

DS-CDMA 無基礎行動式群播通訊網路之設計

The Design of the Mobile Multicast Communications for DS-CDMA Ad Hoc Networks

龔旭陽

Hsu-Yang Kung

國立屏東科技大學 資訊管理系

Department of Management Information System, National Pingtung University of Science
and Technology

kung@mail.npust.edu.tw

陳素滿

Su-Man Chen

台灣大哥大

Taiwan Cellular Corporation

許啓裕

Chi-Yu Hsu

國立屏東科技大學 資訊管理系

Department of Management Information System, National Pingtung University of Science
and Technology

摘要

隨著無線電寬頻網路(Wireless Broadband Network)技術的發展，無線行動式多媒體通訊應用勢必成為驅勢，例如行動式視訊會議系統(Mobile Video Conference)與家庭網路(Home Networking)，然而如何由各分散的行動節點迅速地形成一穩固的(robust)無基礎架構網路(Ad Hoc Network)，將是有效地實現此類行動式通訊應用的關鍵問題之一。所謂無基礎架構網路(Ad Hoc Network)，其節點具有移動性，網路的

拓撲關係會不時地改變，而且其資料之傳送並不需要中心機置控制，而是藉由各獨立分散的節點自動形成傳送網路架構，並能動態地改變網路架構，配合節點的移動，而有效地執行資料傳送。然而在無基礎架構網路中，節點在無線環境下的廣播特性會使得網路上同時傳送的多份資料混雜難以辨認，此外另一個重要的議題為隱藏終端點問題(Hidden Terminal Problem)，其發生原因為不在傳送範圍內的兩個節點想同時傳送資料給同一節點，因而產生碰撞。為了解決這些問題，本論文提出了(1)階層式群播連結叢集網路架構(Hierarchical Linked Cluster Multicast Network architecture, HLCMN)建制策略，其作法為利用第三代通訊標準之 DS-CDMA 技術，每個節點使用不同的正交碼來分辨混雜在一起的資料，並且快速地将分散之行動式節點形成一兩階層式之網路架構。(2)為實現無碰撞之群播通訊，我們提出了上行群播時間表演算法(Uplink Multicast Schedule Algorithm, UMSA)，以及下行群播時間表演算法(Downlink Multicast Schedule, DMSA)，以自動地解決隱藏終端點問題。本論文最後提出模擬結果，證明所提之方法可有效而迅速地建立具有強健拓撲的無基礎架構行動式網路。

關鍵字：無基礎架構網路、階層式、隱藏終端點問題、傳送時間表、群播。

Abstract

The objective of this paper is (i) to construct a robust ad hoc mobile network using the Direct Sequence CDMA technology, (ii) to self-create the transmission schedules for downlink and uplink communications, and then (iii) to multicast data packets with the collision-free transmission and the hidden-terminal avoidance. In this paper, we proposed the Hierarchical Linked Cluster Multicast Network (HLCMN) architecture and the HLCMN Network Formation algorithm based on the characteristic of the DS-CDMA communication to construct a robust ad hoc multicast network. To achieve the collision-free and hidden-terminal avoidance multicast communications, the Uplink Multicast Schedule Algorithm (UMSA) and the Downlink Multicast Schedule Algorithm (DMSA) are proposed to generate the intra-cluster and inter-cluster transmission schedules, respectively. Each mobile node multicasts data packets to the destination nodes according to the pre-assigned time slots of the transmission schedules. The corresponding time complexity analysis and simulation results show that the proposed algorithms and control schemes effectively solve the hidden-terminal problem and achieve the self-organization and self-operation of a CDMA-based ad hoc multicast network.

Keywords: Ad Hoc Network, Hierarchical, Hidden Terminal Problem, Transmission Schedule, Multicast

壹、前言

隨著無線與行動寬頻網際網路(Wireless and Mobile Broadband Internet)的逐漸實踐，多彩多姿、內容豐富的多媒體資訊應用系統，例如行動視訊電話(Mobile Video Phone)以及無線視訊會議(Wireless Video Conferencing)等無線與行動多媒體資訊應用系統，無疑地將成為我們未來生活中重要的一環(Adachi et al. 1998 ; Chen 1998)。由於多媒體資料傳送量大，為節省網路頻寬的使用，通常採用群播(Multicast)技術，此由於在單播(Unicast)網路環境中，若送方想送同一筆資料給多個收方，則必須送出多筆的相同資料，這種方式會消耗大量的網路頻寬。而在群播環境中，送方只要送出一筆資料，多個收方可以同時接收到資料，如此可減少網路頻寬的消耗量。在無線傳送環境下，群播將是目前重要的研究議題之一。

可以實現行動式多媒體傳輸的第三代行動通信系統，其廣播傳輸界面(Air Interface)著重在分碼多重存取(Code Division Multiple Access, CDMA)技術上，由於 CDMA 系統於頻寬使用效率上較佳，在無線通訊的世界中佔有越來越重要之地位，尤其在 ITU 的第三代無線行動通訊系統 IMT-2000 相關的研究中，無論採用何種網路系統架構，大多都與 CDMA 有密不可分的關係(Adachi et al. 1998 ; Milstein 2000)CDMA 技術可以隨著頻寬需求的不同而變換傳送速率，提供語音、影像、Internet 和傳統行動數據等服務，以及

滿足使用者對服務品質(QOS)的要求(Dimitriou et al. 2000 ; Oliphant 1999 ; Priggouris et al. 2000 ; Ryu et al. 2000)。在第三代行動電話系統的各家方案中，不論是日本的 W-CDMA、美國的 cdma2000、中國大陸的 TD-SCDMA，或是歐洲 ETSI 的 UTRA，均是以 CDMA 相關技術為基礎推演出的新一代介面標準，顯見與 CDMA 相關的之研究與設計將受到廣泛的需要與應用。

目前 CDMA 技術的應用大多建立在蜂巢式(Cellular)通訊系統中，即每一個蜂巢(Cell)中設立一個基地台(Base Station, BS)，負責此 cell 範圍內的 CDMA 行動台(Mobile Station, MS)的通訊收送。但在某些特定環境的應用中，例如在一個使用第三代 CDMA 行動電話的行動式視訊會議系統中，各個使用者即成了一個分散式(Distributed)的 CDMA 通訊系統，並無固定的基地台架構，即形成一無基礎架構網路(Ad Hoc Network)。此外在無基礎架構 CDMA 環境中，由於不同頻率有不同的傳送距離，因此各分散的節點間有些可以相互聯絡，而有些卻因傳送距離太遠而無法相互傳送資料(Ryu et al. 2000)。因此本論文的目的在解決如何由不同的 CDMA 頻率與傳送距離的限制上，自動地建構出一無基礎架構 CDMA 行動通訊架構，並且有效地解決隱藏終端點問題，進而傳送資料而且具有群播傳送控制的能力。

本論文以 CDMA 通訊之特性，提出“階層式群播連結叢集網路架構”(Hierarchical Linked Cluster Multicast Network architecture,

HLCMN)。在此架構中整個 CDMA 通訊頻帶 (Frequency Band) 將會自動切成 M 個通訊子頻帶 (Frequency Sub-band)，其各自涵蓋一特定的通訊範圍。每個子頻帶由兩種通訊時段構成，分別為：(i) 無基礎架構行動式網路組織時段 (Network Organization Time Period)，以及 (ii) 資料通訊時段 (User Data Communication Time Period)。

在網路組織時段，HLCMN 建構演算法將會快速建立起兩層 (Two-tier) 的階層式網路架構，其由連結叢集所構成。每一個叢集都有一個叢主，其在一叢集中扮演基地台 (Base Station) 的角色。其他的行動節點為叢集成員 (Cluster Member)，其可能為普通節點 (Ordinary Node) 或 閘門節點 (Gateway Node)。閘門節點是連結節點，為負責叢集之間資料封包的轉送。此外為了實現無碰撞的群播通訊，我們提出了上行群播時間表演算法 (Uplink Multicast Schedule Algorithm, UMSA)，以及下行群播時間表演算法 (Downlink Multicast Schedule Algorithm, DMSA)，此兩個演算法分別包含了叢集內及叢集之間的通訊。每一個叢集成員可以用 UMSA 在預先配置的時槽傳送資料封包給其叢主，而每一個叢主可以用 DMSA 在叢集之間經由閘門節點群播資料封包。UMSA 與 DMSA 可自動地解決隱藏終端點問題。

在資料通訊時段，由 UMSA 和 DMSA 所建立出的傳送時間表會為每一行動節點預先配置合適的時槽，使行動節點能無碰撞地群播資料封包到目的端節點。而所提出的

UMSA 與 DMSA 在實現第二層的傳送，其能達成多重存取控制 (Multiple Access Control)，增加無線資源的使用率，並能有效地避免資料傳送時可能發生的碰撞，提高網路的效率。

在本論文其餘部份，我們將在第 2 節詳細介紹第三代行動式無基礎網路之技術背景。在第 3 節中，我們提出一“階層式群播連結叢集網路架構”，目的在建立可行的無基礎架構 CDMA 通訊環境，內容包括架構設計以及通訊時序的設計，以實現網路拓撲 (Topology) 之偵測與建構。在第 4 節中，我們提出三個設計演算法，以實現階層式群播連結叢集網路之建構與連接 (Construction and Linkage) 以及上行 (Uplink) 與下行 (Downlink) 之有效資料群播。在第 5 節為階層式群播連結叢集網路架構所模擬的結果，第 6 節則本論文作一總結。

貳、第三代行動式無基礎網路技術背景之探討

一、無基礎架構之行動式網路 (Ad Hoc Mobile Network)

無線網路架構可分為集中式以及分散式 (Bao and Tong 2000 ; Knisely et al. 2000)。集中式無線網路架構具有中心控制機置，例如在行動電話的蜂巢式 (Cell) 架構中，基地台 (Base Station) 即為中心控制機置，在同一蜂巢中的行動主機 (Mobile Host) 都必須透過基

地台的控制調配才能順利通話。而分散式無線網路架構則沒有中心控制機置(Ramanathan et al. 1998)，例如在無基礎架構網路中(Ad Hoc Network)，資料的傳送依賴每個行動節點的轉送，亦即行動節點除了扮演一般網路中的送方及收方的角色之外，亦扮演了路由器(Router)的角色(Chakrabarti et al. 2001；Chun et al. 1999；Pei et al. 1999)。如圖 1 所示，當行動節點 A 要和另一行動節點 B 通訊時，若他們之間的無線電頻道能支援足夠的傳遞特性，A 和 B 就能直接通訊；否則必須要有中繼節點來做轉送的工作(Kakarparthi et al.2000)，此中繼節點類似路由器的角色，例如在 A 和 C 或 A 和 E 之間沒有可直接通訊的無線電頻道，則 B 和 D 就必須分別擔任中繼路由器來協助通訊，因此無基礎架構網路的主要特性為各分散節點會自動形成一通訊網路，且所有的節點會視需求而擔任資料轉送的工作。

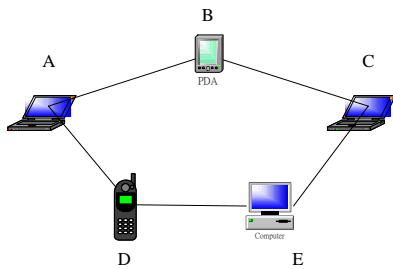


圖 1 無基礎架構網路

一般無基礎架構由最少兩個節點開始，節點會用自己的位址(Address)資訊廣播自己的存在。若節點 A 和節點 B 由交換的控制信號中確認兩者可以直接通訊，此兩節點會更

