

國立交通大學

網路工程研究所

碩士論文

車載隨意網路中緊急訊息之
自適性廣播調控機制



An Adaptive Emergency Message Broadcast

Control Mechanism for VANETs

研究生：彭冠傑

指導教授：簡榮宏 教授

中華民國 一 百 年 十 月

車載隨意網路中緊急訊息之自適性廣播調控機制

An Adaptive Emergency Message Broadcast Control Mechanism
for VANETs

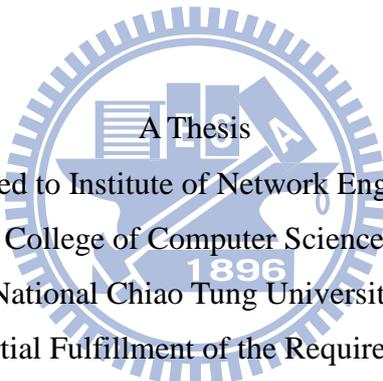
研究生：彭冠傑

Student：Guan-Jei Peng

指導教授：簡榮宏

Advisor：Rong-Hong Jan

國立交通大學
網路工程研究所
碩士論文

The logo of National Chiao Tung University is a circular emblem with a gear-like border. Inside the circle, there is a stylized representation of a building or a network structure, and the year '1896' is prominently displayed at the bottom. The text 'A Thesis' is overlaid on the logo.

A Thesis
Submitted to Institute of Network Engineering
College of Computer Science
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in
Computer Science

October 2011

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百年十月

車載隨意網路中緊急訊息之自適性廣播調控機制

研究生：彭冠傑

指導教授：簡榮宏 博士

國立交通大學網路工程研究所

摘要

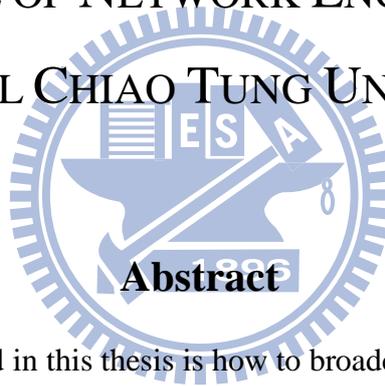
因各國交通事故頻繁，智慧型運輸系統 (Intelligent Transport Systems, ITS) 的研究日益受到重視，本研究就是針對車載隨意網路 (Vehicular Ad Hoc Networks, VANET) 傳遞緊急訊息 (emergency message) 之議題，來解決訊息無法成功且即時地傳送到危險區域 (Warning Zone) 周圍街道上之車輛的問題，我們提出一套緊急訊息之自適性廣播調控機制。本篇論文分為兩部分：(1) 訊息廣播頻率與傳送可靠度關係的推導：利用組合數學計算車輛可能的分布情形，推測出車輛無法成功接收訊息之機率，進而求出最少所需的重複傳送次數與傳送間隔時間，方可使傳送可靠度 (reliability) 達到目標值；(2) 訊息廣播頻率調控機制設計：讓事故發源車輛 (Source Vehicle) 利用竊聽 (overhearing) 機制推測危險區域之街道中車輛密度變化，求出當下最佳的訊息傳送頻率，並定期做更新。模擬結果顯示，自適性廣播調控機制之可靠度推測確實與模擬數據相當符合，並適用於車流量多變化的現實市區街道環境中，能讓危險區域中車輛即時接收緊急訊息之可靠度達到目標值，並有效地降低網路負載 (overhead)。

An Adaptive Emergency Message Broadcast Control Mechanism for VANETs

Student : Guan-Jei Peng

Advisor : Dr. Rong-Hong Jan

INSTITUTE OF NETWORK ENGINEERING
NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY



The problem considered in this thesis is how to broadcast the emergency message instantly and successfully to the streets of the hazard zone in Vehicular Ad Hoc Networks (VANET) environment. We propose an adaptive emergency message broadcast control mechanism to solve it. The proposed mechanism can be divided into two parts: (1) determining the relationship between the reliability and the message broadcast frequency; (2) adjusting message broadcast frequency based on traffic load. The simulation results show that our adaptive emergency message broadcast control mechanism can effectively reduce the network overhead under a given reliability constraint.

致謝

首先要感謝的是這兩年辛苦指導我進行研究的指導教授簡榮宏博士，感謝老師細心教導我學術研究的各個細節，不斷的與我討論和分析方法的改進，使得我能夠完成此篇研究論文。

感謝口試委員交通大學資訊工程學系王國禎博士、陳健博士，及朝陽科技大學資訊與通訊學系朱鴻棋博士，在口試時間不吝的指教及許多寶貴的建議，讓這本論文更臻完美。

實驗室的夥伴也在我的研究生活中給了我許多大大小小的幫助。感謝實驗室學長姐（安凱、嘉泰、蕙如、家瑋、鈺翔、志賢、宇田、嘉瑋）、同學（欣雅、良叡）以及學弟妹（慈麟、紹閔、曰慈、唯義、和家、瑋劭、景祥）在研究上的指導和討論，或在生活上的協助與陪伴，或在學業上的共同作業及許多的情感交流，讓我的研究生涯如此充實和美滿。

最後，我特別要感謝我的家人，謝謝你們總是在背後默默地支持與關心。感謝孟均，謝謝你一路以來的陪伴與鼓勵，讓我可以堅持到最後。感謝所有在我研究生活的的朋友，讓我完成人生中一個重要的理想。僅以此論文獻給所有關懷和勉勵我的家人與朋友。

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
致謝	iii
目錄	iv
圖目錄	v
表目錄	vi
第一章 簡介	1
1.1 車載隨意網路簡介	2
1.2 研究背景	3
1.3 研究動機	5
第二章 相關研究	8
2.1 廣播機制總覽	8
2.2 提高傳送可靠度之廣播機制	11
第三章 緊急訊息之自適性廣播調控機制	14
3.1 緊急訊息傳輸範圍之定義	14
3.2 訊息廣播頻率與傳送可靠度關係的推導	16
3.3 訊息廣播頻率調控機制設計	21
第四章 模擬結果與分析	24
4.1 傳送頻率與可靠度之關係	25
4.1.1 模擬場景與參數之設定	25
4.1.2 模擬結果與分析	26

4.2	算式估計與實際模擬之可靠度的關係	27
4.2.1	算式估計之設定	27
4.2.2	算式與模擬之比較結果與分析	28
4.3	以台北市忠孝橋市高西寧西側之車流為例的模擬結果與分析	30
4.3.1	實際數據之擷取	30
4.3.2	模擬之設定	32
4.3.3	模擬之結果與分析	33
第五章	結論	38
	參考文獻	40

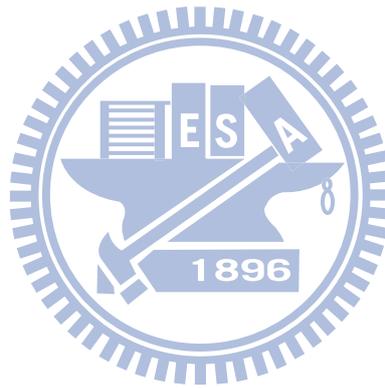


圖目錄

圖 1. 路測裝置對車輛間通訊.....	4
圖 2. 車輛對車輛間通訊.....	4
圖 3. 結合 RVC 以及 IVC 之通訊	5
圖 4. 緊急訊息之自適性廣播調控機制的場景	6
圖 5. 危險街道向外延伸兩個路口的危險區域範圍	15
圖 6. 對街道的一些假設與定義.....	16
圖 7. 有連續大於等於 d 個空區塊的車輛分布可能情形.....	17
圖 8. 兩組大區塊相連的重複考慮情形.....	18
圖 9. 兩組大區塊相連的車輛分布可能情形.....	19
圖 10. 模擬道路圖.....	25
圖 11. 不同車密度的傳送頻率與可靠度之比較.....	27
圖 12. 算式估計之可靠度與實際模擬之可靠度的比較	30
圖 13. 台北市忠孝橋市高西寧西側之不同時刻的流量	31
圖 14. 台北市忠孝橋市高西寧西側之不同時刻的車速	31
圖 15. 台北市忠孝橋市高西寧西側之不同時刻的車密度	32
圖 16. 自適性調控機制與 1 Hz 頻率在實際環境下的可靠度比較	35
圖 17. 自適性調控機制與 1 Hz 頻率在實際環境下的網路負載比較	37
圖 18. 自適性調控機制與 1 Hz 頻率之網路負載的比值	37

表目錄

表 1. 廣播機制之分類	9
表 2. 模擬之參數設定	26
表 3. 算式估計之參數設定	28
表 4. 模擬之參數設定	33



第一章

簡介

根據行政院衛生署公布歷年來的台灣地區十大主要死因，意外事故傷害常都名列前五名，去年（民國 99 年）一年內共有 6,669 人死亡，其中又以運輸事故所占比例最高，有 3,773 人死亡[1]。換算下來，平均一天就有 10.3 人因運輸事故而過世，也就是平均 2 小時又 18 分鐘就有一人因為交通意外而死亡。由內政部警政署發布的 100 年警政統計資料中也指出，去年一整年造成人員傷亡之道路交通事故共有 21 萬 9,651 件，也就是平均一天就有 601.7 人因為交通事故而受傷或死亡[2]。而且，根據內政部警政署發布的警政統計年報指出，在這些交通事故又以市區道的道路類型及有交叉路的道路型態為最容易發生交通事故的地方[3]。這些統計資料顯示，目前的交通運輸系統還不是一個健全的系統，是相當有危險性的，應該要有更加完善且安全的處理機制才能為人們帶來更好的生活品質。因此，希望透過本研究提出一個適用在市區街道環境的緊急訊息 (emergency message) 廣播頻率最佳化調控機制，利用車載隨意網路即時廣播緊急訊息，來提高緊急訊息的傳輸效能，讓車輛可以即時收到緊急訊息以避開危險，提供人

們一個安全且舒適的交通運輸環境。

目前在歐、美、亞洲中已有不少國家開始研究及布建智慧型運輸系統 (Intelligent Transport Systems, ITS)，一方面可以提供人們在搭乘運輸系統時，可以有更舒適的搭乘環境，更重要的是，智慧型運輸系統可以提供一個安全的交通運輸環境。在智慧型運輸系統中，又以車載隨意網路 (Vehicular Ad hoc Networks, VANET) 最受到大家的重視，近年來不少的學者紛紛投入研究。

1.1 VANET 簡介

VANET 是由車輛組成隨意網路 (ad hoc network) 型態的一種網路環境。VANET 是透過隨意網路來讓車輛之間進行通訊，參與 VANET 的車輛必須具備一些設備，使其有成為網路節點的能力，再藉由無線通訊與資料傳輸技術，更可連結其他交通工具或路測裝置，來形成一個特殊的專用網路。可以讓所有的用路人即時取得與傳遞交通相關的資訊，以提高行車效率，增進用路的安全性與舒適性。其中最基本的設備是計算和通訊的裝置，計算裝置提供節點計算能力，使車輛能自我判斷傳輸封包之內容；而通訊裝置則負責傳遞和交換資料，讓車輛可以得知其他車輛之訊息，以及傳送資料給其他車輛。為了使 VANET 應用更加廣泛，許多輔助的設備也被裝置在車上，例如：全球定位系統 (Global Positioning System, GPS)，使車輛可以得知本身的位置及移動軌跡；若事前安裝好電子地圖，再加上 GPS 來獲得座標位置，則可以讓車輛有導航的功能；一些感應裝置 (如：溫度或測量距離等裝置) 將能更有效的應用在行車的安全上。

