

# 第一章

## 簡介

### 1.1 群組行動電腦網路[12,28,29]

行動資訊服務環境的理想，是要提供一個無所不在的資訊環境，讓資訊使用者可以在任何地方，任何時間，利用各種有線或無線的傳輸網路，運用網路上的資訊資源。

現階段的行動通訊能力尚不足以提供行動使用者經濟有效的寬頻通訊能力以支援即時多媒體的資訊傳輸。主要的技術障礙是：通訊品質不佳、電池能量有限以及異質環境等物理限制，這些障礙仍無法在短期間內克服。雖然現階段 GPRS[15,22,25] 及發展中第三代行動通訊系統[10,16,20,26]，可提供較高的頻寬給行動使用者，但是頻寬是一項珍貴的資源，今後即使無線通訊的技術能提供高頻寬，其代價亦將極為高昂。在此種嚴峻之物理條件下，我們設計一種具網際網路接取能力之群體行動電腦網路，群體行動使用者可享有高頻寬的內部網路（Intranet）服務及低頻寬網際網路（Internet）接取服務。這個系統將結合衛星通訊、無線行動數據通訊及無線區域網路，以構成一個具複合型及隨意架構特性之群體行動電腦網路。使用者將透過寬頻的無線區域網路與群組內的使用者溝通（Intranet），或利用兼具接取廣域行動數據通訊與無線區域網路之行動伺服器 Mobile Gateway 所提供的多媒體資訊服務，並可透過 Mobile Gateway 接取網際網路。以下是群組行動電腦網路可支援的應用之例：

1. 救難現場之行動電腦網路
2. 戰場之行動電腦網路
3. 行動警政資訊系統

## 1.2 無線區域網路 (Wireless LAN)

隨著動上網及網路發展演進，無線區域網路減少線纜的束縛、安裝快速性、移動性高、覆蓋範圍廣等優點，提供更廣泛的網路應用。現階段產品主要為 IEEE 802.11b[2,4,13,19] 規格，頻寬可達 11Mbps[13]，將來規格更可高達 54Mbps[2,23] 高速傳輸速度。展頻為目前 Wireless LAN 使用最廣泛的傳輸技術，原先由軍方發展用以避免信號的擁擠與被監聽，可分為兩種展頻技術[13]：跳頻展頻技術 (Frequency Hopping Spread Spectrum) 與直接序列展頻技術 (Direct Sequence Spread Spectrum)。

### 1.2.3 無線區域網路架構

無線區域網路結構型態包含兩種其一為有基地台 (Access Point) 之架構 (Infrastructure Wireless LAN)，其所屬之行動台 (Mobile Host) 可透過基地台相互通訊與接取廣域網路 (網際網路)；另一種為隨意型 (Ad Hoc) 結構 (Mobile Ad-Hoc Network)，所有同一區域內之行動台可不依賴基地台相互通訊。

#### 1.2.3.1 隨意型無線網路 (Mobile Ad-Hoc Network; MANET)

由行動台臨時組成的無線網路結構，不需任何特定節點或有線網路及設備支援，網路中任意兩行動台皆可直接通訊(如圖 1-1)，簡化網路的管理架構，提高其強健性(robustness)

和彈性。由於不受地形限制而無法架設網路，且可省去基地台硬體設備成本，故佈置容易，可應用範圍較廣，如個人、家庭區域網路、軍事戰地、緊急救災等。



圖 1-1. 隨意型無線區域網路

### 1.2.3.2 含基地台的無線區域網路 (Infrastructure Wireless LAN)

行動台可經過單跳接方式 (Single Hop，如圖 1-2) 連接有線網路。在此種架構中，行動台經過單跳接連上有現網路的接駁點稱為基地台 (Access Point)，提供多個無線區域網路與現存有現網路連接，這種接駁方式受限於必須連結有線網路及固定設備，通常建構於同一建築物中，如辦公室、工廠、教室等。



圖 1-2. 有基地台無線區域網路

### 1.3 群組行動電腦網路架構

群組行動電腦網路之通訊結合了廣域無線，Infrastructure Wireless LAN 及 MANET 之複合型網路架構，基地台以高速專線連接廣域網路，構成一個理想的網路運算環境。在本架構中以兼具接取廣域行動數據通訊與無線區域網路之行動伺服器 Mobile Gateway 作為基地台，Mobile Gateway 具有廣域無線網路接取能力，例如 GPRS、EDGE[1,11,27] 或第三代無線通訊及衛星網路等。

總之，欲提供一個相當於寬頻高速網路之行動電腦網路，其所耗費之資源將極為昂貴，本架構提供一個複合型架構，提供經濟有效的即時多媒體通訊能力。包含兩種網路元件與兩種行動電腦：

- 隨意型無線無線區域網路 (Ad Hoc Wireless LAN)
- 行動數據通訊網路 (Mobile Data Communication Network) 或

衛星通訊 (Direct PC or VSAT, or Mobile Satellite Communication)

- Mobile Clients
- Mobile Gateway

其中，Mobile Clients 即為一般使用者所使用之行動電腦，並配備無線區域網路能力，例如筆記型電腦或 PDA 或 WAP 手機。Mobile Gateway 為高階之行動電腦，其作用類似基地台，除了以內部網路方式支援無線區域網路之外，並具有伺服器能力以及連接行動數據通訊網路或衛星通訊之能力。

Mobile Gateway 可使用高階行動電腦，配備大容量儲存空間，儲存非即時性的多媒體資訊，此外並配備行動數據通訊能力或衛星通訊能力。各個 Mobile Client 可就近獲取 Mobile Gateway 中的多媒體資訊服務，根據不同應用特性，透過 Mobile Gateway，選擇不同接取網路，如衛星通訊傳輸需較長訊號傳輸時間，適用於擷取大量即時且連續資訊（如影音多媒體、檔案傳輸）；如為擷取少量或互動即時資訊（如 telnet），則可經由行動數據通訊網路為之。

綜上所述，本架構提供一個多模式 (Multi-Mode) 多等級 (Multi-Tier) 的數據通訊通道以支援即時多媒體應用。如圖 1-3 所示：

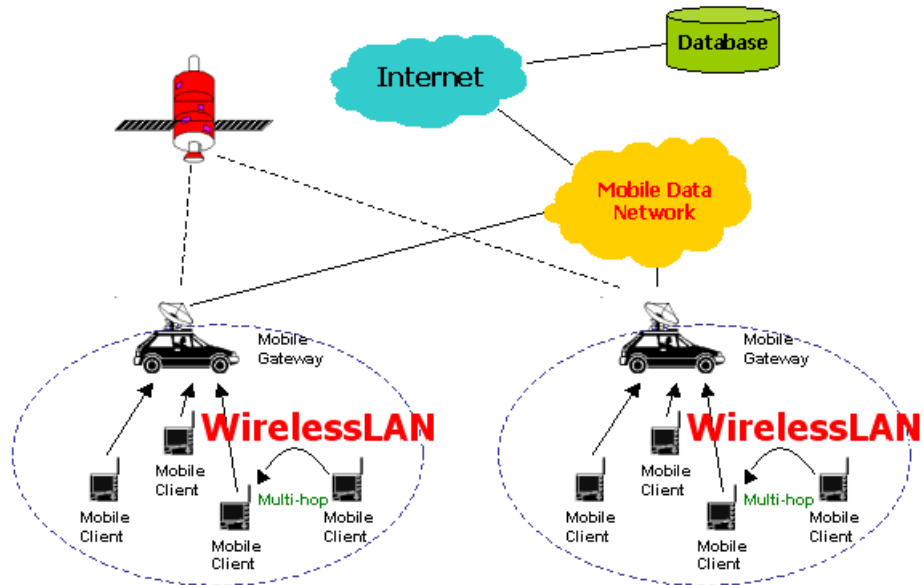


圖 1-3. 群組行動電腦網路架構

#### 1.4 繞徑選擇與問題描述

在群組行動電腦網路中，行動台透過隨意型無線區域網路彼此之間互相通訊。所有 Mobile Client 及 Mobile Gateway 可直接通訊的通道組合成的網路共同構成一個拓樸結構。在此網路中如兩行動台無法直接通訊，則選擇一路徑，請路徑上的行動台協助轉送封包，此即為繞徑 (Routing) 選擇。網路選徑其實就是從一個網路中所有可能的通訊路徑所形成的拓樸結構中，決定一組次拓樸，讓所有行動台循此拓樸結構互相通訊。我們將所選定的通訊路徑所組成的拓樸結構稱為「通訊拓樸結構」，有別於原始的結構。

目前不少無線區域網路繞徑相關的研究都因襲傳統固定網路的通訊路徑演算法，假設最短路徑節點數 (Min-Hops-Count Routing; MHCR) 就是最佳方案。但是無線通訊的環境遠比固定網路複雜，因此最短路徑節點數並不一定是最佳方案。此外，現有繞徑演算法不適用於群體行動電腦網路，主要原因有兩點：(1) 不同的應用程式對通訊品質的要求

不一定相同，例如某些應用 (telnet) 要求快速反應但不要求高頻寬，而某些應用 (ftp) 的要求卻完全相反，網路電話則要求保證頻寬，因此，不同的通訊網路拓樸對不同的應用程式的支援能力或效益有所不同；(2) 各個電腦的負載隨著拓樸結構的不同而不同，鄰近 Mobile Gateway 的 Mobile Client 因轉送封包傳輸量過大而產生資源不足問題，降低本架構的穩定性，因此，各個系統之間的通訊品質受到拓樸結構極大的影響。

## 1.5 研究目的及貢獻

目前多數繞徑協定多採用 MHCR 繞徑選擇方式，原因為 MHCR 可減少轉接次數。大部份的繞徑方式並未考慮分散流量，可能造成選某些節點較常被選為轉送節點，因而負荷過重，影響傳輸效能甚至造成該節點資源不足而癱瘓。以群組行動電腦網路為例，行動台仰賴電池供給電力，若某節點必須不斷負擔其它節點轉送封包工作，該節點將因電力消耗過快而無法運作，影響群組行動網路之穩定性；同時在群組行動網路集中式流量傳輸方式下，越鄰近 Mobile Gateway 之節點負擔大量轉送，若不能有效平衡流量負載，封包傳輸將因節點流量壅塞發生延遲甚至丟棄，造成傳輸效能下降及資源浪費。

