

臺中市政府 104 年度規劃研究設計報告獎助計畫
報告節錄重點

可附掛於傳統公車站牌上的改良式
行車資訊顯示系統之研究與實作

The research and implementation of improved
bus information display system for attaching
to the traditional bus stop

研究人員：郭永清

指導教授：余心淳

學 校：東海大學

系 所：資訊管理學系

中華民國 104 年 6 月

摘要

城市的交通運輸就有如心臟血管的脈絡一般，負責整座城市的新陳代謝，越靠近心臟的部分流量越大，所獲得的資源和滋潤就越多，反觀離心臟部分很遠的末梢微血管，雖然流量和交換量都不如大動靜脈來得大，若是沒有這些末梢微血管的貢獻，也難以匯聚出動靜脈的大流量。台中市的大眾公共運輸服務系統也是如此，以公車為例，越靠近市區或主要幹線的公車運量龐大、班次，也獲得較多的經費來建設硬體，如美化公車亭、智慧型候車亭、智慧站牌等等，不僅活化街道市容，所提供豐富的候車與路線資訊可有效的降低民眾在候車時對班車到站時間的不確定性所產生的焦慮感，而這種焦慮感並不會有城鄉的落差。相反的，越靠近市區、班次越密集的路線，民眾對班車到站時間反而不是那麼在意，而班次越少的非幹道路線，由於班次間隔長，因此民眾的候車時間往往差距很大，若是班車剛剛離開，那麼候車時間有可能超過至少半個小時以上，在行車資訊不足的情況下，不僅對等車的市民造成困擾與不便，而且這種無意義的等待是沒有產出的社會資源浪費。智慧型站牌的概念在這些非主要幹道的需求從某個角度來看是比幹道路線來得高，但是由於政府施政預算有限且智慧型公車站牌設置經費高昂，這些站牌很難用現有的方式全面智慧化。因此本規劃研究案以結合太陽能電池、車載無線短距傳輸、電子紙顯示面板等先進電子資通技術，於市區傳統公車站牌上研究設計並開發實作出一套符合綠能環保與智慧交通概念，建置維護成本低且高效率的改良附掛式候車資訊顯示系統。本研究成果可以用來補足在台中市現行智慧站牌及智慧候車亭觸角所不及的二線傳統公車路線與站牌，用最有限的資源來將智慧站牌的概念普及化，讓在傳統公車站牌搭車的民眾也能掌握班車到站的時間資訊，方便民眾乘車行程的規劃與時間的掌控，並提高其搭乘意願，為主要的班車路線貢獻更大的運量與經濟效益。

關鍵字：

智慧交通、公共運輸服務、傳統公車站牌、智慧型站牌、附掛式候車資訊顯示系統

目錄

一、	緣起與動機	1
二、	規劃理念及目標	4
三、	現況分析	6
四、	研究設計	7
五、	規劃工作程序、方法與說明	10
六、	可行性分析	21
七、	結論及建議	25
	參考文獻	27
	附錄	28

圖目錄

圖 1-1	智慧候車亭(台中市).....	1
圖 1-2	獨立式智慧站牌(台中榮總).....	2
圖 1-3	LCD 智慧候車亭(新光三越百貨前).....	2
圖 4-1	公車進站時透過無線短訊傳輸更新站牌上的班車資訊	7
圖 4-2	前班公車取得與下班公車行車時間間距	8
圖 4-3	公車以無線短訊傳送訊息封包至站牌	9
圖 5-1	系統模組方塊圖.....	11
圖 5-2	電源適配模組正面.....	12
圖 5-3	源適配模組背面.....	12
圖 5-4	安裝於模型公車上的 USB 迷你無線網卡.....	12
圖 5-5	卡片型微電腦—樹莓派	13
圖 5-6	短距無線通訊模組.....	13
圖 5-7	奇美電生產的 10.1”電子紙面板及控制模組.....	14
圖 5-8	市售電感升壓模組套件	15
圖 5-9	3D 列印製作的太陽能面板模組及微電腦控制模組總成	15
圖 5-10	傳統站牌.....	16
圖 5-11	3D 列印電子紙支架套件.....	16
圖 5-12	電子紙支架安裝實況.....	17

圖 5-13	整合式防水套件將重要零件全數收納	17
圖 5-14	整合式防水套件插入站體上方管口即完成安裝	17
圖 5-15	由傳統站牌改裝成的電子紙智慧站牌全貌	18
圖 5-16	A 公車之車載系統取得與下班 B 公車之時間間距.....	18
圖 5-17	公車沿途廣播含有兩個時間的訊息封包	19
圖 5-18	站牌進入公車發射範圍接收到訊息封包	19
圖 5-19	候車民眾透過電子紙獲得班車資訊	20
圖 6-1	各部名稱及配置方式.....	21
圖 6-2	工研院研發之軟性灰階電子紙顯示器	22
圖 6-3	市售 1:24 模型公車	23
圖 6-4	各模組於模型公車上的配置一	24
圖 6-5	各模組於模型公車上的配置二	24

一、緣起與動機

公車系統在現代都市運輸中扮演了重要的角色，它不僅是一個城市進步的指標，也是聯結城市區域發展與活絡地方經濟的推手。為了提供便利的公車資訊服務，台灣各大城市在過去幾年內，紛紛推出多樣化的公車行車資訊系統，舉凡智慧型公車系統、智慧候車亭、智慧型公車站牌、公車路線以及網頁和手機 App 形式的公車到站查詢資訊系統等，希望藉此提升大眾運輸工具的使用效益，並冀望與都會捷運系統的整合來改變民眾的通勤與用路習慣，達到都市交通順暢與節能減碳的雙重目的，以建立一個現代化的綠色城市。要達到上述的目標，政府不僅要積極地增加公車運輸服務系統的各项投資，例如路線、車次、車輛、車資費率補貼、客運業者的整合、行車服務品質與安全性之外，也要能夠提供市民精確可靠的公車到站與候車資訊服務，才能有效的吸引並提昇民眾的搭乘意願。現今的智慧型公車候車亭(圖 1-1)，具有現代化的外觀，優雅的候車環境，豐富的多媒體公車數位資訊顯示等特色。但由於智慧候車亭占地廣造價高(一座約新台幣 20 至 30 萬之間)且獨立式智慧站牌(圖 1-2，一座造價約新台幣 12 至 16 萬之間)以及台中市首創的 LCD 智慧候車亭(圖 1-3)，這些都普遍存在著造價昂貴與維護不易的問題。此外，網路與電力佈線、建置施工和預算等因素也間接造成在台中市內無法全面實現智慧站牌的設置。



圖 1-1 智慧候車亭(台中市)



正面



背面

圖 1-2 獨立式智慧站牌(台中榮總)



圖 1-3 LCD 智慧候車亭(新光三越百貨前)

如之前所述，智慧型公車站牌可提供豐富且完整的多媒體行車資訊，市民對此建設與服務的接受度與滿意度高雖高，但站體建置與維護成本高且耗電。以整個大台中地區而言，市區主要幹道已逐漸建置新型的智慧站牌與站體，但在非主要幹道、偏鄉地區與車次較少的公車路線仍大量使用傳統式的公車站牌，無法提供市民即時性的候車資訊以方便個人行程的規劃安排與調整，甚至會讓市民感覺政府施政有區域差別感的存在。雖然台中市政府這幾年已與業者合作開發在智慧型手機上使用如「台中公車通」與「台中等公車」等 App 應用軟體，不僅可整合台中市公車動態系統與票價查詢，提供台中市公車路線的預估到站時間查詢，並支援搜尋附近站牌功能。但是對於未攜帶或甚

