

# GSM 混用半頻全頻及雙模手機的頻道切割重新配置方法

## Channel Partition with Repacking for GSM Using Half/Full Rates and Dual mode Mobile Stations

李龍盛(Long-Sheng Li) 林宗陞(Zong-Sheng Lin) 簡緯宇(Wei-Yu Chien)

國立嘉義大學

國立嘉義大學

國立嘉義大學

sheng@mail.ncyu.edu.tw fusheng@csie.ncyu.edu.tw tuna@csie.ncyu.edu.tw

### 摘要

本文探討 GSM 系統中的 full-rate call、half-rate call 和雙模手機配置 time slots 的方法。我們提出了 Channel Partition with Repacking Scheme (CPR)，是將 time slot 劃分成兩段，一段稱為 full-slot partition，主要提供給 full-rate call 使用；另一段稱為 half-slot partition，主要提供給 half-rate call 使用。若 full-slot partition 裡的 time slots 已被佔滿，就必須使用 half-slot partition 裡的 time slots。若 half-slot partition 裡的 time slots 已被佔滿，就必須使用 full-slot partition 裡的 channel。此外，我們也考慮雙模(dual-mode)手機的情況，將它分為 CPR with Least Repacking (CPRLR)、CPR with Maximum QoS (CPRMQ) 及 CPR with QoS Partition (CPRQP) 三種方法，並以模擬程式計算系統執行效率。在模擬中，結果說明我們提出的方法能提高 time slots 的使用率，且減少 new call blocking 和 handoff call failure 的機率。

**關鍵詞：**個人通訊服務、頻道配置/重整、全/半時槽、全/半頻、雙模手機

### 一、簡介

由於個人通訊系統(Personal Communications System, PCS) [3]的出現及發展，使得行動通訊和計算已成為電腦通訊中最重要的一環，也使任何人在任何時間都能自由地與其他人進行各種資訊的交流。第一代行動通訊系統為類比式訊號處理的設計，只能提供單純語音的傳輸服務。如 AMPS (Advanced Mobile Phone System) 系統，採用分頻多重擷取(Frequency Division Multiple Access, FDMA) [9] 技術，利用不同的無線電頻率來載負不同的語音通道。第二代的無線通訊系統，此為現在大多數的人在使用的系統，其訊號處理方式為數

位元式，能提供語音或數據之傳輸服務。如 GSM (Global System for Mobile Communications) [11]系統，是屬於分頻多重存取和分時多重存取(Time Division Multiple Access, TDMA) 的混合系統，所使用的頻率分成從基地台送給用戶手機的下行頻段(downlink)，以及從用戶手機送回給基地台的上行頻段(uplink)。其中每個頻段先利用 FDMA 的方式，切割成許多的載波(carrier frequency)，對於每個不同的載波頻率，再透過 TDMA 的方式，將時間切割成 8 個時槽(time slot)，其中每個時槽可以用來傳送一個用戶的語音訊號，而載波可以將這些時槽分配給許多不同的通話使用，這 8 個 time slots 構成一個 TDMA 的 frame。在 frame 內，固定位置重複出現的時槽構成一個實體通道(physical channel)，因此通訊系統內的語音、數據與控制信號，都經由 physical channel 傳送。第三代無線通訊系統 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) [12]，主要是希望以 IP 封包為基礎的核心網路，同時支援語音與數據的傳輸，使手機與基地台間享有更高速的數據傳輸速率。

GSM 使用每個 frame 有 8 個 time slots 的 TDMA 架構，在一個 frame 裡，混合的 full-rate 和 half-rate traffic 能提供 8 個全頻(full-rate call) 或 16 個半頻(half-rate call)或任何可行的組合 [6][8][7][10]，我們再加上雙模(dual-mode)手機的狀態考量。我們所提的方法，是將時槽(time slot)以某一個比例劃分成兩段，一段是 full-slot partition，會先提供給 full-rate call 使用，一段是 half-slot partition，會先提供給 half-rate call 使用，再加上 dual-mode 手機的考量。配合著我們所提出的 Channel Partition with Repacking Scheme (CPR)方法，不但可以提高頻道裡 time slots 的使用率，以降低 new call blocking 和通話中被強迫中斷(handoff call failure)的機率，並且減少半時槽(half-time slots)做 Repacking 的動作，以減少系統的負載。

## 二、相關研究

有關頻道配置的方法，包括固定頻道分配(Fixed Channel Assignment, FCA)、動態頻道分配(Dynamic Channel Assignment, DCA)及混合頻道分配(Hybrid Channel Assignment, HCA)。FCA [9]的方法是在每個 cell 裡都有固定的 channels，當一通電話在某一 cell 提出需求時，則就會配置一個頻道給那通電話使用。DCA [2][5][1][4][9]的方法是所有 cell 共用所有的頻道資源，而不同 cell 間只要距離夠遠，就可以使用相同的 channel，也就是在同頻道干擾(Co-channel Interference)夠小的狀況下，增加系統的容量。HCA [2]的方法是結合了 FCA 及 DCA 的方法，也就是有一些 channel 是固定的配置給提出需求的 call 使用，如 FCA。而其他是動態的分配 channel 給提出需求的 call 使用，不同 cell 只要距離夠遠，也能使用相同的 channel，如 DCA。