1.2 研究背景

VANET 是由行動隨意網路 (Mobile Ad Hoc Network, MANET) 架構所發展而來的，可由下列幾項特性來區別 VANET 和 MANET 的差別[4]：

- (1) 網路拓撲：MANET 中的網路拓撲為隨機形狀，而 VANET 的網路拓撲大致上則隨著道路的路徑而變化，而且變化迅速。
- (2) 移動速度：MANET 中的節點移動速度較緩慢，大多小於 20km/h，而 VANET 則是屬於高速移動之網路環境，其速度是超過 30km/h。
- (3) 繞徑方向：MANET 可隨意與任意方向之節點進行繞徑及通訊，而 VANET 之繞徑方向則與車輛移動方向相同或反方向。
- (4) 節點數量：MANET 中的節點數量通常限制在 50 至 100 個節點之間，而 VANET 的節點數量則無明確上限，可以應付龐大之車流量。

VANET 的網路架構，大致可分為以下三種類型[5]：

- (1) 路測裝置對車輛間通訊 (Roadside-to-Vehicle Communications, RVC)：如圖 1 所示，車輛可以透過路旁的無線接收器 (Access Point) 或是基地台 (Base Station) 連線到後端設備來擷取所需的資訊。
- (2) 車輛對車輛間通訊 (Inter-Vehicle Communications, IVC)：如圖 2 所示，車輛可以透過其他台車輛主動要求所需的資訊，或當前方有緊急事件發生時，車輛彼此間迅速交換訊息。
- (3) 結合 RVC 及 IVC 之通訊 (Hybrid Communication)：如圖 3 所示，

車輛通訊方式結合了 RVC 與 ICV 的通訊方式，可在不同的狀況與服務來做適當的切換，以增加通訊的可靠性。

本研究就是以 IVC 為主要討論之網路架構。IVC 的傳輸架構就是藉由專用短距通訊 (Dedicated Short Range Communication, DSRC) [6]技術來達成交通資訊系統的資料蒐集與傳播的工作。

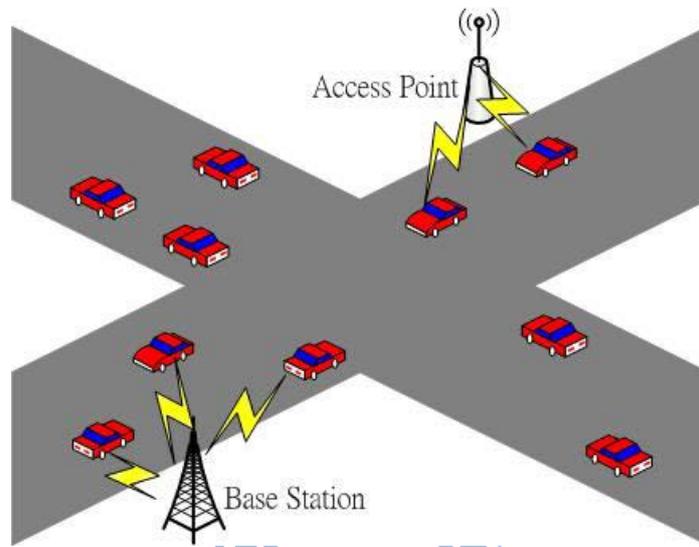


圖 1. 路測裝置對車輛間通訊

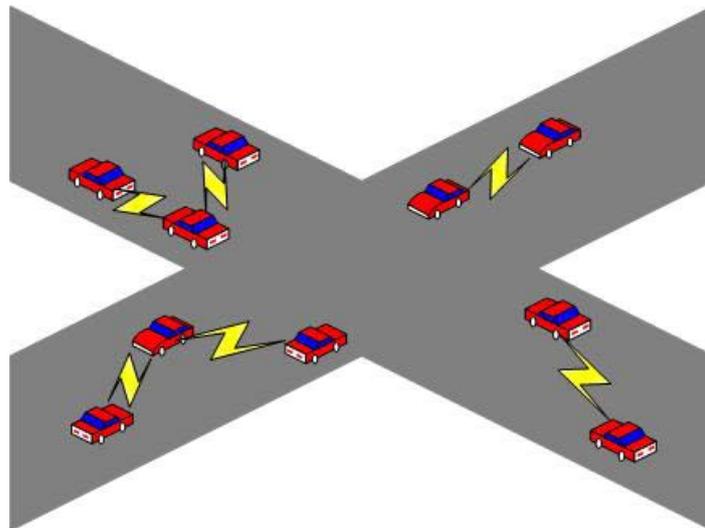


圖 2. 車輛對車輛間通訊

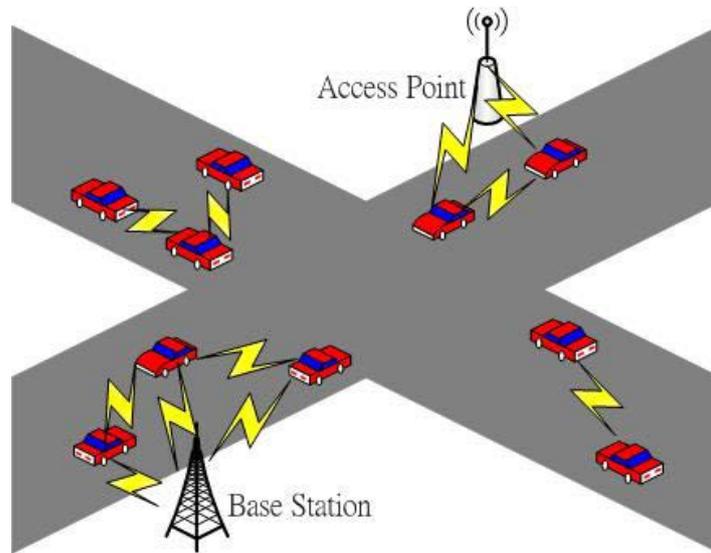


圖 3. 結合 RVC 以及 IVC 之通訊

1.3 研究動機

隨著無線通訊技術日趨成熟，希望藉由 VANET 的應用來交換或傳遞交通訊息，提升交通安全或是減少塞車。其中以利用廣播技術來傳遞緊急訊息給駕駛人，最被廣泛應用的一種方式，因為可以將重要的緊急訊息利用廣播的傳輸方式很快地傳送給周圍所有的車輛得知。然而，廣播的這種傳輸方式卻存在著以下幾個問題[7]：

- (1) 沒有回覆 (Acknowledgement, ACK) 訊框 (frame)：發送訊息的車輛無法得知其他車輛是否有成功接收此訊息，所以要發送訊息的車輛只能藉由定期的不斷傳送該訊息，來確保周圍的車輛都能成功接收此訊息，因而可能產生廣播風暴(broadcast storm)的問題。
- (2) 沒有要求傳送 (Request to Send, RTS) /允許傳送 (Clear to Send, CTS) 交換機制：將可能產生隱藏節點 (hidden terminal) 問題，

使傳送可靠度降低，讓車輛無法成功接收訊息。

- (3) 沒有自動重傳機制 (automatic retransmission)：當傳送失敗時，沒有一個重傳機制來確保訊息一定能成功被接收。

除了上述的廣播風暴和隱藏節點問題之外，廣播技術還有其他必須克服的無線傳輸問題[8]，例如：訊號干擾 (interference) 和封包碰撞 (collision) 等。所以緊急訊息的廣播在可靠度方面存在著很大的問題，尤其是在市區環境中這些問題會更加嚴重。

即使改善了傳送的穩定度，讓每次傳送訊息時都能有好的接收程度，但也不能保證車輛在可能遇到危害前，就一定能接收到緊急訊息來避開危險，也就是說，訊息必須要能做到即時傳達才有意義。因此，本研究提出了一個應用在車載網路中緊急訊息的自適性廣播調控機制，用以將緊急訊息廣播頻率做最佳化即時調控，讓所有需要接收到緊急訊息之車輛皆能即時收到，以避開壅塞路段或危險發生，提供安全和舒適的車輛行駛環境。圖 4 為緊急訊息之自適性廣播調控機制的場景，事故發源車輛 (Source Vehicle, SV) 將危險街道 (Warning Street) 的危險資訊向外廣播，讓所有在危險區域 (Warning Zone) 中可能面臨危害的車輛，都能在還未進入到危險街道前收到緊急訊息，而提前轉向，離開危險街道避免壅塞或危險。

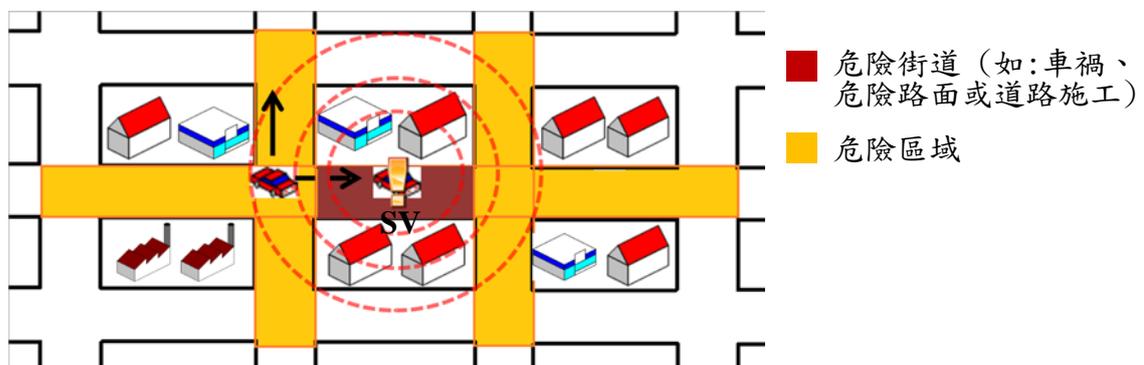


圖 4. 緊急訊息之自適性廣播調控機制的場景

本研究架構如下：在第二章將介紹目前既有的相關研究，包含各種的廣播機制，以及適用於提高傳送可靠度之廣播機制。第三章將詳細介紹本研究所提出的緊急訊息之自適性廣播調控機制，包含有緊急訊息之傳送範圍，訊息廣播頻率與傳送可靠度關係的推導和訊息廣播頻率調控機制設計。第四章將分析並討論緊急訊息之自適性廣播調控機制的模擬比較。第五章則是結論。



第二章

相關研究

如同前一章所提到的，一般的廣播機制先天上存在著一些問題，如：無 ACK frame 機制、無 RTS/CTS 交換機制、無自動重傳機制。但是以廣播技術來傳遞緊急訊息給駕駛人卻又是最有效的一種方式，因為可以將重要的緊急訊息很快地傳送給周圍所有的車輛得知。因此，許多的學者開始投入研究，改善具有缺陷的廣播機制，增加緊急訊息的傳輸效能，確保重要的安全相關資訊能有效的傳送給所有需要的車輛，以提高車輛行駛的安全性。

2.1 廣播機制總覽

為解決一般廣播機制存在的缺陷及盲點，相關的廣播機制陸續被提出，以下為其分類：

表 1. 廣播機制之分類

	解決之問題	信標 (Beacon) 機制	機制分類	相關文獻
廣播 機制	廣播風暴	無信標	機率為基礎 (Probability-based)	[9-13]
			重複次數為基礎 (Counter-based)	[7]
			涵蓋面積為基礎 (Area-based)	[14]
			距離為基礎 (Distance-based)	[7] [11][12] [15]
		無信標/ 有信標	位置為基礎 (Location / Position-based)	[7][16-18]
		有信標	叢集為基礎 (Clustering-based)	[16][19]
			鄰居資訊為基礎 (Neighbor knowledge-based)	[10][17][20][21]
	隱藏節點	有信標	RTS/CTS 交換機制	[18][22]
		有信標	忙線音 (Busy tone) 機制	[23][24]
	傳送失敗時的 回復機制	有信標	回覆訊框機制	[14][18][25-27]
無信標		重複傳送 (repetition) 機制	[28][29]	

