

國立臺灣師範大學電機工程學系

碩士論文

指導教授：黃政吉 博士

車載網路中協調式多通道媒體存取控制通訊規約之
設計

Designs of Coordinated Multichannel MAC Protocol for Vehicular Ad
Hoc Networks



研究生：王媿文 撰

中華民國 一零七年七月

車載網路中協調式多通道媒體存取控制通訊規約之設計

學生：王媿文

指導教授：黃政吉

國立臺灣師範大學電機工程系碩士班

摘要

車載網路(Vehicular Ad Hoc Networks, VANETs)為有前景的無線通訊技術，能提供安全性應用與娛樂資訊。車載網路的主要標準之一，為汽車環境無線存取(Wireless Access in Vehicular Environments, WAVE)。在 WAVE 中定義同步區間(Synchronization Interval)與多通道(Multichannel)存取。多通道包含一個控制通道及六個服務通道。在先前的研究中如 C-MAC，提到協調式多通道媒體存取控制通訊規約作法。C-MAC 是透過路邊基地台居中協調，包含安全訊息的傳送、傳輸預約、車輛辨識等等。C-MAC 的作法中可確保安全訊息的傳送是免碰撞，但在傳輸預約及車輛辨識方面，它的通道使用卻是欠缺效率。換言之，在 C-MAC 作法中，這兩個部分是透過競爭過程來完成，是導致通道頻寬被浪費的主要原因。我們提出兩種作法：作法一為有辨識過程、作法二為沒有辨識過程。兩種作法在傳輸預約上都採用免競爭的方式，以確保通道有效地被使用。模擬結果顯示，我們提出的作法在通道頻寬與吞吐量上都優於 C-MAC 的作法。

關鍵字：車載網路、同步區間、多通道存取、媒體存取控制通訊規約。

Designs of Coordinated Multichannel MAC Protocol for Vehicular Ad Hoc Networks

Student : Wang, Pei-Wen

Advisor : Dr. Huang, Jeng-Ji

Department of Electrical Engineering
National Taiwan Normal University

ABSTRACT

Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs) have widely considered as a promising wireless communication technology that can simultaneously provide vehicle safety and infotainment. In view of this, Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) has been standardized, in which synchronization intervals and multichannel access are defined. To be more specific, there are one control channel (CCH) and six service channels (SCHs). In previous works, e.g. C-MAC, a coordinated multichannel MAC control protocol has been designed, in which road side units (RSUs) play the role of a coordinator and arrange for the delivery of safety messages, transmission reservations, vehicle identifications, and so on. Though collision-free delivery of safety messages is guaranteed in C-MAC, it has the drawback that channel utilization is inefficient in transmission reservations and vehicle identifications. That is, they are done by means of a contention-based process, which can easily result in waste of channel bandwidth. In order to remedy this, we have proposed two designs in this thesis: one with an identification process of vehicles and another without. In both our designs, transmission reservations are all performed in a collision-free manner, ensuring that channel is efficiently utilized. Simulation results demonstrate that our proposed designs can outperform C-MAC in terms of channel bandwidth and throughput.

Keywords—VANETs, synchronization intervals, multichannel access, MAC.

誌 謝

在做研究的階段，最要感謝的是我指導教授黃政吉博士。在研究上，老師與我討論問題會用提問的方式，透過這種方式引導我主動去思考問題。老師也常苦口婆心的提醒我，對任何事情都要認真的想過，不論在現在的研究上，還是在未來的工作上，都會是非常重要的。在我迷惘的時候，跟著老師的步驟走，漸漸的研究也慢慢成型，在此要致上最深的感謝。

接著要感謝的是實驗室的學妹陳庭玉、學弟邱昱瀚兩人。在研究上，有時候達不到預期的結果，學妹會給我有用的建議，且學妹的細心也會替我去注意到我常常注意不到的細節。在一些問題上不懂的時候，學弟會耐心跟我講解。

最後要感謝的是我的家人，在研究所的階段默默得陪伴我。有時候心情不好時，家人也會關心我，並給我最大的支持與鼓勵。

王佩文 謹致於

中華民國 一零七年六月

目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌 謝	iii
目 錄	iv
表 目 錄	v
圖 目 錄	vi
第一章 緒論	1
1.1 研究動機與背景	1
1.2 研究目的	7
1.3 論文架構	9
第二章 重要文獻探討	10
2.1 純車載網路的作法	10
2.2 結合行動電話的作法	11
2.3 路邊基地台的作法	16
第三章 研究方法	25
3.1 系統架構	25
3.2 有辨識過程	27
3.3 沒有辨識過程	30
3.4 傳送資料的區間長度	34
3.5 作法的切換機制	34
第四章 實驗結果	35
4.1 移動模型	36
4.2 C-MAC 中服務通道區間長度與通道預約區間長度	38
4.3 安全訊息階段比較	41
4.4 服務通道區間比較	48
4.5 平均傳送資料區間的長度比較	49
4.6 吞吐量比較	52
第五章 結論	54
附 錄 一	55
參 考 文 獻	60
自 傳	63
學 術 研 究	64

表 目 錄

表 1：參數設定表。.....	35
表 2：重要文獻符號表。.....	55
表 3：符號表。.....	56
表 4：英文縮寫表。.....	57



圖 目 錄

圖 1-1：車載環境示意圖[2]。	2
圖 1-2：同步區間示意圖。	3
圖 1-3：5.9GHz 上 WAVE 配置系統圖[15]。	4
圖 2-1：狀態轉換圖[17]。	11
圖 2-2：狀態轉換示意圖[13]。	14
圖 2-3：ACFM 之路邊基地台環境假設[16]。	17
圖 2-4：ACFM 之整體的概念圖[16]。	18
圖 2-5：C-MAC 之車載環境示意圖[18]。	19
圖 2-6：C-MAC 之架構圖[18]。	20
圖 2-7：C-MAC 之辨識過程[18]。	21
圖 3-1：(a) Ω_1 中第 t-2 個同步區間車輛移動示意圖；(b) Ω_1 中第 t-1 個同步區間車輛移動示意圖；(c) Ω_1 中第 t 個同步區間車輛移動示意圖；(d) Ω_1 中 SMP 的時槽。	26
圖 3-2： Ω_1 之車載環境假設圖。	27
圖 3-3： Ω_1 之同步區間架構圖。	29
圖 3-4：(a) Ω_2 中車輛移動示意圖；(b) Ω_2 中 SMP 之時槽。	30
圖 3-5：通訊範圍示意圖。	31
圖 3-6： Ω_2 之車載環境假設示意圖。	32
圖 3-7： Ω_2 之同步區間架構圖。	33
圖 4-1：五車道合併之檢驗結果圖。	37
圖 4-2：路邊基地台下總節點數。	38
圖 4-3：C-MAC 中服務通道區間的長度與通道預約區間的長度之比例。	39
圖 4-4：(a) Ω_1 中 SMP 之總節點數量；(b) Ω_1 中 SMP 之總節點數量 CDF。	40
圖 4-5： Ω_1 中 SMP 區間長度。	41
圖 4-6：(a) Ω_1 中新進車輛；(b) Ω_1 中辨識新進車輛所用的時槽數。	42
圖 4-6：(c) Ω_1 中尚未完成辨識車輛。	43
圖 4-7：(a) Ω_2 中 SMP 之總節點數量；(b) Ω_2 中 SMP 之總節點數量 CDF。	44
圖 4-8： Ω_2 中 SMP 之區間長度。	45
圖 4-9：(a) SMP 之總節點數量比較；(b) SMP 之總節點數量比較 CDF。	46
圖 4-10：SMP 之區間長度比較。	47
圖 4-11：SCHI 之區間長度比較。	48

圖 4- 12： γ 值的變化。	49
圖 4- 13： 平均資料傳送區間的比較。	50
圖 4- 14： Ω_1 與 C-MAC 之間的倍率。	51
圖 4- 15： Ω_2 與 C-MAC 之間的倍率。	52
圖 4- 16： (a)短封包負載吞吐量；(b)長封包負載吞吐量。	53



第一章 緒論

1.1 研究動機與背景

在科技如此蓬勃發展的世代下，車載網路(Vehicular ad-hoc network, VANET)是近期內許多人討論的議題之一。車載網路是能夠促使智慧交通系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)有更好發展的重要環節之一。不同領域上對車載網路感興趣的研究方向也都不盡相同。在學術界有電動車充電問題[1]、路徑規劃[2]~[5]、訊息延遲分析[6]、娛樂資訊傳送等等[7]。在政府和汽車廠商之間執行著許多不同的計劃，像是在現今汽車產業裡，汽車裡已經裝有相當程度計算和通訊能力的設備，例如：福特公司MyFord Touch、豐田公司的Entune、賓士公司的Mbrace2等等；美國的交通部門也積極與汽車廠商以及各大學進行合作，實現在各種先進智慧交通系統的項目，例如：汽車連結程式(Connect Vehicle program)、整合汽車基礎設施(Vehicle Infrastructure Integration, VII)項目、柏克萊路徑(Berkeley PATH)項目等等[7]。從上述這些項目可看出其目的是要完善智能交通系統，且在各領域上皆有不同的研究方向，因此車載網路是具有前瞻性的技術。

車載網路的環境如圖1-1包含有：沿著路邊固定架設的路邊基地台(Road-side unit, RSU)設施、裝在車子上通訊的車載設備(On-board unit, OBU)圖中是用v1~v7來表示。在專用短程通訊的無線技術上是能夠支援二種模式。一種是基礎設施對車(Infrastructure-to-vehicle, I2V)通訊模式，是用於路邊基地台與車輛之間的通訊；另一種是車對車(Vehicle-to-vehicle, V2V)通訊模式，是用於車輛與車輛之間的通訊。車載環境下能透過無線通訊，讓

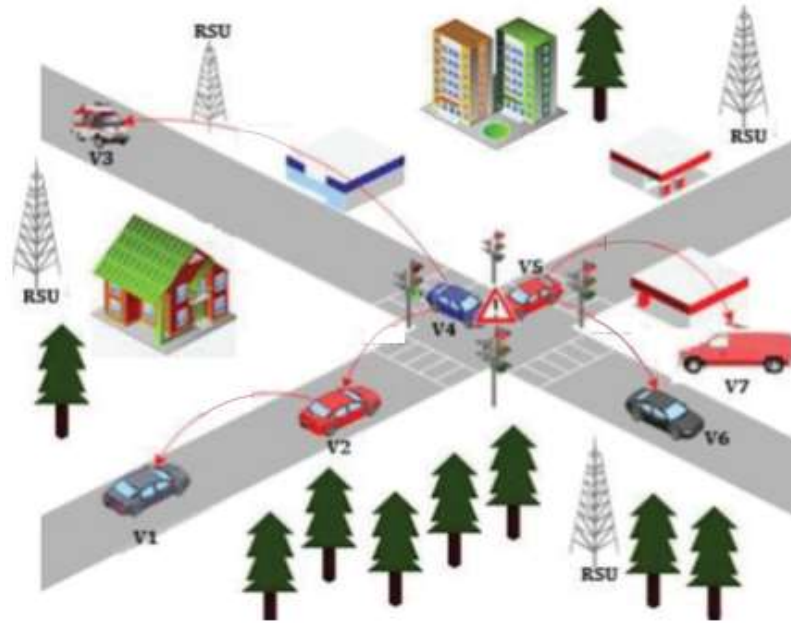


圖 1-1：車載環境示意圖[2]。

車輛與路邊基地台進行通訊，也能夠讓車輛與鄰居車輛進行通訊。

車載網路的應用主要可以分為安全性應用跟服務性應用兩類。安全性應用主要有緊急訊息和週期性廣播兩類。緊急訊息包含有：電子煞車警告、發生事故後(post-crash)通知、交通號誌通知等等。週期性廣播內容為現在汽車的狀態，例如：位置、車速、方向等等。在[8]中提到安全訊息擁有較高的優先權，是為了確保資料能夠即時傳送和保證通訊的可靠度，所以安全訊息必須要有較低的延遲。在車載網路下，一般安全訊息是透過競爭視窗隨機選擇退後時槽，來決定傳送優先順序。由於安全訊息的緊急性，競爭視窗通常設定會較小，但依然擁有碰撞的可能，無法確保能完整傳送，因此免競爭的安全訊息也是許多研究的方向。在[8]中也提到服務性應用的目的，主要是為了提高交通運輸效率以及駕駛舒適度，例如：告知可用的停車場、地圖、電子收費、媒體下載、網路服務等等，因此服務性應用的優先權較低，但是對吞吐量要求較大。

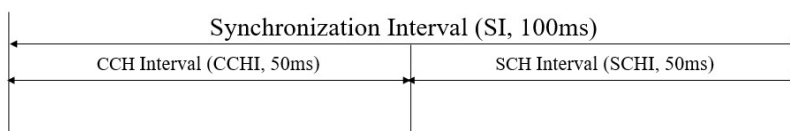


圖 1-2：同步區間示意圖。

車載網路的主要標準之一，稱為汽車環境無線存取(Wireless Access in Vehicular Environments, WAVE)。汽車環境無線存取是用於整體的車載通訊上，這個標準包含了 IEEE 802.11p 和 IEEE 1609 家族[9]。其中 IEEE 802.11p 是根據 IEEE802.11a PHY/MAC 所修改，適用於高速移動的車輛；IEEE 1609 家族則是包含了 IEEE 1609.1 用於資源管理、IEEE 1609.2 用於安全訊息服務、IEEE 1609.3 用於網路服務、IEEE 1609.4 用於多通道的協調。在汽車環境無線存取標準裡定義了七個通道：這七個通道是由一個控制通道(Control Channel, CCH)和六個服務通道(Service Channels, SCHs)所組成。

在 IEEE 1609.4 中提到同步區間(Synchronization Interval, SI)的概念。如圖 1-2 的示意圖在同步區間下可以分為控制通道區間(CCH Interval, CCHI)以及服務通道區間(SCH Interval, SCHI)。總同步區間長度為 100ms [10]，其中同步區間可以再將時間對半分為 50ms 的控制通道區間，用以傳送車輛安全訊息和控制訊息；50ms 的服務通道區間用來傳送娛樂資訊。但依照不同研究提出的方式也可以去調整兩個通道區間的比例配置。在控制通道區間下所有車輛都要切換至控制通道上，在這期間可以發送安全訊息、傳送請求和回應，之後車輛會依據控制通道請求和回應的成功與否，再分別切換到不同的服務通道。舉例來說，如圖 1-1 的 v1 和 v2 兩輛車，會都先切換至控制通道上去傳送安全訊息，且在控制通道上送出請求回應，成功後路邊基地台會挑選某個服務通道來傳送資料封包，之後車輛會切換到指定的服務通道上傳送資料。

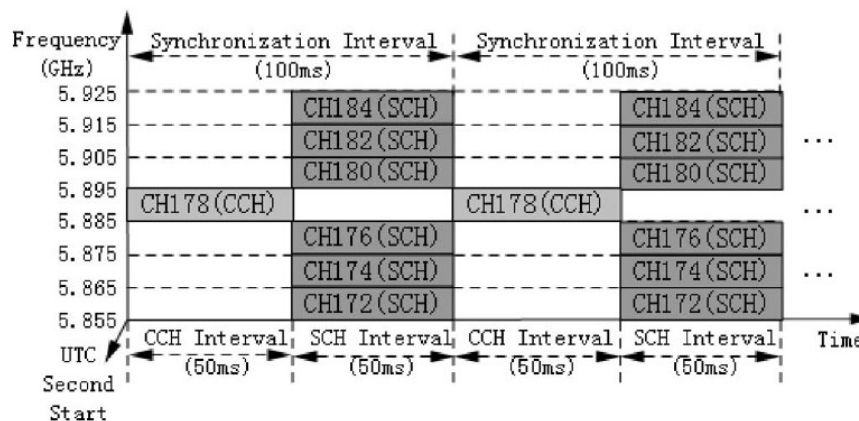


圖 1-3：5.9GHz 上 WAVE 配置系統圖[15]。

另一方面為了有更多不同類型的車載網路應用，聯邦通訊委員會 (Federal Communications Commission, FCC) 也在 5.9GHz (5.850GHz-5.92GHz) 的頻段上分配 75MHz 的頻寬給車載系統使用[11]。其中第一個 5MHz 為預留通道，用來給安全空白邊界使用；上述提到的七個通道，每一個通道各有 10MHz。能夠提供高速資料傳送率約 6Mbps~27Mbps，通訊範圍約 300 公尺。圖 1-3 控制通道使用編號為 CH178 是用來控制與管理其他六個服務通道。在六個服務通道中 Ch172 用於避免交通事故及緊急應變，當成緊急訊息傳送通道；CH184 為高功率大範圍通道，適用於較遠的公共安全訊息傳送；剩餘的通道用於普通服務資料傳送，也可以根據頻寬的應用將用來傳送普通服務資料的服務通道合併為 20MHz。將它稱為 CH175={CH174, CH176}、CH181={CH180, CH182}，此時 20MHz 通道傳送上的資料優先順是低於其他通道[11]。

目前在已經有許多和車載網路相關的研究，在我們的研究中主要是去調整在 IEEE 1609.4 所提到的同步區間概念。這裡可以把先前車載網路的研究區分為兩種類型：媒體存取控制 (MAC) 通訊規約、非媒體存取控制 (non-MAC) 通訊規約。

非媒體存取控制通訊規約的研究包含[12]與[13]。[12]把廣泛的3GPP (e.g., UMTS) 網路以及車載網路的概念結合起來，提出一個車載網路與UMTS集結網路的概念。提出方法主要不同是在他們建群的方式，是透過車輛與基站收發器之間的關係去建群。透過建群方式選出的閘道候選，能夠去傳送相關訊息到群集裡的其他成員。主要建群的作法將會詳述在第二章重要文獻裡。這篇若是群集成員數量過多時可能會發生競爭，因此有碰撞的可能並未能保證在安全訊息上能夠完整的傳送。

[13]提出個結合IEEE 802.11p和LTE的混合架構，其架構包含第四代(4G)通訊系統和IEEE 802.11p多跳(multihop)建群方式。在這混合架構裡多跳的建群方式被稱為VMaSC，因此整體架構又可以稱為VMaSC-LTE混合架構。他們提出的建群方式與[12]這篇不一樣，這裡主要的建群方式會在第二章重要文獻時被詳述。在群集中利用群集頭與基地台之間傳遞訊息作為訊息轉傳的方式，再去傳送資料給該群集中的群集成員。此篇優點具有低延遲、高封包傳送率且維持最小蜂巢式系統的使用量。在這篇缺點同樣有當群集成員數量過多時可能發生競爭和碰撞，同樣未能保證在安全訊息上能完整的傳送，且維護群集的成本開銷也比較大。

媒體存取控制通訊規約可再細分為：分時多工(TDMA)、非分時多工的(non-TDMA)兩種類型。分時多工的作法包含[15]與[16]。[15]提出利用分時多工的媒體存取控制通訊規約於車載網路上，稱為VeMAC。這作法目的是要能夠提高廣播訊息的可靠度。他們可以有效地提供一跳(one-hop)和多跳(multihop)的廣播服務。在這篇重要的是利用不相交時槽的集合來分給不同方向的車輛和路邊基地台，用來減少傳輸上的碰撞，以增加控制通道上安全應用的吞吐量。雖然是減少了安全訊息上的碰撞，但依然無法保證安全訊息在控制通道上能夠完全的避免碰撞。

[16]提出一個免碰撞的媒體存取層控制通訊規約，也是利用分時多工(TDMA)的方式在車輛間通訊，這個作法稱為ACFM。首先他們對環境的假設為部署在非常密集的路邊基地台場景下。他們主要的作法是把同步區間的0.1s，依據車輛數切割成若干個碼框數，最多一個循環有五個碼框數，再依據路邊基地台封包告知排程結果。他們主要的作法會在第二章重要文獻被詳述。這篇有一個問題是他們把所有的通道資源都分給車輛，但若是車輛沒有資料要被傳送，就會有浪費的可能。

