

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以安全, 節能及遊憩為目的之車載網路系統--子計畫四：車
載通訊網路繞徑技術(3/3)
研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 100-2219-E-009-003-
執行期間：100年08月01日至101年07月31日
執行單位：國立交通大學資訊工程學系(所)

計畫主持人：陳健

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：楊文翔
碩士班研究生-兼任助理人員：劉郁鈞
博士班研究生-兼任助理人員：陳盈羽
博士班研究生-兼任助理人員：陳坤定
博士班研究生-兼任助理人員：張哲維

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 101 年 10 月 31 日

中文摘要：近年來，由於其潛在的用路安全以及商業應用，車載通訊網路已成為相當熱門的研究對象。目前許多的研究以及真實應用都還侷限於單躍(one-hop)或者少數hop以內的通訊，然而，多躍(multi-hop)的傳送方式亦是具備相當的重要性。例如，駕駛者可能在路途中欲預先得知目的地附近的停車位數，或者向某餐廳預約訂位，這些應都可以藉由multi-hop的傳送方式將封包送至目的地。

利用車際網路上的車間通訊開發的各種應用，可以幫助人們生活更加便利且安全。這些應用要得以實現，都需要依靠路由機制讓資料可以在兩車輛間順利傳送。在路由機制的設計上，先前已經有很多研究出現，各種選擇最佳路徑時的考慮因素，如道路上的車子數量，道路長度等都被提出。本文提出一個利用即時交通資訊的路由協定，藉由路段上位於路口的車輛發動探測封包，經由路段上的車輛攜帶和傳送到達同一路段上的另一路口，由此測量得到各條路段上最新的封包傳送延遲時間，並且考慮車輛在道路路口轉彎時會集中，車輛數較多的特性，在不加入額外路邊單元的情況下，設計機制將收集到的延遲時間資訊暫時儲存在路口範圍內，同時嘗試將此資訊擴散到鄰近路口並暫存。當封包經由車輛轉傳到路口，需要對下一個即將轉傳的路段作優先權計算時，便可得到此資訊，在沒有得到即時延遲資訊的路段，因為車輛上有預先紀錄的歷史交通資料(車輛數，道路速限)，車輛可以依據其他研究中的算式估算各路段的傳輸延遲時間，混合有即時延遲時間資訊路段的和經由歷史資料計算出延遲的路段，得到最短延遲時間的路徑。進一步考慮更新即時交通資訊所帶來的大量網路負擔，我們研究各個路段的連通性，先判斷路段是否為接近連通，也就是使用無線傳輸可以快速傳送資料經過此路段，中途不會傳輸中斷而需要由車輛攜帶，這些路段對傳送延遲時間的影響較大，此時才針對這些路段進行即時資訊更新的動作，藉以減少網路負擔量同時增進傳輸延遲時間。連通性的考慮方法為利用車輛在行駛的特性，當車輛自由行駛時，道路上車輛

的分佈呈現指數分佈。道路上每隔一段長度內有車輛的機率可以用道路上的車密度得到。於是只要在傳輸範圍內存在有一台以上車輛出現的機率極高時，便代表可以往前傳送。連續數個傳輸範圍內都有車輛可以幫忙轉傳，這些傳輸的總長度大於道路長度時，道路接近於完全連通。但考慮車輛在道路上的分佈並非均勻且實際每次往前轉傳時跳躍距離不等於傳輸範圍，必須針對轉傳時跳躍的長度做計算，最後以連續數個期望跳躍距離內皆有車輛的機率當作連通機率，可得出車輛密度和連通機率的關係。透過模擬比較和其他路由協定的傳輸延遲時間，傳輸成功率和協定本身對網路造成的負擔。在正常交通情況下結果略好，但當交通情況出現和統計資料有重大差異時，本協定可以增進封包傳輸的延遲時間。

在實作方面，我們並設計了離線電子地圖與地理資訊資料庫，以提供使用者發出請求的介面。在資料傳輸的部份則與工研院合作，使用其 IWCU 作為實作平台 (Implementation)。在應用程式方面以使用者請求各路口影像畫面為主要目標，我們利用了車機 (On Board Unit) 來做電子地圖，並利用電子地圖來收集及分享地理資訊。並且，我們也設計了循環錄影的功能，以防止存取空間不足的問題，實作的環境為 ASUS EeePad 與 ITRI 的 IWCU。依據我們的設計，則使用者可以透過車用行動通訊網路取得各路口或是有各輛車所見的即時影像，對於追蹤及監視都有莫大幫助。

中文關鍵詞：車載通訊網路、多躍、繞徑、即時交通資訊、道路連通性，資料探勘，多媒體資料

英文摘要：

Recently, due to its potential road safety applications and commercial applications, vehicular ad-hoc networks (VANETs) have drawn a great amount of research attention. Currently, most of the research and real applications are limited to communication within only one-hop or a few hops away. However, it is also important to send data to a remote

destination using a multi-hop manner. For example, a driver may need to send a query to the parking lot for the available parking space, or a reservation message to the destined restaurant. Applications like these may send packets to their destinations via the multi-hop transmission manner.

Vehicles on intersections were triggered to send connectivity packets to vehicles on adjacent intersections conditionally. These packets traverse road segments by two ways, forwarding and carrying, and then we can measure latest road delivery delay. We consider the feature that vehicles slow down and gather on intersection, so the number of cars is more. We try to design a mechanism to store delay information on intersection area without Road side unit. Meanwhile, we will disseminate it to cars on neighbor intersections and store on them in the same way.

In the implementation, we adopted on board unit (OBU) designed by ITRI. Moreover, the main feature of the application is letting drivers query videos captured at roads intersection. User Interface is implemented with ASUS EeePad and off-line digital map. The digital map is not only used for display geographic information but also for information collection. Furthermore, circular recording scheme has been designed in order to overcome the issue occurred with limited storage. With the design, drivers can get geographical information including real-time capturing videos.

英文關鍵詞： Terms-VANET, Intersection-based routing, Real-time information, Road connectivity, VANET, multi-hop, routing, metadata, multimedia

以安全，節能及遊憩為目的之車載網路系統

-子計畫四：車載通訊網路繞徑技術

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 100-2219 -E -009-003 -

執行期間：98 年 08 月 01 日至 101 年 07 月 31 日

執行機構及系所：國立交通大學資訊工程學系

計畫主持人：陳健

共同主持人：張適宇、簡榮宏

計畫參與人員：陳盈羽、汪岱錡、蔡世仁、劉郁均、魏伯庭

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本計畫除繳交成果報告外，另須繳交以下出國心得報告：

赴國外出差或研習心得報告

赴大陸地區出差或研習心得報告

出席國際學術會議心得報告

國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

中 華 民 國 101 年 10 月 29 日

● 中文摘要

近年來，由於其潛在的用路安全以及商業應用，車載通訊網路已成為相當熱門的研究對象。目前許多的研究以及真實應用都還侷限於單躍(one-hop)或者少數 hop 以內的通訊，然而，多躍(multi-hop)的傳送方式亦是具備相當的重要性。例如，駕駛者可能在路途中欲預先得知目的地附近的停車位數，或者向某餐廳預約訂位，這些應都可以藉由 multi-hop 的傳送方式將封包送至目的地。

利用車際網路上的車間通訊開發的各種應用，可以幫助人們生活更加便利且安全。這些應用要得以實現，都需要依靠路由機制讓資料可以在兩車輛間順利傳送。在路由機制的設計上，先前已經有很多研究出現，各種選擇最佳路徑時的考慮因素，如道路上的車子數量，道路長度等都被提出。本文提出一個利用即時交通資訊的路由協定，藉由路段上位於路口的車輛發動探測封包，經由路段上的車輛攜帶和傳送到達同一路段上的另一路口，由此測量得到各條路段上最新的封包傳送延遲時間，並且考慮車輛在道路路口轉彎時會集中，車輛數較多的特性，在不加入額外路邊單元的情況下，設計機制將收集到的延遲時間資訊暫時儲存在路口範圍內，同時嘗試將此資訊擴散到鄰近路口並暫存。當封包經由車輛轉傳到路口，需要對下一個即將轉傳的路段作優先權計算時，便可得到此資訊，在沒有得到即時延遲資訊的路段，因為車輛上有預先紀錄的歷史交通資料(車輛數，道路速限)，車輛可以依據其他研究中的算式估算各路段的傳輸延遲時間，混合有即時延遲時間資訊路段的和經由歷史資料計算出延遲的路段，得到最短延遲時間的路徑。進一步考慮更新即時交通資訊所帶來的大量網路負擔，我們研究各個路段的連通性，先判斷路段是否為接近連通，也就是使用無線傳輸可以快速傳送資料經過此路段，中途不會傳輸中斷而需要由車輛攜帶，這些路段對傳送延遲時間的影響較大，此時才針對這些路段進行即時資訊更新的動作，藉以減少網路負擔量同時增進傳輸延遲時間。連通性的考慮方法為利用車輛在行駛的特性，當車輛自由行駛時，道路上車輛的分佈呈現指數分佈。道路上每隔一段長度內有車輛的機率可以用道路上的車密度得到。於是只要在傳輸範圍內存在有一台以上車輛出現的機率極高時，便代表可以往前傳送。連續數個傳輸範圍內都有車輛可以幫忙轉傳，這些傳輸的總長度大於道路長度時，道路接近於完全連通。但考慮車輛在道路上的分佈並非均勻且實際每次往前轉傳時跳躍距離不等於傳輸範圍，必須針對轉傳時跳躍的長度做計算，最後以連續數個期望跳躍距離內皆有車輛的機率當作連通機率，可得出車輛密度和連通機率的關係。

透過模擬比較和其他路由協定的傳輸延遲時間，傳輸成功率和協定本身對網路造成的負擔。在正常交通情況下結果略好，但當交通情況出現和統計資料有重大差異時，本協定可以增進封包傳輸的延遲時間。

在實作方面，我們並設計了離線電子地圖與地理資訊資料庫，以提供使用者發出請求的介面。在資料傳輸的部份則與工研院合作，使用其 IWCU 作為實作平台(Implementation)。在應用程式方面以使用者請求各路口影像畫面為主要目標，我們利用了車機 (On Board Unit)來時做電子地圖，並利用電子地圖來收集及分享地理資訊。並且，我們也設計了循環錄影的功能，以防止存取空間不足的問題，實作的環境為 ASUS EeePad 與 ITRI 的 IWCU。依據我們的設計，則使用者可以透過車用行動通訊網路取得各路口或是有各輛車所見的即時影像，對於追蹤及監視都有莫大幫助。

關鍵字：車載通訊網路、多躍、繞徑、即時交通資訊、道路連通性，資料探勘，多媒體資料

- 英文摘要

Recently, due to its potential road safety applications and commercial applications, vehicular ad-hoc networks (VANETs) have drawn a great amount of research attention. Currently, most of the research and real applications are limited to communication within only one-hop or a few hops away. However, it is also important to send data to a remote destination using a multi-hop manner. For example, a driver may need to send a query to the parking lot for the available parking space, or a reservation message to the destined restaurant. Applications like these may send packets to their destinations via the multi-hop transmission manner.

Vehicles on intersections were triggered to send connectivity packets to vehicles on adjacent intersections conditionally. These packets traverse road segments by two ways, forwarding and carrying, and then we can measure latest road delivery delay. We consider the feature that vehicles slow down and gather on intersection, so the number of cars is more. We try to design a mechanism to store delay information on intersection area without Road side unit. Meanwhile, we will disseminate it to cars on neighbor intersections and store on them in the same way. When packets are forwarded to vehicles on intersection, routing protocol will calculate road priority and assign packets to vehicles on higher priority road as possible. In this time, if vehicles can get real-time delay information, we use it and statistic density data to decide next forwarding road. Otherwise, vehicles only have preloaded data, and we still can decide road priority with non-real-time data with the same way as previous work. Furthermore, we take periodical update overhead into account. We discuss road connectivity probability and find out the relation between this probability and the number of car on road. During the traversal process of connectivity packets, we judge whether a road segment is connected. If a road is connected, then we update road delay of the road. Because we think packet transmission on connective road is quickest. Packets can be sent on one intersection to another intersection by wireless transmission without carrying on vehicles. These roads have significant impact on end-to-end delay, thus we focus and do update action on them. Then we can have benefit of reducing overhead and improving delay in the same time. To research on connectivity, we assume the distribution of inter-distance of cars is exponential when drivers go on road freely, referencing traffic research. For one car, if there is another one within its wireless transmission range, it can forward packets to that car and packets can be forwarded in some forwarding distance. We use average vehicle spacing to find the forwarding distance. We calculate the probability of having cars in one car's transmission range. When this situation happens many times, the total forwarding distance exceeds road length. We say the road is connected and use this process to find out connectivity probability. In traffic congestion cases, simulation result shows that compared with other routing protocols, our method can improve delay and reduce overhead.

In the implementation, we adopted on board unit (OBU) designed by ITRI. Moreover, the main feature of the application is letting drivers query videos captured at roads intersection. User Interface is implemented with ASUS EeePad and off-line digital map. The digital map is not only used for display geographic information but also for information collection. Furthermore, circular recording scheme has been designed in order to overcome the issue occurred with limited storage. With the design, drivers can get geographical information including real-time capturing videos.

Keywords: Terms-VANET, Intersection-based routing, Real-time information, Road connectivity, VANET, multi-hop, routing, metadata, multimedia

一、前言

隨著網路快速發展，在智慧運輸系統(Intelligent Transportation Systems)以及車用行動通訊網路或稱車載網路 (Vehicular Ad Hoc Networks-簡稱 VANET) 在近幾年中被廣泛的運用在行車安全及車用相關技術當中，車載通訊網路藉由無線通訊與資料傳遞技術，串聯交通工具以及路邊交通設施，藉由車輛之間的無線傳輸形成網路，資料可以在道路上快速流通，任意車輛之間可以直接或經由多重跳躍傳送封包在車載網路當中，並透過搭載車機(On Board Unit-簡稱 OBU)的交通工具被視為一個節點，能與方圓 100 到 300 公尺左右的其他節點進行網路傳輸。而主要的目標是提升道路的安全性及交通運輸的有效性。為了提升道路安全性及有效的運輸率，許多國家已經設置特別的網路頻段提供給車載網路使用。例如美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission, FCC)已經為 DSRC(Dedicated short-range communications[1])傳輸保留了 5.85~5.925GHz 的無線電頻段。裝置 OBU 的車輛可以透過廣播的方式傳遞各種交通相關的資訊。以交通安全應用程式為例，當某個節點偵測到塞車或是交通意外時，它可以產生安全訊息，並廣播給後方來車。其主要應用都是產生即時性資料供作參考。而在資訊追蹤上，則可以透過各節點先分析有效資訊後，再傳遞資訊給其他節點，諸如該車可視的車牌號碼…或是加強行車安全性的車輛防撞警告，到實用性的車隊通訊，停車位告知，甚至是娛樂性的即時交通流量資訊、旅遊規劃等等各種在車際網路上的應用紛紛被開發出來[2][3]，這些應用不但改善了便利性更提升了人們的生活品質。在車載網路中，主要的架構有兩大類，其一為車間通訊 (Vehicle-to-vehicle, V2V)車輛對車輛之間，好處是資料可以在道路上快速流通，任意車輛之間可以直接或經由多重跳躍傳送封包，而另一類則是車機與基礎建設間的通訊 (Vehicle-to-Infrastructure, V2I)可以選架設其他基礎設施來幫助資料的傳送。透過車輛的移動性可將資料送達其他網路架構無法送達之處，好處為成本低且傳輸快速。

要讓這些應用得以實現，許多研究議題紛紛被提出。基本的網路構成要件，MAC 層的存取機制設計和封包如何在相鄰兩車間傳送的問題已經廣泛的被討論。除了這些要件外，車輛可能需要傳送資料到數公里外的車輛或固定點，此時需要實現遠距離兩車之間多重跳躍資料傳送，必須要有一個可靠且可以符合傳輸延遲時間要求的協定。簡單的應用如車輛行駛在道路上，可以向遠方的商店訂購物品，當車輛到達商店便可拿取所需商品。在車際網路中的路由協定設計上會遇到一些困難。雖然車際網路是隨意式網路的一種，但車際網路有其不同於傳統隨意網路的特性。首先，車輛是以高速移動，網路拓撲變化較大，隨意式網路上的節點移動速度較慢，網路拓撲變化較小，無法利用紀錄網路上所有節點間的位置建立一條長期存在的路徑，兩車輛間的無線傳輸也不穩定，因為節點間的位置隨時在變化。再來因為車輛被限制在道路上，被道路間區塊分隔的車輛無法進行傳輸，只有在特定區域上有車輛可以進行無線傳輸，隨意式網路的節點可以分散在各處，每個節點周圍都可能節點可以傳輸，比較起來車際網路如果在車輛密度不夠高的道路上，容易出現周圍無節點，傳輸中斷無法再往目的地轉傳的情形。

先前研究的路由協定，一開始提出的方法是直接套用隨意式網路上既存的方法，如 AODV[4]，DSR[5]。這些協定是以拓撲為基礎，也就是紀錄路徑上的每一個經過的節點，路徑選擇的依據是最短延遲時間，當封包要傳送時，依據路徑上紀錄的節點逐點傳輸，最後到達目的地。這種方法在隨意式網路上有不錯的效能，但是在車際網路上因為網路拓撲變化大，路徑上的節點時常且快速移動，傳送過程中紀錄的路徑會時常斷裂，此時需要啟動路徑復原機制重新尋找路徑，產生大量的控制封包負擔，封包傳送延遲時間也增加，傳送成功率下降。而且需要在封包來源點啟動查詢封包才能在路徑上節點都留下路徑紀錄，

發送查詢封包需要時間，產生的封包無法即時快速的送出，需要等待一段時間，增加封包傳輸延遲時間。另一種也是隨意式網路上的協定改以位置為基礎，如 GPSR[6]，這類協定不需在封包從來源點送出前建立路徑，來源點知道目的地的位置和周圍鄰居節點的位置之後，以貪婪法選擇位置最靠近目的地的鄰居節點送出，鄰居節點收到後也是作相同動作直到送到目的地。如果傳送途中某一節點附近沒有更靠近目的地的鄰居節點可以轉傳，使用右手法則繞路而行。如此在鄰居節點快速變動的情形下也可以有路徑到達目的地，只要中間轉傳節點都有更靠近目的地的節點，每次封包傳送經過的節點不必相同，這類協定的缺點是沒有考慮到道路性質，只用位置來選擇下一節點，容易傳送到車輛密度低的道路和目的地所在道路沒有相接的道路，增加傳送延遲時間。

近來新出現的車際網路路由利用到新出現的技術數位地圖和車輛與道路之間的關係。首先假設車輛都裝載有行車裝置，可以裝載地圖。有了地圖資訊後，在計算最佳路徑時可以考慮道路拓樸，車輛密度，車速等交通資訊，傳送封包時盡量經過車輛密度高且實際上可以連接到目的地所在道路的那些路段，避免傳送到無法到達目的地的道路。再者因為有地圖，可以將車輛在可能行走的道路抽象化為圖形，將路口轉化成節點，路口間的路段以有權重的邊代表，這邊的權重可以是傳輸延遲時間、車密度、連通機率，路段長度等。原本路徑是以路徑經過的節點表示，現在可以用簡單的圖形，路口和路段組成，不需確切知道每一節點的位置，只要決定到達路口時，要往那一個路口轉傳，決定之後，依靠路段上的車輛轉傳，只要有車輛位於路段上且在傳輸範圍內便可幫忙轉傳到下一路口，計算上簡單快速，也不需在節點紀錄路徑。在這種架構下，在選定下一個路口優先順序時有些許不同，像 GyTAR[7][8]僅僅是傳送到路口時，貪婪法將和現在路口相接的道路作優先權計算，並未將現在路口到目的地所在路口的中間的所有路段加以計算。改良過後的協定如 MDDV[9]，VADD[10]，SADV[11]等，會將封包現在所在路口到目的地所在路口間的所有道路轉化成圖，根據歷史統計資料的交通資訊(車輛密度，道路速限)計算出每條路段的權重，但並不是直接套用常見最短路徑演算法，因為每個路段不一定都存在有車輛，還要再加上每個路口可以轉傳到下一鄰近路口的機率，利用方程式求解。這樣可以盡量將封包依據車輛數較多的道路傳送，維持傳送延遲時間的最佳。這些協定已經考慮到全域最佳解，但是仍有其缺點存在，在 SADV 中提到，像 VADD 這種協定在估計每個路段的傳輸延遲時間時，是使用統計資料(平均車輛密度)。當車輛數隨著時間變化而不同時，計算出的延遲不能反應出即時的最佳路徑。於是提出了即時交通資訊的概念，就是利用車輛收集個路段傳輸延遲時間，在資料封包傳送時附加欄位測量路段傳輸時間，然後在計算路徑時加以利用，但其特點為使用到路邊單元，也就是要在路口多架設數個無線裝置，負責測量路段延遲時間，這樣就需增加額外成本，而且並不是隨時都有資料封包經過路口，不能隨時都能得到路段延遲資訊。類似概念，在 RBVT[12]中也想要利用交通資訊，但其中提到的交通資訊是指道路是否連通，先去測量哪些路段是連通的，也就是在路段中都持續有車輛可以幫忙轉傳，中途不需由車輛攜帶後等到有車輛在傳輸範圍內才能轉傳，傳輸延遲時間極短，然後在計算路徑時直接將那些不連通的路直接排除，只考慮有連通的路，並未提到會利用時間資訊。這些使用即時資訊的協定，會需要使用額外控制封包去得到即時資訊，對於網路造成額外負擔。於是我們想要改良使用即時交通資訊的路由協定，首先我們考慮車輛在路口時的數量會比在路段上較多的特性，不使用路邊單元，設計機制讓車輛在路口自己形成暫存單位將收集到的即時交通資訊儲存在路口。同時為了解決收集道路資訊時需要傳送大量控制封包造成網路負擔過大，我們研究道路連通性和車輛密度的關係，想要利用這個關係當作門檻，利用道路上的車輛分散式的去偵測道路密度，當車輛密度到達一定值，整條路段呈現極高機率連通時才進行更新動作，只針對那些目前交通情況適合作無線傳輸的路段

