

國立中央大學

通訊工程研究所
碩士論文

An efficient data dissemination model for
VANETs

研究生：杜建男

指導教授：陳彥文博士

中華民國 九十六年 七月



國立中央大學圖書館 碩博士論文電子檔授權書

(95 年 7 月最新修正版)

本授權書所授權之論文全文電子檔(不包含紙本、詳備註 1 說明)，為本人於國立中央大學，撰寫之碩/博士學位論文。(以下請擇一勾選)

(☒)同意 (立即開放)

()同意 (一年後開放)，原因是：_____

()同意 (二年後開放)，原因是：_____

()不同意，原因是：_____

以非專屬、無償授權國立中央大學圖書館與國家圖書館，基於推動「資源共享、互惠合作」之理念，於回饋社會與學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、微縮、光碟及其它各種方法將上列論文收錄、重製、公開陳列、與發行，或再授權他人以各種方法重製與利用，並得將數位化之上列論文與論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

研究生簽名： 朱集昂 學號： 945203032

論文名稱： An efficient data dissemination model for VANETs

指導教授姓名： 陳彥文

系所： 通訊工程研究 所 ☐博士班 ☒碩士班

日期：民國 96 年 7 月 19 日

備註：

1. 本授權書之授權範圍僅限電子檔，紙本論文部分依著作權法第 15 條第 3 款之規定，採推定原則即預設同意圖書館得公開上架閱覽，如您有申請專利或投稿等考量，不同意紙本上架陳列，須另行加填聲明書，詳細說明與紙本聲明書請至 <http://blog.lib.ncu.edu.tw/plog/> 碩博士論文專區查閱下載。
2. 本授權書請填寫並親筆簽名後，裝訂於各紙本論文封面後之次頁（全文電子檔內之授權書簽名，可用電腦打字代替）。
3. 請加印一份單張之授權書，填寫並親筆簽名後，於辦理離校時交圖書館（以統一代轉寄給國家圖書館）。
4. 讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應依著作權法相關規定辦理。

國立中央大學碩士班研究生

論文指導教授推薦書

通訊工程 學系/研究所 杜建男 研究生所
提之論文 An efficient data dissemination model
for VANETs 係由本人指導撰述，同意提付審
查。

指導教授  (簽章)

96 年 7 月 6 日

國立中央大學碩士班研究生
論文口試委員審定書

通訊工程學系/研究所 杜建男 研究生所提
之論文 An efficient data dissemination model for
VANETs 經本委員會審議，認定符合碩士資格標
準。

學位考試委員會召集人
委 員

劉懷仁
陳毅
吳中貴
陳瑞洲
吳明平

中 華 民 國 96 年 7 月 6 日

論文名稱：在 VANET 網路中之有效率的資料散播模型

校所組別：國立中央大學 通訊工程研究所

研究生：杜建男 指導教授：陳彥文

論文摘要：

隨著無線通訊網路技術的進步，加上電子元件價格漸漸下降以及行車安全問題越來越受重視，VANET (Vehicle Ad-hoc NETwork)網路近年來成為各國矚目的研究議題。

VANET 網路之應用範疇，包括提供行車安全的服務以及便利生活的訊息。例如：當前方車輛發生事故時，能立即回報緊急訊息給後面車輛知道，避免連續事故的發生；或是開車族可以透過 VANET 網路所提供之服務，獲取有關停車位位置之資訊。

由於 VANET 網路應用很廣，有些訊息封包可能具有時效性，必須立刻送予後方車輛使其知道。目前關於道路上封包散播的方式，主要以同向車道上的車輛來幫忙散播為主。不過，使用此方式其效能是較低的，因為越後方之車輛必須等越久的時間才能收到此封包。若能利用對向車道與同向車道間所擁有之相對速度的優點，讓訊息封包早點到達較後方之車輛，相信對提升整體網路效能會有幫助。

故本論文提出一個利用對向車道之車輛來幫忙散播封包的方式，包括使用單一車輛及多台車輛來幫忙散播的情況。最終目標則是希望能有效地降低訊息封包散播給某範圍內所有車輛所花的時間。而經過模擬，本論文所提之方法，在某些條件下，確實能有比使用同向車道上的車輛來幫忙散播的方式有較佳的效能表現。

關鍵字：VANET、Data Dissemination、Ad hoc Networks

Abstract

As the rapid progress in wireless communication technology and the cost of electronic component becomes cheaper, various kinds of applications have been deployed in real life. Among them, researchers pay more attention to Vehicle Ad-hoc NETwork (VANET) in recent years.

The research areas of VANET can be divided into two major parts: safety application and comfort application. For example of safety application, if the car has crashed on the highway, the emergency information can be propagated as soon as possible to inform the cars behind the accident. And for the example of comfort application, if a gourmand can easily find some suitable restaurants by using the location based service through VANET.

With the rapid applications on VANET, especially for the safety applications, it may be timeliness. Thus, the information must be sent to other vehicle quickly. Traditionally, the packet is sent through the vehicle on a road in the same moving direction to help data disseminating. This method may be low efficiency because the vehicle far from the accident area spends more time to receive the information. Moreover, the data disseminating time is too long. If we can take advantage of the relative velocity that exists between two different direction lanes to let the vehicle receiving the information quickly, the dissemination efficiency can be improved.

In this thesis, we propose a method that using the opposite lane to help data disseminating. Two different situations are considered in the proposed method. The first one is to use only one vehicle in opposite lane to perform data disseminating. The other is to use multi vehicles for transmission in multi-hop manner. The goal of our method is to reduce the total cost of the dissemination time. In accordance with our simulation results, the proposed multi-hop method performs superior performance than the traditional method.

Keyword : VANET, Data Dissemination, Ad hoc Networks

致謝

轉眼間兩年過去，在研究所這段日子裡一直受到指導教授陳彥文博士的悉心教誨，讓我可以順利的完成研究所課程取得碩士學位。在求學過程中老師總是適時的指引正確的研究方向，讓我學習到正確的研究方法以及正確的態度。而在研究過程中，老師提供了許多相關的知識與經驗讓學生獲益良多，在此謹致上最誠摯的謝意。

並誠摯感謝口試委員吳中實博士、劉懷仁博士、陳錦洲博士、以及嚴劍琴博士撥冗指導，且提供許多寶貴的意見使得論文更趨完善。

此外，還要感謝實驗室同學耿源、子哲、衣修、柏緯、宗驩以及學弟妹彥廷、昶吾、信菖、詩雨、明晃、奕斌、萬勳、以及泓璋，不論是在課業上的研究或彼此知識的切磋上，或是在日常生活中的彼此扶持與照料，皆令我獲益良多。

最後，感謝家人給予我的支持與鼓勵，以及曾經關心過我的朋友們，謝謝你們！

目錄

摘要	I
目錄	IV
圖目錄	VII
表目錄	XI
第一章 緒論	1
1.1 前言與研究動機	1
1.2 論文架構	1
第二章 背景介紹	3
2.1 MANET 網路的起源及應用	3
2.2 ITS 介紹	5
2.3 VANET 網路架構	8
2.4 VANET 網路的特性	11
2.5 VANET 網路的研究議題	13
2.5.1 Safety Applications	13
2.5.2 Comfort Applications	16
第三章 VANET 網路叢集化以及有效率地廣播之相關研究	18
3.1 叢集化(clustering)	18
3.2 叢集機制的種類	18
3.2.1 An Information Propagation Scheme for VANETs	21
3.2.2 Traffic Model for Clustering Algorithms in Vehicular Ad-Hoc Networks	24
3.2.3 Cluster-Based Multi-channel Communications protocols in Vehicle Ad Hoc Networks	24
3.3 有效率地做廣播(Efficient broadcasting)	28

第四章 在 VANET 網路中之有效率的資料散播模型	34
4.1 在 VANET 上之 data dissemination 方式	34
4.2 本論文想法	35
4.3 由對向車道單一車輛幫忙轉送之情況	37
4.3.1 由對向車道單一車輛幫忙轉送之情況的數學式推導	38
4.3.2 由對向車道單一車輛幫忙轉送之情況的範例說明	42
4.4 由對向車道多台車輛幫忙轉送之情況	44
4.4.1 使用對向車道多台車輛幫忙轉送之優點	45
4.4.2 由對向車道多台車輛幫忙轉送之情況的數學式推導	47
4.4.3 由對向車道多台車輛幫忙轉送之情況的範例說明	50
4.5 同向車道上的車輛為變速度之情況	51
4.5.1 同向車道上的車輛為變速度之情況的數學式推導	52
第五章 效能評估	56
5.1 模擬環境	56
5.2 使用對向車道單一車輛幫忙轉送的情況之模擬結果與分析	56
5.2.1 改變車輛處理封包所花之時間(t_p)	57
5.2.2 改變相對速度(V_1+V_2)	59
5.2.3 改變傳輸半徑(r)	61
5.3 使用對向車道多台車輛幫忙轉送的情況之模擬結果與分析	63
5.3.1 改變車輛處理封包所花之時間(t_p)	63
5.3.2 改變相對速度(V_1+V_2)	66
5.3.3 改變傳輸半徑(r)	68
5.4 同向車道上的車輛為變速度之模擬結果與分析	70
5.4.1 改變車輛處理封包所花之時間(t_p)	71
5.4.2 改變加速度(V)	73
5.4.3 改變傳輸半徑(r)	75

第六章 結論與未來工作	79
參考文獻	80

圖目錄

圖 2-1-1 Infrastructure 架構.....	3
圖 2-1-2 Ad-hoc 架構.....	4
圖 2-2-1 提供即時路況資訊.....	6
圖 2-2-2 迅速偵測事故並通知後方車輛.....	6
圖 2-2-3 即時而動態的交通控制系統.....	7
圖 2-2-4 提供用路人停車場位置及路線導引等資訊.....	7
圖 2-3-1 Roadside-to-Vehicle Communications (RVC).....	9
圖 2-3-2 Inter-Vehicle Communications (IVC).....	10
圖 2-3-3 結合 RVC 以及 IVC 之網路架構.....	11
圖 2-4-1 IVC 架構裡發生 fragment.....	12
圖 2-5-1 Networking challenges in VANETs.....	13
圖 3-2-1 Lowest-ID Clustering.....	19
圖 3-2-2 High Degree Clustering.....	20
圖 3-2-3 Clustering with 2 CHs.....	22
圖 3-2-4 Forward propagation 與 Reverse propagation.....	23
圖 3-2-5 Header nodes routing 的演算法.....	23
圖 3-2-6 Cluster-based multi-channel communications 之架構.....	25
圖 3-2-7 Finite State Machine (FSM).....	26
圖 3-3-1 Relay node selection by common neighbor.....	30
圖 3-3-2 Broadcast Scenarios.....	32
圖 4-1-1 Same-dir model 傳輸方式.....	34
圖 4-1-2 Opp-dir model 傳輸方式.....	35
圖 4-2-1 VANET 網路上發生”空洞”的問題.....	36
圖 4-3-1 事故發生時，緊急訊息分別傳送給同向以及對向車道之車輛來幫忙轉	

送	37
圖 4-3-2 對向車道之車輛經 Δt 時間後，將此訊息傳送給同向車道之車輛 ...	38
圖 4-3-3 對向與同向車道之車輛彼此相對速度為 V_1+V_2	39
圖 4-3-4 將廣播長度 D 內的車輛分成 n 個 block 之示意圖	39
圖 4-3-5 每個 block 之間呈等比關係	40
圖 4-3-6 使用對向車道單一車輛幫忙轉送之情況的數學式流程.....	42
圖 4-3-7 由對向車道單一車輛幫忙轉送之情況的範例($D=6\text{km}$ ， $V_1+V_2=120\text{km/h}$ ， $r=100\text{m}$ ，block 個數為 3， $t_p = 4$ 秒).....	43
圖 4-4-1 封包由對向車道多台車輛來幫忙轉送之情形.....	44
圖 4-4-2 對向與同向車道之車輛彼此相對速度為 V_1+V_2	45
圖 4-4-3 在 d_1 距離裡，封包所經過的 hop 數量	46
圖 4-4-4 由對向車道多台車輛幫忙轉送之情況的示意圖	47
圖 4-4-5 每個 block 之間呈等比關係	48
圖 4-4-6 使用對向車道多台車輛幫忙轉送之情況的數學式流程.....	50
圖 4-4-7 由對向車道多台車輛幫忙轉送之情況的範例($D=6\text{km}$ ， $r=100\text{m}$ ，block 個數為 3， $t_p = 0.5$ 秒).....	51
圖 4-5-1 同向車道上的車輛為變速度之情況的示意圖	52
圖 4-5-2 同向車道上的車輛為變速度之情況的數學式流程	54
圖 5-2-1 Process time vs. Total time (對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)	57
圖 5-2-2 Process time vs. 每個 block 完成廣播的時間(對向車道單一車輛幫 忙轉送的情況).....	58
圖 5-2-3 Process time vs. 每個 block 內之車輛個數(對向車道單一車輛幫忙 轉送的情況).....	59
圖 5-2-4 Relative velocity vs. Total time (對向車道單一車輛幫忙轉送的 情況).....	60

圖 5-2-5 Relative velocity vs. 每個 block 完成廣播的時間(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)	60
圖 5-2-6 Relative velocity vs. 每個 block 內之車輛個數(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況).....	61
圖 5-2-7 Transmit range vs. Total time (對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)	62
圖 5-2-8 Transmit range vs. 每個 block 完成廣播的時間(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況).....	62
圖 5-2-9 Transmit range vs. 每個 block 內之車輛個數(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況).....	63
圖 5-3-1 Process time vs. Total time (對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)	64
圖 5-3-2 Process time vs. 每個 block 完成廣播的時間(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況).....	65
圖 5-3-3 Process time vs. 每個 block 內之車輛個數(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)	66
圖 5-3-4 Relative velocity vs. Total time (對向車道多台車輛幫忙轉送的情況).....	67
圖 5-3-5 Relative velocity vs. 每個 block 完成廣播的時間(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)	67
圖 5-3-6 Relative velocity vs. 每個 block 內之車輛個數(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況).....	68
圖 5-3-7 Transmit range vs. Total time (對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)	69
圖 5-3-8 Transmit range vs. 每個 block 完成廣播的時間(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況).....	69

圖 5-3-9 Transmit range vs. 每個 block 內之車輛個數(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況).....	70
圖 5-4-1 Process time vs. Total time (對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況).....	72
圖 5-4-2 Process time vs. 每個 block 完成廣播的時間(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況).....	72
圖 5-4-3 Process time vs. 每個 block 內之車輛個數(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況).....	73
圖 5-4-4 Acceleration vs. Total time (對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況).....	74
圖 5-4-5 Acceleration vs. 每個 block 完成廣播的時間(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況).....	75
圖 5-4-6 Acceleration vs. 每個 block 內之車輛個數(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況).....	75
圖 5-4-7 Transmit range vs. Total time (對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況).....	76
圖 5-4-8 Transmit range vs. 每個 block 完成廣播的時間(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況).....	77
圖 5-4-9 Transmit range vs. 每個 block 內之車輛個數(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況).....	77

表目錄

表一、傳統傳輸方式與本論文所提方法之比較	78
----------------------------	----

第一章 緒論

1.1 前言與研究動機

近年來，隨著無線網路通訊的進步，許多研究議題被提出來。尤其是基於 MANET(Mobile Ad-hoc NETwork)架構所衍生出來的 VANET(Vehicular Ad-hoc NETwork)，更是為人所討論。

由於電子元件價格漸漸下降以及行車安全問題越來越受重視，各國政府紛紛投入智慧型運輸系統(Intelligent Transport Systems, ITS)的研究。包括美國的聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission, FCC)就分配 75MHz 的頻寬給車用系統使用，這技術被稱為專用短距離通信(Dedicated Short Range Communication, DSRC)[1]；歐洲的 C2CCC[2]；日本的 InternetITS[3]；德國的 Network on Wheels[4]；以及台灣的 ITS Taiwan[14]。其他 VANET 相關研究組織還包括[5, 6, 7, 8, 9]，而 ITS 相關研究組織還包括[10, 11, 12, 13]。

除了提供緊急訊息，VANET 也可以做其他用途，包括汲取特定的 information，例如開車族可能會因為停車位找不到而煩惱；老饕可能因為找不到餐廳而苦惱。這時候便可以透過結合 Ad-hoc 與 Infrastructure 兩種架構的方式去建立一個服務大眾的系統。

建立好整個系統，接下來便是決定訊息傳輸的方式。在傳統的傳輸方式裡，某筆訊息要傳送給後方車輛知道，通常是使用同向車道之車輛來幫忙傳送。但如此一來，其效率是較低的。若是能夠使用對向車道之車輛幫忙傳送，由於其與同向車道間具有所謂的相對速度，則訊息可以較快地送往後方車輛，以節省訊息傳輸所花的時間。於是，本論文便基於此論點去寫作，提出一個在 VANET 網路中能夠有效率地做完訊息散播之模型。

1.2 論文架構

本論文分為六個章節：

第一章

緒論：簡單介紹論文的研究動機與論文架構

第二章

背景介紹：探討 MANET 網路的起源及應用、ITS 介紹、VANET 網路架構
以及 VANET 網路的相關研究議題

第三章

VANET 網路叢集化以及有效率地廣播之相關研究：整理目前為止對於
VANET 網路中叢集化以及有效率地廣播之相關研究

第四章

在 VANET 網路中之有效率的資料散播(data dissemination)模型：說明
本論文所提出之有效率資料散播模型

第五章

效能評估：對本論文所提出的傳輸模型進行模擬並分析其效能

第六章

結論與未來工作：對本論文所提出之傳輸模型進行總結以及未來研究方
向

最後則是參考文獻，這部份將列出本論文之參考資料來源。

第二章 背景介紹

2.1 MANET 網路的起源及應用

隨著人們使用網路的頻繁，許多網路的技術持續蓬勃發展著，相對地，無線網路也跟著日新月異。目前無線網路的運作模式可分成兩大類，分別為 Infrastructure 與 Ad-hoc 兩種模式。Infrastructure 模式運作時，需要至少一台所謂的基地台來進行中央統一的控制，包括資源分配與路由決定等等，且裝置的連結是以 single-hop 來傳送(如圖 2-1-1)。

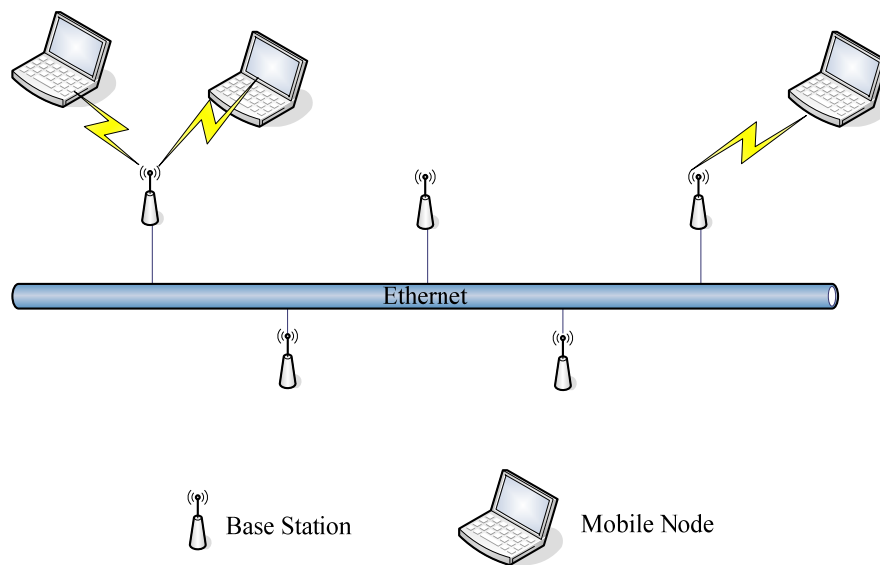


圖 2-1-1 Infrastructure 架構

在 Ad-hoc 模式下，裝置可以在沒有基地台的狀況下，透過 multi-hop 的方式來做傳送(如圖 2-1-2)。

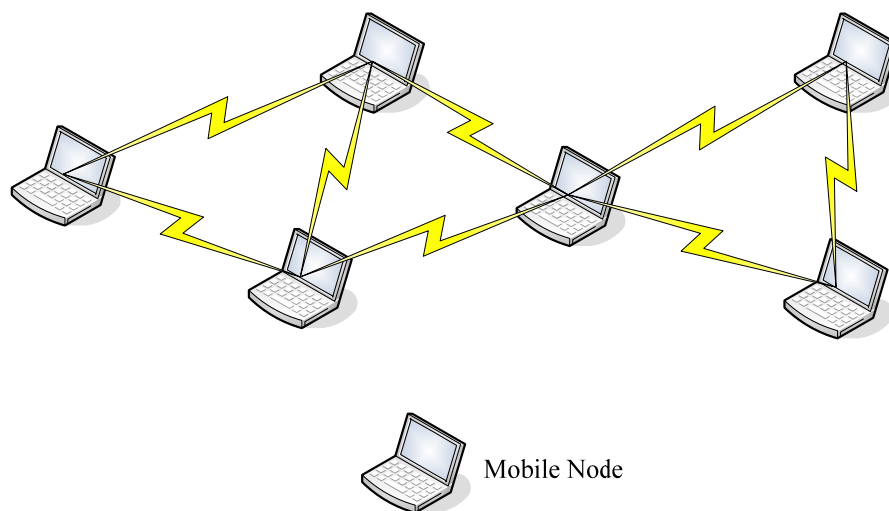


圖 2-1-2 Ad-hoc 架構

由於 Ad-hoc 網路具備快速建置、成本經濟與不需基地台等特性，使得 Ad-hoc 網路延伸出許多應用。最普遍的應用就是針對可移動式的 Ad-hoc 網路(Mobile Ad-hoc NETwork，簡稱 MANET)。也因此 MANET 網路在 Ad-hoc 網路的研究中一直是相當重要的議題。IETF[1](The Internet Engineering Task Force)更在 1991 年正式成立了 MANET 工作小組(Working Group)，負責制定 Ad-hoc 網路相關通訊協定的標準。

相對於其他網路類型，MANET 網路的優點在於佈署容易且佈署速度快，故易於加入網路拓撲，也無需仰賴固定的中繼站，因此能達到隨時隨地快速上網的目標。近年來更由於藍芽(Bluetooth)、IEEE 802.11 及 IEEE 802.16 等技術的出現，MANET 延伸出更多的應用，包括：

(1) 軍事用途：

當戰場上戰爭發生時，許多的基地台無法建立或是遭到戰爭的破壞，導致無法正常通訊，MANET 此時即可提供通訊的服務。

(2) 民間用途：

例如建立虛擬會議室、展覽場，讓行動設備可以直接通訊，而不需要透過 BS(Base Station)或 AP(Access Point)來幫忙轉送，如此一來可以節省建置成本；或是建立感測網路(Sensor Network)環境來監

測天氣、火山活動、環境汙染或地震等等。而對於道路上的車輛，彼此也可以利用 MANET 網路的方式來組成區域性的網路，相互交換訊息。

(3) 緊急事件：

在偏遠山區或是人煙較少的地方從事救援工作。由於這些地方缺乏基地台，而 MANET 的特性是可隨意建置，故也可應用於此來進行搜救的工作。或是火災發生、颱風或是地震等緊急情況，現有基礎網路建設遭受破壞無法通訊時，MANET 網路可以作為進行搜救行動中的替代網路。

(4) 一般區域網路用途：

在家中、辦公場所等，彼此的行動設備都可以利用 MANET 網路的方式來達到資料交換的目的。例如：家中的無線電話子母機、PDA、手機、傳真機、印表機、筆記型電腦等。近年來更有遊戲廠商如 Sony、Nintendo，將 Ad-hoc 模式功能加入其所生產的掌上遊戲機裡，讓玩家可以連線進行遊戲。

在以上眾多的應用中，最受矚目的項目除了感測網路外，另一個受歡迎的研究議題便是 Vehicular Ad-hoc NETwork(VANET)。VANET 屬於 ITS(Intelligent Transport Systems)的一環，故在介紹 VANET 前，讓我們先對 ITS 有個基本了解。

2.2 ITS 介紹

ITS 為應用先進的電子、通信、資訊與感測等技術，以整合人、路、車的管理策略，提供即時(real-time)的資訊而增進運輸系統的安全、效率及舒適性，同時也減少交通對環境的衝擊。

根據社團法人中華智慧型運輸系統協會[14]所言，應用 ITS 的各項系統與技術，可以有效改善交通擁擠。例如：

- (1) 藉由提供即時的路況資訊，用路人可以事先避開擁擠路段，選擇替代道路或運具，甚至延遲出發時間，以避免尖峰時刻的交通擁擠(如圖

2-2-1)。

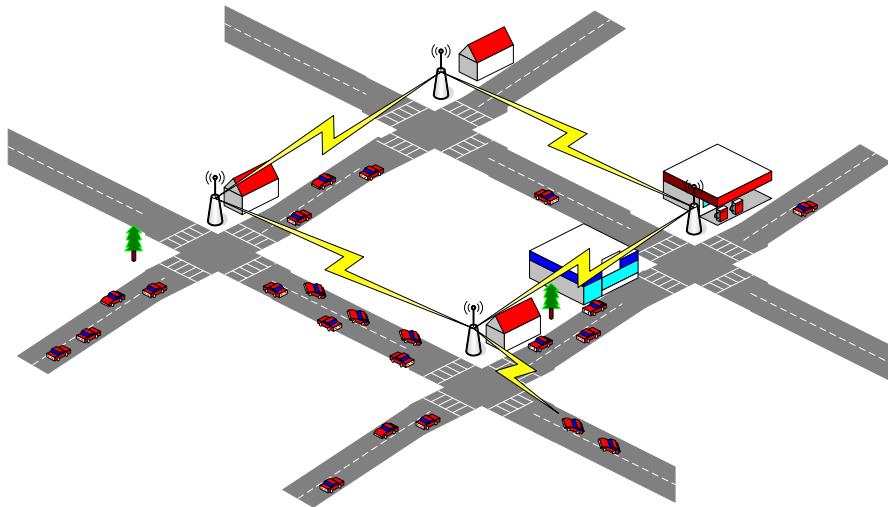


圖 2-2-1 提供即時路況資訊

- (2) 迅速偵測並排除道路事故，以減緩因事故所造成的交通擁擠，甚至避免連續事故的發生，防止造成更嚴重的交通壅塞(如圖 2-2-2)。

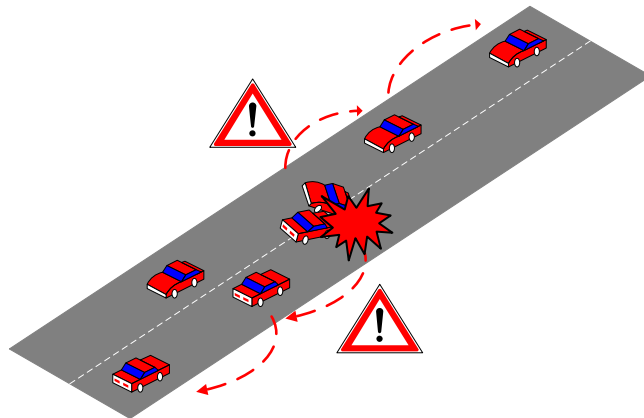


圖 2-2-2 迅速偵測事故並通知後方車輛

- (3) 良好的大眾運輸系統可以吸引部份私人交通工具的使用者，減緩交通擁擠問題。

- (4) 即時而動態的交通控制系統可以隨時偵測交通狀況、自動調整交通控制策略、以及減少延滯時間，對改善交通擁擠亦有助益(如圖 2-2-3)。

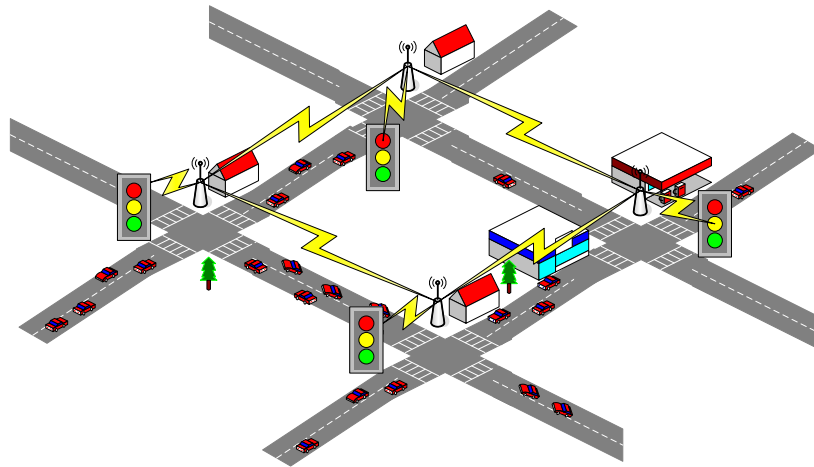


圖 2-2-3 即時而動態的交通控制系統

- (5) 藉由電子式自動收費系統的佈設，可以改善收費站區附近的交通擁擠，並且可以作為道路擁擠定價（Congestion Pricing）策略的基礎。
- (6) 提供共乘的資訊和機會，可以減少私人交通工具的使用。
- (7) ITS 可以提供用路人停車場位置及路線導引等資訊，避免因盲目尋找停車空間，而造成的交通擁擠(如圖 2-2-4)。