新自己的繞送表(Routing Table)。當第三節點 C 加入時，可能會產生兩種情形。第一種是節點 A 和節點 B 皆可和 C 直接通訊，第二種是節點 A 和 B 中只有一個節點可以收到 C 所發出的信標(Beacon)信號，並和 C 建立直接通訊。在第一種狀況時，任兩節點間的路徑皆是直接傳送。在第二種狀況時，繞送更新首先發生在 B 和 C 之間，接著是在 A 和 B 之間，然後 B 和 C 之間再做一次繞送更新，如此可確定 A 和 C 之間可經由 B 做轉送。節點之間的連接關係也稱為拓樸(Topology)，當拓樸改變後，節點的繞送更新會隨著時間而更新成現存的狀態。當有新的節點加入或者有已存在的節點離開時，拓樸的更新會變得頻繁及複雜，而這些資訊的交換會消耗掉網路頻寬。若拓樸改變的速度低於拓樸更新所需的速度，此狀況稱為組合穩定(combinatorially stable)(Chakrabarti et al. 2001)，組合穩定在無基礎架構網路中是服務品質(QoS)的一項考慮標準。此外當節點所形成的地理分佈不會受到另一節點影響而改變時可視為組合穩定，例如在教室中以筆記型電腦形成無基礎架構網路，其網路節點的繞送路徑可能不會改變或改變很小。另一種狀況是路徑更新的頻率無法達到組合穩定的頻率，如此則無法符合服務品質保證，這種狀況會發生在大量節點以及連結稀疏的網路。

在無基礎架構網路中，若兩節點之間無法直接連接時，它們必須透過中繼節點才能互相通訊，如圖 2， N_i 和 N_j 為兩行動節點，圍著 N_i 和 N_j 的大圓圈表示其通訊範圍 R 。由於 N_i

和 N_j 無法直接通訊，它們對彼此是“隱藏的”，必須依靠節點 N_k 做資料轉送。假如 N_i 和 N_j 同時傳送訊息給 N_k ，在 N_k 就會發生碰撞，此稱為“隱藏終端點問題(Hidden Terminal Problem)”(Gupta 2001, Perkins 1998; Ryu et al. 2000)。因此如何解決隱藏終端點問題將是建立無基礎架構網路的關鍵之一。

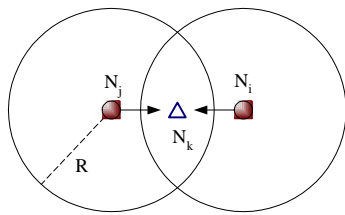


圖 2 隱藏終端點問題

二、分碼多重存取(Code Division Multiple Access, CDMA)

(一)多重存取技術

多重存取(Multiple Access)主要是用來控制頻寬資源。在有線網路中若要增加頻寬可用抽換較大頻寬線路或加鋪線路的方式，但在行動通訊系統中所使用的無線電頻寬資源是有限的，因此無線頻寬的使用必須隨機調配，當需要通訊時，系統才配置頻道給使用者，當通訊結束後，則必須釋放掉頻道以服務下一個要通訊的使用者。多重存取技術主要分成 FDMA、TDMA、以及 CDMA 三種(Akyidiz et al. 1999, Lin 2001)。

1. FDMA (分頻多重存取, Frequency

Division Multiple Access): 將可得的頻譜(Spectrum)作切割，切成每個等寬的頻道，而每個頻道可供一個用戶使用。例如 AMPS 使用 824~849MHz 做信號傳送，用 869~849MHz 做信號接收，在這共 50MHz 的頻譜中，每 30KHz 切一個頻道，共切成 832 個頻道。FDMA 以傳送類比信號為主，但是類比信號保密性不佳，有心人士可以用簡單接收設備來偷聽通訊內容。

2. TDMA (分時多重存取, Time Division Multiple Access): 將頻道切割成時間等長的時槽(Time Slot)，原則上每一時槽供一用戶使用，亦可動態分配，如此可達到多人共用同一頻道的資源。例如 GSM 使用 FDMA 加上 TDMA 技術，基地台到手機的通訊使用 935~960MHz，手機到基地台的通訊使用 890~915MHz，每段頻譜切成 124 個頻道，每個頻道頻寬 200KHz，而每個頻道再分為 8 個時槽。

3. CDMA (分碼多重存取, Code Division Multiple Access): CDMA 早期多以軍事用途為主，其通訊特性包括反干擾、可量距、及保密等。1993 年美國電信工業協會 (Telecommunication Industry Association, TIA) 將 CDMA 在蜂巢 (Cellular) 的應用納入 IS-95 的無線通信標準中。1997 年 CDG (CDMA

Development Group)把與 IS-95 CDMA 介面技術有相關的所有應用，都稱之為 CdmaOne(Lawrence 1999)。CDMA 使用 824~849MHz 做信號傳送，使用 869~894MHz 做信號接收，每 1.25MHz 切一個頻道，共 20 個頻道。不同用戶的資料訊號混合了不同的碼(Code)，接收器可依不同碼來過濾掉其他用戶訊號而取出需要的資訊。用一個例子來說明 CDMA：在一間房間中同時有兩組人在交談，彼此之間的談話聲音會產生干擾，但若一組人使用中文而另一組人使用英文，在中文聽者耳中英文交談的聲音只是較大的噪音而已，並不會影響中文聽者辨識所接收的中文內容。而展頻碼就像是不同的語言，能讓多組人在同一時間和空間下進行無礙的交談。

(二)分碼多重存取(CDMA)技術

如圖 3 所示，CDMA 的技術是將傳輸的資料信號乘上另一個更快、頻寬更寬的數值信號，這數值信號是一個正交(Orthogonal)編碼。混合後的信號很類似於干擾信號，但其中內嵌了資料信號，這個混合的動作就稱為“展頻”(Spread)。當接收端收到了這個混合信號，必須用相同的編碼來反展頻(De-spread)，以得到想要的資料信號(Hou and Tsai 2001)。CDMA 可以讓許多組經不同編碼展頻後的信號同時在同一頻道上傳送，各編碼之間是正交的也就是不相關的。展頻的技術使得混合後的信號不容易被干擾，也不容

易被偵測，而且因為一個頻道上有很多組信號混在一起傳送，展頻的信號亦不會輕易地被個別破解，所以可以達到安全性。

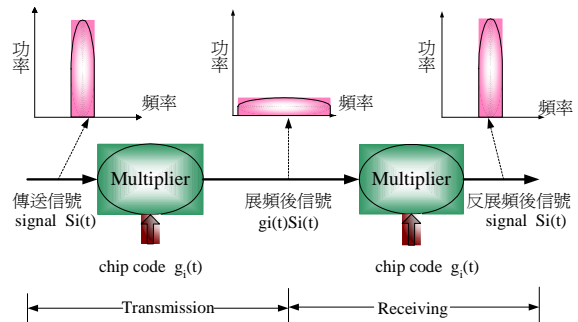


圖 3 CDMA 技術

根據展頻與正交編碼，CDMA 的技術主要為採用直接序列分碼多重存取(Direct Sequence CDMA, DS-CDMA) (Adachi et al. 1998; Milstein 2000)，在 DS-CDMA 系統中， N 個使用者都會給予一個專用的晶片碼(Chip Code)，也叫虛擬干擾碼(Pseudo Noise Code)，則其數學式表示如下：

$$g_i(t), \quad \text{where } i=1, 2, \dots, N$$

t 為時間值。這些 PN codes 都是正交或幾乎正交的，因此兩個不同的 PN code 的交叉相關(Cross-correlation)為 0 或幾乎為 0，而兩個相同的 PN code 的交叉相關則是 1。如圖 4 所示，節點 N_i 的載波調變(Carrier Modulation)成為資料調變信號 $s_i(t)$ 。 $s_i(t)$ 再乘上自己的 PN code $g_i(t)$ ，而結果信號 $g_i(t) s_i(t)$ 由輸出埠傳送出去。在此同時，從 1 到 N 的節點的資料

調變信號都乘上自己的PN code，最後任何節點所收到的信號為如下所列的線性組合所示：

$$g_1(t)s_1(t) + g_2(t)s_2(t) + \dots + g_N(t)s_N(t) \quad \text{--- (I)}$$

此時假設有一個節點 N_j 想要得到節點 N_i 的資料，而且它知道 N_i 的PN code 為 $g_i(t)$ ，則節點 N_j 將方程式 (I) 乘上 $g_i(t)$ ，其結果為：

$$g_i(t)g_i(t)s_1(t) + \dots + g_i(t)g_i(t)s_i(t) + \dots + g_i(t)g_i(t)s_N(t) \quad \text{---(II)}$$

因為 PN code 的特性，所以可以得到：

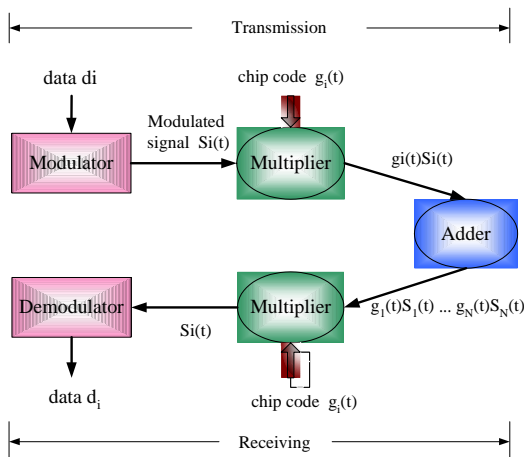
$$\int g_i^2(t)dt = 1 \quad \text{and} \quad \int g_i(t)g_j(t)dt = 0, \quad \text{for } i \neq j \quad \text{---(III)}$$

因此由(II)式和(III)式，節點 N_j 可得到節點 N_i 的資料訊號即 $s_i(t)$ 。

圖 4 DS-CDMA 運作圖

三、第三代行動通訊 (The Third Generation Mobile Communications)

第三代行動通訊系統 (The Third Generation System, 3G)是為滿足各個不同地區、不同市場之需求，整合現今陸地行動通訊及衛星通訊技術等無線通訊系統，使之成為全球均能通行的系統標準。不像第一、二代行動通訊系統大都只提供語音服務，第三代行動通訊系統則包括數據及多媒體服務，系統以提供寬頻應用為主，其主要目標是希望使全球所有用戶都能在任何時間與地點，接取高品質、高速率的寬頻無線多媒體通訊服務(Comaniciu et al. 2000 ; Gurbuz et al. 2000 ; Mistry 1998)，透過第三代行動電話手機，可結合聲音、影像、數據等之傳送。為了將不同的系統整合成一個有彈性的無線通訊架構，國際電信聯盟 (International Telecommunications Union, ITU) 制定了第三代國際行動通訊系統，稱為 IMT-2000 (International Mobile Telecommunication -2000) (Blum et al. 1997)。ITU 於 1988 年開放會員發表相關的技術提案，並收到 10 種用於陸基式行動通訊系統之無線電傳送技術 (Radio Transmission Technology, RTT) 方案，其中在 3G 的無線介面標準中以分碼多重存取(CDMA)技術為主流(Sunay et al. 1999)。3G



CDMA 技術主要分為三種，分別是 W-CDMA、CDMA2000、以及 TD-SCDMA。W-CDMA 的支持者主要是歐洲和日本廠商，CDMA2000 的支持者主要以美國 Qualcomm 公司為代表，其延續了 IS-95 系統 (CdmaOne 技術)(Lin 2001)，TD-SCDMA 的支持者則是以中國企業為主。

