

混合多點跳躍與蜂巢式網路上的轉送服務訂價策略

Pricing Strategy for Forwarding Services in Multi-hop Cellular Networks

林明華¹ 施美淑²

摘要

混合多點跳躍與蜂巢式網路整合了蜂巢式網路與多點跳躍網路兩者的特性，在近幾年受到愈來愈多的注意，而提供適當的回饋以鼓勵無線網路節點轉送資料是此種網路得以成功運作的關鍵因素。目前對在此類網路上提供回饋獎勵的相關研究大部分都是採用固定費率的方式，此方法並無法反應無線網路變動頻繁的特性。本研究提出一套合適的訂價策略，根據網路上的無線節點數目來決定提供轉送服務的節點可獲得的回饋獎勵定價，希望可以在兼顧服務可取得性下讓網路業者的利潤最大。模擬結果顯示動態調整提供轉送服務的回饋定價將可增加網路業者的利潤，因此所提出的訂價策略會比採用固定費率方法為網路業者帶來更高的效益。

關鍵字：訂價策略、轉送服務、混合多點跳躍與蜂巢式網路

Abstract

Multi-hop cellular networks that integrate the characteristics of both cellular and mobile ad hoc networks have received increasing attention in recent years. Providing incentives to foster cooperation among nodes is an important prerequisite for the success of the multi-hop cellular networks. Most works on the incentive approaches for enabling forwarding packets just employ the fixed-rate pricing scheme, such method cannot react effectively to the dynamic and unpredictable variations of the wireless networks. In this paper, we propose an appropriate pricing strategy to maximize the revenue of the network provider while maintaining service availability. The proposed scheme adjusts the price of the feedback incentives based on the number of active mobile nodes in the networks. The simulation results indicate that the revenue can be increased by dynamically adjusting the price of the incentives for forwarding services.

Keywords: Pricing strategy, Forwarding services, Multi-hop cellular networks

¹實踐大學資訊管理學系

²南華大學企業管理學系

1. 緒論

混合多點跳躍與蜂巢式網路(multi-hop cellular networks)整合了蜂巢式網路與多點跳躍網路兩者的特性，在近幾年受到愈來愈多的注意。在一般的蜂巢式網路(cellular networks)上，無線裝置會直接與所指定的基地台傳輸資料；在多點傳送網路(multi-hop networks)上，無線裝置則是以對等式(peer-to-peer)的方法，透過其它的節點來傳輸資料。雖然已經有很多文獻分別針對這兩種不同的網路架構提出改善網路績效的方式，愈來愈多的研究把焦點放在如何整合這兩種網路架構上。從目前已發表的研究中，我們可以得知將多點傳送技術適當地整合在蜂巢式網路上，可產生的效益包括：(1) 減少無線裝置的能源消耗；(2) 降低無線節點間的干擾；(3) 減少固定天線裝置的數量；(4) 擴大網路涵蓋區域；(5) 提高系統的堅韌性。

在混合多點跳躍與蜂巢式網路上，資料是透過節點的轉送來傳遞的，因此提供適當的回饋獎勵以鼓勵無線網路節點轉送資料是此種網路得以成功運作的重要因素。目前已經有一些研究提到應該採用激勵措施來促進節點間的合作，所提出的方法可分為「偵測式」與「積極式」兩種。偵測式的激勵合作機制會找出不合作的節點並減輕其所造成的影響，積極式的激勵合作機制則是透過提供獎勵來促使節點願意轉送資料。大部分積極式激勵方式所注重的部分在於它的回饋付款、收費機制，並未探討該對轉送資料的節點提供多少的回饋獎勵才是合理的，而是假設以主觀的方式來決定回饋量，或是依傳輸量或封包數量來決定的回饋獎勵的多寡。雖然使用固定費率的回饋訂價方式具有帳務程序較簡單的優點，但此種方法並無法反應無線網路變動頻繁的特性。