廣播風暴問題會帶來嚴重的封包碰撞問題，降低傳輸效能，甚至使車輛皆無法成功接收訊息之危害，文獻[7][9-21]中提出了各種不同的方式來解決此問題，例如：

- (1) 以機率為基礎的廣播機制：在車輛收到訊息後，依據一個機率值來判斷自己是否重傳 (rebroadcast) 訊息給周圍的車輛，使還未接收到訊息的車輛可以接收到此訊息。

- (2) 以重複次數為基礎的廣播機制：車輛則會根據所收到的重複訊息數量來決定所收到的訊息是否進行重傳。
- (3) 以涵蓋面積為基礎的廣播機制：是根據自己相較於發送者 (sender) 所額外覆蓋的傳送範圍大小來決定是否重傳訊息。
- (4) 以距離為基礎的廣播機制：是根據自己與發送者的距離來判斷是否重傳訊息。
- (5) 以位置為基礎的廣播機制：是判斷自己是否位於特定的位置上或區域中，才能作重傳。
- (6) 以叢集為基礎的廣播機制：藉由叢集的傳送特性，只須讓叢集首 (cluster head) 和叢集閘道 (cluster gateway) 來進行重傳即可。
- (7) 以鄰居資訊為基礎的廣播機制：是利用收集相鄰車輛的各種資訊來進行評估，並作為是否進行重傳的考量因素之一。

以上各種廣播機制，主要都是藉由單一或少數的轉送者 (forwarder) 來減少過多不必要的封包傳送，以降低網路負載。雖然這些方法可以降低過多的封包之傳送問題，提升傳輸效能，但是仍存在著訊息無法成功傳送的問題，無法保證傳送可靠度，車輛無法即時得知重要緊急訊息而可能面臨到危害。

文獻[18][22-24]中利用不同的傳輸機制來解決隱藏節點的問題，例如：

- (1) RTS/CTS 交換機制：讓車輛在進行傳送訊息前，先進行 RTS/CTS 交換來預留頻寬，使車輛在真正進行傳送訊息時能成功，但是因為傳輸前都必須做 RTS/CTS 交換，因此也相對地提高了傳送的延遲時間，而緊急訊息的傳送必須符合即時性，因此此方法不適

用於緊急訊息的傳輸。

- (2) 忙線音 (Busy tone) 機制：利用兩個頻道 (channel) 分別傳送控制 (control) 訊息和資料 (data) 訊息，來避免傳輸時的衝突或干擾，但因為同時要使用兩個頻道，因此網路成本較高。

這些傳輸機制雖然可以避免傳送訊息時所受到干擾，但一樣存在著訊息無發成功傳送的問題，無法保證傳送可靠度，也就是無法保證車輛行駛的安全性。

2.2 提高傳送可靠度之廣播機制

為了使車輛都能成功接收所需的緊急訊息，因此有了以下兩種機制，來解決可能有車輛因為某種因素而無法成功接收到重要訊息的問題。如同表 1 中用以解決傳送失敗時的回復機制，分別為：

- (1) 回覆訊框 (ACK frame) 機制：若車輛有成功接收到訊息，則回傳一個 ACK 資訊給發送者，讓發送者可以知道已經有哪些車輛已經收到訊息，還有哪些車輛還未收到訊息，以調整傳送之方式，使還未接收訊息的車輛可以確實地收到所需資訊。[18][25]中是讓下一個訊息轉送者在收到發送者傳送來的訊息後，就會回覆一個 ACK 資訊給發送者，讓發送者知道訊息有成功被傳遞下去，否則，發送者若沒有收到 ACK 資訊，則會在超過一個特定時間後進行重傳訊息，以避免訊息沒有成功被傳送到。在[14]中指出 ACK 資訊夾帶在定期發送的信標訊框中，因此每輛車皆可以知道自己周圍的車輛是否有收到還未過期的緊急訊息，若還未收到，則會決定自己是否要重傳該訊息給它。另外在[26][27]中則是將

收到過的訊息的識別碼 (identifier) 記錄在信標訊框中，所以一樣可以藉由定期傳送的信標來得知周圍的車輛是否已經收到過緊急訊息，若還未收到，則決定是否要將該訊息重傳給它。

- (2) 重複傳送 (repetition) 機制：藉由讓事故發源車輛重複傳送訊息給周遭所有的車輛，以確保所有可能進入危險街道的車輛都能有很高的機率接收到該緊急訊息。[28]中使用一個傳送頻率下降演算法 (rate decreasing algorithm) 將原先設定好的傳送頻率定期減小，以減少多餘的訊息傳送和傳輸延遲。但是此演算法並不能因應車流的變化，做一個最佳化傳送頻率的調整，來適應不同的交通情況。[29]中則是考慮頻道錯誤率 (channel error rate) 造成周遭車輛可能無法接收到訊息的可能，並利用重複多次傳送來提高訊息被接收的機率。但是此方法只有考慮事故發源車輛的周圍車輛是否能成功接收到訊息，並沒有考慮到所有可能會經過危險街道的車輛，是否都能成功接收到該緊急訊息。

即使提高了傳送的成功機率，讓每次傳送訊息時都能有好的接收程度，但也不能保證車輛在可能遇到危害前，就一定能接收到緊急訊息來避開危險。也就是說，訊息必須要能做到即時傳達才有意義。而如果要讓傳輸符合即時性，最常見且有效的做法就是調整傳送頻率。[28]中就是採用定期減小傳送頻率，來減少多餘的訊息傳送，降低網路負載。在 [30][31]或 DSRC 標準的緊急訊息傳輸中，都是將安全相關的訊息傳送頻率訂為至少每秒需傳送 3 次，也就是平均至少在 300 毫秒 (ms) 的時間內就需要再傳送一次訊息。若事故發源車輛傳送緊急訊息之頻率夠快時，雖然訊息的傳送可以符合傳送即時性，但是卻會使得該區域網路負載過大，造成該區域

訊號干擾嚴重；而傳送訊息之頻率過慢時，車輛無法即時接收緊急訊息，可能使車輛面臨危害前都沒有收到緊急訊息。

因此，不論傳送頻率過快或是過慢，最後都將導致傳送效能大幅下降而使得緊急訊息無法成功傳送，提高車輛觸發危害的可能，而有人員生命安全的疑慮。本研究中所提出的自適性廣播調控機制就是採用重複傳送機制的方式，並且計算了一個最適合當下交通環境的最佳重複傳送次數與傳送頻率，讓所有需要接收緊急訊息的車輛皆可以即時且正確地收到，而且不會造成網路負載過重的情形。



第三章

緊急訊息之自適性廣播調控機制

在這一章中將介紹如何求得最適宜的廣播頻率，讓廣播頻率不會過快而使網路負載嚴重，也不會過慢而使訊息無法即時傳送到需要的車輛，使所有可能進入危險街道的車輛都能在還未進入前都收到緊急訊息，而提前預警來避免可能造成的危害。並且加入了一個動態即時調控機制，使得此自適性廣播頻率可能適應於各種交通情形，不管車流量如何變化，都能使訊息即時且成功的傳送至所有需要接收該訊息的車輛。首先在第 3.1 節中將說明緊急訊息傳輸範圍的定義，也就是可能會接觸危害的車輛之範圍。而如何將廣播頻率做最適宜的調整則是在第 3.2 節中做說明。最後是在第 3.3 節中說明如何動態即時調控這個自適性廣播頻率。

3.1 緊急訊息傳輸範圍之定義

這裡需定義適當的緊急訊息傳輸範圍，避免影響其他不必要的車輛，只針對那些可能會接觸到危險的區域中的車輛來傳輸。根據[33]中指出，車輛急煞、交通訊號異常、車子相撞、道路異常等交通事件，在發送緊急

訊息的合理範圍是數百公尺到一公里內。因為我們所討論的環境是在市區街道，所以可能接觸到危害的區域應訂為危險街道向外延伸 k 個路口的範圍 ($k \in \mathbb{Z}$)。若只向外延伸一個路口 (即 $k = 1$)，則會因為危險區域範圍過小，使車輛必須在極短時間內就要收到緊急訊息才能避開危險街道，因此這樣的設定是不合理的。如圖 5 所示，若將危險區域定義為危險街道向外延伸兩個路口的範圍 (即 $k = 2$)，則車輛在經過危險街道外圍一條街道的時間內，若能收到由事故發源車輛所傳來的緊急訊息，就可以在還未進入危險街道前的路口中做轉向，來避開危害發生。而若將危險區域訂為危險街道向外延伸三個以上之路口 (即 $k \geq 3$)，則會影響其他不一定會進入危險街道之車輛。所以在此我們將危險區域定義為危險街道向外延伸兩個路口的範圍，即 $k = 2$ 的情形。因為只有在進入這個危險區域的車輛才有可能會接觸到危險，若在此危險區域中的車輛若能即時收到緊急訊息，則也能在還未進入危險街道前轉向，來避開可能面臨的危害。而此危險區域也就是緊急訊息傳輸範圍，如此可以減少過多不必要的訊息傳送，也可以不打擾其他可能不會面臨危害的車輛，而且在危險區域中的車輛也能在收到緊急訊息後做轉向，來離開壅塞或危險的街道，以免造成危害。

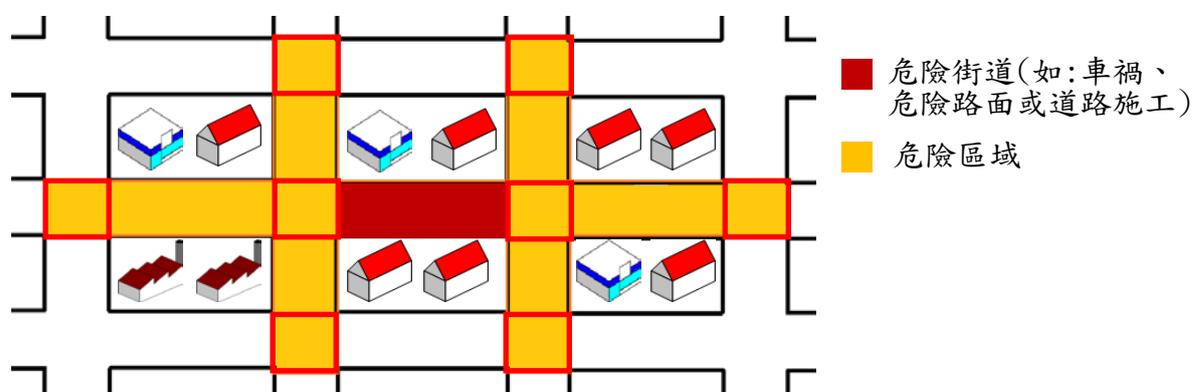


圖 5. 危險街道向外延伸兩個路口的危險區域範圍

3.2 訊息廣播頻率與傳送可靠度關係的推導

在這一節中將說明如何使傳送頻率做最適宜調整。首先定義兩個前提假設：

- (1) 在長時間觀測下，車輛是呈現均勻分布。
- (2) 因為訊息的傳送相對於車輛的移動是瞬間完成的，所以可合理假設，在訊息傳送時，車輛是靜止的。

接著利用車輛在某街道的所有可能分布情形，估計平均每次傳送訊息時，車輛可能無法成功接收到訊息的機率 (P_{dis})。圖 6 就是以危險區域中的一個街道為例，做的一些假設與定義：

