

都會型車載隨意網路上廣播機制之研究

Kai Jiun Shiau and Chang Wu Yu

Department of Computer Science and Information Engineering

Chung Hua University

{m09602058, cwyu} @chu.edu.tw

摘要

車用行動通訊網路 Vehicular Ad-Hoc Network (VANET)是藉由無線通訊與資料傳遞技術，串聯交通工具以及路邊交通設施，所形成的特殊網路。Simple forwarding 的機制簡單且容易實作，因此常被用來傳遞重要的緊急事件。但其缺點容易產生多餘封包導致網路負擔增加。因此有在路口處設置固定的路邊設施方式的必要，用於存取資料以及通知道路密度等。但是大量建置路邊設施，將使得建置成本大幅提高。

本篇論文將有效地部署路邊設施設置，利用固定路線的車輛(如公車、捷運)進行有服務保證的 carry 機制，並搭配短距離即時的廣播，希望建制一個車載隨意網路上低成本的廣播機制。

關鍵詞：Vehicular Ad-hoc Networks, carry, forwarding, broadcasting

Abstract

Vehicular Ad-Hoc Network (VANET) is supported by wireless communications technology and roadside traffic facilities recently. Simple forwarding used to deliver important emergency is easy to implement. However, it would result in a lot of redundant network packets and consequently the performance of the whole network will be declined. Therefore, fixed roadside facilities are considered to be set up at the junction for accessing to information and notification of road density, traffic status, and so on. However, a large number of roadside facilities increase the cost of deployment.

This work propose an effective broadcasting mechanism by deploying roadside facilities, which consist of regular-route vehicles (such as buses or the MRT) to guarantees service quality in the large area, and combining with a short-range real-time broadcast mechanism.

Keywords：Vehicular ad-hoc networks、carry、forwarding、broadcasting。

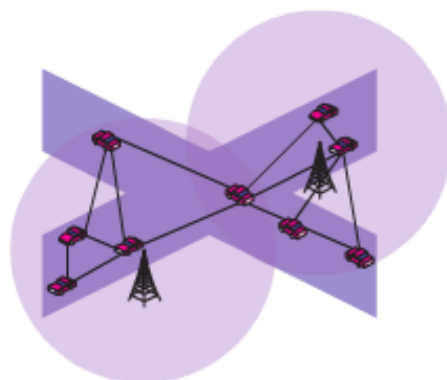
1. 簡介

智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation System, ITS) 藉由先進之電腦、資

訊、電子、通訊與感測等科技的應用，透過所提供即時資訊的溝通與連結，以改善人、車、路等運輸系統間的互動關係，進而增進運輸系統之安全、效率與舒適，同時減少交通環境衝擊之有效整合型運輸系統。所用的方式有短距離通訊系統（Dedicated Short Range Communication, DSRC）[9]，除了原有的紅外線、微波等技術，增加 IEEE 802.11 無線網路通訊技術之選擇。ITS 發展的目標可以分為安全、環保、效率，以及經濟等四大目標，各項目標之內涵與相對應的標的為：目標一：增進交通安全減少交通事故，提昇行車安全，目標二：降低環境衝擊：減少空氣、噪音污染，提高能源使用效率，目標三：改善運輸效率：降低交通擁擠的問題，提高運輸機動性，目標四：提昇經濟生產力：促進相關產業發展，增加就業機會[3]。

車用行動通訊網路(Vehicular Ad-Hoc Network, 簡稱 VANET)是藉由無線通訊與資料傳遞技術，串聯交通工具以及路邊交通設施，所形成的特殊網路。其主要功能在於讓所有的車輛可以即時取得及傳遞與交通相關的資訊，以便提高行車效率，增進用路安全與舒適性。隨著無線通訊網路技術的進步與普及，行車安全問題也越來越受到重視，車間通訊(IVC)所組成的車載隨意網路與舊有移動網路(Mobile Ad hoc NETWORK, MANET)有許多的不同點，例如：車速遠大於 MANET 上的節點、VANET 必須是可以涵蓋一個很大的通訊範圍、網路負載受到車流量、號誌等交通因素的影響[6]。

