



臺中市中山地政事務所 98 年度研究報告書



接軌國際，打造友善城市
-以綠色運輸之旅次規劃做起-



研究單位：臺中市中山地政事務所

研究者：李俊銘

中華民國九十八年八月



目錄

第一章 緒論.....	1
§1-1 研究動機與目的.....	1
§1-2 研究流程與方法.....	3
第二章 WebGIS 與公車資訊系統發展回顧	5
§2-1 線上地圖 API 比較	5
§2-1-1 AJAX 非同步傳輸技術	5
§2-1-3 Google Maps.....	7
§2-1-4 Virtual Earth	9
§2-1-5 Yahoo Maps	10
§2-1-6 UrMap.....	11
§2-1-6 各地圖應用系統比較	11
§2-2 公車動態資訊系統.....	13
§2-3 公車轉乘系統.....	14
§2-3-1 路徑規畫研究	14
§2-3-2 Dijkstra 演算法	15
§2-3-3 A*演算法	16
§2-3-4 pgRouting 路徑規畫模組	17
§2-4 公車路網與轉乘之研究.....	18
§2-4-1 公車網路資料之取得	18
§2-4-2 公車網路特性	19
§2-4-3 公車轉乘基本考量	20
第三章 系統架構與功能開發	22
§3-1 系統需求分析與系統架構設計.....	22
§3-1-1 系統需求分析	22
§3-1-2 系統架構設計	23
§3-2 系統功能模組.....	25
§3-2-1 地圖發佈模組	26
§3-2-1-1 圖資分幅快取伺服器.....	26
§3-2-2 公車動態資訊擷取模組	27
§3-2-3 旅次規劃模組	29
§3-2-3-1 最短路徑計算.....	30
§3-2-3-2 站序判斷.....	31
§3-2-3-3 轉乘資料表建置.....	31
§3-2-3-4 旅次時間預估	32
§3-3 地理資料庫建置.....	35

§3-3-1 臺中市公車網路的取得	35
§3-3-2 資料表屬性設計	36
§3-3-3 座標轉換	39
第四章 系統測試與成果分析.....	40
§4-1 系統測試環境.....	40
§4-1-4 測試資料	41
§4-2 測試成果分析.....	43
第五章 結論與建議.....	47
參考文獻.....	49

圖目錄

圖 1-1 研究流程圖.....	4
圖 2-1 網路應用模式比較.....	6
圖 2-2 Google 向量式地圖.....	7
圖 2-3 房地產混搭式應用〔 http://www.housingmaps.com/ 〕	8
圖 2-4 Google Earth 3D 建模	8
圖 2-5 Virtual Earth 3D 街景圖〔Microsoft Live Lab，2007〕	9
圖 2-6 Yahoo Map 結合黃頁資訊查詢〔Yahoo Maps，2005〕	10
圖 2-7 UrMap 定址定位與路徑規畫	11
圖 2-8 公車動態系統架構圖[吳玉珍，2001].....	13
圖 2-9 Dijkstra 演算法之鬆弛技術示意圖〔Auckland，1998〕	15
圖 2-10 A*演算法運用鬆弛技術進行 Relax 示意圖	16
圖 2-11 PostLBS 架構〔PostLBS，2006〕	17
圖 2-12 相異路線連結性示意圖.....	20
圖 3-1 系統架構圖.....	24
圖 3-2 系統模組架構圖.....	25
圖 3-3 Geoserver 地圖伺服器之功能架構	26
圖 3-4 圖資分幅快取伺服器架構.....	27
圖 3-5 公車動態資訊取得流程.....	27
圖 3-6 即時位置網站原始碼.....	28
圖 3-7 旅次路徑運算流程圖.....	29
圖 3-8 最短路徑流程.....	30
圖 3-9 公車路線與站序示意圖.....	31
圖 3-10 轉乘資料建置流程.....	32
圖 3-11 轉乘點等候時間時間序列示意圖.....	34
圖 3-12 臺中市市區公車路網圖[2009，南極冰魚 Blog]	35
圖 3-13 公車路線與站位數化流程圖.....	36
圖 4-1 系統硬體架構圖.....	40
圖 4-2 測試區公車路線空間範圍示意圖.....	41
圖 4-3 公車站點位置數化圖.....	42
圖 4-4 台南市公車動態資訊〔2008，台南市觀光導遊〕	44
圖 4-5 本系統公車動態資訊.....	44
圖 4-6 路徑規畫結果比較圖.....	45
圖 4-7 旅次預估時間規劃比較.....	46
圖 5-1 臺中市便利商店分佈圖.....	48
圖 5-2 臺中市公車路線圖〔2009，南極冰魚 Blog〕	48

表目錄

表 2-1 各網路地圖提供之 API 比較表(97.02.01 整理)	12
表 3-1 公車路線資料表.....	36
表 3-2 公車站點資料表.....	37
表 3-3 公車即時位置資料表.....	37
表 3-4 道路網資料表.....	38
表 3-5 S2S 資料表	38
表 3-6 R2R 資料表	39

第一章 緒論

城市的競爭力部分來自它通暢的交通運輸網絡，有了發達的交通運輸網，才能人得其所，物暢其流。位於台灣寶島中央樞紐的台中市，連接著來自南北的阡陌交通，旅人們或許駐足或許停留，但要如何讓其留下一個深刻的印象，唯有便利、快速又貼心的服務才能烙下那美麗的回憶。為接軌國際，引進所謂的先進交通管理系統(Advanced Traffic Management System, ATMS)，推動車輛共乘制度，建立綿密的大眾運輸網，使用綠能燃料，建立低污染且便捷的交通網絡，達成綠色運輸概念。

為落實綠色運輸概念，讓全民使用大眾運輸工具作為旅次規劃的主要工具，本市在交通建設做了許多的努力，特別在大眾運輸系統，無論是一卡通行的公車票券、電子化的公車資訊等…然而在旅次規劃的部分仍未建立一有效能且具互動性的應用介面，有鑑於此，本研究將朝旅次規劃的角度設計一圖形化網路介面供使用者進行旅次規劃，未來甚至可以將系統轉植於個人行動裝置上，透過無線網路或通訊設備以圖形化瀏覽大眾運輸系統的概況，如公車停留點，站點停等時間，旅運路線與景點規劃等功能。

§1-1 研究動機與目的

我們清楚知道一個國家的交通網絡及都市區的大眾運輸系統常被視為該國家競爭力表現之一，良好的交通才能使貨物暢行無阻、資源平均分配，更讓人們能快速的到達自己的工作崗位，因此為解決私人運具所帶來的雍塞車流，許多國家都鼓勵民眾使用大眾運輸系統，藉以減少空氣污染與緩和交通亂象。近年來，由於油價高漲與溫室效應等議題影響，我國政府也開始提倡搭乘大眾運輸系統的好處，並提供轉乘優惠方案與公車專用路權等政策，希望能提高民眾搭乘大眾運

輸的意願。據 96 年交通部統計處資料，使用大眾運輸系統人口有小幅度的成長(約 3%)，其中又以公車系統為最多搭乘人次，但搭乘公車所產生的不便感，例如無法全盤了解運輸系統資訊，包含抵站時間、現處位置等，卻一直為民眾所詬病，因此若要提高大眾運輸的使用率，解決搭乘公車的不便性便是首要之務，加上公車網路與班次的密集度不足亦是問題所在。

先進國家也針對此進行了所謂的智慧型運輸計劃並建置先進大眾運輸系統(Advanced Traffic Management System, ATPS)，透過 web2.0 的網路時代強調的互動性與整合應用，以 WebGIS 的概念將交通狀況用地圖介面與資料庫呈現，讓管理人員或者交通使用者更能有效利用與管理。但是，以往典型的公車動態資訊系統僅讓人們了解公車現處位置與站點等候時間，在空間具像思考的方面稍嫌不足，若以 AJAX 技術發展的 Google Maps API 提供使用者透過應用程式介面自由的存取地圖與衛星影像的資訊，如此一來透過電子地圖般的瀏覽方式可讓使用者將空間關係更具象化，經由操控地圖介面搜尋興趣點附近商店並作好動線規劃。又因 Google Maps API 屬開放性地圖應用介面並可與其他地圖伺服器或資料庫進行整合應用，於擴展應用上頗具彈性，而免費圖資的供應也降低了開發成本，所以本研究採用 Google Maps 作為系統圖資的來源之一。本研究主要的研究目標如下：

1. 以 WebGIS 的架構建立公車行前規畫系統，利用符合 OSS(Open Source Software)的資料庫與網際網路地圖伺服器建立後端資訊，前端透過瀏覽器介面便可以瀏覽查詢本系統。
2. 利用網路擷取技術取得公車動態資訊，結合轉乘資訊，讓使用者針對公車等候時間與旅行時間做一個有效性的預估，提高使用者搭乘大眾運輸的意願。

§1-2 研究流程與方法

本研究旨在建立一利用現行地圖應用程式介面進行公車動態資訊查詢與旅次規畫之系統，如圖 1-1 所示，整個研究流程可為五個步驟，分項說明如下：

1. 文獻閱讀及軟體應用

閱讀及參考相關文獻，如公車轉乘演算法、最短路徑等相關論文，並熟悉研究所需之 Google Maps API 應用。

2. 系統需求分析與架構設計

依系統需求設計所需功能及確立系統架構，並決定適合系統開發之軟體，包括系統介面設計及模組開發的程式語言。

3. 資料收集與建置

根據研究所需收集相關資訊，如公車路線、公車站點及道路圖資，並預處理實驗區資料將其數值化匯入 Postgres 資料庫中，以 GeoServer 地圖伺服器發佈 WFS 與 WMS 資訊，透過自行建置的地圖伺服器可補充免費地圖伺服器圖資不足之圖資。

4. 系統功能設計與建置

當系統架構、需求確立及資料建置完畢之後，即可針對其規劃設計一客戶端與伺服器端能溝通連結的功能模組，客戶端的介面設計必須符合使用者的操作需求，而伺服器端亦需根據使用者的操作需求設計出相對的回應模組。本研究所需設計的模組包含顯圖模組、動態資訊擷取模組、旅次規畫模組等。

5. 系統測試與成果分析

針對系統功能做一全面性的測試，分析其功能的適用性及系統缺失，透過測試與改良以健全系統的完整性。

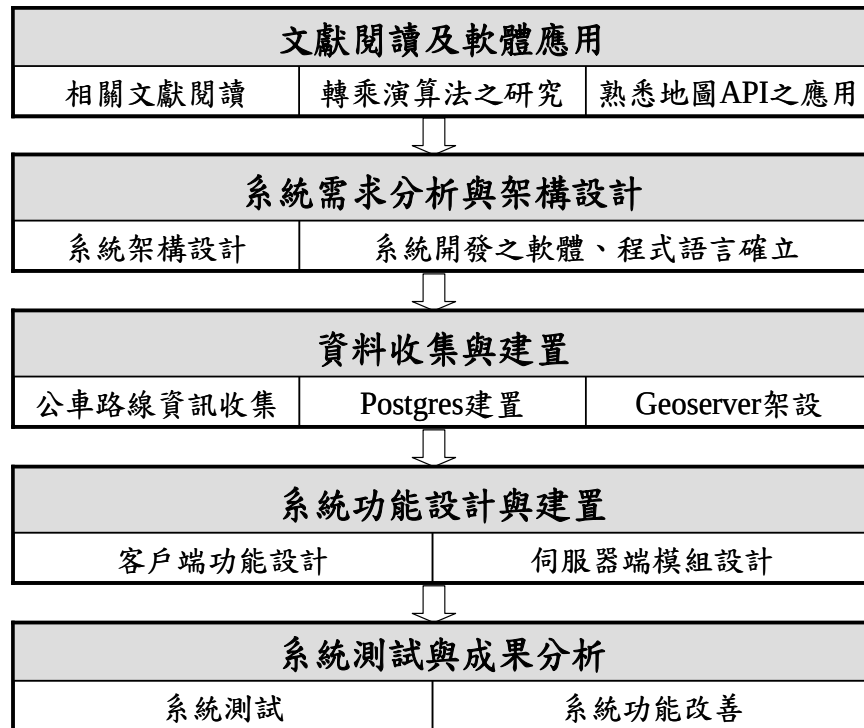


圖 1-1 研究流程圖

第二章 WebGIS 與公車資訊系統發展回顧

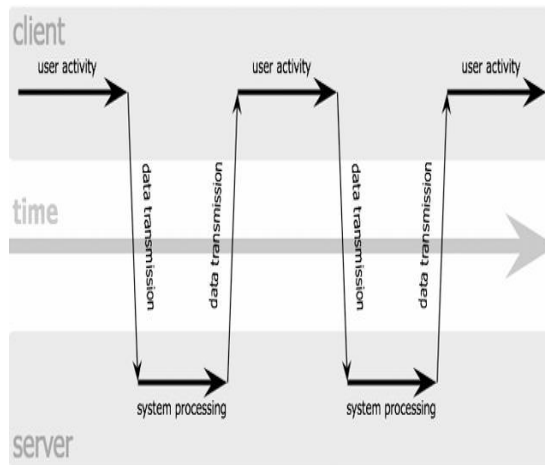
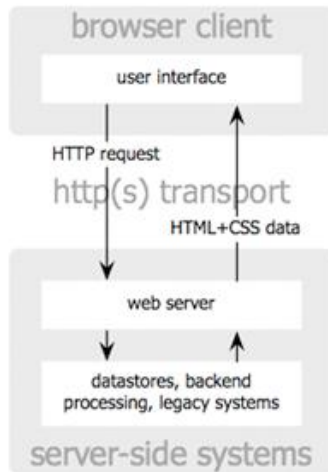
隨著網路的普及與地理資訊系統的技術發展，地理資訊系統已邁入網路時代並發展成具有資料共享機制的 WebGIS 型態，不再只限於單機上的操作與應用，因此藉由網路地理資訊系統可以發展出許多應用系統。以台中市的無線網路架構經驗，加上產官學界的專業知能輔助，利用無線網路進行 WebGIS 應用已越趨成熟。

§2-1 線上地圖 API 比較

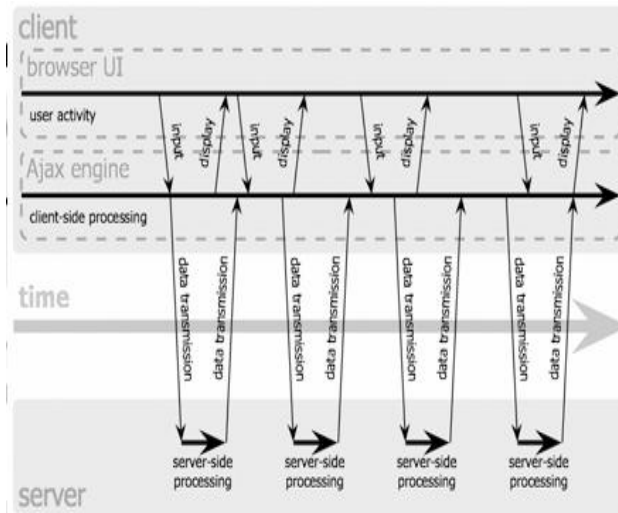
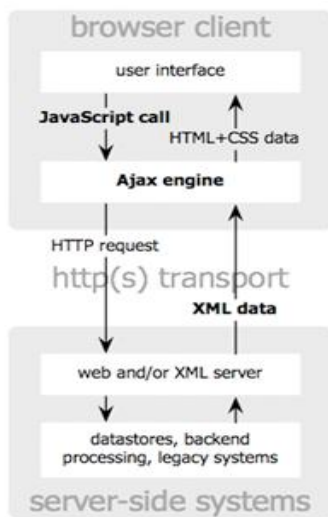
近年來許多免費的地圖應用程式介面(API)紛紛開放，如 Google Maps、Virtual Earth、Yahoo Maps 等，其功能如前節所介紹之網路地圖服務能提供使用者地圖介面讓使用者進行加值運用，且皆以 AJAX 互動性的技術進行開發。首先我們先簡單介紹 AJAX 技術，再對各個地圖應用程式介面進行分析介紹。

