

於第四代行動通訊系統之資費分速傳輸研究

Cost-based Radio Resource Management with Multi-Rate Transmission in 4G Mobile Communication System

¹ 高誌陽
Chih-Yang Kao*

陳俊瑋
Chun-Wei Chen

銘傳大學電腦與通訊工程學系

Department of Information and Telecommunications Engineering,
Ming Chuan University
cykao@mail.mcu.edu.tw

摘要

在多細胞的無線通訊環境下，本研究考慮細胞間的交通並透過無線電資源管理(RRM)，提出資費權限分速機制(cost-based)。在進階長期演進技術(LTE-Advance, LTE-A)系統的系統時框(frame structure)中提供三種資費，分別提供使用者設備(user equipment, UE)有個別的傳輸速率進行分速限制，以避免UE在資源的競爭下造成不必要的資源浪費。當UE從其他細胞要交通進來系統(eNodeB)使用資源塊(resource block, RB)時，必須依照所提出的資費權限分速機制來進行資源的分配。在初步的模擬結果中可以觀察到，系統採用所提出的資費分速傳輸機制相對於目前的公平傳輸(fairness)的機制，系統可以獲得較低的傳輸失敗率。

關鍵字：第四代行動通訊、無線電資源管理、傳輸率、多重接收費率權限、交通

Abstract

In multicell environment, the cost-based multiple access of radio resource management (RRM) is considered in the handover procedure. In the frame structure of Long Term Evolution Advance (LTE-A), three costs are proposed to be followed by their respective transmission rates for preventing the low transmission rate from unnecessary resource contending. By handover UEs from another cell, resource blocks of the eNodeB could be also occupied under cost-based priority handover rules. The briefly simulation results are shown in this proposal that fail probabilities of cost-based multiple access are lower than that of fairness multiple access.

Keyword : LTE-A, RRM, Transmission rate, cost-based multiple access, handover

1. 簡介

第四代行動通訊(The 4th generation mobile communication systems, 4G)在越來越多的無線網路應用下，為了要在有限的頻寬中讓更多人可以使用到資源，所以使得無線電資源管理的議題更加重要，以現有的第三代行動通訊系統，包含了 WCDMA 以及 CDMA2000 兩種技術，近年來電信業者為了吸收更多用戶加入而大量推廣各種費率優惠方案，因此在短時間內快速增加非常大量的行動上網用戶，也增加了傳輸時壅塞的情形。根據消基會的抽樣調查[1]，台灣目前各大電信業者在 3G 網路的傳輸速率皆不超過 2Mbps，距離 3GPP 所制定的規範 Release8[2]還有一段落差，如表 1 所示，由此可見 3G 的頻譜已無法負荷目前龐大資料量的傳輸使用。

2011 年 LTE-A 的標準技術規格為第四代行動無線接取技術，在 3GPP 所提出的 Release10 版本中，其系統最高頻寬為 20MHz，針對靜態 UE 可提供下鏈路為 1Gbit/s 的資料傳輸率，另外在高速移動用戶也可提供下鏈路 100Mbit/s 的資料傳輸速率[3]，LTE-A 支援分頻多工(Frequency Division Duplex, FDD)以及分時多工(Time Division Duplex, TDD)使用者在高速移動的過程中會與基地台(eNodeB)進行交遞(handover)動作，在行動上網普及率的提升、用戶的增加以及交遞頻繁的發生皆會導致系統容量的不足[4]，因此必須解決容量不足及獲得更高速的上網速率。由於可用的傳輸資源有限，可是每位使用者的使用習慣皆不同，根據統計報導，吃到飽的費率模式造成了 15%的使用者佔用了超過 60%資源的窘境，使得其他 85%的消費者付了相同的錢卻無法享受到行動上網快速的便利，因此必須要有替代的方案可用來作為用戶在收費分級標準搭配資源分配的方法[5]。與鄰近日本業者 DOCOMO 做比較，如表 2 所示[6]，實施限速吃到飽以及不限速吃到飽兩種方案提供給消費者做選擇，利用資費資費以及傳輸量來限制使用者可用的資源，以保障高資費的消費者不會一直只能使用到極擁塞的網路傳輸速率。

為了降低壅塞的行動通訊網路狀態，並且可以區分不同 UE 傳輸速率需求和不同媒體之傳輸特性，讓資源分配可以更公平也更有效率，本研究基於 LTE-A 的多細胞系統架構，考量交遞(handover)運作，使鄰近基地台將交遞 UE 至本地基地台要求服務佔用 RB，本地基地台也會交遞 UE 至鄰近基地台要求服務佔用 RB。在這樣的無線電資源交換運作下，運用區分不同費率用戶的高/低速傳輸率之費率限速演算法，以及依照本研究所設定之傳輸媒體(語音、資料、串流)協定條件，進行性能的觀察與分析討論。依照 UE 的費率權限及使用的媒體種類，共分成了三個類型的傳輸區塊，包含高資費(high cost, σ_H)、中資費(medium cost, σ_M)以及經濟型資費(economic cost, σ_E)，以保障付費之用戶在使用不同媒體類型時，不受其他資費方案用戶的傳輸影響，擁有獨立的使用量。本研究亦根據當下的系統傳輸壅塞度(traffic)和通話到達率(call arrival rate)調整所有 UE 的傳輸率，確保兩基地台交遞過程中，本地基地台以及交遞近來的每個用戶都能使用到系統資源，以降低系統傳輸失敗率。

表 1 各家電信業 3G 平均上網傳輸率

電信業者	下載速率(Mbps)	上傳速率(Mbps)
中華電信	1.64	0.25
台灣大哥大	1.50	0.16
威寶電信	0.93	0.14
遠傳電信	0.90	0.12

