

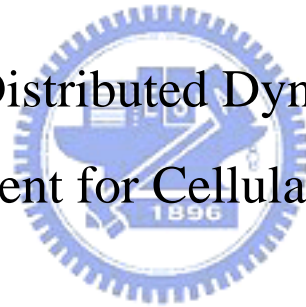
國立交通大學

電機與控制工程學系

碩士論文

蜂巢網路分散式動態頻道配置探討

A Study of Distributed Dynamic Channel
Assignment for Cellular Network



研究生：詹庭瑜

指導教授：林心宇博士

中華民國九十七年七月

蜂巢網路分散式動態頻道配置探討

A Study of Distributed Dynamic Channel
Assignment for Cellular Network

學 生：詹庭瑜

Student : Ting-Yu Chan

指導教授：林心宇

Advisor : Dr. Shin-Yeu Lin



A Thesis

Submitted to Department of Electrical and Control Engineering

College of Electrical Engineering and Computer Science

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master in

Electrical and Control Engineering

June 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年七月

蜂巢網路分散式動態頻道配置探討

學生：詹庭瑜

指導教授：林心宇 博士

國立交通大學電機與控制工程學系

摘要

為了使得動態頻道的使用率達到最佳化，本論文提供了一套完整的動態頻道管理、選擇與重新配置(channel reassignment)的方法。

本論文分為兩大部分，第一部分，第一章到第六章，主在述說動態頻道管理、選擇與重新配置的方法，並且運用 Petri net 架構出整個分散式動態頻道配置系統。除了本論文自己提出的配置觀點，我們也針對其他篇文章提出的動態頻道配置方法作分析比較，第一篇是 ES 策略[1]，第二篇是 CES 策略[2]，第三篇是 compact pattern 策略[3]。比較重點有二，一是對該篇文章所提出的動態頻道選擇方法做模擬分析比較。二是對該篇文章所提出的頻道重置(channel reassignment)策略做模擬分析比較。

第二部分，第七章，為 call admission control 的討論，主在處理 handoff call 通訊品質的問題，此部分我們加入了固定頻道的觀念，並給予 new call 與 handoff call 不同的配置權限，藉此提升 handoff call 的通訊品質。

A Study of Distributed Dynamic Channel Assignment for Cellular Network

Student : Ting-Yu Chan

Advisor : Dr. Shin-Yeu Lin

Department of Electrical and Control Engineering
National Chiao Tung University

Abstract

This paper proposes a method of channel management, selection and reassignment to optimize the use rate of dynamic channel.

The paper consists of two parts. The first part (chapter 1-chapter 6) describes the method used to manage, select and reassign channels. A distributed dynamic channel system is built using Petri net. Besides I also analyze and compare several different methods and optimization strategies of dynamic channel selection, including ES, CES, and compact pattern. The comparison is emphasis on channel selection and channel reassignment.

The second part (chapter 7) is the discussion of call admission control, which is about the transmission quality of handoff call. I use the idea of fixed channel and assign different authority to new calls and handoff calls to improve transmission quality.

目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
目 錄.....	iii
表目錄.....	v
圖目錄.....	vi
第一章 緒論.....	1
1.1 蜂巢式行動電話系統.....	1
1.2 頻率再用觀念.....	1
1.3 基地台收發功率與頻道重複使用距離.....	2
1.4 固定頻道與動態頻道.....	3
1.5 動態頻道配置策略.....	4
1.6 中央式與分散式系統比較.....	5
第二章 頻道管理-定義頻道狀態.....	8
2.1 頻道狀態.....	8
2.2 頻道狀態規定.....	9
2.3 定義頻道狀態轉換動作.....	10
2.4 定義頻道狀態轉換動作間的關係.....	11
2.5 對 3 cell cluster 系統進行頻道狀態的擴充.....	11
第三章 頻道選擇-動態頻道選擇優劣判定分析.....	14
3.1 動態頻道選擇判定說明.....	14
3.2 動態頻道選擇範例.....	17
第四章 Channel Reassignment.....	27
4.1 Channel Reassignment 方法.....	27
4.2 Channel Reassignment 動作範例.....	28

第五章 Petri net 與 分散式動態頻道配置系統.....	31
5.1 Petri net 基本介紹.....	31
5.2 Petri net 分散式動態頻道配置系統.....	31
第六章 動態頻道配置模擬.....	39
6.1 模擬規則.....	39
6.2 動態頻道選擇方法模擬比較.....	40
6.3 Channel reassignment 策略整體性配置模擬比較.....	47
第七章 Call admission control.....	53
7.1 定義頻道狀態.....	53
7.2 頻道狀態規定.....	54
7.3 狀態轉換動作.....	54
7.4 定義頻道狀態轉換動作間的關係.....	55
7.5 動態頻道選擇與 channel reassignment 頻道選擇.....	55
7.6 Petri net 頻道配置系統.....	55
7.7 模擬.....	60
第八章 結論.....	65
參考文獻.....	66

表 目 錄

表 3.1 Call arrive in cell 28 頻道選擇考量.....	18
表 3.2 Call arrive in cell 18 頻道選擇考量.....	19
表 3.3 Call arrive in cell 24 頻道選擇考量.....	19
表 3.4 Call arrive in cell 24 頻道選擇考量.....	20
表 4.1 Call complete in cell 24 頻道選擇考量.....	28
表 6.1 用頻道數量觀點(最優先考量)	41
表 6.2 狀態 0 周圍狀態總和觀點(最優先考量)	41
表 6.3 狀態 1 數量觀點(最優先考量)	41
表 6.4 狀態 0 周圍狀態總和觀點(最優先考量), 可用頻道數量觀點(第二考量)....	41
表 6.5 CES 策略中頻道選擇方法[1]	42
表 6.6 ES 策略中頻道選擇方法[1]	42
表 6.7 Compact pattern method[3]	42
表 6.8 狀態 0 周圍狀態總和觀點(最優先考量), 可用頻道數量觀點(第二考量)....	47
表 6.9 (1, $\lambda=10$)-CES 策略[2], Max no of destabilization=4.....	48
表 6.10 (1, $\lambda=10$)-ES 策略[1], Max no of destabilization=4.....	48
表 6.11 Compact pattern method[3]	48
表 7.1 Call admission control, Threshold =1.....	61
表 7.2 Call admission control, Threshold =2.....	61

圖 目 錄

圖 1.1 cell 中 1 2 3 分別表示三種不同的頻道群集.....	3
圖 2.1 圖中 1~49 為 cell 的編號.....	8
圖 2.2 頻道 k 的配置狀態圖, cell 25 配置動作前狀態.....	9
圖 2.3 頻道 k 的配置狀態圖, cell 25 配置動作後狀態.....	9
圖 3.1 初始狀態配置圖.....	22
圖 3.2 可用頻道數量分布圖.....	17
圖 3.3 可用頻道數量分布圖.....	18
圖 3.4 頻道狀態圖更新(配置頻道 5 後).....	23
圖 3.5 可用頻道數量分布圖.....	19
圖 3.6 頻道狀態圖更新(配置頻道 10 後).....	24
圖 3.7 可用頻道數量分布圖.....	20
圖 3.8 頻道狀態圖更新(配置頻道 10 後).....	25
圖 3.9 可用頻道數量分布圖.....	20
圖 3.10 頻道狀態圖更新(配置頻道 10 後).....	26
圖 4.1 頻道 k 狀態配置圖.....	27
圖 4.2 頻道 j 狀態配置圖.....	27
圖 4.3 可用頻道數量分布圖.....	29
圖 4.4 頻道狀態圖更新(釋放頻道 3 後).....	30
圖 5.1 Transition C 觸發前.....	31
圖 5.2 Transition C 觸發後.....	31
圖 5.3 Petri Net 分散式動態頻道配系統.....	37
圖 5.4 配置權判斷裝置.....	38
圖 6.1 Number in cells express Poisson arrival rate (calls/h)	40
圖 6.2 頻道配置觀點-Call blocked rate 比較 (our method).....	43

圖 6.3 動態頻道選擇方法-Call blocked rate 比較.....	43
圖 6.4 頻道配置觀點-狀態 0 減少數量/配置比較(our method)	44
圖 6.5 動態頻道選擇方法-狀態 0 減少數量/配置比較.....	44
圖 6.6 compact pattern type.....	46
圖 6.7 動態頻道配置策略-Call blocked rate 比較.....	49
圖 6.8 動態頻道配置策略-全網路可用頻道數量比較.....	49
圖 7.1 Petri Net 分散式動態頻道配系統(call admission control)	63
圖 7.2 配置權判斷裝置.....	64
圖 7.3 Handoff call blocked rate 比較.....	62
圖 7.4 New call blocked rate 比較.....	62



第一章 緒論

1.1 蜂巢式行動電話系統

蜂巢式行動電話系統基本上由一群六角型彼此相連接的單位細胞（cell）所組成，系統包括行動電話交換中心（Mobile Switching Center，MSC）、基地台（Base Station，BS），和移動台（Mobile Station，MS）三部份。各細胞內均有一個低功率的基地台，負責透過無線電波與區內的行動電話建立聯繫，cell 比鄰相接，構成蜂巢式的大片涵蓋區域。

每個基地台都有線路連結到 MSC 或稱為行動電話交換局（Mobile Telephone Switching Office，MTSO），此交換機又與公眾網路交換機相接，各基地台的控制頻道隨時將 cell 內的用戶資料傳遞至 MSC，使行動用戶可撥出或接收電話。也就是說，在蜂巢中的行動用戶透過無線電波和基地台連線，並透過 MSC 接到公共電信網路或是另一個 MSC 完成一條通話鏈路。



1.2 頻率再用觀念

早期基地台為了涵蓋比較大的區域，架設高功率發射器，以擴大通訊範圍，但是在涵蓋範圍內，所使用的頻率無法再使用，因為會造成干擾。由於頻寬資源有限，若要增加通訊容量就必需使得頻寬有可再使用的可能，此即為蜂巢系統的基礎概念。

頻率再用的做法是以多個涵蓋區域小的傳訊裝置取代早期單一高功率傳訊裝置，由於涵蓋區域小，所用頻寬僅佔整個網路系統頻道的一小部份，一但基地台之間的距離遠到相同頻寬不會干擾，就可以重複使用於其他細胞區域之中，如此就可以在不增加頻寬的情況下提升全網路的通訊容量。

1.3 基地台收發功率與頻道重複使用距離

基地台與行動單元間的訊號強度必須夠強以便接收訊號，同時也必須不能太強以免造成太多的通訊干擾。所以，頻道的重複使用距離(channel reuse distance)取決於基地台與行動單元間的訊號強度，若行動單元與基地台之間所使用的頻道訊號強度越強時，則該頻道距離此基地台的重複使用距離就越大，而這個距離也可能受到地形環境所造成的訊號強度衰退而有所影響。

理想的蜂巢網路被視為六角形的堆疊，基地台均勻的分布在整個網路中。在不考慮地形環境以及雜訊干擾的情況下，基地台與行動單元間的發送功率強度，決定了基地台周圍頻道限制的範圍大小。例如，重複使用因子 $N=3$ 的網路，其基地台發送功率強度的設計就會比 $N=7$ 的網路要來的小。重複使用因子 N 被定義為重複式樣的細胞數目(每個細胞在此一式樣中使用單一個頻道的頻帶)，在六角形細胞的式樣中，只能有下列的 N 值出現：

$$N=I^2+J^2+(I \times J), I, J=0,1,2,3...$$

在網路模型中，為了簡化頻道配置問題，通常規定每個基地台與行動單元間的收發功率強度一至，使我們可以在單一的頻道重複使用距離的基礎上，進行頻道配置的分析。

在 3-cell cluster 網路中($N=3$)，基地台收發功率強度的設計會使得頻道重複使用距離被設定為 2-cell unit。而在 7-cell cluster 網路中($N=7$)，頻道重複使用距離會被設定為 3-cell unit。圖 1.1 為重複使用因子 $N=3$ 時的固定頻道配置圖。

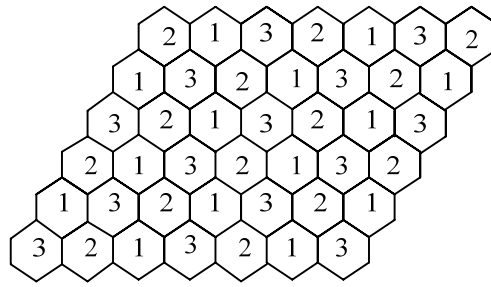


圖 1.1 cell 中 1 2 3 分別表示三種不同的頻道群集

1.4 固定頻道與動態頻道

1. 固定頻道

固定頻道被固定配置、使用於指定的 cell 中，雖然在使用與管理上較為簡單，但頻道在使用區域上的限制，會使得頻道的使用缺少彈性。

2. 動態頻道

頻道沒有使用區域上的限制。但由於動態頻道在配置的過程中，需要即時對當下的頻道使用情況進行分析，並演算、判斷出最適合的頻道進行配置，所以使用動態頻道的網路系統必須時時刻刻掌握動態頻道的使用情形，以確保整體網路的正常運作。

由許多研究證明，動態頻道配置的系統效能會優於固定頻道配置。以 HCA 系統的模擬為例，動態頻道所佔比例較高的系統所模擬出的結果會優於動態頻道所佔比例較少的系統。

對於重複使用因子 $N=4$ 的固定頻道網路系統而言，若全網路頻寬為 40 個頻道，則每一個 cell 的最大通訊承載量為 $40/4=10$ 個 call。而對於使用動態頻道的網路系統而言，同樣考慮全網路頻寬為 40 個頻道，則每一個 cell 的最大通訊承載量為 40 個 call，遠大於固定頻道的網路系統。這項優勢尤其在不均勻通訊量

的網路系統中，更加明顯。所以在不考慮動態頻道所造成額外系統負擔的情況下，動態頻道的使用優於固定頻道的使用。

對於使用固定頻道配置策略的網路而言，頻道的使用狀態只有忙碌與閒置兩種，所以頻道在配置選擇方面是單調的。而對於使用動態頻道配置策略的網路而言，頻道的狀態會因周圍 cell 頻道使用情形的不同而有不同的狀態表示。在本論文中，我們就對動態頻道定義了五種狀態，1、0、-1、-2、-3，分別表示不同的頻道使用情形。頻道狀態的定義，不但賦予了不同頻道在配置效果上的差異，也提供系統一個頻道選擇的判斷依據。在動態頻道配置的問題中，頻道的選用順序往往會對系統效能造成重大的影響，所以在欲配置頻道的當下，選擇一個適合的頻道進行配置是相當重要的。

1.5 動態頻道配置策略



動態頻道的運用必須搭配動態頻道配置的策略，配置策略有三大重點，第一是頻道的管理，第二是頻道的選擇，第三是頻道的重新配置(channel reassignment)。舉例：

1. ES 策略 ([1]所提到的動態頻道配置策略，簡稱為 ES 策略):
 - (1) 頻道的管理：藉由即時更新 allocation matrix 來達成。
 - (2) 頻道的選擇：藉由計算 fitness 值來判斷。由於該篇文章中所制定的 fitness function 有考慮全網路 cell 的頻道使用資訊，故將之歸類為中央控制式的動態頻道配置策略。
 - (3) Channel reassignment：藉由執行 ES 演算法達到最佳化。

ES 系統每配置一個動態頻道，就必須執行一次 ES 演算法，以找出最佳解完

成頻道選擇(channel select)與頻道重新配置(channel reassignment)的工作。若 ES 演算法過程中所耗費的系統資源過多或是演算時間過長，會嚴重影響配置系統的工作效能。尤其是演算法運算時間的考量，時間過長會造成通訊延遲，時間過短則會取不到最佳頻道進行配置。

2. 本論文策略

- (1) 頻道的管理：藉由定義頻道狀態以及頻道狀態轉換規則。第二章說明。
- (2) 頻道的選擇：藉由可用頻道數量觀點與狀態 0 周圍狀態總和觀點選擇配置頻道。第三章說明。
- (3) Channel reassignment：藉由可用頻道數量觀點與狀態 0 周圍狀態總和觀點選擇重置頻道。第四章說明。

本策略中，每個基地台選擇頻道的判斷依據為地域性的資訊考量，故為分散式動態頻道配置策略。且策略在執行的過程中，不需要執行最佳化演算法即可達到相當不錯的配置效果。運算簡單、執行迅速且效能優越是本策略的重要優勢。

1.6 中央式與分散式系統比較

1. 中央控制

行動交換中心會負責所有基地台頻道使用狀態的管理，行動交換中心每配置一個頻道就必須對頻道狀態矩陣進行更新。不論是配置固定頻道或配置動態頻道，頻道狀態的管理工作都是交由行動交換中心來進行。在此情況下，基地台本身並不需要關注本身基地台與周圍基地台的頻道使用情形，也就是說，在中央控制的系統中，基地台與基地台與行動交換中心之間並不需要進行頻道使用狀態的交換更新工作。

2. 分散控制

配置頻道的工作不交由行動交換中心，每個基地台負責自身細胞內的頻道配置工作，為了要使每個基地台有配置頻道的功能，基地台本身就必須有管理頻道狀態的能力。

為了要達到分散式動態頻道配置的效能，每個基地台除了本身需要關心自身細胞的頻道使用狀態外，還必須時刻更新周圍細胞的頻道使用狀態。藉由周圍細胞的頻道使用狀態資訊，基地台可以判斷出當下最佳的可配置頻道。

基地台在實際運作時，會即時對當下所有的閒置頻道進行優劣判斷的運算，並列出使用列表，當行動單元要求通訊時，基地台就會從列表中直接取出最優頻道進行配置權的確認工作(Handshake)。若成功取得配置權，則行動單元會使用此頻道進行語音通訊。



雖然行動交換中心不用再處理系統內的頻道配置工作，但是行動單元與行動單元間的連結或是行動單元與市話系統的連結，還是需要行動交換中心做一個整體上的控制管理。所以我們可以說分散式系統是將中央式系統的頻道管理工作做了一個功能上的分割，行動交換中心保留了對控制頻道的管理工作，而將通訊頻道的管理以及配置工作交由每個基地台來進行。如此做的目的是為了減輕行動交換中心龐大的工作量，而降低 MSC 故障時所造成的風險。

