

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

總計劃(1)(電信科技合作案)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2219-E-009-012-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學電信工程學系

計畫主持人：張仲儒

共同主持人：沈文和，王蒞君，廖維國

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 30 日

(計畫名稱)

B3G 無線接取網路之無線資源管理技術(1/3)

Radio Resource Management Technologies for B3G Wireless Access

Network (1/3)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 91-2219-E-009-012

執行期間：91年 08月 01日至 92年 07月 31日

計畫主持人：張仲儒教授

共同主持人：沈文和教授、廖維國教授、王蒞君教授

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學電信工程學系

中華民國 92 年 10 月 28 日

目錄

中文摘要	ii
Abstract	iii
1. 前言	1
2. 計畫目的與計畫概述	3
3. 研究方向與研究方法	7
4. 研究成果與討論	17
5. 結論	49
6. 成果自評	50
7. 參考文獻	54

中文摘要

建構B3G(Beyond 3rd Generation)無線多接取網路目前最可行做法是採用異質多接取網路架構：各個已在單一傳播環境最佳化的現有或未來(如4G)接取網路，透過一接取整合機制作互連並提供在任何時間、地點的無縫式接取服務。此一接取整合機制除提供各個接取網路間的互連，作有效的無線資源管理(Radio Resource Management, RRM)、移動管理及服務品質控制與協調外，亦作為各個接取網路與核心網路的连接介面。由於各個接取網路已在單一傳播環境最佳化，具高頻譜效率，加之利用有效的無線資源異質性整合管理，將能提供符合未來消費者要求的品質與最廉價服務。在此異質多接取網路架構中，有效率的無線資源管理是系統能效運作之最重要關鍵。本計畫之研究方向是：第一、建立實用且具高變通性的B3G資源管理模擬平台。第二、結合交大四位教授之研究團隊，針對B3G異質多接取網路架構之無線資源管理技術進行深入研究。

在總計畫之模擬平台方面，為求真實性，舉凡多路徑衰落，相關性遮蔽衰落，手機移動及實用流量模型都納入設計考慮在內，並在鍊路預算設計上，考量多總設計傳輸參數。此平台具高度變通性，可適用於CDMA-TDD、CDMA-FDD、WLAN及OFDM-Based等異質多接取網路架構環境。

在無線資源管理技術方面，將由四個子計畫分別負責：異質多接取網路之資源管理技術(子計畫一)、B3G OFDM多重接取系統設計及無線資源管理(子計畫二)、異質多接取網路之行動管理(子計畫三)及無線封包網路之資源管理技術(子計畫四)，其中所涵蓋技術有：連線允諾控制、封包排程、軟性換手、OFDM-based MAC、行動管理等。此外，各子計畫所開發之技術除了作學理分析外，也將在此模擬平台上驗證其效能。

Abstract

The most popular network architecture for future B3G wireless access network is “heterogeneous access network”. For the heterogeneous access network, future wireless access network (such as: 4G system) and many current wireless access networks that are well-suited for some transmission environments are comprised into an integrated network platform, which can provide anywhere and anytime seamless wireless services. This integrated platform can be an internetworking platform in which the functionalities of radio resource management, mobile management, and quality of service are coordinately provisioned. Also, it may be an interface between access network and core network. Many current wireless access networks are designed to operate optimally for certain environments. However, future wireless services are provided by the synergy of heterogeneous network (such as: WCDMA/WLAN or micro-cell/macro-cell). The key issue for the future heterogeneous access network is efficient radio resource management (RRM) technologies that are performed in an integrated platform. The research areas of this project are: first, building a practical and flexible B3G RRM simulation platform; second, study on the RRM technologies for the B3G wireless access network.

For the development of simulation platform, the multi-path fading, correlated fading, mobility, and real traffic flow model are taken into consideration. Also, many real system parameters are carefully handled in the design of link budget. While such a realistic system scenario is considered in the simulation platform, the platform will be a realistic and flexible simulation infrastructure, which can be applied to simulate the performance of CDMA-TDD, CDMA-FDD, WLAN, and OFDM-based heterogeneous access networks.

Under the general project of the simulation platform, four sub-projects are

proposed: RRM technologies in heterogeneous access networks (sub-project 1), design of B3G OFDM-based multiple access systems and its RRM technologies (sub-project 2), mobility management in heterogeneous access networks (sub-project 3), and RRM technologies in wireless packet networks. The RRM technologies considered in the sub-projects are: call admission control, packet scheduling, soft handoff, OFDM-based MAC, mobility management and etc. Moreover, all the proposed RRM technologies will be theoretically analyzed and verified in the simulation platform.

1. 前言

在人類生活周遭建構一整合性無線接取世界是未來無線通訊的重要目標：依其通訊時間、地點、移動速率、品質與傳輸速率的不同，提供使用者最符合經濟效益、無所不在、無處不連 (ubiquitous) 的寬頻無線多媒體網際網路服務。建構此無線接取世界最理想的做法是設計一全能、具高頻譜效率且在各種傳播環境皆能有效運作的接取系統(含微、小、大、巨細胞及低、高移動速率傳播環境)。使用者只要依其所需的傳輸速率、品質與希望價格提出要求，此全能、高頻譜效率接取系統將可依其要求，利用最有效的無線資源管理方式提供最廉價的所需服務。然而，在現實世界裡，由於使用者在傳輸速率與品質的不同要求以及在移動速率、傳輸功率與電波傳播環境上的限制，設計一全能、具高頻譜效率且在各種環境下皆能有效運作的接取系統，在可見的未來，技術上並不可行。此外，現有第二、三代行動系統、無線區域網路、衛星系統、數位廣播系統、無線個人區域網路系統等等在標準制定及系統建設上的已投入龐大投資，設計一全新系統以取代舊有的所有系統，殊不可行。

建構未來 B3G 無線世界較可行的做法是如圖 1 所示：各個已在單一傳播環境最佳化的現有接取網路，透過一接取整合機制作互連並提供在任何時間、地點的無縫 (seamless)接取服務。此一接取整合機制除提供各個接取網路間的互連，作有效無線資源管理、移動管理及服務品質控制與協調外，亦作為各個接取網路與核心網路(core network)的連接介面。由於各個接取網路已在單一傳播環境最佳化，具高頻譜效率，加之利用有效的無線資源整合管理，將能提供符合消費者品質要求的最廉價服務。

本計畫目的為二：一是建立 B3G 異質多接取網路之模擬平台、另一則是開

發 B3G 無線異質多接取網路之無線資源管理技術，如：連線允諾控制（call admission control）、排程演算法（scheduling）、動態通道配置（dynamic channel assignment）、軟性換手演算法（soft handoff）、OFDM 多接取技術、行動管理（mobility management）等關鍵技術。本計畫之成果報告將包括計畫目的與概述、研究方法、與本計畫之具體成果。其中，計畫具體成果著重於本計畫所發展之動態 B3G 模擬平台的敘述，並簡述各項子計畫之具體成果。