§2-1-1 AJAX 非同步傳輸技術

在強調網路的互動性的 Web2.0 時代發展出與單機型系統富饒回應性與資訊性的技術，以非同步傳輸的方式進行資料的擷取，消除了傳統 WebGIS 的接受請求並回傳資料需要重載頁面的困擾，也消除了使用者在等待回應的不安定感。以圖 2-2 來比較典型的傳輸模式與 AJAX 應用模式的差別，典型的傳輸模式以佇列的方式發送需求，伺服器接收需求並回傳資訊的期間使用者皆不能對系統做操作，只能等待結束後才能進行下一階段操作，而 AJAX 應用模式在客戶端透過非同步 Javascript 與 XML 技術(Asynchronous Javascript and XML, AJAX)將客戶端需求利用 Javascript 整合並傳遞給伺服器，而後端回應的資訊也透過 Javascript 整合 DOM(Document Object Model)、CSS(Cacading Style Sheet)與 HTML 技術更新資訊於頁面上。



(a)典型的傳輸模式



(b)AJAX 的傳輸模式

圖 2-1 網路應用模式比較

§2-1-3 Google Maps

在收購 Keyhole 衛星影像公司之後，Google 以開放性的方式提供免費的衛星影像與向量式地圖來進行地圖應用服務(如圖 2-2)。隨著 Google Maps API 的開放，結合資料庫或者其他網路服務功能的混搭式(Mushup)應用不斷出現，最為人熟知的便是房地產地圖(如圖 2-3)、犯罪地圖等〔Miller, 2006〕。另外桌上型軟體 Google Earth 的開發，如圖 2-4 所示，透過 3D 呈現虛擬地球的樣式，可藉由不同視角對地圖進行查詢操作，並提供使用者自行建置 3D 地標、地物的功能。范成棟〔2005〕就利用了 Google Earth 進行三維房屋模型套疊的研究，經由 3D 的呈現讓使用者能模擬現況並感受較為完整的空間場景。

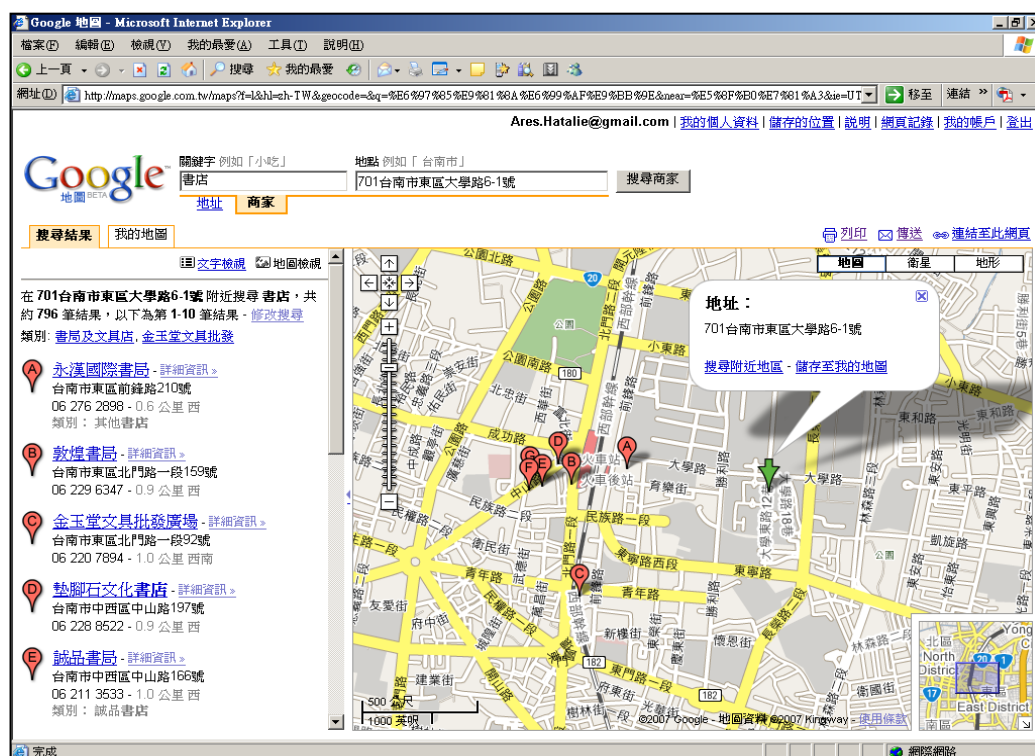


圖 2-2 Google 向量式地圖

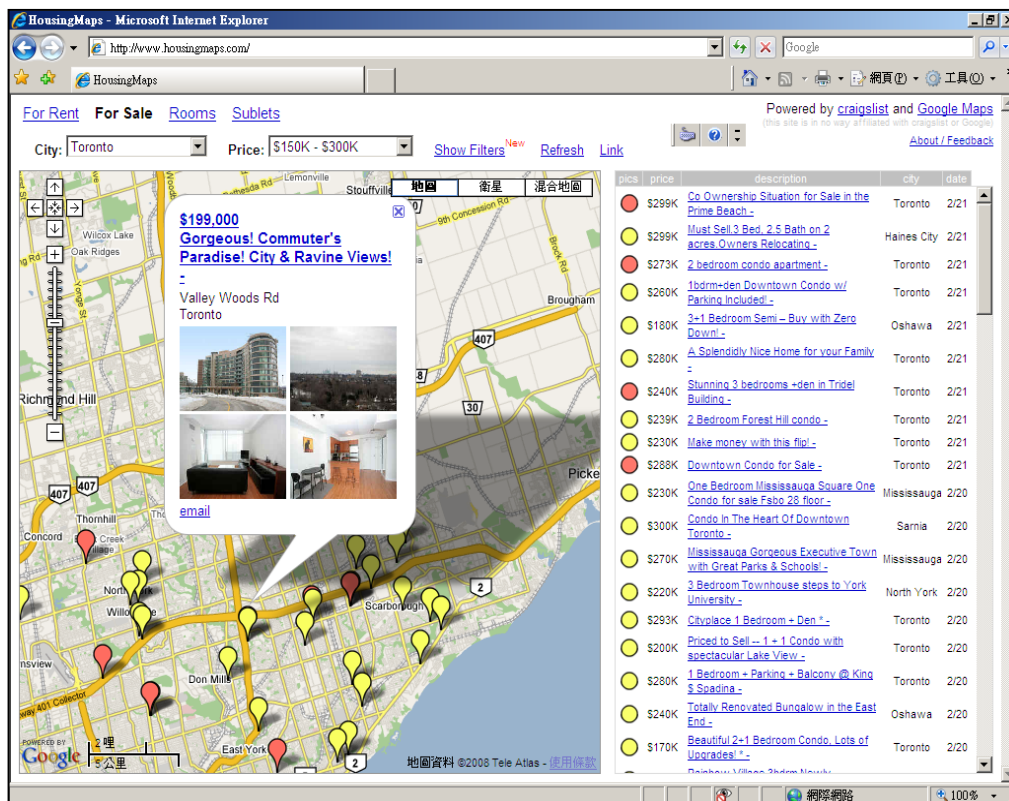


圖 2-3 房地產混搭式應用 (<http://www.housingmaps.com/>)

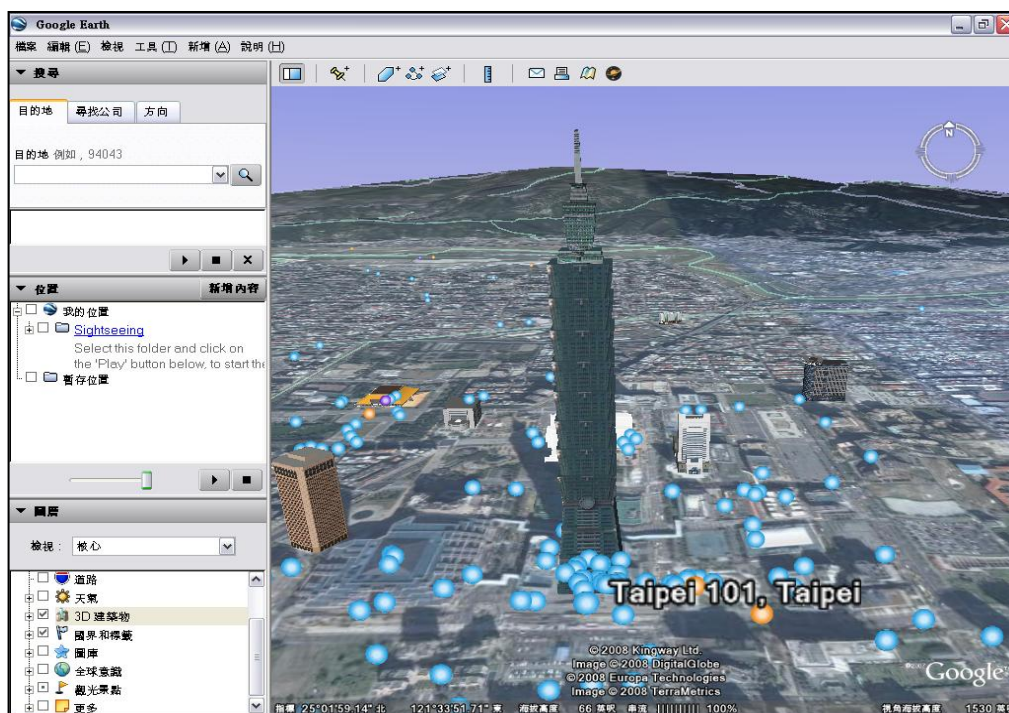


圖 2-4 Google Earth 3D 建模

§2-1-4 Virtual Earth

Virtual Earth 為微軟開發的開放式地圖應用介面，提供了向量地圖、衛星影像、低空拍攝之航照與街景照片供使用者進行操作。3D 影像部分，由微軟與華盛頓大學聯合開發的 Photosynth 技術，可將數張 2D 影像縫合成虛擬的 3D 視覺影像。與 Google Earth 3D 最大的不同在於使用者以瀏覽器便可進行操作，如圖 2-5，選取 Bird Eye 項目來控制 3D 影像，內容包含旋轉 3D 視角與縮放圖片。另外 Virtual Earth 也提供了地址搜尋與最短路徑導航功能，以地圖頁面呈現規劃路線並導引使用者如何前往目的地〔Microsoft Live Lab，2007〕。



圖 2-5 Virtual Earth 3D 街景圖〔Microsoft Live Lab，2007〕

§2-1-5 Yahoo Maps

Yahoo Maps 是近年來較為著名的電子地圖供應商之一，透過瀏覽器可取得相當詳細向量式地圖與影像地圖，不過初期並未提供衛星影像，直到 2006 年才將衛星影像納入查詢的項目，讓使用者有更多元的選擇。在地圖應用方面則強調在地化的概念，結合當地的「黃頁資訊」，讓不同地區的使用者根據其需求來進行查詢，其查詢方式採關鍵字搜尋來進行地圖導覽，如圖 2-6，輸入“pizza”關鍵字，由圖面中心點開始向外搜尋符合條件之地標，並以圖標(icon)標示其地理位置。因此透過此類搜尋方式，使用者可以獲得較有系統性的地理資訊〔Forrest，2006〕。

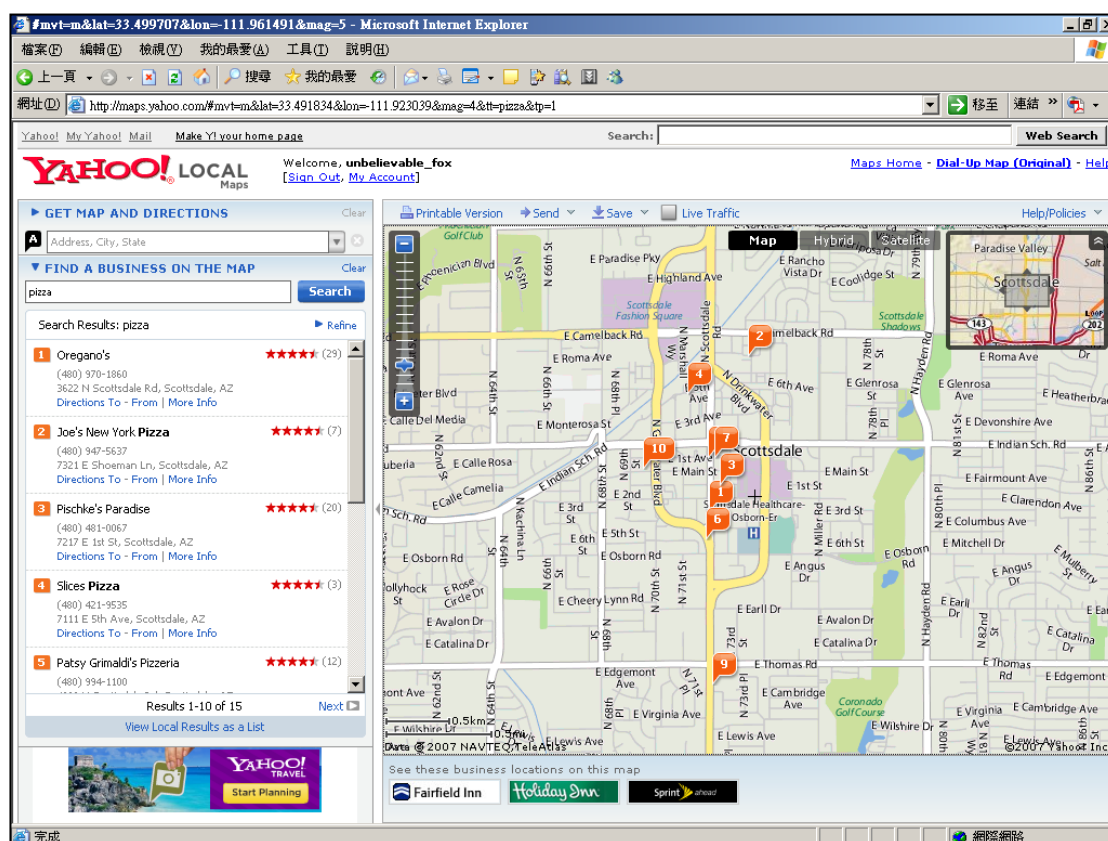


圖 2-6 Yahoo Map 結合黃頁資訊查詢〔Yahoo Maps，2005〕

§2-1-6 UrMap

UrMap 為國內友邁科技所建置之網路地圖，其特色在於結合了國內福衛二號的衛星影像與具有各產業結盟的店家資訊資料庫，並提供了使用豐富且多樣的查詢功能。如圖 2-7 擁有台灣地區領先的地址定位與路徑規畫模組，讓使用者能藉由地圖的查詢找到最適合行車路線〔林伯峰，2007〕。