3. 分散式動態頻道系統的優缺點：

- (1) 相較於中央控制系統，頻道配置的工作，不會因為 MSC 的失常，而造成整片蜂巢網路通訊的癱瘓。
- (2) 全網路是以動態頻道進行通訊服務，相較於固定頻道配置的網路，在頻

道使用上有較大的彈性。

- (3) 由於分散式配置的特性，每個基地台在配置頻道之前，還必須執行配置權確認的動作。而基地台之間訊息傳遞的數量也必須列入考量。



第二章 頻道管理-定義頻道狀態

為了實現動態頻道配置策略，監控周圍基地台頻道的使用狀態是用以判斷頻道選擇優劣的重要依據。於是我們對動態頻道的使用狀態做了以下的定義：

2.1 頻道狀態

1. 狀態 1：表示該頻道對於該 cell，處於正在通訊中的狀態。
2. 狀態 0：表示該頻道對於該 cell，處於正在閒置的狀態。
3. 狀態 -1：表示該頻道對於該 cell，處於不可使用狀態。

● 說明：

接下來，我們將頻道狀態導入 3-cell cluster 網路模型中，再以單一頻道狀態配置圖說明頻道狀態與狀態間的關係。首先建立 7X7 49 cell 網路模型，如圖 2.1。

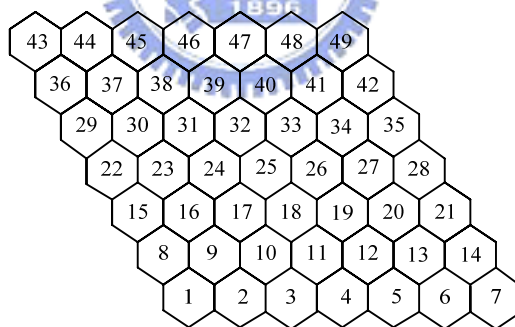


圖 2.1 圖中 1~49 為 cell 的編號

在 3-cell cluster 網路系統中，同頻干擾範圍被定義為使用頻道所在基地台周圍一格的距離。舉例，圖 2.1 中若 cell 25 使用了頻道 k，則 cell 25 同頻干擾範圍內的 cell (cell 17,18,24,26,32,33) 皆不可再使用頻道 k 進行通訊。

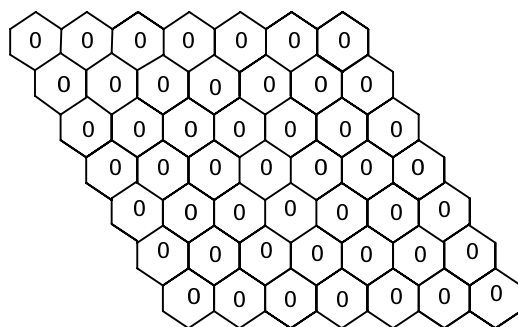


圖 2.2 頻道 k 的配置狀態圖，cell 25 配置動作前狀態

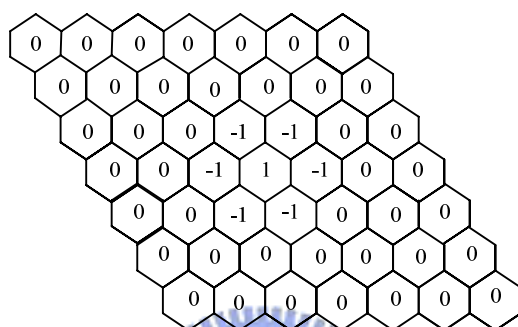


圖 2.3 頻道 k 的配置狀態圖，cell 25 配置動作後狀態

舉例，圖 2.2 是一張頻道 k 的狀態配置圖，圖中 cell 1~49 的頻道狀態皆為 0，表示頻道 k 對於 cell 1~49 都處於閒置的狀態。圖 2.3 也是一張頻道 k 的狀態配置圖，圖中 cell 25 的頻道狀態為 1，表示頻道 k 對於 cell 25 是處於正在通訊的狀態，而 cell 17,18,24,26,32,33 的頻道狀態為-1，表示頻道 k 對於 cell 17,18,24,26,32,33 處於不可使用的狀態。對於所有的單一頻道狀態配置圖，圖中頻道狀態與狀態的關係必須遵守 2.2 節的規定以符合同頻干擾之下頻道使用的限制。

2.2 頻道狀態規定

在單一頻道配置圖中規定：

1. 狀態 1 周圍狀態(同頻干擾範圍內的狀態)必須是-1。
2. 狀態-1 周圍狀態(同頻干擾範圍內的狀態)必須至少有一個為狀態 1。
3. 狀態 0 周圍狀態(同頻干擾範圍內的狀態)必須不能是 1。

● 說明：

例如，圖 2.3，對於狀態 1 的 cell (cell 25)，其周圍狀態皆為-1，故滿足第一個規定。對於狀態-1 的 cell (cell 17,18,24,26,32,33)，其周圍狀態至少有一個為狀態 1，故滿足第二個規定。對於狀態 0 的 cell，其周圍狀態都沒有狀態 1，故滿足第三個規定。所以我們可以說圖 2.3 是一張符合同頻干擾限制的狀態配置圖。

在任何時刻，針對所有的頻道所做的任何頻道狀態轉換動作，系統都必須對該頻道所屬的狀態配置圖進行更新。例如，在圖 2.2 的配置狀態下，若 cell 25 選擇了頻道 k 進行配置，則頻道 k 的狀態配置圖就必須立即執行狀態更新的動作。而圖 2.3 為其狀態變動後的結果。

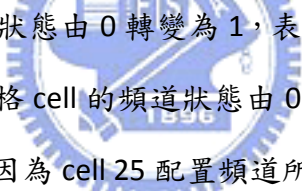


圖 2.3 中，cell 25 的頻道狀態由 0 轉變為 1，表示 cell 25 此刻正在使用頻道 k 進行通訊。而 cell 25 周圍一格 cell 的頻道狀態由 0 轉變為 -1，表示這些周圍的 cell (cell 17 18 24 26 32 33)，因為 cell 25 配置頻道所造成的同頻干擾的影響下，將頻道 k 的使用狀態設定為不可使用的狀態。

比較配置前後的圖形(圖 2.2 -> 圖 2.3)，可看出一個 cell 頻道狀態的轉換動作 (cell 25 的配置頻道動作)，不但會改變自身 cell 的頻道狀態，還會連帶影響其周圍的 cell 也必須執行對應的頻道狀態轉換動作。接下來我們將在 2.3 與 2.4 節完整的定義所有頻道狀態轉換以及 cell 與 cell 之間頻道狀態轉換的對應關係：

2.3 定義頻道狀態轉換動作

1. 主動配置：將頻道狀態由 0 轉變為 1 的動作
2. 被動限制：將頻道狀態由 0 轉變為-1 的動作

3. 主動釋放：將頻道狀態由 1 轉變為 0 的動作
4. 被動還原：將頻道狀態由-1 轉變為 0 的動作

2.4 定義頻道狀態轉換動作間的關係

1. 自身 cell 對該頻道的主動配置動作，必須伴隨著周圍同頻干擾範圍內的 cell 對該頻道的被動限制動作。
2. 自身 cell 對該頻道的主動釋放動作，必須伴隨著周圍同頻干擾範圍內的 cell 對該頻道的被動還原動作。

2.5 對 3 cell cluster 系統進行頻道狀態擴充

由於 3 cell cluster 系統中頻道重複使用距離為 2 cell unit 的特性，使得每一個狀態-1 的周圍最多有三個狀態 1 的存在，所以我們重新定義狀態-1 的意義以及新增兩個額外的頻道狀態 -2、-3：



狀態 -1：表示其狀態周圍有一個狀態 1 的存在。

狀態 -2：表示其狀態周圍有兩個狀態 1 的存在。

狀態 -3：表示其狀態周圍有三個狀態 1 的存在。

1. 整理所有的頻道狀態如下(for 3 cell cluster)：

- (1) 狀態 1：表示該頻道處於正在通訊中的狀態
- (2) 狀態 0：表示該頻道處於正在閒置的狀態
- (3) 狀態 -1：表示不可使用狀態，其狀態周圍有一個狀態 1 的存在。
- (4) 狀態 -2：表示不可使用狀態，其狀態周圍有兩個狀態 1 的存在。
- (5) 狀態 -3：表示不可使用狀態，其狀態周圍有三個狀態 1 的存在。

2. 定義頻道狀態轉換動作：

- (1) 主動配置：將頻道狀態由 0 轉變為 1 的動作。
- (2) 被動限制：將頻道狀態由 0 轉變為 -1 的動作或將頻道狀態由 -1 轉變為 -2 或將頻道狀態由 -2 轉變為 -3 的動作。
- (3) 主動釋放：將頻道狀態由 1 轉變為 0 的動作
- (4) 被動還原：將頻道狀態由 -1 轉變為 0 或將頻道狀態由 -2 轉變為 -1 或將頻道狀態由 -3 轉變為 -2 的動作。

3. 頻道狀態轉換動作間的關係

- (1) 自身 cell 對該頻道的主動配置動作，必須伴隨著周圍同頻干擾範圍內的 cell 對該頻道的被動限制動作。
- (2) 自身 cell 對該頻道的主動釋放動作，必須伴隨著周圍同頻干擾範圍內的 cell 對該頻道的被動還原動作。



在一個 49 cell 的網路系統中，假設全網路可用頻寬為 70 個頻道，則此系統會擁有 70 張的單一頻道狀態配置圖，而每一張的狀態配置圖是使用上述的五種頻道狀態建構而成，且狀態與狀態間的關係與狀態轉換動作間的對應關係都必須符合以上的定義。

70 張的單一頻道狀態配置圖可以用一個 49X70 的矩陣加以儲存，我們稱此矩陣為頻道狀態矩陣，若網路系統屬於中央控制式，則行動交換中心會依據頻道狀態矩陣中的資料，進行頻道狀態優劣選擇的判定工作。

本論文所定義的頻道狀態矩陣與其他文章最大的不同之處在於我們的狀態矩陣不但記錄下了頻道的使用情形，還記錄了頻道的限制情形(負狀態的設定)。

在接下來的分析中，為了簡化頻道配置問題，我們會針對 3 cell cluster 系統做頻道選擇與分散式系統架構的討論。



第三章 頻道選擇-動態頻道選擇優劣判定分析

3.1 動態頻道選擇判定說明

上章節中定義了頻道狀態矩陣，頻道狀態矩陣是由多張單一頻道狀態配置圖建構而成，藉由多張單一頻道狀態配置圖的比較，我們即可判定出動態頻道的優劣。

1. 可用頻道數量觀點

配置頻道的動作，我們定義為主動配置，是將欲配置進入的頻道的狀態由 0 轉變為 1 的動作。而主動配置動作必須伴隨著其周圍 cell 狀態的被動限制動作，被動限制動作會使得該 cell 的頻道狀態由 0 轉變為 -1(頻道限制)。釋放頻道的動作，我們定義為主動釋放，是將欲釋放的頻道的狀態由 1 轉變為 0 的動作。而主動釋放動作必須伴隨著其周圍 cell 狀態的被動還原動作，被動還原動作會使得該 cell 的頻道狀態由 -1 轉變為 0(限制解除)。系統每配置一個頻道進入一個 cell，會造成其周圍多個 cell 對該頻道的使用限制，而系統每釋放一個頻道，會造成其周圍多個 cell 對該頻道使用限制上的解除。

在動態配置的過程中，每個 cell 會頻繁的執行主動配置、被動限制、主動釋放和被動還原的動作。而動態頻道選擇的目的就是為了要選擇出一個頻道使得該頻道執行主動配置的動作會造成周圍最少的頻道限制數量；執行主動釋放動作會造成周圍最多頻道限制的解除，則該頻道即為當下最佳的配置頻道或釋放頻道。我們將頻道狀態 0 的頻道稱為閒置頻道或可用頻道，而將以可用頻道數目做為動態頻道選擇依據的觀點稱為可用頻道數量觀點。定義可用頻道數量觀點的最佳選擇頻道如下：

(1) 最佳的配置頻道：

- i) 最優先考量：當下該頻道主動配置的動作會造成最少頻道限制的數量，即造成最少狀態 0 的減少量或最少可用頻道減少量。
- ii) 第二考量：選擇該 cell 中距離頻道使用質心最近的頻道。頻道使用質心定義為該 cell 中所有使用中頻道編號總和之平均值。這提供了一種隨機選擇頻道的方式。

(2) 最佳的釋放頻道：

- i) 最優先考量：當下該頻道主動釋放的動作會造成最多頻道限制解除的數量，即造成最多狀態 0 的增加量或最多可用頻道增加量。
- ii) 第二考量：選擇該 cell 中距離頻道使用質心最遠的頻道。

2. 狀態 0 周圍狀態總和觀點

在傳統上，頻道配置的選擇，會依照 packing 與 resonance 的情形做選擇，目的是使得狀態 1 在單一頻道配置圖中有最密集的排列。為了實現最密集狀態 1 堆積圖形的頻道選擇方法，我們對每一個可配置頻道(狀態 0)周圍 cell 的狀態(狀態 0 同頻干擾範圍內 cell 的狀態)值進行加總，稱為狀態 0 周圍狀態總和。狀態 0 周圍狀態總和越小表示在該區域範圍的狀態 1 的配置越密集。我們將以狀態 1 配置密集程度做為動態頻道選擇依據的觀點稱為狀態 0 周圍狀態總和觀點。定義狀態 0 周圍狀態總和觀點的最佳選擇頻道如下：

(1) 最佳的配置頻道：

- i) 最優先考量：當下該頻道狀態 0 的周圍狀態總和最小者。
- ii) 第二考量：選擇該 cell 中距離頻道使用質心最近的頻道。

(2) 最佳的釋放頻道：

- i) 最優先考量：當下該頻道狀態 1 的周圍狀態總和最大者。
- ii) 第二考量：選擇該 cell 中距離頻道使用質心最遠的頻道。

3. 狀態 1 數量觀點

藉由計算頻道狀態 0 外圍第二層 cell 中狀態 1 的個數來判定動態頻道優劣，我們將此方法稱為狀態 1 數量觀點。定義狀態 1 數量觀點的最佳選擇頻道如下：

(1) 最佳的配置頻道：

- i) 最優先考量：當下該頻道狀態 0 的外圍第二層狀態 1 數量最多者。
- ii) 第二考量：選擇該 cell 中距離頻道使用質心最近的頻道。

(2) 最佳的釋放頻道：

- i) 最優先考量：當下該頻道狀態 1 的外圍第二層狀態 1 數量最少者。
- ii) 第二考量：選擇該 cell 中距離頻道使用質心最遠的頻道。

4. 綜合上述頻道配置觀點，定義最佳選擇頻道

(1) 最佳的配置頻道：

- i) 最優先考量：選擇最少可用頻道減少量。
- ii) 第二考量：選擇狀態 0 周圍狀態總和最小者。
- iii) 第三考量：選擇該 cell 中距離頻道使用質心最近的頻道。

(2) 最佳的釋放頻道：

- i) 最優先考量：選擇最多可用頻道增加量。
- ii) 第二考量：選擇狀態 1 周圍狀態總和最大者。
- iii) 第三考量：選擇該 cell 中距離頻道使用質心最遠的頻道。

綜合觀點下所選出的頻道，會造成配置後最少可用頻道數量的減少，且在所有造成最少可用頻道減少量的頻道中，我們會選擇一個狀態 0 周圍狀態總和最小者為最佳配置頻道，以考量狀態 1 最密堆積的情狀。

3.2 動態頻道選擇範例

假設全網路由 49 個 cell 所組成，cell 編號如圖 2.1 所示。全網路頻道分為 10 個頻道。圖 3.1 為頻道 1 到頻道 10 的初始狀態配置圖。計算初始階段每個 cell 可用頻道的數量(狀態 0 的頻道數量)，圖 3.2 為初始可用頻道數量分布圖，圖中 Cell 中標示數字表示該 cell 內的可用頻道數量，例如圖 3.2 中 Cell 1 中標示為 9 表示 cell 1 內有 9 個頻道可供配置。

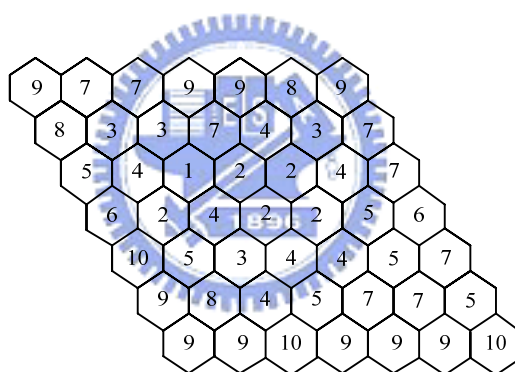


圖 3.2 可用頻道數量分布圖

在這個例子中，我們會進行 4 次的頻道選擇與配置，過程中會分析頻道選擇優劣、計算可用頻道變化情形並對頻道狀態配置圖進行更新。

1. Call arrive in cell 28

Cell 28 中可配置頻道(狀態 0)為 1 4 5 6 8 10，由表 5.1 可看出，頻道 5 有最少可用頻道減少量、最小的狀態 0 周圍狀態總和最靠近頻道使用質心，故選擇頻道 5 進行配置。配置後每個 cell 可用頻道的數量變化如圖 3.3 所示。頻道狀態配置

圖更新為圖 3.4。

表 3.1 call arrive in cell 28 頻道選擇考量

可配置頻道編號	最優先考量 可用頻道減少量	第二考量 狀態 0 周圍狀態總和	第三考量 質心位置
頻道 1	4	0	0
頻道 4	4	0	0
頻道 5	2	-2	0
頻道 6	4	0	0
頻道 8	2	-2	0
頻道 10	4	0	0