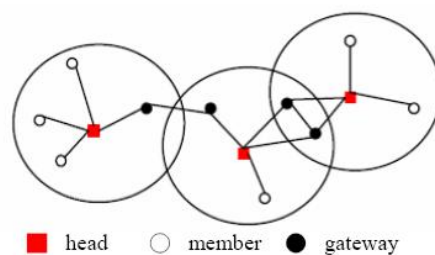
近年來，有許多類型的車載隨意網路的架構因應行駛的環境之不同所提出的，例如利用 IEEE 802.11 通訊協定為基礎，由行動隨意網路（Mobile Ad-hoc Network, MANET）延伸而來。車輛與其它車輛互相傳輸資料，稱為車間通訊（Vehicle to Vehicle Communication, 簡稱 V2V），車輛與路邊設施交換資料，稱為車路通訊（Vehicle to Infrastructure Communication, 簡稱 V2I）[5]，見圖一。



圖一、車路通訊和車間通訊

MAC 方面若以 IEEE 802.11 傳輸協定，來進行緊急事件封包發送，將使車輛隨機發出封包，除了容易發生封包 Collision 現象，並且 multi-hop 的傳送也會因此造成無窮盡的封包延遲現象，為了減少訊息碰撞而導致封包的遺失，則有叢集化（Clustering）的機制，把相同區域之間的車輛組成叢集，然後從叢集中挑選出叢集首領（CH），其他車輛則為叢集的成員（CM），gateway 是協助 Cluster

之間訊息的傳送，見圖二所示，相同叢集間的成員都可以自由的相互交換資料。不同叢集間則透過叢集首領收集資料後進行傳遞，這方法是用來減少多餘的資料傳遞次數，除此之外，因為要配合 TDMA 的機制，分叢集可以統一由各自的叢集首領來分配時槽，可以更進一步減少有限頻道的競爭，導致無線訊號的干擾。但因為分叢集的方式考慮到每輛車的車速並非一樣，導致各個叢集間會變得很不穩定，所以這裡將會增加車速進入分叢集的考慮，也為了避免有些過快或過慢的車輛要求進入叢集中，在 TDMA 的部分將會有保留幾個時槽供這些車輛使用 [2]。



圖二、叢集化組成方式

因 forwarding 的機制容易造成傳送重覆的訊息，並且會引起 MAC 層嚴重的碰撞，並且為了避免車載隨意網路中網路連線的斷斷續續，而且車載隨意網路所能提供的通訊範圍僅數百公尺，若需將通訊範圍擴大，則需使用多重跳躍 (multi-hop) 的方式進行資料轉遞。最簡單的轉遞機制為 Simple forwarding，即接收訊息的車輛會立即轉遞訊息。此機制簡單且容易實作，但其缺點容易產生多餘封包導致網路負擔增加，造成廣播封包瀰漫整體網路，造成封包的碰撞而遺失或者頻寬被搶走，造成封包無法傳遞的問題產生，因此有在路口處設置固定的路邊設施方式的必要，用於存取資料以及通知道路密度等。

當緊急事件封包發送廣播時，前人方法的缺點歸納如下：(一)大量建置路邊設施，使得成本提高，(二)使用盲目的 forwarding 來傳送訊息，使頻寬耗費嚴重，亦即 MAC 碰撞嚴重。

如何設計低成本的機制，使得進入一個都市的使用者，得以適時地取得重要事件的資訊將是本篇論文的動機。若僅是利用單純的 carry 取代 forwarding，雖封包碰撞不嚴重，但當緊急事故發生時，封包傳遞的時間延遲會加長而導致重要訊息的遺漏。

本篇論文將有效地部署路邊設施設置，利用固定路線的車輛(如公車、捷運)進行有服務保證的 carry 機制，並搭配短距離即時的廣播，希望建制一個車載隨意網路上低成本的廣播機制。我們的新機制不僅能避免建造路邊設施的高成本，也可以減少大量訊息的傳送，即頻寬佔用率降低，因為訊息都 carry 在車體本身，將能減少廣播封包瀰漫整體網路的缺失。

