，如圖 2-1 所示，完成各迴路耗電量量測。



圖 2-1 智慧開關安裝示意圖[8]

在家庭電器用品上，依個別的家庭歸納出 4 個等級用電需求，分別依實際尖離峰時段來實現遠端操控及時序控制。紀錄 2 個家庭電錶度數每週耗電度數，並比較是否能節省電力及有效運用電力。

(二)使用電器物品假設

隨著每個家庭的用電習慣均不大相同，所要落實家庭以一個有效率的方式來制定，此階段我們使用了一組 Wi-Fi 智能插座遠端控制電源迴路開關；並使用結合的 APP 來設定使用的時間，來確保我們會使用小型家電的時段才供給電力給單用插座。

假設定義如下：

- 1、測試 1 選擇非常重要電器，且有安全性的考量，斷電會有立即性的困擾或危險，如電冰箱、恆壓馬達、飲水機、緊急照明燈等，需要 24 小時開機的電器用品(不納入本次實驗測試)。
- 2、測試 2 選擇次重要，挑選便利性極高，但無安全性考量，如電鍋、烤箱、洗衣機、抽油煙機、冷氣、各房間電燈等。
- 3、測試 3 選擇一般性，如家用電腦、電視機、電風扇、電暖爐、檯燈等。
- 4、測試 4 選擇非持續性，如吹風機、電熨斗、音響喇叭、充電座、手機充電器、果汁機、泡腳機、空氣清淨機、烘碗機等。

為考量計時開關便利性及安全性，以上 4 種測試方式種類，因需求上測試 1 的家電種類必須保持 24 小時供電，測試 2 至 4 則能個別設定不同的時段，輸出結果為 7 個時段(開啟為 ON；關閉為 OFF)，如表 2-1 所示，另依據不同時刻量測電力，如圖 2-2 所示。

表 2-1 時段排序測試表

時段	測試2	測試3	測試4
00:00至03:00	ON	OFF	OFF
00:00至06:00	OFF	ON	ON
00:00至10:00	OFF	OFF	OFF
00:00至13:00	ON	ON	ON
00:00至17:00	OFF	ON	ON
00:00至21:00	ON	OFF	ON
00:00至00:00	ON	OFF	ON

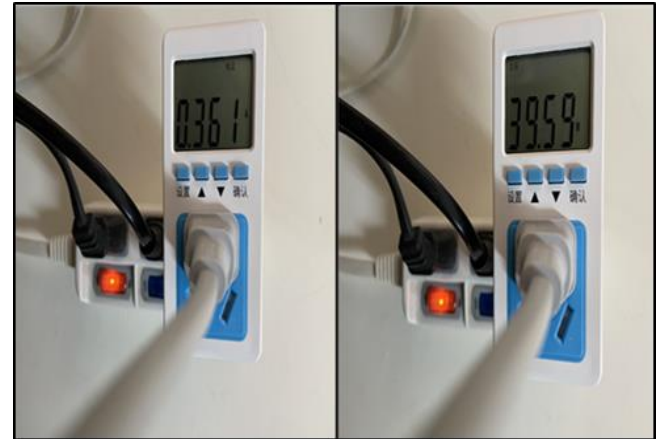


圖 2-2 家電量測電力圖

(三)、家庭用電計算

1 度電就是耗電量 1,000 瓦特(W)的用電器具，連續使用 1 小時所消耗的電量=「1000 瓦特·小時」=「1000W·H」=1KWH。電費就是以度為單位來計費的[9]。

(二)、實驗設計

本實驗設計如下：

- 1、以住家用電計費電表統計個人家庭平時用電情況，找出尖峰及離峰時段，並利用 APP 定時功能來嘗試著更有效的節能，達到更完善的用電時段，並且可以在無須理會情況，自動將家電開啟與關閉達到不必要時段的耗能。
- 2、檢測手機的 Wi-Fi 智能插座 APP 執行遠端控制電源迴路開關功能及軟體作業是否正常 [10]。
- 3、安裝插座式電量統計控制器，並結合 Wi-Fi 智能插座實現遠端控制電源迴路開關，並記錄家庭一日用電情況。
- 4、控制流程為：手機操作→智能插座 APP→Wi-Fi 網路路由器→Wi-Fi 智能插座遠端控制電源迴路開關，如圖 2-3 所示。



