

MANET 環境下正交展頻碼配置方法之設計與模擬環境實作¹

詹哲銘, 陳峻結 靜宜資研所
王讚彬 國立台中教育大學資訊科學系
tpwang@ms3.ntcu.edu.tw

摘要

MANET(Mobile Ad hoc Network)是由行動台隨意構成的網路,其無固定網路基礎建設的特性,使之可用於戰爭、災區中,受限於行動裝置電力、頻寬與記憶體有限,因此將叢集架構應用在 Ad hoc 以有效管理行動台,所使用的是 CGSR(Cluster-head Gateway Switched Routing)路由協定,近幾年來 CDMA 的技術廣泛的應用在行動電話服務上,其抗訊號干擾和可動態調整頻寬的特性正適合用於 MANET 無線網路中,加上無線頻寬資源的有限,頻寬再使用率的提升可增加網路傳輸的速度,因此,我們提出一整套的通道碼配置及管理機制,提供一個可依網路傳輸環境而動態調整頻寬分配的環境,目的在於提高整體無線網路的傳輸速度。本研究亦開發出圖形化的模擬無線網路環境,藉由圖形的顯示來真實傳達網路的運作情形。

關鍵詞: CDMA、MANET、無線網路。

1. 研究背景

行動隨意無線網路(Mobile Ad hoc Network, MANET)是由數個行動台(Mobile Node, MN)所形成的一個動態暫時性無線網路[[1],[2],[6]],每個行動台都是獨立運作的節點,沒有任何基礎設施和固定的網路架構,也不具備中央管理的模式,彼此透過無線通道進行點對點及跳躍式的通訊和傳輸,網路的拓撲也隨著行動台移動而時常地改變。

MANET 無線網路屬於無基礎性設施的網路,因此適用於較特殊區域的應用,如戰爭支援、災區救援和小型視訊會議等,為了能夠有效管理快速移動的行動台,因此有了叢集網路的管理概念加入到 MANET 無線網路[[6],[9]]。

近幾年來,CDMA 技術紛紛應用於各行動通訊網路,如 Ad hoc[3]、W-CDMA[[4],[13][15]]、IMT-2000 [12]等,因此,利用其特殊的通道碼正交特性,將 OVFSF 正交碼應用在 MANET 底下[[8],[11],[13],[14]],可供叢集區域管理者有效地分配頻寬資源給所有行動台來傳輸。

2. 文獻探討

CDMA(Code Division Multiple Access)是在通訊領域上一項革命性傳輸機制,它允許多數使用者在同一時間使用相同頻帶來作傳輸,由於使用了正交碼對資料作編碼,因此傳輸信號不會互相干擾。在一個以 CDMA 為基礎的系統中,使用者會被指派不同的信號波形或通道碼,傳送者會以它擁有的信號波形來模組化自己的資料訊號,編碼完後的資料才進行傳輸,而接收者不須要去在意自己的信號波長是否在時槽和頻帶上重疊,因為通道碼的正交特性確保了與其他傳輸者的資料輸出的透通性。正交展頻因子碼 (Orthogonal

Variable Spreading Factor, OVFSF)生成樹,由通道碼不斷的向下擴展編碼位元,稱之為展頻,可衍生出深度為 8 廣度為 256 的完整 OVFSF 通道碼二元樹,本研究即採用此 OVFSF 正交碼對頻帶進行配置與管理。

叢集通訊閘交換路由協定 (Cluster-head Switch Gateway Routing Protocol, CGSR) 是以表格驅動方式 (Table-Driven Based), CGSR 是應用在叢集化過後的 Ad hoc 網路,叢集網路中會有類似於基地台的叢集首 (Cluster-Head)以階層的方式來管理這些行動台,經由控制通道碼配置、交換路由及選徑以確實掌握叢集內網路狀態。而叢集與叢集之間必須得透過仲介兩個叢集網路的閘道節點(Gateway)以進行資料傳輸。CGSR 協定中,叢集首扮演路由器(Router)的角色,供行動台查詢傳輸的路徑,而叢集間的閘道節點就好比是橋接裝置(Bridge),用來連接彼此不同的叢集網路系統。

3. 多重叢集網路

多重叢集(Multi-Cluster)網路是由多個叢集網路所構成的(如圖 1),在單一叢集網路中,橋接器(Access Point, AP)僅能服務有限的行動台,只在 AP 無線訊號範圍內的行動台,才可以獲得 AP 所配置的通道碼,為小型的區域網路。而多重叢集網路是結合兩個以上的叢集網路,叢集首(Cluster-Head, CH)透過閘道節點(Gateway Node, GN)來連接許多不同的叢集網路,形成一個大型的廣域網路。會員節點(Member Node, MN)則受 CH 管轄,可獲得通道碼之配置。