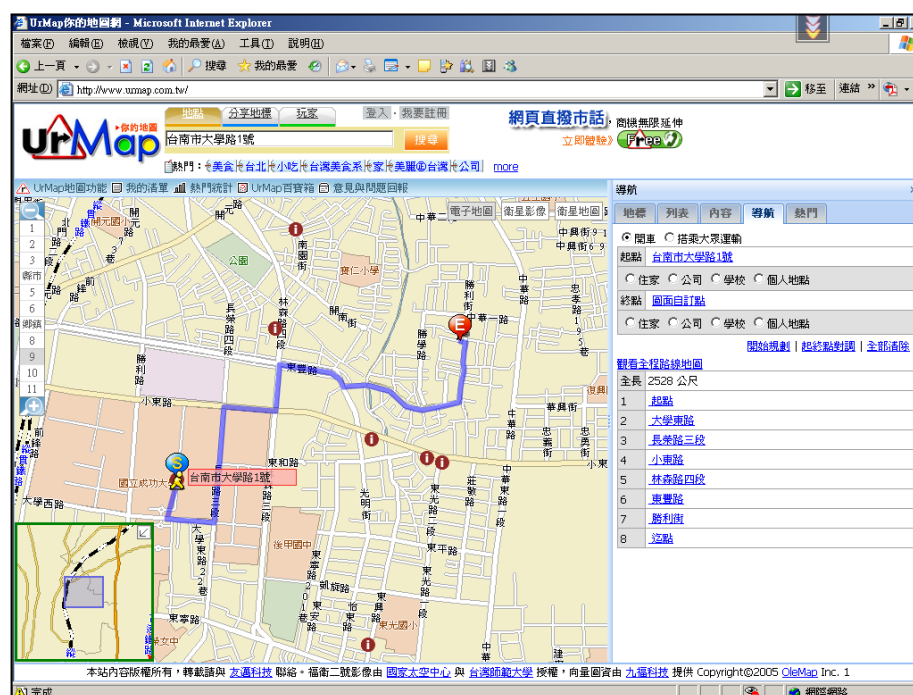


圖 2-7 UrMap 定址定位與路徑規畫

§2-1-6 各地圖應用系統比較

綜合前面章節之介紹，即可熟悉現行的開放式網路地圖應用介面，也能瞭解各個系統的市場策略與優勢所在，但在選用線上地圖 API 做為開發工具之前必須先評估何者才是最符合本研究之需求，因此將各 API 功能表列如表 2-2，

API	Google Maps	Virtual Earth	Yahoo Maps	UrMap
圖資	衛星影像 (Quick Bird) 向量地圖	衛星影像 向量地圖	衛星影像 向量地圖	衛星影像 (福衛二號) 向量地圖
路徑規畫	汽車 大眾運輸	汽車	汽車	汽車 大眾運輸 (僅台北市)
位址定位	部分地區	部分地區	部分地區	僅台灣
3D影像	Google Earthh才有	須安裝Plug-In	無	無
街道影像	Google Earthh才有	須安裝Plug-In	無	無
支援語系	依地區而定	英文	英文	中文
路況資訊	部分地區	部分地區	部分地區	無
網頁技術	AJAX	AJAX、 Virtual Earth SDK	Flex	AJAX

表 2-1 各網路地圖提供之 API 比較表(97.02.01 整理)

§2-2 公車動態資訊系統

由於 GPS 定位技術的提升與普及，透過衛星取得物件的地理位置變得容易，因此交通部運研所提出以 GPS 結合無線通訊的公車動態資訊架構建立一套智慧型運輸系統，讓民眾透過此系統可以更容易的預測公車停等時間並提高使用大眾運輸的意願。整個架構如圖 2-8 所示，不同公車業者透過車機系統將 GPS 定位資訊以串流方式經由無線通訊設備傳至交控中心的伺服器，透過交控中心的彙整處理供後續應用，如傳遞資訊給智慧型站牌或經由網站發布公車動態資訊，甚至交由第三方業者進行加值性運用。

系統以租用整合的方式向車機業者、通訊業者長期租用车機系統與無線通訊設備，以負擔較少的租金取得新式的設備建立公車動態系統，不僅可以監控公車位置也可整合其他路況資訊進行車輛調度作業與提供便民服務，可說是一舉數得。

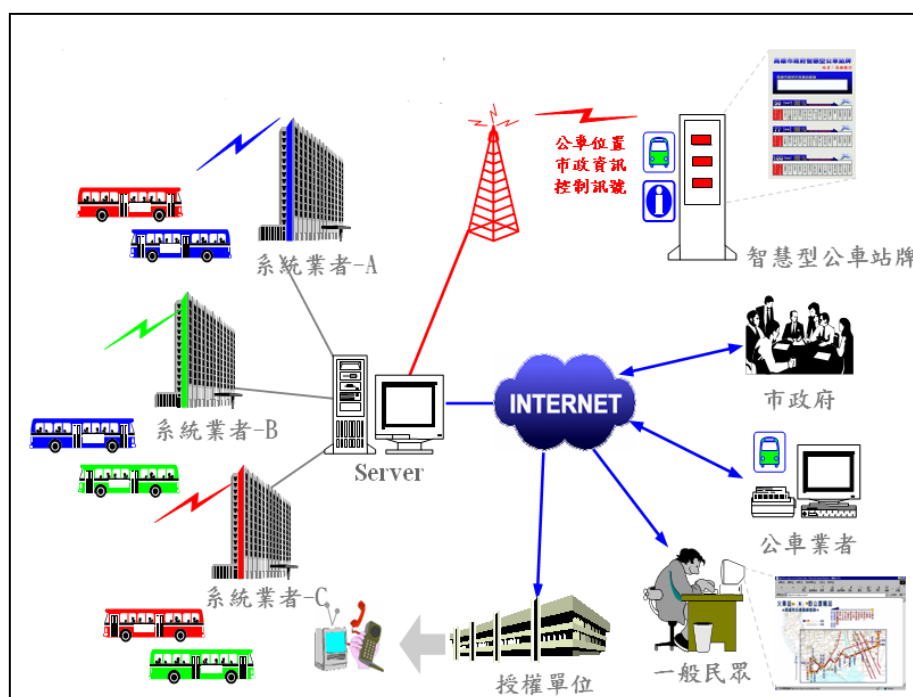


圖 2-8 公車動態系統架構圖[吳玉珍，2001]

§2-3 公車轉乘系統

轉乘路線在旅次規劃中扮演著十分重要的角色，其演算法不同於私人運具只要求的最短距離或最短時間即可。大眾運輸網路與道路網最大的差別在於公車網路的連通性沒有道路網好，有時必須經由步行至其他路線進行轉乘，而最佳的轉乘演算法旨在提供使用者付出最少旅費成本且快速到達目的地原則。

§2-3-1 路徑規畫研究

進行公車旅次規畫時必需要先了解所在地與目的地各有何公車站牌，及該如何由目前位置前往起始站點與由目標站點如何前往目的地的步行路徑。一般在路徑規畫軟體裡有最短路徑計算功能讓使用者透過起訖點的選定，進而分析出最短路徑以指引使用者快速到達興趣點。在路徑規劃的研究中，根據路線特性與路線的方向性設計出因應不同網型條件的演算法，若依起始點型態區分可分為單一頂點對最短路徑問題(Single source shortest path)和所有頂點對最短路徑問題(All pairs shortest path)。

由於本研究僅考慮單一起、訖點間的路徑規畫分析，其問題型態較符合單一頂點對最短路徑問題，因此以下僅針對單一頂點對最短路徑問題做介紹，常見的演算法包含 Dijkstra、A*等。

§2-3-2 Dijkstra 演算法

Dijkstra 演算法透過建立一已知有向圖 $G[V, E]$ 的最小延伸樹 (minimum spanning tree)，其中 V 表示所有點的集合(vertex set)， E 表示所有邊線的集合(edge set)，以深度優先搜尋的方式便可取得最短路徑。其想法是建立一個集合 S 使之包含由起點至目標節點最短路徑的節點，將不屬於 S 的節點放入剩餘節點集合 Q ，接著從 Q 中取出最小花費的節點加入 S ，重覆此一步驟直到搜尋至目標節點為止，且假設每個鏈結 $w=(u,v)$ 的花費(權重)大於 0。

Dijkstra 演算法步驟:

1. Initialise **d** and **pi**, //初始化 d 與 pi 函式
2. Set **S** to empty, //將 S 設為空集合
3. While there are still vertices in **Q**, //當剩餘節點集還有節點則執行下列步驟
 - i. Sort the vertices in **Q** according to the current best estimate of their distance from the source, //由剩餘節點集內遴選最小花費節點
 - ii. Add **u**, the closest vertex in **Q**, to **S**, //將最小花費節點 u 移至 S 集合
 - iii. **Relax** all the vertices still in **Q** connected to **u** //針對 u 進行鬆弛運算

鬆弛技術(Relax)

如圖 2-9，當節點 s 到節點 v 的最短距離可因為通過節點 u 而變短时，將 s 至 v 最短距離的估值變更為 s 至 u 的距離加上 u 至 v 的距離，透過鬆弛技術不斷的調整最短路徑直到搜尋至目標節點後便可得到最短路徑。

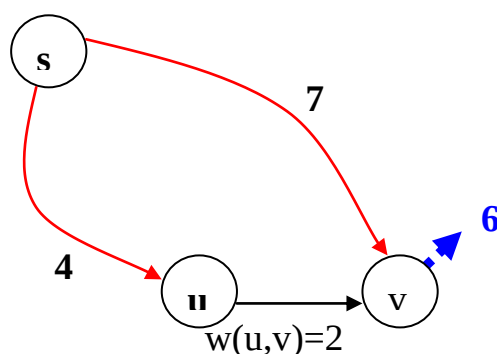


圖 2-9 Dijkstra 演算法之鬆弛技術示意圖 [Auckland, 1998]

§2-3-3 A*演算法

A*的概念與Dijkstra相似，但A*透過建立open-close List的方法將對路徑進行操作，以路徑評估函數決定下一步應該往何處移動，進而求得起終點的最短路徑，此函數較Dijkstra演算法更快速求解且搜尋範圍較小〔Lester，2003〕。

$$F=G+H \quad \text{.....評估函數}$$

G:從起始點沿著產生的路徑移動到網路指定位置時的移動代價。

H:從指定位置移動到終點的預估移動代價，此值有很多求解的方法而最常見的即是曼哈頓法(Manhattan method)去計算點與點間的移動距離，此法針對剩餘距離去做估算因此又稱之為試誤法(heuristic approach)。

在演算法迭代的過程中，優先選取與終點距離較近的節點以鬆弛技術修正 d 值，如圖 2-10，d[x] 被更新為 a+b+e。直到終點被放入集合 V，演算法結束，得到最短路徑〔Nilsson，1971〕。

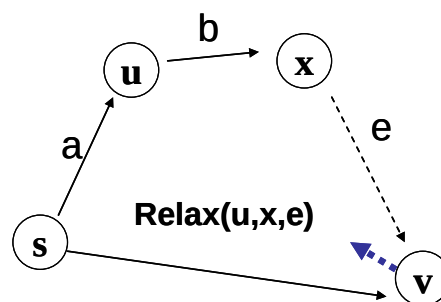


圖 2-10 A*演算法運用鬆弛技術進行 Relax 示意圖

§2-3-4 pgRouting 路徑規畫模組

如圖 2-11，pgrouting 與 Geocoder 函式庫是 PostGIS/PostgreSQL 在 PostLBS Project 中的元件提供適地性服務(Location Based Service, LBS)所用且並屬於開放性軟體，而 pgrouting 主要提供路徑分析的功能讓使用者進行應用，以 Boost Graph Library(BGL)為核心配合 C 語言建構出 Dijkstra、A*等最短路徑規劃模組，可透過 SQL 語法呼叫函式針對資料庫內之路網求解最短路徑並匯出相關資料表。

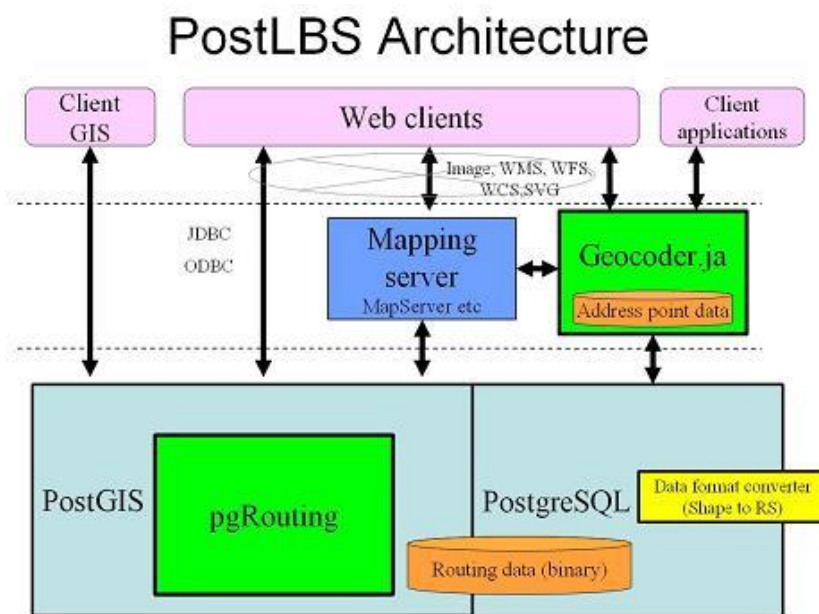


圖 2-11 PostLBS 架構〔PostLBS，2006〕

於旅次鍊中由目前位置前往起始站點與由目標站點前往目的地的步行行為，我們可以透過 pgrouting 的路徑規畫功能找出步行路徑的最短距離供使用者作為旅次路徑的參考。首先需將道路網資料匯入資料庫中，再依道路長度、寬度或其他因素設置權值以進行路徑規畫計算，並將結果以 WKT(Well-Known Text)格式繪製向量圖層於地圖頁面上。

§2-4 公車路網與轉乘之研究

在公車路網與轉乘之研究問題中，我們必須要了解公車路網的特性與轉乘演算法邏輯等，最重要的是要如何取得公車網路並建置於資料庫，本節將逐步說明公車轉乘研究中應該了解的事項與相關研究項目。

§2-4-1 公車網路資料之取得

公車網路資料包含公車路線與站點位置，傳統可分為三種方法，依序為點間連結、沿街道路產生、動態路段如表 3-3 項次 1~3 所列。但以上操作皆未能兼顧路網分析能力、容易維護更新，且能滿足使用者資訊需求等優點，所以必須設計一種能兼顧各種優點之公車資料庫，如表 3-3 項次 4〔許智翔、馮漢夙，2004〕。

項次	產生方法	道路圖層	公車路線圖層	公車站牌圖層
1	點間連結	無道路圖層	站與站間直線相連接	先建站點資料
2	沿街道路產生路線	以道路圖層為基底	路線與站位資料分別產生，個別更新	
3	動態路段	以道路圖層為基底	先建路線資料	站位以里程方式紀錄之
4	建立公車運行路網	以道路圖層為基底，產生大眾運輸網、路口節點並需編碼	由路網抽取公車路線圖層	先建站位資料，並記載站位與隸屬路段之關係

表 2-2 公車路線產生方式比較表〔許智翔、馮漢夙，2004〕

取得公車網路資訊之後，便可透過資料庫或地圖伺服器將資訊以網路方式發佈進行運用。以下介紹幾個取得公車站點資訊的方式，供使用者參考並依其需求進行選擇。

1.各縣市公車站點取得

交付公文向各縣市交通局車船處取得公車營運資訊，如路線、站點、公車排班資訊等，或者向交通部運研所海陸空運中心申請公車營運資料庫〔交通部運研所，2007〕。

2.自行數化取得

經由公車路線圖與道路圖將站點位置與公車路線數化而得。台北地區可由 Urmap 取得相同路線之公車站牌經緯度座標，並套疊道路圖將公車路線抽取出來。台南市則有公車觀光路線導覽網站可以粗略取得公車站點資訊，以同樣方法由道路網抽取數化路線圖。