- 街道長為 L_{street}
- 將街道切割為寬度是 5 公尺 (大約一個車身的長度)，長度是原路寬寬度的小區塊，假設共有 m 個區塊
- l 代表車道數，也就是一個區塊可以容納的車輛數目
- 傳輸半徑為 R ，令 $R = a \times 5$ ，則 $d = \lceil a \rceil$ ，表示傳輸半徑內可以涵蓋的區塊個數
- n 代表街道中所有的車輛總數

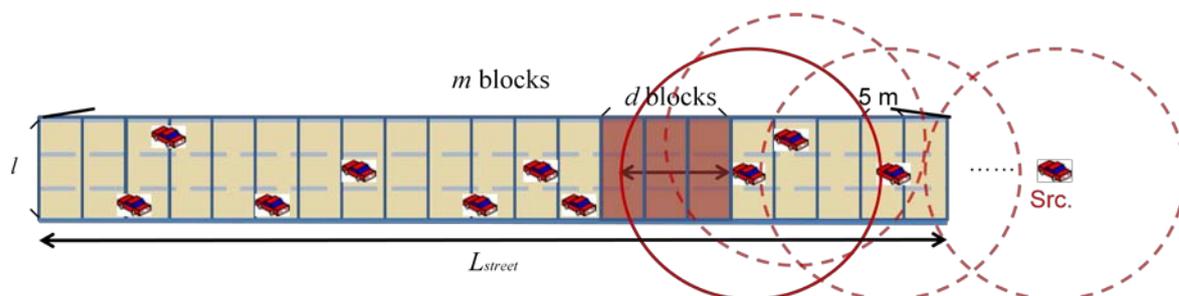


圖 6. 對街道的一些假設與定義

因此可知，如果在街道中一處有連續大於等於 d 個區塊之中，沒有任何車輛時，則訊息將無法傳遞下去，也就是訊息不連接 (disconnect)，而無法將訊息成功傳送到後方車輛。而 P_{dis} 就是統計所有車輛可能分布的情形之中，有多少比例的情形會使訊息無法成功傳送到其他車輛。

$$P_{dis} = \frac{\text{有連續大於等於 } d \text{ 個區塊為空的車輛分布可能數}}{\text{車輛隨機落於各個區塊的車輛分布可能數}} = \frac{N_{dis}}{N_{total}} \quad (1)$$

首先先計算公式 (1) 中有連續大於等於 d 個空區塊的車輛分布可能數 (N_{dis})，如圖 7 所示，考慮 m 個區塊中恰有 k 個區塊中有車，因為最少一定會有 $\lceil \frac{n}{l} \rceil$ 個區塊中有車輛，且最多只會有 n 個區塊中有車輛，所以 $\lceil \frac{n}{l} \rceil \leq k \leq n$ 。將 k 個有車之區塊先各放入一台車，一個有車之區塊與連續的 d 個空區塊視為一組大區塊，剩餘還有 $k-1$ 個有車的相同區塊，以及 $m-k-d$ 個無車的相同區塊。利用組合數學方式，則可以計算出有一組大區塊的所有區塊之排列組合個數為 $\frac{[1+(k-1)+(m-k-d)]!}{1!(k-1)!(m-k-d)!}$ 種情形。

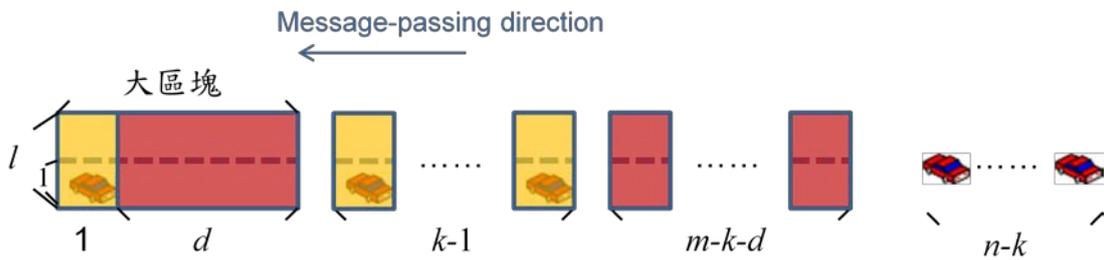


圖 7. 有連續大於等於 d 個空區塊的車輛分布可能情形

因為 k 輛車已經放入區塊之中，只剩餘 $n-k$ 個車可以再放入區塊之中，而 k 個可以放入車輛之區塊都已被放入一輛車，所以皆只剩餘 $l-1$ 個空位

可以再放入車子，也就是說，尚有 $k \times (l-1)$ 個空位可以讓 $n-k$ 個車輛來放入，所以剩餘的車輛有 $C_{n-k}^{k \times (l-1)}$ 種組合方式。因此，有連續大於等於 d 個空區塊的車輛分布可能情形個數為：

$$\sum_{k=\lfloor \frac{n}{l} \rfloor}^n \frac{[1+(k-1)+(m-k-d)]!}{1!(k-1)!(m-k-d)!} \times C_{n-k}^{k \times (l-1)} = N_1 \quad (2)$$

但是，這樣的計算下會重複考慮到相同的情形，如圖 8 所展示的就是重複考慮到一組大區塊連接著一個有車區塊，再連接 d 個空區塊的情形。與一個有車區塊連接 d 個空區塊，再連接一組大區塊的情形是一樣的。也就是有兩組大區塊相連的組合情形有重複計算。

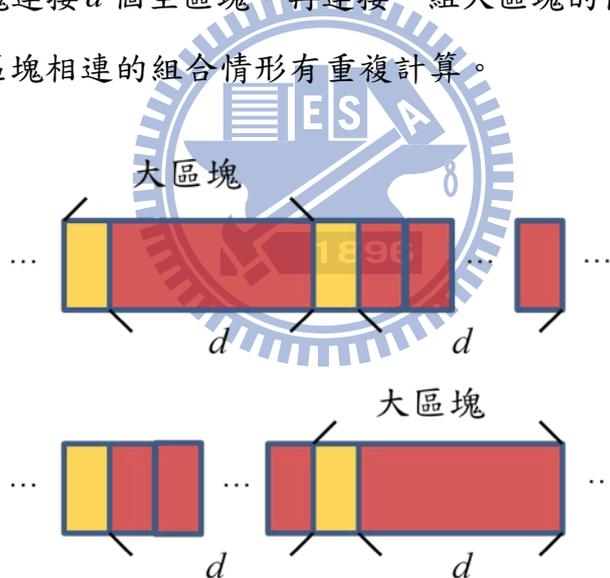


圖 8. 兩組大區塊相連的重複考慮情形

將此種情形的組合可能數計算出來，其分布的可能情形如圖 9 中所示，計算方式與公式 (2) 一樣，考慮 m 個區塊中恰有 k 個區塊中有車，

$\lfloor \frac{n}{l} \rfloor \leq k \leq n$ ，再將所有情形加總起來，公式如下：

$$\sum_{k=\lceil \frac{n}{l} \rceil}^n \frac{[2+(k-2)+(m-k-2d)]!}{2!(k-2)!(m-k-2d)!} \times C_{n-k}^{k \times (l-1)} = N_2 \quad (3)$$

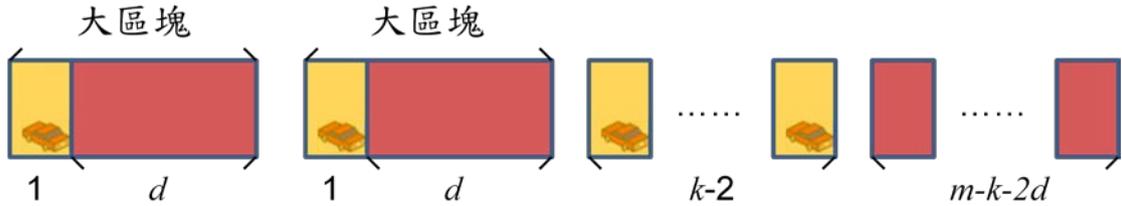


圖 9. 兩組大區塊相連的車輛分布可能情形

而兩組大區塊相連的車輛分布可能情形的計算一樣會重複考慮到三組大區塊相連的分布可能情形，所以若直接將公式 (2) 算出的可能數 N_1 減去公式 (3) 算出的 N_2 ，則還必須將三組大區塊相連的分布可能情形加回去。因此，利用排容原理方式，將只有一組大區塊的組合情形減去兩組大區塊相連的組合情形，再加回三組大區塊相連的組合情形，以此類推，直到無法有更多的大區塊相連為止，這樣所計算出來的可能分布情形才是我們要求得的有連續大於等於 d 個空區塊的車輛分布可能數，公式如下：

$$N_{dis} = N_1 - N_2 + N_3 - \dots + (-1)^{i+1} N_i, i = \min\left\{n, \left\lceil \frac{m-d}{d+1} \right\rceil\right\} \quad (4)$$

接著計算公式 (1) 中的車輛隨機落於各個區塊的車輛分布可能數 (N_{total})，要計算車輛所有的分布情形，一樣先考慮 m 個區塊中洽有 k 個區塊中有車， $\lceil \frac{n}{l} \rceil \leq k \leq n$ ，在加總所有的可能數。公式如下：

$$N_{total} = \sum_{k=\lceil \frac{n}{l} \rceil}^n \frac{[k+(m-k)]!}{k!(m-k)!} \times C_{n-k}^{k \times (l-1)} \quad (5)$$

利用車輛在道路中可能分布的情形，計算出車輛在危險區域中的任一條街道時，無法成功接收到由危險街道中的事故發源車輛所傳送的緊急訊息之機率(P_{dis})，如下：

$$P_{dis} = \frac{N_{dis}}{N_{total}} \quad (6)$$

若要提升危險區域中車輛能成功接收到緊急訊息的機率，則可以利用重複傳送機制，讓事故發源車輛重複傳送 r 次，使無法成功接收到事故發源車輛所傳送的緊急訊息之機率 (P_{dis}) 降低，來讓危險區域中的車輛能夠成功接收到該緊急訊息的機率可以達到一個目標值 (P_{target})，公式如下。

P_{succ} 表示車輛能夠成功接收到緊急訊息的機率。

$$P_{succ} = 1 - P_{dis}^r \geq P_{target} \quad (7)$$

利用該地區車輛的平均車速 (\bar{v}) 可以計算，車輛由危險區域外圍路口進入後，平均需要多久的時間 (T) 會抵達內部路口 (即危險街道相鄰的路口)，也就是說，車輛進入危險區域後，再經過 T 秒的時間就可能會進入危險街道。因此，必須要讓車輛在這段時間內能收到至少一次的緊急訊息，才能使進入危險區域的車輛都能即時收到緊急訊息而離開。所以，事故發源車輛必須要在 T 秒內傳送 r 次緊急訊息，使危險區域內的車輛能收到緊急訊息的機率能到達 P_{target} 。藉此，可計算出事故發源車輛發送緊急訊息的最佳傳送間隔 (I)，可以讓進入危險區域的車輛都能有很高的機率能即時收到緊急訊息，來離開危險街道可能發生的危害。

$$T = \frac{L_{street}}{v} \quad (8)$$

$$I = \frac{T}{r} \quad (9)$$

3.3 訊息廣播頻率調控機制設計

因為車輛無法成功接收到事故發源車輛所傳送的緊急訊息之機率 (P_{dis}) 是利用該街道的車輛可能的分布情形來計算的，所以當該街道的車輛密度改變時， P_{dis} 也會因此而改變。而 P_{dis} 的改變也會影響事故發源車輛的重複傳送次數，以及傳送頻率。因此，為了使本機制可以適用於真實的市區環境，車流是隨時間產生變化的，本研究提出了一個動態即時調控機制。此傳送頻率的即時調控機制是利用一種竊聽 (overhearing) 的方式來完成的。