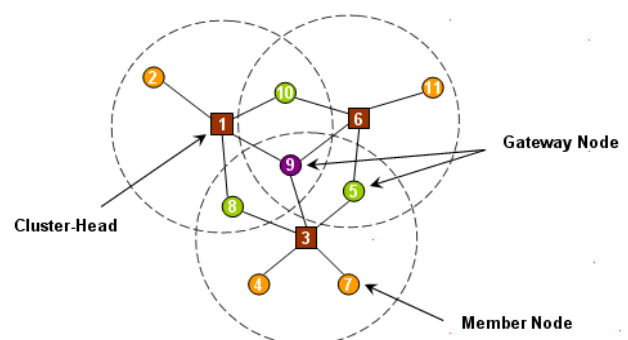


圖 1 多重叢集網路

3.1 網路元件

3.1.1 自由節點(Undecided Node, UN)

自由節點不屬於任何一個叢集,這種情形多見於網路中草創時的行動台,或從現行叢集網域中移動出去的行動台,不受任何管轄的行動台皆可稱之。因此,若 UN 移入某一叢集網域後,即可從該網域的叢集首中收到 HELLO 的訊息,透過一連串合法的註冊程序後,則 UN 就成為該叢集首的會員節點,並且可獲得合法通道碼。

¹ This work was supported in part by NSC, Taiwan, under Grant number NSC 93-2213-E-126-002-.

3.1.2 叢集首(Cluster-Head, CH)

在多重叢集網路架構中，叢集首具備橋接器的功能性，除了建立會員節點表以掌握行動裝置的狀態外，路由表的建立也從單一叢集擴增到維護數倍行動台的路由資訊，更要週期性地發出廣播訊息，接收其他叢集首回覆的路由資訊來進行路由表更新。在編碼樹運作上面除了供應本地叢集網域會員節點通道碼之外，也會收到來自其他叢集首的通道碼借用訊息，叢集首必須檢視系統頻寬是否足夠去借通道碼給對方，若系統頻寬足夠則借出，若無，則拒絕對方要求。叢集首也必須遵循網路頻寬分配策略，動態地調整通道碼配置比率，使多重叢集網路整體獲得較高的傳輸效率。因此，叢集首扮演極重要的角色。

3.1.3 會員節點(Member Node, MN)

會員節點泛指從屬於叢集網域底下的行動台，接受叢集網域 CH 的管轄，可獲得配置一至三個不等的通道碼，基本上，會員節點只是作為叢集網域中的一般用戶，享受 CH 所配給的頻寬資源來作資料傳輸。若會員節點移入另一個叢集網域，則被該網域的 CH 加入成會員，配給新的通道碼；若會員節點離開所屬的叢集網域，則被該 CH 註銷會員資格，連通道碼一併被收回；若會員節點移動至無叢集首管轄之處，則與其他自由節點相互競爭，比較識別碼大小以決定由何者來擔任新叢集網域的 CH。

3.1.4 閘道節點 (Gateway Node, GN)

若會員節點同時從屬於兩個以上的叢集網域時，可稱之為閘道節點(GN)，GN 在叢集網域間是扮演通訊橋樑的角色。凡是兩個叢集網域間所要傳遞的資料封包，皆需要透過此閘道節點來轉送，因此，它也同時擁有兩端叢集首所指派的通道碼，一旦此閘道節點因為移動的關係而離開了崗位，使得它無法再監聽到另一端叢集首的訊號時，則兩端叢集首必須重新選擇另一個閘道節點當作預設的閘道口，若無任何閘道節點可形成閘道口時，則兩端叢集網域的通訊就必須另尋他途，譬如像透過其他的叢集網域來進行轉傳，但前提是需有路徑可以到達該叢集時。

3.2 網路傳輸模式

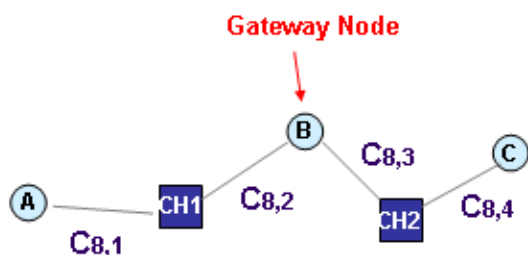


圖 2 單一叢集網路的基礎傳輸模式

圖 2 為多重叢集網路的基礎傳輸模式，MN-A 透過 CH-1 傳給 MN-B，是屬同一叢集網域傳輸，而當 MN-A 欲傳給 MN-C 時，則是屬於跨叢集網域傳輸，MN-A 首先向 CH-1 查詢 MN-C 是否在有效傳輸路徑上，若 CH-1 的路徑表上無 MN-C 的有效路徑，則 MN-A 無法傳輸資料給 MN-C，但此範例中 CH-1 的路徑表上是存在通往 MN-C 的有效路徑，查得 CH-1 下一跳躍點，即跨網域的閘道口為 MN-B(亦同 GW-B)，也確知

下一目的叢集首為 CH-2，於是 GW-B 收到資料後再透過 C8,3 這個通道碼傳輸資料給 CH-2，CH-2 收到資料後以 C8,3 解譯出資料封包目的為自身的會員節點，最後，經由 C8,4 這個通道再次地將資料傳給目的地 MN-C，完成跨叢集網域的傳輸工作。