精準地說，我們的方法有三種互相配合使用，(一)車輛間彼此可以互相交換訊息，也能幫忙 carry 資訊。(二)利用固定路線的車輛如公車、捷運等大眾運輸

工具來幫忙轉送或送往路邊設施以利存取。(三)當車輛行駛經過路邊設施時，即可獲得已經存取在設施中的訊息。不過以上的方法有其缺點，就是訊息延遲過長。所以如有緊急事故發生時會以短距離的 forwarding 至一個路口，車輛間一接收到訊息就會幫忙 carry 資訊到路邊設施或交付訊息給公車，以避免單一性 carry 方式延遲時間過長。

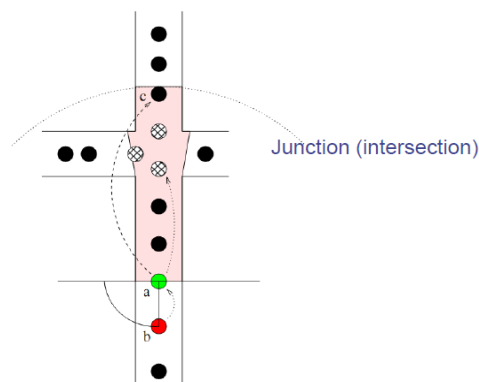
本論文第二節將討論目前相關研究文獻探討，第三節提出本論文所提出之方法，第四節提出結論及未來研究方向。

2. 前人文獻

在本節中，我們將列出車用行動通訊網路一些資料傳送的文獻。

Simple forwarding：所有接收緊急訊息之車輛，透過 802.11 的 DCF 機制，競爭頻道使用權，此機制優點為相當簡單且容易實作，然而其缺點在於所有接收到訊息的車輛皆轉遞此訊息，將會造成大量封包碰撞以及增加傳遞延遲時間過久的風險[2]。

GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing) [7]的方式，因為來源端到目的地端，首先會先得知在哪個方向能透過 GPS 得知訊息，其次會去尋找自己傳輸半徑中最靠近目的地端的車輛傳送，重複的以同樣方法傳送到達目的地端。這項方法的缺點為當無法找到比自己更接近目的地端的車輛時就會造成封包無法傳達的現象，稱為 local optimum，當 local optimum 發生時，就會啟動他的修復機制即為常見的右手定則，不過這方法可能會使得封包要繞遠路才能到達目的地端，所以又有修改此方法即為 GPCR (Greedy Perimeter Coordinator Routing) [7]這個方法一般也是使用 greedy 的方式，但是如果 greedy 時會碰觸到交叉點時則會把這交叉點設為優先傳送的目標，再利用這交叉點裡面的車輛進行下一次的轉送，避免造成 local optimum 的形成，如圖三所示。

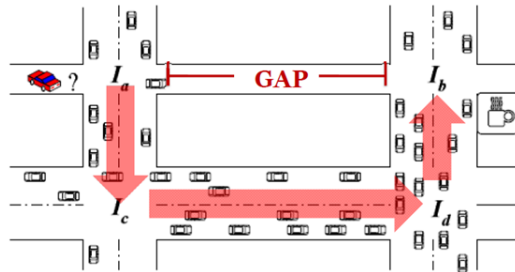


圖三、十字路口間車輛設為轉送點

另一篇的 routing 則會去判斷當時的車輛密度是來源端與目的地端都會移動的情形，一開始當來源端得知目的地端的位置後會去記錄他的 routing table 表，並不會去考慮到密度的因素，所以有時候走既定的路線時會因為密度稀疏而導致封包無法轉送，所以會去考慮到第一個交叉點到下一個交叉點之間的道路密度改

變，則會去影響從哪個方向轉送，可減低延遲的時間[1]。

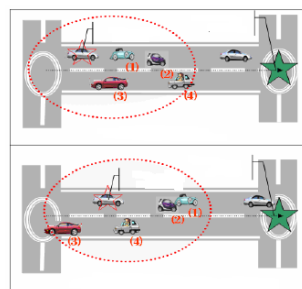
此篇是來源端會移動但目的地端不移動的情形，考慮是要轉送還是自己保留訊息 (Carry) 的方式，等到可以把資料 forwarding 時再把訊息給傳送出去，如圖四所示[12]。