§2-4-2 公車網路特性

要進行公車轉乘計算必需先了解公車網路的特性，公車網路有別於道路網路，具有兩種不一樣的特性，說明如下〔張存保等，2004〕。

1. 連結性:

基於成本考量，公車路線並不會經過道路網中的每個道路段，因此不同公車路線間的連結較道路網來的鬆散。道路網中每個節點皆能連接多個道路段，節點間的路徑可由道路段串連而得。若以公車網路來看，路線幾乎獨立不相交，或者相交處無轉乘點供使用者進行轉乘的動作，所以必須重新定義公車網路的連結性，如有以下狀況則設定其為連結：

- ①相同公車路線的路線段具連結性。
- ②不同公車路線相交於一點且此點為轉乘點具連結性。
- ③相異路線由轉乘點所建立之連結性，且轉乘點間的步行距離須符合容許步行距離，如圖 2-12 所示，A2、B3 具連結性。

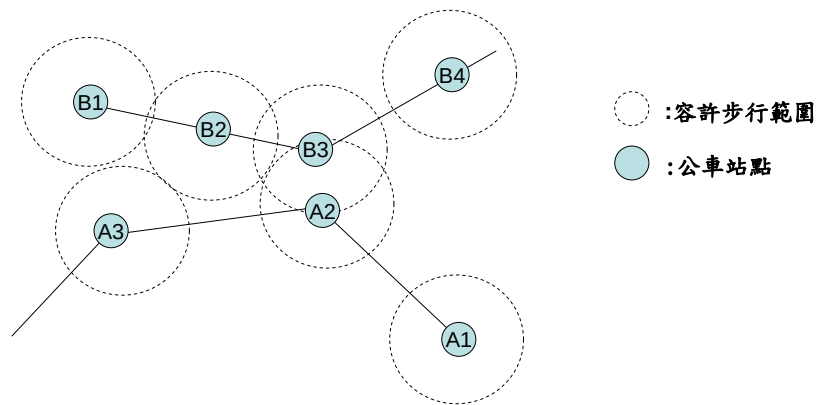


圖 2-12 相異路線連結性示意圖

2. 節點特性:

公車網路的節點即公車停靠點，不同路線在同一道路行駛時或許路徑有重疊的部份但公車停靠點位置不一定重疊，縱使不同路線具有相同地理位置之停靠點在進行轉乘邏輯上都將其視為不同點來模擬不同公車路線的轉乘狀況，意即實際的公車站點與其屬性為一對多之關係。

§2-4-3 公車轉乘基本考量

了解公車網路的特性之後，我們必須要針對轉乘的需求進行分析與研究，在公車旅次規畫中民眾僅需要提供起終點位置資訊與起始時間，經由轉乘分析配合交通狀況進行規劃便可得知旅行路徑，但轉乘演算法的好壞決定民眾旅行時間的花費與換乘的次數，是故轉乘演算法具有以下兩大基本考量：

1. 旅行時間要短:

通常旅行時間會因各種變因而有所增減，如道路限速、路況因素、路線總長度等，然最常見的是以路線總長度做為最大影響考量，因此所謂的最短路徑問題就可以解決旅行時間要短的考量，最短距離演算法如 Dijkstra 演算法、A*演算法、Floyd-Warshall 演算法、矩陣算法等，若將適用於道路網的數據結構用來計算公車網路數據結構，

其算法便會趨於複雜且因為公車網路連結定義與道路網路不同會導致換乘次數提高，換乘次數提高又會加入候車時間的變因導致旅行時間的不減反增。

2. 換乘次數要少：

換乘次數要少的考量是因為每換乘一次旅次成本便會提高，包含車資、候車時間與站點間步行時間等，因此進行轉乘演算法計算時必須考量轉乘次數，直達車優於一次轉乘、一次轉乘優於二次轉乘，但此一考量卻又和旅行時間短有部分衝突，當直達車路線總長度大於一次轉乘路線長度時必然要取決其一。

由於這兩大考量因素皆有其矛盾的狀況，因此目前在公車轉乘演算法中便以一個為主要目標，一個為次要目標，通常是以轉乘次數為主，輔以最短路徑做為轉乘方案。

第三章 系統架構與功能開發

為建立結合 Google Maps 圖資與公車動態資訊之旅次規劃系統，本研究以 WebGIS 的架構設計一個可供使用者透過地圖介面查詢公車停等資訊與即時位置，同時加入旅次規畫提供公車使用者搭乘路線之建議；因此本章將透過分析系統需求設計出系統架構，並針對系統的功能模組做一簡單介紹。

§3-1 系統需求分析與系統架構設計

進行系統開發與建置之前，首先要了解系統設計的目的與功能需求才能設計出符合需求之系統。本節將分析系統需求並介紹如何以 WebGIS 的架構建立系統。

§3-1-1 系統需求分析

為建置結合 Google Maps 圖資與公車動態資訊之旅次規劃系統其需求如下：

1. 地圖介面查詢

透過地圖查詢的介面讓使用者以地圖的方式進行查詢，不管是公車站點位置與公車路線都能以圖形化的方式讓使用者了解其地理位置與位相關係，更結合 Google Maps 之地圖與衛星影像加強使用者辨識興趣點位。

2. 公車動態資訊查詢

使用者透過本系統能取得公車的停等資訊與即時位置，藉由環域搜尋週遭的公車站點動態資訊進而規劃搭乘的時刻，有效減少旅次的時間成本。

3. 旅次規畫

透過使用者介面設置旅次的起訖點後由系統進行旅次路線之建議，包括步行、直達與轉乘路線，並透過旅次距離與車行速率進行旅次時間預估。

§3-1-2 系統架構設計

如圖 3-1，系統將以三層式架構之 WebGIS 建構，透過瀏覽器即可查詢此應用系統以提高系統的使用率，以下將逐步介紹各層架構，包含使用者介面層、邏輯應用層與資料服務層。

1.使用者介面層：

使用者介面層透過網頁內嵌 Openlayers 元件對伺服器提出取圖需求與地圖操作功能，而使用者介面設計也影響使用者的操作習慣，因此在設計介面的配置時須小心規劃。

2.邏輯應用層：

邏輯應用層包含網路伺服器、地圖伺服器、動態資料擷取模組、旅次規畫模組，提供地圖發佈服務與旅次規畫計算並結合公車動態資料進行時間預估動作，因此該邏輯應用層的設計與開發決定系統所能提供的服務與應用，亦為本研究的重點開發項目。

3.資料服務層：

資料服務層以開放原始碼之 PostgreSQL 資料庫作為地理資料庫使用，軟體中以 PostGIS 模組支援記錄空間資料欄位 GEOMETRY，同時也提供相當多的空間操作函式供使用者進行應用。

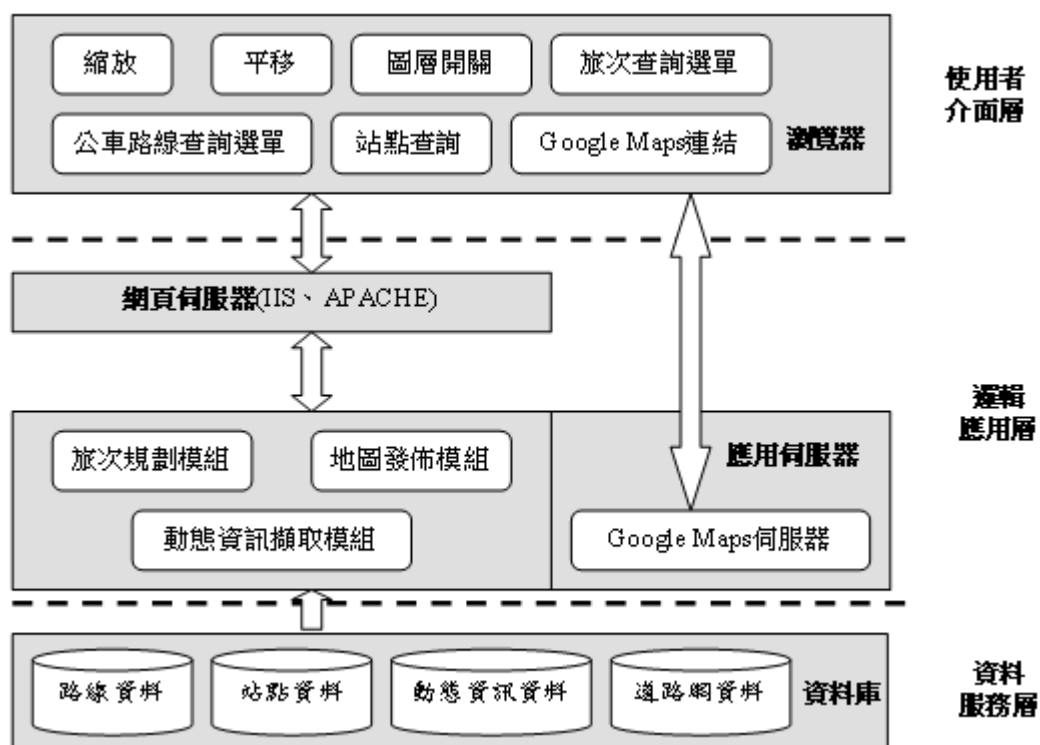


圖 3-1 系統架構圖

§3-2 系統功能模組

系統功能模組也就是邏輯應用層的設計決定系統所能提供的資訊服務有哪些，根據系統需求決定本研究之系統功能模組如圖 3-2 所示，包含如下列模組：

1.地圖發佈模組：

於客戶端發出取圖需求向 geoserver 伺服器取得以 WMS 發布之地圖，後端並連結資料庫以取得相關原始資料。

2.動態資訊擷取模組

定時向動態資料供應網頁擷取公車停等資訊與即時位置，以 XML 剖析所需資訊存於資料庫中，並發佈具地理資訊之 GeoRSS 檔案供後續插入地圖圖標(icon)使用。

3.旅次規劃模組

使用者於圖面上指定起訖點並透過旅次規劃模組規劃得到建議搭乘路線，並預估旅次時間讓使用者進行旅程時間規劃使用。

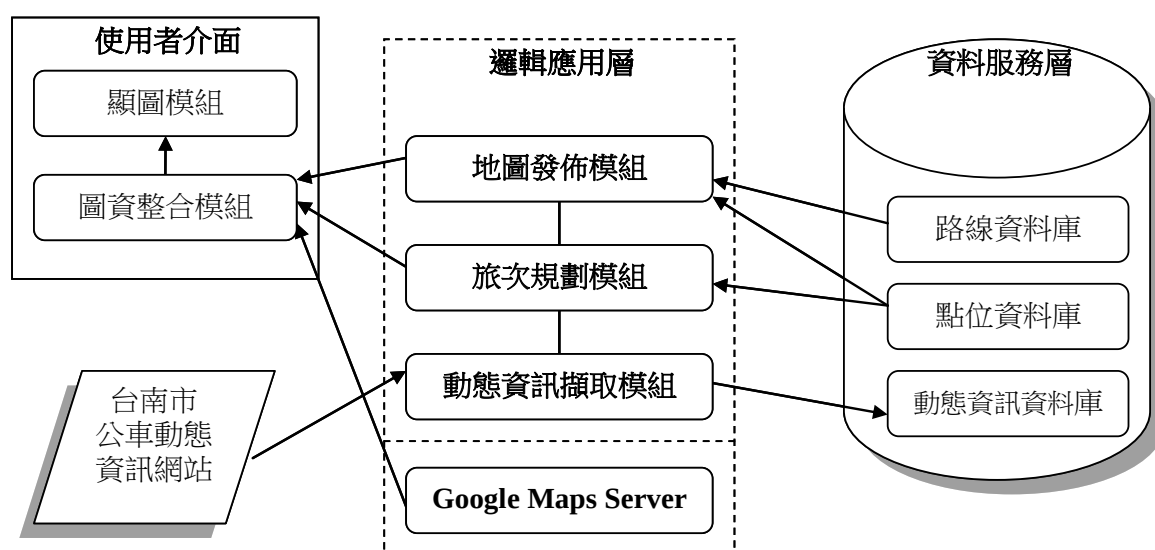


圖 3-2 系統模組架構圖

§3-2-1 地圖發佈模組

採用符合 OGC 規範之開放原始碼地圖伺服器 Geoserver 可搭配 PostgreSQL 資料庫儲存檔案，並透過網路伺服器發佈 WMS 及 WFS-T 格式資料。如圖 3-3，WMS 為網格式資料透過 Feature Type 設定指定 SLD(Styled Layer Descript)決定地圖呈現樣式；WFS-T 為向量式資料並具有修改資料回存之功能。

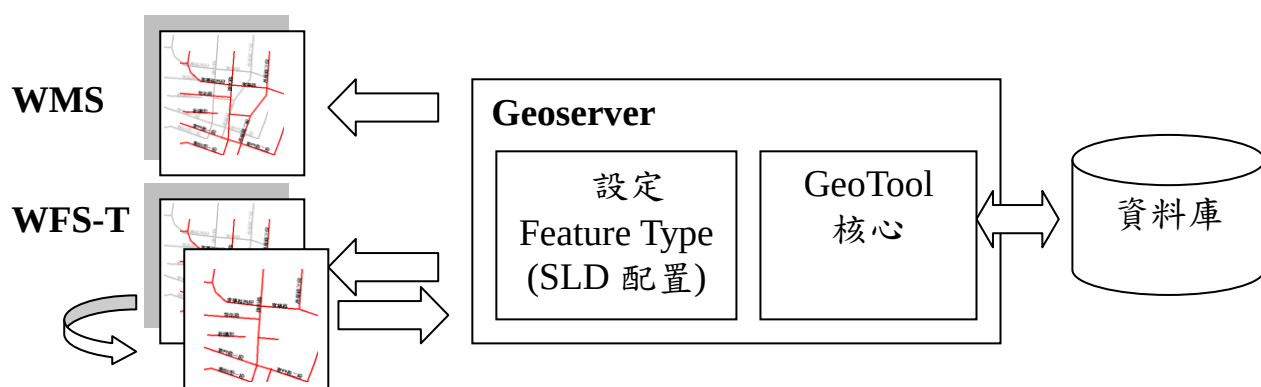


圖 3-3 Geoserver 地圖伺服器之功能架構

§3-2-1-1 圖資分幅快取伺服器

由於 Geoserver 所提供的 WMS 伺服器產製圖資較為緩慢，因此在進行圖資整合的時候，往往會因為讀取速度緩慢讓使用者以為系統當機或是圖資不存在。如圖 3-4，透過 python 程式語言所撰寫的 CGI 程式可將非動態圖資預存，並可將不同圖層合併成為一幅完整的底圖以加快使用者取得圖資的效率。

依如下步驟便可建立圖資快取伺服器：

- 1.建立可以執行 CGI 程式之 Web Server。
- 2.安裝 PIL(Python Image Library)函式庫與 TileCache 程式。
- 3.設定 Disk cache 位置。
- 4.設定 geoserver 地圖伺服器連接位置。