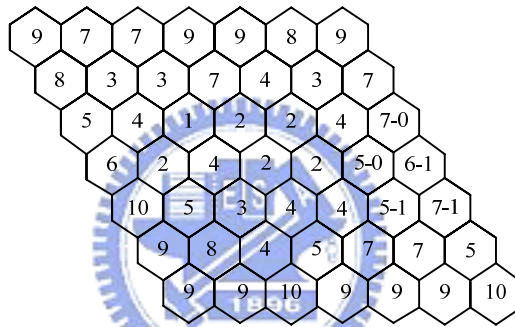


圖 3.3 可用頻道數量分布圖

2. Call arrive in cell 18

Cell 18 中可配置頻道(狀態 0)為 3 5 9 10，由表 5.2 可看出，頻道 10 有最少可用頻道減少量，故選擇頻道 10 進行配置。配置後每個 cell 可用頻道的數量變化如圖 3.5 所示。頻道狀態配置圖更新為圖 3.6。

表 3.2 call arrive in cell 18 頻道選擇考量

可配置頻道編號	最優先考量 可用頻道減少量	第二考量 狀態 0 周圍狀態總和	第三考量 質心位置
頻道 3	3	-3	0
頻道 5	5	-1	0
頻道 9	6	0	0
頻道 10	2	-4	0

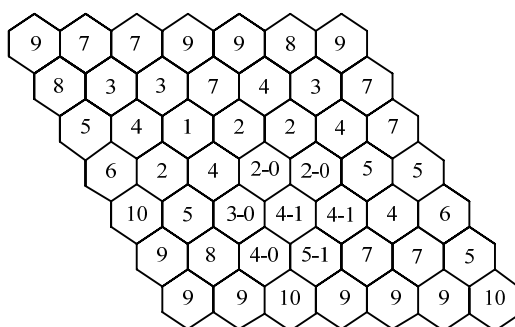


圖 3.5 可用頻道數量分布圖

3. Call arrive in cell 24

Cell 24 中可配置頻道(狀態 0)為 5 7 9 10，由表 5.3 可看出，頻道 10 有最少可用頻道減少量，故選擇頻道 10 進行配置。配置後每個 cell 可用頻道的數量變化如圖 3.7 所示。頻道狀態配置圖更新為圖 3.8。

表 3.3 call arrive in cell 24 頻道選擇考量

可配置頻道編號	最優先考量 可用頻道減少量	第二考量 狀態 0 周圍狀態總和	第三考量 質心位置
頻道 5	4	-2	0
頻道 7	3	-4	0
頻道 9	4	-2	0
頻道 10	0	-8	0

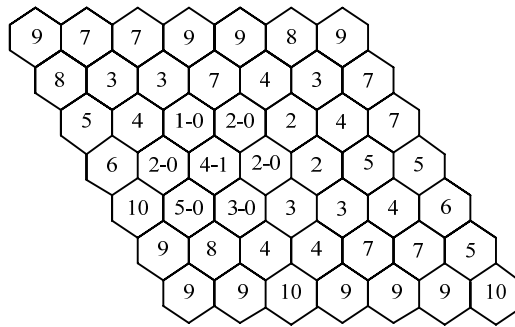


圖 3.7 可用頻道數量分布圖

4. Call arrive in cell 39

Cell 39 中可配置頻道(狀態 0)為 1 3 4 5 7 9 10，由表 5.4 可看出，頻道 10 有最少可用頻道減少量，故選擇頻道 10 進行配置。配置後每個 cell 可用頻道的數量變化如圖 3.9 所示。頻道狀態配置圖更新為圖 3.10。

表 3.4 call arrive in cell 24 頻道選擇考量

可配置頻道編號	最優先考量 可用頻道減少量	第二考量 狀態 0 周圍狀態總和	第三考量 質心位置
頻道 1	3	-3	0
頻道 3	4	-2	0
頻道 4	2	-4	0
頻道 5	4	-2	0
頻道 7	2	-4	0
頻道 9	4	-2	0
頻道 10	2	-6	0

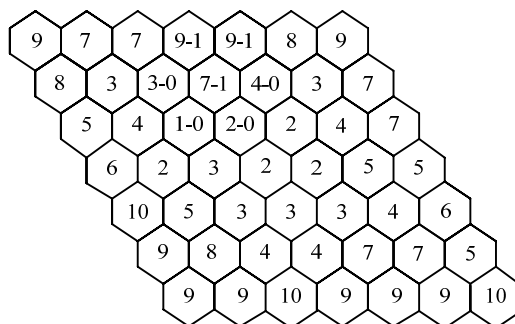
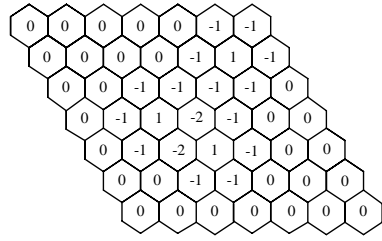


圖 3.9 可用頻道數量分布圖

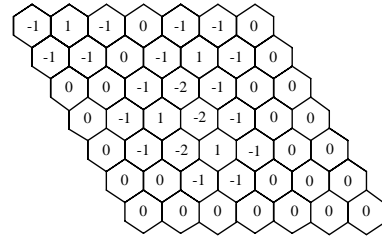
5. 結論

由這四個簡單的配置範例中可觀察出可用頻道數量在配置前後的變化情形。在第六章，我們會特別針對各種頻道選擇方法做動態頻道選擇方法的模擬比較與分析。

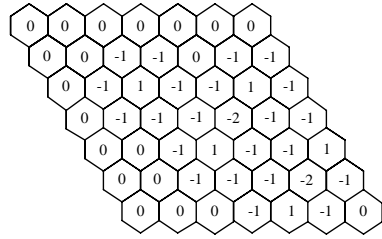




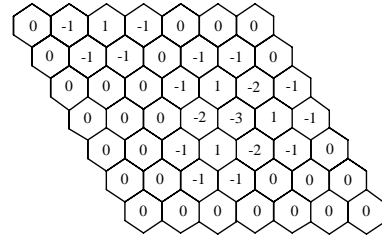
Channel 1



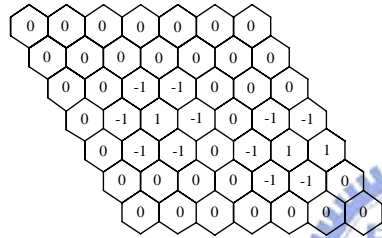
Channel 6



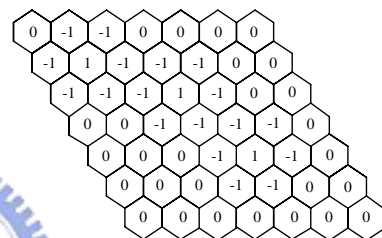
Channel 2



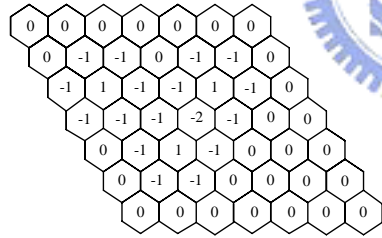
Channel 7



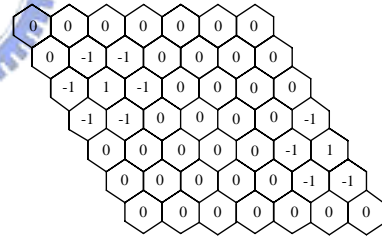
Channel 3



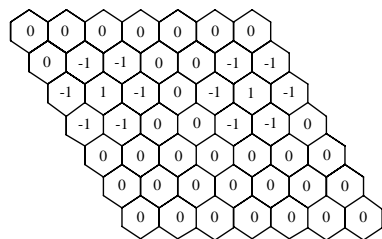
Channel 8



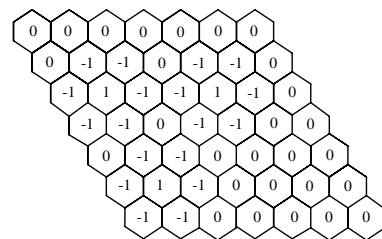
Channel 4



Channel 9



Channel 5



Channel 10

圖3.1 初始狀態配置圖

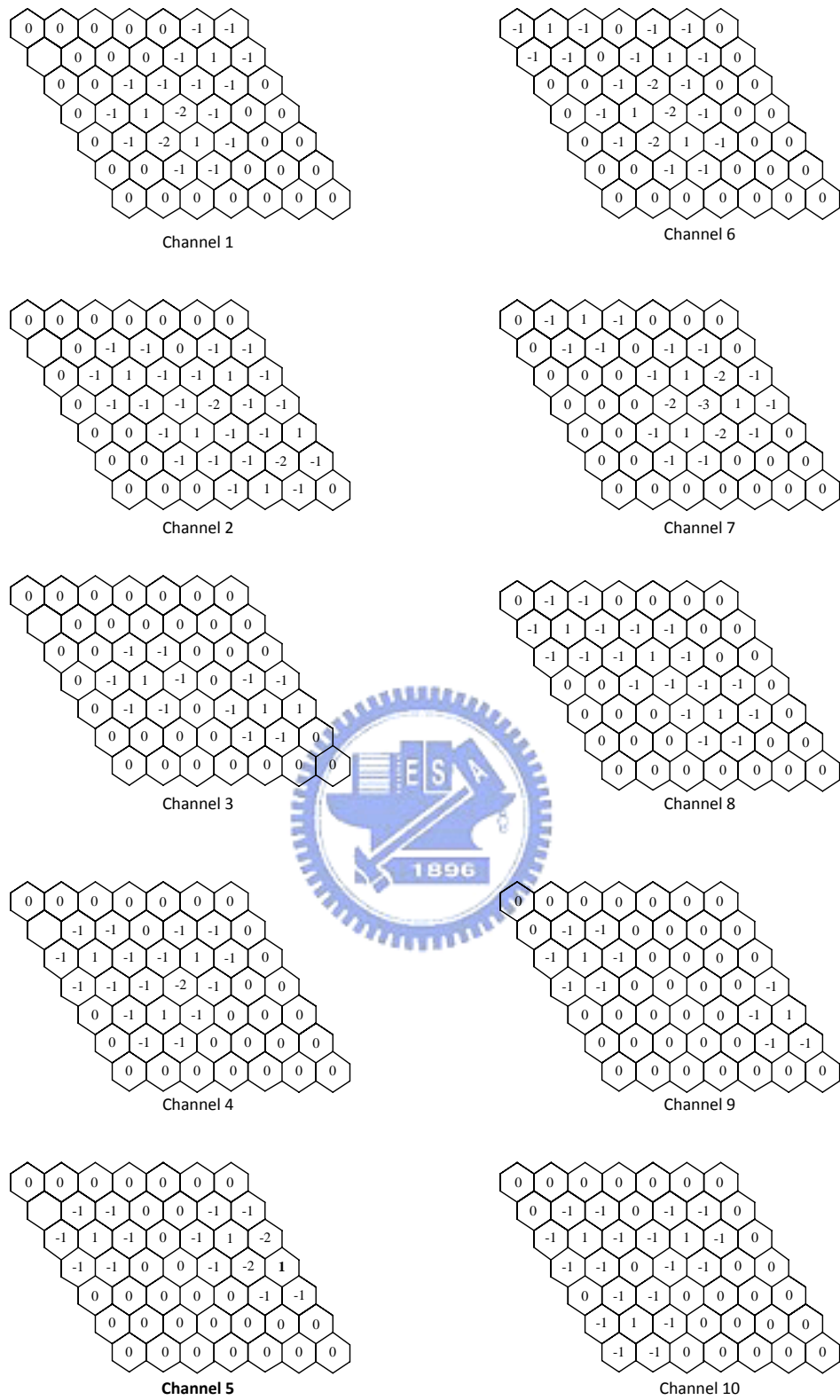
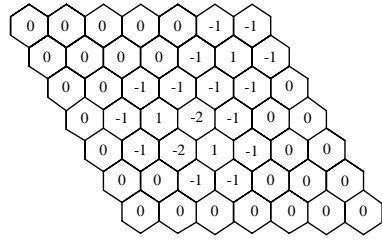
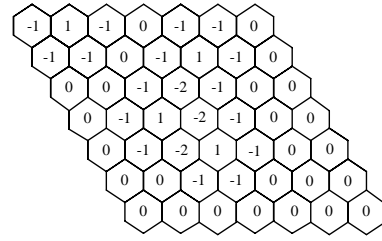


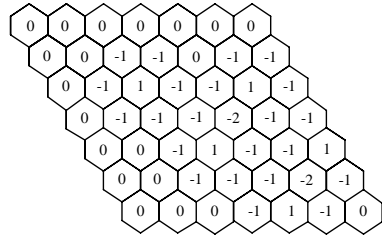
圖3.4 頻道狀態圖更新(配置頻道5後)



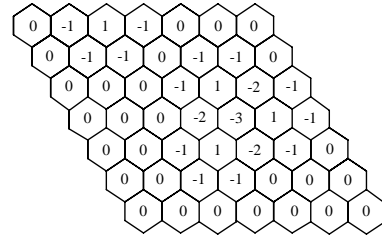
Channel 1



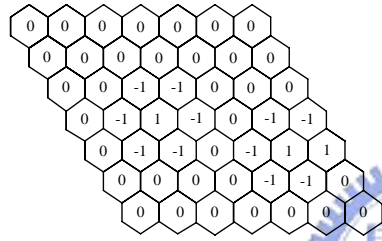
Channel 6



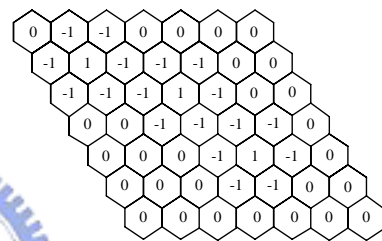
Channel 2



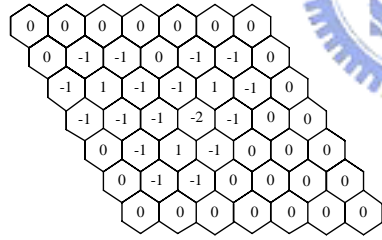
Channel 7



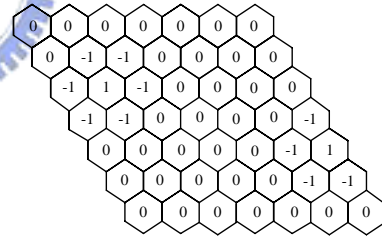
Channel 3



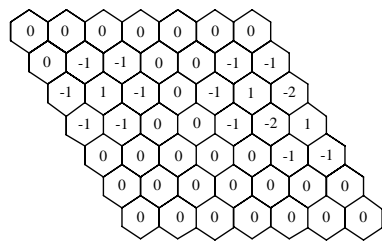
Channel 8



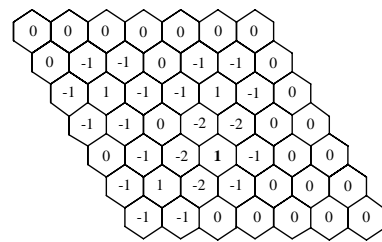
Channel 4



Channel 9

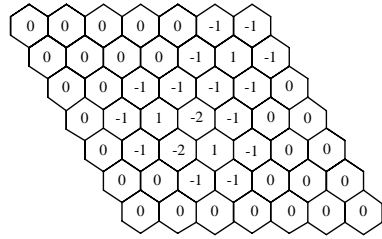


Channel 5

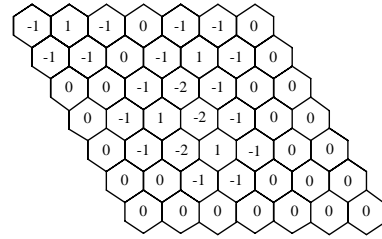


Channel 10

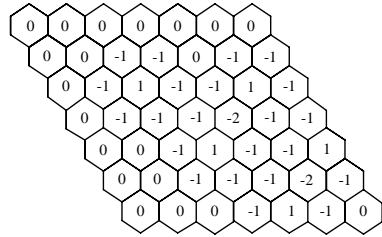
圖3.6 頻道狀態圖更新(配置頻道10後)



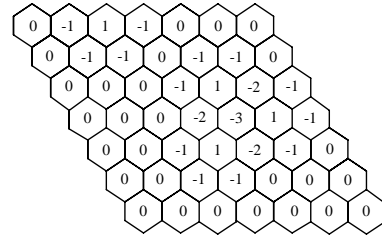
Channel 1



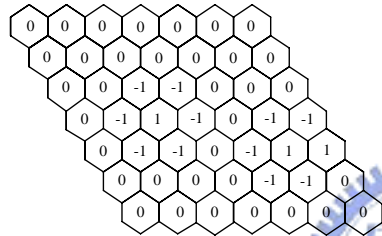
Channel 6



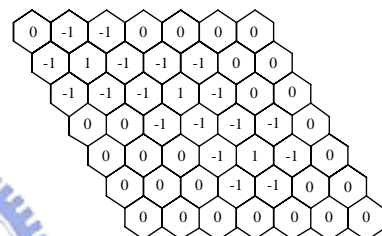
Channel 2



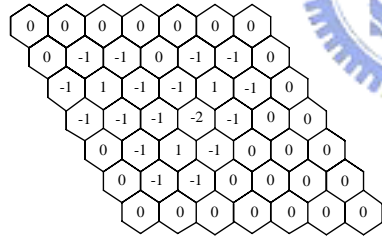
Channel 7



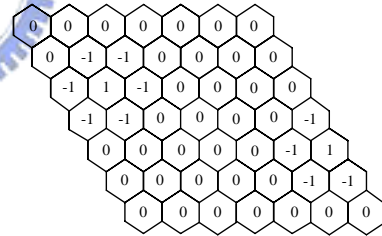
Channel 3



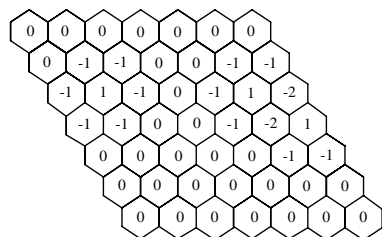
Channel 8



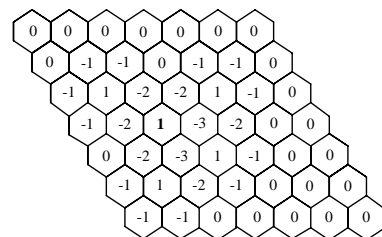
Channel 4



Channel 9

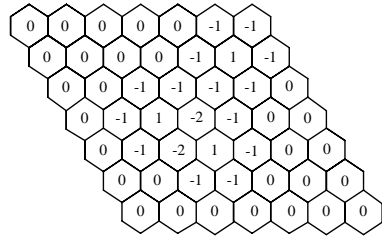


Channel 5

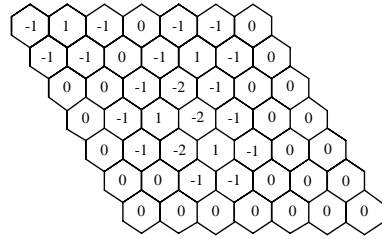


Channel 10

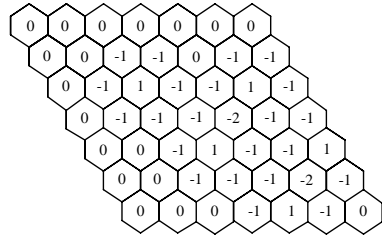
圖3.8 頻道狀態圖更新(配置頻道10後)