在本論文中，我們提出兩種負載平衡繞徑選擇方式 - 最短路徑流量負擔繞徑 (LPTLR) 及加權階層式流量負載平衡繞徑 (WTLBR)，LPTLR 透過選擇路徑中流量負荷最小之路徑，避免選擇流量負荷過重之節點與路徑，分散各節點流量負擔，增進封包傳輸效能；然而在群組行動電腦網路架構中，節點流量具集中性，LPTLR 能分散各節點間流量負擔，卻無法考量集中式流量架構中，上層節點 (鄰近 Mobile Gateway 節點) 與下層節點間先天上負擔不平衡。為解決這樣問題，WTLBR 將群組行動電腦網路架構依 Mobile Gateway 與 Mobile Client 間之距離 (節點數) 分層，選擇路徑時，由鄰近 Mobile

Gateway 節點（上層節點）往下層找，直到找到發送端節點為止。在效能評析中，考量負載平衡繞徑選擇能改善傳統繞徑選擇面臨網路壅塞情況，減少封包傳輸時間，一般而言，LPTLR 傳輸效能又較 WTLBR 佳，原因在於 LPTLR 路徑選擇情況較多，而 WTLBR 由於上層節點優先選擇條件下，可選擇路徑條件受到限制，相對的，提高了集中式網路架構平衡度。以犧牲部份效能換取整體網路穩定及平衡性，更適於群組行動電腦網路之架構。



## 第二章

### 隨意型行動無線網路繞徑協定

隨意型無線區域網路不同於有線網路，繞徑協定設計因無線網路特性有以下幾點考量：

- ◆ 拓樸結構非固定

行動台可以自由移動，不固定連結狀態，形成網路拓樸結構改變迅速。

- ◆ 頻寬較低

無線網路頻寬較低，且易受外在環境訊號雜訊、干擾及傳輸訊號衰減等影響，提高封包遺失率。

- ◆ 電力考量

隨意型網路行動台多為筆記形電腦、掌上形電腦，所能提供的電力有限，除本身使用需求外，網路傳輸介面會消耗大概 14% 左右的電力，節省電力也是繞徑考量重點之一。

因此隨意型無線區域網路繞徑協定必須能適應高度網路變動，改變繞徑選擇。目前現有繞徑協定依路徑條件選擇方式可分為選擇最少節點數（最短路徑）、選擇高訊號強度路徑及節省節點耗電量繞徑選擇方式等[6,17,18,24]。

#### 2.1 減少路徑節點數

減少各路徑選擇的節點數（最短路徑）屬於簡單的繞徑抉擇，所需額外資訊較少，

RDMAR[9]、AODV[3]、DSR[14]、DSDV[7]等協定皆屬此類。

### 2.1.1 DSDV

DSDV 基本上就是結合 Distance-Vector Routing 與 destination sequence number 的繞徑選擇方式，使 Distance-Vector Routing 更能符合 MANET 這種動態網路需求，此外，當網路拓撲結構變動頻率較低情況時，則可避免進行所有繞徑資料交換，因此 DSDV 在每個節點內再加了一個表，記錄繞徑資訊表從上次交換至今所更改的部分，如果更改較多，則 DSDV 會進行交換全部資料的動作，稱為 full dump 封包，如果改變較少，就只針對改變部分交換，稱為 incremental 封包。

DSDV 基本上就是結合 Distance-Vector Routing 與 destination sequence number 的繞徑選擇方式，使 Distance-Vector Routing 更能符合 MANET 這種動態網路需求，此外，當網路拓撲結構變動頻率較低情況時，則可避免進行所有繞徑資料交換，因此 DSDV 在每個節點內再加了一個表，記錄繞徑資訊表從上次交換至今所更改的部分，如果更改較多，則 DSDV 會進行交換全部資料的動作，稱為 full dump 封包，如果改變較少，就只針對改變部分交換，稱為 incremental 封包。

### 2.1.2 AODV

AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing) 相當於 DSDV on-demand 版本，同樣利用 distance-vector 的概念，但是和 DSDV 不同的是，AODV 並不維護一個繞徑資訊表，而是節點與節點需要建立連線，傳遞資料時才以 on demand 的方式建立繞徑資訊表。

當一個節點想要傳送資料給網路中的另一個節點時，首先要廣播一個 Route Request (RREQ) 封包，RREQ 裡紀錄了這是哪一個發送端節點所發出，是要用來找尋哪一個接收端節點的。RREQ 在網路中是一種 flooding 的傳遞方式，直到被接收端節點收到，當然，一個節點只能對同一 RREQ 處理一次，以避免迴圈的產生。理論上所有發送端節點與接收端節點之間的節點都會被 RREQ 所經過，也會暫時性記下關於 RREQ 行經路徑的上一個節點資訊，當接收端節點收到來自不同地方的 RREQ 時，選擇一條最短路徑，並往發送端節點方向送出 Route Reply (RREP)，如圖 2-1 所示 (資料來源[8])。

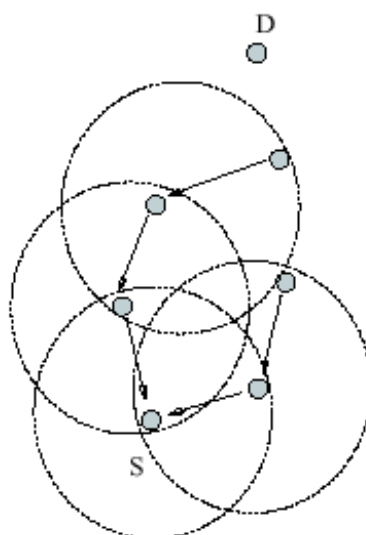


圖 2-1. AODV 回覆路徑設定

隨著 RREP 的經過，沿路上的節點也會將這條路徑的有關資訊紀錄下來，當 RREP 被送到一開始送出 RREQ 的發送端節點時，這條從發送端節點到接收端節點的路徑就算被建立起來了，此後發送端節點都可以利用這條路徑送封包給接收端節點。如圖 2-2 所示 (資料來源[8])

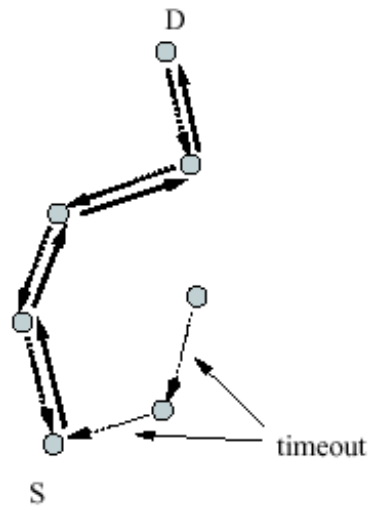


圖 2-2. AODV 前行路徑設定

值得注意的是，AODV 裡的繞徑資料表與 DSDV 同樣紀錄了發送端節點序列編號，可以避免繞徑迴圈發生，同時也可確保所紀錄的路徑表達了最新的拓樸結構。

### 2.1.3 DSR

DSR (Dynamic Source Routing) 別於其它繞徑協定，採用 source routing 的方式，將所有繞徑資訊直接紀錄在每個封包裡，同時為了在 MANET 這樣特殊的環境中使用，DSR 用 on-demand 繞徑方式，僅在需要路徑的時候才去找尋路徑。

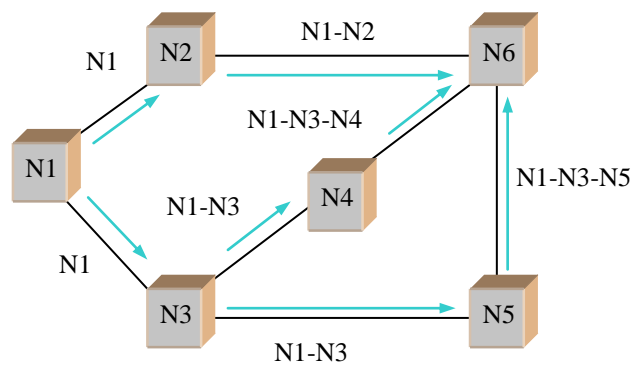


圖 2-3. DSR 繞徑需求封包傳送過程

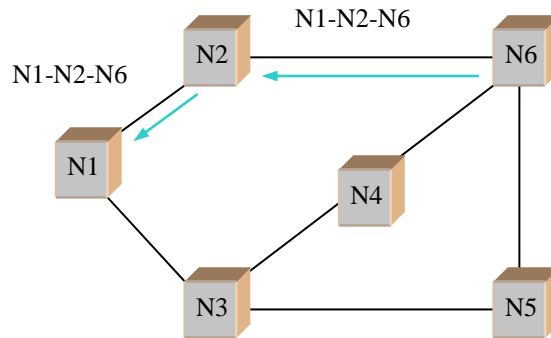


圖 2-4 . DSR 回傳訊息傳送過程

其路徑發掘 (Route Discovery) 與 AODV 類似，也是從發送端以廣播方式送出一個繞徑需求 (Route Request)，而不同的是，source routing 方式是將繞徑需求每經過一個 hop，就會將這個節點的 ID 記在繞徑需求封包中，如此當繞徑需求到達接收端節點時，就會有該路徑所有節點的資訊，接收端節點在眾多繞徑需求裡選出一條最佳路徑，再根據繞徑需求記錄之路徑節點發送傳送一個繞徑回傳封包 (Route Reply) 回到發送端節點，發送端節點將紀錄在繞徑回傳封包裡的路徑節點資料儲存在繞徑表 (Routing Table) 中，之後若有要送給該接收端節點之封包都會有這個路徑節點 (Route Record) 資料在裡面，只有發送端節點需要有這條路徑的相關資訊，發送端節點與接收端節點間的其他節點只要檢視封包裡的路徑節點資料然後轉送出去即可，不需重新選擇路徑。