非分時多工(non-TDMA)的作法包含[7]、[8]、[14]、[17]、[18]。[7]提出協作式資料排程的作法。他們使用多通道分別為一個控制通道與兩個服務通道。在控制通道上傳送管理資訊、服務廣告、控制訊息，再依據結果傳送到對應服務通道；在兩個服務通道上分別是車對基礎設施通訊模式和車對車通訊模式。主要的作法將會詳述在第二章重要文獻裡，但這篇沒有詳細說明車輛與路邊基地台之間通訊的方式。

[8]提出在車載網路中適應性指派和協調的方法稱為AMAC。他利用通道存取排程與通道切換的方式。AMAC作法包含兩種機制：第一種是服務通道資源預約；第二種是封包傳送碰撞感知機制，碰撞感知機制可以去降低控制通道安全訊息的碰撞機率，提高安全訊息封包傳送機率。雖然AMAC可以降低在安全訊息上的碰撞，但同樣並不能保證在控制通道上安全訊息能夠完全沒有碰撞。

[14]提出可變動式控制通道區間(VCI)媒體存取層控制通訊規約的作法。這作法可以動態性地調整控制通道與服務通道之間的長度比例，也加入多通道協調的機制，讓在服務通道存取也能夠有免競爭的方式。在這篇論文中他們可以提高服務通道吞吐量和降低延遲，但他們在控制區間上請

求與回應依然是運用競爭的方式，接著依據協調封包的結果在對應的服務通道進行傳送。

[17]提出根據群集多通道媒體存取控制通訊規約的方式，以改善車載網路在吞吐量上的應用。先前大多數的研究都是用路邊基地台去做協調，並且安排配置控制通道與服務通道上的時槽。但這篇不一樣地是運用了建群的方式，透過群集頭安排服務通道以及控制通道上的時槽給群集成員。這篇主要的作法會詳述在第二章重要文獻的部分。

[18]提到在車載網路中協調式多通道媒體存取層控制通訊規約的作法，稱為C-MAC。他們考慮的車輛是有著無線通訊的能力，會週期性廣播發生事故後(post-crash)通知和合作式碰撞警告。這些車載的重要應用主要是透過車輛感測平台來收集資料。在他們考慮情景下安全廣播訊息就變得十分重要，相比於傳統的競爭方式，透過他們的作法為安全訊息安排免碰撞傳送，能夠去確保安全訊息傳送的可靠度和增加資料收集率，也能夠輕微地減少服務資料傳送的延遲。這篇主要的作法將在第二章重要文獻被詳述。

在我們的論文中，會提出不同地控制通道區間與服務通道區間的比例。我們的作法也利用路邊基地台去為安全訊息、資料傳送請求與回應做免碰撞的傳送，運用多個服務通道讓資料去傳送達到高吞吐量和高資料傳送量。

1.2 研究目的

由於近期智慧交通系統的迅速發展，車聯網(Internet of Vehicle, IoV)又可稱為汽車移動物聯網技術，是近期受到重視的技術之一。對所有車輛

的訊息進行提取及有效利用，並依據不同的功能需求對所有車輛進行有效監督或提供所需的資料傳送服務。

在車輛監督方面，傳送安全訊息是最為重要的一部分。透過安全訊息可以減少車輛事故發生。舉例來說，前方出現緊急事件的話，安全訊息的告知就可以提供駕駛者車輛資訊，以減少碰撞事故機率。其中安全訊息是週期性的廣播封包，內容包含發送車輛的位置和車速。一般而言車輛是隨機選擇退後時槽和競爭視窗，以決定車輛傳送優先順序。由於是緊急訊息的傳送，會把競爭視窗設計為較小的值，但還是會有很小的機率發生碰撞，無法完全確保安全訊息的傳送，因此讓安全訊息免碰撞也是重要的議題。

目前有許多研究都從安全訊息的方向著手，讓安全訊息傳送具有免碰撞，但是在資料傳送請求回應上依然是使用競爭的方式，很少有作法也將這部分考慮成免競爭方式，因此這部分也成為我們主要改善的地方。

同步區間架構下，服務通道區間和控制通道區間的比例，有許不同配置的方式。在我們的作法裡，主要是去增強[18]提出車載網路中協調式多通道媒體存取控制(Coordinated Multichannel MAC, C-MAC)通訊規約的作法。[18]提出免碰撞的安全訊息傳送、通道預約、辨識的方式。然而在他們的作法下，通道預約是用競爭的方式，當新進車輛數較低時，識別方式會有浪費的可能。在這篇論文裡我們提出兩個作法：作法一稱為有辨識過程，是利用[18]提出的辨識方式；作法二稱為沒有辨識過程，是透過告知路邊基地台鄰居車輛資訊的方式來取代辨識過程。兩種方法皆有安全訊息免碰撞的方式，且車輛是可以透過免競爭的方式提出傳送請求與回應，因此我們改善[18]的缺點。我們的作法在車輛密度較低的時候，適合用沒有識別過程的作法二；在高車輛密度的時候適合用有辨識過程的作法一。在車輛密度為 0.2

(vehicles/m)情況下，我們的 Ω_1 裡平均傳送資料區間的長度要比 C-MAC 作法好 1.5991 倍、 Ω_2 裡平均傳送資料區間的長度要比 C-MAC 作法好 1.9088 倍。

本論文欲達成目的如下：

1. 提出新的控制通道區間長度(CCHI)與服務通道長度(SCHI)比例的方法。
2. 車輛提出請求與回應時，是透過免競爭的方式。

1.3 論文架構

本論文架構如下：第一章為緒論簡介；第二章為重要文獻介紹，此章節重要文獻包含純車載網路的作法、結合行動電話的作法、路邊基地台的作法；第三章為研究方法，此章節會詳述我們的作法，可以更加清楚我們兩個作法的不同；第四章為實驗結果，此章節會去展現我們作法的結果以及與 C-MAC 作法的比較；第五章為結論；最後附錄的部分為符號表跟縮寫表，以方便查找本篇論文所提到的符號跟縮寫。

第二章 重要文獻探討

在這章節下我們把文獻所提出的作法分為三種類型：純車載網路的作法、結合行動電話通訊的作法、路邊基地台的作法。

2.1 純車載網路的作法

[17]提出根據群集多通道媒體存取控制通訊規約的方法。圖2-1為群集狀態轉圖，其作法可以分成四種狀態：初始狀態(IS)、臨時群集頭(TCH)、群集頭(CH)、群集成員(CM)。

1. Initiate State (IS)：為初始狀態，車輛剛加入網路的狀態。
2. Temp cluster head (TCH)：為臨時群集頭狀態，車輛已經發送群集請求(RFC)訊息。在這狀態與群集頭有相同能力，且在下一個碼框裡沒有偵測到碰撞時改變為群集頭的狀態。
3. Cluster head (CH)：為群集頭狀態，車輛在這狀態下是負責維持群集。在控制通道上，群集頭會為群集成員排程時槽，且收集群集成員以及相鄰群集的安全訊息，進一步整合後把訊息發送給群集成員和相鄰群集頭；在服務通道上，群集頭也會為群集成員排程時槽以便交換服務資料。
4. Cluster member (CM)：為群集成員狀態。在控制通道上能夠與該群集的群集頭通訊；在服務通道上，能與其他成員交換服務資料。

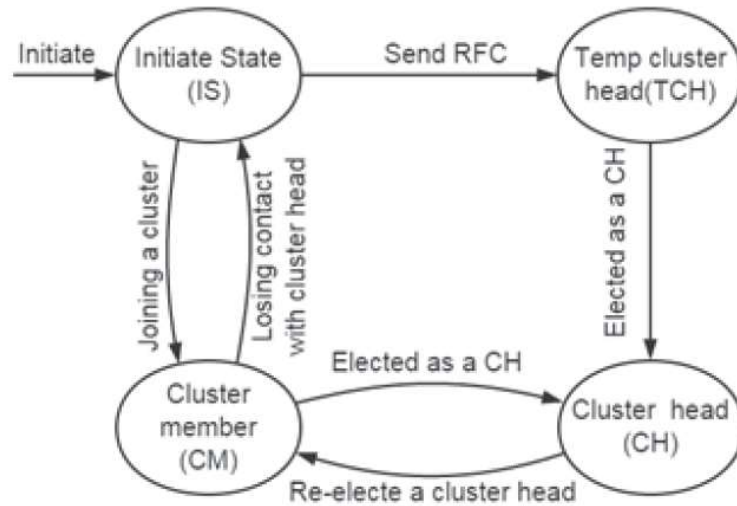


圖 2- 1：狀態轉換圖[17]。

2.2 結合行動電話的作法

[12]提出VANET-UMTS的整合網路架構。他們的作法分為兩種步驟：第一步驟是根據不同的測量來動態性建群；第二步驟是選擇少數具有IEEE 802.11p與UTRAN介面的車輛去當作車載服務閘道，車輛能夠透過車載服務閘道連結至UMTS網路。

第一步驟動態性建群裡，首先他們假設所有車輛都裝載 GPS，且他們會去追蹤不同方向上道路的情景。這裡動態性建群分為三個步驟：車輛移動方向(θ)、UMTS 訊號接收強度(RSS)、車輛之間的距離(IVD)。他們使用建群是為了能夠有效轉傳或廣播訊息，以及增加在車載網路下鏈路的穩定性。

1. 車輛移動方向：在方向性天線協定裡，可以準確的將車輛依據移動方向來建群。這裡可用笛卡爾座標表示為 $S_N = (\cos\theta_N, \sin\theta_N)$ 的向量，其中 θ_N 為斜角，是透過車輛裡裝載的 GPS 裝置來決定斜角的角度。接著再依據基站收發器(Base Station Transceiver, BST)的方向，細分為朝向基站

收發器以及遠離基站收發器兩種不同子群集。

2. UMTS 訊號接收強度(RSS)：他們使用 UMTS 訊號接收強度，不採用車輛移動速度。他們認為車輛在快速移動上，車輛移動速度的值是不一致，很難作為門檻值來使用，因此也是這篇論文最不一樣的地方。訊號接收強度可以表示如下[12]：

$$RSS = RSS_0 \pm \int_0^{v_{MAX}} (1 - e^{-\frac{v}{\alpha}}) dv \quad (1)$$

其中 RSS_0 是車輛訊號強度的初始值； v_{MAX} 是車輛最大的車速值； $(1 - e^{-\frac{v}{\alpha}})$ 是 UMTS 訊號強度變化的函數，與車輛車速相關； α 是一個常數，被定義成 UMTS 訊號強度的變化率，其變化率增加或減少是與車輛移動速度、車輛朝向(或遠離)UMTS 基站收發器有關。第一步驟形成的子群集車輛，若是在 3G 活動範圍下，子群集的車輛將會變成閘道候選(Gateway Candidates, GWCs)。閘道候選車輛使用 UMTS 訊號強度，若接收強度大於門檻值時，將會再形成單獨的閘道候選子群集，此子群集的車輛將能啟動 UTRAN 介面的功能。

3. 車輛之間的距離(IVD)：上述建群步驟後，接著使用 IEEE 802.11p 無線傳輸範圍來建群。在一組閘道候選中，若是小於、等於 IEEE 802.11p 無線傳輸範圍時，他將會加入現有的群集或是形成一個新的子群集。閘道候選車輛的範圍可以表示成[12]：

$$R_{GW} = T_r \cdot (1 - \epsilon) \quad (2)$$

其中 T_r 為最大 IEEE 802.11p 無線傳輸範圍； ϵ 為反映該區域下無線通道衰落的條件。

關於第二部分他們設想了適應性移動閘道管理機制，這部分主要包含：多種測量移動閘道選擇、閘道切換支援、閘道發現及廣告。

1. 多種測量移動閘道選擇：採用多種測量移動閘道演算法(Multi-metric

Mobile Gateway Selection Algorithm, MMGSA)，主要是負責開道候選子群集裡的群集頭。多種測量包含有：群集頭的移送速度、UMTS訊號接收強度、鏈路穩定性、簡單加權法(Simple Additive Weighting, SAW)。找出最大權重的群集頭做為服務開道(GETWAY)，可以在車載網路裡廣播資訊給來源端車輛，且也能夠啟動UTRAN介面與UMTS基站收發器之間的通訊。

2. 開道切換支援：當服務開道失去最佳性，就需要從舊的服務開道切換至一個新的服務開道。
3. 開道發現及廣告：是為了告知車載網路下的車輛，新選擇出的服務開道資訊。

[13]提出VMaSC-LTE混合架構的作法。主要介紹包含：車輛狀態、汽車資料庫(Vehicle information base, VIB)發送與更新、群集狀態轉換。

1. 車輛狀態可分為：IN 狀態、SE 狀態、CH 狀態、CM 狀態、ISO-CH 五種狀態。在任何時刻下，車輛必為五種狀態裡其中一種。
 - IN (INITIAL)狀態：為車輛初始狀態。
 - SE (STATE ELECTION)狀態：在這個狀態下，車輛會依據汽車資料庫做下一個狀態的決定。
 - CH (CLUSTER HEAD)狀態：在這狀態下，車輛會被宣告為群集頭。
 - CM (CLUSTER MEMBER)狀態：在這狀態下，車輛為群集成員，會加入至現有的群集。
 - ISO-CH (ISOLATED CLUSTER HEAD)狀態：在這狀態下，車輛無法連線到現有的群集且沒有鄰居車輛能夠與該狀態下車輛連線。

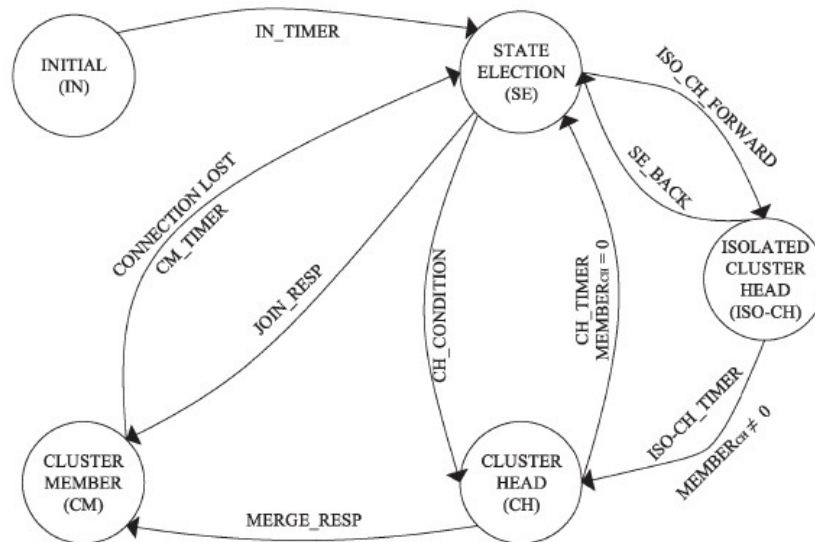


圖 2- 2：狀態轉換示意圖[13]。

2. 汽車資料庫的發送與更新：汽車資料庫包含自己與最大跳接下 (MAX_HOP) 鄰居車輛的資訊。汽車資料庫更新是透過最大跳接下的任何鄰居車輛，可以用來改變自身資料或是接收週期性的 HELLO_PACKET。車輛的資訊與週期性 HELLO_PACKET 兩者內容為：移動方向、移動速度、目前群集狀態、群集成員連接到群集頭所需的跳接數量、連接到群集所透過的車輛 ID、連接到群集頭所透過的車輛 ID、群集的測量、來源 ID、資料封包的序列號碼。如果汽車資料庫未在一段時間更新時將會被刪除。
3. 狀態轉換：圖 2-2 為狀態轉換示意圖。一開始每輛車都待在 IN 狀態，在這狀態下會週期性交換 HELLO_PACKET 裡的資訊，協助車輛建立自身汽車資料庫。IN_TIMER 是用來表示在 IN 狀態下停留的時間。接著轉換到下一個 SE 狀態，使得車輛能夠去做下一個狀態轉換的決定。在 SE 狀態下可以選擇轉換為 CM 狀態、CH 狀態、ISO-CH 狀態三種，分別如下說明：

- SE 狀態轉換到 CM 狀態：當從群集成員或是群集頭收到 JOIN_RESP 時，SE 狀態會轉換到 CM 狀態。JOIN_RESP 是指加入請求成功的回應。
- SE 狀態轉換到 CH 狀態：當滿足於 CH_CONDITION，SE 狀態會轉換到 CH 狀態。CH_CONDITION 是指群集頭條件，條件內容包含：在 SE 狀態至少有一輛鄰居車輛、車輛無法連接到任何鄰居的群集頭或是群集成員、車輛為 SE 狀態下相對平均速度最低的一輛車。
- SE 狀態轉換到 ISO-CH 狀態：當滿足於 ISO_CH_FORWARD，SE 狀態會轉換到 ISO-CH 狀態。ISO_CH_FORWARD 條件內容包含：該台車輛無法連接到任何鄰居群集頭或是群集成員、在 SE 狀態下沒有任何一輛鄰居車輛。
同樣地，在 CM 狀態、CH 狀態、ISO-CH 狀態三種狀態轉換回到 SE 狀態的條件，分別說明如下：
- CM 狀態轉換到 SE 狀態：車輛透過鄰居車輛連接到群集，該台鄰居車輛稱為 PARENT。當在 CM 狀態下經過一段 CM_TIMER 時間後，都沒有收到來自 PARENT 任何的封包，就意味車輛遺失連線 (CONNECTION LOST)，這時 CM 狀態將會轉換到 SE 狀態。
- CH 狀態轉換到 SE 狀態：當 CH 狀態下經過一段 CH_TIMER 時間後，其群集頭的成員 MEMBER_{CH} 依然為零，這時 CH 狀態就會轉換到 SE 狀態。藉由轉換到 SE 狀態後再去連線到網路裡的其他群集，是為了減少在網路裡群集的數量。
- ISO-CH 狀態轉換到 SE 狀態：當滿足於 SE_BACK，ISO-CH 狀態會轉換到 SE 狀態。SE_BACK 是指發現不存在於汽車資料庫裡的群集頭或群集成員。

在 ISO-CH 狀態經過一段 ISO-CH_TIME 時間後，有群集成員與其連線，則會從 ISO-CH 狀態轉換到 CH 狀態。當群集頭收到其他群集頭所發送 MERGE_RESP，該狀態就會從 CH 狀態轉換到 CM 狀態。MERGE_RESP 是指群集成功整合的回應。

2.3 路邊基地台的作法

[7]提出協調式資料排程方法，排程期間包含三個階段。第一階段將所有車輛切換至車對車通訊模式廣播心跳訊息(Basic Safety Message, BSM)。這階段車輛能夠收到其他車輛的心跳訊息，車輛就能辨識出一組自身鄰居車輛列表。

第二階段將所有車輛切換至基礎設施對車通訊模式，讓所有車輛與路邊基地台做通訊。這階段車輛能夠告知路邊基地台更新的資訊，資訊包含：車輛目前的鄰居列表、新取回資料或是新要求的資料。每次請求僅能有一項資料，透過控制通道去告知將使用車對車通訊模式或是基礎設施對車通訊模式，而未完成的請求會被送到服務序列裡。

第三階段所有車輛根據排程結果，參與車對車通訊模式或是基礎設施對車通訊模式。一部分車輛被安排至車對車通訊模式用來傳送或接收資料，此部分的車輛要注意僅可與一跳(one-hop)鄰居通訊；另一部分車輛被安排至基礎設施對車通訊模式，透過路邊基地台來傳送或接收所需的資料項目。在這篇的環境假設路邊基地台半徑為300公尺，車對車之間通訊為150公尺。

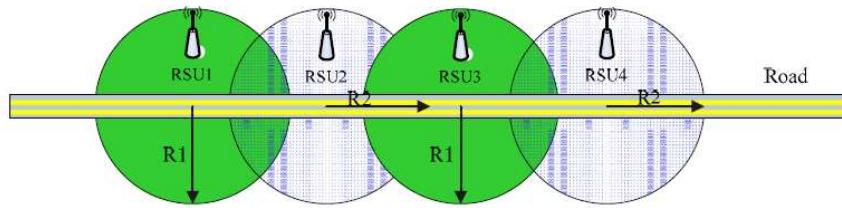


圖 2-3：ACFM 之路邊基地台環境假設[16]。

[16]提出ACFM。先前提到他們對環境的假設為部署較密集的路邊基地台場景，圖2-3更能看出環境是處於密集的路邊基地台場景，也能看出有兩種不同類型的路邊基地台，分別用藍色和綠色表示。他們對路邊基地台的第二個假設為相鄰的路邊基地台使用不同的頻率(分別為藍色和綠色)，利用正交的方式讓兩個相鄰的路邊基地台不會互相干擾。第三個假設為所有車輛都可以接收兩種不同頻率的信號。