圖 2-3 控制流程示意圖

(三)、遠端控制法

家庭成員使用智慧型手機，下載實驗實作的 APP 軟體介面。可平時不使用電器時，利用手機遠端 APP 關閉其用電迴路，或可於住家活動時，用手機來操控 Wi-Fi 智能插座電源即可隨時開關想使用的電器，做到隨手開關閉負載電源目的控制架構示意如圖 2-4 所示。

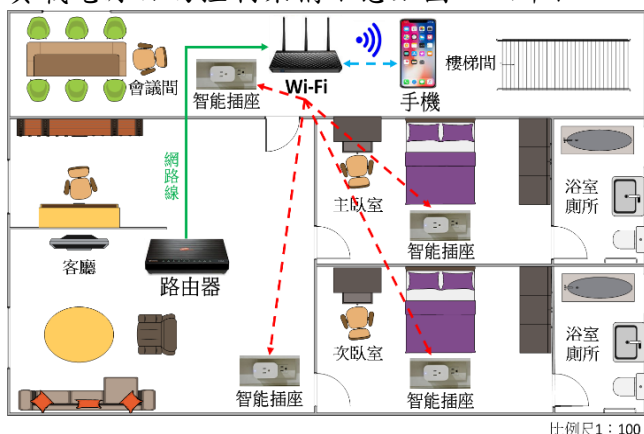


圖 2-4 智慧節能控制系統架構示意圖

(四)、限時控制法

事先設定好各 Wi-Fi 智能插座使用電器開關使用時間，並利用手機 APP 來設定時間為觸發事項，一但時間到了事項指定時間，其控制設定由手機透過網路路由器自動發出至 Wi-Fi 智能插座上使用家電，再由遠端的方式控制 Wi-Fi 智能插座，達到依指定時間開閉負載電源目的。

使用者在使用時序控制功能時，必須將要統計的電器裝在統計智能插座上，保持電器與智能插座是連接狀態，執行 Wi-Fi 智能插座器軟體介面，並按下控制功能開啟時控設定。

三、實驗設備介紹

(一)、硬體設備

1、控制流程各組件示意圖，如圖 2-3 所示。

(1)Wi-Fi 分享器 x1，圖如 3-1 所示。

(2)路由器 x1，如圖 3-2 所示。

(3)Wi-Fi 智能插座 x1，如圖 3-3 所示。



圖 3-1 Wi-Fi 分享器功能圖[11]



圖 3-2 路由器功能圖[12]

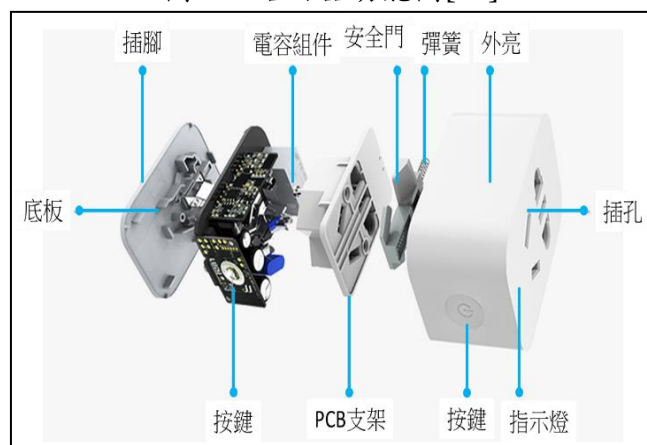


圖 3-3 智能插座功能圖[13]