當頻道可區分使用全頻跟半頻的考量時，相關的文獻也很多。1996 年 Ivanovich 等提出了 **Random** 的方法 [6][8][7]，當全頻(full-rate call)或半頻(half-rate call)進入某一個 cell 且提出需求時，則會隨意的配置一個空的全時槽(full-time slot)或半時槽(half-time slot)，而 full-time slot 能提供一整個 time slot 給 full-rate call 使用，half-time slot 只能提供半個 time slot 給 half-rate call 使用。

1996 年 Ivanovich 等提出了 **Best Fit** 的方法 [6][8][7]，將 8 個 time slots 分別給它一個從 0 到 7 的 id 編號，每個 full-rate call 提出需求時，先從最小的 id 編號開始使用，對於 half-rate call 提出需求時，則會先尋找是否有在一個 full-time slot 裡只被使用 half-time slot，如果有很多個，則也會先從最小的 id 編號開始使用。

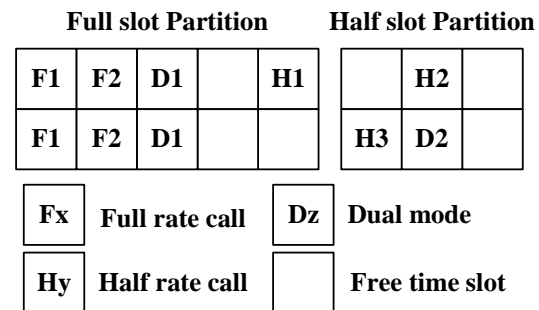
1996 年 Ivanovich 等提出了 **Repacking** 的方法 [6][8][7]，此方法跟 Best Fit 很相似，唯一不同是當一個 half-rate call 離開 cell 時，它可能會剩下一個 full-time slot 或者是還有一個 half-time slot 被使用。如果是後者情況，它會檢查是否還有在一個 full-time slot 裡只被使用 half-time slot，如果有則會將兩個使用在不同的 full-time slot 裡的 call 聚集在同一個 full-time slot 裡，此時這個 full-time slot 裡會有兩個 half-rate call 在使用，此動作則稱為 repacking。

1996 年 Ivanovich 等提出了 **Repacking with Random Reservation (RRR)** 的方法 [6][8][7]，它有別於 **Repacking** 的方法，根據此方法，假如只有一個 full-time slot 可使用，而且一個 half-rate call 進來，則此 call 可使用

的機率為  $P_1$ ，被 blocked 的機率為  $1-P_1$ ；假如只有一個 half-time slot 可使用，則此 call 可使用的機率為  $P_2$ ，被 blocked 的機率為  $1-P_2$ ；此方法主要是在做調整的動作，希望保證 full-rate call 和 half-rate call 被 blocked 的機率能公平。

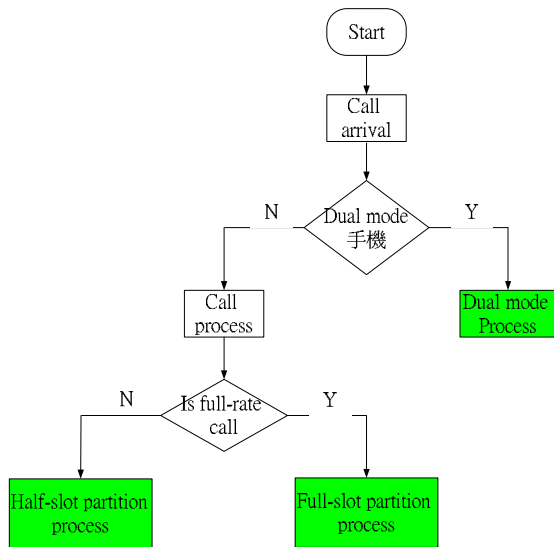
## 三、研究方法

我們提出了 Channel Partition with Repacking Scheme (CPR)的方法，將整個 frame 的時槽劃分成兩段，如圖一所示，一段是 full-slot partition，專門提供給 full-rate call 使用，一段是 half-slot partition，專門提供給 half-rate call 使用，再加上 dual-mode 手機的考量。



圖一、混合的 full/half-rate traffic、dual-mode 及時槽的 partition

當一個 full-rate call 提出需求時，會先使用 full-slot partition 裡的全時槽(full-time slot)，等 full-slot partition 裡的 full-time slots 已被佔滿，才能使用 half-slot partition 裡的 full-time slots。相對的，當一個 half-rate call 提出需求時，會先使用 half-slot partition 裡的半個時槽(half-time slot)，等 half-slot partition 裡的 half-time slots 已被佔滿，才能使用 full-slot partition 裡的 half-time slots，整個流程有三個主要的處理流程，half-slot partition process、full-slot partition process 及 dual-mode process。half-slot partition process 主要是以 half-rate call 優先處理，full-slot partition process 主要是以 full-rate call 優先處理，dual-mode process 主要是依照 full-slot partition 及 half-slot partition 裡 time slots 被使用的情形來決定 dual-mode 手機是當作 full-rate 手機來使用 full-time slot，或當作 half-rate 手機來使用 half-time slot，其流程如圖二。