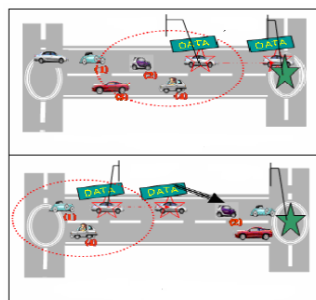
圖四、在十字路口選擇 carry 或 forwarding

此篇非常有趣，一般 routing 的論文都講求延遲時間小、封包傳達率高，這篇則是講求當在預設的時間內，車體本身可以透過 carry 的方式傳達到目的地端，能直接使用 carry 的方式即可，盡量不要去使用到網路資源，讓更有需要的訊息例如：意外發生訊息、安全通知訊息等等可以盡量地使用這些頻寬。而比較不重要的訊息則可以到達即可，等到快超過時間時再來使用頻寬即可[8]。

該篇是利用判斷十字路口與十字路口之間的密度，且在這段路中會去預測未來移動及到達的位置，以免訊息傳錯方向，見圖五所示，一開始標有星星的那輛車會透過可以 forwarding 的車輛有(1)、(2)、(3)、(4)台車，但經過一段時間後，預測四台車的未來位置會發現(3)、(4)並非往要到達的目的地，也就是避免 greedy 機制會先把訊息傳給(4)號車變成傳錯方向。除此之外，當預測未來位置後發現沒車可以 forwarding 時，就會把訊息 carry 在自己車上，等到有較近的車輛或位於十字路口的範圍內再傳送，如圖六所示[4]。

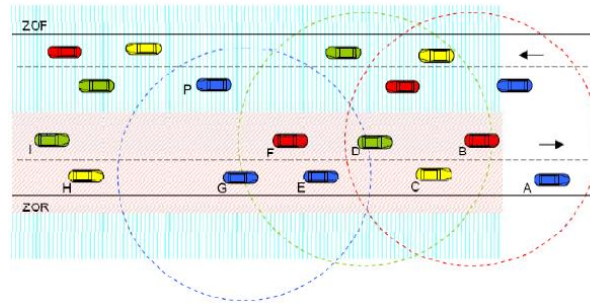


圖五、兩十字路口間 forwarding 資料並改善 greedy 機制



圖六、forwarding 無法傳達時的修復策略

再來就是利用廣播的方式進行傳送封包，這個方法普遍使用在高速公路上，當有意外發生時會先設置一個警戒區，稱 ZOR (zone of relevance) [10]，車輛進入時都可以接收到意外訊息，但是若是有因為密度不均以致無法轉送訊息的地方，則會去考慮到對向車道幫忙轉傳，稱 ZOF (zone of forwarding) [10]，如圖七所示，當對向車道也密度不均時則會考慮用 carry 的方式，等到可以轉傳時就轉傳。

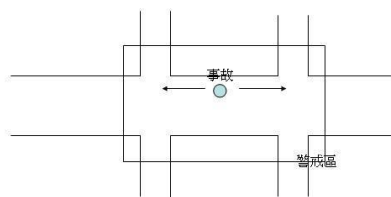


圖七、ZOR 與 ZOF

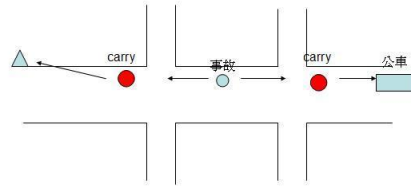
3. 一個都會型車載隨意網路上低成本的廣播機制之設計

許多文獻探討都是要求延遲時間短，會有很多方式去處理，本文則是提出在容許的延遲時間內盡量不要去佔用到頻寬，每輛車都把 carry 的方式設為常態，這樣一來不只能把訊息傳達到較遠的地區，讓將要進入此都市的車輛可以得知在某段時間點內該都市的概況，可是這樣的作法將會影響緊急事件的處理，因為常態 carry 訊息傳送的延遲肯定會慢很多，為了因應緊急事件的發生，會在發生處改變一下措施，以減緩延遲時間。