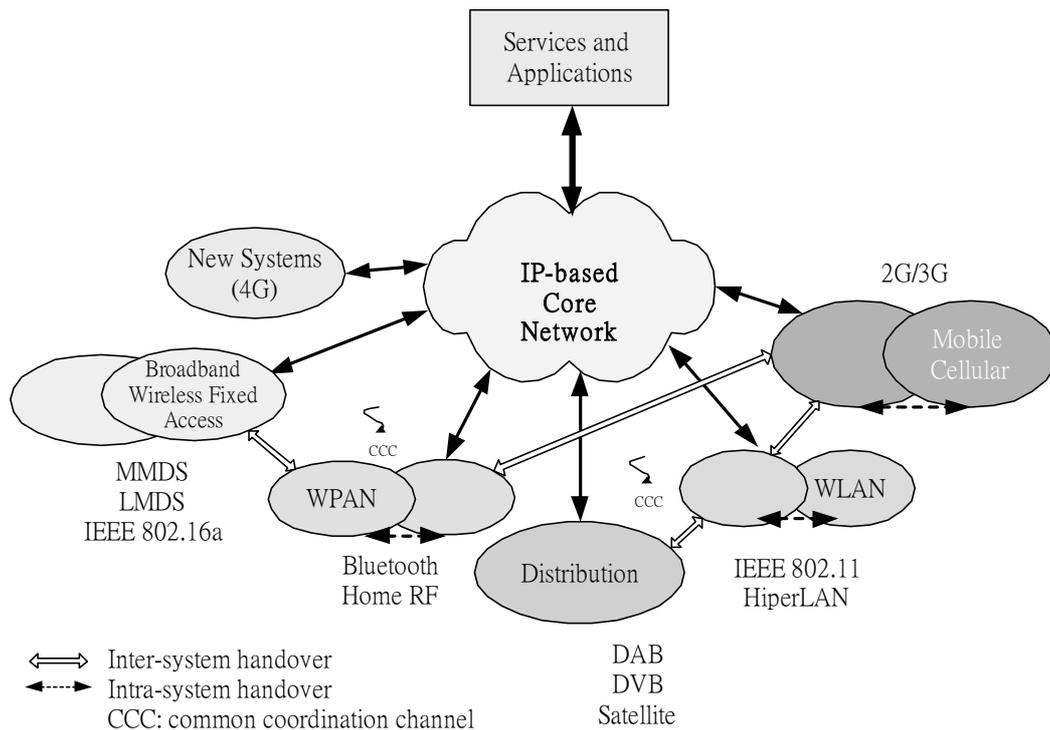


圖 1: B3G 異質多接取整合系統

2. 計畫目的與計畫概述

建構 B3G (Beyond 3rd Generation) 無線接取世界之最可行做法是採用異質多接取網路架構；各個已在單一傳播環境最佳化的現有或未來(例如 4G)接取網路，透過一接取整合機制作互連並提供在任何時間、地點的無縫接取服務。此一接取整合機制除提供各個接取網路間的互連，作有效的無線資源管理(Radio Resource Management, RRM)、移動管理及服務品質控制與協調外，亦作為各個接取網路與核心網路的连接介面。

目前異質多接取網路架構與無線資源管理相關議題主要在歐盟 IST (Information Society Technology) 及 IEEE 802 贊助下的幾個大型研究計畫中進行，如：IST BRAIN (Broadband Radio Access for IP Based Network)、WINEGLASS (Wireless IP Network as a Generic platform for Location Aware Service Support)、DRIVE (Dynamic Radio for IP-Services in Vehicular Environments)、MONASIDRE (Management of Networks and Services in a Diversified Radio Environment)、MOBYDICK (Mobility and Differentiated Services in a Future IP Network)計畫等計畫，探討方向包含：UMTS、GSM 等行動通訊系統與廣播系統的整合技術、以及異質多接取網路與服務管理技術、移動管理與多樣化的品質保證技術。另外，新型 4G 行動通訊系統之研究全世界皆剛起步，其中 OFDM 技術最受矚目。

國內已有不少學者專家長期來致力以無線資源管理技術的研究亦累積有相當不錯成果，但不可否認的以往的研究較無整合，或針對單一技術(例如功率控制或換手技術)，或使用較簡化系統模型，研究成果較不易應用於實際系統中。本計劃結合四位交大電信系學有專精師資，針對 B3G 異質多接取網路架構之無線資源管理作深入研究，於總計畫下涵蓋四子研究計畫：異質多接取網路之資源

管理技術 (子計畫一)、 B3G OFDM 多重接取系統設計及無線資源管理(子計畫二)、異質多接取網路之行動管理 (子計畫三)及無線封包網路之資源管理技術 (子計畫四)等四個子計畫。

具體而言，本計劃的主要目標有二：

A. 開發實用且具高變通性的資源管理模擬平台：在以往 RRM 的研究中，普遍的缺失是所用的分析或模擬系統皆太過於簡化，以致無法反映系統當下真實情況，所得到結果之實用性亦相對的不足。舉例而言，在以往 RRM 研究中，模擬系統的建構大部分皆無考慮多路徑衰落影響，遮蔽衰落亦無相關，手機不會移動，簡單之流量模型，路徑增益已知等，這些因素皆會大大的減低其實用性。有鑑於此，本計畫之第一個目標是建構一實用模擬平台，舉凡多路徑衰落，相關性遮蔽衰落，手機移動及實用流量模型將考慮在內以增加實用性，另一方面亦將藉用半解析方法以減低模擬時間。為適用於 B3G 異質多接取網路架構環境，此平台亦將具高度變通性，可適用於 CDMA-TDD、CDMA-FDD、WLAN 及 OFDM-Based 等系統之無線資源管理研究。此外，我們計畫將模擬平台依據模組化軟體設計概念建構，可保證模擬平台的開放性，其他使用者可輕易能利用我們提供的平台，並做更動。此開發平台希望能開放給國內各研究單位、學術及產業界使用。

B. 發展新型具高效能之 B3G 無線資源管理技術：在無線行動通訊系統中，無線資源管理的目標是維持系統所規劃的涵蓋範圍(coverage)，提高系統容量並保證系統品質(Quality of Service, QoS)。無線資源管理可概分為換手(handover)，功率控制(power control)，連線允入控制 (call admission control)，負載控制(load control)、封包排程 (packet scheduling)及行動管理(mobility management)等功能。換手機制提供了較佳的系統涵蓋範圍、減少傳輸功率、增加品質及系統容量；功率控制減低遠近效應(near far effect)、增加系統容