表 2 日本 DOCOMO 電信月租費方案

日本業者	3G費率	4G費率	備註
DOCOMO	✓ 128k吃到飽/NT\$1053 ✓ 吃到飽/NT\$1995	✓ LTE 3GB/NT\$1645 ✓ LTE 7GB/NT\$1995	加購2GB/NT\$875

在本研究第二章會簡介 3GPP LTE 的基本架構和系統參數，以及無線電傳輸通道的特性，透過瑞利衰減通道(Rayleigh channel)，並且介紹無線電資源管理的應用。第三章將提出多細胞交遞機制下，資費分速傳輸機制演算法進行無線電資源管理以及三種不同 case 的降速機制。第四章為本研究的結論。

2. LTE-A 系統及無線通道

LTE 為 3GPP 所訂定的無線通訊網路標準，國際上已營運 LTE(Release 8)的國家都已經可以提供下行峰值速率及上行峰值速率分別為 100Mbps 及 50Mbps，在未來的 LTE-Advanced(3GPP LTE Release 10)甚至能提供 1Gbps 的下行峰值速率以及上行峰值速率為 500Mbps。在 LTE 的 frame structure 中，每一個 RB(resource block)為 12 個子載波(subcarrier)，以採用完整 20MHz 的頻寬有 1200 個子載波，因此 20MHz 的頻寬中有 100 個 RB，而每個時框(frame)有 10 個子時框(subframe)，每個 RB 為兩個時槽(slot)所組成，但由於兩個時槽為合作關係，因此無法獨立分離，每個時槽以 7 組 OFDM 符號(symbol)及 12 個子載波(subcarrier)所組成，以 SISO(signal input signal output)為例內含 8 個參考信號(reference signal)，LTE 每一次 frame time 時框的 RB 總數及 slot 的排列方法，如圖 1 所示。但由於各國頻譜發放情形不同，因此並非所有國家的 LTE 都有完整 20MHz 的頻寬，在 Release8 的規範中可以彈性調整為 5、10、15MHz 等頻寬以配合不同區域的頻譜使用情況[7][8]。

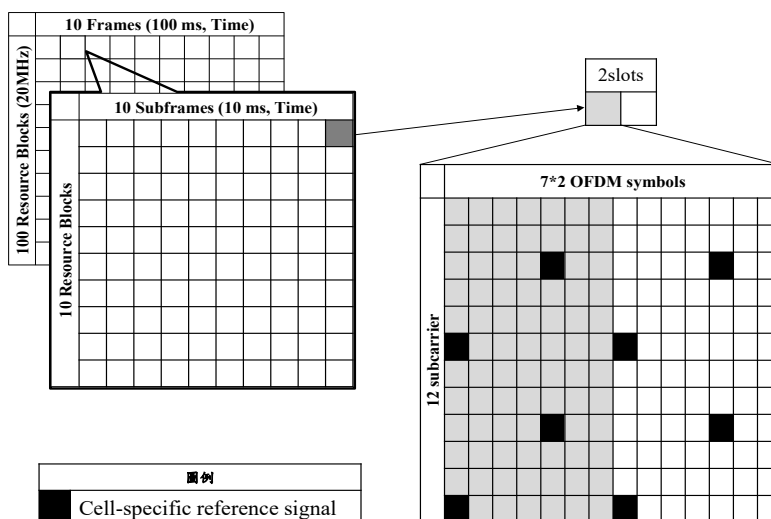


圖 1 LTE frame structure 示意圖

行動通訊的交遞基本上事發生在一個 UE 在兩個 eNodeB 的通訊連線轉移，以保持 UE 與系統的服務可以不中斷。通常無線訊號的連線以及系統的網路管理是造成 UE 與 eNodeB 交遞的最大主因。無線訊號所考慮的條件是 UE 與 eNodeB 的訊號強度(signal strength)，通常又以訊號的相位(signal phase)、位元錯誤率(BER)、載波干擾比(CIR)以及 UE 與 eNodeB 兩者間的距

離來做為交遞考量，交遞示意圖，如圖 2 交遞示意圖所示。在系統網路管理的部分又以細胞內的 UE 使用數量、完成服務的 UE 而離開的數量、因鄰近細胞交遞進來的數量、細胞內 UE 使用的流量大小等，都會影響到系統在面對交遞請求時的依據以及參考[9]。近年來由於都會區的人口急遽上升使得都會區系統的使用容量不敷使用，導致系統容納 UE 的大小不足，因此電信服務商在人口密集處廣泛的建置基地台，也導致在用戶在移動時也會因為訊號的衰減(fading)或是系統網路容量不足的原因而進行交遞，因此在交遞的過程中會有系統擁塞的問題發生，因此良好的無線電資源管理(RRM)可以改善 UE 的 QoS(quality of service)並且降低傳輸的失敗率，以維持用戶良好的通訊品質[10]。

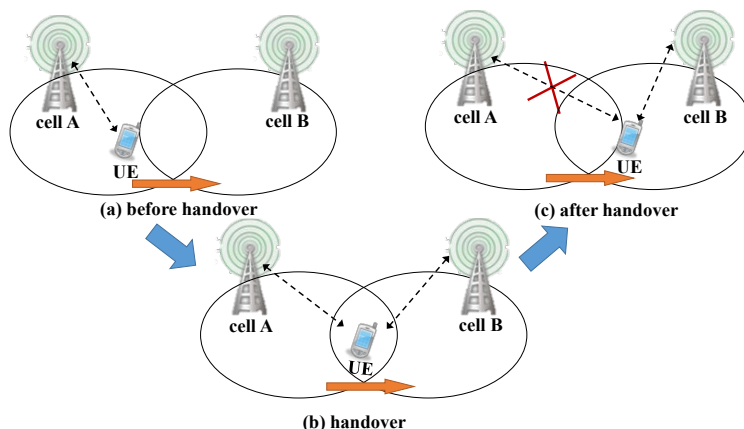


圖 2 交遞示意圖

3. 於 LTE-A 系統交遞服務之權限分速機制

本研究提出的無線電資源管理機制將用戶區分三種資費分別為高資費(high cost, σ_H)、中資費(medium cost, σ_M)及經濟資費(economic cost, σ_E)，機制中的三種資費有各自的 RB 個數使用比例，其總和為 1 ($\sigma_c, c=H, M, E$)，如式(1)所示，以避免不同資費互相佔用 RB 數導致像目前行動通訊的公平傳輸機制中所有人都被降為低速傳輸。