至未使用智慧型手機的等車民眾來說，無法由傳統的公車站牌上得到所需候車的時間訊息實為不便。

如同台灣其他的大城市一樣，台中市在各區與鄉鎮道路上擁有眾多傳統非智慧型的公車站牌，在政府有限的預算資源下，無法將這些站牌快速且全面的更換成多功能現代化的智慧型公車站牌。如何解決於傳統公車站牌上提供行車路線與候車資訊，以縮減市區內大眾交通運輸服務，因地區(熱鬧與偏遠)、幹道(主要與非主要)、公車路線與班次營運情況所造成的差別化資源配置與使用，遂成為都市大眾交通服務與相關建設中重要的研究課題。

上述為本規畫研究案的緣起與動機，而其目標是結合先進的資訊與通訊科技(Information and Communications Technology, ICT)，並以低成本、低耗能、易建置的設計理念來研究實作出一套可附掛於傳統公車站牌上的改良式行車資訊顯示系統，以協助台中市政府全面提升傳統公車站牌數位資訊化的功能，提供在傳統公車站牌等車的市民一個可獲取行車與候車時間資訊的解決方案。藉此提升市民搭乘大眾運輸載具的意願，減少個人交通載具的使用與交通相關問題的發生，進而促進都市節能減碳的效果，以期加速大台中市早日晉身成為一個綠色科技與智能交通發展完善的智慧典範城市。

二、 規劃理念及目標

目前台中市建置的智慧型站牌所顯示的訊息相當完整，候車的民眾可以得知所等候的班車目前的到站位置，以及到達所需的約略時間等資訊。但是事實上對於市民來說，到達站牌欲搭車時所關心的只有兩件事：(一)所要搭乘的班車過站了沒？(二)下一班公車何時會到？要等多久？只要在民眾等車時能提供以上兩個資訊，即可滿足公車族大部分的需求。

本研究中規劃利用台中市現有的公車衛星定位系統對行控中心提供的既有的行車定位資訊，整合公車動態資訊系統並搭配公車路線所形成的公車網路來傳遞資訊，將上述(一)(二)中的重要訊息，透過附掛在現有二線傳統公車站牌上的電子紙裝置來顯示公車的行車與候車資訊給等車的民眾，即是用最低的成本來滿足大部分的需要。

在重要路段的公車站牌或候車亭使用造價昂貴的智慧型站牌或LED 字幕機來妝點市容當然有其必要性，但是在非市中心或繁榮地區的公車路線，搭車民眾對於班車的行車與候車資訊仍有其需求，而市府在短時間之內又難以編列足夠的預算來全面建置智慧型站牌，這些站牌的設計理應回歸現今民生需求的基本面，以滿足搭車民眾對自我行程上規劃與時間掌控的要求。本研究報告所提出的「可附掛於傳統公車站牌上的改良式行車資訊顯示系統」，其出發點就是針對在大台中地區這些非主要幹道或重要站點區域的搭車民眾來服務，增加大眾交通運輸載具資訊服務面的供給。本研究的規劃目的不在取代現有的智慧型站牌，而是利用較低成本的方式提供簡單明確資訊的來補足新型站牌系統由於建置維護昂貴而無法普及的區域，以縮短市政府在公共建設投資與服務上差別化的距離。相信有了這套系統之後，將能以較低的成本來全面滿足全市候車民眾的需要。

先進現代化的城市在都市規劃與建設時強調積極打造低碳 綠能環境的重要性，本規劃案在研究解決方案的設計上亦重視這個議題，以創造永續發展的價值。因此整個規畫理念著重省電低耗能的技術整合，建置與維護上要簡單與低成本，同時在系統的運作上要穩定並能

結合現有的機制等三個面向來設計開發與實作完成。

在省電低耗能的技術整合上，本研究採用微型太陽能集電器與先進的電子紙顯示器技術，不僅站體可自行供應系統運作的電力，無須額外施工牽線，同時電子紙的顯示系統只有在內容更新時才需要使用微量電力，而更新後的資料內容在下一次更新之前都會保留在電子紙螢幕面板上，不僅造價便宜，更能符合低耗能的綠色環保精神。

在建置與維護的要求上，本研究提出的方法是使用附掛式的方式直接將候車顯示系統器加在傳統式的公車站牌上。在站體的顯示器系統包含二個部分：(一)太陽能面板、微電腦控制模組與無線短訊接收模組的三合一整合裝置 (二)電子紙顯示面板模組。上述(一)的部分可直接套接於站牌頂端，而(二)的部分則可以直接鎖在站體立桿上，這二部分易裝易拆，可迅速裝設完畢與維護容易，無須拆除現有的傳統站牌，不僅可以在短時間內大量建置更新完畢，同時更可以降低成本，減少市政預算的支出，使得原本困難的事變為可能。

在系統功能的整體運作上，本研究規劃的理念是系統要能穩定的運行，所以結合台中市交通局現有的交通動態資訊系統來獲取候車資訊，以及整合先進車載通訊技術下的無線短訊傳輸技術。上述這些資訊與通訊的協定機制分別在現有不同交通運輸與通訊產業的應用上，已經有很穩定的表現與使用經驗，所以在本研究中可以很方便的將其整合在一起。

三、 現況分析

本節茲就目前大台中市內有關大眾交通運輸系統中公車站牌行候車資訊系統功能的現況與問題，以條列方式簡述如下：

1. 已有技術成熟與運作穩定的「台中市公車動態資訊系統」，市民可以利用網路並透過網頁、手機 App 應用程式或市區內的智慧型公車站牌(亭)取得相關行車資訊。
2. 智慧型公車站牌可提供豐富且完整的多媒體行車資訊，市民接受度與滿意度高，但站體建置與維護成本高且耗電。
3. 市區主要幹道已逐漸建置新型舒適合宜的智慧站牌與站體，但是非主要幹道、偏鄉地區與車次較少的公車路線仍使用傳統式的公車站牌，無法直接提供市民(包含未使用與攜帶智慧型手機的民眾)即時性的行車資訊以方便個人行程的規劃安排與調整。
4. 台中市非智慧型的傳統公車站牌眾多，在市政府有限的施政預算資源分配下，無法短期之內全面快速的將所有傳統公車站牌更換成多功能化的現代化智慧型公車站牌。
5. 如何縮減市區內大眾交通運輸服務，因地區(熱鬧與偏遠)、幹道(主要與非主要)、公車路線與班次營運情況所造成的差別化資源配置與使用？
6. 因搭乘非主要幹道或偏遠地區路線的公車，其對車次行程與時間掌握的高度不確定性，減少市民的搭乘意願，以致衍生出市府定期對公車業者的車資補貼負擔，交通事故與路面壅塞和停車相關困境叢生，以及空氣與環境等污染持續發生。
7. 營造優質公共運輸服務環境，提供便民資訊服務與措施已成為台中市交通建設重要的發展策略之一。

四、 研究設計

本研究設計之目的在透過一組簡單的裝置，能在公車過站時，同時將訊息傳遞給站牌，進而在站牌上顯示公車過站時間以及下班公車預計到達時間等簡單而重要資訊，提供搭車民眾作為搭車決策時的參考，民眾將可以藉由此簡單的裝置所傳達的清晰且明確的訊息，迅速作出搭車的決策行為，避免漫無目的的等候的窘境與焦慮感，進而提高民眾搭乘大眾運輸工具的意願及提高大眾運輸工具的使用率，為打造低碳城市個盡一份心。其中車載無線短訊傳輸裝置就是將車上的時間資訊在過站時傳輸給站牌的設備，而電子紙則是站牌在透過無線短訊接收裝置接收到公車傳來的訊息之後，顯示資訊時所使用的裝置，其特點是持續顯示而不耗費任何電力的低功耗特性，能夠以簡易的太陽能發電模組以及小型充電電池來供電，在大規模建置時提供簡便、快速以及低成本等許多優點的安裝方式。下圖 4-1 為一輛 88 路公車向市政府公車動態資訊系統查詢下一班 88 路公車的位置後，估算出與自己的位置約需 25 分鐘的時間，而當時的時間為 13 點 52 分，所以將 13 點 52 分以及下一班即將到達的預估時間 14 點 17 分傳送給經過的站牌，站牌上的接收裝置接收訊息然後在電子紙上留下兩組時間資訊的示意圖。