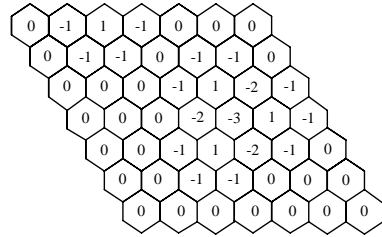
Channel 1



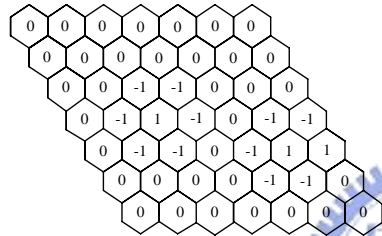
Channel 6



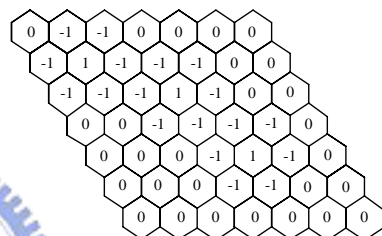
Channel 2



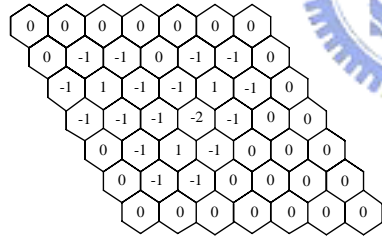
Channel 7



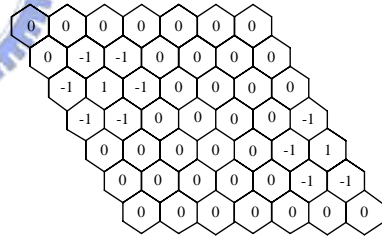
Channel 3



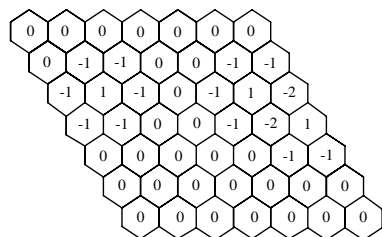
Channel 8



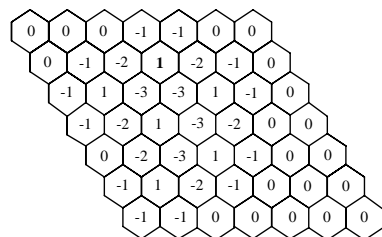
Channel 4



Channel 9



Channel 5



Channel 10

圖3.10 頻道狀態圖更新(配置頻道10後)

第四章 Channel Reassignment

為了降低 call blocked 發生的機率，配置裝置會對已配置頻道進行重新配置的動作。已配置頻道(狀態 1)周圍的頻道狀態為-1 或-2 或-3。負值越高表示該 cell 周圍有越密集的狀態 1 配置。Packing 和 resonance 情形下，頻道配置以越密集為佳。在本章節中，我們將狀態 1 周圍狀態值做加總，用以判定該頻道配置位置的優劣，並做為 channel reassignment 中頻道選用依據。

4.1 Channel Reassignment 方法

1. 動作時機：當 call 結束通話時。屬於單一 cell 的 channel reassignment 動作。
2. 定義限制總值：狀態 1 周圍狀態值的加總，稱為限制總值。限制總值越小表示該頻道配置的位置越佳(越密集)。(限制總值亦可稱為狀態 1 周圍狀態總和)

舉例，假設圖 4.1 為頻道 k 的狀態配置圖，圖 4.2 為頻道 j 的狀態配置圖。圖 4.1 與圖 4.2 中的 Cell A 的頻道狀態皆為 1。計算圖 4.1 與圖 4.2 中 cell A 的限制總值：圖 4.1 中，cell A 頻道 k 的限制總值=-18 為最佳配置頻道。圖 4.2 中，cell A 頻道 j 的限制總值=-14 為較差的配置頻道。故我們可以判斷出，頻道 k 為較佳的頻道配置(密集)。

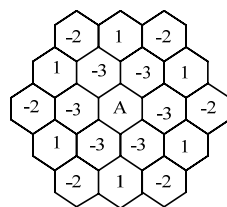


圖 4.1 頻道 k 狀態配置圖

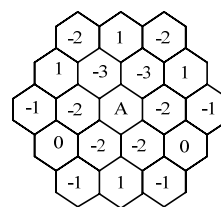


圖 4.2 頻道 j 狀態配置圖

3. 動作說明

假設，圖 4.1 中的 cell A 的頻道 k 所服務的 call 結束通話時，我們可以將圖 4.2 中的 cell A 的頻道 j 所服務的 call，轉移給頻道 k 來進行通訊服務的交換。這一個過程就是 Channel Reassignment 的動作。在這個例子中，頻道 j 會代替頻道 k 被主動釋放為狀態 0，而頻道 k 會取代頻道 j 繼續對該 call 進行通訊服務。

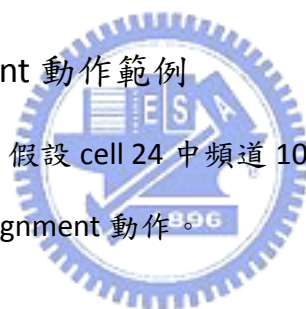
4. 最佳 Channel reassignment 釋放頻道選擇

最佳 Channel reassignment 釋放頻道即為之前定義的最佳釋放頻道。

- (1) 最優先考量：選擇最多可用頻道增加量。
- (2) 第二考量：選擇狀態 1 周圍狀態總和最大者。
- (3) 第三考量：選擇該 cell 中距離頻道使用質心最遠的頻道。

4.2 Channel Reassignment 動作範例

配置狀況設定為圖 3.10，假設 cell 24 中頻道 10 所服務的 call 結束通訊，我們對 cell 24 進行 channel reassignment 動作。



1. 選擇最佳 Channel reassignment 釋放頻道

cell 24 中正在使用的頻道(狀態 1): 1 3 6 10，由表 4.1 可看出，頻道 3 有最多的可用頻道增加量，故對頻道 3 進行釋放動作並與頻道 10 進行頻道重新配置工作。

表 4.1 Call complete in cell 24 頻道選擇考量

正在使用頻道	最優先考量 可用頻道增加量	第二考量 狀態 1 周圍狀態總和	第三考量 質心位置
頻道 1	4	-8	10
頻道 3	6	-6	10
頻道 6	3	-9	10
頻道 10	0	-16	10

2. 執行 Channel reassignment

頻道 10 取代頻道 3 繼續對該 call 進行通訊服務。頻道 3 會代替頻道 10 被主動釋放為狀態 0。

3. 觀察頻道狀態配置圖與可用頻道數量的變化情形

可用頻道數量變化如圖 4.3。頻道狀態配置圖變化如圖 4.4。

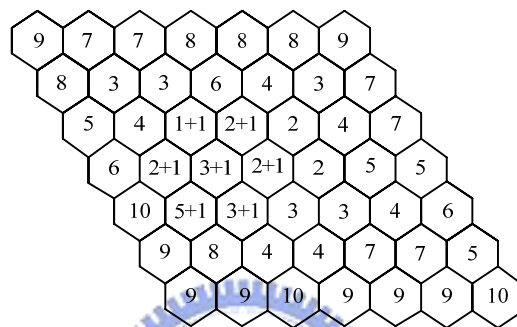
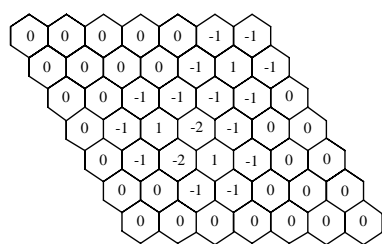
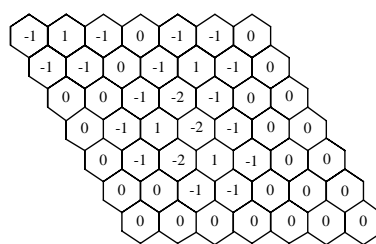


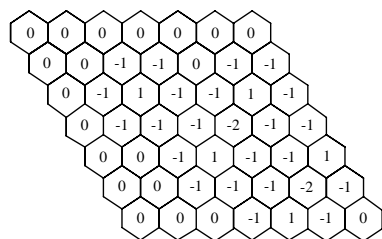
圖 4.3 可用頻道數量分布圖



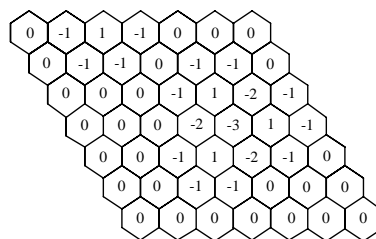
Channel 1



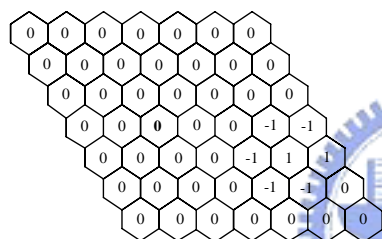
Channel 6



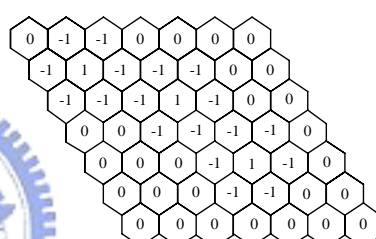
Channel 2



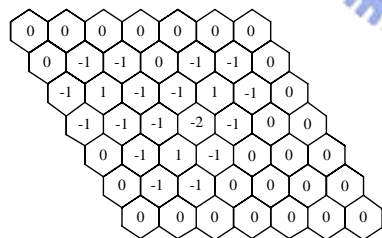
Channel 7



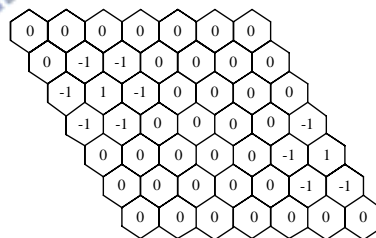
Channel 3



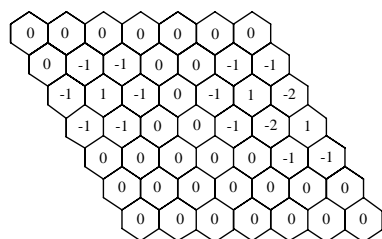
Channel 8



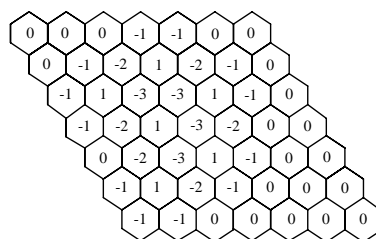
Channel 4



Channel 9



Channel 5



Channel 10

圖4.4 頻道狀態圖更新(釋放頻道3)

第五章 Petri Net 與分散式動態頻道配置系統

分散式動態頻道配置系統中，每個基地台掌握自身以及周圍 cell 的頻道使用狀況，藉由可用頻道配置觀點與狀態 0 周圍狀態總和觀點選擇動態頻道，以實現動態頻道配置策略。在本章節中，我們將結合頻道狀態的觀念與 Petri net，架構出整個分散式動態頻道配置系統。

5.1 Petri net 基本介紹

1. 基本元素

(1) Place (P)：如圖 5.1 中的 A 與 B。 $P=\{A, B\}$ 。

(2) Transition (T)：如圖 5.1 中的 C。 $T=\{C\}$ 。

(3) Token：如圖 5.1 中 Place A 中的標記。以 $X()$ 表示 Place 中的標記數量。

如圖 5.1 中， $X(A)=1, X(B)=0$ 。圖 5.2 中， $X(A)=0, X(B)=1$

(4) Weight (w)：place 對 transition 或 transition 對 place 的箭頭數目。例如， $w(A,C)=1, w(C,B)=1$ 。

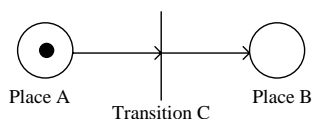


圖 5.1 Transition C 觸發前

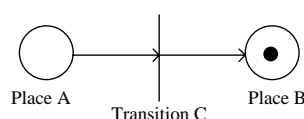


圖 5.2 Transition C 觸發後

2. 動作規定

若 $X(A) \geq w(A,C)$ ，則我們稱 Transition C 是可觸發的(enable)。如圖 5.1， $X(A)=1 \geq w(A,C)=1$ 。當 Transition C 被觸發(fire)，Place A 會射出 $w(A)$ 個 Token，Place B 會被射入 $w(B)$ 個 Token，如圖 5.2 為圖 5.1 觸發(fire)Transition C 後 Token 變動結果。

5.2 Petri net 分散式動態頻道配置系統

圖 5.3 為單一 cell 的頻道配置系統圖，cell 與 cell 會彼此連接而形成全網路動態頻道配置系統。圖 5.4 為配置權判斷裝置。

5.2.1 單一 cell 基本元素介紹

1. Token :

- (1) 無編號 token：此類 token 可用以觸發任何編號的 token 進行 transition 的動作。place Q 與 place B 中的 token 種類就屬於無編號 token。
- (2) 有編號 token：token 編號代表頻道編號，假如網路頻寬可分為 70 個頻道，則 token 編號為 1 到 70。除了 place Q 與 place B 中的 token 之外，其餘 place 中的 token 皆屬於有編號 token。相同編號的 token 可互相觸發。

2. Place :

- (1) Q: token 在 Q 中，表示該 cell 需要配置頻道。
- (2) B: token 在 B 中，表示該 cell 發生 call blocked。
- (3) 0: token 在 0 中，表示該 token 所代表的頻道狀態為 0。
- (4) C: token 在 C 中，表示該 cell 選擇了該 token 所代表的頻道進行 handshake。
- (5) 1: token 在 1 中，表示該 token 所代表的頻道狀態為 1。
- (6) -1: token 在 -1 中，表示該 token 所代表的頻道狀態為 -1。
- (7) -2: token 在 -2 中，表示該 token 所代表的頻道狀態為 -2。
- (8) -3: token 在 -3 中，表示該 token 所代表的頻道狀態為 -3。
- (9) Nak: token 在 Nak 中，表示該 cell 所選擇的頻道無法進行配置工作。
- (10) Ack: token 在 Ack 中，表示該 cell 所選擇的頻道可以進行配置工作。
- (11) Re: token 在 Re 中，表示配置權取得失敗，系統必須重新選擇頻道。
- (12) G: token 在 G 中，表示配置權取得成功，系統可以使用此頻道進行配置。

- (13) T1 : token 在 T1 中，表示該 cell 正在對其周圍的 cell 進行被動限制的動作。
- (14) T2 : token 在 T2 中，表示該 cell 正在對其周圍的 cell 進行被動還原的動作。
- (15) C : 收到周圍 cell 所傳送來的 place C 的更新。
- (16) !C : 與 place C 為反向訊號。

3. Transition :

- (1) Call arrival and CAC and Count no. of calls in cell : Call arrival 發生且對 call 進行 Call admission control，並計算 cell 中 serving call 的數量。
- (2) Update no. of calls in cell : 更新 cell 中 serving call 的數量。
- (3) Call Blocked : call blocked 發生。
- (4) Channel Select : 選擇頻道。
- (5) Handshake : 執行 Handshake 動作。
- (6) 重新選擇 : 配置權取得失敗後，必須重新選擇頻道進行 Handshake 動作。
- (7) 主動配置 : 使用該頻道進行通訊。
- (8) 被動限制 : 限制該頻道的使用。
- (9) 被動還原 : 解除該頻道的限制。
- (10) Call complete and Call reassignment and Update no. of calls in cell : call 結束通話、執行 channel reassignment 並更新 cell 中 serving call 的數量。

5.2.2 系統環境假設

- 1. 每一個 cell 中，每一種有編號的 token 都會被置入 place 0 或 place C 或 place 1 或 place -1 或 place -2 或 place -3 中，以表示該 token 所代表的頻道於此 cell 是代表何種的頻道狀態。例如，token 27 被置入 cell 15 的 place 1 中表示頻道 27 於 cell 15 是處於正在通訊中的狀態。
- 2. 每一個 cell 與其相鄰 Cell 間的訊息傳遞時間為定值 T_p 。

3. 每一個 cell 中，當 place 0、place C、place 1、place -1、place -2、place -3 的頻道狀態發生改變，會將變更結果立刻告知周圍的 cell，訊息傳遞時間為 T_p 。所以每一個 cell 中的基地台掌握其周圍 cell 的頻道配置狀態有著時間 T_p 的延遲。
4. 每一個 cell 中，周圍頻道狀態暫存裝置由 Place C 與 Place !C 組成，每當其周圍的 cell 一發生頻道狀態改變，會向此 2 個 place 進行更新。由於每一個 cell 周圍都會有 6 個相鄰的 cell，故每一個 cell 必須設有 6 組周圍頻道狀態暫存裝置，分別儲存周圍 6 組 cell 的頻道使用狀態。
5. Transition 觸發種類：
 - (1) Intra cell fixed time：當 Transition 是 enable 時，必須維持一段固定時間才予以觸發(fire)，屬於單一 cell 內的轉換動作。
 - (2) intra cell stochastic time：當 Transition 是 enable 時，必須維持一段隨機時間才予以觸發。
 - (3) Inter cell fixed time：當 Transition 是 enable 時，必須維持一段固定時間才予以觸發，屬於 cell 與 cell 間的 Transition。
 - (4) Instantaneous：當 Transition 是 enable 時，立即觸發。
 - (5) Instantaneous by control：Transition 維持一段固定時間後立即觸發。所有 Transition 的種類指定如圖 5.3 所示。
6. Transition 被動限制、被動還原與 Handshake 的轉換時間皆設定為一個 T_p 的時間。
7. 條件選擇線路：規定附於其線路上的條件若滿足則線路會予以導通，若不滿足則中斷線路。
8. RL：token 剩餘的存活時間。token 一被置入 place Q 後，RL 就會開始隨時間遞減，最小值為 0。
9. 每一個 Cell 中，Petri Net 會對 serving call 的數量作控管(CAC)，當 no. of serving

calls < 70，token 被允許射入 place Q 中，而 call complete 與 call blocked 發生後會更新 serving call 的數量。