## 2.2 選擇高訊號強度

選擇高訊號強度路徑繞徑協定以任兩行動台間訊號強度及位置變動頻率作為選擇路徑條件，行動台每隔一段時間傳送信標訊息 (Beacon) 告知鄰近行動台，並記錄接收到鄰近信標訊息總數及時間作為選擇依據，如 ABR[5]、SSA[21]。

## 2.2.1 ABR

ABR (Associativity-Based Routing) 的設計主要著眼於無線網路架構下，各節點間不穩定的連結關係，因此採用了連結穩定度的觀念，用來表示一個節點相對於相鄰節點的連結的穩定程度。ABR 藉每個節點必須間定期的產生 beacon 給其它鄰近節點來表示自己的存在，當一個節點收到從相鄰節點所傳來的 beacon，該節點就會對更新連結穩定表 (associativity table) 資訊，在連結穩定表以 associativity tick 記錄鄰近節點穩定程度。

ABR 的路徑選擇目標在於避免在資料傳遞過程中因節點異動造成路徑毀損，提供節點間最穩定的路徑。其路徑建立的過程如下：當節點需要尋找到某一節點的路徑時，傳遞一廣播訊息 BQ (broadcast query)，收到廣播訊息的節點會將自己的位址與其連結穩定表中記錄相鄰節點穩定度之 associativity ticks 一起連同 BQ 繼續廣播出去，downstream 節點 d 會將其 upstream 節點 u 紀錄在 BQ 裡的資料刪除，只留下和 d 有關的 associativity tick，也就是 u 和 d 之間連結穩定程度。廣播訊息不斷往外傳遞，抵達接收端節點時，已經紀錄了從發送端節點到接收端節點路徑上的所有 associativity ticks，接收端節點根據這些資訊，將 associativity ticks 進行加總，可以分別得到每條路徑的穩定程度，接收端節點依此選出最穩定的路徑，再沿著這條路徑往發送端節點送出回傳訊息，沿途經過的節點會在其繞徑資訊表內建立這筆路徑的資料。

ABR 同時設計了當連結錯誤時路徑重建的方法。當發送端節點移動時，就重新進行路徑建立動作，如果是一條路徑內中途的節點移動，則該移動節點的 upstream 節點 u 就要負責進行區域性搜尋(Local Query)，是一種限制節點數的 BQ，這是為了將路徑重建過程限制在拓樸改變處附近的方法，如果在一時間範圍內都沒有收到 REPLY，u 就要往上送出 Route Notification (RN)，要求上一個節點送出 LQ[H]，如果一路往上都沒有成功的重建路徑 (沒有收到來自接收端節點的 REPLY)，則從發送端節點到接收端節點路徑中點開始就不再 LQ，而是直接告訴發送端節點重新進行廣播訊息要求 (BQ)。

## 2.2.2 SSA

(SSA) Signal Stability Routing 和 ABR 同樣加入了對連結的穩定度的考慮，分為 DRP (Dynamic Routing Protocol) 與 Static Routing Protocol 兩部分。DRP 和 ABR 一樣，利用相鄰節點間互相傳送的 beacon 來界定該連結是否穩定，但 DRP 只紀錄強或弱，也就是對連結進行性質的分類，而 ABR 則數字量化連結穩定度。

SRP 利用 DRP 所得到的資訊，在路徑建立過程中，要求每個 downstream 節點只有在路徑需求來自較強健之連結時才能繼續廣播繞徑需求，最後接收端節點選擇最早到達的繞徑需求，再往發送端節點發出回傳訊息以建立路徑，因此 SSR 可以建立一條最短並且都在強健連結上的最佳路徑。

## 2.3 評論

現有繞徑協定都是為解決某一種或某幾種的拓樸架構特性，雖能對各種拓樸架構提供個別需求下之最佳路徑，但其路徑選擇無法分散節點負載，造成負荷過重影響效能，因此我們提出負載平衡概念，希望針對不同協定特性改善其路徑選方式達到負載平衡，進而減少傳輸時間。

我們增加考慮流量負載平衡作為繞徑選擇指標避免某些節點傳輸負載量過大而降低效能，以圖 2-5 為例，若以路徑節點數為繞徑選擇依據，則節點 C 將負擔 DEFG 等節點轉送流量，相較之下，同樣鄰近 Mobile Gateway 的節點 A 卻只負擔 B 點轉送流

量，雖然選擇 C 節點作為轉送節點可以用較少節點數傳送到 Mobile Gateway，但由於 C 點負荷量過大，嚴重影響經由 C 點轉送的傳輸品質，導致整體效能下降。考量負載平衡之繞徑，有效分散各個轉送節點流量，不僅提高整體傳輸效能，同時維持系統穩定。

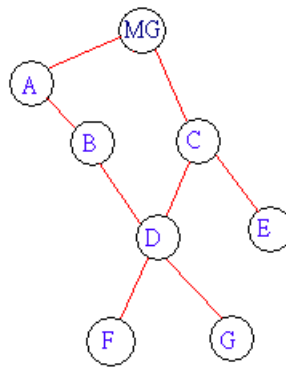


圖 2-5. 路徑選擇



## 第三章

### 考慮流量負載平衡繞徑選擇

多數繞徑選擇方式並未分散節點之負荷，造成部份節點負荷過大，效能降低。在理想情況下，將流量平均分散到各個轉送點的作法對各節點負擔影響最小；但如此可能會選用較長路徑，因此繞徑選擇必需在負載平衡及繞徑效率（包含路徑節點數、封包傳輸遺失率等）上取得平衡。本論文提出兩種負載平衡繞徑選擇方式 - 最小路徑流量負擔繞徑（LPTLR；簡稱全面平衡法）及加權階層式流量負載平衡繞徑（WTLBR；簡稱階層平衡法）；全面平衡法透過選擇路徑中流量負荷最小之路徑，避免選擇流量負荷過重之節點與路徑，分散各節點流量負擔，增進封包傳輸效能；階層平衡法為改善群組行動電腦網路架構中，流量集中性造成節點流量分擔不均之情況，將網路節點依 Mobile Gateway 與 Mobile Client 間距離分為數層，路徑節點選擇由鄰近 Mobile Gateway 節點（上層節點）往下層找，直到找到發送端節點為止，使路徑節點選取優先考量上層負擔較重的節點。

#### 3.1 最小路徑流量負擔繞徑

##### 3.1.1 最小流量負擔繞徑選擇（LPTLR；全面平衡法）

最小流量負擔繞徑（Lowest Path Traffic Load Routing; LPTLR）的設計著眼在選擇一條流量負擔最小路徑進而減小整體流量負擔程度。MHCR 以最少節點數為指標之最短路徑方

式，可能造成某些節點負荷過重影響路徑傳輸效能。LPTLR 以負載流量作為指表之最短路徑方式，所選擇之路徑節點數可能較 MHCR 多，卻能避免選擇路徑之節點壅塞情況，反有較好的傳輸表現。

### 3.1.1.1 負載流量表

節點必須維護一負載流量表，記錄該節點自身傳送及協助其它節點轉送流量值。每一條路徑建立後，路徑上之節點負載流量表便會記錄該路徑之發送端節點及傳輸量，並在流量異動時更動其值，因此負載流量表顯示所有透過此節點轉送之發送端節點及傳送之流量，將流量負載表內各傳輸量值加總即表示透過此節點轉送之總流量，值越高表示透過此節點傳送流量負荷越大，透過該節點轉送之封包等待時間越長，即該節點流量負荷程度。

### 3.1.1.1 路徑發掘

最小流量負載繞徑採用 On-Demand 繞徑方式，當節點需要一條到其它節點路徑，廣播一個 BQ (Broadcast Query) 訊息，收到訊息的節點會將自己的位址及記錄於流量負載表中資訊連同 BQ 繼續廣播出去，直到 BQ 封包抵達接收端節點時，已記錄由傳送端到接收端路徑上所有節點流量負載資訊，接收端節點根據這些資訊將所有負載流量加總，可以分別得到各條路徑之流量負載程度，接收端節點依此選出最適合路徑，依此路徑發送 REPLY 訊息，並在沿途經過節點負載流量表中記錄此路徑資料。

### 3.1.1.2 路徑流量加總

路徑選擇為選取加總流量負載最小之路徑，路徑負載流量加總為計算路徑上所有節點負載流總合，但路徑負載流量加總必須避免累計路徑上其它節點發送之流量，以圖 3-1 為例，節點 A 負載流量表有兩筆資料記錄自身傳輸量 5MBps 及 C 透過 A 轉送之流量 2MBps，節點 C 負載流量僅記錄自身傳輸量 2MBps，對節點 A 而言，總負載流量為  $2 + 5 = 7$  MBps，節點 C 為 2MBps，然而節點 F 在計算 F-C-A-MG 路徑負載流量時並非  $2 + 7 = 9$  MBps，原因是重覆計算兩次來自 C 傳送流量（節點 A 及節點 C 負載流量表各記錄一筆）。

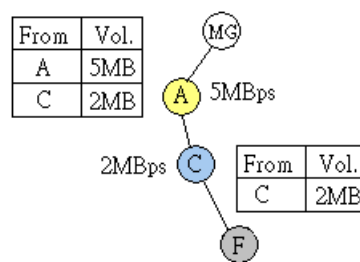


圖 3-1. 最小路徑負載流量加總

### 3.1.1.3 繞徑演算法

求最小路徑負載流量可用最短路徑演算法求得，但最短路徑演算法套用必須是各連節比重（link weight）之間必須是獨立的，任兩者之間必須是無關聯，才能計算求出最短路徑，因此在套用最短路徑演算法時，必須修正各節點傳輸量，扣除重覆累計之負載流量值。在本論文中採用 dijkstra 演算法[]計算流量負荷之最短路徑，而 LPTLR 連結花費為一變數非定值，無法直接套用 dijkstra 演算法，因此在演算法中將連結花費修正為透過方程式計算求得，如圖 3-2 所示。

```

LPTLR(Graph G, v0)
S ← { v0 }
V ← { v0, v1, ... Vn }
for I ← 1 to N-1
    path_load[I] ← cost(v0, I);
for I ← 0 to N-2
    choose a vertex w in V-S such that path_load[I] is minimum
    add w to S
    for each vertex v in V-S
        path_load[v] ← min(path_load[v], path_load[w] + cost(w, v));
    end for
end for
return NIL

cost(v1, v2)
for I ← 1 to N-1
    for each vertex u in chosen_path[I]
        If v1 = u then cost ← load[v1] – cost(I, v1)
    end for
end for
return cost