圖二、CPR 流程圖

### (一) Full-Slot Partition 的處理流程

在 full-slot partition 裡會去判斷提出需求的 call 是 full-rate call 還是 half-rate call。如果是 full-rate call 提出需求，則會檢查是否有一個空的 full-time slot，有空的 full-time slots，則會使用一個 full-time slot。如果沒有空的 full-time slots，則會做 half-slot partition process。另外，如果是 half-rate call 提出需求，則會檢查是否有一個 full-time slot 只被使用 half-time slot 而剩下空的 half-time slot 未使用。如果有此空的 half-time slot，就會先使用此 half-time slot，否則才會檢查是否有一個空的 full-time slot。有空的 full-time slot 時，則此 half-rate call 只會使用 half-time slot。如果都沒有 time slots 供 half-rate call 使用，則此通 call 就會被 blocked 或 handoff failure。

### (二) Half-Slot Partition 的處理流程

在 half-slot partition 裡會去判斷提出需求的 call 是 full-rate call 還是 half-rate call。如果是 full-rate call，則會檢查是否有一個空的 full-time slot，有空的 full-time slot，則會使用一個 full-time slot，否則就會做 repacking process。如果是 half-rate call，則會檢查是否有一個 full-time slot 只被使用 half-time slot 而剩下空的 half-time slot 未使用，如果有這一類可用的 half-time slot，就會先使用此 half-time slot，否則檢查是否有一個空的 full-time slot，有空的 full-time slot，則只會使用 half-time slot，否則就會做 full-slot partition process。

對於我們所提的 CPR 方法，其做 repacking 的時機是沒有 full-time slots 供給 full-rate call 使用，但有兩個以上空的 half-time slots，就會做 repacking。也就是會將兩個分別使用不同 full-time slots 的 half-rate call 聚集在相同的一

個 full-time slot 裡，而讓出一個空的 full-time slot 供給 full-rate call 使用。然而，repacking 的處理會先從 full-slot partition 開始判斷是否有兩個空的 half-time slots，然後再去判斷 full-slot partition 和 half-slot partition 裡是否各有一個空的 half-time slot，最後才會到 half-slot partition 裡尋找兩個空的 half-time slots。

### (三) CPR 的雙模手機(dual-mode)

我們另外考慮 dual-mode 手機的情形，所謂 dual-mode 手機就是它能當 full-rate 手機或 half-rate 手機。如果當 full-rate 手機則必須使用一個 full-time slot，如果當 half-rate 手機只會使用 half-time slot。如果所有的 time slots 已被佔滿，而且雙模手機為 full-rate 手機，使用一個 full-time slot，則此 full-rate 手機能讓出半個 time slot 給 half-rate call 或者是 half-rate 手機使用。若有兩個 dual-mode 手機分別使用兩個 full-time slots 時，則當 full-rate call 或 full-rate 手機提出需求時，就會做 repacking 的動作。針對雙模手機(dual-mode)的情況，我們分四個情 CPR with Least Repacking、CPR with Reduced Repacking、CPR with Maximum QoS、CPR with QoS Partition 來探討。

#### (3.3.1) CPR with Least Repacking

CPR with Least Repacking (CPRLR)是將雙模手機所提出的需求全部都當成是 half-rate 手機且只會使用 half-time slots，而且會優先使用 half-slot partition 裡的 half-time slots，等到 half-slot partition 裡的 time slots 被佔滿，再去使用 full-slot partition 裡的 half-time slots。

#### (3.3.2) CPR with Reduced Repacking

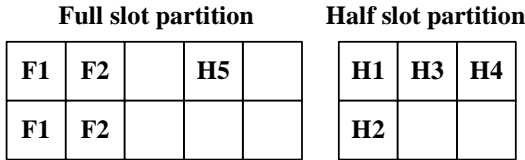
CPR with Reduced Repacking (CPRRR)是將雙模手機所提出的需求，都先當成是 full-rate 手機，則會先使用一個 full-time slot，而且先使用 full-slot partition 裡的一個 full-time slot，等到 full-slot partition 裡的 full-time slots 被佔滿，才會去使用 half-slot partition 裡的一個 full-time slot。如果都沒有一個空的 full-time slot 可使用，只好當成 half-rate 手機，且先使用 half-slot partition 裡的 half-time slot，等到 half-slot partition 裡 time slots 被佔滿，才會去使用 full-slot partition 裡的 half-time slot。換句話說，當 dual-mode 手機提出需求時，若有 full-time slots 則先使用，若沒有 full-time slots 則才會去使用 half-time slots，以減少 repacking 的動作。當有其他 full-rate calls 提出需求時，可要求兩個 dual-mode 手機或 half-rate calls 分別使用不同 full-time slots 做 repacking。repacking 處理的流程如前所述。

(3.3.3) CPR with Maximum QoS

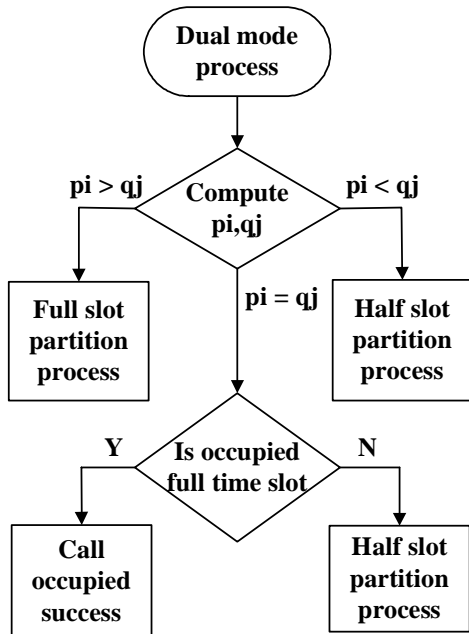
CPR with Maximum QoS (CPRMQ)是將雙模手機所提出的需求，都先當成是 full-rate 手機，而且會先使用 full-slot partition 裡的 full-time slots。若是 full-slot partition 裡沒有空的 full-time slots 能使用，才會到 half-slot partition 裡去使用 full-time slot。若 half-slot partition 裡也沒有空的 full-time slots，則只好做 repacking。

