

# 適用於差異性車載資通訊服務之分群機制

黃振榮  
國立東華大學  
理工學院副院長  
cjhuang@mail.ndhu.edu.tw

陳佑家  
國立東華大學  
學習科技研究所  
youjiachen1985@gmail.com

陳衣帆  
國立東華大學  
學習科技研究所  
even0709@gmail.com

沈宏彥  
國立東華大學  
學習科技研究所  
lukelock@gmail.com

吳怡臻  
國立東華大學  
應用數學系  
u9511010@ems.ndhu.edu.tw

李憶奴  
國立東華大學  
應用數學系  
u9511049@ems.ndhu.edu.tw

## 摘要

在近幾年，車用隨意網路 (VANET, Vehicular Ad Hoc Network) 逐漸受到業界及專家學者的重視。但由於車用隨意網路缺乏中央集控的條件，容易造成傳輸及冗餘的問題，因此必須進行分群以推舉出群首來擔任服務的中介者。本研究是針對車用隨意網路提出適用於差異性車載資通訊服務之分群與繞徑機制。以往在車用網路的分群皆是利用旅行時間或是位置來進行分群，但卻會有群首容易被汰換的缺點。因此本研究提出以群體移動率為主的分群演算法 (MGDDC) 來減少群的重建，並利用維護機制使得群不容易破碎。本研究亦利用機率密度函數的特性，建立車輛預測模組並加以輔助分群機制，使得本研究所提出的分群演算法達到最佳化。依照實驗模擬在分群的多項結果比較測試方面，本研究所提出的 MGDDC 比常用的 Lowest-ID 及有專家學者提出的 PPC 具有更卓越的成效，亦驗證了本研究所提出的架構之可行性與實用性。

**關鍵詞：**車用網路、分群、群體移動率、自我治療、移動模型

## 1. 前言

到目前為止，在車用網路通訊上已有許多研究計畫正在如火如荼的展開，例如德國的 FleetNet[1] 與歐洲的 CarTALK[2]。許多研究學者們針對車用網路的特性進行協定、演算法與系統的設計，目的是使得無線網路能夠普遍的實現於車輛彼此之間。然而，在較近期的研究計畫中，如 Network-on-Wheels[3] 及歐盟的 SafeSpot[4]、CVIS[5] 和 Coopers[6] 等，其汽車工業與學術界皆開始加入一些非上述所提到的新議題，尤其在車用網路的應用。原因無他，因為已有一些國際財團如 Car-to-Car Communications Consortium (C2C-CC)[7] 及

Vehicle Infrastructure Integration (VII)[8] 等開始制定車用的標準系統與協定等。當然最重要的莫過於專門針對短距離通訊 (dedicated short-range communication, DSRC)[9] 所制定的 IEEE 802.11p。

當車用網路的概念被提出之後，最重要也是最令人注目的議題—駕駛者安全問題—率先被提出。由於車用網路的目的是使得車輛間彼此能夠通訊，因此許多需要依賴網路的應用服務應然而生。以現今來看，車輛不僅被世人展望其彼此間的通訊能力，亦著重如何與路旁的建築單位進行資料的傳輸與取得。這些固定不動的建築單位可以是紅綠燈、動態的交通號誌、住家、餐館及加油站等任何地方。此外，雖然目前大部分的研究多著重於有效的安全預防問題，但仍有不少專家學者開始針對交通問題、娛樂及商業應用進行研究。總之，這些彼此相異甚大的應用需求使得要設計一個完整廣泛的車用通訊系統成為一個複雜的課題。

在這些許多應用的類別當中，公共服務及商業服務更是兩大重點。在公共服務方面，緊急訊息的回應如緊急車輛的警告，以及授權問題如電子車牌、駕照或是偷竊車輛的追蹤等，為目前常被討論的議題；而商業服務方面，車輛系統的即時更新服務、行動服務如使用網際網路的服務、企業管理如追蹤危險或是貴重物品的去向以及電子付費系統如停車或高速公路收費站等，亦開始被重視。本論文的目的即是考慮在異質性車用網路中，如何利用以差異性服務導向為主的分群與繞徑來使得車用網路更具強健性以及對這些應用服務更加的具有可行性。根據異質性車用網路的特性可分成車間通訊 (Vehicle to Vehicle Communication, V2V) 與車道通訊 (Vehicle to Roadside Communication, V2R)。利用車間通訊所具有的能力，讓車輛間彼此交換資訊並利用分散式的

概念進行動態分群。分群不僅能讓車間通訊具有更有效的管理及輔助強化，亦能利用群首的能力來使得應用服務更容易的推展。為了針對即時的車輛進行分群，本論文以分散式的精神為出發點，並考慮動態的車輛移動問題，提出以群體移動率為基礎的分散式動態分群演算法。並依此分群的機制做為基礎，考慮差異性服務導向的概念，提出以模糊邏輯推論為基礎的服務提供者挑選方法，及服務導向繞徑的建立，以達到差異性服務的目的和網路的負載平衡。最後本論文將進行一連串的實驗模擬，以驗證所提出的架構與方法是否達到預期中的可行性與實用性。

### 1.1 分群的重要性

當節點位於傳輸範圍內，能直接與其他節點相互通訊；若離開傳輸範圍，則必須使用多躍繞經協定達到間接通訊的目的。在無線隨意網路中，扁平的架構方式並不一定是各節點間繞徑最有效率的組織方法，因此，為了達到有效的繞徑結果，許多研究對此提出以階層式架構來組織無線隨意網路。

分群架構能提供階層式架構的無線隨意網路系統，達到輔助提升繞徑擴充性的目的。分群法能將網路劃分為相互連結的子群體，且個別子群體都有一群首，作為子群體間的協調角色。群體能儲存最小拓樸資訊，且群首能在自己週遭區域或群體內扮演暫時性的基地台，也能與其他群體的群首通訊。在隨意無線網路中的分群演算法應該具備有當拓樸改變時，儘可能維護群體架構穩定的能力，能夠避免當群首改變時，發生無法連線的情況，為達成穩定的目標，無線隨意網路中的節點移動性及群組移動性應當詳加研究。群首也能增加分群的穩定性。分群演算法更重要的是將使用的資源，如頻寬、能源等納入考量，良好的分群架構傾向於當部分節點流動及拓樸緩慢變動時，主動維護架構的完整性。

### 1.2 分群機制

分群機制會產生非重複的群體，換句話說，每個節點在同一時間內最多只會是某一群組的成員，此外，漫遊節點將由繞徑及定址機制來處理，並且採用自動組態機制將前置位址分配給群組，使得群組將成為階層式繞徑的基礎。群組的前置位址是由群首來負責維護的，且在群組內的每一節點都必需知道該群的前置位址，按照此需求設定，只有該群的成員才

需要知道他們目前的群首。假設每一群都能經由給予某些獨特而不重複的數值讓網路能進行辨認，譬如群首的媒體存取控制位址。因此，節點能有四種不同的狀態：不屬於任何一群組(未分群)、明確地為某一群組的成員(已分群)、為某一群組的群首(群首)、或為其他角色(訪客節點)。在[10]中提出，由於節點的移動變化，在群組的生命週期裡，有幾種可能的事件發生：群首產生事件、節點加入事件、節點離開事件、群組合併事件。兩個節點相遇而形成一群組，其中一個節點宣告自己成為群首(產生事件)。節點也可以加入一個現有的群組(加入事件)，或兩個不同的群組可能合併成一個群組(合併事件)。假如一個群組分裂成兩部分，而其中一群組沒有群首，則該群將會被自動修復。節點可能從他的群組中離開(離開事件)，但是當一個群組的所有成員都離開時，該群組也就不存在了。

在隨意無線網路中，分群協定基於他們的目標來分類，根據此一標準，隨意無線網路的分群架構可區分為六大類。基於控制集的分群法[11]嘗試找出隨意無線網路的一個控制集，讓所屬成員的行動節點參與繞徑搜尋或繞徑表的維護，這也是因為在控制集中的行動節點必須如此。低維護分群架構[12]主要針對較上層的協定提供穩定架構，減少分群維護所需的消耗。由於有限的重新分群情況或分群的最小詳細控制訊息，此分群架構可以有效的維護分群，省去過度的網路資源消耗。

移動性感知分群法[13]將行動節點的移動行為納入考量，因行動節點的移動將導致網路拓樸的改變，所以將具有相似速度的行動節點分為同一群，在群內的連結便能充分地緊密，此分群架構在面對行動節點的移動時仍能穩定的回應。有效率利用能源分群法[14]比在隨意無線網路更智慧型地管理行動節點的能源消耗，減少行動節點不必要的能源消耗或平衡不同行動節點間的能源消耗，分群網路的持續時間能顯著地被延長。平衡負載分群架構[15]嘗試限制每一群組裡的行動節點數量在一特定範圍內，如此一來各個群組都擁有相似的規模，因此網路的負載便能平均地分散至每一群組。基於混合標準分群法[16]通常考慮多重參數作為標準，例如在分群架構中選擇群首時，節點角度、群組大小、移動速度及電池能量等。由於考慮較多的參數，可以排除偏好於行動節點的某依特定屬性，更客觀的選出恰當的群首。此外，每一參數的權重因子能根據不同