更新，其他交通狀況變化不大的道路不做更新，藉此減少需要頻繁更新的負擔。

除此之外，近年來，雲端運算技術 [13][14] 運用隨意取得且相對便宜的高速網路，來實現虛擬化技術，並運用分散式 (distributed) 計算與平行 (parallel) 計算技術讓使用者覺得有無限的運算資源並願意為運算付出經費。主要的雲端服務共分為三種類型 [15]: 基礎設施即服務 (Infra-structure as a Service, IaaS)、平台即服務 (Platform as a Service, PaaS)和軟體即服務 (Software as a Service)。其中，IaaS 主要為服務提供者提供顧客相關的運算、網路或存取資源。PaaS 則提供一個開發平台，讓顧客能透過網路存取該開發平台。最後，SaaS 則是提供顧客所需的應用程式服務。現在，車用行動通訊網路可以形成一個雲端網路。其主要原因是車用網路上的資料多半是即時的。當使用者需要資訊時，即向該網路申請所需要的服務。在 [16, 17] 中，作者首先提出了在車用行動通訊網路中提供雲端存取服務的概念。例如: VANET 中的 IaaS 服務。所有的節點提供使用者計算、網路及存取的資源，像是將所見的影像直接發送到網路上做儲存。在我們的研究中，我們不僅在 VANET 上實現雲端服務，更為使用者實作整套系統。

二、研究目的

本子計畫環繞著三個主軸，其一是在探討車載通訊網路之 unicast 繞徑問題，也就是利用 multi-hop 的方式使得訊息可以傳遞至目的地，本子計畫所探討的繞徑問題與其他子計畫有著密切的關係；例如子計畫七車的載網路多媒體串流服務中，無論點對點的傳輸或是 application layer multicast 的應用，二點之間的傳輸都需藉由 multi-hop 的傳輸方式來達成；而子計畫一的車群管理服務與子計畫三的車載網路之位置感知服務等應用中的訊息傳遞，都可藉由 unicast 繞徑技術的輔助來達成，其二是我們研究道路連通性和車輛密度的關係，想要利用這個關係當作門檻，利用道路上的車輛分散式的去偵測道路密度，當車輛密度到達一定值，整條路段呈現極高機率連通時才進行更新動作，只針對那些目前交通情況適合作無線傳輸的路段更新，其他交通狀況變化不大的道路不做更新，藉此減少需要頻繁更新的負擔。最後實作車間網路的通訊應用，除了與工研院合作外，設計車間網路封包路由的規則以提升應用程式的效能。另外，為了提升一般民眾的使用率，我們也提出了圖形化的人機界面，搭配電子地圖的運用，讓駕駛人能便利的操作該系統。此外，我們也實作了離線地圖以降低網路流量，並於地理資料系統中提升其效能。不僅將為交通的安全性及實用性帶來便利，更將讓應用程式的發展延伸到車間通訊的領域。

在此報告中接下來的部份包括，第三章介紹車際網路上和本論文相關的路由協定及研究為了驗證車載通訊網路繞徑的可行性，我們參考由 Zhao 等人所提出之 VADD (vehicle-assisted data delivery)[1]車載通訊網路繞徑方法，期望能藉由實際的硬體與軟體，實現一可行的車載通訊網路繞徑，第四章提出我們改良過後的路由協定和使用到的收集道路資訊機制，道路連通性與車輛數的關係，第五章透過模擬實驗的結果比較我們的方法和其他先前研究的方法，在各項度量上的分析，在實做部分呈現 VADD 時的硬體架構、軟體架構，並將呈現實做車載網路上的相關應用開發系統架構。

三、文獻探討

現今已經有很多在車際網路路由的研究被提出，根據特性不同可以分類為以下二種，以拓樸資訊為基礎和以位置資訊為基礎的路由協定。

以拓樸資訊為基礎的路由，必須在封包送出前先發出要求去知道網路上來源點至目的地之間節點的連結情形，每個節點紀錄到目的地的最佳下一個轉傳點。封包送出後，依據各中繼節點紀錄的位置找下一轉傳點，路徑是由節點組成。簡單來說就是各個節點都需要維持自己可以知道的全域路徑表，紀錄到哪個節點要經過的下一轉傳點是誰以及經過多少轉傳次數才能到達，這種方法被認為在車際網路上比較不可行，因為車輛會在道路上快速移動，路徑會快速地改變，要在路徑表中維持任兩點的正確連結紀錄是很困難的事。

以位置資訊為基礎的路由，節點需要知道自己的位置、鄰近單跳節點的位置，和目的地的位置，之後再經由不同的最佳最佳化條件(傳輸延遲最短,傳輸成功率最高).在封包送出後依照位置去選擇下一轉傳點,不必要傳給某一特定節點,只要有位置更接近目的地的點存在即可轉傳。而且因為現今 GPS 裝置的普及性快速增加，使得以位置為基礎的路由更加可行實用。在以位置為基礎的路由協定中，近來新的研究方向著重於利用更多有關車際網路特性的資訊來判斷要選擇哪條路徑，藉以達到傳輸成功率較高和傳輸延遲較短的結果。目前新提出的方法中，有一類是加入數位地圖資訊，包括道路分佈及連接情形，道路速限，路口是否有紅綠燈，各時段的平均車速和車輛數，利用車際網路上一些可預測的移動性來幫助資料傳送，當作選擇路徑的參考依據。同時在路徑的建立上，捨棄以往以車輛當作路徑紀錄的基本單位，改以路口為路徑的紀錄單位。就是每條路徑建立完成後，是紀錄中間經過的路口編號，根據此順序從起點到達目的地，在路口依據優先順序找對應道路上的車輛前往下一個路口，中間經過的車輛，是從在路口與路口中間道路上的車輛中，根據當時情況選擇數台車輛繞行過這條道路即可。所以路徑不必紀錄中間要經過哪幾台車，符合車際網路車輛快速移動導致車與車之間的連結快速變化經常斷裂的情形，連結紀錄會快速改變所以紀錄的連結會消失效用的特性。而且車輛本身就被限制在道路上行走，只有在路口才有可能改變行進方向，所以只要規定在路口時候決定下一步要傳送到哪一個路口即可，在道路中間傳輸不太可能會超出道路範圍，這樣整條路徑要紀錄的資訊就只有路口順序，資料量大幅減少。在這類路由方法中，較知名的方法有 VADD，另外還有 GPCR[18]、GyTAR、A-STAR[19]等。

VADD 是在車際網路中利用多重跳躍的路由協定，它將道路地圖抽象化成圖，其中路口當作頂點，道路當作邊，道路會將路口連接起來。道路就成為頂點之間的連結，道路的權重就是預測的傳送延遲。利用已知數位地圖上的統計資料(車輛速限、車輛密度)計算封包傳送過每一條路段的延遲時間。在傳送時可以使用的方法有藉由車輛間的無線傳輸和 carry-and-forward。基本概念是當往目的地的方向決定好後，有車輛在當前車輛的前方且在傳輸範圍內時使用無線傳輸，若無則當前車輛暫存封包直到遇到其他可以幫助傳送的車輛才轉傳，這樣在車輛密度較低的情況下，讓封包不會馬上被丟棄而是可以繼續等待更好的車輛幫忙轉傳，增加封包傳成功的機率。每次當有車輛要傳送封包時，起點車輛先要利用 Location service 等方法知道目的地車輛位置，然後將起點到目的地圍成一矩形，取出地圖上這個範圍的道路，計算每條道路預估的延遲時間，根據車輛在各個路口的停留時間和轉彎機率，計算封包在路口會轉傳到鄰近路段的機率。對於每一個和起點路口相接的路段，計算使用此路段到達目的地路口的預計延遲時間。經由此路段到目的地路口的延遲等於此路段的延遲加上到達路口後轉傳到各路段的機率乘上用各路段走到目的地的延遲，被圍成

矩形內的所有路段的到達目的地預計延遲時間列出來後，可得到方形矩陣，對於矩陣求解得到每一路段到目的地的延遲時間的解，這樣將起點到目的地的最短時間路徑計算出來，決定各相鄰路段的優先順序然後往較佳的路段傳送。封包傳送途中，會根據現在攜帶封包車輛是在路口範圍或是道路中間分成兩種模式：在路口範圍時就計算各相鄰路段的優先權並依路口優先順序找鄰接道路上是否有車輛可以幫忙傳送，若都沒有車輛可以幫，就暫存封包在記憶體。在道路中間時則使用 GPSR 找尋在同一條道路上更接近目的地的車輛轉傳，若沒有車輛可以幫忙一樣是暫存。當接近到終點一定範圍內後，就使用單純的 greedy-forwarding 找尋地理位置上更接近目的地的車輛並轉傳。這個方法有考慮道路的連通性和車輛只有在路口才會變換方向的特性，節省路徑紀錄的大小。在道路密度中等以上且穩定的情形下有很好的效果，但在道路密度低且變化大的情形下效果會變差。原因之一是在道路上車輛密度低時，在封包到達路口時，優先權較高的道路上都沒有車，導致最後只能利用優先權較低的道路傳送，造成傳送的路徑不是最佳。另外因為估計的道路延遲時間是根據統計的平均道路密度計算出來，但道路密度會隨時間變化，導致估計的延遲時間不準確。

因為以上原因，SADV 改善了 VADD 的缺失，SADV 考慮到其一當封包傳送到路口時，優先權最高的路段上此時不一定有車輛。想要利用在路口擺設靜止的節點(RSU)來幫助封包傳送，當封包在路口要做下一個路口的選擇時，如果優先權最高的路段上沒有車輛可以轉傳過去，可以先暫存在靜止節點，等待到有車輛出現時再轉傳出去，這樣可以盡量保持在最佳路徑上傳送。其二 VADD 方法中無法從車流的變化得到延遲時間，而是利用統計計算得到，SADV 可以利用這些節點來做延遲時間的測量，更新的方法是當有封包從一個路口要送到另一路口時，在封包中插入時間欄位，當封包到達另一路口時，將當前時間和封包中的時間紀錄相減得到這條路的延遲。然後收到的路口靜止節點再將此延遲時間資訊包裝成延遲時間更新封包，用廣播方式告訴其他節點，其它節點收到根據加權公式計算後修改自己的延遲時間紀錄。當有封包要送出時，分成兩種模式：道路和路口模式，在道路時，使用 geographic forwarding 傳送到路口的靜止節點，就是選擇地理位置上最接近路口靜止節點的車輛幫忙傳送。在路口時，利用延遲時間紀錄和 VADD 的公式計算最佳路徑，當前往最佳路徑上的下一個路段上有車輛可以幫忙傳送就將封包送出，沒有的話靜止節點此封包暫存。直到最佳路徑上有車輛可以幫忙傳送或暫存空間滿了，因為暫存管理策略從暫存中拿出並根據路口優先權選擇當時次佳路徑上的車輛傳送。這個方法因為有在路口放置節點幫忙，即使在道路上沒有車輛的情況下還是可以暫存，更增加封包選到最佳路徑的機率，而且有近乎即時的延遲資訊更新，可以根據道路的變化計算出和統計值不同的最佳路徑，得到的路由效果會比之前的 VADD 較佳。但其缺點是必須在路口增設類似 RSU(Road Side Unit)的裝置，成本增加，另外在延遲資訊的更新方法中，要有封包需要被傳送時才會有機會更新節點的延遲資訊，更新的資訊在有資料封包送出前無法得到，傳播延遲時間更新封包是利用廣播方式沒有明確限制傳播範圍，造成一些多餘的負擔。後來有研究 RBVT-P 對於更新封包的更新方式做了不一樣的用法。RBVT 的基本概念是想利用即時的交通資訊製造出以路口為基礎的路徑，在路口中間則是可以自由選擇車輛傳送，不必紀錄路徑中每一台經過的車輛，同時考慮到路口間連通的機率。

這邊提出的路由方法有兩種，RBVT-R 和 RBVT-P，RBVT-R 的方式是需要路徑時才啟動機制，當有封包要從來源點送出時，用 flooding 方式發送要求封包去找到到達目的地的路徑，為了避免造成太大的負擔，重覆起點和重覆序號的要求封包會被丟棄，中間各個點收到後，並不馬上廣播，而是等待一段和前一個節點距離成倒數的時間，如果這段時間內

沒有聽到其他節點廣播，自己才廣播，確保每次傳輸都可以走最遠距離和減少網路上的交通量。來源點送要求封包出去，一開始封包內路徑紀錄為空，中間收到的節點檢查是否到達和前一個節點不同的路段，如果是的話，把新多出的路口加入路徑紀錄中，直到到達目的地。目的地回傳回覆封包給來源點，紀錄來源點到目的地以路口構成的路徑，來源點收到回覆封包後開始傳送資料。另外針對車輛會移動的問題，有路徑維持的機制，來源點或目的地移動到新的路段時，原本路徑上必須經過的路口便不需要再經過，此時來源點或目的地會發送路徑更新封包到目的地或來源點，將不必要的路口從路徑紀錄中刪除。在路徑途中遇到沒辦法再往前轉傳的情形時，起點也有錯誤處理機制，來源點等待一段時間，嘗試使用這條路徑，直到時間過後還是無法傳送便重新發起要求機制。這個方法和之前在 MANET 上的 AODV 相似，只是將其轉化成以地圖路口為基礎的方式。

較之前不同的是第二種路由方式 RBVT-P，RBVT-P 是周期性的去探尋道路上的路徑，然後使用看到的近乎即時的道路圖計算路口間的最短距離路徑。以道路為基礎的拓樸探索是利用周期性的、隨機選出一些點發送 connectivity packet(CP)。每一個節點獨立地決定是否要產生 CP，決定的依據是看現在網路上車輛數量，歷史的交通資訊，和上一次收到 CP 的時間。當決定要發送 CP 時，會定義要包含的範圍，也就是要探索多大的區域然後送出，中間利用 DFS(Depth First Search)繞行整個範圍，收集道路上是否為連通的資訊，最後返回發起 CP 的路段，在路段上第一個收到返回 CP 的車輛再將 CP 的內容散發出去。散發的範圍是之前 CP 規定的探詢範圍，散發的內容是道路的拓樸，和道路上是否有車輛經過，是否為連通，收到的車輛會更新自己的路由表，並依照此路由表來計算距離最短路徑。計算時只使用那些被標記為連通的路段，計算好的結果放在封包中，封包便依照此路徑選擇路口間的車輛來幫忙傳送，但是當經過的節點有更新的路由資訊，就會使用更新的資訊得到的路徑來傳送。在車輛和車輛之間的轉傳，這邊比較不同的是採用 receiver-based forwarding，就是不指定下一個轉傳點，每一次傳輸都是廣播，收到的一群車輛中，會根據條件經函式算出各自的等待時間，這邊考慮的條件有可以前進到目的地的距離，無線傳輸的最佳距離，和接收到的功率，這三項的加權，最短等待時間的車輛廣播將封包往前傳，其他等待時間較長的車輛聽到廣播後便將封包丟棄表示已經有人幫忙往前傳送。RBVT-P 的好處是可以隨著交通的變化，即時的收集道路資訊來計算最短路徑，但是在車輛分布較低時，CP 封包的傳送變得較困難，因為要傳送繞經整個區域，需要整個區域內有足夠車輛讓封包可以繞完並回到發起的路段，整個資訊才能收集完全並散發，而且繞行的時間可能過久讓更新的資訊的新鮮度下降。在發送 CP 的參數上，要多頻繁發送且發送範圍要多廣也無明確定義，這些參數會影響網路效能。頻繁的發送 CP/RU 封包可能會導致網路上的負擔過重，反而導致真正的資料無法送達，而且在交通沒有多大變異性的情形，如果用已知統計值就可以得知道路上的情況而且也和事實近似符合的話，其實不用頻繁的送封包去探詢，真正有需要時再探詢即可。

基於以上論文中所產生的問題，我們尋找以下幾篇論文做參考，期望可以解決其中幾個重要問題，並發展出較符合實際情形的效能提高的路由協定。

BojinLiu [20]探討車際網路上儲存局部資訊之能力並分析不同交通狀況下的結果和效能。想法是在傳輸範圍內的車輛形成一個小型的 Mesh network，其中每一台車輛都至少和 mesh 當中的任一車輛可以透過單跳或轉傳互相通訊，在這個 VMesh 當中的每一台車輛都擁有相同的資訊，只要有一台得到特定資訊，便可以用廣播或多次轉傳送給其他在同一 mesh 的其他車輛。實際運作流程如下，道路上隨時隨地可能有特定情形發生，如車禍，當事件發生的同時，有一定的機率剛好有一個 mesh 內的車輛經過並收到事件發生的訊息，事

件發生的訊息可以被保留在事件發生的一定範圍內，藉由 mesh 之間的互相傳送和暫存，就是當任一 mesh 的任一車輛收到事件發生的資訊後，車輛會傳送給同一 mesh 中的車輛並一直保存此訊息，如果有新成員加入此 mesh，便分享給它。當遇到其他 mesh 時，將資訊送給其他 VMesh。在快要離開這個範圍時，即將離開範圍的 mesh 會尋找有無即將進入範圍內的車輛並將資訊傳送出去，在離開後將資訊刪除。只要一直有 mesh 進入事件發生的周遭範圍內，資訊便可以保存在這個範圍，類似暫時的儲存裝置，讓進入這個範圍內的車輛都可以得到這個資訊，可以用做安全或其他用途。給定車輛速度、交通密度、和儲存在事件發生周圍多大的距離，推算出訊息可以儲存住的時間(MTTIL)，和事件發生後會被任一 mesh 收到的機率(Pc)。經過模擬後，Pc 和推出的公式大致符合，MTTIL 依據參數不同從十秒到數十秒，歸納出影響 MTTIL 的參數有無線傳輸距離和保存範圍的大小。這篇文章提出利用車際網路將某些資訊保留在特定區域的方法，並分析實際效能，這個特點可以拿來幫助車際網路上的路由方法。