$$\sigma_H + \sigma_M + \sigma_E = 1 \quad (1)$$

在分速機制中的三種資費個別在 LTE 框架中作進行分類使用，將三種資費方案的用戶所能使用的 RB 總數各自獨立，在本研究中高資費(σ_H)在時框中的資源數量稱為(F_H)、中資費(σ_M)在時框中的資源數量稱為(F_M)、經濟資費(σ_E)在時框中的資源數量稱為(F_E)，則資源數量總和為總傳輸資源，經過資費方案分類後的時框架構圖如圖 2 所示，LTE-A 的框架為 10 個子載波(subcarriers)與 100 個 RB 所組成 1000 個 RB，如式(2)所示。

$$F_H + F_M + F_E = 1000 \quad (2)$$

此外，在同一個費率的傳輸內容中，還包含三種傳輸協定的媒體，分別是語音(voice, $\sigma_{V,c}$)、資料(data, $\sigma_{D,c}$)及串流(stream, $\sigma_{S,c}$)，其中下標 c 為費率標籤，系統依據上述之條件提供 UE 不同比例的 RB 個數以提供差異之傳輸速率，保障 UE 在 RB 的使用上有公平的資源分配。另外，在同一種費率狀態下，語音、資料及串流媒體也有各自的 RB 個數使用比例，其總和也為 1，如式(3)所示，讓使用不同媒體的用戶擁有不同的傳輸率以提高傳輸品質[11][12][13]。

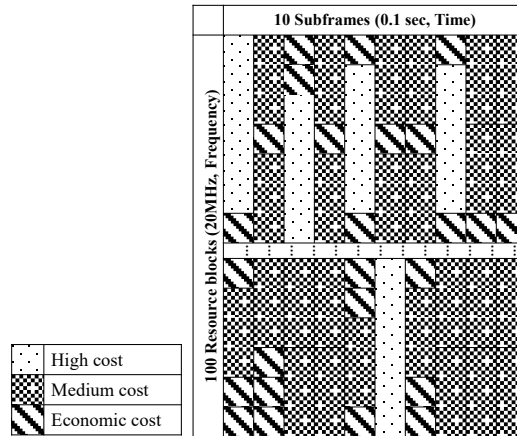


圖 3 時框以資費方案分區示意圖

$$\sigma_{V,c} + \sigma_{D,c} + \sigma_{S,c} = 1 \quad (3)$$

假設 λ 為總通話到達率，則各個費率的通話到達率 λ_c ，如式(4)所示

$$\lambda_c = \lambda \times \sigma_c \quad (4)$$

三種高、中、經濟型資費的系統到達人數分別為 $N_{arrival,H}$ 、 $N_{arrival,M}$ 、 $N_{arrival,E}$ 、 N_c 為用戶數 ($N_c = N_{arrival,H} + N_{arrival,M} + N_{arrival,E}$)、 $p(r)$ 為新通話產生的二項式機率、 $F(j)_{use}$ 系統正在使用的人數、 λ_c 系統到達率 T 為細胞內總人數，在第 j 個時框之產生，如式(5)所示，

$$p(r) = \binom{T - F(j)_{use}}{N_c(j)} \lambda_c^k (1 - \lambda_c)^{T - F(j)_{use} - N_c(j)}, N_c(j) \in \{0, \dots, T - F(j)_{use}\} \quad (5)$$

第 j 個時框的到達總人數，如式(6)所示，

$$N(j)_T = N(j)_{arrival,H} + N(j)_{arrival,M} + N(j)_{arrival,E} \quad (6)$$

為了在與對照組比較性能時可以公平，假設公平傳輸(無費率機制, fairness)時的下載暫存器為 B_T 、高資費下載暫存器為 B_H 、中資費下載暫存器為 B_M 及經濟資費的下載暫存器為 B_E ，公平傳輸與資費分速機制的暫存區總和 B_T 相同，如式(7)所示。

$$B_H + B_M + B_E = B_T \quad (7)$$

當系統新產生到達人數欲進入系統時，必須檢查系統是否有足夠的資源供新產生的 UE 進入系統使用資源，若是系統沒有足夠資源時，將會安排至該資費的 buffer 等待進入系統， $N(j)_{arrival_cellA}$ 為系統新產生的通話人數， $F(j-1)_{idle_cellA}$ 為系統實框中空閒的 RB，如式(8)、(9)、(10)所示

$$\begin{cases} F(j-1)_{idle_cellA} < N(j)_{arrival,H,cellA}, \text{ queue in high cost buffer} \\ F(j-1)_{idle_cellA} \geq N(j)_{arrival,H,cellA}, \text{ use frame resource} \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} F(j-1)_{idle_cellA} < N(j)_{arrival,M,cellA}, \text{ queue in medium cost buffer} \\ F(j-1)_{idle_cellA} \geq N(j)_{arrival,M,cellA}, \text{ use frame resource} \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} F(j-1)_{idle_cellA} < N(j)_{arrival,E,cellA}, \text{ queue in economic cost buffer} \\ F(j-1)_{idle_cellA} \geq N(j)_{arrival,E,cellA}, \text{ use frame resource} \end{cases} \quad (10)$$