本研究的廣播機制是採用簡單的泛洪 (flooding) 傳輸方式，即任何收到傳送者傳來的訊息之接收者，只要是第一次收到此訊息，則會重傳 (rebroadcast) 該訊息給周圍的車輛，否則不會進行重傳，並且會丟棄 (drop) 該訊息封包。所以事故發源車輛可以利用聽取附近周圍車輛的重傳次數，得知其周圍車輛個數，也就是其傳輸範圍內的車輛密度。因為兩個相鄰之街道的車輛密度是相似的，因此，可利用事故發源車輛周遭之車輛密度來推測危險區域中街道的車輛密度，再藉由危險區域之街道的車輛密度推算出危險區域中車輛無法成功接收到事故發源車輛所傳送的緊急訊息之機率 (P_{dis})，進而計算出所需的重複傳送次數，以及傳送間隔時間。而因為

重複傳送次數是建立在平均一車經過危險區域之街道時，事故發源車輛所需重複傳送的次數，讓任一車在經過危險區域之街道時，能至少收到一次緊急訊息。所以應該以平均一車經過危險區域之街道的時間為單位，動態調整因車輛密度產生變化，所需不同的重複傳送次數及傳送間隔時間。事故發源車輛調控廣播頻率之步驟如下：

前置作業：事故發源車輛在廣播訊息後，會等待 100 毫秒 (ms) 來統計所聽取到的重複傳送次數，即一種竊聽機制，並將重複傳送次數做為其周遭相鄰的車輛數。

步驟 1. 首先，事故發源車輛會以 1 赫茲 (Hz, 即每秒發送一次訊息) 頻率廣播緊急訊息 5 次，並統計此 5 次的周遭相鄰車輛數，將總數取平均後，成為實際的相鄰車輛數 (B)。

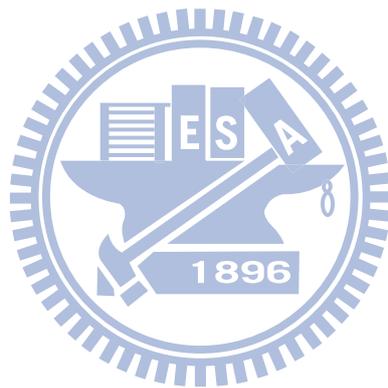
步驟 2. 以 B 值推算危險區域之街道的車輛數 (n) 為 $\frac{L_{street}}{2R} \times B$ ， R 為事故發源車輛的傳輸距離，而將 n 值帶入公式 (4)、(5) 和 (6) 中則可計算出 P_{dis} 。

步驟 3. 將 P_{dis} 代入公式 (7) 可求出要達到 P_{target} 的傳送可靠度所需的最少重複傳送次數 (r)，再藉由公式 (8)、(9) 則可計算出最佳的傳送間隔時間 (I)。

步驟 4. 事故發源車輛以 I 的傳送間隔，傳送緊急訊息 r 次之後，再將過去所有統計過的周遭相鄰車輛數取平均值，做為實際的相鄰車輛數 (B)。

步驟 5. 持續重複步驟 2~步驟 4。

簡單來說，此廣播調控機制在一開始時，事故發源車輛先以 1 Hz 頻率傳送緊急訊息 5 秒，之後則是相隔 T 秒時間（平均一車進入危險區域直到抵達危險街道的這段時間）調整一次傳送頻率，此傳送頻率是事故發源車輛以竊聽機制所推算出，要使危險區域之街道中的車輛能達到 P_{target} 的傳送可靠度，所需的訊息傳送頻率。



第四章

模擬結果與分析

在此章節中，將指出緊急訊息之自適性廣播調控機制確實可以利用自適性廣播頻率和廣播調控機制，讓所有進入到危險區域之車輛，都可以達到期望的傳送可靠度，以即時接收緊急訊息而避開危害。並且也確實能適用於車流狀況時常變化的交通環境，在任何時刻，此緊急訊息廣播頻率皆可以做最適宜的調整。以下分為三個部份來證實，分別為：

- (1) 傳送頻率與可靠度之關係：事故發源車輛以不同頻率進行廣播時，危險區域中車輛的可靠度變化及影響。
- (2) 算式估計與實際模擬之可靠度的關係：算式所估計之可靠度與實際模擬之可靠度之差別。
- (3) 以台北市忠孝橋市高西寧西側為例的模擬結果與分析：以實際市區中由早上 7 時到晚上 7 時之車流變化來套用本研究所提出的緊急訊息之自適性廣播調控機制，查看其運作之效能，以及與一般採用 1 Hz 之廣播頻率的方式，其效能之間的差異分析。

模擬平台採用的是 NS-2 網路模擬器[34]，版本為 2.33。媒介存取控制層 (MAC Layer) 是使用適用於車載隨意網路的 802.11p 傳輸協定。

4.1 傳送頻率與可靠度之關係

4.1.1 模擬場景與參數之設定

本研究以一個雙十街道做為模擬的市區環境，事故發源車輛位於正中央位置，是廣播緊急訊息的來源 (Source)，每一街道皆為 300 公尺，共有 7 個街道，中央之街道為危險街道，其餘外圍 6 個街道為危險區域之街道。道路為雙線道，且一共有 8 個路口，標示為 I1~I8。如圖 10 所示。

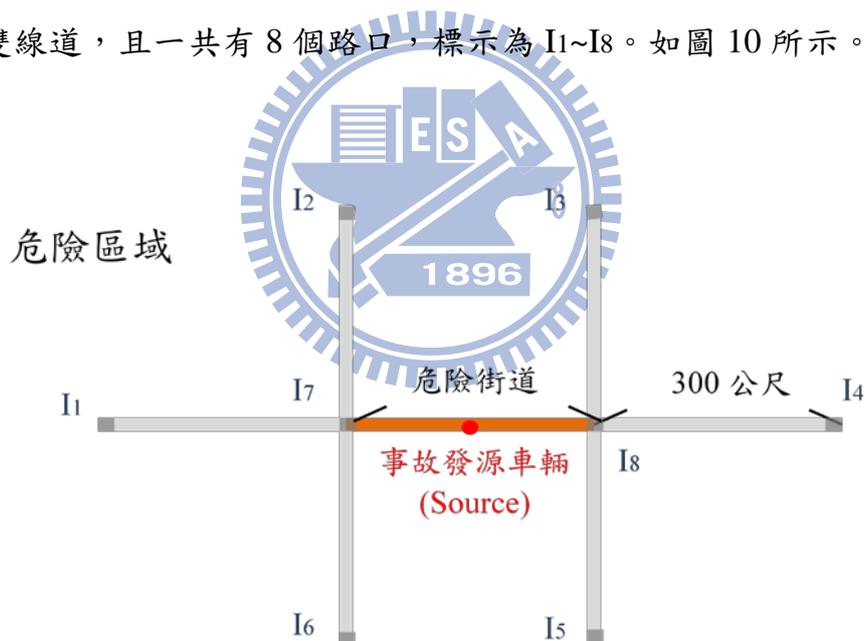


圖 10. 模擬到路圖

接著介紹模擬的其他參數，如表 2 所示。因為是在市區中的街道，所以車輛的車速訂為 10~15 公尺/秒 (36~54 公里/小時)，且每輛車子的傳輸距離皆一樣，為 75 公尺。車輛傳送訊息時採用的路由協定 (Routing Protocol) 為泛洪 (flooding) 的方式，也就是每輛車在第一次收到訊息時，皆會將該

訊息重傳。模擬的時間為 7500 秒。並比較了不同密度下，傳送頻率對可靠度的影響。

表 2. 模擬之參數設定

參數	值
傳輸距離	75 公尺
模擬時間	7500 秒
車輛密度	1, 2, 3, 4, 5, 6 車/100 公尺
媒介存取控制層	802.11p
Source 傳送頻率	0.05, 0.066, 0.1, 0.2, 1 Hz (20, 15, 10, 5, 1 秒)
車速	10~15 公尺/秒
地圖大小	1000 公尺 × 750 公尺



4.1.2 模擬結果與分析

如圖 11 中所示，可知，傳送頻率越高則可靠度就越高，反之亦然。而在密度越低的環境下，傳送頻率對可靠度造成的影響就越大。如圖中密度為 2 (車/100 公尺) 在頻率 0.05 到 1 (Hz) 時，其可靠度幾乎呈現指數成長，而密度越高則成長幅度越趨於平緩。

- 橫軸為傳送頻率 (Hz)：表示 Source 每秒傳送緊急訊息之次數，一共分為 5 種來測量。
- 縱軸為訊息傳送之可靠度 (Reliability)：表示所有由外圍路口 (I1~I6) 進入之車輛，在抵達中間路口 (I7, I8) 前就能夠收到緊急訊息的百分比例。

- 圖中是比較不同密度 (在此共分為 5 種來分析) 在不同的傳送頻率下，其可靠度的變化。

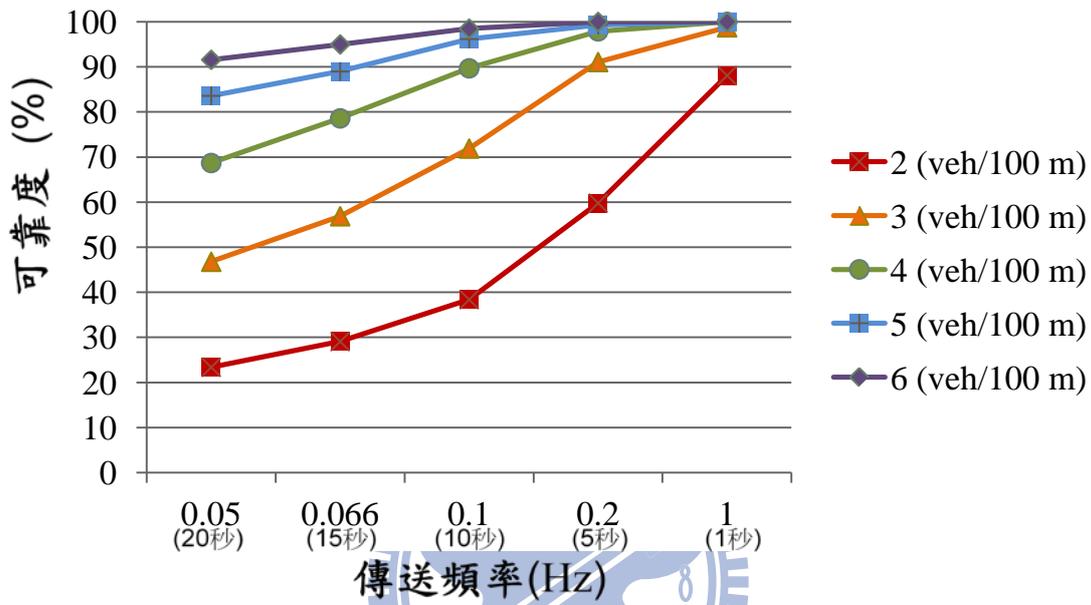


圖 11. 不同車密度的傳送頻率與可靠度之比較

4.2 算式估計與實際模擬之可靠度的關係

4.2.1 算式估計之設定

這裡所採用的道路環境與 4.1 節中的一樣，以一個雙十街道來做為模擬的市區環境。表 3 為這裡算式中所代入的參數值，用以求得不同密度下，傳送頻率與可靠度的關係。其環境設定皆與上一節中的模擬環境一樣，例如：車輛密度一樣為 2、3、4、5 和 6 (車/100 公尺)，也就是街道總車數 (n) 為 6、9、12、15 和 18；因為車輛之訊息傳送距離為 75 公尺，所以要形成傳送不連接情形最少所需連續無車之區塊數 (d) 為 15；因為是雙線道，所以車道數 (l) 等於 2；而 Source 傳送頻率 0.05、0.066、0.1、0.2 和 1 (Hz)，