3.3 多重叢集網路之管理機制

3.3.1 行動台註冊程序

凡是任何行動台加入叢集網域，必須立即作註冊的動作，在註冊之前，行動台會收到叢集首廣播的 HELLO 訊息，告知 MN 與 CH 通訊的專屬通道 ID，然後，MN 主動回覆 REQUEST 訊息，訊息中包含 MN 的 ID、需求頻寬...等資訊，CH 依訊息將 MN 的資訊新增於會員表(Member Table)上，完成註冊程序。由於 MN 尚未獲得系統給予的合法通道，所以還不能夠進行資料傳輸，必須進入通道碼配置程序，直到合法的通道碼配置下來後，CH 與 MN 之間的通道鏈結才算建立成功。

3.3.2 通道碼配置程序

MN 通過註冊後，CH 才開始執行通道碼配置程序，依 MN 註冊時所要求的傳輸速率來進行配置，表 1 為 OVSF 通道碼速率對照表，本研究所使用的通道碼配置是採用「單碼配置法」，每一個 MN 僅能配置一個通道碼作為傳輸。此法相對於多碼配置法的實作來說比較容易達成的，且複雜度也較多碼配置法低。

表 1 OVSF 通道碼速率對照表

Code ID	Spread Factor	Rate	Level	802.11b (kbps)
1	1	256 R	0	11,264
2-3	2	128 R	1	5,632
4-7	4	64 R	2	2,816
8-15	8	32 R	3	1,408
16-31	16	16 R	4	704
32-63	32	8 R	5	352
64-127	64	4 R	6	176
128-255	128	2 R	7	88
256-511	256	1 R	8	44

3.3.3 通道碼配置策略

橋接器在配置通道碼前，會先對系統進行容量檢查，確定系統有多餘的頻寬後，才進入通道碼配置程序，然而，系統中的編碼樹常常因為新增或移除通道碼節點，造成編碼樹碎裂的情形，這將致使碼阻斷(Code Blocking)的發生，系統必須透過編碼樹重整的程序—碼重新配置法，將分散的可用通道碼收集在一起，而達到使用者所要求的頻寬速率。

1. 隨機配置(Random Placement)

依行動台需求速率找到該通道碼的層級為 h，在碼樹的 h 層上假使存在一個以上可用的通道碼，橋接器就隨機地指派任何一個閒置而未使用的節點作為該行動台的通道碼，否則，就進行碼重新配置。

2. 最左配置(Leftmost Placement)

橋接器的碼配置系統將使用者需求對映到通道碼層級 h 後，於通道碼樹的 h 層級從最左邊開始搜尋尚未被配置的通道碼節點，倘若存在這樣的閒置通道碼，橋接器就指派給行動台作為通道碼，若無，則進行碼重新配置。

3. 擁擠優先配置(Crowded-First Placement)

系統接收到行動台的頻寬請求後，於系統編碼樹

中搜尋最擁擠的子樹，尋找出符合需求且閒置的空節點，並指派給行動台作為通道碼，若沒找到，就執行碼重新配置程序。

3.3.4 通道碼配置後續處理

完成通道碼指派後，對碼樹上的該通道碼的閒置(Free)狀態標示成已配置(Used)狀態，用以防止被系統重覆指派。另外，由於該通道碼與父親節點(祖先節點)及兒子節點(子孫節點)之間有承先啟後的特性，因此，系統必須對這些節點進行標示凍結(Blocked)狀態之任務，若是系統強制使用它來傳輸，還是會造成彼此訊號上的干擾，將導致資料封包的遺失與傳輸錯誤。

3.3.5 小結

隨機配置法實作上雖然極為簡單，卻容易造成碼樹中可用通道碼的分佈凌亂，是碼碎裂發生最主要的因素。另外，雖然擁擠配置法對碼樹的使用效率最好，但是此方法所須耗費的計算成本相對於其他法則要來得高許多。至於最左配置法，它實作上不但容易，而且對於碼樹的配置分佈有聚集之作用，不像隨機配置法容易產生碼碎裂的情形，更因它由左至右尋找可用通道碼，當搜尋到已被使用的通道碼時，就繼續向右邊的節點尋找，比起擁擠配置法需要更多額外的空間來紀錄碼樹狀態以協助搜尋到正確的配置位置來說，最左配置法還是最經濟又快速的方式。在考慮上述配置法的優劣比較後，我們所採用的是配置成效較佳，實作方式較簡單及快速的最左配置法來指派系統通道碼。

3.3.6 通道碼重新配置程序

當系統擁有足夠的頻寬，卻發現碼樹中沒有可用的通道碼以供配置時，這種情形即稱作碼阻斷(Code Blocking)，原因在於碼樹中的通道碼細小而碎裂，系統無法配置完整的通道碼給行動台，因此，系統必須進行碼重新配置(Code Replacement)，將速率較低且碎裂的可用通道碼收集在一起，組合成一個速率較高的通道碼，以滿足行動台的需求。

在這部份，我們亦採用最左重新配置演算法處理碼碎裂的情形，經過重新配置後，可用通道碼的部分會集中於碼樹的右半部，然後再經由最左配置法成功地指派通道碼給行動台使用

3.4 分散式管理架構

分散式叢集管理架構主要精神在於每個叢集都是獨立的個體，叢集首各自為政，但未因此與其他鄰近叢集首失去互動功能，本架構不同於中央式管理架構的地方在於此架構不受地域之限制，而中央式架構中的叢集網域不允許斷線(Disconnected)的情況發生。分散式架構所產生的控制訊息流量較少，不易造成網路傳輸擁塞，此架構具備隨時隨地都可應用的特性，因應可變動周邊環境的需求，提昇此架構的管理彈性。