根據文獻中探討，當有意外緊急事故發生時，通常都是會往後 forwarding，或設置警戒區，當車輛進入警戒區時會即時得到訊息，也就是封包會一直瀰漫於這個區域，當無法直接往後傳送時，會考慮請求對向車道幫忙，當對向車道同樣密度不均時也會考慮使用 carry 的方式，等到可以轉傳時就轉傳，如圖八。當紅色點發生意外時會先設置一個警戒區也就是進入矩形內，即可得知此次意外的發生資訊。我們的方式就會先以短距離的 forwarding 至某一個路口，車輛間一接收到訊息就幫忙 carry 資訊到路邊設施或交付該訊息給公車，如圖九。本篇所探討的為利用公車路線來 carry 訊息，並且使得訊息可以瀰漫於整個都市中，但因應 carry 的機制過於緩慢，如有緊急事件發生時，會依照當時接收到訊息者距離都市的遠近，進而判斷是否該 carry 或短距離的 forwarding。



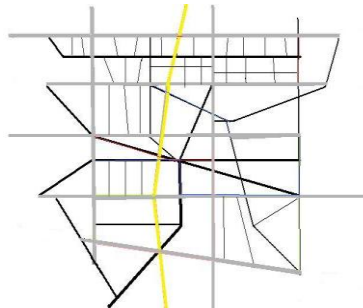
圖八、前人都市事故發生圖



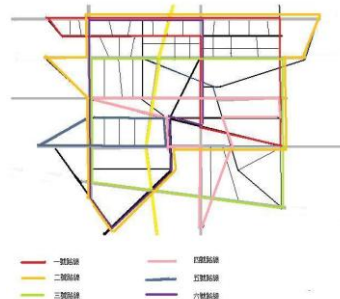
圖九、都市事故發生圖

3.1 挑選路線

當已經不在緊急事故發生處時，首先會依照都市地圖，一方面可以確保車輛在都市內可以保持接收到訊息，也就是都市整體覆蓋之問題，亦即如何挑選在都市內有循環路線之車輛，如公車、捷運等等均有著固定行駛的路線且能隨時主動存取訊息的車輛，當路線經過時，在路徑周遭就會被覆蓋住。如圖十，黃色為捷運路線、灰色是主要幹道、黑色是一般道路或巷道。然而考慮到 carry 的時間長度，所以會在道路中裝設路邊設施存取，再來則是如何搭配公車路線的考量，使裝置為最小成本又可以達到訊息可以完整的覆蓋住都市，公車路線見圖十一。這範例中只有六條循環公車，假設該六條循環路線的公車都搭配路邊設施，如此一來成本必定會提高，考慮路線和成本的考量就必須在公車路線與路邊設施取得平衡點，使成本不至於花費太高而又能有效率的覆蓋住都市。該範例中選擇一號、二號、三號以及四號路線均會使都市幾乎被整體覆蓋住。