(一)W-CDMA

歐洲的第三代行動通訊系統標準 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) 以 W-CDMA 與 TD-CDMA 的結合體為無線傳輸介面標準，並以 UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access)為名。UTRA 主要訴求為與既存的第二代通訊 GSM 網路相互併容。其雙工模式可分為兩種：(i) 分頻雙工 (Frequency Division Duplex, FDD)採用 W-CDMA 方案，與 (ii)分時雙工(Time Division Duplex, TDD)採用 TD-CDMA 方案。

(二)cdma2000

cdma2000 是以 IS-95(cdmaOne)為基礎的第三代新技術，其設計重點為完全與現有 IS-95 達到共存，cdma2000 的介面提供了兩種方式，一種是直接序列展頻(Direct Spread, DS)方式，另一種則是多重載波 (Multi-carrier, MC)的方式。在 cdma2000 的技術資訊方面，其標準可分為 1X 以及 3X 兩階

段。第一階段支援 CDMA 1X 空中介面，平均速度可達 144kbps。第二階段整合支援 3X 的系統，平均速度可達 2Mbps。

(三)TD-SCDMA

TD-SCDMA 的主要關鍵技術在於其 RTT 是採用同步 CDMA、智慧天線(Mitjana et al. 2000)、軟體無線電(Software Radio)以及空分多址 (Spatial Division Multiple Access, SDMA)(kammerlander 2000)等技術，由於此三項技術的英文字都帶有 S 字母，所以中國大陸稱其為 SCDMA。

TD-SCDMA 技術的優點在於 CDMA 和 SDMA 的結合具有互補性。當幾個用戶非常接近使得 SDMA 無法分辨時，CDMA 可以輕易地解決這個問題，而 SDMA 又可以使頻道相互干擾的狀況降為最小。智慧無線天線為用戶的擴頻碼有各自不同的天線波束，這些波束可由控制中心改變其方向、強度及寬度，能減低信號發射功率，減少其他用戶的干擾，提高系統容量及通訊品質。

IMT-2000 CDMA 主要 RTT 方案之無線存取參數整理如表 1 所示(Rao et al. 1999)。

表 1：IMT-2000 CDMA 技術規格比較

RTT 特性 系統 參數	歐洲 UTRA	美國 CDMA2000	中國 TD-SCDMA

接取方式	DS-CDMA	TD-CDMA	MC/DS-CDMA	TDMA/SCDMA
雙工方式	FDD	TDD	FDD/TDD	TDD
RF 載波頻寬(MHz)	5/10/20		1.25/5/10/15/20	1.2
碼片速率(Mcps)	4.096/8.192/16.384		N*1.2288 N=1,3,6,9,12	1.1136
訊框長度	10ms		5/10/20ms	5ms
同步方式	非同步	同步	同步	同步
調變(前向/反向)	QPSK/QPSK	QPSK/QPSK	QPSK/BPSK	DQPSK、16QAM/DPQSK、16QAM
擴頻(前向/反向)	BPSK/HPSK	QPSK/QPSK	QPSK/QPSK	BPSK/BPSK
通道化碼	OVSF 碼		正交 Walsh 碼	正交 Walsh 碼
干擾碼	Gold 碼、Kasami 序列		長 PN Code	Gold 碼
通道編碼	BER=10 ⁻³ 卷積碼 (R=1/3,1/2 ; K=9) BER=10 ⁻⁶ 外碼 RS 碼 (R=4/5) 內碼卷積碼 ; Turbo Codes (R=1/3,1/2)		卷積碼 (R=1/3,1/2,1/4 ; K=9) Turbo Codes (R=1/3,1/2,1/4 ; K=4)	卷積碼 (R=3/4 ; K=9) RS 碼(R=4/5) Turbo Codes (R=1/4~3/5)

(一)IP 行動性(IP Mobility)

IP 行動性是爲了讓行動主機(Mobile Host, MH)在移動下而改變所連接的網路時，不會失去在傳輸層的連接，即傳輸層協定是假定主機爲固定的，其運作原理如圖 5 所示。

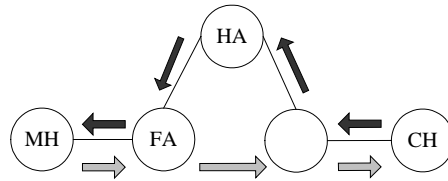


圖 5 IP 行動性

四、行動式 IP 群播 (Mobile IP Multicast)

無線通訊的快速成長使得無線網路與網際網路的整合成爲重要的研究議題。其整合目標是當行動主機移動時，網路能夠沒有斷訊地提供無縫(seamless)的通訊。以下將針對 IP 行動性、行動式 IP 群播、行動式群播傳送、與行動式群播接收等研究背景作一說明與探討(Chikarmane et al. 1998, Perggouris et al. 1998 ; Xylomenos et al. 1997)。

1. IP 行動性提供 MH 一個固定位址，稱爲主位址(Host Address)，好讓 MH 漫遊時不會中斷傳輸連結。
2. 行動主機在主網路中設立一主代理器(Home Agent, HA)，而行動主機目前連結的外部網路路由器稱爲外部代理器(Foreign Agent, FA)。當行動主機漫遊到外部網路時，MH 會先向 FA 註冊，然

後 FA 將相關資料傳送到 HA。(i)行動主機進行單播傳送給通訊主機 (Communication Host, CH)時，IP 傳送並不需要檢查來源端位址，行動主機先將資料傳送到 FA，FA 再將資料轉送出去。(ii)當有資料要傳送給行動主機時，資料會先傳送到 HA，HA 查表找到此時服務行動主機的 FA，再將資料封裝起來，用通道(Tunneling)方式傳送到 FA，FA 再傳送到行動主機。

(二)行動式 IP 群播(Mobile IP Multicast)

在行動式 IP 群播中，群組組員和傳送封包之機置分為區域性(local)和全域性(global)。

1. 區域性群播機置 (Local Multicast Mechanisms)

其為利用網際網路群組管理協定(IGMP)進行群播群組的主機管理控制。有支援群播的區域性網路會指定一群播路由器(Multicast Router, MR)做為群組管理者，此路由器會定期傳送詢問資訊(Query Message)給區域性的群組組員，行動主機則會回覆其屬於哪一群組。詢問為定期重覆，若路由器沒有收到先前曾出現之群組的報告，其會假設此群組已不存在。當行動主機加入一群組時會定期傳

送報告給路由器，而當其離開一群組時則不會特別發訊息。

2. 全域性群播機置 (Global Multicast Mechanisms)

全域性路由器將資料群播給散佈在不同網路上之所有群組組員。(i)最簡單的傳送機置是距離向量群播路由協定 (DVMRP)，DVMRP 用距離向量演算法節省繞送表空間，其作法為每個路由器存有到群播資料來源端最好的路徑。當路由器接收群播資料時，此資料再由路由器其他所有的介面傳送，並經由反向路徑建立每個收方的群播樹。(ii)第二個傳送機置是群播開放最短路徑 (MOSPF)協定，以連結狀態演算法為基礎，每個路由器有存有群組所經網路的組員清單。當群播資料到達一路由器時，可以計算出由送方到所有收方的最短路徑樹，然後資料依此最佳路徑傳送。(iii)第三個機置為核心基礎樹(CBT)。其作法是每個群組建立一群播樹，而非每一來源建立一群播樹，而每個群組會選出一路由器為核心(core) 以負責群播資料的工作，並建立一條以核心為樹根的反向最短路徑樹。CBT 可和單播傳送演算法合用，由於每個群組形成一群播樹，因此傳送時不須考慮資料之來源位址即可完成傳送。

(三)行動式群播傳送(Multicast Transmission for Mobile Hosts)

當行動主機要傳送資料時，以 DVMRP 和 MOSPF 為協定的群播傳送必須引用資料的來源端位址，若行動主機移動到其他網路時可能造成某些目的地端點會收不到資料。而 CBT 協定採用單一群播樹，資料傳送是依靠資料 IP 之目的地端位址，此法可讓 MH 從網路上的任何位置正確地傳送群播。

在行動式群播傳送中，可假設群播為從外部網路位址開始，使用 FA 的位址當作來源端會使群播回應傳回 FA，但在送方 MH 移動後會導致回應給 MH 的群播傳送到錯誤的 MH。可採用的解決方法是 MH 要開始群播時其所使用的路徑先建通道到 HA，如圖 6 所示，資料能從 HA 傳送就好像是由主網路開始。

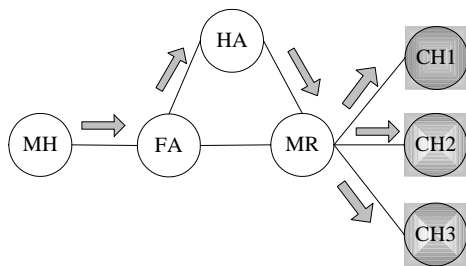


圖 6 行動式群播傳送

(四)行動式群播接收(Multicast Receiving for

Mobile Hosts)

行動式群播接收有三種策略：

1. 區域性代理器路由(Local Agent Routing)

如圖 7 所示，由 HA 掌控群播傳送。HA 經由通道傳送資料給 FA。此方法的優點是群播資料能完全地傳送到所有 MHs 所連結的 FA。缺點是不夠效率：(i) 資料因三角傳送而不理想；(ii) 即使區域性網路能支援群播但也不能使用。(iii) 要接收相同的群組資料，多個 MHs 必須由相同的或不同的 HA 建立不同的通道，如此會導致通道聚合問題。

2. 外部代理器路由 (Foreign Agent Routing)

如圖 8 所示，由 FA 支援群播，FA 收集 MH 之 IGMP 資料並群播資料給 MH。此法的優點是完全穿透性，區域性網路能簡易地收集組員資料，而 FA 可以用任何協定和其他的路由器相容，而且傳送總是最佳化的。而主要的缺點是因為相關的資料傳送負擔或群播傳送的相關負擔使得 FA 可能無法提供群播服務。

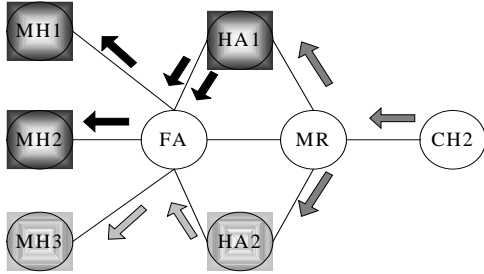


圖 7 區域代理性路由之群播接收

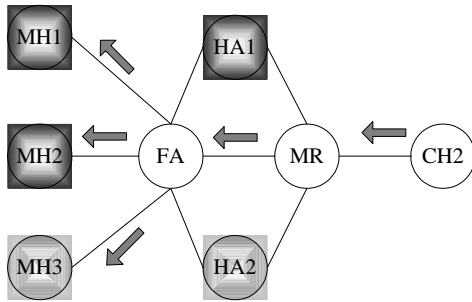


圖 8 外部代理器路由之群播接收

參、階層式群播連結叢集網路架構之設計

此節將論述所提出之“階層式群播連結叢集網路架構”(Hierarchical Linked Cluster Multicast Network architecture, HLCMN)之設計，以及為實現網路拓撲(Topology)偵測與建構之通訊時序設計策略。