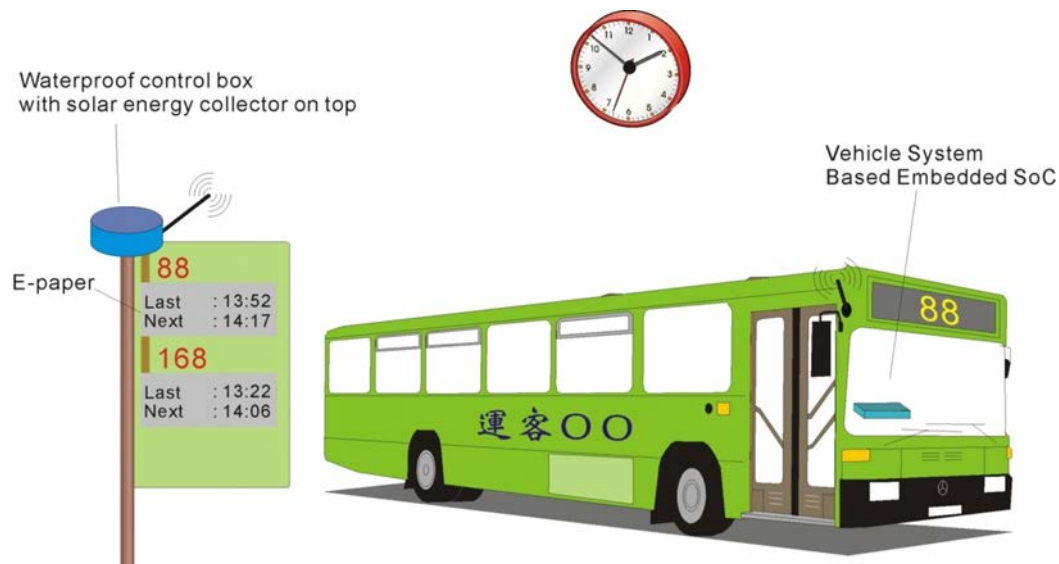


圖 4-1 公車進站時透過無線短訊傳輸更新站牌上的班車資訊

而建置這樣系統的相關機制在目前都會區的大眾運輸系統班車資訊都可以相當方便的透過網頁或是手機的 APP 軟體來取得，並不需要對目前的系統做任何的修改，圖 4-2 為手機 APP 所查詢到的公車即時資訊，車號 FAE-022 的班車到達鐵砧山時，同時藉由行控中心透過 3G、4G 訊號所傳來的班車資訊，取得下一班 93 路公車是由車號 FAE-021 班車所行駛，且準確知悉該班車正途經鷺山站進站中，進而推知該班車 FAE-021 與本班車 FAE-022 兩車間距有 55 分鐘，經由車載通訊控制系統彙整之後，透過車載無線短訊傳輸系統將路線、行向、現在時間及下班車預估到達時間傳送給站牌。



圖 4-2 前班公車取得與下班公車行車時間間距

圖 4-3 中說明站牌收到公車傳來的資料封包內容包含①通訊識別碼②營運商代號③公車路線④車牌號碼⑤行車方向(1.離站 2.回站)⑥現在時間⑦下班車預估到達時間等時間訊息，透過①通訊識別碼②營運商代號③公車路線④車牌號碼⑤行車方向(數字 1 為離站，數字 2 為回站)等明確的資訊，站牌上的微處理器能夠清楚判斷該筆資訊是否屬於該站牌所屬的路線，如果是則隨即擷取其中⑥現在時間⑦下班車預估到達時間兩項訊息並將之顯示在服貼於站牌上之電子紙上。搭

車的民眾便能隨時掌握公車過站的時間以及下一班公車預計到達時間，對搭乘的路線做出較客觀的決策。

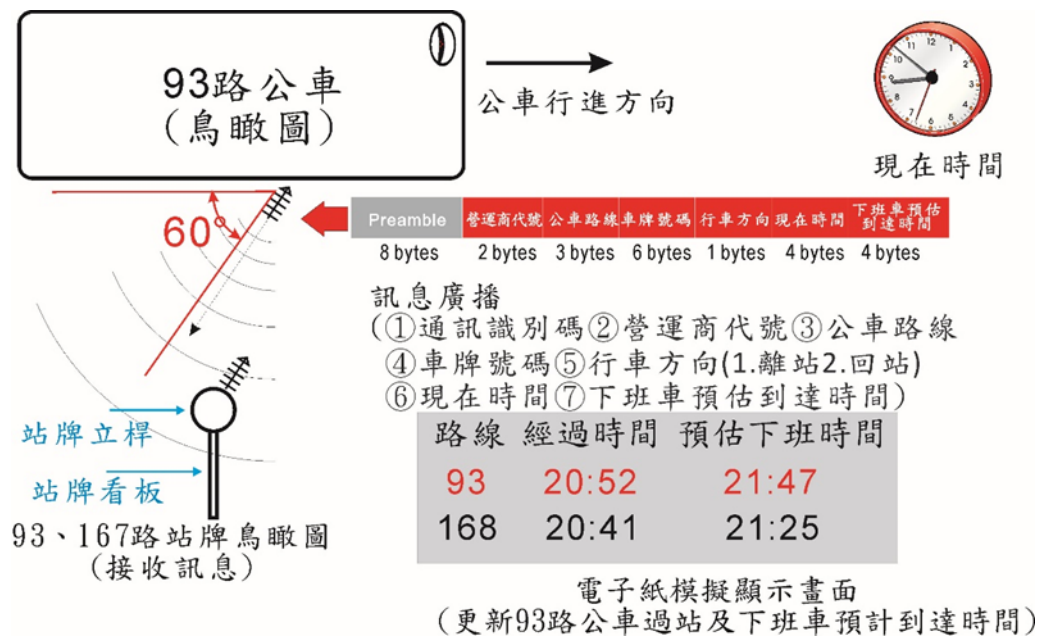


圖 4-3 公車以無線短訊傳送訊息封包至站牌

在本報告附件的光碟中亦有詳細的圖解及動畫說明，請各位委員及長官撥冗觀看。

五、 規劃工作程序、方法與說明

為了實現前面所說明的概念及想法，我們採兩階段來規劃、實作，茲分兩部分說明如下：

一、系統功能設計及零件規畫

基於上一節的構想，我們先將系統分成兩個子模組(1)公車端車載通訊及控制系統；(2)站牌端附掛通訊及顯示系統，在下頁圖 5-1 中上方的藍色方塊代表(1)公車端車載通訊及控制系統，透過低功率無線電的訊號廣播，在進入每一支站牌的接收範圍內時，代表(2)站牌端附掛顯示系統的下方的藍色方塊便能接收到訊息封包而在站牌上附掛的電子紙顯示時間資訊。

(1) 公車端車載通訊及控制系統:

在公車上必須有一組車載系統，負責向行控中心索取下一班同路線的公車的行車資訊，並推算兩車時間間距，然後在經過站牌時將經過的時間以及下一班預計到達時間以無線短訊的封包傳送給站牌上的接收模組。

(2) 站牌端附掛顯示系統:

在公車發送無線短訊封包到站牌時，站牌上必須有相對應的接收模組來接收，接收之後必須有一組微電腦裝置用來解析封包資訊，然後將兩個主要的資訊：①公車經過站牌的時間以及②下一班公車預計到達時間，送給電子紙顯示模組，更新上一班公車留下的資訊。

為了方便實作，我們將圖 5-1 中的車用系統架構以及站牌系統架構又系分為以下 11 個子模組，並尋找適合的量產零件來組裝，其目的除了可以減少開發的時間成本，也能增加系統的穩定性，茲將其 11 個模組的功能以及在系統中所扮演的角色說明如下:

① 車用電源適配模組:

公車上的電源多為 24V 的直流電，而我們用來開發系統用的卡片型微電腦使用的則是 5V 的直流電，我們選用圖 5-2 這款有 95%轉換效率的 12A 大功率電壓可調的車載電源模組，輸出電壓範圍 1.25-30V 連續可調，輸出電流 0-12A 100W，能夠充分滿足我們的需求。圖 5-3 為車用電源適配模組的背面照片。

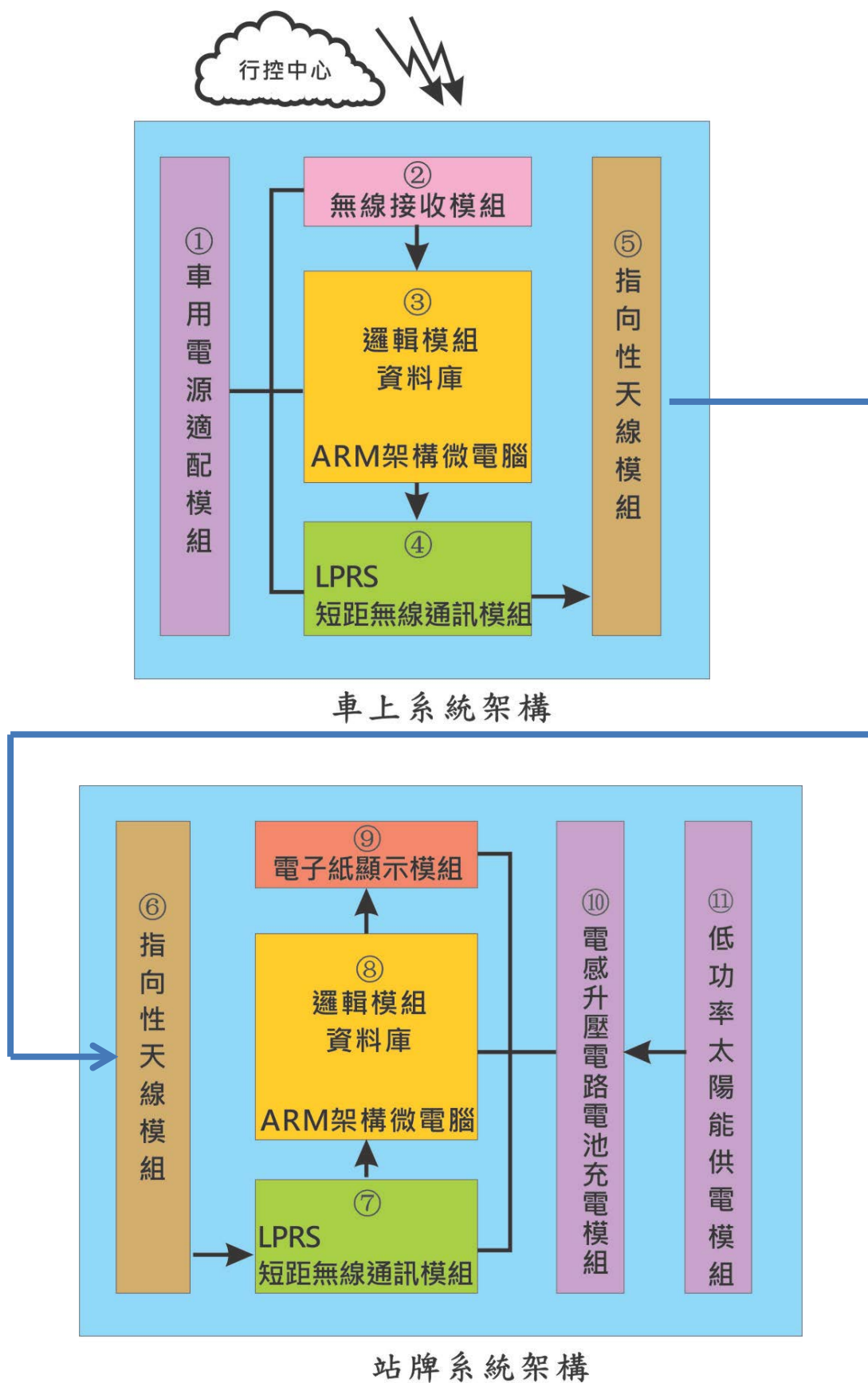


圖 5-1 系統模組方塊圖

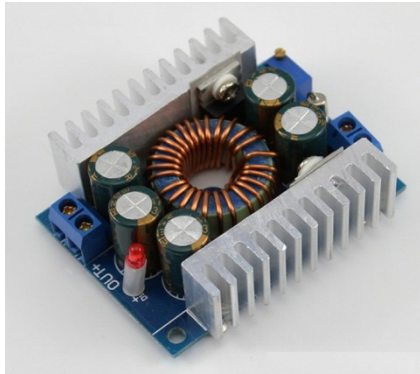


圖 5-2 電源適配模組正面



圖 5-3 源適配模組背面

② 無線接收模組:

由於我們的系統模擬是使用遙控模型公車來代替實際公車，用筆記型電腦來模擬行控中心送資料給模型公車，傳送資料的方式也使用 WIFI 來代替原本規畫的 3G、4G 訊號。因此我們在模型公車上安裝一組 USB 迷你無線網卡來接收筆記型電腦的資料及控制訊號，如下圖 5-4 所示。



圖 5-4 安裝於模型公車上的 USB 迷你無線網卡

③ 邏輯模組:

公車上的車載通訊控制系統必須負責接收、解析行控中心的行車資訊，並透過短距無線通訊模組將時間訊息傳給站牌，因此我們採用一組英國製造的卡片型微電腦--樹莓派，來負責資料處理與掌管資料傳遞的控制，模擬我們的車載電腦，圖 5-5 即為樹莓派的正面照片。

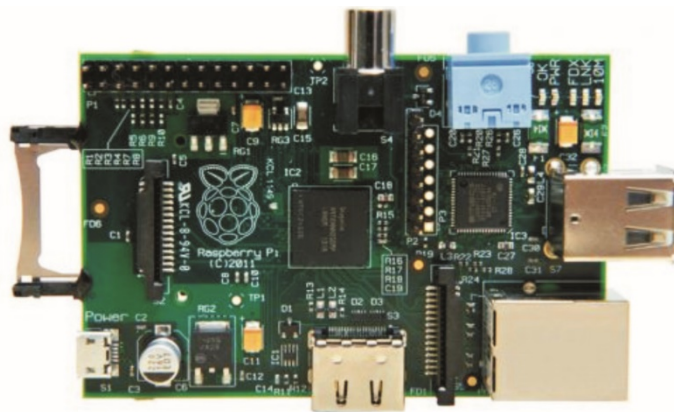


圖 5-5 卡片型微電腦—樹莓派

④⑦ LPRS 短距無線通訊模組：

用來裝置在公車上，沿途發送訊號，在進入站牌接收範圍內時，站牌會接收到公車的無線短訊封包，用來更新站牌上的班車資訊。下圖 5-6 是英國 LPRS(Low Power Radio Solution)公司生產的低頻低功率微型發射機，使用通用規格的 USB 界面，有效距離為 100 公尺，天線的連接採用公規的 RP-SMA 接頭，可以自由更換適用的天線，十分符合本研究報告的需求。



圖 5-6 短距無線通訊模組

⑤⑥ 指向性天線模組：

本專案報告所規畫公車沿路廣播班車路線以及時間訊號，為避免公車未到站時站牌就提早收到無線短訊的封包，造成公車未到站而站牌上的時間就已經更新的情況，我們必須設法讓公車訊號向後發送，