整體ACFM的概念如圖2-4，這篇是利用路邊基地台涵蓋範圍下車子的數量去決定一個循環下有多少個碼框。將每一個碼框分為20ms，由於同步區間時間為0.1s，因此一個循環下最多不會超過五個碼框。一次循環的時間約20ms~100ms。在圖中黃色區段是用來傳送控制訊息給涵蓋範圍下的車輛，這裡的控制訊息包含橘色資料槽的配置、同步區間的資訊。藍色G的部分為保護時間約為100 μ s。

在這篇論文裡，車輛是透過隨機選取一個空閒資料時槽。這裡車輛可能遇到選擇相同的資料時槽，造成兩車輛發生碰撞，然而兩輛車都不會知道發生碰撞，會由下一個碼框的路邊基地台時槽所發送的控制訊息去告知車輛發生碰撞，再去隨機選擇空閒資料時槽。就算再一次隨機選擇新的空閒資料時槽，也將還會發生碰撞。這裡若是能透過已知的車輛數，讓路邊基地台直接安排資料時槽，而不是透過讓車輛隨機選擇資料時槽，再去讓路邊

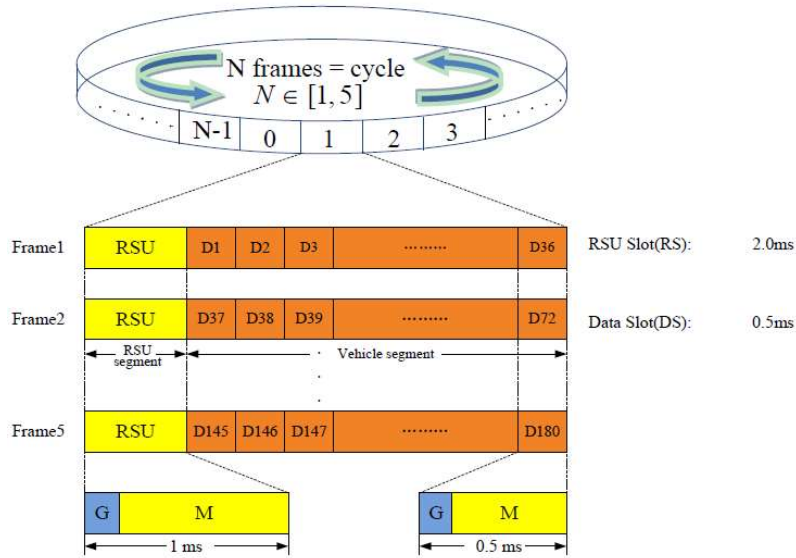


圖 2- 4：ACFM 之整體的概念圖[16]。

基地台告知。同樣地，可以得到免碰撞結果也可以更有效率地讓車輛在資料槽傳送資訊。另外還有一個小問題是在這篇若僅多出一、兩輛車，就將會增加一個碼框，因此會多出許多空閒時槽未被使用。

[18]提出C-MAC的作法，首先介紹這篇文獻的車載環境如圖2-5。這裡可以看到 V_1 為將要離開的車輛、灰色車輛 $V_3 \sim V_5$ 為已辨識過的車輛、 $V_6 \sim V_{10}$ 為尚未辨識過的車輛、圓形虛線為路邊基地台涵蓋範圍、黑色箭頭為想要傳送資料的方向、灰色箭頭為移動方向。

圖2-6為C-MAC作法提出的架構圖，這裡介紹會分為：控制通道區間下的各個階段、服務通道區間下的辨識過程。介紹如下：

1. 控制通道區間包含：長度訊息廣播階段 (Length Information Broadcast Phase, LIBP)、安全訊息階段 (Safety Message Phase, SMP)、通道預約階段 (Channel Reservation Phase, CRP)。

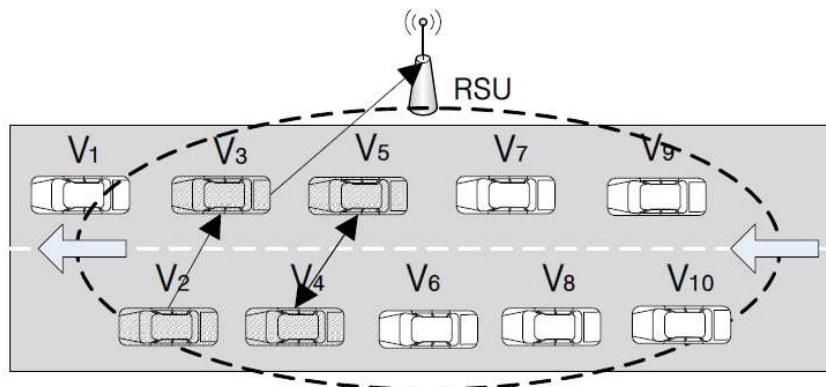


圖 2- 5：C-MAC 之車載環境示意圖[18]。

- 在長度訊息廣播階段裡：路邊基地台會廣播一個長度訊息(Length Information, LI)封包。長度訊息封包可以告知控制通道區間的協調結果和安全訊息階段的時槽排程訊息。車輛可以透過長度訊息封包知道控制通道區間的協調結果和收到安全訊息階段的順序。
- 安全訊息階段裡：車輛根據剛剛所收到的長度訊息封包，依照順序傳送安全訊息。
- 通道預約階段裡：車輛會透過競爭的方式預約服務通道。服務通道的預約包含三個步驟：請求(Request, REQ)封包、回應(Response, RES)封包、路邊基地台協調(RSU Coordination, RC)封包。
 - 請求封包：若該車輛想要傳送訊息就會發送請求封包給目的地車輛。
 - 回應封包：如果目的地車輛成功收到請求封包，該目的地車輛就會傳送回應封包給傳送請求封包的車輛。
 - 路邊基地台協調封包：路邊基地台會依照上述兩個封包結果，廣播路邊基地台協調封包。路邊基地台協調封包是為了告知路邊基地台涵蓋範圍下所有車輛已經成功預約。

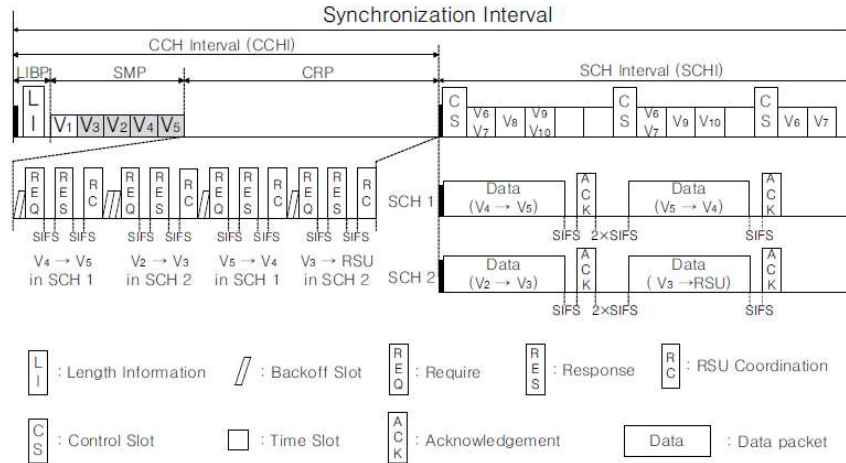


圖2-6：C-MAC之架構圖[18]。

- 服務通道區間的辨識過程：這裡是透過動態訊框時槽ALOHA (Dynamic Framed Slotted ALOHA, DFSA)來競爭傳送機會。過程如圖2-7，可看到每一個碼框(Frame)皆含有控制時槽(Control Slot, CS)及一系列子時槽。他們假設路邊基地台可先行知道該道路車輛的車速和密度，因此路邊基地台藉由計算後可得到新進汽車的數量。當碼框裡時槽數量等於新進車輛數時為最佳碼框大小。在圖2-7碼框一(Frame 1)裡，可看到控制時槽後會出現與新進汽車數量相同的子時槽。車輛將會隨機選擇時槽，為了辨識將會傳送安全訊息給路邊基地，這時車輛可能遭遇碰撞，僅有未碰撞車輛(V₈)所傳送的安全訊息能夠被路邊基地台辨識出來。接著路邊基地台可得到新進車輛資訊與碼框一的時槽使用形況，再去決定下一個碼框的配置。讓前一個碼框未被辨識出來的車輛(V₆、V₇、V₉、V₁₀)繼續進行相同的過程，直到所有新進車輛都被辨識出來為止。

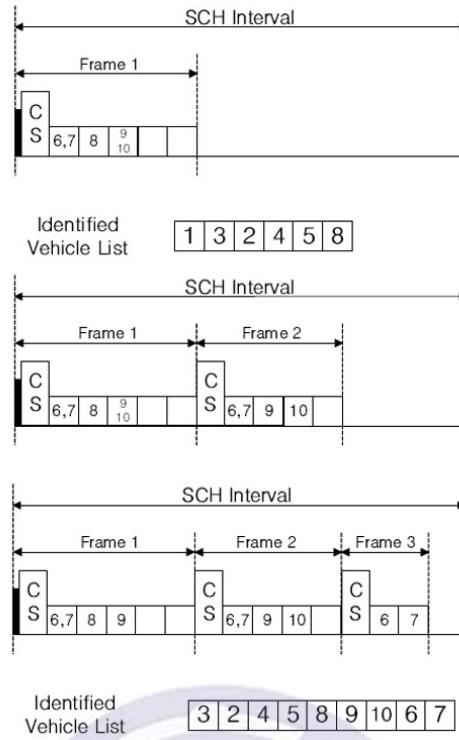


圖 2-7：C-MAC 之辨識過程[18]。

這裡特別介紹在他們整體同步區間下，通道預約階段區間的長度 T_{CRP} 和服務通道區間的長度 T_{SCH} 之間比例關係。這篇中提到必須先假設路邊基地台下的車輛數為 n 個節點。首先我們先去計算封包傳送的機率，透過馬可夫鏈可以表示為下面的式子[18]：

$$\tau = \frac{2(1-2p)}{(1-2p)(W+1)+pW(1-(2p)^m)} \quad (3)$$

其中的 W 為競爭視窗、 m 最大退後層級。接著可以求出傳送封包碰撞的機率如下[18]：

$$p = 1 - (1 - \tau)^{n-1} \quad (4)$$

從時槽的角度去計算空閒時槽的機率 p_{idle} 。空閒時槽表示 n 個節點皆不傳送，因此可以寫成下面的公式[18]：

$$p_{idle} = (1 - \tau)^n \quad (5)$$

時槽忙碌的機率 p_{busy} 計算方式，是機率的總和去減掉空閒時槽的機率，因此可以寫成下面的公式[18]：

$$p_{busy} = 1 - (1 - \tau)^n \quad (6)$$

時槽成功的機率 p_{succ} 可分為兩種：第 n 個才成功傳送，把第 n 個才成功傳送的項目乘上成功傳送的機率； $n - 1$ 項都傳送失敗，把 $n - 1$ 個封包乘上傳送失敗的機率。兩者相乘後可以寫成下面的公式[18]：

$$p_{succ} = n\tau(1 - \tau)^{n-1} \quad (7)$$

在這裡他們把時槽分為空閒、成功、碰撞三個時槽類型。時槽碰撞 p_{coll} 的機率就可以寫成機率總和再去分別扣掉空閒時槽及成功時槽的機率，可以表示成下面的方程式[18]：

$$p_{coll} = 1 - (1 - \tau)^n - n\tau(1 - \tau)^{n-1} \quad (8)$$

用 T_e 表示為一個時間長度，這個時間長度指的是從退後時槽到下一個退後時槽間的時間長度，而 T_e 可以區分成[18]：

$$T_e = \begin{cases} 0, & \text{在空閒時槽後} \\ T_{coll}, & \text{在碰撞時槽後} \end{cases} \quad (9)$$

T_{coll} 為碰撞時間可以表示成[18]：

$$T_{coll} = T_{REQ} + T_{AIFS} \quad (10)$$

其中 T_{REQ} 和 T_{AIFS} 分別為請求封包時間以及仲裁訊框間隔(Arbitration Inter-Frame Space, AIFS)時間。 $T_{AIFS} = AIFSN \times T_{slot}$ [18][19]，這裡的AIFSN和 T_{slot} ，分別為仲裁訊框間隔數量以及退後時槽的時間。計算 T_e 的平均值且用 $\mathbb{E}[T_e]$ 來表示[18]：

$$\mathbb{E}[T_e] = 0 \times \frac{p_{idle}}{p_{coll} + p_{idle}} + T_{coll} \times \frac{p_{coll}}{p_{coll} + p_{idle}} \quad (11)$$

平均預約時間 $\mathbb{E}[T_{reserv}]$ 可以表示如下[18]：

$$\mathbb{E}[T_{reserv}] = \left(\frac{1}{p_{succ}} - 1 \right) (T_{slot} + \mathbb{E}[T_e]) + T_{slot} + T_{succ} \quad (12)$$

其中 $\left(\frac{1}{p_{succ}} - 1 \right)$ 表示為平均失敗的數量。這裡未成功傳送的時間為失敗數量乘以失敗數量所需要的 $\mathbb{E}[T_e]$ 及碰撞後必須再給一個新時槽的時間；成功傳送包含成功傳送時間以及不論成功與否都必須再給一個新時槽的時間，兩

者相加才會是平均預約時間。這裡成功傳送時間用 T_{succ} 來表示[18]：

$$T_{succ} = T_{REQ} + T_{RES} + T_{RC} + 2T_{SIFS} \quad (13)$$

其中 T_{RES} 為回應封包時間、 T_{RC} 為路邊基地台協調封包時間、 T_{SIFS} 為短訊框間隔時間(Short Inter-Frame Spaces, SIFSs)。他們提到最佳比例為控制通道上成功傳送的數量要等於服務通道上資料傳送的數量，因此通道預約區間的長度 T_{CRP} 與服務通道區間的長度 T_{SCH} 必須滿足下面條件[18]：

$$\frac{T_{CRP}}{\mathbb{E}[T_{reserv}]} = N_{SCH} \cdot \frac{T_{SCH}}{T_{trans}} \quad (14)$$

其中 N_{SCH} 為服務通道的數量、 T_{trans} 為資料傳送時間[18]：

$$T_{trans} = T_{data} + T_{ACK} + 3T_{SIFS} \quad (15)$$

這裡 T_{data} [11]為資料封包碼框的時間 T_{ACK} 為回應封包(ACK)的時間。透過 $T_{SI} - T_{SMP} = T_{CRP} + T_{SCH}$ ，形成聯立方程式，可以求出通道預約區間長度與服務通道區間長度的值。這部份我們之後會在第四章實驗結果呈現通道預約區間長度 T_{CRP} 與服務通道區間長度 T_{SCH} 之間的比例關係。整體的同步區間架構為[18]：

$$T_{SI} = T_{LIBP} + T_{SMP} + T_{CRP} + T_{SCH} \quad (16)$$

這裡提到他們通道預約區間長度與服務通道區間長度兩者的比例關係，是為了要讓服務通道的長度能夠讓通道預約下的車輛完整傳送訊息。若通道預約區間長度太短能夠預約車輛將會較少，雖然服務通道區間可以完全容納下所有預約，但會有一部分的時間被浪費；若通道預約區間長度太長預約車輛太多，服務通道區間可能無法完成整體預約。可求在兩者之間的最佳比例，可以用 R_{opt} 來表示，透過(14)可以寫成[18]：

$$R_{opt} = \frac{T_{CRP}}{T_{CRP} + T_{SCH}} = \frac{N_{SCH} \times \mathbb{E}[T_{reserv}]}{N_{SCH} \times \mathbb{E}[T_{reserv}] + T_{trans}} \quad (17)$$

因此透過最佳比例也能求出對應的最佳通道預約區間長度 $T_{CRP,opt}$ 與最佳服務通道區間長度 $T_{SCH,opt}$ ，進一步可以求出吞吐量。吞吐量我們用 G 來表示[18]

如下：

$$G = \frac{D \times N_{SCH} \times \frac{T_{SCH,opt}}{T_{trans}}}{T_{SI}} \quad (18)$$

這裡的D為封包負載大小。



第三章 研究方法

3.1 系統架構

在同步區間的架構下，可以分為控制通道區間與服務通道區間。在我們的作法下，提出兩種不同的同步區間架構：作法一為有辨識過程、作法二為沒有辨識過程。

1. 有辨識過程的同步區間架構：在服務通道區間階段，我們透過[18]的辨識過程來將車輛辨識出來。在控制通道區間包含長度資訊階段、安全訊息階段兩個部份。第一個長度資訊階段裡會傳送安全訊息階段的順序；第二個安全訊息階段裡會傳送前一同步區間所辨識成功的車輛安全訊息。不一樣的地方是在我們車輛請求與回應，透過安全訊息階段下送出，因此我們車輛請求與回應是透過免競爭的方式。最後透過路邊基地台協調封包的結果，將資料封包傳送至相對應的服務通道。
2. 沒有辨識過程的同步區間架構：在控制通道區間也包含長度資訊階段、安全訊息階段兩個部份。第一個長度資訊階段裡，會傳送安全訊息階段的順序；第二個安全訊息階段裡，我們透過路邊基地台涵蓋範圍下的車輛，先行告知路邊基地台鄰居車輛。不一樣的是作法二沒有辨識過程，我們是把鄰居車輛考慮進來，作為先知道車輛的方法。雖然我們提前幫鄰居車輛安排傳送安全訊息的時槽，但需要等到鄰居車輛進入到路邊基地台涵蓋範圍，才能把對應的安全訊息

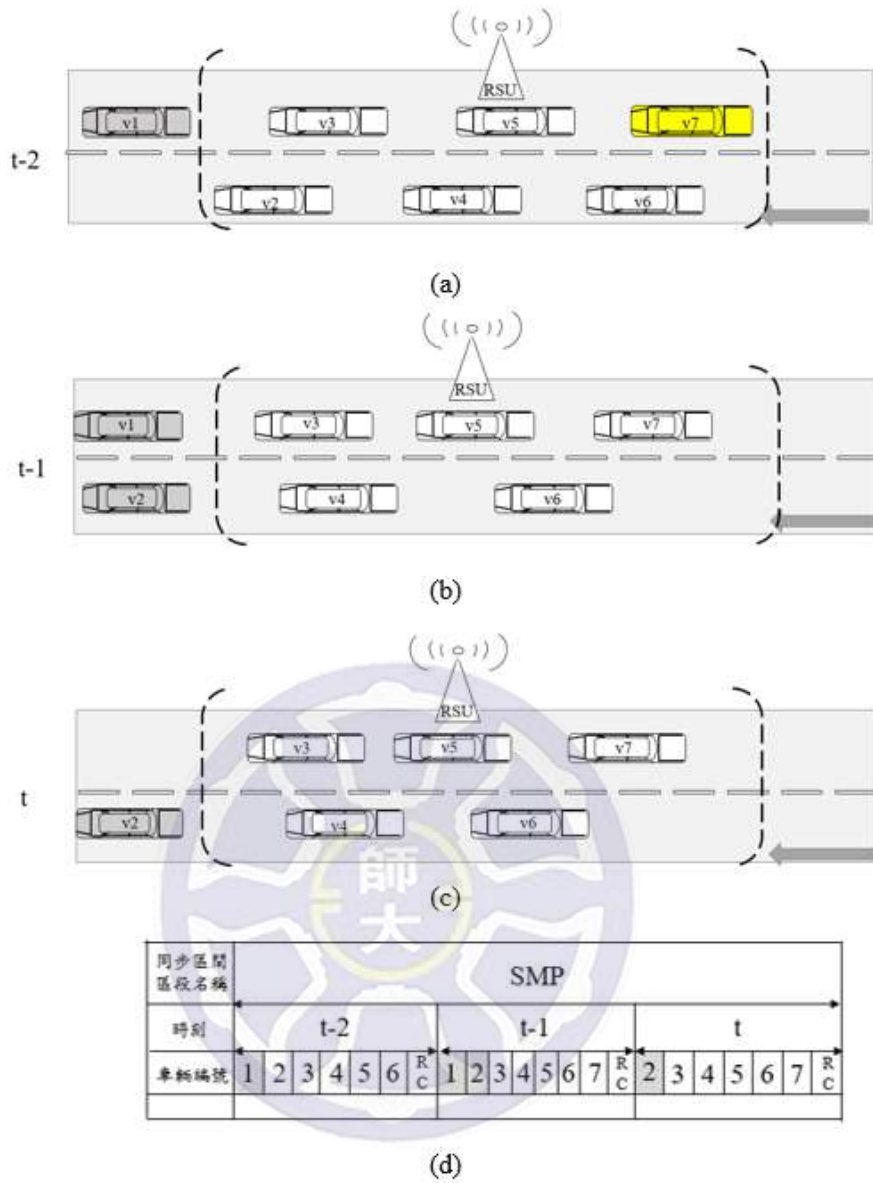


圖 3-1：(a) Ω_1 中第 $t-2$ 個同步區間車輛移動示意圖；(b) Ω_1 中第 $t-1$ 個同步區間車輛移動示意圖；(c) Ω_1 中第 t 個同步區間車輛移動示意圖；(d) Ω_1 中 SMP 的時槽。