一、階層式群播連結叢集網路架構

在無基礎架構網路中，由於節點各自分散且具移動性(mobility)，因此為了建立節點間強健的通訊架構及無碰撞的資料傳送，本論文提出了階層式群播連結叢集(HLCMN)。階層式群播連結叢集網路架構如圖 9 所示。HLCMN 組織了分散的節點成為連結叢集(Linked Cluster)的集合，每個叢集都是兩層：叢主(Cluster Head)及一般行動節點。HLCMN 架構中，每個節點會扮演下列角色之一：

- (1) 叢主(Cluster Head)。叢主扮演了叢集中節點的本地端控制者，每個叢集只有一個叢主。若叢主的數字為 i ，則此叢集稱為叢集 C_i ，而在叢集 C_i 中的每個節點稱為叢集 C_i 的叢集成員，如圖 9 所示，節點 H_1 、節點 H_3 、節點 H_9 及節點 H_4 都是叢主。
- (2) 閘門節點(Gateway)。分為 3 種：(i) 重疊閘門節點 (Overlapping Gateway)。在叢集和叢集之間的重疊範圍內的節點都稱為重疊閘門節點，於圖 9 中，節點 N_5 、節點 N_6 、節點 N_{17} 是重疊閘門節點，在重疊叢集之間的通訊要靠重疊閘門節點之一來完成。(ii) 鄰近非重疊閘門節點 (Adjacent Non-overlapping Gateway)。兩個鄰近叢集並不重疊，但存在至少一對節點(一叢集一個節點)可以彼此連結，則這些節點稱為鄰近非重疊閘門節點，如圖 9 所示，節點 N_{10} 和節點 N_{14} 是一對鄰近非重疊閘門節點。雖然叢集 C_1 和叢集 C_9 沒有重

疊，他們仍可以靠著節點 N_{10} 和節點 N_{14} 彼此通訊。(iii) OA閘門節點 (Overlapping and Adjacent Non-overlapping Gateway)。由叢集的形成可知，一節點不能當兩個重疊叢集的重疊閘門節點，也能當兩個鄰近非重疊叢集的鄰近非重疊閘門節點，如圖 9 所示，節點 N_5 是一個OA閘門節點，因為節點 N_5 是叢集 C_1 和叢集 C_3 的重疊閘門節點，而在叢集 C_1 、叢集 C_3 和叢集 C_4 之間，它和節點 N_{18} 也是鄰近非重疊閘門節點。

- (3) 普通節點(Ordinary Nodes)。一節點在一叢集的範圍之內並且不是閘門節點的稱為普通節點，如圖 9 所示，小空心圓表示一普通節點，如節點 N_2 、節點 N_{11} 和節點 N_7 等。

利用所提出的階層式連結叢集結構，各分散行動節點可以形成一無基礎架構(Ad Hoc)之網路通訊，並有效地執行行動通訊資料封包的轉送(forward)。例如，若圖 9 的節點 N_2 要傳一個封包給節點 N_7 ，則：(i) 節點 N_2 先傳送封包給自己的叢主 H_1 ；(ii) 叢主 H_1 再將封包轉送給重疊閘門節點 N_5 ；(iii) 重疊閘門節點 N_5 將封包轉送給叢主 H_3 ；(iii) 叢主 H_3 再傳送給節點 N_7 。HLCMN架構中之叢主以及閘門節點(包括重疊閘門節點、鄰近非重疊閘門節點和OA閘門節點)連結形成網路骨幹上的節點，網路骨幹則負責叢集之間的通訊。

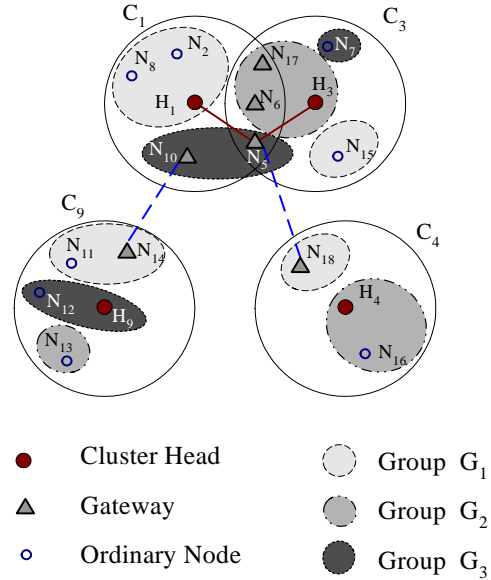


圖 9 HLCMN 網路架構。

二、拓撲偵測 (Topology Sensing)

在以 CDMA 作為通訊介面的無基礎架構網路，其連線架構會依頻率之不同而改變，因此如何在可用的不同頻帶中，進行網路拓撲偵測進而各自建立起網路通訊架構，將為影響網路傳輸效能的重要關鍵所在。此外在一已知的頻率中分散式網路的連線架構亦可能隨時改變，例如節點移動或節點損毀，因此在分散式 CDMA 網路上，網路連線需定期地更新(update)，其目的在保證以有效的網路連線來組織網路並傳收資料。

為了有效使用無線頻寬以實現階層式群播結叢集網路之建構與連接 (Construction and Linkage)，在本論文中我們將利用直接序列(DS)分碼多重存取(CDMA)之展頻並且混

合採用 FDMA 和 TDMA 之技術。本論文所提出之 HLCMN 通訊時序架構圖如圖 10 所示，HLCMN 通訊時序架構中全部的 HF 頻帶分為 M 個子頻帶，每一個會建立一個各自的 HLCMN 網路，而在每一個通訊子頻帶中分成兩個通訊時段：(i) 網路組織時段 (Network Organization Time Period)，以及(ii) 資料通訊時段 (Data Communication Time Period)。在資料通訊時段中，網路內的所有節點會依所制定之資料傳輸時間表 (Schedule) 完成在同一時間以相同 CDMA 頻率傳送資料；而網路組織時段用以組成 HLCMN，此時段稱為 epoch。在 epoch i 時，會以第 i 個子頻帶來建構出 HLCMN 網路，因此 M 條子頻帶來共有 M 個 epoch，即有 M 個不同之 HLCMN 網路被建構出來。在任一 epoch 時，只會有一個架構會被改組，其他的 $M-1$ 個架構不受影響，當 M 執行完成時，epoch 會循環重覆提供一個連續的程序。

由於必須在合理時間內用分散式控制讓任何節點知道整個 HLCMN 網路架構，我們採用探查和確認 (Probe and Acknowledge) 之策略。當節點廣播一探查訊息時，聽到之節點則送出一回應，為了避免碰撞，我們建立了如圖 11 之 Epoch 時序結構。每個 epoch 有 2 個時間框架 (Time Frames) 及一些時槽 (Time Slots)，每個節點在框架中配置自己的傳送時槽。(i) 在第一個框架中，每個節點廣播自己的探查訊息，以及當其聽到此框架前面時槽的其他節點之探查訊息時，它會發出回應。(ii) 在第二個框架中，每個節點只對

在第一個框架聽到的探查訊息廣播回應。

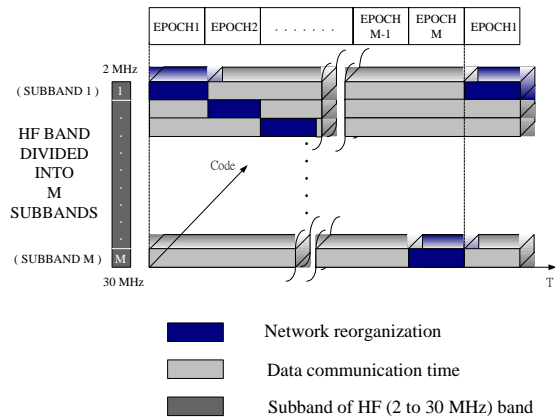


圖 10 HLCMN 通訊時序架構圖

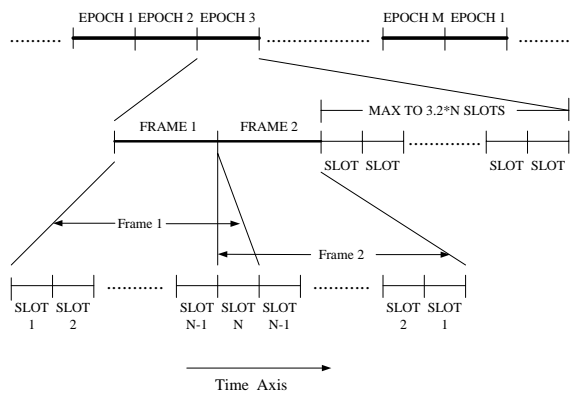


圖 11 Epoch 時序結構圖

兩個框架傳送後，每個節點可以知道它所連接到的鄰居並得到拓撲偵測，即這兩個時間框架在完成 HLCMN 網路之建構 (Construction)。至於後續的時槽則在建立相關的上行 (Uplink) 與下行 (Downlink) 的資料傳

輸時間表(Schedule)，其目的在達成一叢內(Inter-Cluster)叢主與一般節點的資料通訊，以及叢間(Inter-Cluster)即不同叢集之間經由閘門節點的資料通訊，並有效地解決“隱藏終端節點”問題(Hidden Terminal Problem)。為實現上述目標，本論文所提出之“階層式群播連結叢集建構演算法”(HLCMN Construction Algorithm)，以及“階層式群播連結叢集傳輸時間表演算法”(HLCMN Transmission Schedule Algorithm)將分別於第4節中詳細論述。

肆、無碰撞之資料傳送策略設計

此節中我們提出三個演算法，分別實現階層式群播連結叢集網路之建構與連接(Construction and Linkage)，以及上行(Uplink)與下行(Downlink)之無碰撞(Collision-free)資料群播傳輸。

一、網路建構演算法

階層式群播連結叢集網路建構演算法(HLCMN Construction Algorithm)將每個頻道的epoch分為二個框架(Frames)： F_1 與 F_2 ，以及多個時槽(Time Slots)，前兩個框架分為 N 個時槽， N 是節點數量，每個節點在兩個框架裡所分配到的時槽中廣播(broadcast)控制訊息。(i) 第一個框架 F_1 的傳送時槽是依據節點的大小順序，第一順序的節點在第一個時槽 T_1 中傳送，第二順序的節點在第二個時槽

T_2 中傳送，以此類推。(ii)但是第二個框架 F_2 中的TDMA傳送時槽是相反的順序，即第 N 順序的節點在第一個時槽 T_1 中傳送，第 $N-1$ 順序的節點在第二個時槽 T_2 中傳送，以此類推，其中框架 F_1 中的最後一個時槽會等於框架 F_2 的第一個時槽，可以在這個時槽中形成兩個框架的連接。

在此演算法中，每個節點將可以決定出自己所扮演的角色為叢主、重疊閘門節點、鄰近非重疊閘門節點或普通點之一。而叢主也會知道叢集中有哪些群組、叢集中各群組組員為哪些節點、以及相鄰的叢集中有哪些群組。

階層式群播連結叢集建構演算法主要分為兩個步驟：

Step 1：在框架 F_1 傳送時：(1)每個叢主將得知屬於它的成員；(2)每個重疊閘門節點會知道它的叢主是最小號碼的叢主；(3)鄰近非重疊閘門節點會發佈宣告，但尚未得到叢主的同意；(4)每個普通節點會知道它自己的叢主，並且宣告其叢主為誰；(5)每個叢主會知道叢集中有哪些群組、叢集中各群組組員為哪些節點。