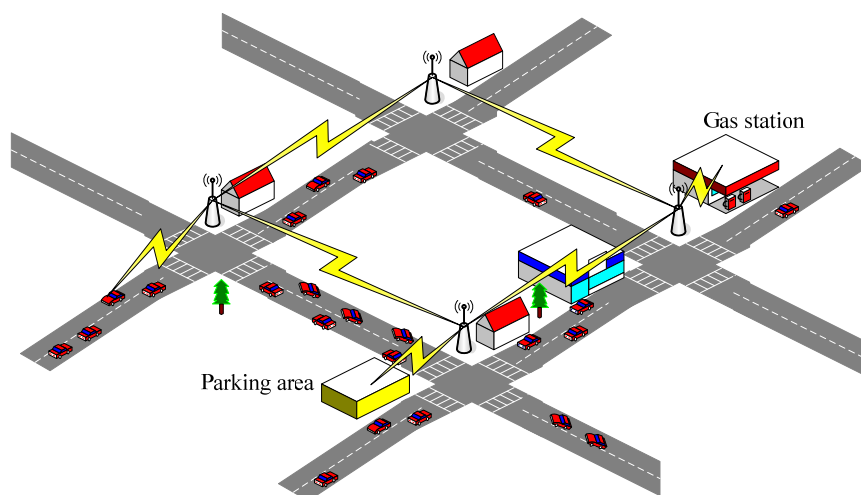


圖 2-2-4 提供用路人停車場位置及路線導引等資訊

ITS 的基本概念在於應用先進的感測技術，正確地收集資訊。而後將之傳送

到電腦中心進行分析與處理，然後再將處理過的行車資訊以先進的通信技術傳回給用路人。因此，一個暢行無阻的交通資訊與通信網路，乃是確保 ITS 成功的基本條件。本論文所提出來的方法，即是基於上述第(2)點為考量，在 VANET 網路上，將收集到的資訊有效率地透過其他車輛來幫忙轉送，避免連續事故的發生。

而在接下來的小節裡，將介紹 VANET 網路的架構、特性，以及相關研究議題。

2.3 VANET 網路架構

在 VANET 網路架構的分類裡，主要可以分為以下三大種類：

(1) Roadside-to-Vehicle Communications (RVC)：

如圖 2-3-1 所示，車輛可以透過路旁的 AP 或是基地台連線到

Server 端索取所需的資訊。在此部份之研究議題包括：

(a) Internet Gateway(即圖 2-3-1 的 Access Point 部分)的尋找以及

選擇[16, 17, 18]：當某車輛同時擁有兩個以上之 AP 可供使用時，如何決定該使用哪一個 AP 來達到最大效能，其考慮因素包括 path 上可供使用之頻寬以及所經過之 hop 數。

(b) 移動性(mobility)的管理[19, 20, 21]：由於車輛具有移動性，當從

某一個 AP 換到另一個 AP 下時，會發生所謂換手(handover)的問題。該如何處理換手問題以減少封包遺失的情形也是一門學問。

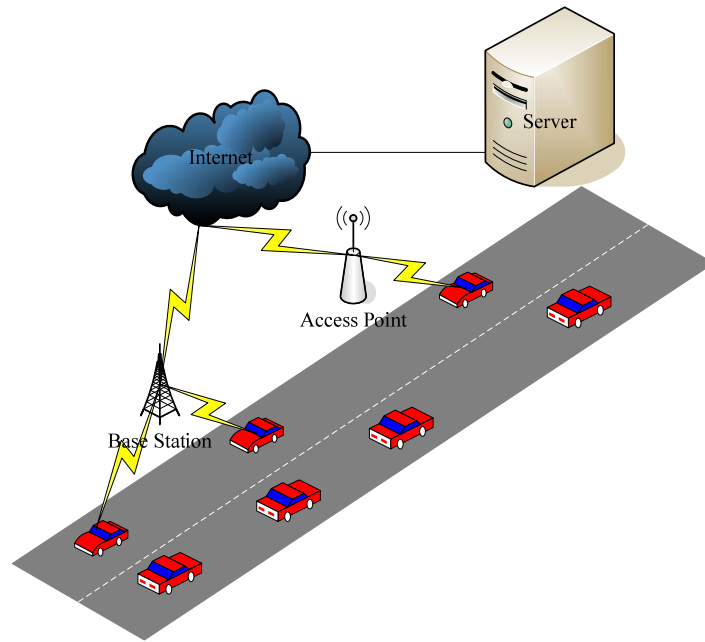


圖 2-3-1 Roadside-to-Vehicle Communications (RVC)

(2) Inter-Vehicle Communications (IVC) [22, 23, 24, 25] :

如圖 2-3-2 所示，車輛可以透過其他台車輛主動要求所需的資訊，或是當前方有緊急事件發生時，車輛彼此間也可以迅速交換訊息。

由於此方式並無路旁的 AP 或是基地台可供使用，故當車輛間距離太遠，超出彼此能夠通訊的範圍時，將會發生斷線的情況，如圖 2-3-2 中之 A、B 兩車所示。其解決方法之一，可以使用” carry and forward”的方式：當 A、B 其中一方有資料要送往對方，卻發現無法直接傳送時，會先把要送給對方的訊息攜帶在自己身上，繼續往前進。當其進到對方的通訊範圍時，再將此訊息傳送給對方。不過，要達到以上目的，前提是 A、B 兩車事先能透過 GPS 等方式取得對方的 location 相關資訊。若無法事先取得 location 相關資訊，也可透過即將在 2.5.2 小節提到的” trajectory forwarding” 或是” opportunistic routing” 等方式來解決。

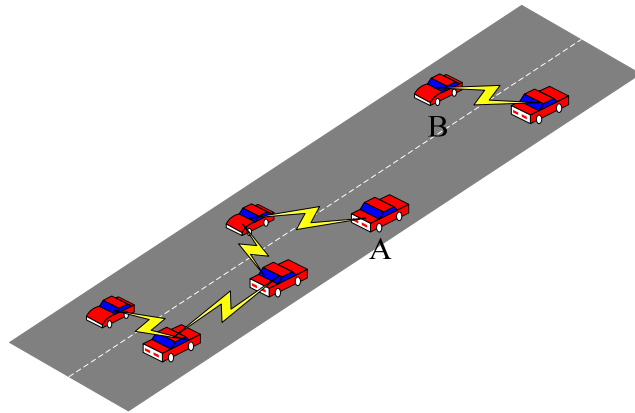


圖 2-3-2 Inter-Vehicle Communications (IVC)

(3) 結合 RVC 以及 IVC 之網路架構 [26, 27]：

如圖 2-3-3 所示，車輛彼此間距離短的話，便可以直接交換訊息。

若距離太遠時，便藉由路旁的基地台或是 AP 來做轉送的動作。

由於車輛間之通訊方式有 RVC 以及 IVC 兩種，故使用此方式可以增加網路的可靠性：當其中一種傳輸方式失敗時，可以切換成另一種傳輸方式來幫忙轉送資訊。

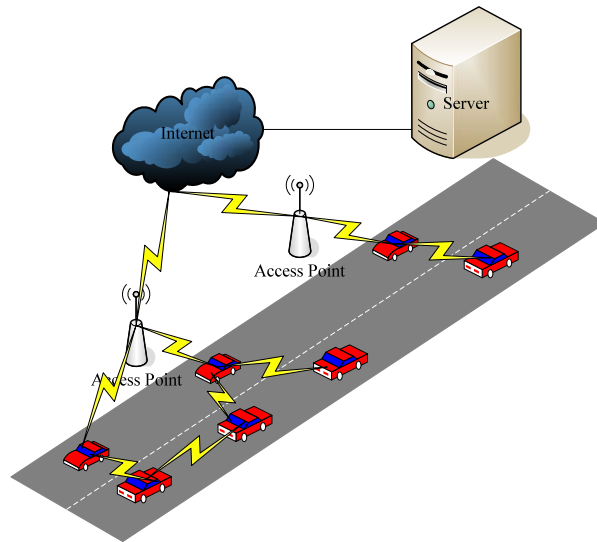


圖 2-3-3 結合 RVC 以及 IVC 之網路架構

2.4 VANET 網路的特性

VANET 雖然為 MANET 上的一項應用，但其之間仍有些差異。根據[28]所整理，VANET 的特性包括：

- (1) 在 VANETs 網路裡，車輛彼此間有所謂的相對速度。在相對速度較高的情況下，將使得網路拓撲難以管理。
- (2) 在 IVC 網路架構裡，由於道路上之車輛並非呈現均勻分布，故網路拓撲有可能被分割成好幾部分。如圖 2-4-1 所示之例子，網路拓撲被分割成兩個部份，分別用兩個虛線方框所圈起來。虛線方框內之車輛彼此間可以互相通訊，但某方框內車輛因為距離遙遠、傳輸範圍等限制而無法與其他方框內之車輛直接通訊。其解決方法之一為將 RVC 架構給結合進來。

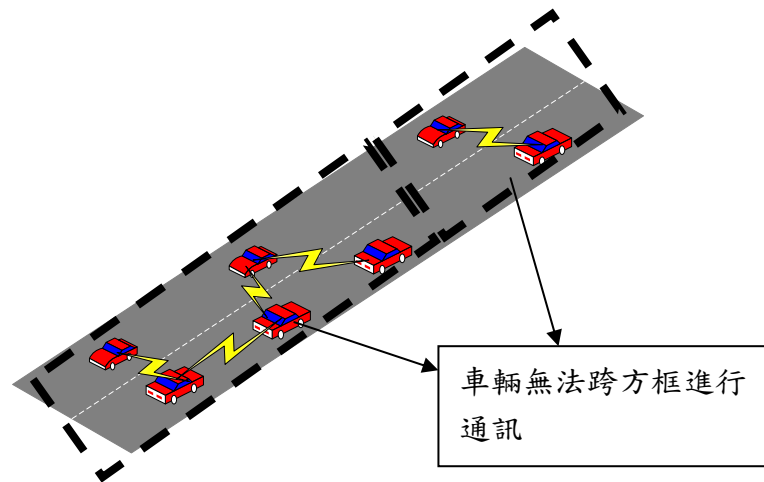


圖 2-4-1 IVC 架構裡發生 fragment

- (3) 在 VANET 網路裡，車輛間使用的是短距離通訊，傳輸半徑較短。這使得車輛在高相對速度移動之情況下，原本事先找好的路徑，當要使用時，此路徑可能已經失效，必須再重新尋找新的路徑。如此一來，整體網路效能將變得非常差。
- (4) VANET 比較沒有電力的限制，不像感測網路(sensor network)，必須想辦法節省電力的使用，使其在有限電力下發揮最大之效能。
- (5) VANET 網路的規模非常龐大，包括城鎮中心或是高速公路，皆可以是 VANET 所涵蓋的範圍。
- (6) 多變的網路密度：在離峰時段，道路上之車輛可能寥寥可數。但一到尖峰時段，道路上可能會發生塞車的情形。
- (7) VANET 網路拓撲可能會因為使用者收到某訊息後做出反應而有所變動。也就是說，網路上訊息封包的內容對於整個網路的拓撲是有影響的。舉例來說，使用者可能會因為收到前方紅燈的訊息，而停下車來；當收到前方發生塞車的訊息時，便會選擇改走其他路徑。

2.5 VANET 網路的研究議題

根據[28]這篇 paper 所整理，目前有關 VANET 的研究議題主要可以分成兩大類，分別是應用到安全服務上以及提供便利生活的訊息應用上，如圖 2-5-1 所整理。

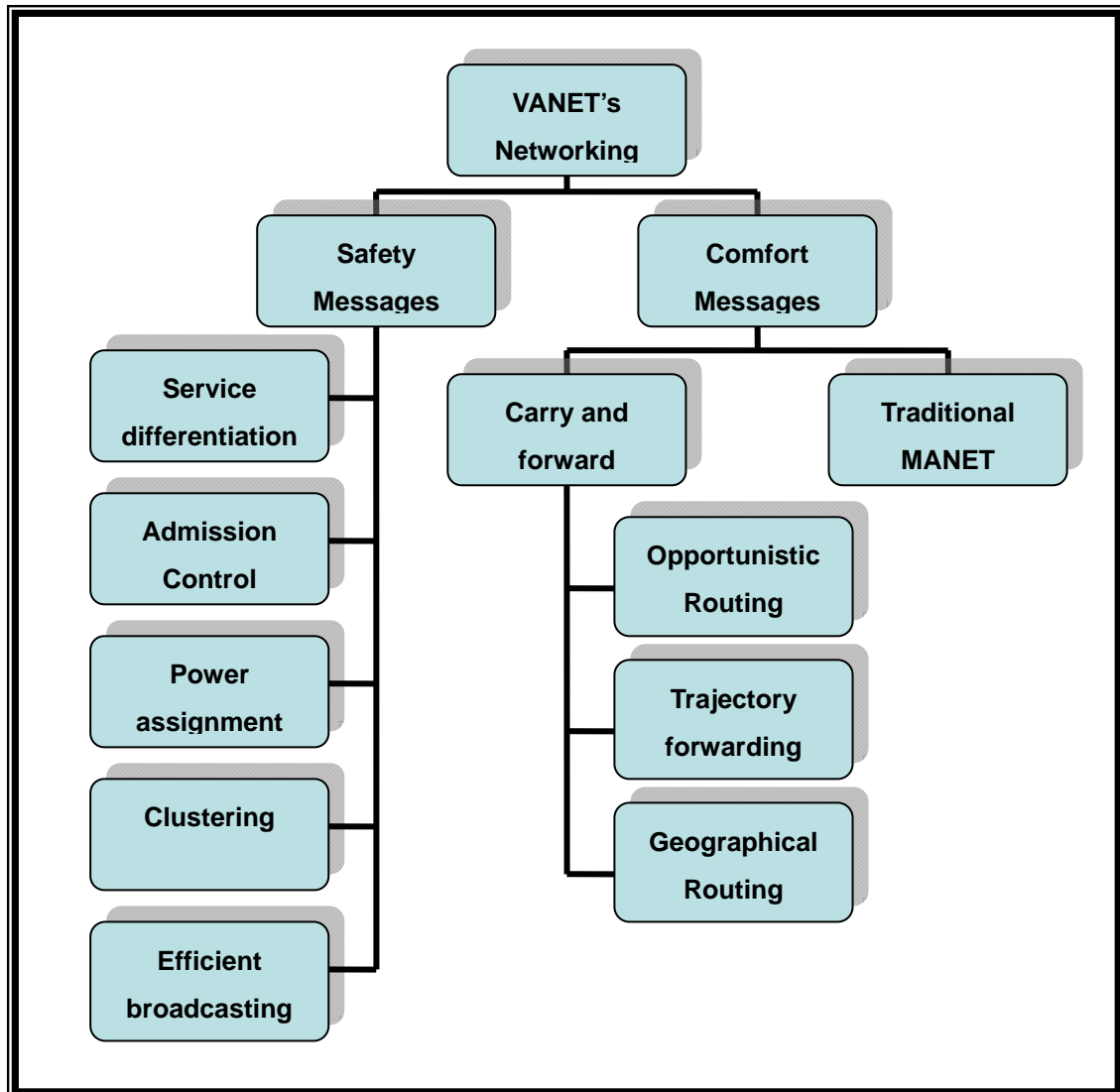


圖 2-5-1 Networking challenges in VANETs

以下幾個小節將對圖 2-5-1 中每個部份做簡單的述敘。

2.5.1 Safety Applications

將 VANET 應用在 safety 上的例子很多，包括前方車輛事故的回報、路面狀況的通知、以及接近交叉路口的警告訊息等等，告知駕駛人必須小心駕駛。其訊

息產生的方式主要可分為以下兩種種類：

(1) Event driven：

當偵測到會有造成不安全的事情發生時(例如車禍)，封包才會產生並廣播通知給其車輛注意。

(2) Periodic：

封包會定期的廣播，通知給網路中的車輛知道。此訊息不但可用來提供 safety 的服務，也可提供一些 non-safety 的應用，例如道路車輛之流量監測。

此定期的廣播訊息也可稱為 beacon，其訊息內容包括車輛的位置(location)資訊、行進方向、以及行車速度等等。定期的廣播可讓所有的車輛隨時注意、隨時瞭解目前整個網路的狀況。

接下來，針對圖 2-5-1 中，safety 議題的部份做討論：

(1) Service differentiation & Admission Control：

上面提到，關於 safety messages 產生的方式可以分成兩大類。由其描述我們可以知道，event driven 產生的訊息必須要比 periodic 產生的訊息以及之後要提到的 comfort message 有更高的優先權，故需要一些機制來處理 Service differentiation 和 Admission Control 的問題。換句話說，必須將優先權劃分成 3 種等級，其等級由高至低依序為：event driven safety messages，beaconing safety messages，comfort messages。

這些運作機制大多與 MAC layer 的研究息息相關。目前仍在草案，預計西元 2009 年將完成的 IEEE 802.11p 標準[29]，其討論議題就包括這部份的研究。

(2) Power assignment：

只要一提到無線網路，電力就是個不可不討論的重要議題。不過，

如同在 2.4 節中所提到，在 VANET 網路上並不太會有所謂電力不足的情況發生。故在此部分所提到的 power assignment，其研究主要集中在如何有效率地分配 VANET 上每個 vehicle 通訊所需的功率。

正如同 2.4 節所提，在 VANET 網路裡網路密度是多變的。在密度低的情況裡，若是每個 vehicle 通訊所使用的功率太低，則會造成部分 vehicle 被孤立，無法與其它 vehicle 通訊。若在密度高的情況下，卻使用高的發射功率，將會造成多餘的功率浪費。除此之外，還會使得訊息碰撞的機率增加。

因此，如何配合網路密度來調整 vehicle 的傳輸功率，使得在低密度之情況下能使用較高功率、較遠的傳輸半徑；在高密度時，轉換成較小功率來傳送。以上便是 power assignment 上研究的議題之一。

(3) Clustering：

將鄰近的 node 合為一個 cluster，可以有效率，並且更可靠地傳輸。除此之外，使用 cluster 方式，可以避免太多的 vehicle 彼此干擾；可以在不同 cluster 內使用相同的 channel，彼此不會影響；也可避免 message 到處 flooding，便於管理。

詳細的 clustering 內容，將在第三章做詳細介紹。

(4) Efficient broadcasting：

為確保 message 能順利在 VANET 上傳送，並且受限於 VANET 路徑多變的特性，使用 broadcast 方式來傳送封包是最方便的方法。但若是所有 node 皆做 broadcast，則會造成 node 重複收到相同的封包，如此一來將會降低網路的效率。

詳細的 efficient broadcasting 內容，將在第三章做詳細介紹。

Safety 的應用大致介紹如上，接下來介紹 comfort 應用的部份。

2.5.2 Comfort Applications

將 VANET 網路應用在 comfort 方面，其訊息主要是透過 multicast、unicast、anycast 或是 scan 等方式來幫忙傳送。

舉例來說，當一台車子要求某項服務時，首先使用 multicast 的方式去詢問鄰近車輛。若鄰近車輛擁有此要求服務的資料時，便經由 unicast 的方式傳回給要求此服務之車輛。假若在一段時間內，此車輛接收不到任何回應時，便透過 anycast 的方式去詢問 remote 端的車輛。

另一項 comfort 的應用便是 mobile Internet access。任何行進間的車輛都有可能隨時隨地想連上 Internet 來擷取最新資訊，這時候就必須透過設置在路邊的 Internet gateway 來幫忙。首先，車輛會用 scan 的方式，發出封包來搜尋鄰近的路邊 gateway。當這些 gateway 收到此 scan 封包，便會透過 unicast 方式告知此車輛。如此一來一往的結果，車輛便可透過路邊之 gateway 來連上 Internet。

VANET 上關於 comfort 應用議題的研究，主要以 routing 為主。除了傳統 MANET 上的 routing protocol 外，也有所謂的”Carry and forward”傳輸方式。所謂的”Carry and forward”，簡單來說，即是某台車輛收到一筆訊息時，由於此車輛傳輸功率不夠大或是其他因素，此訊息無法立即傳送給下一台車輛。此時，此車輛會先將這筆訊息 buffer 在自己身上，等遇到下一台車輛時，再將此訊息送出。”Carry and forward”傳輸方式主要可以分為三種種類，分別描述如下：

(1) Opportunistic Routing：

這方法主要是在[30]這篇 paper 裡被提出來。其運作原理為：當一筆訊息被送出給下一個 node 時，送出此訊息的 node 會自己保留一份此訊息。除非收到下一個 node 的回應才將此訊息刪除，否則此 node 會週期性地廣播此訊息。藉由這個方法，便可克服在 VANET 環境中，路徑變

動很大所造成不可靠的問題。

可想而知，使用此方式會造成網路上充斥著許多重複的封包，造成網路資源的浪費。

(2) Trajectory forwarding :

在[31]這篇 paper 裡，提出所謂 Trajectory forwarding 的傳輸方式：當訊息封包欲傳送給目的端時，會透過事先定義好的路徑來做傳送。

此方法應用很廣，VANET 只是其應用之一。使用此傳送方式，可以限制封包在特定的路徑、特定的範圍內傳送，進而減少整體網路的負擔 (overhead)。

(3) Geographical Routing :

此為最常見，也最令人熟悉的路由技術。每台車輛會經由 GPS 等方式來取得相關 location 等訊息，之後再彼此交換此 location 訊息，建立傳輸路徑。

由於必須定期去更新彼此的 location 訊息，故會造成許多網路資源的浪費。除此之外，由於在 VANET 環境裡，車輛具有高移動性，故其路徑較不穩定。且 GPS 在隧道內或是有遮蔽物影響的地方將失效而無法發揮其功能，如此一來將造成 location 訊息發生錯誤。

以上便是關於 comfort 應用的部份。

在這章節裡，總共介紹了 MANET 的起源及應用、ITS、VANET 的網路架構、以及在 VANET 領域上目前研究的相關議題。接下來第三章的部份，將針對 2.5 小節中所提到的 clustering 以及 efficient broadcasting 部份做詳細的介紹。

第三章 VANET 網路叢集化以及有效率地廣播之相關研究

在本論文裡，先是使用叢集化(clustering)的方式尋找出適合的 CH (cluster head)來負責掌管某個範圍內之所有車輛，如此一來便可以減少整體網路的負擔。選出 CH 後，便可利用這些 CH 來做有效率的資料散播。而如何的有效率法，將是本論文的重心所在，這部份將在第四章做詳細的介紹。在本章節將先針對目前學者們在 clustering 以及 efficient broadcasting 方面所做之相關研究做簡單的探討。

3.1 叢集化(clustering)

叢集化(clustering)是指在一擁有眾多節點的網路裡，根據網路管理者預先決定好，每個 cluster 所涵蓋範圍的大小、裡面所包含的成員數、或是節點間最大所能容忍的 hop 數來選出 cluster。每個 cluster 裡必須至少有一個管理者—cluster-head 來負責管理其 cluster 裡的每個成員。此行為稱為 intra-cluster communication。

Cluster-head 除了管理自己 cluster 裡的每個成員，每個 cluster-head 間也必須隨時保持聯繫，彼此交換訊息。此即為 inter-cluster communication。

叢集化的目的是為了將網路劃分成許多小型網路，使其成為階層式的架構。在 Ad-hoc 網路環境中，使用 cluster 的方式來管理網路，除了可以大量減少 flooding 的封包數量，更可以簡化原本非常複雜的網路拓撲問題。

3.2 叢集機制的種類

在 MANET 網路上使用 cluster 的觀念來管理網路已經有相當多學者研究，主要機制包括：

(1) Lowest-ID Clustering[32]：

如圖 3-2-1 所示，MANET 中每一個節點都會產生一個固定且唯一的識別碼(ID)，而且每個節點會週期性地廣播他們自己的 ID 給其 neighbor 知道，彼此互相比較其 ID 值。具有最小 ID 值的節點便成為 cluster-head，而其相鄰節點就成為 cluster member。若某 cluster member 同時擁有兩個 cluster-head，便成為 cluster gateway。

Lowest-ID Clustering 的優點就是找出 cluster-head 的方式既簡單且快速，僅需要兩次比較就能得到結果。但缺點就是當網路拓撲有改變時，會使得 cluster 的穩定性不佳，而且極容易產生 cluster 個數很多的情況。

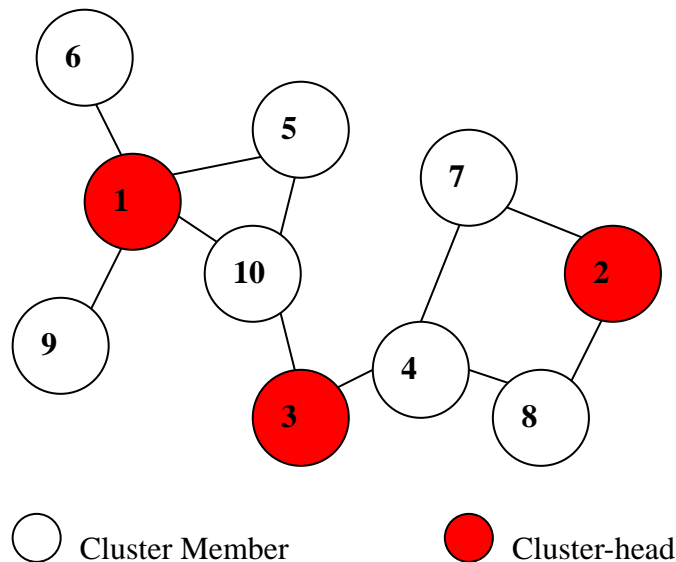


圖 3-2-1 Lowest-ID Clustering

(2) High Degree Clustering[33]：

如圖 3-2-2 所示，此方法是以每個節點連結度 (degree) 的多寡來決定 cluster-head：具有最多 neighbor 節點數的 node 將會被選為 cluster-head。當連結度相同時，再改由 Lowest-ID Clustering 的方式來決定 cluster-head。High Degree Clustering 比 Lowest-ID Clustering 多一次的比較時間，但由於 cluster-head 管轄的節點愈多，cluster 個數就會相對減少，而 cluster 個數減少，相對的就可以使整個網路資訊儲存的維護量降低，而達到節省記憶空間的功效。不過，當網路拓撲有所改變

時，此方法的穩定性比 Lowest-ID Clustering 差。例如：在 MANET 網路中，因為每個節點隨時隨地都在移動，每個節點的 neighbor 節點數也因此隨時都在改變。目前 neighbor 節點數最多的節點，下一秒鐘可能就變為 neighbor 節點數最少的節點，如此的結果將造成 cluster-head 替換的頻率增高。

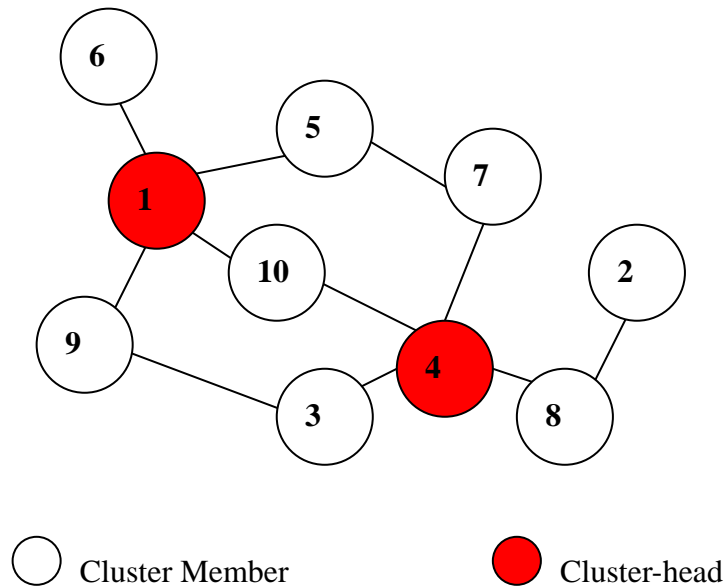


圖 3-2-2 High Degree Clustering

(3) Least Cluster Change Algorithm, LCC :

無論是 Lowest-ID Clustering 或是 High Degree Clustering 的方法，都有一個嚴重的缺點，也就是 cluster-head 變動的問題。也就是說，在系統執行一段時間之後，必須再重新執行叢集演算法。如此一來，將使得網路效能下降。

為了解決上述兩種方法的缺點，M. Gerla 和 C. C. Chiang 提出了最少叢集變化演算法(Least Cluster Change Algorithm)。此方法主要是用在叢集的維護(maintenance)部分，因此叢集產生的部分可以使用上述任何一種方式來產生。

(4) Node-Weight Clustering Algorithm :

由 M. Chatterjee 等人所提出的權重叢集演算法(Weighted Clustering

Algorithm, WCA)，其選擇 cluster-head 所考量的因素包含節點的連結度、傳輸半徑、移動特性以及電池能量等。將以上之因素經由一函數運算比較後，便可得 neighbor 中最適合擔任 cluster-head 的點。

(5) Distributed Mobility-adaptive Clustering Algorithm, DMCA[34]：

與 Node-Weight Clustering Algorithm 所用方法類似，每個節點具有各自的權重值，利用這些權重值便可以決定誰比較適合被選來當作 cluster-head：每個節點會週期性地廣播自身的權重值來和其 neighbor 比較大小，如果其所有 neighbor 節點的權重值都比自己要來得小，則自己就成為 cluster-head，其相鄰節點就成為所屬 cluster member。

以上研究主要是以 MANET 網路為討論對象，要將其應用到 VANET 網路上，由於 VANET 網路的特性，每台車輛均受到行進方向以及行車速度上的限制，故必須做進一步的修改。以下便介紹幾篇目前在 VANET 網路上使用 cluster 方式來做資料傳輸的相關研究論文。

3.2.1 An Information Propagation Scheme for VANETs [35]

在這篇 paper 裡，作者引用 A Mobility Based Metric for Clustering in Mobile Ad Hoc Networks [36] 這篇論文裡所提及之方式來選擇 CH。其選擇方式與上述之第五項機制類似。首先每個 node 會去偵測鄰近 node 所送出的訊號強度，根據此訊號強度算出一相對 mobility metric。之後每個 node 再將其與鄰近各個 node 計算後得到的所有 mobility metric 做一運算，得到 aggregate local mobility value。Aggregate local mobility value 最小的 node 即成為 Cluster Head (CH)。

