

植基於車用隨意網路的網際網路通訊協定架構

范家祥
國立東華大學
資訊工程學系
M9721066@
ems.ndhu.edu.tw

ⁱ陳旻秀
國立東華大學
資訊工程學系
mxchen@
mail.ndhu.edu.tw

陳建言
國立東華大學
資訊工程學系
M9721069@
ems.ndhu.edu.tw

摘要

如何將網際網路的架構良好運作在 VANET 是現在熱門的研究議題，然而 IP 架構與 VANET 環境限制存在許多衝突，使得 IP 架構能否運用在 VANET 產生諸多質疑。在 VANET 中因為具有圖資與定位技術的條件，我們使用這樣的條件提出用地理座標劃分區塊並分配 IP 區段的概念。為了簡化 IP 分配與封包轉送，在每個區段中將有一個車輛節點擔任 Master Car 以進行封包分配與封包轉送。我們亦提出了行動管理機制，以解決車輛具有高移動性所帶來的影響。在封包轉送策略方面，我們提出了根據圖資進行封包轉送的靜態 Routing 策略與根據車流量與圖資進行封包轉送的動態 Routing 策略。

關鍵詞： VANET, Routing, IP。

1. 緒論

當今對於無線網路的廣泛應用，讓人類在手機、車輛與車輛間，能使用無線網路通訊，作為安全考量及資訊交換等應用。然而需要基地台等網路基礎建設才能提供無線上網的服務，卻讓使用的方便性大打折扣。因此，無須網路基礎建設即能提供無線上網服務的隨意網路(Ad hoc Network)的構想應運而生。在隨意網路的每個節點都具備幫忙轉送封包的能力。所以在隨意網路的任兩節點要彼此連繫時，即可以透過隨意網路上的其他節點幫忙轉送封包，如此即可不需網路基礎建設即能提供連線服務的要求。這樣的構想在引入了每個節點都具備移動能力後，即可構成移動隨意網路(Mobile Ad hoc Network MANET)的基礎。

而將 MANET 中的每個節點成員改為能在道路環境移動的車子後，車載隨意網路

(Vehicle Ad hoc Network VANET)的概念就此產生。由於在車輛節點方面，會受到固定的道路影響，固定的移動方向、速度、駕駛的行為、不可預測的突發狀況、快速移動，需有動態配置和 low-delay(即在突發狀況下，封包的發送速度，需有較短的 delay time，避免有其他的情形發生)的傳輸技術，以維持車輛間資訊的交換。而在 VANET 的環境中，由於車輛的移動性、移動行為與電源供應的特性皆與 MANET 有很大的差異。首先車輛的移動速度和移動方式與行人相比是有著顯著的差異性，例如：車輛並不能在道路上直接轉向相反方向移動，而是要透過繞道或迴轉的方式才能達成。而且一般的無線網路通訊設備所能提供的通訊範圍時常會因為車輛的移動速度而造成超出通訊範圍。所以路由演算法首先要克服快速變動的網路拓撲所帶來的影響。

接著我們可以觀察到 VANET 中的節點移動會受到道路的影響，因為在 VANET 裡，建構成網路拓撲的每個節點是由車輛所扮演，而車輛必須要行駛在道路上並且受到交通號誌的管理，這種特殊的移動行為可以用來幫助路由路徑的建立。另外值得注意的是在 VANET 中，一條道路上的車流量大代表著該道路上的網路能夠取得的資源較多，因此我們可以利用車流的因素來強化路由路徑，使得建立好的路由路徑能夠有著較長的生命週期。因為有這麼多的差異存在，所以很多在 MANET 的研究成果並不適用在 VANET 的環境下，因此在近年來一躍而為熱門研究議題。

本論文研究將著重於 VANET 環境中網路架構的探討。在現今 MANET 或 VANET 研究中，對於網路封包的選徑策略已經有相當多的成果。然而這些成果很多卻與網路位址的定址沒有多大關連性。這主因在於網路位址的定址設計是以有線網路的架構為出發點。因為有線網路內的節點不具移動性，所以在給定這些結

點位址時可根據地域性分配。而封包選徑時即可根據位址的地域性將封包傳往正確的路徑。而當移動概念引入時，為了處理移動節點的網路位址問題，因此提出了行動網際網路協定(Mobile Internet Protocol MIP)。在 MIP 中，引進了 Home IP、Care of Address、Home Agent 與 Tunnel 等概念以解決行動網路的定址問題。

然而，MIP 的概念卻不適用於 MANET 與 VANET 的環境。其主要原因即在於 MANET 與 VANET 的網路拓撲不穩定性。在網路拓撲不穩定環境下，網路位址即需要隨時變化，如此即須傳送即時網路更新訊息傳遞。然而因為移動因素影響，網路拓撲將隨時改變，因此將產生大量的網路更新訊息擁塞在網路，進而干擾網路運作。所以，在目前 MANET 與 VANET 的選徑策略研究成果，大多不是根據 IP 或 MIP 為基礎所提出。在本篇論文中，我們想先根據 VANET 的環境，提出一個以 IP 為基礎的網路定址架構。並根據這個架構，提出一個適用的網路選徑策略。