另外在叢集網路形成之初，由於叢集個數較少，叢集首可擁有大量的通道碼配置權，但隨著行動台的移動與新節點的加入而產生了更多的叢集，而有限的通道碼個數並無法支援如此大量叢集與行動台的需求，因此，通道碼的重覆使用(Code Reuse)變得極為重要。這個章節即討論如何在分散式的叢集網路下，啟動叢集間的溝通與協調通道碼管理機制。

3.4.1 碼區段(Code Set)

在分散式網路通道碼管理上，為了方便進行叢集通道碼配置與重新使用，我們設計了區段碼架構，將256R的OVSF碼樹分成四個子碼樹(圖3)，謂之區段碼(Code Set)，每個區段碼的頻寬速率為64R，區段碼編號從4~7。當叢集首決定好區段碼編號後，即可開始管理此編號所代表的子碼樹，也同時接受叢集內行動台的頻寬需求，依序地配置通道碼給各個行動台。

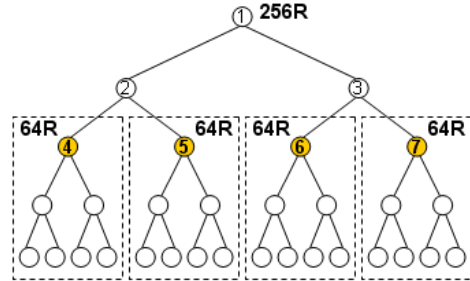


圖3 OVSF 區段碼

3.4.2 區段碼感測程序(Code-set Sensing Process)

在 Ad hoc 網路叢集化的漸近式擴展過程中，新的叢集首會取得一個區段碼以建立其通道碼樹，但是比鄰的叢集不可同時使用相同的區段碼，由於比鄰的兩個叢集其距離較近，一旦區段碼被重複使用，就會大大地提高了碼碰撞(Code Collision)的機會，為了避免傳輸訊號相互干擾的情況，就需要有通道碼感測程序，此程序用以協助新叢集首正確地選用閒置的區段碼，而不會使用到與鄰近叢集一樣的區段碼。由於每個叢集首都維護一個通道碼樹狀表(Code Tree Table)，裡頭詳細紀錄著通道碼的使用狀態，除了本身叢集內使用通道碼的情形外，在通道碼樹狀表中，亦會紀錄鄰近叢集所使用的通道碼區段，鄰近叢集的資訊可透過區段碼感測程序(Code-set Sensing Process)求得，藉由叢集內會員節點向鄰近叢集的節點詢問，目的要讓叢集首隨時掌握叢集網路中通道碼區段使用的情形，以便於動態調整系統頻寬。

通道碼感測程序分為兩種，一為直接偵測(Directly Sensing)，由CH-B透過廣播頻道發送查詢訊息，當閘道節點接收到此訊息後，再使用 Common Sensor Channel轉送至鄰近叢集首CH-A(如圖4左)，CH-A依原來路徑和頻道回送系統所使用的通道碼區段序號(Code Set Info)給CH-B。為了能夠有效重複使用OVSF code來傳輸，Gateway Node會主動地詢問鄰近2-hop的CH，鄰近CH在通道碼分配表上檢查所借之通道碼是否重複，如果無，回送成功訊息給原始CH，Cluster-Head就可以正確的使用OVSF Code區段，而不會與鄰近的叢集網域發生衝突(Collision)，若通道碼重複，則回應失敗的訊息給原始的CH。

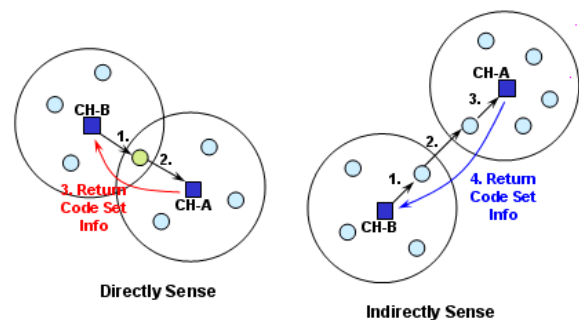


圖4 兩種區段碼感測程序

3.5 通道碼配置流程圖

有別於單一叢集網路通道碼配置流程，當系統發生頻寬不足時，CH 會轉而向鄰近叢集借通道碼來使用，若鄰近 CH 無通道碼可借時，則拒絕借用之請求，原 CH 無法向外求得頻寬資源的情況下，向內部通道碼樹的服務進行降級，空出多餘頻寬以配置給其他行動台使用，而若鄰近 CH 有足夠通道碼可借時，則直接配置以及回傳該通道碼編號給原 CH，由原 CH 配置該行動台的通道碼，並紀錄於系統中以便控管。