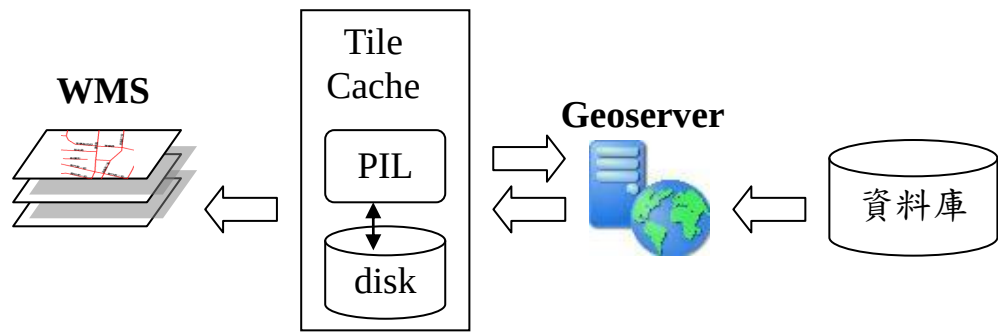


圖 3-4 圖資分幅快取伺服器架構

§3-2-2 公車動態資訊擷取模組

由於主要的研究區域是臺中市，所以公車動態資訊的取得便是研究的重點所在，臺中市公車動態資訊的取得方式可以透過網頁擷取的方式取得公車動態相關資訊，如公車停等時間、公車位置等，亦可向交通部運研所海陸空客運資訊中心索取相關的交通資訊 XML 檔並擷取所需之動態資訊〔交通部運研所，2007〕。

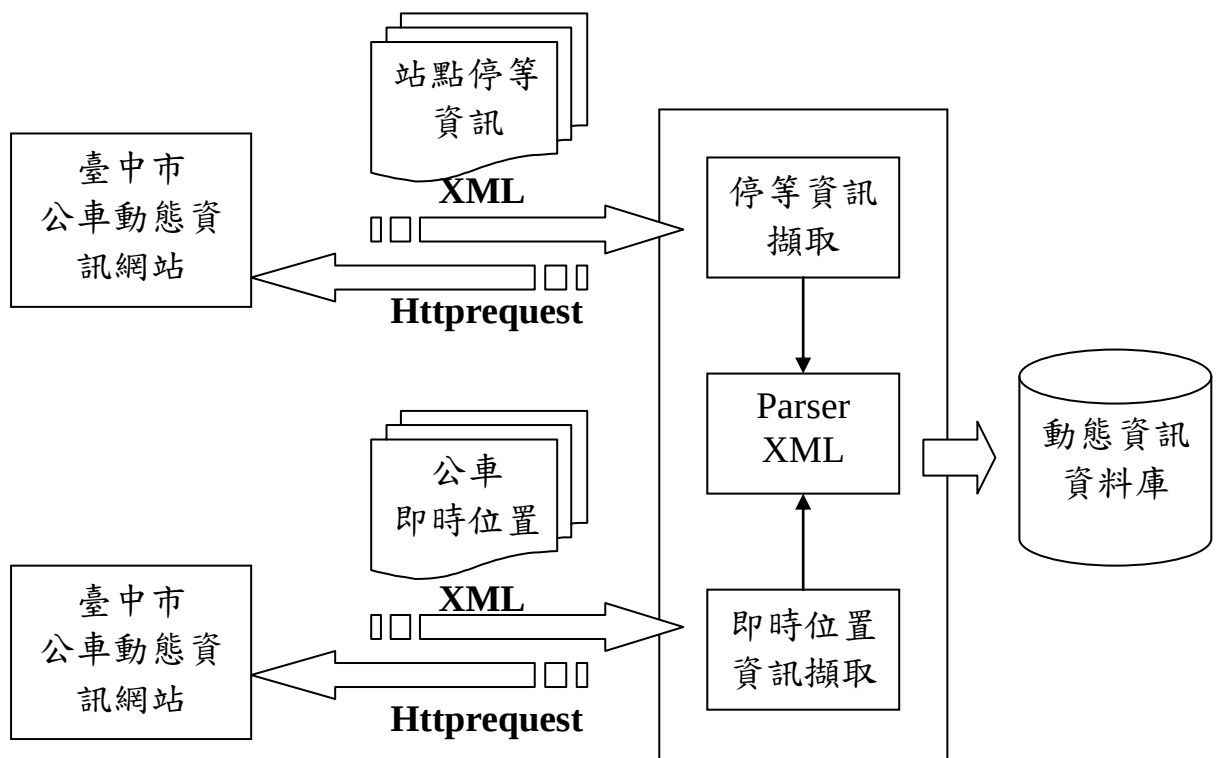
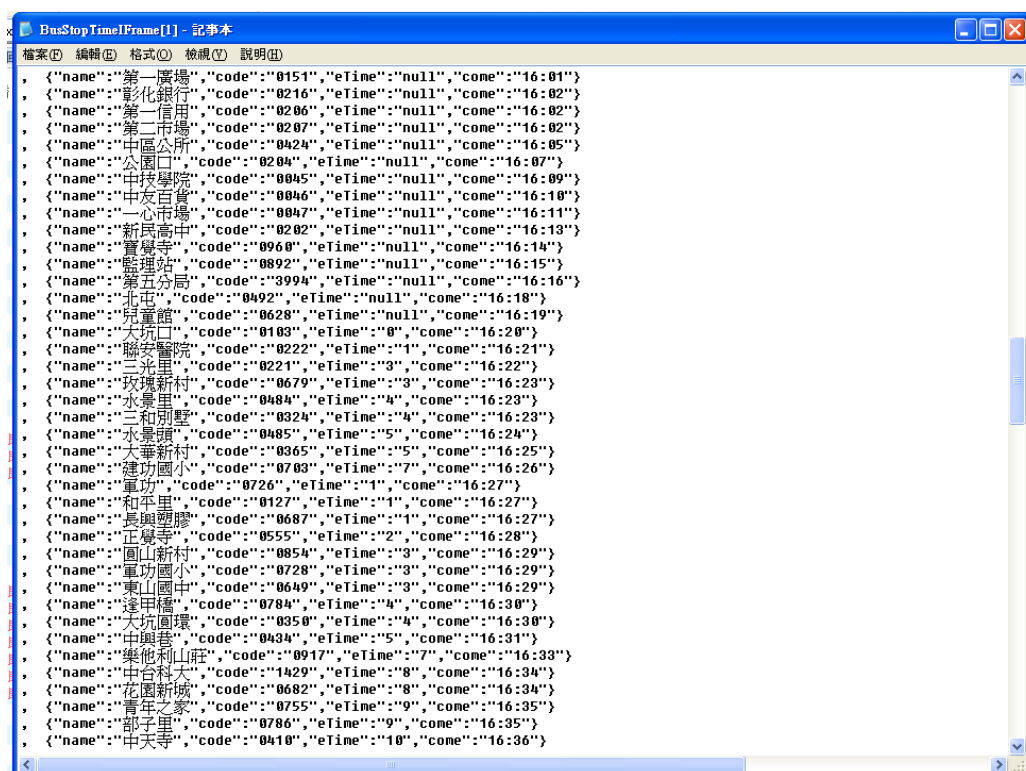


圖 3-5 公車動態資訊取得流程

撰寫網頁擷取程式以取得臺中市公車動態資訊(停等資訊與即時位置)，並將動態資訊儲存於資料庫中以備後續應用。如上頁圖 3-5 所示擷取程式向網站發出 Httprequest 要求，當網站接收需求之後便會回傳 XML 檔案(網頁原始檔)，如圖 3-6 透過剖析檔案內的標籤(tag)，我們便可取得所需的資料並存入資料庫中。



```
BusStopTimeIFrame[1] - 記事本
檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)
{
  { "name": "第一廣場", "code": "0151", "eTime": "null", "come": "16:01" }
  { "name": "彰化銀行", "code": "0216", "eTime": "null", "come": "16:02" }
  { "name": "第一信用", "code": "0206", "eTime": "null", "come": "16:02" }
  { "name": "第二市場", "code": "0207", "eTime": "null", "come": "16:02" }
  { "name": "中國公所", "code": "0424", "eTime": "null", "come": "16:05" }
  { "name": "公園口", "code": "0204", "eTime": "null", "come": "16:07" }
  { "name": "中技學院", "code": "0045", "eTime": "null", "come": "16:09" }
  { "name": "中友百貨", "code": "0046", "eTime": "null", "come": "16:10" }
  { "name": "一心市場", "code": "0047", "eTime": "null", "come": "16:11" }
  { "name": "新民高中", "code": "0202", "eTime": "null", "come": "16:13" }
  { "name": "寶覺寺", "code": "0960", "eTime": "null", "come": "16:14" }
  { "name": "監理站", "code": "0892", "eTime": "null", "come": "16:15" }
  { "name": "第五分局", "code": "3994", "eTime": "null", "come": "16:16" }
  { "name": "北中", "code": "0492", "eTime": "null", "come": "16:18" }
  { "name": "兒童館", "code": "0628", "eTime": "null", "come": "16:19" }
  { "name": "大坑口", "code": "0103", "eTime": "0", "come": "16:20" }
  { "name": "聯安醫院", "code": "0222", "eTime": "1", "come": "16:21" }
  { "name": "二光里", "code": "0221", "eTime": "3", "come": "16:22" }
  { "name": "玫瑰新村", "code": "0679", "eTime": "3", "come": "16:23" }
  { "name": "水景里", "code": "0484", "eTime": "4", "come": "16:23" }
  { "name": "三和別墅", "code": "0324", "eTime": "4", "come": "16:23" }
  { "name": "水景頭", "code": "0485", "eTime": "5", "come": "16:24" }
  { "name": "大華新村", "code": "0365", "eTime": "5", "come": "16:25" }
  { "name": "建功國小", "code": "0703", "eTime": "7", "come": "16:26" }
  { "name": "重功", "code": "0726", "eTime": "1", "come": "16:27" }
  { "name": "和平里", "code": "0127", "eTime": "1", "come": "16:27" }
  { "name": "長興塑膠", "code": "0687", "eTime": "1", "come": "16:27" }
  { "name": "正覺寺", "code": "0555", "eTime": "2", "come": "16:28" }
  { "name": "圓山新村", "code": "0854", "eTime": "3", "come": "16:29" }
  { "name": "重功國小", "code": "0728", "eTime": "3", "come": "16:29" }
  { "name": "東山國中", "code": "0649", "eTime": "3", "come": "16:29" }
  { "name": "逢甲橋", "code": "0704", "eTime": "4", "come": "16:30" }
  { "name": "大坑圓環", "code": "0350", "eTime": "4", "come": "16:30" }
  { "name": "中興寺", "code": "0434", "eTime": "5", "come": "16:31" }
  { "name": "樂他利山莊", "code": "0917", "eTime": "7", "come": "16:33" }
  { "name": "中台科大", "code": "1429", "eTime": "8", "come": "16:34" }
  { "name": "花園新城", "code": "0682", "eTime": "8", "come": "16:34" }
  { "name": "青年之家", "code": "0755", "eTime": "9", "come": "16:35" }
  { "name": "邵子里", "code": "0786", "eTime": "9", "come": "16:35" }
  { "name": "中天寺", "code": "0410", "eTime": "10", "come": "16:36" }
```

圖 3-6 即時位置網站原始碼

§3-2-3 旅次規劃模組

旅次規劃模組旨在提供使用者進行搭乘公車系統的路線選擇，當使用者欲從所在地搭乘公車至目的地時，如不了解所在地的公車站點在何處，亦或不了解該搭乘哪一路線，與是否應透過轉乘才能抵達目的地，此時路線規劃模組便扮演了提供路線方案讓使用者選擇的角色。如圖 3-7，經由旅次規劃邏輯運算可得旅次路徑，接著將規劃後的路徑以 WKT 方式展繪於圖面，並告知使用者根據公車動態資訊而得的出發時刻，及各個路段所需花費的時間。因此，本節將介紹旅次路徑規劃之邏輯運算，包含步行的最短路徑導引、公車站序的判斷、旅次時間的預估與轉乘資料表的建置。

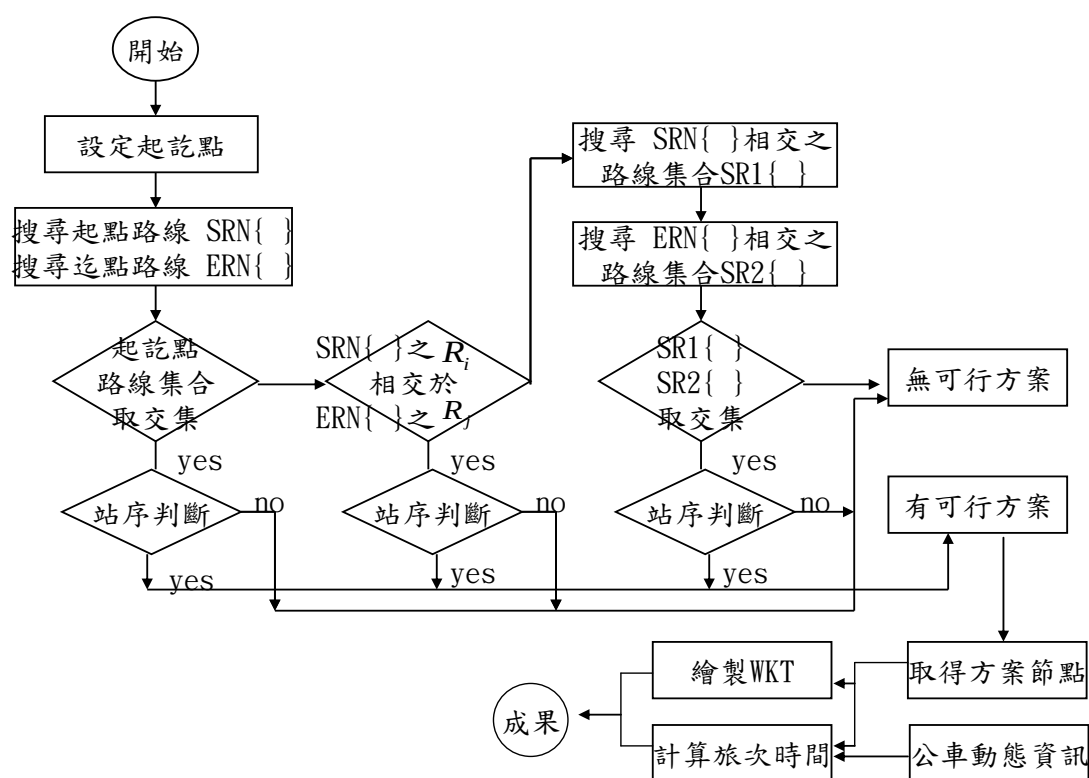


圖 3-7 旅次路徑運算流程圖

§3-2-3-1 最短路徑計算

在進行旅次規劃步驟時，由於使用者的起始所在點不一定為公車站牌處，目的點正好為公車站牌處的可能性亦不高，故必須提供步行路線導引使用者前往公車站點或目的地，因此納入最短路徑之計算提供使用者前往興趣點的參考路線。

於節提到可使用 PostGIS 之 pgrouting 模組提供最短路徑計算，故首先要將道路網匯入資料庫中並做資料表的預處理動作，經由 Assign_vertex_id() 函式分配道路節點之編號，依路段距離長度給予權值，再呼叫最短路徑演算函式便可得到最短路徑各路段之編號與幾何資料。如圖 3-8，可透過地圖介面進行最短路徑查詢，於圖面上點選或經由道路交叉口得到起訖點座標，搜尋道路網資料表取得最接近之節點計算最短路徑，而後得到的路段資料以透過讀取 WKT(Well-Known Text) 資料繪製向量圖徵至地圖上。