傳送出去。這裡我們車輛請求與回應依然是在安全訊息階段下傳送，同樣為免競爭的方式。最後透過路邊基地台協調封包的結果，將資料封包傳送至相對應的服務通道。作法二在服務通道區間省去辨識過程，這部分空出來的服務通道區間可做為資料傳送通道，會比作法一有辨識過程的通道還要多。

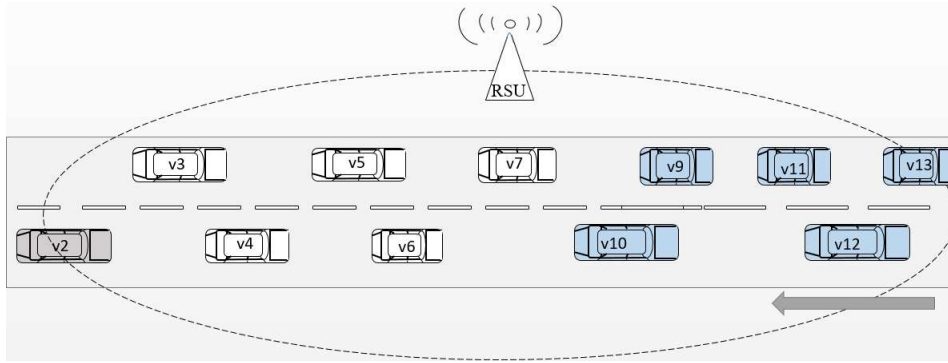


圖 3-2： Ω_1 之車載環境假設圖。

3.2 有辨識過程

有辨識過程為我們的作法一，用 Ω_1 來表示。首先要介紹 Ω_1 同步區間下安全訊息的階段。這階段下車輛可以分為：離去的車輛、已被辨識的車輛、未被辨識的車輛三種類型。在圖 3-1(a)、圖 3-1(b)、圖 3-1(c)中可以看出在不同時刻下車輛移動的示意圖。圖中離去的車輛我們用灰色車輛表示、已被辨識的車輛用白色車輛表示、未被辨識的車輛用黃色車輛表示、灰色箭頭為移動方向、黑色虛線為路邊基地台的傳輸範圍。我們可以把安全訊息階段下每一時刻的車輛節點數用下面式子表示：

$$n_{\Omega_1}(t) = n_{\Omega_1}(t-1) + n_{arr}(t-1) - n_{dep}(t-2) \quad (19)$$

其中 t 表示為第 t 個同步區間，且表示同步區間最開始的時候。 $n_{\Omega_1}(t)$ 為 Ω_1 裡，第 t 個同步區間下安全訊息階段的總節點數量。 $n_{\Omega_1}(t-1)$ 為第 $t-1$ 個同步區間的總節點數量，且這些節點在第 t 個同步區間，依然還在路邊基地台涵蓋範圍下。 $n_{arr}(t-1)$ 為第 $t-1$ 個同步區間才被辨識出來的車輛。簡單來說，在上一個同步區間下成功被辨識出來的車輛，會在下一個同步區間才傳送安全訊息。舉例來說，如圖 3-1(a)圖中 V_7 黃色車輛，在 $t-2$ 個同步區間為新進車量，在 $t-2$ 個同步區間剛開始時，還是尚未被辨識的車輛，會在 $t-2$ 個同步區間的服務通道上進行辨識過程。因此在第 $t-1$ 個同步區間安全訊息階段下才會傳送安全訊息。對應到圖 3-1(d)中，不同階段的安全訊

息區間傳送情形，在 $t-2$ 個同步區間 V_7 剛進到路邊基地台涵蓋範圍下時，還尚未被辨識出來，因此未能在安全訊息階段傳送訊息。在 $t-2$ 個同步區間裡服務通道區間下被辨識出來後，才會在 $t-1$ 個同步區間中安全訊息階段下，有時槽傳送安全訊息。 $n_{dep}(t-2)$ 為在 $t-2$ 個同步區間下離去車輛。我們為離去車輛先保留一個同步區間的時槽，當離去車輛在這同步區間下並未傳送請求或回應，我們會在下一個同步區間將這離去車輛的時槽給收回。可以知道離去車輛的時刻會與前兩個同步區間有關。舉例來說，圖 3-1(d)裡 V_1 的安全訊息時槽，在第 $t-2$ 個同步區間下車輛就離開路邊基地台涵蓋範圍，我們將會為其保留一個同步區間的時間，圖中在第 $t-1$ 個同步區間下依然保有時槽，這時已離去車輛可能將不會再傳送訊息，因此在第 t 個同步區間我們會收回 V_1 的時槽。圖 3-1(d)也可以看出三種類型車輛在安全訊息階段下的時槽狀態。這裡我們用 T_{SS} 表示安全訊息階段下時槽的長度，因此透過下面的式子可以表示出安全訊息階段下總節點數量的長度為：

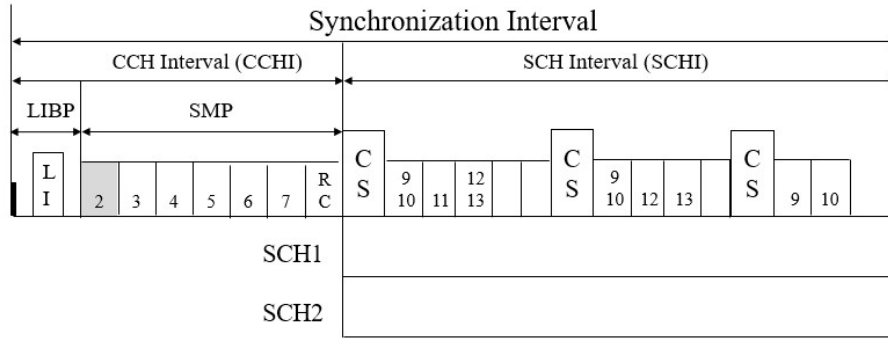
$$T_{SMP, \Omega_1} = n_{\Omega_1} \times T_{SS} \quad (20)$$

這裡為了簡單表示安全訊息階段區間的長度，將忽略 t 個同步區間的時間函數。

在 Ω_1 裡整體車載環境的架構圖如圖 3-2。這裡多了藍色車輛，藍色車輛為尚未被辨識出來的車輛。 Ω_1 的同步區間架構圖為圖 3-3。圖中可以看到我們服務通道區間加入[18]的辨識過程；另外也能看到我們車輛傳送請求與回應將透過安全訊息階段時送出，因此省略[18]通道預約的方式，這部分也就是我們提出免競爭的方式。最後透過路邊基地台協調的方式，依據路邊基地台協調封包傳送至對應的服務通道上。

整體同步區間架構圖可以得知：

$$T_{SI} = T_{LIBP, \Omega_1} + T_{SMP, \Omega_1} + T_{SCH, \Omega_1} \quad (21)$$



LIBP: Length Information Broadcast Phase, 長度資訊廣播階段

SMP: Safety Message Phase, 安全訊息階段

RC: RSU Coordination, 路邊基地台協調封包

LI: Length Information, 長度資訊

CS: Control Slot, 控制時槽

圖 3-3： Ω_1 之同步區間架構圖。

與公式(16)比較可以得出：

$$T_{SCH, \Omega_1} = T_{CRP, C-MAC} + T_{SCH, C-MA} \quad (22)$$

由公式(14)可以知道 $T_{CRP, C-MA}$ 與 $T_{SCH, C-MAC}$ 之間關係，進一步可以改寫成

$\frac{T_{CRP, C-MAC}}{\mathbb{E}[T_{rese}]} = N_{SCH} \cdot \frac{T_{SCH, C-MAC}}{T_{trans}}$ 。由此我們可以得出：

$$T_{CRP, C-MAC} = \frac{\mathbb{E}[T_{reserv}] \times N_{SCH} \times T_{SCH, C-MAC}}{T_{trans}} \quad (23)$$

透過公式(23)可以將(22)式改寫成：

$$T_{SCH, \Omega_1} = \left(1 + \frac{\mathbb{E}[T_{reserv}] \times N_{SCH}}{T_{trans}}\right) \times T_{SCH, C-MAC} \quad (24)$$

這裡我們設 $\gamma = \frac{\mathbb{E}[T_{reserv}] \times N_{SCH}}{T_{trans}}$ ，用 γ 取代後公式(24)可以改寫成：

$$T_{SCH, \Omega_1} = (1 + \gamma) \times T_{SCH, C-MA} \quad (25)$$

在不同車輛密度下， γ 也會有不同的值。在第四章的部份我們會特別顯示不同密度下 γ 的變化。從公式(25)中也可以看出我們的服務通道要比[18]的作法好上 $(1 + \gamma)$ 倍。增加 $(1 + \gamma)$ 倍的區間長度對於封包傳送上也是非常有幫助，使得有更長的區間長度作為資料封包傳送以及增加吞吐量。

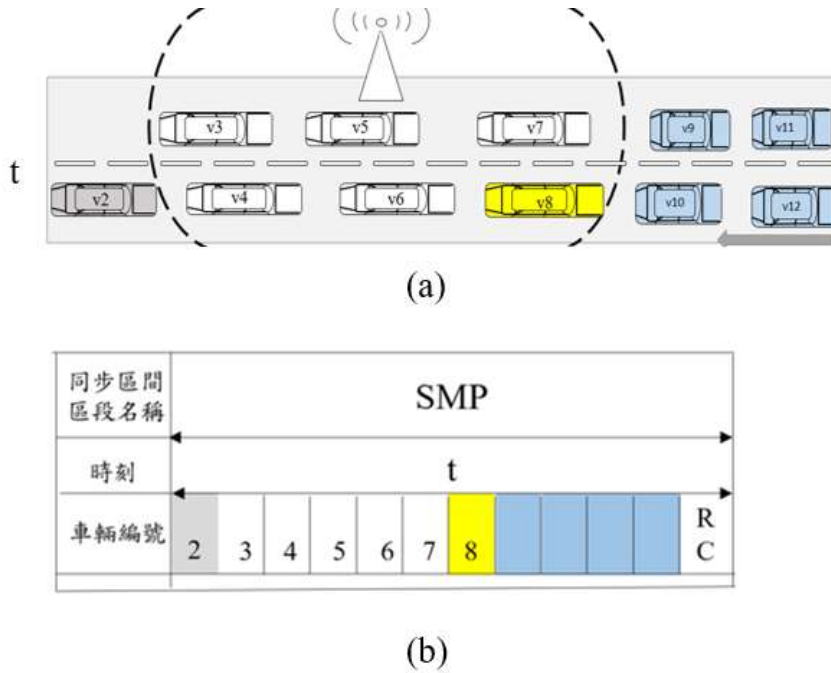


圖 3-4：(a) Ω_2 中車輛移動示意圖；(b) Ω_2 中 SMP 之時槽。

相似於公式(18)，我們可以求出 Ω_1 的吞吐量，因此可以表示如下：

$$G_{\Omega_1} = \frac{D \times N_{SCH, \Omega_1} \times \frac{T_{SCH, \Omega_1}}{T_{trans}}}{T_{SI}} \quad (26)$$

其中 G_{Ω_1} 為 Ω_1 吞吐量、 D 為封包負載大小、 T_{trans} 為資料傳送時間、 T_{SCH, Ω_1} 為 Ω_1 服務通道區間長度、 T_{SI} 為總同步區間長度。

3.3 沒有辨識過程

沒有辨識過程為我們的作法二，用 Ω_2 來表示。圖3-4(a)為 Ω_2 的車輛移動示意圖。圖中藍色車輛改為尚未進到路邊基地台涵蓋範圍下的車輛。在專用短程通訊協定(Dedicated short-range communication, DSRC)裡，在一定範圍下車輛之間可以互相通訊。在尚未進到路邊基地台涵蓋範圍下的車輛可以與已進到涵蓋範圍下的車輛，透過車對車通訊模式交換彼此之間的汽車資料庫。汽車資料庫內容包含：自身位置、速度、資料、鄰居車輛相關資訊。路邊基地台涵蓋範圍下車輛，透過基礎設施對車通訊模式與路邊基地台進

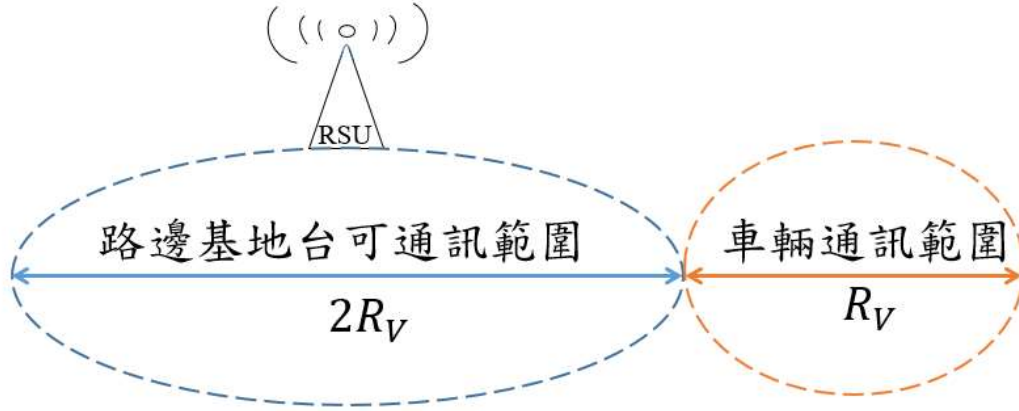


圖 3-5：通訊範圍示意圖。

行通訊，把收到的汽車資料庫訊息傳送到路邊基地台。路邊基地台可以得知尚未進到路邊基地台下的鄰居車輛數，為這些車輛先安排安全訊息階段下的時槽。最後等那些車輛進到路邊基地台涵蓋範圍下，再進入至相對應的時槽。舉例來說，在我們的 Ω_2 裡，路邊基地台涵蓋範圍下的車輛($V_3 \sim V_8$)與鄰居車輛先行透過車對車通訊模式交換彼此間的訊息，接著路邊基地台涵蓋範圍下的車輛透過基礎設施對車的通訊方式告知路邊基地台訊息，這時候路邊基地台可以得知尚未進到涵蓋範圍下的鄰居車輛個數($V_9 \sim V_{12}$)，可以為那些車輛先行安排時槽，等那些車輛進到路邊基地台涵蓋範圍下，再進入相對應的時槽。

從圖3-4(b)中可以看出安全訊息階段下總節點數輛，可以表示為：

$$\begin{aligned}
 n_{\Omega_2}(t) &= n_{\Omega_2}(t-1) + n_{arr}(t-1) - n_{dep}(t-2) + \tilde{n}(t) \\
 &= n_{\Omega_1}(t) + \tilde{n}(t)
 \end{aligned} \tag{27}$$

其中 t 表示為第 t 個同步區間，且為同步區間最開始的時候。 $n_{\Omega_2}(t)$ 為 Ω_2 第 t 個同步區間安全訊息階段的總節點數量。 $n_{\Omega_2}(t-1)$ 為第 $t-1$ 個同步區間就被配置安全訊息時槽的車輛，且在第 t 個同步區間依然還在路邊基地台涵蓋範圍下的車輛，對應到白色車輛。 $n_{arr}(t-1)$ 為第 $(t-1)$ 個同步區間才

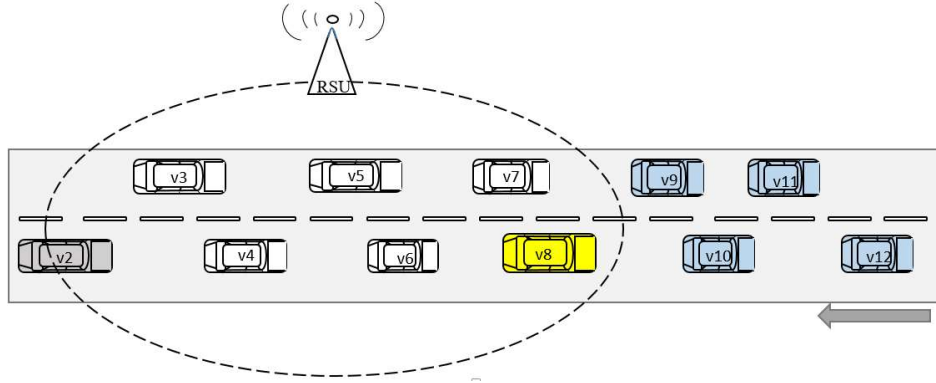


圖 3-6： Ω_2 之車載環境假設示意圖。

進入到對應鄰居時槽的車輛，對應到黃色車輛。 $n_{dep}(t-2)$ 為在 $t-2$ 同步區間離去車輛對應到灰色車輛。不同地，為 $\tilde{n}(t)$ 對應到藍色車輛，代表路邊基地台下車輛的鄰居車輛數。在我們的環境通訊假設下如圖 3-5，路邊基地台通訊範圍用 R_{RSU} 來表示、車對車之間通訊用 R_V 來表示，兩者之間的關係為：

$$R_V = 0.5 \times R_{RSU} \quad (28)$$

透過(28)式可以推估出鄰居車輛數：

$$\tilde{n}(t) = 0.5 \times n_{\Omega_1}(t) \quad (29)$$

進一步可以得出 Ω_1 與 Ω_2 之間總節點的關係：

$$n_{\Omega_2}(t) = 1.5 \times n_{\Omega_1}(t) \quad (30)$$

相似於(20)式， Ω_2 安全訊息階段區間長度可以表示為：

$$T_{SMP, \Omega_2} = n_{\Omega_2} \times T_{ss} \quad (31)$$

透過(29)式可以改寫成：

$$T_{SMP, \Omega_2} = 1.5 \times n_{\Omega_1} \times T_{ss} \quad (32)$$

透過整體同步區間架構可以推估出 Ω_2 服務通道區間長度：

$$T_{SCH, \Omega_2} = \max(T_{SI} - T_{SMP, \Omega_2}, 0) \quad (33)$$

且必須要確保不會有負數。為了簡單計算，可省略趨近於零的長度訊息廣播階段，透過公式(32)也可以改寫成：

$$T_{SCH, \Omega_2} = \max(T_{SI} - 1.5 \times n_{\Omega_1} \times T_{ss}, 0) \quad (34)$$

