

行動數據通訊網路基於理論之動態重配置與可適性

資源管理機制及效能分析

許家豪 柯開維 吳和庭 蔡鎮年

國立台北科技大學資訊工程系

s2598016@ntut.edu.tw, kwk@csie.ntut.edu.tw, s3419009@ntut.edu.tw

摘要

本論文旨在探討無線網路頻寬資源使用上的問題，期盼能夠在滿足一定的 QoS (Quality of Service) 的前提下，找出最佳的頻寬配置方法。在本論文中，要解決的問題包括：允入控制 (admission control)、遞交呼叫的阻斷機率 (handover call blocking probability) 以及頻寬資源管理等。提出一個以無線通訊系統架構為基礎的串流服務情景，試著在「Single-Media 及 Multirate」服務層級下，以馬可爾夫決策過程理論 (Markov Decision Process, MDP) 為基礎，設計出多種頻寬資源管理方案，導入合理數據比較後找出最好的配置方法，讓珍貴的頻寬資源發揮其最大效用。

關鍵詞：可適性、資源重配置、馬可爾夫決策過程

一、緒論

隨著無線行動通訊技術與時俱進，以及電信自由化和使用者對無線頻寬數量無限需求的推動下，無線行動通訊的技術已有顯著的進步，從最早只能提供類比式語音服務的第一代行動通訊系統開始，如今已進入可提供影音數據傳輸等需要耗費大量無線頻寬資源服務的第三代行動通訊 (3G) 系統的時代，並朝第四代行動通訊 (4G) 系統邁進。

面對無線傳輸品質如此巨大的進步，傳統的文字或語音服務項目不僅無法符合廣大行動使用者 (mobile user) 的需求，也無法將行動通訊系統真正的效能發揮出來，再加上影像壓縮技術的進

步，各式各樣配合階層式編碼 (layered encoding) 技術的影音串流服務 (streaming service) 也因應而生，使用者可於任何時刻、任何地點透過手持裝置 (如 PDA、行動電話等) 盡情享用影音等需要大量傳輸流量的服務，而不必局限於固定時空之下以及忍受早期因頻寬不足而造成影音畫面斷斷續續的情況。

我們將使用者的通訊連線分成新呼叫 (new call) 與遞交呼叫 (handover call)，我們所在意的是當行動使用者因移動而遞交到其它基地台的服務範圍時，為了維持其服務品質，必須為遞交通話給予某種程度的保護，使通訊不因基地台間的遞交而造成過於頻繁的中斷，而影響通訊品質。類似這樣的問題都得靠良好的允入控制策略來解決，本論文便是想提出一個最佳的允入控制策略，來解決單一媒體通訊網路對頻寬資源使用率與保護遞交呼叫等的問題。

在無線資源管理的研究中，已有許多方法被提出來解決行動通訊系統允入控制及遞交呼叫的問題 [1-6]。傳統上，用來管理無線頻寬資源常見的做法有「complete sharing」、「complete partitioning」、「reservation」及「threshold」這三種，在文獻 [7] 裡證明 threshold 策略是三者間最好的，但無論如何，都不能算是最佳化的策略。有研究提出以馬爾可夫決策程序 (Markov Decision Process, MDP) 為基礎的允入控制策略 [3-6]，文獻 [8] 更證明此種方法能夠為我們求得最佳的資源管理機制。

本論文共分七節。第一節為緒論，敘述本研究之背景與動機。第二節說明無線行動通訊的技術背景。第三節介紹串流服務的應用。第四節則是系

統環境的描述。第五節為本論文所提出的三種允入控制策略。第六節則是數值分析的結果。最後第七節則是結論。

二、背景回顧

這裡將不詳細介紹無線通訊系統實際運作方法，僅從 3G[9]中選擇一個較著名的系統來介紹其在通道上的使用方法，讓大家更加瞭解「頻寬資源」的意義，以便和本論文所提出之頻寬配置法做一個對應。以下便針對 CDMA 無線通訊系統，在資源配置方法上做一個簡單的介紹。

寬頻分碼多工存取 (Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA) 系統是 IMT-2000 從各組織所提出的提案中，審核出做為無線傳輸技術的標準之一，主要是以高傳輸速率以及整合多樣化服務項目為主要訴求。

在 WCDMA 的空中介面裡和 GSM 的 TDMA 有所不同，而是使用分碼多工存取 (Code Division Multiple Access, CDMA) 的技術，調變技術則採用直接序列展頻碼 (Direct Sequence Spreading Code)，使不同實體通道間的使用者可以使用相同的頻率而不受干擾。每位行動使用者之間使用不同且彼此之間具有正交性 (orthogonality) 的通道碼 (channelization code)，然而頻道資源是依據正交展頻碼 (Orthogonal Spreading Code) 的分配使用而定。WCDMA 所採用的編碼技術為正交可變展頻係數碼 (Orthogonal Variable Spreading Factor Code, OVSF code)，而展頻碼的編碼則以 OVSF 碼樹 (code tree) 來表示，而每筆資料符號所能延展的數目我們稱之為展頻係數 (spreading factor)，使用者的傳輸速度則依據展頻係數的長短而定，係數愈小者速度愈快，但相對的在這個頻道裡頭所能提供的使用連線數量就會相對地減少。在 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) 的規格中，展頻係數的範圍是從 4~256。因此我們便將展頻係數視成在 WCDMA 裡頭的頻寬資源分配的基本單位。

三、串流服務

串流 (streaming) 技術，簡單地說就是使用者在播放 (playing) 放某個檔案時，仍然能夠同時下載它，存於緩衝區 (buffer) 內。當有即時應用 (real-time application) 的數位資訊以串流技術要傳送給觀看者 (viewer) 或收聽者 (listener) 時，這種傳輸方式並不要求在傳輸過程中能夠做到低延遲 (low delay)，但在使用過程中要能夠達到低間斷 (low jitter) 以及媒體同步 (media synchronization) 的播放服務品質，而這便是依靠緩衝技術 (buffering techniques) 做到的。

這樣的特性剛好符合媒體 (media) 服務的需求，也因此又被稱為「媒體串流 (streaming media) 服務」，然而各種使用於網際網路上之媒體串流服務，其項目非常多樣化，除了娛樂類的，也包含了其它應用，例如視訊會議、遠距教學以及隨選視訊 (video-on-demand) 等媒體服務。其他較為大家所熟悉的應用項目還有，「Internet Multimedia」、「Interactive Video Games」、「Personal Communication」、「Video Storage」、「Multimedia Email」、「Database Services and Archives」及「Video Surveillance」等等。

在單一媒體串流服務裡，假如我們僅提供一份固定的速率 (bitrate)、固定視訊品質的資料給使用者，假使這裡所提供的是最低頻寬保證值，相信一定沒辦法滿足大眾使用者的需求，礙於無線頻寬資源有限，於是有一種做法被提出來，即採用可調節式視訊編碼 (scalable video coding) 的方式，其做法是將一份資料 (可能是視訊或音訊資料) 壓縮成很多不同品質的串流資料，形成一種階層式編碼 (layered encoding) 的方式，如此便可依通訊狀況做選擇，也稱為時變 (time-varying) 頻寬或可適性 (adaptive) 媒體，來決定要以何種編碼方式，用多重速率 (multirate) 將資料傳送出去。例如，有使用者在觀看網路電視時，當網路傳輸速度慢時，我們便提供一個品質較差、每秒畫格數較少、速率較低的視訊服務給使用者，一旦網路所能負荷