不過[35]這篇 paper 雖然引用[36]的方法選出 CH，卻也做了點修改：在原本的 paper 裡，一個 cluster 內同時只能擁有一個 CH。但經過[35]這篇 paper 的修改，一個 cluster 內同時可以擁有兩個 CH，一個為 header，另一個則為

trailer。如圖 3-2-3 所示，兩個虛線方框部分為兩個 cluster，其內分別有兩個 CH。

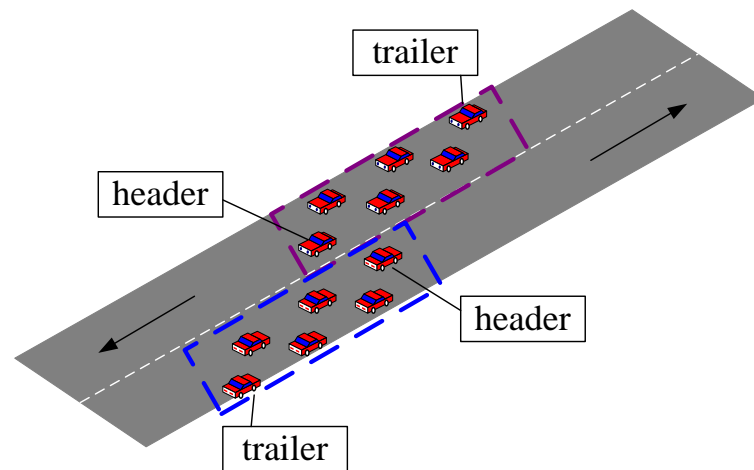


圖 3-2-3 Clustering with 2 CHs

選出 CH 後便開始做資料的傳輸。在這篇 paper 裡，作者根據封包所傳送的方向以及車子所行進的方向，定義出兩個名詞：

- (1) Reverse propagation：資料傳送方向與車子行進方向相反。
- (2) Forward propagation：資料傳送方向與車子行進方向相同。

如圖 3-2-4 所示，每個虛線方塊即為一個 cluster。每個 cluster 間，虛線的部份為 Forward propagation；實線部份為 Reverse propagation。

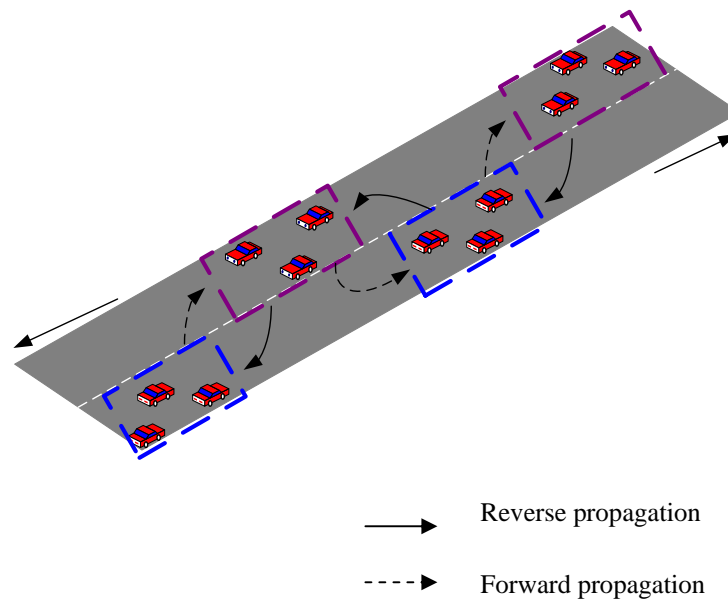


圖 3-2-4 Forward propagation 與 Reverse propagation

Cluster 間資料封包傳輸的方式，便是交由選出來的 header node 以及 trailer node 來幫忙。以下圖 3-2-5 即為 header nodes routing 的演算法。

```

1: Initialize Node_Direction
2: for any Message do
3:   if Message is not in Queue then
4:     Add Message to Queue
5:     if Message_Direction = Node_Direction then
6:       send ACK
7:       do ForwardPropagation
8:     else
9:       Route to Trailer
10:    end if
11:  else if Message_Direction = Node_Direction then
12:    send ACK // Duplicate Message
13:  else
14:    if ACK for Message exists then
15:      send ACK // re-transmission
16:    else
17:      do nothing // Duplicate Message
18:    end if
19:  end if
20: end for

```

圖 3-2-5 Header nodes routing 的演算法

3.2.2 Traffic Model for Clustering Algorithms in Vehicular Ad-Hoc Networks [37]

這篇 paper 主要提出一個選擇 CH 的方法，其方法與上述第五項機制相似，也是使用權重的方式去選擇 CH。但這篇 paper 所提出來之權重計算的方法，是將 Lowest-ID Clustering、High Degree Clustering、與 neighbor 間距離以及平均速度等因素給考慮進來，如式(a)、(b)所示。

$$Utility = W_1 \cdot ID + W_2 \cdot \Delta D + W_3 \cdot SD + W_4 \cdot AVT \dots\dots\dots \text{式(3-2-1)}$$

$$\sum W_i = 1 \dots\dots\dots \text{式(3-2-2)}$$

ID 為使用 Lowest-ID Clustering 演算法所得到的值； ΔD 為每個 node 與其鄰近 node 之 degree 差值總和；SD 為每個 node 與其 neighbor 間之距離總和；AVT 則為每個 node 的平均速度。

之後，每個 node 彼此比較根據上述公式所得之 utility 值，其值越小，越適合被選來當作 CH。

3.2.3 Cluster-Based Multi-channel Communications protocols in Vehicle Ad Hoc Networks [38]

美國聯邦通訊委員會(Federal Communication Committee, FCC) 之前發放 5.9 GHz 頻段的使用許可給 DSRC (Dedicated Short Range Communication, 特定短距通訊)使用，之後 DSRC 標準將這頻段切成 7 個 channel，分別為 Ch172、Ch174、Ch176、Ch178、Ch180、Ch182 以及 Ch184。

而[7]這篇 paper 則是以 cluster 為基礎，在 VANET 上做所謂 multi-channel 的通訊。Ch172 以及 Ch178 分別應用在 inter-cluster 之 data、control 訊息的傳播；Ch172 用於 cluster range control 訊息的傳播；Ch176、Ch180、Ch182 以及 Ch184 用於 cluster range data 訊息的傳播。如圖 3-2-6 所示。

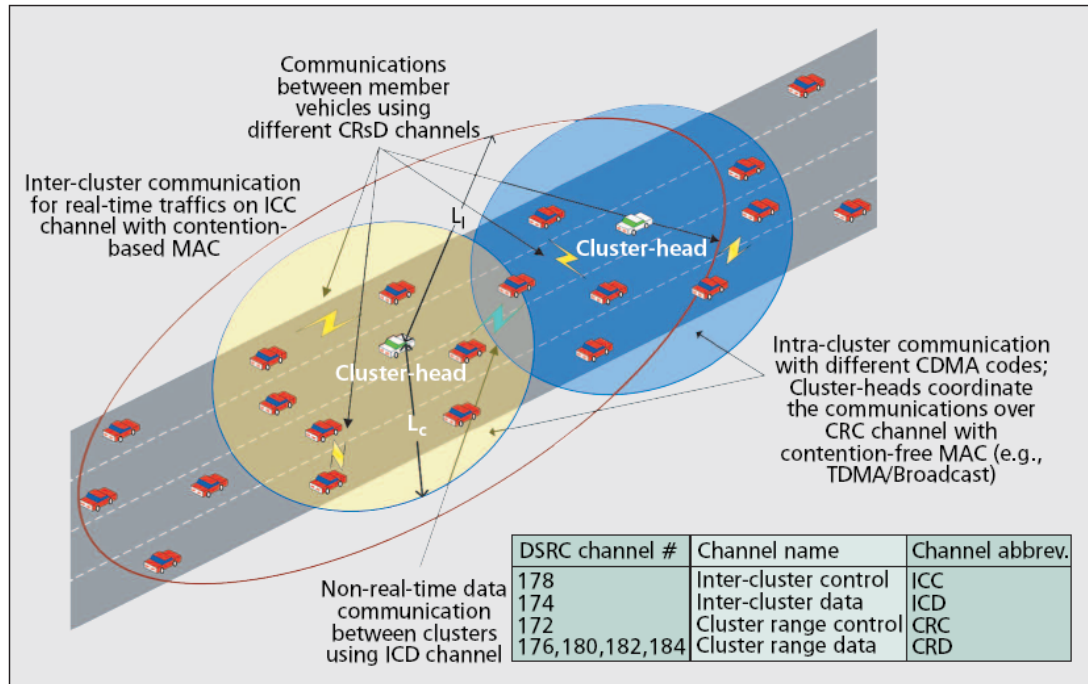


圖 3-2-6 Cluster-based multi-channel communications 之架構

另外，在[38]這篇 paper 裡，作者定義了以下四種狀態，環境中的每個 vehicle 隨時處在其中一種狀態下。

■ Cluster-head (CH)：

Transceiver1 在 ICC (Inter-cluster control) channel 上，負責傳送整理過後的 safety messages 給鄰近的 cluster；Transceiver2 則切換到 CRC (cluster range control) channel 上，負責接收來自於 CMs 的 safety messages，或是廣播 safety messages 給鄰近的 CMs。

■ Quasi-cluster-head (QCH)：

Transceiver2 此時是關閉的；而 Transceiver1 運作在 ICC channel 上，負責接收以及傳送 safety messages。此時，QCH 的功能與 CH 的功能差不多，只是沒有組成 cluster 的能力。

■ Cluster-member (CM)：

Transceiver2 工作在 CRC channel 上，使得這些 CMs 可以接收從 CH 發出，且經 CH 整理過後的 safety messages。除此之外，CM 也可發

出自己所擁有的 safety messages；而每個 CH 會使用集中式 multi-channel control 演算法來分配合適的 CRD (cluster range data) 或是 ICD (Inter-cluster data) channel 供 Transceiver1 使用。

■ Quasi-cluster-member (QCM)：

因為 CM 可能只是短暫地與 CH 失去通訊，故 QCM 的功能主要是要藉由將 Transceiver1 切換到 ICC channel 上，確保 CM 能夠收到以及傳送 safety messages；而 Transceiver2 此時仍在 CRC channel 上，繼續與之前的 CH 做通訊。

圖 3-2-7 為以上這些狀態的 Finite State Machine (FSM)。其中 T1 代表 Transceiver1，T2 代表 Transceiver2。

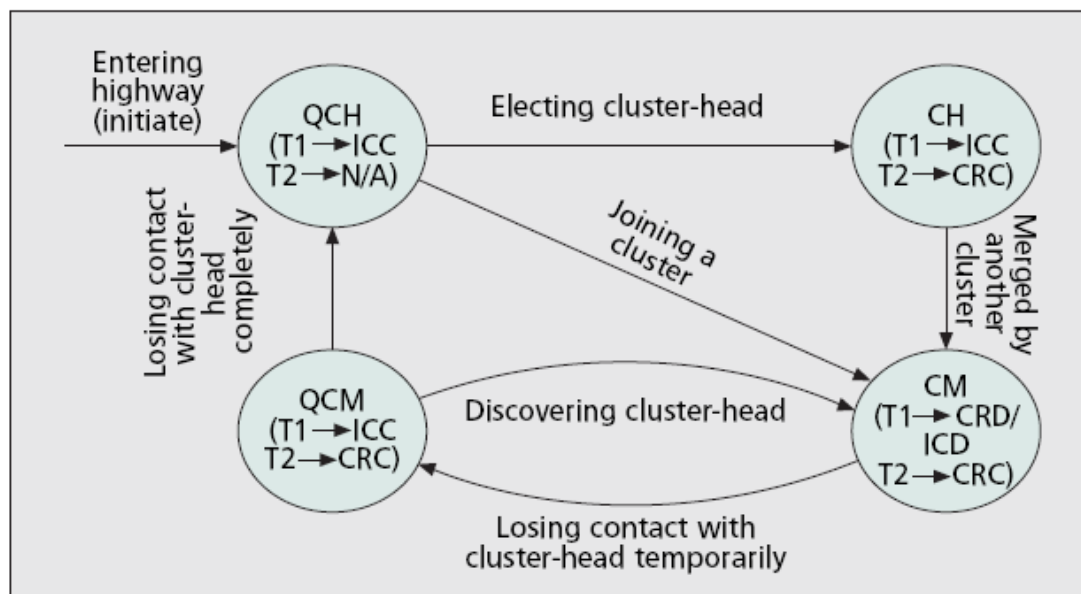


圖 3-2-7 Finite State Machine (FSM)

在圖 3-2-7 裡，狀態轉移之流程主要可以分為以下七個部份：

(1) Entering highway (initiate)：

一開始車輛進入 highway 之情況。

(2) Joining a cluster :

CH 會定期廣播 invite-to-join (ITJ) 封包。當一個不屬於任何 cluster 的 QCH vehicle 收到此封包，此 QCH 便會去偵測此封包來源端的訊號強度。若其訊號強度比 QCH 原本的期望值還高的話，QCH 便會回傳 request-to-join (RTJ) 封包給廣播此封包的 CH。而此 RTJ 封包裡將會包含 QCH 的辨別 ID 以及網路位址。

當 CH 收到此 RTJ 訊息，便會回傳 ACK 給 QCH 歡迎其加入此 cluster 成為 CM，此時 CH 也會將此新的 CM 加入其本身的 CM list 中。

至於這裡提到的訊號強度臨界值，將決定整個 cluster size 的大小，這部份可以事先由網路管理者作設定。

(3) Electing cluster-head :

當 vehicle 處在 QCH 狀態的時間大於某個單位時間長度時，便會成為 CH。而此單位時間長度與上述 CH 定期廣播 ITJ 的週期相同。

由於若是 QCH 位於某個 CH 的通訊範圍內時，照理說，其應該可以收到 CH 發出的 ITJ 廣播訊息。是故，若在 ITJ 廣播週期內沒收到 ITJ 訊息，代表其可能不在任何 cluster 內，於是便將自己的狀態從 QCH 轉變成為 CH。

(4) Losing contact with cluster-head temporally :

發生在當 CM 沒收到 CH 送來的訊息封包時。此時 CM 將轉變狀態成為 QCM 以確保能及時地傳送 safety messages。因為在 QCM 狀態時，Transceiver1 切換到 ICC channel，可以接收以及發送 safety messages。而 Transceiver2 則繼續運作在 CRC channel 上，繼續與 CH 通訊，因為此沒收到封包的狀況可能是因為無線網路上 channel 的不穩定所造成。

(5) Losing contact with cluster-head completely :

當 QCM 沒收到 CH 所送來的訊息次數超過 2 次以上時，QCM 便會將

其狀態改變為 QCH。因為在此狀況下，QCM 會判斷其已與 CH 完全分離。而 CH 若沒持續收到此 QCM 送來的封包超過 3 次以上，也會將此 QCM 從其 member list 上去除。

(6) Discovering cluster-head :

當 QCM 收到 CH 送來的封包時，便將其本身狀態改變為 CM，持續與 CH 做通訊。

(7) Merged by another cluster :

當 CH 收到鄰近 CH 所送來的 ITJ 訊息，且此鄰近 CH 擁有較多的 cluster members 時，原本的 CH 便會加入到此鄰近的 cluster 內，並將其角色改為 CM。而此 CH 原本的 cluster members，可能與此 CH 一樣，進入到相同的鄰近 cluster 內，或是另外重新形成一個新的 cluster。

以上便是對叢集化(clustering)所做相關的討論。接下來是關於 efficient broadcasting 的部份。

3.3 有效率地做廣播(Efficient broadcasting)

如同 2.5 小節所提，若是網路上所有 node 皆做 broadcast，將會造成 node 重複收到相同的封包，使得網路效率降低。

故許多 broadcast 的機制被提出，用來解決廣播風暴(broadcast storm)的問題。這些機制主要可以分為以下三種種類：

- (1) Simple flooding, Area based method (又稱 counter, distance, location based mechanism)。
- (2) Neighbor Knowledge method (又稱 Neighbor-hood, set cover, MCDS base)。
- (3) Probability and area based method。

在[39]這篇 paper 裡所提出來的方法是屬於第二種種類。首先，作者定義了一個名詞—LCN(Least common neighbor)。所謂的 CN(common neighbor)，即為與廣播來源 node 擁有相同可直接通訊的 node。擁有最少相同 CN 數的 node 即被稱為 LCN。通常 LCN 的 node 位於廣播來源 node 的傳輸範圍邊界上。而這些 LCN 的 node 即被作者選來幫忙做廣播的 relay node。如圖 3-3-1 所示，車輛 A 發出廣播訊息，此訊息內會夾帶其本身擁有的 neighbor list。其他車輛收到此廣播訊息後，除了會得到 safety 相關的訊息，並且會將廣播封包裡的 neighbor list 與自己的 neighbor list 做比較，看看有哪些共同的 common neighbor。

Common neighbor 比較出來後，接下來是選出 LCN。圖中的 Z 車因為行駛在 A 車前，此廣播訊息對 Z 車而言並無實質幫助，故 Z 車雖然擁有最少 common neighbor，但卻不適合當作 LCN。最後決定出 LCN 為 D、E 兩台車。

但選出兩台車來當 relay node 又稍嫌多，故作者再提出一個解決方法，即每個 LCN 會使用 random function 來各自產生一個 deferring time。擁有最少 deferring time 的車輛即被選來當作幫忙做 broadcast 的 relay node。如此一來便能減少網路上重複的廣播封包被傳送，進而提高整體網路的效能。

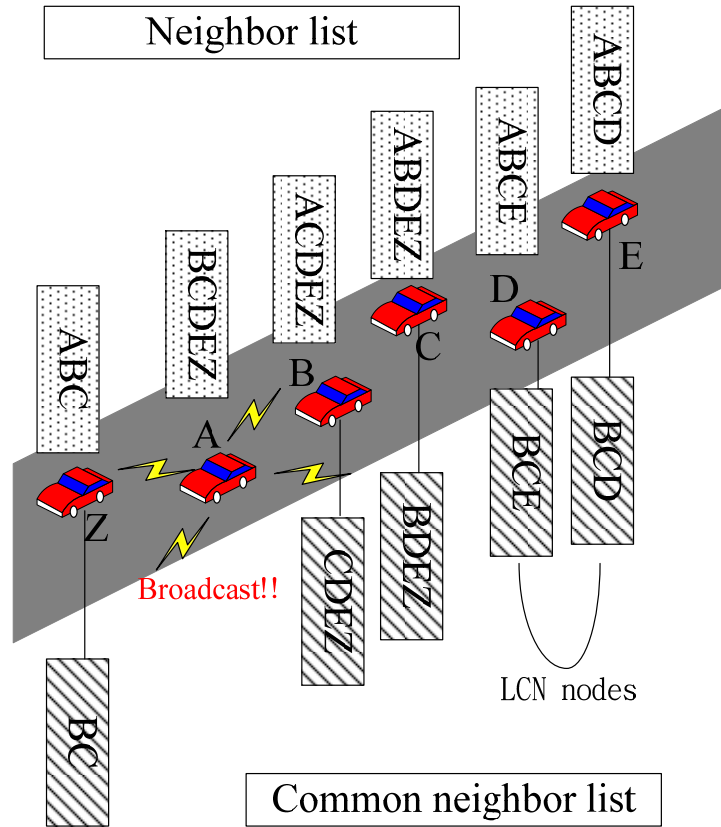


圖 3-3-1 Relay node selection by common neighbor

在另一篇 paper - An optimized adaptive broadcast scheme for Inter-vehicle communication [40]裡，所提出的方法則屬於上述三種 broadcast 機制裡的第三種種類。作者針對其之前提過的 Client-Server Ad-Hoc (CASH) communication platform [41]，在上面提出一個有效 broadcast 的方式。其方法為減少 rebroadcast 的 node 數。也由於在 ad-hoc 環境中可能會有 hidden terminal 的問題，所以在這篇論文裡，作者將 EWP (Emergency warning packets) 封包所傳送之範圍為 2 hops，以增加 node 收到緊急訊息封包的機會。

在[40]這篇 paper 所使用的 broadcast 方式稱為” Vehicle nodes density based vehicular broadcast”。當 node 收到廣播封包時，會有 $\overline{\rho}$ 的機率值會再繼續 rebroadcast 出去，而此 $\overline{\rho}$ 值將與 node 所在區域的 node density 有關係。故先作者定義幾個參數： SH_o 是 vehicle node o 之鄰近 one hop nodes 的

集合； SH_o^2 是 vehicle node o 之鄰近 two hop nodes 的集合； $M_{o,Cr}$ 是 node o 經由 one hop node c 所能到達的 two hop nodes 集合。由以上參數可算出 P_{ro} 、 P_{roSH} 以及 P_{roSH^2} ，再將這些機率值取平均，即為 $\overline{\theta}$ 。如式(3-3-1)、(3-3-2)、(3-3-3) 以及(3-3-4)。

$$Pr_0 = \begin{cases} \frac{\sum_{r=1}^{N(SH_o)} N(M_{o,c_r})}{N(SH_o)} & \text{if } \sum_{r=1}^{N(SH_o)} N(M_{o,c_r}) \leq N(SH_o) \\ 1 & \text{O.W} \end{cases} \dots\dots\dots \text{式(3-3-1)}$$

$$Pr_{0_{SH}} = \frac{N(SH_o)}{N(SH_o) + N(SH_o^2)} \dots\dots\dots \text{式(3-3-2)}$$

$$Pr_{0_{SH^2}} = \frac{N(SH_o^2)}{N(SH_o) + N(SH_o^2)} \dots\dots\dots \text{式(3-3-3)}$$

$$\overline{\theta} = (P_{ro} + P_{roSH} + P_{roSH^2}) \dots\dots\dots \text{式(3-3-4)}$$

以圖 3-3-2 Scenario N° 1 為例， $SH_1 = \{2, 3\}$ ， $SH_1^2 = \{9, 4\}$ ， $M_{1,2} = \{9\}$ ， $M_{1,3} = \{4\}$ 。故 $P_{ro} = (1+1)/2=1$ ， $P_{roSH} = 2/(2+2)=0.5$ ， $P_{roSH^2} = 2/(2+2)=0.5$ 。因此， $\overline{\theta} = (1+0.5+0.5)/3=0.667$ 。

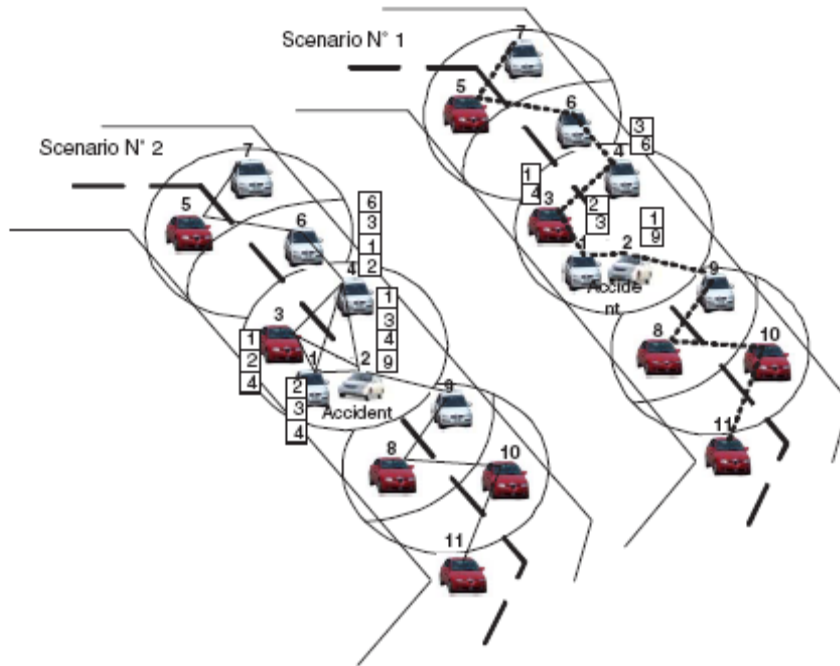


圖 3-3-2 Broadcast Scenarios

接下來，每個 node 會根據所得到的 $\overline{\delta}$ 來決定一個 delay time，其計算方式如式(3-3-5)。

$$\Delta(t) = \Delta(t)_{\max} * (1 - \overline{\delta}) + \partial \dots \dots \dots \text{式(3-3-5)}$$

以圖 3-3-2 Scenario N° 2 為例， $SH_1 = \{2, 3, 4\}$ ， $SH_1^2 = \{6, 9\}$ ， $M_{1,2} = \{9\}$ ， $M_{1,4} = \{6\}$ 。因此，vehicle 1 之 $\overline{\delta}$ 值為 0.556，與 vehicle 3 相同。vehicle 1 與 vehicle 3 將是適合做 rebroadcast 的 node。但作者希望能夠再減少 rebroadcast 的節點數，故使用 ∂ 變數。當有兩台以上 vehicle 擁有同樣的 $\overline{\delta}$ 值時，便去比較其 random 產生的 ∂ 值。擁有最小 ∂ 值的節點將被選來成為 rebroadcast node。

也因此，擁有較小 ∂ 值以及較大 $\overline{\delta}$ 值的 node，將比其他 node 等待較短的時間($\Delta(t)$)，便可以用來幫忙 rebroadcast EWP 訊息。

以上便是這章節的內容，主要針對 clustering 以及 efficient

broadcasting 議題做探討。在 efficient broadcasting 方面，主要以選出一個合適的 node 來當作下一個幫忙廣播的 relay node，避免每個 node 都進行廣播而造成廣播風暴。而本論文主要是在 VANET 上以節省廣播所花費之時間為考量，嚴格來說，也可以分類到” Carry and forward” 的討論範疇內。

接下來第四章的部份，將是根據以上所討論的內容為前提，提出本論文主要的想法以及貢獻。

第四章 在 VANET 網路中之有效率的資料散播模型

本論文的靈感是基於[42]這篇 paper 而來，因此 4.1 節會先對[42]這篇 paper 進行簡短的介紹，而在 4.2 節之後將開始說明本論文所提之網路散播模型。

4.1 在 VANET 上之 data dissemination 方式

在[42]中，作者將 VANET 上資料散播(dissemination)的方式分成三種種類，並且將廣播(broadcast)的封包分成兩種種類，分別是 generated data 以及 relayed data。Generated data 所包含的訊息包括：每台車輛的 ID 值，利用此值可以辨別每台車輛的身分；每台車輛的速度；每台車輛的位置座標，此值可透過 GPS 或是其他定位的技術來得到。而 relayed data 則是前方車輛所挾帶過來的訊息，包括前方道路狀況，或是一些緊急訊息。此訊息每隔一段時間必須廣播給後方車輛知道。

以下是[42]這篇 paper 裡，作者所提出來的三種傳輸方式：

1. Same-dir model：如圖 4-1-1 所示，generated data 以及 relayed data 皆透過同向車道的車輛來幫忙傳送。虛線橢圓形部分為每個車輛的傳輸範圍；實線箭頭為資料傳輸的方向。

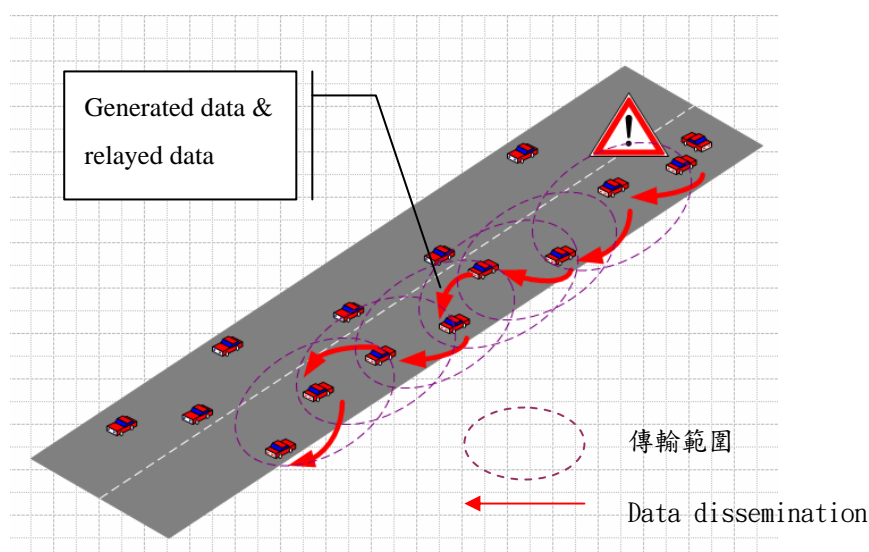


圖 4-1-1 Same-dir model 傳輸方式

2. Opp-dir model：當某車輛有資訊要送給後方車輛使其知道時，同向車道之車輛只幫忙轉送 generated data，relayed data 的部份則交由對向車道的車輛幫忙轉送，如圖 4-1-2 所示。虛線橢圓形部分為每個車輛的傳輸範圍；實線箭頭為資料傳輸的方向。