圖十、都市街道圖

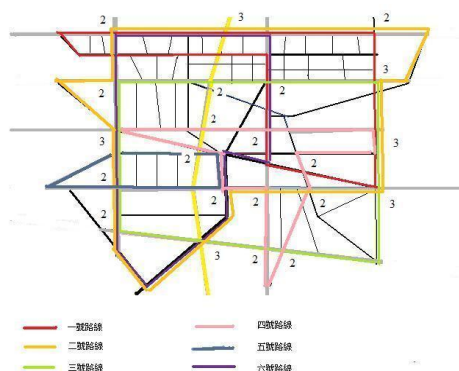


圖十一、都市街道圖加上公車路線

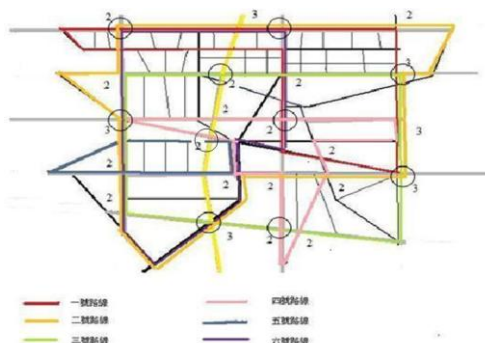
3.2 路邊設施的佈建

路線規劃好之後，其次則要挑選路邊設施的擺放地，假設所挑選之路線交疊

處都擺放，成本設施就會提高，如圖十二。所以要從中挑選幾處，以利訊息的存取於此處，並且可以讓車輛在沒遇到公車之前，也可以透過此設施來得知訊息。所以挑選方式有四種，(一) 以住宅區附近多設存取點，都市內用戶即小黑線區域內，需要取得都市內訊息的機會較高，所以放置點比較密集。(二) 考量公車行進路線之遠近，取適中範圍內又有跟別條路線重疊處設置設施。(三) 最後考慮都市外的車輛進路此都市的主要道路上擺設設施。(四) 如果有較快速的路線通過時，優先考慮在其交會處設置設施，即圖十三。



圖十二、路線交疊次數圖

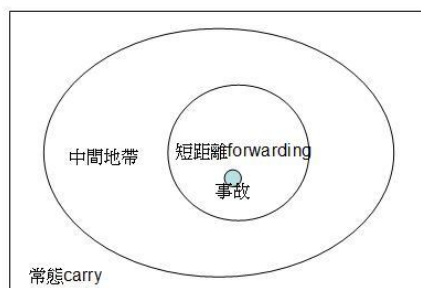


圖十三、加設路邊設施圖

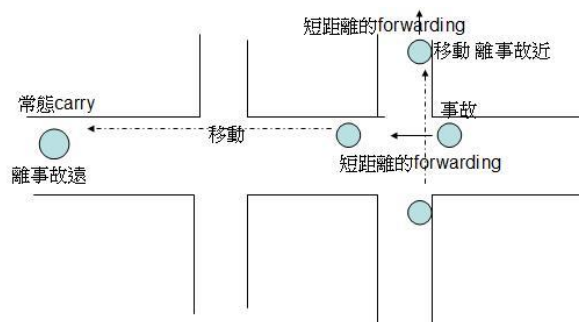
3.3 一個車載隨意網路上低成本的廣播機制

但是離開事故發生的短距離 forwarding 的區域內，因應常態的 carry 所造成的缺點是使延遲的時間過長，假設用 forwarding 在很靠近的地區能很快的就會收到訊息，但因為常態 carry 的本身因素會造成要等到車輛經過時才會得知訊息，所以在短距離 forwarding 和常態 carry 之間必須要用一種共存的方式去解決延遲時間和頻寬的問題，如圖十四。一般所使用的方法都必須靠網路來轉送，這樣頻寬就會大量的消耗；倘若都以 carry 的方式，那麼延遲時間就會提高。一開始會以最後接收到 forwarding 的車輛設為中繼點，之後每隔若干隨機時間就會發送一次短距離的 forwarding，但隨機時間至少大於六秒，這樣才不太會去浪費到頻寬，然後會再去依照當時距離事故發生地點的距離遠近，再決定是否要再改變一次短距離的 forwarding 或者變成常態 carry 的機率，假設距離較近者的話，短距離的 forwarding 比例高於常態 carry；反之，距離較遠的話常態 carry 比例則高於短距

離的 forwarding，這個方式是用來改善當事件發生時，使用短距離的 forwarding 之後就立刻用 carry 的方式，而形成長時間的延遲時間；或者因為距離遠近的關係，用 forwarding 即可以馬上得知訊息，若用 carry 則需要耗費一段時間，也就是改善短距離的 forwarding 和常態 carry 兩者之間的中間地帶。如圖十五。