量、減低電能消耗；允入控制可調節系統負載、減少斷訊 (dropping) 機率、充分使用系統容量，減少塞機 (blocking) 機率；負載控制可減低斷訊機率、維持通訊品質；封包排程機制可調節系統負載、減低斷訊機率、增加系統容量使用；行動管理則可利用位置信息增進資源管理效能等。有別於傳統之 FDMA 或 TDMA 系統，在未來異質多接取系統中，細胞架構/佈置、系統容量、系統涵蓋範圍、各種資源管理功能間皆息息相關，缺一不可，無線資源管理變的非常困難。本計畫的第二個目標是針對異質多接取系統環境提出新型具高效率的無線資源管理技術，並在所發展之實用模擬平台上驗證。

此外，本總計畫所含四項子計畫之研究目的分別敘述如下：

1. 異質多接取網路之資源管理技術 (子計劃一)：主要目的是探討 WCDMA FDD/TDD和WCDMA/WLAN之異質性多接取網路架構下之無線資源管理技術，包括了：連線允諾控制、功率控制、動態通道配置和換手機制。利用學理分析和智慧型控制技術來設計適用於異質性無線網路上之無線資源管理演算法，並且在模擬平台上驗證效能。
2. B3G OFDM多重接取系統設計及無線資源管理 (子計劃二)：主要目標將嘗試利用正交分頻多工(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) 技術來設計此一高頻譜效率、高傳輸速率之未來 4G行動通訊系統。除空中介面(air interface)的設計外，特別的我們將從無線資源管理RRM的觀點來審視各種技術可能性，進而提出最佳的設計。
3. 異質多接取網路之行動管理 (子計劃三)：設計高精確度的室內無線定位系統及規劃。並嘗試從無線資源管理RRM的觀點，利用不同精確度的行動用戶位置資訊，研發解決行動用戶經常跨越異質的無線網路(屬於不同的管理者，如GPRS 與 Wireless LAN)的行動

管理的方法。

4. 無線封包網路之資源管理技術 (子計劃四)：此子計畫目標將研究一個具多媒體服務功能的行動無線網際網路 (Mobile Wireless Internet) 相關的重要無線資源管理技術。傳統無線網路的資源管理技術並非針對Packet Switched Network設計，另一方面，目前網際網路也未考慮到無線通訊的特點，如傳輸通道的高位元錯誤率、基地台的切換等因素。此子計畫針對Packet Switched IP Network 重新設計(Power Control)和交遞換手 (Handoff) 技術，以及研究TCP 流量控制(Flow Control)和排程技術(Scheduling) 等網路技術在無線通道的性能分析及改善方法。

3. 研究方向與研究方法

本總計畫除在計畫進行中作子計畫間協調、整合工作外，主要工作方向是協同個子計畫進行無線資源管理模擬平台開發。本平台開發將分兩個層次進行，單一系統的無線資源管理技術研究，及其應用模組開發在各個子計畫中進行，而模擬平台所需基本模組及其與應用模組之整合將在總計畫進行。以下，我們將分別針對總計畫之模擬平台和各子計畫之研究方向與研究方法依序敘述。

1. 總計畫模擬平台之研究方向與研究方法

A. *細胞架構 (Cell Structure)*: 根據現有文獻的分析推導，在考慮每個細胞的大小及負載(*loading*)都相同時，對於某個使用者而言，來自於其他細胞的干擾(*interference*)強度可達到來自相同細胞干擾強度的 33%。由此可知，在模擬的時候勢必要將其他細胞干擾的效果考慮進去。但隨著考慮的細胞數量越多，模擬所需耗用的時間與資源會越高，此時必須要做個取捨。此外，現有文獻中也提到，當考慮兩個干擾層(*Tiers*)的其他干擾細胞時，便已經相當接近考慮無限個干擾層的情況。因此在兼顧模擬的準確性及所需消耗的運算量，我們決定考慮兩個干擾層細胞。依每個細胞的含蓋範圍都用一個六角形來近似的話，我們總共有 19 個細胞的模擬環境。至於每個細胞的大小，則是由鏈路預算(*link budget*)所計算出來。所考慮的 19 個細胞之配置如圖 2 所示：

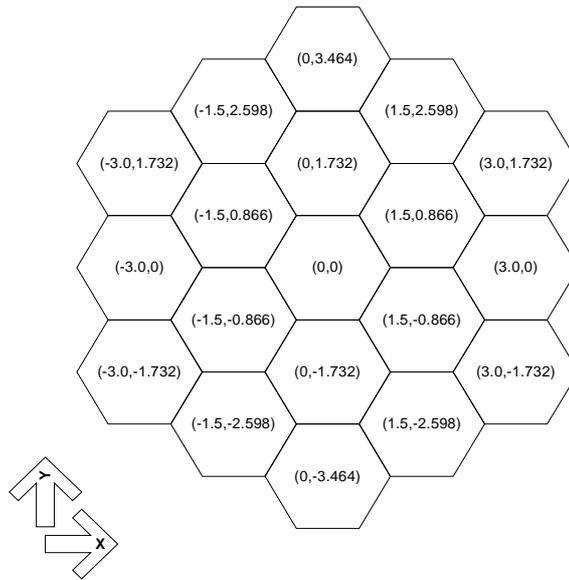


圖2：細胞配置圖

B. 摺疊(wrap around) 技術: 由圖 2 所示的細胞架構中，可看到只有正中間那個細胞是完整地兩個干擾層所包圍著，其他任一個細胞向外看皆無法看到對稱的兩個干擾層。也因此造成雖然程式總共模擬了 19 個細胞，卻只有中間那個細胞的統計值是可以被參考的，非常沒有效率。因此我們將採用了一個摺疊的技巧，使得從任一個細胞向外看，皆可以看到完整的兩個干擾層。此技巧的關鍵在於：在某個細胞向外兩個干擾層的範圍內，空缺的部份拿已模擬但卻在該細胞兩個干擾層之外的細胞，將其所有的內容複製至原本那個細胞向外兩個干擾層空缺的地方。又因每個細胞只考慮兩個干擾層，在經過巧妙的排列後，便可以產生每個細胞向外都可以看到兩個干擾層的細胞，而且沒有一個細胞的內容是重複的。如此一來，所有 19 個細胞中的每個使用者在計算其他細胞干擾時都完整的計算到兩個干擾層的干擾，如此 19 個細胞的統計值都是可以參考的，大大提高了模擬的效率。經過摺疊以後所呈現各細胞排列的效果如圖 3 所示，六角形中的數字代表細胞的編號。