我們將所提出的概念命名為地理網際網路協定(Geographic Internet Protocol GIP)。在 GIP 中，每個車輛都將配置 GPS 以取得該車的地理座標。然後我們將整個地理座標依照經緯度切割成許多小區塊，而每個小區塊都將配置其獨有的網路位址範圍。然後每個區塊都將有網路位址的配置伺服器分配位址，或使用 IPv6 的自動配置位址程序以取得位址。而根據這 GIP 的特性，將可把網路拓撲不穩定性的影響克服，進而提出一個合適的網路選徑策略。由於使用 Road Side Unit (RSU)雖然可簡化網路位址分配的問題，但是 RSU 的佈建與維修維護成本變成必須要負擔的花費。因此我們將提出一套無需使用 RSU 即可進行車輛網路為只分配，並互相傳送封包的架構。我們將以分群概念，把所有車輛分為 Master Car 及 Slave Car 兩類。Master Car 可對此範圍下的 Slave Car 進行 IP 配置及資訊傳送，而 Slave Car 將回報行動狀態予 Master Car。在群組內或群組間的封包傳遞都將透過 Master Car 處理。

在本論文的第二部分將描述其他相關的研究與討論；第三部分介紹系統架構，及此架構下，所使用到的元件，並描述取得 IP address 的過程；第四部分將提出適用的網路選徑策略；第五部分則將提出結論與展望。

2. 相關研究

使用 Mobile IP 的架構[1]，在高速的區域網

路內，提供完整不斷線的服務(即在任何地方，或切換到別的網域時，可以持續使用服務，不受到其不同區域的影響而斷線)，且可應用在 Ad-Hoc network 中，提供 any routes 與網路連線。網路內的 mobile computer，在 Home Agent 可取得一組 home address；若移動到 Foreign Agent 時，則 home agent 將接收到一組的 mobile computer's care-of address，與 home address bind 住。封包會透過 home agent 傳至 foreign agent，在經由 foreign agent 傳給 mobile computer。使用 VANET 的情況時，當 mobile computer 移動速度過快，可能造成 IP address 使用時間過短。

在[2]中，作者使用了 leader 與 normal 的機制，執行於 mobile IP。設定每個 leader 的 scope，normal 可在 scope 內，向 leader 提出 IP address 申請；設定 TH_max、TH_min，當兩個 scope 超出 TH_max 的距離時，挑選中間的 normal 設為 leader；若距離小於 TH_min，則將隨機挑選一 leader 設為 normal；IP address space 需大於 $(2scope+1)nb$ ，nb 為在附近的 normal 數量。此 protocol，在速度不穩定的情形下，無法穩定的設定 IP address space，配置 IP address 的節點，可能因為移動速度過快，導致配置節點因演算法計算而取消配置節點，或出現過多的配置節點。此機制只提供在直線道路上，無法執行於有 intersection 的道路環境中。

在 MANET 概念被提出後，相對應的路由協定也被提出，主要是由實體網路中使用的架構演變而來，所以出現了所謂的 Proactive 類的路由協定，例如：DSDV (Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing) [4]。這種路由協定是利用節點間的互相交換訊息來瞭解並建立整個網路拓撲的模型，並不斷的更新彼此間記錄的資訊。當我們需要建立路由路徑時，再從已經記錄好的網路拓撲資訊中選出較好的路由路徑使用。雖然隨時都有路由路徑可以使用，但是也因此需要花費大量的網路資源來維持這種架構，所以當 Proactive 類路由協定使用在 VANET 上時，因為車輛的移動性造成網路拓撲的大量變動，為了維持各車輛的網路拓撲資訊記錄，將會耗費大量的網路資源在發送控制封包方面。

接著有學者提出了 Reactive 類路由協定的概念，這類型的路由協定主旨在於要用到路由路徑時再尋求路由路徑並建立，例如：AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing) [5] 和 DSR (Dynamic Source Routing) [6]。這個概

念主要為解決 Proactive 類路由協定花費在路由路徑維護上的資源過多之問題，所以這類型的路由協定將只在需要路由路徑時才開始尋找並建立以及維護這條路由路徑。大概的流程為發送查詢封包用來查尋並記錄尋找目的節點的情況，當有知道目的節點資訊的節點或者由目的節點接收封包時，此時再送出回覆封包告知來源節點路由路徑已經建立完成。這種架構雖然能夠大量減少維護路由路徑所花費的資源，但是也多了尋找和建立路由路徑所需要的資源，例如：為了尋找到達目的節點的路徑，將會送出查詢封包，但是這種查詢封包通常是利用 Flooding 的方式傳送，因此會在整個網路上造成大量的封包傳遞，這種尋找路由路徑的方式會造成網路環境的擁塞。不過這種架構經過修改之後仍然有被實做的可行性。