```

圖 3-2. LPTLR 演算法虛擬碼

### 3.1.2 訊息成本負擔

LPTLR 採用 On-Demand 繞徑作法，由各節點記錄並維護相關資訊，建立路徑時透過路徑發掘方式廣播傳遞訊息，訊息複雜度為  $O(N)$ ， $N$  為系統中所有行動台總數，每個行動台必須維護一流量負載表記錄本身流量負載狀態以提供路徑選擇所需資訊，並每隔一段時間自行更新或接收到 REPLY 訊息時累計流量負載值。

## 3.2 加權階層式流量負載平衡

### 3.2.1 階層式流量負載平衡架構

在無線網路任一節點傳輸負載量有限（受限於頻寬、節點運算能力及電池容量）因此需要平衡節點負載，避免部份節點因為協助轉送而負載量過大。在群組行動電腦網路架構中，由於加疊效應，越接近 Mobile Gateway 之節點協助轉送量會較大，當任一節點負載過大而癱瘓時，不但影響子節點轉送，同時也把流量轉向其它節點，增加其它節點負荷，形成骨牌效應，降低系統穩定性，由於各節點負擔不同轉送任務，不必要求所有節點採用相同的負載平衡值，因此，我們將各節點依據與 Mobile Gateway 間距離（hop）分層，並追求各層內各節點間負載之平衡。各層負載平衡可用各分層內節點傳輸量之標準差來衡量，傳輸量標準差越小代表該層負載較平衡（差異性小），在因分層求得多個數值，如圖 3-2 所示，左圖將各層視為同樣比重，將各層標準差相加合併（左圖），由於加疊效應，上層負載量較大，因此給予各層不同比重（越上層比重越大），如右圖  $\Delta$  之值。

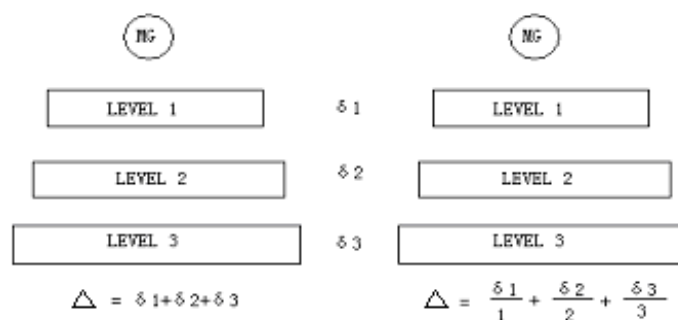


圖 3-2. 各層標準差合併，左圖各層比重相同，右圖加重上層比重

### 3.2.2 加權階層式流量負載平衡繞徑演算法 (WLTBR)

由於最佳解的計算耗時費力，在高度動態的環境中可能不適合直接使用，因此在我們設計較快次佳解演算法以支援本架構應用。在負載平衡中，我們在前節 (3.2.1) 之階層架構上，提出一種加權階層式流量負載平衡繞徑演算法 (Weighted Leveled Traffic Load Balance Routing; WLTBR) 縮小各節點之負載差異。WLTBR 演算法首先用 MHCR 依各個節點與 Mobile Gateway 間最短路徑 (節點數) 將節點分成數個階層，路徑節點選擇由 Mobile Gateway (接收端節點) 開始，選擇各層間負載流量最小之節點作為轉送節點直到連結發送端節點而形成選擇之路徑。

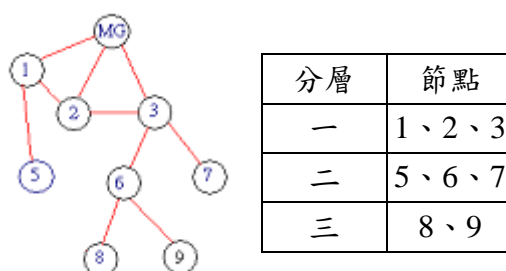


圖 3-3. 節點分層架構及分層表

WLTBR 是一種貪婪演算法 (Greedy Algorithm)，路徑選擇方式在於每一次路徑選擇時，選擇各層流量負荷最小之節點，同時也因加上該節點傳輸量影響而改變路徑上節點之流量分布，使節點在依序選擇路徑過程中，能夠選出影響各層平衡差異最小之節點，減少同層間節點流量平衡差異，以透過每一階段選擇對各層流量負擔影響最小之路徑方式，找出整體網路負荷差異影響最小之解。以圖 3-3 為例。各節點分層如圖所示，求各點到 Mobile Gateway 的繞徑方式，首先，Mobile Gateway 會保留一分層表，記錄

各節點與 MG 間最短路徑，如圖 3-3 分層表所示，第一層節點（節點 1、2 及 3）表示該節點與 Mobile Gateway 可直接連繫，無須透過其它節點轉送，第二層節點（節點 5、6 及 7）及第三層節點（節點 8 及 9）與 Mobile Gateway 之間無法直接連繫，故需要上層選擇負責轉送之節點，每一個節點在路徑選擇時，必須先由第一層節點中選擇流量負擔最小節點作為第一層轉送節點，再由已選出之第一層節點，往下選擇第二層中流量負擔最小節點作為第二層轉送節點，依階層遞減順序找到發送端節點所在，形成所選之路徑。

節點會選擇各層節點而每一次路徑之選擇皆選擇各層流量負擔最小之節點。因為上層節點負責轉送較多封包，故優先平衡上層轉送節點，再依次決定下層節點。因此，在路徑選擇上就可能會選擇多個同層節點作為轉送節點（曲折），以圖 3-2 為例，節點 6 至 MG 路徑選擇首先由第一層的節點中找出流量負載最小的節點作為第一層轉送的節點，假設選擇節點 1 作為第一層轉送節點，再由節點 1 往下一層找出第二層轉送節點，但由於節點 1 下層節點（節點 5）無路徑至節點 6，故節點 1 選擇同層節點 2 轉送，同理，節點 2 選擇同層節點 3 轉送，直到有路徑可連結節點 6 為止，路徑選擇如圖 3-4 箭頭方向所示。演算法詳見圖 3-5。

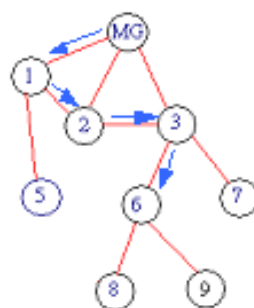


圖 3-4. 路徑選擇示意圖

```

WLTBR ()
for J ← Node[1] To Node[N]
    do J.level = shortest_path(J, Node[0])
end for
for I ← 1 to MaxLevel
    do for J ← Node[1] to Node[N]
        LevelNodeList ← Nodelist-of-level(I)
        if J.level < I
            then next J
        while
            do K ← Find-min-load-node-of-level(LevelNodeList)
            if exist-path(J, K) then
                RoutePathOfNode [J] ← RoutePathOfNode [J] + K
            exit while
            else
                LevelNodeList ← LevelNodeList – K
            end if
        end while
    end for
end for
return NIL

```

圖 3-5. WLTBR 演算法虛擬碼

在群組行動電腦網路傳輸除了各節點透過 MG 連上 Internet 外，也包含各節點彼此通訊傳輸，這部份傳輸我們仍採用 MHCR 作法，原因是在群組行動電腦網路中，這部份傳輸流量不具趨向性。但仍需傳遞訊息告知 MG 更動分層表資訊。在效能評析中我們將不加入這部分流量影響，因其與原來 MHCR 效能無異。



### 3.2.3 訊息成本負擔

為維護整體網路分層架構，每個節點在變動時必須透過廣播向 MG 更新該節點分層資訊，訊息複雜度為  $O(N)$ ，其中  $N$  為系統中所有節點。MG 將各節點分層及流量資訊記錄在分層表中，作為繞徑選擇依據，在每次節點變動及流量異動時更新該表。節點建立路徑時必須透過路徑發掘方式 (Route Discovery) 廣播傳遞訊息，訊息複雜度同樣為  $O(N)$ ，因此 WTLBR 成本負擔包含每次網路異動時各節點廣播訊息流量、每次建立路徑傳遞發掘路徑訊息流量及記錄於 MG 中之分層表。

此外，WTLBR 在求解過程中，各層節點在依序選擇路徑時是選擇對流量最小之節點作為轉送節點，因此路徑選擇上自然會選擇「曲折」方式 (較長路徑) 達到負載平衡。換言之，將會增加整體網路流量，這是無可避免之負面影響；WTLBR 以最短路徑方式分層之用意即在於避免大幅增加路徑長度，並能達到流量平衡之目的。

### 3.3 WTLBR 與 LPTLR 繞徑負載平衡比較

在群組行動電腦網路環境中，我們提出流量負載平衡繞徑選擇，以分散各節點傳輸負擔避免某些節點負荷過重的作法提高傳輸效能，在本章中我們將流量負載平衡分為階層式及非階層式流量負載兩種繞徑方式，兩者各有其優缺點，由於群組行動電腦網路流量具趨向性，上層節點負擔較重，因此將網路結構分層可根據不同階層之節點考量選擇適合路徑，相對的階層資訊維護將會增加網路流量額外負擔；階層式負載平衡繞徑將負載流量及分層資訊記錄於 MG 中，可免去各節點維護繞徑資訊表所需負擔。表 1 為兩種繞徑選擇比較。