(3.3.4) CPR with QoS Partition

CPR with QoS Partition (CPRQP)是雙模手機可以當成 full-rate 手機或 half-rate 手機使用。演算法主要是依據 time slots 所使用的情況給予配置是否使用一個 full-time slot 或 half-time slot，其配置 time slots 的方法為當一個雙模手機提出需求時，則判斷 full-slot partition 和 half-slot partition 裡可使用的 time slots。首先定義  $i$  為 full-slot partition 裡沒有使用 half-time slots 的個數， $j$  為 half-slot partition 裡沒有使用 half-time slots 的個數，如圖三， $i$  為 5， $j$  為 2，因此我們以  $p_i$ 、 $q_j$  的數來考量雙模手機配置 time slots 的權重情況。若  $p = q = 1$ ，則以實際 half-time slots 數在做比較。若  $p = 2$ 、 $q = 1$ ，則是以 full-rate call 必須使用兩個 half-time slots 的使用比率去做比較。其方法流程如圖四所示。



圖三、計算  $p_i$  及  $q_j$  的個數



圖四、CPRQP 的處理流程

## 四、實驗模擬與結果

### (一) 實驗模擬的參數說明

$\eta$  : call mobility rate，也就是某一 cell 裡的一通 call 多久會 handoff 到相鄰的 cell，所以  $1/\eta$  是平均停留在 cell 的時間。

$\lambda_{rf}$  : full-rate call arrival rate，也就是在一 cell 裡多久會進來一通 full-rate call，所以  $1/\lambda_{rf}$  就是平均多久會有一通 full-rate call 提出需求。

$\lambda_{rh}$  : half-rate call arrival rate，也就是在一 cell 裡多久會進來一通 half-rate call，所以  $1/\lambda_{rh}$  就是平均多久會有一通 half-rate call 提出需求。

$\lambda_{rd}$  : dual-mode 手機的 arrival rate，也就是在一 cell 裡多久會進來一通 dual-mode 手機，所以  $1/\lambda_{rd}$  就是平均多久會有一通 dual-mode 手機提出需求。

$\mu_f$  : full-rate call completion rate，也就一通 full-rate call 產生時，多久會通話結束，所以  $1/\mu_f$  是平均一通 full-rate call 的通話時間。

$\mu_{rh}$  : half-rate call completion rate，也就一通 half-rate call 產生時，多久會通話結束，所以  $1/\mu_{rh}$  是平均一通 half-rate call 的通話時間。

$\mu_{rd}$  : dual-mode 手機的 completion rate，也就一通 dual-mode 手機產生時，多久會通話結束，所以  $1/\mu_{rd}$  是平均一通 dual-mode 手機的通話時間。