若是系統所屬資費的 buffer(B) 排隊已滿，欲進入系統的 RB 將會無法進入排隊，若因為無法進入暫存器而因此會被列為 dropped 的 RB，將列入傳輸失敗統計，如式(11)、(12)、(13)所示

$$\begin{cases} B(j-1)_{idle,H,cellA} < N(j)_{arrival,H,cellA}, \text{ dropped} \\ B(j-1)_{idle,H,cellA} \geq N(j)_{arrival,H,cellA}, \text{ queue in high cost buffer} \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} B(j-1)_{idle,M,cellA} < N(j)_{arrival,M,cellA}, \text{ dropped} \\ B(j-1)_{idle,M,cellA} \geq N(j)_{arrival,M,cellA}, \text{ queue in medium cost buffer} \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} B(j-1)_{idle,E,cellA} < N(j)_{arrival,E,cellA}, \text{ dropped} \\ B(j-1)_{idle,E,cellA} \geq N(j)_{arrival,E,cellA}, \text{ queue in economic cost buffer} \end{cases} \quad (13)$$

由於 UE 裝置有移動性，為了 UE 與系統的連線不中斷，當 UE 需交遞時系統會請求相鄰之 eNodeB(*cell A*) 支援交遞時所需的資源分配，資費分速機制交遞系統示意圖，如圖 4 所示。

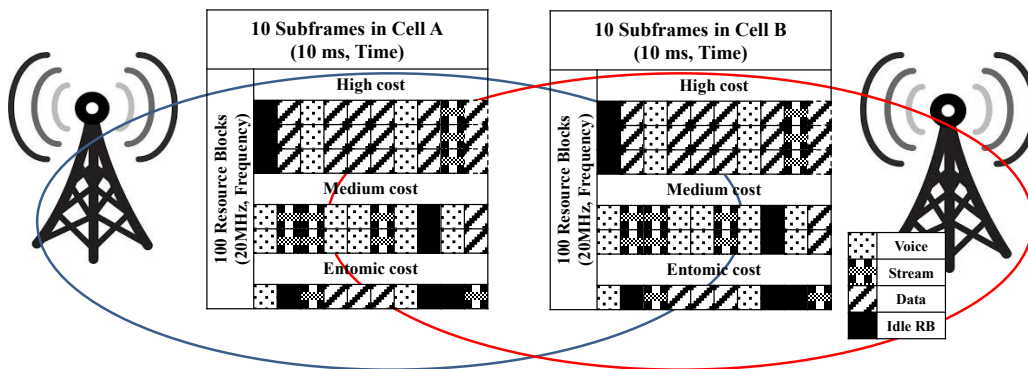


圖 4 時框以資費方案分區示意圖

假設在兩個 eNodeB 有進行交遞，且互用無線電資源下進行管理，所以假設編號 A 的 eNodeB 系統傳輸過程中有新到達的 UE 對 eNodeB 進行要求提供 RB 資源，eNodeB 因為建置的位置的不同以及尖峰時間的不同而導致系統所導致用戶需要交遞的人數會有所改變， F_{use} 為細胞內正在 (*cell B*) 通話的人數， $HO_{rate,cellB}$ 為用戶因為移動的因素導致訊號在細胞 (*cell B*) 內必須需要交遞至細胞 (*cell A*) 中所佔的比例，因此會因為不同的環境會有不同的交遞率，交遞到細胞 (*cell A*) 的人數為 $R_{HO,num,cellB}$ ，如式(14)所示。

$$R_{HO,num,cellB} = F_{use,cellB} \times HO_{rate,cellB} \quad (14)$$

當 UE 欲從鄰近細胞 (*cell B*) 欲交遞進來 eNodeB (*cell A*) 時，系統將會先判斷交遞進來的 UE 所使用的資費種類，並且透過檢查系統內上一個時框正在使用的高 ($R_{H,cellA}$)、中 ($R_{M,cellA}$)、經濟 ($R_{E,cellA}$) 資費的 RB 來判斷系統時框中是否有足夠的 RB 個數可供該交遞進來的 UE 使用空間的 RB，交遞進來的 RB 數依據三種資費分別為 $R_{HO,H}$ 、 $R_{HO,M}$ 、 $R_{HO,E}$ ，系統將檢查是否有 idle 的資源可供使用，若沒有空間的 RB 則列入該資費所屬 buffer 排隊等待進入系統， $R(i)_{T,cellA}$ 為系統時框的使用總量，如式(15)、(16)、(17)所示，

$$\begin{cases} F(j-1)_{H,cellA} - R(j)_{H,cellA} < R(j)_{HO_H,cell_B}, \text{queue high buffer} \\ F(j-1)_{H,cellA} - R(j)_{H,cellA} \geq R(j)_{HO_H,cell_B}, \text{use system resource} \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} F(j-1)_{M,cellA} - R(i)_{M,cellA} < R(i)_{HO_M,cell_B}, \text{queue high buffer} \\ F(j-1)_{M,cellA} - R(j)_{M,cellA} \geq R(j)_{HO_M,cell_B}, \text{use system resource} \end{cases} \quad (16)$$

$$\begin{cases} F(j-1)_{E,cellA} - R(j)_{E,cellA} < R(j)_{HO_E,cell_B}, \text{queue high buffer} \\ F(j-1)_{E,cellA} - R(j)_{E,cellA} \geq R(j)_{HO_E,cell_B}, \text{use system resource} \end{cases} \quad (17)$$