文章[21]中，Link-state 是介於 proactive routing(隨時任兩個節點互傳資訊更新路徑表，移動性大時負擔較重)和 reactive routing(需要傳送資料時發送要求封包，到達目的地之後回傳回覆封包，節點數量多時負擔較重)的方法，就是當節點發現自己和周圍節點的連結發生變化，連結斷掉或新產生連結時，傳送更新訊息給周圍幾個跳躍內的節點讓節點可以知道最新拓樸，進而選擇路徑。本篇文章分析了在無線隨意網路上使用 link-update 的路由方法，藉由限制更新的範圍和時間減少造成網路的負擔，使其可以適用於範圍較大的網路，並詳細地定義路由方法造成的各種負擔，在最佳化負擔的情形下找出適當的更新跳躍數和時間，並非傳送給每個點，讓所有點都更新成最新資訊，而是讓整個網路上的各個點在所知拓樸不同的情形下選擇路徑。首先各個點每隔一段區間才送 link-update 到周圍 h 跳躍內的節點，累積一段時間內的所有連結變化，減少了更新時所需產生的負擔，但還是有些許控制封包的產生，而且因為這樣並不是所有點都在知道最新拓樸的情形下選擇路徑，會導致選擇的路徑不是最佳的，造成資料封包在網路上須經過較多次傳送才能到達目的地，於是就多產生了一些負擔。經過定義傳送更新訊息的封包和選擇到次佳路徑造成的負擔，兩者相加為總負擔，對於此函數微分，最後得到最佳更新傳送距離和時間。根據時間，每隔一段時間，如果有連結情形改變，就發送更新訊息到傳送距離內的節點。當有封包要傳送時，起點檢查路由表中是否有到目的地的路徑，下一個轉傳點是誰，中繼的轉傳點根據收到封包時自己知道的路由表選擇下一點，依此到達目的地。所以一開始離目的地遠時所知的路由資訊比較不準確，越靠近目的地，越可以得到較精確的路由資訊，選擇較佳路徑。利用 link-update 特性，在車際網路上，或許可以採用這種方式，在造成網路負擔不大的情形下，利用更新方式得到較好的路徑。

在探討車際網路中車輛間因為持續快速的移動導致車輛間距離過大，無線傳輸中斷的問題中，[22]利用觀察實際交通流量畫出車輛間距的機率分佈，再使用統計學上的 K-S test 說明道路上車輛間距近似為指數分佈。並指出車輛間距超過傳輸範圍的情形在非尖峰時段發生機率極高。接下來有一堆研究探討車際網路的連通性問題。重要的議題為探討網路上任兩點之間存在有完全連通的路徑和就一個路段而言，在兩路口的車輛可以讓這兩台車用無線傳輸互傳得到這兩個問題。就路段連通性而言，CAR[23]想要利用先計算出每條道路的連通機率當作最短路徑演算法中的權重來找起點至目的地的最佳路徑。於是要利用統計資料得到的車輛數配合連通率模型得到機率。使用的模型是排列組合將所有可能不連通的情形得到並找出其機率 Pdis，連通率就等於 1-Pdis。計算 Pdis 的方法大致如下：將道路長以

車長 d 為單位切成格子狀共 m 個格子，傳輸範圍 R 。當出現 $n_0=R/d$ 個連續空格都沒有車子存在，代表這段道路有不連通的部分。

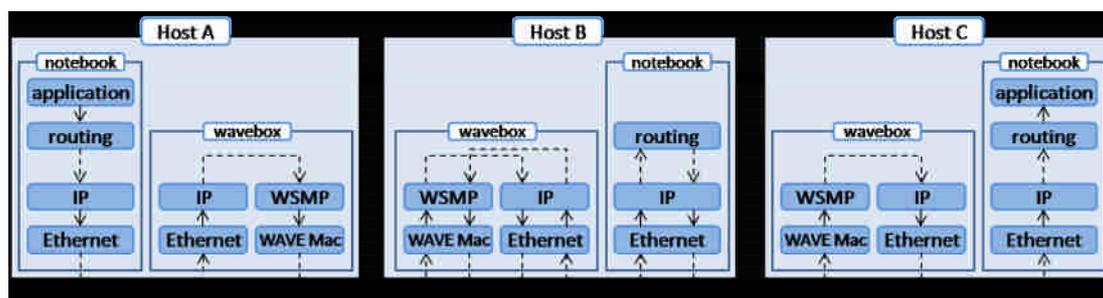
這樣的方式雖然將所有情形都考慮到，計算複雜度極高，當路長越長時，使用到的階層數就越大。而且並未考慮車輛在道路上其實是有機率分佈的，此法的計算是假設車輛隨意的散佈在道路上，如果考慮車輛在道路上的分佈，可以用較簡單的方法分析連通率。綜合以上研究的問題和解法，我們想要利用即時的交通資訊，讓封包在傳送時可以依照當時道路上交通狀況來計算出最佳路徑，在不多加入 RSU(Road side unit)，只利用道路上的車輛的情形下節省成本。規定更新的方法讓更新的資訊可以有效且盡快的收集道路上的交通資訊，同時可以儲存在路口區域讓經過路口的封包都可以因為知道最新的資訊而選擇較佳路徑。另外針對更新的頻率做改良，並非每隔一段時間就更新交通資訊，而是在車輛密度有重大改變的情形，可能影響傳送延遲時，利用車輛數和連通性的關係找出那些連通機率極高適合無線傳輸的路段才進行更新。進而減少負擔又能增進路由效能。

四、研究方法

我們所需的硬體包含了工研院所研發的 IWCU (ITRI WAVE/DSRC Communications Unit)、筆記型電腦、以及 GPS 接收器。IWCU 為一符合美國電氣與電子工程師協會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE) 所制定的 WAVE/DSRC (Wireless Access in Vehicular Environments/Dedicated Short Range Communications) 標準的高階應用平台。WAVE/DSRC 所代表的是 IEEE 802.11p[24]與 IEEE 1609[25]國際通訊標準，應用於車用環境的專用短距離通訊。在本文中我們又稱 IWCU 為 wavebox。

在我們的實作中，一個 host(即車輛)上的基本配置為一台 IWCU、一台筆記型電腦、以及一個 GPS 接收器。應用程式以及 routing 程式執行於筆記型電腦上；筆記型電腦與 wavebox 以 Ethernet 連接；應用程式或 routing 程式欲送出封包時，必須先經由 Ethernet 送至 wavebox，wavebox 將封包標頭格式轉換成 WSMP(Wave Short Message Protocol)的標準格式後用利用無線傳輸傳送出去，由 wavebox 所傳送出去的封包稱之為 WSM(Wave Short Message)；IWCU 主要是負責封包的收送。

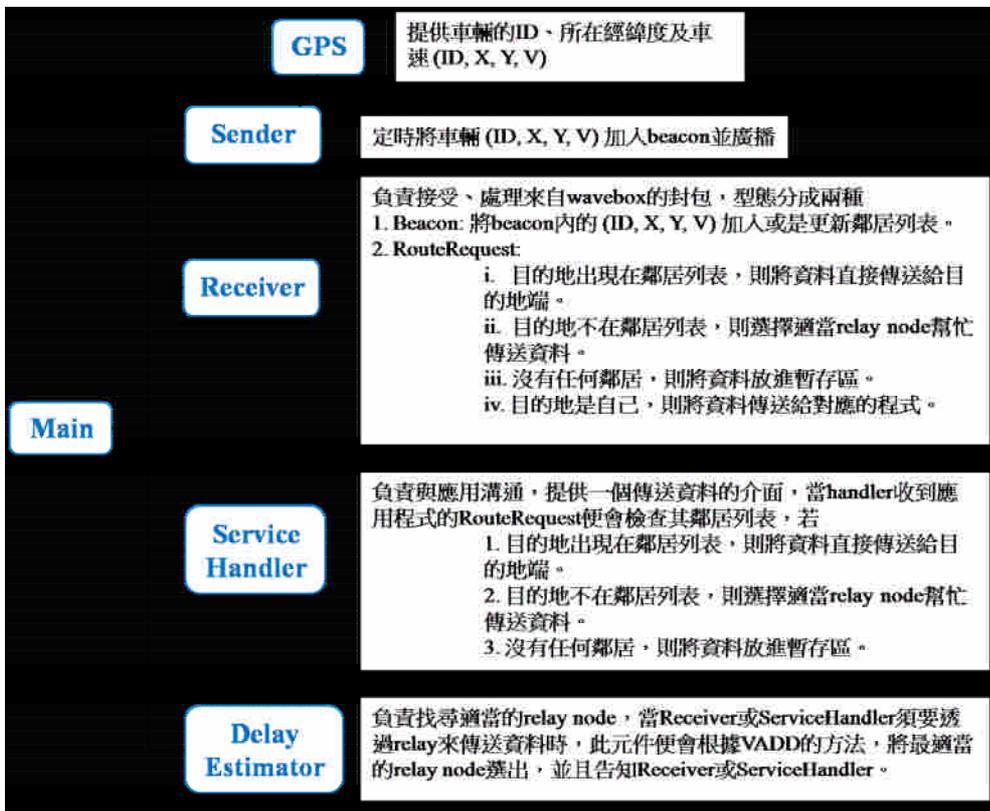
如圖一所示為一傳送封包時的簡易 protocol stack 流程。Host A 上的應用程式要經由 Host B 來轉傳封包給遠端 Host C 上的應用程式。首先，在筆記型電腦上的應用程式先將封包傳送給我們的 Routing 程式，封包最後會經由 Ethernet 傳送到 wavebox，wavebox 收到此封包後會將 IP 的標頭除去並轉換成 WSMP 格式的封包，然後透過 WAVE MAC 傳送出去，Host B 藉由 wavebox 接收到此封包，將此封包傳送到我們的 routing 程式，routing 再藉由 wavebox 將封包傳送給 Host C，Host C 最後則將此封包傳送給本地端的應用程式。



圖一、協定堆疊

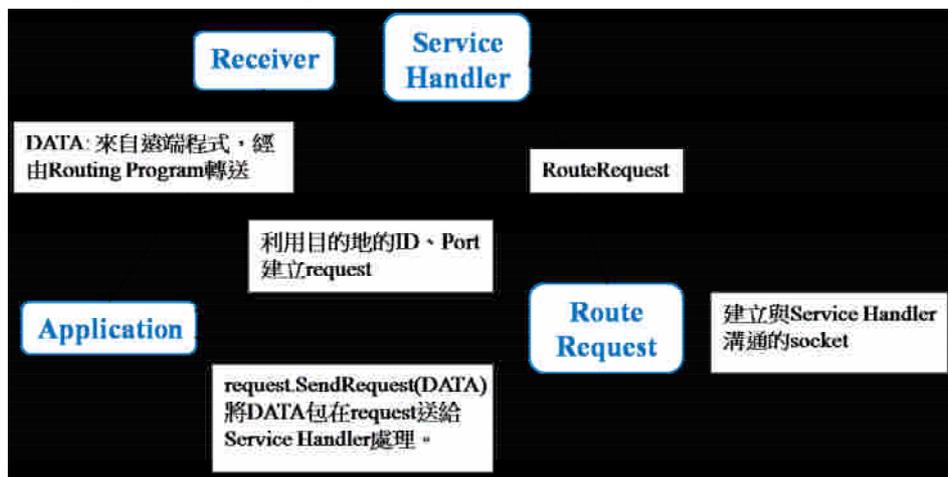
● 主程式架構

Multi-hop Routing 程式負責處理封包的 Routing，決定將本地的應用程式要傳的封包轉傳給特定鄰居或是自行攜帶，並且接收或轉送其他車輛所傳送的封包，以及定時傳送及接收車輛資訊，維護鄰居列表，此程式架構如圖二，分成四個部分：Sender、Receiver、Service Handler 及 Delay Estimator。Sender 是負責與 GPS 溝通、取得車輛資訊後，將其加入 beacon 然後廣播。Receive 是負責接受、處理來自 wavebox 的封包，收到 beacon 封包則從中取得車輛資訊並更新鄰居列表。若收到 RouteRequest 則根據其標頭內的資訊做對應的動作，可能直接將封包送給目的地、找尋 relay node 幫忙傳送封包、將資料放進暫存區或是將封包傳送給相對應的本地程式。Service Handler 是負責與應用程式溝通，提供一個傳送資料的介面，當 handler 收到應用程式的 RouteRequest 便會檢查其鄰居列表，接著可能直接將封包送給目的地、找尋 Relay node 幫忙傳送封包、將資料放進暫存區。Delay Estimator 是負責找尋適當的 relay node，當 Receiver 或 ServiceHandler 須要透過 relay 來傳送資料時，Delay Estimator 便會啟動，根據目的地的位置資訊及存在資料庫中的地圖、交通資訊，做為 VADD 方法的參數，接著取得利用各條路傳送封包的優先順序，因此便可利用此優先順序從鄰居列表中挑出最適當的 node 當作 Relay。



圖二、程式架構

應用程式則是要透過Routing程式與遠端應用程式溝通，應用程式將其所欲傳送的資料包成特定資料結構(RouteRequest)，傳送給Routing程式，再由其幫忙轉送。如圖三，當應用程式有資料要傳送，它必須將資料，以及目的地的ID、Port等資訊，打包成為一個request物件，接著便可利用此request將資料傳送給Routing程式。遠端程式傳送的資料經轉送到目的地端的Routing程式後，Routing程式會再將此資料傳送給本地的應用程式。



圖三、應用程式流程

圖四為 beacon 封包格式，此封包內容為車輛的相關資訊，各車輛皆會定時廣播給其周圍鄰居，鄰居收到 Beacon 後便可以將發送者的資訊從封包中取出，更新其鄰居列表，利用此一方法，各車輛皆可以得知其 one-hop 鄰居的資訊，各欄位用途如下：封包型態，標示封包的型態以利接收者對封包解碼。發送者 ID，標示封包的來源。發送者緯度、經度，標示發送者位置，供接收者計算與發送者之間的相對關係，如距離等。發送者速度，標示發送者的速度，目前尚未使用到，為一延伸欄位，日後研究或改進方法時，可能會用到。發送者所在路 ID，標示發送者所在路的編號，需要此欄位的原因：VADD 計算 Routing 優先

權時，回傳值為路的編號，因此必須在從鄰居列表中依據優先權選擇車輛。

封包型態 (int)	發送者 ID (int)	發送者緯度 (double)	發送者經度 (double)	發送者速度 (double)	發送者所在 路 ID (int)
---------------	-----------------	-------------------	-------------------	-------------------	---------------------

圖四、beacon 封包格式

圖五說明 RouteRequest 的封包格式，為應用程式需要將資料送往遠端應用程式所用的封包，發送者 ID 及 Sequence number 可以用來判斷封包是否重複，目的地 ID、port 為遠端應用程式的相關資訊，目的地經緯度則是遠端使用者的位置資訊，可以用來計算 Routing 路徑，Relay ID 用來標記此封包的 next hop，資料欄位則是應用程式實際要傳送給遠端應用程式的資料，各欄位用途如下：封包型態，標示封包的型態，以利接收者對封包解碼。發送者 ID，標示封包的來源。Sequence number：標示封包的編號，與發送者 ID 結合後，可以用來判斷此封包是否重複。目的地 ID，標示封包的目的地。目的地緯度、經度：標示目的地的位置，供接收者計算 Routing 路徑，為 VADD 的參數之一。Relay ID，標示發送者經由 VADD 計算後選擇的 Relay node 的 ID，若接收者非指定的 Relay 則可將此封包濾掉。

封包型態 (int)	發送者 ID (int)	Sequence number (int)	目的地 ID (int)	目的地 port (int)
目的地緯度 (double)	目的地經度 (double)	Relay ID (int)	資料	

圖五、RouteRequest 封包格式

● 道路資料庫之建立：

由於 VADD 需要利用道路資訊來計算封包傳遞時的 next hop，因此本子計畫利用交通部運輸研究所路網數值[26]，擷取我們 routing 程式實際所需要的道路資訊，建立成一資料庫提供 routing 程式存取。我們利用交通部運輸研究所路網數值圖中的道路圖層和道路節點圖層的資料，建立道路模型。由於每一筆原始道路資訊都是互相獨立，沒有提供道路連結的關係，所以我們必須去分析每條道路的起終點經緯度座標來判斷道路的連接情形。我們透過路網數值圖，建立起新竹市的所有道路的道路模型，將所有提供的每一條道路資訊串接起來，成為一個完整且可連通的地圖道路模型。圖六為交通部運輸研究所路網數值圖使用手冊上對於道路圖層道路節點圖層的說明。

圖層名稱	空間資料內容	屬性資料內容
道路 (線)	1.包括國道、省道(含快速道路)、縣道、鄉道、都市道路、產業道路及無路名道路等既有道路。 2.都市地區所有 6 米以上道路。 3.部分縣市路網資料更新。 4.國道及快速公路更新至 97 年 7 月，其餘道路更新至 96 年 6 月。	包括道路各路段之道路分級碼、公路編碼、道路結構碼(一般道路、橋梁、隧道、匝道)、橋梁編碼、隧道編碼、道路名稱(分為路或街、巷、弄)、道路共線關係、起迄節點代碼、方向性代碼以及原 1.4 版路段編碼。
道路節點 (點)	包括道路之節點坐標資料。	節點代碼(如圓環、丁字路口、十字路口...等)。

圖六、道路圖層道路節點圖層的說明

以下是所建立的資料庫 Table 及所儲存的資料：

Table Name	儲存資料
1. road_table	儲存道路資訊、道路端點的路口型態和經緯度。
2. roadnode	儲存全台灣的路口 ID 和型態。
3. tude_tm2	儲存道路的 tm2 資料。
4. tude	儲存道路的經緯度資料。
5. tudenode	儲存全台灣的節點資訊道路的經緯度。
6. road_length	儲存計算一段路的長度。
7. DandV	儲存計算一段路的速度及密度。
8. connection	儲存計算一段路與哪些道路相連接。
9. equation_tm2	儲存一段路的道路方程式係數。
10.intersection	儲存計算一段路與哪些道路相連接。
11.neighbor_node	儲存路口與哪些路口相鄰。
12.neighbor_road	儲存路口與哪些道路相連接。

圖七展示了道路主要的資訊。該表格紀錄了每條道路的兩端點以及道路編號。每條道路利用二維的經緯度值來表示線的端點，而用一端戶相連接的線來表示一條道路，而頭尾的端點即整條道路的起點與終點。當然，在轉折處會多一個節點來表示轉折點的經緯度座標，其中的 count 代表該道路由幾個節點依序連接而成。

Road ID	Count	Endpoint
73	3	119.675968 , 23.556624
		119.677085 , 23.556954
		119.676533 , 23.558804
74	4	119.676533 , 23.558804
		119.676350 , 23.559425
		119.676174 , 23.559912
		119.674693 , 23.560501

圖七、道路主要的資訊

- GPS 定位：

GPS 定位指的是由 GPS 所取得的經緯度取得車輛目前所在道路。VADD 中，車輛必須能得知其所在的位置位於哪條路上，以便判斷與計算封包的 next hop。我們可以利用所建立的道路資料庫以及車輛本身所取得的 GPS 資訊實現此目的。我們所採用的方式，是依目前車輛的所在位置，計算其與每段路段的投影點與垂直距離，若投影點落在某一線段所形成的矩形範圍內且垂直距離為最短，該路段即為所求。由於每一路段都有兩個端點，可藉

此求得路段的線性方程：若 $P(x_0, y_0)$ 為目前車輛所在位置， $L: ax + by + c = 0$ 為某一道路的直線方程式， d 為 P 到 L 的垂直距離， P' 代表 P 在 L 上的投影點座標，則

$$d = \frac{|ax_0 + by_0 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

例如，圖八中的 P 點，其與道路 L_1 的投影點並沒有落在 L_1 所形成的矩形內，因此可知 P 點必不在道路 L_1 上，但可能在道路 L_2 或 L_3 上； P 點與 L_2 和 L_3 的垂直投影距離分別為 d_2 與 d_3 ，而 $d_2 < d_3$ ，因此例中判斷的結果為 P 點在道路 L_2 上。