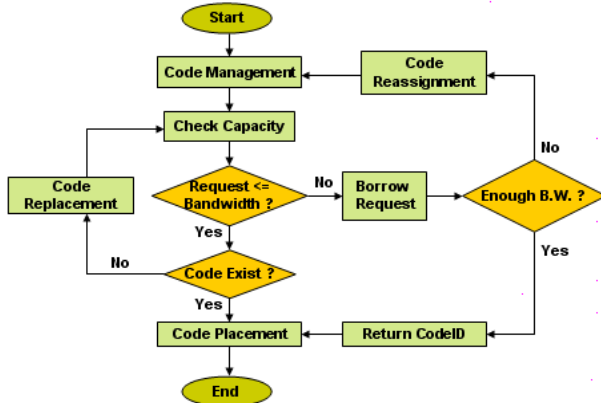


圖 5 多重叢集通道碼配置流程圖

3.6 分散式通道碼調整機制

由於網路節點會因為移動及不同需求的特性，使得叢集的頻寬使用呈現出不同的情況，鑑於有些叢集的頻寬使用率不高，而某一些叢集的流量傳輸負荷又過重，因此產生“通道碼調整機制”，這是針對叢集網路中頻寬的使用情形所設計的動態調整機制，藉由不間斷地監測網路上行動台的活動情形，配合使用通道碼調整機制，以符合每個叢集之間的需求，並提高通道碼的使用效率及傳輸效能。

通道碼動態調整機制分為升級、降級和借用程序三種，當叢集網域運作一段時間後，CH 監測到某個傳輸鏈結的資料流量大過於其負荷值，即形成擁塞狀態，此時，CH 將此傳輸鏈結進行升級的程序，使其傳輸速率提昇一倍，以舒緩資料流量擁塞之情形，亦加速且提昇行動台間資料量之傳輸；另一方面，CH 監測行動台的傳輸鏈結其頻寬使用率，若超過 50% 時，則不予以降級，反之，低於 50% 之頻寬使用率者將被 CH 進行降級程序，以收回多餘未使用的頻寬；最後，若叢集網域中，CH 已無法滿足行動台更多的頻寬請求時，為求得更多的通道碼資源和提高通道碼的再使用率，CH 將進行通道碼借用之程序以獲得其他叢集頻寬的奧援。

3.7 借用通道碼訊息流程

此訊息是由本地端叢集首向鄰近叢集網域發出廣播訊息，詢問其他叢集首系統中剩餘的頻寬個數，鄰近叢集首再回報頻寬資訊給本地叢集首，此資訊將提供本地叢集首從鄰近的叢集中選擇出剩餘頻寬數較大者來借取頻寬。接著本地端叢集首(CH-B)向該鄰近叢集首(CH-A)發出借用的請求訊息(REQUEST)，然而 CH-A 檢查系統頻寬許可後，回覆(RESPONSE)一個可用的通道碼 ID 給 CH-B，同時 CH-A 將借出的通道碼於編碼樹中標示“借出”狀態，CH-B 回送確認訊息給 CH-A，完成借用通道碼程序。

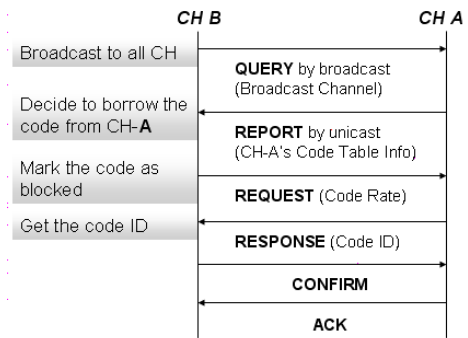


圖 6 借用通道碼訊息流程圖

3.8 鄰近叢集網域之可用頻寬偵測

叢集首在尋找鄰近可借用通道碼叢集的方式有兩種，如下列所示：

3.8.1 需求性更新(Paging On-demand)

此作法是當某一個叢集發生頻寬不足時，由本地叢集首主動向鄰近叢集發出廣播訊息(Paging Message)，目的是要偵測鄰近網路此時使用頻寬的情形，這個結果將決定本地叢集首該向哪個叢集來借頻寬，以需求為導向的更新訊息，僅在於短時間獲得最立即最新的網路狀態資訊，提供給系統作為參考的一個重要數值依據。此作法的優點是：所花費的訊息流量最少，對系統和網路比較不會造成負擔。但是以此作法向鄰近叢集首發出的訊息，必須花上一段時間才得獲得全部的資訊，因此在蒐集情報方面是需要花上一些時間成本的。

3.8.2 週期性更新(Updating Periodically)

此作法是在系統裡假設更新網路的時間週期，當週期時間一到，所有的叢集首便會同步更新週邊叢集網路狀態。週期性更新的作法優點有二：第一、路由表常保持最新的狀態，可使叢集首快速地得知周圍網路的狀態，第二、節省了等待訊息回應的時間。

由於在 Ad hoc 網路上傳遞交換資訊的訊息易耗費頻寬，隨著網路叢集個數的增加，叢集之間傳遞交換訊息也會變得愈加頻繁，頻繁的訊息交換造成許多流量，不但增加了網路的負擔，嚴重時還導致網路壅塞，使得網路傳輸速率變慢。