也就是 Source 傳送間隔時間 (I) 為 20、15、10、5 和 1 (秒)；車輛的速度為 10~15 公尺/秒，則平均車數為 12.5 公尺/秒，也就是平均車輛通過危險區域之街道（即車輛由外圍路口到中間路口）的時間 (T) 為 24 秒。此外，這裡的街道長度訂為 300 公尺，是我們只需知道外圍危險區域之街道上車輛是否可以成功街收到該緊急訊息，而且危險街道中會發生交通問題而使得該街道發生壅塞情形，因此假設 Source 都能將緊急訊息傳送至外圍危險區域之街道，不考慮由 Source 傳送至外圍危險區域之街道會有失敗的問題。而 300 公尺所求得的總區塊個數 (m) 為 60。

表 3. 算式估計之參數設定

參數	值
街道長度	300 公尺
總區塊個數(m)	60
街道車輛數(n)	6, 9, 12, 15, 18 (2, 3, 4, 5, 6 車/100 公尺)
最少需要連續無車之區塊個數(d)	15
車道個數(l)	2
Source 傳送間隔時間 (I)	20, 15, 10, 5, 1 秒
車輛平均速度	12.5 公尺/秒
車輛通過危險區域街道之時間(T)	24 秒

4.2.2 算式與模擬之比較結果與分析

由圖 12 可知，利用公式所推測之可靠度，與實際模擬之可靠度是相當吻合的。除了密度為 2 (車/100 公尺) 在傳送頻率 1 (Hz) 時，算式估計

的可靠度略高，這裡推測是因為車輛密度太低，大約 50 公尺才有一車，所以 Source 所傳送的緊急訊息有一定的比例必定無法由危險街道傳送至危險區域中的街道，所以儘管傳送頻率提高至很高的值（如：1 Hz），依舊無法讓可靠度到達很高的值，此算式主要是利用危險區域中的街道來做計算，因而受到影響。在其他密度上，算式所估計的可靠度與實際模擬的可靠度僅有些微差距。因此，本文所提出的自適性廣播調控機制與實際情形相符，確實可利用本文所提出的車輛分布情形來推測訊息的傳送可靠度，進而使用重複傳送的方式來提升可靠度，讓可靠度達到預設的程度——讓車輛在還未接觸危險前都能即時收到緊急訊息，可提前做好準備避開可能發生的危害。

- 下方橫軸為傳送頻率 (Hz)：表示 Source 每秒傳送緊急訊息之次數，一樣分為 5 種來測量。
- 上方橫軸為重複傳送次數 (r)：表示在不同的傳送頻率下，平均車輛經過危險區域之街道時，Source 會重複傳送緊急訊息的次數，與傳送頻率一樣共分為 5 種來測量。
- 縱軸為訊息傳送之可靠度 (Reliability)：算式估計的可靠度定義是，在危險區域之街道中的車輛，可以成功接收到緊急訊息的機率，即公式 (7) 中的 P_{succ} 。
- 圖中有 5 種不同的密度，並且分為算式估計值（實線）與實際模擬值（虛線），來比較兩者在不同的傳送頻率下，其可靠度值是否有明顯差異。

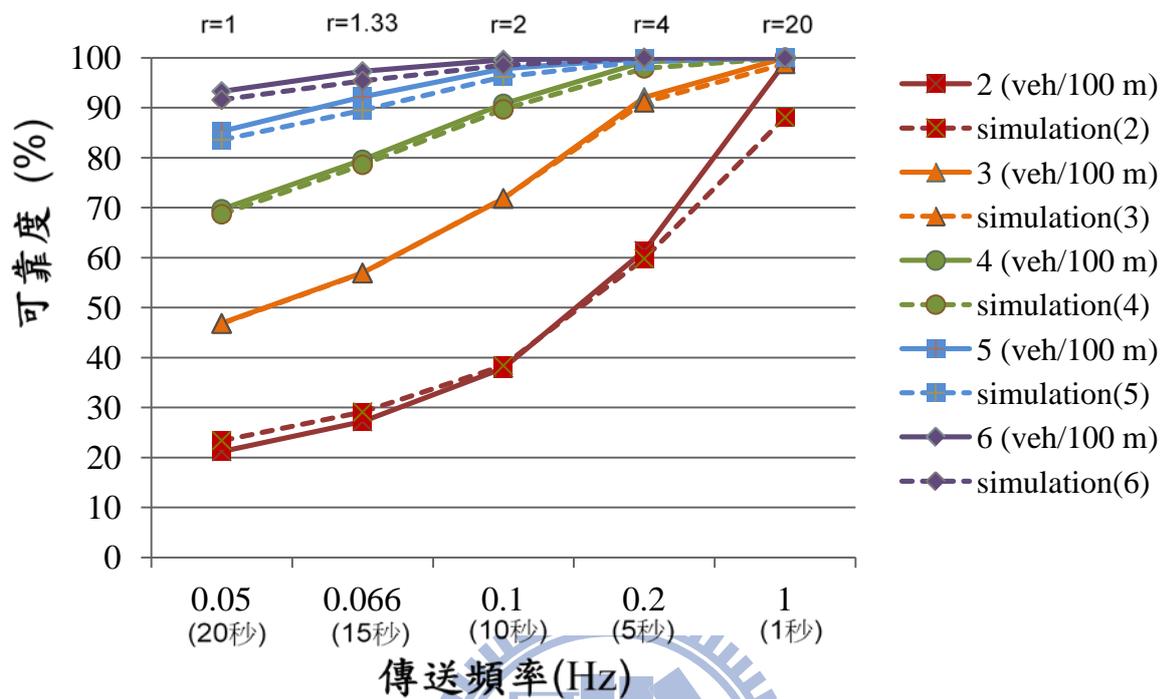


圖 12. 算式估計之可靠度與實際模擬之可靠度的比較

4.3 以台北市忠孝橋市高西寧西側之車流為例的模擬結果與分析

4.3.1 實際數據之擷取

以實際市區街道 (以台北市忠孝橋為例) 中，由早上 7 時到晚上 7 時的每小時車流量 (Passenger Car Unit, PCU)，如圖 13 所示，和車速 (公里/小時)，如圖 14 所示。車流量為車速乘上車密度，可計算出不同時刻的車密度 (車/100 公尺) 變化 (如圖 15)，再以此車密度變化來實際模擬緊急訊息之自適性廣播調控機制。

台北市忠孝橋市高西寧西側
100年7月 星期一

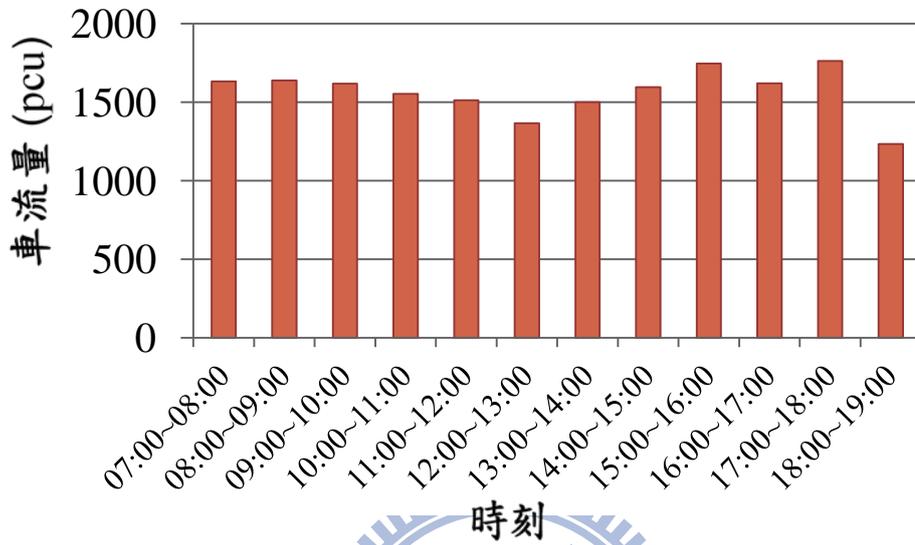


圖 13. 台北市忠孝橋市高西寧西側之不同時刻的流量

(資料來源: 台北市交通局網站)

台北市忠孝橋市高西寧西側
100年7月 星期一

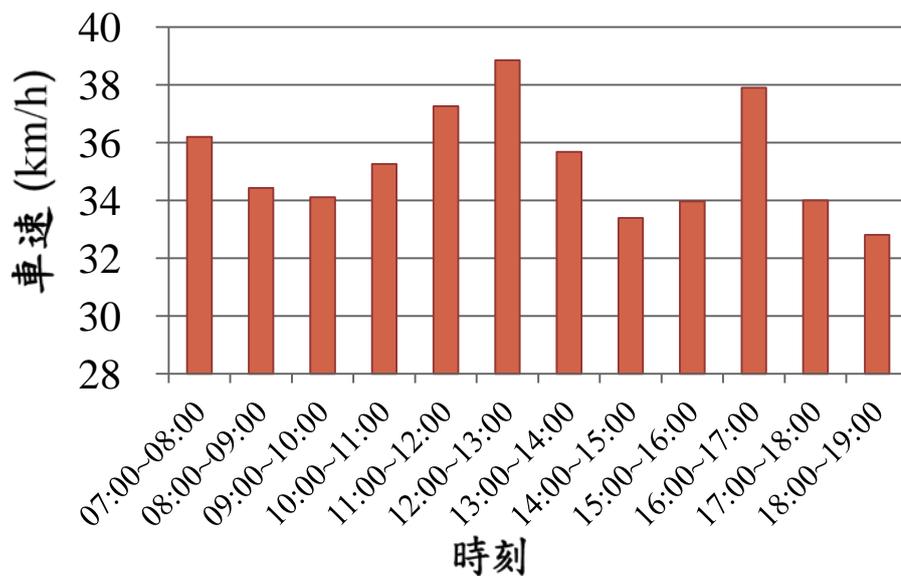


圖 14. 台北市忠孝橋市高西寧西側之不同時刻的車速

(資料來源: 台北市交通局網站)