判斷點在直線的投影點，是否在道路端點的 x, y 坐標所圍成矩形範圍內

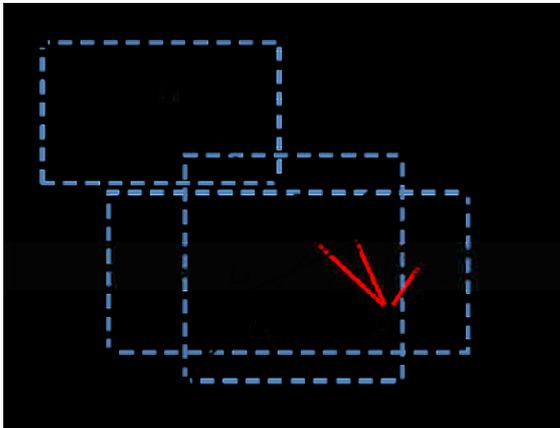
否 所在的位置不可能在此道路上

是

所在的位置有機會在此道路上

判斷點到所有直線最短距離

即為此道路



圖八、 P 點投影在道路 L_2

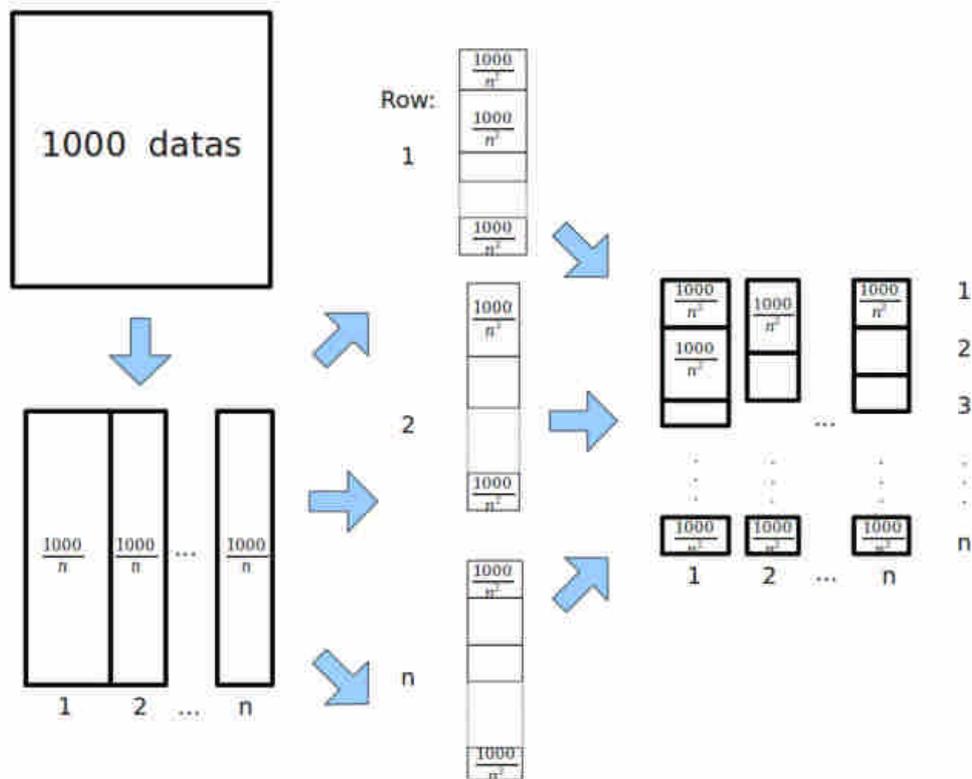
圖九、座標，定位的流程

● 地圖切割：

我們將提出一個地圖分割方法，以加快道路配對的速度。由上一小節，我們可以確保找到任一經緯度座標點所配對的道路，但是，由於要對所有道路做運算，其花費時間與成本過高，再加上，實際做此運算的是一嵌入式設備，對於太長的回應時間，會讓使用者誤以為系統已經當機。因此，我們提出一個地圖分割的方式，僅針對所需要的區域做尋找。我們利用二分搜尋的方式從 n 平方的區域中找出我們的目標區域。

圖九中展示了地圖如何分割成區域 [27]。首先，利用 x 軸，將所有資料依據個數分割成 n 塊相同大小區域，接著再針對 y 軸再平分成 n 塊相同大小區域。這樣一來就能將所有資料分割成 n 平方塊區域。舉例來說，假設我們有 100 筆資料，而預計分成 2 平方 (4) 塊區域。假定有 50 筆資料的 x 座標小於 34.2251，則我們便從 34.2251 將整塊資料分割成 x 大於 34.2251 的區塊與小於 34.2251 的區塊，其中，這兩塊區塊裡的資料數量相同。依據此分類方法，則我們可以得到我們一開始最想搜尋的區域。僅有少部分的例子顯示，我們還是必須搜尋整個資料庫才能找到我們要找的道路。另外，由於地理資訊變異性很少，我們可以將其先行計算，並且改由表格儲存索引值，則未來僅需以索引值存取資料庫，則執行速度將獲得提升。另外，此索引值我們以欄排列為主 (column-based)，也就是 $index = rowIndex + n * (columnIndex - 1)$ ，如此一來，若要延伸向其四面八方的鄰居區域做延展，僅需增減其所引值即能達到效果。

搭配上過濾的加速機制，我們針對交通部運輸研究所提供的地圖資訊，設計了我們的離線地圖資料庫，並且在嵌入式系統上進行存取動作，其執行效能能順暢的執行於個人電腦與嵌入式電腦中。



圖九、地圖資料庫分割

● 測試定位精準度：

以下為我們針對新竹市區，對於我們實作的定位方法所作的精準度測試。測試方式為於 Google map 上隨機選取任一道路上的任一點，記錄該點所在的道路名稱以及該點的座標；然後再利用我們實作的定為方法，以剛才所選取的該點座標為輸入，判斷出該點所在的道路，若與所記錄的 Google map 上的道路名稱相符，則視為成功，否則為失敗。圖十為測試結果。

點選 Google map 的道路名稱	是否正確定位，若錯誤，則判斷為	距道路的距離	錯誤原因
1. 中華路二段	是	3.599(m)	
2. 西大路	是	5.067 (m)	
3. 中正路	是	0.900 (m)	
4. 東門街	是	1.72952 (m)	
5. 中央路	是	1.082 (m)	
6. 光復路二段	是	12.260 (m)	
7. 水源街	是	5.5518 (m)	
8. 建中一路 23 巷	否，建中一路	68.515 (m)	資料庫無此道路
9. 新源街 16 巷	否，光復路二段	66(m)	資料庫無此道路
10. 東山路 61 巷	是	2.795 (m)	

11. 竹蓮街 101 巷	否，南大路	50.3634 (m)	資料庫無此道路
12. 明湖路 28 巷	否，其他道路	3.469 (m)	資料庫無此道路，名稱，標明為其他道路
13. 林森路 210 巷	否，林森路 200 巷	43.81 (m)	資料庫無此道路
14. 德高街 158 巷	否，林森路 158 巷	2.3925 (m)	資料庫與 Google Map 道路地點資訊不符
15. 南外街	否，其他道路	22(m)	資料庫與 Google Map 道路地點資訊不符
16. 園區一路	是	1.355176(m)	
17. 科技二路	是	10.500(m)	
18. 湖濱三路	是	1.8889(m)	
19. 民有街 22 巷	否，其他道路	2.7213(m)	資料庫無此道路，名稱，標明為其他道路
20. 民享一街 28 巷	否，民享一街 36 巷	4.9165(m)	資料庫與 Google Map 道路地點資訊不符
21. 光復路一段 607 巷 1 弄	是	1.96649(m)	
22. 長春街 108 巷	否，長春街 98 巷	20.7933(m)	資料庫無此道路
23. 新莊街 122 巷	否，新莊街 180 巷	4.259283(m)	資料庫與 Google Map 道路地點資訊不符
24. 關東路 376 巷	是	2.8782(m)	
25. 光復路一段 544 巷	否，光復路 544 巷	89.391(m)	資料庫無此道路

圖十、測試定位精準度

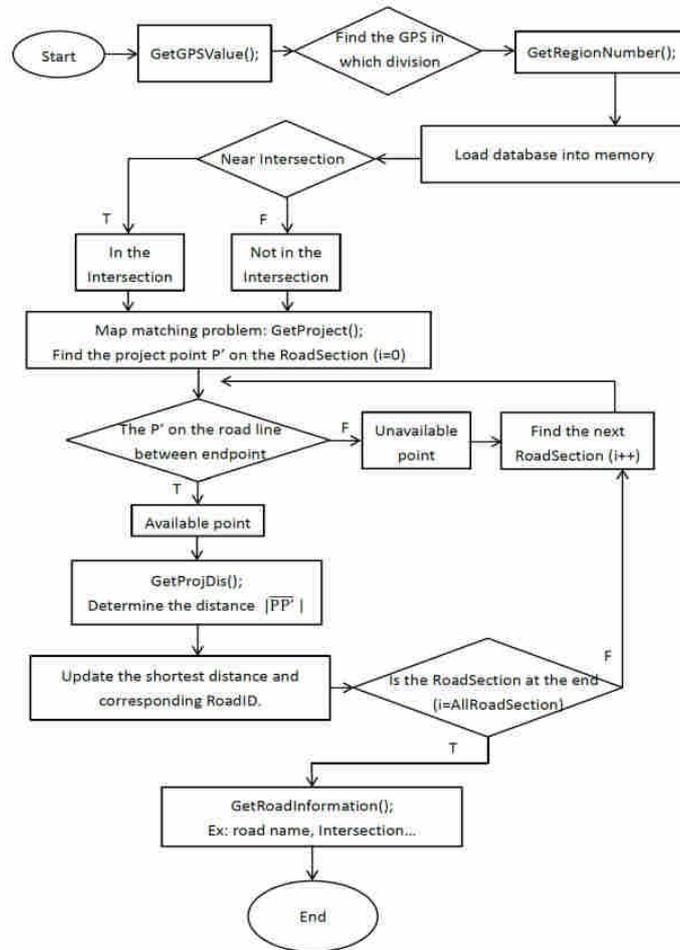
分析以上的測試結果，可約略得知正確率約八成。判斷錯誤可能來自於以下原因：

1. 交通部-運輸研究所路網數值圖有許多道路，尤其是小巷弄(道路寬度小於 6M)者並無建立資料庫，所以在判斷道路精確度上有所出入。
2. 有一些在路網數值圖的道路資訊與 Google map 的資訊道路名稱並不相同，研判可能其中一個的資料有所輸入錯誤。

● 統整地圖與系統：

為了最後的驗證部分，我們必須整合我們的地圖與整個系統，並且為測試環境做設定，其中的測試環境為 Google 離線地圖。另外，我們對於不同的座標系統與球體投影到二維平面地圖亦作了轉換分析的動作。其中，台灣的地圖有幾種不同的座標系統，像是 TWD67、TWD97 與 WGS84。其使用的球體投影方法也有所不同，像是 TWD97 採用的是橫梅投影 (Mercator projection)，其主要方式為利用一圓柱體將球體外切，再由球心對球面所有點連線至圓柱體，將球面的點對應到圓柱體上，最後展開圓柱體的側面，即形成一個二維的地圖座標系統。此方法被普遍用於相當多的地圖繪製系統上。

在使用者的畫面呈現上，我們便展示一個二維平面地圖，當使用者點下地圖上任一點，其二維地圖座標便經過反向的橫梅投影，而得到其於世界座標中的經緯度值。此時，便會由該點像附近廣播尋求處在該位置的節點所拍攝到的行車畫面。若得到附近節點所拍攝的畫面，則使用者會先暫存一塊緩衝區 (buffer) 的影片後，開始撥放得到的影片資訊。整個系統如圖十一所示。



圖十一、統整地圖與系統

其他與資料庫相關的實作，總結如下：

- 將道路資訊、全台灣"的路口資訊...等等 insert 到資料庫。
- 透過二度分帶(TM2)的座標系(單位為公尺)，計算一段路的長度。
- 與全台灣的路口資訊跟新竹的起點、終點路口資訊代碼比對找出新竹"起點"路口的節點型態，得知道路相連的情形。
- 計算出新竹市所有道路方程式儲存在資料庫中，並利用以下GPS定位方法得知目前所在位置。
- 將所有道路資訊封裝成 object 傳給前端運算程式。

● 應用程式系統架構：

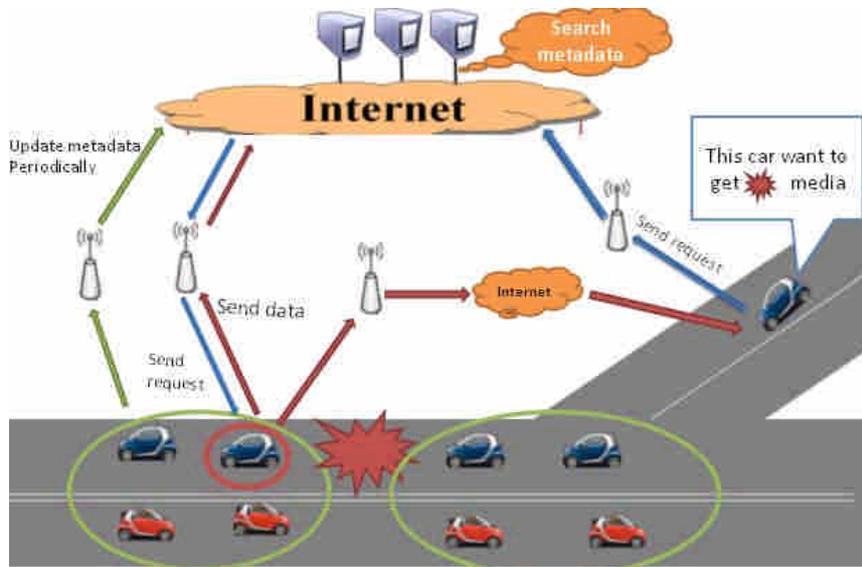
透過上述建立的資料庫，我們結合行車紀錄器和車載通訊技術，開發出一個即時路況預覽系統。例如，駕駛者前方視線若被大型車輛擋住，則可透過其他車輛之行車紀錄器鏡頭，觀看其前方路況；亦可與雲端技術結合，將影像或影像之詮釋資料(metadata)上傳至雲端，提供後端伺服器分析或協助警方搜尋辦案所需之影像證據。本計畫基於行車紀錄器的日益普及，期望藉由車載資通訊技術，使眾多車輛上之行車紀錄器所記載之交通資訊得以依據應用上的需求相互分享。如圖十二所示，為一結合行車紀錄器、GPS 接收器、智慧型手機/平板電腦、以及車上機(OBU)之道路影像預覽系統。此系統提供駕駛者於行進間可以預覽其計畫路徑上或他處之道路影像，以利駕駛提早作出行車路徑之規劃。駕駛者可

於行進間，以手指點取螢幕地圖上欲預覽之地點，車上機接著會發送一詢問封包至一特定範圍，要求擁有該點選地點影像之車輛回傳該影像。



圖十二、結合 GPS 行車紀錄器，OBU

系統如圖十三，所有車輛定期上傳 metadata(包含時間戳、路名 ID、經緯度等)給 server，當有車輛發出請求時會先從 server 的資料庫中查詢是否有對應的檔案，再依照對應的車輛發出請求。



圖十三、車輛透過基地台存取雲端服務

- 車輛會定期上傳自己的拍攝到的照片和所在經緯度合成的 metadata
- 當有車輛對藍色區塊有興趣發出請求時，server 會查詢自己資料庫中是否有此筆資料(檔案)，若有則 server 直接回傳給車輛，若沒有則回傳擁有此資料的車輛 ID。
- 該車輛收到 server 給予的車輛 ID 後會向該車輛發出請求，而收到請求的車輛會將擁有的資料傳給該車輛。
- 當同區塊的 Metadata 要求頻繁時，Server 會主動和擁有此資料的車輛要求資料。

在車載網路上，移動中的車輛要持續傳送封包給位於道路上的靜止點，要想辦法使得封包傳輸的延遲時間變短，封包更快到達目的地。

本協定主要是想利用道路上的車輛去作道路即時交通資訊(路段傳輸延遲時間)的更新並且在路口製造暫時儲存機制讓收集到的道路資訊可以增加其被利用到的機會。我們認為道路上的交通情況是瞬間變化極大的，如果封包在傳送途中有某些路段的車輛數增加或減少，和統計得到的結果相差到一定量時，此時在路徑的選擇上是否應該不同。也就是說，在封包傳送途中如果可以一直收到來自各路段的即時延遲，可能可以得到延遲更短的路

徑。決定是否發動更新機制的門檻值由道路連通性決定，我們認為當道路已經被判定為連通，代表此時往此路段傳送可以快速傳送經過整個路段，這時交通情況一定是和統計資料相差極大。當分散式的機制偵測道路密度到達一定值，連通機率極高時，才進行更新動作。總結本協定大致分為以下三部份：

1. 如何由道路車輛密度得知連通機率和分散式偵測機制
2. 透過路口車輛發動更新機制並將收集到的資訊儲存在路口區域
3. 將即時延遲時間配合統計資料計算的延遲時間計算道路優先權

● 連通性偵測：

以無線傳輸的假設，只要兩輛車在彼此的傳輸範圍內，傳送資料時便可以順利傳送給對方。於是從路口一端開始，每隔傳輸範圍內有一台車以上，便可向前轉傳一段距離，我們稱之為傳送距離。將道路用傳輸範圍內切成若干等份，每隔傳輸範圍內都有至少一台車輛以上，需要轉傳(路長/傳送距離)次數恰可直接傳送經過整段路而不會在傳送途中某一段沒有車輛在欲轉傳的方向而傳輸中斷，封包需要由車輛攜帶才能傳送過整個路段。對任一輛車而言，我們先得到其前方傳輸範圍內有一台車以上的機率，然後在此情況下，它可以往前傳送經過傳送距離，當以傳送距離轉傳了(路長/傳送距離)次時，表示已經傳輸經過整條道路。

已知車輛在道路上自由行駛的情形，車輛在路上的分佈為指數分佈[10]。也就是說，給定一段長度，會出現一台車輛的機率為指數，參數為道路車輛密度。如果要知道對於一段道路長為 L 的路段，傳輸範圍 R，要達到連通機率為 P_{con} 所需的車輛數，必須計算達到此連通機率所需道路車輛密度，再將此密度乘上道路長度就可得到所需車輛數。對於任一輛車輛， ρ_i 為道路車輛密度，它前方傳輸範圍 R 內有一台車以上出現的機率為

$$\int_0^R \rho_i e^{-\rho_i s} ds = 1 - e^{-R\rho_i}$$

如果要成功由一端路口到達另一路口，至少需要轉傳 L/R 次跳躍。但這是假設每次轉傳都可以成功往前轉傳到前方 R 公尺處。如果在轉傳過程中每次都可以以傳輸範圍前進的話，那只要對於每隔 R 公尺的那些車輛而言，其前方 R 公尺內都有至少有一台車輛存在即可，於是就是連乘。

$$P_{con} = \left[1 - e^{-R\rho_i}\right]^{\frac{L}{R}}$$

在這邊我們要求的是給定一個 P_{con} ，想要知道 ρ_i 。因此可以透過以下推導

$$\begin{aligned} P_{con} &= \left[1 - e^{-R\rho_i}\right]^{\frac{L}{R}} \\ \Rightarrow 1 - e^{-R\rho_i} &= \sqrt[\frac{L}{R}]{P_{con}} \\ \Rightarrow 1 - \sqrt[\frac{L}{R}]{P_{con}} &= e^{-R\rho_i} \\ \Rightarrow \ln\left(1 - \sqrt[\frac{L}{R}]{P_{con}}\right) &= -R\rho_i \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \rho_i = \frac{\ln\left(1 - \sqrt[R]{P_{con}}\right)}{R}$$

最後得到的車輛數便是 $\rho_i \times L$

但是由於車輛在道路上的位置不會是均勻的，前方傳輸範圍內有至少一台車，不代表每次往前傳輸都可以往前進 R 公尺。於是我們想要知道每次轉傳時平均往前的傳輸距離是多少。首先根據[28]車輛之間的距離為指數分佈。 $f(s) = \lambda_s e^{-\lambda_s s}$ ， $\lambda_s = \lambda_l / \bar{V}$ ， λ_s :平均每公尺

的車輛數， λ_l :道路上平均每秒觀察到的車子數量，要知道在傳輸範圍 R 內最遠的車輛距離

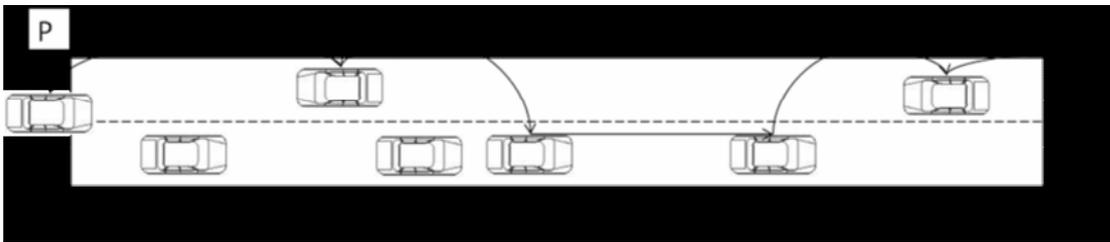
依照指數分佈，平均車間距為 $\bar{s} = 1/\lambda_s$ 。期望傳輸距離便是傳輸範圍內可以轉傳到的最遠車輛的距離，每次轉傳時可以轉傳這段距離。計算上看傳輸範圍內，車輛以平均車間距相隔，累計這些車輛間距的總和，在不超過傳輸範圍的情況下，可以存在幾台車。以傳輸範圍減去車輛間距的總和便是傳輸範圍內最遠的車輛離當前車輛的距離，也就是在找下一轉傳點時，可以轉傳前進的傳輸距離。

$$E[Tx_Range] = R - (R \bmod \bar{s})$$

將此當作每次傳送可以往前前進的距離，原本求連通率的式子會變成

$$\rho_i' = \frac{\ln\left(1 - \frac{L}{E[Tx_Range]} \sqrt[R]{P_{con}}\right)}{R}$$