2、遠端操控家電設備操作說明

(1)點選智慧型手機的 Wi-Fi 智能插座遠端控制電源迴路操控 APP。

(2)進入 APP 使用操作畫面，如圖 3-4 所示。

(3)點選開關控制。

(4)點選時間設定鈕，使其各迴路開關依手機建設事項時段來調控裝置開關。

(5)如想退出操控 APP，必須保持此設備電源使用狀態。



圖 3-4 智慧型手機操作介面圖

(二)、軟體介面

Wi-Fi 智能插座 APP 軟體介面，可細分開關、定時、倒數計時工具列，並搭配多個 Wi-Fi 智能插座，做各式設備開關的控制中心。在 Wi-Fi 智能插座這一部份可有偵測與警示的功能，所以必須偵測到數值再傳送到行動裝置與雲端伺服器[14、15]，以便即時各種設備的開關控制中心傳送指令達到關閉效果，而在警示的部分會在數值異常時發出警示聲或傳遞訊息至智慧型手機達到通知功能，另在功能設定上可顯示最大功率限制、斷電記憶充電保護等，也可透過軟體介面選擇可選擇負載之最大功率限制為 1800W，如負載超出所需功率設定時，Wi-Fi 智能插座將會立即啟動斷電保護，如圖 3-5 所示。



圖 3-5 軟體功能設定負載最大功率圖

四、實驗設計與分析

(一)、實驗流程設計與分析

本章實驗共分為四個步驟：

- 1、步驟一，每一週去測量不同的家用電器用電情況，並紀錄各別所消耗電力度數及加總。
- 2、步驟二，利用智慧型手機連結雲端監控應

用軟體(APP)同步執行 Wi-Fi 智能插座電源控制開關與智慧型手機的實際操作功能，並檢視智能插座電源開關控制可正常使用遠端操作距離。

3、步驟三，安裝智能插座遠端控制電源迴路開關分別有 4 個地點及不同電器的統計數據來交叉比對，找出最佳使用時段。

4、步驟四，使用遠端操作方式統計數據並利用時段性配合定時開關功能，以達到最有效之節能，實驗步驟順序如圖 4-1 所示。

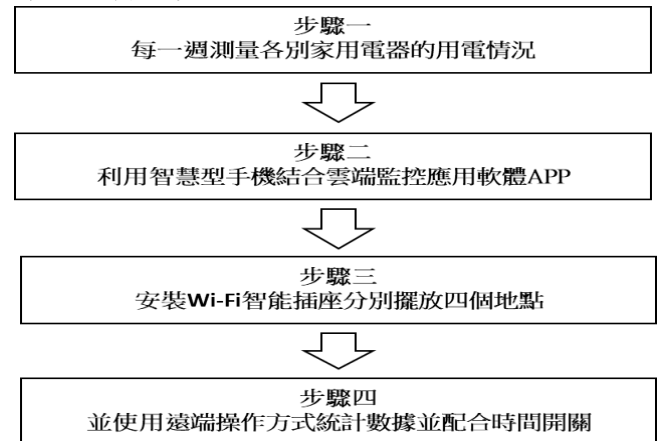


圖 4-1 實驗步驟圖

(二)、實驗設計與分析

1、實驗步驟一

實驗項目：電器類的使用時段。

實驗目的：了解當電器類的使用時段，並探討是否有節能時刻。

2、實驗結果與分析：

住戶家庭生活人口數 5 人，1 週單日各類別家電用量及全部加總為 225.47 度，如表 4-1、圖 4-2、圖 4-3 所示，平均每周尖離峰差距 $(43.37 - 16.5) / 7 = 3.83$ 度，尖離峰差距百分比 $[(43.37 - 16.5) / 43.37] \times 100\% = 61.95\%$ 。