因此，控制週期的時間值是一項極為重要的項目，時間間隔愈短，對系統及網路的負荷愈重，時間間隔愈長，則收集的資訊就變得不夠詳盡，無法即時反映出目前的網路狀態。

4. 模擬實驗與分析

4.1 實驗平台

本研究之模擬實驗程式採用 C 語言研發而成，所使用編譯工具為 Microsoft Visual C++ 6.0，另外，又利用 JAVA 程式語言開發出視覺化繪圖工具，所使用的是 JDK1.5 的 JSWING 函式包，開發軟體是 JCreator LE 3.5。

4.2 實驗環境變數

本研究欲實驗的 MANET 環境是 100X100 見方的區域，將分別測試叢集半徑為 30 和 40，節點個數為 10、20、30 和 40，資料量為 30R 的環境變數。以上的環境變數搭配本研究所提出的一些方法加以實驗。

4.3 實驗結果與分析

圖 7 為比較行動台個數 10~40 時的傳輸前段表現 (當半徑 40、資料量 30 R)，圖 7 顯示 40 個行動台在叢集半徑為 40 時，其總傳輸量仍然優於其它三者，主要原因仍在於行動台個數所帶來的傳輸量正向成長的動能，當在有效傳輸範圍時行動台便可進行資料傳輸，而叢集間的開道節點也會因為傳輸資料的增加而進行升級通道碼的動作，使得資料量得已快速消化與增進傳輸效能，然而 N40、N30 和 N20 在巔峰時的傳輸量差距不多，乃是因為叢集半徑較大所致(半徑為 40)，能夠涵蓋到大多數的行動台，斷點情形不致於太嚴重，而 N10 由於行動台個數較少，其巔峰時期的傳輸量與其他三者有較大的差距。在傳輸續航力方面，行動台個數為 40 時，其掌握有效路徑的資料量較多。

圖 8 為借用通道碼與非借用通道碼機制前段的傳輸量比較(叢集半徑 40、行動台 40 個、資料量 30 R)，圖 8 中所示，使用借用通道碼程序之傳輸速度較非借用通道碼時來的更快，在第 1 秒至第 3 秒時，由於使用 Borrow 程序，行動台獲得更高速率的通道碼，總傳輸量飆升為 No Borrow 的兩倍之多，由於頻寬的限制，第 3 秒至第 5 秒即時傳輸量成長漸趨於平緩。

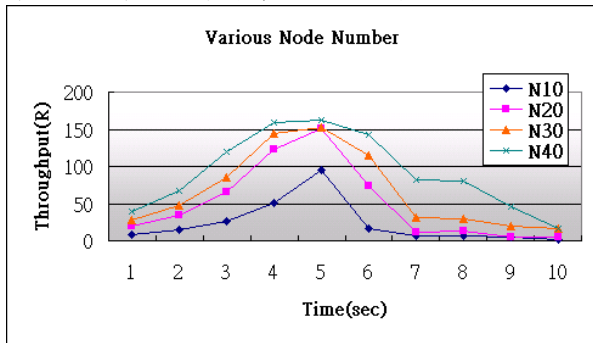


圖 7 行動台 10~40 個的傳輸前段表現 (半徑 40、資料量 30 R)

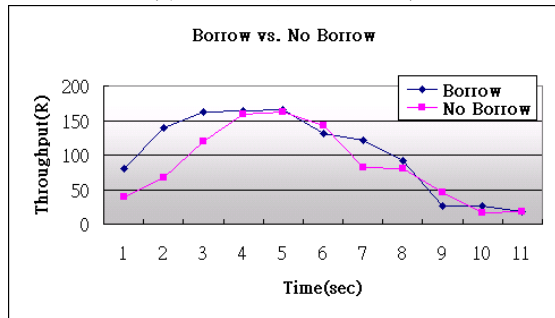


圖 8 借用通道碼與非借用通道碼機制前段的傳輸量比較(半徑 40、行動台 40、資料量 30 R)

圖 9 為全通道碼升級、開道點通道碼升級與全通道碼不升級前段的傳輸量比較(叢集半徑 40、行動台個數 40、資料量 30 R)，全通道碼不升級即是沒有任何通道碼調整處理，只利用初始配置的通道速率傳輸資料，因此，總傳輸量呈水平而無上揚，反觀其他兩種，開道點通道碼升級策略是只針對開道節點的通道進行重點升級，此法可快速地將跨叢集傳輸的行程消化完，但對於叢集內傳輸的行程卻無實質上的幫助，因此，全通道碼升級策略不僅對開道節點提升該通道碼速率，亦對叢集內會員節點的通道碼進行升級，縱使無法如開道點通道碼升級法在第 3 秒至第 5 秒期間所創下的高傳輸量。

圖 10 為借用法則與升級法則前段傳輸結果的比較，圖中借用不可升級與非借用不可升級的實驗數據曲線極為相近，原因在於一開始行動台所配給的通道碼速率並不高，而不執行通道碼升級的程序，將不會對系統頻寬造成太大的使用率，因此系統仍然能夠支援叢集底下行動台的傳輸需求，加上開道節點的通道碼亦不能升級，因此跨叢集網域的资料流僅以原通道速率傳輸，網路形成極為壅塞的情形，所以總傳輸量呈現低水平曲線。而借用可升級與非借用可升級，此兩種策略最主要的差異在於是否有多餘的頻寬可供傳輸，然而我們叢圖中可看見從第 2 秒至第 7 秒的傳輸量，很明顯的有借用鄰近叢集通道碼的策略，似乎比只使用本地叢集頻寬資源的策略還要來的高出許多。