$P_{nc}$  : 指一通 call 未完成的機率。

$P_{rp}$  : 做 repacking 的機率。

$\rho_{rh}$  : half-rate call 的 request，也就是 half-rate call 所提出需求的 traffic load。

$$\rho_{rh} = \frac{\lambda_{rh}}{\mu_{rh}}$$

$\rho_{rf}$  : full-rate call 的 request，也就是 full-rate call 所提出需求的 traffic load。

$$\rho_{rf} = \frac{\lambda_{rf}}{\mu_{rf}}$$

$\rho_{rd}$  : dual-mode 手機的 request，也就是 dual-mode 手機所提出需求的 traffic load。

$$\rho_{rd} = \frac{\lambda_{rd}}{\mu_{rd}}$$

$\rho_r$  : 所有 call 所提出的請求。

$$\rho_r = \rho_{rf} + \rho_{rh} + \rho_{rd}$$

## (二) 實驗模擬結果

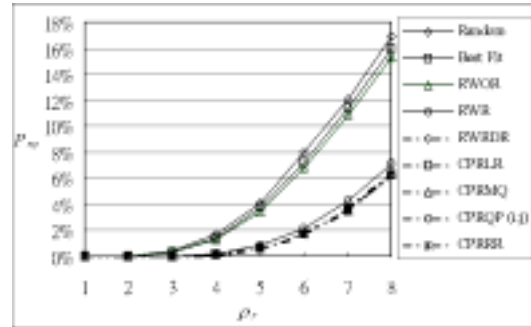
我們模擬考量 dual-mode 手機以 **Random**、**Best Fit**、**Repacking** 及 **CPR** 等各種方法提出需求的情況。當 dual-mode 手機提出需求時，我們假設 **Random** 方法將 dual-mode 手機當成是 full-rate 手機且使用一個 full-time slot，是隨意配置可使用的 full-time slots。若系統中沒有可使用的 full-time slot 時，則只好被 blocked 或 handoff failure。同理，我們假設 **Best Fit** 方法將 dual-mode 手機當成是 full-rate 手機且使用一個 full-time slot，配置方法是先從最小的 id 編號開始使用。若系統中沒有可使用的 full-time slot 時，則只好被 blocked 或 handoff failure。對於 **Repacking** 方法，因為原有 **Repacking** 方法並未討論 dual-mode 手機處理狀況，所以我們假設它可分三種情形探討，第一種是 **Repacking without Reassignment (RWOR)** 方法，也就是說 dual-mode 手機只能當 full-rate 手機且使用 full-time slots，若系統中沒有可使用的 full-time slot 時，則只好被 blocked 或 handoff failure。第二種是 **Repacking with Reassignment (RWR)** 方法，也就是說當 half-rate call 提出需求時，若系統中已經沒有可使用的 half-time slots，則檢查 time slots 裡是否有 dual-mode 手機使用一個 full-time slot，若有此情況則 dual-mode 手機會讓出 half-time slot 供那通 half-rate call 使用。當 full-rate call 提出需求時，若系統中沒有可使用的 full-time slots，則檢查 time slots 裡是否有兩個 dual-mode 手機分別使用一個 full-time slot，若有此種情況則此兩個 dual-mode 手機分別會讓出 half-time slot，然後將這兩個 dual-mode 手機聚集到同一個 full-time slot 裡，而讓出一個 full-time slot 供 full-rate call 使用。當 dual-mode 手機提出需求時，只能當 full-rate 手機且使用 full-time slots，所以當系統的 time slots 都已被佔滿，此時若有只一通 dual-mode 手機使用一個 full-time slot，此 dual-mode 手機則會被 blocked 或 handoff failure。第三種是 **RWR and dual-mode request without free channel (RWRDR)**，也就是把第二種情況再加上當 dual-mode 手機提出需求時，此時若沒有可使用的 full-time slots，但是有 dual-mode 手機正使用 full-time slot，則此 dual-mode 手機會讓出 half-time slot 供所提出請求的 dual-mode 手機使用。

我們所提的方法暫定以 5 : 3 的方式切割 time slots，也就是 full-slot partition 裡有 5 個 full-time slots，half-slot partition 裡有 3 個 full-time slots。

### (4.2.1) 針對 $\rho_r$ 做比較

我們對  $\rho_r$  做模擬，定參數  $1/\mu_{rf}$ 、 $1/\mu_{rh}$ 、 $1/\mu_{rd}$  為 3 及  $1/\eta$  為 30，且 full-rate call、half-rate call 和 dual-mode 手機提出需求的比率為 1:1:1 (也就是  $\rho_{rf}:\rho_{rh}:\rho_{rd}$  為 1:1:1)，計算  $P_{nc}$ 、repacking 的機率及 QoS。

從圖五可以得知，**Random**、**Best Fit** 和 **RWOR** 方法比較差，原因是 **Random** 及 **Best Fit** 方法不做 repacking，而 **RWOR** 方法雖然有做 repacking，但是 dual-mode 手機只能使用 full-time slots，而無法使用 half-time slots。



圖五、 $\rho_r$  的  $P_{nc}$

**RWR** 方法會比 **RWRDR**、**CPRLR**、**CPRMQ**、**CPRQP** 和 **CPRRR** 方法差，原因是當 dual-mode 手機提出需求時，若沒有 full-time slots 能使用，而且也無法做 repacking，雖然此時有一個 dual-mode 手機正使用 full-time slot，而此正使用 full-time slot 的 dual-mode 手機無法讓出 half-time slot 供提出請求的 dual-mode 手機使用。

**RWRDR** 方法模擬的結果會和我們所提的 **CPRLR**、**CPRMQ**、**CPRQP** 及 **CPRRR** 方法大約相同，原因是這些方法的 dual-mode 手機都能使用 full-time slots 和 half-time slots，只是依照不同的情況給予配置 full-time slots 或 half-time slots。

我們計算 **RWOR**、**RWR**、**RWRDR**、**CPRLR**、**CPRMQ**、**CPRQP** 和 **CPRRR** 方法做 repacking 的機率，如圖六(a)所示。**RWRDR** 方法做 repacking 的機率是最高的，因為 **RWRDR** 方法的 dual-mode 手機能讓出 half-time slot；**RWR** 和 **RWRDR** 方法做 repacking 的機率會比 **RWOR** 方法高，原因是 **RWR** 和 **RWRDR** 方法的 dual-mode 手機都能做 reassignment；**RWOR** 方法做 repacking 的機率比 **CPRLR**、**CPRQP** 和 **CPRRR** 方法多，原因是只要有 call 離開到鄰近 cell 或通話結束時會做 repacking，而不是等到 cell 裡完全都沒有 full-time slots 能使用才去做 repacking。**RWOR** 方法在  $\rho_r$  為 8 時，做 repacking 的機率會比 **CPRMQ** 方法少，原因是  $\rho_r$  越大，表示產生的 call 越多，則 dual-mode 手機提出的需

求也越多, **RWOR** 方法的 dual-mode 手機只能使用 full-time slots, 而且無法讓出 half-time slot。當 full-rate call 或 dual-mode 手機提出需求時, 若沒有 full-time slots 供使用及沒有兩個以上的 half-time slots 能做 repacking, 但是有兩個 dual-mode 手機分別使用 full-time slot, 則此 call 會被 blocked 或 handoff failure, 而無法做 repacking。 **CPRMQ** 方法則優先考量 dual-mode 手機的 QoS, 也就是當 dual-mode 手機提出需求時, 則優先使用 full-time slots, 所以當沒有可使用的 full-time slots 時, 若有兩個 half-time slots 可使用, 則會做 repacking, 盡量配置 full-time slots 給 dual-mode 手機使用, 所以做 repacking 的機率會比 **CPRLR**、**CPRQP** 及 **CPRRR** 方法多。 **CPRLR** 方法做 repacking 的機率是最少的, 因為當 dual-mode 手機提出需求時, 則 dual-mode 手機只會使用 half-time slots, 所以就不需要做 repacking。