的應用情境，適性化地回應並調整。

由於車載隨意行動網路環境變動性高，傳統的拓樸管理方法並不適用於現今環境，例如對一般的行動隨意網路來說，有效地使用能量是一項重要的議題，但對車載隨意行動網路卻並非如此，因為車輛能在行駛中透過引擎產生動力，進而達到充電的效果。更重要的是，與運輸資訊有關的車輛移動性應該和通訊議題一起考慮。有些研究學者根據先前所述，提出基於位置的優先分群法(PPC)，為一應用於車載隨意行動網路的新穎拓樸管理方法，其整合定位資訊與新的階層式分群技術。

群首的決定方式也是很重要的議題，若群首的移動速度震盪不穩定，則有可能發生離開群組的情況，所以有許多研究提出不同的群首選擇法，如以節點的分支度標準[17]，也就是與其他節點連結的數目，分支度最高且穩定維持的節點為群首，因為若分支度頻繁變化則表示該節點不穩定且不適合作為群首。此演算法在群組的節點數目增加時，執行效能與吞吐量則會開始降低。最低辨識號碼演算法[18]選擇辨識號碼最小的作為群首，與分支度演算法相較之下，其執行效率較佳。連結分群演算法[19]提出選擇在該群組中，辨識號碼最大的節點作為群首。在分散式分群演算法及分散式行動式性化分群演算法[20]中，經由演算法計算群首適合度的權重給節點，根據此權重來決定群首。而混合分群繞徑演算法[21]提出每個節點都有一個唯一的群首優先權，根據此優先權來判定群首。效率分群演算法[22]是一種快速分群的方法，節點們透過互相傳送訊息來決定群首。以上提出的分群演算法皆針對單一準則來選擇群首，因此分群過後的拓樸結果也只符合單一條件下的最佳狀況，然而隨意無線網路的環境更加複雜，且為動態變化的環境，單一標準已經無法真實的反應出網路的情況，所以便有研究提出混合多重標準來選擇群首：

權重分群演算法[23]使用混合權重來做為選擇標準，將多個參數納入考量，分別有節點的分支度、傳輸消耗能量、移動能力、以及電池剩餘能源來計算混合權重，儘管權重分群演算法證明他的效能比先前所述的演算法都還要好，但無法在分群開始之前就知道所有節點的權重值，並快速的產生群首，因此權重分群演算法將會導致負荷過重的問題。有效管理分群演算法[24]使用節點分支度、剩餘電池能量、傳輸消耗能量以及該節點連結的持續時間作為選擇群首之用。權重分群演算法與有效管

理分群法都假設各節點已事先知道自己的所在位置，但在實際的無線隨意網路環境中，節點是有可能不知道自己所在位置的。

### 1.3 群組移動性

分群架構可做為實作分散式認證權限的基礎，有助於提升隨意無線網路整體安全的品質。因為隨意無線網路某些與生俱來的特性，如拓樸的高度動態變化(由於移動性、結合與裝置之間的遠離)、末端系統資源的限制、頻寬限制及機會性的不對稱通訊連結，集中式的安全通訊網路架構不太可能實現。

然而大部分的分群方法並沒有考慮到移動性或是假設低移動性，以致於無法反應出無線隨意網路獨特的動態特性。高移動性是無線隨意網路與生俱來的特性，因此在討論分群演算法時，假設其為低移動性是無意義的。除此之外，在許多不同領域的應用都具有此一特性，例如軍事行為與救援搜索等，行動節點在相似的圖樣中以群組方式移動，此移動圖樣就是群組移動性。針對群組的移動性，當沒有發生拓樸改變或群組的分裂及聚合時，群組成員並不會經常性的改變，因此選擇一個或多個群首來代表每一個移動群組是較有效率的，也有利於維持一個相對穩定的群組架構。

### 1.4 駕駛者行為

駕駛者行為涵括許多因素，生理、心理、道路狀況等都會影響駕駛行為的變化，有學者研究駕駛者的日常行為，顯示大多數的駕駛者其行為是具有一定規律性的，在上班工作期間，規律地通勤往返於住家與工作場所，行車路線大多依照一定路徑行駛。在駕駛的過程中，可能每天週遭相遇的車輛都不同，但也可能有部份車輛是具有相似的駕駛路徑[25]，而每天都有一定機率相會，根據此一特性，我們能蒐集駕駛者們每日通勤相遇的資料，進而分析與預測出學習人類行為圖樣，能讓頻繁相遇的駕駛者們歸屬於同一群體。

一些為了針對單一駕駛行為建立模型的研究被提出，希望能夠有效地辨識出每一駕駛者的駕駛特性，進而建立駕駛者的個人檔案。每個駕駛者的駕駛習慣都有所不同，利用煞車及油門踏板的壓力可判斷駕駛者目前行為，由這些資訊可得知車輛正保持穩定速度行駛或加減速等情況，作為參數進而影響到分群時的群首選擇及群組穩定度。

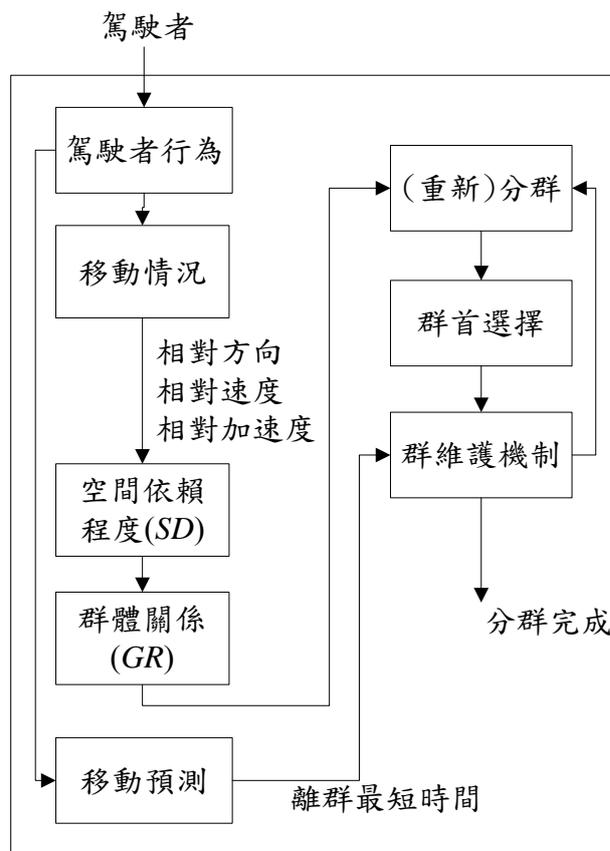
本論文接下來的結構如下，在第二章我們

將介紹所提出以差異性服務導向為基礎的分群、提供者的挑選、服務導向繞徑及以網路負載平衡為導向的頻寬分配等相關架構及演算法。模擬實驗環境和結果呈現，並探討分析其原因將在第三章說明，最後我們將在第四章給予本論文的研究結論與未來研究方向。

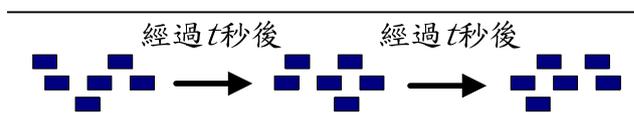
## 2. 以群體移動率為基礎的分散式動態分群演算法

本演算法的架構圖如圖一，根據Yan[26]及Ng[27]等學者在行動隨意網路(MANET)上所提出的研究，我們延伸並提出具有移動率特徵及駕駛者行為來計算出車輛彼此間的空間依賴程度。此空間依賴程度是用來表示彼此都位於對方通訊範圍內的兩台車輛，其速度、方向與駕駛者行為之間的群體移動關係。以下，本研究將以空間依賴程度來表達車用隨意網路中的群體移動特徵。從車輛在都市或是高速公路上的移動表現方式，我們可以觀察到大部分的車輛在某段時間及某個地域之內，皆是依循某個方向且以群體的方式來移動至目的地，如圖二。然而，在現實生活上來說，車輛間的起車、事故或道路擁塞都有可能增加車輛間群管理的困難度。例如：某輛A車原本屬於 $C_1$ 群，卻可能因為駕駛者因素或是群體移動率過慢的關係，使得A車開始換車道並進型超車動作，如圖三。這些車輛間的互動關係，反映出當車輛不斷的移動時，可能會直接造成車間群間的破壞。因此本研究提出了以群體移動為概念的分群演算法，其架構流程如圖一。在諸多研究中[28]，已經對駕駛者行為做了許多的探討，而這些駕駛者的行為會影響到車輛的移動情況，並間接的影響到分群及群的維護。在本研究中，著重於測得駕駛者行為之後的移動情況及移動預測。將針對車輛移動的特性，來推導出適用於車用網路的空間依賴程度及群體關係。為了預防因個體變動所帶來的整體影響，因此加入了車輛在最短時間內脫離群體的預測機制，並應用於群的維護，以使本分群演算法擁有自我治療(Self-Healing)的能力。分群的維護亦是本分群演算法的重點之一，由於群是有個體組成，加上車輛在道路上具有快速變化的特性，因此會常常發生新群的建立、分裂及合併等問題。若此時有適當的維護演算法加以協助，則群體壽命及可利用率將會提高，對於之後的繞徑及相關網路服務皆有重大的輔助效果。以下便依序針對空間依賴程度和群體