上述實驗結果住戶尖離峰差距百分比比較 61.95%，實驗過程還包含電器有時因忙碌而忘記關閉而造成過多不必要電能浪費，表示還尚待有節能的空間。

表 4-1 一週電器無遠端所消耗電力度數表

電器類別	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日	加總
冷氣*3	25.3	23.3	24.8	13.2	35.5	37.5	34.2	
電風扇*5	1.65	1.89	1.55	1.63	2.3	2.2	2.5	
吹風機	0.36	0.25	0.14	0.32	1.2	1.4	1.6	
電鍋	1.75	1.32	1.68	1.2	1.55	1.74	1.75	
電視機	0.16	0.15	0.19	0.15	0.16	0.53	0.35	
	29.2	26.91	28.36	16.5	40.71	43.37	40.4	225.47

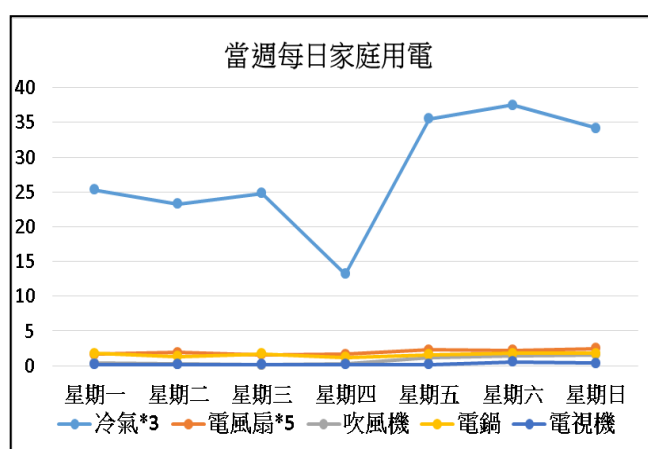


圖 4-2 住戶家庭當月第一週無遠端每日用電情況折線圖

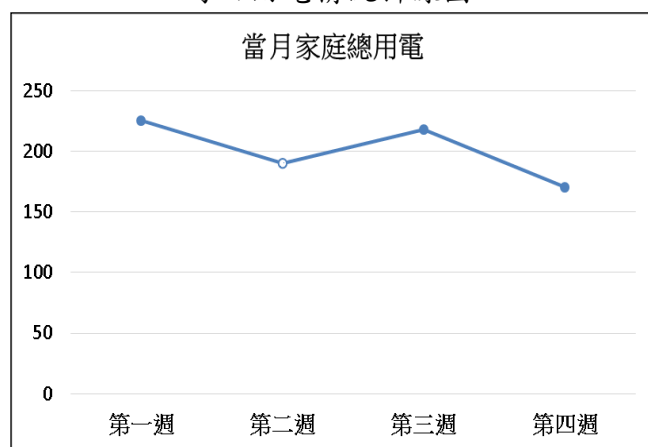


圖 4-3 住戶家庭當月無遠端每週用電情況折線圖

3、實驗步驟二

實驗項目：Wi-Fi 智能插座遠端控置電源迴路開關測試位置並研究距離量測軟體的穩定度。
實驗目的：如何在一個區域內達到最穩定及準確數據的測試。

4、實驗結果與分析：

區域位置分別為 A、B、C、D，測試的家電地

點為 1、2、3、4 四個地點，路由器位置為 k、Wi-Fi 分享器為 n，並依數據來分為 7 個時段來統計，高峰時段是在哪個時候，而實驗地點位置，如圖 4-4 所示。

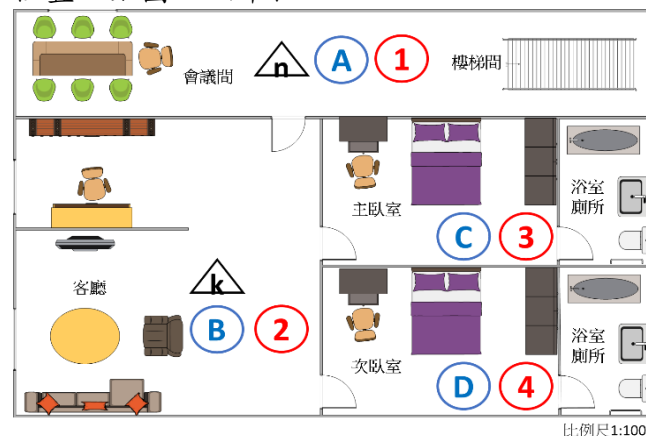


圖 4-4 家庭測試位置圖

(1)測試過程中因牆壁及障礙物的關係，導致連線上會有不穩定的情況發生，但是因為資料數據不影響所以數據上還是非常有可靠度，但為了改善此為問題，則另有加裝 Wi-Fi 分享器 (16)(如圖 4-4 標示 n)所示。