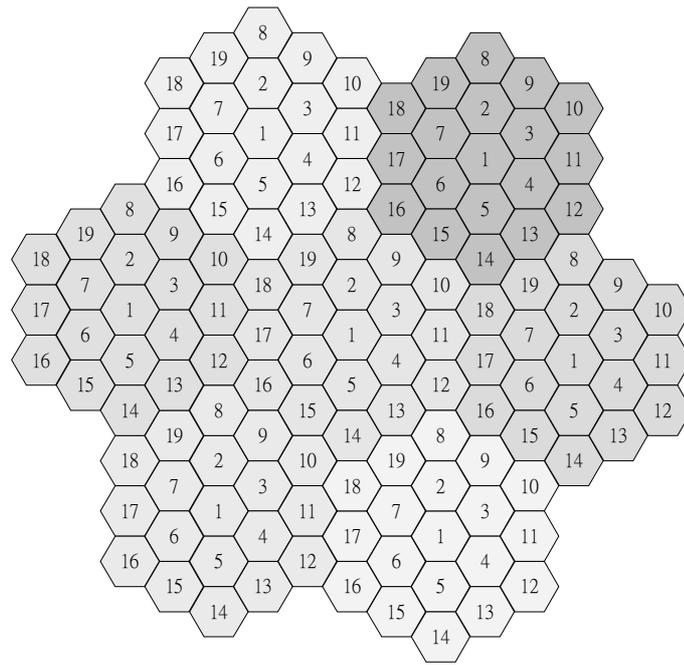


圖 3：摺疊技術

C. 傳播模型(Propagation Models): 包含路徑損失(path loss)、遮蔽衰落

(shadow fading)、多路徑衰落(multipath fading)、入射角度(angle of arrival)

等效應，在以往無線資源管理技術研究中，常用的傳播模型皆屬統計模型，此外，遮蔽衰落相關性(尤其多細胞間之相關性)皆無考慮在實際網路上應用上較為不足。在本總計畫研究中，我們將藉用 Cite-Specific 傳播模型的研究成果配合半解析方法進行模擬系統建構，期望在實用暨模擬時間取得最佳平衡點。

D. 資料流量模型(Data Traffic Model): 在 B3G 異質多接取網路中，最大的特色

就在於所能提供的服務不再侷限於語音，而包含了資料的傳送。但使用語音或是資料傳送等不同服務時，其資料傳送的流量及其隨時間的變化都不相同。甚至同樣是使用資料傳送的服務，即時資料(Real Time Data)的傳送(例如用手機看影片)，與非即時資料(Non-Real Time Data)的傳送(例如用手機送短訊或查資料)，其流量變化亦不相同。當系統模擬想要更精確時，這些因不同服務所造成系統於不同時間點負載之變化起伏，便需要充分地，在模擬程式中予以反應出其對系統負載與容量的影響。在我們建立的系統模擬平台中考慮

是 3GPP 所建議的模型，該模型是針對第三代行動通訊系統可能使用到的服務所建立的。除了能模擬出不同使用者服務所需要的頻寬不同，其封包數量與隨時間的分佈以及閱讀時間(Reading Time)等變數都有作詳細的考量。

E. 移動模型(Mobility Model)：在系統模擬中，為求接近真實環境的狀況，系統中的使用者不旦要會移動，還要移動得合理。和在考慮路徑損失模型時的環境一樣，本模擬平台將分別建立 Indoor Office Test Environment, Outdoor to Indoor and Pedestrian Test Environment, 及 Vehicular Test Environment 中所適合採用的使用者移動模型。在這些使用者移動模型中，分別定義了在該環境下使用者可能的移動速度範圍,移動方向改變的機率以及方向改變的角度範圍等。

2. 各子計畫之無線資源管理技術研究方向與研究方法

A. 異質多接取網路之資源管理技術 (子計劃一)：無線通信系統之未來發展目標是朝向『個人化』、『寬頻』、『高移動性』之無線多媒體服務，但使用者的服務需求和通訊設備的能力各有不同，無法以單一系統含跨所有的發展目標，因此就有異質多接取網路(heterogeneous access network)觀念的提出。異質性多接取網路是一整合性系統，結合了個人區域網路 (PAN)、無線區域網路 (WLAN)、蜂巢式行動通訊網路 (cellular network) 的優點，並且可依照使用者的通訊地點、移動速率、傳輸速率與要求品質的不同，提供無所不在、無處不連之服務。然而，因為頻率資源極其珍貴，如何有效管理系統資源，包括：頻譜、傳輸功率、無線接取控制等，讓個人化寬頻無線多媒體服務，也能符合經濟效益，就變系統成功相當重要的課題之一。

為了提供無線多媒體服務之服務類型多樣化、傳輸速率多樣化、以及每種服務皆有其特定的服務品質要求，並有效預測的整合性服務資料量可之訊

務傳輸變化，避免影響數個細胞中已建立連接的使用者之服務品質。因此，在本計畫中針對異質性網路之連線允諾控制(call admission control)進行研究，藉以管理系統資源，並滿足正進行服務中的使用者之服務品質以及達到系統頻譜效率的最佳化。

非對稱傳輸(asymmetric transmission)是未來無線多媒體服務的重要特性之一，而 WCDMA TDD 系統上下鏈路的傳輸速率可依照需求改變，因此相當符合非對稱訊務量的系統之需求。TDD 系統採用 TD-WCDMA 的多重接取技術，通道配置方式之改變，將影響無線資源配置、功率控制、細胞與使用者之間通道配置的方式，因此動態配置將是非常重要的一個無線資源管理的議題。本計畫透過學理分析，設計適當的 switching point 切換演算法，以有效依據上下鏈路訊務量作調整，最佳化系統容量。

換手機制(handoff)是 WCDMA 系統中增加系統容量，並維持服務連續性的重要技術。在結合 WCDMA FDD 和 TDD 系統之異質性網路中，換手過程中會引發干擾雜訊瞬間劇烈變化，進而影響了封包資料的傳輸。因此，本計畫探討干擾雜訊預估模型，以及動態通道保留演算法，確保異質性網路在換手過程之傳輸品質。

B. B3G OFDM 多重接取系統設計及無線資源管理 (子計劃二)：OFDM 是後第三代(B3G)行動通訊系統之最重要傳輸技術，其中 IEEE 802.16a 已被視為是戶外 OFDM 高速傳輸之主流系統標準。現今 IEEE 802.11a 在無線區域網路的應用已受到工業界與市場的矚目與熱烈迴響，而支援戶外高速傳輸之 IEEE 802.16a 系統勢必成為工業界下一波技術發展之重點。然而由於我國無線通訊之發展較為緩慢，對於戶外之 OFDM 高速傳輸系統之相關技術可說是闕如，因此本計畫之主要目標是針對戶外 OFDM 高速傳輸之多重接取技術與所需之無線資源管理技術進行深入研究。研究內容包含允入控制，通道分配，功率分配、控制，換手技術與封包排程等。一方面培養相關人才，一方面補償研究單位及工業界之不足。