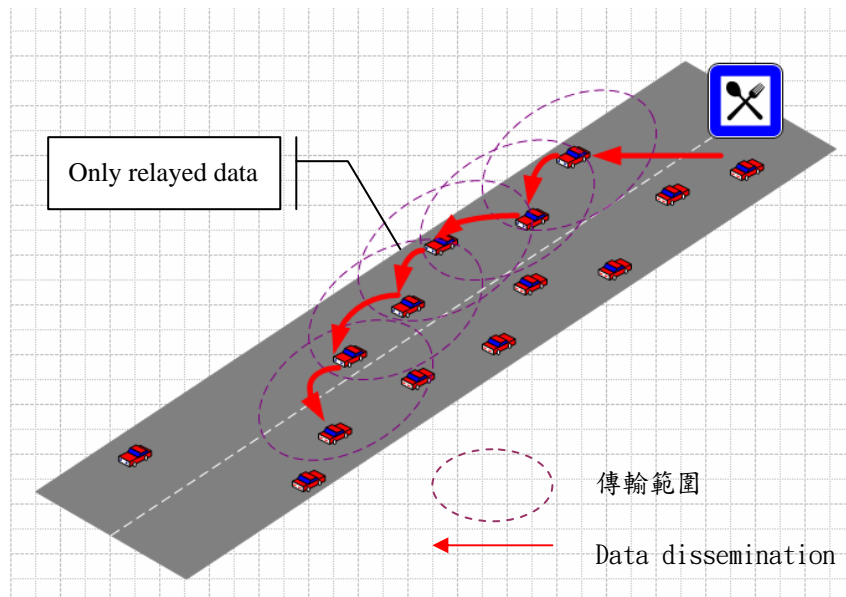


圖 4-1-2 Opp-dir model 傳輸方式

3. Bi-dir model：此方式不像上述 same-dir 以及 opp-dir model，傳輸對象只能限定在同一個方向車道上的車輛。使用 bi-dir model，無論傳輸對象是在對向或是同向車道，皆可傳送。在 bi-dir model 裡，generated data 以及 relayed data 皆可由同向車道的車輛來幫忙轉送；至於對向車道的車輛，只能幫忙轉送 relayed data。

4.2 本論文想法

本論文之想法，首先將 VANET 網路切成許多 cluster，每個 cluster 內皆有一個 CH (cluster head)，負責掌管其 cluster 內之成員。而選擇 CH 以及 cluster 的方法為 3.2.2 節所提，使用權重的方式去選擇。

選出 cluster 以及 CH 後，接下來的討論觀點皆放在 CH 身上：假設每個 CH 與其 neighbor CH 間可直接通訊，且其發射功率可隨網路情況做調整。當網路

node 密度較分散時，使用較大功率、較大傳輸半徑來傳輸；當網路 node 密度較集中時，則改用較小功率、較小傳輸半徑來傳輸。

有了以上的前置作業，開始本論文核心的部份。

本論文的目標，是希望能夠降低訊息在廣播給某範圍內所有車輛之所需時間。故其傳輸方式主要以對向車道之車輛來幫忙轉送為主。(此處”對向”以及”同向”之定義為與發出此廣播訊息的來源端車輛之所在車道做比較：與來源端車輛在同一車道上即稱為”同向”；與來源端車輛處在相反車道上則稱為”反向”)之所以使用對向車道之車輛來幫忙轉送其原因為：對向車道之車輛與同向車道之車輛間有較大的相對速度，使用對向車道之車輛幫忙轉送，理論上此訊息會比較快到達遠方之同向車道上的車輛。且使用對向車道幫忙轉送，可以避免在同向車道上發生”空洞”的問題(即在車道上車輛密度較鬆散的情況下，兩台車輛間無法直接通訊。如圖 4-2-1 所示，虛線兩端之車輛無法直接通訊，形成”空洞”)。

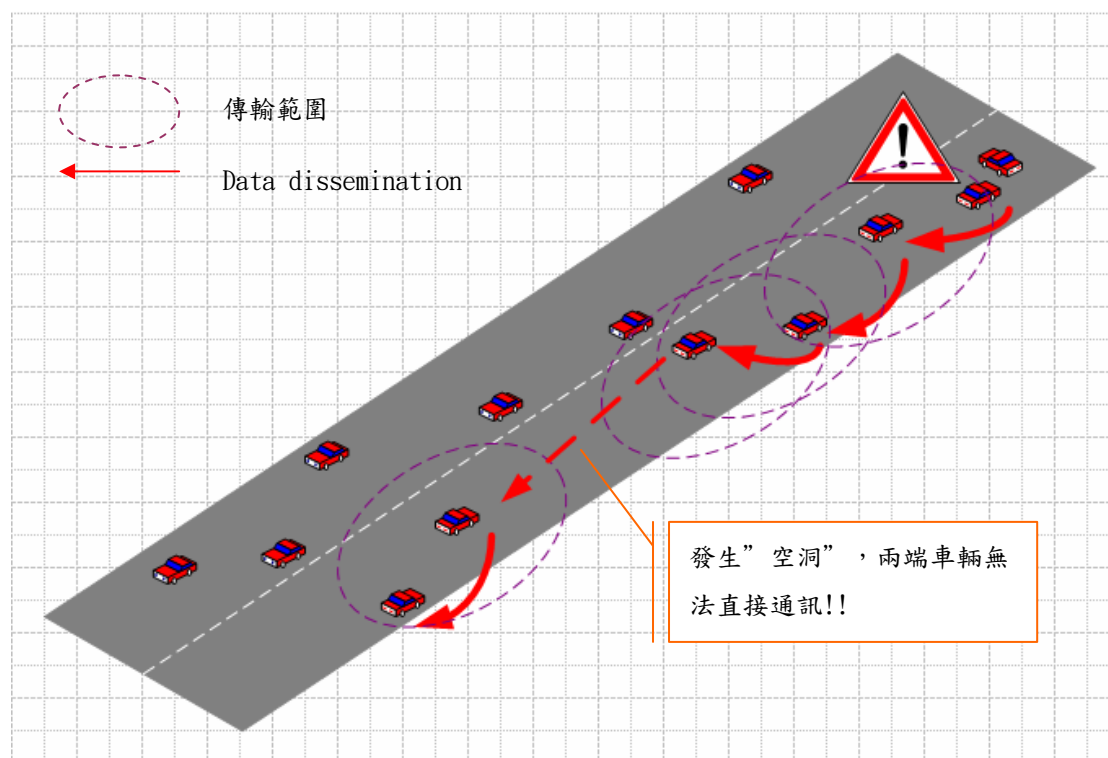


圖 4-2-1 VANET 網路上發生”空洞”的問題

本論文詳細運作原理及相關數學式推導將於 4.3 及 4.4 小節做說明。

4.3 由對向車道單一車輛幫忙轉送之情況

如圖 4-3-1 所示，當 A 車發生事故時，除了將此緊急訊息廣播給同向車道之車輛 C 知道外，也會傳送給對向車道之車輛 B 知道。當車輛 B 行駛 Δt 時間後，便將此訊息往同向車道之車輛傳，如圖 4-3-2 所示，車輛 B 將訊息傳給同向車道之車輛 D。在此我們稱車輛 D 與車輛 C 間的所有車輛形成一個”block”（不包括車輛 D，之後情況以此類推），即圖中每個虛線方框各是一個 block。

簡而言之，當同向車道上的車輛收到對向車道上之車輛所送來的封包時，會檢查其之前是否曾接收過此封包。若曾經接收過，便丟棄此封包不再繼續傳送；若不曾接收過此封包，則將其繼續廣播下去，而在此車輛前的所有車輛，便形成一個 block。

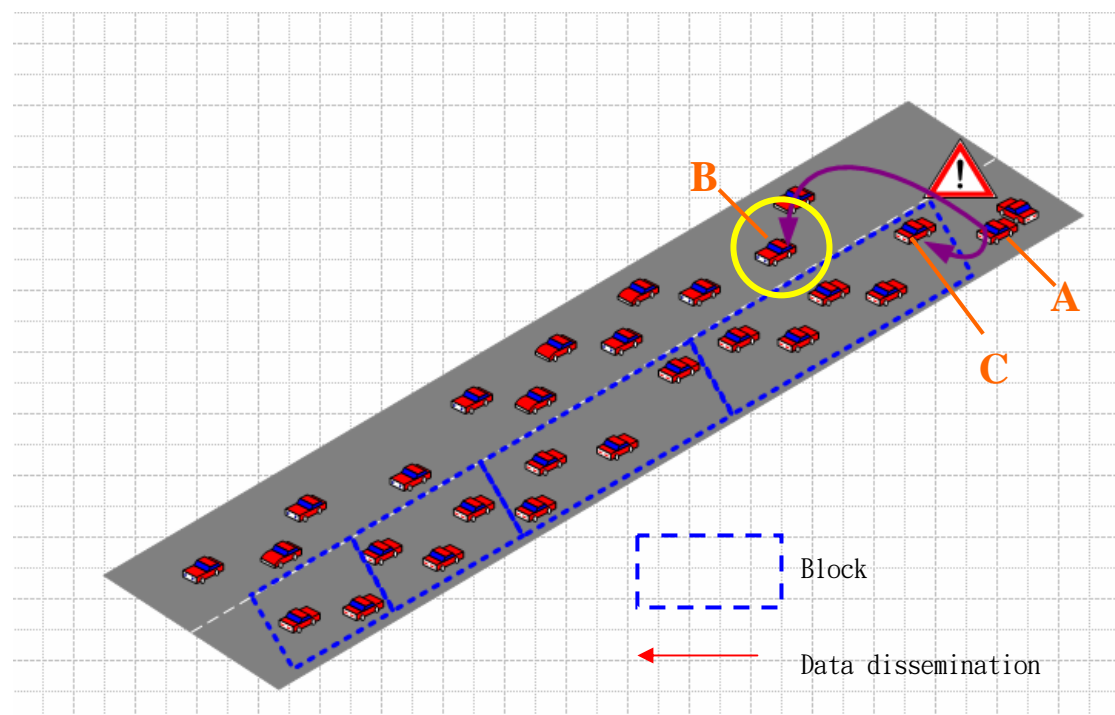


圖 4-3-1 事故發生時，緊急訊息分別傳送給同向以及對向車道之車輛來幫忙轉送

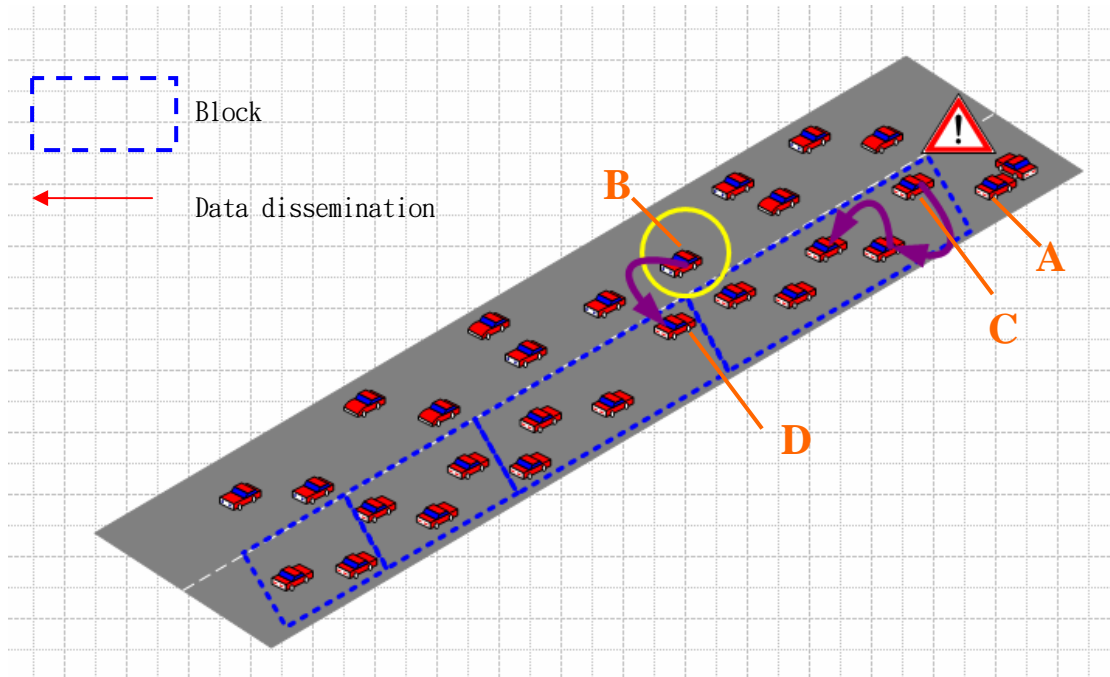


圖 4-3-2 對向車道之車輛經 Δt 時間後，將此訊息傳送給同向車道之車輛

以下是這部份的數學式推導，其目的是決定對向車道之車輛何時該將此訊息傳送給同向車道之車輛(即求出 Δt 值)。

4.3.1 由對向車道單一車輛幫忙轉送之情況的數學式推導

如圖 4-3-3 及圖 4-3-4 所示，假設廣播長度為 D ，此距離可以切成 n 個 block；同向車道車輛之平均速度為 V_1 ，對向車道車輛平均速度為 V_2 。

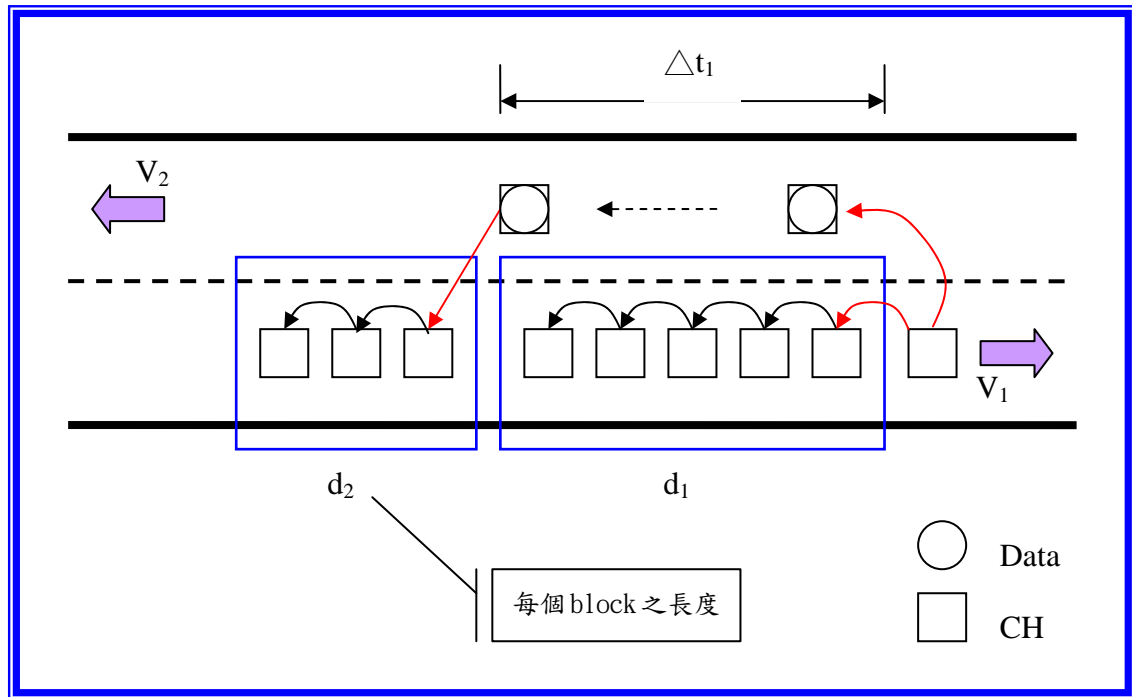


圖 4-3-3 對向與同向車道之車輛彼此相對速度為 $V_1 + V_2$

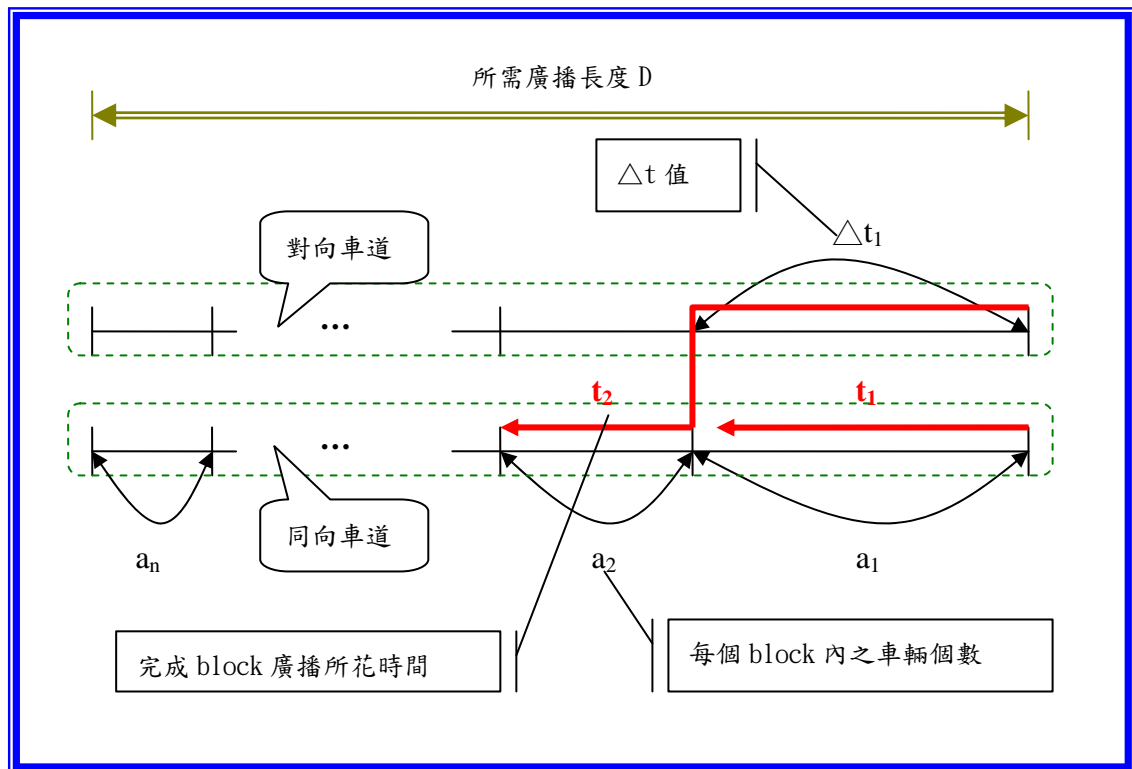


圖 4-3-4 將廣播長度 D 內的車輛分成 n 個 block 之示意圖

在圖 4-3-4 中， t_1 及 t_2 分別是 block1 與 block2 完成廣播所花的時間，則

$$t_1 = (a_1 - 1) * (t_p + t_l) \dots\dots\dots \text{式(4-3-1)}$$

$$t_2 = (a_2 - 1) * (t_p + t_t) + \Delta t_1 \dots\dots\dots \text{式(4-3-2)}$$

如果要兩個 block 同時結束，則 $t_1 = t_2$ ，故

$$\Delta t_1 = (a_1 - a_2) * (t_p + t_t) \dots\dots\dots \text{式(4-3-3)}$$

又 Δt_1 與 a_1 的關係為

$$d_1 = a_1 * r = (V_1 + V_2) * \Delta t_1 \dots\dots\dots \text{式(4-3-4)}$$

所以

$$\Delta t_1 = \frac{a_1 * r}{V_1 + V_2} \dots\dots\dots \text{式(4-3-5)}$$

由式(4-3-3)及式(4-3-5)可知

$$(a_1 - a_2) * (t_p + t_t) = \frac{a_1 * r}{V_1 + V_2} \dots\dots\dots \text{式(4-3-6)}$$

經整理

$$a_2 = a_1 * [1 - \frac{r}{(V_1 + V_2) * (t_p + t_t)}] \dots\dots\dots \text{式(4-3-7)}$$

故每個 block 間呈等比數列關係，其等比為 $[1 - \frac{r}{(V_1 + V_2) * (t_p + t_t)}]$ ，如圖 4-3-5

所示。

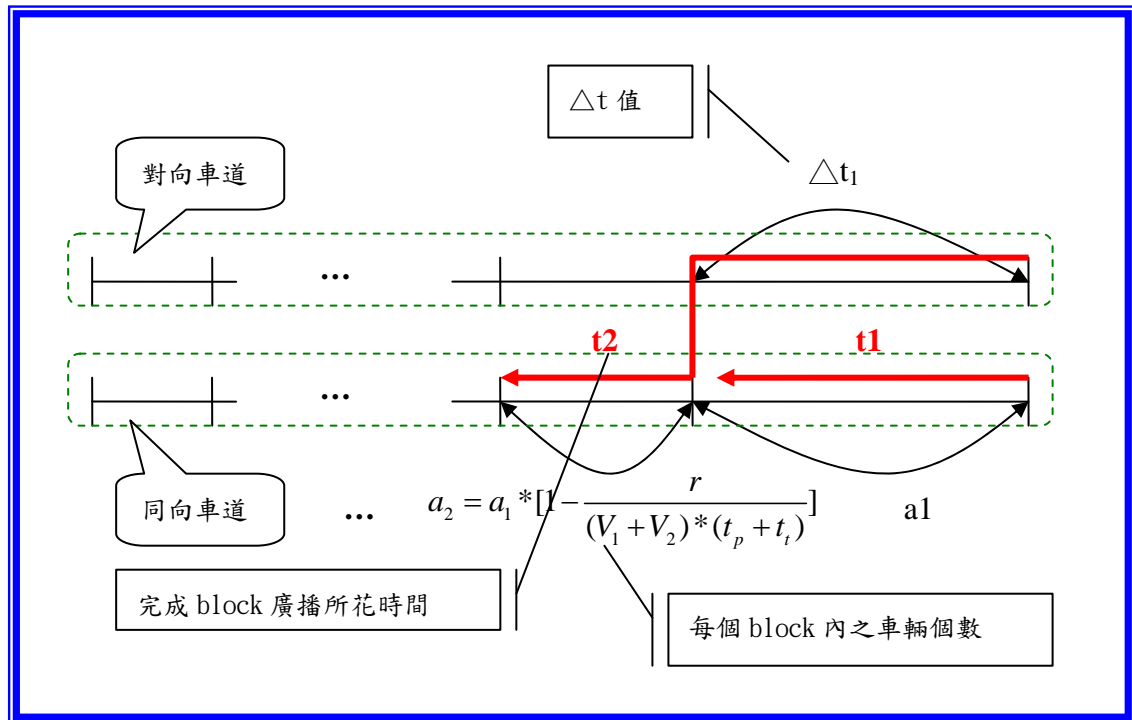


圖 4-3-5 每個 block 之間呈等比關係

知道公比值之後，便可藉由等比公式求出每個 block 內車輛之個數以及對向車道之車輛通過每個 block 所需時間(即 Δt 值)，其推導如下：

根據等比公式，公比與總和之關係如式(4-3-8)，

$$N = a_1 * \frac{1-x^n}{1-x} \dots\dots\dots \text{式(4-3-8)}$$

其中 a_1 為首項， x 為公比， n 為項數， N 為總和。當項數趨近於無限大時，式(4-3-8)變成式(4-3-9)。

$$N = a_1 * \frac{1}{1-x} \dots\dots\dots \text{式(4-3-9)}$$

而車輛總數 $N=D/r$ ，並假設對向車道走完全長 D 所花時間剛好讓每個 block 同時結束廣播，則

$$\frac{D}{V_1 + V_2} = a_1 * (t_p + t_t) \dots\dots\dots \text{式(4-3-10)}$$

$$N = a_1 * \frac{1-x^n}{1-x} = \frac{D}{r} \dots\dots\dots \text{式(4-3-11)}$$

針對式(4-3-10)及式(4-3-11)作處理，

$$\frac{D}{a_1} = (t_p + t_t) * (V_1 + V_2) = \frac{(1-x^n) * r}{1-x} \dots\dots\dots \text{式(4-3-12)}$$

$$x^n = 1 - \left[\frac{(t_p + t_t) * (V_1 + V_2) * (1-x)}{r} \right] \dots\dots\dots \text{式(4-3-13)}$$

故 n 值為

$$n = \log_x \left\{ 1 - \left[\frac{(t_p + t_t) * (V_1 + V_2) * (1-x)}{r} \right] \right\} \dots\dots\dots \text{式(4-3-14)}$$

總結說明，當車輛行駛在道路上時，會知道其傳輸半徑、與對向車道之相對速度值、以及處理封包所花時間 t_p 。當遇到事故時，對向車道車輛根據以上參數求出公比值($x = [1 - \frac{r}{(V_1 + V_2) * (t_p + t_t)}]$)。求出公比後，將此公比代入式(4-3-14)中，求出 block 項數 n 。知道項數 n 後，先求出長度 D 內之車輛總數，再與公比值一同代回式(4-3-8)中求出 block1 內之車輛個數，之後每個 block 之車輛個數便可藉由 block1 與公比值求出。而此部份最終目的是為了求出對向車道之車輛

將封包往同向車道送之 Δt 值，只要將上述得到之各個 block 內車輛數代回式 (4-3-5) 中即可求出。詳細過程如圖 4-3-6 所述。

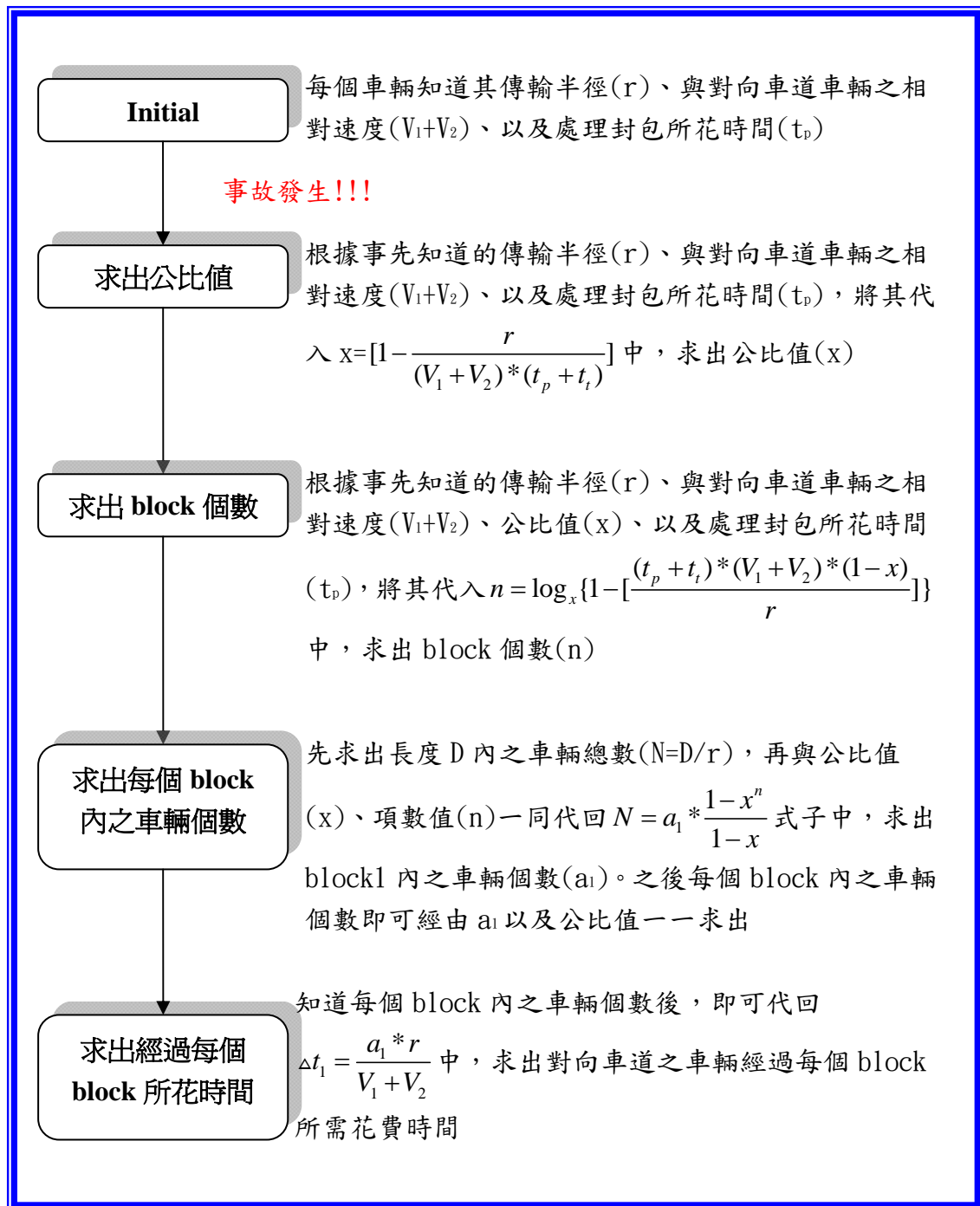


圖 4-3-6 使用對向車道單一車輛幫忙轉送之情況的數學式流程

4.3.2 由對向車道單一車輛幫忙轉送之情況的範例說明

如圖 4-3-7，廣播長度全長 D 為 6km，每個 node 之傳輸半徑 $r=100\text{m}$ ，相對

速度 V_1+V_2 為 120km/h，每個車輛處理封包所花時間(t_p)=4 秒。由此可得公比值 $x=0.251782$ ，block 個數為 3。在均勻分布情況下，D 距離內有 $N=D/r=60$ 台車輛。將這些參數代入式(4-3-8)中，可得知 block1 內之車輛數為 46 台，block2 內之車輛數為 12 台，block3 內之車輛數為 2 台。故對向車道之車輛經過 block1 所需時間 $\Delta t_1 = \frac{a_1 * r}{V_1 + V_2} = 138.014$ 秒， $\Delta t_2 = \frac{a_2 * r}{V_1 + V_2} = 36.004$ 秒。

圖 4-3-7 中，每個 block 結束廣播的時間分別為 $t_1=180.4469$ 秒、 $t_2=182.123$ 秒、 $t_3=182.0373$ 秒。故整體廣播所花時間由 block2 決定，其值為 182.123 秒。