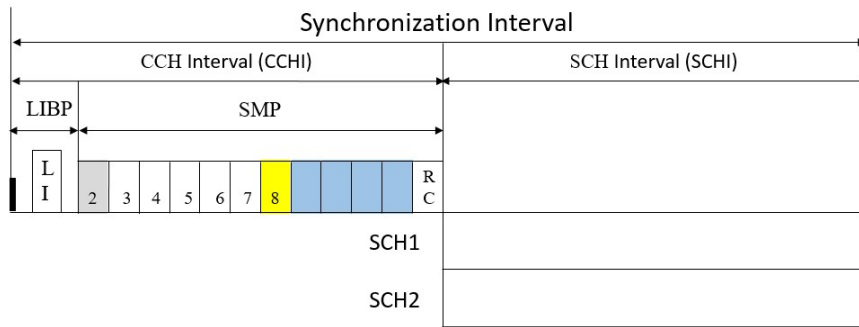


圖 3-7： Ω_2 之同步區間架構圖。

相似於公式(26)，吞吐量也可以表示為下：

$$G_{\Omega_2} = \frac{D \times N_{SCH, \Omega_2} \times \frac{T_{SCH, \Omega_2}}{T_{trans}}}{T_{SI}} \quad (35)$$

同樣地， G_2 為 Ω_2 吞吐量、 D 為封包負載大小、 T_{trans} 為資料傳送時間、 T_{SCH, Ω_2} 為 Ω_2 服務通道區間長度、 T_{SI} 為總同步區間長度。

Ω_2 實際場景如圖3-6，這部分多了藍色車輛，表示為鄰居車輛。圖3-7為 Ω_2 的同步區間架構圖，這裡藍色時槽為路邊基地台所得知的鄰居車輛數。藍色時槽的部分要等到鄰居車輛進到路邊基台涵蓋範圍下，該車輛才會傳送安全訊息到對應的時槽，因此這部分時槽並沒有指向對應車輛。同樣地，車輛傳送請求與回應也是在安全訊息階段下隨著安全訊息一起送出，具有免競爭的方式。 Ω_2 最大的不一樣是在服務通道區間沒有使用文獻[18]的辨識過程。從圖3-7能看到在服務通道區間是省略辨識過程，如同先前所提到服務通道區間空白的部分將用來做為資料傳送通道；這部分也能看到先前提到 Ω_2 要比 Ω_1 多出資料傳送通道。服務通道區間用來作為傳送資料通道，是為了讓同步區間的資源都能夠妥善使用沒有浪費。

3.4 傳送資料的區間長度

這小節是要討論兩個作法裡傳送資料的區間長度，這裡我們用 T_{data} 來表示傳送資料的區間長度。在 Ω_1 下透過公式(20)可以改寫成：

$$T_{SCH, \Omega_1} = \max(T_{SI} - n_{\Omega_1} \times T_{SS}, 0) \quad (36)$$

因此我們 Ω_1 中傳送資料的區間長度可以用 T_{data, Ω_1} 表示如下：

$$T_{data, \Omega_1} = \max(N_{SCH, \Omega_1} \times (T_{SI} - n_{\Omega_1} \times T_{SS}), 0) \quad (37)$$

接著透過公式(34)，可以把 Ω_2 中傳送資料的區間長度用 T_{data, Ω_2} 表示如下：

$$T_{data, \Omega_2} = \max(N_{SCH, \Omega_2} \times (T_{SI} - 1.5 \times n_{\Omega_1} \times T_{SS}), 0) \quad (38)$$

如(37)和(38)式可以看到在兩作法裡傳送資料的區間長度，不同的地方為通道數量以及安全訊息的車輛數。在第四章節我們也會把兩作法的傳送資料的區間長度做比較，也會顯示不同車輛密度下平均傳送資料的區間長度。

3.5 作法的切換機制

這小節是要討論兩種不同作法的切換機制。這裡我們透過上一小節提到的傳送資料的區間長度來找出兩作法的交叉點。首先要讓兩作法地傳送資料區間長度是相同，可以表示如下：

$$T_{data, \Omega_1} = T_{data, \Omega_2} \quad (39)$$

接著透過方程式(37)、(38)可以進一步改寫成：

$$\begin{aligned} & \max(N_{SCH, \Omega_1} \times (T_{SI} - n_{\Omega_1} \times T_{SS}), 0) \\ & = \max(N_{SCH, \Omega_2} \times (T_{SI} - 1.5 \times n_{\Omega_1} \times T_{SS}), 0) \end{aligned} \quad (40)$$

透過(40)式可以求出車輛總節點數量，進一步可以得知車輛密度。根據上述方法求出的車輛密度，可作為兩作法的切換點。這部分的實驗結果也會在第四章的部分顯示。

第四章 實驗結果

表 1：參數設定表。

參數名	參數值
道路總長	50km
路邊基地台通訊長度 (R_{RSU})	300m
車對車通訊長度 (R_V)	150m
平均車速 (V_{avg})	80km/hr \cong 2.2m/s
平均車輛密度 (D_{avg})	0.2vehicles/m
節點數量 (n)	50~200
競爭視窗 (W)	16
最大退後階級 (m)	6
仲裁訊框間隔數量 (AIFSN)	9
請求碼框大小 (REQ)	291bits
退後時槽長度 (T_{slot})	13 μ s
回應碼框大小 (RES)	243bits
路邊基地台協調碼框大小 (RC)	243bits
短訊框間隔大小 (SFIS)	32 μ s
SMP時槽長度 (T_{ss})	0.5ms
資料封包傳送區間 (T_{data})	2949 μ s
回應封包大小 (ACK)	240bits
服務通道數量 (N_{SCH})	2
資料傳送率(Data rate)	3Mbps

在這章節會顯示，我們的移動模型設定；C-MAC中服務通道區間與通道預約區間的比例關係；安全訊息階段下我們兩個作法的節點數量和區間長度；服務通道區間下我們兩個作法可使用的時槽數和區間長度；三種作法傳送資料的區間長度比較；三種作法吞吐量的比較。

4.1 移動模型

這裡使用的參數值可以從表1中查找。在汽車移動模型中我們主包含五個車道及一個路邊基地台。觀察五個車道上車輛進入或離開路邊基地台的情況。在移動模型下是將五個車道合併來看，平均車速為 V_{avg} 、平均車輛密度為 D_{avg} 。車輛的移動速度是與高斯分布相關，其高斯參數為 $(V_{avg}, \sqrt{\frac{V_{avg}}{5}})$ ；車輛之間的距離也與高斯分布有關，其高斯參數為 $(\frac{1}{D_{avg}}, \sqrt{\frac{1}{5 \cdot D_{avg}}})$ ，如同參考文獻[18]中介紹。為了更加了解五車道的合併我們提出一個例子，在此實驗中單一車道車輛之間的距離高斯參數為 $(\frac{1}{D_{avg}}, \sqrt{\frac{1}{5 \cdot D_{avg}}})$ ，如表1中 D_{avg} 為0.2 (vehicles/m)，因此可知高斯參數為 $(1, \sqrt{0.2})$ 。這裡我們設定每個車道都將產生出200輛車，來檢驗後合併後是否會與五個車道合併的結果相同。實驗結果如圖4-1其中橫坐標為所產生的車輛數；縱座標為車輛之間相加的總長度。透過結果圖可以看到最後黑色虛線方形標示幾乎重疊於紅色實線，所以可以確定單獨車道產生結果會與[18]提出的五車道合併結果相同。

上述檢驗後我們車輛產生的方式將會使用五車道合併的參數，作為車輛的移動模型。接著觀察路邊基地台涵蓋範圍下的車輛總數，此次實驗裡我們首先會設定車道總長度，直到產生出車輛總長度約等於道路總長度。

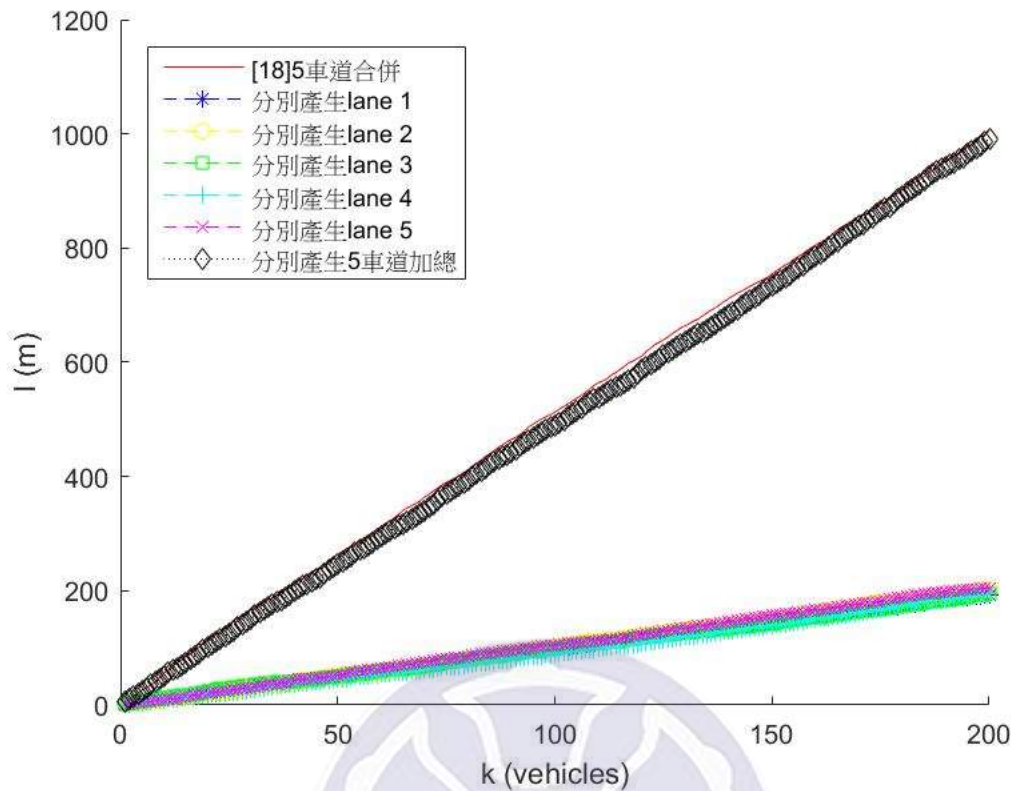


圖 4-1：五車道合併之檢驗結果圖。

透過此次產生的車輛，我們可以得到每輛車的初始值車速以及初始位置，再搭配時間就可以得到每次時間的相對位置，每一個時間的相對位置可以被表示如下：

$$x_i(t) = x_i(0) + v_i \times t \quad (41)$$

其中 i 用來表示第 i 輛車、 t 為第 t 時刻、 $x_i(t)$ 為第 i 台車在 t 時刻的相對位置、 $x_i(0)$ 為第 i 台車的初始位置、 v_i 為第 i 台車的初始速度。接著設定路邊基地台的涵蓋範圍，可以知道每一時段下路邊基地台涵蓋範圍下會有多少輛車。路邊基地台也可知道鄰居車輛的情況，因為在車輛模型中也包括鄰居車輛的檢索，可以知道每一時段路邊基地台涵蓋範圍下的鄰居車輛。圖4-2可以得知所有產生車輛需花3327s，才能全部的離開路邊基地台的涵蓋範圍；也可得知每一時刻下路邊基地台有多少輛車。這裡我們用每50公尺來顯示，圖中有效資料約為1800s，在有效資料下路邊基地台與車輛可以通訊之間的

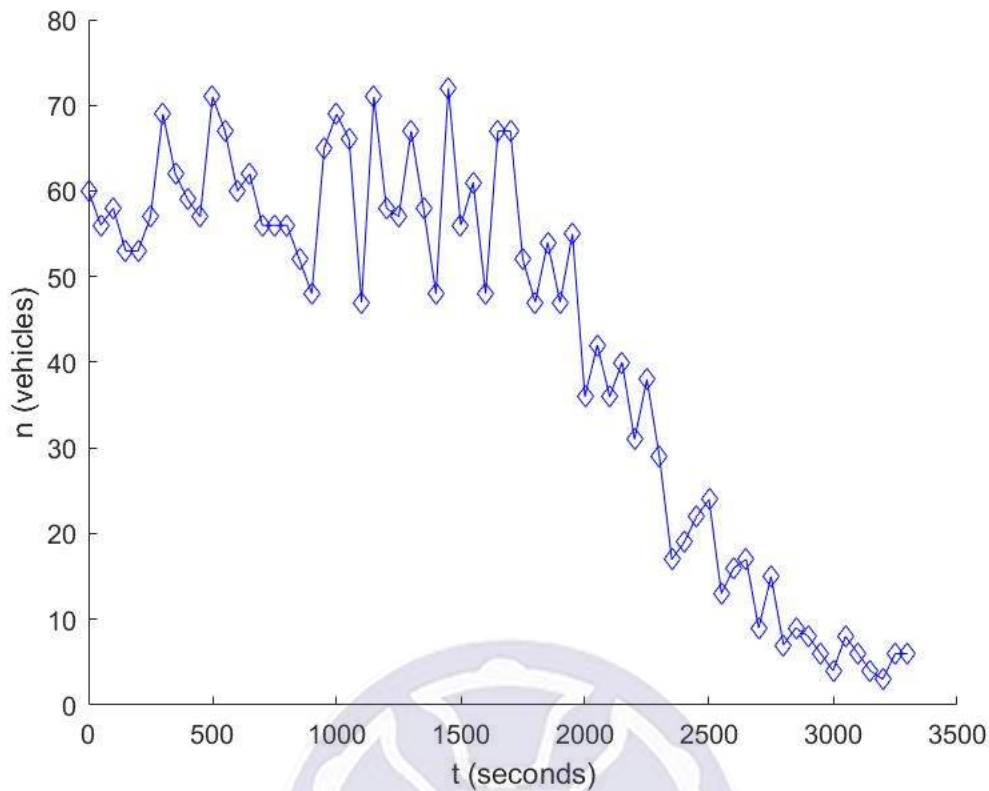


圖 4-2：路邊基地台下總節點數。

範圍下數量也在車輛平均值約為60輛車。這裡的汽車數量先不去考慮組成內容，其組成內容也就如先前提到：駐留的車輛、新進車量、離去車輛三種類型。將會在後面兩作法的比較上更加清楚地去顯示路邊基地台傳送範圍下被安排的車輛。

4.2 C-MAC 中服務通道區間長度與通道預約區間長度

對我們同步區間作法[18]是非常重要的文獻，因此在進入我們的實驗結果之前，必須要先去了解C-MAC中服務通道區間長度與通道預約區間長度的比例關係。藉著使用先前4.1小節的實驗，路邊基地台範圍下平均車輛為60輛，因此在此次實驗我們把節點數(n)設為40~150之間去觀察結果。接著透過第二章節公式(3)~(14)，可以知道在這篇文獻中服務通道區間長度與通

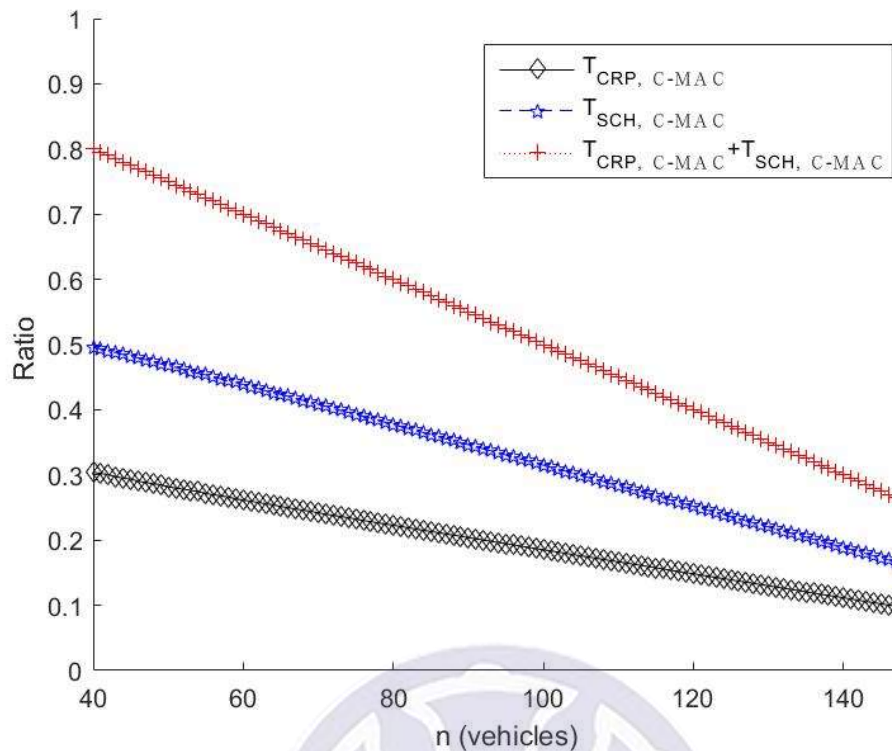
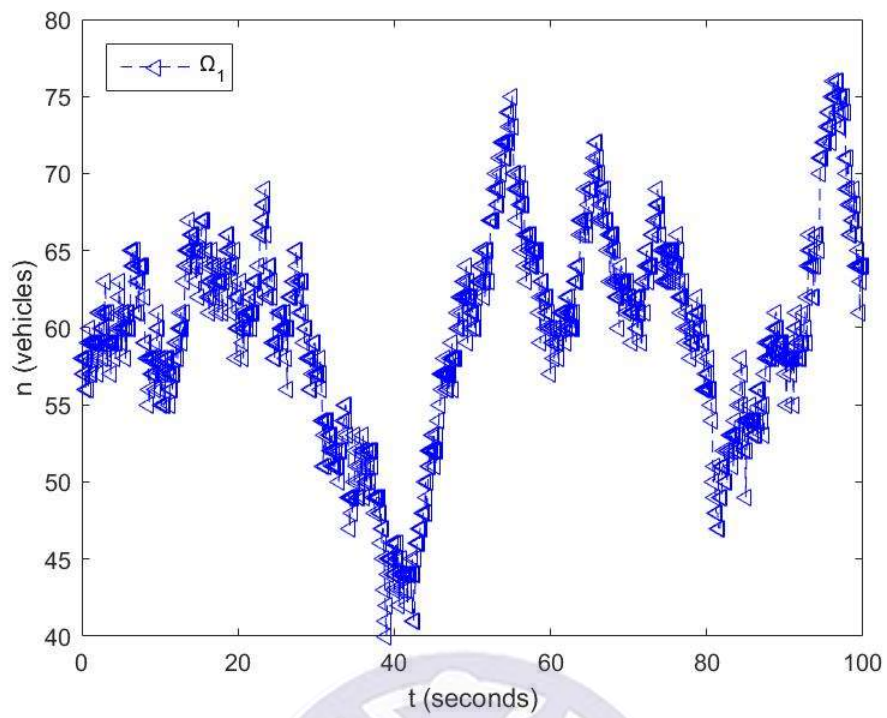