的傳輸量增加時，便改變編碼方式，改成傳送視訊品質較佳的畫面內容給使用者觀看。

在現行的各種視訊編碼技術或標準已能提供彈性以適應不同速率環境。例如：H.263 可以做超低速率（約 10Kbps）視訊會議編碼；H.261 編碼則可達到 64Kbps~1.92Mbps；可以做交錯畫面為基礎之視訊編碼 MPEG-2 I-frame（單獨傳送）；以及 MPEG-2 whole-frame（視訊資料同時含 I, P, 及 B frames，bit rate 可達 4Mbps ~ 270Mbps），其中 I 畫面指 Intra-frame（需使用較高之 bit rate），P 畫面指 Predictive frame，B 畫面指 Bidirectional frame（需使用之 bit rate 最低）。再者，如現在甚受重視的 MPEG-4 標準，它更直接採用物件導向概念，將視訊/畫面分解為許多物件（稱為 audio-video object, AVO）的組合，不同的物件可以用不同的編碼/壓縮法，具備「以內容為基礎之可調性（content-based scalability）」，允許更容易彈性調整視訊/畫面內容、品質及複雜度。採用 MPEG-4 壓縮技術，所需要的傳輸速率可低至 5Kps~64Kps 以配合行動通訊，也可以高至 20Mbps 以配合電影品質輸出。

如此便會引申出兩個主要的問題，第一：使用者阻擋機率的問題，假如您是移動中的使用者，電影演到精彩處時而突然畫面中斷，這樣的系統您會使用嗎？因此，如何在不影響公平性（指的是並不能為了保護遞交呼叫，而造成新呼叫的阻擋機率反而過高的情形發生）的前提下，將系統的遞交阻擋率維持在一定的範圍內，是一項重要的課題。第二：系統頻寬使用率的問題。一個媒體應用動輒需要數十 MB（Megabyte）甚至更大的空間。以三十分鐘數位電視品質的視訊為例，因為其每秒視訊為 16 畫面（frame），每個畫面為 640 x 480 像素（pixel），若每個像素使用 16 位元（16bits 色彩）來表示其顏色，三十分鐘的視訊將總共需要 17.69GB（GigaBytes）。這樣大的資料量要在資源有限的無線通訊裡傳輸，可能整個頻寬資源幾乎已被單一使用者用盡，而所剩的頻寬數量可能因無法滿足其它使用者媒體服務的基本頻寬需求，而造成

了頻寬資源的浪費。

在加入各種考量之後（如保證遞交呼叫阻擋機率的最高上限等），配合適當的機制（如編碼機制、可適性調整機制等），設法讓有限的無線頻寬資源發揮其最大效用，也就是設法將資源使用率（定義為「平均使用掉的頻寬資源 / 頻寬資源總數量」）提升，以提供更多的使用者使用，這種問題有待大家來齊力解決，以免讓珍貴的無線頻寬資源，因不當的使用方法而造成浪費。

四、系統描述

在一個無線通訊的環境裡，每一個基地台所能提供的服務範圍可以視作一個六角形的細胞（cell），如圖 1 所示，在此後的研究中，都將以每一個獨立的細胞為單位，描述系統的狀態以及探討如何對頻寬資源做適當的配置。我們以 λ_n 表示每個基地台所能提供的頻寬資源，可以和前面對 WCDM 在頻道上的配置方法做一個對應。假設新呼叫的到達是呈卜松程序（Poisson process），也假設呼叫持續時間（session time，呼叫的產生到呼叫的結束所需時間）與呼叫存在時間（dwell time，使用者在某一個細胞中直到遞交到其他細胞前的呼叫時間）在每個細胞間互為獨立的，且呈指數分佈（exponential distribution）。關於「Single-Media and Multirate」的一些參數符號及其所代表的意義定義如下：

λ_n ：系統中新呼叫到達的速率。

λ_h ：系統中遞交呼叫到達的速率。

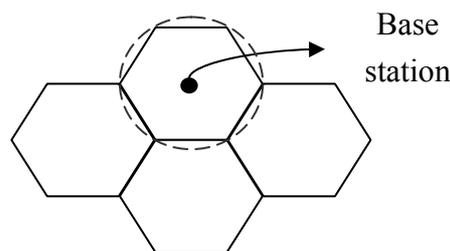


圖 1 基地台服務範圍模型

μ_s ：系統中呼叫結束而離開系統的速率。

μ_h ：系統中在這個細包裡的呼叫遞交到其它細包的速率。

我們可以求得在系統中呼叫的總到達率為 $\lambda = \lambda_n + \lambda_h$ ，而平均呼叫持續時間與平均呼叫存在時間分別可以表示為 $1/\mu_s$ 和 $1/\mu_h$ 。在一細胞內，不論使用者當時用掉多少頻寬資源，都得等到呼叫結速或是遞交到另一個細胞後，才會將其使用掉的資源給釋放出來，所以我們可以定義平均通道佔用時間為 $1/\mu$ ，附錄 A 證明頻寬資源佔用的時間也是呈指數分布，其平均值為 $1/\mu = 1/(\mu_s + \mu_h)$ 。

為了讓無線頻寬資源做更有效率的運用，有一個最基本的方法，就是配合階層式編碼的方式，讓每一個呼叫在頻寬資源的使用上皆能做可適性的調整，以多重速率的方式來傳送媒體資訊。在本論文中，所有針對單一媒體所提出的允入控制策略都有將這個基本機制納入其中。當系統使用這項機制，則任何一個行動使用者，在系統中所被分配的頻寬資源將會有多種可能，將之表示為 b_i ， $b_i \in \{b_1, \dots, b_j, \dots, b_k \mid b_j < b_{j+1}, \text{ for } 1 \leq j \leq k-1\}$ ，並定義 $\mathbf{B} = (b_1, \dots, b_k)$ ，其中 k 表示針對呼叫做可適性頻寬調整配置的範圍，也代表著編碼的種類數量。

另外，我們把系統中到達與離去的關係利用馬爾可夫程序 (Markov process) 建模，而把系統所處狀態表示為： $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_k)$ ，其中 x_i 代表使用頻寬數量為 b_i 的使用者的個數， $1 \leq i \leq k$ 。系統的狀態數目會因為 C 及其所使用的編碼種類而有所不同，我們以 Ω 做為狀態空間的集合，即：

$$\Omega = \{\mathbf{x} \mid \sum_{i=1}^k b_i x_i \leq C \text{ and } x_i \geq 0 \text{ for all } 1 \leq i \leq k\} \quad (1)$$

表示在任一個狀態下，所有使用者所用掉頻寬資源的總和，均不可超過系統整體所提供的頻寬資源總

量。

五、基於 MDP 之允入控制策略

在我們提出以 MDP 為基礎的允入控制策略裡，當有事件發生時，意即有呼叫進入或離開系統時，系統會對此事件有所回應，包括了決定是否要接受這個呼叫，對呼叫要求以及當有呼叫離開系統的後續處理動作。對於每一個狀態所做的動作我們稱為決定 (decision)，將每一個狀態所做的決定集合起來我們稱之為允入控制策略 (admission control policy)。實際上我們只會針對是否接受呼叫而有所考量，因為當呼叫結束或需要遞交時，一定可以順利離去。因此狀態的動作描述可表示為：

$$A = \{\mathbf{a}_{n,x,b_i}, \mathbf{a}_{h,x,b_i}, \mathbf{a}_{q,x,b_i}\}, \text{ where } 1 \leq i \leq k \quad (2)$$