回饋給中間節點的獎勵不僅會影響網路節點轉送資料的意願，也代表此網路運作所需負擔的成本。網路運作成本與服務的可取得性是網路業者採用混合多點跳躍與蜂巢式網路所考量的兩個主要因素，本研究所提出動態訂價模式，希望可以在兼顧服務可取得性下達到網路業者利潤最大化的目標。若回饋給中間節點的價格太低，則網路業者將因為成功連線的數目太少而無法從中獲得適當的利潤；但若回饋給中間節點的價格太高，則從使用者身上收取的連線費用將無法負擔此網路運作所需的成本。因此本研究依據網路上的節點數目來調整回饋定價，希望藉此影響網路的轉送能力，進而在維持服務可取得性的同時，讓網路業者獲得最大的利潤。

在本篇文章的第二節，我們將回顧現有的混合多點跳躍與蜂巢式網路架構，並說明目前學者已提出的促進網路節點轉送資料的激勵方法；在第三節中，我們將說明本研究提出的訂價策略如何動態調整回饋給轉送服務的定價；第四節會對模擬的結果加以分析討論；最後一節則對本研究提出一個結論。

2. 文獻探討

2.1 混合多點跳躍與蜂巢式網路架構簡介

目前已提出的混合多點跳躍與蜂巢式網路架構有以下幾種：

(1) Opportunity Driven Multiple Access(ODMA)

ODMA 是一個用在第三代行動系統—全球行動通訊系統上的多點跳躍轉送協定，希望可以增加網路運作的效率。在 ODMA 的協定中，從無線裝置到基地台的傳輸會分成好幾段，如此可減少傳輸能量的消耗，因而使資料傳輸的速率不會降低 (Rouse et al., 2002)。

(2) Ad Hoc GSM(A-GSM)

A-GSM 系統整合轉送技術在 GSM 系統上。雖然 GSM 系統的目的是提供無線裝置漫遊全世界的能力，但目前仍有死角存在的問題，如：地鐵站、室內環境與地下室等。由於為每個死角架設額外的基地台來進行通訊的成本太高，A-GSM 系統將轉送能力整合在標準的 GSM 無線介面之中，如此便可透過無線節點間資料的轉送來延伸資料通訊到死角內(Aggérou and Tafazolli, 2001)。

(3) Intelligent Cellular and Ad-hoc Relay System(iCAR)

系統容量有限與網路流量不均衡是任何蜂巢式網路都會遇到的問題。在蜂巢式網路上，每個基地台所涵蓋的範圍稱為細胞(cell)，在此種網路上可能會發生某些細胞因壅塞而無法提供連線服務，但是在同時其它的細胞則仍有可用的頻道；這種集中化的壅塞情況會造成總使用量並未達系統的最大容量，但仍產生無法建立通話或通話中斷的現象。iCAR 整合 ad-hoc 轉送技術到蜂巢式網路架構上來改善此現象，此系統放置多個特定的轉送裝置(ARS)在所規劃的位置上以將通話從一個細胞轉送到另一個細胞，讓無線裝置即使在一個壅塞的細胞內也可使用鄰近細胞中空出來的頻道，因而增加整個系統頻道的使用效率與可服務的使用者(Qiao and Wu, 2000)。

(4) Mobile-Assisted Data Forwarding(MADF)

MADF 也是利用轉送技術將使用者要求的連線從網路交通流量較多的細胞轉送到流量較輕的細胞，此網路架構將原有的頻道分為「轉送頻道」與「固定頻道」，資料可透過轉送頻道經由鄰近的無線裝置幫忙傳送，這種方法在對延遲有要求的情況下，可大量提高網路產能(throughput)(Wu et al., 2000)。

(5) Unified Cellular and Ad-Hoc Network(UCAN)

在無線網路上，可能會因頻道的狀況不同而產生不同的傳輸速率，若考量網路產能，應該不要傳送資料給傳輸速率較低的無線裝置，但若考慮公平性，則所有無線裝置都應該被服務。UCAN 網路架構希望同時兼顧公平性與網路產能，利用轉送技術來傳送資料給透過直接通訊頻道品質會較差的無線裝置(Luo et al., 2003)。