有別於 IEEE 802.11x 系統，802.16a 為了提升系統可支援的資料流量，揚棄了以資源競爭為基礎的多重接取技術，而採用較能充份利用無線資源的多重接取技術-OFDM/TDMA。每位使用者在系統中被分配特定的傳輸通道，該通道藉由 OFDM 技術在實體層將對應至多個特定的子載波。在文獻[6]上，已對多重接取的方式與子載波的分配依據有相當多的著墨，但都是在考慮使用者不具移動性的情況下所進行的設計。

當 IEEE 802.16a 系統欲支援適度的使用者移動性時，便另需依靠數種無線資源管理技術以維持系統穩定性並改善效能，目前 IEEE 802.16e 工作小組亦正針對這些問題進行研究。首先面臨的便是隨著使用者移動所產生的通道效應變化可能會讓使用者所使用之通道狀況惡化，目前已設計一套結合功率分配與通道分配的演算法以改善系統效能，並另設計一通道重新分配的機制以克服通道狀況惡化之問題。此外，在提供無線高速傳輸的連線時，如何滿足各種不同的服務品質(QoS)需求亦是一項重要的問題。本研究計劃的內容中亦包含了一套能同時滿足多種服務品質需求之封包排程演算法。

C. 異質多接取網路之行動管理(子計劃三)：本子計畫在 B3G 無線多接取網路之行動管理方面探討位址追蹤與位置管理研究題目。

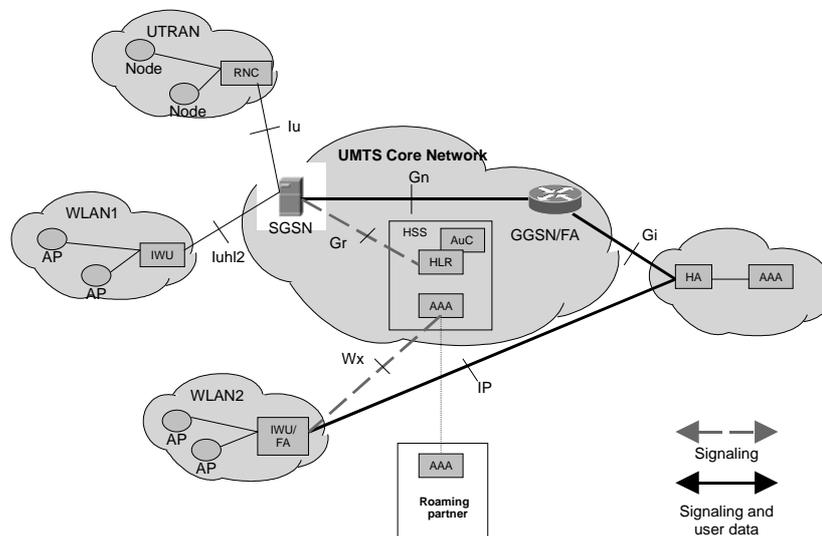
C.1: 位置追蹤

我們所探討的主題是室內定位(indoor geolocation)。由於室內隔間通常比較複雜，造成嚴重的 multipath 的問題，以致利用 angle of arrival (AOA)及 phase of arrival (POA)來達成室內定位均不適當，因此國外相關研究便以 time of arrival (TOA) 或是無線電訊號的強度(RSS)來達成室內定位。以 TOA 來達成室內定位的有利用 Ultrasound(如 Active Bats)、Infrared(如 Cricket)、及 RF。以 RSS 來達成室內定位則以 Microsoft RADAR 為代表。我們初步的結果是提出一架構來整合 time of arrival (TOA)及訊號的強度(RSS)的法則。此法不同於傳統的位置追蹤(如 Kalman Filter)，原因在室內移動的特性通常是

quasi-stationary, 傳統的位置追蹤技術並不適用。經由計畫所購置的 site planner 的模擬, 在任何狀況(包括 direct line of sight (DLOS)不存在時), 我們的定位誤差可接近兩者的最小值。目前以進入分析及實作的階段。

C.2: 位置管理

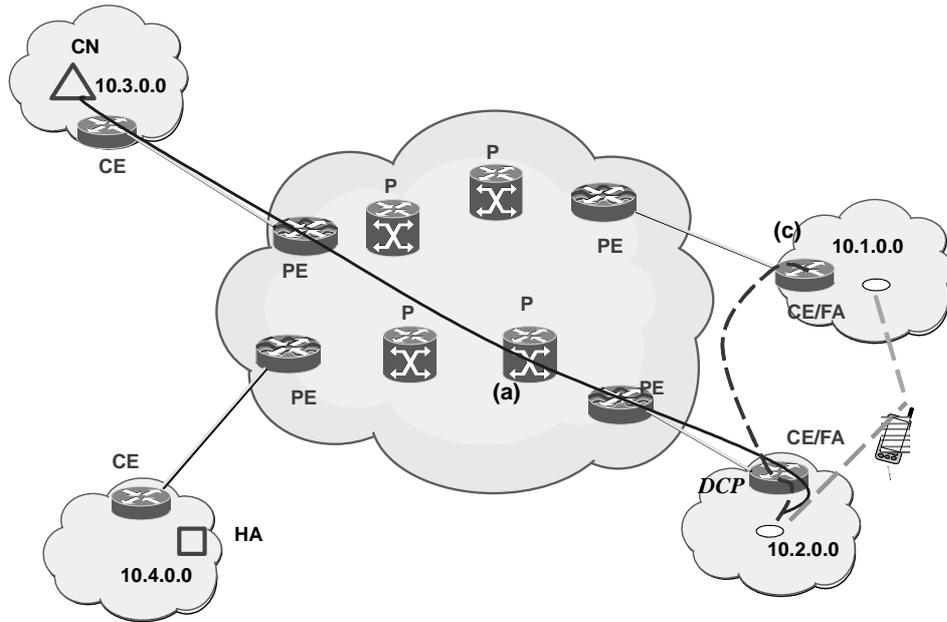
我們所探討的主題是以服務品質為主的位置管理的方法(QoS-based Mobility Management), 原因是受限於 IP 網路訊號(RSVP)在控制平面的速度, 位置管理必須能在此限制之下配合及支援服務品質。我們所針對的架構是支援終點對終點服務品質的 IP 網路, 銜接 3G 及 WLAN(如下圖)。



基於此架構, 以服務品質為主的位置管理即著眼於位於 customer premise 的閘門(gateway), 亦即著眼於 Internet Provider 的網路設備會影響網路的延展性(scalability)。於是我們提出了僅設置在閘門的機置來降低 RSVP 訊號在控制平面傳輸的長度, 並命名為 Designated Crossover Point (DCP)。DCP 運作的原則為下:

- 導引 RSVP 訊號從距離 mobile 最近的閘門至 DCP。
- 在 DCP 上轉譯 RSVP 訊號使 Internet Provider 及遠端的網路設備能已原來的認定繼續保留網路的資源。

下圖為 mobile 從網路 10.2.0.0 移至 10.1.0.0 時 RSVP 訊號經由 DCP 為轉站的路線示意圖。



我們並利用 alternating renewal theory 討論將 DCP 移轉至距離 mobile 最近的閘門的最佳時機，也就是此時將 mobile 新的位置通知它的 home agent (HA)及 corresponding nodes (CN)。目前我們已將結果投稿至國外會議，並著手進行實作部分。

D. 無線封包網路之資源管理技術(子計劃四)

D.1 高速向下連結封包存取的停滯防制機制之性能研究 (Performance Comparison of Stall Avoidance Mechanisms for High Speed Downlink Packet Access in the WCDMA System) :

在這個子計劃中，我們深入研究寬頻分碼多工存取 (W-CDMA) 系統中高速向下連結封包存取 (HSDPA: high speed downlink packet access) 的停滯防止(stall avoidance)機制。停滯防止的目的在減少傳輸延遲並且保持媒體存取控制 (MAC: Medium Access Control) 層的資料能夠依序的傳送到上層。我們藉由分析與模擬比較了三種停滯防止的機制，包含了以計時器 (timer-based)、視窗 (window-based) 以及指示器 (Indicator-based) 為基準的停滯防止機制。為了方便比較，我們重新定義了一個新的成果指標稱為間斷處理時間 (gap processing time)。我們的結果呈現出在高斯通道的環境中，當訊雜比 (E_b/N_0) 為 7 dB 時，計時器基準、視窗基準以及指示器基準的間斷處理時間分別為 8.49、36.38 以及 175.5 個傳輸時間間隔 (TTI:

transmission time intervals)。在瑞雷衰減通道環境中，我們發現指示器基準以及視窗基準的間斷處理時間分別都比高斯通道環境中的要高，而計時器基準的間斷處理時間則沒有明顯的差別。

D.2 使用鄰近資訊與預測且適用在多媒體環境及分散式的無線區域網路通訊協定 (NICE - A Decentralized Medium Access Control Using Neighborhood Information Classification and Estimation for Multimedia Applications in Ad Hoc 802.11 Wireless LAN) :

行動分散式區域網路(MANET: mobile ad hoc network)中媒體存取控制協定的性質須具備(1)符合即時節點要求的服務品質(2)分散式(3)以流量及能量消耗的觀點達到公平性(4)對隱藏節點問題具有免役力。雖然已有很多研究對於 IEEE 802.11 無線區域網路協定有深入的探討，但卻很少有同時滿足上述四項要求的協定。在此計劃中，我們所提出來的協定能夠滿足即時訊務並滿足服務品質的要求且滿足非即時節點的公平性原則。再者我們的提案無需任何集中式的控管，便能夠輕易的在 MANET 上建立。我們針對所提出的協定的流量建立了一個分析模型。最後根據分析模型以及模擬，比較了各協定的流量。

D.3 高速下行鏈路封包存取的封包排程技術之研究 (Packet Scheduling for the WCDMA System with High Speed Downlink Packet Access) :

有著高速率下行鏈路封包存取(High Speed Downlink Packet Access, HSDPA) 概念的寬頻分碼多工存取系統是一個很有希望的系統，它採用了適應性調變技術、高效率的排程技術以及混合式的自動重送請求技術使得可以在行動蜂巢式環境中達到高達 10 Mbps 的高速率。在這些技術當中，為了增進這種系統的效能，排程演算法則扮演著重要的角色。一個好的排程演算法目標在於從眾多使用者中，考量到通道的影響、延遲時間之議題以及公平性後選出最適合的使用者出來。在這計劃中，我們採用了一個公平性指標來檢驗現有適合用在此高速率下行鏈路封包存取概念之排程演算法的公平性效能，這些演算法包括最大信號干擾比 (maximum C/I) 排程法、知更鳥式循環

(Round Robin)排程法、比例式公平(proportional fair)排程法以及指數型法則(exponential rule)排程法。我們發現現有的排程演算法在此公平性指標上的表現並不是那麼公平。因此，驅使了我們提出一個新的排程演算法，叫做序列式指數型法則(queue-based exponential rule)排程法，來提供比比比例式公平排程法以及指數型法則排程法還要好的公平性效能，並且保持高流通量以及低延遲時間的效能。

4. 研究成果與討論

本整合型研究計畫之主要研究方向有二：實用且具高變通性的資源管理模擬平台、以及新型具高效能之 B3G 無線資源管理技術。在模擬平台方面，結合交大四位教授之研究團隊，共同開發一套整合性模擬平台，可利用此一平台驗證各分項子計畫所發展之 RRM 演算法。目前此一平台除了具備真實的通道模擬模組外，網路資源管理之軟體模組有呼降允諾控制模組、功率控制模組、軟性換手模組等，設計關鍵將詳細敘述於 4.1 節。

另外，本整合型計畫之四分項子計畫分別針對 B3G 異質性網路之 RRM 演算法進行探討，包括有針對現有系統間異質性整合（張仲儒教授）、OFDM 網路（沈文和教授），異質性網路之行動計算管理（廖維國教授）以及未來高速數據傳輸系統 HSDPA（王蒞君教授）。各子計畫之結論分別節錄敘述於 4.2 節。

4.1 總計畫之模擬平台發展成果

4.1.1 細胞架構設計

在進行系統模擬時，環境考量的合理與否，以及系統參數的設定是否正確都將直接影響研究成果是否具有參考價值。因此本模擬平台在設計細胞架構時，除了採用第 3 章所提之折疊技術外，也考量了鏈路預算(link budget)設計。

在系統一開始準備建立時，涵蓋範圍估算是很重要的，而這個工作可以透過鏈路預算這項工具來進行。不過要強調的是鏈路預算裡的多項參數的值都是考慮一段時間的平均值，因此透過鏈路預算所算出的結果只能提供系統建置初期的參考，實際的情形還是需要透過進一步的模擬才能清楚。表 4.1 是一個鏈路預算的範例，其中所列的鏈路預算範例所考慮的情況是使用者在

高速(120 km/hr)且使用語音服務(Voice Service, 12.2kbps)，並考慮接收機(Receiver)的頻寬為 5MHz，且環境溫度在 293K(20°C)。