其中：

\mathbf{a}_{n,x,b_i} ：代表系統針對新呼叫要求，而系統是

否接受此呼叫並配置給它 b_i 頻寬資源的回應動作，其結果將產生另一個新狀態。

\mathbf{a}_{h,x,b_i} ：代表系統針對遞交呼叫要求，而系統

是否接受此呼叫並配置給它 b_i 頻寬資源的回應動作，其結果將產生另一個新狀態。

\mathbf{a}_{q,x,b_i} ：代表系統針對有一個使用頻寬為 b_i

的呼叫，不論是因呼叫結束或是遞交到其它細包時所做的回應動作，其結果將產生另一個新狀態。

即 \mathbf{a}_{n,x,b_i} 、 \mathbf{a}_{h,x,b_i} 及 \mathbf{a}_{q,x,b_i} 表示系統在各種策略下的

回應動作，依不同的允入控制策略，將有相對應的事件回應處理方法，這些回應動作也將影響呼叫是否能夠進入系統、系統之下一個可能狀態以及系統所能服務的使用者數量，其目的都是希望能使用較

好的機制，來提升無線頻寬資源的使用率。然而，當系統接受新或遞交呼叫之後的 \mathbf{a}_{n,x,b_i} 及 \mathbf{a}_{h,x,b_i} 並不一定只有一種處理方法，相同的，當有呼叫離開系統時， \mathbf{a}_{q,x,b_i} 也不只有一種處理方法。例如，若我們使用 ADRA 的機制，在資源的重配置上將會有許多種可能（至於如何配置，往後的論文中將做更詳細的說明），本論文的做法是將所有可能都列出來，再交由 MDP 去決定出那一種處理方法能夠獲得最大的收益。

大致介紹完 \mathbf{a}_{n,x,b_i} 、 \mathbf{a}_{h,x,b_i} 及 \mathbf{a}_{q,x,b_i} 三者所代表的含意後，我們另外定義兩個關於系統是否接受新或遞交呼叫的參數符號：「 d_n 」及「 d_h 」。當系統處於狀態 \mathbf{x} 時，若有新或遞交呼叫產生時，並不一定能夠使它順利進入系統，還需視所選用的策略以及系統所剩餘的頻寬資源而定，也因此系統所能挑選的回應動作也會有所不同，若 $\mathbf{a}_{n,x,b_i} = \mathbf{0}$ ，則表示系統將阻擋新呼叫的進入，此時 $d_n = 0$ ；反之，當 $\mathbf{a}_{n,x,b_i} \neq \mathbf{0}$ ，則表示系統將接受新呼叫的進入，那麼 $d_n = 1$ 。若 $\mathbf{a}_{h,x,b_i} = \mathbf{0}$ ，則表示系統將阻擋遞交呼叫的進入，此時 $d_h = 0$ ；反之，當 $\mathbf{a}_{h,x,b_i} \neq \mathbf{0}$ ，則表示系統將接受遞交呼叫的進入，那麼 $d_h = 1$ 。

狀態 \mathbf{x} 的動作描述空間 A_x 是一個 A 的子集合，視狀態事件及允入策略而定。不論是對新或遞交呼叫所做的回應動作，都將會產生一個新的狀態 \mathbf{y} ，至於下一個狀態會是什麼，得視這個狀態所發生的事件及其所選擇的回應動作而定。同理，當有使用者離開時亦然。整理如下：

$$\mathbf{y} = \begin{cases} \mathbf{x} + \mathbf{a}_{n,x,b_i}, & \text{if a new call arrives.} \\ \mathbf{x} + \mathbf{a}_{h,x,b_i}, & \text{if a handover call arrives.} \\ \mathbf{x} + \mathbf{a}_{q,x,b_i}, & \text{if a call departs.} \end{cases} \quad (3)$$

當狀態為 \mathbf{x} 且選擇了動作 \mathbf{a} 前，所停留在此狀態的平均停留時間（expected sojourn time）為：

$$\tau(\mathbf{x}, \mathbf{a}) = \left[\lambda_n d_n + \lambda_h d_h + \left(\sum_{i=1}^k x_i \right) \mu_s + \left(\sum_{i=1}^k x_i \right) \mu_h \right]^{-1} \quad (4)$$

當狀態為 \mathbf{x} 且選擇了動作 \mathbf{a} 後，系統會轉移到狀態 \mathbf{y} 的機率（其中 \mathbf{y} 視不同的允入控制策略而不同，將於以後詳述），我們以 $P(\mathbf{y} | \mathbf{x}, \mathbf{a})$ 表示：

$$P(\mathbf{y} | \mathbf{x}, \mathbf{a}) = \begin{cases} (d_n \lambda_n + d_h \lambda_h) \tau(\mathbf{x}, \mathbf{a}), & \text{if } \sum_{i=1}^k y_i = \sum_{i=1}^k x_i + 1 \\ \left(\sum_{i=1}^k x_i \right) (\mu_s + \mu_h), & \text{if } \sum_{i=1}^k y_i = \sum_{i=1}^k x_i - 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

另外我們還需要定義收益率（reward rate），表示為 $r(\mathbf{x}, \mathbf{a})$ ，意思是系統在狀態 \mathbf{x} 且選擇了動作 \mathbf{a} 前，每單位時間可以獲得多少收益，這裡我們將之對應到頻寬資源的使用率（utilization），表示為：

$$r(\mathbf{x}, \mathbf{a}) = \sum_{i=1}^k b_i x_i \quad (6)$$

我們使用資料轉移（data transformation）的方法將上述的連續時間馬爾可夫鏈模型轉換成離散時間馬爾可夫鏈模型，使兩個模型下每個策略的單位時間平均收益相同。

現在我們從離散的模型裡搜尋出最佳的允入策略，我們定義一組在狀態 \mathbf{x} 做 \mathbf{a} 動作的決定變數（decision variable） $u(\mathbf{x}, \mathbf{a})$ ，並列出線性規劃方程組，在最佳化搜尋的過程中決定出這些值，以求得頻寬資源的最佳使用率。

之前有提到我們之所以使用線性規劃法的方式來求 MDP 解的原因，除了它可以為我們求得允入控制的最佳策略外，還可以依我們的需要加入限制條件，在本論文中將加入的限制條件就是為遞交

呼叫的阻擋機率設定一個上限值，以 P_{BH} 表示之，以讓大部分的行動使用者在遞交時，都能順利地和新的基地台建立連線，而不會造成通訊的中斷。這裡我們所想要深入探討的議題是，在我們為遞交呼叫阻擋機率設定一個上限值之後，整個系統的最佳收益，也就是系統頻寬資源使用率會是多少。如何提高無線系統頻寬資源使用率的最佳允入控制策略可以由下列的線性方程組 ((7) 式至 (11) 式) 來求得：

Maximize :

$$U = \sum_{\mathbf{x} \in \Omega} \sum_{\mathbf{a} \in A_{\mathbf{x}}} r(\mathbf{x}, \mathbf{a}) \tau(\mathbf{x}, \mathbf{a}) u(\mathbf{x}, \mathbf{a}), \forall \mathbf{x} \in \Omega \quad (7)$$

Subject to :

$$\sum_{\mathbf{x} \in \Omega} \sum_{\mathbf{a} \in A_{\mathbf{x}}} \tau(\mathbf{x}, \mathbf{a}) u(\mathbf{x}, \mathbf{a}) = 1 \quad (8)$$

$$\sum_{\mathbf{a} \in A_{\mathbf{y}}} u(\mathbf{y}, \mathbf{a}) = \sum_{\mathbf{x} \in \Omega} \sum_{\mathbf{a} \in A_{\mathbf{x}}} P(\mathbf{y} | \mathbf{x}, \mathbf{a}) u(\mathbf{x}, \mathbf{a}), \mathbf{y} \in \Omega \quad (9)$$

$$\sum_{\mathbf{x} \in \Omega} \sum_{\mathbf{a} \in A_{\mathbf{x}}} (1 - d_h) \tau(\mathbf{x}, \mathbf{a}) u(\mathbf{x}, \mathbf{a}) \leq P_{BH} \quad (10)$$

$$u(\mathbf{x}, \mathbf{a}) \geq 0, \mathbf{x} \in \Omega, \mathbf{a} \in A_{\mathbf{x}} \quad (11)$$