2.2 混合多點跳躍與蜂巢式網路上激勵提供轉送服務的機制

在混合多點跳躍與蜂巢式網路上，中間節點願意轉送資料的意願是此類網路得以成功運作的關鍵因素。在相互合作的群體內，如軍隊組織，因為所有的節點隸屬於同一機構，所以會互相支援。然而，在匿名的群組中，如市區急難應用，各節點不屬於同一機構，直接假設每個節點都會願意幫忙轉送資料並不合理。此外，由於幫其它節點轉送資料除了會消耗本身的能源外，也可能延遲本身資料的傳送，因此利用適當的機制以提高無線節點提供轉送服務的意願是合理且必要的。

目前在純多點傳送網路(pure ad-hoc networks)或者混合多點跳躍與蜂巢式網路(multi-hop cellular networks)上已提出的激勵合作機制有「偵測式」與「積極式」兩種。

(1) 偵測式激勵方式(Detection-based Incentive Approach)

Marti 等學者(2003)提出利用「watchdog」技術來偵測行為有異的節點並以「pathrater」技術來減輕這些節點對網路所造成的影響。所謂行為有異的節點指的是一個節點可能會因為本身負載過重、自私、惡意或故障等問題而沒有進行轉送資料的動作，這些節點可能會對無線網路運作造成很大的影響。此方法雖然可以增加成功傳送資料的機率，但並未對不合作的節點有所懲戒，反而只是減少它們的負擔。

Michiardi 與 Molva (2002)提出名為「CORE」的機制，此機制依據節點聲譽的評估與使用來促進節點間的合作並預防服務阻絕(denial of service)的攻擊。所謂對其它節點聲譽的評估指的是判斷該節點合作行為的程度，而評估所需的資訊來自於本身主觀的觀察與此群體內其它成員提供的客觀資訊，對於來自聲譽不好的節點所發出來的請求將不予以執行。由於異常的行為會導致日後無法使用其它節點的資源，所以不參與轉送資料對各節點並沒有好處。

Buchegger 與 Boudec (2002)提出另一種名為「CONFIDANT」的協定來偵測並隔絕有異常行為的節點，此種方法也是利用對節點合作行為的評估結果來作為日後選擇路徑或排除未正常運作節點的依據。CORE 與 CONFIDANT 這兩種方法都只是辨識並懲罰不合作的節點不能利用其它節點的資源，但並未提供積極的獎勵來促進節點合作的意願。

(2) 積極式激勵方式(Motivation-based Incentive Approach)

Buttyán 與 Hubaux (2000)利用虛擬貨幣當作獎勵回饋給願意合作的節點。他們提出了「Packet Purse Model」與「Packet Trade Model」這兩種運作機制來回饋虛擬貨幣給提供轉送服務的節點，獲得虛擬貨幣的節點可以用在傳送自己的資料上。此研究只有提出回饋獎勵的運作方式，並未討論該如何決定回饋給中間節點的虛擬貨幣數量。在 Buttyán 其它的研究(Buttyán and Hubaux, 2003)中，則有提到可以依據所轉送的封包數量來決定回饋獎勵的多寡。

Jakobsson 等學者(2003)提出另一種付款的機制來助長多點傳送網路上的合作行為，在回饋數量上，他們認為傳送封包出來的節點可依據封包的重要程度，主觀地決定傳送此封包時願意給的回饋是多少。

Lamparter 等學者(2003)也是針對混合多點跳躍與蜂巢式網路上的轉送服務提出獎勵回饋的機制，希望能增加節點轉送資料的意願。他們所提出的計價機制是依據節點所轉送的資料量來計費的，不管是對要求傳送資料的節點來收費，或者是對幫忙轉送資料的節點進行回饋，都是依照傳輸資料量的多寡來看。Ben Salem 等學者(2003)提出以對稱式密碼學為基礎的回饋付款機制，在所提出的方法中，對使用轉送服務的節點所收的費用是依據封包的大小而不管傳送路徑上所經過的節點數。