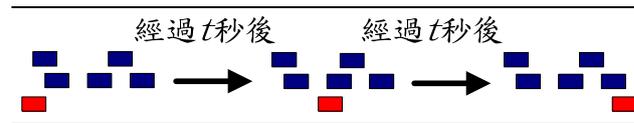
關係、車輛脫離群體的預測機制、分散式動態分群的建立及維護做更詳細的介紹。



圖一、分群演算法整體流程圖



圖二、車輛群體移動示意圖



圖三、車輛群體因為駕駛者行為而變化

### 2.1 車輛空間依賴程度及群體關係的計算

根據上段所述，對於一個具有群體移動特徵的車間環境，最重要莫過於車輛節點本身的線性位移程度 $D$ 。位移程度代表了該車輛在過去某段時間內的移動狀況，也間接代表了該車輛的移動“顯著性”。由於車輛間仍須考慮到許多變因，如加速準備超車，或遇到事故而減速，皆會對群造成影響。因此，每個車輛節點，都必須考慮到兩種速度屬性所帶來的影響：一、車輛的當前速度；二、在某段時間 $\Delta T$ 內的位移程度 $D$ 。令 $\Delta x_{Ti}$ 與 $\Delta y_{Ti}$ 代表車輛 $i$ 在二

維座標平面中的線性位移程度， $T_i$  代表車輛  $i$  中最近歷史資訊所儲存的時間點，則我們計算出下式：

$$\Delta x_{ii} = (x_{ii} - x_{Ti}), \quad (1)$$

$$\Delta y_{ii} = (y_{ii} - y_{Ti}), \quad (2)$$

其中  $t$  代表當前的時間，而  $x_{ii}$ ,  $y_{ii}$ ,  $x_{Ti}$ ,  $y_{Ti}$  分別代表車輛  $i$  在當前時間  $t$  及過去某個時間點  $T$  的座標。則位移程度  $D_i$  可被計算如下：

$$D_i(t) = \sqrt{\Delta x_{ii}^2 + \Delta y_{ii}^2}. \quad (3)$$

利用位移程度  $D_i$  我們可以得到車輛  $i$  在某段時間  $\Delta T$  內的平均速度：

$$\text{錯誤! 尚未定義書籤。} \quad V_i(t) = \frac{D_i}{t_i - T_i}. \quad (4)$$

雖然平均速度代表了車輛  $i$  在過去一段時間內的移動狀況，但卻無法將車輛當前的狀況完全的表現出來，因此加速度是必須被考慮的。假設車輛在當前速度為  $v_{ii}$ ，而在過去某個時間點的速度為  $v_{Ti}$ ，則車輛  $i$  的加速度  $A_i$  為：

$$A_i(t) = \frac{v_{ii} - v_{Ti}}{t_i - T_i}. \quad (5)$$

另一方面，車輛移動的方向亦決定了該車與附近車輛的群體關係，在車輛移動方向的計算部分，**錯誤! 尚未定義書籤。** 我們可以得知該車輛在過去某段時間內的主要前進方向向量为

$$\bar{C}_i(t) = \frac{(\Delta x_{Ti}, \Delta y_{Ti})}{D_i(t)}. \quad (6)$$

由以上所述，每台車輛在每段時間間隔中，皆會偵測其車輛的相關資訊並放進最近一次歷史快取中，如：記錄的時間、速度、加速度與角度等。為了得知每輛車與附近車輛的依賴關係，我們根據歷史資訊及當前狀況的參數，來建立車輛空間依賴程度：

步驟一、 每台車輛必須透過廣播來與鄰近車輛進行交換資訊，廣播的範圍為通訊範圍的一半，以避免群首與群首之間無法溝通，如方向向量  $\bar{C}_i$ 、速度  $V_i$  及加速度  $A_i$  等。

步驟二、 計算車輛與鄰近車輛的相對方向 (Relative Direction, RD) 程度、速度比

率 (Velocity Ratio, VR) 及加速度比率 (Acceleration Ratio, AR)。

對於車輛  $i$  與車輛  $j$  在時間點  $t$  的相對方向程度計算方式為：

$$RD(i, j, t) = \bar{C}_i(t) \cdot \bar{C}_j(t), \quad (7)$$

其中  $\bar{C}_i(t)$  與  $\bar{C}_j(t)$  為車輛  $i$  跟車輛  $j$  在時間點  $t$  時的前進方向向量。

對於車輛  $i$  與車輛  $j$  在時間點  $t$  的速度比率為

$$VR(i, j, t) = 1 - \frac{|V_i(t) - V_j(t)|}{M_{v\_max}}, \quad (8)$$

其中  $V_i(t)$  與  $V_j(t)$  為車輛  $i$  跟車輛  $j$  在時間點  $t$  的平均速度， $M_{v\_max}$  為車輛的最大速度或道路的最大速度限制。

對於車輛  $i$  與車輛  $j$  在時間點  $t$  的速度比率為

$$AR(i, j, t) = 1 - \frac{|A_i(t) - A_j(t)|}{M_{A\_max}}, \quad (9)$$

其中  $A_i(t)$  與  $A_j(t)$  為車輛  $i$  跟車輛  $j$  在時間點  $t$  的加速度， $M_{A\_max}$  為車輛的最大加速度。

步驟三、 計算車輛  $i$  與車輛  $j$  在時間點  $t$  的空間依賴程度，其公式如下：

$$SD(i, j, t) = VR(i, j, t) \times AR(i, j, t). \quad (10)$$

因此，當某車輛與其他車輛行駛方向偏差太多，速度及加速度差異都很大時，則空間依賴程度相對較低，亦即車輛彼此的相依性較低。例如在高速公路上，A 車若要超車，則其加速度及瞬間速度會比鄰近的車輛還大，也因此 A 車將脫離該群體的移動模式，轉而成為獨立的群。相反來說，若該車輛與鄰近車輛的移動狀況非常相似，或者受到鄰近車輛的影響而趨向於群體移動，則車輛彼此間的移動速度與加速度會較為相似，因此空間依賴程度會相對的提高。

步驟四、 假設在時間點  $t$ ，車輛  $i$  的周圍有  $n$  輛在通訊範圍內的車子，當車輛  $i$  與附近車輛交換訊息並計算出空間依賴程

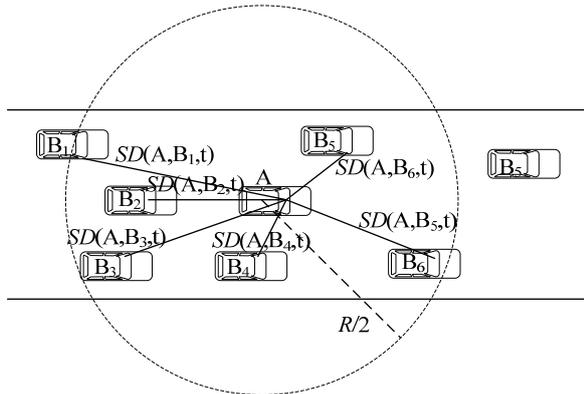
度( $SD$ )，如圖四，則我們可以平均獲得的空間依賴程度來計算出該車與周圍的群體關係(Group Relation,  $GR$ )。因為對向來車或是車輛移動方向差異過大並不適合列入群的運算，因此 $GR$ 的計算必須屏除擁有這些情況的車輛，亦即當 $RD(i, j, t) < RD_{TH}$ 時，則不考慮計算與車輛 $j$ 的空間依賴程度。如