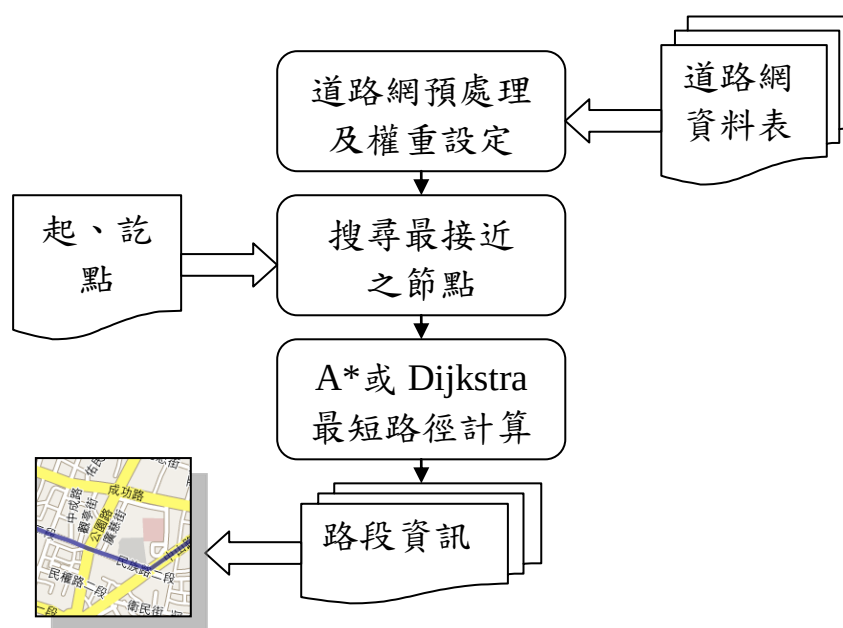


圖 3-8 最短路徑流程

§3-2-3-2 站序判斷

由於路線有單邊設站與雙邊設站問題，無法確定從某一站出發抵達目的站點，回程亦可由目的站點回到初始起站，因此將同一路線拆成兩條路線(去程、回程)，再進行站序判斷以規劃搭乘路線。通過站序的判斷才能知道路線是否為順向與逆向，當站序與公車行進方向逆向時，等候點永遠不會有公車前往目標點而造成搭乘建議的錯誤規劃，因此當搭乘點與目標點之站序為順向遞增時才可能通過搭乘公車的方式進行旅程。

如圖 3-9，欲從 A 站點至 C 站點應該搭乘的是同一條路線之左線順向而非右線逆向之公車。

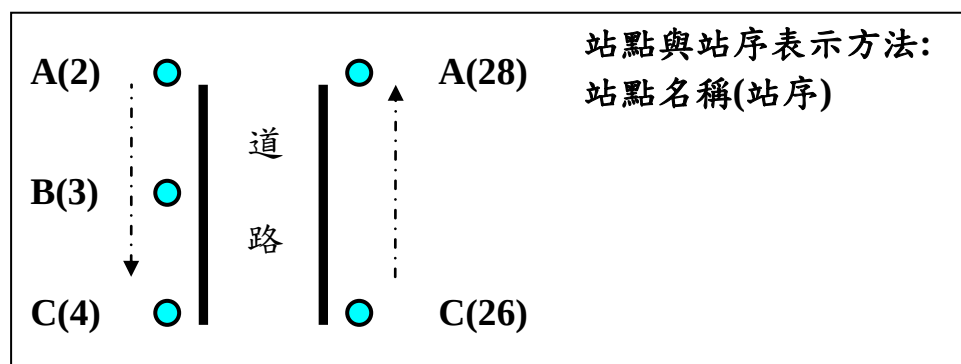


圖 3-9 公車路線與站序示意圖

§3-2-3-3 轉乘資料表建置

當起訖點沒有路線直達方案需跨越路線作旅次規劃時，依轉乘規劃需建立 S2S(站點到站點)資料表與 R2R(路線到路線)資料表，如圖 3-10，透過站點資料庫逐點搜尋步行限距環域內之站點並建立 S2S 資料表，再由 SQL 語法(Group by)遴選出 R2R 資料表便可進行轉乘規劃計算，並將起點、訖點、轉乘點、搭乘路線結果繪至地圖上。

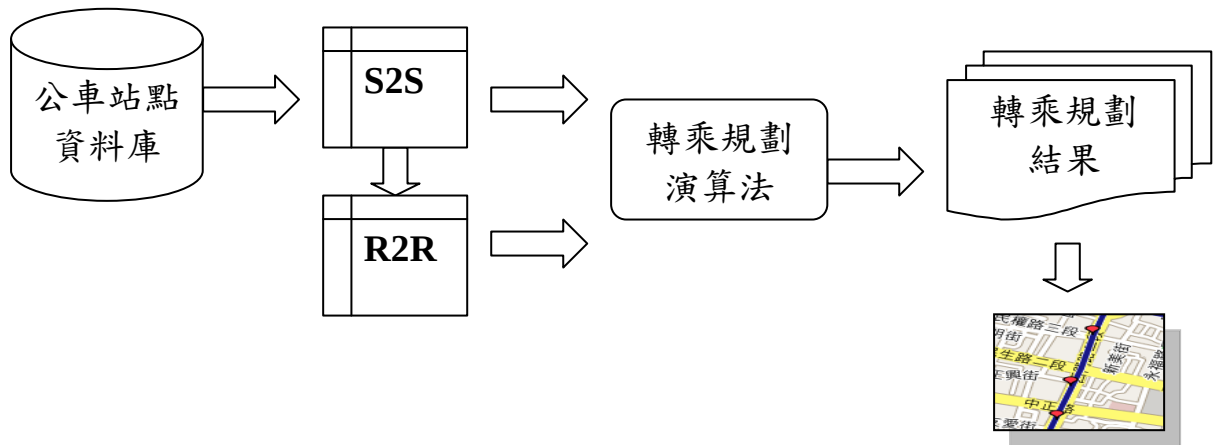


圖 3-10 轉乘資料建置流程

§3-2-3-4 旅次時間預估

在 3-2 節提到公車旅次時間包含公車巡行時間、步行時間、等候時間、遲滯時間，加總計算後便可以得到總旅次時間。

1. 公車巡行時間預估

公車巡行時間可透過公車旅行距離與各路段平均速率靜態算出，亦可透過較為複雜之動態計算，將公車路線切分為不同路段，透過各路段之即時路況資訊與路段長度進行動態的巡行時間計算。而本研究採用靜態計算模式，其時間預估方式如下：

(a) 公車巡行時間: T_{bus}

(b) 各路段距離: $dist_i$

(c) 各路段平均速率: $speed_i$

$$T_{bus} = \sum_i^n \frac{dist_i}{speed_i}$$

2. 步行時間預估

如同公車巡行時間，步行時間可由最短路徑算出之步行距離除以行人平均步行速率得到。

(a) 步行時間: T_{walk}

(b) 總步行距離: $\sum_i^n dist_i$

(c) 平均步行速率: $speed_{ave}$

$$T_{walk} = \frac{\sum_i^n dist_i}{speed_{ave}}$$

3. 等候時間

公車等候時間為到達站牌處而公車尚未抵達所花費的等候時間，此時間可透過公車動態查詢取得各站點的停等時間來估計。如圖 3-11，使用者於時刻 1 查詢旅次路徑，同時獲得轉點(二)的公車等候時間序列 T_{wait} ，並由起點搭乘路線 A 開始旅次行為，而後以步行方式自轉點(一)前往搭乘路線 B。於時刻 2，使用者抵達路線 B 之搭乘點-轉點(二)，但抵站後的公車等候時間序列 T'_{wait} 因時間的流逝而發生改變，即須扣除搭乘路線 A 的車行時間 T_{bus} 與轉乘點間的步行時間 T_{walk} ($T'_{wait} = T_{wait} - T_{bus} - T_{walk}$)，當發現 T'_{wait} 小於零值時表示公車已駛離，則必須等候下一班次公車。因此本研究在進行具旅次規劃之公車動態資訊系統建置時，須紀錄轉乘點的等候時間序列，並配合轉乘演算法才能有效估計整體的旅次時間。

4. 遲滯時間

由於考量的因素太過於複雜，如交叉如路口延遲、事故發生、交通雍塞與停靠站等問題難以模式化，不過透過公車專用道之規劃可將

交通壅塞狀況排除；交叉路口延遲可透過電腦化交通號誌控制消除因等候號誌所發生的遲滯時間，至於事故的發生就難以經由控制變異方式消除之。

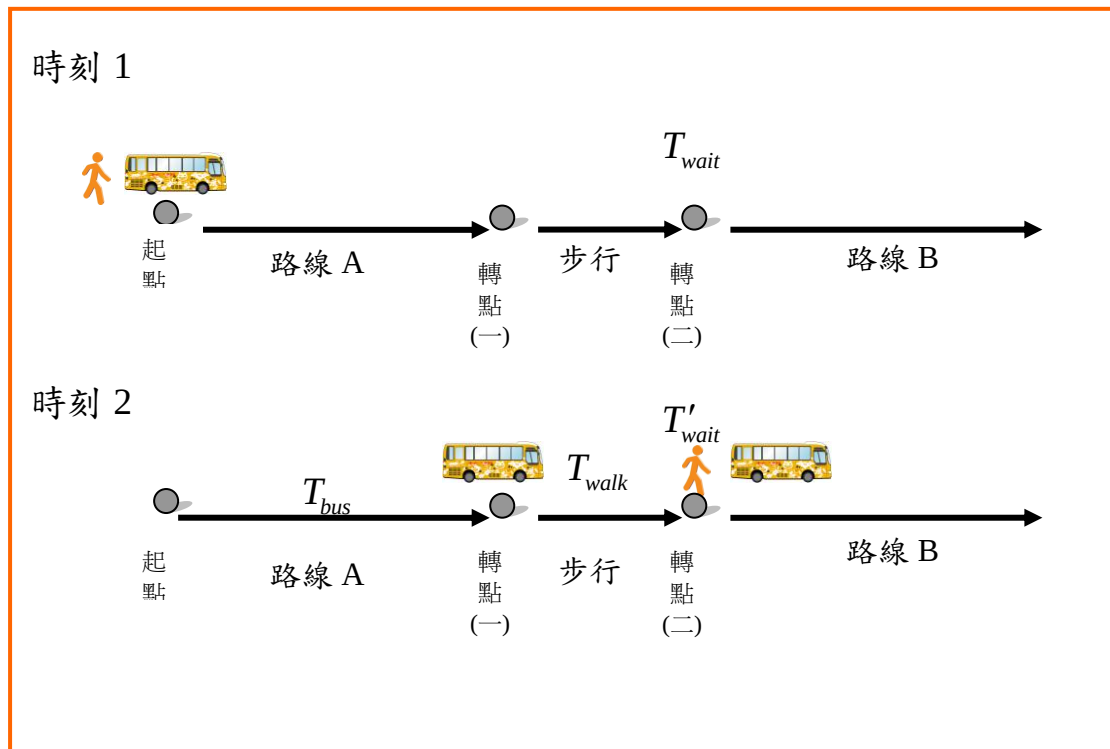


圖 3-11 轉乘點等候時間時間序列示意圖

§3-3 地理資料庫建置

建置的旅次規劃系統所需的資料庫包含公車路線資料庫、公車站牌點位資料庫、公車動態資訊資料庫，與進行旅次規劃時所需的道路網資料庫、站點對站點資料庫、路線對路線資料庫。決定了需要的資料庫有哪些之後就必須針對資料庫之屬性設計進行規劃，本節針對如何取得相關資料表與資料表之屬性作說明。

§3-3-1 臺中市公車網路的取得

公車路網包含各路線站牌的位置、路線資料等，但由於公車路線數值資訊包含經緯度與營運業者資訊及機密，因此在取得上具有限制條件，需交付相關研究報告經由市府審核才能索取數值檔案。因此本研究透過間接的方式建立數值檔案，做法係參考臺中市公車路線(圖 3-12)與臺中市動態公車暨轉乘網站，以交通部運研所臺中道路圖為底圖數化而得，數化資料包含路線數值檔與公車站點位置數值檔，並將數化之 shp 檔轉匯至資料庫中，其流程如圖 3-13 所示。

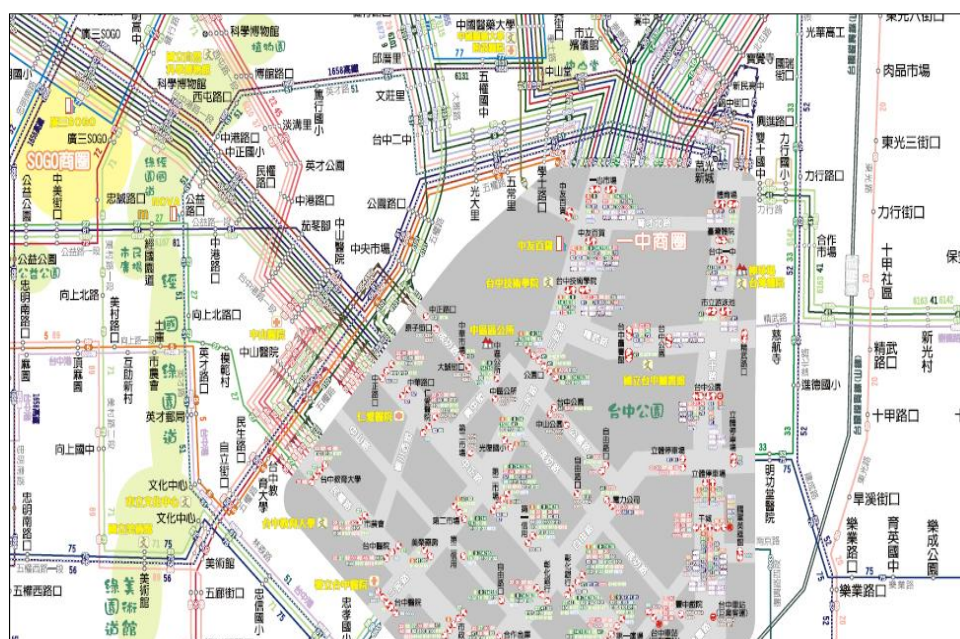


圖 3-12 臺中市市區公車路網圖[2009，南極冰魚 Blog]

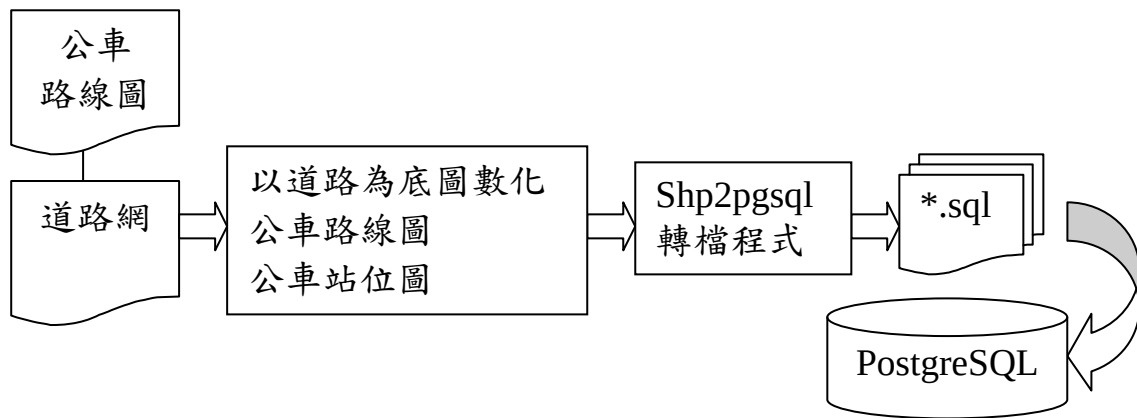


圖 3-13 公車路線與站位數化流程圖

§3-3-2 資料表屬性設計

根據研究所需之資料庫需求建立相關資料表並設計各資料表屬性如下：

1.公車路線資料

路線資料表主要提供公車路線之位置、範圍，供使用者了解公車站位的分布，並提供旅次時間規劃之公車巡行時間計算使用。

屬性名稱	資料型態	說明
rid	Character varying(6)	路線代碼
sename	Character varying(10)	路段名稱
roadtype	Character varying(2)	路段分級碼
roadlength	Numeric	路段長度
geom	Geometry	路段空間資料