當該 RB 無法進入系統使用資源時，系統接著檢查 eNodeB(*cell A*) 是否有空閒的 buffer (B_{idle}) 提供 UE 進行排程等待，若系統有空閒的 buffer 將依據高 ($B_{H,cellA}$)、中 ($B_{M,cellA}$)、經濟 ($B_{E,cellA}$) 不同的資費，分別給予不同的 buffer 容量讓無法進入系統的 RB 做排程等待，若沒有空閒的 buffer 則直接將該 RB 列入 dropped 傳輸， $R(i)_{TH,cellA}$ 為暫存器的使用總量，如式 (18)、(19)、(20) 所示，

$$\begin{cases} B(j-1)_{TH,cellA} - B(j)_{H,cellA} < R(j)_{HO_H,cell_B}, \text{dropped} \\ B(j-1)_{TH,cellA} - B(j)_{H,cellA} \geq R(j)_{HO_H,cell_B}, \text{queue high buffer} \end{cases} \quad (18)$$

$$\begin{cases} B(j-1)_{TM,cellA} - B(j)_{M,cellA} < R(j)_{HO_M,cell_B}, \text{dropped} \\ B(j-1)_{TM,cellA} - B(j)_{M,cellA} \geq R(j)_{HO_M,cell_B}, \text{queue medium buffer} \end{cases} \quad (19)$$

$$\begin{cases} B(j-1)_{T,cellA} - B(i)_{E,cellA} < R(j)_{HO_H,cell_B}, \text{dropped} \\ B(j-1)_{T,cellA} - B(j)_{H,cellA} \geq R(j)_{HO_H,cell_B}, \text{queue economic buffer} \end{cases} \quad (20)$$

當 RB 等待到系統 eNodeB(*cell A*) 有足夠相同媒體種類的 RB 可供系統傳輸服務時，且在時框中空閒的 RB 足以提供傳輸服務，系統則進行下載服務，系統在 UE 傳輸完成前將持續檢查時框中的 RB 是否有需要進行交遞，否則將持續傳輸直到完成為止。三種費率的不同 UE 可以使用的總 RB 資源比率已於系統中限制，為避免三種資費的用戶在可用資源互相佔取資源，造成所有人都降速成低傳輸速率而導致系統反應變慢，不同費率的 UE 在 RB 的使用上不得去佔用其他費率空閒的 RB，必須在各個資費所使用相同費率的空閒 RB，使得進入系統使用資源以確保系統每位用戶都能使用道系統的資源資費分速交遞之 LTE-A 系統流程圖，如圖 5 所示。每個 UE 將會透過資費分速傳輸機制的無線電資源管理系統運作後，於 UE 提傳輸需求後，系統將會先判別 UE 的費率、媒體種類以及透過系統的擁塞程度，透過表 3 中依據不同資費方案來分配每個 UE 在一個時框中可以使用的 RB 個數，以達到使用者付費的概念。

此傳輸率調整機制中，當系統傳輸壅塞度，也就是新通話到達率 λ_L 較低(light)時，以低資費為例，本研究定義在新通話到達率 $\lambda < 0.1$ 時，高資費的用戶可以享有電信服務所提供最高速率，因此各個 UE 可在時框中被分配到最多的 RB 個數，中資費的則可以使用到最高速率的 85%，經濟型資費將可以使用到最高速率的 70%。隨著新通話到達率 λ 提高，表示系統傳輸量上升，即使是高資費的 UE 也必須要調整傳輸速率以降低系統容量不足的情形，當系統到達率較高時 $0.1 \leq \lambda < 0.3$ 。不管在高、中資費以及經濟資費的用戶將會調整其最高速限為 70%、55% 及 40% 為最高的傳輸速率，如果系統發生極度擁塞時 $\lambda \geq 0.3$ 系統會將各資費的用戶傳輸速率再降低，將資源可以分配給更多的 UE 以降低傳輸失敗發生。

表 3 傳輸率調整與費率之對照表

Categories of Data rate Data traffic Condition Identities(λ)	High Cost	Medium cost	Economic Cost
Light	Full data rate	85% Full data rate	70% Full data rate
Medium	70% Full data rate	55% Full data rate	40% Full data rate
Heavy	40% Full data rate	25% Full data rate	10% Full data rate

4. 模擬設定與結果分析

本研究假設傳輸過程經由瑞利(Rayleigh fading channel effect)衰減通道[14][15]，由於在 UEs 及 eNodeB 之間的訊號傳輸會有 Non-LOS(Non line of sight)的效應發生，由 Rayleigh 分佈的機率密度函數(Probability Density Function, PDF)進行接收功率之計算，以模擬各個 UE 的接收功率($P_{PO,cellA}$)，接收功率之隨機分布。當 UE 需要做交遞，而傳輸的過程因 Rayleigh 衰減，造成 UE 的接收功率過低導致傳輸失敗因而將傳輸的 RB 無法正常接收，若 eNodeB(*cell A*)的接收功率小於接收閾限值(P_{NL})時將造成傳輸失敗，如式(21)所示。

$$\begin{cases} P_{NL} \leq P_{PO,cellA}, \text{transmission complete} \\ P_{NL} > P_{PO,cellA}, \text{dropping} \end{cases} \quad (21)$$

當資料傳輸時因為受到瑞利衰減而造成 RB 無法傳輸，假設系統會依照媒體種類分配該所能使用的重傳機制，若是語音類型(voice)遇到無法傳輸時(dropped)，因為有時間的同步所以系統直接跳過該次時框的 RB，並繼續傳輸下一個 RB。串流類型(streaming)則可允許 3 次重傳機會，為維護使用者的最佳體驗，若在第四次 dropped 則判定傳輸失敗並空出資源提供給下一個新的 RB 使用。最後在傳輸資料類型(data)為了保持資料的完整性，系統採用盡力而為方式，不斷重傳至傳輸完成為止。資費分速傳輸機制之系統交遞運作流程圖，如圖 5 所示。