Step 2：在框架 F_2 傳送時：(1)每個叢主發佈它的成員、鄰居叢主、本叢集的重疊閘門節點，以及本叢集的鄰近非重疊閘門節點；(2)每個重疊閘門節點發佈它自己的叢主和它所連結的叢集；(3)鄰近非重疊閘門節點發佈他們是否被叢主承認或是否決；(4)每個普通節

點發佈它的叢主；(5)每個叢主會知道相鄰的叢集中有哪些群組。

在完成 HLCCMN 網路之建構後，為建立骨幹網路資料傳送時間表(Schedule)，選擇骨幹網路中的叢主、重疊閘門節點及鄰近非重疊閘門節點的規則訂定如下：

- (1) 叢主：骨幹網路的叢主區分起點叢主(Start Head, SH)、中繼叢主(Mediate Head, MH)、終點叢主(End Head, EH)或為孤立叢主(Isolated Head, IH)，所有相鄰而互知的叢主們中，節點編號最小的為 SH，節點編號最大為 EH，其餘為 MHs 並且依節點編號大小排序，而孤立叢主則無相鄰之叢集存在。
- (2) 重疊閘門節點：對任何對重疊叢集而言，在重疊區域中只有一個節點能做為時間表傳送的閘門節點，就是最小號碼的重疊閘門節點。用此規則可以降低處理時間，因為叢主在框架 F_i 中是以遞增順序接收成員和重疊閘門節點所發佈的訊息。
- (3) 鄰近非重疊閘門節點：規則和重疊閘門節點相同，即選擇各叢集中最小號碼的鄰近非重疊閘門節點，進而形成一對鄰近非重疊閘門節點。

二、群播管理

群播之管理的目標是讓每個叢主都能知道自己的叢集中有哪些群組(Group)，且

叢集成員是分屬於哪一個群組，以及在鄰近的叢集中有哪些群組存在。為了達到此一目標，我們在上面所提到的階層式群播連結叢集網路建構演算法(HLCCMN Construction Algorithm)中加上群播管理訊息的宣告，其控制步驟為：(i)每個節點分別在epoch的兩個框架所分配到的時槽中宣告它是屬於某一群組的訊息，在第一個框架 F_1 的傳送是依大小順序，第一個順序的節點在第一個時槽 T_1 中傳送，第二個順序的節點在第二個時槽 T_2 中傳送，以此類推。(ii)在第二個框架 F_2 中的傳送則以相反的順序，即第 N 順序的節點在第一個時槽 T_1 中傳送，第 $N-1$ 順序的節點在第二個時槽 T_2 中傳送，以此類推。

管理群播群組(Multicast Group)時可能會產生兩種狀況：(i)若節點為第一個加入者，則此群組可視為單一個節點的狀況，(ii)另一種狀況則是節點加入一個已有成員存在的群組。因此當第二個框架 F_2 的工作結束時，每一個叢主將會知道在它的叢集成員是分別屬於哪一個群組。如圖 6 所示，在叢集 C_1 中的節點 N_2 和節點 N_8 及叢主 H_1 是屬於群組 G_1 ，而群組 G_1 的組員尚包含分佈在叢集 C_3 的節點 N_{15} 、叢集 C_4 的節點 N_{18} 、以及叢集 C_9 的節點 N_{11} 及節點 N_{14} 。而所建立的群播群組/組員表(Group-Member Table)將可以用於某些無基礎架構群播路由協定中。以圖 4 為例，叢主 H_1 所建立的群播群組/組員表如表 2 所示。

表 2 叢主 H_i 所建立群播群組/組員表

Group	Group Member
G ₁	H ₁ , N ₂ , N ₈
G ₂	N ₆ , N ₁₇
G ₃	N ₅ , N ₁₀

某一節點要傳送群播資料給某一群組 (Group)，而此群組的組員(Group Member)可能分散在不同的叢集之中，因此必須藉由各個叢集的叢主負責傳送此群播資料，為說明在此分散叢集架構下之群播傳送，我們定義如下：

- 某一叢集(Cluster)為 C_i ，其叢主(Head)為 H_i ；另一叢集 C_j 的叢主為 H_j 。
- 節點(Node)為 N_i 、 N_j 、以及 N_k ， N_j 為叢集 C_i 及 C_j 的重疊閘門節點。
- 目的群組(Destination Group)為 G_l 且節點 N_i 和 $N_k \in G_l$ ，也就是叢集 C_i 及 C_j 擁有群組 G_l 之組員。

群播資料的過程如圖 12 所示，節點 N_i 要傳送群播資料給 G_l 群組的組員：(i) N_i 會先傳送群播資料給自己的叢主 H_i ，(ii)叢主 H_i 再群播給閘門節點 N_j ，(iii)閘門節點 N_j 再轉送(forward)給鄰近的叢主 H_j ，(iv)叢主 H_j 在查看其群組組員表之後，得知其叢集中存在有群組 G_l 之組員，因此將資料再群播給其叢集內的 G_l 群組組員 N_k 。

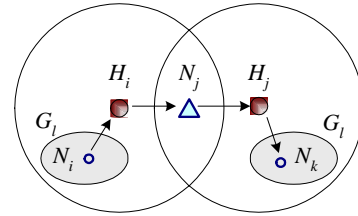


圖 12 群播資料轉送

為有效實現群播傳送，就叢集中某一節點 N_i 而言，節點 N_i 在接收此群播資料後可能會產生四種狀況：

- N_i 是群播目的地節點且為普通節點： N_i 會接受此群播資料。
- N_i 是群播目的地節點且為閘門節點： N_i 會接受此群播資料並且再將群播資料轉送給鄰近的叢主。
- N_i 不是群播目的地節點但為普通節點： N_i 會忽略所收到的群播資料。
- N_i 不是群播目的地節點但為閘門節點： N_i 會忽略所收到的群播資料，但會將此群播資料轉送給鄰近的叢主。

上列四種狀況整理歸納如表 3 所示。

表 3 節點處理群播資料

節點 N 角色 是否為目的地端節點	節點 N 角色	
	普通點	閘門
目的地端節點	接受資料	接受資料並轉送出去
非目的地端節點	忽略資料	忽略資料並轉送出去

由於在某一個叢集中可能會同時存在多個群組(group)，而叢主必須負責群播多個群組的資料並有效地避免碰撞的問題，因此在某一個時槽時，叢主只會負責群播某一個群組的資料出去或接收某一個群組的資料進來，即使同一時間有多個群組的資料想要藉由叢主傳送，它們也必須等到被配置的時槽中才能進行傳送的動作，如此可避免碰撞產生。上述之階層式群播連結叢集建構演算法(HLCMN Construction Algorithm)整理如表 4 所示。

三、群播時間表演算法

為了達到成功群播傳送所屬資料以及不會發生資料碰撞的目標，本論文設計了兩個傳輸時間表：(i) 上行群播時間表(Uplink Multicast Schedule)：傳送方向為叢集成員傳送資料給叢主；(ii)下行群播時間表(Downlink Multicast Schedule)：傳送方向為叢主群播傳送資料給叢集成員。這兩個時間表又都可分為叢內群播(Intra-Cluster Multicasting) 和叢間群播(Inter-Cluster Multicasting)。前者是指叢主和叢集內普通節點之間互傳群播資料，而後者則為叢主和負責群播資料跨叢集轉送的閘門節點之間互傳群播資料，其關係整理如表 5 所示，以下為詳細說明。

表 4 階層式群播連結叢集建構演算法

```

Procedure Hierarchical_Linked_Cluster_Multicast_Network_Construction()
/* role type of node */
typedef enum { failed, raw, head, isolated_head, start_head, mediate_head, end_head,
overlapping_gateway, nonoverlapping_gateway, mix_gateway, ordinary} roles;

struct {
    roles role;
    struct {
        int x; /* x-coordinate */
        int y; /* y-coordinate */
        int g; /* multicast group number */
    } coordinate;
    int adjacent_node[max_connect][max_nodes];
    int intra_length;
    int head_number;
    struct {
        int head_id; /* id of overlapping or adjacent nonoverlapping head */
        int i_k; /* kind of connection; i_k=0---overlapping;
                i_k=1---adjacent nonoverlapping; */
        int g_p; /* id of partner nonoverlapping gateway */
    } c_c[max_connect]; /* neighboring cluster include both */
} node;

main()
{
    Initial_Data_Structure_of_Node();
    get node's coordinate;
    while (not end of frame 1) {
        if (not its own slot) {
            listen and receive node j's transmission message;
            put node j into node.adjacent_node[connect_counter]
            [node.intra_length+1];
            fill node j's data into data structure of node.c_c[connect_counter];
        }
        else {
            broadcast node i's number;
            broadcast node i's multicast group number;
            according to node i's own role broadcasts necessary message;
        }
        according to own role processes data structure;
    }

    while (not end of frame 2) {
        if (not its own slot) {
            listen and receive node j's transmission message;
            update and fill own data structure;
        }
        else {
            if (node.role=head) {
                determine the gateways of schedules routing;
                determine whether it is the start_head, mediate_head,
                end_head, or isolated_head;
                construct multicast group/member table of this cluster;
            }
            fill and update own data structure;
            broadcast own data structure;
        }
    }
}
Start Schedules Routing();

```

在叢集成員群播資料給叢主的上行 (uplink) 傳送時會有兩種狀況：(i) 第一種狀況是為叢集內普通節點群播傳送資料給叢主，也就是上行的叢內群播傳送，每個普通節點都由自己的叢主配置一個合適而不會和其他節點碰撞的時槽，做為群播傳送資料給叢主之用。(ii) 第二種狀況為叢集內閘門節點群播傳送資料給叢主，也就是上行的叢間群播傳送，每一個閘門節點也會由自己的叢主配置一個合適，而不會和其他節點碰撞的時槽做為傳送群播資料給叢主之用。在上行傳送時的這兩種狀況因為所考慮的因素相同，所以可以合併在一起討論。

表 5 上行及下行時間表之時槽分配規則

群播方向	叢內或叢間	時槽分配規則
上行 (Uplink)	Intra-cluster	叢主依序為叢集內的每個普通節點各別分配合適的時槽，以供普通節點群播資料給叢主。
	Inter-cluster	叢主依序為叢集內的每個閘門各別分配合適的時槽，以供閘門節點群播資料給叢主。
下行 (Downlink)	Intra-cluster	叢主為叢集內的每個群組普通節點都分配時槽，以供叢主群播資料給群組節點。
	Inter-cluster	叢主為叢集內的每個閘門都分配合適的時槽，以供叢主群播資料給閘門節點，並為鄰近非重疊閘門節點之間的通訊另外分配合適的時槽。

在叢主群播資料給叢集成員的下行(downlink)傳送時，也必須要考慮兩種狀況：(i)第一種狀況是叢集成員為普通節點，也就是下行的叢內群播傳送，因為無線傳輸具備廣播的特性，而一個普通成員只能有一個叢主，所以叢主群播資料給群組中之普通節點的動作可以在任何時槽中進行而不會產生碰撞，我們將這種狀況下的時槽都定在第 1 個時槽。(ii)第二種狀況為叢主要群播資料的對象是閘門節點，也就是下行的叢間群播傳送，這時要分配合適的時槽給重疊閘門節點

及鄰近非重疊閘門節點，使其在接收各個叢主的群播資料時不會產生碰撞。

(一)上行群播時間表演算法(Uplink Multicast Schedule Algorithm, UMSA)