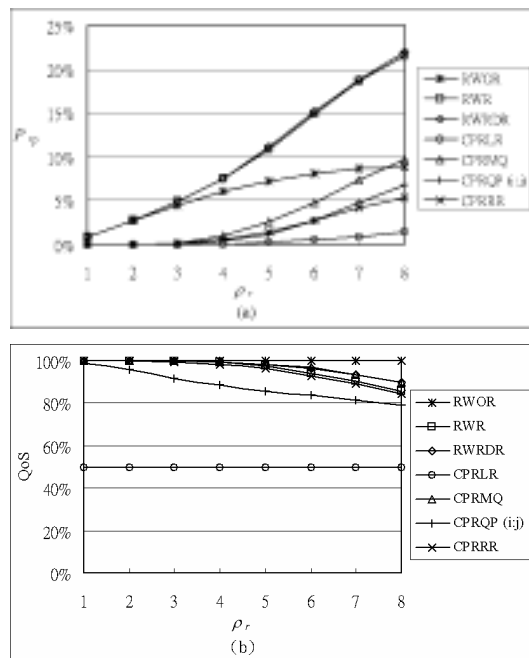
half-time slots, 所以有可能在 full-slot partition 裡還有 full-time slots 能供 dual-mode 手機使用時, 但 dual-mode 手機卻使用 half-slot partition 裡的 half-time slots; **RWRDR** 和 **CPRMQ** 的方法其 QoS 會比較高, 原因是當 dual-mode 手機提出需求時, 都盡量使用 full-time slots, 直到沒有 full-time slots 或兩個以上的 half-time slots, 才會使用 half-time slot; **RWRDR** 方法的 QoS 會比 **RWR** 方法高, 原因是當 dual-mode 手機提出需求時, 此時 cell 裡的 time slots 只剩下一個 half-time slot, 則 **RWR** 方法會將 dual-mode 手機 blocked 或 handoff failure, 而 **RWRDR** 方法則會讓 dual-mode 手機使用剩下的 half-time slot。 **RWR** 方法的 QoS 會比 **CPRRR** 方法高, 原因是當 cell 裡有兩個以上未使用的 half-time slot 時, 而 **CPRRR** 方法為了減少做 repacking, 所以當 dual-mode 手機提出需求時, 則會配置 half-time slot 供 dual-mode 手機使用; **RWOR** 方法的 QoS 會最好, 原因是此方法的 dual-mode 手機都只能使用 full-time slots; **CPRLR** 方法的 QoS 為最差, 原因是此方法的 dual-mode 手機只會使用 half-time slots。

從以上實驗得知,  $\rho_r$  越大,  $P_{nc}$  越高, 做 repacking 的機率會增多, QoS 會降低。 **RWOR** 及 **RWR** 方法的 call blocked 及 handoff failure 比較高, 但它們的 QoS 會最好。 **RWRDR**、**CPRLR**、**CPRMQ**、**CPRQP** 及 **CPRRR** 方法會大約相同, 但是 **CPRRR** 方法做 repacking 的機率會最少, 相對它的 QoS 會最差。 **RWRDR** 方法和 **CPRMQ** 方法的 QoS 大約相同, 但 **RWRDR** 方法最 repacking 的機率比 **CPRMQ** 方法多。所以從實驗中我們可以知道 QoS 與 repacking 是取捨(trade-off)問題。

我們也對 trade-off 問題做探討, 我們假設一個 cost function ( $C$ ), 式子如下:

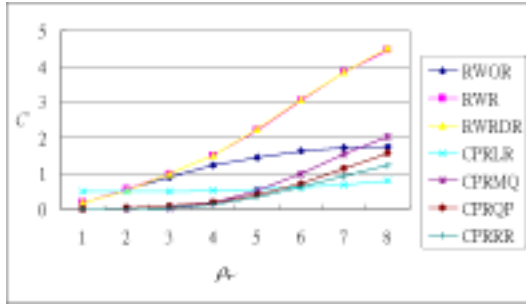
$$C = AP_{rp} + B(1 - M_Q), \text{ 其中 } A \text{ 與 } B \text{ 為可調整變數, } M_Q \text{ 為平均 QoS。} \dots\dots\dots(1)$$

藉由  $C$  可得出做 repacking 機率與 QoS 間 trade-off 問題,  $C$  越大就表示系統越差, 所以我們希望能找到一個  $C$  為最小的值。我們調整成  $A$  為 20 及  $B$  為 1 (repacking 機率的權重較大), 結果如圖七所示。我們發現除了 **CPRMQ** 之外, 我們所提的方法都可以比 **RWOR** 所花費的 cost 還低, 原因是我們的方法的 repacking 機率普遍都比 **RWOR** 少。因此我們可以藉由調整  $A$  及  $B$  的值, 來做為 repacking 機率和 QoS 之間的平衡。