而隔絕向前發送的訊號；站牌上的天線也必須是公車過站後才收得到訊號的情況，因此選用方向性天線來限縮公車和站牌能夠互相通訊的範圍，減少誤報的可能性。

⑧ 邏輯模組：

站牌上的微電腦必須負責接收、解析公車送來的行車資訊，並控制附掛於站牌上電子紙的資訊更新，因此站牌上也安裝一組英國製造的卡片型微電腦--樹莓派，來負責資料處理與掌管資料接收與電子紙模組的控制。(圖 5-5)

⑨ 電子紙顯示模組：

圖 5-7 為本研究報告所採用的電子紙套件，在顯示裝置上選用電子紙的原因除了輕薄似紙方便張貼的特性外，其解析度、色彩對比度都相當高，加上製造成本低，可反射環境光不須額外光源、耗電量小等優點，電子紙也是實現此一專案的不二選擇。



圖 5-7 奇美電生產的 10.1”電子紙面板及控制模組

⑩ 電感升壓電路電池充電模組：



圖 5-8 市售電感升壓模組套件

為使太陽能供電模組在各種不同的日照情況時都能穩定對電池充電，必須有一模組專門負責控制充電電壓及電流，而圖 5-8 這種模組目前在市面上也都有現成產品可以選用，我們選擇的這個模組可以將 3.5-28V 的輸入電壓自動升降為調整的電壓，範圍為 1.25V-26V。

⑪ 低功率太陽能供電模組

因為顯示模組採用不需持續電力供應的電子紙模組，因此我們使用四片各 1w 的太陽能板(圖 5-9)來對電池充電，以供應班車過站時更新電子紙之電力需求。班車間距在 20 分鐘以上可確保電力供應無虞，若班車間距縮短時，可加大太陽能板來加大充電電流或使用更省電之微電腦晶片來減少耗電，維持系統之電力循環。

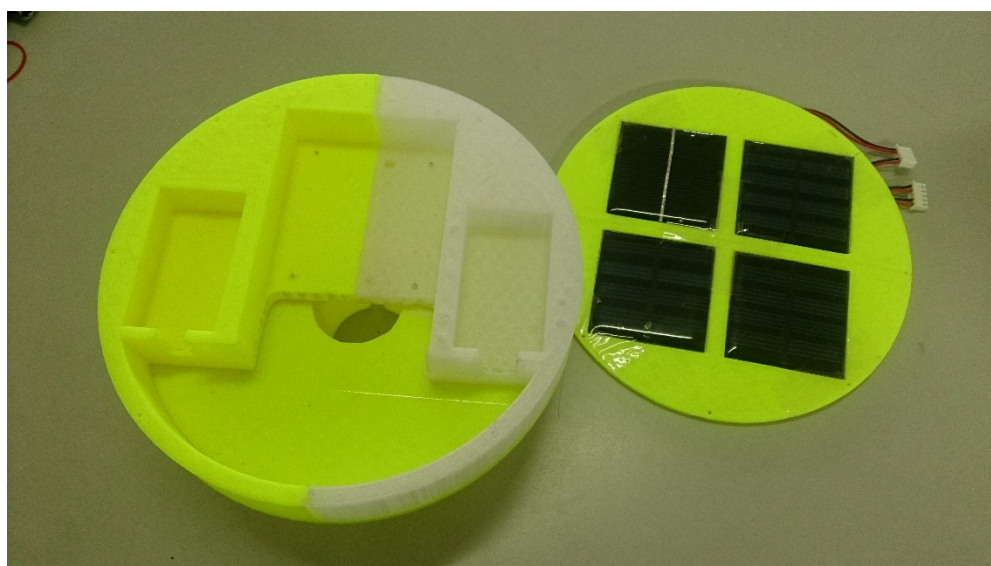


圖 5-9 3D 列印製作的太陽能面板模組及微電腦控制模組總成

二、各部零件模組整合成果及安裝方式規畫

(1) 目前未智慧化如下圖 5-10 之傳統站牌包含鐵管及告示牌兩部分，除不同營運商的告示板大小略有些微差異，鐵管管徑規格均相同，為附掛零件的設計省去不少麻煩。



圖 5-10 傳統站牌

(3) 附掛電子紙的束環、支架套件為使用系上剛添購的 3D 列印設備所印製的雛型零件(圖 5-11)，用來將電子紙固定於站牌告示板下方，束環開口的目的是要讓束環可以直接由傳統站牌上方套入，穿過告示板並固定於告示板下方，可減少安裝時工序的複雜度，安裝結果如圖 5-12 所示，如有未盡詳細之處敬請各位長官參閱附件影片。

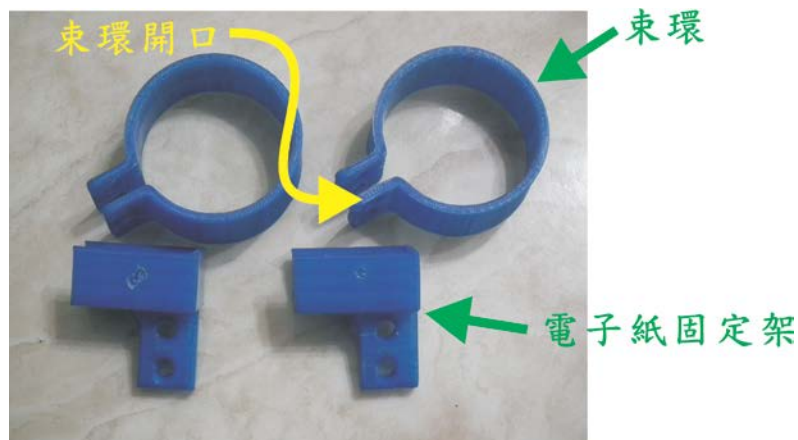


圖 5-11 3D 列印電子紙支架套件



圖 5-12 電子紙支架安裝實況

(4) 太陽能供電、微電腦控制、無線短訊傳輸、電池模組、充電控制模組也全部收納在用 3D 列印的防水容器中(圖 5-13)，並在下方設計口徑比站牌鐵管略小的插管，安裝時僅需將這組整合防水套件插入站牌上方的管口即可(圖 5-14)。

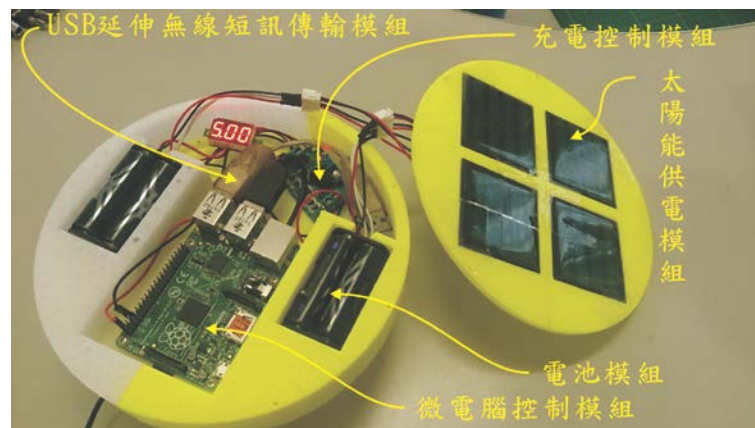


圖 5-13 整合式防水套件將重要零件全數收納



圖 5-14 整合式防水套件插入站體上方管口即完成安裝

(5) 電子紙訊號線穿過站體鐵管，並與電子紙模組連結即完成安裝，並開始充電、待命接收公車經過時所傳送的訊息封包，下圖 5-15 即為傳統站牌附掛電子紙及整合式防水套件變身為智慧站牌後的全貌。



圖 5-15 由傳統站牌改裝成的電子紙智慧站牌全貌

(6) 公車行駛時會沿途發送中原標準時間以及下一班同路線班車的預計到達時間的訊息封包，而公車進入站牌的接收範圍時，置於整合式防水套件中的天線、接收器、微電腦控制盒便啟動一連串的機制，將兩組時間標記顯示於電子紙上，茲將該機制的運作方式說明如下：