(2)經實驗後發現家庭的些許電器並不是都在使用時才有耗能，例如：電視機、充電器、除濕機等，都在插座上就會有耗能轉換的使用，也就是說光是將插頭插在插座上，就要耗電並增加家庭電費。

5、實驗步驟三

實驗項目：智慧型手機遠端操控實際測試。

實驗目的：實現 Wi-Fi 智能插座遠端操控電源迴路開關控制，檢視是否可縮短家庭用電尖離峰差距，使其用電更有效益。

6、實驗結果與分析：

遠端控制實驗數據，一週內用電總量為 199.36 度，如表 4-2、圖 4-5、圖 4-6 所示，則每週尖離峰差距 $(43.37-13.14)/7=4.28$ 度，尖離峰百分比差異 $[(43.37-13.14)/43.37] \times 100\% = 69.7\%$ 。

表 4-2 一週電器有遠端所消耗電力度數表

電器類別	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日	加總
冷氣*3	23.5	22.5	23.3	10.4	23.1	34.1	32.5	
電風扇*5	1.55	1.65	1.46	1.24	2.1	2.2	2.3	
吹風機	0.36	0.25	0.12	0.29	1.1	1.5	1.8	
電鍋	1.6	1.29	1.6	1.1	1.65	1.8	1.58	
電視機	0.13	0.11	0.16	0.11	0.13	0.47	0.31	
	27.1	25.8	26.64	13.14	28.08	40.07	38.49	199.36