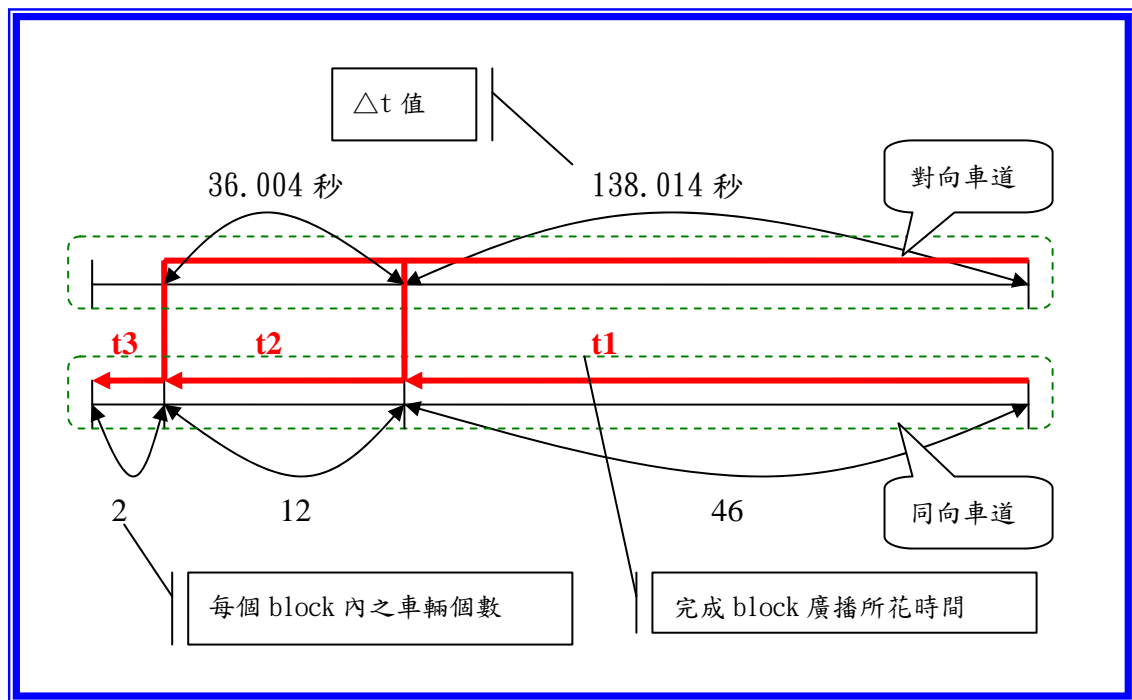


圖 4-3-7 由對向車道單一車輛幫忙轉送之情況的範例
($D=6\text{km}$ ， $V_1+V_2=120\text{km/h}$ ， $r=100\text{m}$ ，block 個數為 3， $t_p=4$ 秒)

又公比 $[1 - \frac{r}{(V_1 + V_2) * (t_p + t_t)}]$ 必須 ≥ 0 ，故 $1 \leq \frac{(V_1 + V_2) * (t_p + t_t)}{r}$ 。因此，使用對

向車道單一車輛幫忙轉送的方法，只有在 t_p 值高的時候才適合。故本論文將進一步做改善，對向車道幫忙轉送封包的車輛不再是由單一車輛幫忙，而改成可以由多台車輛幫忙，如接下來的 4.4 小節所述。

4.4 由對向車道多台車輛幫忙轉送之情況

如圖 4-4-1 所示，當車輛 A 發生事故時，會將訊息廣播給對向車道之車輛 B 以及同向車道之車輛 C 知道。車輛 B 會把訊息往前方車輛傳送，當到達某個跳躍 (hop) 數時，此訊息除了繼續往前傳播外，還會複製一份傳往與事故車輛同向車道之車輛上。在圖 4-4-1 裡，當車輛 D 收到車輛 B 傳來的訊息後，判斷其已經可以往同向車道傳，便將此訊息傳給與事故車輛處在同向車道上之車輛 E。若車輛 E 未曾收過此封包，則繼續將此封包廣播下去；若車輛 E 曾經接收過此封包，則將此封包捨棄，不繼續廣播下去。此時，在車輛 E(不包含車輛 E 本身)之前到車輛 C 之間的所有車輛便形成一個 block

此外，對向車道上之封包傳輸的方式，可以是廣播方式，也可以是單播 (unicast) 方式。如果是使用廣播方式，為避免此封包與同向車道上的廣播封包互相干擾，故必須限定：當對向車道上之車輛進行廣播動作時，除非指定此封包要傳送給同向車道上之車輛，否則當同向車道上之車輛收到此封包時，並不做任何處理，以減少網路負擔。

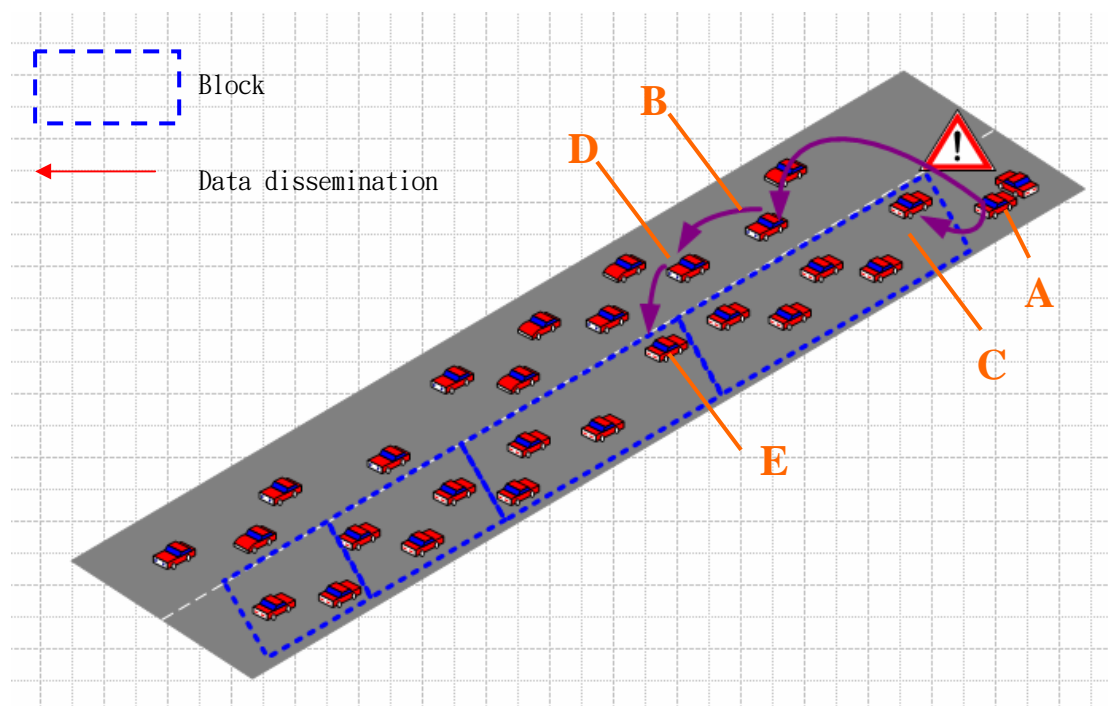


圖 4-4-1 封包由對向車道多台車輛來幫忙轉送之情形

至於判斷對向車道之車輛何時該將訊息往同向車道之車輛傳，便是接下來 4.4.2 及 4.4.3 小節所要討論的部份。

4.4.1 使用對向車道多台車輛幫忙轉送之優點

圖 4-4-2 為這小節所要討論之狀況的示意圖。若以同向車道為基準，可以想像得到的，因為對向車道上的車輛擁有較大相對速度，故封包在同向車道行駛 d_1 距離所需經過的車輛數(hop 數)，比經由對向車道之車輛幫忙轉送 d_1 距離所需經過的車輛數還多。此部份可由數學證明如下：

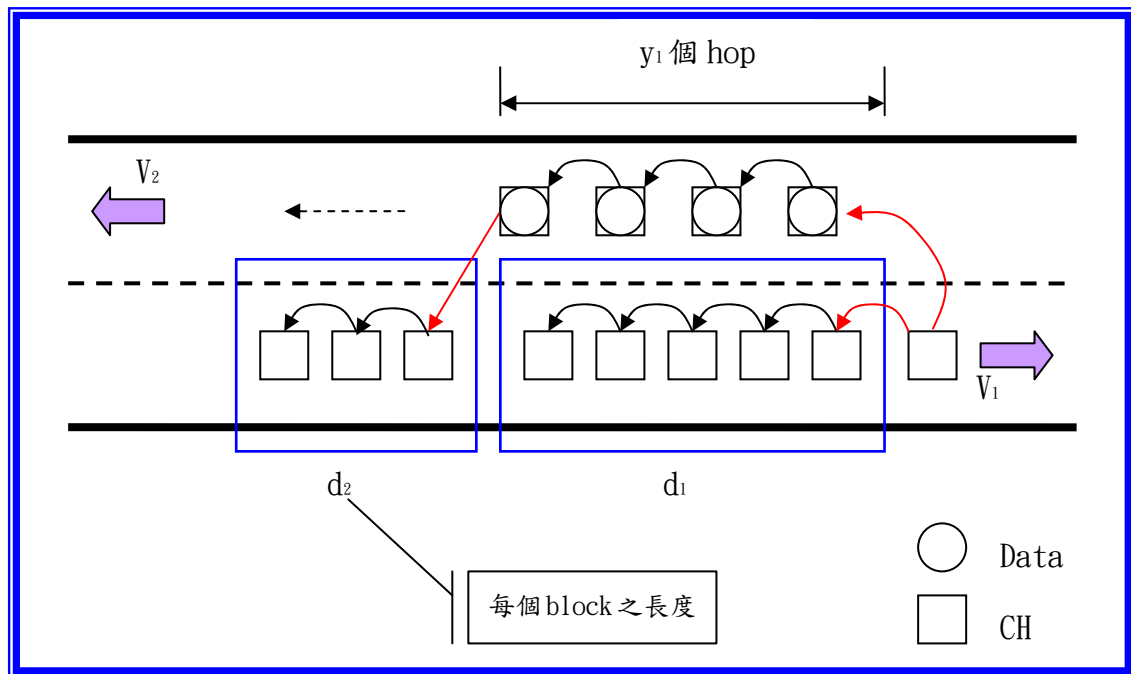


圖 4-4-2 對向與同向車道之車輛彼此相對速度為 $V_1 + V_2$

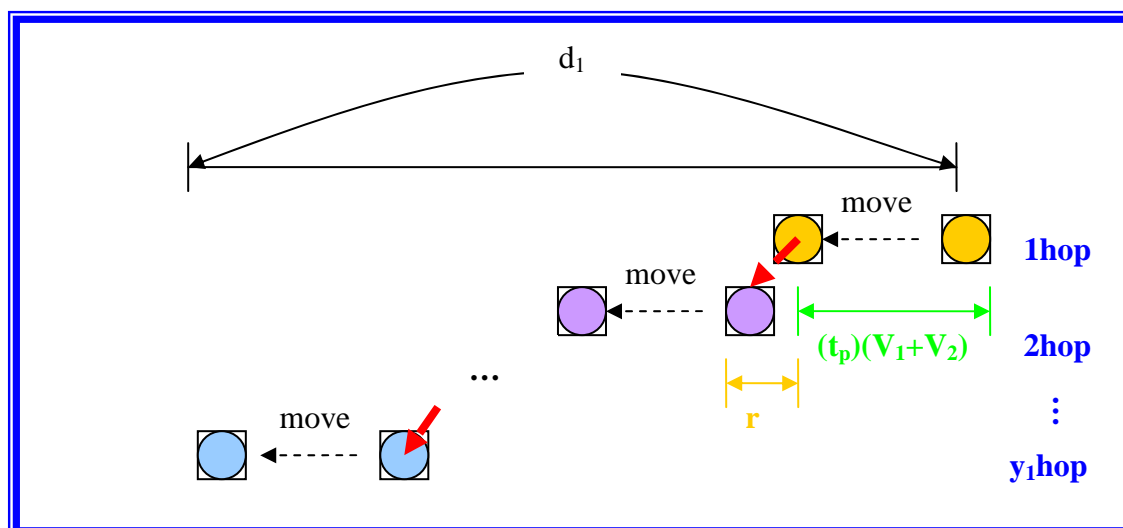


圖 4-4-3 在 d_1 距離裡，封包所經過的 hop 數量

如圖 4-4-3 所示(此觀點為在對向車道之車輛上)， t_p 為每台車輛處理封包所花時間，故每個 node 在處理封包這段時間裡共走了 $t_p * (V_1 + V_2)$ 的距離。假設每個車輛都盡全力把封包傳送給其所能傳送的最大傳輸半徑(r)之車輛且封包所經過的 hop 數為 y_1 ，則：

$$d_1 = y_1 * t_p * (V_1 + V_2) + r * (y_1 - 1) = (a_1 - 1) * r \dots\dots\dots \text{式(4-4-1)}$$

式(4-4-1)經整理，可得：

$$[t_p * (V_1 + V_2) + r] * y_1 = a_1 * r \dots\dots\dots \text{式(4-4-2)}$$

由於 $[t_p * (V_1 + V_2) + r] \geq r$ ，故 $y_1 \leq a_1$ ，證明封包在同向車道行駛 d_1 距離所需經過的車輛數(hop 數)，確實比經由對向車道之車輛幫忙轉送 d_1 距離所需經過的車輛數還多。故使用對向車道之多台車輛來幫忙傳送封包，可快速將此封包傳送給原同向車道較後方之車輛。知道這項好處後，接下來便開始推導對向車道上的封包到底在傳了多少台車輛後，才往同向車道上之車輛傳。即求出封包在對向車道所要經過的 hop 數。

4.4.2 由對向車道多台車輛幫忙轉送之情況的數學式推導

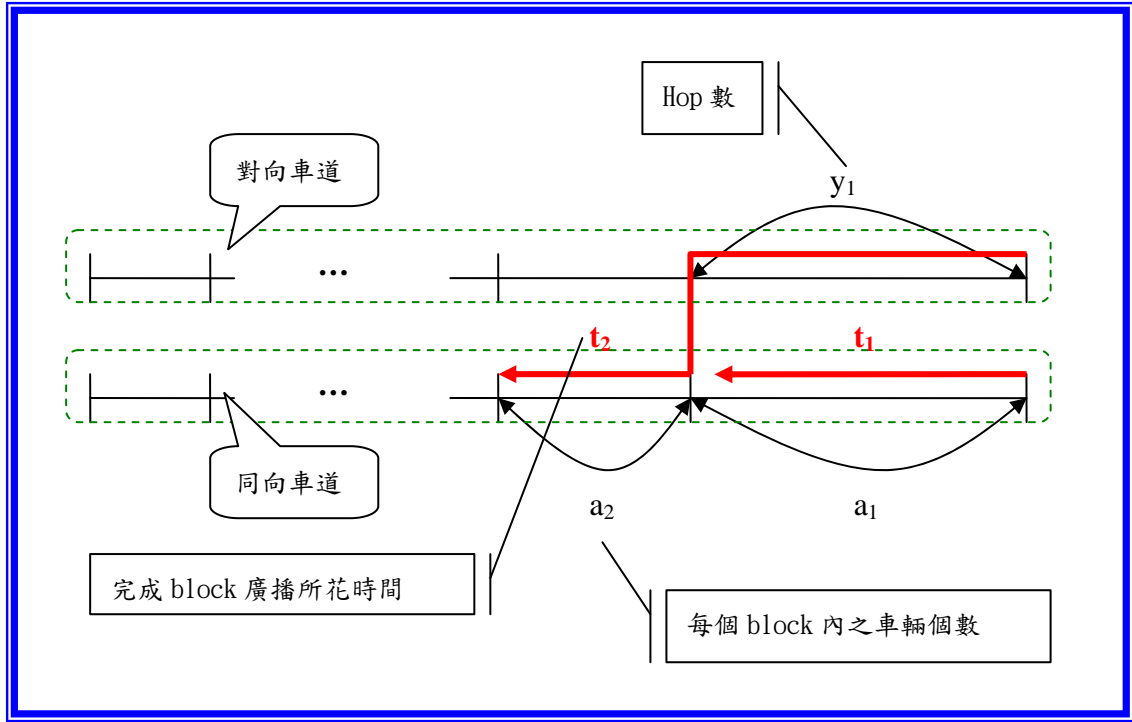


圖 4-4-4 由對向車道多台車輛幫忙轉送之情況的示意圖

在圖 4-4-4 中，假設 block1 裡面車輛個數為 a_1 ，block2 裡面車輛個數為 a_2 。而對向車道之車輛經過 block1 距離所經過的 hop 數為 y_1 ，則可以列出以下式子：

$$t_1 = (a_1 - 1) * (t_p + t_t) \dots\dots\dots \text{式(4-4-3)}$$

$$t_2 = (a_2 - 1) * (t_p + t_t) + y_1 * (t_p + t_t) \dots\dots\dots \text{式(4-4-4)}$$

如果兩個 block 要同時結束，則 $t_1 = t_2$ 。故由式(4-4-3)以及式(4-4-4)可得

$$y_1 = a_1 - a_2 \dots\dots\dots \text{式(4-4-5)}$$

又 y_1 與 a_1 的關係為

$$y_1 * t_p * (V_1 + V_2) + r * (y_1 - 1) = (a_1 - 1) * r \dots\dots\dots \text{式(4-4-6)}$$

經整理，

$$y_1 = a_1 * r / [t_p * (V_1 + V_2) + r] = a_1 - a_2 \dots\dots\dots \text{式(4-4-7)}$$

最後可以得到以下關係：

$$a_2 = a_1 * t_p * (V_1 + V_2) / [t_p * (V_1 + V_2) + r] \dots\dots\dots \text{式(4-4-8)}$$

故每個 block 間呈等比數列關係，其公比為 $t_p * (V_1 + V_2) / [t_p * (V_1 + V_2) + r]$ ，如

圖 4-4-5 所示。

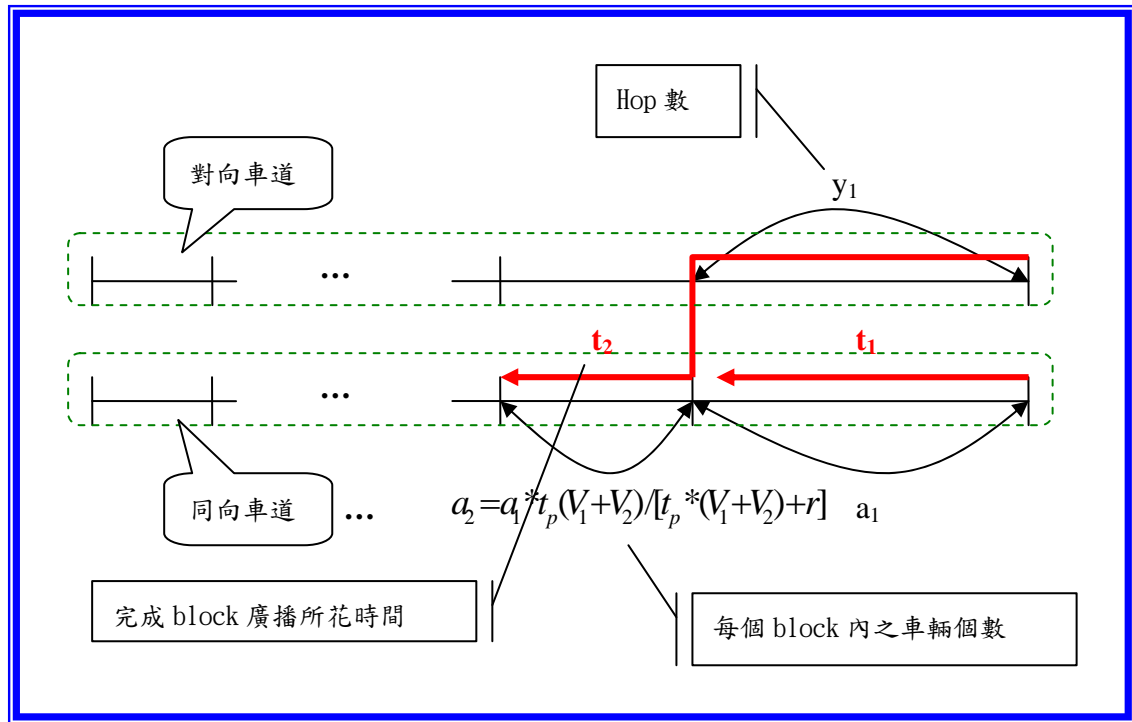


圖 4-4-5 每個 block 之間呈等比關係

知道公比值之後，便可藉由等比公式求出每個 block 內車輛之個數以及對向車道之車輛通過每個 block 所經過的 hop 數，其推導如下。

在等比公式中，公比與總和之關係如式(4-4-9)，

$$N = a_1 * \frac{1 - x^n}{1 - x} \dots\dots\dots \text{式(4-4-9)}$$

其中 a_1 為首項， x 為公比， n 為項數， N 為總和。當項數趨近於無限大時，式(4-4-9)變成式(4-4-10)。

$$N = a_1 * \frac{1}{1 - x} \dots\dots\dots \text{式(4-4-10)}$$

而車輛總數 $N = D/r$ ，並假設對向車道走完全長 D 所花時間剛好讓每個 block 同時結束廣播，則

$$\frac{D}{V_1 + V_2} = a_1 * (t_p + t_r) \dots\dots\dots \text{式(4-4-11)}$$

$$N = a_1 * \frac{1 - x^n}{1 - x} = \frac{D}{r} \dots\dots\dots \text{式(4-4-12)}$$

針對式(4-4-11)及式(4-4-12)作處理，

$$\frac{D}{a_1} = (t_p + t_t) * (V_1 + V_2) = \frac{(1 - x^n) * r}{1 - x} \dots\dots\dots \text{式(4-4-13)}$$

$$x^n = 1 - \left[\frac{(t_p + t_t) * (V_1 + V_2) * (1 - x)}{r} \right] \dots\dots\dots \text{式(4-4-14)}$$

故 n 值為

$$n = \log_x \left\{ 1 - \left[\frac{(t_p + t_t) * (V_1 + V_2) * (1 - x)}{r} \right] \right\} \dots\dots\dots \text{式(4-4-15)}$$

總結說明，當車輛行駛在道路上時，會知道其傳輸半徑、與對向車道之相對速度值、以及處理封包所花時間 t_p 。當遇到事故時，對向車道車輛根據以上參數求出公比值 ($x = t_p(V_1 + V_2) / [t_p * (V_1 + V_2) + r]$)。求出公比後，將此公比代入式(4-4-15)中，求出 block 項數 n。知道項數 n 後，先求出長度 D 內之車輛總數，再與公比值一同代回式(4-4-9)中求出 block1 內之車輛個數，之後每個 block 之車輛個數便可藉由 block1 與公比值求出。而此部份最終目的是為了求出對向車道之車輛將封包往同向車道送之 hop 數，故只要將上述得到之各個 block 內車輛數代回式(4-4-7)中即可求出。詳細過程如圖 4-4-6 所述。

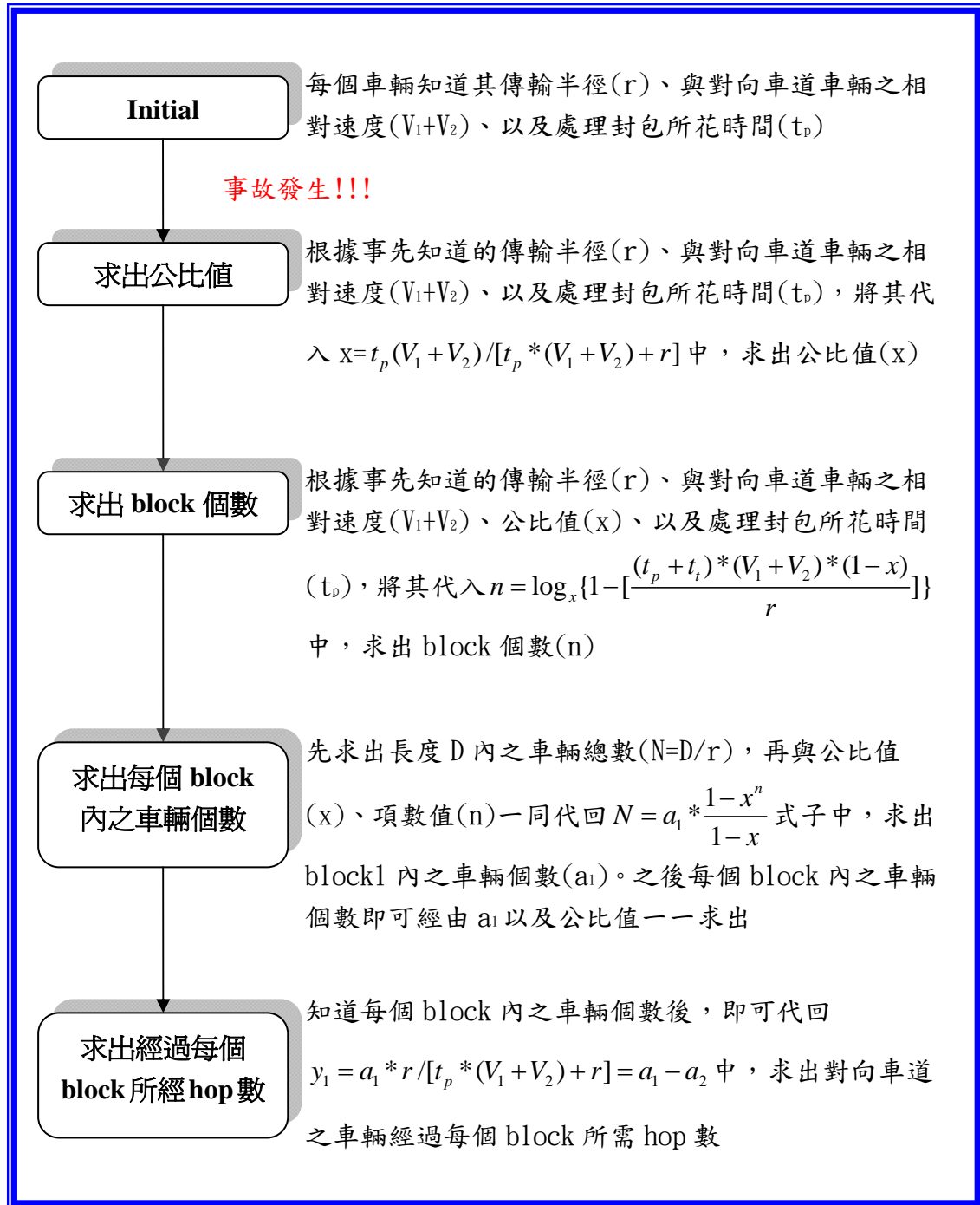


圖 4-4-6 使用對向車道多台車輛幫忙轉送之情況的數學式流程

4.4.3 由對向車道多台車輛幫忙轉送之情況的範例說明

如圖 4-4-7 所示，其使用參數為：廣播長度全長 D 為 6km，每個 node 傳輸半徑 $r=100\text{m}$ ，相對速度 V_1+V_2 為 120km/h ， $t_p = 0.5$ 秒。由此可得公比值 $x=0.142845$ ，block 個數為 3。在均勻分布情況下，D 距離內有 $N = D/r=60$ 台車

輛。將這些參數代入式(4-4-9)中，可得知 block1 內之車輛數為 52 台，block2 內之車輛數為 7 台，block3 內之車輛數為 1 台。將這些值代入式(4-4-7)，得出對向車道之車輛經過 block1 所需 hop 數為 $y_1 = a_1 * r / [t_p * (V_1 + V_2) + r] = a_1 - a_2 = 45$ 個， $y_2 = 6$ 個。

圖 4-4-7 中，每個 block 結束廣播的時間分別為 $t_1 = t_2 = t_3 = 26.00643$ 秒。故整體廣播所花時間為 26.00643 秒。

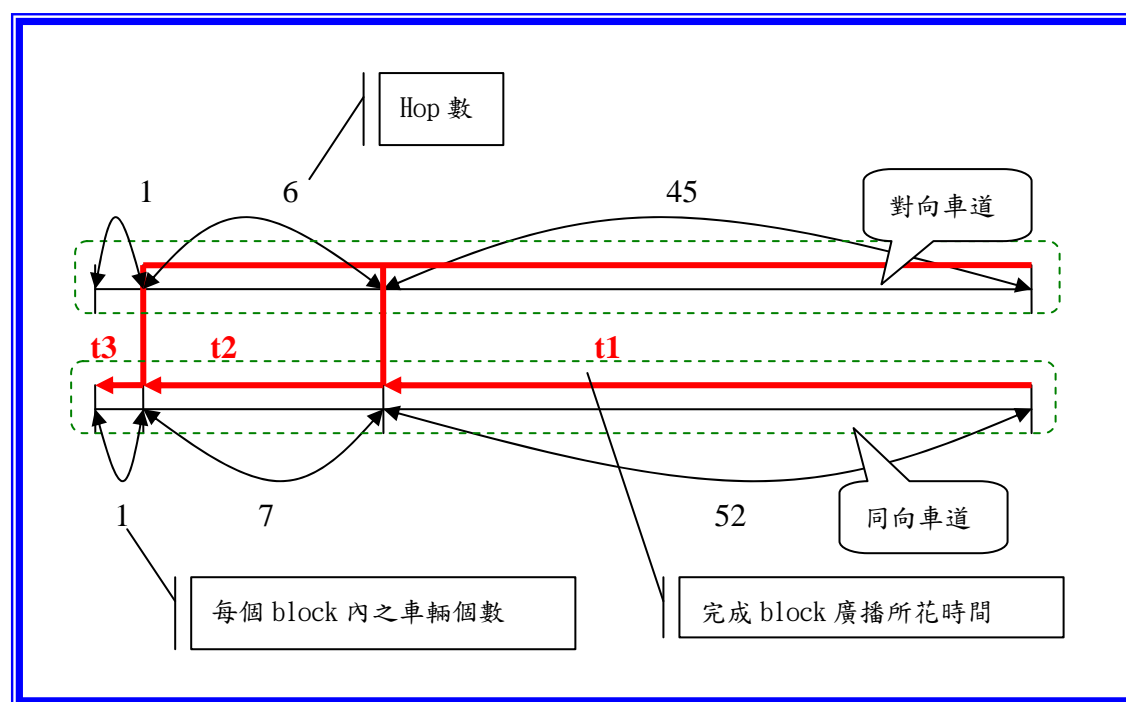


圖 4-4-7 由對向車道多台車輛幫忙轉送之情況的範例
($D=6\text{km}$, $r=100\text{m}$, block 個數為 3, $t_p = 0.5$ 秒)