在近幾年由於 GPS 導航系統的運作，而使得學者們又有了新的想法，他們把 GPS 導航系統中的 GPS 定位能力用於路由協定中，因此出現了 Position-based 種類的路由協定，例如：GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing) [7]、GSR(Geographic Source Routing) [8]、GPCR(Greedy Perimeter Coordinator Routing) [9]、GVGrid [10]、A-STAR(Anchor-based Street and Traffic Aware Routing) [11]、CAR(Connectivity-Aware Routing) [12]等。這類型的路由協定將藉由各種定位服務取得目的節點的實體位置資訊，並利用這種位置資訊來做最短路由路徑尋找與建立，這種新型態的路由協定在模擬環境中大放異彩，其在模擬環境中的效能高於 Proactive 和 Reactive 的效能，其原因在於這種路由協定和 Reactive 類型路由協定一樣避免花費大量網路資源來維護路由路徑的資訊，這類路由協定由於能夠知道目的節點位置資訊的關係，使得送出的查詢封包將可限定傳送於某方向與某範圍內，因此可以減少查詢封包所造成的資源浪費，再者使用位置資訊為路由路徑建立的依據，建立好的路由路徑將會是最短的路由路徑，意味著資料封包可以較快到達目的節點。

以下我們將討論一些 Position-based 路由協定在都市環境中可能會遇到的瓶頸，首先我們先考慮 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)，GPSR 採用貪婪策略以及右手定則策略，當我們能夠找到一個比自己更加接近目的之節點時，我就將封包轉交給該節點，並由該節點繼續尋找更加接近目的之節點，直到封包送達目的節點；如果沒有找到比自己更加接近

目的之節點，就切換成右手定則模式將以逆時針方式尋找下一節點，並把封包轉送到目的端或者可使用貪婪策略時則再次換回貪婪策略。此種方式確實是可以建立一條到達目的最短之路由路徑，但是在受道路限制的都市中，以這種方式所找到的最短路徑並不是一條穩定的路徑，這條路徑將容易失效，其原因在於街道轉彎處是一個訊號容易被遮蔽的地點，再者所使用的右手定則很可能會造成較長的封包延遲，因為這種策略可能會多繞一段距離才送達目的地。由此可見在都市環境中最短路線的建立並不能夠只依靠位置資訊而已，而右手則的修復策略也需要改進才能提升整體路由協定的效能。

GSR(Geographic Source Routing)是利用數位地圖的幫助建立一條最短路徑，這條路徑並非純粹的位置資訊所建立，而是由一條一條的道路建立起來的最短路徑，這種方式所建立的最短路徑與真正的最短路徑相比會較長，其中所經過的節點數也會增加，而這些道路所組成的最短路徑是由 Anchor 所連結，Anchor 是由數位地圖所標示的路口處，藉由這些 Anchor 的排列就可以串接出想要的路徑。這種方式確也因為只考慮到單純的道路上最短路徑而遇到瓶頸，因為其所規劃出的最短路徑也許剛好經過一條車流量不多的道路，如此一來在該道路上封包的前進將會受到阻礙。

GPCR(Greedy Perimeter Coordinator Routing) 是由 GPSR 改進而來，主要改變的地方在於多考慮了路口的部分，它將選擇封包傳送方向的功能限制在路口上的車輛，而非路口上的車輛將只會依循上個路口所決定的方向往前以貪婪方式轉送封包，所以大致上說我們將封包送往路口，再由路口的車輛決定到目的節點要往哪個路口繼續前進。因此降低了因為穿越建築轉角而造成的路由路徑斷裂的情況。但是它使用公式計算出當前車輛是否處於路口上，而沒有更加解析各個方向道路的車輛多寡，因此它也不能完全避免進入 local maximum 的情況。

GVGrid 是以 QoS 為目的而提出的路由協定，它將整個地理環境用網格所劃分，並且限定住網格的大小以確保通訊範圍能夠到達周圍的網格。為配合這種網格的環境，其所使用的路由查詢機制將與一般的路由查詢機制不同。它將往目的節點所處的網格方向尋問所經過的網格中是否有與這條路由路徑行進方向

相同的車輛，並且每網格中只有一台車輛被選入成為路由路徑的一部分。因此整體而言它的路由路徑是以網格為單位建立，這些網格中各有一台車輛負責這條路由路徑的資料傳輸與唯維護。另外這種路由路徑的建立還參考了車輛的行進方向，它裡面採用車輛的行進與封包的傳送同方向的想法，這種方式對於路由路徑的穩定度有一定的保證。

A-STAR(Anchor-based Street and Traffic Aware Routing)這種路由協定與 GSR 相似，但是其路由路徑的建立並不是單純街道上的最短路徑，而是經過挑選的街道組成之最短路徑。這種路由協定以各個路口為記號並稱為 Anchor，串連街道直到目的節點，而其所選擇的街道將是有較高權重值的街道，而較高權重值的街道可以為車流較多的道路或者是由公車所走的道路。選擇這種道路的原因在於車流量以及必定有節點可以接受和攜帶封包到達目的地。而該篇研究還提出利用車輛監測道路上車流的狀態並回報給中央或固定道路設施的架構，這種架構將可以使得車輛對於交通車流量的資訊更能掌握。掌握這種資訊對於調整街道權重值有著很好的適應能力，可以確保當前決定的路由路徑都是目前最好的路徑。