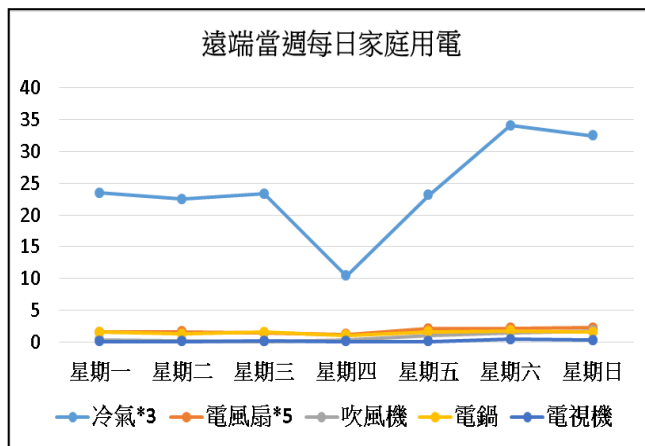


圖 4-5 住戶家庭當月有遠端第一週用電情況折線圖

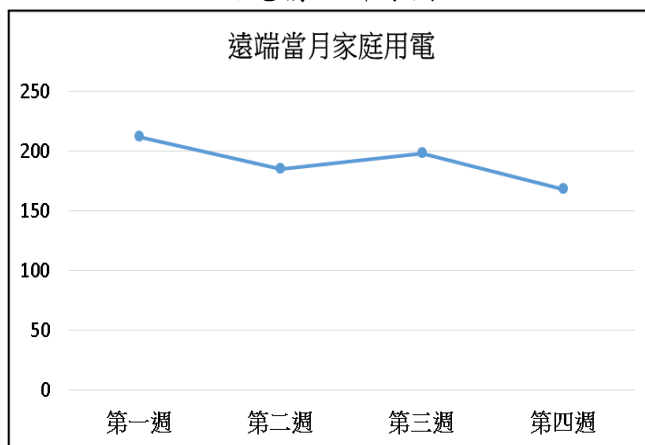


圖 4-6 住戶家庭端當月有遠端每週用電情況折線圖

綜合上述實驗有無遠端操作電量的數據上，在不同週期住戶總用電量明顯均有降低，平均每日少 3.73 度電。住戶尖離峰差距百分比差距為-7.94%，在總用電量減少 26.11 度的情況下，也驗證遠端操控後，不但提供便利的關閉迴路用電，並達到節省電力效果，但卻無法有效縮減家庭用電尖離峰的差距，如表 4-3 所示。

表 4-3 遠端及非遠端數據比較表

統計別 控制別	總用電量 (7日)	平均每日 用電	尖離峰差距 百分比
無遠端操作	225.47度	32.21度	61.76%
有遠端操作	199.36度	28.48度	69.70%
有遠端控制 與無遠端控制之各統計 別差距	26.11度	3.73度	-5.44%

7、實驗步驟四

實驗項目：使用時段限定方式加上定位功能控制 Wi-Fi 智能插座遠端操控電源開關控制。

實驗目的：探討是否能更有效的在不必要時段，達到最有效省電。

實驗設定：依據步驟一的尖峰時段為參考，設定迴路控制時間，設定時段如表 4-4 所示。可依需求切換手動方式關閉迴路電源；遠端控制設定時段性自動開關電源。

表 4-4 用電迴路設定時間表

時段	迴路設定	連線狀態
00:00至02:59	測試2=ON、測試3=OFF、測試4=OFF	良好
03:00至05:59	測試2= OFF、測試3=ON、測試4=ON	良好
06:00至09:59	測試2= OFF、測試3=OFF、測試4=OFF	良好
10:00至12:59	測試2= ON、測試3=ON、測試4=ON	良好
13:00至16:59	測試2=OFF、測試3=ON、測試4=OFF	良好
17:00至20:59	測試2=ON、測試3=OFF、測試4=ON	良好
21:00至00:59	測試2=ON、測試3=OFF、測試4=ON	良好

8、實驗結果與分析：

住戶依往例尖峰時段控制電源迴路實際測試後，如表 4-5、圖 4-7 所示，發現各數據相較於無時段控制迴路開關上，平均每日少 9.43 度電，各數據與無時段控制開關比較上，明顯探討出有些時段因人為疏忽而忘記將電器關閉。

表 4-5 住戶遠端時段迴路自動開關數據表

電器類別	00	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	加總
冷氣*3	1.32	1.35	0.89	0.41	0.43	0.85	0.81	0.82	0.85	1.2	1.34	1.35	
電風扇*5	0.42	0.41	0.42	0.36	0	0.45	0.46	0.38	0.45	0.45	0.48	0.46	
吹風機	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0.16	0	
電鍋	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0.1	0	
電視機	0	0	0	0	0.13	0.24	0.26	0.18	0.25	0.32	0.36	0.4	
	1.74	1.76	1.31	0.77	0.56	1.54	1.53	1.38	1.55	2.26	2.44	2.21	19.1

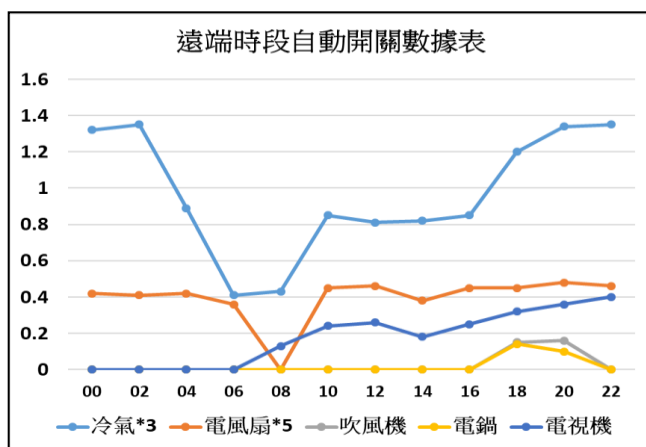


圖 4-7 住戶遠端時段迴路自動開關數據圖

經由步驟四實驗結果得知，在總用電量統計中，不一定會有太大的影響，但在實驗中時段上就不會有無人使用的情況下還持續耗電，過程中人為造成的電量浪費，由數據顯示來看還是有明顯差距。