步驟五、圖五為未考慮到車輛行駛方向的問題，因此在群交會時會導致兩群合併，卻又因為合併後不消多少時間又必須重新分群，導致冗餘計算過大；而

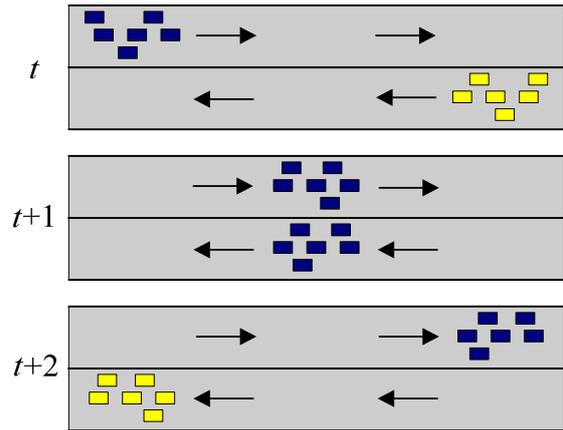
步驟六、圖六為考慮行駛方向後的群合併情況，當相異方向的群彼此接觸時，不會進行群的合併，亦不會帶來冗餘計算過多的問題。因此當我們只考慮與鄰近 $k$ 輛車的 $SD$ 時，群體關係運算式為：

$$GR(i, t) = \frac{\sum_{j=1}^k SD(i, j, t)}{k}, \quad (11)$$

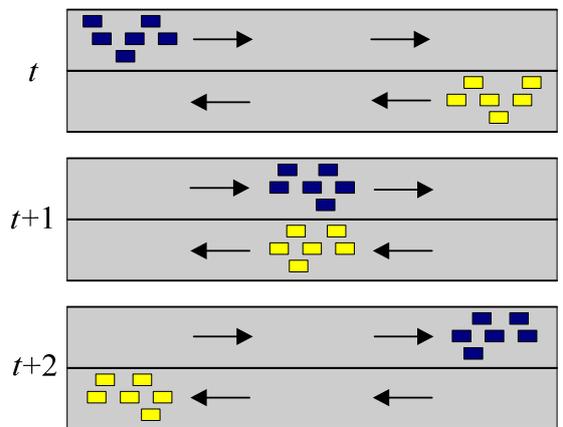
當  $GR$  的值越高，代表該車輛越近似鄰近車輛的移動模式。也就是說，該車輛的  $GR$  值越高，他越能代表甚至反映出該群體的移動模式。



圖四、車輛間空間依賴程度與群體關係值的計算



圖五、未考慮行駛方向所導致的群合併問題



圖六、考慮行駛方向後的群合併情形

## 2.2 車輛脫離群體的預測模組

由於車輛在道路中的移動變化很大，因此如果在群組管理時未考慮車輛狀況的變動，則群容易變得破碎，甚至提高重複建群的次數，造成網路擁塞問題。例如子節點可能在  $t$  秒後脫離原群，則在一定時間下，我們可以利用警告的方式來通知該使用者，若該使用者仍需要使用該群的服務，則將速度放慢，以續用資源。因此，本研究針對車輛的移動情況，藉由預測車輛在道路行駛中脫離群通訊範圍的機率，來為了強化群的維持能力。依照車輛狀況的不同，我們將分成兩種不同的情況來討論。並且加入預測模組，以提高預測的準確度，詳細的討論與預測模組如下：

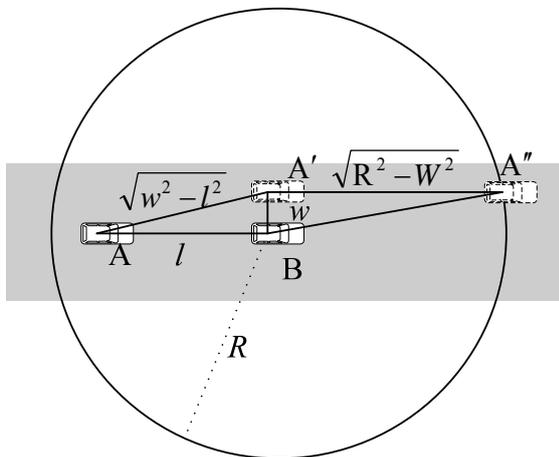
• 基本車間連線剩餘時間預測機制：

情況一：假設車輛A與B在道路上往同方向行駛，當偵測到A車中的駕駛者有超車行為（例如車子已在安全距離內，但車輛A與車輛B的相對速度仍持續增高）時，如圖七，我們可視為相對運動並利用各自的車速  $V_a$ 、 $V_b$  及通訊距離  $R$

計算出 A 車欲脫離 B 車通訊範圍的時間為。

$$t = \frac{\sqrt{w^2 + l^2} + \sqrt{R^2 - w^2}}{V_A - V_B}, \quad (12)$$

其中  $l$  為兩車一開始的距離、 $w$  為兩車平行時可能的距離和  $R$  為通訊範圍。以圖七為例， $a$  車與  $b$  車以同方向在高速公路前進，我們假設 A 車以時速 100km/hr 的速度前進，B 車以時速 80km/hr，每一輛車的通訊最大為 200 公尺，超車時的安全平行距離為 2 公尺，兩輛車初始距離為 140 公尺。所以若保持目前的車速不變，根據公式 (12)，兩車鏈結剩餘時間約為 38 秒。亦即，兩車再行駛 38 秒後，A 車將會脫離 B 車的範圍。



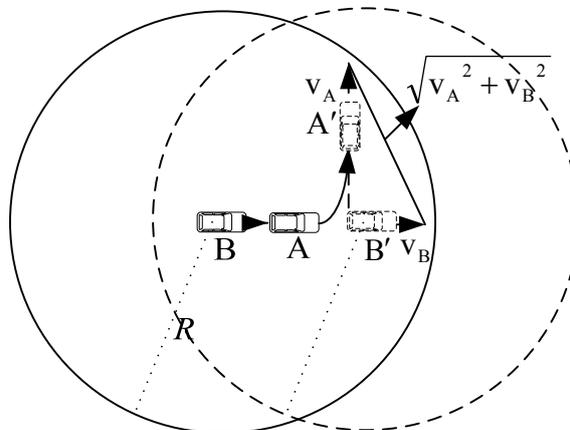
圖七、當車輛 A 欲超越車輛 B 且離開通訊範圍的情況

情況二：假設 A 與 B 為同一群，當偵測到 A 車要轉彎(可藉由偵測駕駛者行為得知[28])時，則我們可視為相對運動來探討，如圖八。假設 A 車以時速 100km/hr 的速度前進，B 車以時速 80km/hr，每一輛車的通訊最大為 200 公尺，兩輛車初始距離為 140 公尺。所以若保持目前的車速不變，根據公式(12)，兩車鏈結剩餘時間約為 38 秒。亦即，兩車再行駛 38 秒後，A 車將會脫離 B 車的範圍。為了要計算出兩車離開彼此通訊距離的時間，利用 GPS 獲得 A 車與 B 車移動的向量資訊  $V_A = (a_1, a_2)$ ， $V_B = (b_1, b_2)$  則有下式：

$$R^2 = ((a_1 - b_1) \times t)^2 + ((a_2 - b_2) \times t)^2, \quad (13)$$

其中  $t$  為經過得時間。則求得離開通訊範圍的時間為

$$t = \sqrt{\frac{R^2}{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2}}, \quad (14)$$



圖八、當車輛 A 轉彎但車輛 B 仍往直線走的情況

• 以機率分佈為基礎的離群時間預測：

上述的基本車間連線剩餘時間，由於只考慮當前兩車間的狀態，所推得的剩餘連線時間，尚未考慮到兩車可能的速度變化，因此本研究利用機率分布來修正上段所得出的時間值，以有效的提高預測的準確性。根據[29]的研究，車輛移動距離與機率的關係為 Log-normal 分佈，函數原式如下：

$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{[\ln(x) - \mu]^2}{2\sigma^2}}, \quad (15)$$

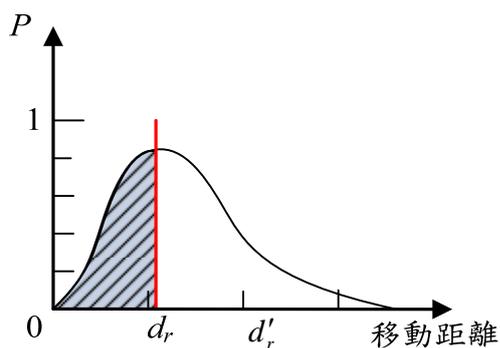
其中對所有  $x > 0$ ， $\mu$  為平均數， $\sigma$  為標準差。

本研究考慮其相對運動的關係，令  $V = V_A - V_B$ ，其中  $V_A$  與  $V_B$  為車輛 A 跟車輛 B 的當前速度； $A = A_A - A_B$ ，其中  $V_A$  與  $V_B$  為車輛 A 跟車輛 B 的當前速度； $t$  為上述所計算出來的離群時間； $\sigma_A^2$  為相對加速度的變化量  $|A|$ ，因此原分佈被修正如下。