在鍊路預算中的每一個參數都具有其物理意義，也反映出真實系統中的環境變因。為了要真實的模擬系統的環境，這些環境參數都必須要合理的反應出真實的現象，才能讓系統模擬的結果更具有參考價值。本模擬平台所考慮之環境參數如下：

- **Max. mobile transmission** – 手機發射訊號所能達到的最大功率，單位是 dBm。
- **Mobile antenna gain** – 手機天線的增益，此項為零則代表使用無指向性(omni-directional)天線，若不為零則代表使用指向性(direction)天線。單位為 dBi。
- **Body loss** – 手機發射訊號經過人體時所衰減的程度。此項為不為零時通常代表使用者將手機貼著耳朵使用，此項為零通常代表使用數據服務時使用者將手機遠離身體以閱讀資訊。單位為 dB。
- **Thermal noise density** – 背景熱雜訊的密度與溫度呈正比關係，公式為 $N_0=KT$ 。T 為所考慮環境的凱氏溫度，K 為蒲朗克常數： 1.38×10^{-23} 。單位為(dBm/Hz)。
- **Base station receiver noise figure** – 在經過基地台接收機時，訊號雜訊比會因為射頻(RF)元件的作用而引入額外的雜訊，此項代表訊號雜訊比(SNR)惡化的程度。單位為 dB。
- **Receiver noise density** – 在基地台 RF 接收設備的輸出端，等效的熱雜訊密度。單位為(dBm/Hz)。
- **Receiver noise power** – 在已知熱雜訊密度的情況下，考慮濾波器是理想的情況，所收到的熱雜訊強度便是該位置的熱雜訊密度乘上濾波器的頻寬。單位為 dBm。

Transmitter(mobile)		
Max. mobile transmission[dBm]	21	a
Mobile antenna gain[dBi]	0	b
Body loss[dB]	3	c
Equivalent Isotropic Radiated Power[dBm]	18	d=a+b-c
Receiver(base station)		
Thermal noise density[dBm/Hz]	-173.933	e => $N_0=KT; K=1.38*10^{(-23)}, T=293$
Base station receiver noise figure[dB]	5	f
Receiver noise density[dBm/Hz]	-168.933	g=e+f
Receiver noise power[dBm]	-101.943	h=g+10*log10(5000000)
Interference margin[dB]	10	i=max. planned noise rise
Receiver interference power[dBm]	-92.4004	j=10*log10($10^{((h+i)/10)}-10^{(h/10)}$)
Total thermal noise+interference power[dBm]	-91.9428	k=10*log10($10^{(h/10)}+10^{(j/10)}$)
Processing gain[dB]	24.97971	l=10*log10(3840/12.2)
Required Eb/No[dB]	0.897314	m(required SIR is 1/256 in linear)
Receiver sensitivity[dBm]	-116.025	n=m-l+k
Base station antenna gain[dBi]	0	o
Cable loss in the base station[dB]	2	p
Fast fading margin[dB]	0	q
Max. allowable propagation loss[dB]	132.0252	r=d-n+o-p-q
Coverage probability[%]	95	
Log normal fading constant[dB]	8	
Propagation model exponent	3.52	
Log normal fading margin[dB]	9	s
Soft handover gain[dB],multi-cell	0	t
In-car loss[dB]	8	u
Allowed path loss for cell range[dB]	115.0252	v=r-s+t-u

表 4.1 鍊路預算範例

- **Interference margin** – 系統所規劃準備承受的最大干擾(Interference)強度，此強度是以熱雜訊的強度為比較基準，故單位為 dB。由於 CDMA 系統的干擾強度與使用者數量有某種程度的正比關係，故此項的值會直接影響到系統的容量。之所以會以熱雜訊強度為比較基準，是因為當系統硬體設備規格決定後，接收機在濾波器之後所收到的熱雜訊強度便會固定，此值是不會隨系統其他參數或演算法而有所改變，故以此為比較的基準。
- **Receiver interference power** – 在基地台 RF 接收設備的輸出端，所規劃承受的最大干擾強度，單位為 dBm。
- **Total thermal noise + interference power** -在基地台 RF 接收設備的輸出端，所規劃承受的最大干擾加上熱雜訊強度，單位為 dBm。
- **Processing gain** – 在 CDMA 系統中，訊號由於在傳送端經過展頻而在接收端又經過解展頻，因此在通道中所引入的干擾與熱雜訊將會被抑制，故訊號雜訊比會因此而得到增益，稱為展頻增益。其值為(Bit rate/Chip rate)，bit rate 為訊號的位元傳輸率，chip rate 則為展頻碼的產生速率。此項的單位為 dB。
- **Required Eb/No** – 使用者所使用的服務所對應需要的訊號品質。Eb 為訊號中每個位元內所含的能量(Energy per Bit)，而 No 則為熱雜訊的密度(Noise Density)。事實上這裡的 No 並不單指熱雜訊的影響，而需同時考慮同頻(Co-Channel)訊號所造成的干擾(Interference)密度。若我們將 Eb/No 除以 Processing gain，則代表分子乘上訊號的位元傳輸率，此時分子便成為每秒鐘訊號平均所含的能量，也就是訊號的功率強度。而分母乘上展頻碼的產生速率則成為了雜訊加上干擾的功率強度。由此可知 Eb/No 事實上是一個功率的比值，單位為 dB。Required Eb/No 會影響到接收機在 BER(Bit Error Rate)的表現，其之間的關係並非線性，而是需要透過基頻(Base-band)系統模擬找出兩者對應的關係。這兩者之間的關

係會隨著傳送接收機(Tranceiver)的設計而有所不同，換句話說，傳送接收機設計的不好時，在同樣的 Eb/No 下，會造成較高的 BER。反過來說，Required Eb/No 的設定出發點是為了要能滿足特定的 BER，因此使用不同服務型態時對 BER 的要求會不同，也連帶會使 Required Eb/No 會不一樣。