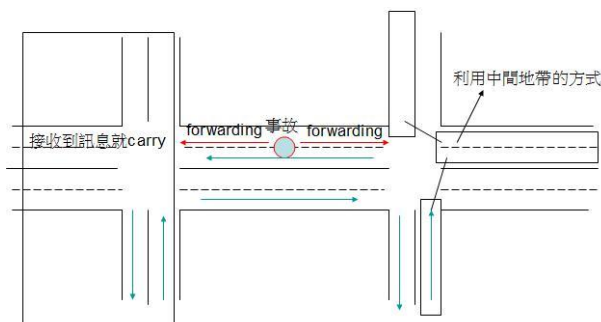


圖十四、forwarding 和 carry 以外的中間地帶

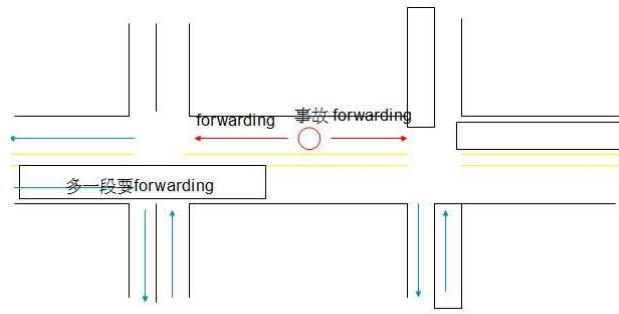


圖十五、改善中間地帶的方法

中間地帶的 forwarding 還是有其缺點存在，有些道路或許可以不用去得知相關的事故訊息，如圖十六和圖十七兩種情形。圖十六是說明當道路有分隔島的情形下，藍色方向箭頭是指車輛的行進方向，以避免多餘且重複 forwarding 的機制，因為會進入這條道路的車輛只有在後面這幾條道路行駛的車輛而已，因此這幾條道路必須要快點得知訊息，即可使用上述的改善方法來實行；圖十七之差別在於道路中間並無分隔島的情形下，必須還要再考慮其前面對向車道的車輛會經過事故發生地點時，來通知訊息。



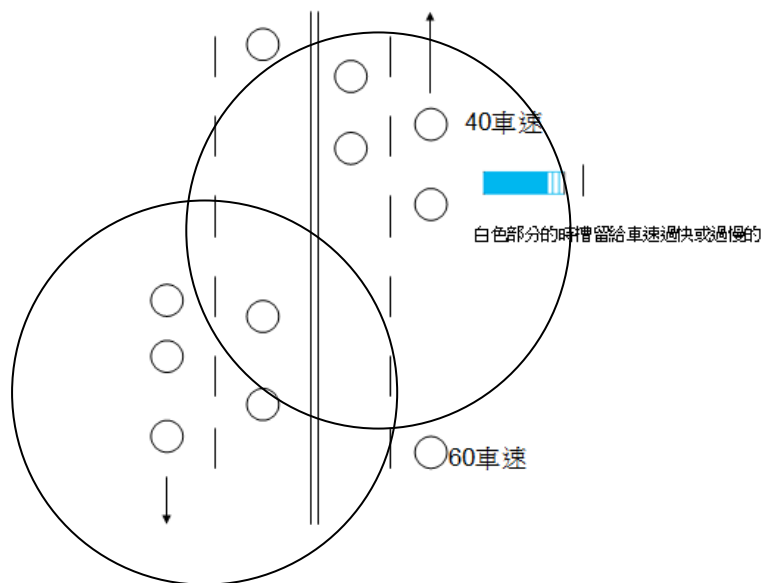
圖十六、有分隔島時避免過多的 forwarding



圖十六、無分隔島時避免過多的 forwarding

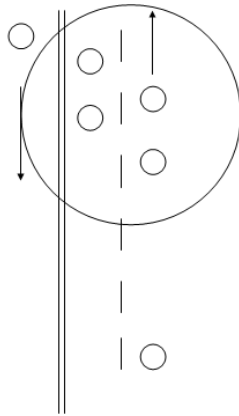
3.4 分群與 TDMA 的運用

首先會以分叢集的概念依照先前的方式，指定由某一特定區域內之車輛所組成的團體，稱為叢集 (Cluster)。此團體經由挑選策略後選出一個 CH，CH 具有管理 CM 之權限，例如管理 CM 發送訊息的時間或是排程。該篇作者提出使用車輛移動方向及位於 Cluster 內的持續時間，來挑選出 CH、CMs，並且定義了 gateway node，協助 Cluster 之間轉送資料[2]。但因為道路是有方向性的，所以提出在道路中車輛跟車輛間的訊息交換，分叢集有益於時槽的分配，避免訊息碰撞而遺失。不過從中又發現到兩點，(一)分好的叢集並非相當穩定，例如：車速過快或過慢時，面對此種情況就會把些許的時槽分配給這些車輛，讓這些車輛能快速穿越過該叢集，如圖十八所示。