5.2.3 系統運作說明

1. Call arrival and CAC and Count no. of calls in cell

當 call arrival 發生時，配置系統會進行 call admission control，若該 cell 中的 serving call 數目小於 70，則允許 token 射入 place Q 中，而每當 call blocked 發生後或 Call complete 發生後，cell 會即時更新 serving call 的數量。

2. Channel Select 與 Call Blocked

當 token 被射入 place Q 中，此時有兩個條件選擇線路，線路 1：RL=0，連接到 Transition Call Blocked、線路 2：RL>0，連接到 Transition Channel Select。

(1) 情形 1：RL>0，線路 2 導通，執行 Transition Channel Select，則該 cell 必須從 place 0 中選擇一個頻道(token)進行配置，而被選擇的頻道 token 會被射入 place C 中。

(2) 情形 2：RL=0，線路 1 導通，執行 Transition Call Blocked，則 token 會由 place Q 射入 place B 中，表示 call blocked 發生。

3. Handshake 過程

頻道在使用配置之前必須先取得頻道配置權才可以執行主動配置的轉換動作，如此即可確保頻道在選擇配置上不會有同頻干擾的現象發生。當 token 進入 place C 中，會等待一個訊息傳遞時間 T_p ，然後分別觸發 6 組周圍頻道狀態偵測裝置中 place 內的 token。只要在 T_p 時間內該組偵測裝置沒有被變更為 place C 的情形發生，則對於該 cell，token 會被射入 place Ack 中。成功取得配置權的情形為對於其周圍的 6 個 cell 都擷取到 place Ack 的情形，見圖 5.4。若配置權判斷成功，token 會被射入 place G 中，觸發 Transition 主動配置，將 token 射入 place

1 中。若配置權判斷失敗，token 會被射入 place Re 中，觸發 Transition 重新選擇，將 token 射回 place Q 中，此時再檢查該 token 所計錄的 RL 值，若 RL 值歸 0，則 call blocked 發生，token 會由 place Q 射入 place B 中。

4. Cells 之間頻道狀態轉換

當 cell 執行 Transition 主動配置的同時，token 會被射入 place T1 中，T1 會觸發其周圍的 cell 執行 Transition 被動限制。當 cell 執行 Transition Call complete 的同時，token 會被射入 place T2 中，T2 會觸發其周圍的 cell 執行 Transition 被動還原。對於 reuse distance = 2 cell units 的系統，每一個 cell 的 Transition 主動配置會影響其 cell 周圍 6 個 cell 必須執行 Transition 被動限制，而 Transition 主動還原會影響其 cell 周圍 6 個 cell 必須執行 Transition 被動還原，所以一個 cell 的 place T1 與 T2 各有 6 個，分別連接到其周圍 6 個 cell 中。當然 cell 自己本身也會受到其周圍 6 個 cell 的 place T1 與 T2 的影響，而做出對應的 Transition 轉換動作。

整個頻道配置的過程，就像是 token 於各個 place 之間的轉移，而 cell 與 cell 之間，同編號的 token 會相互影響其 token 所在的 place。

5.2.4 其他動作規定

1. Channel Select

- (1) 選擇配置頻道的方法為第三章的規定。
- (2) Cell 所選擇的頻道，其周圍頻道狀態偵測裝置中的 place 必須為 IC。

2. Channel reassignment

發生於 call complete。選擇釋放頻道的方法為第四章的規定。

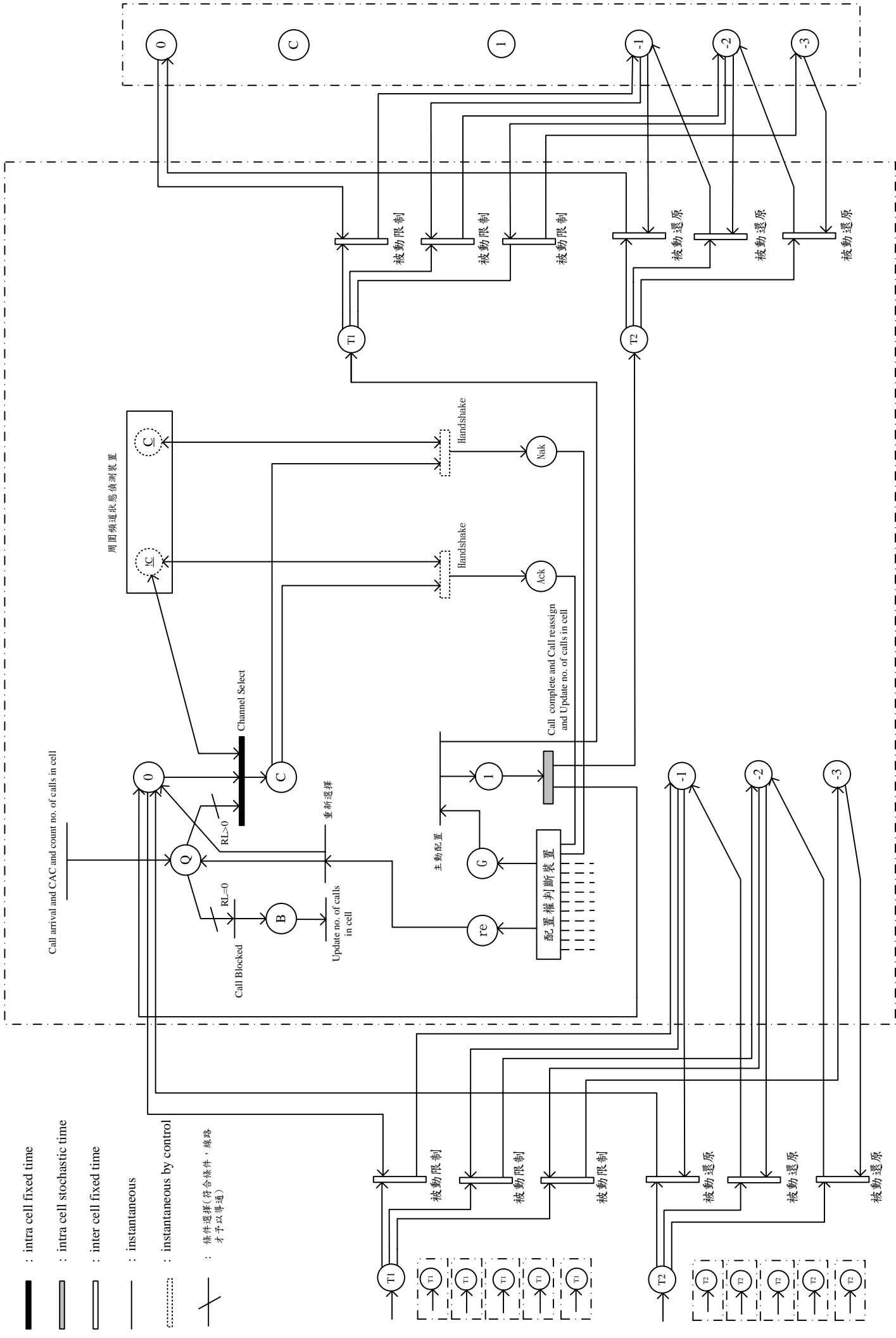


圖 5.3 Petri Net 分散式動態頻道配系統

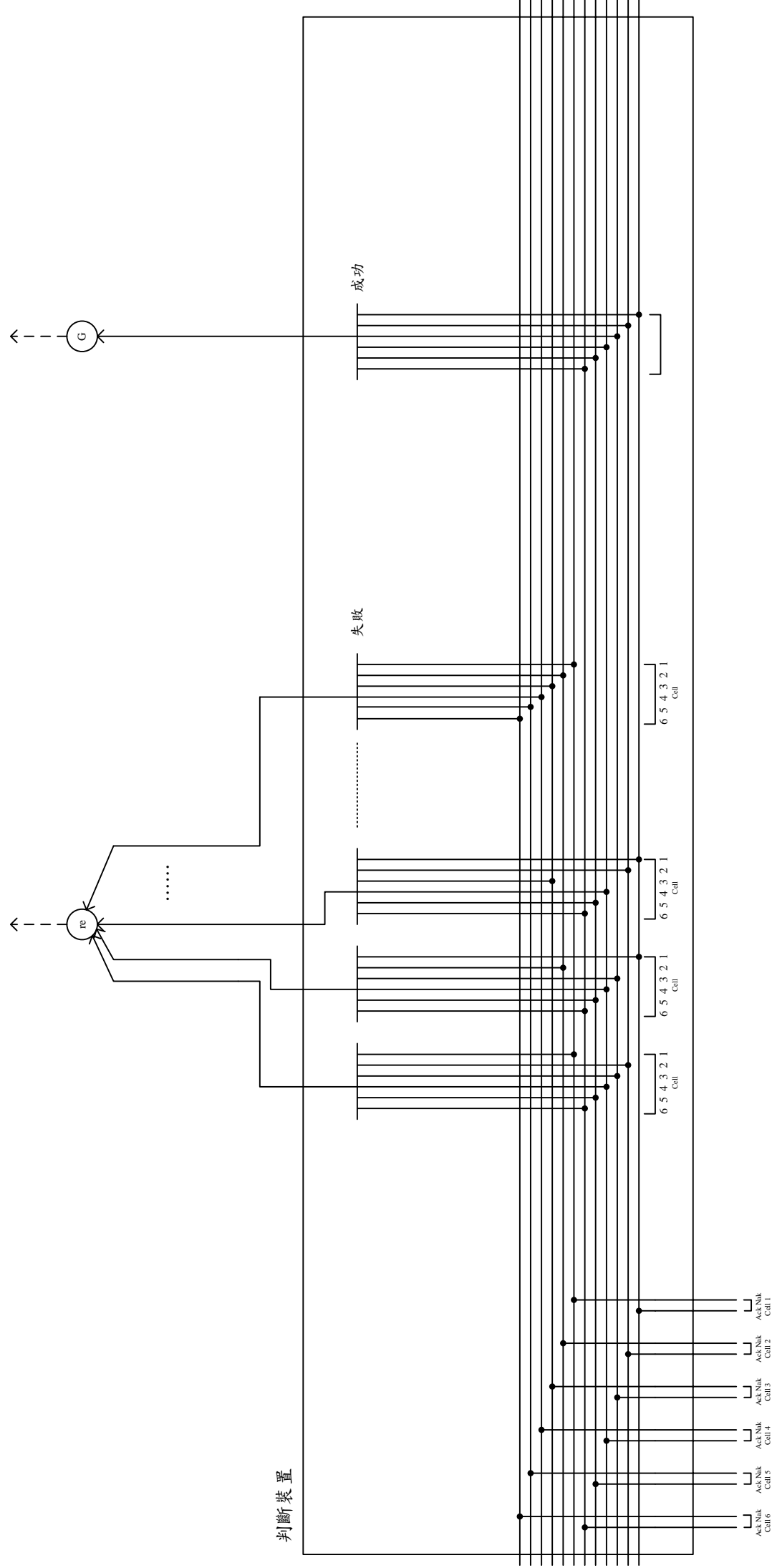


圖 5.4 配置權判斷裝置

第六章 動態頻道配置模擬

本章節分為兩部分，第一部分純粹以動態頻道選擇方法做模擬的比較。第二部分加上 channel reassignment 的策略，進行整體性的頻道配置模擬。

6.1 模擬規則

1. 建立 7X7 49 cell 蜂巢網路模擬模型，如圖 2.1。
2. 網路模型的重複使用因子設定為 3。頻道重複使用距離設定為 2 cell unit。
3. 使用於此網路的頻寬資源為 70 個頻道。每個頻道限制只服務一個 call。
4. 全網路使用動態頻道進行通訊服務。
5. 頻道的使用僅考慮同頻干擾所造成的限制。
6. Cell 要求頻道的當下，若該 cell 中沒有閒置頻道(狀態 0)，則等待 1 秒(即 token 置入 place Q 後的存活時間為 1 秒)，若該 cell 中還是沒有閒置頻道(狀態 0)，則 call blocked 發生。
7. 正在進行服務的 call 可以執行 channel reassignment 動作。
8. 不考慮任何 Transition 的動作延遲時間。
9. 所有 call 為 new call。
10. Incoming call arrival is assumed to follow a Poisson process with arrival rate λ ，如圖 6.1 所示。
11. The holding time of a call is assumed to follow the exponential distribution with mean $1/\mu=180$ sec (or 3 min)。
12. Call arrival 方式為 call by call，即 cell 同時間一次只能為一個 call 配置頻道。

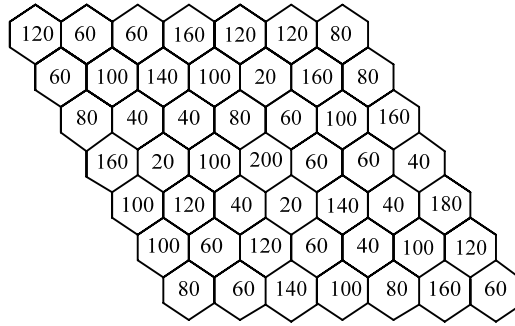


圖 6.1 Number in cells express Poisson arrival rate (calls/h)

6.2 動態頻道選擇方法模擬比較

第一部分純粹以動態頻道選擇方法做模擬的比較，不使用 channel reassignment 策略進行 call blocked rate 的改善。

1. 模擬數據說明

- (1) 表 6.1~6.7 為七種不同的頻道選擇方法所跑出來的模擬結果。
- (2) Traffic 欄位 $\times K$ 表示網路中每個 cell 的 call arrival rate 為圖 6.1 的 K 倍。
- (3) Call blocked 欄位表示模擬過程中 new call 發生 call blocked 的次數。
- (4) Call blocked rate 欄位表示模擬過程中 new call 發生 call blocked 的機率 (%)。
- (5) 狀態 0 減少量/配置欄位的計算方式為自配置開始一千秒後，計算十萬次配置中，狀態 0 減少量加總的平均值。
- (6) 圖 6.2 為本論文提出的各種觀點的 Call blocked rate 比較。
- (7) 圖 6.3 為本論文提出方法與其他頻道選擇方法的 Call blocked rate 比較。
- (8) 圖 6.4 為本論文提出的各種觀點的狀態 0 減少數量/配置比較。
- (9) 圖 6.5 為本論文提出方法與其他頻道選擇方法的狀態 0 減少數量/配置比較。
- (10) 針對每一種配置策略，我們會以六種 Traffic($\times 2.8$, $\times 3.2$, $\times 3.6$, $\times 4.0$, $\times 4.4$,

x4.8)進行 20 小時的頻道配置模擬。在這個階段不使用 channel reassignment 策略做 call blocked 的改善，純粹就頻道選擇方法做模擬比較。

表 6.1 可用頻道數量觀點(最優先考量)

Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
Call blocked	1396.85	6816.05	18309.8	35686.1	57560.9	83113.9
Call blocked rate	0.553438	2.36458	5.6435	9.90677	14.5271	19.2317
狀態 0 減少量 /配置	1.39154	1.31854	1.19893	1.10616	1.0121	0.9383

表 6.2 狀態 0 周圍狀態總和觀點(最優先考量)

Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
Call blocked	1361.85	6737.75	17751	34898.8	56955.4	81912.6
Call blocked rate	0.539421	2.33604	5.47536	9.68729	14.3693	18.9513
狀態 0 減少量 /配置	1.40759	1.31152	1.22597	1.11741	1.01017	0.95447

表 6.3 狀態 1 數量觀點(最優先考量)

Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
Call blocked	2168.2	9418.15	22303.2	40798.4	63482	88883.9
Call blocked rate	0.860154	3.26446	6.87577	11.3257	16.0137	20.5651
狀態 0 減少量 /配置	1.5952	1.49807	1.37767	1.24871	1.13981	1.05794

表 6.4 可用頻道數量觀點 (最優先考量), 狀態 0 周圍狀態總和觀點(第二考量)

Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
Call blocked	1328.15	6617.15	18133.8	34951.6	56806.2	81945.6
Call blocked rate	0.526671	2.29578	5.5903	9.70247	14.3394	18.9666
狀態 0 減少量 /配置	1.39737	1.30254	1.20817	1.08708	1.00733	0.94086

表 6.5 CES 策略中頻道選擇方法[2]

Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
Call blocked	2123.64	9011.29	21564.6	39999.1	62156.5	88316.3
Call blocked rate	0.851112	3.12004	6.70912	11.1123	15.6811	20.41
狀態 0 減少量 /配置	1.60601	1.47536	1.3278	1.20141	1.1277	1.03372

表 6.6 ES 策略中頻道選擇方法[1]

Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
Call blocked	2147.35	9004.35	21790.8	39966.8	62109.7	88077.3
Call blocked rate	0.850482	3.12364	6.71723	11.0906	15.6742	20.382
狀態 0 減少量 /配置	1.59616	1.46247	1.34844	1.22616	1.11158	1.04043

表 6.7 Compact pattern method[3]

Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
Call blocked	1399.35	7244.6	21265.8	41678.3	65156.3	91257.3
Call blocked rate	0.55454	2.51482	6.55331	11.5638	16.4428	21.1149
狀態 0 減少量 /配置	1.54043	1.43753	1.39066	1.29812	1.22504	1.12719