本論文所提出之上行群播時間表演算法過程為：(i)由起點叢主(SH)開始，依序分配合適的時槽給自己的叢集成員；(ii)接著由下一個中繼叢主(MH)為自己的叢集成員配置合適的時槽；(iii)這樣的步驟最後到達終點叢主(EH)。上行群播時間表演算法結束時，每個叢主將會建立自己的上行群播時間表。

上行群播時間表作用在達成某一叢集內，安排各個叢集成員傳送資料給叢主之時槽而避免碰撞之產生。其設計功能為：

- (1) 每個叢主負責排程自己的上行群播時間表，並協調使其叢集成員群播資料時不會產生碰撞。
- (2) 傳送是單向的，表示只有叢集內成員才能群播傳送資料給叢主。
- (3) 每個叢集內成員至少可以配置到一個時槽用以傳送群播資料。
- (4) 在上行群播時間表內的時槽數目稱為上行時間表長度(Uplink Schedule Length)。
- (5) 每個叢主只有一個上行群播時間表。

由上述之上行群播時間表演算法整理如表 6 所示。

表 6 上行群播時間表演算法

```

/* for head i */
Procedure Construct_Uplink_Multicast_Schedule()
{while (at the scheduling_phase_1) {
  while (not receive Uplink-Multicast-Schedule of its all predecessors);
  switch (node.role) {
  case SH:
  case MH:
    max_Uplink_Multicast_Schedule_size=Number_Member in this Cluster;
    for (its every member) do {
      assign a slot
      slot_counter ++
    }
    broadcast its initial Uplink-Multicast-Schedule &
    max_Uplink_Multicast_Schedule_size to its all successors;
    break;
  case BH:
    max_Uplink_Multicast_Schedule_size=Number_Member in this Cluster;
    for (its every member) do {
      assign a slot
      slot_counter ++
    }
    break;
  } /* end of switch */
} /* end of while */
} /* end of while */
} /* end of Construct_Uplink_Multicast_Schedule */

```

(二) 下行群播時間表演算法 (Downlink Multicast Schedule Algorithm, DMSA)

下行群播時間表演算法分為兩個階段：

- (1) 階段一 (Stage 1, S_1)。階段一由起點叢主開始，經由中間叢主，最後到達終點叢主。每個叢主建立自己的初始下行群播時間表。
- (2) 階段二 (Stage 2, S_2)。階段二由終點叢主開始，經由中間叢主，最後到達起點叢主。每個叢主根據初始下行群播時間表來建立最終下行群播時間表。

叢主依據下行群播時間表，在適當的時槽群播傳送資料給叢集成員而不會產生碰撞。所研究與設計之下行群播時間表其功能在實現：

- (1) 傳送是單向的，表示只有叢主才能群播

傳送資料給它的叢集成員。

- (2) 在任一時槽中，叢主只能群播給一個目的群組之組員，在叢集內的所有普通節點可以配置到任一時槽而不須特別安排。叢主將目的位址放在資料封包的表頭，只有目的端普通節點才會接受此群播資料，而其它非目的端普通節點則忽略所收到的資料。由於一普通節點只能有一個叢主，在同一時槽不會有兩個叢主同時送資料給同一個普通節點，所以不可能產生碰撞。
- (3) 重疊閘門節點所屬的每個叢主必須配置一個沒有碰撞的時槽給閘門節點，因此每個叢主都有公平的傳送機會。
- (4) 對任何一對鄰近非重疊的閘門節點而言，較小號碼的叢主會預先分配一個時槽做為兩個叢集間的通訊之用，較大號碼的叢主稍後也會知道這個預先分配的時槽。例如圖 13 所示，叢主 H_1 和叢主 H_2 可以同時分配時槽 T_1 給節點 N_4 和節點 N_3 ，但是叢主 H_1 和叢主 H_2 必須保留時槽 T_2 做為節點 N_4 和節點 N_3 之間的通訊。

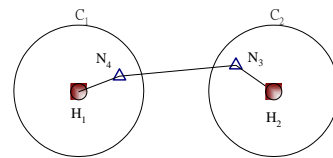


圖 13 鄰近非重疊閘門節點連接圖

- (5) 比較特殊的狀況為有兩個前任叢主預先分配了相同的時槽給自己的鄰近非重疊

閘門節點，以作為和第三個叢主所屬的兩個鄰近非重疊閘門節點間的通訊，如此會導致碰撞發生。這個問題可以由實行兩個時間表階段來解決，在時間表階段二 S_2 中第三個叢主會重新分配時槽做為兩個鄰近非重疊閘門節點和前任叢主的鄰近非重疊閘門節點之間的通訊，而這個訊息會傳給兩個前任叢主知道。例如圖 14 所示，叢主 H_1 預先配置時槽 T_2 做為節點 N_4 和節點 N_6 之間的通訊，而叢主 H_2 也預先配置時槽 T_2 做為節點 N_5 和節點 N_6 之間的通訊，那麼當節點 N_4 和節點 N_5 同時在時槽 T_2 中與節點 N_6 通訊時就會產生碰撞。解決方法為在時間表階段二 S_2 時，叢主 H_3 會配置時槽 T_3 來和節點 N_6 通訊，並會配置時槽 T_4 做為節點 N_6 和節點 N_5 之間的通訊。而這個訊息會傳到叢主 H_1 和叢主 H_2 用來做時間表階段二 S_2 的傳送規則。

兩階段下行群播時間表演算法整理如表 7 所示。

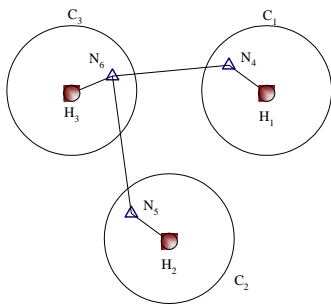


圖 14 特殊之鄰近非重疊閘門節點連接圖

表 7 下行群播時間表演算法

```

/* for head */
Procedure Construct_Downlink_Multicast_Schedule()
{
  while (at the scheduling_stage_1) {
    while (not receive Downlink-Multicast-Schedule of its all predecessors);
    switch (node.role) {
      case SH: assign slot 1 to its all members;
               if (there is any pair of adjacent nonoverlapping gateways) {
                 for (each pair of adjacent nonoverlapping gateways)
                   preassign a time slot between them;
                 broadcast its initial Downlink-Multicast-Schedule to its all successors;
                 break;
               }
      case MH:
      case EH:
               assign slot 1 to all ordinary nodes;
               assign a proper slot for the overlapping gateway
               if (there is any pair of adjacent nonoverlapping gateways
                   with a predecessor) {
                 check whether there is a collision between them;
                 if (there is a collision)
                   change the slot with the higher numbered predecessor;
                 assign proper slots for the gateways;
               }
               else if (there is any pair of adjacent nonoverlapping gateways
                       with a successor) {
                 assign a proper slot for the gateway;
                 preassign a proper slot for the successor;
               }
               if (node.role = MH)
                 broadcast its initial Downlink-Multicast-Schedule to its all successors;
               else start scheduling_stage_2;
    } /* end of switch */
  } /* end of while */
  while (at the scheduling_stage_2) {
    while (not receive Downlink-Multicast-Schedule of its all successors);
    switch (node.role) {
      case EH: broadcast its final Downlink-Multicast-Schedule to its all predecessors;
               break;
      case MH:
      case SH:
               if (there is any pair of adjacent nonoverlapping gateways
                   with a successor) {
                 check whether there is a collision between them;
                 if (there is a collision)
                   update own inter-schedule;
                 check the cycle length of each node in the Downlink_Multicast_Schedule whether is
                   changed;
                 if (changed)
                   update that node's cycle length;
                 if (node_role = MH)
                   broadcast its final Downlink_Multicast_Schedule to its all predecessors;
                 else end scheduling_stage_2;
               } /* end of switch */
    } /* end of while */
  } /* end of Construct_Downlink_Multicast_Schedule */
}

```

四、時間表傳送演算法

時間表傳送演算法 (Schedule Routing Algorithm, SRA) 為用來訂定“如何實現傳送”之規則。當叢主們建立了無碰撞的時間表之後，這些叢主們要何時開始根據時間表與其叢集成員們溝通，即全部的叢主必須同時行動，否則會有不同步的碰撞，因此 SRA 之目標為叢集的同步。

SRA 是一個並行演算法，其執行時間為

Epoch之Frame 1 與Frame 2 之後，並切分為三個階段：(i) 時間表階段一 (S_1)，(ii) 時間表階段二 (S_2)，以及(iii) 時間表階段三 (S_3)。在SRA中所傳送的訊息不是時間表而是傳送延遲時間(Transmission Delay Time)，其定義如下：

傳送延遲時間=由起點叢主(SH)到終點叢主(EH)傳送訊息所花的時槽數目。

- (I) 在階段一 S_1 ，由所有的起點叢主(SH)向終點叢主(EH)送出“傳送延遲時間”計數值(Counter)，在SRA時間表階段一 S_1 之後，每一個終點叢主會得到其鄰近叢集的最大傳送延遲時間值 T_{Max} 。
- (II) 在SRA階段二 S_2 時將此 T_{Max} 值傳給所有的鄰近叢集，因此每一個中繼叢主也會由其後繼者得到最大的傳送延遲時間值 T_{Max} 並傳送其值給其前任者。在SRA時間表階段二 S_2 之後，每一個起點叢主會得到相同的最大傳送延遲時間值 T_{Max} 。
- (III) 在時間表階段三 S_3 ，每個起點叢主會傳送此 T_{Max} 最大值給其後繼者，而其叢集成員亦會接收到此最大值 T_{Max} 。當花去一個時槽時間時，每一節點會將所得到的最大值減1($T_{Max} = T_{Max} - 1$)，而前任者會將減去1的最大值 T_{Max} 傳給後繼者。最後，終點叢主會收到遞減的最大值 T_{Max} 並繼續將此最大值減1，而最大值 T_{Max} 會遞減直到變為0，此時所有的節點會在同一時

槽同時依據時間表開始動作而有效達成同步。

五、時間複雜度分析

我們想要由時間表階段一 S_1 及階段二 S_2 的規則中計算出所花的最大時槽數。由於階段一 S_1 的訊息傳送是由起點叢主經由中繼叢主然後到達終點叢主，而叢主和叢主之間的訊息會經由其閘門節點轉送，當多個叢集之間的溝通只依賴同一個閘門節點時，會使得時間表階段一 S_1 花費較多的時間，時間表階段二 S_2 的狀況亦相同。假設每一叢主的通訊範圍為 R ，則六個叢主共用一閘門節點時會形成如圖 15 所示，在此狀況下， N_1 和 N_2 的長度亦為 R ，表示其位於彼此的通訊範圍內，因此如圖 15 之六個叢集相鄰之狀況不成立，可推得最糟的情況為如圖 16 所示之五個叢主共用一個閘門節點。當五個叢主共用一個閘門節點時，階段一 S_1 及階段二 S_2 將共花去 16 個時槽數來建立閘門節點 N_6 之下行時間表，此值接近所有節點數的三倍(節點數為 6)。

圖 17 為最糟狀況的簡化圖。在圖 12 中，每個節點若不為叢主則為五個叢集重疊範圍內的閘門節點，在階段一 S_1 時，由叢主 H_1 到叢主 H_6 的傳送花掉 8 個時槽，而由叢主 H_6 到叢主 H_{11} 的傳送亦花掉 8 個時槽，其餘以此類推。因此我們得到一個結論：當節點數增加 5 時，時槽數將增加 8。

$$\text{節點數 } N = \sum_{n=0}^{n=k} (6 + 5n) \dots (I)$$

$$\text{時槽數目} = \sum_{s=0}^{s=k} (8 + 8s) \text{ --- (II)}$$

$$\text{可計算出 } k = \frac{-17 + \sqrt{49 + 40N}}{10} \text{ --- (III)}$$

由(I)及(III)可改寫(II)式為：

$$\sum_{s=0}^{s=k} (8 + 8s) = \frac{40N - 4\sqrt{49 + 40N} + 28}{25} \text{ --- (IV)}$$