① 圖 5-16 說明為 A 公車上之車載系統透過市政府交通局開發的「公車動態資訊」系統查詢下一班同路線公車的行車資訊並計算班車時間間距之示意圖。

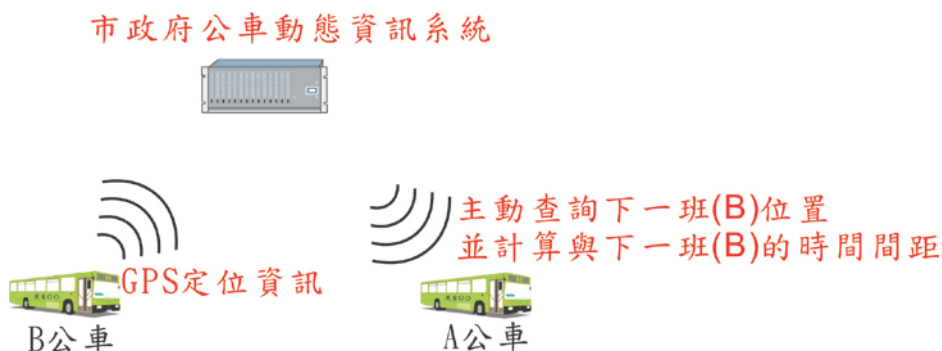


圖 5-16 A 公車之車載系統取得與下班 B 公車之時間間距

② 圖 5-17 說明 A 公車上之車載通訊控制系統透過低功率無線短訊傳輸模組(有效距離 10~30 公尺)沿途發送訊息封包，並反覆執行①及②的動作。

A公車之車載微電腦隨時更新並持有、廣播兩個訊息



圖 5-17 公車沿途廣播含有兩個時間的訊息封包

③ 圖 5-18 為 A 公車進入沿線某一支站牌的無線接收範圍時，站牌上的接收模組及微電腦控制模組便會自動接收封包並解析訊息內容，並判斷該訊息是否屬於該站牌所屬路線公車，如果屬於該站牌所應處理的訊息則將該封包中的兩組時間(I.公車進入低功率無線電發射範圍 10~30 公尺的時間以及 II.公車透過市政府交通局所開發的公車動態資訊系統取得下一班公車的行車資訊所推算出的下一班公車到站時間)，則微電腦模組便會將兩組時間資訊送給電子紙模組顯示在該路線的位置。

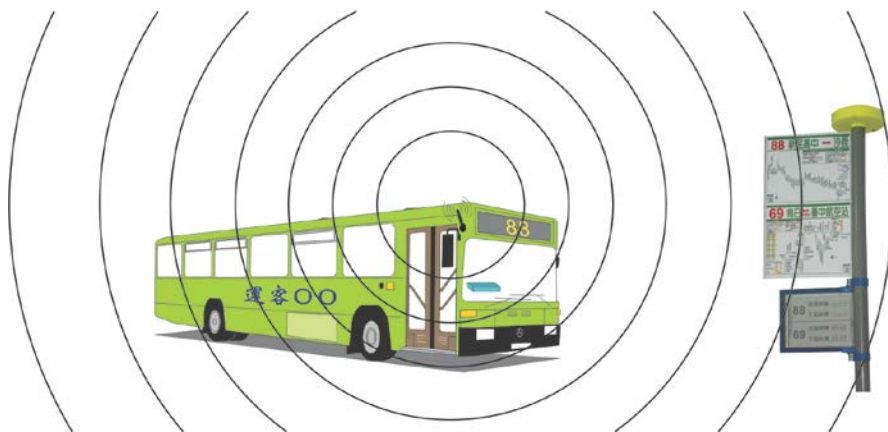


圖 5-18 站牌進入公車發射範圍接收到訊息封包

④ 圖 5-19 為候車民眾到達站牌時透過電子紙上所顯示的訊息得知上一班公車經過的時間，以及下一班公車預計到達的時間的場景示意圖。



圖 5-19 候車民眾透過電子紙獲得班車資訊

六、 可行性分析

1. **在資訊來源部分:**目前市政府交通局與數個民間單位均在網路上提供完整的公車動態查詢服務，提供搭車民眾利用可上網之電腦或手機來查詢班車的即時位置資訊。由此可知這些班車資訊並不需要額外建置系統來取得，可望透過市府與目前承包的負責廠商協調，稍加修改並透過應用程式介面以軟體處理的方式來取得即可。
2. **在站牌本體部分:**本研究中所設計之電子紙裝置與太陽能供電模組及微電腦控制模組、無線短訊傳輸模組等均以”附掛”之方式安裝於原有的傳統站牌上(如圖 6-1 所示)，完全無須動用任何土木施工，且安裝簡單快速，大大減少安裝時的技術及人力成本。

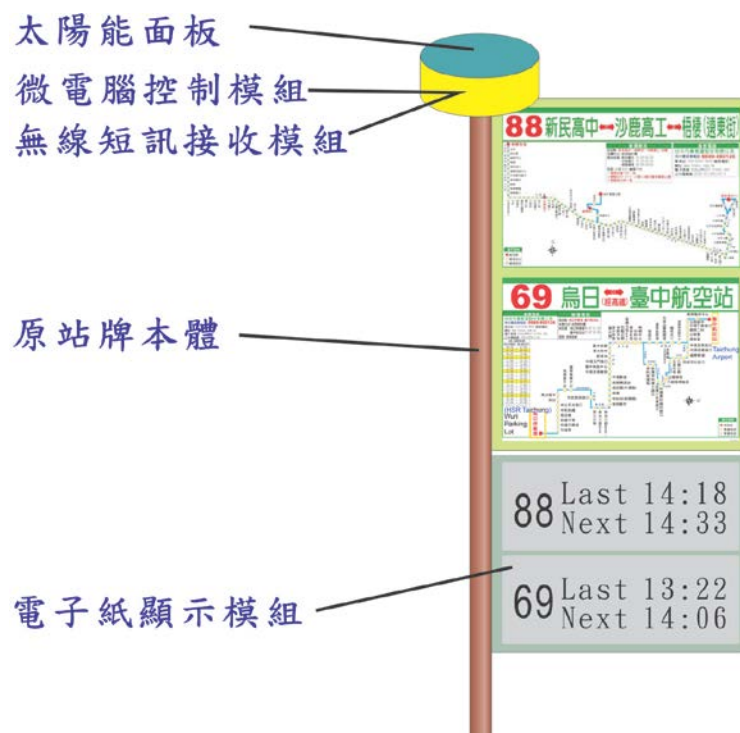


圖 6-1 各部名稱及配置方式

3. **在電子紙顯示技術的應用部分:**電子紙(圖 6-2)是一種先進且新型的顯示器技術，重點在於模仿以在紙上印刷及書寫的視覺觀感，不僅重量輕薄且耗電量極小，其顯示面板顏色有黑白、灰階與彩色之分。不同於一般的平板顯示器以發光達成顯示功能，電子紙如同普通紙一樣，依靠環境光來照亮，所以理論上閱讀起來較為

舒適，而且其顯示的影像能在陽光直照下仍然清晰可見，電子紙的可視角極廣，理論上為 180 度的範圍。電子紙在沒有電源情況下依然能顯示原先圖片和文字，所以非常適合用在公車站牌上來顯示班車的資訊，而在班車到達更新顯示時間之前，完全不需耗費任何電力，因此可以用一般小型太陽能供電系統來維持系統的運作。本規劃研究案即是採用電子紙作為公車站牌上顯示資訊的媒介，因此不需要持續供應電源來顯示，若全面佈建，完全無需考慮額外的電費支出。而利用公車來傳遞班車時間資訊給站牌，因此不需另外架設任何有線或無線的網路系統，大量節省建置費用及維護費用乃至於系統服務的租金費用。而且國內數家廠商生產的電子紙，品質穩定價格低廉，發展此系統將可利用節能、省電、環保、低成本的方式來傳遞簡單、明確以及符合民眾需求的資訊。