假設兩個相鄰的 eNodeB 分別假設位於市中心(*cell A*)，其設定的系統參數為細胞人數 500 人、系統完成率為 0.5、交遞到 B 細胞機率為 0.03；郊區用戶(*cell B*)，其所設定的系統參數為，細胞人數(*cell num*)為 500 人、系統完成率(*com rate*)為 0.5、交遞到 A 細胞之交遞率(*HO rate*)為 0.3。兩個 eNodeB 的 fail probability，如圖 6、圖 7，尖峰時刻用戶移動至市中心的比率較高，交遞率設定為 0.3 的用戶會交遞到 eNodeB(A)；而交遞到 eNodeB(B)的部分則設為 0.03。將既有的費率及媒體權限的機制下，加入一般傳統公平多工存取(fairness multiple access)的傳輸機制來做比較，因為可以發現在細胞 A 因為交遞進來的人數較多所以傳輸失敗率較細胞 B 還要高，可是在使用了費率及媒體權限的機制後傳輸失敗率較使用一般傳統公平多工存取的方式還低。

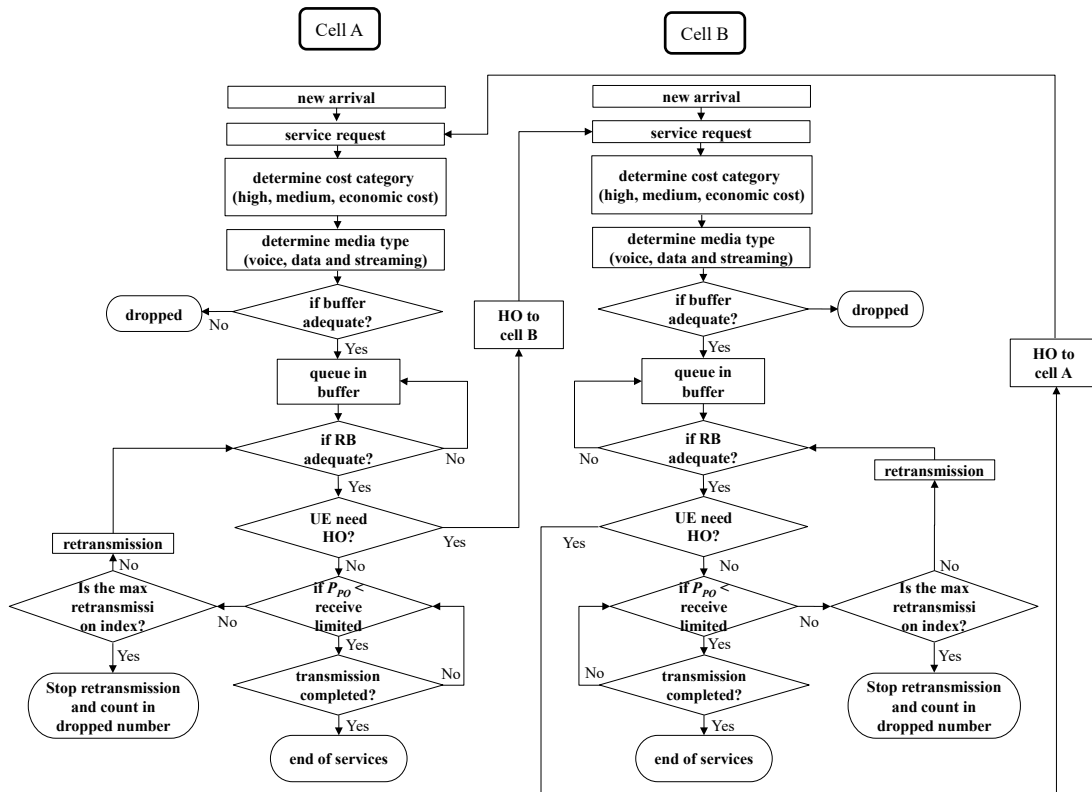


圖 5 瑞利通道下費率權限交遞之 LTE 系統流程圖

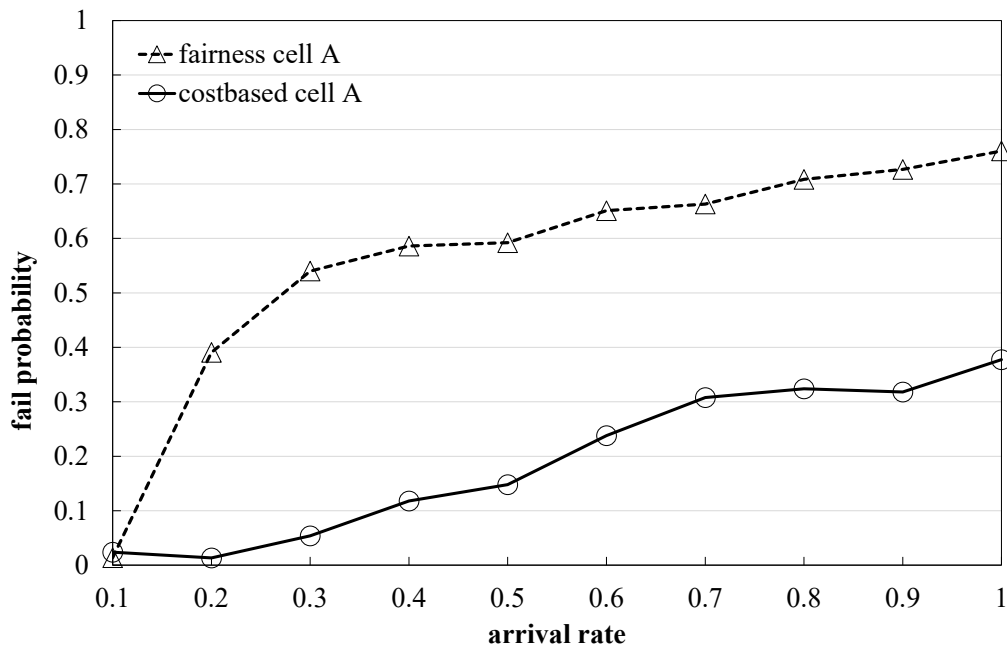


圖 6 模擬瑞利通道下 A 細胞不同方案到達率的傳輸失敗率
(cell num : 500, com rate : 0.5, HO rate : 0.3)