表 1. WTLBR 與 LPTLR 比較

比較 \ 繞徑選擇	WTLBR	LPTLR
特性	階層式負載平衡	非階層式負載平衡
繞徑資訊表維護	記錄於 MG	記錄於各行動台
訊息傳遞時機	網路狀態異動及路徑建立	路徑建立
路徑建立訊息傳遞方式	廣播	廣播
額外訊息負擔量	大	小
依據流量加疊效應選擇路徑	是	否

### 3.3.1 路徑選擇比較

在路徑選擇上，WTLBR 及 LPTLR 各有其優缺點，WTLBR 優先平衡上層節點流量之路徑選擇方式，可避免流量具集中性之架構下資源分配不均，相對的，由於 WTLBR 繞徑選擇法節點選取減少可選擇之路徑，整體效能會受到影響。以圖 3-6 為例，節點 D 在 WTLBR 路徑選擇上只能選擇 D-B-MG 此條路徑，假設節點 B 網路壅塞，但因為節點 G 所在階層較 D 所在階層低節點，D 無法選擇 D-G-C-A-MG 此條路徑避免傳輸發生壅塞，故 WTLBR 路徑選擇中，可能會有更好轉送路徑卻因階層之限制而遭捨棄。

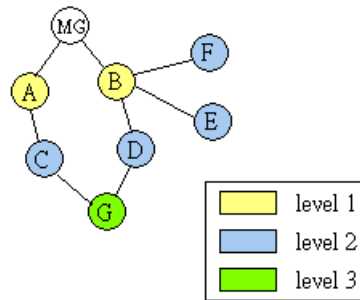


圖 3-6. WTLBR 繞徑選擇

WTLBR 因為階層式節點選擇方式，減少了可供選擇之路徑，而 LPTLR 從發送端節點及接收端節點間路徑中選擇負載流量最小之路徑，無 WTLBR 所面臨問題，相對的，LPTLR 路徑選擇無階層式概念，因此在具集中特性的流量架構下（如群組行動電腦網路），路徑選擇便無法針對節點在網路中的重要性優先平衡其負載（如鄰近 Mobile Gateway 之節點）。以圖 3-7 為例，節點 F 有路徑  $P_1$  及  $P_2$  兩條可選擇之路徑，計算兩條路徑之路徑負載流量得到  $P_1$  路徑負載流量較小而選擇  $P_1$  此路徑作 F 為轉送路徑，在 LPTLR 繞徑選擇下，選擇  $P_1$  路徑雖減少整體流量負載，卻加重原來負荷較重之節點 A 負擔，造成資源分配不均。

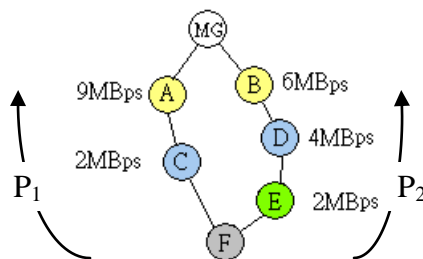


圖 3-7. LPTLR 繞徑選擇

## 第四章

### 效能評析

因不易以數學計算方式評估 WTLBR、LPTLR 之效能，我們採用程式模擬觀察傳輸效能。模擬實驗包括隨機產生連結圖及各節點傳輸資料量，模擬封包經由媒介傳輸、在 Queue 中等待直到接收端過程，記錄封包傳送過程、延遲時間及各節點轉送傳輸量，供模擬實驗觀察及數據分析比較。

模擬實驗封包傳輸時間作為基準比較 WTLBR、LPTLR 及 MHCR 繞徑選擇方式傳輸效能，同時計算三者之負載平衡效能以觀察平衡效能與傳輸效能之間的關係。

#### 4.1 模擬環境

##### 4.1.1 連接圖產生

在效能評估中，實驗環境為選取 20~40 個節點在 1000m x 1000m 及無線傳輸距離為 225m 等條件下所隨機產生的拓樸，並以標號為 0 的節點定義為 MG。

##### 4.1.2 模擬環境架構

一個封包完整傳輸延遲時間在不考量重傳狀況下，包含在 Queue 裡面等待時間、媒介

傳輸時間、各節點運算處理時間，直到接收點為止，本實驗中 Queue 之處理順序為先進先出方式 (FIFO)，同時不考量 Queue 滿溢而丟棄封包之情況，故假設 Queue 長度為無限。其原因是本實驗著重於繞徑演算法差異，而不考慮因封包丟棄而必須重傳所產生差異；且 WTLBR 可以減少封包在 Queue 的長度，Queue 滿溢的機會降低，進而提高效率。此外，在 CDMA/CA 協定下每個節點必需取得 RTS 以傳送訊息，在本模擬過程中採取隨機選取方式決定節點之傳送權。

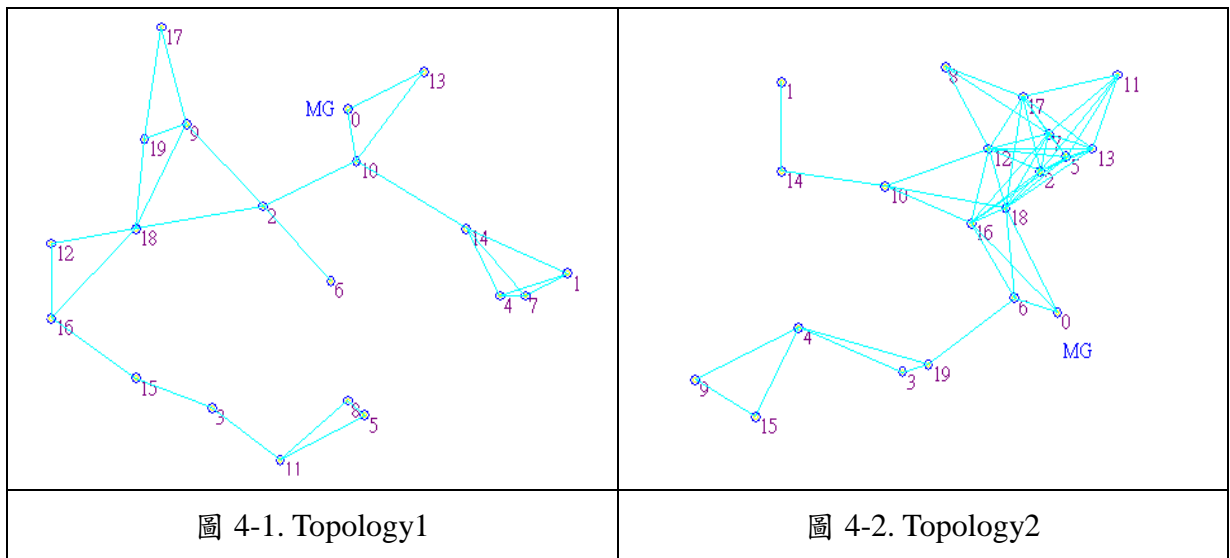
### 4.1.3 封包傳輸模擬

每個模擬實驗中，假設各個節點有一批資料等待傳送，在模擬過程中，計算將這些資料傳送到目的地所耗時間，在計算過程中，假設沒有新的待傳送資料產生。各節點自發傳輸量為 1K 至 5M Bytes，以亂數產生，封包長度為 1K Bytes，在實驗模擬過程中，我們以傳輸變異量表示各節點自發最小傳輸量及最大傳輸量差異，即節點自發傳輸量變異範圍，無線傳輸速率為 11Mbps，由於本研究之目的為探討繞徑選擇在傳輸過程中對延遲時間所造成之影響，故假設在傳輸過程，所有封包皆已在 Queue 中等待傳送。

## 4.2 模擬過程及結果分析

模擬實驗主要由封包傳輸時間及流量平衡差異兩者觀察各繞徑演算法效能表現，在效能比較實驗中我們選取兩組較具代表拓樸結構 (圖 4-1 及 圖 4-2) 來作分析比較，選擇這兩組拓樸結構作比較原因在於負載平衡繞徑選擇必須透過選擇不同路徑來達到平衡目的，因此在不同拓樸結構下，可選擇之路徑數便影響載平衡繞徑選擇改善效能之差異，因此平衡效能優劣深受拓樸結構影響，Topology1 屬於連結鬆散拓樸架構，節點與

節點之間多僅有一條連接 (link) 可選擇；而 Topology2 則屬於連結較緊密結構，節點之間有不同連結可供選擇，以下實驗即針對這兩組不同拓樸結構作一分析比較。



#### 4.2.1 封包傳輸延遲時間

封包傳輸時間為封包由發出封包之節點傳送至 Mobile Gateway 所需時間，在本研究中，將各自比較 MHCR、WLTBR 及 LPTLR 等不同繞徑選擇下在 Topology1 及 Topology2 之平均封包傳輸時間。

降低封包傳輸時間之方法有兩種，一是減少傳輸路徑節點數，二是降低路徑上節點之擁塞狀況，這兩種方式很難同時達成。在規模較大的無線區域網路中，必須優先選擇最短路徑，因而使某些節點成為其它節點傳送必經路徑而產生擁塞；若為了降低節點擁塞狀況而分散個節點流量，會造成傳送路徑過長反而延長傳輸時間。LPTLR 選擇負載流量最短路徑減少路徑傳輸時延遲傳送時間；WLTBR 採用最短路徑概念將各節點分層，可避免路徑過長問題，同時也分散各層流量避免上層節點擁塞而延遲傳送。