五、結論

本次實驗中，運用 Wi-Fi 遠端智能插座遠端控制電源迴路開關測量器來實現了家庭電器遠端操作及時段上限制用電情況，藉由此實驗結果可得知家庭用電習慣非常很重要，所以必須透過第一、三個步驟的實驗結果，來找出家庭適合用電時段，經家庭用電量統計來看，無遠端每日家庭耗電量平均為 $(199.36/7)=32.21$ 度，有遠端依各時段需求耗電數據來看每日平均為 $(255.47/7)=28.48$ 度，光是家庭用電管控部分就能在每日平均耗電節省 3.73 度，而且在日常需求高或必要性電器，也可以避免插座的負載忘記拔除，造成短路情況發生，進而引起住家火災等情況，在家庭用電上確實有提升迴路斷電之便利性。另外第四個步驟加入時段

自動開關迴路功能後，以一日時段家庭用電情況加總為 19.05 度，並與有遠端操作每日平均用電比較 $28.48-19.05=9.43$ ，所以家庭每日耗電更是降低到平均 9.43 度的數值，尖離峰百分比差異 $[(28.48-19.05)/28.48]\times 100\%=33.1$ 。由此可見本實驗項目的最終效益是有效的降低家庭總用電量 31.1%。

參考文獻

- [1]Attention Required! | Cloudflare ,
<https://reurl.cc/g8Vv7X> , 2020 年 7 月
- [2]2020 年用電創歷史新高，水情不佳影響再生能源成績 <https://reurl.cc/Q7rp75> , 2021 年
- [3]2020 全台用電量破紀錄—防疫待在家，
<https://reurl.cc/5ojgr6> , 2021 年 1 月
- [4]台灣電力股份有限公司
<https://reurl.cc/qm4NAN> , 2021 年 3 月
- [5]台灣 2019 年公布瞬間用電量最大的十大家
排行 <https://reurl.cc/4yvXQD> , 2019 年 1 月
- [6]家庭電器用電家計簿，
<https://savingenergypark.org.tw/>
- [7]隨手拔插頭真能省電？
<https://reurl.cc/mq8dMW> , 2016 年 8 月
- [8]米家智慧插座
<http://buy.mi.com/tw/item/3181200022>
- [9]一度電要多少錢及電費如何計算？，
<https://reurl.cc/R6gLan> , 2020 年 7 月
- [10]https://play.google.com/store/apps/details?id=com.xiaomi.smarthome&hl=zh_TW&gl=US
- [11]<https://www.asus.com/tw/Networking-IoT-Servers/WiFi-Routers/ASUS-WiFi-Routers/RT-AC66U-plus/>
- [12]HiNet 光時代智慧生活方案
<https://www.cht.com.tw/home/campaign/broadbandgift/index.html>
- [13]<https://www.ruten.com.tw/item/show?21912309797965>
- [14]Z. Zhu and R. Cui, "Remote Intelligent Monitoring System Based on Embedded Internet Technology," 2007 IEEE International Conference on Automation and Logistics, 2007
- [15]W. Liu, P. Ren, D. Sun and H. Xiong, "Mobile Intelligent Terminal Based Remote Monitoring and Management System," 2012 Third Cybercrime and Trustworthy Computing Workshop, 2012

- [16]Z. Cao, J. Fitschen and P. Papadimitriou,
"Social Wi-Fi: Hotspot sharing with online
friends," 2015 IEEE 26th Annual International
Symposium on Personal, Indoor, and Mobile
Radio Communications (PIMRC), 2015