4.5 同向車道上的車輛為變速度之情況

在以上 4.3 以及 4.4 小節裡所討論之情況，其前提是假設對向車道以及同向車道上之車輛分別以平均速度 V_2 及 V_1 移動。但在實際狀況裡，車輛越是接近事故地點，其速度值是越低的，甚至於呈現是靜止的狀態；而距離事故地點越遠的地方，其車輛速度幾乎不受影響。

故在本節中，將針對同向車道上之車輛，依據其距離事故車輛之遠近，給予

不同的速度值，使其模擬結果更加符合實際狀況。另外，對向車道封包傳輸的方式為採用 4.4 小節所提出之使用多台車輛幫忙轉送的方式去做傳送。

4.5.1 同向車道上的車輛為變速度之情況的數學式推導

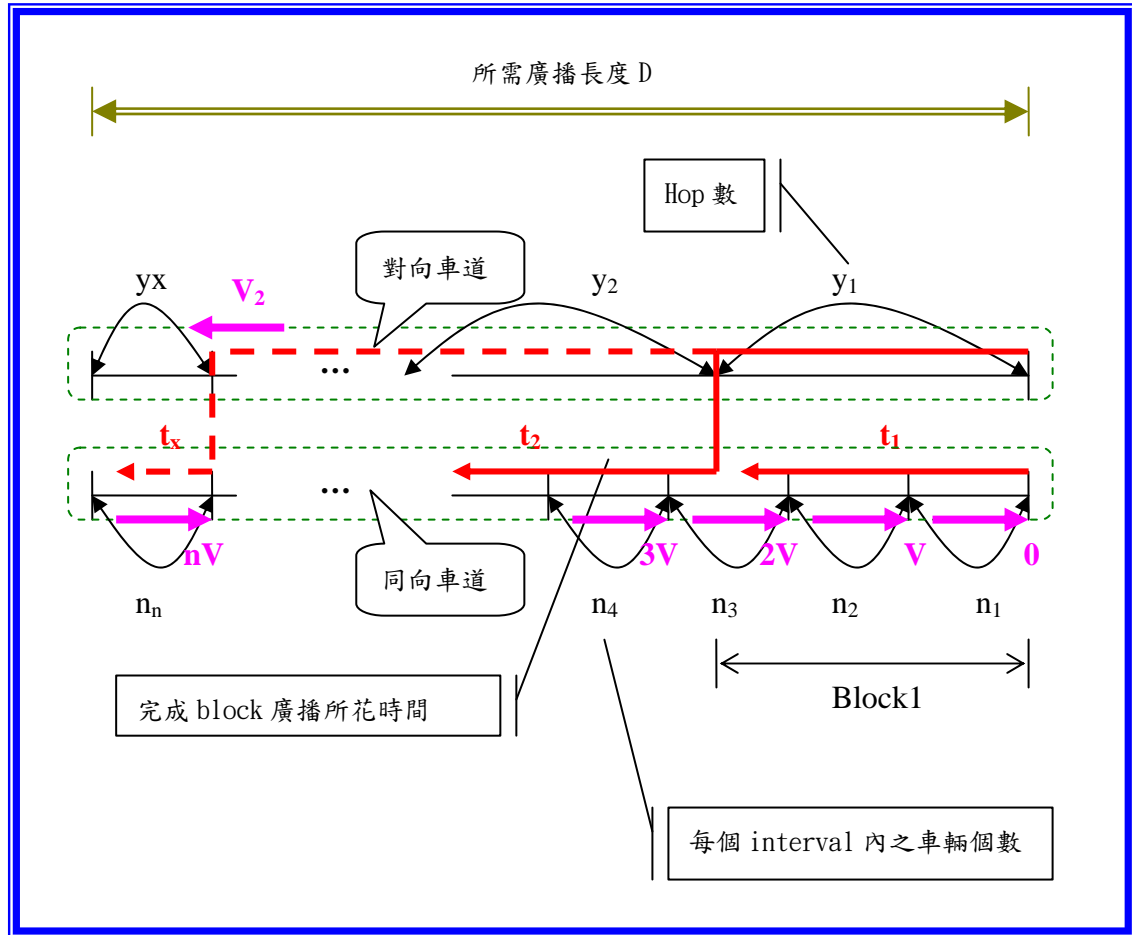


圖 4-5-1 同向車道上的車輛為變速度之情況的示意圖

如圖 4-5-1 所示，假設在廣播長度 D 之距離內，可以切成 n 個相同大小的 interval，通過各 interval 所經車輛數分別為 n_1 、 n_2 、 \dots 、 n_n 。且每個 interval 內車輛之平均速度分別為 0 、 V 、 \dots 、 nV ，則可以列出以下式子：

在網路 node 均勻分布之情況下，原本每個 interval 內之車輛數(b)為
 $b = D/(r * n)$ 式(4-5-1)

在每個 interval 內有各自的平均速度之情況下，對向車道的車輛通過每個 interval 所經過之同向車道車輛數為

$$n_1 = b \dots\dots\dots \text{式(4-5-2)}$$

$$n_2 = \left[\frac{(b * r) * V * 1000}{(V + V_2) * 3600} \right] * \frac{1}{100} + b \dots\dots\dots \text{式(4-5-3)}$$

...

$$n_n = \left[\frac{(b * r) * nV * 1000}{(nV + V_2) * 3600} \right] * \frac{1}{100} + b \dots\dots\dots \text{式(4-5-4)}$$

故相對於對向車道行駛 D 距離範圍內，同向車道上之車輛總數為

$$N = n_1 + n_2 + \dots + n_n。$$

總結說明，當車輛行駛在道路上時，會知道其傳輸半徑、與對向車道之相對速度值、以及處理封包所花時間 t_p 。當遇到事故時，同向車道上之車輛每隔一段 interval 會有不同的平均速度值，對向車道上之車輛便根據式(4-5-2)~式(4-5-4)算出與同向車道上之車輛行駛相對距離 D 所經過之總車輛數。對向車道車輛根據以上參數求出公比值 $(x = t_p(V_1 + V_2) / [t_p * (V_1 + V_2) + r])$ ，此時 $(V_1 + V_2)$ 值為取所有 interval 之速度平均值。) 求出公比後，將此公比代入式(4-4-15)中，求出 block 項數 n。知道項數 n 後，將上述式(4-5-2)~式(4-5-4)所求之車輛總數，與公比值一同代回式(4-4-9)中求出 block1 內之車輛個數，之後每個 block 之車輛個數便可藉由 block1 與公比值求出。此部份最終目的是為了求出對向車道之車輛將封包往同向車道送之 hop 數，故只要將上述得到之各個 block 內車輛數代回式(4-4-7)中即可求出。詳細過程如圖 4-5-2 所述。

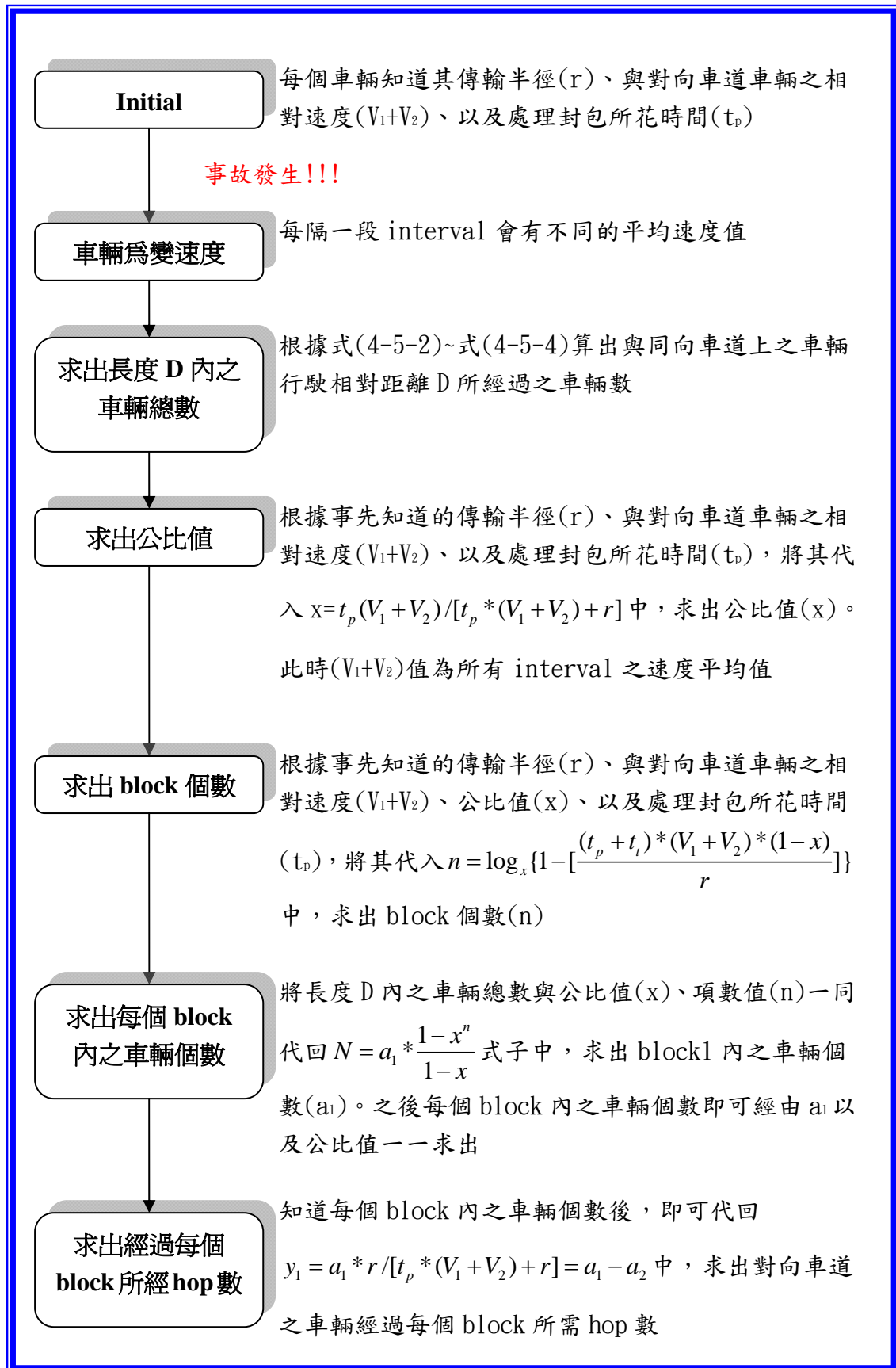


圖 4-5-2 同向車道上的車輛為變速度之情況的數學式流程

以上討論，都是在理想情況下的結果。接下來在第五章的部份，將開始本論文的模擬。透過模擬工具的幫忙，讓模擬環境更符合實際情況，證明本論文所提之方法，其效能是否如預期所想、是否更適合應用到網路上。

第五章 效能評估

在這個章節將以模擬網路實際運作的方式，探討本論文所提方法之效能。

5.1 模擬環境

本模擬所使用的工具為 QualNet (版本為 4.0)[43]，網路環境為在 6000m 長度的道路上，車輛分布成 uniform 分布，採 802.11b 作為 MAC 層的通訊協定。每個參數模擬數次後取其平均值。

其他在本論文模擬中所調整的參數為：

(1) 車輛處理封包所花之時間(t_p):

車輛處理封包所花之時間將決定整體廣播所花費的時間，此值將影響每個 block 內的車輛個數。

(2) 相對速度(V_1+V_2):

相對速度會影響對向車道之車輛走完與同向車道相對距離長為 D 之所花時間，進而會影響整體完成廣播所花的時間。

(3) 傳輸半徑(r):

改變傳輸半徑將影響網路中移動節點的個數，其值越大則網路節點越少。

(4) 加速度(V):

在同向車道之車輛為變速度之情況下，加速度值越大，則其與對向車道上之車輛的相對速度便越大。加速度值之影響如同第二項參數-相對速度所造成之影響。此值會影響對向車道之車輛走完與同向車道相對距離長為 D 之所花時間，進而會影響整體完成廣播所花的時間。

5.2 使用對向車道單一車輛幫忙轉送的情況之模擬結果與分析

本部份將模擬在第四章中提到的三種傳輸情況：一是使用對向車道單一車輛幫忙轉送的情況；另一種則是使用對向車輛多台車輛幫忙轉送的情況；最後一

種則是同向車道上之車輛速度為變速度之情況。

在這小節中，將先對第一種情況做模擬，其於兩種情況將分別於 5.3 及 5.4 小節做分析。其模擬的結果皆與單純只使用同向車道之車輛來幫忙轉送的方法做比較。

5.2.1 改變車輛處理封包所花之時間(t_p)

本項目之模擬參數為：傳輸距離 $D=6000\text{m}$ ，傳輸半徑 $r=100\text{m}$ ，相對速度 V_1+V_2 為 120km/h 。由於公比 $x=[1-\frac{r}{(V_1+V_2)*(t_p+t_t)}]$ 必須大於 0，故我們可求出： t_p 值必須大於 3。於是在這部份之模擬，改變 t_p 值使其分別為 4、8、16、32、及 64 秒之情況下去做模擬。將上述參數代入式(4-3-14)中可得出 block 個數為 3。

圖 5-2-1 為在改變車輛處理封包所花之時間(t_p)情況下，使用對向車道單一車輛幫忙轉送以及單純使用同向車道的車輛來幫忙轉送之效能比較曲線圖，其中橫座標所使用的是對數座標值。由於改變 node 處理封包所花時間(t_p 值)並不會影響整體網路的節點數，因此，隨著每個 node 處理封包所花時間變長，整體廣播所花費的時間也越長。

使用對向車道單一車輛幫忙轉送之方式，其改善程度約為 48.7 %。

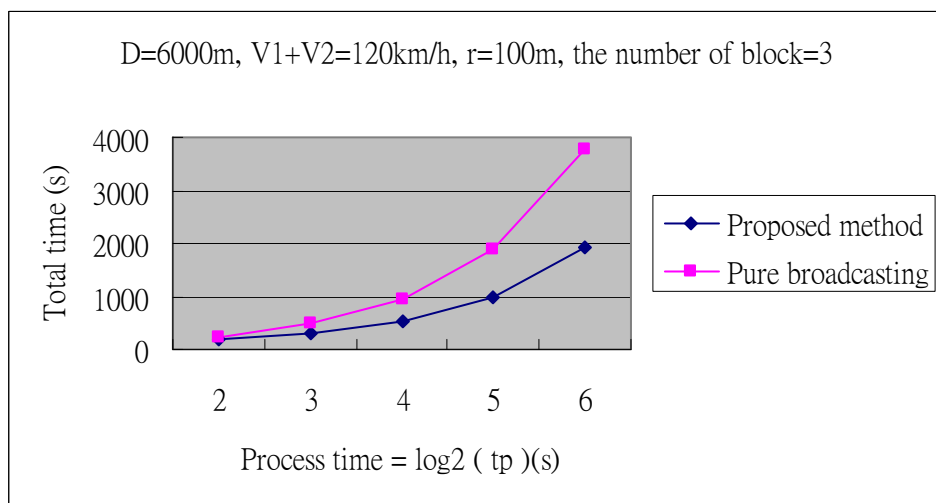


圖 5-2-1 Process time vs. Total time

(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-2-2 為每個 block 完成廣播所花時間與每個 node 處理封包所花時間之關係直線圖。可以看出，不管 node 處理封包所花時間是長是短，其每個 block 完成廣播所花的時間幾乎一致，且其值隨著 node 處理封包所花時間增長而變大，其原因如上所述。

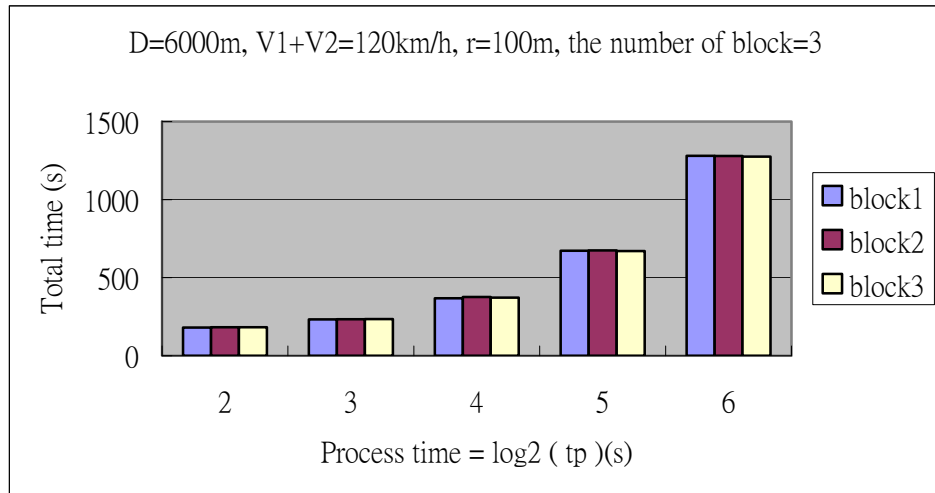


圖 5-2-2 Process time vs. 每個 block 完成廣播的時間
(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-2-3 為每個 node 處理封包所花時間與每個 block 內之車輛個數之關係長條圖。可以看出，改變 node 處理封包所花時間並不會影響整體網路的節點數。

但是，隨著 node 處理封包所花時間變長，每個 block 內之車輛個數越接近一致。其原因為：因為對向車道之車輛通過第一個 block 長度所花時間非常長。在 t_p 值很小時，block1 必須有較多車輛才可以彌補對向車道通過第一個 block 長度所花時間。但隨著 t_p 值的變大，block1 內用來彌補對向車道通過第一個 block 長度所花時間所需要的車輛數慢慢變少，故每個 block 內之車輛個數越趨一致。

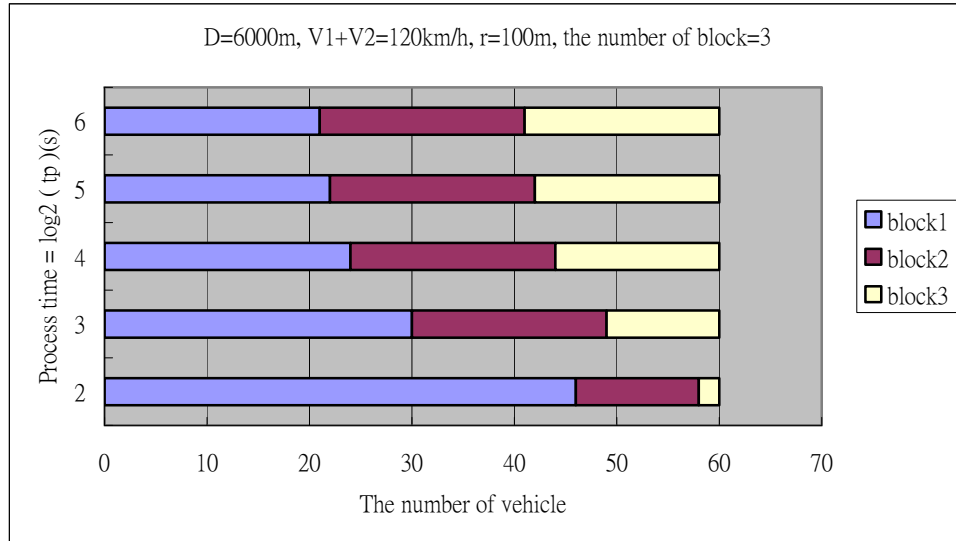


圖 5-2-3 Process time vs. 每個 block 內之車輛個數

(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)

5.2.2 改變相對速度(V_1+V_2)

本項目之模擬參數為：傳輸距離 $D=6000\text{m}$ ，傳輸半徑 $r=100\text{m}$ ，每個 node 處理封包所花時間為 4 秒。改變相對速度，使其值分別為 120、140、160、180、200、220、以及 240km/h 。由以上參數可得公比值以及 block 個數為 3。

圖 5-2-4 為在改變相對速度(V_1+V_2)情況下，使用對向車道單一車輛幫忙轉送以及單純使用同向車道的車輛來幫忙轉送之效能比較曲線圖。由於改變相對速度並不會影響整體網路的節點數，因此，在單純使用同向車道的車輛來幫忙轉送之情況下，其整體廣播所花時間不隨相對速度之改變而改變。但在使用對向車道單一車輛幫忙轉送的情況下，由於相對速度越快，對向車道上之車輛越能早點到達同向車道上之後方車輛，故整體廣播所花費的時間隨著相對速度變快而越來越短。

使用對向車道單一車輛幫忙轉送之方式，其改善程度約為 22.9 %~ 50 % (相對速度變動範圍為 $120\sim 240\text{km/h}$)。

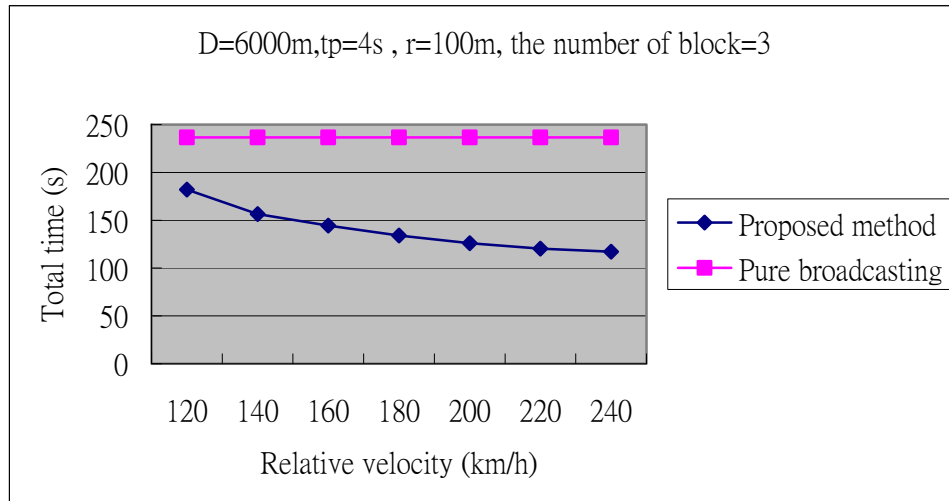


圖 5-2-4 Relative velocity vs. Total time

(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-2-5 為每個 block 完成廣播所花時間與相對速度之關係直線圖。可以看出，不管相對速度是快是慢，其每個 block 完成廣播所花的時間幾乎一致，且其值隨著相對速度變快而越來越短，其原因如上所述。

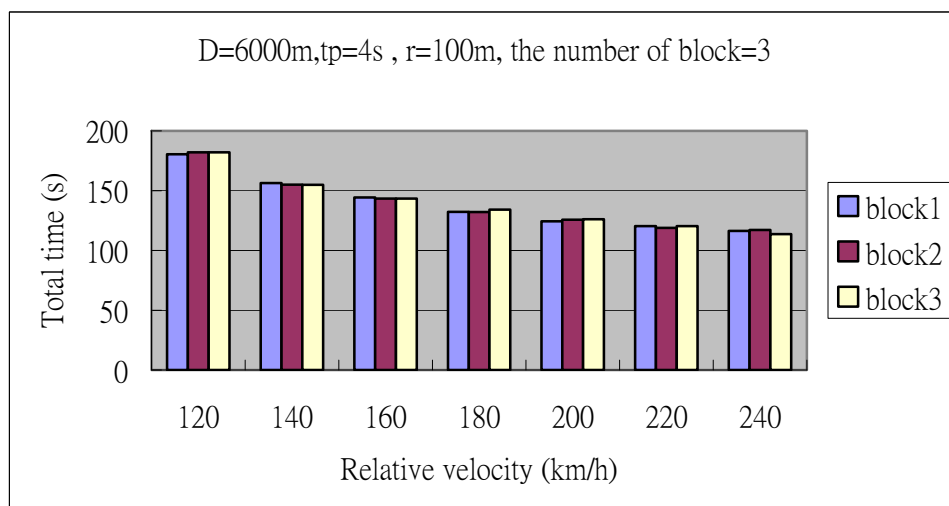


圖 5-2-5 Relative velocity vs. 每個 block 完成廣播的時間

(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-2-6 為相對速度與每個 block 內之車輛個數之關係長條圖。可以看出，改變同向與對向車道彼此間的相對速度並不會影響其整體網路的節點數。

但是，隨著相對速度變大，對向車道上之車輛越能早點到達同向車道上之後方車輛，故 block1 長度隨著相對速度變大而變短。因為就如同 5.2.1 所述，當相對速度大時，對向車道之車輛通過第一個 block 長度所花時間變短。故 block1 內用來彌補對向車道通過第一個 block 長度所花時間所需要的車輛數便跟著變少。

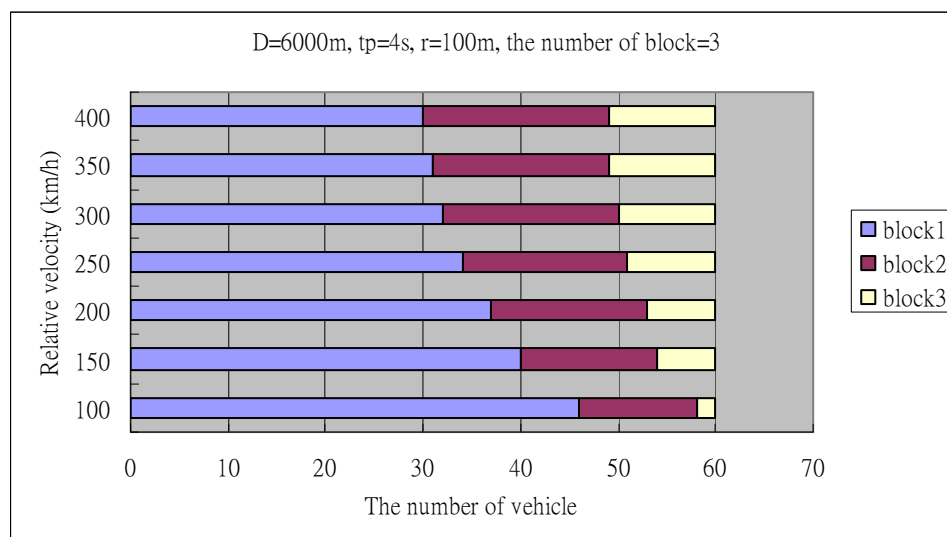


圖 5-2-6 Relative velocity vs. 每個 block 內之車輛個數

(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)

5.2.3 改變傳輸半徑(r)

由於公比 $[1 - \frac{r}{(V_1 + V_2) * (t_p + t_r)}]$ 必須大於 0，為探討改變傳輸半徑 r 對於整體廣播花費的影響(參數 r 的變動範圍為 100~400m)，相對的，相對速度 $(V_1 + V_2)$ 以及車輛處理封包所花時間 (t_p) 必須取非常大的值。故在這部份模擬所使用的參數為：傳輸距離 $D=6000m$ ，相對速度 $V_1 + V_2$ 為 240km/h， t_p 為 8 秒。經式(4-3-14)計算，可知 block 個數為 3。

圖 5-2-7 為在改變傳輸半徑(r)情況下，使用對向車道單一車輛幫忙轉送以及單純使用同向車道的車輛來幫忙轉送之效能比較曲線圖。由於改變傳輸半徑會影響整體網路的節點數：當傳輸半徑越長，則節點數越少。因此，隨著傳輸半徑

的變長，節點數越來越少，故整體廣播所花時間越來越短。

使用對向車道單一車輛幫忙轉送之方式，其改善程度約為 60.4 %~ 15 % (傳輸半徑變動範圍為 100~400m)。

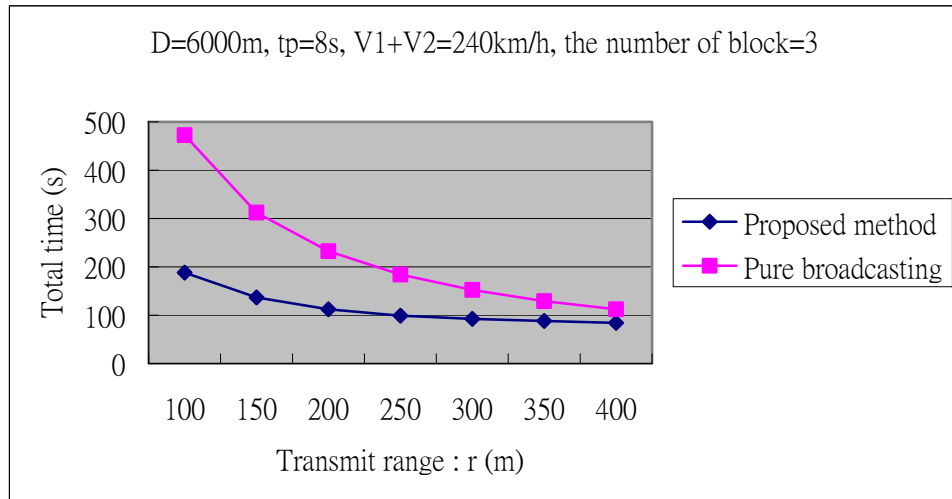


圖 5-2-7 Transmit range vs. Total time

(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-2-8 為每個 block 完成廣播所花時間與傳輸半徑之關係直線圖。可以看出，不管傳輸半徑是長是短，其每個 block 完成廣播所花的時間差異不是很大，且其值隨著傳輸半徑變長而越來越小，其原因如上所述。