從上面的文獻探討中，可看出大部分積極式激勵方式所注重的部分在於回饋付款、收費機制，並未探討該對轉送資料的節點提供多少的回饋獎勵才是合理的，而是假設以主觀的方式來決定回饋量，或是依傳輸量與封包數量來決定回饋獎勵的多寡。

2.3 提供轉送服務的供給函數

調整產品價格是促使供應商提供服務的一種誘因，因此回饋獎勵的定價可以影響無線裝置願意轉送資料的意願，而供給函數可以表達出可移動節點的轉送意願隨著價格變化的結果(Hou et al., 2002)。在一般的供給函數上，當價格增加時，生產者會願意生產更多的產品。在所進行的研究中我們考慮了下列供給函數(Fishburn and Odlyzko, 2000)：

$$S_1: S(p_t) = \begin{cases} e^{-\left(\frac{p_{\max}-1}{p_t}\right)^2} & \text{when } 0 < p_t \leq p_{\max} \\ 0 & \text{when } p_t = 0, \end{cases} \quad (1)$$

其中 p_{\max} 是網路業者所能提供的最大回饋價格， p_t 是在時間點 t 回饋給節點轉送資料時的單位價格， $S(p_t)$ 代表的是節點接受 p_t 這個價格來轉送資料的機率。從供給函數中可看出 $S(0) = 0$ ，這表示節點在沒有任何回饋的情況下，並不會願意幫其它裝置傳送資料。無線節點願意轉送資料的意願會隨著回饋價格的增加而上升，當 $p_t = p_{\max}$ 時， $S(p_{\max}) = 1$ ，這表示網路業者所能提供的最大價格將可以被每個節點所接受，所有節點在 p_{\max} 這個回饋價格下都會願意提供轉送資料的服務。

3. 轉送服務訂價策略

現有的文獻中對轉送資料所提出的積極式激勵方法都只採用固定費率的方式，並未將網路的真實狀況考慮進去，如此並無法反應無線網路變動頻繁的特性。由於網路運作成本與服務可取得性是網路業者採用混合多點跳躍與蜂巢式網路架構時所考量的兩個主要因素，因此設計一套適宜訂價模式，依據網路真實狀況來調整轉送服務的回饋定價，讓網路業者的收益可以最大，對網路業者而言是很重要的。

本研究所考慮的是單一基地台的情況。我們定義網路的整體「轉送能力」為在基地台所欲提供的轉送服務區域內，有多少百分比的區域是可以利用資料轉送的方式連上基地台。本研究建構一個模擬環境來觀察合作節點數目對網路轉送能力的影響，如圖 1 所示，網路轉送能力會隨著合作節點數目的增加而上升。

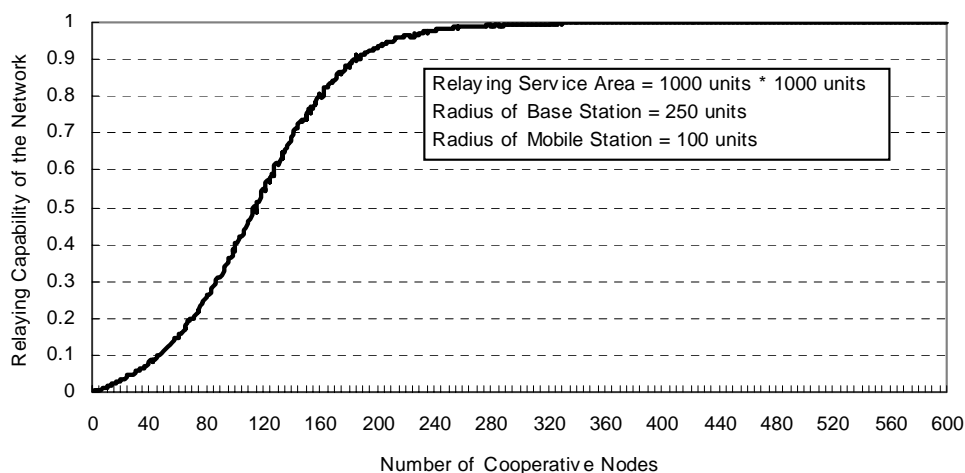


圖 1 網路轉送能力與合作節點數目的關係圖

由圖 1 中所得知的網路轉送能力與合作節點數目間的關係，我們可以定義網路的轉送能力 RC 為合作節點數目 n 的函數，也就是說 $RC = f(n)$ ， $f(n)$ 具有下列特性：