圖十八、額外分配的時槽

(二) 後方車輛若想得知自己前方車道相關的訊息，可以透過對向車道來幫忙汲取前一段距離內所有經過的車輛並且 carry 起來，當有詢問時再把訊息傳送出去，不然就是 carry 在自己的車上，等到預設的存取時間到了再捨棄之，如圖十九所示。



圖十九、carry 和詢問

4. 結論

在相關論文中，所提出的方式都是為了減少延遲時間而設計的方法，因為大量使用網路頻寬，進而造成 MAC 層碰撞嚴重，或者建造出甚多的路邊設施，來應付 Vehicular Ad-hoc Network，所造成的成本將會是很龐大的。本篇論文所提出的方式為常態 carry，就是為了解決 MAC 層碰撞嚴重，但是為了解決碰撞問題，所使用 carry 的機制就會使延遲時間大幅提升，所以又加上短距離的 forwarding 來解決當距離事故地點較近的區域，其中考量到較遠處利用 carry 方式來傳送訊息，因時間上並無緊迫性，所以用此方法，重點於離事故不近不遠的地方，考慮到兩者並用來解決此一問題，重點在於循環固定路線的挑選以及路邊設施佈建，使得整體都市都能完整覆蓋以及最小成本為首要工作。

參考文獻：

1. Y.S. Chen and C.Y. Pan "DIR: Diagonal-Intersection-Based Routing Protocol for Urban Vehicular Ad Hoc Networks," *Telecommunication System*, Vol. 46, Issue 4, May 2011.
2. Ching-Chiang Ho and Li-Der Chou, "Early Warning Scheme for Cooperative Collision Avoidance," *TANet*, 2008.
3. <http://www.its-taiwan.org.tw/its/its-2.htm>.
4. Moez Jerbi, Sidi-Mohammed Senouci, Rabah Meraihi, and Yacine Ghamri-Doudane "An Improved Vehicular Ad Hoc Routing Protocol for City Environments," *IEEE International Conference on Communications, 2007*, pp. 3972-3979.
5. G. Korkmaz, E. Ekici, and F. Ozguner, "Black- Burst-Based Multihop Broadcast Protocols for Vehicular Networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 56, no. 5, pp. 3159-3167, Sep. 2007.
6. Fan Li and Yu Wang, "Routing in Vehicular Ad Hoc Networks : A Survey," *Vehicular Technology Magazine, IEEE Publication Date: June 2007* Volume: 2, Issue: 2 On page(s): 12-22.

7. Christian Lochert, Martin Mauve, Holger FuBler, and Hannes Hartenstein “Geographic Routing in City Scenarios,” *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, pp. 69-72, 2005.
8. Antonios Skordylis, Niki Trigoni “Delay-Bounded Routing in Vehicular Ad-hoc Networks,” *Proceedings of the 9th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing table of content*, 2008, pp. 341-350.
9. Yuan-Tse Yu, Sheau Ru Tong, Chai-Pi Chang, and Ling Lee “IVC (Inter-Vehicle Communication) based Aid Secure System for Emergency Ambulance-Active Emergency Broadcasting Protocol (AEB)” *TANet*, 2008.
10. Ozan Tonguz and Nawapom Wisitpongphan “Broadcasting in VANET,” *IEEE 2007 Mobile Networking for Vehicular Environments*.
11. Y. Yang and L. Chou, “Position-Based Adaptive Broadcast for Inter-Vehicle Communications,” *Proceeding of IEEE International Conference on Communications Workshops*, 2008, pp. 410-414.
12. Jing Zhao and Guohong Cao “VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery in Vehicular Ad Hoc Networks,” *INFOCOM 2006. 25th IEEE International Conference on Computer Communications*, Proceedings April 2006 Page(s):1–12.