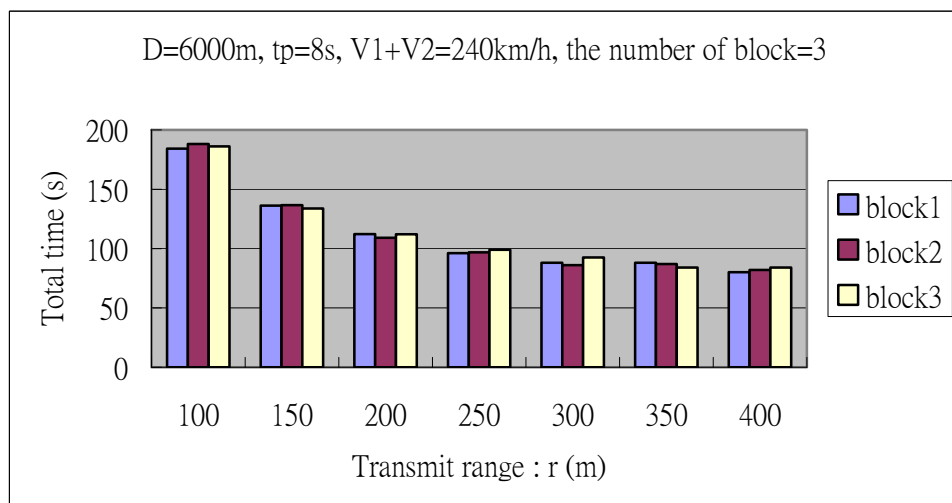


圖 5-2-8 Transmit range vs. 每個 block 完成廣播的時間

(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-2-9 為傳輸半徑與每個 block 內之車輛個數之關係長條圖。可以看出，改變傳輸半徑將會影響其整體網路的節點數。隨著傳輸半徑的增大，每個 block 內的車輛個數越來越少。

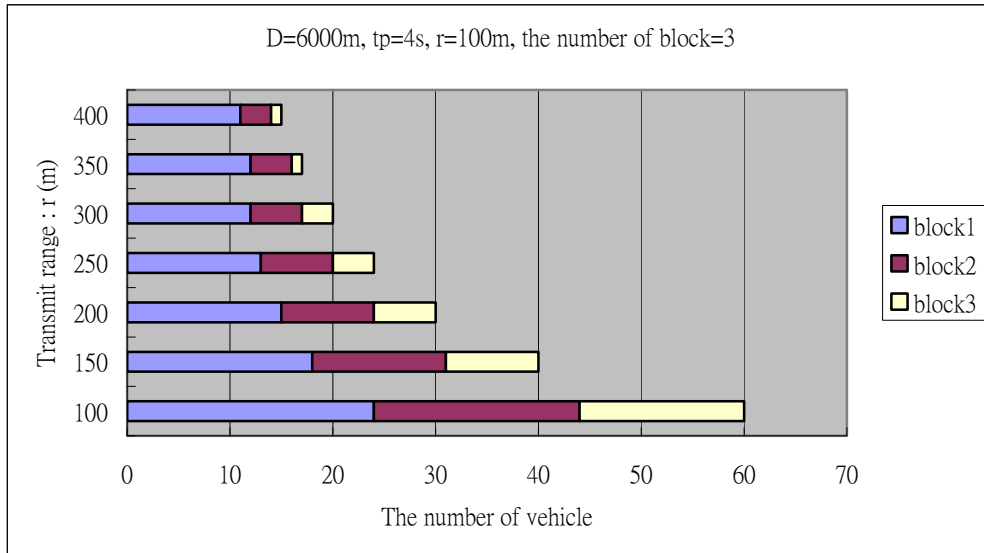


圖 5-2-9 Transmit range vs. 每個 block 內之車輛個數

(對向車道單一車輛幫忙轉送的情況)

由以上模擬，以及 4.3 小節所求出之公比($x = [1 - \frac{r}{(V_1 + V_2) * (t_p + t_i)}]$)，我們可

以下個定論：如要使用對向車道單一車輛來幫忙散播封包的方法，必須在 t_p 值很大(在我們的模擬裡， t_p 值必須要大於 3 秒)的情況下才能成立。當 t_p 值很小時，反而使用同向車道上之車輛來幫忙散播的方式其效能還比使用對向車道之車輛來幫忙散播的方式要來得好。

故在 4.4 節提出另一種改善的方式：使用對向車道上之多台車輛幫忙散播。接下來將對這部份做實際的模擬。

5.3 使用對向車道多台車輛幫忙轉送的情況之模擬結果與分析

5.3.1 改變車輛處理封包所花之時間(t_p)

本項目之模擬參數為：傳輸距離 $D=6000m$ ，傳輸半徑 $r=100m$ ，相對速度 V_1+V_2

為 120km/h。則公比 $x = t_p(V_1 + V_2) / [t_p * (V_1 + V_2) + r] = 0.08$ ，故我們可求出 block 個數為 3。另外，在這部份之模擬以改變 t_p 值，使其分別為 4、8、16、32、及 64 秒之情況下去做模擬。

圖 5-3-1 為在改變車輛處理封包所花之時間(t_p)情況下，使用對向車道多台車輛幫忙轉送以及單純使用同向車道的車輛來幫忙轉送之效能比較曲線圖，其中橫座標所使用的是對數座標值。由於改變 node 處理封包所花時間(t_p 值)並不會影響整體網路的節點數，因此，隨著每個 node 處理封包所花時間越長，整體廣播所花費的時間也越長。

使用對向車道多台車輛幫忙轉送之方式，其改善程度約為 60.4 %。

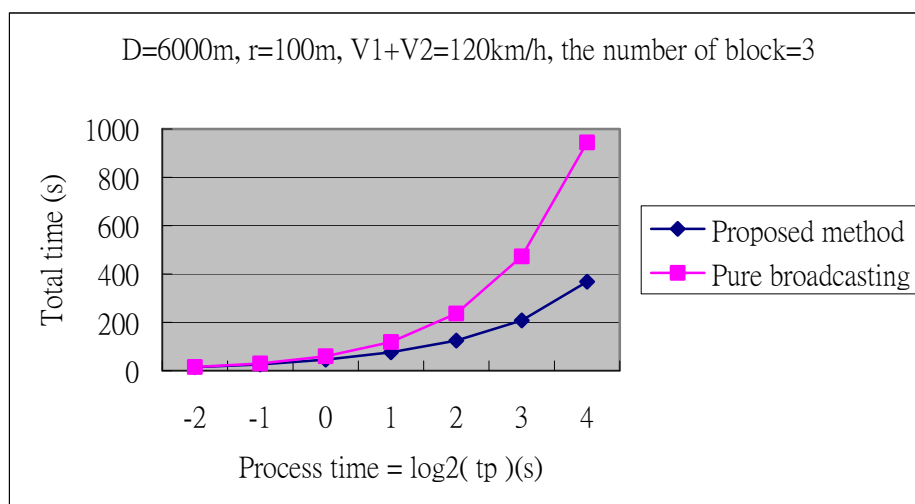


圖 5-3-1 Process time vs. Total time

(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-3-2 為每個 block 完成廣播所花時間與每個 node 處理封包所花時間之關係直線圖。可以看出，不管 node 處理封包所花時間是長是短，其每個 block 完成廣播所花的時間接近一致，且其值隨著 node 處理封包所花時間增長而變大，其原因如上所述。

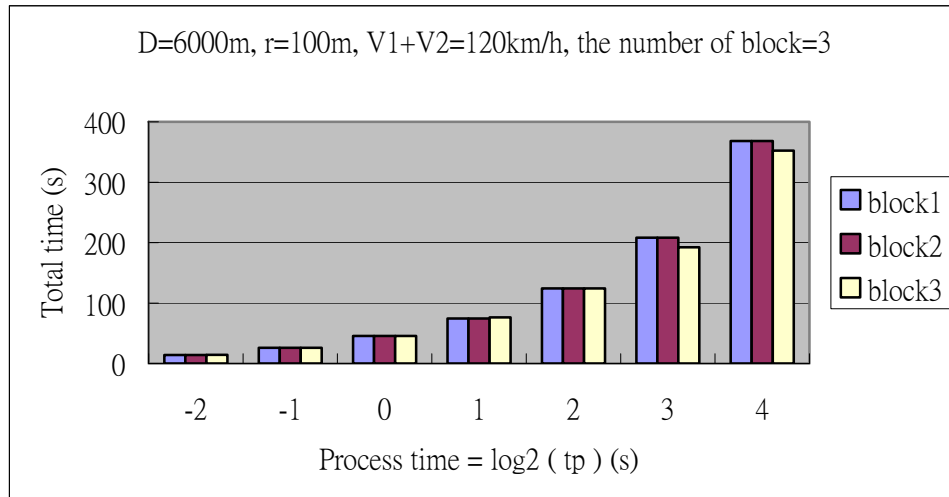


圖 5-3-2 Process time vs. 每個 block 完成廣播的時間
(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-3-3 為每個 node 處理封包所花時間與每個 block 內之車輛個數之關係長條圖。可以看出，改變 node 處理封包所花時間並不會影響整體網路的節點數。

但是，隨著 node 處理封包所花時間變長，每個 block 內之車輛個數越接近一致。其原因為：因為對向車道之車輛通過第一個 block 長度所花時間非常長。在 t_p 值很小時，block1 必須有較多車輛才可以彌補對向車道通過第一個 block 長度所花時間。但隨著 t_p 值的變大，block1 內用來彌補對向車道通過第一個 block 長度所花時間所需要的車輛數慢慢變少。故每個 block 內之車輛個數越趨一致。

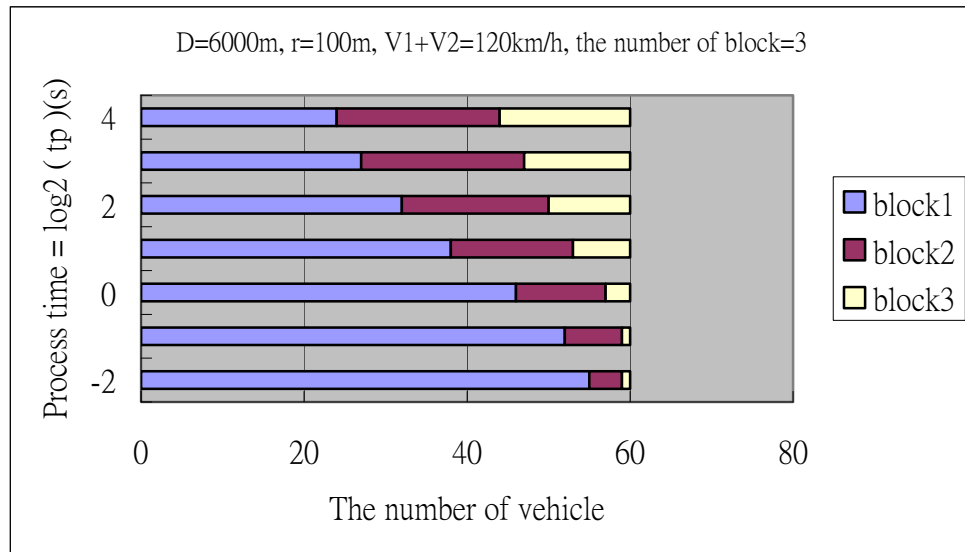


圖 5-3-3 Process time vs. 每個 block 內之車輛個數

(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)

5.3.2 改變相對速度(V_1+V_2)

本項目之模擬參數為：傳輸距離 $D=6000\text{m}$ ，傳輸半徑 $r=100\text{m}$ ，每個 node 處理封包所花時間為 0.5 秒。改變相對速度，使其值分別為 120、140、160、180、200、220、以及 240km/h 。由以上參數可得公比值以及 block 個數為 3。

圖 5-3-4 為在改變相對速度(V_1+V_2)情況下，使用對向車道多台車輛幫忙轉送以及單純使用同向車道的車輛來幫忙轉送之效能比較曲線圖。由於改變相對速度並不會影響整體網路的節點數，因此，在單純使用同向車道的車輛來幫忙轉送之情況下，其整體廣播所花時間不隨相對速度之改變而改變。但在使用對向車道單一車輛幫忙轉送的情況下，由於相對速度越快，對向車道上之車輛越能早點到達同向車道上之後方車輛，故整體廣播所花費的時間隨著相對速度變快而越來越短。

使用對向車道多台車輛幫忙轉送之方式，其改善程度約為 13.33 % ~ 26.7 % (相對速度變動範圍為 $120\sim 240\text{Km/h}$)。

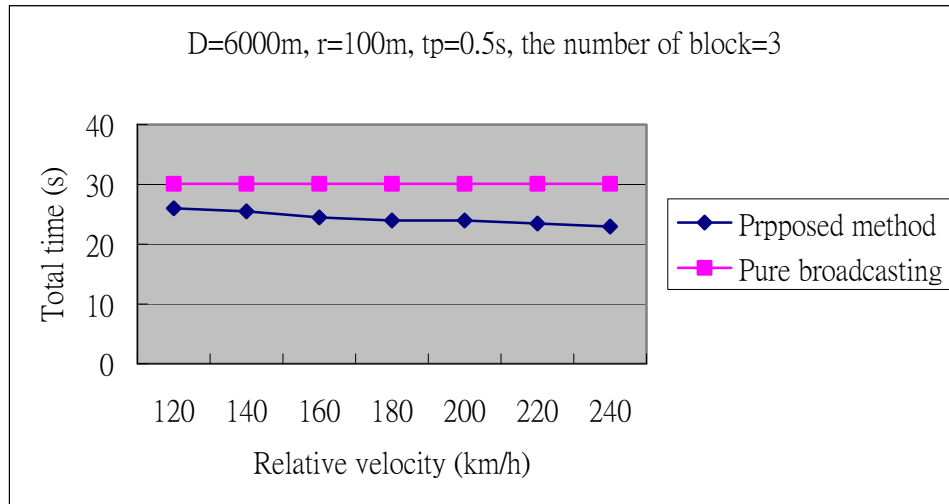


圖 5-3-4 Relative velocity vs. Total time

(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-3-5 為每個 block 完成廣播所花時間與相對速度之關係直線圖。可以看出，不管相對速度是快是慢，其每個 block 完成廣播所花的時間幾乎一致(除了在相對速度值為 140km/h 之情況下，block3 與其他 block 有較大差異；在相對速度值為 200km/h 之情況下，block2 與其他 block 有較大差異；以及在相對速度值為 240km/h 之情況下，block3 與其他 block 有較大差異外)，且其值隨著相對速度變快而越來越短，其原因如上所述。

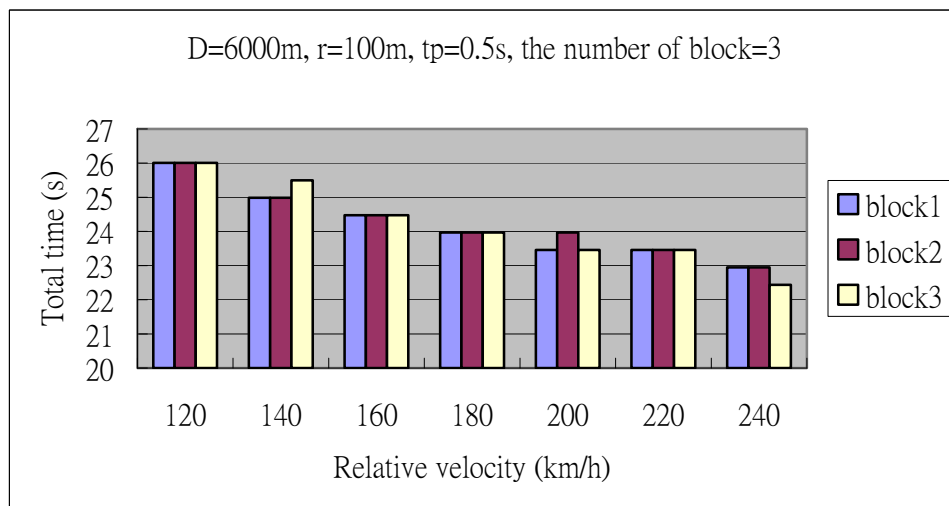


圖 5-3-5 Relative velocity vs. 每個 block 完成廣播的時間

(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-3-6 為相對速度與每個 block 內之車輛個數之關係長條圖。可以看出，改變同向與對向車道彼此間的相對速度並不會影響其整體網路的節點數。

但是，隨著相對速度變大，對向車道上之車輛越能早點到達同向車道上之後方車輛，故 block1 長度隨著相對速度變大而變短。因為就如同 5.2.1 所述，當相對速度大時，對向車道之車輛通過第一個 block 長度所花時間變短。故 block1 內用來彌補對向車道通過第一個 block 長度所花時間所需要的車輛數便跟著變少。

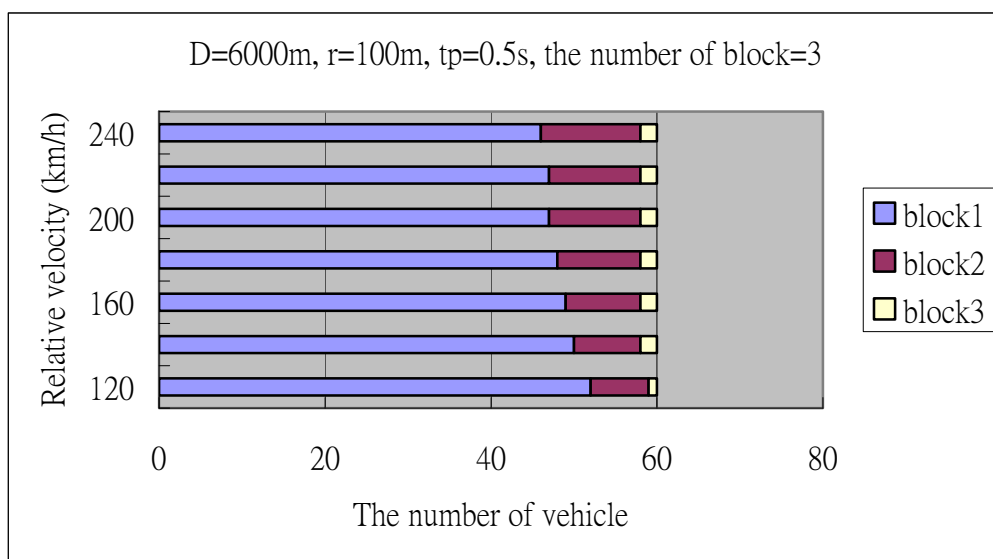


圖 5-3-6 Relative velocity vs. 每個 block 內之車輛個數
(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)

5.3.3 改變傳輸半徑(r)

在這部份模擬所使用的參數為：傳輸距離 $D=6000\text{m}$ ，相對速度 V_1+V_2 為 240km/h ， t_p 為 2 秒。經式(4-4-15)計算，可知 block 個數為 3。

圖 5-3-7 為在改變傳輸半徑(r)情況下，使用對向車道多台車輛幫忙轉送的情況以及單純使用同向車道的車輛來幫忙轉送之效能比較曲線圖。由於改變傳輸半徑會影響整體網路的節點數：當傳輸半徑越長，則節點數越少。因此，隨著傳輸半徑的變長，節點數越來越少，故整體廣播所花時間越來越短。

使用對向車道多台車輛幫忙轉送之方式，其改善程度約為 50 %~ 16.7 % (傳

輸半徑變動範圍為 100~400m)。

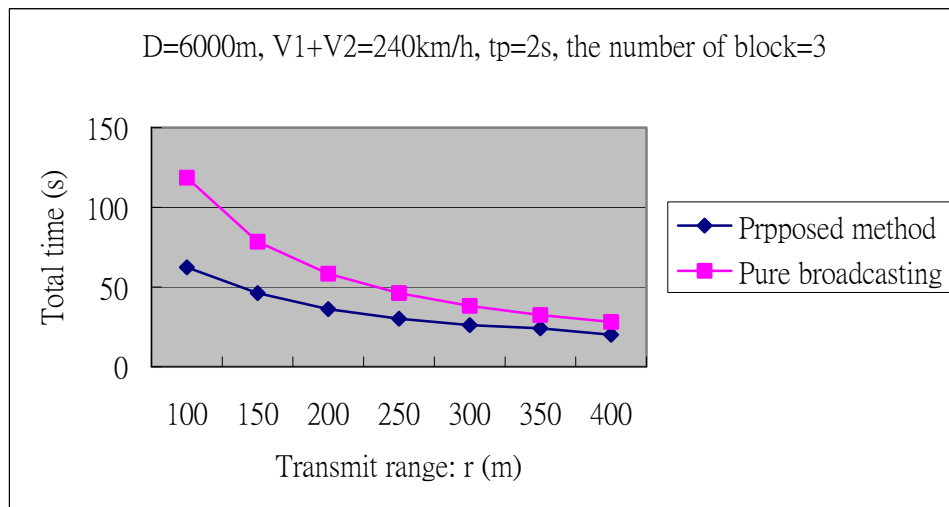


圖 5-3-7 Transmit range vs. Total time

(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-3-8 為每個 block 完成廣播所花時間與傳輸半徑之關係直線圖。可以看出，不管傳輸半徑是長是短，其每個 block 完成廣播所花的時間差異不是很大，且其值隨著傳輸半徑變長而越來越小，其原因如上所述。

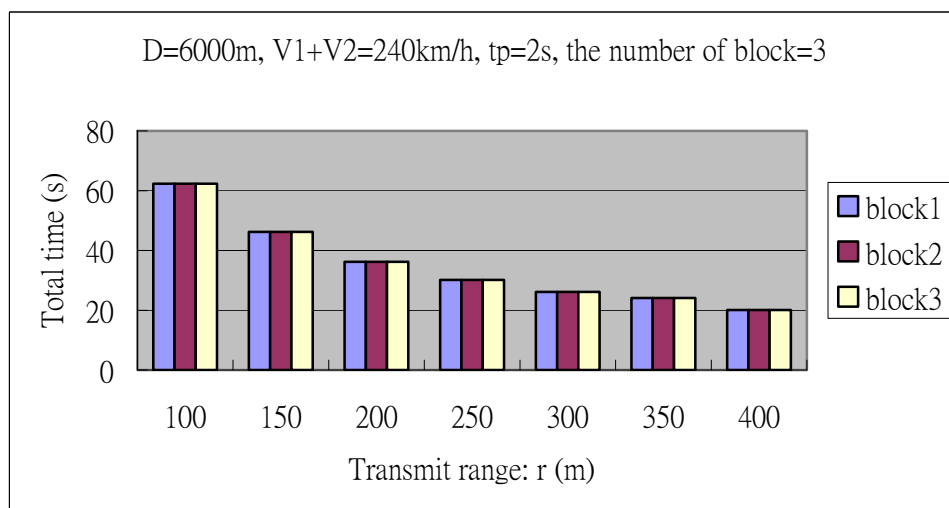


圖 5-3-8 Transmit range vs. 每個 block 完成廣播的時間

(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)

圖 5-3-9 為傳輸半徑與每個 block 內之車輛個數之關係長條圖。可以看出，

改變傳輸半徑將會影響其整體網路的節點數。隨著傳輸半徑的增大，每個 block 內的車輛個數越來越少。

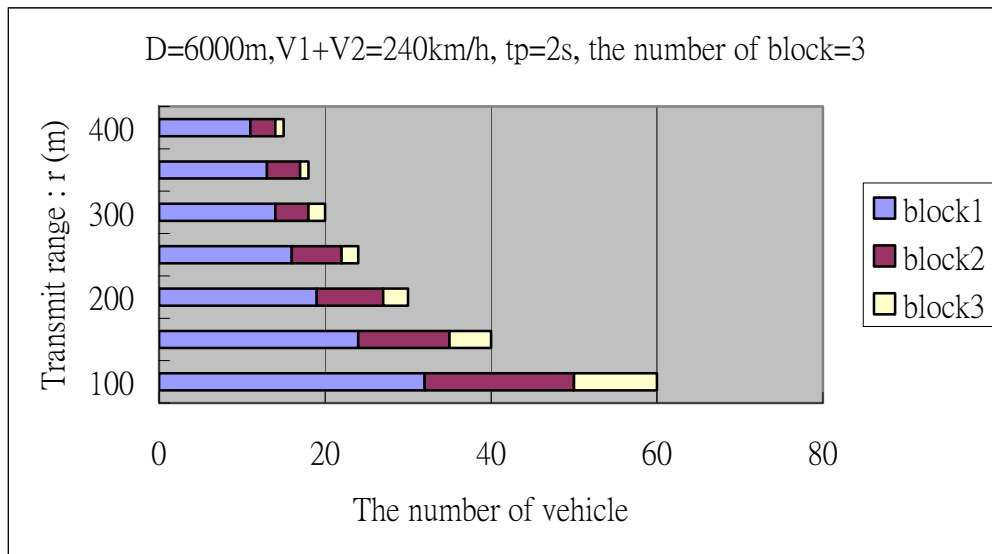


圖 5-3-9 Transmit range vs. 每個 block 內之車輛個數
(對向車道多台車輛幫忙轉送的情況)

由以上模擬，我們可以下個定論：使用對向車道多台車輛來幫忙散播封包的方法，在 t_p 值很小的時候也能成立。且其效能確實比使用同向車道之車輛幫忙轉送的方法還要來得好。

5.4 同向車道上的車輛為變速度之模擬結果與分析

在 5.2 以及 5.3 小節裡所模擬的情況，皆假設同向車道上的車輛其平均速度為 V_1 ，同向車道上的車輛彼此間相對速度很小，幾乎為 0。但在實際狀況裡，車輛越接近事故地點，其速度是越低的，甚至是呈現靜止的狀態；而距離事故地點越遠的地方，其車輛速度將絲毫不受影響。

故在本節裡，將針對同向車道上之車輛，依據其距離事故車輛之遠近，給予不同的速度值，使其模擬結果更符合實際情況。另外，對向車道將使用 multi-hop 的方式傳送。

5.4.1 改變車輛處理封包所花之時間(t_p)

在這部份模擬的參數為：整體廣播的長度為 6000m，每個 node 個傳輸半徑為 100m，變速度 V 為 10km/h。依據 4.5 小節所提之分 interval 的方式，共分成 6 個 interval。每個 interval 各具有不同的平均速度值，其速度平均值分別為 0、10、20、30、40、以及 50km/h。如此一來，便可根據式(4-5-1)~式(4-5-4)，求出對向車道的車輛通過每個 interval 所經過之同向車道上的車輛數。

有了以上參數，便可求出公比($x=t_p(V_1+V_2)/[t_p*(V_1+V_2)+r]$)的值。其中，求公比所用的(V_1+V_2)值=(0+10+20+30+40)/5=20km/h，即是取上述每個 interval 之速度總合再取平均值。

知道公比、傳輸半徑、相對速度、以及 t_p 值，我們即可透過式(4-4-15)求出 block 個數為 2。再與上述所得之車輛總數一同代回式(4-4-9)中即可求出 block1 及之後所有 block 內之車輛個數，對向車道之車輛散播封包所經 hop 數也可透過式(4-4-7)求出。

圖 5-4-1 為在改變車輛處理封包所花之時間(t_p)情況下，使用對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度以及單純使用同向車道的車輛來幫忙轉送之效能比較曲線圖，其中橫座標所使用的是對數座標值。由於改變 node 處理封包所花時間(t_p 值)並不會影響整體網路的節點數，因此，隨著每個 node 處理封包所花時間越長，整體廣播所花費的時間也越長。

使用對向車道多台車輛幫忙轉送之方式，其改善程度約為 49%。

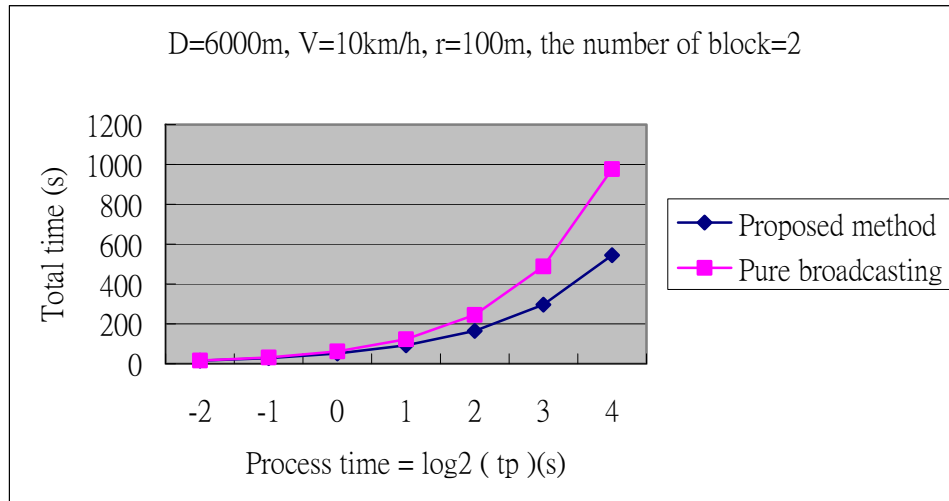


圖 5-4-1 Process time vs. Total time

(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況)