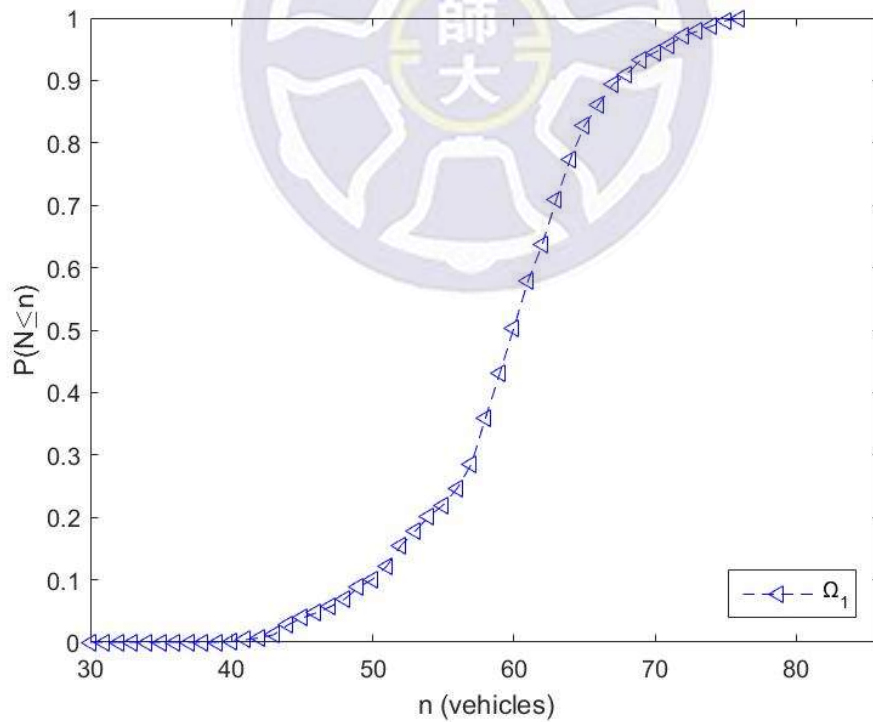
圖 4-3：C-MAC 中服務通道區間的長度與通道預約區間的長度之比例。

道預約區間長度的比例關係，進一步可以從表1中提取出我們所要的參數值，因此帶入公式後可以計算出結果。

圖4-3為此部分的實驗結果圖。圖中可以清楚地看到有三個部分的結果分別為：服務通道區間的長度用 $T_{SCH, C-MAC}$ 來表示、預約通道區間的長度用 $T_{CRP, C-MAC}$ 來表示、兩個相加用 $T_{SCH, C-MAC} + T_{CRP, C-MAC}$ 來表示；橫坐標為車輛數；縱座標顯示比例。這裡我們為了更清楚地表示兩者之間的關係，這部分是觀察在同步區間0.1s下，三者各會佔據多少比例來顯示實驗結果，而非實際時間長度來表示。透過此次實驗結果可以知道[18]中車輛在提出請求與回應的通道預約階段與服務通道區間的比值。最後我們也把實驗結果保存，以便之後方便查找。



(a)



(b)

圖 4-4：(a) Ω_1 中 SMP 之總節點數量；(b) Ω_1 中 SMP 之總節點數量 CDF。

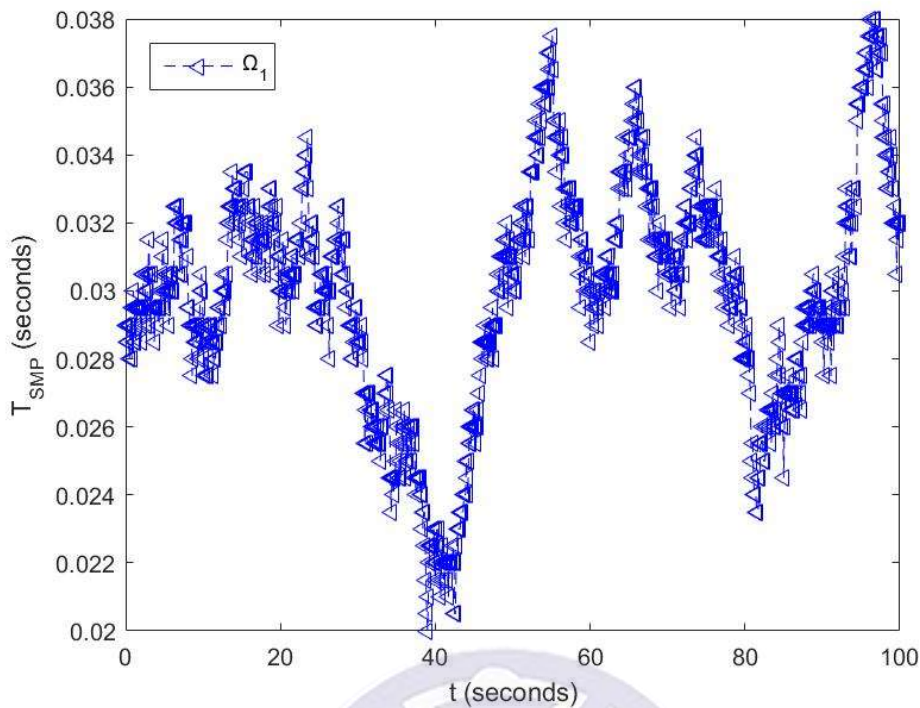
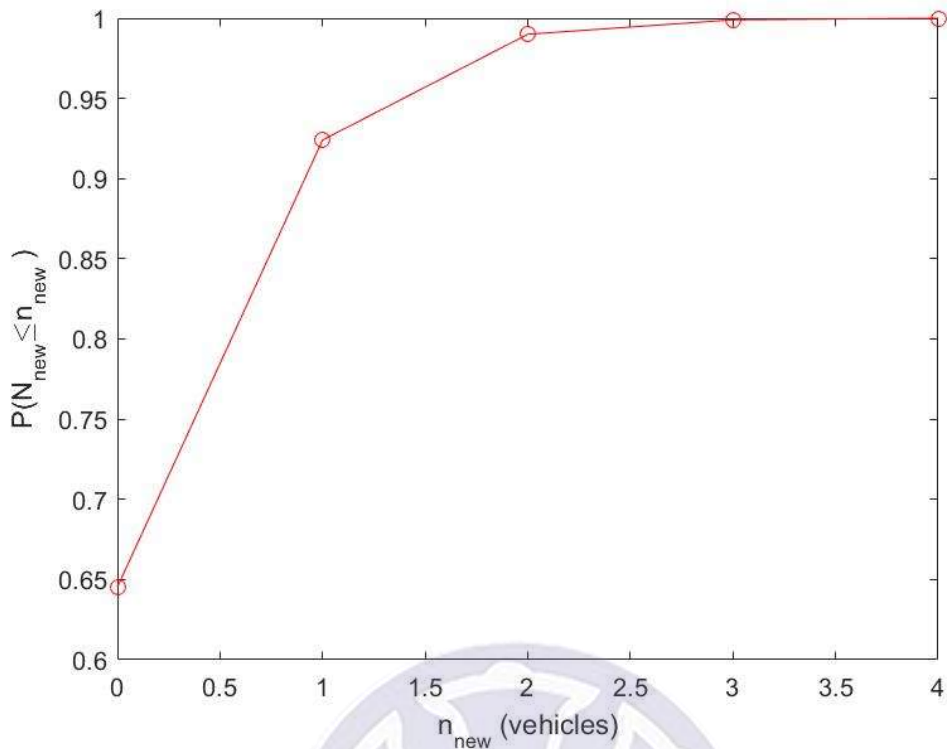


圖 4- 5： Ω_1 中 SMP 區間長度。

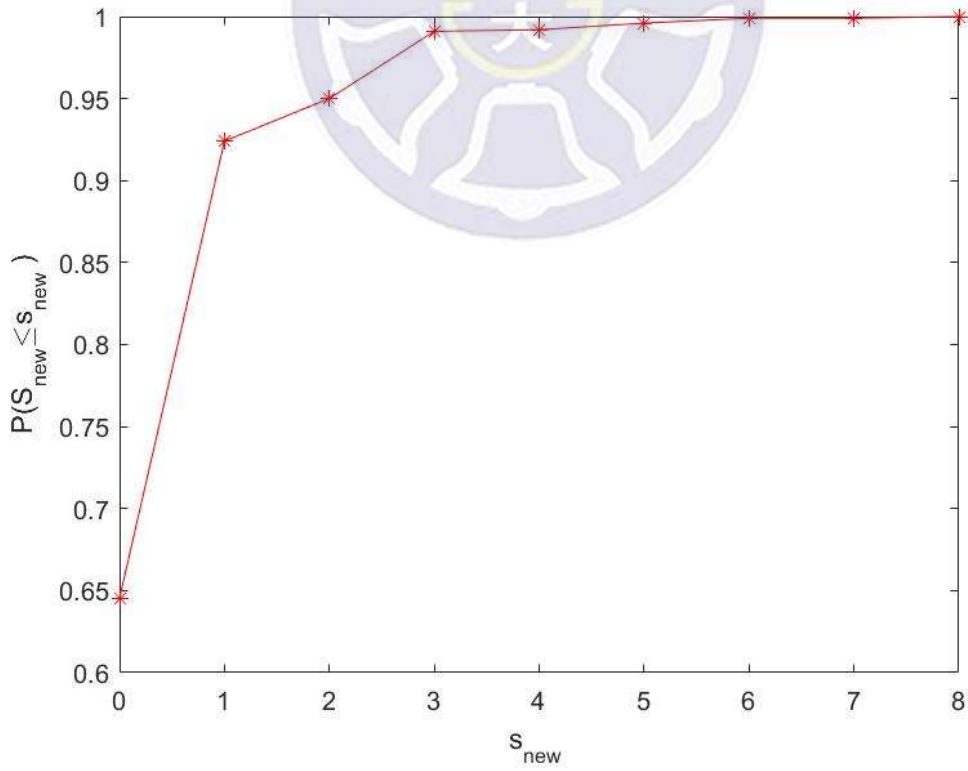
4.3 安全訊息階段比較

這裡會顯示在 Ω_1 下安全訊息的節點數量與安全訊息的區間長度；也會顯示 Ω_2 安全訊息的節點數量與安全訊息區間長度，在 Ω_2 裡的實驗結果會顯示實際模擬值與上限預估值；最後會顯示 Ω_1 與 Ω_2 這兩種做法的比較。為了更清楚地展現實驗結果，這裡我們會用兩種形式展現，一種是原實驗結果另一種是把原實驗結果用累積機率函數(Cumulative Distribution Function, CDF)呈現。

這裡我們的車輛密度值設定為 0.2 (vehicles/m)、模擬時間總長設定為 100s。每一個同步區間為 0.1s，因此在我們的實驗結果可以有 1000 筆樣本做比較。 Ω_1 安全訊息下的總節點數量如圖 4-4(a)，其中橫坐標為時間軸、縱座標為總節點數，可以知道在每一個同步區間下總節點的數量；圖 4-4(b)，



(a)



(b)

圖 4-6 : (a) Ω_1 中新進車輛；(b) Ω_1 中辨識新進車輛所用的時槽數。

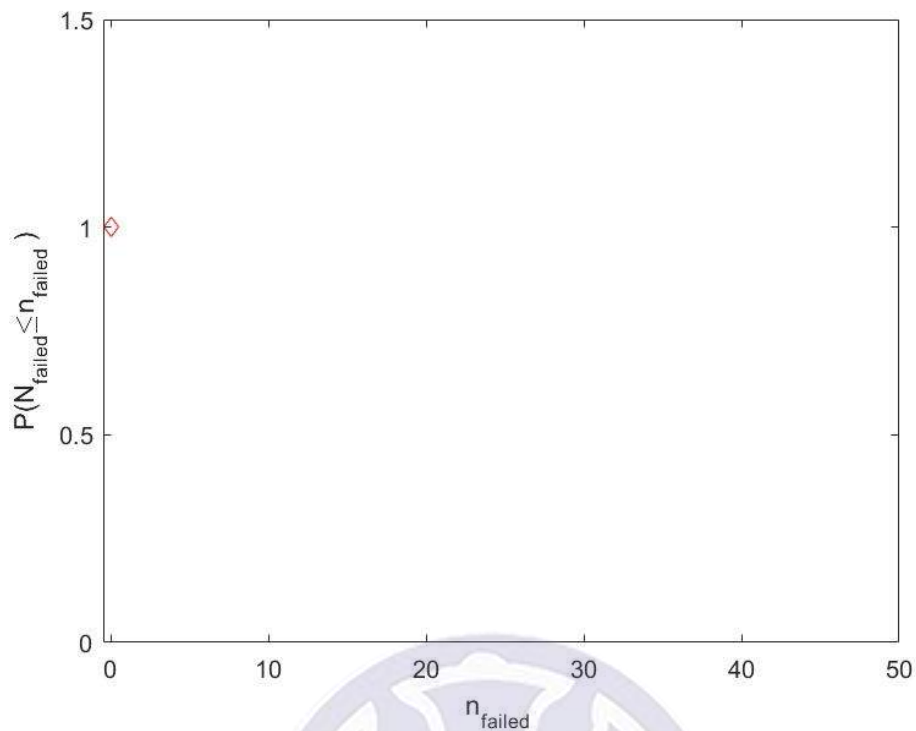
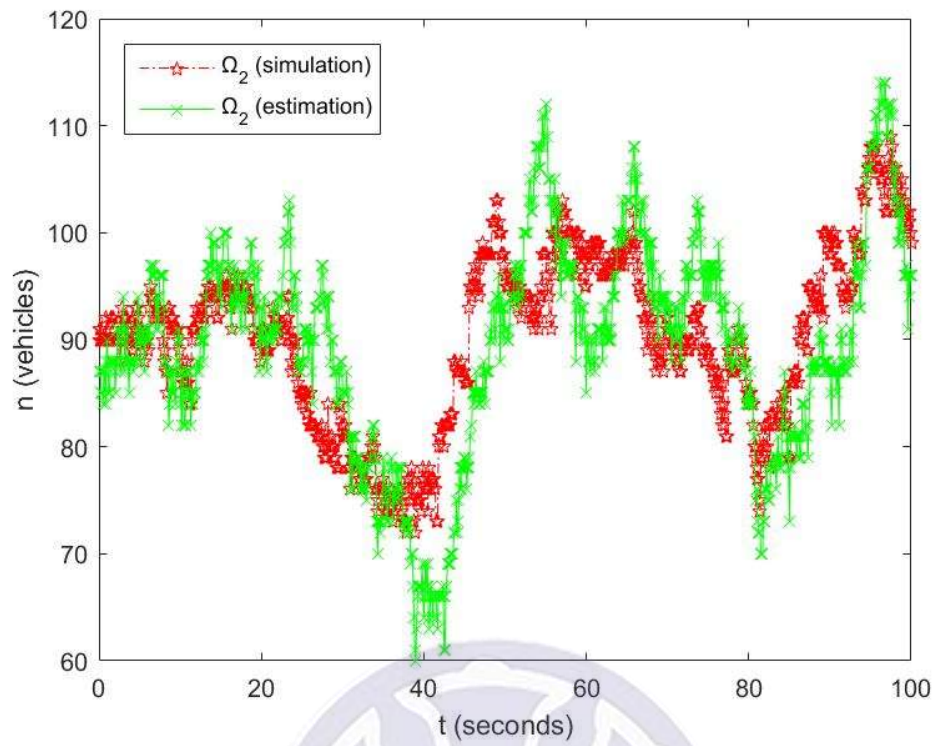


圖 4-6：(c) Ω_1 中尚未完成辨識車輛。

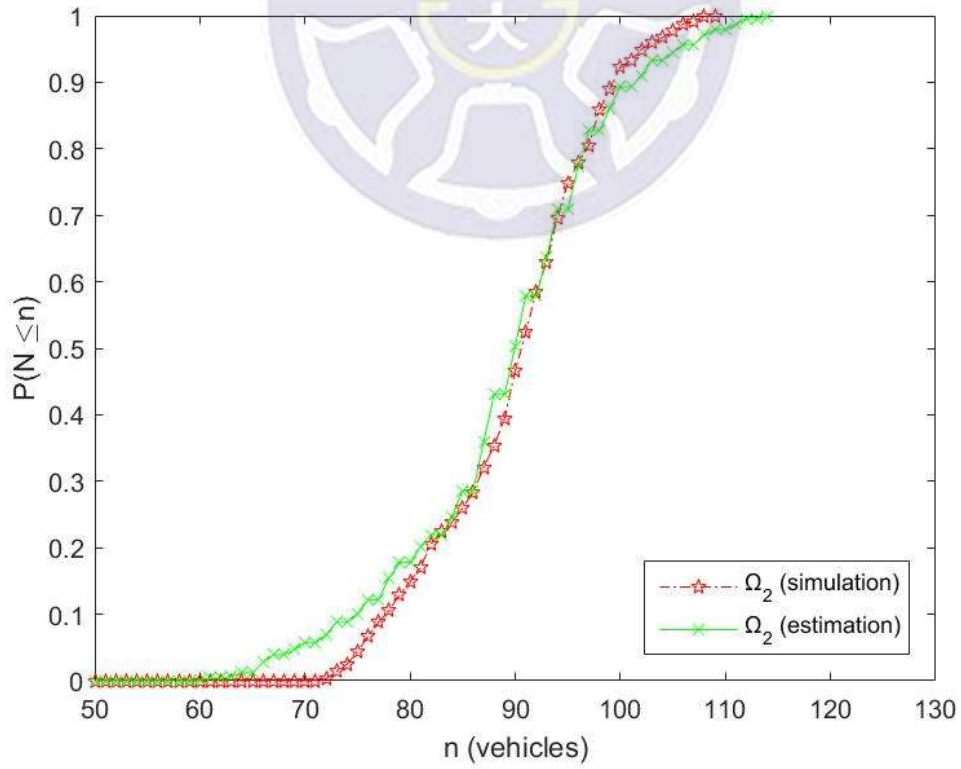
可以更清楚地知道在 Ω_1 下總節點數量會是在 40~80 之間。

Ω_1 安全訊息的區間長度如圖 4-5。這裡可以看出與圖 4-4(a) 的圖形是相同。這是因為透過公式(19)，可以看出安全訊息下總節點數與安全訊息區間長度的關係，在表 1 中也可以得到安全訊息時槽長度，因此可以看出安全訊息階段下，總節點數與安全訊息區間長度有 0.5ms 倍的關係。

在 Ω_1 下另一個重要的是辨識過程。圖 4-6(a) 為我們分析安全訊息階段下新進的車輛數，用 CDF 可以直接地看出新進車輛數為 0~4 輛車；圖 4-6(b) 為新進車輛進入辨識過程所需要使用的時槽數，用 CDF 可以看出使用最多的時槽為 8 個時槽；而服務通道區間大概會有 100 個時槽數，因此會剩餘 92 個時槽沒有被用到，可以知道辨識過程是有浪費的可能。；圖 4-6(c) CDF 可以看出並沒有車輛尚未被辨識出來。



(a)



(b)