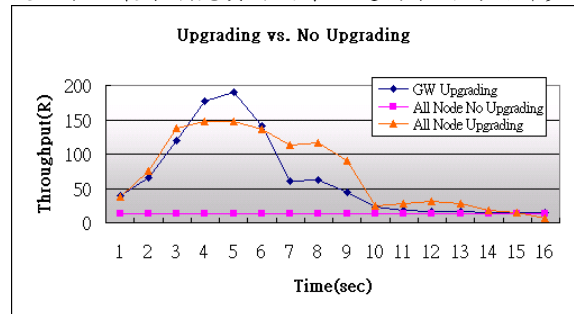


圖 9 全通道碼升級、開道點通道碼升級與全通道碼不升級前段的傳輸量比較(半徑 40、行動台 40、資料量 30 R)

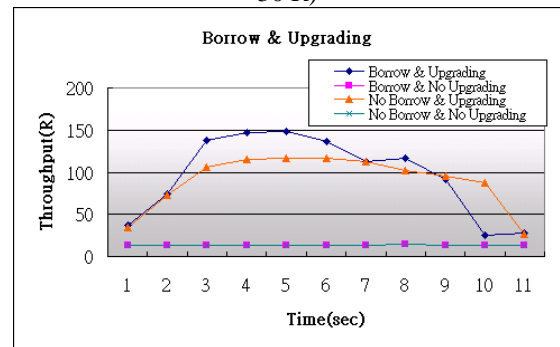


圖 10 借用法則與升級法則前段傳輸結果的比較

4.4 圖形化模擬實驗介面

介紹使用 JAVA 語言開發的模擬繪圖工具，一為叢集網路拓模模擬顯示圖，二為叢集編碼樹模擬顯示圖。

4.4.1 叢集網路拓模模擬顯示圖

圖 11 為叢集網路拓模模擬顯示圖，視窗的上方為可輸入的檢視選項，依序可輸入欲顯示秒數的畫面，輸入值後送出，則在左下方會出現所有行動節點的相關位置，而叢集首所管理的叢集區域也以大圓來加以標示其範圍。第二個可輸入的選項為起始畫格秒數和終止畫格秒數，按下執行按鈕後，則視窗左下會一一秀出每秒的所有行動台的狀態及位置。第三個檢視輸入的區域，是輸入欲檢視的行動台編號，送出後在視窗的右方會顯示出該行動節點所有的資訊。

4.4.2 叢集編碼樹模擬顯示圖

模擬系統也提供叢集編碼樹模擬顯示圖，透過該圖形介面可立即顯示出任何一秒時任何叢集區域之叢集首的編碼樹資訊，也可直接輸入欲查詢該編碼樹上任一通道碼編號，則可顯示出該通道碼在系統中的狀態。不過限於篇幅無法在此詳述，請參考[18]。