圖 5-4-2 為每個 block 完成廣播所花時間與每個 node 處理封包所花時間之關係直線圖。可以看出，不管 node 處理封包所花時間是長是短，其每個 block 完成廣播所花的時間接近一致，且其值隨著 node 處理封包所花時間增長而變大，其原因如上所述。

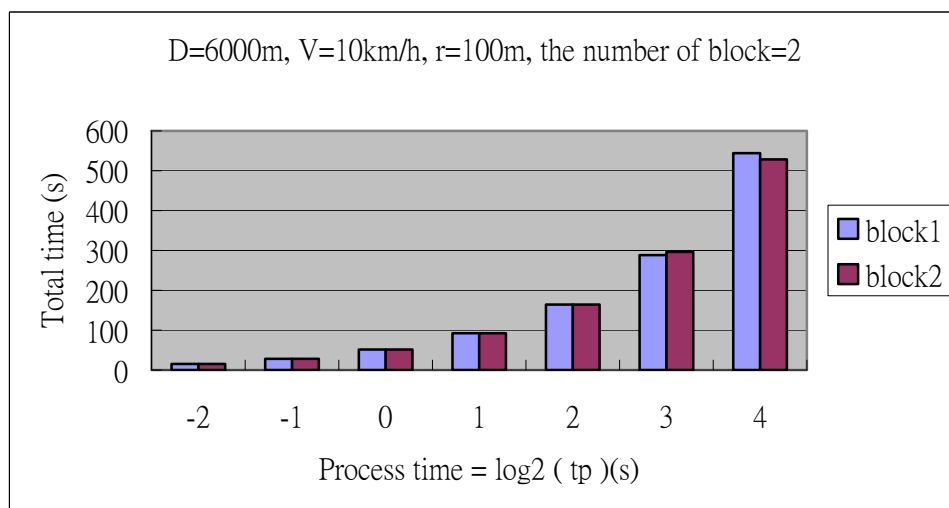


圖 5-4-2 Process time vs. 每個 block 完成廣播的時間

(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況)

圖 5-4-3 為每個 node 處理封包所花時間與每個 block 內之車輛個數之關係

長條圖。可以看出，改變 node 處理封包所花時間並不會影響整體網路的節點數。

但是，隨著 node 處理封包所花時間變長，每個 block 內之車輛個數越接近一致。其原因為：因為對向車道之車輛通過第一個 block 長度所花時間非常長。在 t_b 值很小時，block1 必須有較多車輛才可以彌補對向車道通過第一個 block 長度所花時間。但隨著 t_b 值的變大，block1 內用來彌補對向車道通過第一個 block 長度所花時間所需要的車輛數慢慢變少。故每個 block 內之車輛個數越趨一致。

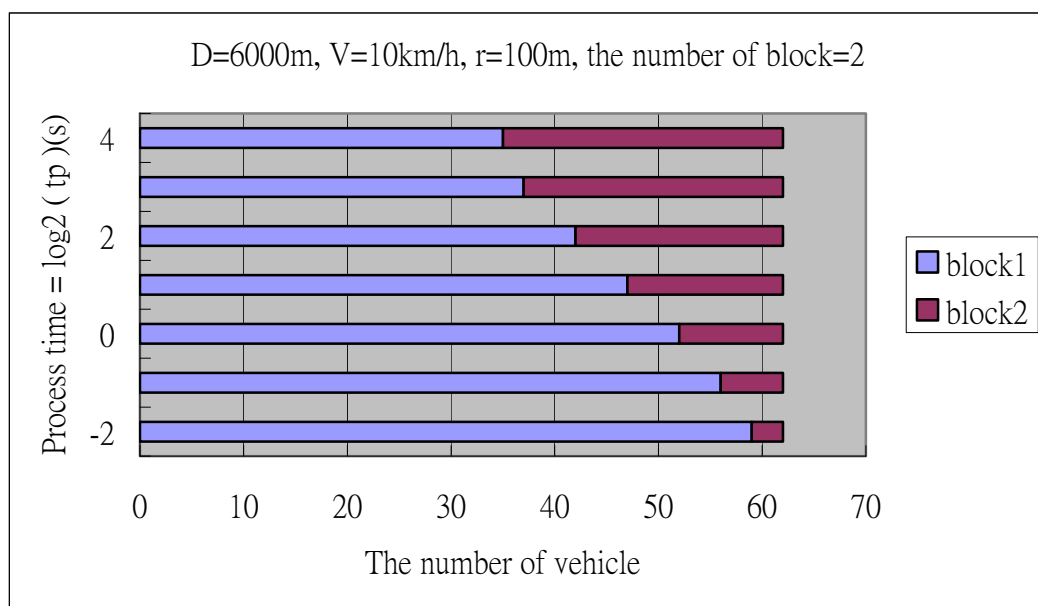


圖 5-4-3 Process time vs. 每個 block 內之車輛個數

(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況)

5.4.2 改變加速度(V)

圖 5-4-4 為在改變加速度(V)情況下，使用對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度以及單純使用同向車道的車輛來幫忙轉送之效能比較曲線圖。其使用參數為：整體廣播的長度為 6000m，每個 node 個傳輸半徑為 100m，每個車輛處理封包所花時間為 0.25 秒。

可以看出，在使用對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況下，當 $V \geq 10\text{km/h}$ 時，曲線變成一平坦直線，其花費時間皆相同。會發生

此現象之原因為：根據上述所列參數，得出公比值 x 、車輛總數 N 後，代回式 (4-4-10) 便可求出 block1 內車輛的臨界值。在本模擬中，block1 內車輛個數臨界值為 59 台，如圖 5-4-6 所示。當 $V \geq 10\text{km/h}$ 時，已經到達此臨界值，故 block1 內車輛個數不再改變，因而整體廣播所花時間皆相同。

照理說，相對速度越大，封包將越快到達同向車道上之後方車輛，整體所花時間應隨相對速度增大而變小，如圖 5-2-4 及圖 5-3-4 所示。但在圖 5-4-4 中，其整體所花時間應隨相對速度增大而變大。其原因乃在於：在此部份所考慮的車輛個數，會隨著相對速度的不同而有所變動。當相對速度越快時，走完某段距離所經過的車輛數便越多，反之亦然。因此，當 V 越大時，其車輛總數便越多，故整體廣播所花時間便增長。而整體改善程度約為 3.9 %~ 7.9 % (加速度變動範圍為 5~30Km/h)。

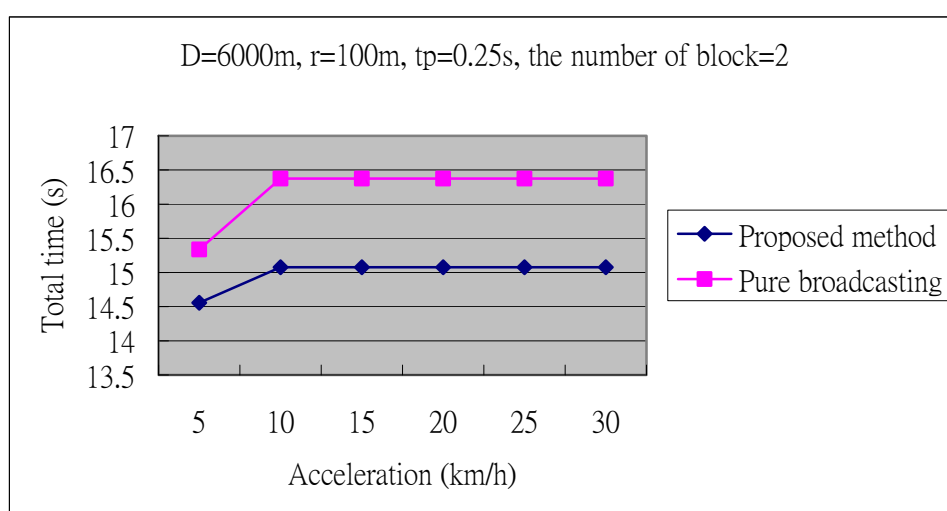


圖 5-4-4 Acceleration vs. Total time

(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況)

圖 5-4-5 為每個 block 完成廣播所花時間與相對速度之關係直線圖。可以看出，不管相對速度是快是慢，其每個 block 完成廣播所花的時間幾乎一致，且其值隨著相對速度變快而越來越大，其原因如上所述。

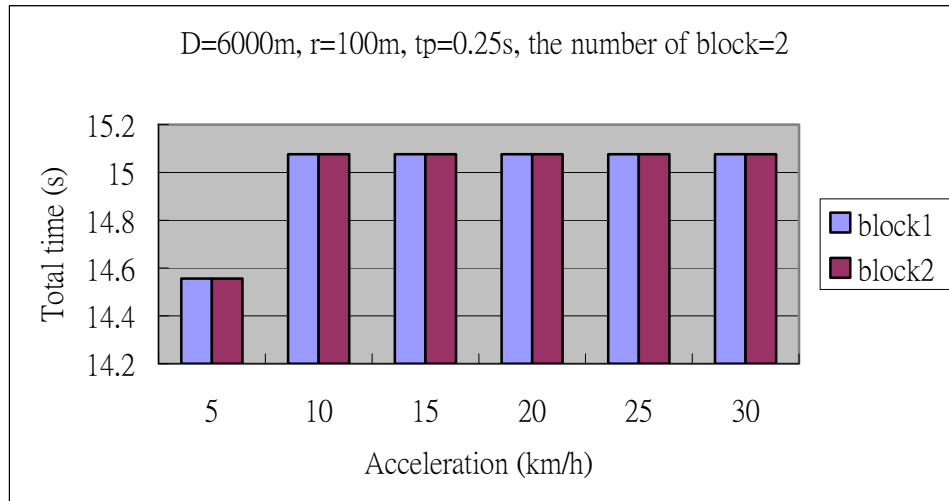


圖 5-4-5 Acceleration vs. 每個 block 完成廣播的時間

(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況)

圖 5-4-6 為相對速度與每個 block 內之車輛個數之關係長條圖。可以看出，當 V 越大時，其車輛總數便越多。而當 $V \geq 10\text{km/h}$ 時，block1 內之車輛個數到達臨界值。

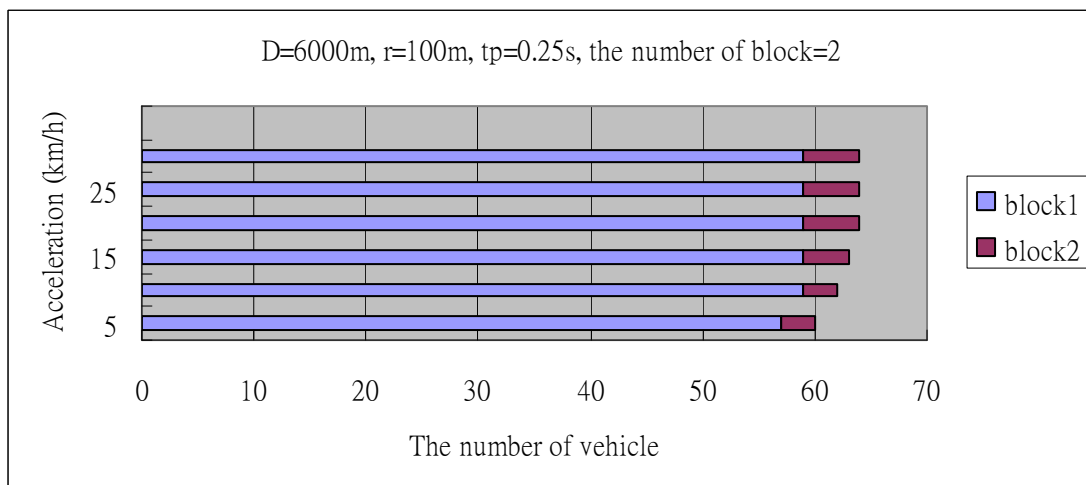


圖 5-4-6 Acceleration vs. 每個 block 內之車輛個數

(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況)

5.4.3 改變傳輸半徑(r)

在這部份模擬所使用的參數為：傳輸距離 $D=6000\text{m}$ ，加速度 V 為 10km/h ， t_p

為 4 秒。經式(4-4-15)計算，可知 block 個數為 2。

圖 5-4-7 為在改變傳輸半徑(r)情況下，使用對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度以及單純使用同向車道的車輛來幫忙轉送之效能比較曲線圖。由於改變傳輸半徑會影響整體網路的節點數：當傳輸半徑越長，則節點數越少。因此，隨著傳輸半徑的變長，節點數越來越少，故整體廣播所花時間越來越短。但是，當 $r \geq 300\text{m}$ 時，曲線變成一平坦直線，其花費時間皆相同。

其原因在於：根據上述所列參數，得出公比值 x 、車輛總數 N 後，代回式(4-4-10)便可求出 block1 內車輛的臨界值。在本模擬中，block1 內車輛個數臨界值為 60 台。而當 $r \geq 300\text{m}$ 時，已經到達此臨界值，故 block1 內車輛個數不再改變，因而整體廣播所花時間皆相同。而整體改善程度約為 28 %~ 25 % (傳輸半徑變動範圍為 100~400Km/h)。

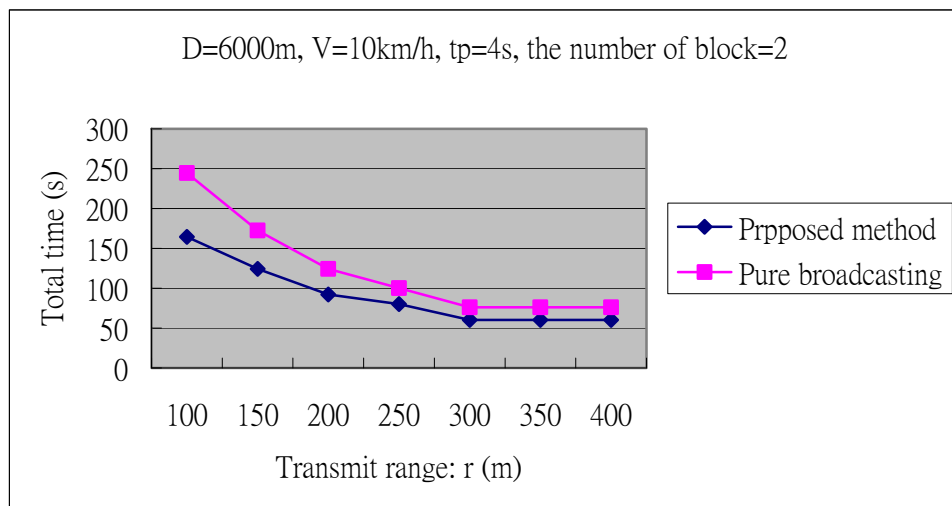


圖 5-4-7 Transmit range vs. Total time

(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況)

圖 5-4-8 為每個 block 完成廣播所花時間與傳輸半徑之關係直線圖。可以看出，不管傳輸半徑是長是短，其每個 block 完成廣播所花的時間差異不是很大，且其值隨著傳輸半徑變長而越來越小。而當 $r \geq 300\text{m}$ 時，block1 完成廣播所花時間不再改變，即 block1 內的車輛個數不再改變，其原因如上所述。

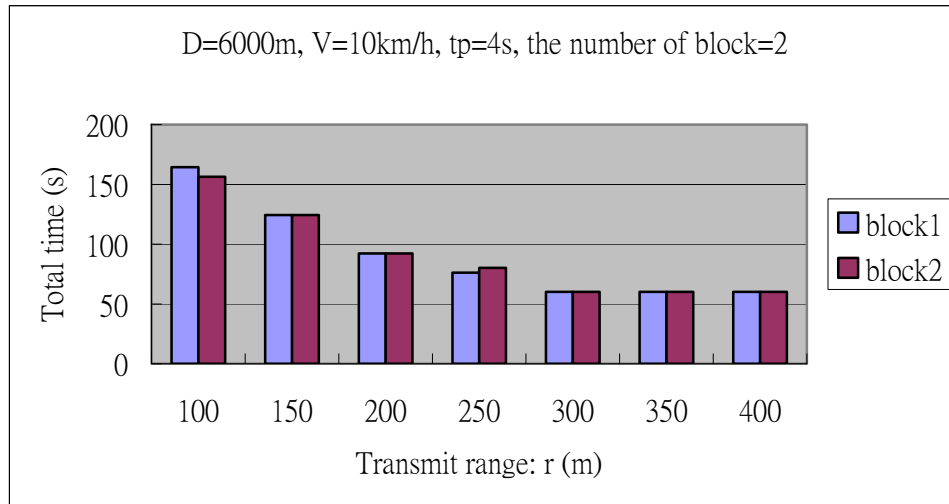


圖 5-4-8 Transmit range vs. 每個 block 完成廣播的時間
(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況)

圖 5-4-9 為傳輸半徑與每個 block 內之車輛個數之關係長條圖。可以看出，改變傳輸半徑將會影響其整體網路的節點數。隨著傳輸半徑的增大，每個 block 內的車輛個數越來越少。而當 $r \geq 300\text{m}$ 時，block1 個數不再改變，其原因如上所述。

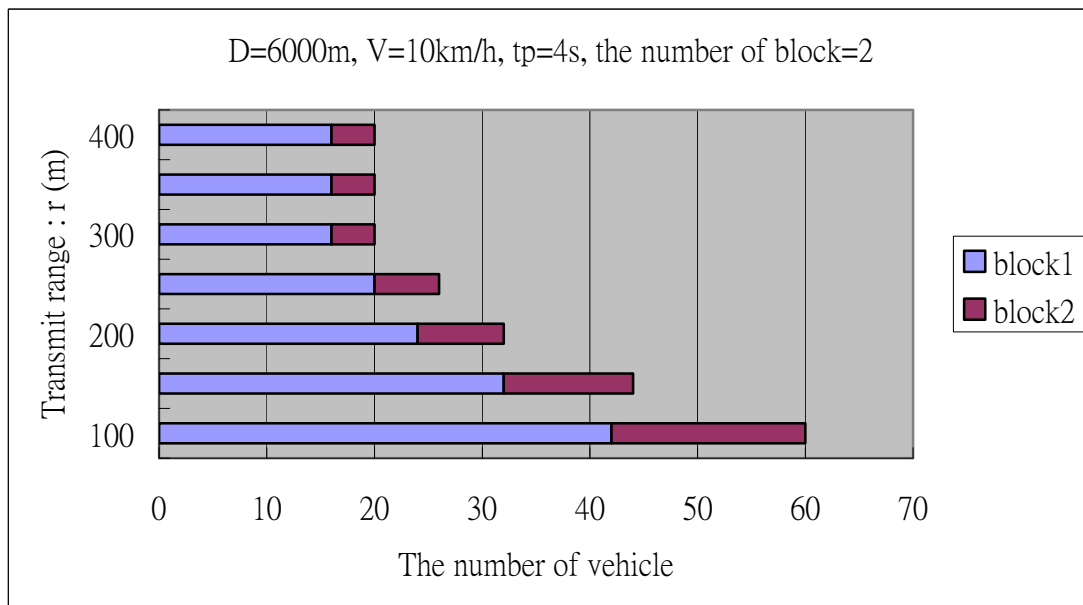


圖 5-4-9 Transmit range vs. 每個 block 內之車輛個數
(對向車道多台車輛幫忙轉送且同向車道上的車輛為變速度的情況)

表一為本論文所提之方法與單純使用同向車道之車輛來幫忙轉送之比較結果。表格中括號裡之數字代表改善程度(與傳統使用同向車道之車輛幫忙傳送的方法做比較)。故整體而言，使用對向車道多台車輛幫忙轉送封包，其效能確實比使用對向車道單一車輛幫忙轉送封包之效能要來的好。而在 t_p 值很大時，使用對向車道單一車輛幫忙散播之方式其效能比單純使用同向車道的車輛來幫忙散播之效能還要來得佳。

	Pure broadcasting	Only one vehicle in opp-dir lane	Many vehicular in opp-dir lane
Process time	↗	↗ (48.7%)	↗ (60.4%)
Relative velocity	-	↘ (22.9~50%)	↘ (13.33~26.7%)
Transmit range	↘	↘ (60.4~15%)	↘ (50~16.7%)
Shortcoming	Inefficient. The vehicle far from the accident may receive the information late.	Just works when process time is high	

表一、傳統傳輸方式與本論文所提方法之比較

本論文完整的歸納總結，將於第六章做描述。

第六章 結論與未來工作

隨著經濟、科技的發展，人人身邊擁有一台以上之車輛已不再是難事。因此，行車安全問題越來越受到重視，智慧型傳輸系統(ITS)便在近年來越來越受到矚目，VANET 各項研究議題也在此情況下誕生。

本論文提出一個有效率的資料散播模型，主要是以對向車道上的車輛來幫忙做資料的散播。經過第五章的模擬可以得知，只有在每台車輛處理封包所花時間非常大的情況下，使用對向車道上單一車輛來幫忙散播的方法才有比較傑出的效能。若是改用對向車道上多台車輛來幫忙散播，則無論車輛處理封包所花時間是長是短，其效能皆比單純使用同向車道的車輛來幫忙散播之效能要來得好。

而且，由於車間通訊係採用無線傳輸的方式，車輛間可能會因為訊號干擾及碰撞等問題而造成封包傳送時間(transmission time)長短的不確定性。當傳輸品質不穩定，使得封包傳送時間變長時，本論文所提出之方法更能表現出較佳之性能。

目前本論文所提之資料散播模型，只考量網路中每個車輛間可以直接通訊之情況，未來則可以將 4.2 節所提到之”空洞”的情況給考量進來，對於整個資料散播模型的研究將會更加完整。且本論文所提之方法，其討論範圍主要是應用到 safety 方面，未來研究，將可以尋找更廣泛之應用。

參考文獻

- [1] “DSRC--Dedicated Short Range Communications Project,”
<http://www.leearmstrong.com/DSRC/DSRCHomeset.htm>
- [2] “Car2Car Communication Consortium,” <http://www.car-to-car.org/>
- [3] “InternetITS Consortium,” <http://www.internetits.org/>
- [4] “The Network on Wheels Project,” <http://www.network-on-wheels.de/>
- [5] “CarNet: A Scalable Ad Hoc Wireless Network System,”
<http://pdos.csail.mit.edu/~rtm/papers/carnet00-abstract.html>
- [6] “The FleetNet Project,” <http://www.fleetnet.de/>
- [7] “The CarTALK 2000 Project,” <http://www.cartalk2000.net/>
- [8] “The CarTel Project,” <http://cartel.csail.mit.edu/>
- [9] “The E-Road Project,” <http://discolab.rutgers.edu/traffic/index.htm>
- [10] “The PATH Project,” <http://www-path.eecs.berkeley.edu/>
- [11] “The ITranS Project,” <http://citrans.pti.psu.edu/>
- [12] “The DynaMIT Project,” <http://mit.edu/its/dynamit.html>
- [13] “The SOTIS Project,”
<http://www.et2.tu-harburg.de/Mitarbeiter/Wischhof/sotis/sotis.htm>
- [14] “ITS Taiwan,” <http://www.its-taiwan.org.tw/its-taiwan-2.htm>
- [15] “The Internet Engineering Task Force,” <http://www.ietf.org/home.html>
- [16] Bechler, M.; Wolf, L.; Storz, O.; Franz, W.J.; “Efficient discovery of Internet gateways in future vehicular communication systems,” Proceedings of the 57th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference (VTC 2003 Spring), Jeju, South Korea, April, 2003.
- [17] Ghassemian, M.; Hofmann, P.; Friderikos, V.; Prehofer, C.; Aghvami, A.H.; “An Optimised Gateway Selection Mechanism for Wireless Ad hoc Networks Connected

- to the Internet,” Proceedings of the 63rd IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference (VTC 2006 Spring), Melbourne, Australia, May 7, 2006.
- [18] Changui Shin; SungHo Kim; Sunshin An; “Stable Gateway Selection Scheme based on MANET with Internet,” Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT'06), Sept 2006.
- [19] Bechler, M.; Wolf, L.; “Mobility management for vehicular ad hoc networks,”
- [20] Ghassemian, M.; Friderikos, V.; Aghvami, H.; “Hybrid handover in multihop radio access networks,” Proceedings of the 61st IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference (VTC 2005 Spring), 30 May-1 June 2005.
- [21] Petit, B.; Ammar, M.; Fujimoto, R.; “Protocols for roadside-to-roadside data relaying over vehicular networks,” Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference, pp. 294-299, April 2006.
- [22] Little, T.D.C.; Agarwal, A.; “An information propagation scheme for VANETs,” Proceedings of the Intelligent Transportation Systems, 2005 (IEEE 2005), 13-15 Sept 2005.
- [23] Merlin, C.J.; Heinzelman, W.B.; “A study of safety applications in vehicular networks,” Proceedings of the Mobile Adhoc and Sensor Systems Conference 2005, 7-10 Nov 2005.
- [24] Christian, L.; Martin, M.; Holger Füßler.; Hannes, H.; “Geographic Routing in City Scenarios,” Proceedings of ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, vol. 9, Issue 1, pp. 69-72 , January 2005.
- [25] Qing Xu.; Tony Mak.; Jeff Ko.; Raja Sengupta.; “Vehicle-to-Vehicle Safety Messaging in DSRC,” Proceedings of the 1st ACM international workshop on Vehicular ad hoc networks, pp. 19-28, Philadelphia, PA, USA, 01 October, 2004.
- [26] Yanlin, P.; Zakhia, A.; J. Morris Chang.; “Roadside-Aided Routing (RAR) in Vehicular Networks,” In IEEE International Conference on Communications, 2006

- (ICC '06), vol. 8, pp. 3602-3607, June 2006.
- [27] Taleb, T.; Ochi, M.; Jamalipour, A.; Nei Kato; Nemoto, Y.; “An efficient vehicle-heading based routing protocol for VANET networks,” In proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2006), Las Vegas, USA, April 2006.
- [28] Saleh Yousefi; Mahmoud Siadat Mousavi; Mahmood Fathy; “Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs): Challenges and Perspectives,” Proceedings of the 6th international conference on ITS Telecommunications (ITST2006), pp. 761-766, China, June 2006.
- [29] “OFFICIAL IEEE 802.11 WORKING GROUP PROJECT TIMELINES,”
http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11_Timelines.htm
- [30] Chen, Z.D.; Kung, H.; Vlah, D.; “Ad Hoc Relay Wireless Networks over Moving Vehicles on Highways.” Proceedings of the 2nd ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing, pp. 247-250, Long Beach, CA, USA, 04-05 October , 2001.
- [31] Niculescu, D.; Nath, B.; “Trajectory Based Forwarding and Its Applications,” Proceedings of the 9th annual international conference on Mobile computing and networking, pp. 260-272, San Diego, CA, USA, 14-19 September , 2003.
- [32] M. Gerla; J. Tsai; “Multi-cluster, mobile, multimedia radio network,” ACM Journal of Wireless Networks, vol. 1, no. 3, pp. 255-265, 1995.
- [33] T.-C. Hou; T.-J. Tsai; “Adaptive clustering in a hierarchical ad hoc network,” In Proceedings of ICS Workshop on Computer Networks, Internet, and Multimedia, pp.171-176, Dec. 1998.
- [34] S. Basagni, “Distributed clustering for ad hoc networks,” Proceedings of the Fourth International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms, and Networks, pp. 310-315, 1999.

- [35] Little, T.D.C.; Agarwal, A.; “An information propagation scheme for VANETs” ,
Proceedings of the Intelligent Transportation Systems, 2005 (IEEE 2005), pp.
155-160, 13-15 September, 2005.
- [36] P. Basu; N. Khan; T. Little; “A Mobility Based Metric for Clustering in Mobile Ad
Hoc Networks,” Proceedings of the 21st International Conference on Distributed
Computing Systems. Washington (ICDCSW '01), pp. 413, DC, USA, 2001.
- [37] Peng Fan; Haran, J.; Dillenburg, J.; Nelson, P.C.; “Traffic model for clustering
algorithms in vehicular ad-hoc networks,” Proceedings of the Consumer
Communications and Networking Conference, 2006 (CCNC 2006), vol. 1, pp.
168-172, 8-10 January, 2006.
- [38] Xi Zhang; Hang Su; HSIAO-HWA Chen; “Cluster-based multi-channel
communications protocols in vehicle ad hoc networks,” Wireless Communications,
vol. 13, Issue 5, pp. 44-51, October 2006.
- [39] Sukdea Yu; Gihwan Cho; “A Selective Flooding Method for Propagating Emergency
Messages in Vehicle Safety Communications,” Proceedings of the 2006
International Conference on Hybrid Information Technology (ICHIT'06), vol. 2, pp.
556-561, 9-11 November, 2006.
- [40] Alshaer, H.; Horlait, E.; “An optimized adaptive broadcast scheme for inter-vehicle
communication,” Proceedings of the Vehicular Technology Conference 2005(VTC
2005 Spring), vol.5, pp.2840-2844, 30 May-1 June 2005.
- [41] H. Alshaer; E. Horlait; “Emerging Client-Server and Ad-hoc approach In
Inter-vehicle communication Platform,” Proceedings of the Vehicular Technology
Conference 2004(VTC 2004 Fall), Los Angeles, CA, USA, 26-29 September , 2004.
- [42] Tamer Nadeem; Pravin Shankar; Liviu Iftode; “A Comparative Study of Data
Dissemination Models for VANETs,” Proceedings of the 3rd Annual International
Conference on Mobile and Ubiquitous Systems (MOBIQUITOUS), pp. 1-10, July

2006.

[43] “QualNet website,” <http://www.scalable-networks.com/>