$$0 \leq f(n) \leq 1; \quad f(n=0) = 0; \quad \lim_{n \rightarrow \infty} f(n) = 1 \quad (2)$$

在各節點不屬於同一機構的情況下，由於提供轉送資料的服務除了會消耗本身的能源外，也可能延遲本身資料的傳送，因而直接假設所有的無線節點都會幫其它人傳送資料是不合理的，此時必須提供適當的回饋以提高無線節點提供轉送服務的意願，提供回饋的多寡將會影響節點轉送資料的意願。

在時間點 t ，若 p_t 表示網路業者所可以提供的回饋價格， N_t 表示網路節點數目， RC_t 表示網路的轉送能力，則由上面的討論，我們可以知道網路的轉送能力 RC_t 可由所有網路節點數目與其轉送資料的意願來決定，也就是說，

$$RC_t = f(N_t S(p_t)) \quad (3)$$

若 K_t 表示在時間點 t 會發出傳送資料要求的節點數目，因為轉送路徑是否可以成功地建立取決於網路的轉送能力，所以在時間點 t 成功連線的數目 M_t 為

$$M_t = K_t RC_t \quad (4)$$

本研究假設網路業者對要求連線的終端使用者所採用的收費模式為以傳輸使用量為基礎的固定費率，也就是使用者在傳送資料時付給網路業者的費用為每單位傳輸量，必須付固定費用 u 。在時間點 t ，若 v_i 代表使用者 i 所傳送的資料量， h_i 代表使用者 i 與基地台之間所需經過的節點數，則網路業者可由使用者 i 的連線中所獲取的利潤為 $(u - p_t)h_i v_i$ 。除考慮利潤外，網路業者還必須兼顧服務的可取得性來確保此網路的傳輸服務品質。在本研究中，我們將服務的可取得性 $Level_{sa}$ 定義如下：

$$Level_{sa} = 1 - P_b \quad (5)$$

其中 P_b 為通話阻塞機率，也就是無線節點無法成功建立轉送路徑的機率。由於本研究的目標是為確保服務的可取得性在 L 的限制下，讓網路業者的利潤最大化，因此在時間點 t 所對應的利潤最大化問題可以用下列模式來說明：

$$\text{Maximize } R = \sum_{i=1}^{M_t} ((u - p_t)h_i v_i) \quad (6)$$

$$\text{Subject to: } M_t = K_t RC_t = K_t f(N_t S(p_t)),$$

$$S(p_t) = \begin{cases} e^{-\left(\frac{u-p_t}{p_t}\right)^2} & \text{when } 0 < p_t \leq u \\ 0 & \text{when } p_t = 0, \end{cases}$$

$$Level_{sa} \geq L.$$

為了達到利潤最大化的目標，網路業者應該增加 p_t 來提高網路的轉送能力，進而增加成功連線的數目；然而增加 p_t 將會減少從各使用者的連線中所可獲得的利潤 $(u - p_t)h_i v_i$ 。因此，網路業者應該隨網路狀況動態調整 p_t 以達到利潤最大化的目標。