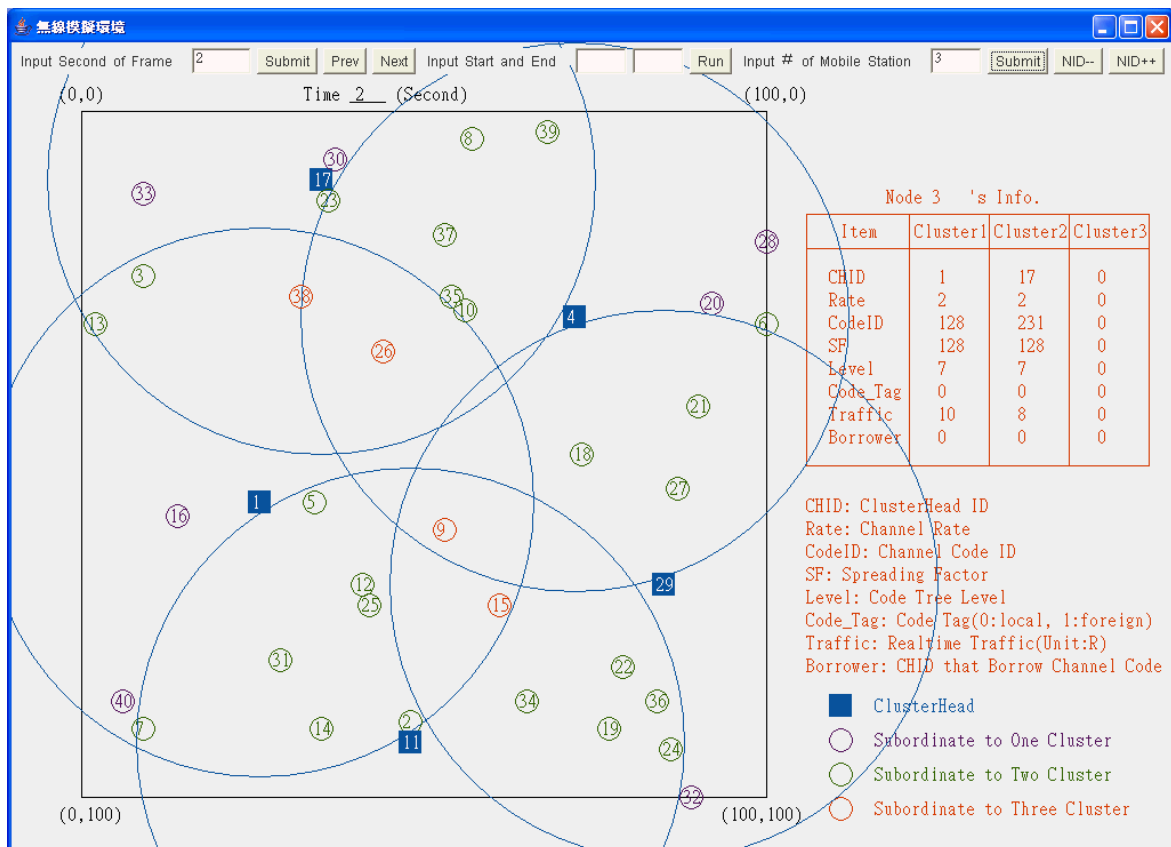


圖 11 叢集網路拓模模擬顯示圖

5. 結論

由實驗結果可顯示出 MANET 叢集網路中，OVSF Code 經由 Borrow 程序可使通道碼重新使用率提高，以增加無線網路的總傳輸量，圖 8 顯示使用 Borrow 讓原本可能要傳輸很久的資料可因為透過借通道碼，而獲得較大速率的頻寬來傳輸，因而較未使用借通道碼調整程序更早完成資料傳輸。而通道碼調整的主軸，又以全面性調整(圖 9 的 All Node Upgrading 策略)勝過於部分通道碼調整(圖 9 的 GW Upgrading 策略)，局部提升速率的策略似乎只能暫時解決部分傳輸的需求，而全面提升速率是為了考量網路能一直保持最佳的傳輸量需求，快速地將資料傳輸完成。

參考文獻

[1] IEEE Std 802.11b-1999, 2000.
 [2] Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations, RFC 2501.
 [3] Aggarwal, A. and Gupta, D., "OVSF Code Allocation for CDMA based Wireless Ad-hoc Networks," Department of Computer Science and Engineering on Indian Institute of Technology, Jan-Apr. 2003.
 [4] Assarut, R. and Kawanishi, K., "Region division assignment of orthogonal variable-spreading-factor codes in W-CDMA," in Proc. IEEE VTC2001-Fall, 2001, pp.1884-1888.
 [5] Cheng, R.-G. and Lin, P., "OVSF code channel assignment for IMT-2000," in Proc. IEEE VTC2000-Spring, 2001, pp.2188-2192.
 [6] Chiang, C. C. and Wu, H. K., "Winston Liu, Mario Gerla,
 [7] "Routing in Clustered Multihop Mobile Wireless Networks with Fading Channel," Proceeding of IEEE SICON'97, pp.197-211, 1997.
 [8] Chlamtac, I. and Farago, A., "A topology transparent link activation protocol for mobile CDMA radio networks,"

IEEE Communications on Journal, Vol. 12, No. 8, Oct. 1994, pp. 1426 – 1433.

[9] Exley, G.M. and Merakos, L. F., "Throughput Performance of a CDMA Linked-Cluster Packet Radio Network," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 46, no. 1, pp. 143-154, Feb. 1997.
 [10] Gerla, M. and Tsai, T. C., "Multicluster, mobile, multimedia radio network," ACM Wireless Networks, vol. 1, no. 3, March 1995.
 [11] Hu, L., "Distributed Code Assignments for CDMA Packet Radio Networks," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 1, no. 6, pp. 668-677, Dec. 1993.
 [12] Krishnamurthy, S.V. and Acampora, A.S., "On the radio capacity of TDMA and CDMA for broadband wireless packet communications," IEEE Transactions, Vol. 52, No 1, pp. 60 – 70, Jan. 2003.
 [13] Shueh, F. and Chen, W.-S. E., "Code Assignment for IMT-2000 on Forward Radio Link," in Proc. IEEE VTC2001-Fall, 2001, pp. 906-910.
 [14] Tseng, Y. C. and Chao, C. M., "Code Placement and Replacement Strategies for Wideband CDMA OVFS Code Tree Management," Mobile Computing on IEEE Transaction, vol. 1, no. 4, pp. 293-302, Oct.-Dec. 2002.
 [15] Wang, Q. and Acres, J.G., "Capacity evaluation of cellular CDMA," Wireless Communications Conference Proceedings, pp. 203 – 210, June 1992.
 [16] Li-Hsing Yen and Ming-Chun Tsou, "An OVFS code assignment scheme utilizing multiple RAKE combiners for W-CDMA," Computer Communications, Vol. 27, No. 16, pp. 1617-1623, Oct. 2004.
 [17] 鄒明君, "一個在 IMT-2000 下有效率的 OVFS 碼配置機制", 中華大學資工所碩士論文, 2002 年。
 [18] 詹哲銘, "正交展頻碼配置方法之設計與模擬環境實作", 靜宜大學資管所碩士論文, 2005 年。