最後可得

$$O \left[\frac{40N - 4\sqrt{49 + 40N} + 28}{25} \right] = O(1.6N) \text{ --- (V)}$$

在階段一 S_1 及階段二 S_2 之後，所花的最大時槽數目為 $1.6N * 2 = 3.2N$ ，即SRA的時間複雜度為 $O(3.2N)$ 。由於已知階段一 S_1 及階段二 S_2 的最大時槽總數量，每一個節點可以設定一計數器，當計算到最大時槽總數量值時，雖然在SRA階段三 S_3 時有些節點尚未收到最大的傳送延遲時間值，但所有的節點仍會開始行動。

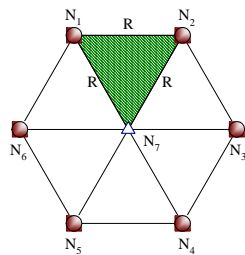


圖 15 六節點共用節點 N_7 之最大相鄰情形

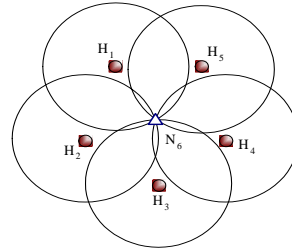


圖 16 SRA 的最糟狀況

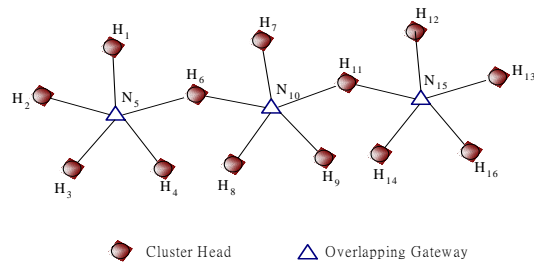


圖 17 SRA 最糟狀況之簡化圖

伍、模擬結果 (Simulation Results)

本節將會提出模擬結果來說明 HLCMN 架構及三個演算法。模擬環境為 20 個節點在六個不同頻率下所形成的無基礎架構網路，每個節點為隨機散佈且都具有移動性 (mobility)。

一、HLCMN 模擬結果

圖 19 為 20 個分散節點之連接圖，若兩個節點間的距離為可相互通訊的範圍，則以實線連接兩者。圖 18 之(a)到(f)為採用六種不同的頻率，其可通訊範圍亦不相同，而每個節點都會隨機地移動。當實行 HLCMN 建構

演算法之後，每個不同的頻率的連接圖都會產生如圖 19 的 HLCMN 網路架構，圖中的小黑圓為叢主，而最大的圓為叢主的通訊範圍，普通節點和閘門節點則分別以小空心圓和空心三角形表示。在叢主和閘門節點間以實線相連，而一對非重疊閘門節點間則以虛線連接。

實行上行群播時間表演算法和下行群播時間表演算法後產生的時間表如表 8 及表 9 所示。在上行群播時間表中，起點叢主以“*”代表，終點叢主以“#”代表，孤立叢主以“+”代表，而中繼叢主則沒有符號。每個叢集的成員都各自配置一個專用時槽做為傳送資料給叢主之用，所以不會發生碰撞。在下行群播時間表中，閘門節點所屬的各個叢主都會分配一個專用時槽做為傳送之用，而各個叢主只會在其預先分配好的時槽中群播資料給閘門節點，可有效避免碰撞的發生。而週期長度(Cycle Length)則為閘門節點被其所屬叢主們所配置的時槽和。

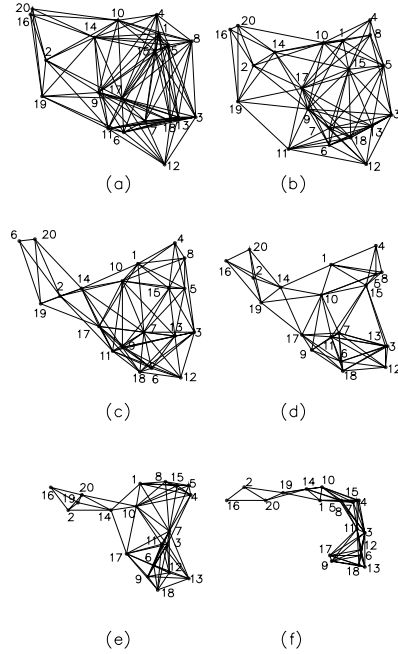


圖 18 六種不同頻率所產生之連接圖

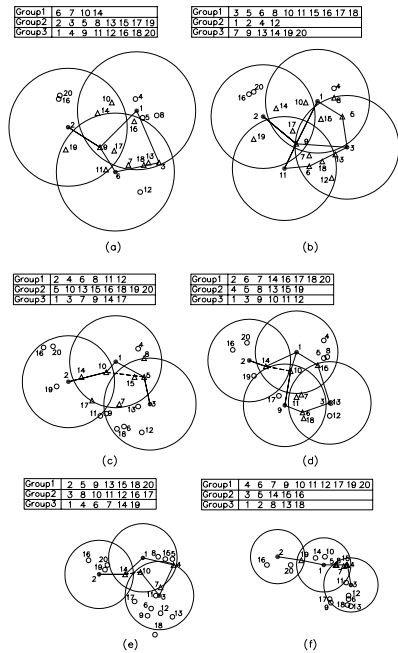


圖 19 六種不同頻率之 HLCMN 網路架構

表 8 上行群播時間表

		Final Schedules-radius=50															
SLOT	NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		*1	3	4	5	7	8	9	10	13	14	15	17	18	3	4	5
2	9	10	11	14	16	17	19	20	9	10	11	14	16	17	19	20	
#6	3	7	9	11	12	13	15	17	18	19	3	7	9	11	12	13	

		Final Schedules-radius=44															
SLOT	NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		*1	4	5	8	9	10	14	15	17	4	5	8	9	10	14	15
2	9	10	14	16	17	19	20	9	10	14	16	17	19	20	9	10	
3	5	6	7	8	9	12	13	15	18	5	6	7	8	9	12	13	
#11	6	7	9	12	13	17	18	19	6	7	9	12	13	17	18	19	

		Final Schedules-radius=39															
SLOT	NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		*1	4	5	7	8	10	14	15	17	4	5	7	8	10	14	15
2	10	11	14	16	17	19	20	10	11	14	16	17	19	20	10	11	
#3	5	6	7	8	9	12	13	15	18	5	6	7	8	9	12	13	

		Final Schedules-radius=35															
SLOT	NODE	1	2	3	4	5	6	7	8								
		*1	4	5	8	10	14	15	4	5	8	10	14	15	4	5	8
2	14	16	19	20	14	16	19	20	14	16	19	20	14	16	19	20	
3	6	7	11	12	13	15	18	6	7	11	12	13	15	18	6	7	
#9	6	7	10	11	17	18	6	7	10	11	17	18	6	7	10	11	

		Final Schedules-radius=29															
SLOT	NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

*1	4	5	7	8	10	14	15	4	5	7	8	10	14	15	4	5
2	14	16	19	20	14	16	19	20	14	16	19	20	14	16	19	20
#3	4	6	7	9	10	11	12	13	17	18	4	6	7	9	10	11

		Final Schedules-radius=23															
SLOT	NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		*1	4	5	7	8	10	14	15	19	4	5	7	8	10	14	15
#2	16	19	20	16	19	20	16	19	20	16	19	20	16	19	20	16	
#3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	15	17	18	4	5	6	7	

表 9 下行群播時間表

		Final Schedules-radius=50															
SLOT	NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		*1	3	4	5	7	8	9	10	13	14	15	17	18	3	4	5
2	9	10	11	14	16	17	19	20	9	10	11	14	16	17	19	20	
#6	3	7	9	11	12	13	15	17	18	19	3	7	9	11	12	13	

		Final Schedules-radius=44															
SLOT	NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		*1	4	5	8	9	10	14	15	17	4	5	8	9	10	14	15
2	9	10	14	16	17	19	20	9	10	14	16	17	19	20	9	10	
3	5	6	7	8	9	12	13	15	18	5	6	7	8	9	12	13	
#11	6	7	9	12	13	17	18	19	6	7	9	12	13	17	18	19	

		Final Schedules-radius=39															
SLOT	NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		*1	4	5	7	8	10	14	15	17	4	5	7	8	10	14	15
2	10	11	14	16	17	19	20	10	11	14	16	17	19	20	10	11	
#3	5	6	7	8	9	12	13	15	18	5	6	7	8	9	12	13	

		Final Schedules-radius=35															
SLOT	NODE	1	2	3	4	5	6	7	8								
		*1	4	5	8	10	14	15	4	5	8	10	14	15	4	5	8
2	14	16	19	20	14	16	19	20	14	16	19	20	14	16	19	20	
3	6	7	11	12	13	15	18	6	7	11	12	13	15	18	6	7	
#9	6	7	10	11	17	18	6	7	10	11	17	18	6	7	10	11	

		Final Schedules-radius=29															
SLOT	NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

二、規則倒置(Rule Inversion)

由於在原来的設計中，號碼較小的節點有比較高的機率成為叢主及閘門節點，而這

些節點會負載較大的資訊流量以及網路管理責任，因此在某些狀況下網路的傳輸會過份依賴這些節點。即使在不同的無線頻率與不同的拓樸中，號碼較小的節點仍較易擔任叢主及閘門節點的角色，為了解決此問題，本論文提出了一個簡單的規則倒置方法。

規則倒置是將 HLCMN 中節點的優先權、以及對起點叢主 SH、中繼叢主 MH、和終點叢主 EH 的定義等都以相反的順序進行。

例如節點 N_1 定為優先順序N，節點 N_2 定為優先順序N-1，而節點 N_N 定為優先順序 1 等。其作法為在Epoch的兩個框架中，節點發佈訊息的順序倒轉，在第一個框架 F_1 中，節點 N_N 在第 1 個時槽 T_1 發佈訊息，節點 N_{N-1} 安排在第 2 個時槽 T_2 ，而節點 N_1 則移到第N個時槽 T_N ，第二個框架 F_2 中的順序則為節點 N_1 在第 1 個時槽 T_1 發佈訊息，節點 N_2 則安排在第 T_2 個時槽，而節點 N_N 則在第 T_M 個時槽。此規則倒置所產生的網路架構如圖 20 所示，而其上行與下行群播時間表則分別為表 10 及表 11 所示。原先的規則和倒置規則可在Epoch中輪流使用，用此法可讓每個節點公平分配負擔。

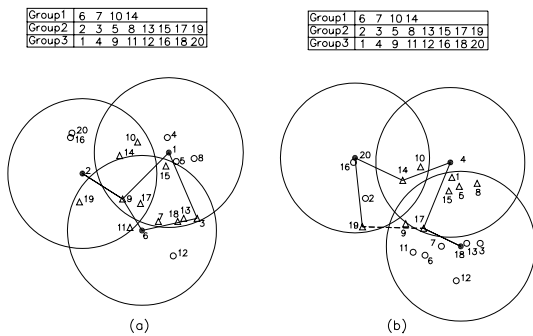


圖 20 HLCMN 網路架構

(a)原先規則；(b)倒置規則

表 10 上行群播時間表

		Final Schedules-radius=50															
case(a)	NODE \ SLOT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		*1	3	4	5	7	8	9	10	13	14	15	17	18	3	4	5
2	9	10	11	14	16	17	19	20	9	10	11	14	16	17	19	20	
#6	3	7	9	11	12	13	15	17	18	19	3	7	9	11	12	13	