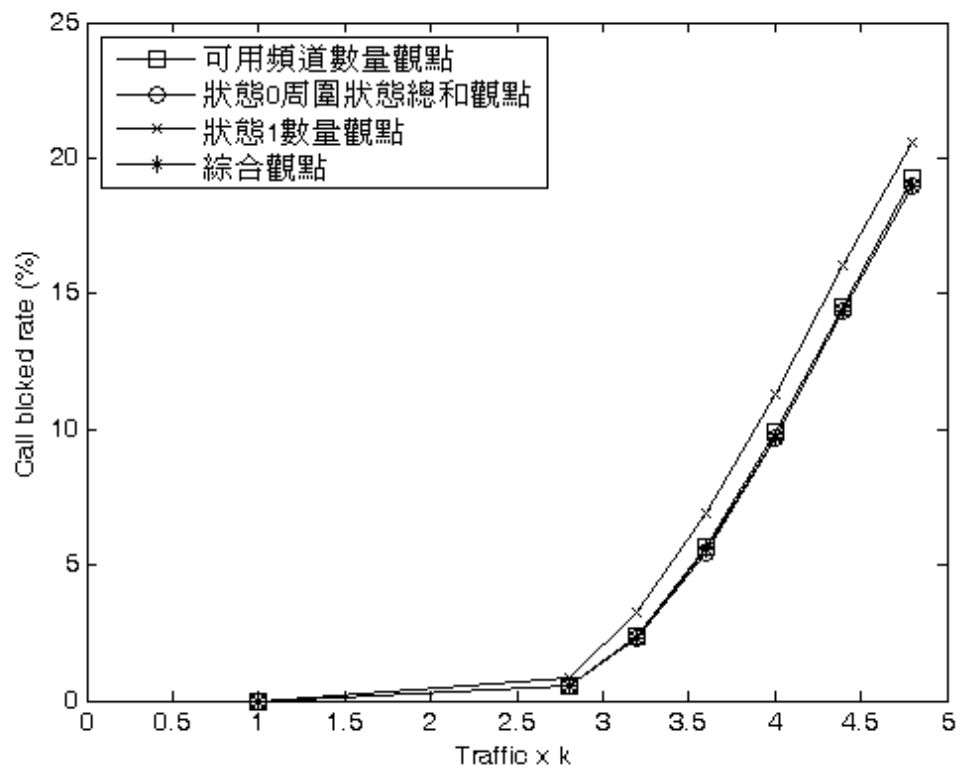


圖 6.2 頻道配置觀點-Call blocked rate 比較 (our method)

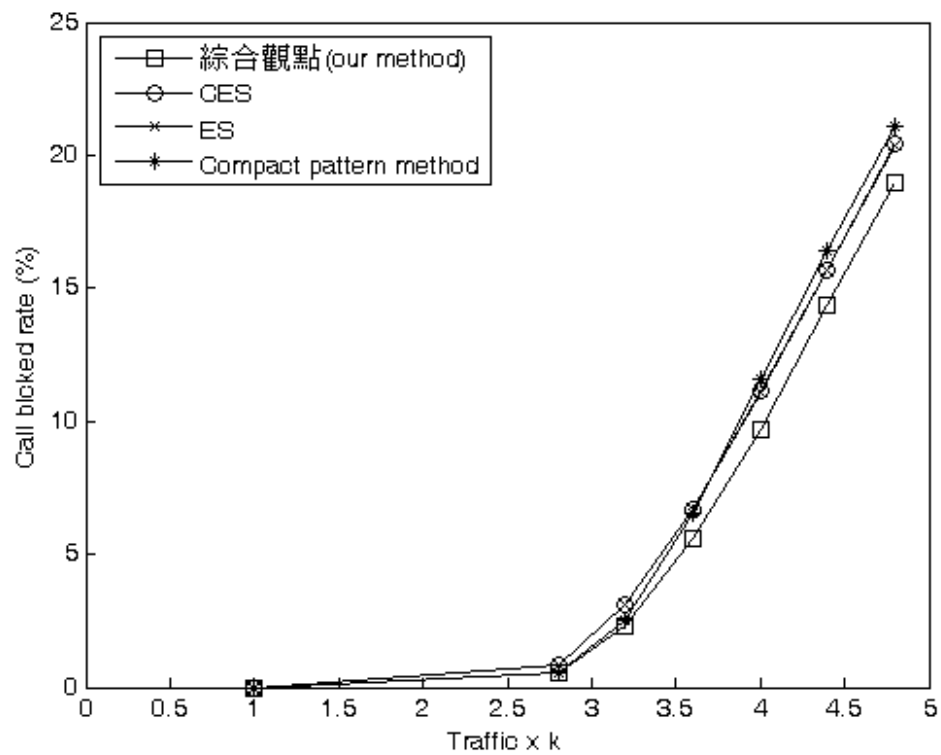


圖 6.3 動態頻道選擇方法-Call blocked rate 比較

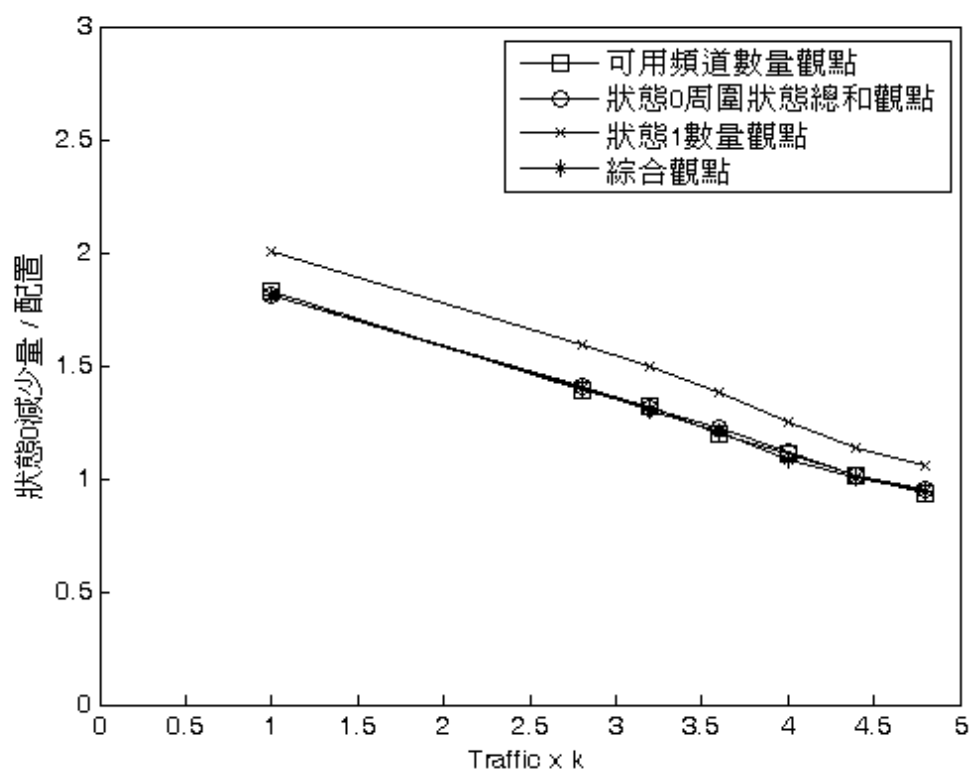


圖 6.4 頻道配置觀點-狀態 0 減少數量/配置比較(our method)

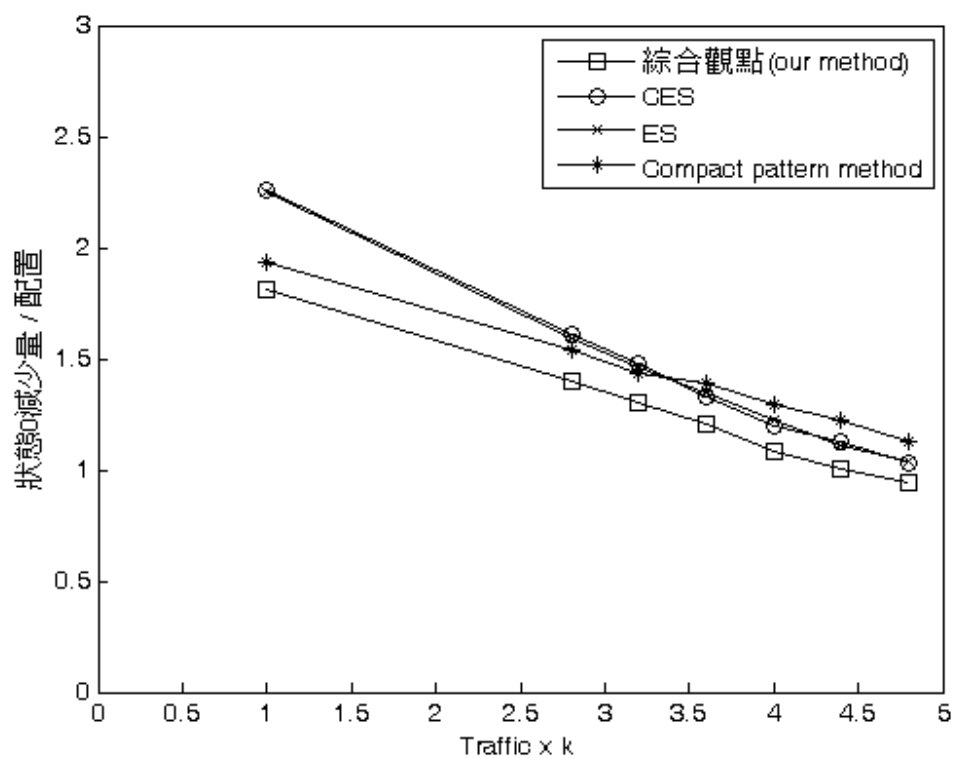


圖 6.5 動態頻道選擇方法-狀態 0 減少數量/配置比較

2. 頻道配置觀點模擬比較(our method)

(1) Call blocked rate 比較

由圖 6.2 可看出，可用頻道數量觀點、狀態 0 周圍狀態總和觀點與綜合觀點有著非常接近的 call blocked rate，而狀態 1 數量觀點的 call blocked rate 則明顯高於其他觀點。

(2) 狀態 0 減少數量/配置比較

由圖 6.4 可看出，可用頻道數量觀點、狀態 0 周圍狀態總和觀點與綜合觀點有著非常接近的狀態 0 減少數量/配置，而狀態 1 數量觀點的狀態 0 減少數量/配置則明顯高於其他觀點。

3. 動態頻道選擇方法比較

(1) CES 與 ES 頻道選擇方法

表 6.5 與表 6.6 分別為 CES[2]與 ES[1]頻道選擇方法的模擬結果，兩方法中所制定的 fitness function 是依照 packing 與 resonance condition 的規則而來。數據顯示，表 6.5 與表 6.6 的模擬結果幾乎沒有差別。

(2) Compact pattern 頻道選擇方法

表 6.7 為 compact pattern[3]頻道選擇方法的模擬結果，我們使用了圖 6.6 中 4 種的 compact pattern type 進行頻道的選擇與配置。在該方法中，配置系統會給予頻道最適合的 compact pattern type 進行 call 的配置工作。cell 發生 call arrival 時，若沒有一個 compact pattern type 的頻道可供配置，則配置系統會依照狀態 1 數量觀點選擇一個 non-compact 的頻道進行配置工作。

(3) Call blocked rate 比較

由圖 6.3 可看出，本論文提出的頻道選擇方法表現最好，而 Compact pattern 頻道選擇方法在 traffic 舒緩時，call blocked rate 的表現較 CES 與 ES 方法為優，但隨著 traffic 值增加，call blocked rate 有明顯的上升。

(4) 狀態 0 減少數量/配置比較

由圖 6.5 可看出，本論文方法有最少的狀態 0 減少數量/配置，而 Compact pattern 頻道選擇方法在 traffic 舒緩時，狀態 0 減少數量/配置的表現較 CES 與 ES 方法為優，但隨著 traffic 值上升，狀態 0 減少數量/配置明顯高於其他方法。

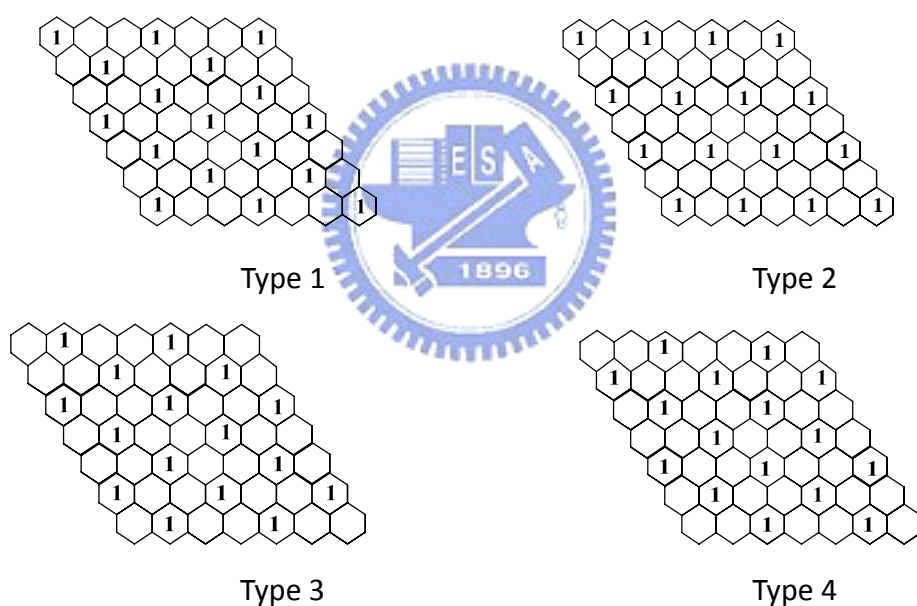


圖 6.6 Compact pattern type

4. 狀態 0 減少數量/配置 對於模擬結果的影響

觀察表 6.1 到表 6.7 的狀態 0 減少數量/配置欄位的數字可發現，狀態 0 減少數目較少的頻道選擇方法，普遍有著較低的 call blocked rate。故我們可以將狀態 0 減少數量/配置視為一個評判頻道選擇方法優劣的新指標。

6.3 Channel reassignment 策略整體性配置模擬比較

第二部分加上 channel reassignment 的策略，進行整體性的頻道配置模擬。

1. 模擬數據說明

- (1) 表 6.8、表 6.9、表 6.10 與表 6.11 分別為四種不同頻道配置策略的模擬結果。
- (2) Traffic 欄位 $\times K$ 表示網路中每個 cell 的 call arrival rate 為圖 6.1 的 K 倍。
- (3) call blocked 欄位表示模擬過程中 new call 發生 call blocked 的次數。
- (4) call blocked rate 欄位表示模擬過程中 new call 發生 call blocked 的機率(%)。
- (5) 全網路可用頻道數量欄位的計算方式為自模擬開始，配置一萬個 call 之後，每配置一百個 call 就計算一次全網路中可用頻道的數量，表中數字為一千次加總值的平均值(共配置十萬個 call)。
- (6) Time/per assign 欄位的計算方式為自模擬開始一千秒後，計算一千次演算法時間加總的平均值(CPU 為 3.2GHz)。
- (7) 圖 6.7 為四種策略的 call blocked rate 比較。
- (8) 圖 6.8 為四種策略的全網路可用頻道數量比較。
- (9) 針對每一種配置策略，我們會以六種 Traffic($\times 2.8$, $\times 3.2$, $\times 3.6$, $\times 4.0$, $\times 4.4$, $\times 4.8$)進行 20 小時的頻道配置模擬。在這個階段使用 channel reassignment 策略做 call blocked 的改善，比較各種頻道配置策略優劣。

表 6.8 可用頻道數量觀點 (最優先考量), 狀態 0 周圍狀態總和觀點(第二考量)

Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
Call blocked	816.2	4879.75	14337.5	29690.1	49145.2	72239.4
Call blocked rate	0.323691	1.69219	4.42164	8.23792	12.4041	16.7145
全網路可用頻道 數量	1115.96	838.588	622.868	464.966	372.002	286.666
Time/per assign	4.12551e-5 (sec)					

表 6.9 (1, $\lambda=10$)-CES 策略[2], Max no. of destabilization=4

Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
Call blocked	1814.5	8185.5	20205.12	37904.6	59123.41	85845.3
Call blocked rate	0.721533	2.8381	6.21694	10.5256	14.912	19.8574
Min generation	4	4	4	4	4	4
Ave generation	4.1068	4.2218	4.35105	4.48708	4.56454	4.67894
Max generation	14	16	16	17	16	17
全網路可用頻道 數量	864.854	629.64	452.678	338.52	241.518	204.68
Time/per assign	0.029092~0.033608 (sec)					

表 6.10 (1, $\lambda=10$)-ES 策略[1], Max no. of destabilization=4

Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
Call blocked	1818.23	8129.53	19866.21	39197.37	58792.5	85524.1
Call blocked rate	0.720885	2.81737	6.10662	10.8683	14.8572	19.7177
Min generation	4	4	4	4	4	4
Ave generation	4.10576	4.23087	4.35632	4.48709	4.59414	4.68974
Max generation	14	15	16	16	16	17
全網路可用頻道 數量	870.112	625.55	450.96	351.851	243.465	204.11
Time/per assign	0.024952~0.027266 (sec)					

表 6.11 Compact pattern method[3]

Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
Call blocked	1239.5	6323.95	18533.7	39070.7	62063.8	87019.8
Call blocked rate	0.490698	2.19478	5.71325	10.8381	15.6618	20.1172
全網路可用頻道 數量	967.7	696.824	487.676	346.936	245.94	201.814
Time/per assign	4.30038e-5 (sec)					