圖六、 $\rho_r$  的(a) repacking 機率 (b) QoS

我們針對 dual-mode 手機的配置比較每個方法的平均 QoS, 如圖六(b)所示。隨著  $\rho_r$  增加, 則 QoS 會越低, 原因是  $\rho_r$  越高表示 call 提出的請求就會越多; dual-mode 手機提出的 half-time slots 需求越多, 當然 QoS 就會降低。在  $\rho_r$  小於 3 時, 可以看出 **RWR**、**RWRDR**、**CPRMQ** 和 **CPRRR** 方法的 QoS 幾乎接近 100%, 原因是  $\rho_r$  越小表示 call 提出的請求越少, dual-mode 手機提出的請求也會越少, 則 dual-mode 手機就比較不會做 reassignment; **CPRQP** 方法的 QoS 比 **RWR**、**RWRDR**、**CPRMQ** 和 **CPRRR** 方法差, 原因是 dual-mode 手機依據 full-slot partition 及 half-slot partition 的比率來配置是使用 full-time slots 還是使用

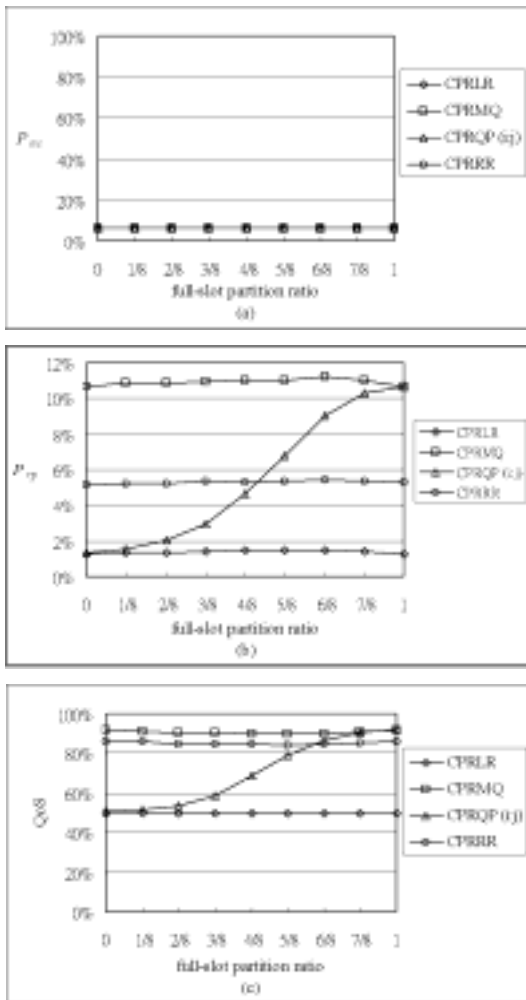


圖七、 $\rho_r$  的 C

(4.2.2) 針對 time slots Partition 的比率做比較

我們對 partition 比率做模擬，藉以瞭解分割 time slots 的比率對系統的影響。定參數  $1/\mu_{rf}$ ,  $1/\mu_{rh}$ ,  $1/\mu_{rd}$  為 3,  $1/\eta$  為 30 及  $\rho_r$  為 8, 且  $\rho_{rf} : \rho_{rh} : \rho_{rd}$  為 1 : 1 : 1, 計算  $P_{nc}$ , 做 repacking 的機率及 QoS。

我們模擬的結果如圖八 (a)(b)(c)所示。橫軸為 full-slot partition 比率，也就是當 full-slot partition 為 1 時，表示 full-slot partition 和 half-slot partition 比率為 1 : 7(1/7)。



圖八、full-slot partition ratio 的(a)  $P_{nc}$  (b) repacking 機率 (c) QoS

從圖八(a)得知，不管 full-slot partition 和 half-slot partition 比率為多少， $P_{nc}$  大約會在 6.10% ~ 6.20%之間，原因是不管比率多少，full-rate call half-rate call 和 dual-mode 手機都能使用 full-slot partition 裡和 half-slot partition 裡的 time slots, 只是不同方法有不同優先使用 full-slot partition 裡或 half-slot partition 裡的 time slots。從圖八(b)(c)可以得知，CPRLR、CPRMQ 及 CPRRR 方法做 repacking 的機率及 QoS 會維持一個水平，原因是，當 full-rate calls 或 dual-mode 手機提出需求時，CPRRR 方法會優先配置 full-time slots 供 full-rate calls 或 dual-mode 手機使用，若沒有可使用的 full-time slots, 則 full-rate calls 會做 repacking, 而 dual-mode 手機會當成是 half-rate 手機且使用 half-time slots, 所以不管 full-slot partition 比率為何，都不會影響做 repacking 的機率及 QoS。而 CPRMQ 方法和 CPRRR 方法不同的是當 dual-mode 手機提出需求時，也會優先配置 full-time slots 供 dual-mode 手機使用，若沒有可使用的 full-time slots, 則會做 repacking。至於 CPRLR 方法的 dual-mode 手機只會使用 half-time slots, 所以只有 full-rate call 提出需求才會影響 repacking 的機率，因此不管 full-slot partition ratio 為多少都不會影響 full-rate call 提出需求的多寡。

CPRQP 方法會隨著 full-slot partition 比率越高而做 repacking 的機率及 QoS 都會升高，原因是當 dual-mode 手機提出需求時，會先比較 full-slot partition 和 half-slot partition 裡 time slots 的使用情況。若 full-slot partition 為 0 時，則 dual-mode 手機全都會當成是 half-rate 手機且使用 half-time slots, 因此 QoS 會降低，而且會比較少做 repacking。CPRQP 方法在 full-slot partition 比率為最高時，其做 repacking 的機率及 QoS 都會和 CPRMQ 方法大約相同，原因是所有 dual-mode 手機提出需求都會優先使用 full-time slots。若沒有可使用的 full-time slots, 則會做 repacking。若無法做 repacking 時，則只好將 dual-mode 手機當成是 half-rate 手機且使用 half-time slot。