其中： $\tau(\mathbf{x}, \mathbf{a}) u(\mathbf{x}, \mathbf{a})$ 為當系統在狀態 \mathbf{x} 下做 \mathbf{a} 這個決定時平均停留時間的長期分數 (long-run fraction)。 $u(\mathbf{x}, \mathbf{a})$ 為當系統在狀態 \mathbf{x} 下做 \mathbf{a} 這個決定時的長期分數。(7) 式為求得系統頻寬資源最高使用率 (即求得最大獲益率) 之目標函式 (objective function)。(8) 式表示所有分數 $\tau(\mathbf{x}, \mathbf{a}) u(\mathbf{x}, \mathbf{a})$ 的合要為 1。(9) 式為離散時間馬爾可夫程序的平衡方程式，其代表的意涵是在長時間下每單位時間平均由狀態 \mathbf{y} 跳出去的數量要等於在長時間下每單位時間平均跳入狀態 \mathbf{y} 的數量。而 (10) 式即本論文中，為了將遞交呼叫阻擋機率限制在 P_{BH} 值之下所加上的條件式，其代表的意思是會

發生阻擋遞交呼叫的每一個狀態，其穩態機率 (steady state probability) 值的總合要小於或等於我們所設定的上限值，後面將做更詳細的介紹。(11) 式是針對決策變數所加上的限制條件，我們可將決策變數看成是在狀態 \mathbf{x} ($\mathbf{x} \in \Omega$) 下，會採用 \mathbf{a} ($\mathbf{a} \in A_{\mathbf{x}}$) 這項決定的機率，因此其值會大於或等於零。求得這個線性方程組可實現的 (feasible) 最佳化解集合 $u(\mathbf{x}, \mathbf{a})^*$ ，即代表對於「Single-Media and Multirate」這個系統的最佳允入控制策略。

接著介紹本論文所提出的三套頻寬資源允入控制策略最主要的部分，來說明前面所未清楚定義的「 \mathbf{a}_{n,x,b_i} 」、「 \mathbf{a}_{h,x,b_i} 」及「 \mathbf{a}_{q,x,b_i} 」。解釋每一個策略各是用什麼方法來處理新或遞交呼叫要求以及當有使用者要離開系統時等的事件，以提升系統整體對於頻寬資源的使用率。基本上在每一個機制裡頭， \mathbf{a}_{n,x,b_i} 和 \mathbf{a}_{h,x,b_i} 的事件處理方法可說是相同的，因為對基地台來講一樣都是對它提出頻寬的需求，至於 \mathbf{a}_{q,x,b_i} 則有明顯的差異。

(1) Adaptive Only(AO)允入策略

首先介紹本論文針對單一媒體所提出的第一套允入控制策略，稱為「Adaptive Only (AO)」，如同字面上的意思，我們僅對呼叫需求做可適性的調整，並不改變已配置給系統中現有使用者的頻寬資源。整套策略將分為兩部分來說明，第一是處理使用者對系統提出頻寬資源要求時的情況，也就是有行動使用者對基地台發出連線需求；第二是處理當使用者因結束通訊或遞交到其它細胞，而離開系統時的情況。

第一部分又分為兩種情形，第一是針對新呼叫需求事件而做的處理；第二是針對遞交呼叫事件而做的處理，但不論是那一種情形基本上的處理方式都是一樣，都是對呼叫需求做可適性頻寬資源調整配置。我們以圖 2 做說明，當有使用者提出呼叫要

求時，系統會去判斷現在頻寬資源是否能夠滿足此單一媒體的最低頻寬需求 (b_i)，也就是系統以最差的編碼方式將影音資料傳送給行動使用者觀看。若系統仍有多餘的資源，那麼就會接受此呼叫的要求，而這個呼叫所要求的頻寬資源數量是可以被系統做可適性的調整，這麼做有一個最主要的好處，就是讓系統可以容納較多的使用者，以提升資源的使用率，至於要以何種速率傳輸（即系統要配置多少頻寬資源），就交由 MDP 來決定出最佳的策略；相反的，若系統現在的負荷量已到了極限，就會將此呼叫要求阻擋下來。由以上的說明，我們以 (12) 式來表示 \mathbf{a}_{n,x,b_i} ，(13) 式來表示 \mathbf{a}_{h,x,b_i} ，代表系統處於狀態 \mathbf{x} ，假如拒絕此呼叫則不做任何處理；如果接受，就會對此呼叫做可適性的調整配置，給予 b_i 的頻寬資源，整理如下：

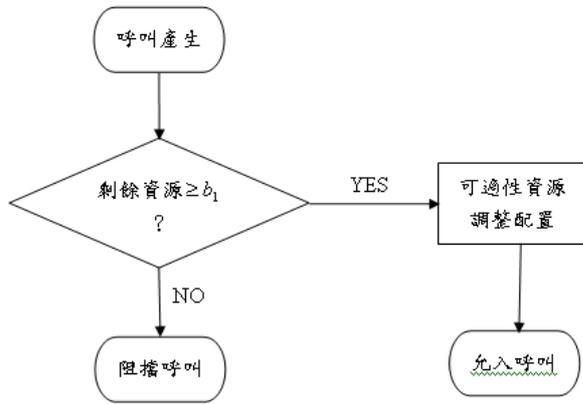


圖 2 AO 策略對呼叫要求事件處理的流程圖

$$\mathbf{a}_{n,x,b_i} = \begin{cases} \mathbf{0}, & \text{if reject the new call} \\ \mathbf{N} \triangleq (N_1, \dots, N_i, \dots, N_k), \\ \text{where } N_i = 1 \text{ and } N_j = 0, \forall j \neq i, & (12) \\ \sum_{l=1}^k (x_l + N_l) = \sum_{l=1}^k x_l + 1 \text{ and} \\ (\mathbf{x} + \mathbf{N})(\mathbf{B}^T) \leq C, \\ \text{if accept the new call} \end{cases}$$

$$\mathbf{a}_{h,x,b_i} = \begin{cases} \mathbf{0}, & \text{if reject the handover call} \\ \mathbf{H} \triangleq (H_1, \dots, H_i, \dots, H_k), \\ \text{where } H_i = 1 \text{ and } H_j = 0, \forall j \neq i & (13) \\ \sum_{l=1}^k (x_l + H_l) = \sum_{l=1}^k x_l + 1 \text{ and} \\ (\mathbf{x} + \mathbf{H})(\mathbf{B}^T) \leq C, \\ \text{if accept the handover call} \end{cases}$$

現在來詳細說明式 (12)，當系統處於狀態 \mathbf{x} ，有新呼叫產生並向基地台提出連線需求，系統便會從多種針對新呼叫事件的回應方法中，選擇一個最能提高系統頻寬資源使用率的回應方法「 \mathbf{a}_{n,x,b_i} 」，若系統所選擇的回應處理方法：