#### 4.2.1.1 固定傳輸量變異，各繞徑選擇封包傳輸時間比

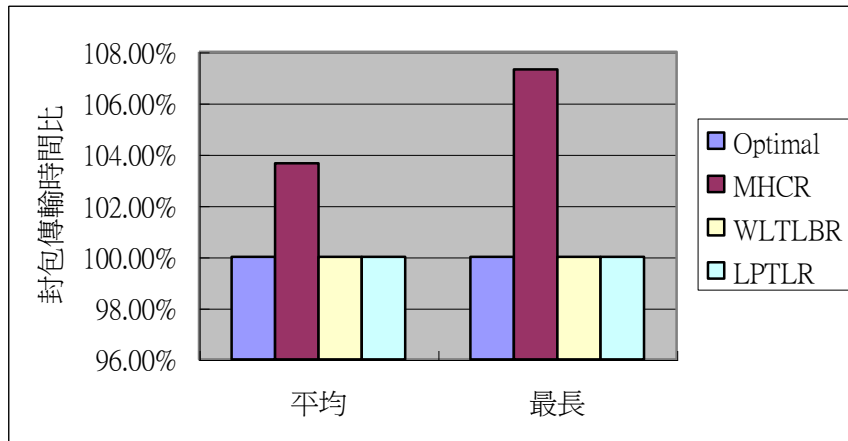


圖 4-3. Topology 1 固定傳輸量差異下之封包傳輸時間比

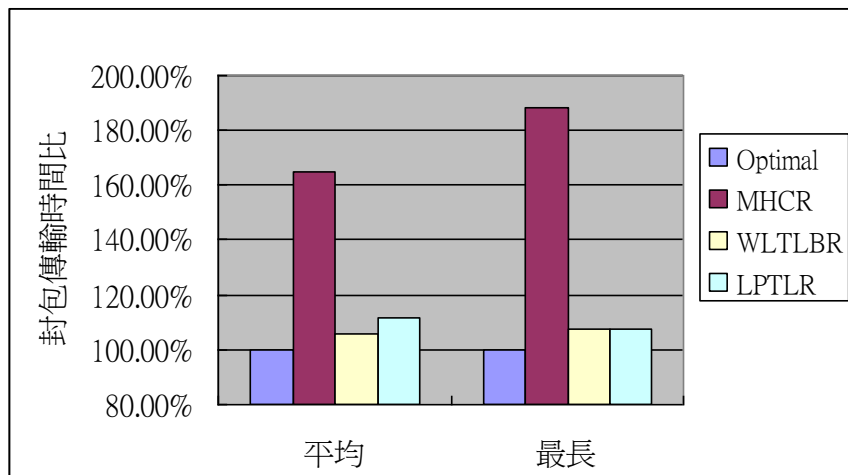


圖 4-4. Topology 2 固定傳輸量差異下之封包傳輸時間比

圖 4-3 及圖 4-4 為 20 個節點數，傳輸量變異 1000 下之封包傳輸時間比，分別比較 MHCR、WLTlBR、LPTLR 及最佳解（封包傳輸時間最短之情況）封包傳輸所需時間

比例，在實驗結果中，我們將最佳解封包傳輸所需時間定為 100%，分別比較其它繞徑演算法封包傳輸所需時間。

圖 4-3 之拓撲結構，大部份節點間多有單一連結，因而在路徑選擇上，造成各演算法可選擇之路徑差異不大，在比較最佳解與 MHCR 之傳輸效能後可以發現，在圖 4-3 架構下，能改善的效能非常有限，平均而言最佳解僅較 MHCR 減少 3 % 封包傳輸時間，而 WLTBR 及 LPTLR 也趨近於最佳解，如此顯示負載平衡繞徑選擇無法發揮功能；反觀圖 4-4 之拓撲架構，各節點間有多條路徑供選擇，負載平衡繞徑可選擇不同路徑達到各節點負載平衡，避免各節點流量負荷過重而影響效能，由圖可知，MHCR 因為節點壅塞之故，平均而言必須多花了 60% 封包傳輸時間。而最長封包傳輸時間效能更差多出 90 % 封包傳輸時間。反觀 WLTBR 及 LPTLR 在考量負載流量平衡情形下，改善網路節點壅塞情況，使原先表現極差的傳輸效能獲得有效改善。

#### 4.2.1.2 不同傳輸量變異下各繞徑選擇封包傳輸時間比

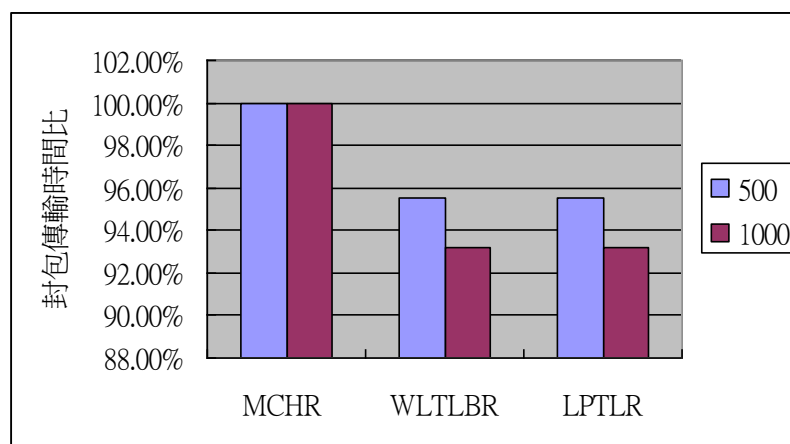


圖 4-5. Topology 1 不同傳輸量變異之最長封包傳輸時間比



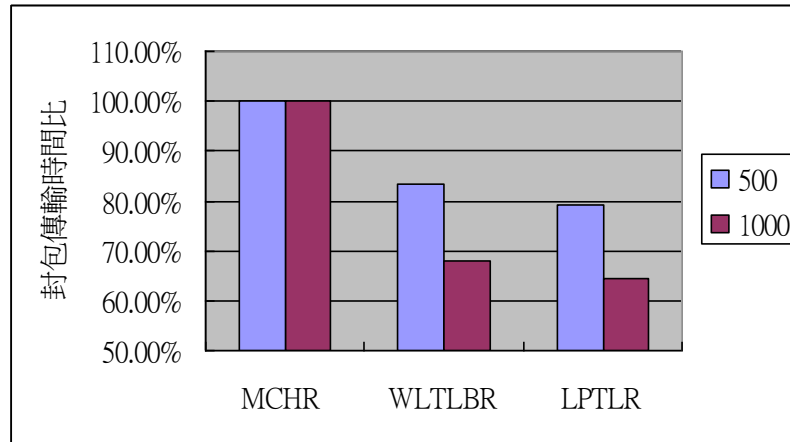


圖 4-6. Topology 2 不同傳輸量變異之最長封包傳輸時間比

圖 4-5 及圖 4-6 為 20 個節點，不同傳輸量變異 500 及 1000 之封包傳輸時間比，比較 MHCR、WTLBR 及 LPTLR 封包傳輸所需時間比例，此處我們將 MHCR 封包傳輸所需時間定為 100%，分別比較 WTLBR 及 LPTLR 在不同傳輸量變異下效能改善差異，傳輸量變異代表各節點間自發最大傳輸量及最小傳輸量差異大小。

比較圖 4-5 及圖 4-6 WTLBR 及 LPTLR 繞徑選擇在高傳輸量變異情況下皆能有較好的傳輸效率，原因在於傳輸量差異大情況下，MCHR 資源分配不均情況較嚴重，而在 Topology1 架構中，可發現 WTLBR 及 LPTLR 在可選路徑受到限制情況下，即使傳輸變異量提高（整體網路流量提高），兩者所能改善的效能極小，兩者高傳輸量變異情況下僅較低傳輸變異情況提升約 3% 傳輸效能；而在圖 4-6 Topology2 架構中，WTLBR 與 LPTLR 皆能減少約 12% 封包傳輸時間，原因在 Topology2 節點間可選擇路徑較多，在考量負載平衡繞徑選擇方式下，各節點流量平衡度較佳，節點流量負荷過重情況減少，效能也隨之提升。

#### 4.2.1.3 固定傳輸量變異，不同節點數下各繞徑選擇封包傳輸時間比

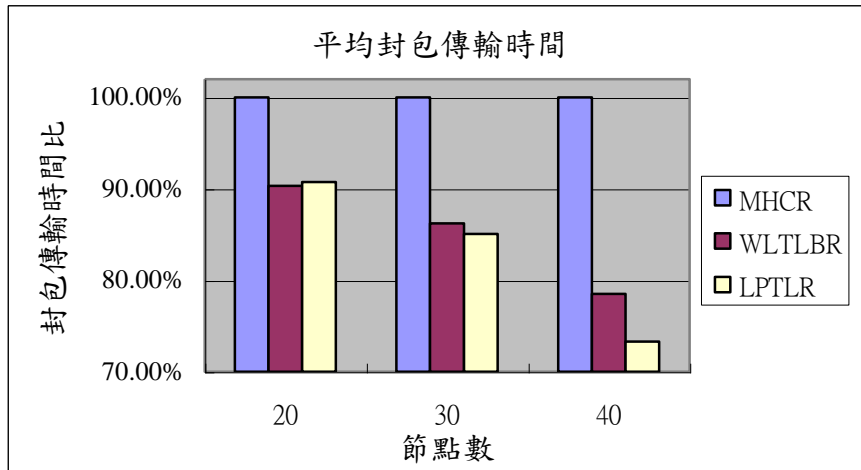


圖 4-7. 不同節點數之最平均包傳輸時間比

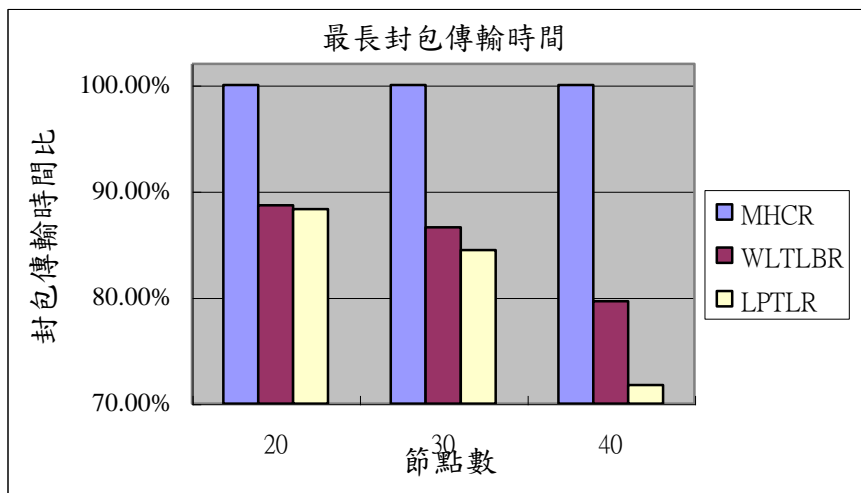


圖 4-8. 不同節點數之最長封包傳輸時間比

圖 4-7 及圖 4-8 為固定傳輸變異量 1000 情況下，不同網路節點數之封包傳輸時間比，比較 MHCR、WTLBR 及 LPTLR 在網路較壅擠情況下封包傳輸效能表現。此實驗中我們將 MHCR 封包傳輸時間定為 100%，分別比較 WTLBR 及 LPTLR 在不同程