台北市忠孝橋市高西寧西側
100年7月 星期一

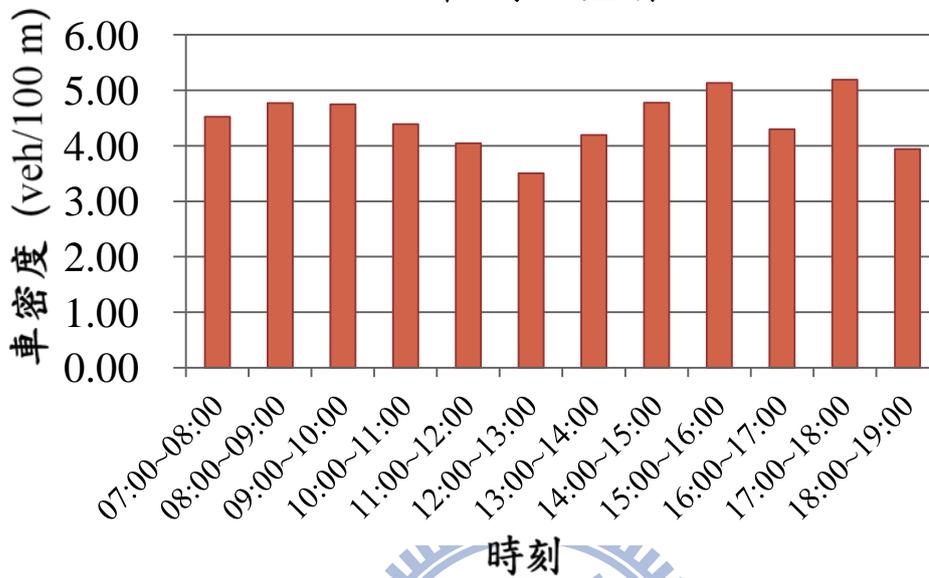


圖 15. 台北市忠孝橋市高西寧西側之不同時刻的車密度

4.3.2 模擬之設定

這裡所模擬的場景與 4.1.1 節中的一樣，是雙十的雙線道街道環境，每條街道有 300 公尺，在雙十街道正中央有一個事故發源車輛定期廣播緊急訊息，其所採用的傳輸路由協定為泛洪 (flooding) 的方式。其他的參數設定如表 4 所示，車輛傳輸距離一樣為 75 公尺；模擬時間為 3000 秒；這裡的車輛密度是採用 4.3.1 節中以台北市忠孝橋市高西寧西側為例的不同時刻之車密度 (即圖 15 中所示)；媒介存取控制層一樣為適用於車載隨意網路的 802.11p 傳輸協定；Source 的傳送頻率在此是利用第三章中 3.3 節所提出的廣播調控機制來做動態即時調整；車速訂為 10~15 公尺/秒；設定期望為位於危險區域街道中車輛能成功接收到 Source 所傳來的緊急訊息的目標機率值 (P_{target}) 為 85%。

表 4. 模擬之參數設定

參數	值
傳輸距離	75 公尺
模擬時間	3000 秒
車輛密度	4.52, 4.77, 4.75, 4.39, 4.05, 3.50, 4.20, 4.77, 5.13, 4.30, 5.19, 3.94 車/100 公尺
媒介存取控制層	802.11p
Source 傳送頻率	動態調整
車速	10~15 公尺/秒
街道長度	300 公尺
車道數	2
成功接收緊急訊息之目標值(P_{target})	85%
地圖大小	1000 公尺 × 750 公尺

4.3.3 模擬之結果與分析

在本節中將利用實際的台北市忠孝橋之車流數據來驗證自適性廣播調控機制是否實用，及其展現出來的效能是否能達到預期。將不同時刻的車輛密度依序代入模擬中來做測試，而事故發源車輛 (Source) 即利用第三章 3.3 節所提出的廣播調控機制，藉由竊聽周圍相鄰車輛個數來即時調控自身傳送頻率。傳送頻率的計算公式則是利用 3.2 節中所提出的自適性廣播頻率，利用街道車輛數 (n)、街道長度 (L_{street})、車道數 (l)、傳輸距離 (R) 及車輛平均通過危險區域之街道的時間 (T) 定期帶入公式 (4)、(5) 和 (6)

中，來求得車輛無法成功接收緊急訊息之機率 P_{dis} ，再將 P_{dis} 和 P_{target} 代入公式 (7) 中，則可以計算最少所需的重複傳送次數 (r)，傳送間隔時間 (I)，藉此來動態調整最適宜的傳送頻率。在此分為可靠度及網路負載 (overhead) 兩個部分來討論此自適性廣播調控機制之成效。在此 P_{target} 設為 85%，因為主要此機制是用以調解交通壅塞問題發生，而非解決立即性安全問題，因此只需讓大部分車輛能即時避開此有問題之危險街道即可：

- (1) 可靠度：如圖 16 所示，顯示一般未最佳化之廣播機制，通常以每秒傳送一次訊息的方式來傳送緊急訊息，以及採用自適性廣播調控機制 (P_{target} 設為 85%)，比較二者在不同時刻 (即不同車密度) 其達到的可靠度。因為每秒傳送一次訊息的頻率算是傳送相當頻繁的，由圖中可知其可靠度可以達到近似 100%，但是其可能造成網路負載過重的問題，使該區域的網路傳輸效能嚴重地下降。而採用自適性廣播調控機制的可靠度值也都能達到預期的 85% 以上，而且平均大約只需要每 12 秒傳送一次訊息就可以達到這個可靠度。而圖中顯示，可靠度值無法維持在 85% 之下限，是因為若只需重複傳送 2 次就能到達期望的可靠度值，則平均每 12 秒需廣播一次緊急訊息。若需重複傳送 3 次才可到達期望的可靠度值，則是平均 8 秒須廣播一次緊急訊息。因此可以知道，廣播頻率的調整無法使用微量的增加或減少來達到最佳值，所以實際採用此機制的可靠度值常會較期望的可靠度值高上許多，而不是微量增加。

- 橫軸為不同的時刻：由早上 7 時到晚上 7 時，每小時有不同

的車輛密度，分別代入模擬器中來測量其可靠度。

- 縱軸為可靠度百分比值：與 4.1.2 節中所定義的一樣，為所有由危險區域之外為路口進入的車輛，在還未抵達內部路口前就能收到緊急訊息之比例。
- 圖中為兩種傳送頻率之可靠度的比較，分別為自適性廣播調控機制 (P_{target} 設為 85%) 和 1 Hz 傳輸方式

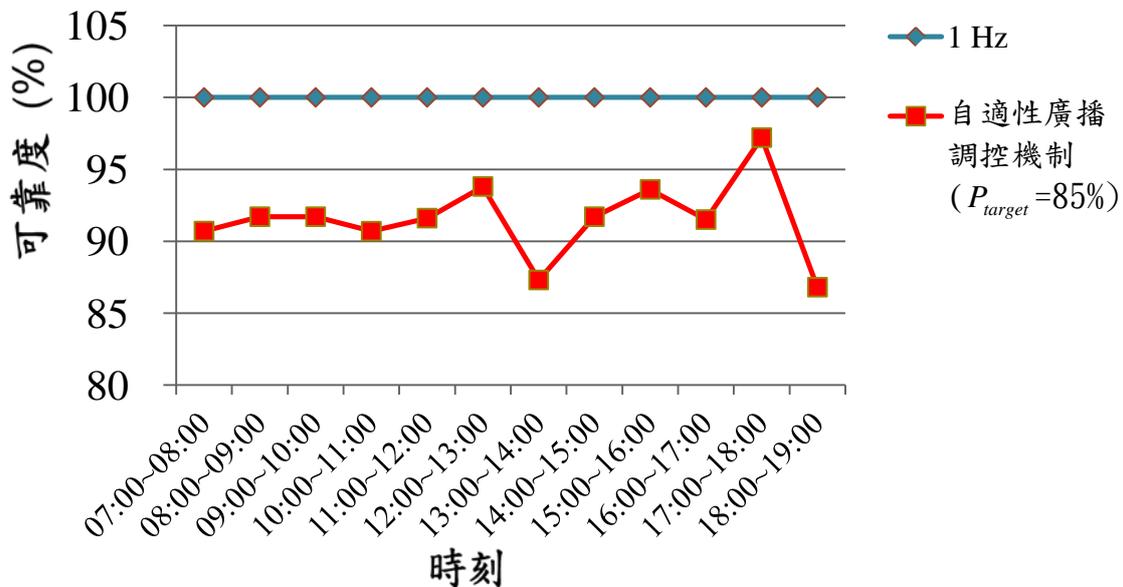


圖 16. 自適性調控機制與 1 Hz 頻率在實際環境下的可靠度比較

- (2) 網路負載:如圖 17 所示,比較一般以每秒傳送一次訊息的方式,以及採用最佳化即時調控機制 (P_{target} 設為 85%),二者在實際環境之不同時刻下的網路負載 (overhead)。由圖 17 可知,雖然 1 Hz 的傳輸方式在之前可靠度的比較方面有很高的值,但是在網路負載上卻也是相當高的,可能會使訊號干擾嚴重,封包容易產生碰

撞，而影響整體區域的網路傳輸效能。而自適性廣播調控機制的網路負載都能維持在一個定值，而且相對於 1 Hz 的傳輸方式的網路負載是相當低的。由圖 18 可知，自適性廣播調控機制之網路負載大約為 1 Hz 的傳輸方式之網路負載的六分之一而已，確實可以減少龐大的多餘封包量。

- 圖 17 之橫軸為不同的時刻：由早上 7 時到晚上 7 時，每小時有不同的車輛密度，來分別代入模擬器中來測量其網路負載。
- 圖 17 之縱軸為網路負載：這裡的網路負載定義為所有車輛 (包含 Source 和所有轉送者) 所傳送訊息的總次數。
- 圖 17 之內容為比較自適性廣播調控機制與 1 Hz 的傳輸方式在不同時刻之車流量下的網路負載。
- 圖 18 之橫軸為不同的時刻。
- 圖 18 之縱軸為網路負載比值 (Overhead Ratio)：為自適性廣播調控機制之網路負載與 1 Hz 的傳輸方式之網路負載相除的值。
- 圖 18 之內容為自適性廣播調控機制與 1 Hz 的傳輸方式在不同時刻之車流量下的網路負載比值。