當 $p_t = 0$ 時，我們可以得到 $M_t = K_t f(N_t S(p_t = 0)) = 0$ ；當 $p_t = u$ 時，我們可以得到 $M_t = K_t f(N_t S(p_t = u)) = K_t f(N_t) \leq K_t$ 。隨著 p_t 的增加，從使用者 i 的成功連線中所獲得的收益 $(u - p_t)h_i v_i$ 將會減少。當 $p_t = 0$ 時， $(u - p_t)h_i v_i = uh_i v_i$ ；當 $p_t = u$ 時， $(u - p_t)h_i v_i = 0$ 。因為 M_t 與 $(u - p_t)h_i v_i$ 在 $p_t \in [0, u]$ 區間都存在有最大值與最小值，所以

$R = \sum_{i=1}^{M_i} ((u - p_i)h_i v_i)$ 在相同的區間內也會有最大值與最小值。

從上面的討論，我們可以發現利潤的最小值會出現在 $p_i \in [0, u]$ 區間的端點，也就是網路業者在 $p_i = 0$ 或 $p_i = u$ 時，將無法獲得任何利潤。 $p_i = 0$ 代表網路業者並不提供任何回饋，此時不會有節點願意轉送資料，因此不會有任何成功的連線； $p_i = u$ 代表從使用者所收取的連線費用等於回饋給中間節點的費用，此時網路業者也不會有任何利潤。

若 R_i^m 代表在時間點 t 時網路業者的最大利潤，從上面的分析，我們可以推得在區間 $(0, u)$ 上，至少存在一個 p_i 值，以 p_i^i ($i = 0, 1, \dots$) 來表示，使得

$$R(p_i = p_i^i) = R_i^m. \quad (7)$$

若只有一個 p_i^i 可以滿足方程式(7)，則回饋獎勵的最佳價格 p_i^* 即為 p_i^0 ；但若有一個以上的 p_i^i 滿足方程式(7)，我們會將回饋獎勵的最佳價格設定為 $\sup_{i \in \{0, 1, \dots\}} \{p_i^i \mid R(p_i^i) = R_i^m\}$ ，也就是取所有會滿足利潤最大的價格中最高的一個，因為取最高價格可以增加節點轉送資料的意願，如此會讓整個網路具有較高的服務可取得性。

4. 模擬結果與討論

在此節中，我們將以網路業者的利潤來評估所提出訂價策略的績效，我們將說明本研究提出的訂價策略可以在維持服務的可取得性下達到網路業者利潤最大的目標。

4.1 模擬環境

在本研究的模擬環境中所使用的參數如下：

模擬的區域為一個邊長 1000 單位的正方形，其中有一個基地台位於此區域的中央以及不同數目的無線節點隨機分布在此區域內。基地台訊號可到達的範圍為 250 單位，而無線節點訊號可到達的範圍為 100 單位。模擬環境內的節點數目是隨著時間變動的，在 24 小時內節點數目的變化如圖 2 所示。

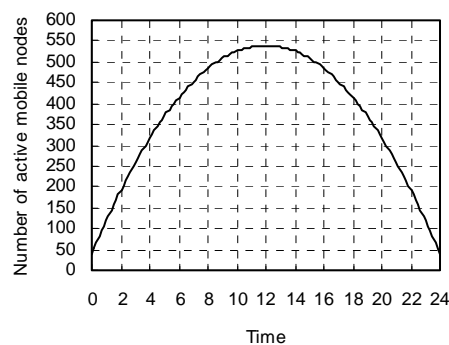


圖 2 在模擬區域內網路節點數目變動圖

我們假設所有節點都會要求傳送資料到基地台，而資料傳輸量則是在 0 與 100 單位間隨機變動。各無線節點在尋找可使用的轉送路徑傳輸資料到基地台時，所採用的是最短傳送路徑的選徑方式。為進行數值分析，我們採用下列的轉送服務供給函數：

$$S(p_t) = \begin{cases} e^{-\left(\frac{u}{p_t}-1\right)^2} & \text{when } 0 < p_t \leq u \\ 0 & \text{when } p_t = 0. \end{cases} \quad (8)$$