$\mathbf{a}_{n,x,b_i} = \mathbf{0}$ ，則代表系統將會拒絕新呼叫的進入；

反之，若 $\mathbf{a}_{n,x,b_i} = \mathbf{N}$ ，便會對此新呼叫所要求的頻

寬數量做可適性調整，式中 $(N_1, \dots, N_i, \dots, N_k)$ 即是對新呼叫頻寬需求做可適性調整的動作，假使

$N_i = 1$ 且 $N_j = 0, j \neq i$ ，則代表系統會配置頻

寬 b_i 給此新呼叫，而系統內使用頻寬數量為 b_i 的

使用者個數也會加 1，待新呼叫進入系統之後，系

統內所有使用者所使用的頻寬資源總數不得超過

系統所提供的資源總數 C ；同理，式 (13) 也是

代表同樣的意思，差別在於，它是針對遞交呼叫所

做的處理。

再來將就整套策略的第二部分做一個說明，如

圖 3 所示，這時的處理比較簡單，當有呼叫要離開

系統時，就直接讓它離開，系統回收此呼叫所釋放

出來的頻寬資源。這裡以 (14) 式來表示 \mathbf{a}_{q,x,b_i} ，

$$\mathbf{a}_{q,x,b_i} = \begin{cases} \mathbf{0}, & \text{if } x_i = 0 \\ \mathbf{Q} \triangleq (Q_1, \dots, Q_i, \dots, Q_k), & \\ \text{where } Q_i = -1 \text{ and } Q_j = 0, \forall j \neq i, & \\ \text{and } \sum_{l=1}^k (x_l + Q_l) = \sum_{l=1}^k x_l - 1, & \\ \text{if } x_i \neq 0 \end{cases} \quad (14)$$

列出狀態 \mathbf{x} 對呼叫離開事件的所有處理方法。假使在狀態 \mathbf{x} 中所選擇的動作若為 $\mathbf{a}_{q,x,b_i} = \mathbf{0}$ ，就表示系統內目前的使用者總數為零，不會有任何針對呼叫離開系統的處理動作；反之，若所選的動作為 $\mathbf{a}_{q,x,b_i} = \mathbf{Q}$ ，就表示系統中會有某一個使用者將離

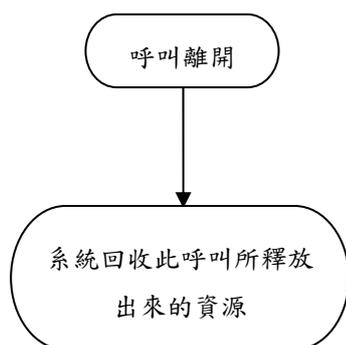


圖 3 AO 策略對呼叫離開系統事件處理的流程圖

開系統，且呼叫離開後會釋放出來的頻寬資源為 b_i 。式中的 $(Q_1, \dots, Q_i, \dots, Q_k)$ 即代表所有呼叫會離開系統的可能。 $Q_i = -1$ 且 $Q_j = 0, j \neq i$ ，即表示會有一個使用 b_i 頻寬的呼叫離開系統，而系統中所有使用 b_i 頻寬的使用者個數也將減 1。

(2) Adaptive and Dynamic Reallocation Finally(ADRF)允入策略

現在來介紹本論文中針對單一媒體所提出的第二套允入控制策略，稱為「Adaptive and Dynamic

Reallocation Finally (ADRF)」，如同字面上的意思，我們除了對呼叫需求做可適性的調整外，當剩餘頻寬資源無法提供使用者最低頻寬需求，但目前系統中使用者的總數量還未超過系統所能承受的最大使用者數量時，就將系統整體頻寬資源使用的情況做一個動態重新配置，從其他使用者調配出足夠的頻寬來讓新呼叫使用。整套機制如同 AO 策略一樣，可分為兩大部分（對新或遞交呼叫及呼叫離開系統事件的處理）來說明其運作情形。

在第一部分裡，系統在處理新呼叫或遞交呼叫需求時的方法，也都是一樣，除了對呼叫需求做可適性的調整之外，當剩餘頻寬資源不足時，若目前系統中使用者的總數量尚未超過系統所能承受的最大使用者數量時，系統就會要求其他使用者讓出已配置給其使用的頻寬資源。我們以圖 4 來做說明，當有呼叫產生時，系統會先去判斷目前系統內的使用者總數量，是否超過系統整體所能負荷的最大使用者數量，這麼做是想先知道，做資源重配置後是否能發揮效用，若是超過了，則此呼叫將會被系統阻擋掉；假使還沒超過，系統會再判斷目前所剩餘的頻寬資源能否供應此單一媒體呼叫的最低頻寬需求 (b_1)，也就是系統可以提供最差的編碼方式將影音資料傳送給行動使用者觀看，若答案是肯定的，那麼系統將會對此呼叫做可適性的調整，給予適當的頻寬數量；若答案是否定的，為了讓系統容納更多使用者，系統會要求其他已存在系統的使用者，讓出其正在使用中的部分頻寬資源，改用較差的編碼方式（即較低的傳輸速率）來傳送單一媒體資料，讓系統有多餘的資源以提供新呼叫使用。系統會將整體頻寬資源做一個動態重新分配，列出所有可能，至於誰該讓、讓多少，則交由 MDP 來決定出最佳策略。當系統重新配置頻寬資源後，仍然得對此呼叫要求做可適性的調整，配置給適當的頻寬資源，同樣的，要配置多少仍交由 MDP 決定。

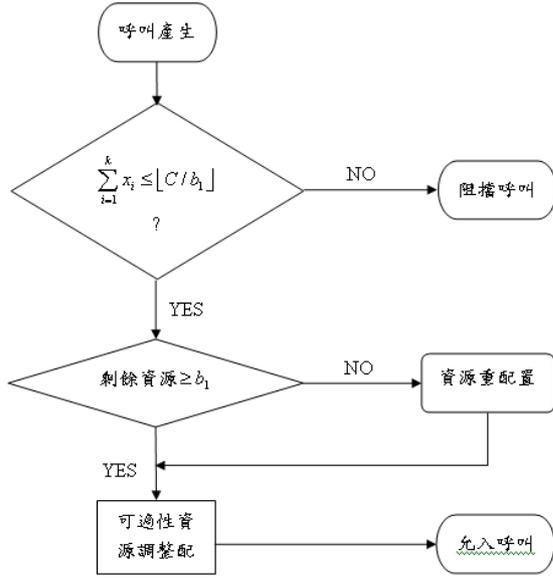


圖 4 ADRF 策略對呼叫要求事件處理的流程圖

由以上的說明，我們以 (15) 式來表示 \mathbf{a}_{n,x,b_1} ，

(16) 式來表示 \mathbf{a}_{h,x,b_1} ，代表在狀態 \mathbf{x} ，假使拒絕

此呼叫則不做任何回應處理；若是接受，假如現有的頻寬資源足夠，則做可適性的資源調整配置，給予 b_1 頻寬資源；若剩餘頻寬不足 b_1 ，那麼就需要做動態性的資源重配置，最後再做可適性的資源調整配置。

現在讓我們來詳細說明 (15) 式，當系統處於狀態 \mathbf{x} ，有新呼叫產生並向基地台提出連線需求，系統便會從多種針對新呼叫事件的回應方法中，選擇一個最能提高系統頻寬資源使用率的回應方法