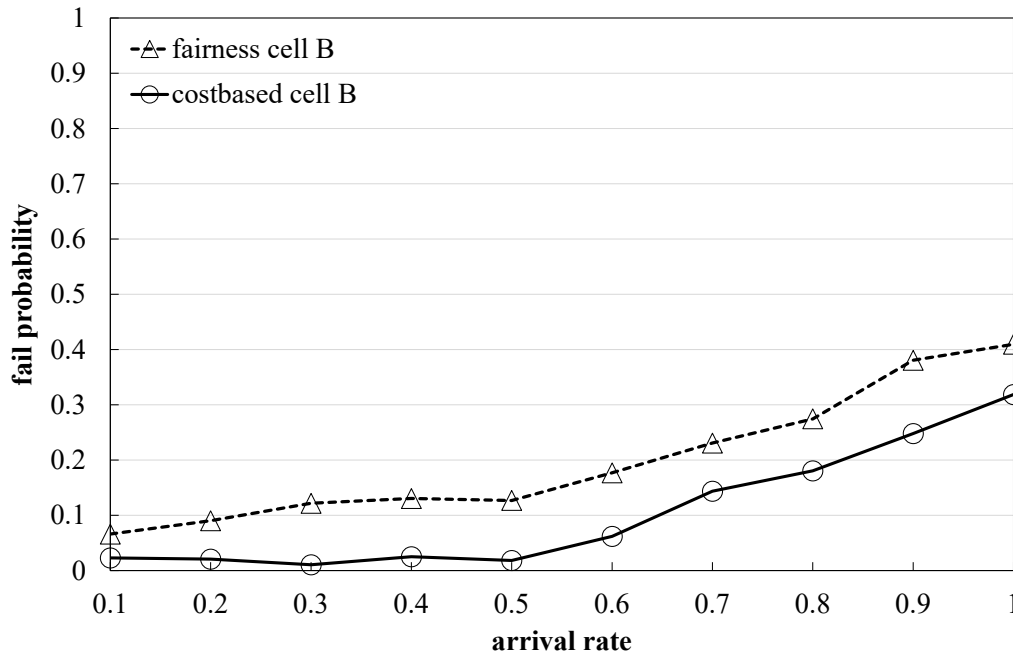


圖 7 模擬瑞利通道下 B 細胞不同方案到達率的傳輸失敗率
(cell num : 500, com rate : 0.5, HO rate : 0.03)

另外，本研究於模擬時設計三種下載傳輸速率調整方式如 4 所示，以作為系統設計調整之參考。case1 為假設 eNodeB 的使用量上升時，系統為了可以控制 UE 的傳輸失敗率，所以提早降低每個 UE 的傳輸率以至於每一位要加入系統的 UE 有較大的機會可以連線成功，另外實驗了 case2、case3 的機制是為了要維護多數的 UE 可以有較高的傳輸率可是卻造成了當系統使用率變高時，系統的失敗率也會上升的比較快，如圖 8、圖 9 所示分別為 A 細胞以及 B 細胞的依據不同 case 的實驗結果。比較三種資費所能使用的 RB 個數會因為 λ 條件的不同而有所變動，如 $0.2 \leq \lambda < 0.3$ 及 $0.3 \leq \lambda$ 等情形時會相較於 $\lambda < 0.2$ 有較少的 RB 可用，以保持各種資費的 UE 在相對傳輸速率上的權力，然而在其他兩種方案依然有此特性。

表 4 三種降速機制

Frame Traffic Conditions Identities Designs for Changing Data rate	Light	Medium	Heavy
	Case1	$\lambda \leq 0.1$	$0.1 < \lambda \leq 0.3$
Case2	$\lambda \leq 0.2$	$0.2 < \lambda \leq 0.4$	$\lambda > 0.4$
Case3	$\lambda \leq 0.3$	$0.3 < \lambda \leq 0.5$	$\lambda > 0.5$

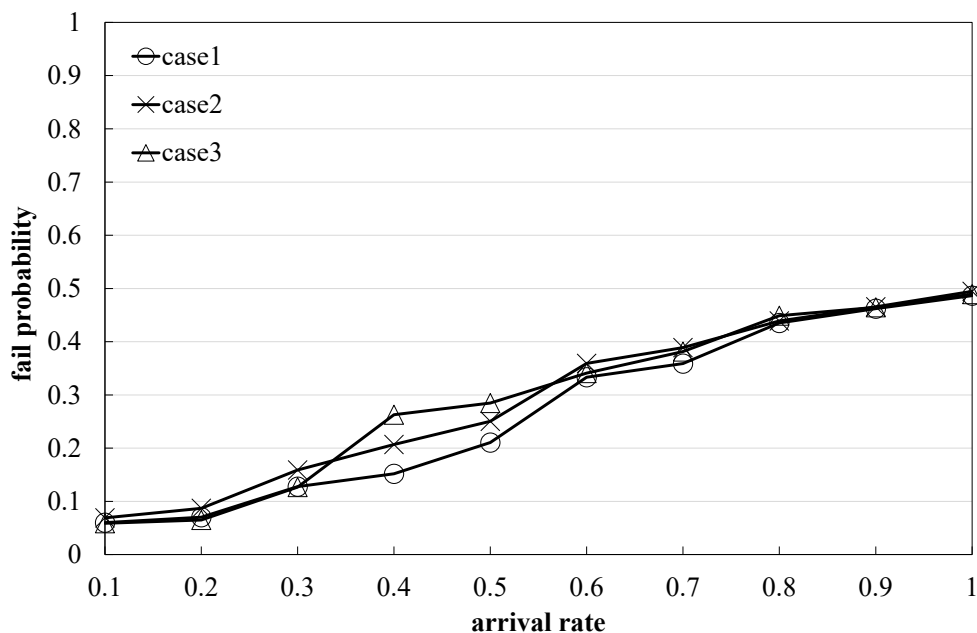


圖 8 模擬瑞利通道下 A 細胞不同 case 調速機制
(cell num : 500, com rate : 0.5, HO rate : 0.3)