CAR(Connectivity-Aware Routing)這種路由協定利用 Guard 來維持路由路徑，隨著路徑的改變而使用不同種類的 Guard 來維護和修改路由路徑。Guard 放置的位置通常為路口處，所以可以將 Guard 看做是路口，而 Guard 代表一個區域的座標，當該區域被標記為 Guard 時，在該區域的車輛都會有該 Guard 的訊息。它利用每個收到查詢封包的車輛都計算自己對該路由路徑的連結性，當封包到達目的節點之後會依據收到的封包上的連結性記錄選取一個分數較高的路由路徑回覆；並且在回覆的過程上放置 Guard 來建立路由路徑。本篇也提出一個訊息發送頻率的調整機制，它提到在車輛周圍如果車輛較少，那麼車輛應該用較高的頻率來尋找周圍的車輛；反之，當周圍車輛越多則發送訊號的頻率降低。

3. 系統架構

首先，假設每輛車輛皆有 GPS 系統與兩組雙向通訊的介面，且車輛上皆有配備地圖資訊。兩組雙向通訊的介面中的其中一組為用於方格間的通訊，另外一組則用於方格內的通訊。接著我們將把地圖依照經緯度座標切割成一塊塊的方格，每個方格內若有一台以上的車

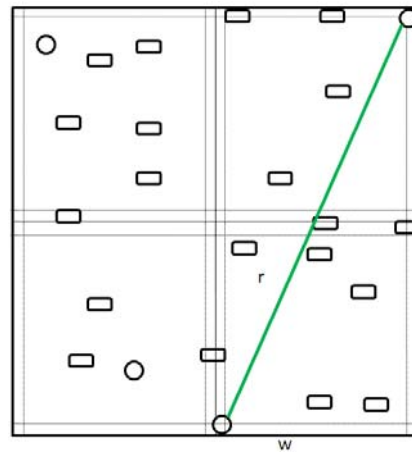


圖 1 MC 間通訊距離

輛在內，則將有一台被設定為 Master Car，其他則為 Slave Car。在方格內的車子通訊皆要透過 Master Car 轉送，而方格間的通訊也需要透過 Master Car 轉送。對於方格的定義，假設長與寬為 w ，Master Car 與其他方格的 Master Car 最大的通訊距離 r 則為 $\sqrt{5}w$ (如圖 1 所示)，且 w 值得設定為 $w \leq \frac{\sqrt{5}}{5}r$ 。而方格內的最大通訊

範圍則為 $\sqrt{2}w$ 。每部車在此通訊範圍，欲取得 IP address 需向該通訊範圍內的 Master Car 提出申請。每輛 Slave Car 欲傳送封包至其他區域之車輛，或傳送至該區域的車輛，皆需透過 Master Car 傳送。

接著我們定義 Master Car 與 Slave Car 的功能。Master Car 需要配置 Slave Car 的 IP address，並轉送透過 Master Car 傳送封包至其他 Master Car 或同方格內的 Slave Car。Master Car (以下簡稱：MC)，可對與方格直接相鄰的方格之 MC 的通訊，亦即只可對上下左右的 MC 作通訊。如需送往非相鄰的 MC 即需經由別的 MC 轉送封包。當車輛進入一個方格內且無配置 IP address，將自動視為 Slave Car，並透過網路位置配置機制取得網路位址。我們定義 $V(\beta)$ 為該車輛的目前行動速度。

3.1 IP 分配

接著我們介紹網路位置配置機制，本機制參考 IPv6 stateless address autoconfiguration[3] 的概念而產生。首先我們設定 250 為每個群組的 MC 的網路位址。當 SC 進入方格後，需要

透過 MC 配置一個 IP address 供網路連線使用。因此假設新進入的車輛為 i ，則 SC_i 進入後，欲取得 IP address 時，將發送 MCDiscovery message 廣播封包 (此封包內，包含 SC 的 location information、MAC address、Query information 等等)。MC 收到此 MCDiscovery message 後，設定 SCs list，並選擇一 IP address 放入 MCOffer message (此封包內，包含 IP address 和 lease message)，回覆至 SC。當 SC_i 接收到此訊息時，回傳一 ACK 訊息，表示已收到 MCOffer message，並使用此 IP address。

然而，如果 SC 數量超過 250 台以上，則將造成方格內的網路位址不夠使用。因此這時候將使用 Network address translation (NAT) 機制，晚進入方格內的數台 SC 將共用 250 之後的數個網路位址。當有新的網路位址空出後，將可選擇使用 NAT 的數個 SC 內的一個重新分配網路位址。