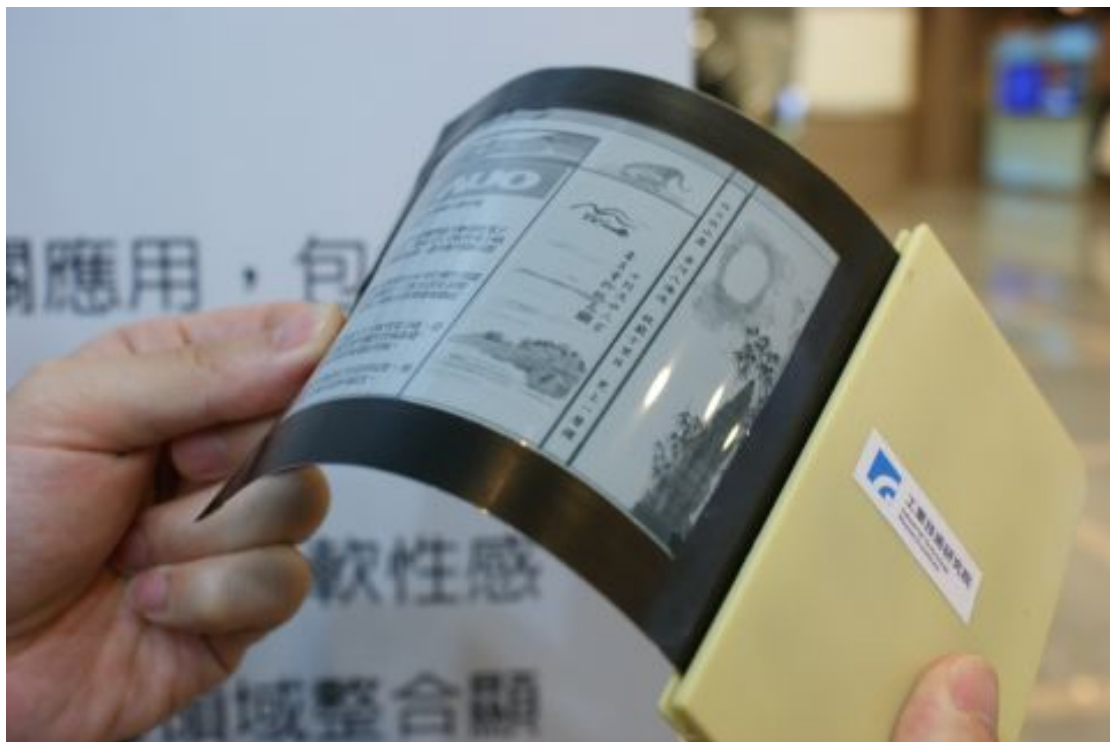


圖 6-2 工研院研發之軟性灰階電子紙顯示器

4. **系統電力取得部分:**本方案所設計的重點乃在利用電子紙無須持續電力即可維持顯示內容的特性，搭配 1 瓦特的太陽能電池充電模組、鋰電池蓄電模組、低功率無線短訊接收模組、微電腦控制

模組，將公車經過時發出的無線短訊封包解析成可辨識的圖像，更新電子紙上顯示的內容，整支站牌能夠獨立運作，完全不需由外界提供電力。

5. **車載無線短訊網路傳遞部分:**本研究的設計乃是以行駛的公車作為資訊傳遞的媒介，公車經過站牌時，將經過的時間以及下一班公車預計到站的時間以先進的車載通訊技術中的低功率無線短訊的方式傳遞給站牌上的接收器，因此，行駛的公車即可視為本系統的網路線，完全沒有傳訊死角以及系統服務租金的問題，是既省錢又可靠的傳訊方式。
6. **實作驗證方面：**綜上所述為了驗證本研究的設計成果，說明其實現的可行性，我們將整個系統完整且成功的實作出來。首先我們市面上購得 1:24 的公車模型進行改裝(圖 6-3)來模擬市區中行進中的公車，並將卡片型微電腦樹梅派、電源管理模組、馬達控制模組、無線短訊傳輸模組及轉向伺服模組配置如圖 6-4 與圖 6-5 中所示。模擬車載系統於實際公車經過公車站牌時的場景，對預設資訊傳遞的連鎖反應進行測試，不管在透過無線 Wi-Fi 連線對模型公車進行行駛的控制，或是公車對筆記型電腦查詢模擬的下一班到站的公車時間，以至於經過站牌時將時間顯示於電子紙的一連串測試都得到滿意的結果。