		Final Schedules-radius=50															
Case(b)	NODE \ SLOT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		*20	19	16	14	10	2	19	16	14	19	16	14	10	2	19	16
18	17	15	13	12	11	9	8	7	6	5	3	1	17	15	13	12	
#4	17	15	14	10	9	8	5	1	17	15	14	10	9	8	5	1	

(a)原先規則；(b)倒置規則

表 11 下行群播時間表

		start head : 1															
case(a)	NODE	3	7	9	10	13	14	15	17	18							
	assigned slot	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
	cycle length	2	2	3	2	2	2	2	3	2							
		mediate head : 2															
case(a)	NODE	9	10	11	14	17	19										
	assigned slot	2	2	1	2	2	1										
	cycle length	3	2	2	2	3	2										
		end head : 6															
case(a)	NODE	3	7	9	11	13	15	17	18	19							
	assigned slot	2	2	3	2	2	2	3	2	2							
	cycle length	2	2	3	2	2	2	3	2	2							
		start head : 20															
Case(b)	NODE	19	14	10													
	assigned slot	1	1	1													
	cycle length	3	2	2													
		mediate head : 18															
Case(b)	NODE	17	15	9	8	5	1										
	assigned slot	1	1	1	1	1	1										
	cycle length	3	2	2	2	2	2	2									
		end head : 4															
Case(b)	NODE	17	15	14	10	9	8	5	1								
	assigned slot	3	2	2	2	2	2	2	2								
	cycle length	3	2	2	2	2	2	2	2								

(a)原先規則；(b)倒置規則

三、節點遺失 (Node Lost)

	cycle length	2	3	3															
		mediate head : 8																	
	NODE	10	15	17															
	assigned slot	1	2	2															
	cycle length	2	3	3															
		end head : 14																	
	NODE	9	10	15	17														
	assigned slot	2	2	3	3														
	cycle length	2	2	3	3														
		start head : 11																	
	NODE	13	17																
	assigned slot	1	1																
	cycle length	2	2																
		end head : 15																	
	NODE	13																	
	assigned slot	2																	
	cycle length	2																	
		end head : 16																	
	NODE	19																	
	assigned slot	1																	
	cycle length	2																	
		start head : 16																	
	NODE	19																	
	assigned slot	1																	
	cycle length	2																	
		end head : 17																	
	NODE	19																	
	assigned slot	2																	
	cycle length	2																	

層式連結叢集網路架構組織以及相關的資料群播時間表建立完成後，則各移動之節點可以依所建立之時間表，在所預定的時槽裏無碰撞地群播資料封包到目的端節點。最後我們針對所提出的 HLCMN 網路建置與上、下行群播演算法設計相關的實驗模擬，並且為解決某些節點負擔過重與節點遺失(離開)之問題提出解決策略，並進行實驗模擬。模擬之數據則顯示本論文所提出之方法可以確實而有效地建立穩固的(robust)的無基礎架構網路，以及實現無碰撞之資料多重存取傳輸。

陸、 結論 (Conclusion)

針對第三代行動通訊介面標準 CDMA 通訊技術，本論文提出一建構二層(Two-Tier)之階層式群播連結叢集網路架構(Hierarchical Linked Cluster Multicast Network architecture, HLCMN)，作為一有效之無基礎架構行動通訊網路(Ad Hoc Mobile Network)，而且為解決無線廣播傳送資料時，所造成之資料碰撞(Collision)以及隱藏端點問題(Hidden Terminal Problem)，本論文提出：(i) 上行群播時間表演算法(Uplink Multicast Schedule Algorithm, UMSA)，作為某一叢集的成員(Members of a Cluster)群播資料給叢主(Cluster Head)的時間表，以及(ii) 提出下行群播時間表演算法(Downlink Multicast Schedule Algorithm, DMSA)，作為叢主群播資料給其叢集成員的時間表，當階

致謝

本論文承國科會專題研究計劃支援。計劃編號：NSC 93-2219-E-020-002。

參考文獻

1. Adachi, F., Sawahashi, M., and Suda, H., "Wideband DS-CDMA for next-generation mobile communications systems," IEEE Communications Magazine, Vol. 36, No. 9, Sept. 1998, pp. 56-69.
2. Akyildiz, I. F., McNair, J., Carrasco, L., Puigjaner, R., and Yesha, Y., "Medium Access Control Protocols for Multimedia Traffic in Wireless Networks," IEEE Network Magazine, Jul./Aug. 1999, pp. 39-47.
3. Bao, J. Q., and Tong, L., "A Performance Comparison of CDMA Ad-Hoc and Cellular Networks," Proc. GlobeCom 2000.
4. Blum, C., Dubois, P., Molva, R., and Schaller, O., "A development and runtime

- platform for teleconferencing applications,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 15, No. 3, Apr. 1997, pp. 576-588.
5. Chakrabarti, S. and Mishra, A., “QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks”, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 39, Issue 2, Feb. 2001, pp. 142 -148
 6. Chen, C., “Overview of code division multiple access technology for wireless communications,” *Industrial Electronics Society, IECON '98. Proceedings of the 24th Annual Conference of the IEEE*, Vol. 1, 1998, pp. T15 -T24.
 7. Chikarmane, V., Williamson, C. L., Bunt, R. B., Mackrell, W. L., “Multicast Support for Mobile Hosts Using Mobile IP: Design Issues and Proposed Architecture,” *Mobile Networks and Applications 3*, 1998, pp. 365-379.
 8. Chun, Y., Ming, X. L., and Lin, S. M., “Hierarchical On-demand Routing for Self-Organized Networks,” *Fifth Asia-Pacific Conference on Communications*, Vol. 1, 1999, pp. 128-133.
 9. Comaniciu, C., Mandayam, N. B., Famolari, D. and Agrawal, P. “QoS Guarantees for Third Generation (3G) CDMA Systems via Admission and Flow Control,” *Proceedings of IEEE VTC'00-Fall*, Sep. 2000, pp. 249-256.
 10. Dimitriou, N., Tafazolli, R., and Sfikas, G., “Quality of service for multimedia CDMA,” *IEEE Communications Magazine*, Vol. 38, No. 7, July 2000, pp. 88-94.
 11. Gupta, Indranil, "Minimal CDMA Recoding Strategies in Power-controlled Ad-hoc Wireless Networks", *Proc. 1st International Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing*, San Francisco, April, 2001.
 12. Gurbuz, O. and Owen, H., “Dynamic Resource Scheduling Schemes for W-CDMA Systems,” *IEEE Communications Magazine*, Vol. 38, No. 10, Oct. 2000, pp. 80-84.
 13. Hou, T-C., and Tsai, T-J., “An Access-Based Clustering Protocol for Multihop Wireless Ad Hoc Networks,” *IEEE Journal on Selected Areas in Comm.*, Vol. 19, No. 7, Jul. 2001, pp. 1201-1210.
 14. Kammerlander, K., “Benefits and implementation of TD-SCDMA,” *Communication Technology Proceedings, WCC - ICCT*, Vol. 2 , 2000, pp. 1013 -1016.
 15. Kakaraparthi, R., Duggirala, R., and Agrawal, D. P., “Efficient message scheduling in ad hoc networks,” *WCNC. 2000 IEEE*, vol.3, 2000, pp. 1226 -1231.
 16. Knisely, D. N., and Kumar, S., Laha S., and Nanda, S., “Evolution of Wireless Data Services: IS-95 to Cdma2000,” *IEEE Communications Magazine*, Vol. 36, No. 10, Oct. 1998, pp. 140-149.
 17. Lawrence, T. F., “Quality of service(QoS): A model for information,” *Object-Oriented Real-Time Dependable Systems, 1999. Proceedings. Fourth International Workshop on* , 1999, pp. 180 -183
 18. Lin, Y. B., and Chlamtac, I., “Wireless and Mobile Network Architecture,” *John Wiley & Sons, Inc.*, 2001.
 19. Milstein, L. B., “Wideband code division multiple access,” *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on* Vol. 18, No. 8 , Aug. 2000, pp. 1344 -1354.
 20. Mistry, P. M., “Third Generation Cellular (3G): W-CDMA & TD-CDMA,” *Wescon/98*, 1998, pp. 227-231.
 21. Mitjana, E., Song X., Lu L., Haardt, M., Gessner, C., Lehmann, G., Vollmer, M., “Performance of smart antenna in

- TD-SCDMA system,” Communication Technology Proceedings, WCC – ICCT, Vol. 1, 2000, pp. 152 –155.
22. Oliphant, M. W., “The Mobile Phone Meets the Internet,” IEEE Spectrum, Vol. 36, No. 8, Aug. 1999, pp. 20 –28.
 23. Pei, G., Gerla, M., Hong, X., and Chiang, C. C., “A Wireless Hierarchical Routing Protocol with Group Mobility,” Wireless Communications and Networking Conference, 1999. WCNC. 1999 IEEE, Vol. 3, 1999, pp. 1538 –1542.
 24. Perkins, C., E., “Mobile Networking in the Internet,” Mobile Networks and Applications, Vol. 3, 1998, pp 319-334.
 25. Priggouris, G., Hadjiefthymiades, S., and Merakos, L., “Supporting IP Qos in the General Packet Radio Service,” IEEE Network, Sep./Oct. 2000, pp. 8-17.
 26. Ramanathan, R., and Steenstrup, M., “Hierarchically-organized, multihop mobile wireless networks for quality-of-service support,” Mobile Networks and Applications, Vol. 3, No. 1, June 1998, pp. 101-119.
 27. Rao, Y. S., and Kripalani, A. “cdma2000 Mobile Radio Access for IMT-2000,” Personal Wireless Communication, 1999 IEEE International Conference on , 1999, pp. 6 –15.
 28. Ryu, J., Song, S., and Cho, D. H., “A Power-Saving Multicast Routing Scheme in 2-tier Hierarchical Mobile Ad-Hoc Networks,” Vehicular Technology Conference, 2000. IEEE VTS Fall VTC 2000. 52nd, Vol. 4, 2000, pp. 1974 –1978.
 29. Sunay, M. O., Tekinay, S., and Ozer, S. Z., “Efficient allocation of radio resources for CDMA based wireless packet data systems,” Global Telecommunications Conference, GLOBECOM '99, Vol. 1b, 1999, pp. 638 –643
 30. Xylomenos, G., and Polyzos, G. C., “ IP multicast for mobile hosts,” IEEE

Communications Magazine, Vol. 35, No. 1, 1997, pp. 54 –58.

作者簡介

龔旭陽

國立成功大學電腦科學與工程博士。目前任職於國立屏東科技大學資訊管理系副教授，並兼任電算中心主任。龔博士主要的研究領域與興趣為行動式通訊、分散式多媒體系統、嵌入式多媒體通訊應用系統、醫療與防災資訊系統設計。



陳素滿

國立屏東科技大學資訊管理系碩士。研究領域為個人行動通訊。目前任職於台灣大哥大公司。



許啓裕

目前就學於國立屏東
科技大學資訊管理研
究所。研究領域為行
動式通訊與醫療資訊
管理系統。