圖 4-7：(a) Ω_2 中 SMP 之總節點數量；(b) Ω_2 中 SMP 之總節點數量 CDF。

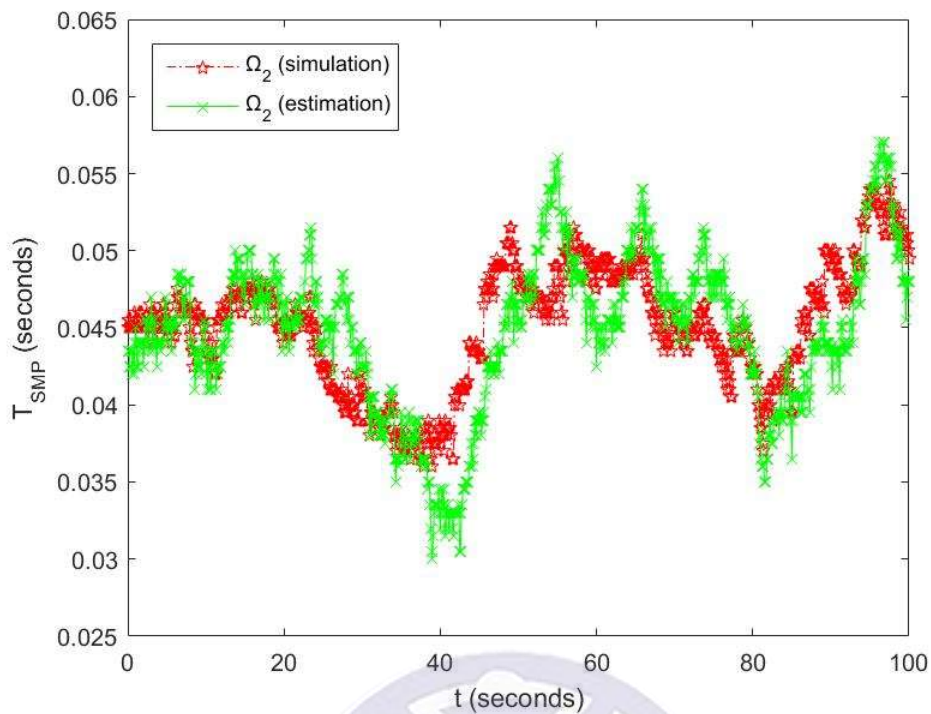
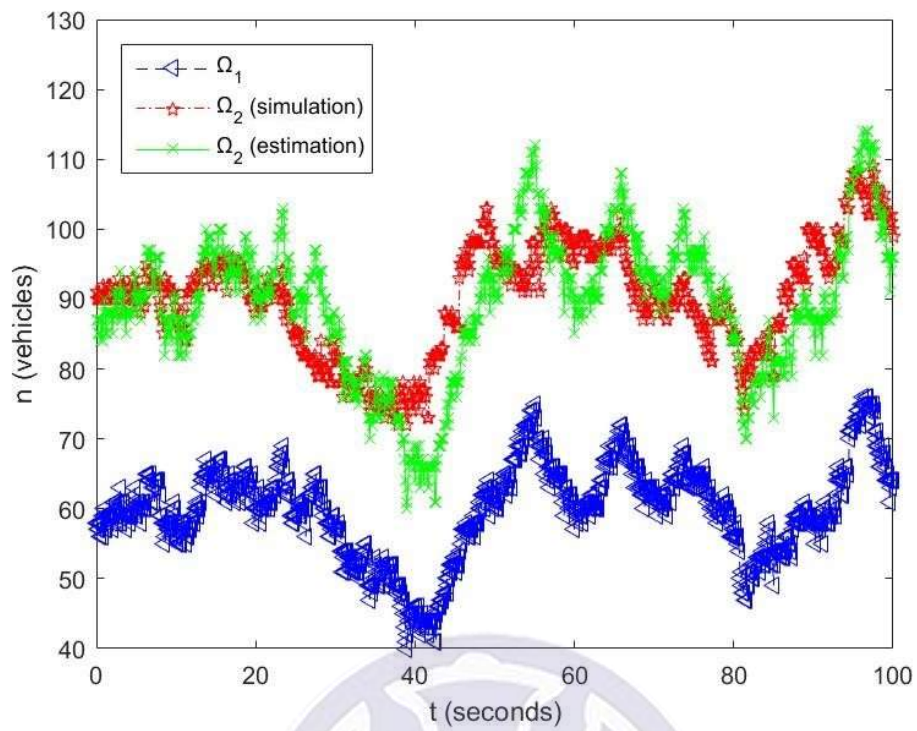
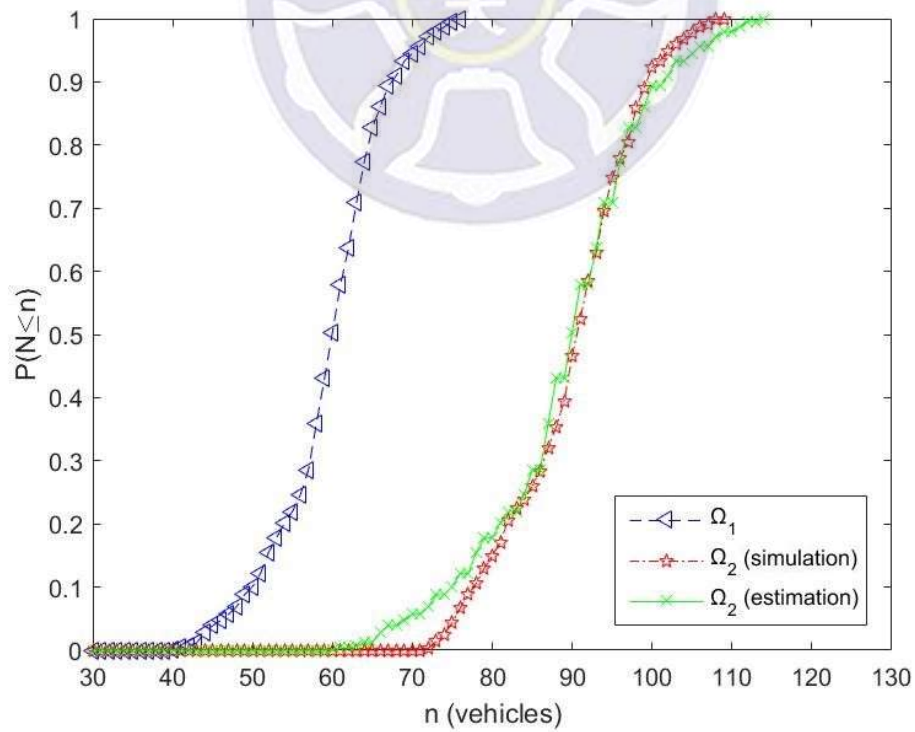


圖 4-8： Ω_2 中 SMP 之區間長度。

Ω_2 下安全訊息的節點數量如圖 4-7。圖中呈現兩種結果，一種為綠色實線 X 標示代表公式(30)上限預估值；另一種為紅色點線星型標示代表在實際模擬場景下安全訊息的總節點數。在圖 4-7(a)中橫坐標為時間軸、縱座標為總節點數，可以知道在每一個同步區間下總節點的數量；在圖 4-7(b)中可以更清楚地看出上限預估值的節點數要比實際模擬場景下要多。在上限預估值時，我們是利用整體傳輸範圍去預估，而在實際模擬安全訊息下車輛必須要剛好在傳送範圍的邊界上，才會與上限預估數量相同；另一個原因為路邊基地台下的車輛可能會出現鄰居車輛重疊的情況。這也就是實際模擬場景下會比上限預估出來的總節點數要少的原因。



(a)



(b)

圖 4-9：(a) SMP 之總節點數量比較；(b) SMP 之總節點數量比較 CDF。

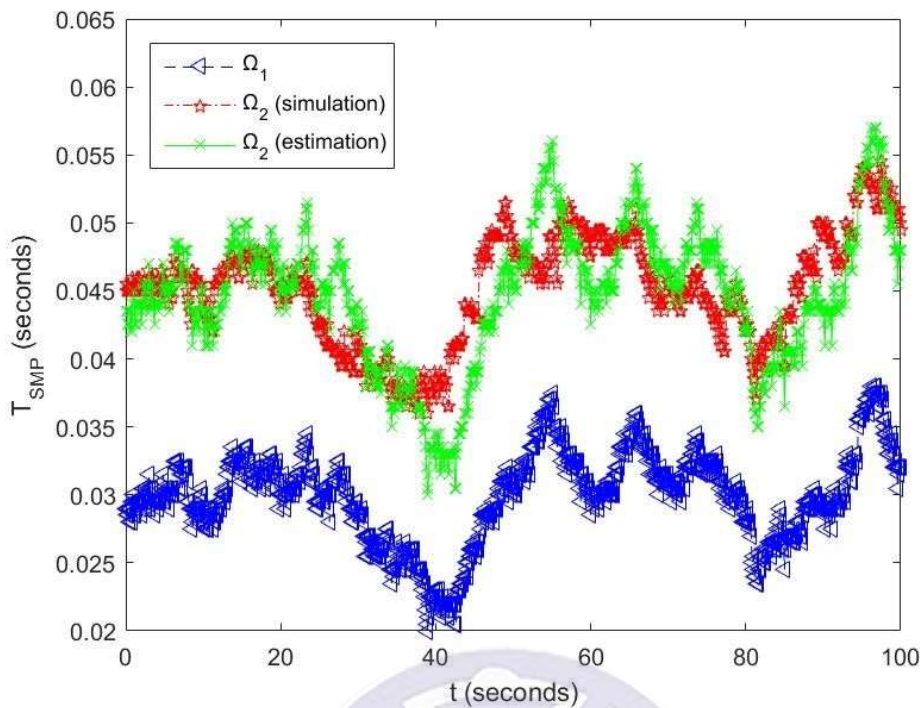


圖 4-10：SMP 之區間長度比較。

Ω_2 下安全訊息的區間長度如圖 4-8。同樣地，可以看出與圖 4-7(a)的結果是相同的。這是因為透過公式(31)、(32)，可以看出安全訊息階段下，總節點數與安全訊息區間長度有 0.5ms 倍的關係。

最後我們要去比較 Ω_1 及 Ω_2 兩種安全訊息階段下總節點數量和安全訊息的區間長度。同樣地先顯示安全訊息下總節點數量如圖 4-9，在圖 4-9(a)中橫坐標為時間軸、縱座標為總節點數，可以知道在每一個同步區間下總節點的數量；在圖 4-9(b)中越右邊表示使用安全訊息的時槽數較多。可以發現在 Ω_2 中安全訊息階段的總節點數量會增加，主要是因為在 Ω_2 下，多了鄰居車輛的時槽。圖 4-10 為安全訊息的區間長度比較，圖中越高表示花費的時間越長。這部分也與先前實驗相同，在安全訊息階段下的總節點數量與安全訊息的區間長度有 0.5ms 倍的關係。同樣地，由於總節點數量在 Ω_2 下比 Ω_1 要來的多，相對地在安全訊息所花費的區間長度也會比 Ω_1 要長。

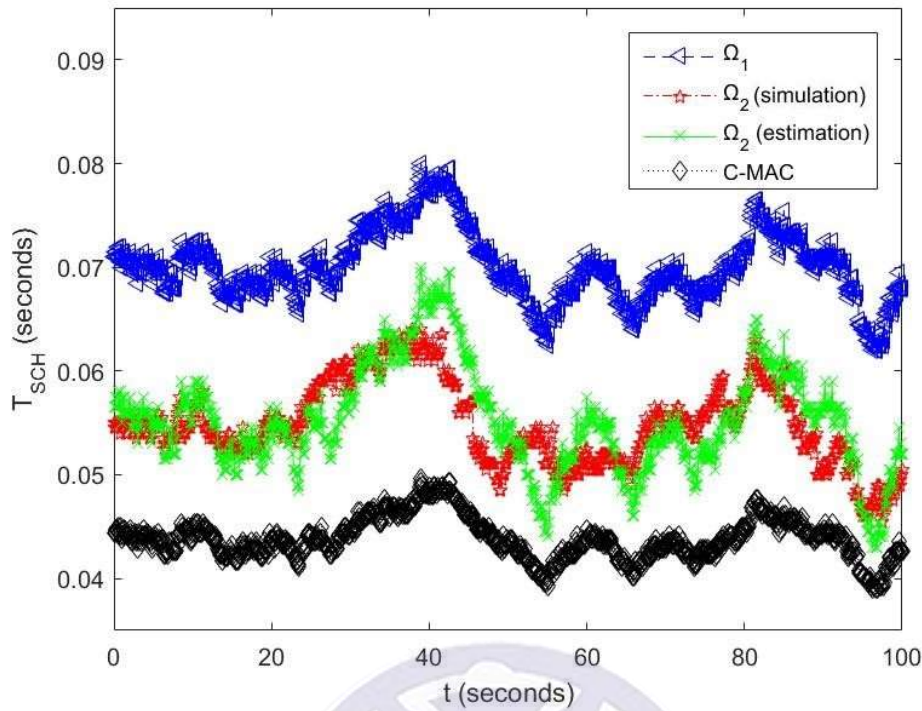


圖4- 11：SCHI之區間長度比較。

4.4 服務通道區間比較

在這裡我們會分車輛密度 0.2 (vehicles/m)以及不同車輛密度兩個部分。在車輛密度 0.2 下我們會顯示提出的兩種作法與 C-MAC 的比較；在不同車輛密度下我們會顯示公式(25)中 γ 的值。

圖 4-11 為三種作法服務通道區間長度比較。在這裡圖 4-11 中，越高的表示可以傳送區間越長會越好。這部分之間的關係為公式(33)、(34)。使用整體同步區間長度去扣掉安全訊息階段的區間長度。同樣地，為了簡單計算，我們把三種作法都不考慮較小的長度訊息廣播階段。首先可以看到我們作法都要比 C-MAC 的作法好。主要是因為我們省略通道預約的階段，因此服務通道區間會比較長；接著 Ω_1 又要比 Ω_2 好。主要原因是，在 Ω_2 上多出鄰居車輛的時槽數量，導致安全訊息長度較長，進一步影響服務通道區間的長度。

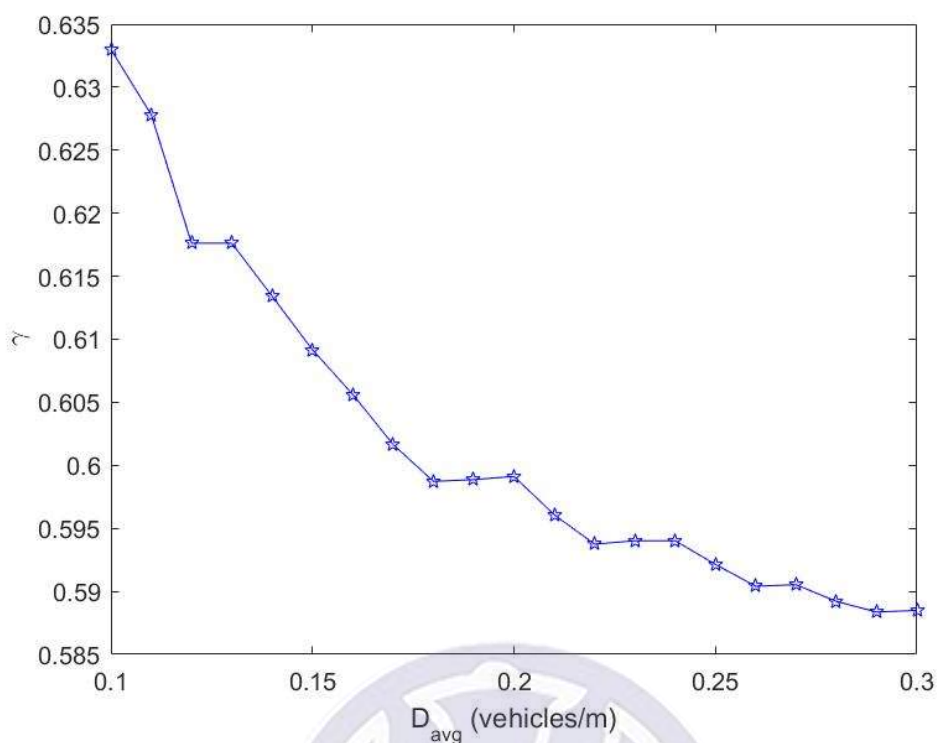


圖 4-12： γ 值的變化。

接著我們要討論在第三章有提到我們的作法會比 C-MAC 作法要好上 $(1 + \gamma)$ 倍。如圖 4-12 會顯示 γ 在不同車輛密度的結果，其中橫坐標的車輛密度為 0.1~0.3 (vehicles/m)。可以看出在密度低時 γ 值是較高，密度高時 γ 值是較低，也可以進一步得知當我們的作法在車輛密度最低的時候會比 C-MAC 好最多。

4.5 平均傳送資料區間的長度比較

這小節我們要討論的是平均傳送資料區間長度。在這裡我們先會展現在不同車輛密度下平均傳送資料區間的長度；接著會顯示在不同密度下我們作法要比 C-MAC 要好多少倍率。在第一章提到的在車輛密度為 0.2 (vehicles/m) 情況下，我們的 Ω_1 裡平均傳送資料區間的長度要比 C-MAC 作法

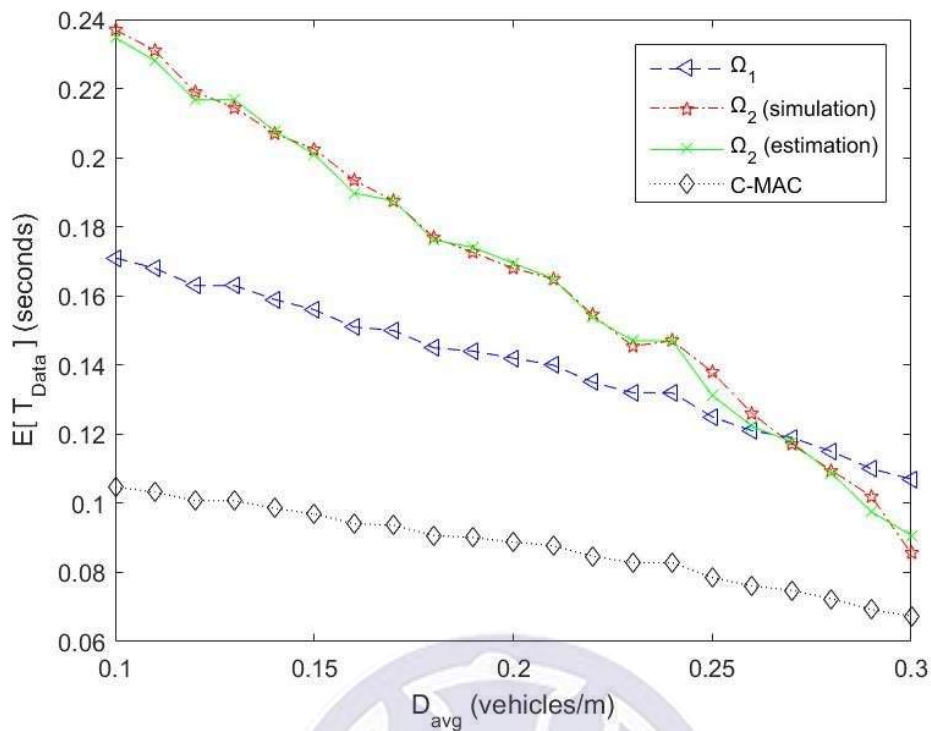


圖 4-13：平均資料傳送區間的比較。

好1.5991倍、 Ω_2 裡平均傳送資料區間的長度要比C-MAC作法好1.9088倍，這個結果也可以在這小節看到。

首先討論在不同密度下平均傳送資料區間的長度如圖4-13。這裡我們總模擬時長為100s，每一個同步區間為0.1s共有用1000個樣本去做平均，因此可以發現在 Ω_2 的實際模擬與估計值之間會平滑許多。圖4-14也可以看出在不同密度下我們平均傳送資料區間的長度皆要比C-MAC好。這裡也可以看第三章提到地切換機制，透過表一可以算出(40)式節點數量為80，對應車輛密度約為0.26 (vehicles/m)，從圖形上來看確實可以看到我們作法的交會點是在車輛密度為0.26 (vehicles/m)上。因此也可以直觀地找到我們作法的切換點，在密度低時，適合用我們的 Ω_2 ；密度較高時，適合用我們的 Ω_1 。

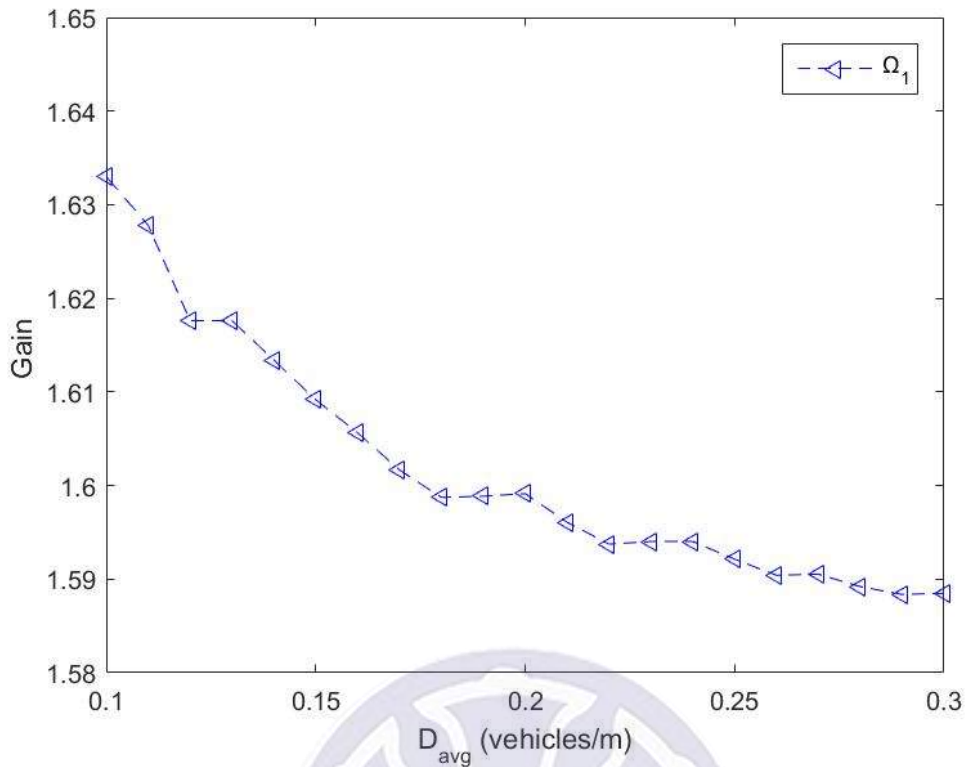


圖 4- 14： Ω_1 與 C-MAC 之間的倍率。

在圖4-14中可以看出在我們 Ω_1 跟C-MAC作法的比較。首先可以看到在我們前面提到車輛密度0.2 (vehicles/m)時為1.5991倍；在車輛密度0.1 (vehicles/m)最低時為1.633倍；車輛密度最高時0.3 (vehicles/m)為1.5885倍。這裡主要是因為車輛密度會影響到公式(25)中 $(1 + \gamma)$ 的倍率，這裡可以發現在密度最低的時候我們的作法也會是最好。當密度較低時，新進車輛數會較少，安全訊息階段區間長度也會較短，剩下的時間我們會用來做資料傳送；而C-MAC的作法會用來做通道預約地競爭。因此這也就是我們的作法當新進車輛數較少時，會比C-MAC的作法要更好的原因。