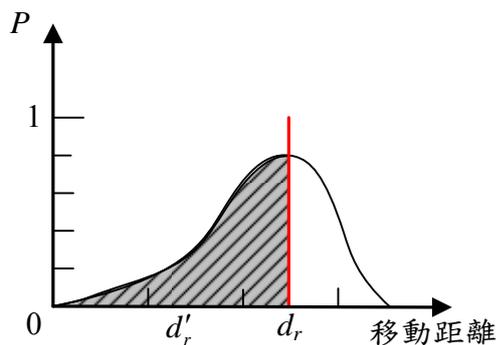
$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma_A} e^{-\frac{[\ln(x) - \frac{V \times t}{2}(1 + \frac{1}{A})]^2}{2\sigma_A^2}}. \quad (16)$$

圖九顯示在  $T_1$  時間內，A 車呈現減速狀態移動距離的 Log-normal 機率分布；圖十顯示在  $T_1$  時間內，加速狀態 A 車移動距離的 Log-normal 機率分布。其中  $d'_r$  代表當兩車保持當前的速度，兩車可能移動的相對距離； $d_r$  代表考慮速

度改變的因素後，兩車可能移動的相對距離。



圖九、減速狀態中，兩車移動相對距離的 Log-normal 機率分布



圖十、加速狀態中，兩車移動相對距離的 Log-normal 機率分布

為了找出 Log-normal 分佈中最大值所對應的移動距離，利用其分佈的特性，計算如下，當

$$\mu = \frac{V \times t}{2} \left(1 + \frac{1}{A}\right), \quad (17)$$

則此機率密度函數的期望值代表此函數發生最大值的方。

$$E(X) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} = e^{\frac{V \times t}{2} \left(1 + \frac{1}{A}\right) + \frac{\sigma_A^2}{2}}, \quad (18)$$

利用期望值可以得到 f(x)的極大值

$$\begin{aligned} & f\left(e^{\frac{V \times t}{2} \left(1 + \frac{1}{A}\right) + \frac{\sigma_A^2}{2}}\right) \\ &= \frac{1}{e^{\frac{V \times t}{2} \left(1 + \frac{1}{A}\right) + \frac{\sigma_A^2}{2}} \sqrt{2\pi\sigma_A}} e^{-\frac{\left[\ln\left(e^{\frac{V \times t}{2} \left(1 + \frac{1}{A}\right) + \frac{\sigma_A^2}{2}}\right) - \frac{V \times t}{2} \left(1 + \frac{1}{A}\right)\right]^2}{2\sigma_A^2}} \quad (19) \\ &= \frac{1}{e^{\frac{V \times t}{2} \left(1 + \frac{1}{A}\right)} \sqrt{2\pi\sigma_A}} \times e^{-\frac{\sigma_A^2}{8}} \end{aligned}$$

由上式得知，兩車移動後的相對距離會最

接近  $e^{\frac{V \times t}{2} \left(1 + \frac{1}{A}\right) + \frac{\sigma_A^2}{2}}$ 。

$$\text{令 } d = e^{\frac{V \times t}{2} \left(1 + \frac{1}{A}\right) + \frac{\sigma_A^2}{2}}. \quad (20)$$

利用  $d$ ，可算出兩車的相對距離等於  $d$  時，其發生的機率  $P$  為

$$P(d) = \int_0^d \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma_A}} e^{-\frac{\left[\ln(x) - \frac{V \times t}{2} \left(1 + \frac{1}{A}\right)\right]^2}{2\sigma_A^2}} dx, \quad (21)$$

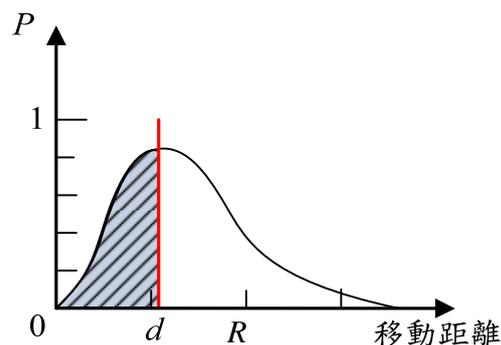
兩車相對距離等於傳輸半徑  $R$  時的機率為

$$P(R) = \int_0^R \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma_A}} e^{-\frac{\left[\ln(x) - \frac{V \times t}{2} \left(1 + \frac{1}{A}\right)\right]^2}{2\sigma_A^2}} dx. \quad (22)$$

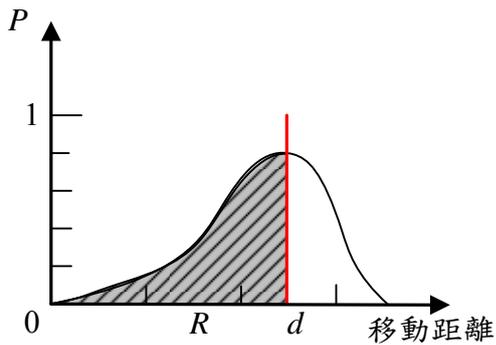
假設兩移動中的車輛，離開彼此通訊範圍  $R$  所需的時間為  $t'$ 。亦即當經過  $t'$  秒後，兩車的連線將會中斷， $t'$  計算方式如下：

$$t' = \frac{t \times P(R)}{P(d)}, \quad (23)$$

其中  $t$  為透過基本車間連線剩餘時間預測機制所計算出來的離群時間； $P(R)$  為兩車相對位置等於  $R$  時的機率； $P(d)$  為兩車相對位置等於  $d$  時的機率。以圖十一為例，兩車在下一時刻移動的相對距離小於通訊範圍，則斷線時間會小於 (12) 或 (14) 算出的時間  $t$ ；圖十二則是當兩車在下一時刻移動的相對距離大於通訊範圍，則斷線時間會大於 (12) 或 (14) 算出的時間  $t$ 。



圖十一、若兩車在下一時刻移動的相對距離小於通訊範圍的情況



圖十二、若兩車在下一時刻移動的相對距離大於通訊範圍的情況

### 2.3 分散式動態分群的建立

此節將會介紹如何利用上一節所得到的群體關係值(GR)，在環境變動極快的車用隨意網路中以分散式計算的方式建立以群體移動率為基礎的群。於此，本演算法的目標如下：

1. 延長群首(Cluster Heads)的存活時間
2. 減少重新建群的次數
3. 適用於具有高速移動率的環境
4. 預防子節點因脫離群而服務中斷
5. 預防突入的車輛影響原本群的狀況
6. 提高分群的強健度與可行性，以利於群內的相關運作

在本節中，我們依照車輛在群內的狀況，分成三種角色：群首、子節點、獨立節點及群首候選人。群首代表一車輛在群中作為群的管理中心，負責收集和傳遞及處理群內的相關事務；子節點為一群內不包含群首的節點代稱，由於車用隨意網路具有多躍式(Muilt-Hop)的特性，因此子節點可以成為任意子節點的中繼節點，亦能與群首直接進行連線；獨立節點非為任一群內的節點，因此不具有群內節點的特徵；群首候選人為一群內的子節點，主要特點為其 GR 值高於該群群首。

分散式動態分群演算法的主要步驟如下：

- 步驟一、 每台車輛一開始皆為獨立節點。
- 步驟二、 若該獨立節點尚未與任何的群首作連接，則廣播一個請求至鄰近的節點，廣播範圍為通訊範圍的一半，若  $RD(A, B_i, t) \geq RD_{TH}$ ， $RD_{TH}$  為最低可容忍加入群內的相對方向程度，則計算出各個節點彼此的空間依賴程度值(SD)。
- 步驟三、 每個獨立節點依據收到的空間依賴程度值計算出該節點的群體關係值(GR)。

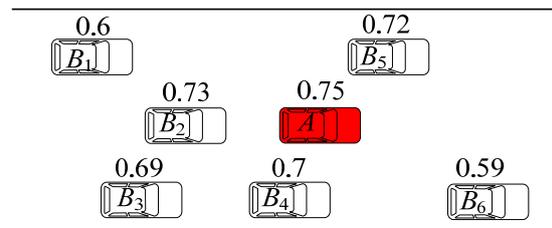
步驟四、 在收到鄰近節點的 GR 後，某一節點 A 將與鄰近的所有節點  $B_i$  進行 GR 值的比較：

若  $GR(A, t) < GR(B_i, t)$ ，則停止比較程序，並且仍然為獨立節點。

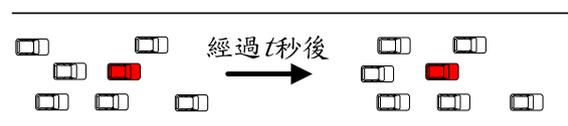
若  $GR(A, t) \geq GR(B_i, t)$ ，則繼續進行比較直至節點 A 鄰近的所有節點都被比較完畢，並且成為一群首，如圖十三。