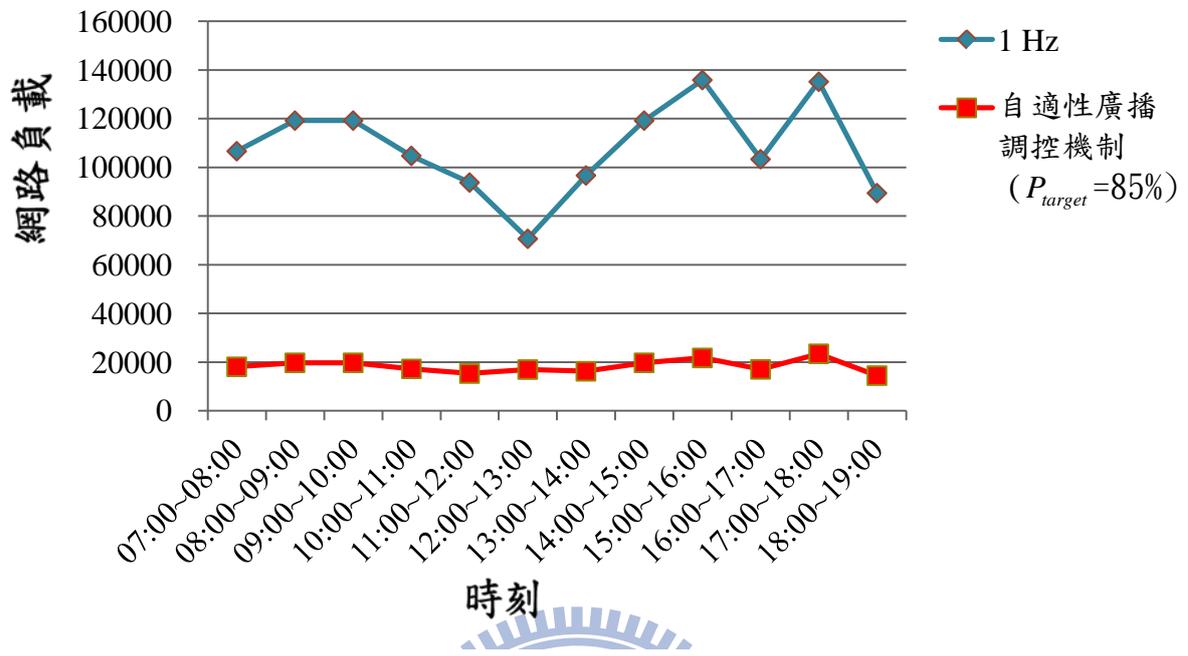


圖 17. 自適性調控機制與 1 Hz 頻率在實際環境下的網路負載比較

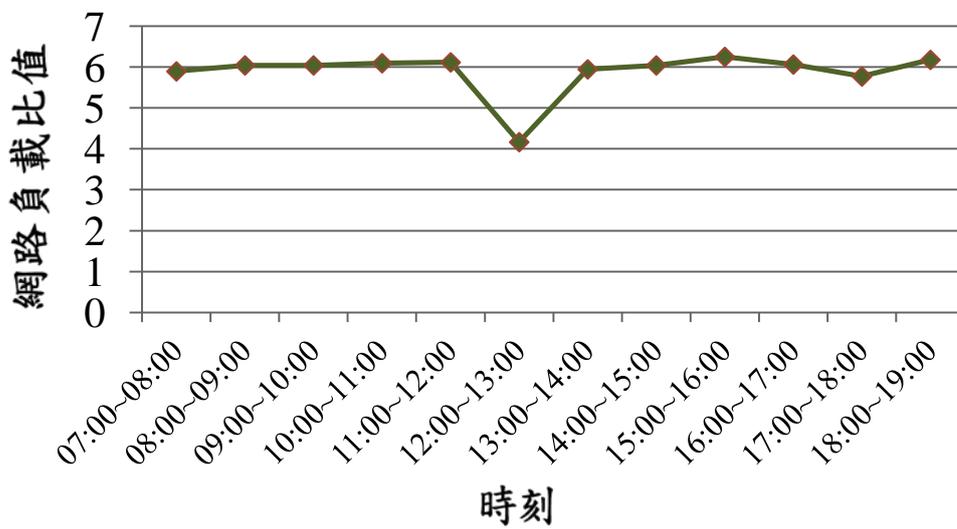


圖 18. 自適性調控機制與 1 Hz 頻率之網路負載的比值

第五章

結論

本研究提供了一個利用街道上車輛分布的可能情形，只需知道街道之車輛數、街道長度、車道數和傳輸距離，即可以計算出該街道中車輛無法成功接收到緊急訊息的機率，進而可推測出最適宜的重複傳送次數和傳送間隔時間，使該街道上車輛在離開前都能收到訊息的機率能達到所需的目標值，這就是本研究中提出的訊息廣播頻率與傳送之可靠度關係的推導。此可靠度推測結果與模擬之數據結果相當相符，因此也可證實此推導確實符合正確性。

文中提出的訊息廣播頻率調控機制設計，只需利用事故發源車輛進行竊聽機制，不需要其他多餘的訊息回傳機制，即可推測出危險區域中街道的車輛數，進而即時計算出要使危險區域之街道中車輛能即時收到緊急訊息所需的傳送頻率，並定期更新此最適宜之傳送頻率，即可達到即時動態調控的目的。由模擬結果顯示，此調控機制確實可用於實際的道路情形，不論在不同時刻的車流量變化，利用此調控機制仍可以使緊急訊息之傳送可靠度達到設定的目標值，而且可以將傳送訊息造成的網路負載降低，也

不會因為車輛一時增多而使得網路負載突然暴增，所以可合理的減少多餘的訊息傳送，使該區域之網路傳輸不會有過多的干擾。

此一個結合可靠度推導與訊息廣播調控機制設計之方法，就是本研究所提出的緊急訊息之自適性廣播調控機制。利用一些環境中的參數來計算最適宜的傳送頻率，並定期更新，讓緊急訊息傳送至需要的車輛之可靠度可以被保證。

在這些環境參數中尚有一項參數是此機制無法即時得知當下環境的實際參數值而做動態調整，只能藉由事先設定好一個大概的值來完成，也就是該街道的平均車速。未來希望可以在此機制中做到能夠即時偵測危險區域之街道中車輛的平均車速，使本機制對車輛成功接收緊急訊息之機率的計算更加精確，以使此緊急訊息之自適性廣播調控機制能適用於更多變化的環境之中。



參考文獻

- [1] 行政院衛生署 (2011, 7月29日)。99年主要死因分析。資料引自 http://www.doh.gov.tw/CHT2006/index_populace.aspx
- [2] 內政部警政署 (2011, 8月23日)。道路交通事故(A1及A2類)。資料引自 <http://www.npa.gov.tw/NPAGip/wSite/mp?mp=1>
- [3] 內政部警政署 (2011, 4月19日)。道路交通事故 (A1類)一道路類別及道路型態別。資料引自 <http://www.npa.gov.tw/NPAGip/wSite/mp?mp=1>
- [4] J. Li and C. Chigan, “Achieving Robust Message Dissemination in Vehicular Ad Hoc Networks,” accepted and to appear in *IEEE Wireless Communications Magazine*.
- [5] M.L. Sichitiu and M. Kihl, “Inter-Vehicle Communication Systems: A Survey,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, pp. 88-105, 2008.
- [6] L. Armstrong, “Dedicated Short Range Communications (DSRC),” [Online]. Available: <http://www.leearmstrong.com/Dsrc/DSRCHomeset.htm>
- [7] S. Bai, Z. Huang, D. Kwak, S. Lee, H. Oh and J. Jung, “Vehicular Multi-Hop Broadcasting Protocol for Safety Message Dissemination in VANETs,” in *Proceedings of the 70th IEEE Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2009-Fall)*, pp. 1 – 5, 2009.
- [8] C. Y. Yang and S. C. Lo, “Street Broadcast with Smart Relay for Emergency Messages in VANET,” in *Proceedings of the 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)*, pp.

323 – 328, 2010.

- [9] S. Busanelli, G. Ferrari and S. Panichpapiboon, “Efficient Broadcasting in IEEE 802.11 Networks through Irresponsible Forwarding,” in *Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2009)*, pp. 1 – 6, 2009.
- [10] C. M. Huang, L. Tu and C. H. Chou, “ReWarn: An Opportunistic Relay Scheme for Cooperative Collision Warning in VANET,” in *Proceedings of the 20th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, pp. 3030 – 3034, 2009.
- [11] N. Wisitpongphan, O.K. Tonguz, J.S. Parikh, P. Mudalige, F. Bai and V. Sadekar, “Broadcast Storm Mitigation Techniques in Vehicular Ad Hoc Networks,” *IEEE Wireless Communications*, pp. 84 – 94, 2007.
- [12] H. Alshaer and E. Horlait, “An Optimized Adaptive Broadcast Scheme for Inter-Vehicle Communication,” in *Proceedings of the 61st IEEE Vehicular Technology Conference (VTC 2005-Spring)*, Vol. 5, pp. 2840 – 2844, 2005.
- [13] W. Woon and K.L. Yeung, “Self-Pruning Broadcasting for Mobile Ad Hoc Networks,” in *Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2009)*, pp. 1 – 6, 2009.
- [14] F.J. Ros, P.M. Ruiz and I. Stojmenovic, “Reliable and Efficient Broadcasting in Vehicular Ad Hoc Networks,” in *Proceedings of the 69th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC 2009- Spring)*, pp. 1 – 5, 2009.
- [15] Y. T. Yang and L. D. Chou, “Position-Based Adaptive Broadcast for Inter-Vehicle Communications,” in *Proceedings of the IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops 2008)*, pp. 410 – 414, 2008.
- [16] T. Shi, N. Wang and P. Xiong, “An On-demand Virtual Backbone Broadcast

- Protocol for VANET,” in *Proceedings of the 1st International Conference on Information Science and Engineering (ICISE 2009)*, pp. 3967 – 3972, 2009.
- [17] O.K. Tonguz, N. Wisitpongphan and F. Bai, “DV-CAST: A distributed vehicular broadcast protocol for vehicular ad hoc networks,” *IEEE Wireless Communications*, Vol. 17, no. 2, pp. 47 – 57, 2010.
- [18] C. W. Yi, Y. T. Chuang, H. H. Yeh, Y. C. Tseng and P. C. Liu, “Streetcast: An Urban Broadcast Protocol for Vehicular Ad-Hoc Networks,” in *Proceedings of the 71st IEEE Vehicular Technology Conference (VTC 2010-Spring)*, pp. 1 – 5, 2010.
- [19] P. Fan, “Improving Broadcasting Performance by Clustering with Stability for Inter-Vehicle Communication,” in *Proceedings of the 65th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2007-Spring)*, pp. 2491 – 2495, 2007.
- [20] H. Jiang, H. Guo and L. Chen, “Reliable and Efficient Alarm Message Routing in VANET,” in *Proceedings of the 28th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCS 2008)*, pp. 186 – 191, 2008.
- [21] K. Ito, N. Suzuki, S. Makido and H. Hayashi, “Periodic Broadcast Type Timing Reservation MAC Protocol for Inter-Vehicle Communications,” in *Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2009)*, pp. 1 – 6, 2009.
- [22] Y. Bi, H. Zhao and X. Shen, “A Directional Broadcast Protocol for Emergency Message Exchange in Inter-Vehicle Communications,” in *Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC 2009)*, pp. 1 – 5, 2009.
- [23] F. A. Tobagi and L. Kleinrock, “Packet switching in radio channels: Part II – The hidden terminal problem in carrier sense multiple access and the busy-tone

- solution,” *IEEE Transactions on Communications*, vol. 23, no. 12, pp. 1417-1433, 1975.
- [24] Z. J. Haas and J. Deng, “Dual Busy Tone Multiple Access (DBTMA) – A Multiple Access Control Scheme for Ad Hoc Networks,” *IEEE Transactions on Communications*, vol. 50, no. 6, pp. 975-984, June 2002.
- [25] G. Korkmaz, E. Ekici, F. “Ozg”uner, and Umit “Ozg”uner, “Urban Multi-Hop Broadcast Protocol for Inter-Vehicle Communication Systems,” in *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Vehicular ad hoc networks*, pp. 76 – 85, 2004.
- [26] N. Na Nakorn, and K. Rojviboonchai, “DECA: Density-Aware Reliable Broadcasting in Vehicular Ad-Hoc Networks,” in *Proceedings of the IEEE the 7th ECTI-CON 2010*, pp. 598-602, 2010.
- [27] K. Na Nakorn and K. Rojviboonchai, “POCA : Position-Aware Reliable Broadcasting in VANET,” accepted and to appear in *Proceedings of the 2nd Asia-Pacific Conference of the Information Processing APCIP2010*, 2010.
- [28] X. Yang, J. Liu and F. Zhao, “A Vehicle-to-Vehicle Communication Protocol for Cooperative Collision Warning,” in *Proceedings of IEEE Mobiquitous*, pp. 114-123, 2004.
- [29] J. F. Lee, C. S. Wang and M. C. Chuang, “Fast and Reliable Emergency Message Dissemination Mechanism in Vehicular Ad Hoc Networks,” in *Proceedings of the Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, pp. 1 – 6, 2010.
- [30] M. Raya and J. Hubaux, "The Security of Vehicular Ad hoc Networks," in *Proceedings of the ACM Workshop on Security of Ad Hoc and Sensor Networks*

(SASN), pp. 11-21, 2005.

[31] A. Stampoulis, and Z. Chai, "A Survey of Security in Vehicular Networks", Project CPSC 534, 2007.

[32] F. Bai, T. Elbatt, G. Hollan, H. Krishnan, and V. Sadekar, "Towards Characterizing and Classifying Communication based Automotive Applications from a Wireless Networking Perspective," in *Proceedings of the IEEE Workshop on Automotive Networking and Applications (AutoNet)*, Dec. 2006.

[33] "The Network Simulator: NS-2," [Online]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns>