度節點擁塞情況傳輸效能。由圖可知，網路節點越擁擠，網路整體流量增加，節點負荷流量隨之增加，WLTBRL 及 LPTLR 皆能有效減少封包傳輸時間，MHCR 路徑選擇無法分散各節點負擔，一旦網路壅擠情況下，就容易造成某些節點負擔過重，效能隨之下降；考量負載平衡繞徑選擇在網路擁擠時，節點與節點間可選擇路徑增加，節點負荷平衡效益佳，傳輸效能也有較好表現。

#### 4.2.2 流量平衡差異

在上一節各繞徑封包傳輸效能比較中，我們可以知道考量負載平衡之繞徑選擇 LPTLR 及 WLTBRL 皆能透過分散節點流量負擔提升封包傳輸效能，然而 LPTLR 與 WLTBRL 比較下，LPTLR 表現又較為突出，原因在於 WLTBRL 優先選擇上層節點繞徑方式使路徑選擇受到限制，傳輸效能表現自然比 LPTLR 低。

然而在群組行動電腦網路架構下，我們不僅要提升封包傳輸效能，同時也要考量避免上層節點負擔量過重而癱瘓情況，為比較 WLTBRL 及 LPTLR 是否能改善流量集中式網路架構中，流量先天差異不平衡情況，因此在圖 4-9 及圖 4-10 比較圖中，我們首先將 Topology 1 及 Topology 2 依 Mobile Gateway 與各間點最短路徑距離為依據分層，比較 Topology 1 及 Topology 2 在不同繞徑選擇下，前三階層間流量平衡差異。

表 2. Topology 1 各階層標準差

階層 徑	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MHCR	4494370	368154	1410140	43116	32881	56032	21550	12025	8000
LPTLR	4494370	331256	1320199	43222	32461	56781	20783	12350	8000
WLTBR	4494370	321154	1253708	41560	32012	54102	21830	14020	8000

表 3. Topology 2 各階層標準差

階層 徑	1	2	3	4	5
MHCR	5494993	2818302	1528852	1245076	830563
LPTLR	2982576	2598510	1792434	1158120	826301
WLTBR	1028139	2620721	1613130	1103140	853042

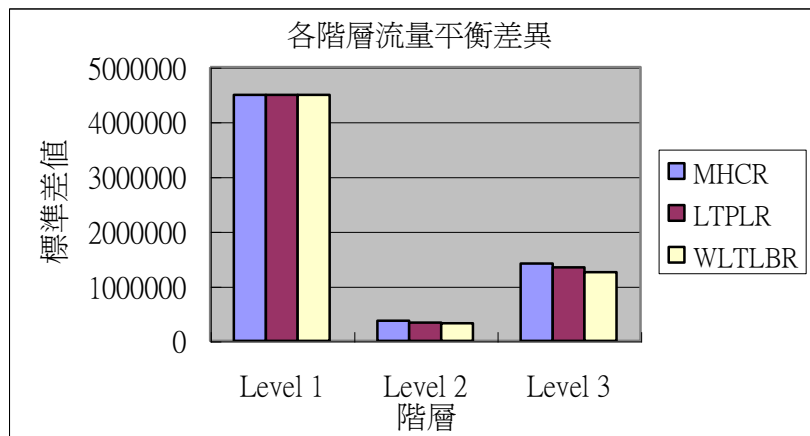


圖 4-9. Topology 1 前三階層之流量標準差比較

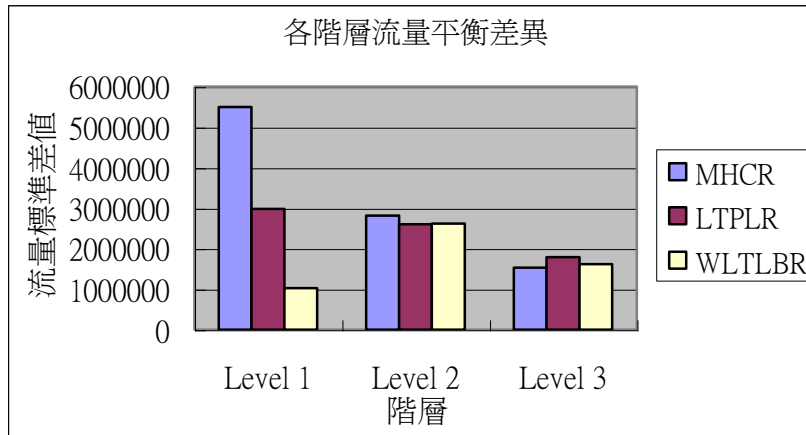


圖 4-10. Topology 2 前三階層之流量標準差比較

比較圖 4-9 各階層不同繞徑演算法流量標準差值可以發現三者流量標準差值極為接近，顯示負載平衡繞徑選擇在 Topology 1 平衡度與原來 MHCR 相近，原因為節點間單一路徑選擇，使流量負載平衡繞徑無法選擇不同路徑及節點來平衡各階層間流量差異。而在圖 4-10 中，負載平衡繞境選擇大幅降低階層流量標準差值，顯示在考量負載平衡情況下，各節點流量差異縮小，分散各節點傳輸流量；同時在圖中，我們比較 LTLBR 及 WTLBRL 平衡度差異，發現 WTLBRL 整體平衡度較 LPTLR 好，尤其在第一節層差異更大，因此雖然在封包傳輸時間，WTLBRL 不如 LPTLR，但 WTLBRL 優先選擇上層路徑之繞徑選擇，犧牲部分效能來提高上層節點平衡度，提高集中式流量架構上層節點穩定度。

### 4.3 總結

實驗結果顯示，在 MHCR 中，由於許多路徑選擇相同上層節點轉送封包，造成許多封包因上層節點網路擁塞延長傳輸所需時間，而 WTLBRL 及 LPTLR 則透過分散流量方式，將封包轉由其它節點轉送因而減少等待時間，顯示有時候選擇較長路徑反而能提高

其傳輸效能，而非一味採用最短路徑方式。在傳輸量變異大、網路節點數多及彼此間可選擇之連結數可提高負載平衡繞徑選擇效能。整體而言，考量負載平衡繞徑選擇可比 MHCR 減少 12% ~ 30% 傳輸時間，提高群組行動電腦網路即時資訊應用(如 VOIP 等)。整體上，LPTLR 雖然比 WTLBTR 有較高封包傳輸效能，但在群組行動電腦網路中，量上層節點負擔較重，路徑選擇也應考量避免節點因負荷過重而癱瘓情況，在這方面，WTLBTR 則可以提高上層節點流量平衡選擇路徑方式，犧牲些許傳輸效能換取整體網路穩定度，更適於群組行動電腦網路環境架構。

## 第五章

### 結論

#### 5.1 結論

現有隨意型繞徑選擇多採用最少路徑節點數（最短路徑）作為繞徑選擇方式，然而在行動台資源有限情況下，轉送行動台無法負荷大量轉送需求。若不能有效分配流量，易造成網路擁塞影響網路穩定性。在本論文中，我們提出考量負載平衡概念，分散各個轉送節點流量，可減少封包傳輸延遲時間，使群組行動電腦網路在資源有限狀況下，仍能發揮最大效能。

在論文中，我們提出不同負載平衡繞徑演算法，LPTLR 則是選擇負載量小路徑進而減少各節點網路負擔；WTLBR 將網路階層化，除分散流量外同時對傳輸流量具集中性之網路加重上層考量，避免上層節點癱瘓影響整體網路運作，適用於流量具趨向性之網路架構（如群組行動電腦網路），MHCR 在因無法平衡流量，造成封包傳輸效能不佳，在節點壅擠及網路傳輸量變異大之網路環境中更為顯著。

## 5.2 未來發展方向

WTLBR 優點在於 MG 能夠掌握整個群組行動電腦網路訊息，反應整個網路流量變動而提供最佳繞徑選擇，缺點是網路如有變動就必需廣播訊息通知 MG 更新狀態，增加網路傳輸成本，LPTLR 雖減少控制訊息傳送，卻無法考量集中式傳輸流量架構中，上下層節點流量負擔差異問題，兩者各有其優缺點及效能差異，未來發展希望能結合兩者特色，同時設計分散式演算法以運用於實際環境下。



## 参考文献

- 【1】 A. Furuskar, S. Mazur, F. Muller, H. Olofsson, “EDGE: Enhanced Data Rates for GSM and TDMA/136 Evolution”, *IEEE Personal Communication*, June 1999.
- 【2】 Brian P. Crow, Indra Widjaja, Jeong Guen Kim and Prescott T. Sakai, “IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks”, *IEEE Communications Magazine*, vol. 35, no. 9, September 1997, pp. 116-126.
- 【3】 Charles E. Perkins and Elizabeth M. Royer., “Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) algorithm”, *Proc. of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA'99)*.
- 【4】 Chris Heegard, John T. Coffey, Srikanth Gummadi, Peter A. Murphy, Ron Provencio, Eric J. Rossin, Sid Schrum and Matthew B. Shoemake, “High-performance wireless ethernet”, *IEEE Communications Magazine*, vol. 39, no. 11, November 2001, pp. 64-73.
- 【5】 C.-K Toh, “Associativity-Based Routing for Ad-Hoc Mobile Networks”, *Wireless Pers. Commun* ,Mar. 1997.
- 【6】 C.-K. Toh, “Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad Hoc Networks”, *IEEE Commun*, June. 2001.
- 【7】 C.E. Perkins and P. Bhagwat, “Highly Dynamic Destination-Sequence Distance Vector Routing for Mobile Computers”, *Proc. of ACM SIGCOMM'94*, Sep. 1994.
- 【8】 Elizabeth M. Royer and Chai-Keong Toh, “A review of current routing protocols for