CPRQP 方法在 full-slot partition 為 5 以上時，其做 repacking 的機率會比 CPRRR 方法多，原因是當 dual-mode 手機提出需求時，若 full-slot partition 裡的 half-time slots 比 half-slot partition 裡的 half-time slots 多，則會在 full-slot partition 裡先配置 full-time slot 供 dual-mode 手機使用，若此時沒有可使用的 full-time slots, 但是有兩個以上的 half-time slots, 則會做 repacking, 以讓 dual-mode 手機能先使用 full-time slot。而 CPRRR 方法不會做 repacking, 而是配置 half-time slot 供 dual-mode

手機使用。

**CPRQP** 方法在 full-slot partition 比率為 6 以上時，其 QoS 會比 **CPRRR** 方法高，原因是當 dual-mode 手機提出需求時，若 full-slot partition 裡的 half-time slots 比 half-slot partition 裡的 half-time slots 多，則 dual-mode 手機就會先使用 full-slot partition 裡的 full-time slots，而 **CPRRR** 方法則檢查在 full-slot partition 及 half-slot partition 裡是否有可使用的 full-time slots，若沒有可使用的 full-time slots，則只好使用 half-time slots。

從以上實驗得知，partition 與  $P_{nc}$  關係度不大，而且 **CPRLR**、**CPRMQ** 及 **CPRRR** 方法的 QoS 及做 repacking 的機率會維持穩定。partition 只會影響 **CPRQP** 方法，因此隨著 full-slot partition ratio 越大，則 QoS 及做 repacking 的機率都會增加。

## 五、結論

從我們所做的實驗模擬中可得知，我們所提出的方法能增加 time slots 的使用率，且減少 new call blocking 和 handoff call failure 的機率，也減少系統的負載。我們的方法對 QoS 與 repacking 的取捨(trade-off)有好有壞，我們所提的方法考慮很多種情況，有最好的 QoS 方法，有做 repacking 次數最少的方法，因此我們可以選擇以 QoS 為主要考量，或以做 repacking 次數為主要考量。也就是說我們利用 dual-mode call 可彈性調整頻道的原理來提高系統的效能，利用 partition 方式來調整 call 的 QoS 及 repacking。

## 五、參考文獻

- [1] Marc Peter Althoff, Markus Scheibenbogen, and Peter Seidenberg, "G-CBWL: A Dynamic Frequency Allocation Technique Suitable for GSM", In *IEEE PIMRC 98*, page(s): 1443-1447, (Boston, MA, USA), September 1998.
- [2] Rana Ejaz Ahmed, Robin Cardan, and Imtiaz Ahmad, "Pattern-Oriented Channel Assignment(POCA) Scheme for Cellular Systems", *Vehicular Technology Conference*, vol. 3, page(s): 1059-1063, 2002.
- [3] D. C. Cox, "Personal Communications - A viewpoint", *IEEE Communication Magazine*, vol. 128, no. 11, page(s): 8-20, 1990.
- [4] X. N. Fernando, and A. O. Fapojuwo, "A Viterbi-Like Algorithm with Adaptive Clustering for Channel Assignment in Cellular Radio Networks", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 51, no. 1, page(s): 73-87, January 2002.
- [5] C. L. I and P. H. Chao, "Distributed dynamic channel allocation algorithms with adjacent channel constraints", *Proc. IEEE PIMRC 94*, the Hague, the Netherlands, page(s): 169-175, September 1994.
- [6] M. Ivanovich, M. Zukerman, P. Fitzpatrick, and M. Gitlits, "Performance Analysis of Circuit Allocation Schemes for Half and Full-rate Connections in GSM", in *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference*, vol. 1, page(s): 502-506, 1996.
- [7] M. Ivanovich, M. Zukerman, P. Fitzpatrick, and M. Gitlits, "Channel Allocation Methods for Half and Full-rate Connections in GSM", *Proceedings of IEEE ICC'96*, Arlington, Texas, vol. 3, page(s): 1756-1760, June 1996.
- [8] M. Ivanovich, M. Zukerman, P. Fitzpatrick, and M. Gitlits, "Performance Between Circuit Allocation Schemes for Half- and Full-Rate Connections in GSM", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 47, no. 3, page(s): 790-797, 1998.
- [9] I. Katzela and M. Naghshineh, "Channel Assignment Schemes for Cellular Mobile Telecommunication Systems", *IEEE Personal Communications*, vol. 3, no. 3, page(s): 10-31, 1996.
- [10] Phone Lin, and Y. B. Lin, "Channel Assignment For GSM Half-Rate and Full-Rate Traffic", To appear in *Computer Communication*, vol. 23, no. 5-6, page(s): 476-482, 2000.
- [11] M. Mouly and M. B. Pautet, "*The GSM System for Mobile Communications*", M.Mouly, 49 rue Louise Bruneau, Palaiseau, France, 1992.
- [12] Antun Samukic, "UMTS Universal Mobile Telecommunications System: Development of Standards for the Third Generation", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 47, no. 4, page(s): 1099-1104, November 1998.