不過當方格內都沒有車輛存在時，則此方格內將沒有 MC 的存在。因此，此時第一台進入方格內的車輛在發送 MCDiscovery message 廣播封包將無法收到回應。所以，在發送 MCDiscovery message 廣播封包卻無收到 MCOffer message 時，將判定此方格內無 MC 的存在，將需要進行 MC 設定程序。假設在方格內無 MC 情況下，只有單一車輛進入，此時此車輛預設自己為 SC，因此將發送 MCDiscovery message 廣播封包，但在經過預期將接收 MCOffer message 的時間後卻仍未收到時，將開始進行 Master Car setup procedure。此這車輛將自動把其位址設定為 250，並開始建立 address space、設定 SCs list，在 SCs list 內，記錄其他 SC_i 的 speed、direction 與 Car ID (MAC address)。同時亦將透過方格內通訊模組與方格間通訊模組發送 MCAnnounce message，宣告自己為 MC 給其他車輛與其他方格的 MC 知道。

然後，若有一台以上車輛在方格內無 MC 情況下進入，就必須進入設定 MC 競爭程序了。假設此兩輛車先後發送 MCDiscovery message 廣播封包，則先發送 MCDiscovery message 廣播封包的車輛將先進入 MC setup procedure，而後發送的車輛將等先發送車輛的網路位置配置機制結束才會再發送 MCDiscovery message。如此一來後發送的車輛也發現先發送車輛未收到 MCOffer message，就能判定先發送車輛將自動設定為 MC，即能

等待收到 MCAnnounce message 後再送出 MCDiscovery message。然後若兩部車輛同時發送 MCDiscovery message 廣播封包，如此將造成碰撞發生，此兩部車輛將隨機等待時間後再行發送 MCDiscovery message 廣播封包，若再重複再隨機等待時間後再發送，以此類推。如此即可解決方格內沒有 MC 的問題。

3.2 移動管理

當車輛跨越方格邊界時，就必須進行移動管理了。然而若直到跨越邊界才進行移動管理，將無法達到無縫隙切換的要求，因此必須要設定預先切換的範圍。假設車輛對方框邊界的經度為 x ，緯度為 y ， $D(x, y)$ 為離邊界的最短距離；令 α 為車輛與邊界比例 (%)，則 $\alpha * w$ 為車輛靠近邊界時，所能容忍的範圍。若車輛的距離 $D(x, y) < \alpha * w$ 時 (即 $x \leq \alpha * w$ 或 $y \leq \alpha * w$)，則表示車輛可能將離開此通訊範圍需執行 handoff。

由於離開方格範圍的車輛可能為 SC 也可能為 MC，因此移動管理將分為 MC 的移動管理程序 (Master Car exchange process) 與 SC 的移動管理程序。首先是 MC 的移動管理程序，當 MC 將要離開方格時，必須要選定新的 MC 並將存於舊 MC 上的資料全部轉移。挑選新的 MC 時可根據每個候選車輛的所在位置與速度進行考量。我們使用 weight 作為選擇新 MC 的依據。Weight 的產生為每輛車的 $D(x, y)$ 除以其速度，weight 越高，表示越理想。舉例說明 (表 1)，表 1 內，最佳 MC_i 為 B 車輛。

執行 MC exchange process 時， SC_i 進入後，須設定 W_r 值，避免在 MC exchange 中，有車輛發出 MCDiscovery message。 W_r 值為遞增函數，使用在判斷 SC 之後向 MC 提出 MCDiscovery message 的先後順序。早進入的 SC_i ，表示等待越久， W_r 值越高。

表 2 4 輛車挑選判斷

| | Min{ix, iy}(m) | V(β)(m/s) | Weight |
|-----|----------------|-------------------|--------|
| A車輛 | 50 | 30 | 1666 |
| B車輛 | 43 | 10 | 4300 |
| C車輛 | 1 | 25 | 40 |
| D車輛 | 2 | 13 | 153 |

當 MC 配置完成後， SC_i 可在 MCDiscovery

message 加入 W_r 值，以便 MC 判斷回覆 MCOffer message 順序。詳細執行步驟如下：

step1 MC 進行 MasterCar exchange process 時，發出 DiscoveryMCi message，並設定 W_r 值。

step2 使用 MasterCar exchange process 挑選適合的 SC 作為 MC。

step3 將 address space 與管理 SCs 資訊，經由 multihop 傳送至 MCi，MC 設為 SC。

step4 MCi 建立後，廣播 OK message(即表示 SC 可以發送 MCDiscovery message)，SCi 將 W_r 值加於 MCDiscovery message 並發送至 MCi，MCi 依據 W_r 判斷順序回復 MCOffer message，SCi 執行 obtain IP address process。

而在 SC 的移動管理程序方面(Slave Car Handoff)，由於現今的 handoff 機制下，對於高速的 SC 而言，每次經過一個通訊範圍，皆會發生一次 handoff 和 binding update，導致過多的 handoff 次數及 binding update 訊息。為避免上述兩種訊息過多，我們分別提出了 pre-handoff 以及 forward 機制以提供更好的 handoff 需求並減少大量的 binding update。

在 Pre-handoff 方面，當 SC 跨區域移動時，因為 MC 知道 SC 移動的方向及速度資訊，所以 MC 可通知 SC 前往範圍的 MC 有關這 SC 即將進入的訊息。MC 可傳送該 SC 的速度及方向等資訊至新的 MC。若下個區域無 MC，則可通知 SC，即將準備進行 MC setup procedure。利用此機制即可達到 Smooth handoff 的要求。