修改過後真正所需的車輛數為 $\rho_i' \times L$



圖十四、Connected example

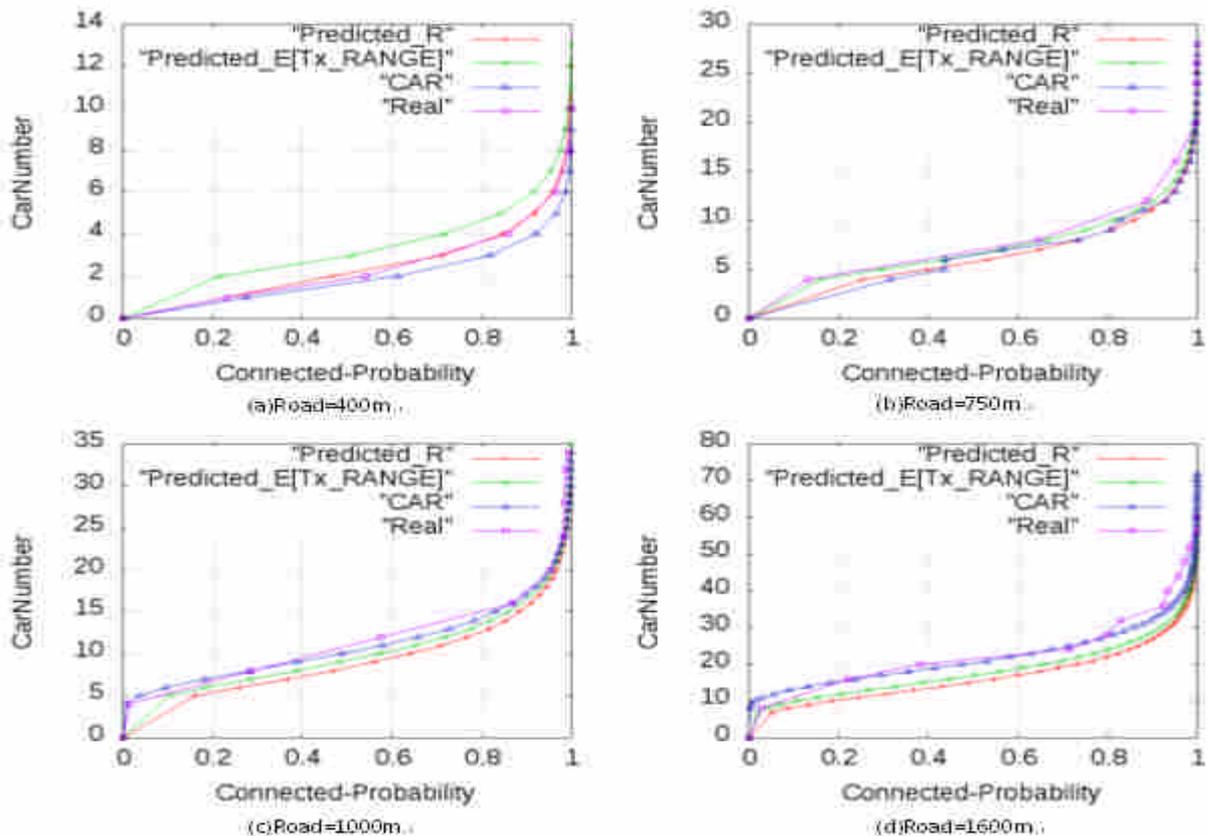
以上圖十四而言，要由路段的一端傳送封包給另一端，如果在傳輸範圍內有一台車以上，連續數個跳躍都有車輛往前傳，直到跳傳過整個路口，此路段為連通。在此我們對這種用車輛分布來推導車輛連通機率的結果做模擬實驗，目的是要看預測的結果和實際值，也就是車輛真的在路口傳送封包的結果，以及和其他方法中提到的模型計算出來的結果做比較。越接近真實車輛產生的曲線代表能越準確地知道車輛數大於某一定值，道路上車輛就有很高的機率一定會連通。

Parameter	Value
MAC	802.11
Tx_Range	250m
Packet sending rate	1 packet/second
Road Length	400m,750m,

	1000m,1600m
Vehicle Speed	0~18m/s(avg:15m/s), 0~8m/s(avg:5m/s)

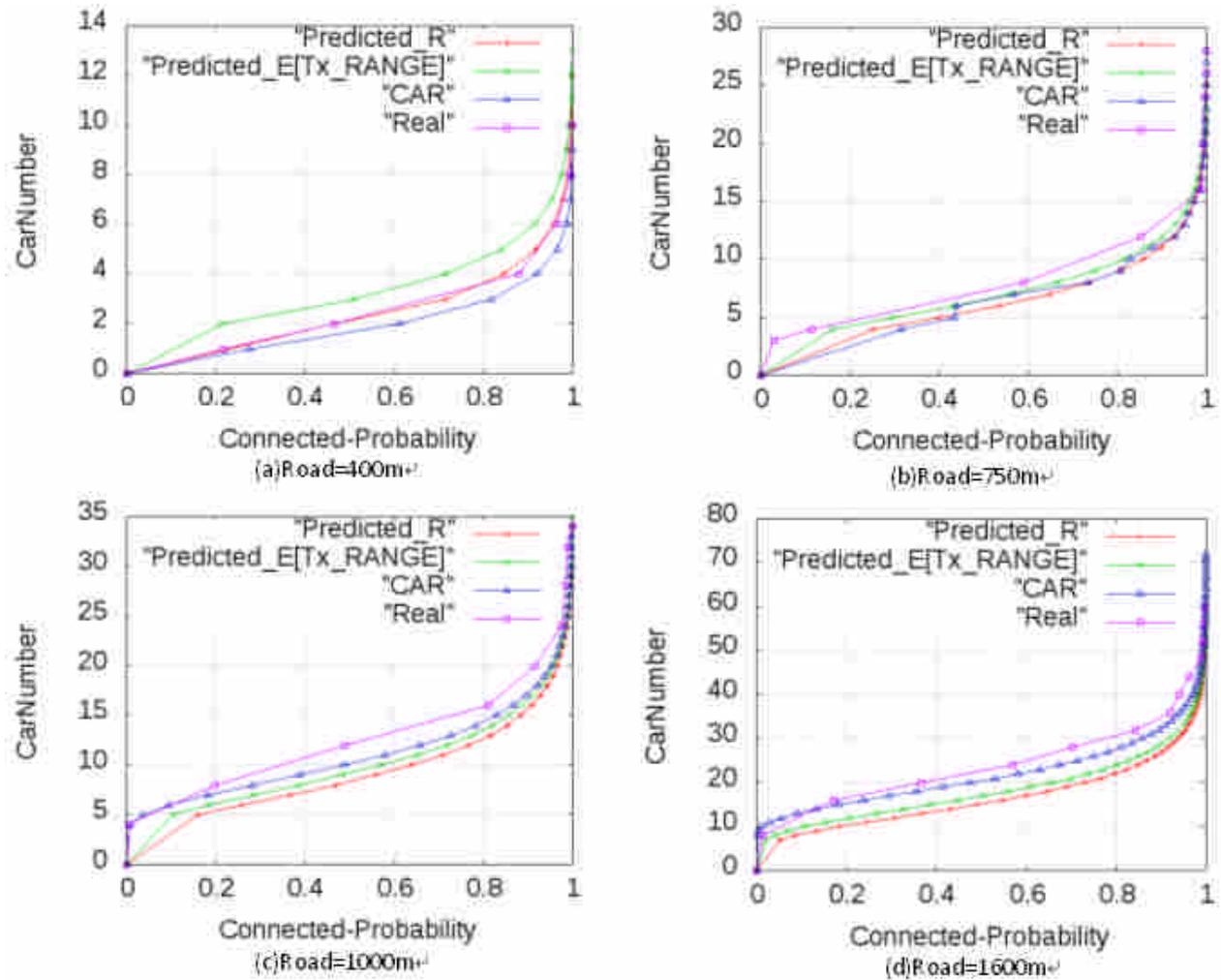
我們使用 NS2(ns-2.31)[29]來模擬實際傳輸的結果以驗證理論連通率計算的準確性。比較實際傳輸的連通率，Qing Yang[30]提出的方法 CAR 以及[31]一樣是以指數分佈分析，但是以每次期望傳輸都可以前進傳輸範圍來比較。我們用車輛移動產生器[32]產生車輛的移動，模擬不同的道路密度，模擬時間 500 秒，分別在路段的兩個路口，都各自由路口一端往另一路口傳送封包，看有多少封包不會在傳送過程中遭遇到傳送路徑斷裂現象，然後除以總共送出的封包數當作連通率。針對不同道路長，不同速限，不同車輛密度，每個情境重複十次。

在圖十五在路長為 400m 時，用我們機率分佈得到的曲線在同樣連通率下，會預測出需要多一點車輛才會連通，和實際值有所誤差，使用期望傳輸距離在道路長度短時沒有發揮作用，反而會高估所需的車輛數而產生誤差，表示車輛在道路長度不長，車輛分佈密集時，還是可以每次轉傳時都跳躍傳輸範圍。在路長 750m 時，使用期望跳躍距離後，我們可以比原本每次都以傳輸範圍跳躍的結果和 CAR 更接近真實值。在道路長度逐漸變長 1000m,1600m,用機率分佈的結果會比 CAR 差，因為車輛散佈在道路上的位置情形變化較大，分佈情形不均勻，實際上的車輛分佈和期望的指數分佈有所落差，車輛的連通性比較差無法照機率分佈這樣理想。CAR 會將車輛在道路上所有位置的可能性都計算出，但當道路長度越長，所需計算的階層數會隨之增大，計算上較為複雜。但當車輛數變多時，車輛有越高的機率平均散佈在各處，預測的結果就越靠近實際值。總體來說使用期望傳輸距離會比使用傳輸範圍較符合實際值。



圖十五、Comparison of connectivity-model (speed limit 18m/s)

圖十六為車速較慢時的結果。車速較慢時，各種結果和實際值的差距皆變大，因為車速慢，車輛需要較多時間才能均勻散佈，一開始車輛產生的位置可能也會影響連通率，等到車輛行駛一段時間分佈均勻後結果應該與速度快時雷同，車速快慢不會影響連通率的高低。



圖十六、Comparison of connectivity-model (speed limit 8m/s)

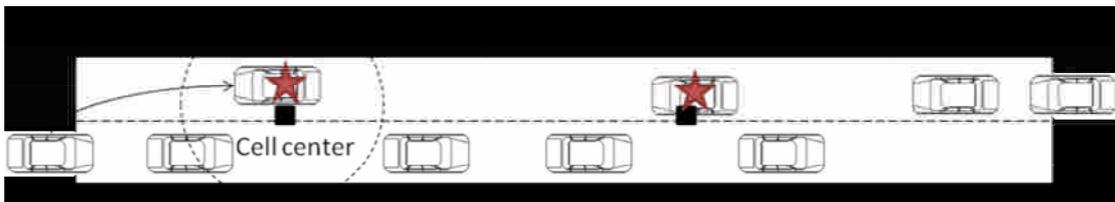
圖十六為車速較慢時的結果。車速較慢時，各種結果和實際值的差距皆變大，因為車速慢，車輛需要較多時間才能均勻散佈，一開始車輛產生的位置可能也會影響連通率，等到車輛行駛一段時間分佈均勻後結果應該與速度快時雷同，車速快慢不會影響連通率的高低。

一旦知道在某個道路長度下，使用任一連通機率模型計算需要多少車輛才能讓連通機率極高，適合無線傳輸。要做的事便是利用道路上的車輛去偵測目前交通狀況看車輛數是否已到達門檻。使用方法如下：如圖十七，將道路以道路長度用兩倍無線傳輸範圍切成等分格子，在每個格子內每輛車子依據自己和鄰居們的位置，判斷自己是否為最靠近格子中心點車輛，最接近的車輛負責偵測此格子內的連通情形。因為位於格子最中心的話，可以收到來自格子內所有車輛的位置封包而知道格子內所有車輛的位置。最靠近中心的車輛發動判斷動作，判斷自己所在格子是否可以完全連通。判斷標準為，因為每台車輛會透過位置封包得知鄰居資訊，於是對任一車輛而言，它都可以知道自己前後傳輸範圍內鄰居資訊，也就是說，它可以知道某一個大小為兩倍傳輸範圍內，總共車輛的數目。將這個車輛數對照前面已知的要達到連通機率為某值，需要多少車輛。但前面得到的是總共道路長要幾台

車，這邊感應到的是兩倍傳輸範圍內的車輛數，這邊我們將車輛數依感應距離作正規化。例如某一路段長為 1000m，需要 58 輛車出現在道路上時，才有 0.9 的連通機率。現在對於每一個格子內最靠近中心點的車輛，當這台車發現自己的鄰居數目超過 $58 * (500/1000) = 29$ 時，認為在自己所在的格子內，車輛數夠多，可以幫助整條道路形成連通。這時我們說對這個格子而言是接近連通的，對整條路而言還未知。於是要透過交換訊息的方式，來讓每個格子的中心車輛得知其他格子的連通情形。

交換流程由最靠近一條路口的路口的格子開始發動。當格子的中心車輛發現自己所在格子是連通時，它生成一個控制封包，內含自己所在位置，選擇靠近相鄰路口的下一個格子傳送過去。選擇最接近下一個格子的中心點的車輛傳送，位於下一個格子的車輛收到之後，以位置判斷此封包是否來自和自己所處格子不同的其他格子，如果是來自相同格子則往下一格子轉傳。如果是來自不同格子，看自己是否為目前格子的最接近中心點車輛，是的話就判斷連通性，車輛數超過某連通機率所需之車輛數便轉傳到下一格子，車輛數低於連通所之車輛數則丟棄此封包。自己不是最靠近中心點車輛便往目前格子的最靠近中心點的車輛轉傳。

此封包經多次轉傳後到達路口範圍。在路口範圍內的車輛，要做的事就是負責接收封包，如果可以成功接收得到，那麼我們說，這整條道路有很高的機率趨近於連通，適合作無線傳輸。而且因為車輛必須沿著道路行駛，到達路口前不會突然消失，這個偵測到的車子數量在數秒內總值不會變動太大，此資訊在短期內有一定可信度。我們在每 5 秒鐘執行一次此動作，以平均車速 15~30m/s 車輛最大會移動的距離為 150m。偵測時收集到的車輛大部份還會停留在同一路段上。



圖十七、Connectivity detection

● 路段延遲更新

收集路段延遲的目的是想要讓道路上的車輛可以盡可能地知道最靠近目前時間點，各路段的傳輸延遲時間，在計算路徑上可以加以利用。得到路段延遲時間的來源有二。其一是在資料封包中附加資訊，紀錄資料封包在相鄰兩路口經過的時間。其二是再加上主動送出控制封包去探詢路段延遲。位於路口區域的車輛發送一個封包讓其通過整條道路去得知目前傳輸所需時間，封包格式如下：起點路口編號，目的地路口編號，送出時間。

對於目前路口，它會對所有連接到這個路口的道路各自發送這個封包，封包沿著道路上的車輛貪婪轉傳或攜帶到達目的地路口。位於目的地路口的車輛取出送出時間標記，收到時間減去送出時間便是實際的傳輸延遲。對於目前所在路口 I_i 而言，其直接連接的道路個數 n ，各自連接到個路口 I_1, I_2, \dots, I_n 。我們對這 n 條道路各發送一個封包。起點 I_i ，目的地 I_1, I_2, \dots, I_n ，裡面存放封包送出時的時間 Send-Time。最後位於路口區域 I_1, I_2, \dots, I_n 的車輛收到 $\text{delay}(I_i \rightarrow I_j) = \text{CURRENT_TIME} - \text{Send-Time}$ 。如果封包沒有辦法傳送到目的地路口，當封包跳躍數大於三而且仍然停留在起點路口，我們將其丟棄並可以得知這條路段目前不是完全連通的。

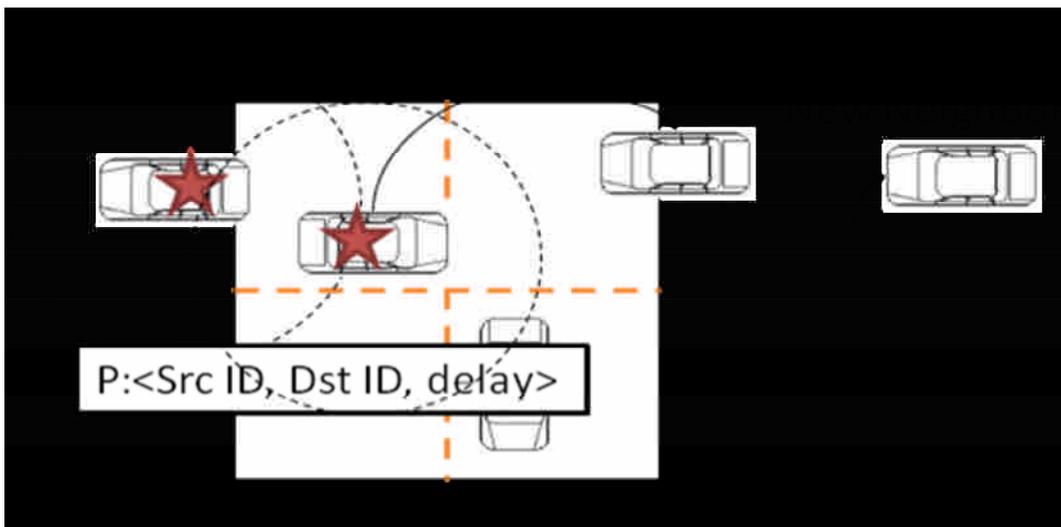
結合上一節提到的連通性偵測機制，這邊我們將偵測連通性所需的封包和這裡提到的路段延遲探測封包合成同一個封包。和原本路段延遲封包一定會在各路口發動且一定會持續轉傳到目的地路口不同。我們會發動且會將探測封包持續轉傳的依據是，在每一個格子

內都要保證車輛數大於連通機率所需之車輛數，這樣可以讓每個成功送達目的地路口的探測封包都是在連通機率到達某一值所收集到的結果。

如果探測封包可以順利到達目的地路口，使用以下機制利用車輛製造儲存效果。如圖十八首先第一個在目的地路口接收到探尋封包的車輛，廣播一次收集到的延遲資訊給鄰居車輛。查詢自己的鄰居表格，將這些鄰居另存為這個探尋封包的接收者，也就是會得到這個探尋封包資訊的人。之後除非碰到新的鄰居而且不是曾經收過這個探尋封包的車輛，才會再廣播並更新所紀錄的探尋封包接收者名單。直到離開路口區域時，找尋尚未在路口區域但即將進入路口區域內的車輛，將此延遲資訊傳送給它。

在路口區域收到位於同樣位於目的地路口車輛轉傳的延遲資訊封包的車輛，收到後一樣先廣播一次並建立探尋封包接收者名單，在離開路口區域前如同上段方法找尋未曾接收過此資訊的車輛轉傳此資訊並更新探尋封包接收者名單。同時每一個即時資訊都有一個過期時間，時間到了就將此資訊刪除，確保可信度。

當目的地路口的車輛收到探尋封包後，它也會反向送一個封包，格式為將探尋封包的目的地路口改成起點路口，起點路口改成目的地路口。加上封包送出時間和探尋封包測量到的路段延遲。和探尋封包不同的是，這個封包內已經含有路段延遲時間，所以在傳送過程中經過的每一個車輛都可以更新這個延遲時間。當這個封包一樣到達目的地路口時，同上我們更新車輛知道的路段延遲並且儲存此資訊在路口範圍內的車輛。