圖 6-3 市售 1:24 模型公車

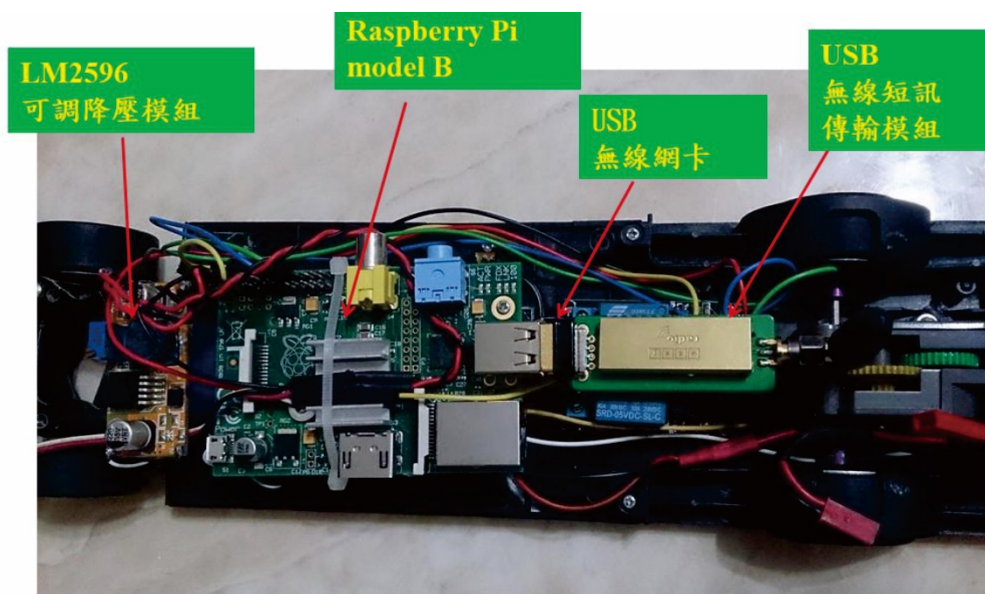


圖 6-4 各模組於模型公車上的配置一

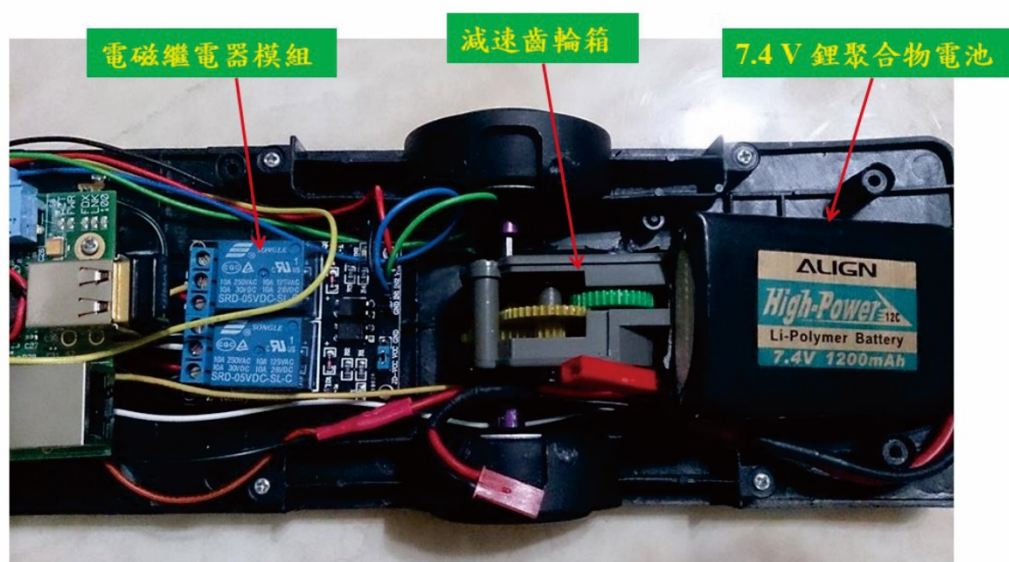


圖 6-5 各模組於模型公車上的配置二

而太陽能供電模組、微電腦控制模組以及無線短訊收發模組，我們設計列印的整合式防水套件，一方面方便安裝，一方面能夠給予完整的包覆，應能對抗天候因素將維護成本降至最低。另一方面，由於與現行智慧站牌成本差異甚大，適合大規模佈建，搭配現有的 LED 智慧型站牌，電子紙智慧站牌將能以最低的成本在非主要幹道大規模滿足搭車民眾對班車時間掌握的需求，為市政建設滿意度加分。

七、 結論及建議

本研究規劃案旨在提出一個可以直接附掛於傳統公車站牌上的改良式行車資訊顯示系統之解決方案，其目的可以協助台中市政府以較低的建置與維護成本，在短時間之內快速的裝設在市區內傳統的立式公車站牌上，此系統的功能可提供搭車的民眾基本且必要的路線與候車時間資訊，以服務市民方便乘客的行程規劃與時間掌控。

本研究成果兼具城市綠能環保與智慧交通的概念，其特色與優勢簡述如下：

1. 低成本。
2. 低耗能(使用太陽能板自主供電，無須外接電力線路，所採用的軟硬體裝置耗電低)。
3. 建置與維護容易(可於數分鐘內裝置完畢)。
4. 利用電子紙顯示技術以顯示行車與候車時間資訊。
5. 可有效整合先進車載通訊技術與現有台中市政府交通局所建置的公車動態查詢資訊系統，無須開發新系統。
6. 無須拆除或更換市區內現存為數眾多的傳統公車站牌。
7. 可提升搭乘公車市民的資訊服務品質與滿意度。
8. 可減少市民對交通建設服務在資源分配與使用上的差別感。
9. 可促進市民搭乘大眾運輸工具的意願，以減少交通與環境相關問題的發生，並進而達到節能減碳的城市綠化目標。
10. 公車業者可因乘客運量的增加減少虧損，市政府亦可因此降低對業者的補貼方便其他交通建設的投資。

其中使用電子紙顯示面板來呈現行車路線與候車時間資訊是本研究成果中相較於其他相同類型產品中最具特色的創意應用。雖然電子紙顯示器無法達到 LCD 顯示器螢幕所呈現的清晰與多元化的效果，但是在傳統公車站牌上使用電子紙顯示器可達到基本的顯示功能需求，也是在成本考量下本案最佳的應用技術。使用電子紙於本系統中不僅兼具綠色環保意識與低成本高穩定性的特質，也可成為打造智慧城市的特色亮點之一，具有未來媒體宣傳的效果。

在本成果報告中，我們同時呈現整個系統的實作部份，包含設備功能解說與裝置過程實物演練，以及車載無線短距通訊系統與站體訊號接收微處理控制器的詳細運作過程與成功測試的結果，證明我們所設計的系統是可以完成實現並符合預期的效能。這些成果影片都收錄在本報告附件的光碟片中，可供各位評審委員檢視以便更加的瞭解這一套系統的運作原理與特性、可應用性與可行性的評估。

最後，對於本研究規劃成果－「附掛於傳統公車站牌上的改良式行車資訊顯示系統」整體系統未來還可延伸的應用發展方面，我們在此可以做些建議與討論。雖然隨著「台中市優化公車專用道」的重新規劃，改善了台中市幾條主要交通幹道的於尖峰時段的壅塞困境，也提昇了行駛這幾條幹道上公車路線的乘客運量。但是整體而言，對大部分台中市民來說，目前搭乘公車的習慣尚在建立中，台中市政府需要推出更積極和貼心的交通運輸服務方案。而更改傳統公車站牌的功能與面貌，提供基礎的公車行車路線與候車時間資訊於傳統站牌上，將可助於乘車市民個人行程的規劃與時間的掌握，單憑這一項優點就足可以減少搭乘公車的不確定感，進而提昇市民對公車運輸系統的信心。而本提案的研究成果就是為解決上述問題而研究、設計與開發的努力結晶，以協助市政府 營造優質公共運輸服務環境，提供更便民的資訊服務與措施。

本研究成果在未來可能的延伸應用上，由於傳統公車站牌早已經建置在大台中市的各街道上，深入市民的生活圈中，無論是上班族、學生、未開車的市民、高齡族群乃至觀光客都會需要它。而本系統只須未來再加以修改，可於電子紙顯示器上隨時播放市政活動要聞、形象廣告、公益行銷宣傳、災害緊急警告訊息，甚至市府可向企業出租廣告時段等創新點子，這些在目前軟硬體技術上都可以支援完成，若是能再加上資訊網路安全功能的考量就更趨完整，到時本系統將可全面推廣至台灣其他的縣市中使用。

參考文獻

- [1] 臺中市政府交通局-施政計畫-交通局 2015-2018 年施政白皮書
- [2] 張有恆，都市公共運輸，華泰文化，2002
- [3] 交通部運輸研究所，智慧型運輸系統節能減碳與成本效益評估工具暨資料庫之應用，詹氏書局，2014 年 9 月
- [4] 杜春雷，ARM 體系結構與編程，清華大學出版社，2013
- [5] 盧俊彥、董勝源，單晶片 ARM Cortex-M0 控制實習，上奇資訊 2011 年 8 月
- [6] 蘇暉凱，ARM Linux 核心嵌入式系統開發指南，全華圖書，2009 年 12 月
- [7] 鄭慕德，ARM 嵌入式系統開發與應用，全華圖書，2005
- [8] B.A.Forouzan, Data communications and Networking 5/e, Mc-Graw Hill, 2013
- [9] 歐勝源，電力電子學 1/e，東華出版社，2013 年 12 月
- [10] 江怡鈞，數位電力電子學，晶靈國際，2011
- [11] 葉難，Raspberry Pi 從入門到應用，博碩出版社，2013
- [12] Carrie Anne Philbin, Adventures in Raspberry Pi, John Wiley, 2013
- [13] Richard Blum/Christine Bresnahan, Sams Teach Yourself Python Programming for Raspberry Pi in 24 Hours, SAMS, 2013/11
- [14] EET 電子工程專輯，技術與應用更上層樓-軟性顯示器積極嶄露頭角，2008-11-26，<http://www.eettaiwan.com/>
- [15] EET 電子工程專輯，電子紙顯示器首次在超薄手機中亮相，2006-10-25，<http://www.eettaiwan.com/>
- [16] V.V.N. Akwukwuma and F.O. Chete, The Electronic Display of the Future, Department of Computer Science, University of Benin, Benin City, Nigeri

附錄

※ 以下附錄檔案置於本研究報告光碟內之「研究成果影音檔」資料夾中

- 附錄 1 研究成果簡報與情境模擬. wmv
- 附錄 2 附掛式顯示器系統安裝方式介紹. wmv
- 附錄 3 公車發送無線短訊更新站牌電子紙. wmv
- 附錄 4 透過 wifi 遙控模型公車. wmv
- 附錄 5 主控台操作介面介紹. wmv
- 附錄 6 切換模擬公車路線. wmv