當 SC 的 $D(x, y) < \alpha * w$ ，且速度過快時，為了減少大量的 binding update，我們引進了 forward 機制。我們使用 Forward hop count 作記錄，記錄所經過的 MCs 數量。Forward hop count 會依據 $V(\beta)$ 而改變，速度越快，hop count 越多；反之，速度越慢，hop count 越少。我們設定 δ 為調整的參數值，則 forward hop count 的公式如下：

$$\text{Forward hop count} = \left\lceil \frac{V(\beta)}{\delta} \right\rceil$$

舉例說明，假設 SC 的 $V(\beta)$ 為 100 m/s，而 δ 為 20m/s，則 Forward hop count 為 5，即每經過 5 個 MC 轉送即會進行一次 binding update。

4. 路由協定

在這章節，我們將利用第三章的網路架構模型提出適合的 Routing Protocol。我們可以將 Master Car 視為是一台在 Group 中被選為管理 Group 的車輛，並且將 Group 中的訊息都交由 Master Car 代為轉送。所以 MC 將被視為 Router 並用來建立整個網路拓樸，而受到 Master Car 管理的車輛就稱為 Slave Car。

當 SC 進入 Group 的時候，需要告知 MC 以下訊息：自己的 ID(MAC address)、預估將於 Group 待多久或速度、離開往哪個 Group_ID 或方向與封包發送時間等等。MC 可以簡單的以這樣的資料建立起自己的對 Group 中的 Neighbor Table，並且可以適時的從 Neighbor Table 中選出承接 MC 資格的車輛。

當有資料要傳送時，需要在封包的標頭加入以下訊息，方便 MC 轉送與辨認：目的端 IP、目的端 ID、來源端 IP、來源端 ID、產生此封包的時間、要傳送的資料。MC 可以利用車輛 IP 和時間分辨封包是否重複轉送，或者是太老舊而需要丟棄的封包。我們提出的 Routing 策略可分為靜態 Routing 與動態 Routing。靜態 Routing 可根據目的端 IP 與圖資來決定封包要如何轉送，而動態 Routing 則可再加上掌握的車流狀況進行封包轉送路徑的調整。

首先介紹靜態 Routing 策略，來源端首先必須要知道目的端的 IP 位置，接著利用第三章所提出的架構，透過 IP 的地域性取得其 IP 對應到的 Group，接著我們將其目的節點所在的 Group 資訊和傳送的資訊夾帶在封包中，交由來源端所在 Group 中的 MC 將封包轉送到目的節點。如圖 2 和圖 3 所示。MC 並不會建立起一條路由路徑，而是每個收到封包的 MC 自由決定封包要往哪個方向傳送，這個方向將依照道路地圖來做上下左右傳送。

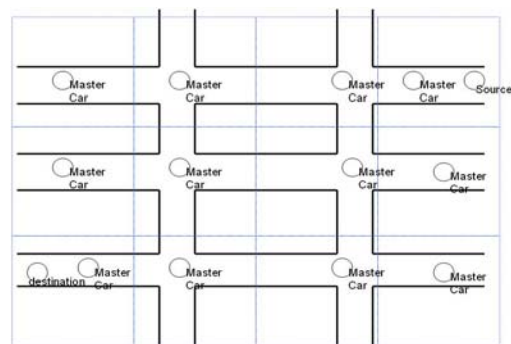


圖 2 網路架構

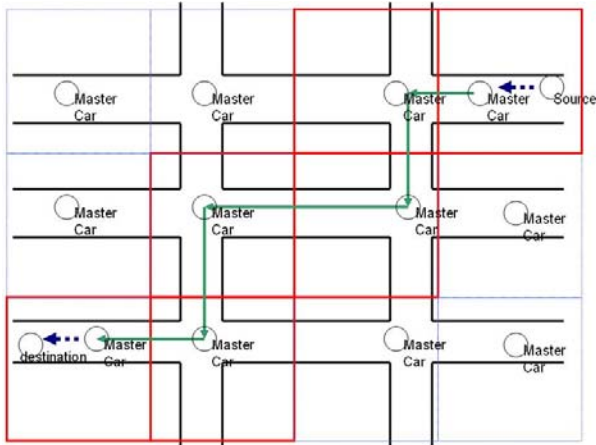


圖 3 Master Car 轉送封包圖

MC 收到封包時將會依照目的節點所在的 Group 來計算轉送路徑。這條路徑是由目前 Group 到目的 Group 之間的道路所組成，其中道路擁有自己的權重值，權重值由道路的等級來區分，我們以越主要道路的權重值越高，因此我們的轉送路徑不是最短路徑，而是一段可能有較多車流的路徑。另外為了避免迴圈產生，MC 必須要記住之前轉送出去封包的資訊一段時間，如果收到相同資訊的封包則丟棄。