圖十八、Store Real-time delay in intersection area

● 混合歷史資料和即時資訊計算路徑

封包傳送流程：當有封包要從來源點送出時，不必先建立路徑。透過定位服務器找到目的地位置，然後依照來源點現在位置作不同動作。車輛會定期傳送位置封包告訴鄰居車輛自身位置，封包傳送途中每一轉傳點指定下一個轉傳點將封包轉傳給它。在 VADD 中已經建立了一套計算路徑的機率模型，在此延用其模型針對延遲時間計算做部份修改。以下介紹封包在路徑協定上經過的流程並加入我們修改的部份。

首先車輛在道路行駛時依據其所在位置被歸類於不同模式。每條道路和相鄰道路相接的部份為路口，如果車輛位於此區域則進入路口模式。如果位於道路上且非路口區域則為道路模式。最後在靠近目的地所在路口一段距離的範圍內為目的地模式。在不同模式下執行的動作不同。

因為是以路口為基礎的協定，車輛在路口時才需要去決定下一個轉傳路口和負責轉傳的車輛。在道路中間時只需朝著特定路口貪婪傳送並找尋下一個轉傳車輛即可。路口模式

時我們需要對連接到當前路口的相鄰路口作優先權計算，並決定由要轉傳到哪台車輛。首先要知道各路段期望傳輸延遲時間。對於一個路段我們利用以下算式表示其傳送延遲。符號表示如下： r_{ij} 為從路口 I_i 到 I_j 的路段， l_{ij} 為 r_{ij} 的長度， ρ_{ij} 為 r_{ij} 上的車輛密度， v_{ij} 為 r_{ij} 上的平均車速， d_{ij} :路口 I_i 到 I_j 的期望傳輸延遲

$$d_{ij} = \begin{cases} (1-e^{-R \cdot \rho_{ij}}) \cdot \frac{l_{ij} \cdot c}{R} + e^{-R \cdot \rho_{ij}} \cdot \frac{l_{ij}}{v_{ij}} \\ \text{Real-time delay}(I_i \rightarrow I_j) \end{cases}$$

當一台車輛擁有路段即時延遲時間資訊，就使用此資訊。對於路段 r_{ij} ，先去看車輛中是否有紀錄的即時傳輸延遲，沒有的話便使用 VADD 中提到的計算延遲時間公式。對於當前路口和目的地路口，將中間所有道路找出做路徑延遲時間的計算，當前路口和目的地路口中間的道路，以路段為邊，路口為頂點的方式抽象化成圖，邊上的權重為延遲時間。符號表示如下： D_{ij} 為在路口 I_i 選擇路口 I_j 的上車輛傳送到目的地路口的總延遲時間， P_{ij} 為封包在路口 I_i 轉傳到 I_j 的機率， $N(j)$ 為在路口 I_j 的鄰居路口集合。

$$D_{mn} = d_{mn} + \sum_{j \in N(n)} P_{nj} \times D_{nj}$$

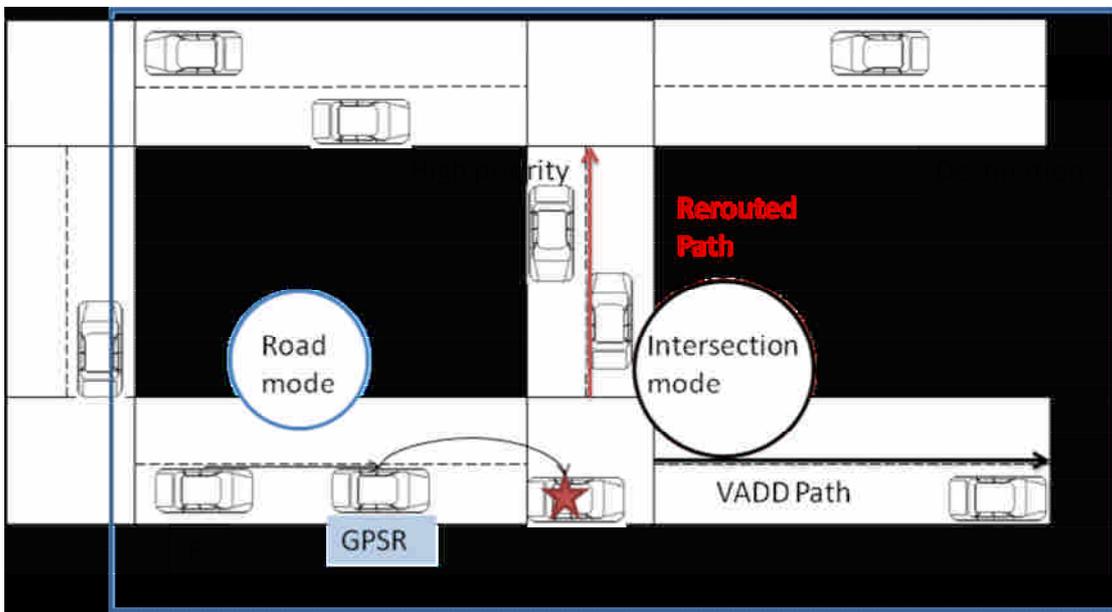
在路口 I_m 經路口 I_n 到目的地路口的延遲時間為先經過 r_{ij} 到路口 I_n 後，透過 I_n 的鄰居路口到目的地路口。所以將在路口 I_n 轉傳到各鄰居路口的機率求出，分別乘上經由這些鄰居路口傳送到目的地路口的延遲時間，這樣就是總延遲時間。 P_{nj} 的求法，由車輛在路口時轉彎到各鄰居路口的機率和遇到車輛在個鄰居路口上的機率算出。求 D_{nj} 時需要繼續往下將經由 I_j 的各個鄰居路口的到目的地路口的延遲時間求出，但無法直接求得，要以類似遞迴的方式寫到最後經由與目的地路口相鄰的路口到目的地的延遲的中間所有等式，每個等式以下型式：

$$\begin{aligned} x_1 &= d_1 + P_{11}x_1 + P_{12}x_2 + \dots + P_{1n}x_n \\ x_2 &= d_2 + P_{21}x_1 + P_{22}x_2 + \dots + P_{2n}x_n \\ &\vdots \\ &\vdots \\ x_n &= d_n + P_{n1}x_1 + P_{n2}x_2 + \dots + P_{nn}x_n \end{aligned}$$

共 n 個等式，其中 n 為所有路口個數。 x_1, x_2, \dots, x_n 為上面提到的 D_{mn} 。 $P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1n}$ 為上面的 P_{nj} 。於是我們最後將這個 n 個線性方程式利用矩陣高斯消去法求解。就可以知道在當前路口，要選擇哪個鄰近道路上的車輛，往哪個鄰近路口傳送過去的延遲時間是多少。剩下的就是去鄰居表格中找對應路口上的車輛轉傳，依優先權先選路徑延遲短的道路上的車輛，直到沒有車輛可以幫忙轉傳才由當前車輛繼續攜帶此封包直到遇到可以轉傳的車輛。

道路模式要做的事便是使用 GPSR，在路口決定要往哪個路口前進後，在該條道路上時，就一直使用貪婪法往該路口前進，每次找更接近該路口的車輛轉傳，沒有更接近路口的車輛時一樣由當前車輛攜帶直到遇到更接近該路口的車輛。目的地模式便是當攜帶封包的車輛接近目的地路口一個固定距離時，便可以直接用距離找最近的鄰居轉傳，可以不用計算和考慮道路地圖，只要以地理位置選則中間節點即可，因為已經夠靠近目的地，不用再作其他選擇。

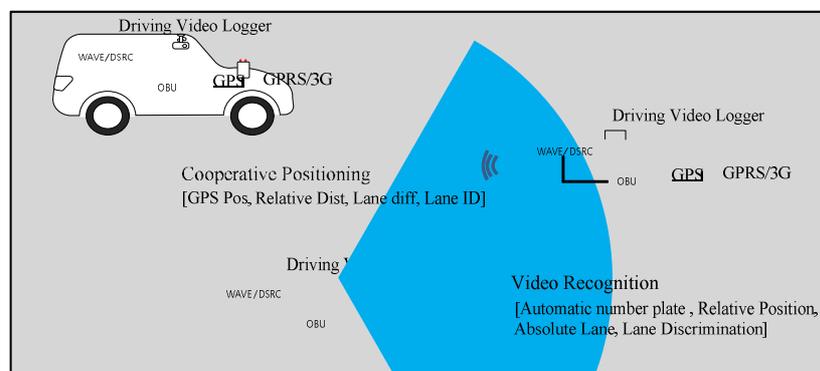
結合即時資訊和歷史的延遲資訊，利用以上方法，就可以讓封包在從來源點送出後，在封包傳送途中邊經過車輛，邊接收即時資訊而得到更接近最佳的延遲最短路徑。整個過程如圖十九，如果在傳送途中收到即時延遲資訊的話，我們可以在該路口進行圖中的繞路過程，去走當下更快到達目的地的路段。



圖十九、Mixed historic data and real-time information

影像輔助之協同式車輛定位系統

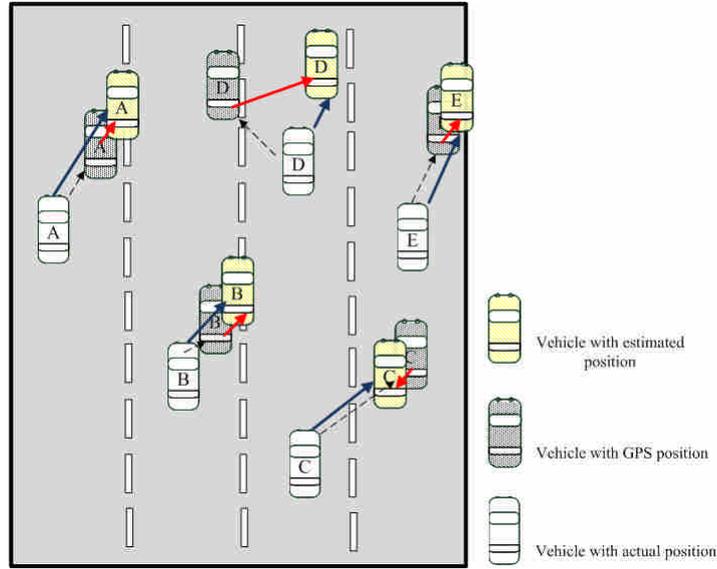
在各種車載相關應用中，車輛定位也是很重要的一環。如在協同式車輛防撞 (Cooperative Collision Avoidance, CCA) 應用中，若車輛擁有發生意外地車輛或者附近車輛的準確位置，駕駛者可以避免行駛該道路或加強注意，此來可以避免連環追撞以及交通阻塞的發生。但是目前一般商用 GPS 所能提供位置準確性約在 5~15 公尺左右，對於許多的應用來說稍嫌不足。故在此計畫中，提出一個影像輔助之協同式車輛定位系統，其架構如圖二十所示。此系統整合 GPS 接收器以及行車紀錄器所能提供的基本影像處理能力，抽取中行車過程中的 GPS 位置，與行車紀錄器所辨識的前車車牌、相對位置、車道差與車輛所在的車道別，透過車載資通訊技術與附近車輛進行交換。車輛接收到上述資訊即可鑑別出車輛 GPS 位置的信心性，並透過權重的的方式修正車輛位置。



圖二十、透過車間距修正 GPS 定位

目前文獻中有部分的方法會受到同位偏移的影響而使得準確性下降。如圖二十一所示，車輛的 GPS 位置皆偏移到右上角，此情形常發生在車輛都使用同樣的 GPS 晶片下，因

為 GPS 的誤差都累積到同樣的方向，當經過最小平方或是平均的方式計算後，車輛位置的準確性也不會提高。為了解決這種問題，除了透過資料融合(Data fusion)的方法外，可以透過權重的方式來修正位置。透過不同的演算法可以鑑定出車輛位置的信心度，越準確的位置給予較高的權重，如此的方式可以解決同位偏移的問題同時可以達到較低的計算複雜度。我們希望透過行車紀錄器所提供的影像處理能力，抽取出行車過程所辨識的車道別與車道差鑑別出車輛位置的信心度，再透過 GPS 位置以及辨識出的相對位置來修正車輛的位置以增加車載定位的準確性。



圖二十一、車輛偏移量

本計畫所設計的演算法流程分為以下三個步驟：

1. **感測 (Sensing)階段**：車輛 i (V_i) 透過 GPS 裝置測量 GPS 位置(P_i)，並透過查詢電子地圖或道路資料庫的方式找出 GPS 位置所在的車道別(GL_i)；裝設行車紀錄器的車輛透過影像處理的技術辨識出車輛所在車道別(VL_i)、與前車相對位置($C_{i,j}$)和車道差($D_{i,j}$)等資訊，並將辨識的車輛加到鄰居列表(N_i)中。
2. **分享 (Sharing)階段**：此階段分為廣播 (broadcast)與接收階段，在廣播階段中，擁有行車紀錄器的車輛將在感測階段中所辨識的感測資訊與 GPS 位置透過 V2V 的方式傳送到附近的車輛；沒有裝設行車紀錄器的車輛只傳送 GPS 位置與車道別。當車輛接收到鄰居所傳來的封包後，檢查封包與記憶體中是否有自己與該鄰居的相對位置，若有則代表其中一台車輛能夠辨識另一台車輛，此時將該車輛加入鄰居列表並將接收到的資訊儲存起來。若車輛無行車紀錄器，則將其透過式子(1)更新影像車道別(VL_i)的值：

$$VL_i = VL_j + D_{j,i} \quad (1)$$

3. **估計 (Estimation)階段**：沒有鄰居的車輛直接回傳其 GPS 位置；擁有鄰居的車輛先計算出鄰居與自己的位置信心度(ρ)。設車輛 j (V_j) 屬於車輛 i (V_i) 的鄰居，透過式子(2)算出位置信心度：

$$\rho_j = \left(1 - \frac{|GL_j - VL_j|}{M - 1} \right) \quad (2)$$

這個式子由 GPS 車道 GL 和影像辨識車道 VL 所組成，其分子為 GL 與 VL 的車道差，

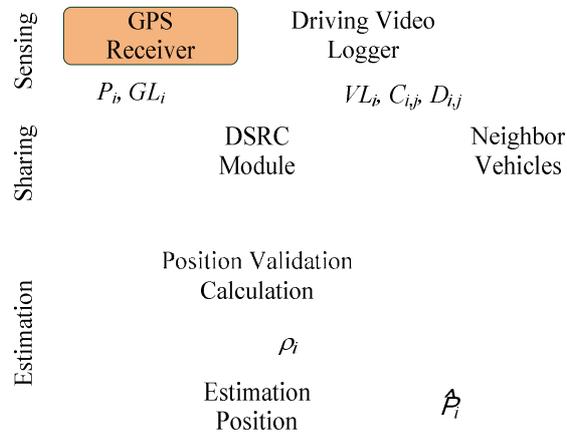
分母為車道數 $M-1$ 而成的最大車道差，故最後的值为 0 到 1 之間。當 GL 與 VL 的差異越大，代表 GPS 位置的誤差越大，其信心值越低。計算所有鄰居的位置信心度之後進行位置的修正，首先定義 $\hat{P}_{i,j}$ 為利用 V_j 的 GPS 位置和相對位置估計 V_i 的位置，由式子(3)組成：

$$\hat{P}_{i,j} = P_j + C_{j,i} \quad (3)$$

最後修正的位置由下式計算出：

$$\hat{P}_i = \frac{\sum_{V_j \in N_i + \{V_i\}} \hat{P}_{i,j} \rho_j^\alpha}{\sum_{V_j \in N_i + \{V_i\}} \rho_j^\alpha}, \quad (4)$$

這個式子由 GPS 位置與相對位置以及信心度組成。GPS 位置誤差越小，信心度越高，對修正位置的幫助就越大。 α 是用來調整權重區間的比例，在實驗裡 α 設定成 5 有最好的修正效果，以及 5%的提升。



五、結果與討論

考量實際室外測量的困難性，目前我們的測試尚以室內為主。測試環境為數台筆記型電腦，每台電腦各自連接一台 wavebox，並且安裝 GPS simulator 及地圖資料庫。GPS simulator 是用來產生虛擬的 GPS 座標，用以模擬實際道路駕駛時車輛所接收到的 GPS 訊號。我們依據實際地圖，選擇一個小的範圍，當做模擬的場地。我們選定其中一台設定成在此範圍內的某一定點，扮演 RSU(road-side unit)的角色，也就是封包傳送時的目的地；其餘各台電腦上的 GPS simulator 設定成在此範圍內的街道上做等速的移動，扮演 OBU(onboard unit)的角色。

系統啟動之後，各 OBU 皆會定時產生資料封包要送到 RSU。若 RSU 在 OBU 的傳送範圍內，OBU 便可直接傳送給 RSU；否則則尋找一 relay node 當做 next hop。若不存在適合的 relay node，OBU 則自行 carry 資料封包，直到到達目的地或是找到 relay node。測試結果為 RSU 可以收到來自各個 OBU 經由各種方法所傳送的封包。

我們比較使用即時資訊更新的協定及原本的 VADD，比較各種路由協定上的度量。實驗的地圖大小為 4000×3200m 的矩形街道地圖，MAC 層的協定是 802.11，有 DCF 功能。車輛移動的軌跡是使用[33]產生。

Parameter	Value
Simulation Area	4000×3200m
# of intersections	24
Intersection area radius	200m
# of vehicles	150
# of senders	15
Vehicle velocity	0~100 km/hr
CBR rate	1 packet/second
Beacon interval	0.5 sec

表一、Simulation Setting

模擬初始時車輛隨機散布在道路上，然後車輛機選擇一路口當作行駛的目的地，照最短路徑開到該路口，權重為道路長度除以道路速限。車輛抵達目的地之後若模擬時間尚未結束，再選下一個路口當目的地開過去。

封包傳送的目的地為設在路口的靜止點，於是我們在所有路口中隨機選擇十五個當作封包傳送目的地，在道路上所有車輛中選十五個當作封包來源點傳 constant bit rate(CBR)資料。在模擬時間中從五十秒後持續傳送資料，傳送速率每秒一個封包，實驗參數如上表。我們要測量比較的是傳輸成功率，傳輸延遲，和協定本身造成網路的負擔量。

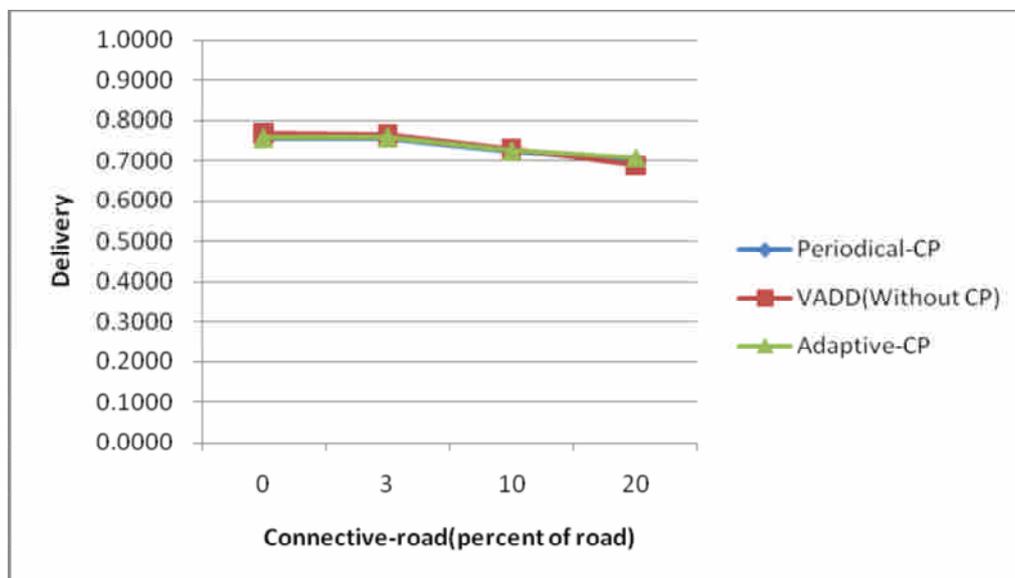
在此我們比較三種方法，第一種是 VADD，原始的使用歷史收集的統計資料來計算延遲。第二跟第三種都是有使用即時交通資訊，但其中 Conn-CP 是會先偵測道路連通性，確定連通機率高於一定值才會開始送探測封包，這邊判斷是高於 0.8 才算夠高機率連通，和傳統的 Always-CP 是不論何時都要送探測封包相比，減少造成網路的負擔。