「 \mathbf{a}_{n,x,b_1} 」，若系統所選擇的處理方法為

$\mathbf{a}_{n,x,b_1} = \mathbf{0}$ ，則代表系統將會拒絕新呼叫的進入；

若 $\mathbf{a}_{n,x,b_1} = \mathbf{N}$ ，則代表系統將會接受此新呼叫。當

系統決定讓此呼叫進入系統後，會先判斷目前剩餘頻寬資源是否大於或等於 b_1 ，若足夠則會對此新呼

叫所要求的頻寬數量做可適性調整，式中 \mathbf{a}_{n,x,b_1}

的第二種可能即是代表此種現象，做法和 AO 策略

$$\mathbf{a}_{n,x,b_1} = \begin{cases} \mathbf{0}, & \text{if reject the new call} \\ \mathbf{N} \triangleq (N_1, \dots, N_i, \dots, N_k), & \text{where } N_i = 1 \text{ and } N_j = 0, \forall j \neq i, \\ & \sum_{l=1}^k (x_l + N_l) = \sum_{l=1}^k x_l + 1 \text{ and} \\ & (\mathbf{x} + \mathbf{N})(\mathbf{B}^T) \leq C \\ \text{if residue capacities} \geq b_1 \\ \mathbf{N} \triangleq (N_1, \dots, N_i, \dots, N_k), & \text{where } 0 \leq |N_i| \leq \sum_{l=1}^k x_l + 1, 1 \leq i \leq k, \\ & \sum_{l=1}^k (x_l + N_l) = \sum_{l=1}^k x_l + 1 \text{ and} \\ & (\mathbf{x} + \mathbf{N})(\mathbf{B}^T) \leq C \\ \text{if residue capacities} < b_1 \\ \text{if accept the new call} \end{cases} \quad (15)$$

$$\mathbf{a}_{h,x,b_1} = \begin{cases} \mathbf{0}, & \text{if reject the handover call} \\ \mathbf{H} \triangleq (H_1, \dots, H_i, \dots, H_k), & \text{where } H_i = 1 \text{ and } H_j = 0, \forall j \neq i, \\ & \sum_{l=1}^k (x_l + H_l) = \sum_{l=1}^k x_l + 1 \text{ and} \\ & (\mathbf{x} + \mathbf{H})(\mathbf{B}^T) \leq C \\ \text{if residue capacities} \geq b_1 \\ \mathbf{H} \triangleq (H_1, \dots, H_i, \dots, H_k), & \text{where } 0 \leq |H_i| \leq \sum_{l=1}^k x_l + 1, 1 \leq i \leq k, \\ & \sum_{l=1}^k (x_l + H_l) = \sum_{l=1}^k x_l + 1 \text{ and} \\ & (\mathbf{x} + \mathbf{H})(\mathbf{B}^T) \leq C \\ \text{if residue capacities} < b_1 \\ \text{if accept the handover call} \end{cases} \quad (16)$$

相同，這裡就不重複詳述之；相反地，當剩餘頻寬資源小於 b_i 時，便會對系統整體資源做動態重配置，讓系統有多餘的頻寬資源，供新呼叫的使用，

式中 \mathbf{a}_{n,x,b_i} 的第三種可能即代表此種現象，這裡的

$(N_1, \dots, N_i, \dots, N_k)$ 除了代表調整系統內每一種速率的現有使用者數量外，還要對新呼叫需求做可適性頻寬資源調整的處理，其中 N_i 為調整狀態 \mathbf{x} 中使用頻寬 b_i 呼叫的個數，包括增加一個使用 b_i 頻寬數量的新呼叫。調整（增加或減少）系統內每一種速率目前的使用者數量，其數值可正可負，但能調多少有一定的限制，即系統內使用者的總量不得任意增加也不能減少。待回應動作處理完畢，即新呼叫順利進入系統後，所有使用者所使用的頻寬資源總數不得超過系統所提供的資源總數 C 。同理，式（16）也是代表同樣的意思，差別在於，它是針對遞交呼叫所做的處理。

再來就整套策略的第二部分做一個說明，如圖 5 所示，這裡對於有呼叫要離開時的處理較為複雜一些。當有呼叫要離開系統時，因為在有呼叫進入系統時，可能曾經向別的使用者要求讓出頻寬資源的動態重配置動作，因此在這裡我們也必須將所釋放出來的資源還給使用者，所以系統會將頻寬資源做一個重分配的動作，讓某些使用者能夠提升到較快的傳輸速率，收到品質較好的媒體檔案，希望能夠讓系統頻寬資源的使用率隨時都保持在最佳狀

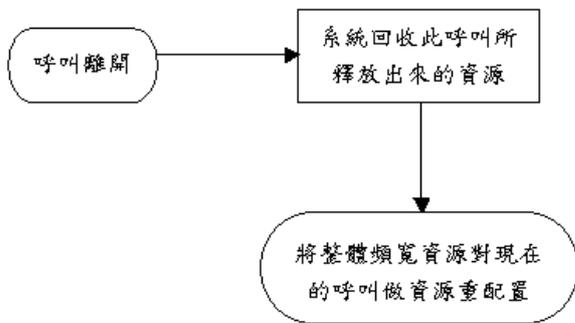


圖 5 ADRF 策略對呼叫離開系統事件處理的流程圖

態，至於還給誰、還多少，則交由 MDP 來決定出最佳策略。

因為所有使用者都有可能離開，且歸還資源的結果不只有一種，這裡以（17）式來表示 \mathbf{a}_{q,x,b_i} 所有可能的情況。

$$\mathbf{a}_{q,x,b_i} = \begin{cases} \mathbf{0}, & \text{if } x_i = 0 \\ \mathbf{Q} \triangleq (Q_1, \dots, Q_i, \dots, Q_k), & \text{where } 0 \leq |Q_i| \leq \sum_{l=1}^k x_l - 1, 1 \leq i \leq k, \\ & \sum_{l=1}^k (x_l + Q_l) = \sum_{l=1}^k x_l - 1 \text{ and} \\ & (\mathbf{x} + \mathbf{Q})(\mathbf{B}^T) \leq C \\ \text{if } x_i \neq 0 \end{cases} \quad (17)$$

假使在狀態 \mathbf{x} 中所選擇的動作為 $\mathbf{a}_{q,x,b_i} = \mathbf{0}$ ，就表示系統目前的使用者總數為零，不會有任何針對呼叫離開的處理動作；反之，若所選擇的動作為

$\mathbf{a}_{q,x,b_i} = \mathbf{Q}$ ，就表示系統中會有某一個使用者將離開系統，且呼叫離開後會釋放出來的頻寬資源為 b_i ，系統會將此頻寬資源回收後，將整體頻寬資源對現在的呼叫做資源重配置，除了提供使用者更高的傳輸速率外，還能夠提高系統對頻寬的使用率。

式（17）中的 $(Q_1, \dots, Q_i, \dots, Q_k)$ 除了代表調整系統內每一種速率的現有使用者數量外，還包括有某一呼叫離開系統的情況，其中的 Q_i 表示調整狀態 \mathbf{x} 中使用頻寬 b_i 呼叫的個數，其中也包括扣除一個要求離開系統的呼叫。調整（增加或減少）系統內每一種速率目前的使用者數量，其數值可正可負，但能調多少有一定的限制，即系統內使用者的總量不得任意增加也不能減少。待回應動作處理完畢，即新呼叫順利離開系統後，所有使用者所使用的頻寬資源總數不得超過系統所提供的資源總數 C 。

(3) Adaptive and Dynamic Reallocation

Anytime(ADRA)允入策略

「Adaptive and Dynamic Reallocation Anytime (ADRA)」允入控制策略，如同字面上的意思，除了對呼叫要求做可適性調整外，且隨時對系統的頻寬資源做動態重配置的調整，目的是希望能夠讓系統隨時都準備好接受新的呼叫要求。整個策略如同前面兩個一樣，也分為兩大部分（對新或遞交呼叫及呼叫離開系統事件的處理）來說明其運作情形。

在第一部分裡，系統處理新呼叫和遞交呼叫需求事件時的方法也都相同，系統會先將所有頻寬資源做重新配置的動作，再對呼叫需求做可適性的調整。我們以圖 6 來做說明，當有呼產生時，系統會先判斷目前系統內的使用者總數量，是否超過系統整體所能負荷的最大使用者數量，這個前置動作是想先知道系統是不能還有能力容納新的呼叫需求，也就是即使透過資源重配置後，可否讓出足夠的頻寬資源供應新的使用者。假如系統內的使用者數量已飽和，則此呼叫需求將會被阻擋掉；若是未飽和，系統會將使用者手上擁有的頻寬資源做一個動態重新配置，有可能讓使用者維持原有的資源數量，也有可能因此而讓出部分的資源回歸給系統，給其它新進呼叫使用，至於誰該讓、讓多少的問題，則交由 MDP 來決定出最佳策略。做完資源動態重配置後，再就新呼叫的頻寬需求做可適性的調整，給予適當的頻寬數量，同樣的，讓配置多少也由 MDP 決定。