步驟五、 被選擇出來的群首會對鄰近的車輛進行廣播並邀請加入該群。若  $RD(A, B_i, t) < RD_{TH}$ ，則節點  $B_i$  將不加入該群，以減少群體的變動。

利用以群體移動率為基礎所計算出來的群，具有群首不易更迭的特徵，如圖十四所示，群首在經過 t 秒後，仍可以代表群首，且群內的相關服務亦不會因為群首更迭次數太大所帶來的冗餘問題。



圖十三、車輛個別算出群體關係值，並經由比較後找出群首 A



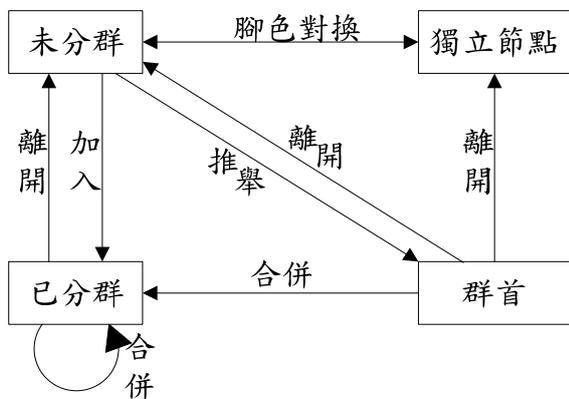
圖十四、以群體移動率為基礎所計算出來的群首具有不易更迭的特徵

### 2.4 分散式動態分群的維護

當群已經建立之後，維護機制會立刻啟動。由於道路上的車輛位置、速度變化極快，因此本維護過程亦考慮如何去警告及預防群的變化所帶來的影響，尤其在資料的傳遞或服務的品質保證等，皆是需要被考慮的。維護的流程架構如圖十五，本演算法在維護方面亦以分散式計算來降低群首或伺服器的負擔。另一方面，亦可在變動極快的車用網路中，能夠即時的對群作維護，以保證使用者的服務品質。因此，此機制將依照扮演角色的不同給予不同的維護動作，分成情況一至情況三來討論，詳細演算法如下：

首先我們定義一些相關參數如下：

1.  $T_p$ ：預測節點欲脫離該群範圍的所剩時間，即經由預測後的離群時間  $t'$ 。
2.  $T_{TH}$ ：可以容忍的最短脫離時間。
3.  $D_{CH}$ ：兩個群首之間的距離。
4.  $D_{TH}$ ：兩個群首之間的最小容忍距離。
5.  $T_{CH}$ ：兩個群首連線的時間。
6.  $C_{CH}$ ：群首候選人人數。
7.  $C_{TH}$ ：一個群中最低可容忍的群首候選人人數。
8.  $N_D$ ：獨立節點的個數
9.  $N_{TH}$ ：鄰近節點的最小容忍個數。
10.  $RD_{TH}$ ：最低可容忍加入群內的相對方向程度。



圖十五、群組維護關係圖

情況一：當節點為子節點時

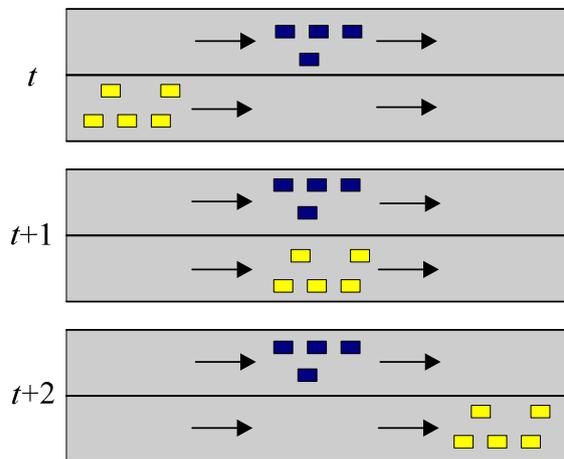
1. 若子節點欲脫離該群時的所剩時間  $T_p < T_{TH}$  且同時監測到前方有下一個群時，則子節點會告知原所屬群的群首，並設法將此子節點的資訊告至下一群的群首，以便服務的銜接。
2. 若子節點欲脫離該群的所剩時間  $T_p < T_{TH}$  卻無偵測到任何其他群可加入，則警告此子節點將會脫離群並連帶失去群內的相關服務功能。脫離之後將成為獨立節點。
3. 若子節點的  $GR$  值大於該群的群首  $GR$  值，則成為群首候選人，但仍保有子節點的特性。

情況二：當節點為群首時

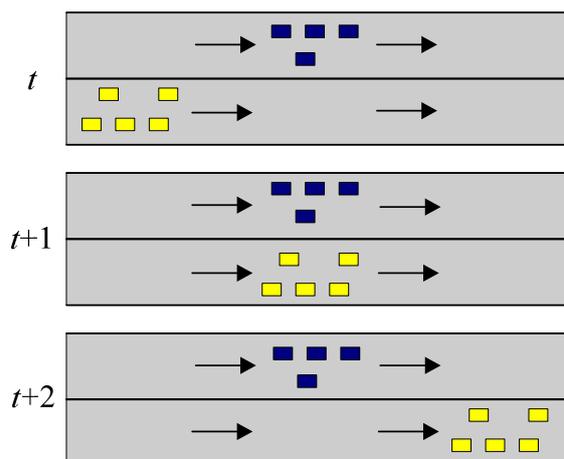
1. 若兩個群首的距離  $D_{CH} < D_{TH}$  且時間長達  $T_{CH}$  秒，則  $GR$  值較低的群首會將原本的服務管理漸漸移交至擁有較高  $GR$  值的群首上，並且該群的所有節點會變成新群的子節點。
2. 若群首周圍的群首候選人數

$C_{CH} > C_{TH}$  時，則該群的所有節點視為獨立節點並重新運行分散式動態分群演算法以獲得新的群首，且舊群首須將相關的服務功能移交新的群首。

在一般的高速公路上，由於多為多線道的道路狀況，因此會常發生兩種不同速度狀況的群，會有短暫交會的情形。如圖十六，由於未採用合併的機制，導致兩群在交會時，會被併入另外一群。但由於兩群速度相異極大，經過短暫的時間後，兩群又會被分離，此時又必須重新推舉新群首。由於群首交換的次數過於頻繁，可能會導致冗餘計算過大。因此本演算法加入了合併機制，使兩群即使交會，若時間過短，仍不會合併成一類，如圖十七。



圖十六、無採用合併機制時，同向的兩群在交會時合併



圖十七、採用合併機制時，同向的兩群在交會時不合併

情況三：當節點為獨立節點時

1. 若獨立節點  $i$  偵測到附近有任何群且相對方向程度  $RD(i, j, t) \geq RD_{TH}$  時，

則此節點向該群發出加入的請求。

2. 若附近的獨立節點個數  $N_D > N_{TH}$ ，則重新運行分散式動態分群演算法以重新建立群。

### 3. 模擬結果與分析

為了驗證本論文所提出的以群體移動率為基礎的分散式動態分群演算法(MGDDC)，我們利用Java撰寫網路模擬環境，並且使用microscopic車流量模型於Federal Highway Authority高速公路[30]，其提供非常接近實際情形的模擬資料，此網路模擬總共100台車，道路全長10公里，而封包長度包括位置資訊共75bytes，借此來檢驗系統的可行性及驗證我們所提出的分散式為基礎的動態分群演算法，和PPC[31]以及Lowest ID分群演算法[32]進行比較和分析。

#### 3.1 模擬環境設定

車間變化較一般移動節點來得大，再加上速度快，因此拓樸關係隨時都在變化，再此我們使用802.11p作為我們傳輸協定，其支援高速移動的特性，更可以支援我們在多變環境下進行有效的傳輸，由於802.11p有效半徑為1公里，為了能和其他演算法做比較，因此再一系列的模擬中，將設定傳輸半徑由200公尺到1000公尺的變化作為模擬傳輸半徑，表一為模擬參數整理。

表一、模擬參數整理

參數類別	參數值
模擬時間	1000 秒
高速公路長度	10 公里
平均流量密度	50 車輛數/公里
車流模型	Microscopic model
最大車速	50 公尺/秒
Mac 層傳輸協定	802.11p (DSRC)
傳輸半徑	200~1000 公尺
傳輸封包大小	75bytes