本研究將所模擬的 24 小時，分成以 10 分鐘為一個時間區段。在每個區段結束時，計算當時可讓網路業者利潤最大的價格。

4.2 模擬結果與分析

我們將所提出的訂價模式與固定費率模式做比較，在固定費率的回饋訂價模式中分別採用 $p_0 (S(p_0) = 0.25)$ 、 $p_1 (S(p_1) = 0.5)$ 與 $p_2 (S(p_2) = 0.75)$ 為其固定定價，此三個價格分別代表 25%、50% 與 75% 的無線節點會接受此價格來轉送資料以獲取回饋獎勵。

圖 3 顯示在所模擬的 24 小時內，最佳價格 p_t^* 該如何根據網路狀況的變動做調整，其最佳價格的表示是與 p_1 做比較，也就是與 50% 的節點願意接受的價格做比較。當無線節點的數目增加時，網路的整體轉送能力會增加，此時網路業者應該減少提供給轉送資料者的回饋價格，以增加其利潤。圖 3 同時也比較了所提出的訂價模式與三個固定費率訂價模式所帶給網路業者的利潤，從圖中我們可以看出所提出的訂價模式會產生比其它三個固定費率訂價模式更高的利潤。

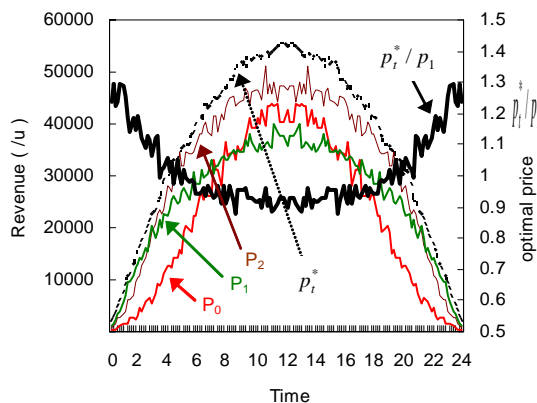


圖 3 最佳價格的變動與網路業者利潤的比較圖

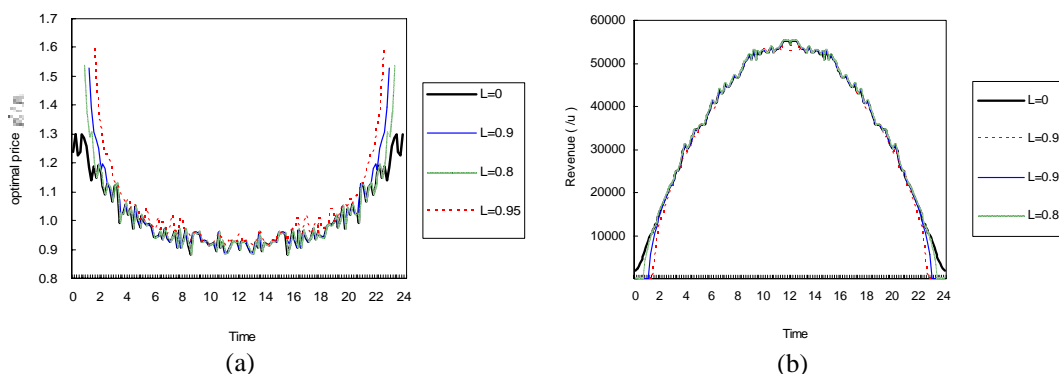


圖 4 在不同服務可取得性的限制下最佳價格變化與網路業者最大利潤圖

圖 4(a) 所顯示的是所提出的訂價模式在不同服務可取得性的限制下會如何調整轉送資料的回饋價格，從圖中可看出服務可取得性的限制分別為 0.95、0.8、0.85 與 0 的情況。當服務可取得性有限制時，網路業者必須提供較高的回饋價格給中間的節點；此外，在

節點數目較少的情況下，網路業者必須增加轉送資料的回饋定價來滿足服務可取得性的限制，因為高回饋定價可以提昇願意轉送資料的節點比例。圖 4(b)所說明的是網路業者的最大利益，從圖中我們可以看出當網路節點數較少時，網路業者的利潤也較低，因為網路業者必須提供較高的價格來維持服務的可取得性，這種現象會增加網路轉送成本而降低網路業者的利潤。