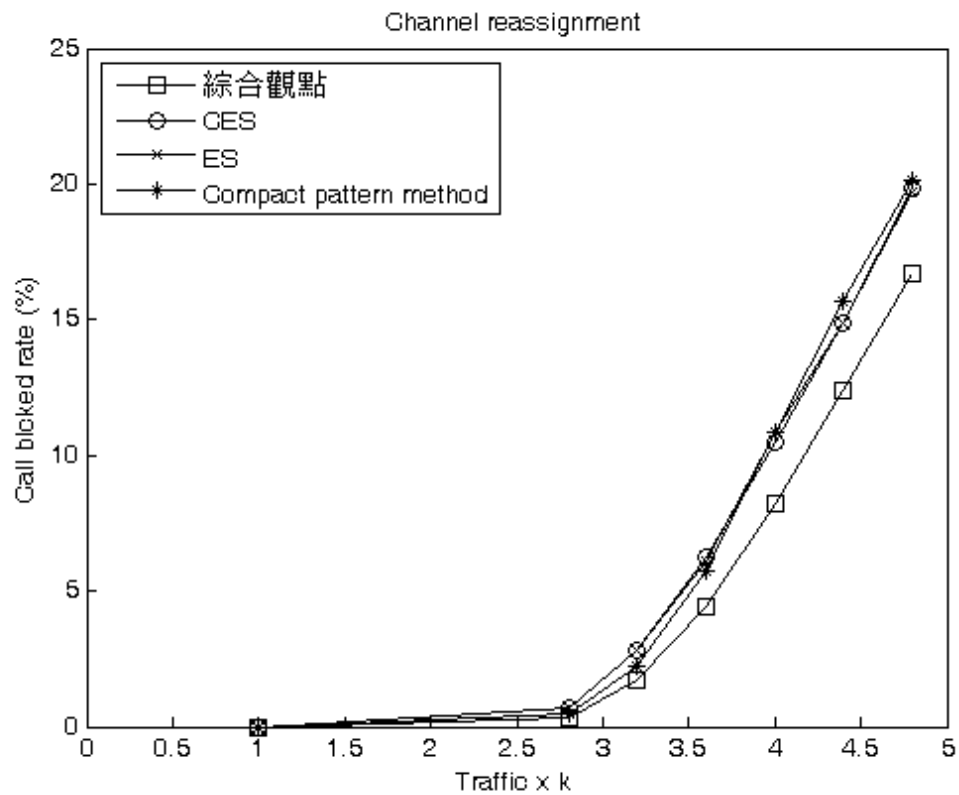


圖 6.7 動態頻道配置策略-Call blocked rate 比較

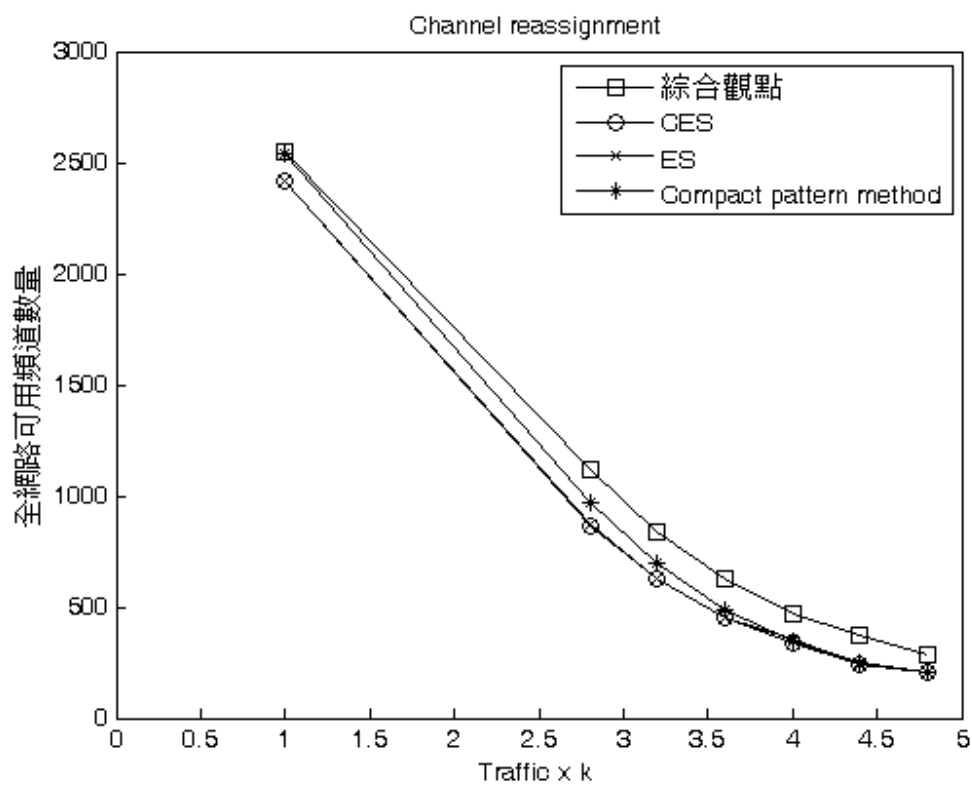


圖 6.8 動態頻道配置策略-全網路可用頻道數量比較

2. 本論文策略與 ES 策略模擬比較

(1) 中央式與分散式系統分析

本論文方法中，每個 cell 選擇頻道的判斷依據為其 cell 周圍同頻干擾範圍內 cell 的頻道使用情形，地域性的資訊掌握，故屬於分散控制式的動態頻道配置策略。而在 ES 策略中，每個 cell 選擇頻道的判斷依據(fitness function 的制定)為全網路 cell 的頻道使用情形，全域性的資訊掌握，故歸類為中央控制式的動態頻道配置策略。雖然我們提出的策略為分散式，但利用這些資訊就足以判斷出有哪些頻道是造成當下最少可用頻道減少數量的頻道以及狀態 1 堆積的疏密程度的資訊。

(2) Channel reassignment 分析

比較表 6.4、表 6.8 與表 6.6、表 6.10 可看出，我們的 channel reassignment 策略可對 call blocked rate 造成不錯的改良，原因是本論文策略不僅僅著重於頻道的選擇配置(channel select)，也關注於頻道的選擇釋放(channel reassignment)。ES 策略中[1]，channel reassignment 的動作發生於配置頻道的同時，配置系統會針對該 cell 中所有的可用頻道進行 channel reassignment 的動作，若使用頻道被重置的數目過多時，會對配置系統造成額外的負擔，相較於本論文方法，我們只會針對一個最佳釋放頻道進行 channel reassignment 的動作，而且整個 channel reassignment 的過程如同 channel select 過程一般，並不需要考量最佳化演算法的演算時間即可完成。

3. 本論文策略與 Compact pattern 策略模擬比較

(1) 中央式與分散式系統分析

Compact pattern method 為中央控制式的動態頻道配置策略。如同 6.2 節中，我們規定 4 種 compact pattern type 來對動態頻道進行模擬。

(2) Channel reassignment 分析

Compact pattern method 中 Channel reassignment 動作規定如下:

- i) 若該欲釋放之頻道為 non-compact 則直接釋放。
- ii) 若該欲釋放之頻道為 compact，則執行 channel reassignment 動作。即若該 cell 中存在其他 non-compact 的頻道，則對該頻道進行 reassign 的動作。若該 cell 中不存在其他 non-compact 的頻道，則對該 cell 所有使用中的頻道進行該頻道於此網路服務總數量的計算，系統會對服務總數量最少的頻道進行 reassign 的動作。

Compact pattern method 的 channel reassignment 時機與本論文相同，是發生於 call complete 的同時，除了單一頻道的 channel reassignment 不會對系統造成負擔外，整個過程中亦不需要最佳化演算法長時間的演算。

4. CES 策略與 ES 策略模擬比較

(1) ES 策略為 CES 策略的改良結果，改良項目如下:

- i) 最佳化演算法中 Solution 的表示長度：CES 演算法[2]中，solution 的表示長度定為全網路頻道數目(本模擬中為 1x70 的陣列)，而 ES 演算法[1]中將其縮減為 cell 中正在使用中頻道的數目。
- ii) 最佳化演算法中 fitness function 的表示方法：ES 演算法[1]提供了更為精簡的 fitness function，給予了更快速的演算法運算時間。

(2) 模擬數據比較

由數據看來 call blocked rate 的表現幾乎沒有差別，而演算時間方面，ES 演算法有較快速的演算速度。Ave generation 欄位記錄下了 20 個小時的模擬過程中，最佳化演算法所執行的平均 generation 數目，數據顯示，Ave

generation 大多接近 Max no. of destabilization=4，這表示有絕大多數的 solution 在執行完 channel reassignment 之後並沒有取得更佳的 solution。

5. 綜合比較

由圖 6.7 與圖 6.8 可看出各種策略的 call blocked rate 與全網路可用頻道數量表現情形，本論文策略有著最低的 call blocked rate 以及最高的全網路可用頻道數量。Compact pattern method 則是在低 traffic 時，表現出較 CES 與 ES 為佳的 call blocked rate 以及全網路可用頻道數量，但在高 traffic 時則漸漸失去其優勢。



第七章 Call Admission Control

本章節的目的在於對頻道的通訊服務做一個管理控制，即犧牲 new call 而提升 handoff call 的服務品質。方法是利用固定頻道的概念，每個 cell 會預留一定數量的固定頻道以確保 handoff call 的通訊順暢。由於固定頻道的配置會造成配置區域周圍該頻道的使用限制，故我們一方面必須確保每個 cell 必須有足夠數量的固定頻道以保證 handoff call 的通訊品質，另一方面也必須控管固定頻道數量不可太多，以免造成過多的頻道干擾。

比起全部以動態頻道配置的網路，雖然加入固定頻道的網路可以服務的 call 的總數減少了，但是卻可以有效的改善 handoff call blocked 的發生機率。

7.1 定義頻道狀態

為了加入固定頻道的觀念，我們重新定義了頻道狀態如下：



1. 狀態 2：通訊中的狀態
2. 狀態 1：已配置、閒置狀態，即固定頻道。
3. 狀態 0：未配置、閒置狀態，即動態頻道。
4. 狀態 -1：不可使用狀態，表示其狀態周圍有一個 狀態 1 或 狀態 2 的存在。
5. 狀態 -2：不可使用狀態，表示其狀態周圍有兩個 狀態 1 或 狀態 2 的存在。
6. 狀態 -3：不可使用狀態，表示其狀態周圍有三個 狀態 1 或 狀態 2 的存在。

● 說明

狀態 1 與狀態 0 的頻道皆為閒置的頻道，當 call 來臨時，我們可以使用狀態 1 或是狀態 0 的頻道進行通訊服務。

7.2 頻道狀態規定

1. 狀態 2 周圍狀態(同頻干擾範圍內的狀態)必須是 -1 或-2 或-3。
2. 狀態 1 周圍狀態(同頻干擾範圍內的狀態)必須是 -1 或-2 或-3。
3. 狀態 0 周圍狀態(同頻干擾範圍內的狀態)必須不能是 1 或 2。
4. 狀態-1 周圍狀態(同頻干擾範圍內的狀態)必須有一個為狀態 1 或狀態 2。
5. 狀態-2 周圍狀態(同頻干擾範圍內的狀態)必須有二個為狀態 1 或狀態 2。
6. 狀態-3 周圍狀態(同頻干擾範圍內的狀態)必須有三個為狀態 1 或狀態 2。

7.3 狀態轉換動作

1. 主動配置：將頻道狀態由 0 轉變為 1 的動作
2. 使用頻道：將頻道狀態由 1 轉變為 2 的動作
3. 被動限制：將頻道狀態由 0 轉變為-1 或由-1 轉變為-2 或由-2 轉變為-3 的動作。
4. 被動還原：將頻道狀態由-1 轉變為 0 或由-2 轉變為-1 或由-3 轉變為-2 的動作。
5. 主動釋放：將頻道狀態由 2 轉變為 0 的動作。
6. 還原配置：將頻道狀態由 2 轉變為 1 的動作。


● 說明

1. 選用固定頻道進行通訊：使用狀態 1 的頻道執行使用頻道的動作，將頻道狀態由 1 轉變為 2。
2. 選用動態頻道進行通訊：使用狀態 0 的頻道執行主動配置的動作，將頻道狀態由 0 轉變為 1，再執行使用頻道的動作，將頻道狀態由 1 轉變為 2。
3. 當通話結束時，配置系統會做補償判斷，決定狀態 2 應該執行主動釋放動作將狀態由 2 轉變為 0，或是執行還原配置動作將狀態由 2 轉變為 1。

7.4 定義頻道狀態轉換動作間的關係

1. 自身 cell 對該頻道的主動配置動作，必須伴隨著周圍同頻干擾範圍內的 cell 對該頻道的被動限制動作。
2. 自身 cell 對該頻道的主動釋放動作，必須伴隨著周圍同頻干擾範圍內的 cell 對該頻道的被動還原動作。

7.5 動態頻道選擇與 channel reassignment 頻道選擇

1. 狀態 0 最佳選擇頻道：
最優先考量：選擇最少可用頻道減少量。
第二考量：選擇狀態 0 周圍狀態總和最小者。
第三考量：選擇該 cell 中距離頻道使用質心最近的頻道。
2. 狀態 1 最佳選擇頻道：
最優先考量：選擇狀態 1 周圍狀態總和最小者。
第二考量：選擇該 cell 中距離頻道使用質心最近的頻道。
3. channel reassignment 最佳釋放頻道：
相同於第四章的選擇規定。

7.6 Petri net 頻道配置系統

圖 7.1 為單一 cell 的 call admission control 動態頻道配置系統圖。圖 7.2 為配置權判斷裝置。

7.6.1 單一 cell 基本元素介紹

1. Token

- (1) 無編號 token：此類 token 可用以觸發任何編號的 token 進行 transition 的動作。place Q、place B 與 place Cp 中的 token 屬於無編號 token。
- (2) 有編號 token：token 編號代表頻道編號，假如網路頻寬可分為 70 個頻道，則 token 編號為 1 到 70。除了 place Q、place B 與 place Cp 中的 token 之外，其餘 place 中的 token 皆屬於有編號 token。

2. Place：

- (1) Q: token 在 Q 中，表示該 cell 需要配置頻道。
- (2) B: token 在 B 中，表示該 cell 發生 call blocked。
- (3) 0: token 在 0 中，表示該 token 所代表的頻道狀態為 0。
- (4) C: token 在 C 中，表示該 cell 選擇了該 token 所代表的頻道進行 Handshake。
- (5) 1: token 在 1 中，表示該 token 所代表的頻道狀態為 1。
- (6) -1: token 在 -1 中，表示該 token 所代表的頻道狀態為 -1。
- (7) -2: token 在 -2 中，表示該 token 所代表的頻道狀態為 -2。
- (8) -3: token 在 -3 中，表示該 token 所代表的頻道狀態為 -3。
- (9) Nak: token 在 Nak 中，表示該 cell 所選擇的頻道無法進行配置工作。
- (10) Ack: token 在 Ack 中，表示該 cell 所選擇的頻道可以進行配置工作。
- (11) Re: token 在 Re 中，表示配置權取得失敗，系統必須重新選擇頻道。
- (12) G: token 在 G 中，表示配置權取得成功，系統可以使用此頻道進行配置。
- (13) T1: token 在 T1 中，表示該 cell 正在對其周圍的 cell 進行被動限制的動作。
- (14) T2: token 在 T2 中，表示該 cell 正在對其周圍的 cell 進行被動還原的動作。
- (15) C: 收到周圍 cell 所傳送來的 place C 的更新。

(16) !C : 與 place C 為反向訊號。

(17) Cp : 系統初始化時，無編號 token 就會置入 place Cp 中。連接 Cp 有兩個條件選擇線路，CF : on 表示補償裝置啟動，CF : off 表示補償裝置關閉。

(18) 2 : token 在 2 中，表示該 token 所代表的頻道狀態為 2。

3. Transition :

(1) Call arrival and CAC and Count no. of calls in cell : Call arrival 發生且對 call 進行 call admission control，並計算 cell 中 serving call 的數量。

(2) Update no. of calls in cell : 更新 cell 中 serving call 的數量。

(3) Call Blocked : call blocked 發生。

(4) Channel Select : 選擇狀態 0 頻道。

(5) Handshake : 執行 Handshake 動作。

(6) 重新選擇 : 配置權取得失敗後，必須重新選擇頻道進行 Handshake 動作。

(7) 主動配置 : 將狀態 0 轉換為狀態 1 的動作。

(8) Call complete and Call reassignment and Update no. of calls in cell : call 結束通話、執行 channel reassignment 並更新 cell 中 serving call 的數量。

(9) 被動限制 : 限制該頻道的使用。

(10) 被動還原 : 解除該頻道的限制。

(11) 使用頻道 : 選擇狀態 1 頻道進行通訊。

(12) 補償輪詢時間 : 當該 cell 不需要進行狀態 1 數量補償時，系統詢問補償與否的時間間隔。

7.6.2 系統運作說明

1. Call arrival and CAC and Count no. of calls in cell

當 call arrival 發生時，配置系統會進行 call admission control 的動作，若該 cell

中的 serving call 數目小於 70，則允許 token 射入 place Q 中，而每當 call blocked 發生或 call complete 發生，cell 會即時更新 serving call 的數量。

2. 狀態 1 數量補償

系統初始化時，無編號 token 就會被置入 place Cp 中，頻道控制系統會持續監控該 cell 內狀態 1 的數目(place 1 中 token 的個數)，當狀態 1 數目小於等於 threshold 時，補償裝置啟動，補償旗標(Compensation flag, CF)會被設定為 on 狀態，當狀態 1 數目大於 threshold 時，補償裝置關閉，補償旗標被清除為 off 狀態。只要補償旗標為 on 狀態，該 cell 就會不斷的進行狀態 1 的補償動作，直到補償旗標被清除為 off 狀態為止。當 CF 為 on 時，通訊結束後頻道狀態由 2 釋放為 1，當 CF 為 off 時，通訊結束後頻道狀態由 2 釋放為 0。token 置入 place Cp 時，有兩個條件選擇線路，線路 1: CF 為 off，連接到 Transition 輪詢補償時間、線路 2: CF 為 on，連接到 Transition Channel Select。

- (1) 情形 1: CF 為 off，線路 1 導通，執行 Transition 輪詢補償時間的轉換動作，然後 token 又被射回 place Cp 中。
- (2) 情形 2: CF 為 on，線路 2 導通，執行 Transition Channel Select 的轉換動作，配置系統會由 place 0 中選擇一個最佳頻道(token)進行接下來的補償工作。