#### 3.2 模擬評估方法

我們使用以下幾種作為我們評估標準，群首平均存活時間(秒)、平均群內成員停留時間(秒)、每秒分群平均重建次數。其

中群首平均存活時間為分群完成之後開始計時，直到群首斷線、離開或與其他群首作合併為止，而平均群內成員停留時間為找到自己的群首開始計時，直到離開群首通訊範圍或群首換人為止，以及最後每秒分群平均重建次數，當每次群首被合併或是群首消失時，重新組織分群的動作時，將會被列入一次計數。首先根據不同的通訊距離，由200、250、300、400、600到1000公尺時所影響分群結果，當通訊距離增加時，分群涵蓋範圍也隨之增加，因此分群結構較為穩定，因此重建次數也隨之減少，群首存活時間和子節點滯留群內的時間也隨之增加。接下來根據不同的車速來評估對於分群所帶來的影響，由5、10、15、20、25到30公尺/秒，作為系列模擬評估，在PPC中，平均車速僅僅到20公尺/秒，但根據實際高速公路來評估，20公尺/秒並不符合實際需求，因此我們將平均車速提高到30公尺/秒，最高車速可達50公尺/秒，在高速的變動之下，相對的分群重建次數會大量增加，而群首存活時間及子節點的滯留時間也會大幅降低，因此更可以明顯的展現不同演算法的差距。

#### 3.3 模擬結果與分析

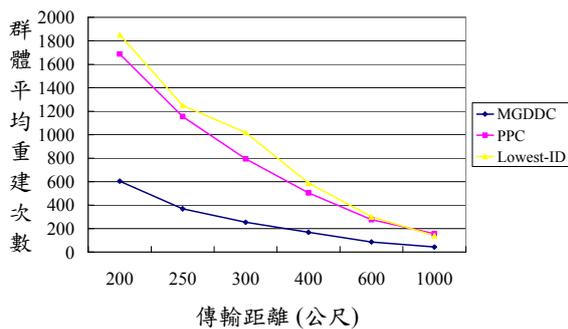
本篇所提到的以群體移動率為基礎的分散式動態分群演算法(MGDDC)，計算與群內關係較為相近的速度、加速度、方向以及簡化挑選過程來確立群首，再加上子節點可以評估是否在預期的時間內離開群首通訊範圍，於是採群首移交或進而變成獨立節點，所以在群首存活時間，子節點滯留時間及分群重建次數等模擬結果，比起其他兩種演算法要來的優異，以下將針對個別模擬結果進行分析。

由

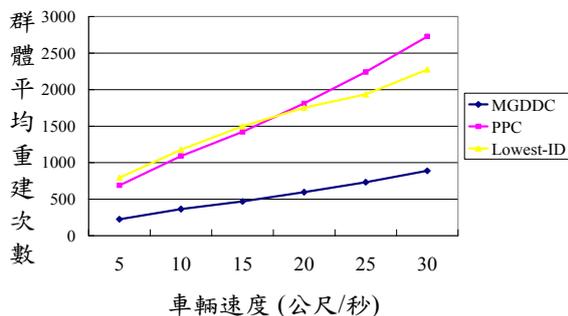
圖十八所示，於不同傳輸距離下，分群重建次數Lowest-ID和PPC較為相近，Lowest-ID只取決於當時周遭情形來建立分群，因此當通訊距離過短時不敵環境劇烈變化，因此重新分群的動作總是不斷發生，而PPC考慮到群首的穩定度，而重建條件取決於群首將離開或是已經離開時才開

始，因此比起Lowest-ID的重建次數還要少。雖然PPC設有門檻值來判斷群首是否將離開，並且進行重建，但門檻值的設定缺乏彈性，以致於環境改變過於迅速時無法調適，無論在何種通訊範圍下，MGDDC演算法的重建次數遠低於PPC以及Lowest-ID。而在

圖十九中，隨著速度提高和環境的劇烈變化，當PPC平均車速超過 20 公尺/秒時表現較差，由於PPC在群首合併階段時，總是由小群加入大群，因此每次合併都非最好的狀態，反而群體越變越大也越不穩定，最後導致PPC在高速變化時，比Lowest-ID的重建次數還要高。在MGDDC演算法中，即便是分群合併，也會考慮到在群體中的相依程度來決定群首，甚至就拒絕合併的動作，因此當速度增加時，也不會讓重建次數隨之劇增。



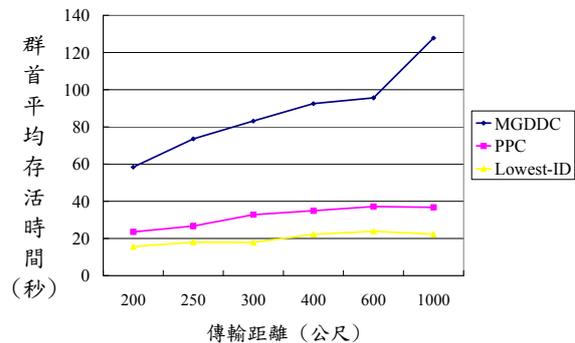
圖十八、MGDDC 與其他兩種分群演算法在不同傳輸距離下的群體重建次數比較結果



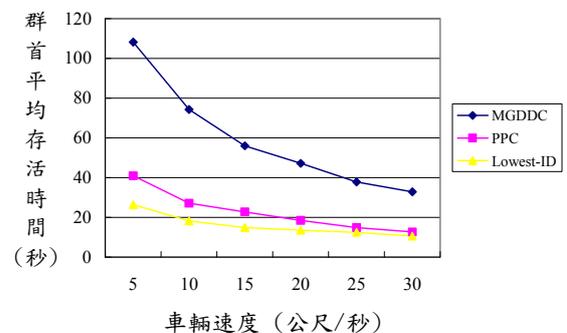
圖十九、MGDDC 與其他兩種分群演算法在不同車輛速度下的群體重建次數比較結果

圖二十為群首在分群內的存活時間，在此可以看出Lowest-ID對於群首的選擇並無周詳的考慮，PPC有效的提高平均群首存活時間，但PPC著重於旅行時間作為推舉

群首的條件，很顯此參數不能在一般市區使用，因為除了道路過於複雜，無法判別使用者真正的旅行時間外，在高速公路環境中一樣不適用，雖然高速公路沒有太多的道路分支，但卻也只能在固定的點（交流道）離開高速公路，事實上每段交流道距離的影響程度遠遠低於車間拓樸的變化，再加上並不是所有使用者皆會規劃旅行目的地，因此對於PPC演算法來說，穩定度的衡量才是真正維持群首存活時間的關鍵。MGDDC演算法則以群內最穩定、依賴程度最高者推為群首，無論在群的合併以及維護上，讓群首的存活時間遠超乎預期。而群首存活時間在不同速度底下的表現圖二十一，PPC使用門檻值來決定是否更換群首，並且根據卜瓦松分布(Poisson distribution)推導出可能的離開機率，但很顯然MGDDC所考慮周遭和自己速度、加速度的相依程度，姑且不考慮計算效率，其影響群首的存活時間，比起使用估算機率還要有彈性及有效。



圖二十、MGDDC與其他兩種分群演算法在不同傳輸距離下的群首平均存活時間比較結果

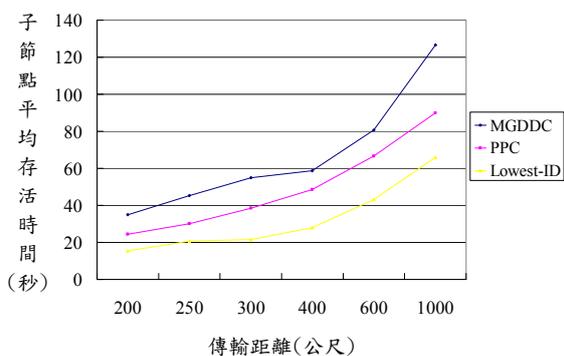


圖二十一、MGDDC與其他兩種分群演算法在不同車輛速度下的群首平均

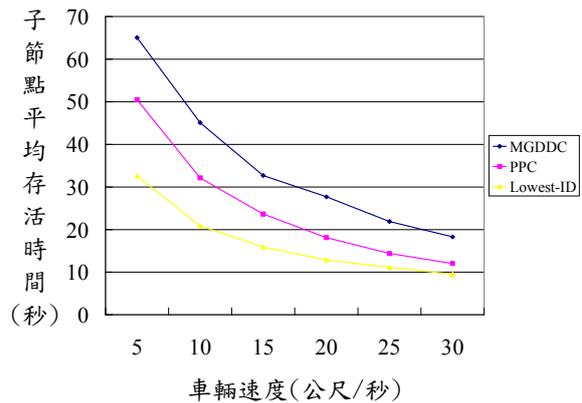
存活時間比較結果

在子節點平均停留時間中，如圖二十二，通訊範圍越大，子節點越不容易更換群首，所以在PPC中，即使旅行時間能影響程度有限，但其對於節點穩定度的評估，可以提高子節點在群中的佇留時間，因此Lowest-ID的平均群內佇留時間不如PPC的時間長，而MGDDC演算法中，假若沒有脫離群體的預測機制，其實和PPC的子節點平均佇留時間差不多，MGDDC針對個別子節點離開母群的機率來決定是否更換群首或是脫離母群成為獨立子群，而使用預測機制去更換母群，讓子節點在不斷線的情形下，繼續藉由群首連線，或是持續分享群體的資訊。由此可以看出，與其放任分群斷線後重建，離群預測的方式更能提高平均佇留時間。