5. 結論

網路運作成本與服務可取得性是網路業者採用混合多點跳躍與蜂巢式網路所考量的兩個主要因素，本研究提出動態訂價模式來達到網路業者利潤最大化的目標。所提出的訂價模式會依據網路的真實狀況來調整提供給節點轉送資料時的回饋價格，以增加網路業者的利潤。模擬結果顯示經由動態調整定價可以在兼顧服務可取得性下讓網路業者的利潤最大。

誌謝

本研究由國科會計畫 NSC 94-2416-H-158-003 補助支持，特此誌謝。

參考文獻

1. Aggélou, G.N. & R. Tafazolli (2001), "On the Relaying Capacity of Next-Generation GSM Cellular Networks," *IEEE Personal Communications*, pp.40-47.
2. Ben Salem, N., L. Buttyán, J. P. Hubaux, & M. Jakobsson (2003), "A Charging and Rewarding Scheme for Packet Forwarding in Multi-Hop Cellular Networks," *Proc. ACM MOBIHOC*, pp.13-24.
3. Buchegger, S. & J. Y. L. Boudec (2002), "Performance Analysis of the CONFIDANT Protocol: Cooperation Of Nodes - Fairness In Dynamic Ad-hoc Networks," *Proc. MOBIHOC*, pp.226-236.
4. Buttyán, L. & J. P. Hubaux (2000), "Enforcing Service Availability in Mobile Ad Hoc WANS," *Proc. MOBIHOC*, pp.87-96.
5. Buttyán, L. & J. P. Hubaux (2003), "Stimulating cooperation in self-organizing mobile ad hoc networks," *ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications*, pp.579-592.
6. Fishburn, P.C. & A. M. Odlyzko (2000), "Dynamic Behavior of Differential Pricing and Quality of Service Options for the Internet," *Decision Support Systems*, 28, pp.123-136.
7. Hou, J., J. Yang & S. Papavassiliou (2002), "Integration of Pricing with Call Admission Control to meet QoS Requirements in Cellular Networks," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 13(9), pp.898-910.
8. Jakobsson, M., J. P. Hubaux & L. Buttyán (2003), "A Micro-Payment Scheme Encouraging Collaboration in Multi-hop Cellular Networks," *Proc. Financial Crypto*, pp.15-33.

9. Lamparter, B., K. Paul & D. Westhoff (2003), "Charging Support for Ad Hoc Stub Networks," *Journal of Computer Communication, Special Issue on Internet Pricing and Charging: Algorithms, Technology and Applications*, Elsevier Science, 26(13) pp.1504-1514.
10. Luo, H., R. Ramjee, P. Sinha, L. Li & S. Lu (2003), "UCAN: A Unified Cellular and Ad-hoc Network Architecture," *Proc. ACM MOBICOM*, pp.353-367.
11. Marti, S., T. J. Giuli, K. Lai & M. Baker (2000), "Mitigating routing misbehavior in mobile ad hoc networks," *Proc. ACM/IEEE MOBICOM*, pp.255-265.
12. Michiardi, P. & R. Molva (2002), "Core: A Collaborative REputation mechanism to enforce node cooperation in Mobile Ad Hoc Networks," *Proc. IFIP Communication and Multimedia Security Conference*.
13. Qiao, C. & H. Wu (2000), "iCAR: an Intelligent Cellular and Ad-hoc Relay System," *Proc. IEEE IC3N*, pp.154-161.
14. Rouse, T., I. Band & S. McLaughlin (2002), "Capacity and Power Investigation of Opportunity Driven Multiple Access (ODMA) Networks in TDD-CDMA Based Systems," *Proc. IEEE ICC*, pp.3202-3206.
15. Wu, X., S. H. Chan & B. Mukherjee (2000), "MADF: A novel Approach to Add an Ad-Hoc Overlay on a Fixed Cellular Infrastructure," *Proc. IEEE WCNC 2000*, pp.549-554.