3. Channel Select 與 Call Blocked

當 token 被射入 place Q 中，有二個條件選擇線路，線路 1: $RL=0$ ，連接到 Transition : Call Blocked、線路 2: $!(new\ call \ \&\& \ CF : on) \ \&\& \ (RL>0)$ ，連接到 Transition : 使用頻道。

- (1) 情形 1: $!(new\ call \ \&\& \ CF : on) \ \&\& \ (RL>0)$ ，線路 2 導通，執行 Transition 使用頻道的轉換動作，則該 cell 必須從 place 1 中選擇一個頻道(token)進行

通話，而被選擇的頻道 token 會被射入 place 2 中。其中 $!(new\ call \ \&\& \ CF : on)$ 的涵義是，若該 call 是 new call 且 CF 為 on 狀態，則該線路中斷，即當 CF 為 on 狀態時只提供 handoff call 的通訊服務，藉此提升 handoff call 的通訊品質。

- (2) 情形 2 : $RL=0$ ，線路 1 導通，執行 Transition Call Blocked 的轉換動作，則 token 會由 place Q 射入 place B 中，表示 call blocked 發生。

4. Handshake 過程

當 token 進入 place C 中會等待一個訊息傳遞時間 T_p ，然後分別觸發 6 組周圍頻道狀態偵測裝置中 place 內的 token。只要在 T_p 時間內該組偵測裝置沒有被變更為 place C 的情形發生，則對於該組 cell，token 會被射入 place Ack 中。成功取得配置權的情形為對於其周圍的 6 個 cell 都擷取到 place Ack 的情形，見圖 7.2。若配置權判斷成功，token 會被射入 place G 中，觸發 Transition 主動配置，將 token 射入 place 1 中。若配置權判斷失敗，token 會被射入 place Re 中，觸發 Transition 重新選擇，將 token 射回 place Q 中。此時再檢查該 token 所計錄的 RL 值，若 RL 值歸 0，則 call blocked 發生，token 會由 place Q 射入 place B 中。

5. Cells 之間頻道狀態轉換

當 cell 執行 Transition 主動配置的同時，token 會被射入 place T1 中，T1 會觸發其周圍的 cell 執行 Transition 被動限制。當 cell 執行 Transition Call complete and Call reassign and Update no. of calls in cell 動作後，有三個條件選擇線路，線路 1 : CF 為 on，連接到 place 0、線路 2 : CF 為 on，連接到 place 1、線路 3 : CF 為 off，連接到 place T2。

- (1) 情形 1 : CF 為 off，place 2 中的 token 會被射入 place T2 與 place 0 中。被射入 place T2 中的 token 會觸發其周圍的 cell 執行 Transition 被動還原的動作。

(2) 情形 2 : CF 為 on , place 2 中的 token 會被射入 place 1 中。

7.7 模擬

1. 模擬規定

- (1) 建立 7X7 49 cell 蜂巢網路模擬模型，如圖 2.1。
- (2) 網路模型的重複使用因子設定為 3。頻道重複使用距離設定為 2 cell unit。
- (3) 使用於此網路的頻寬資源為 70 個頻道。每個頻道限制只服務一個 call。
- (4) 全網路使用固定頻道以及動態頻道進行通訊服務。
- (5) 頻道的使用僅考慮同頻干擾所造成的限制。
- (6) Cell 要求頻道的當下，若該 cell 中沒有閒置頻道，則等待 1 秒，若 1 秒過後該 cell 中還是沒有閒置頻道，則 call blocked 發生。
- (7) 正在進行服務的 call 可以執行 channel reassignment 動作。
- (8) 不考慮任何 Transition 的動作延遲時間。
- (9) call 分 new call 與 handoff call。
- (10) Incoming call arrival is assumed to follow a Poisson process with arrival rate λ ，如圖 6.1 所示。且設定 handoff call 的 call arrival rate 為 new call 的 1 / 3 倍。
- (11) The holding time of a call is assumed to follow the exponential distribution with mean $1/\mu = 180$ sec (or 3 min)。
- (12) Call arrival 方式為 call by call，即 cell 同一時間一次只能為一個 call 配置頻道。

2. Call admission control 模擬結果與分析

表 7.1 與表 7.2 是 20 小時的頻道配置模擬結果。

表 7.1 Call admission control, Threshold =1

Total Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
New call Traffic	X2.1	X2.4	X2.7	X3.0	X3.3	X3.6
Handoff call traffic	X0.7	X0.8	X0.9	X1.0	X1.1	X1.2
New Call blocked	4543.25	13487.2	27982.8	47878.7	71019.8	96530.9
Handoff call blocked	143.05	423.6	983.75	1819.55	2928.4	4331
New call blocked rate	2.39996	6.23089	11.4996	17.7091	23.8929	29.7539
Handoff call blocked rate	0.225815	0.584419	1.20867	2.01295	2.94409	3.99475

表 7.2 Call admission control, Threshold =2

Total Traffic	X2.8	X3.2	X3.6	X4.0	X4.4	X4.8
New call Traffic	X2.1	X2.4	X2.7	X3.0	X3.3	X3.6
Handoff call traffic	X0.7	X0.8	X0.9	X1.0	X1.1	X1.2
New Call blocked	8858	22783.3	42334.9	67262.6	93776.6	122835
Handoff call blocked	49.35	145.35	291.3	522.15	851.55	1264.5
New call blocked rate	4.67383	10.5334	17.4013	24.8777	31.5319	37.8854
Handoff call blocked rate	0.077748	0.200648	0.357561	0.576822	0.857659	1.16744

(1) Call admission control 效能分析

表 7.1 與表 7.2 為 call admission control 後的模擬結果，數據顯示我們在每一個 cell 中置入一個或二的固定頻道後可以有效的降低 handoff call blocked 的發生機率。表 6.8 為沒有做 call admission control 的模擬結果。

圖 7.3 為 Threshold =1、Threshold =2 與 without call admission control 的 handoff call blocked rate 的比較，圖 7.4 為 Threshold =1、Threshold =2 與 without call admission control 的 New call blocked rate 的比較。由此二圖我們發現，雖然增加固定頻道數目可以有效降低 Handoff call blocked 的發生機率，但是額外增加的 cell 與 cell 間的頻道限制，會使得 new call blocked rate 明顯上升，所以對於固定頻道的運用，使用數目是一項非常重要的考量。

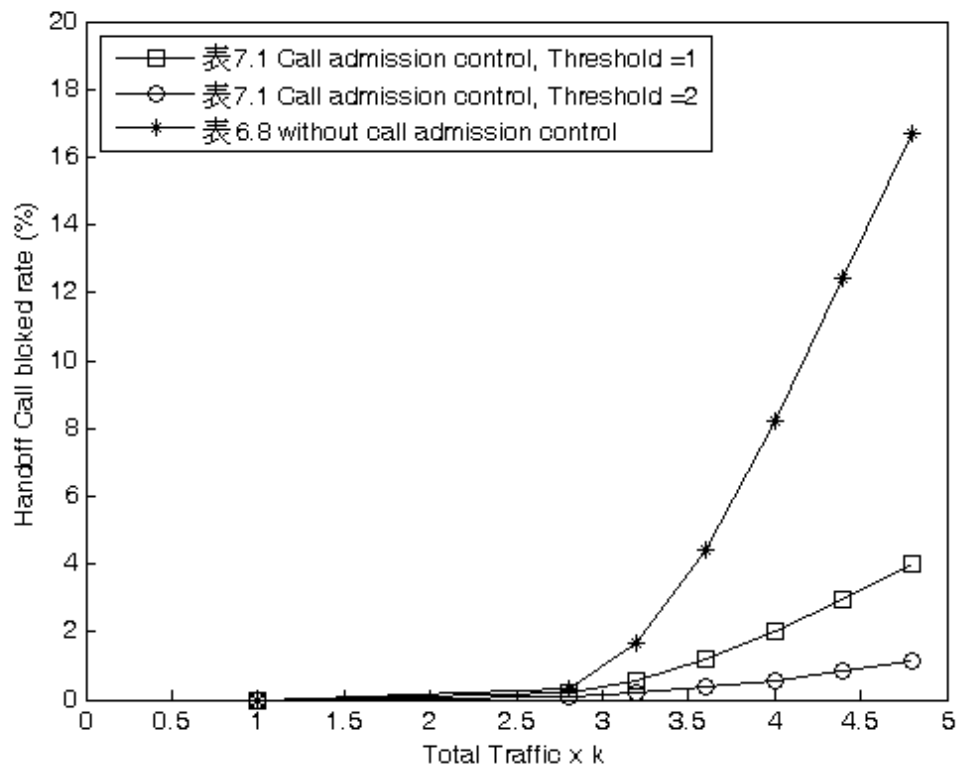


圖 7.3 Handoff call blocked rate 比較

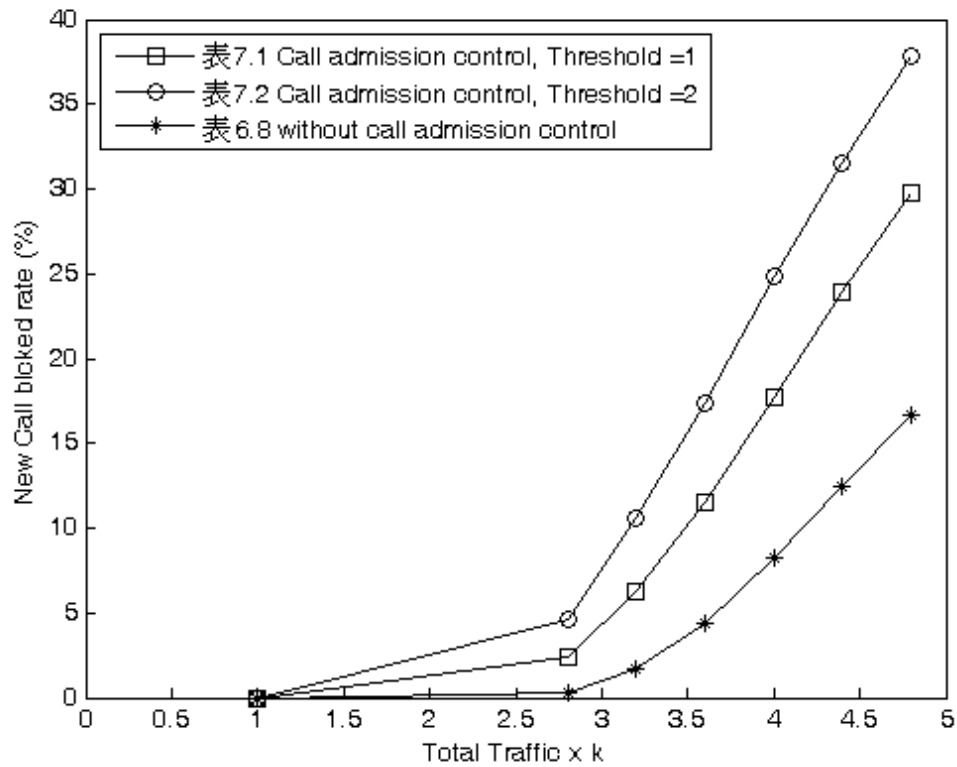


圖 7.4 New call blocked rate 比較

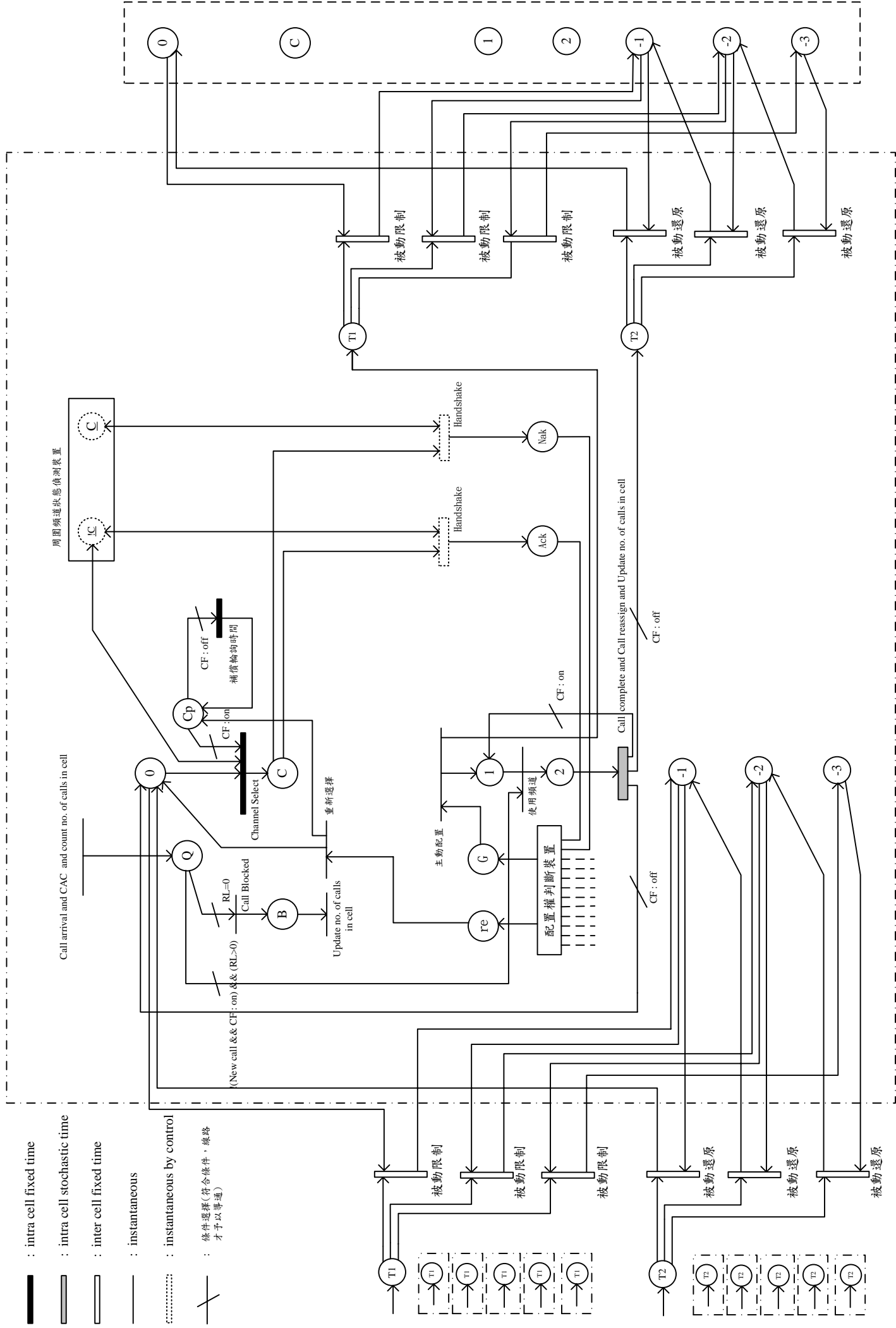


圖 7.1 Petri Net 分散式動態頻道配系統 (call admission control)



第八章 結論

本論文提供了一套完整的動態頻道管理、選擇與重新配置(channel reassignment)的方法，此方法對於中央式或分散式的系統，都可以有效的運作。相較於固定頻道的使用，動態頻道的使用有著更高的頻道使用率，而藉由本論文策略，可以使得動態頻道與固定頻道在選擇配置時間上幾乎沒有差別，即可實現以動態頻道完全取代固定頻道的網路架構。



參考文獻

- [1] Geetali Vidyarthi, Alioune Ngom, and Ivan Stojmenovic, "A Hybrid Assignment Approach Using an Efficient Evolutionary Strategy in Wireless Mobile Networks," IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 54, NO. 5, SEPTEMBER 2005.
- [2] Harilaos G. Sandalidis, *Student Member, IEEE*, Peter P. Stavroulakis, *Member, IEEE*, and Joe Rodriguez-Tellez, "An Efficient Evolutionary Algorithm for Channel Resource Management in Cellular Mobile Systems," IEEE TRANSACTIONS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION, VOL. 2, NO. 4, NOVEMBER 1998.
- [3] Kwan Lawrence Yeung, *Student Member, IEEE*, and Tak-Shing Peter Yum, *Senior Member, IEEE*, "Compact Pattern Based Dynamic Channel Assignment for Cellular Mobile Systems," IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 43, NO. 4, NOVEMBER 1994.
- [4] Ming Zhang, *Student Member, IEEE*, and Tak-Shing P. Yum, *Senior Member, IEEE*, "The Nonuniform Compact Pattern Allocation Algorithm for Cellular Mobile Systems," IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 40, NO. 2, MAY 1991.
- [5] Enrico Del Re, *Senior Member, IEEE*, Romano Fantacci, *Senior Member, IEEE*, and Luca Ronga, *Member, IEEE*, "A Dynamic Channel allocation Technique Based on Hopfield Neural Networks," IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL 45, NO 1, FEBRUARY 1996.
- [6] Angel Lozano, *Member, IEEE*, and Donald C. Cox, *Fellow, IEEE*, "Distributed Dynamic Channel Assignment in TDMA Mobile Communication Systems," IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 51, NO. 6, NOVEMBER

2002.

- [7] Jianchang Yang, Qiangfeng Jiang, D. Manivannan, Member, IEEE, and Mukesh Singhal, Fellow, IEEE, "A Fault-Tolerant Distributed Channel Allocation Scheme for Cellular Networks," IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTERS, VOL. 54, NO. 5, MAY 2005.
- [8] YONGBING ZHANG, SAJAL K. DAS, XIAOHUA JIA, "D-CAT: An Efficient Algorithm for Distributed Channel Allocation in Cellular Mobile Networks," Mobile Networks and Applications 9, 279–288, 2004.
- [9] Wuyi Yuea,*, Koji Miyazakia, Xiaotei Dengb, "Optimal channel assignment in wireless communication networks with distance and frequency interferences," Computer Communications 27 (2004) 1661–1669
- [10] Dirk Beckmann and Ulrich Killat, Senior Member, IEEE, "A New Strategy for the Application of Genetic Algorithms to the Channel-Assignment Problem," IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 48, NO. 4, JULY 1999.