由以上的說明發現，系統對現有使用者做動態資源重配置的結果可能並不唯一，我們以 (18) 式來表示 \mathbf{a}_{n,x,b_i} ，(19) 式來表示 \mathbf{a}_{h,x,b_i} ，代表在狀態 \mathbf{x} ，假使拒絕此呼叫則不做任何回應處理；若是接受就會先做動態資源重配置，最後再做可適性的資源調整配置。

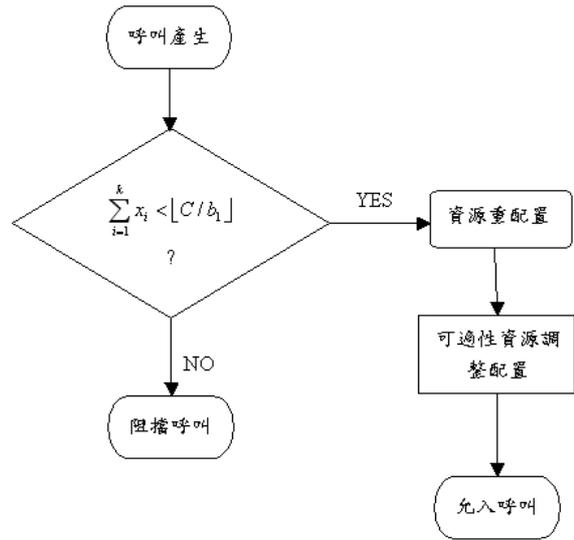


圖 6 ADRF 對呼叫要求事件處理的流程圖

現在來詳細說明 (18) 式，當系統處於狀態 \mathbf{x} ，有新呼叫產生並向基地台提出連線需求，系統便會從多種針對新呼叫事件的回應方法中，選擇一個最能提高系統頻寬資源使用率的回應方法「 \mathbf{a}_{n,x,b_i} 」，

若系統所選擇的處理方法為 $\mathbf{a}_{n,x,b_i} = \mathbf{0}$ ，則代表系

統將會拒絕新呼叫的進入；若 $\mathbf{a}_{n,x,b_i} = \mathbf{N}$ ，則代表

系統將會接受此新呼叫。當系統決定讓此呼叫進入系統後，便會對系統整體資源做動態重配置，讓系統對頻寬資源的使用率隨時都處於最佳狀態。式中的

$(N_1, \dots, N_i, \dots, N_k)$ 除了代表調整系統內每一種

速率的現有使用者數量外，還要對新呼叫需求做可適性頻寬資源調整的處理，其中“ N_i ”為調整狀態

\mathbf{x} 中使用頻寬 b_i 呼叫的個數，包括增加一個使用 b_i 頻寬數量的新呼叫。這裡對調整系統資源的限制，和 ADRF 策略需要做資源重配置時的限制相同。同理，式 (19) 也是代表同樣的意思，差別在於，它是針對遞交呼叫所做的處理。

$$\mathbf{a}_{n,x,b_i} = \begin{cases} \mathbf{0}, & \text{if reject the new call} \\ \mathbf{N} \triangleq (N_1, \dots, N_i, \dots, N_k), \\ \text{where } 0 \leq |N_i| \leq \sum_{l=1}^k x_l + 1, \quad 1 \leq i \leq k, & (18) \\ \sum_{l=1}^k (x_l + N_l) = \sum_{l=1}^k x_l + 1 \text{ and} \\ (\mathbf{x} + \mathbf{N})(\mathbf{B}^T) \leq C, \\ \text{if accept the new call} \end{cases}$$

$$\mathbf{a}_{q,x,b_i} = \begin{cases} \mathbf{0}, & \text{if } x_i = 0 \\ \mathbf{Q} \triangleq (Q_1, \dots, Q_i, \dots, Q_k), \\ \text{where } 0 \leq |Q_i| \leq \sum_{l=1}^k x_l - 1, \quad 1 \leq i \leq k, & (20) \\ \sum_{l=1}^k (x_l + Q_l) = \sum_{l=1}^k x_l - 1 \text{ and} \\ (\mathbf{x} + \mathbf{Q})(\mathbf{B}^T) \leq C, \\ \text{if } x_i \neq 0 \end{cases}$$

$$\mathbf{a}_{h,x,b_i} = \begin{cases} \mathbf{0}, & \text{if reject the handover call} \\ \mathbf{H} \triangleq (H_1, \dots, H_i, \dots, H_k), \\ \text{where } 0 \leq |H_i| \leq \sum_{l=1}^k x_l + 1, \quad 1 \leq i \leq k, & (19) \\ \sum_{l=1}^k (x_l + H_l) = \sum_{l=1}^k x_l + 1 \text{ and} \\ (\mathbf{x} + \mathbf{H})(\mathbf{B}^T) \leq C, \\ \text{if accept the handover call} \end{cases}$$

六、數值分析

介紹完本論文對單一媒體服務所提出的三種允入控制策略後，在這一節裡我們將對這些策略進行效能分析與比較。表 1 為系統相關參數的設定值，在實驗參數的設定中，我們定義系統中的正規負載（normalized offered load）於下：

$$\rho \triangleq \frac{b_k \frac{\lambda_n + \lambda_h}{\mu_s + \mu_h}}{C}. \quad (21)$$

再來就整套策略的第二部分做一個說明，這裡對呼叫要離開系統時的處理方式和 ADRF 策略的方法相同。都是當有呼叫要離開系統時，就會將其所釋放出來的資源再還給使用者，系統會再將資源做一個重分配的動作，盡量去提高每位使用者的傳輸速率，進而能夠提升系統整體對於頻寬資源使用的效率。相同的，狀態 \mathbf{x} 中任一呼叫隨時都可能會離開系統，且資源重配置的方法也不只有一種，我們以 (20) 式來表示 \mathbf{a}_{q,x,b_i} ，此式子所代表的意思可以參考 ADRF 策略中為 (17) 式所做的說明。

表 1 參數設定

所需參數	數值
系統頻寬資源總數， C	24
支援多速率傳輸種類， k	2
階層式編碼頻寬需求量， (b_1, b_2)	(3,6)
Average session time， $1/\mu_s$	1 / 0.002
Average dwell time， $1/\mu_h$	1 / 0.005

(1) 調整系統負載量：

首先，我們調整系統負載量來比較所提出的三套策略的效能，同時觀察系統負載量對頻寬資源的使用率以及系統的呼叫阻擋率有何影響。在實驗參數的設定上，把負載量從 0.2 一直增加到 1.6，其中新呼叫及遞交呼叫的比例為「1:0.5」，且將遞交呼叫的阻擋機率上限設為 0.01。在圖 7 中，當負載量持續增加時，系統頻寬使用率也隨之成長，唯獨在 AO 策略中，當負載量到達 1 時，其成長趨勢就呈現緩和的現象，且在到達 1.6 時，反而呈負向成長，這是因為在本論文所提出的機制中，都有對遞交呼叫的阻擋機率設一個上限，而這樣的情況正是為了保護遞交呼叫而發生的情形，在以線性方程組求得 MDP 最佳策略的過程中，為了保護遞交呼叫，而保留了部份的頻寬資源，才使得使用率反面呈現負成長。再來比較三套策略之間的關係，我們可以發現，ADRF 與 ADRA 這兩套策略都比 AO 策略還要來得好，尤其是當系統負載量愈大時，愈是明顯，這是因為 ADRF 與 ADRA 這兩項機制除了都有對呼叫做可適性的頻寬資源配置之外，另外還做了動態資源重配置，而且當呼叫離開時，也會將資源做動態重配置歸還給使用者，這麼做使得系統能夠將系統資源做最恰當的配置，不會浪費任何寶貴的無線資源。