表 3-1 公車路線資料表

2.公車站點資料表

透過圖面點選的動作就可得到公車站點的停等時間與公車站點，因此站點資料表如表 3-2 設計必須有空間資料(geom)與停等時間(waittime)等欄位，又因為操作旅次規劃建立 S2S 需要再加入站序(seqno)欄位。

屬性名稱	資料型態	說明
pid	Character varying(6)	站點代碼
routeid	Character varying(6)	所屬路線代碼
stopname	Character varying(10)	站點中文名稱
seqno	Integer	站點於路線上的順序
waittime	Numeric	站點的等候時間
description	Text	公車站點資訊 (如地址、附註)
geom	Geometry	空間資料

表 3-2 公車站點資料表

3.公車即時位置資料表

由於公車停等時間已結合站點資料建置資料表，因此還必須建置公車即時資料表，透過 GeoRSS 的發佈將資料以 icon 的方式插入圖面，其資料表設計如表 3-3。

屬性名稱	資料型態	說明
pid	Character varying(6)	站點代碼
routeid	Character varying(6)	所屬路線代碼
stopname	Character varying(10)	站點中文名稱
geom	Geometry	空間資料

表 3-3 公車即時位置資料表

4.道路網資料表

由於使用 pgroouting 模組進行最短距離計算，因此資料表的建置必須符合模組設定之規格，如表 3-4 為 Dijkstra 演算法與 A*演算法均適合之資料表屬性設計，值得一提的是 length 欄，因預設路段長度就是計算最短路徑的權值所以不額外加入權值欄位，若使用者需變更權值，則只需修改 length 欄位值即可。

屬性名稱	資料型態	說明
id	Character varying(6)	路段代碼
routeid	Character varying(6)	所屬路線代碼
roadtype	Character varying(2)	路段分級碼
roadname	Character varying(15)	路段名稱
source	Character varying(6)	起節點編碼
target	Character varying(6)	迄節點編碼
x1	Numeric	起點 X 座標
y1	Numeric	起點 Y 座標
x2	Numeric	迄點 X 座標
y2	Numeric	迄點 Y 座標
length	Numeric	路段長度(管作權值)
geom	Geometry	空間資料

表 3-4 道路網資料表

5.轉乘規畫資料表

進行旅次規劃時會遇到轉乘問題，因此根據蘇銘昭等人之演算法理論建立如表 3-5、表 3-6 等資料表屬性供後續運算。

屬性名稱	資料型態	說明
sid1	Character varying(6)	站點 1 的站點代碼
routeid1	Character varying(6)	站點 1 所屬路線代碼 1
sname1	Character varying(10)	站點 1 的站名
seqno1	Integer	站點 1 的站序
sid2	Character varying(6)	站點 2 的站點代碼
routeid2	Character varying(6)	站點 2 所屬路線代碼
sname2	Character varying(10)	站點 2 的站名
seqno2	Integer	站點 2 的站序
dist	Numeric	站點與站點間距離

表 3-5 S2S 資料表

屬性名稱	資料型態	說明
gid	serial not null	物件序號
roid1	Character varying(6)	路線 1 代碼
roid2	Character varying(6)	路線 2 代碼

表 3-6 R2R 資料表

§3-3-3 座標轉換

為解決圖資錯位問題，我們可以透過 PostgreSQL 內建的函式庫進行不同系統之整體轉換動作(transform 函式)，其流程如圖 3-14。在進行座標轉換之前需先定義其座標框架參數，才能利用 PostgreSQL 內建函式進行轉換，以下為 EPSG:4326 與 EPSG:900913 根據 proj4 所定義之參數：

1.EPSG:4326 為採用 WGS84 參考橢球(ellps)、WGS84 大地水準面(datum)之經緯度座標系統(longlat)。

➔Proj4:+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84 +no_defs

2.EPSG:900913 為採用長(a)、短軸(b)相同的圓球為參考橢球，其中央子午線為 0，投影原點為偏移量皆為 0(x_0、y_0)及尺度因子(k)為 1 的麥卡托投影座標(merc)。

➔Proj4:+proj=merc+a=6378137+b=6378137+lat_ts=0.0+lon_0=0.0+x_0=0.0+y_0=0+k=1.0 +units=m +no_defs

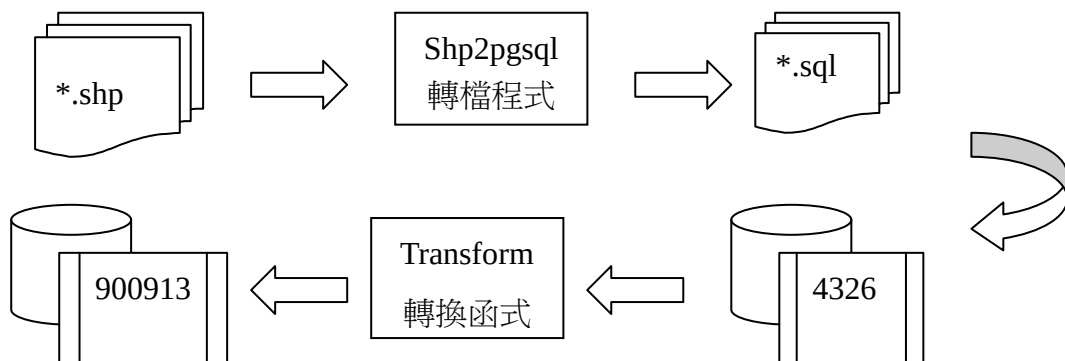


圖 3-14 PostGIS 座標轉換流程

第四章 系統測試與成果分析

根據前述之系統架構，本章將建構一個以 Google Maps 為圖資的公車動態資訊與旅次路徑規畫系統，透過地圖頁面的展示讓使用者更能了解公車車行的走向，及各站點的停等時間，並進一步利用旅次路徑規畫模組分析旅次路徑與預估旅次時間。本章節首先介紹系統的測試環境，其次說明系統的功能測試，最後再由分析測試結果並加以討論。

§4-1 系統測試環境

如圖 4-1 所示，本研究開發的系統採分散式架構，透過分散式的架構一方面可以降低系統的風險，減低系統運算上的負擔，另一方面未來系統也較易於擴展。在伺服器端以分為資料儲存的資料伺服器、圖形展示的地圖伺服器與功能運用模組的網路應用伺服器。

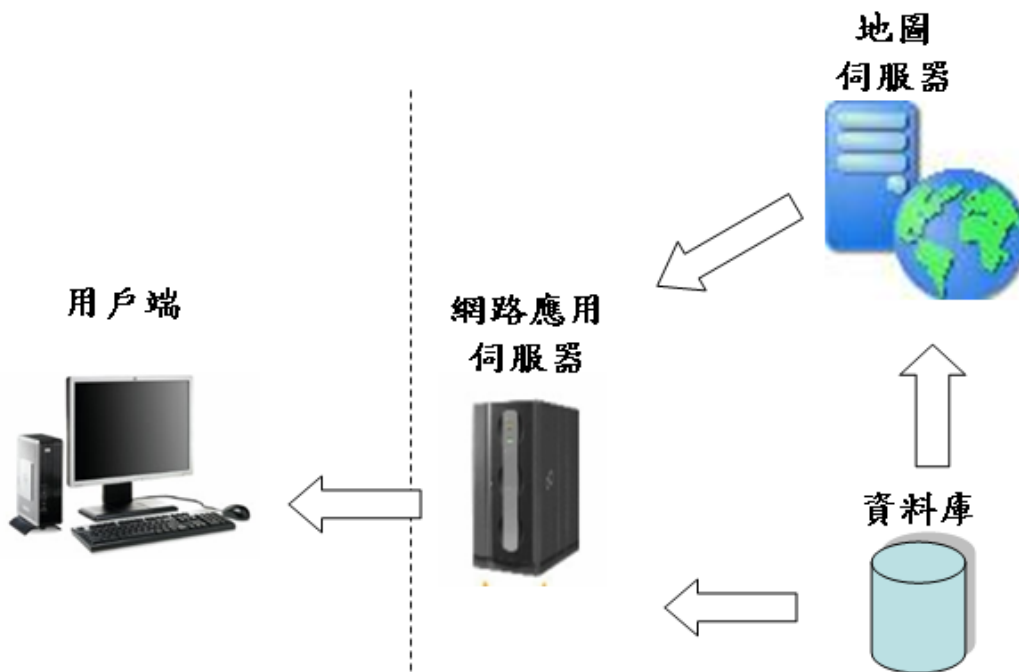


圖 4-1 系統硬體架構圖

§4-1-4 測試資料

由於本研究在資料取得方面無法以臺中市全部公車路線為測試對象，因此利用原有「以 Google Maps 結合 WebGIS 發展具旅次路徑規畫之公車動態資訊系統」論文測試資料進行系統分析，原測試資料取台南市 11 條公車路線（如圖 4-2）及其分屬之公車站牌(往返路線分開計算，共計 905 個站點)，取得作法係根據許智翔等〔2004〕公車路線產生方式，公車路線網由路網圖層中抽取線條，並轉匯至資料庫中。由於公車站點座標資訊無法直接取得，因此以道路網為底圖並參照台南市市區公車路網圖之站點相關位置，由人工數化方式建立站點數值格式檔案(如圖 4-3)，再轉存於資料庫中。

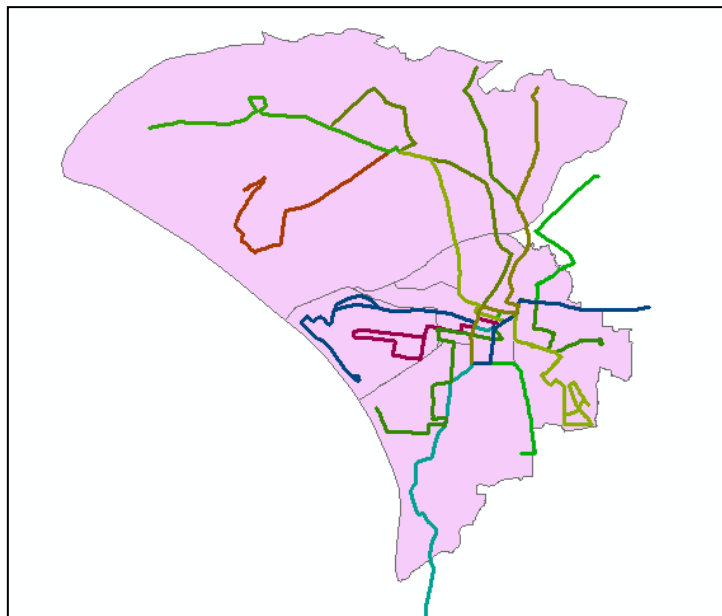


圖 4-2 測試區公車路線空間範圍示意圖

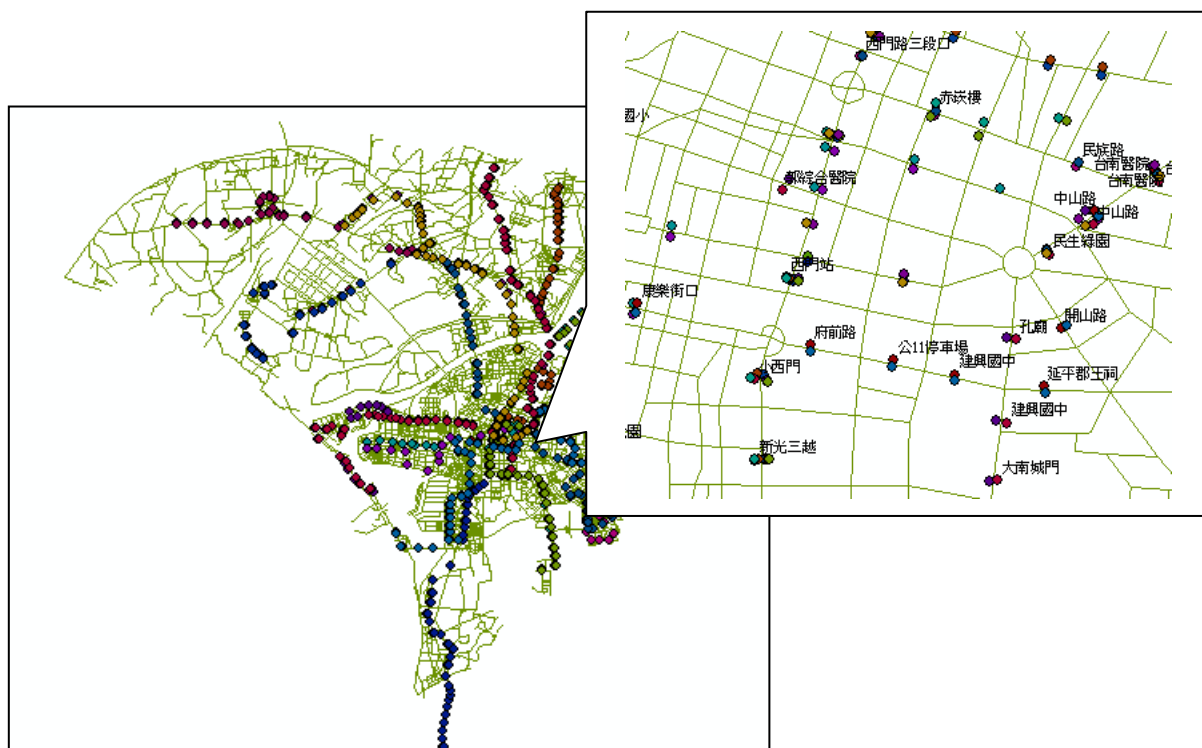


圖 4-3 公車站點位置數化圖

§4-2 測試成果分析

系統測試的結果顯示以 WebGIS 的架構透過 Google Maps 圖資結合公車動態系統發展行前規劃系統的可行性。然而在系統發展的過程中也有許多思考比較不完善的地方，因此透過線上系統與本系統來進行比較分析，藉以改善與增加系統完整性。本節將針對公車動態資訊、旅次路徑規畫、時間預估等三個部份進行討論分析。

1.公車動態資訊

如前所述，典型的公車動態系統是將動態資訊僅以路線圖的方式呈現，比較缺乏全盤的空間概念。近年來，隨著開放性地圖應用介面的應用，國外已開始將公車動態資訊結合地圖瀏覽的方式進行查詢，經由操作地圖介面取得公車動態資訊，使用者也能藉由地圖介面取得相對應的空間概念。而國內的動態公車資訊目前僅台北及台南兩地具有地圖式的公車動態頁面，因此本研究利用 Google Maps 提供圖資，結合公車動態資訊來進行旅次規劃，其中以資料庫管理各站點的動態資訊，並將資料納入旅次規劃邏輯運算中，以獲得最接近目標站點的公車班次及前往興趣點的旅次路徑。以下則針對國內現有的公車動態資訊與本系統進行比較分析，如圖 4-4、圖 4-5 公車動態資訊的呈現大略相同，皆以路線、站點進行查詢觸發的動作，但本系統的站點位置是根據實際座標展繪於圖面上，且同時展繪雙向站點，使用者可以透過圖面了解實際站點的位置。