這邊較不同的是，我們比較的時候，因為要在交通狀況有重大改變時，傳輸延遲才會比較明顯的改善，如果交通狀況不發生和歷史資料不同時，也會有改善，只是改善的幅度不明顯。觀察其中原因，我們發現在正常交通狀況下，使用到即時資訊進而在封包傳送過程中經計算後選擇和 VADD 不同路徑的封包量其實很少，不到 1%，而且這些封包轉換路徑後延遲並不會下降，導致整體平均之後效果不明顯，當我們增加有劇烈變化的路段數，我們選擇總道路個數的部分百分比(3%、10%、20%)，也就是選定路段讓該路段車輛數可以

形成連通，製造類似塞車或車禍之類的道路狀況異常，讓被即時資訊更新且繞路的封包數增多，再來看改善過後的傳輸延遲，延遲時間確實有縮短。下面各圖的圖例：Conn-CP 為先偵測連通率再決定是否傳送 CP，Always-CP 為隨時隨地都會傳送探測封包去得到最新交通資訊。

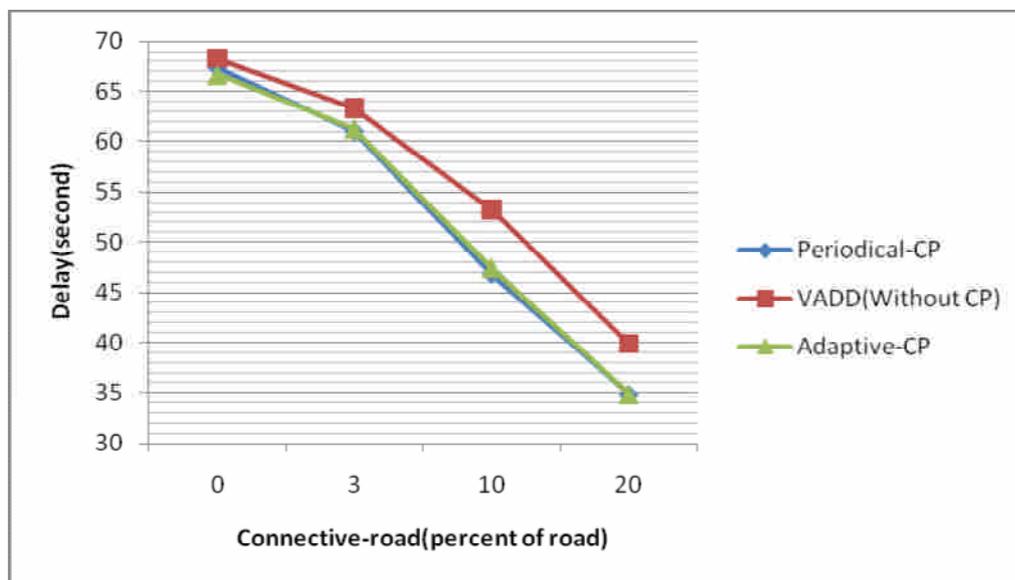
● 傳輸成功率

就傳輸成功率來看，使用 CP 之後，雖然負擔增加，傳輸成功率和原本的 VADD 並沒有下降太多，約略相同，顯示送 CP 封包的負擔不會造成碰撞情形大幅增加。分析造成傳輸成功率下降的兩個主要原因：RET 和 TTL。RET 意指在封包傳送過程中，在路徑上的某一轉傳節點，因為碰撞而一直無法將封包傳送到下一節點，直到超過重傳次數，封包便會被丟棄。TTL 為在限定期限內，封包無法送達到目的地。在確定連通的道路比例越高時，使用 CP 的方法：Always-CP 和 Conn-CP 發生 RET 的次數會比 VADD 多，但可以找到更多在傳送期限內可以送達目的地的路徑，於是 TTL 發生的次數較少，兩者相比 TTL 次數減少的量和 RET 增加的量相近，會增加在 TTL 時間內收到封包的個數，傳輸成功率反而會比較高，但曲線相對位置沒有太大改變。Conn-CP 減少了控制封包的傳送量，讓碰撞情形稍少，所以傳輸成功率可以比 Always-CP 略高。



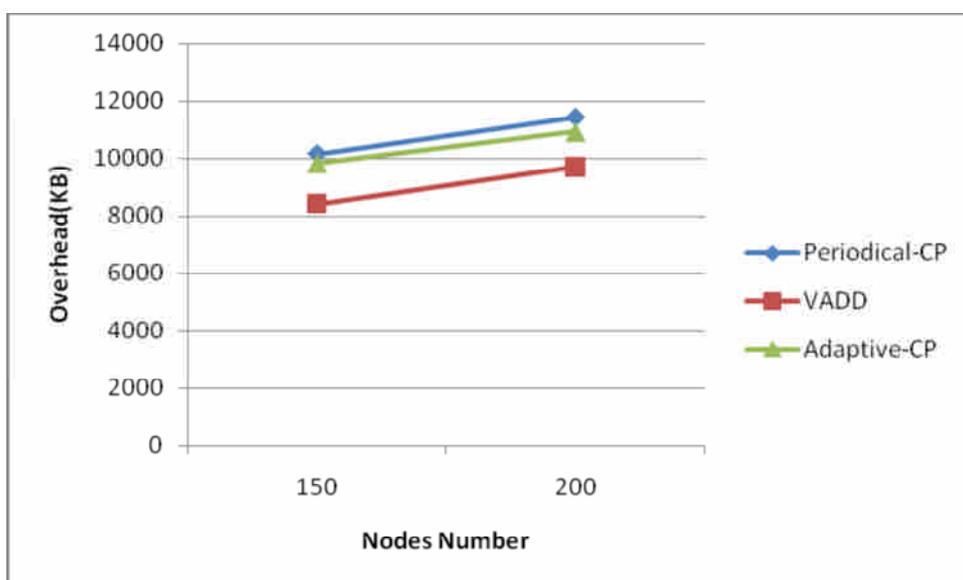
● 傳輸延遲

在傳輸延遲上可以看到隨著連通道路個數的比例變多，各協定的延遲都會下降，因為在路徑的路段沒有車輛時，各協定就會經由這些連通的道路比較快到達目的地。使用 CP 方法的封包傳送延遲可以比 VADD 下更低，最多可以下降 9% 的傳輸延遲時間。在道路情形沒有改變的情形下，延遲下降的情形不明顯，這是因為本來 VADD 封包就可以行經車輛密度較高的路段，而我們只是能找到那些車輛密度變化大的道路，如果車輛分佈情形和 VADD 在計算時使用的歷史資料符合。沒有出現道路車輛數變化劇烈的情況時，比較不出差異。因為所有協定的封包，在計算道路優先權時都會經過同樣的道路。另外，Conn-CP 的延遲時間和 Always-CP 相近，可知在發現道路連通時才做更新的動作也可以讓傳輸延遲降低，在道路連通時，封包可以快速通過路段，這時才更新，可以讓經過更新資訊計算過後而變換路徑的封包，比較可能出現變換過後延遲會降低的情形。原本的 Always-CP，可能會使封包變換路徑後，轉向延遲較長的路徑。因為即使道路不連通封包也轉向，但不連通時表示這些道路有可能在傳送途中還是會中斷，在道路上封包需要被攜帶在車輛上，或者經過傳輸和攜帶後還是停留在路口區域內，延遲反而會增加。



- 協定負擔

我們分析在模擬中傳送的控制封包總量，以總位元數表示，比較各協定對於網路造成的負擔。原本的 VADD 在行進途中只有定期發送的位置封包，這是為了知道鄰居位置所必須的負擔。隨著車輛個數變多，會有些微增加。使用 CP 的方法需要多傳送封包去探詢道路延遲和儲存動作，需要多一些負擔量。在 Always-CP 下，車輛會定期地去執行探詢動作，所以會有額外負擔，在這邊看到增加的負擔量並沒有非常大，增加的負擔約略是 VADD 的 20%。而使用 Conn-CP，可以降低控制封包總量，會比 Always-CP 降低 3~4%。

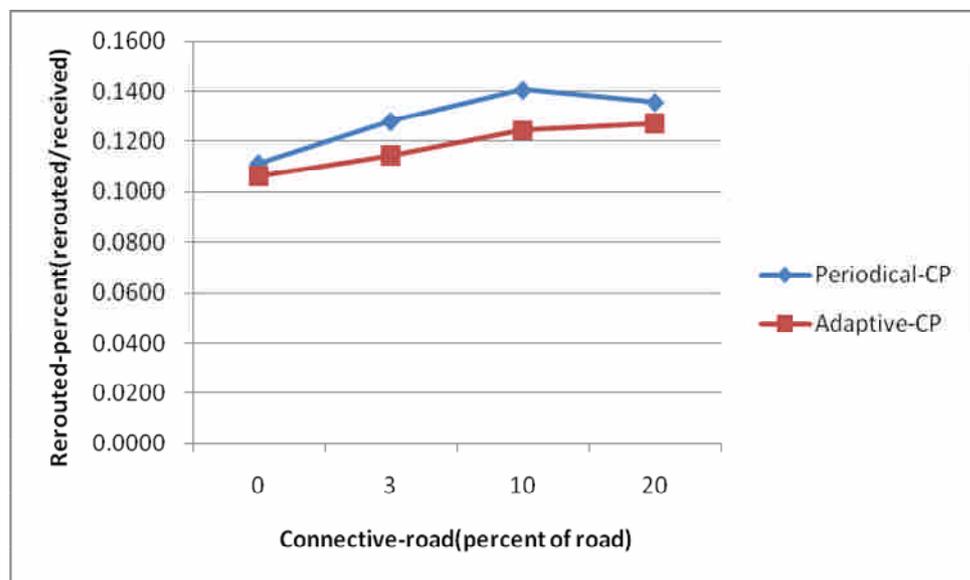
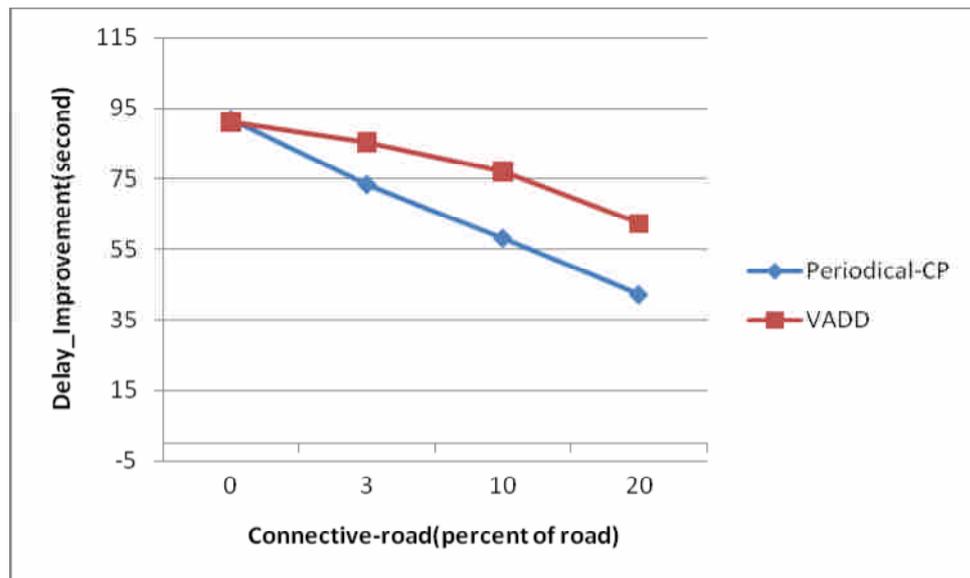


- 繞路封包佔總收到封包的百分比

這邊看的是和 VADD 相比，有多少比例的封包在傳送途中，因為得到即時資訊而經過計算後，在決定道路優先權時，選擇傳往和 VADD 不同的路段，最後成功到達目的地。可以看到在道路情形沒改變的正常情形下，大概是 10% 的封包會變換路徑，但此時這些封包造成的傳輸延遲有的比走 VADD 原路徑好，有的比走原路徑差。隨著已知連通的道路比例增加，繞路封包的比例也會上升，也就是越多的封包因為即時資訊而繞路。但這邊看來繞路封包的比例不會上升劇烈，最高比例就落在 13%~14% 左右，顯示繞路的情形可能還是有限。Conn-CP 的繞路封包比例稍低，因為其只有在連通情形才會發送，所以影響的封包個數會較少。

- 繞路封包在延遲上的增進

我們取出那些在路徑選擇時，會行走和 VADD 不同路徑的封包，去看這些封包可以比走 VADD 路徑的封包，延遲下降的秒數。在正常交通情形下，CP 方法並不能在傳送延遲上增進，而且有可能因為控制封包變多，讓資料封包傳送途中可能碰撞次數變多或者鄰居資訊不準確而導致延遲反而變差。在交通狀況有改變下，可以看到 CP 方法的延遲，可以下降 10~20 秒，Always-CP 下降的秒數會隨著連通道路個數的增加而增加，可見連通道路越多，可以下降的秒數越多。而 Conn-CP 保守地只選擇那些連通的道路去做更新，效果並不能隨著連通道路個數增多而上升。顯然在那些不連通的道路去做更新得到的好處比只更新連通路段資訊的好處來得多。



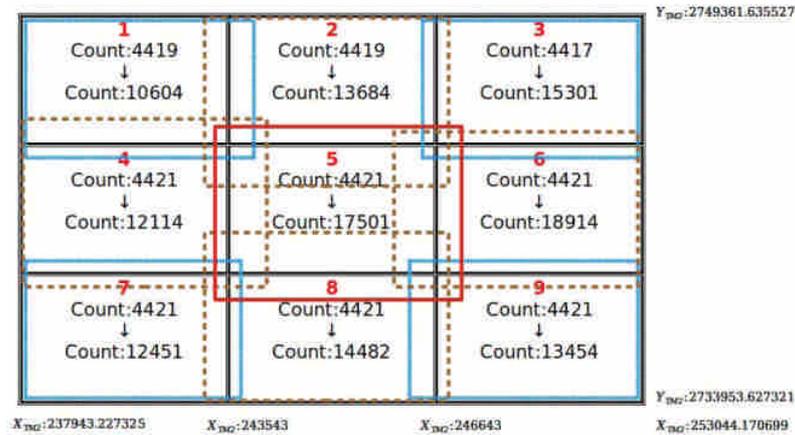
在分析資料庫設計的正确性時我們利用 Monte Carlo 方法[34]來分析地圖配對的正确性。我們從新竹市的經緯度座標裡隨機選擇了 300 個樣本。

分析方法由 Java 與 eclipse 實作。測試例子由數對(座標值，道路名)組成。驗證的方式則是與 Google Maps 做比對。若相同則命中，反之則失敗。選擇 Google Maps 做為參考指標的理由是一者其地圖正确性高，二者是我們的圖形介面採用的是 Google Maps 的離線地圖。另外，在本實驗中，我們採用了 TWD97 的座標系統，此為交通部運輸研究所提供之圖資資料。表二展示座標系統與投影方式的比較。

圖資提供者	座標系統	投影方式
Google	WGS84	Mercator projection
Taiwan IOT	TWD97/TWD67	TM2

表二、座標系統與投影方式

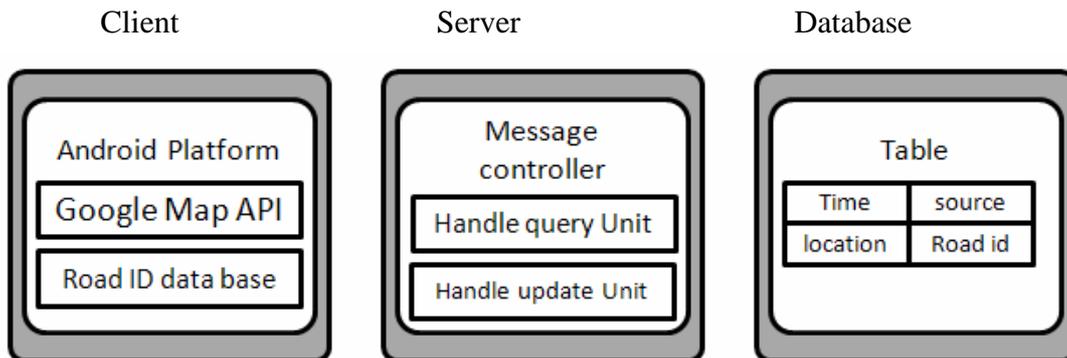
實驗後發現，會有一些例子失敗，其主要原因有以下幾點：其一，交通部運輸研究所提供之地圖資料覆蓋率較低，其不包含道路寬度低於 6 尺的道路。因此我們無法取得其與 Google



Maps 相同之結果。其二，僅為其道路分為多段，而其道路實為同一條道路，其演算法並沒有錯誤。其三則為座標轉換造成的誤差。實驗結果顯示，成功率為 88.67%。為提升更高成功率，我們將擴展地圖分割方式。展示了擴展後的地圖結構。其中的數字是該區域內的道路數。

圖二十二、延伸分割區域

在應用程式方面的開發，我們規畫了圖二十三的系統架構：

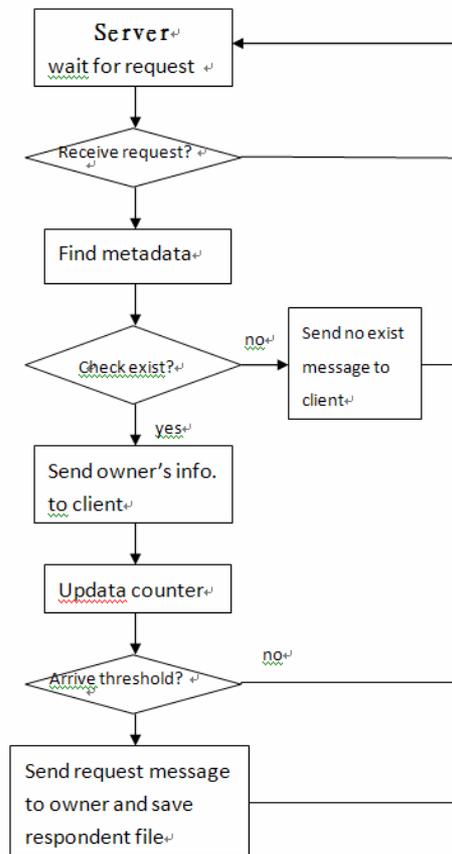


圖二十三、應用程式規劃架構

Server 必須處理車輛上傳的 metadata 並做資料庫的管理和查詢，也可以針對較頻繁的資料做快取的動作，以減少車輛間傳遞資料的流量。

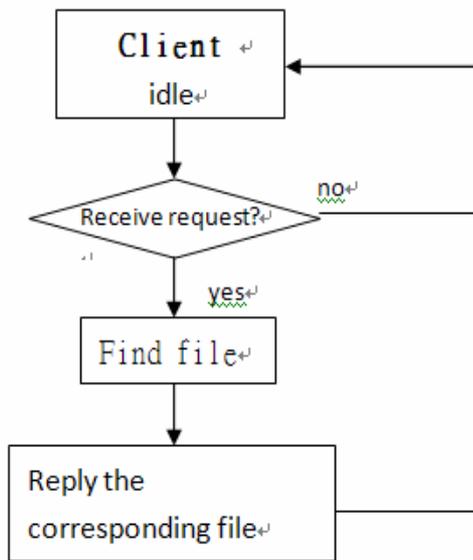
在實作方面，利用一台 server 與三台平板做實驗，實作利用 android 平板電腦拍照與網路傳輸的功能，並與 server 做溝通以達到街道即時預覽的服務。以下分別詳述 server 與 client 的流程。Server 端: server 會把 client 定期上傳的 metadata 記錄起來，並且接收 client 所發出的請求，依照 client 所發出的 query 提供服務，圖二十四所示為 server 接收到請求的運作流程。a. 起初 server 為 idle 的狀態，當收到 client 發出的請求則尋找相對應的 metadata 是否存在。b. 在搜尋後發現不存在此 metadata 則回傳 "can not find" 給 client 端；反之則將搜尋到的 metadata 傳回給

client端，client端再發請求給檔案的擁有者。c.每個metadata都會有一個相對應的counter，記錄此metadata被client所query的總和，所以當有client對某個metadata發出query時，則對應的counter加1。d.當metadata所對應的counter到達一個threshold時，則認定此file 比較popular，所以server會發出請求給擁有者，則server也會保留此檔案，以便未來在網路流量的控制。