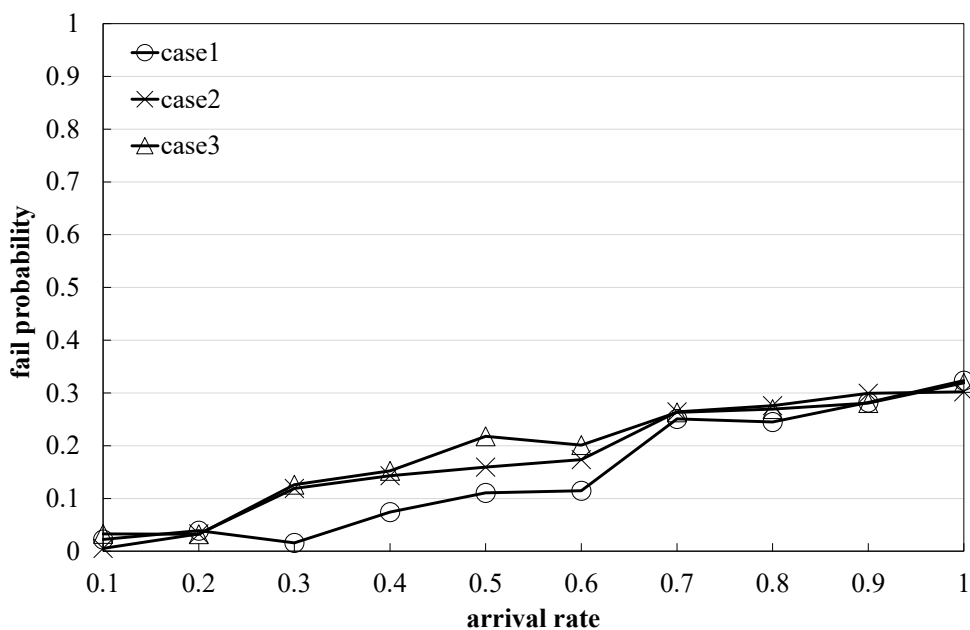


圖 9 模擬瑞利通道下 B 細胞不同 case 調速機制
(cell num : 500, com rate : 0.5, HO rate : 0.03)

5. 結論

本研究於兩個細胞的 LTE-A 系統架構下，利用資費分速傳輸機制的無線電資源管理方式，在交遞的情境下，系統可以依據用戶的資費需求，限制系統 RB 的使用量，以限制傳輸速率，並且各資費的資源不會影響到其他資費的資源。由模擬結果看出費分速傳輸機制，雖然會將低用戶的傳輸率，但可以降低傳輸失敗率，並且減少 UE 裝置於傳輸速率過程中無法使用無線電資源的情形。另外所提出的三個降速設計方案，針對不同時機對系統降速比較三種資費所

能使用的 RB 個數會因為 λ 條件的不同而有所變動，可以提供電信公司在服務品質與傳輸速率權衡下的數據參考。

6. 參考文獻

- [1] 中華民國消費者文教基金會，手機上網比快！臺灣 3G 無線上網速度分析，消費者報導雜誌，pp. 6 – 11，中華民國 101 年 5 月。
- [2] Harri Holma and Antti Toskala, LTE for UMTS Evolution to LTE-Advanced, WILEY, 2011
- [3] Moray Rumney, LTE and the Evolution to 4G Wireless, WILEY, 2013.
- [4] 國家通訊傳播委員會，以公平為基石 從自由選擇著眼 漫談電信資費，NCC NEWS，pp10 – 15，中華民國 103 年 6 月。
- [5] 國家通訊傳播委員會，4G 釋照公平化 服務創意加值高 做應用服務最好的後盾 張善政談寬頻產業的方向，NCC NEWS，pp1 – 27，中華民國 101 年 10 月。
- [6] 國家通訊傳播委員會，我國電信資費水準之變動趨勢及國際比較分析，101 年度委託研究報告，中華民國 101 年 12 月。
- [7] Erik Dahlman, Stefan Parkvall and Johan Skold, 4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, Academic Press, 2011.
- [8] Dharma Prakash Agrawal, Introduction to Wireless and Mobile System, 3e, CENGAGE Learning, 2011.
- [9] Leonhard Korowajczuk, LTE, WiMAX and WLAN Network Design, Optimization and Performance Analysis, WILEY, 2011.
- [10] K. R. Rao, Zoran S. Bojkovic and Dragorad A. Milovanovic, Wireless Multimedia Communications Convergence, DSP, QoS, and Security, CRC Press, 2009.
- [11] R. Trestian, O. Ormond, and, G.-M. Muntean, “Energy - Quality - Cost Tradeoff in a Multimedia-Based Heterogeneous Wireless Network Environment,” IEEE Broadcast Technology Society, Vol.59, No.2, pp. 340 – 357, June 2013.
- [12] B. Abuhaija and K. Al-Begain, “LTE Capacity and Service Continuity in Multi Radio Environment,” IEEE Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, pp. 131 - 136, July. 2010.
- [13] Belal Abuhaija and Khalid Al-Begain “LTE Capacity and Service Continuity in Multi Radio Environment,” 2010 Fourth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies (NGMAST), pp. 131 – 136, July. 2010.
- [14] Sana Salous, Radio Propagation Measurement and Channel Modelling, WILEY, 2013.
- [15] Ben Allen, LTE-Advanced and Next Generation Wireless Networks Channel Modelling and Propagation, WILEY, 2013.