在圖4-15中可以看出在我們的 Ω_2 跟C-MAC作法的比較。同樣地，我們首先可以看到在我們前面提到車輛密度0.2 (vehicles/m)時為1.9088倍；在車輛密度0.1 (vehicles/m)最低時為2.2418倍；車輛密度最高時0.3 (vehicles/m)為1.3472倍。這裡也可以發現在密度最低的時候我們的作法也會是最好。相同

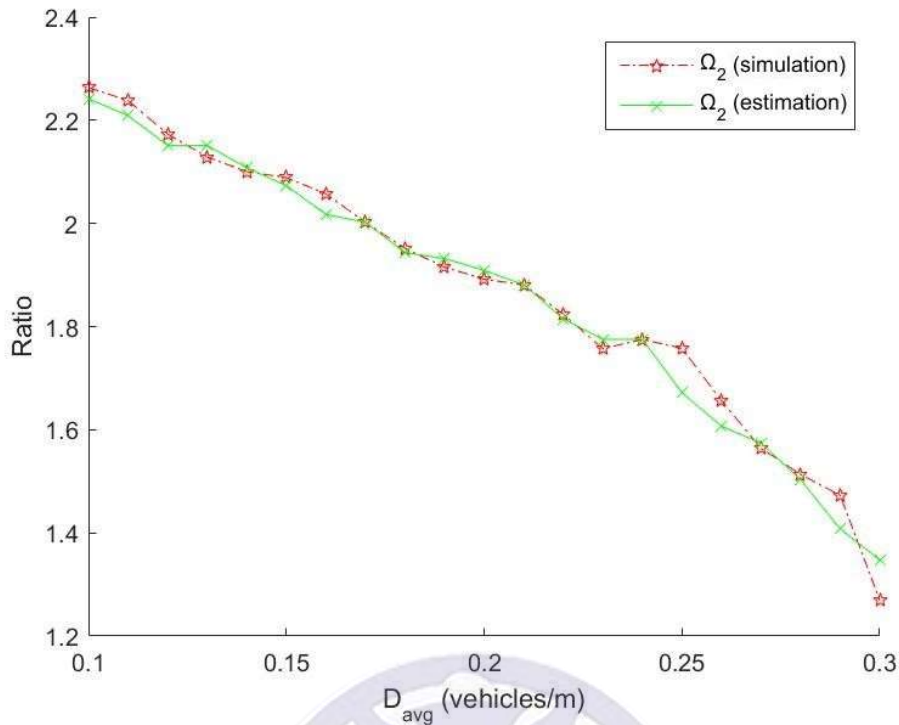
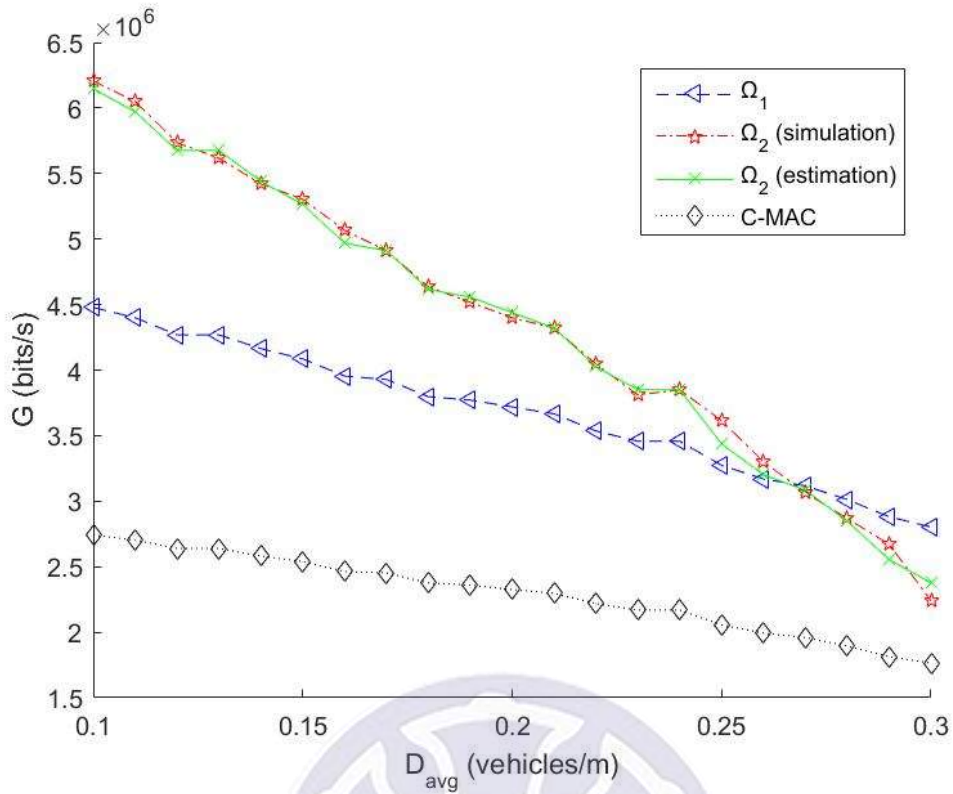


圖 4-15： Ω_2 與 C-MAC 之間的倍率。

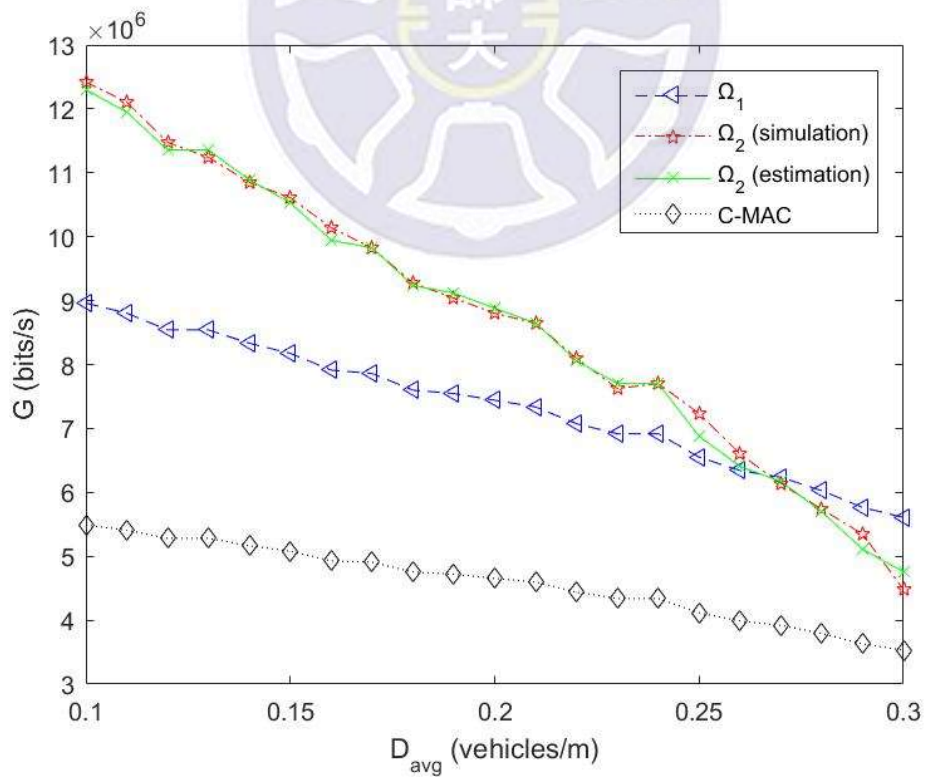
地，主要還是因為車輛密度低時，只用安全訊息階段區間長度較短，可用來傳送資料的區間長度會增強；而C-MAC則會用來做通道預約競爭。這也就是車輛密度低下我們的做法會比C-MAC的作法要好的原因。

4.6 吞吐量比較

在這裡我們會有兩種資料封包負載大小。透過之前介紹的公式(18)、(26)、(35)，可以得到各種作法的吞吐量。圖 4-16 分別為短封包負載、長封包負載，皆可以看出我們作法的吞吐量也都要比 C-MAC 要好，由於我們有較長的資料傳送時間；圖中也可以不同車輛密度對吞吐量的影響。同樣地，車輛密度為 0.26 (vehicles/m)上，也可以看到兩種作法交會點。



(a)



(b)

圖 4- 16 : (a)短封包負載吞吐量；(b)長封包負載吞吐量。

第五章 結論

車載網路為有前景的無線通訊技術，為了能夠提供安全性應用與娛樂資訊的傳送。先前研究中，例如 C-MAC，他們提出協調式多通道媒體存取控制通訊規約的作法。他們能保證安全訊息的傳送，但是在提出請求與回應時，仍然透過競爭的方式，且辨識過程有浪費的可能。為了改善這些缺點，在這篇論文裡我們提出：作法一為有辨識過程、作法二為沒有辨識過程。在我們的作法上路邊基地扮演重要的角色，可以協調安全訊息的傳送及車輛的請求與回應。在我們的作法中可以確保免碰撞的安全訊息以及免競爭的方式提出請求與回應。透過實驗結果顯示，在我們提出的作法中，可以找到兩作法的切換點；實驗結果也顯示，在傳送資料區間的長度上以及吞吐量上我們的作法下都會比 C-MAC 要好。在未來的工作上，我們會進一步的去比較資料傳送的延遲，以及為我們作法的資料做傳送排程。

附 錄 一

表 2：重要文獻符號表。

符號	符號意義
n	路邊基地台總節點數
W	競爭視窗
m	最大退後階段
τ	封包傳送機率
p	封包碰撞機率
p_{idle}	時槽空閒機率
p_{busy}	時槽忙碌機率
p_{succ}	時槽成功機率
p_{coll}	時槽碰撞機率
N_{SCH}	服務通道數量
$\mathbb{E}[T_{reserv}]$	平均預約時間
T_e	退後時槽到下一個退後時槽之間的 時間長度
T_{coll}	碰撞時間
T_{REQ}	請求時間
T_{AIFS}	仲裁訊框間隔時間
T_{slot}	退後時槽時間
T_{succ}	成功傳送時間
T_{RES}	回應時間
T_{RC}	路邊基地台協調時間

T_{SIFS}	短訊框間隔長度
T_{trans}	傳送資料時間
T_{ACK}	回應封包時間
T_{data}	傳送資料區間的長度
T_{CRP}	通道預約區間長度
T_{SCH}	服務通道區間長度
T_{SMP}	安全訊息階段區間長度
T_{LIBP}	長度資訊階段區間長度
T_{SI}	同步區間區間長度
R_{opt}	最佳比例
G	吞吐輛
D	封包負載大小
RSS	訊號接收強度
RSS_0	初值訊號強度
v	車速
v_{MAX}	最大車速
a	訊號強度變動係數
R_{GW}	閘道候選車輛範圍
T_r	為最大IEEE 802.11p無線傳輸範圍
ϵ	通道衰落條件

表 3：符號表。

符號	符號意義
Ω_1	作法一(有辨識過程)
Ω_2	作法二(沒有辨識過程)

R_{RSU}	路邊基地台涵蓋範圍
R_V	車對車通訊範圍
V_{avg}	平均車速
D_{avg}	平均車輛密度
l	道路長度
t	時間
s	時槽數
n	路邊基地台下總節點數
n_{in}	駐留的節點數
n_{arr}	新進的節點數
n_{dep}	離去節點數
\tilde{n}	鄰居車輛節點數
s_{arr}	辨識新進車輛的時槽數
γ	增益比例
T_{ss}	安全訊息的時槽長度
T_{Data, Ω_1}	作法一中資料傳送的區間長度
T_{Data, Ω_2}	作法二中資料傳送的區間長度
G_{Ω_1}	作法一的吞吐量
G_{Ω_2}	作法二的吞吐量

表 4：英文縮寫表。

縮寫表	英文全名
VANET	Vehicular ad-hoc network
ITS	Intelligent Transportation Systems
RSU	Road-side unit, RSU

OBU	On-board unit
I2V	Infrastructure-to-vehicle
V2V	Vehicle-to-vehicle
WAVE	Wireless Access in Vehicular Environments
CCH	Control Channel
SCHs	Service Channels,
FCC	Federal Communications Commission
IoV	Internet of Vehicle
C-MAC	Coordinated Multichannel MAC
IS	Initiate State
TCH	Temp cluster head
CH	Cluster head
CM	Cluster member
BST	Base Station Transceiver
IN	Initial
SE	State Election
ISO-CH	Isolated Cluster Head
BSM	Basic Safety Message
LIBP	Length Information Broadcast Phase
SMP	Safety Message Phase
CRP	Channel Reservation Phase
LI	Length Information
REQ	Request
RES	Response

RC	RSU Coordination
CS	Control Slot
AIFS	Arbitration Inter-Frame Space
SIFSs	Short Inter-Frame Spaces



參 考 文 獻

- [1] M. Wang, H. Liang, R. Zhang, R. Deng, and X. Shen, "Mobility-Aware Coordinated Charging for Electric Vehicles in VANET-Enhanced Smart Grid," *IEEE J. Sel. Areas Commun*, vol. 32, no. 7, pp. 1344 - 1360, June. 2014.
- [2] F. I. Shaikh, and H. A. Hingoliwala, "Path Planning based QoS Routing in VANET," *2017 International Conference on Big Data, IoT and Data Science (BIGDATA)*, pp. 37 - 44, June. 2017.
- [3] M. Wang, H. Shan, R. Lu, R. Zhang, X. Shen, and F. Bai, "Real-Time Path Planning Based on Hybrid-VANET-Enhanced Transportation System," *IEEE Trans. Veh. Technol*, vol. 64, no.5, pp. 1664 - 1678, July. 2014.
- [4] N. Wisitpongphan, F. Bai, P. Mudalige, V. Sadekar, and Ozan Tonguz, "Routing in Sparse Vehicular Ad Hoc Wireless Networks," *IEEE J. Sel. Areas Commun*, vol. 25, no. 8, pp. 1538 - 1556, October. 2007.
- [5] L. Zhu, C. Li, B. Li, X. Wang, and G. Mao, "Geographic Routing in Multilevel Scenarios of Vehicular Ad Hoc Networks," *IEEE Trans. Veh. Technol*, vol. 65, no.9, pp. 7740 - 7753, September. 2016.
- [6] J.-J. Huang, "Accurate Probability Distribution of Rehealing Delay in Sparse VANETs," *IEEE Communications Letter*, vol. 19, no. 7, pp. 1193-1196, July. 2015.
- [7] K. Liu, J.-Y. Ng, V. C. S. Lee, S. H. Son, and I. Stojmenovic, "Cooperative Data Scheduling in Hybrid Vehicular Ad Hoc Networks: VANET as a Software Defined Network," *IEEE/ACM Trans. Net*, vol. 24, no. 3, pp. 1759 - 1773, June. 2016.
- [8] A. A. Almohammed, N. K. Noordin, A. Sali, F. Hashim, and M. Balfaqih, "An Adaptive Multi-Channel Assignment and Coordination Scheme for IEEE 802.11P/1609.4 in Vehicular Ad-Hoc Networks," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 2781 - 2802, December. 2017.

- [9] Ns-3 Model Library. [Online]. Available at: <https://goo.gl/S3uvoD>.
- [10] H. Yoo, and D. Kim, "Dynamic Channel Coordination Schemes for IEEE 802.11p/1609 Vehicular Networks: A Survey," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 9, no. 10, pp. 1-8, October. 2013.
- [11] Y. Liu, L.F. Liu, L. Zheng, and H.F. Wang, "Study on the Downlink Performance of Roadside Unit in Vehicular Ad-Hoc Networks," *Journal of Software*, vol. 26, no. 7, pp. 1700-1710, 2015.
- [12] A. Benslimane, T. Taleb, and R. Sivaraj, "Dynamic Clustering-Based Adaptive Mobile Gateway Management in Integrated VANET — 3G Heterogeneous Wireless Networks," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 29, no. 3, pp. 559 - 570, March 2011.
- [13] S. Ucar, S. C. Ergen, and O. Ozkasap, "Multihop-Cluster-Based IEEE 802.11p and LTE Hybrid Architecture for VANET Safety Message Dissemination," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 65, no. 4, pp. 2621 - 2636, April. 2016.
- [14] Q. Wang, S. Leng, H. Fu, and Y. Zhang, "An IEEE 802.11p-Based Multichannel MAC Scheme With Channel Coordination for Vehicular Ad Hoc Networks," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.*, vol.13, no. 2, pp. 449 - 458, June. 2012.
- [15] H. A. Omar, W. Zhuang, and L. Li, "VeMAC: A TDMA-Based MAC Protocol for Reliable Broadcast in VANETs," *IEEE Transactions on Mobile Computing.*, vol.12, no. 9, pp. 1724 - 1736, September. 2013.
- [16] W. Guo, L. Huang, L. Chen, H. Xu, and J. Xie, "An Adaptive Collision- Free MAC protocol based on TDMA for Inter-Vehicular communication," *Wireless Communications & Signal Processing (WCSP).*, pp.1-6, October. 2012.
- [17] Z. Tang, J. Wang, S. Song, P. Yang, and Y. Zhang, "A Cluster-Based Multichannel MAC Protocol for throughput sensitive applications in VANETs," *Anti-counterfeiting, Security, and Identification (ASID).*, pp.19-23, September. 2015.

- [18] Y. Kim, M. Lee, and T.-J. Lee, "Coordinated Multichannel MAC Protocol for Vehicular Ad Hoc Networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 65, no. 8, pp. 6508 - 6517, August. 2016.
- [19] MAC Layer: IEEE802.11p. [Online]. Available at: <https://goo.gl/HbE7C4>.



自 傳

一、 生長背景

我出生在新北市，家中成員有媽媽、爸爸、弟弟和我。從小到大我的家人都是非常支持我。媽媽以前曾經對我說過笨鳥慢飛的故事。如果沒有比別人聰明，就要多努力點追上別人的腳步。這個故事對我的影響很大，每當我覺得自己做不了，那我就按照自己的腳步慢慢學習，努力的追上別人。

二、 求學過程

在高中階段我就讀的是技職體系的學校，所以在高中時期就已經選擇了未來的系所。要非常感謝高中遇到的老師，國中時對物理一竅不通的我，但資訊科學的內容卻與物理息息相關，若不是這些老師耐心教導，或許這一條路對我來說會是非常艱辛。

大學階段，由於高中打下電子學與基本電學的基礎，讓我在學科方面能夠有比較好的學習成效。術科方面，也開始接觸了一些程式設計的部分，雖然沒有很專精，卻也找到些許的興趣。

研究所階段確實與之前求學過程差別很大，起初我非常不適應，跟著指導教授的安排，學習到了很多東西，透過老師的訓練，慢慢地開始有獨立思考問題的能力，也慢慢地具備了研究生的特質。

學 術 研 究

- [1] J.-J. Huang, and P.-W. Wang, “Analysis of Rehealing Delay for the Delivery of Downstream Messages in Sparse Highway Vehicular Ad Hoc Networks,” *International Journal Of Electrical Engineering.*, December. 2018.