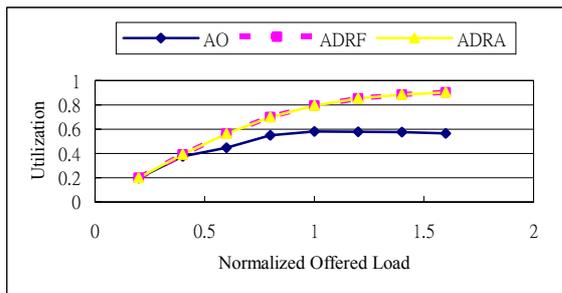


圖 7 調整負載量後，系統頻寬資源使用率情況

(2) 調整遞交呼叫阻擋機率的上线值：

再來，我們調整遞交呼叫阻擋機率上限來比較三套策略的效能，觀察調整遞交呼叫阻擋機率的上线值後，對頻寬資源的使用率以及系統的呼叫阻擋率有何影響，是否會因為限制放寬，使得頻寬資

源的使用率也隨之提升。在實驗參數的設定上，把遞交呼叫阻擋機率的上线值從 0.0025 調整到 0.025，藉由細微的調整來觀察變化的情形，而負載量則定為 1.5，新呼叫及遞交呼叫的比例仍維持「1:0.5」。在圖 9 中可以看到，證明前面所做的假設是正確的，當遞交呼叫阻擋機率上限值慢慢放寬後，系統的頻寬資源使用率也隨之提升。這是因為需要受到系統保護的遞交呼叫減少了，系統不必再預留頻寬資源來提高遞交呼叫的成功率，也因此，大部分的頻寬資源都能被盡量配置給使用者，所以頻寬資源的使用率也能夠得到提升。再細看三套策略的關係，發現 AO 策略的效能仍然是最差的，不過調高遞交呼叫阻擋機率的上线值，對它的影響較大，使其在頻寬資源使用率的改善較為顯著。

(3) 調整系統內新呼叫與遞交呼叫的比例：

最後，我們調整系統內新呼叫與遞交呼叫的比例來比較三套策略的效能，觀察調整遞交呼叫在系統內的比例後，對頻寬資源的使用率以及系統的呼叫阻擋率有何影響，是否會因為遞交呼叫比例的增加（這也意謂遞交呼叫的到達率上升），而使得頻寬資源的使用率也隨之下降。在實驗參數的設定

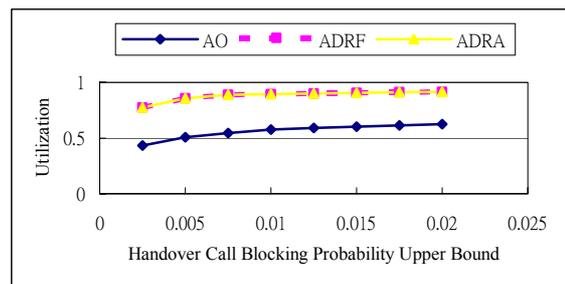


圖 9 調整遞交呼叫阻擋機率上限後，系統頻寬資源使用率情況

：系統的呼叫負載量定為 1，而遞交呼叫阻擋機率的上线值定為 0.01，把新呼叫和遞交呼叫的比例從「1:0」改變到「1:1」。在圖 10 中可以看到，AORF 與 AORA 這兩套策略因遞交呼叫到達率上升所受到影響較低，在頻寬資源的使用率上，僅有些微的

下降，反觀 AO 策略，其使用率下降的現象則非常明顯，這是因為其沒有對系統資源做重配置的關係，使得遞交呼叫數量增加時，系統為了達到遞交呼叫阻擋機率的上限值，因而必須保留更多的資源來確保遞交呼叫的成功。

七、結論

本論文提出三種允入控制策略來管理珍貴的無線頻寬資源，並提升系統對無線頻寬資源的使用率，以及保護遞交呼叫的成功率，即降低遞交呼叫的阻擋機率，創造系統業者與行動使用者雙贏的局面。

我們將三種允入控制策略應用於單一媒體行動通訊下，做深入的研究探討，並經由線性方程式的方法求得每一套策略的最佳解，比較各種策略所表現出來的效能後，經由數據分析，發現不論使用那一套策略，都能藉由 MDP 的方法，將遞交呼叫阻擋機率設定在一定的範圍之內；再看系統對無線頻寬資源使用率的情形，AO 策略在三種允入策略當中所表現出來的效能是最差的，反觀 ADRF 及 ADRA 這兩種策略的效能就好上許多，可以看到在單一媒體通訊系統中，不論系統在什麼時刻對資源做動態重配置的處理，都能夠讓無線資源的使用率獲得提升，並將系統阻擋機率維持在一定的範圍之內。

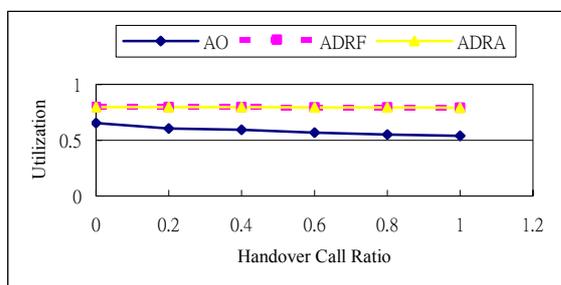


圖 10 系統內新呼叫與遞交呼叫的比例後，系統阻擋機率的情況

八、參考文獻

- [1] R. Ramjee, D. Towsley and R. Nagarajan, "On optimal admission control in cellular networks," *Wireless Networks*, vol. 3, no. 1, 1997, pp.29-41.
- [2] C-J Ho and C-T Lea, "Improving call admission policies in wireless networks," *Wireless Networks*, vol. 5, no. 4, 1999, pp. 257-265.
- [3] J. Choi, et al., "Call Admission Control for Multimedia Services in Mobile Cellular Networks: A Markov Decision Approach," *IEEE ISCC2000*, Antibes-Juan les Pins, July 2000, pp. 594-599.
- [4] Y. Xiao, C.L. Chen, and Y. Wang, "An Optimal Distributed Call Admission Control for Adaptive Multimedia in Wireless/Mobile Networks," *Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems*, 2000. *Proceedings. 8th International Symposium on*, San Francisco, CA, 2000, pp. 477-482.
- [5] Yang Xiao, C. L. Philip Chen, and Yan Wang, "Optimal Admission Control for Multi-Class of Wireless Adaptive Multimedia Services," *IEICE Transactions on Communications*, special issue on Mobile Multimedia communications, vol E84-B, no 4, April 2001, pp.795-804.
- [6] Kai-Wei Ke, Chii-Wei Tzeng, "Optimal Resource Allocation for Low-Earth Orbit(LEO) Satellite Networks with Multirate Traffics," *IEEE GLOBECOM*, GEN-14-6, Nov 2002, pp.1-5.
- [7] Keith W. Ross and Danny H. K. Tsang, "The Stochastic Knapsack Problem," *IEEE Transactions on Communications*, Austin, TX, vol. 37,no 7, July 1989, pp. 740-747.

- [8] K. W. Ross and D. H. K. Tsang, "Optimal Circuit Access Policies in an ISDN Environment: A Markov Decision Approach," *IEEE Trans. On Communications*, , Sept. 1989, pp.934-939.
- [9] Korhonen, Juha, *Introduction to 3G mobile communications-2nd ed.*, Artech House, 2003.

致 謝

本論文產出係國科會專題研究計畫案
NSC 91-2213-E027-003 補助下之後續研
究。