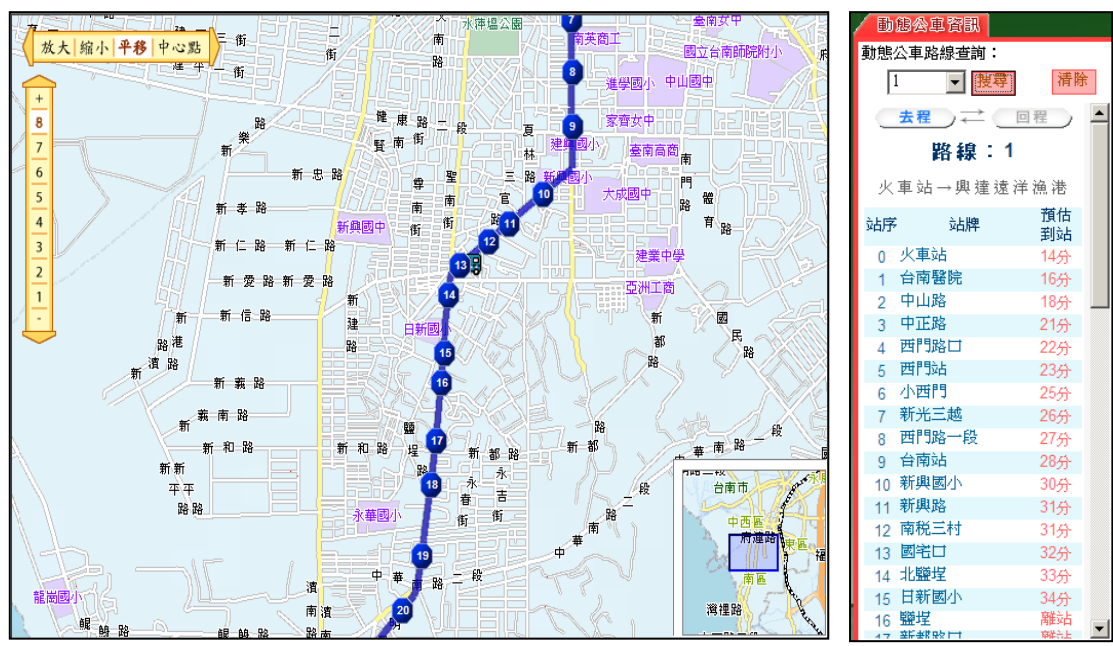


圖 4-4 台南市公車動態資訊〔2008，台南市觀光導遊〕



圖 4-5 本系統公車動態資訊

2. 旅次路徑規畫

旅次路徑規畫部份為公車動態系統下的附屬功能，藉由已建立之站點座標資料庫便可以進行旅次路徑規畫，提供使用者建議方案進行公車搭乘或轉乘動作。如圖 4-6，國內現有的公車旅次路徑規劃，沒有實際搭乘路線的導引，僅提供搭乘點或轉乘點的圖示，因此本系統為加深使用者搭乘路徑印象，以 WTK 的方式將路線、站點展繪於圖上，並以路線顏色提醒使用者搭乘路線的差別。



圖 4-6 路徑規畫結果比較圖

3. 旅次時間預估

當旅次路徑決定後，透過旅次鍊的分析進而得知旅次各分段預估時間，加總各分段時間即得總旅次時間，在本研究中旅次預估時間可分為巡行時間、步行時間、靠站遲滯時間，透過平均值的概念來推估各分段的旅次時間。

如圖 4-7，比較國內具有旅次時間預估功能之系統，其旅次時間規劃都能告知使用者公車的巡行時間預估，至於預估結果端看系統的模式化程度。



(a)台南市公車觀光導遊系統旅次時間規劃



出發時刻	起點	迄點	運具	預估時間	旅行距離
~01:36 pm		火車站	步行	1分鐘	96公尺
01:37 pm	火車站	成功國小	18路	2分鐘	909公尺(3站)
01:39 pm	成功國小		步行	3分鐘	276公尺
本直達方案預計01:42 pm抵達，全程約1281公尺(顯示方案)					

(b)本系統旅次時間規劃

圖 4-7 旅次預估時間規劃比較

第五章 結論與建議

以 Google Maps 結合 WebGIS 發展具旅次路徑規畫功能之公車動態資訊系統，可以透過地圖介面對公車路線及動態資訊進行查詢的動作，相較於典型的公車動態資訊系統，增強了使用者對路線與站點的空間概念。而旅次路徑規劃功能提供使用者搭乘路線的建議，讓使用者了解前往目的地應搭乘的路線及各搭乘點位置，進一步參考預估的旅次時間來安排個人行程。

本研究中學習如何藉由 WebGIS 的架構建立以線上地圖為應用工具，並結合公車動態資訊與路徑規劃相關研究建立一初步測試系統，透過瞭解地圖應用、系統架構、模組設計與成果測試分析之後，本研究可歸納出以下結論。

1. 地圖介面的查詢提供了豐富性的應用
2. 開放的標準促成資訊共享的可能性
3. 資料庫管理提高系統效能
4. 結合動態資訊準確預估到站時間

本研究乃採用「以 Google Maps 結合 WebGIS 發展具旅次路徑規畫之公車動態資訊系統」之論文作為研究基礎，藉以開發臺中市之動態資訊系統，因此在系統實作與建置已有相當基礎，然在利用本市無線網路與 GSM 系統提供動態資訊系統資料時，是否能達到其效益問題。另外在研究中思考到如何有效地提供民眾資訊，若單純建置智慧型公車站牌則經濟效益太高，若是能結合便利商店之智慧型機台，如 ibon 與 familyport 等…民眾能透過便利商店之網路服務，且又能提供民眾等候公車的休閒去處，因此若採異業結合，與超商業者研議提供動態資訊系統服務，一方面可減少建置的困難與經費，另一方面又能全方位的提供民眾服務。如圖 可看出臺中市便利商店的分佈相當的平均，且與公車站點又有鄰近性，因此，在實現結合便利商店智慧型機台的可能性又大大的提高了。

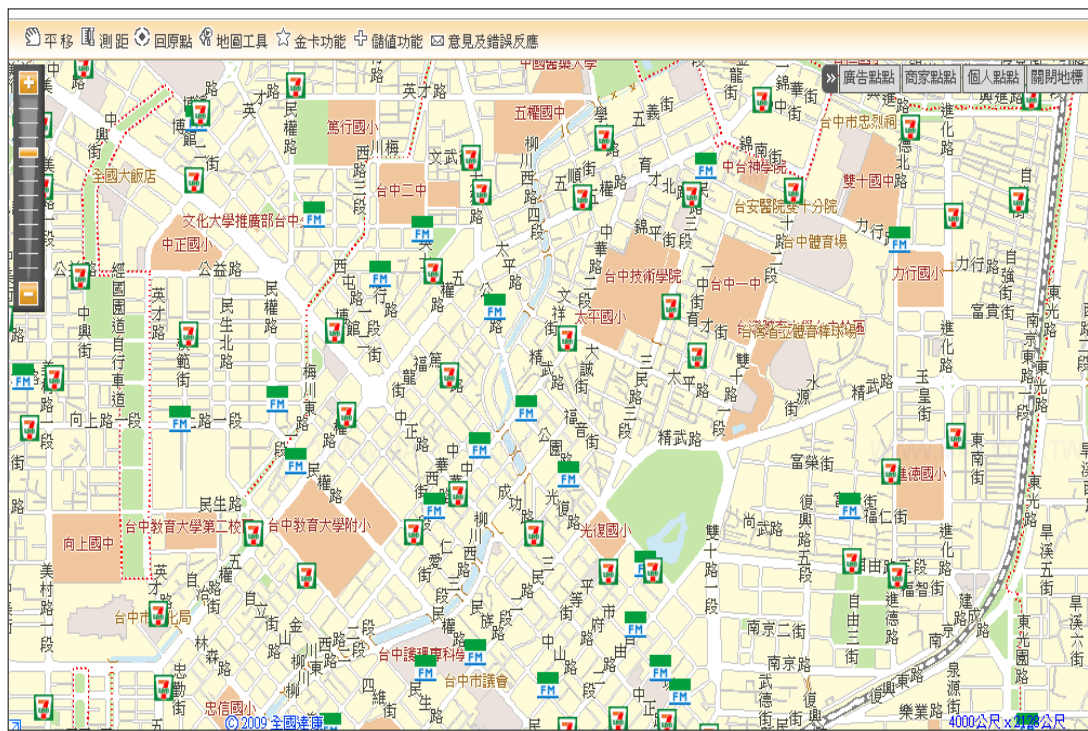


圖 5-1 臺中市便利商店分佈圖

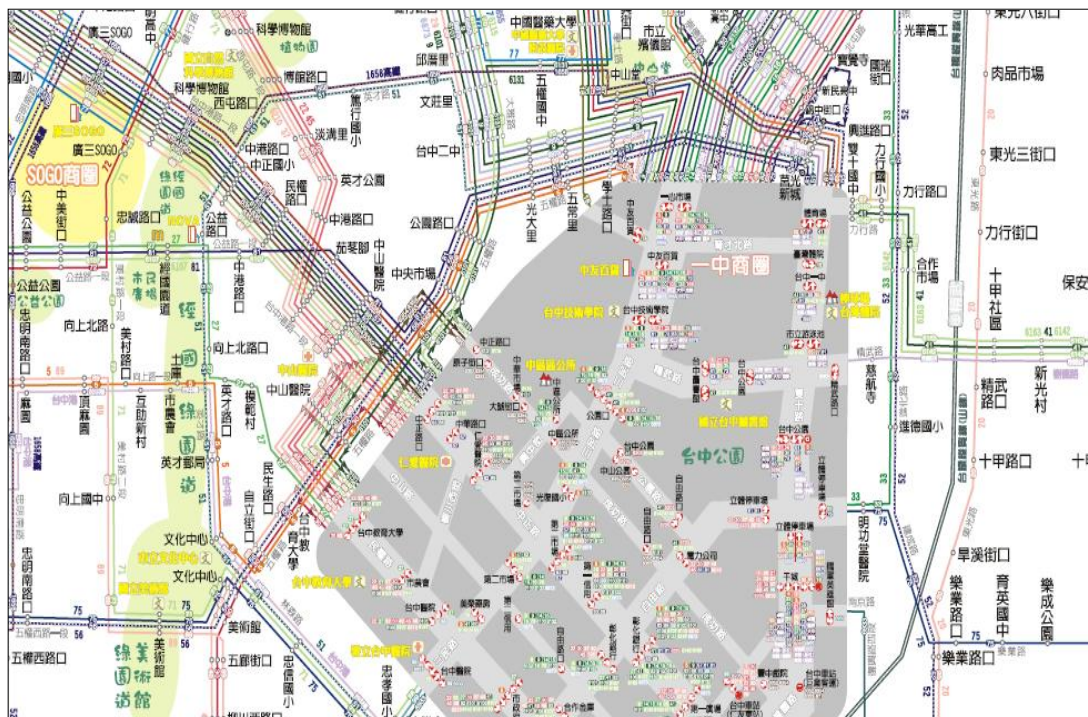


圖 5-2 臺中市公車路線圖〔2009，南極冰魚 Blog〕

參考文獻

友邁科技(2005)。Urmaps你的地圖網。檢自：<http://www.urmap.com/>

王莉、李文權(2004)。公共交通系統最佳路徑算法。東南大學學報: 自然科學版, 34(2)。

台南市(2005)。台南市公車觀光導遊系統。檢自：
<http://tourguide.tncg.gov.tw/>

台南市(2005)。台南市公車動態資訊系統。檢自：
http://ebus.tncg.gov.tw/TNWeb/Index.jsp?locale=zh_TW

交通部運研所(2007)。海陸空客運中心。檢自：<http://e-trans.iot.gov.tw/>

吳玉珍(2001)。公車動態資訊系統整合租用計畫之推動(ppt)。

吳佳峰(2001)。有gps資訊提供下之車輛旅行時間預估模式之研究。
交通大學運輸工程與管理系。

李典晏(2006)。以站間準點為目標之公車到站時間預估與號誌優先
控制整合開發研究。成功大學交通管理學系碩博士論文。

林伯峰(2007)。Web 2.0之創新應用服務與經營模式之研究。國立
中山大學企業管理學系碩士論文。

范成棟(2005)。應用google earth實現三維房屋模型之空間資料套合。

中研院計算中心通訊，21（21）。

張存保、李華、嚴新平、趙新澤、高虹亮、（2003）。基於webgis的城市公交問路系統。武漢理工大學學報:交通科學與工程版，28（1）。

許智翔、馮漢夙（2004）。智慧型大眾運輸轉乘系統研究與建置。中華技術技刊，63。

郭中天（2003）。公車到站時間暨複合路線旅行時間預估模式之研究。台灣大學土木工程學研究所碩士論文。

郭瑜堅（2003）。都市旅次成本之研究。台灣大學土木工程學研究所碩士論文。

陳建銘（2004）。有gps資訊提供下之公車旅行時間之研究。交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。

彭逸帆、廖法名、范毅軍（2006）。以數位地球為概念建構之圖資整合架構與應用，第五屆數位典藏技術研討會。台北：中央研究院資訊科學研究所。

蘇昭銘、劉偉賢、黃立欽、王穆衡、張志鴻（2006）。汽車客運行前旅次規劃邏輯之建構。運輸計劃季刊，36（1），63-81。

Craigslist and Google Maps. "housingmaps." from <http://www.housingmaps.com>.

Fang Zhao and Xiaogang Zeng (2008). "Optimization of transit route network, vehicle headways and timetables for large-scale transit

networks." European Journal of Operational Research **186**(2): 841-855

Forrest, B. (2006). "Yahoo! adds satellite maps." from <http://radar.oreilly.com/archives/2006/04/yahoo-adds-satellite-maps.html>.

Garrett, J. J. (2005). "Ajax: A New Approach to Web AppAjax: A New Approach to Web Applicationslications." from <http://adaptivepath.com/ideas/essays/archives/000385.php>.

Google. (2005). "Google Maps Document." from <http://code.google.com/apis/maps/documentation/index.html>.

Google. (2007). "Google Transit." from <http://www.google.com/transit>.

Jakob Zhao. (2007). "WHY GOOGLE MAP USING EPSG:900913." from <http://funp.com/t140376#p=140376>.

Lester, P. (2003). "A* Pathfinding for Beginners ", from <http://www.gamedev.net/reference/articles/article2003.asp>.

Microsoft. (2007). "Live Labs is on the Map." from <http://labs.live.com/Live+Labs+Is+On+The+Map.aspx>.

Miller, C. C. (2006). "A Beast in the Field: The Google Maps Mashup as GIS/2." Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization **41**(3): 187-199.

NextBus. (2005). "NextBus." from http://www.nextbus.com/googleMap/googleMap.jsp?a=actransit&r=1LX&d=tobaybart&s=20bd_s.

Nilsson, N. J. (1971). Problem-Solving Methods in Artificial Intelligence, McGraw-Hill Pub. Co.

Openlayer. (2007). "For Developers." from <http://www.openlayers.org/>.

PostLBS. (2006). "PostLBS Document." from <http://www.postlbs.org/en/project>.

Sayar.A, Pierce.M, et al. (2006). "Integrating AJAX Approach into GIS Visualization Web Services." Telecommunications, 2006. AICT-ICIW '06. International Conference on Internet and Web Applications and Services/Advanced International Conference on.

Shalaby.A and Farhan.A (2002). "Prediction Model of Bus Arrival and Departure Times Using AVL and APC Data." Journal of Public Transportation 7(1).

Yahoo. (2005). "Yahoo Maps Local." from <http://maps.yahoo.com/>.