接著介紹動態 Routing 策略，我們可以讓 MC 之間互相交換一些訊息，例如：進出 Group 的車輛情形等。如此一來 MC 可以知道周圍的 Group 中的動態車流情況，因此可以加以修改自己對道路權重的評估。在掌握動態車流的情況下，Group 中的車輛在進入 Group 和離開 Group 時都要告知 MC 自己將要前往哪一個 Group，以及自己將在這個 Group 存活多久，如此 MC 才能統計 Group 中的車輛情況，並將統計完的資訊與相鄰 Group 交換。當 MC 離開 Group 時，也會將這些訊息傳給新的 MC。

為了能夠達到動態調整道路權重值，我們需要定義 MC 之間互相交換資訊以下訊息：[Group_ID : (上, 右, 下, 左)]、[Group_ID : Weight]、[Group_ID : Weight]、[Group_ID : Weight]、產生此訊息的時間。第一項訊息是告訴別的 MC 關於自己 Group 中的車輛移動情形，上下左右分別表示從自己 Group 到四個方向 Group 的車輛有幾台。第二、三、四項是與被告知其他 MC 相對應的 Group 收集的資訊，第二、三、四項的資訊是用於改善區域最大值的問題。例如：我們要只要告訴上方的 Group 左方、右方和下方的 Group 訊息即可。這種資料格式可以微調自己對其他 Group 的權重值計

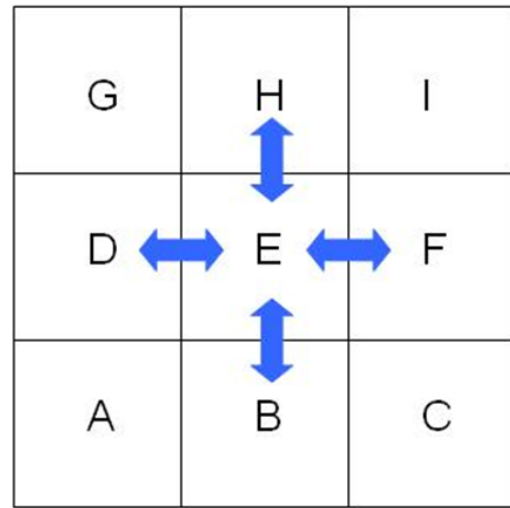


圖 4 Master Car 交換車輛資訊概念圖

算分享，例如：右上方 Group_ID : 10，這種寫法可以表示到達右上方 Group 的權重為 10。假設 Group A 往上的車輛為 4，往右的車輛為 5，我下的車輛為 6，往左的車輛為 7。所以傳送時就會送出 A:(4,5,6,7)的訊息給 A 週邊的 MC 使用。

當 MC 透過如圖 4 的方式交換車輛資訊取得相鄰 Group 中的車輛資料後，可以初步計算自己和周圍 Group 中車輛進出的情況，以預測未來 Group 中的車輛情況。接著能計算位於斜角的 Group 應該要透過哪個相鄰 Group 到達，這個訊息將可幫助自己與其他 Master Car 瞭解網路情形。例如：圖 5 中 Group_E 收集到資料後將會計算到達 A,C,G,I 要透過哪個 Group 到達。我們透過公式來計算 Group 未來的車輛情形，即可避免將封包送往網路空洞的地方。比方說假設我們要計算到達 I 要透過 F 還是 H 比較好，我們可以利用公式選出應該要透過哪個 Group 來轉送封包到達 I。

在下列中 $w_E(F,I)$ 代表由 E 透過 F 到達 I 這個 Group 這條路徑上的車流穩定度， $w_E(H,I)$ 則是由 E 透過 H 到達 I 的車流穩定度。而 Car_E^R 代表在群組 E 中往右的車流量，而 Car_E^L 代表在群組 E 中往左的車流量， Car_E^U 代表在群組 E 中往上的車流量，而 Car_E^D 代表在群組 E 中往下的車流量。而 ε 表示車輛離開 Group 的機率值。我們將選擇兩者中車流穩定度較高者，也就是公式 $W_E(I)$ 所代表的意義。

$$w_E(F,I) = Car_E^R * \varepsilon + (Car_F^R + Car_F^D + Car_F^L) * (1 - \varepsilon) + Car_F^U * \varepsilon$$

$$w_E(H,I) = Car_E^U * \varepsilon + (Car_H^U + Car_H^D + Car_H^L) * (1 - \varepsilon) + Car_H^R * \varepsilon$$

$$W_E(I) = MAX(w_E(F,I), w_E(H,I))$$

當我們成功計算完周圍 Group 的資訊時，我們就可以利用這些資訊動態的調整我們數位地圖上的權重值，並利用這些權重值進行封包轉送路徑的調整。然而採用動態的方式調整道路的權重值，將有可能產生區域最大值的問題，因此我們需要計算更大範圍的 Group 車輛資訊，確保封包不會有區域最大值的問題。我們提出將自己計算的權重值告訴其他 MC 的策略以改善區域最大值的問題。比方說，當我們無法與周圍的 Group 交換訊息時，就會將周圍的 Group 設為空洞，設為空洞的 Group 代表它裡面沒有 Master Car 可以幫忙轉送資訊，並且其他有透過該空洞 Group 的所有路徑必須要修改。