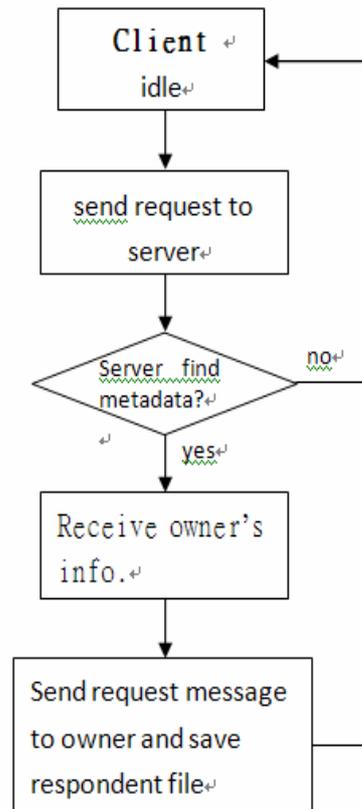


圖二十四、Server 處理流程

Client端:除了client會定期上傳自己所記錄的metadata之外，還能向server與檔案擁有者發出請求，接收到請求時，也可傳送檔案給發出請求的使用者，所以client扮演者分享檔案的腳色，依照client的特性，可將client為兩個部分，包含了接收請求以及發送請求，分別對應至圖二十五以及圖二十六，以下將分別說明，在接受請求的部分a.當client接收到請求時，則表示client擁有別人所需要的檔案，所以client會依照接收到的請求尋找自己內部的檔案。b.找到了檔案後則回傳給使用者，如此client分享了自己擁有的檔案，讓使用者能夠讀取影像。再發送請求的部分a.當使用者想要預覽接到影像時，則傳送請求給server，經過server的搜尋確認是不是對應的metadata存在。b.若server不存在此metadata則會接收到server回傳的”can not find”，反之則會接收到擁有者的metadata，其中包含了擁有者的ID、經緯度、路名等等資訊。c.隨後使用者可以向擁有者發出請求，當擁有者接收到請求後，在依照先前所述之流程，擁有者將檔案回傳，使用者便能得到影像，完成街道即時預覽的服務。

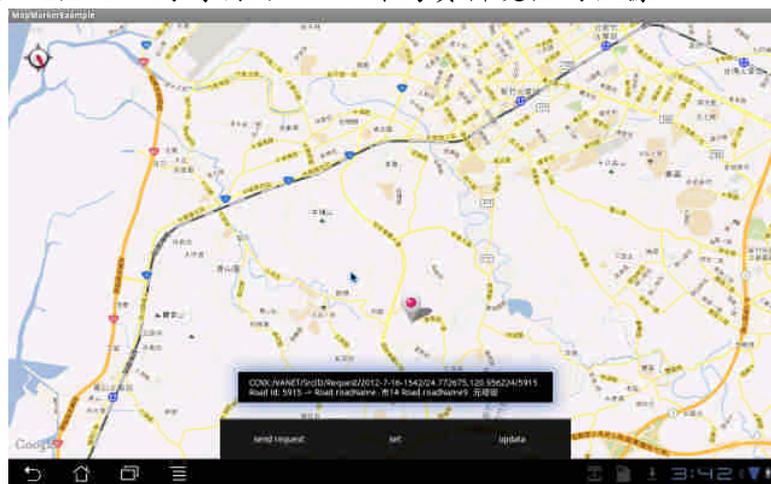


圖二十五、Client handle received



圖二十六、Client send message

在實作方面，我們在 android 系統上開發應用程式。行車紀錄器方面，運用平板電腦上的攝影機當作道路的影像擷取裝置，同時將地理資訊、錄製時間等資料與影片結合，以供日後存取。訊息格式方面，以 Content Centric Network (CCN) 的方式讓駕駛能夠將自己所描述的資料內容做為查詢的關鍵字，並透過觸控的方式針對感興趣的路段向 server 發出 request，使得系統操作更加人性化，同時利用 name 作為資料繞徑的依據。



在 client 的部分利用 android Google API 作為使用者介面，client 可以利用 Google map 取得經緯度座標，再利用 client 端本身 road ID data base 進而得出 road ID，如此便可發送請求給 server 或上傳 metadata。下圖為使用者介面。Server 端利用 JAVA 實作 message controller，包含了 handle query unit、handle update unit，server 可以判斷接收的訊息類別，作進一步的動作。而在 database 中，儲存了 client 定期上傳的 metadata，欄位包括了 time、source、location 以及 road ID；server 可以新增、查詢和刪除 database 的欄位，記錄所有的 metadata。

本計畫我們實作了 VADD 在車載網路上的繞徑方法。我們自行訂定了封包格式以方便 routing 程式取得所需的相關資訊。也建立了新竹市的道路資訊資料庫，並利用它來實作 GPS 定位並測試其定位的準確度和未來相關應用。在整體系統測試方面，考量實際道路測試的困難性，我們利用 GPS 模擬軟體來產生 GPS 訊號，測試結果顯示我們所實作的車載通訊網路繞徑程式的確可以依據道路資訊，以 multi-hop 的方式將封包傳送至目的地，我們利用了即時資訊達到了隨著道路狀況改變，當封包傳送到路口時，可以即時更改路徑到傳輸延遲更短路段上的方法。透過連通性的偵測，可以減少造成網路的負擔同時傳輸延遲還是可以下降。透過模擬我們證實了在傳輸延遲方面，使用即時交通資訊的方法確實可以減少傳輸時間。在交通狀況改變劇烈的情形下，增進的幅度會越來越多。未來我們希望可以在不傳送探測封包的情形下，還是可以得到道路上目前最新延遲資訊進而行走最接近傳輸時的真實道路延遲，增進傳輸效能。

基於行車紀錄器的日益普及，期望藉由車載資通訊技術，發展一結合行車紀錄器、全球衛星定位系統、智慧型手機/平板電腦之智慧型道路即時路況資訊系統，提供駕駛者於行進間可以預覽其計畫路徑上或他處之道路影像。影像資料配合 metadata 的傳輸與管理，可以有效地減低網路的負擔並且便利 server 對於影像資料的搜尋與管理，可使行車紀錄器所紀錄之資料能夠更充分的被利用，有助提升如車輛安全相關應用之品質。本計畫預計可以刺激以及促進相關硬體（如行車紀錄器、車上機等）與應用之開發，為資訊、通訊、汽車等產業帶來龐大市場發展的潛力。

六、參考資料

- [1] “Dedicated Short Range Communications (DSRC)home,” <http://www.leearmstrong.com/dsrc/dsrchomeset.htm>.
- [2] Q. Xu, T. Mark, J. Ko, and R. Sengupta, “Vehicle-to-vehicle Safety Messaging in DSRC,” in Proceedings of VANET, October, 2004.
- [3] J. Yin, T. ElBatt, G. Yeung, B. Ryu, S. Habermas, H. Krishnan, and T. Talty, “Performance Evaluation of Safety Applications over DSRC Vehicular Ad Hoc Networks,” in Proceedings of VANET, October, 2004.
- [4] PERKINS, C. Ad hoc on demand distance vector (AODV) routing. Internet-Draft, draft-ietf-manet-aodv-04.txt, October, 1999
- [5] JOHNSON, D. B., AND MALTZ, D. B. “Dynamic source routing in ad hoc wireless networks.” in Mobile Computing, T. Imielinski and H. Korth, Eds. Kluwer Academic Publishers, 1996, oh. 5, pp. 153-181.
- [6] B. Karp and H. T. Kung, “GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Sensor Networks,” in Proceedings of MobiCom 2000, Boston, MA, Aug. 2000.
- [7] M. Jerbi, R. Meraihi, S.-M. Senouci, and Y. Ghamri-Doudane, “Gytar: Improved greedy traffic aware routing protocol for vehicular ad hoc networks in city environments,” in Proceedings of 3rd ACM Int. Workshop VANET, Los Angeles, CA, Sep. 2006, pp. 88-89.
- [8] M. Jerbi, R. Meraihi, S.-M. Senouci, and Y. Ghamri-Doudane, “Towards Efficient Geographic Routing in Urban Vehicular Networks,” in Vehicular Technology, IEEE Transactions on, November, 2009.

- [9] H. Wu, R. Fujimoto, R. Guensler, and M. Hunter, "MDDV: A mobility-centric data dissemination algorithm for vehicular networks." in Proc. 1st ACM Int. Workshop VANET, Philadelphia, PA, Oct. 2004, pp. 47–56.
- [10] J. Zhao and G. Cao, "VADD: Vehicle-assisted data delivery in Vehicular ad hoc networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 57, no. 3, pp. 1910–1922, May 2008.
- [11] Yong Ding and Li Xiao, "SADV: Static-Node-Assisted Adaptive Data Dissemination in Vehicular Networks." *IEEE Trans. on vehicular technology*, VOL. 59, NO. 5, June 2010.
- [12] Josiane Nzouonta, Neeraj Rajgure, Guiling (Grace) Wang, "VANET Routing on City Roads Using Real-Time Vehicular Traffic Information." *IEEE Trans. on vehicular technology*, VOL. 58, NO. 7, September 2000.
- [13] Baliga, J., Ayre, R., Hinton, K., and Tucker, R. (2011). Green cloud computing: Balancing energy in processing, storage, and transport. *Proceedings of the IEEE*, 99(1):149–167.
- [14] Jadeja, Y. and Modi, K. (2012). Cloud computing - concepts, architecture and challenges. In *Computing, Electronics and Electrical Technologies (ICCEET)*, 2012 International Conference on, pages 877–880.
- [15] Lu, Q., Xu, Y., Huang, R., Chen, Y., and Chen, G. (2011). Can cloud computing be used for planning? an initial study. In *Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*, 2011 IEEE Third International Conference on, pages 1–8
- [16] Abuelela, M. and Olariu, S. (2010). Taking vanet to the clouds. In *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia, MoMM '10*, pages 6–13, New York, NY, USA. ACM.
- [17] Eltoweissy, M., Olariu, S., and Younis, M. (2010). Towards autonomous vehicular clouds. In *Ad Hoc Networks*, volume 49 of *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, pages 1–16. Springer Berlin Heidelberg.
- [18] C. Lochert, M. Mauve, H. Fusler, and H. Hartenstein. Geographic routing in city scenarios. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, pages 69–72, 2005
- [19] B.-C. Seet, G. Liu, B.-S. Lee, C. H. Foh, K. J. Wong, K.-K. Lee. "A-STAR: A Mobile Ad Hoc Routing Strategy for Metropolis Vehicular Communications." *Networking* pp. 989-999, 2004.
- [20] BojinLiu, Behrooz Khorashadi, Dipak Ghosal, Chen-Nee Chuah, Michael H. Zhang. "Assessing the VANET's Local Information Storage Capability under Different Traffic Mobility," *IEEE INFOCOM*, March 2010
- [21] C. Santivanez, R. Ramanathan, and I. Stavrakakis. "Making link-state Routing scale for ad hoc networks," In *Proceedings of ACM Mobihoc*, October 2001.
- [22] N. Wisitpongphan, F. Bai, P. Mudalige, and O. K. Tonguz, "On the routing problem in disconnected vehicular ad-hoc networks," in *INFOCOM 2007. 26th IEEE International Conference on Computer Communications*. IEEE, May 2007, pp. 2291–2295.
- [23] Q. Yang, A. Lim, and P. Agrawal, "Connectivity aware routing in vehicular networks," in *Wireless Communications and Networking Conference, 2008. WCNC 2008*. IEEE, 2008, pp. 2218–2223.
- [24] "IEEE P802.11p/D3.0, Draft Amendment for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)," July 2007.

- [25] "IEEE 1609 - Family of Standards for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)". U.S. Department of Transportation. http://www.standards.its.dot.gov/fact_sheet.asp?f=80
- [26] <http://www.iot.gov.tw/ct.asp?xItem=105644&CtNode=1086>
- [27] Bentley, J. L. (1980). Multidimensional divide-and-conquer. *Commun. ACM*, 23(4):214–229.
- [28] H. Wu, R. Fujimoto, R. Guensler, and M. Hunter, "MDDV: A mobility-centric data dissemination algorithm for vehicular networks." in *Proc. 1st ACM Int. Workshop VANET*, Philadelphia, PA, Oct. 2004, pp. 47–56.
- [29] B.-C. Seet, G. Liu, B.-S. Lee, C. H. Foh, K. J. Wong, K.-K. Lee. "A-STAR: A Mobile Ad Hoc Routing Strategy for Metropolis Vehicular Communications. " *Networking* pp. 989-999, 2004.
- [30] C. Lochert, M. Mauve, H. Fusler, and H. Hartenstein. Geographic routing in city scenarios. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, pages 69–72, 2005.
- [31] Josiane Nzouonta, Neeraj Rajgure, Guiling (Grace) Wang, "VANET Routing on City Roads Using Real-Time Vehicular Traffic Information. " *IEEE Trans. on vehicular technology*, VOL.58, NO.7, September 2000
- [32] BojinLiu, Behrooz Khorashadi, Dipak Ghosal, Chen-Nee Chuah, Michael H. Zhang. "Assessing the VANET's Local Information Storage Capability under Different Traffic Mobility, " *IEEE INFOCOM*, March 2010.
- [33] A. K. Saha and D. B. Johnson, "Modeling mobility for vehicular ad hoc networks," in *Proc. VANET—Poster*, Philadelphia, PA, Oct. 2004, pp. 91–92.
- [34] Jacoboni, C. and Reggiani, L. (1983). The monte carlo method for the solution of charge transport in semiconductors with applications to covalent materials. *Rev. Mod. Phys.*, 55:645–705.

國科會補助專題研究計畫出席國際學術會議心得報告

日期：101 年 2 月 13 日

計畫編號	NSC 100-2219-E-009-003		
計畫名稱	以安全, 節能及遊憩為目的之車載網路系統--子計畫四：車載通訊網路繞徑技術		
出國人員姓名	汪岱錡	服務機構及職稱	清華大學資工系博士生
會議時間	2011 年 12 月 10 日至 2011 年 12 月 14 日	會議地點	韓國濟州島
會議名稱	(中文) (英文) The 2011 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference		
發表題目	(中文) (英文) An Analytical Model for Interactive VANET Services		

一、參加會議經過

■ 提前抵達

由於台灣直飛濟州島的班機僅復興航空的班次，且每個禮拜只有飛星期六與星期三兩日，會議的日期為 12/12-14(一)-(三)，且所有報告與討論議題僅於上午就結束了，所以選擇了 12/10(六)由台北前往濟州島，而 12/14(三)晚上由濟州島飛回台灣。也因此得以在星期六日先預演排練講稿。另外也藉由提前抵達的時間，參觀這入選為新世界七大奇景之一的濟州島，對於其火山熔岩形成的巨大岩洞，令人感到相當震撼。

■ 聽演講與報告

12-14 日除了參與發表的 session 以外，也聆聽了 Invited Talk，探討了 Cloud 的未來與應用，激發了一些研究上可以思考的議題，也許對研究方面上的啟發，也多少有些幫助。另外，每位發表者的演講技巧各有不同，除了英文能力的表達以外，也有說技巧的差異，明確簡單清楚的說明，往往能讓聽眾也有更多的啟發。聽疆的內容由於 Services 的含義太廣泛，因此有做 Peer-to-Peer，也有人做 effective routing 方面的研究。大部份與會提出的疑問比較偏向驗證的部分，也就是如何說明提出的方法明顯對該領域相關研究有所提升。敝學生是在 13 日上午報告，有賴於反覆地練習，報告相當順利，報告後也有不少相關學者有意交流。

■ 學術交流:

- [1] 與國立台南大學資訊工程學系陳宗禧教授請教並交流相關研究議題，並就其提出的問題做回答。
- [2] 與 Korea Advanced Institute of Science and Technology 的 Assistant Professor Kyungjun Kim 做技術上的交流，其專業領域亦專攻車間通訊的領域，洽談該領域的發展性與未來實驗室合作交流的可能。

二、與會心得

參與國際會議不僅能提升自己的語言能力、溝通技巧，另外也能避免閉門造車，藉由交流與討論，能更迅速有效地獲得研究趨勢一最新的議題。由發表會議得到的經驗較難尤其他地方學習而來，感覺會議除了提升這些技巧以外，也能感受人外有人、天外有天的道理，更能激發自己不斷提升自我的毅力。

三、發表論文全文或摘要

Much progress in the Vehicular Ad Hoc Network (VANET) domain are becoming increasingly important in multiple application fields of car-to-car communication. Most research in VANET relies on simulations for evaluation. The mobility model plays an important role to model exact road traffic. However, most mobility models only concern about the mobility without drivers' reactions. The simulation results without an analytical model are hard to explain the relationship between the parameters and the performance of the proposed protocols. We provide an analytical model for Interactive VANET services which is easy to modify as the proposed environment. In addition, the performance of proposed services can be tuned up with the analytical model supporting. We show that the simulation results obtained when nodes moving with drivers' reactions is significantly different from the commonly used mobility model

四、建議

相較於濟州島的國際會議中心，台灣的國際會議中心顯得不夠霸氣，感覺一個好的研討會能吸引更多優秀的學者與會，以及能讓交流與討論的議題更廣泛更充實。就像發表論文，一定會著重在闡述自我論點的特色，濟州島成功地展示了其特色。讓人驚艷。

五、攜回資料名稱及內容

The 2011 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference 資料光碟

六、其他

參與會議照片



國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2012/10/30

國科會補助計畫	計畫名稱: 子計畫四: 車載通訊網路繞徑技術(3/3)
	計畫主持人: 陳健
	計畫編號: 100-2219-E-009-003- 學門領域: 通訊軟體及平台(網通國家型)
無研發成果推廣資料	

100 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：陳健		計畫編號：100-2219-E-009-003-					
計畫名稱：以安全, 節能及遊憩為目的之車載網路系統--子計畫四：車載通訊網路繞徑技術(3/3)							
成果項目		量化			單位	備註 (質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等)	
		實際已達成數 (被接受或已發表)	預期總達成數(含實際已達成數)	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	3	3	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (本國籍)	碩士生	11	11	100%	人次	
		博士生	4	4	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	3	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	3	100%		
		研討會論文	9	9	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	1	0	100%	件	
		已獲得件數	2	2	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (外國籍)	碩士生	11	11	100%	人次	
		博士生	4	4	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

論文方面，總計有已發表之國外期刊論文有 3 篇，國外會議論文 9 篇，國內會議論文 1 篇。
專利方面，目前有 1 件國外專利申請中，3 件國內專利申請中，以及 2 件已通過的美國專利，包含

1. ' ' Data Scheduling Module, Method, and Computer Program Product Thereof for a Wireless Communication Apparatus' ' , Patent No. : US8175018B2

2. ' ' Fleet Maintenance Method and In-vehicle Communication System' ' , Patent No. : US8170747B2

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本計畫我們實作了 VADD 在車載網路上的繞徑方法，並自行定義出封包格式以方便 routing 程式取得所需的相關資訊。

也建立了新竹市的道路資訊資料庫，並利用它來實作 GPS 定位並測試其定位的準確度和未來相關應用。在整體系統測試方面

，礙於考量實際道路測試的困難性，我們利用 GPS 模擬軟體來產生 GPS 訊號，測試結果顯示我們所實作的車載通訊網路繞徑

程式的確可以依據道路資訊，以 multi-hop 的方式將封包傳送至目的地，我們利用了即時資訊達到了隨著道路狀況改變，

當封包傳送到路口時，可以即時更改路徑到傳輸延遲更短路段上的方法。透過連通性的偵測，可以減少造成網路的負擔同時

傳輸延遲還是可以下降。透過模擬證實了在傳輸延遲方面，使用即時交通資訊的方法確實可以減少傳輸時間。在交通狀況改

變劇烈的情形下，增進的幅度會越來越多。未來我們希望可以在不傳送探測封包的情形

下，還是可以得到道路上目前最新延遲資訊進而行走最接近傳輸時的真實道路延遲，增進傳輸效能。

基於行車紀錄器的日益普及，期望藉由車載資通訊技術，我們發展一個結合行車紀錄器、全球衛星定位系統、智慧型手機/平板電腦之智慧型道路即時路況資訊系統，提供駕駛者於行進間可以預覽其計畫路徑上或他處之道路影像。影像資料配合 metadata 的傳輸與管理，可以有效地減低網路的負擔並且便利 server 對於影像資料的搜尋與管理，可使行車紀錄器所紀錄之資料能夠更充分的被利用，有助提升如車輛安全相關應用之品質。預計可以刺激以及促進相關硬體（如行車紀錄器、車上機等）與應用之開發，為資訊、通訊、汽車等產業帶來龐大市場發展的潛力，更增添了產學合作的可能性。