圖二十三為不同速度下，子節點於群內的平均佇留時間，此模擬數據類似圖二十一，PPC平均佇留時間高於Lowest-ID，而我們在沒有預測機制下，也近似於PPC的模擬結果，然而當加入離群預測機制，我們將平均滯留時間提高 5~10 秒，因此MGDDC在加入預測機制後，也能有效的提高平均佇留時間，即使當平均車速提高，也相對的強化群內彼此的穩定。



圖二十二、MGDDC與其他兩種分群演算法在不同傳輸距離下的子節點平均存活時間比較結果



圖二十三、MGDDC與其他兩種分群演算法在不同車輛速度下的子節點平均存活時間比較結果

4. 結論

本研究利用車輛在道路行駛時，通常會形成群體移動的概念，提出一個適用於車用網路中，以群體移動率為基礎的分散式動態分群演算法。根據實際上的觀察，不管在高速公路或是市區內，通常車輛在行駛時會因為目的地及駕駛者行為的不同，而形成一個群體。本研究利用車輛彼此間的相對速度、加速度與方向當成指標，進而推舉出群首並形成以群體移動為基礎的群。此演算法考慮到群的合併、分裂及運用自我治療的概念來加強群的維護，其中更加入預測提醒的機制來改善群中容易分裂的問題。由於車用網路變化極快，利用傳統中央集控式的分群可能會導致無法適性化調整且容易造成伺服器負擔過大的問題，因此本研究利用分散式計算的方式來進行分群，在群的維護上，考慮分成群首、子節點與獨立節點來各自運作，以達到分散式的目的，進而可針對車用網路進行適性化的分群及群的維護。經過一連串的模擬實驗及比較之後，實驗結果證實本研究所提出的以群體移動率為基礎的分散式動態分群演算法(MGDDC)不僅可行，其自我治療的能力亦幫助了群的維護，避免群易破碎的問題。其比較的標的包括群體平均重建的次數、群首平均的存活時間及子節點平均的存活時間等，以傳輸距離及車輛速度做為控制變因來觀察並分析之。根據實驗比較後的結果，本研

究所提出的演算法(MGDDC)相較於常被用來比較的 Lowest-ID 分群及近期在車用網路上被發表的 PPC 分群演算法, MGDDC 在重建次數上約為其他兩種重建次數的 1/3, 而在群首及子節點平均的存活時間上, 亦比這兩個被用來比較的分群演算法多了兩倍至三倍的時間。因此, 本研究所提出的分群演算法非常適合用於複雜且變化速度極快車用網路上, 其強健性經過實驗證明亦非常可信, 並可對未來車用網路的應用達到一定的功效。

### 參考文獻

- [1] "FleetNet project," <http://www.et2.tuharburg.de/fleetnet/>
- [2] "CarTALK project," <http://www.cartalk2000.net/>
- [3] "NOW project," <http://www.network-onwheels.de/>
- [4] "SafeSpot project," <http://www.safespot.eu.org/>
- [5] "CVIS project," <http://www.cvisproject.org/>
- [6] "Coopers project," <http://www.coopers-ip.eu/>
- [7] "Car-to-Car Communications Consortium (C2C-CC)," <http://www.car-to-car.org/>
- [8] "Vehicle Infrastructure Integration (VII)," <http://www.vehicle-infrastructure.org/>
- [9] "Dedicated Short Range Communication (DSRC)" <http://grouper.ieee.org/groups/scc32/dsrc>
- [10] A. Dana, A. Yadegari, A. Salahi, S. Faramehr, H. Khosravi, "A New Scheme for on-Demand Group Mobility Clustering in Mobile Ad hoc Networks", in *Proc. IEEE ICACT, 2008*, pp. 1370-1375.
- [11] Y.Z.P. Chen and A. L. Liestman, "Approximating Minimum Size Weakly-Connected Dominating Sets for Clustering Mobile Ad Hoc Networks", in *Proc. 3rd ACM Int'l. Symp. Mobile Ad hoc Net & Comp, June 2002*, pp. 165-72.
- [12] C. R. Lin and M. Gerla, "Adaptive Clustering for Mobile Wireless Networks", *IEEE JSAC*, vol. 15, Sept. 2000, pp. 1265-75.
- [13] A. B. MacDonald and T. F. Znati, "A Mobility-based Frame Work for Adaptive Clustering in Wireless Ad Hoc Networks", *IEEE JSAC*, vol. 17, Aug. 1999., pp. 1466-87.
- [14] J.H. Ryu, S. Song, and D.H. Cho, "New Clustering Schemes for Energy Conservation in Two-Tiered Mobile Ad-Hoc Networks", in *Proc. IEEE ICC'01*, vol. 3, June 2001, pp. 862-66.
- [15] T. Ohta, S. Inoue, and Y. Kakuda, "An Adaptive Multihop Clustering Scheme for Highly Mobile Ad Hoc Networks", in *Proc. 6th ISADS'03, Apr. 2003*.
- [16] M. Chatterjee, S. K. Das, and D. Turgut, "An On-Demand Weighted Clustering Algorithm (WCA) for Ad hoc Networks", in *Proc. IEEE Globecom'00, 2000*, pp. 1697-701.
- [17] M. Gerla, J. T. C. Tsai, "Multicluster, mobile, multimedia radio network," *ACM/Baltzer Wireless Networks Journal 95*, vol. 1, Oct. 1995, pp. 255-265.
- [18] A. Ephremides, J. E. Wieselthier, D. J. Baker, "A design concept for reliable mobile radio networks with frequency hopping signaling," *Proceedings of the IEEE*, vol. 75, no. 1, Jan. 1987, pp. 56-73.
- [19] D. J. Baker, A. Ephremides, "The architectural organization of a mobile radio network via a distributed algorithm," *IEEE Trans. on Comm.*, vol. 29, pp. 1694- 1701, 1981.
- [20] S. Basagni, "Distributed clustering algorithm for ad-hoc networks," In International Symposium on Parallel Architectures, *Algorithms, and Networks (I-SPAN)*, pp. 310-315, 1999.
- [21] X. Niu, Z. Tao, G. Wu, C. Huang, L. Cui, "Hybrid cluster routing: an efficient routing protocol for mobile ad hoc networks," *IEEE ICC 2006*.
- [22] J.Y. Yu, P. H. Joo Chong, "An efficient clustering scheme for large and dense mobile ad hoc networks (MANETs)," *Computer Communications* No .30, 2006, pp. 5-16.
- [23] M. Chatterjee, S. K. Das, and D. Turgut, "WCA: A weighted clustering algorithm for mobile ad hoc networks," *Journal of*

- Cluster Computing*, No. 5, 2002, pp. 193-204.
- [24] Z. El-Bazzal, M. Kadoch, B. L. Agba, F. Gagnon and M. Bennani, "An efficient management algorithm for clustering in mobile ad hoc network," *ACM. October 2, 2006, Torremolinos*, Malaga, Spain.
- [25] N. Eagle and A. Pentland. RealityMining: Sensing Complex Social Systems. *Personal and Ubiquitous Computing*, 10(4), 2006.
- [26] Z. Yan and M.N. Jim, "Distributed Group Mobility Adaptive Clustering Algorithm for Mobile Ad Hoc Networks," *ICC '08. IEEE International Conference on Communication*, pp. 3161-3165, May 2008.
- [27] J. M. Ng and Y. Zhang, "A Mobility Model with Group Partitioning for Wireless Ad hoc Networks," *Proc. of IEEE International Conference on Information Technology and Applications, ICITA 2005*, pp. 289-294, July 2005.
- [28] M. MIYAJI, M. DANNO, K. OGURI, "Analysis of Driver Behavior Based on Traffic Incidents for Driver Monitor Systems," 2008 *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 930-935, June 2008.
- [29] Steinwolf, A., "Shaker Simulation of Random Vibration with a High Kurtosis Value," *Journal of the Institute of Environmental Sciences*, pp. 33-43, May/June 1997.
- [30] B. van Arem, C.J.G. van Driel and R. Visser, "Impact of Cooperative Adaptive Cruise Control on Traffic-Flow Characteristics," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 7, No. 4, pp. 429-436, 2006.
- [31] Z. Wang, L. Liu, M.C. Zhou, and N. Ansari, "A Position-Based Clustering Technique for Ad Hoc Intervehicle Communication," *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, Vol.38, No.2, pp.201-208, March 2008.
- [32] A. Amis, R. Prakash, T. Vuong, and D. T. Huynh, "MaxMin D-cluster formation in wireless ad hoc networks," in *Proc. IEEE Conf. Comput. Commun.*, Tel Aviv, Israel, Vol. 1, pp. 32-41, Mar. 1999.