- ad hoc mobile wireless networks”, *IEEE Personal Communications*, vol. 6, no. 2, April 1999, pp. 46-55.
- 【9】 George Aggelou and Rahim Tafazolli, “RDMAR: a bandwidth efficient routing protocol for mobile ad hoc networks”, *Proc. of the second ACM international workshop on wireless mobile multimedia*, Aug. 1, 1999.
- 【10】 H. Aghvami and A. Jafarian, “A Vision of UMTS/IMT-2000 Evolution”, *IEE Elect. & Commun.*, June 2000.
- 【11】 Hüseyin Arslan, Jung-Fu Cheng and Kumar Balachandran, “Physical layer evolution for GSM/EDGE”, *GLOBECOM 2001 - IEEE Global Telecommunications Conference*, no. 1, Nov 2001.
- 【12】 Hung-Chin Jang, Yao-Nan Lien, and Jyh-Shyan Huang, “lient Mobility Management for Hybrid Ad Hoc Mobile Computer Network”, *The 5th Mobile Computing Workshop*, National Chiao Tung University, Taiwan, R.O.C., March 24-25, 1999.
- 【13】 IEEE 802.11 WG, P802.11b, “Supplement to Standard IEEE 802.11. Higher Speed Physical Layer (PHY) Extension in the 2.4 GHz Band”, Sept. 1999.
- 【14】 J. Broch, D. B. Johnson and D. A. Maltz, “The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks,” *IETF Internet draft, draft-ietf-manet-dsr-01.txt*, Dec. 1998.
- 【15】 J. Cai and D. J. Goodman, “General Packet Radio Service in GSM,” *IEEE Commun. Mag.*, Oct. 1997, pp.122–31.
- 【16】 Jeong-Hyun Park, “Wireless internet access for mobile subscribers based on the GPRS/UMTS network”, *IEEE Communications*, vol. 40, no. 4, Apr 2002, pp. 38-49.
- 【17】 Kyu-Tae Jin and Dong-Ho Cho, “Optimal threshold energy level of energy efficient MAC for energy-limited ad-hoc networks”, *GLOBECOM 2001 - IEEE Global*

*Telecommunications.*

- 【18】 Kento Tsudaka, Masanobu Kawahara, Akira Matsumoto and Hiromi Okada, “Power control routing for multi hop wireless ad hoc network”, *GLOBECOM 2001 - IEEE Global*.
- 【19】 Luis Muñoz, Marta García, Johnny Choque, Ramón Agüero and Petri Mähönen, “Optimizing internet flows over IEEE 802.11b wireless local area networks: A performance-enhancing proxy based on forward error correction”, *IEEE Communications*, vol. 39, no. 12, December 2001, pp. 60-67.
- 【20】 Magnus Frodigh, Stefan Parkvall, Christiaan Roobol, Per Johansson and Peter Larsson, “Future-generation wireless networks”, *IEEE Personal Communications*, vol. 8, no. 5, October 2001, pp. 10-17.
- 【21】 R. Dube et al., “Signal Stability based Adaptive Routing (SSA) for Ad-Hoc Mobile Networks”, *IEEE Pers. Commun*, Feb. 1997, pp. 36-45.
- 【22】 Roger Kalden, Ingo Meirick and Michael Meyer, “Wireless Internet Access Based on GPRS”, *IEEE Personal Communications*, Apr. 2000.
- 【23】 Richard O. LaMaire, Arvind Krishna, Pravin Bhagwat and James Panian, “Wireless LANs and Mobile Networking: Standards and Future Directions”, *IEEE Communications Magazine*, vol. 34, no. 8, August 1996, pp. 86-94.
- 【24】 S. Singh and C. S. Raghavendra, “PAMAS Power Aware Multi-Access protocol with Signaling for Ad Hoc Networks”, *ACM Commun. Rev.*, July 1998.
- 【25】 Stefano Faccin, Liangchi Hsu, Rajeev Koodli, Khiem Le and Rene Purnadi, “GPRS and IS-136 Integration for Flexible Network and Services Evolution”, *IEEE Personal Communications*, Jun. 1999.
- 【26】 Sudhir Dixit, Yile Guo, and Zoe Antoniou, “Resource Management and Quality of

- Service in Third-Generation Wireless Networks“, *IEEE Communications* , Feb. 2001 .
- 【27】 Wolfgang H. Gerstacker and Robert Schober, “Equalization concepts for EDGE”, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 1, no. 1, January 2002, pp. 190-199
- 【28】 Yao-Nan Lien, Tzu-Chieh Tsai, Hung-Chin Jang, and Wen-Shyen Chen, "Architecture and Research Issues of a Hybrid Ad-Hoc Mobile Computer Network,” *The 5th Mobile Computing Workshop*, National Chiao Tung University, Taiwan, R.O.C., March 24-25, 1999.
- 【29】 Yao-Nan Lien, Hung-Chin Jang, Tzu-Chieh Tsai, Wen-Shyen E. Chen, “Network Architecture for a Mobile Police Information System”, *1998 Workshop on Distributed System Technology and Applications*, May 14-15, 1998.

## 目錄

第一章 簡介 .....	1
1.1 群組行動電腦網路 .....	1
1.2 無線區域網路 (Wireless LAN) .....	2
1.2.3 無線區域網路架構 .....	2
1.2.3.1 隨意型無線網路 (Mobile Ad-Hoc Network; MANET) .....	2
1.2.3.2 含基地台的無線區域網路 (Infrastructure Wireless LAN) .....	3
1.3 群組行動電腦網路架構 .....	4
1.4 繞徑選擇與問題描述 .....	6
1.5 研究目的及貢獻 .....	7
第二章 隨意型行動無線網路繞徑協定 .....	9
2.1 減少路徑節點數 .....	9
2.1.1 DSDV .....	10
2.1.2 AODV .....	10
2.1.3 DSR .....	12
2.2 選擇高訊號強度 .....	13
2.2.1 ABR .....	14
2.2.2 SSA .....	15
2.3 評論 .....	15
第三章 考慮流量負載平衡繞徑選擇 .....	17
3.1 最短路徑流量負載繞徑 .....	17
3.1.1 最小流量負載繞徑選擇 (LPTLR; 全面平衡法) .....	17
3.1.1.1 負載流量表 .....	18
3.1.1.1 路徑發掘 .....	18
3.1.1.2 路徑流量加總 .....	18
3.1.1.3 繞徑演算法 .....	19
3.1.2 訊息成本負擔 .....	20
3.2 加權階層式流量負載平衡 .....	21
3.2.1 階層式流量負載平衡架構 .....	21
3.2.2 加權階層式流量負載平衡繞徑演算法 (WTLBR) .....	22
3.2.3 訊息成本負擔 .....	25
3.3 WTLBR 與 LPTLR 繞徑負載平衡比較 .....	25
3.3.1 路徑選擇比較 .....	26

第四章 效能評析 .....	28
4.1 模擬環境 .....	28
4.1.1 連接圖產生 .....	28
4.1.2 模擬環境架構 .....	28
4.1.3 封包傳輸模擬 .....	29
4.2 模擬過程及結果分析 .....	29
4.2.1 封包傳輸延遲時間 .....	30
4.2.1.1 固定傳輸量變異，各繞徑選擇封包傳輸時間比 .....	31
4.2.1.2 不同傳輸量變異下各繞徑選擇封包傳輸時間比 .....	32
4.2.1.3 固定傳輸量變異，不同節點數下各繞徑選擇封包傳輸時間比 .....	34
4.2.2 流量平衡差異 .....	35
4.3 總結 .....	37
第五章 結論 .....	39
5.1 結論 .....	39
5.2 未來發展方向 .....	40

## 圖目錄

圖 1-1. 隨意型無線區域網路 .....	3
圖 1-2. 有基地台無線區域網路 .....	4
圖 1-3. 群組行動電腦網路架構 .....	6
圖 2-1. AODV 回覆路徑設定 .....	11
圖 2-2. AODV 前行路徑設定 .....	12
圖 2-3. DSR 繞徑需求封包傳送過程 .....	12
圖 2-4. DSR 回傳訊息傳送過程 .....	13
圖 2-5. 路徑選擇 .....	16
圖 3-1. 最小路徑負載流量加總 .....	19
圖 3-2. LPTLR 演算法虛擬碼 .....	20
圖 3-2. 各層標準差合併 .....	21
圖 3-3. 節點分層架構及分層表 .....	22
圖 3-4. 路徑選擇示意圖 .....	23
圖 3-5. WLTLBR 演算法虛擬碼 .....	24
圖 3-6. WLTLBR 繞徑選擇 .....	27
圖 3-7. LPTLR 繞徑選擇 .....	27
圖 4-1. TOPOLOGY1 .....	30
圖 4-2. TOPOLOGY2 .....	30
圖 4-3. TOPOLOGY 1 固定傳輸量差異下之封包傳輸時間比 .....	31
圖 4-4. TOPOLOGY 2 固定傳輸量差異下之封包傳輸時間比 .....	31
圖 4-5. TOPOLOGY 1 不同傳輸量變異之最長封包傳輸時間比 .....	32
圖 4-6. TOPOLOGY 2 不同傳輸量變異之最長封包傳輸時間比 .....	33
圖 4-7. 不同節點數之最平均包傳輸時間比 .....	34
圖 4-8. 不同節點數之最長封包傳輸時間比 .....	34
圖 4-9. TOPOLOGY 1 前三階層之流量標準差比較 .....	36
圖 4-10. TOPOLOGY 2 前三階層之流量標準差比較 .....	37

## 表目錄

表 1. WTLBR 與 LPTLR 比較 .....	26
表 2. TOPOLOGY 1 各階層標準差 .....	36
表 3. TOPOLOGY 2 各階層標準差 .....	36