空洞 Group 的四個方向的車流都會被設定為 0，這將影響該 Group 的權重值，降為 0 的權重將使得經過空洞 Group 的路徑都做修改。我們定義 MC 交換訊息的第二、三、四項即可用於將自己收集資訊後的結果傳給相鄰的 Group，收到這項資訊的 Group 將會針對這樣的資訊修改自己的資料表，達到 Group 都能知道一定範圍內有哪些最佳路徑。比方說圖 4 的 E 將把 Group B、D 與 H 的資料填入 MC 交換訊息的第二、三、四項發送給 F，如此 E 即可重新調整往 Group B、D 與 H 的權重值。而當路徑選擇進入區域最大值時，將採用選擇往該方向的車輛先乘載封包直到離開區域最大值的區塊再往前傳送的策略處置。

此外，因為有 forward 機制以減少 binding update 的發送量，為了確保封包的轉送能夠確實的隨著節點移動而能正確送到，MC 會記錄下每台移動出 Group 的車輛資訊一段時間，直到 binding update 的程序完成後才能移除。這樣當我們將封包轉送到目的節點所在的 Group 中，目的節點卻不在 Group 中時，該 Group 的 MC 就能封包中的目的節點的資訊修改並且將封包轉送到正確的位置。而 binding update 的訊息也需要送達給正在連線的來源端，這樣才能確保使用的封包轉送路徑是最佳路徑。

5. 結論

如何將網際網路的架構運作在 VANET 一直是熱門的研究議題，然而對於 IP 架構是否能運作在 VANET 環境現階段仍有不少疑慮。本論文提出一個在具有圖資與定位技術的條件下，使用地理座標劃分 IP 區段並分配 IP 的概念。我們在每個區段中選擇一個車輛節點當作

Master Car 以進行封包分配與封包轉送。考量車輛具有高移動性的條件，我們也提出了行動管理機制。為了提高封包轉送的正確率，我們也提出了根據圖資進行封包轉送的靜態 Routing 策略與根據車流量與圖資進行封包轉送的動態 Routing 策略。在後續的研究中我們將把這架構使用網路模擬軟體進行效能驗證與測試。

參考文獻

- [1] Perkins, C.E. "Mobile-IP, Ad-hoc Networking, and Nomadicity," *COMPSAC* 1996.
- [2] Das, S., Fazio, M., Gerla, M. and Palazzi, C. E. "Vehicular Address Configuration," *IEEE Workshop on Automotive Networking and Applications (AutoNet), GLOBECOM* 2006.
- [3] Narten, T. and Thomson, S. "IPv6 stateless address autoconfiguration," *Internet Request For Comments RFC 1971*, August 1996
- [4] Bhagwat, P. and Perkins, C. "Highly-dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers," *SIGCOMM'94 Conference on Communications, Architectures, Protocols, and Applications*, pp. 234-244, Sept. 1994.
- [5] Perkins, C. "Ad hoc on demand distance vector (AODV) routing," *Internet-Draft, draft-ietf-manet-aodv-04.txt*, Oct. 1999.
- [6] Johnson, D. B. and Maltiz, D. B., "Dynamic source routing in ad hoc wireless networks," *Mobile Computing*, Vol. 353, pp. 153-181, 1996.
- [7] Karp, B. and Kung, H. T. "GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks," *In Proceedings of the 6th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'00)*, August 2000.
- [8] Füllner, H., Hartenstein, H., Hermann, D., Lochert, C., Mauve, M. and Tian, J., "A Routing Strategy for Vehicular Ad Hoc Networks in City Environments," *In Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 156-161, 2003.
- [9] Hartenstein, H., Holger Füllner, H., Lochert, C. and Mauve, M., "Geographic routing in city scenarios," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, Vol. 9, No. 1, pp. 69-72, 2005.
- [10] Kusumoto, S., Sun, W., Yamaguchi, H. and

- Yukimasa, K., "GVGrid: A QoS Routing Protocol for Vehicular Ad Hoc Networks," *In Proceedings of the 14th IEEE Int'l Workshop on Quality of Service (IWQoS 2006)*, pp.130– 139, 2006.
- [11] Foh, C. H., Lee, B. S., Lee, K. K., Liu, G., Seet, B. C. and Wong, K. J. "Astar: A mobile ad hoc routing strategy for metropolis vehicular communications," *Networking Technologies, Services, and Protocols; Performance of Computer and Communication Networks; Mobile and Wireless Communications*, vol. 3042/2004 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 989–999, 2004.
- [12] Gross, T. and Naumov, V. "Connectivity-aware routing (car) in vehicular ad-hoc networks," *INFOCOM 2007*, pp. 1919– 1927, 2007.
-
- ⁱ This work was supported by the National Science Council of Taiwan, R.O.C. under Grant NSC96-2221-E-216-010, NSC97-2221-E-259-036, and NSC98-2221-E-259-014.