- **Receiver sensitivity** – 其定義式為 $\text{Required Eb/No} - \text{Processing gain} + \text{Total thermal noise} + \text{interference power}$ 。其中 $\text{Required Eb/No} - \text{Processing gain}$ 也就是 Required SIR，此項為滿足一定的 BER(Bit Error Rate)時所對應需要的訊號品質。 $\text{Required SIR} + \text{Total thermal noise} + \text{interference power}$ 是所需要的訊號強度，由於這邊考慮的 interference power 是我們所規劃系統準備承受的最大干擾強度。由此可知 Receiver sensitivity 所代表的意義便是，當系統處在最惡劣的情況時，在基地台 RF 設備的輸出端所要求訊號須滿足的最低強度，其單位為 dBm。
- **Base station antenna gain** – 在基地台所使用天線的增益。此值為零的時候代表使用無指向性(Omni-Directional)天線，若不為零時則代表使用指向性天線。通常使用指向性天線伴隨著細胞分隔(Sectorize)技術的使用，若使用無指向性天線時則否。單位為 dBi。
- **Cable loss in the base station** – 一般基地台的高頻設備都架在樓頂，與機房之間有一點距離，中間會使用同軸電纜傳遞訊號，因此必須考慮訊號在同軸電纜中有遭受到的損耗。單位為 dB。
- **Fast fading margin** – 由於功率控制的機制會試著去克服通道衰落的影响以期使接收訊號的訊雜比(SIR)可以維持在欲鎖定的目標，因此在接收端訊雜比要求不變的情況下，傳送端的功率變化將會與通道衰落中的快衰落(Fast Fading)變化的幅度一致。因此我們知道傳送端的功率將會是在一個區間內起伏變化，雖然它的平均為零，但仍需預留一段空間確保傳送端有足夠的空間調整功率以因應快衰落突然變嚴重。此參數在使

用者移動速度不快時特別需要考慮，因為此時閉迴路功率控制(Close Loop Power Control)機制較能跟得上快衰落的變化，因此傳送端的功率變化會比較劇烈。至於當使用者移動速度很快時，由於閉迴路功率控制根本無法跟上通道快速的變化，因此傳送端功率的變化幅度反而不大，此時會直接提高 Required Eb/No 來因應通道的變化。

- **Max. allowable propagation loss** – 當使用者手機發射功率最高時，考慮系統處於近乎所規劃的滿載的情況時，訊號可以容忍的最大傳播損失(Propagation Loss)。單位為 dB。
- **Coverage probability** – 當使用者位在所規劃的涵蓋範圍邊界上，在系統中干擾強度達到所規劃的上限時，使用者傳送到基地台的訊號品質能滿足系統要求的機率。原因在於當使用者位在涵蓋區邊界上的不同位置時，由於各位置與基地台之間所遭受到的遮蔽衰落(Shadow Fading)情況都不相同，因此訊號所遭受的傳播損失亦不相同。詳細原理將在 3-3 說明。
- **Log-normal fading constant** – 在 3-3 將會提到遮蔽衰落的影響大小，在統計上會呈現一個 Log-normal 的分佈，而此項則是指這個 Log-normal 分佈的均方差(Standard Deviation)值。此為一量測值，會根據環境不同而有所改變。
- **Propagation model exponent** – 在很簡單的路徑損失(Path Loss)模型中可將路徑損失的量近似成與距離的某次方成反比，而此項便代表在該環境中，適合此路徑損失模型的次方數。此值亦會隨所考慮的環境而有所不同。
- **Log-normal fading margin** – 前面提到遮蔽衰落的影響大小會呈現一個 Log-normal 的分佈，因此若把可容許最大傳播損失的門檻(Threshold)設為平均的遮蔽衰落加上路徑損失，則當使用者位在涵蓋區邊界時，只有 50%的機會能滿足訊號品質的要求。為了達到 Coverage probability

所要求，我們必須在所規劃的最大傳播損失中，多預留一些空間因應遮蔽衰落的變動。由於遮蔽衰落是呈 Log-normal 的分佈，因此在已知 Log-normal fading constant 時，我們便可算出所需要的 Log-normal fading margin。在下一節的範例中將會舉例說明。此項的單位為 dB。

- **Soft-handover gain** – 當系統有使用軟式換手技術(Soft Handover)時，使用者的訊號可能會由一個以上的基地台接收，於網路端再將同一個使用者來自不同基地台的訊號做結合或是選擇性分散(Selective Diversity)。如此能增進訊號的品質，因此等效上會有一個增益是由於採用軟式換手技術所達成的。單位為 dB。
- **In-car loss** – 當考慮使用者是高速移動時，使用者幾乎都是位在車輛或是其他的載具之內，因此訊號在穿透車輛時所受到額外的損失必須要考慮進來，便是本項所代表的意義。單位為 dB。
- **Allowed path loss for cell range** – 在考慮所有系統效能限制與所規劃的系統資源分配後，每個使用者所能夠允許承受的最大路徑損失。此值主要與使用者和基地台間的距離有關，因此透過這個值並配合適當的路徑損失模型，我們便可規劃出這個基地台在滿足各種條件情況下的有效涵蓋半徑為何。

4.1.2 系統模擬環境建立

了正確的模擬系統的運作情形，建立一個接近真實的模擬環境是非常重要的。本模擬平台所考慮之無線通道效應根據產生的原因可以區分為三種：路徑損失(Path Loss)、遮蔽衰落(Shadow Fading)與多路徑衰落(Multi-path Fading)。在 4.1.2.1 ~ 4.1.2.3 節中將分別詳細說明這些通道效應的模擬方法。

4.1.2.1 路徑損失模型(Path Loss Model)

路徑損失模型是用來表現訊號於空間中傳播時，其強度會隨兩點間距離

的增加而衰減。本模擬平台提供三種典型的無線通訊系統環境，以及三種相對應的路徑損失模型，分別敘述如下：

- 供室內/辦公室環境使用之路徑損失模型：

此路徑損失模型是根據 COST 231 所提供的量測結果所得到的，此路徑損失模型如下：

$$L = 37 + 30\text{Log}_{10}(R) + 18.3n^{((n+2)/(n+1)-0.46)}$$

其中 R 為訊號發射端與接收端兩點間的距離(公尺)

n 為訊號在兩端間傳送時所穿過的樓層數

在此環境中所對應的遮蔽衰落變化之標準差約為 12dB

- 考慮行走於室內外行人之環境使用之路徑損失模型：

$$L = 40\text{Log}_{10}(R) + 30\text{Log}_{10}(f) + 49$$

其中 R 為訊號發射端與接收端兩點間的距離(公里)

f 為訊號載波頻率(依各電信業者而有所不同,MHz)

此路徑損失模型適合在訊號沒有直線傳播路徑(Non Line-Of-Sight, NLOS)時使用。當使用者位在室內時，遮蔽衰落變化的標準差約為 12dB，而在室外時所對應的遮蔽衰落變化之標準差則為 10dB。

- 考慮使用者乘坐交通工具時的路徑損失模型：

$$L = 40(1 - 4 \times 10^{-3} \Delta hb) \text{Log}_{10}(R) - 18 \text{Log}_{10}(\Delta hb) + 21 \text{Log}_{10}(f) + 80$$

其中 R 為訊號發射端與接收端兩點間的距離(公里)

f 為訊號載波頻率(依各電信業者而有所不同,MHz)

Δhb 為基地台的天線高度(相對於平均建築物高度,公尺)

4.1.2.2 遮蔽衰落模型

根據在真實的無線傳播環境中量測得到的結果，我們知道遮蔽衰落的變化程度統計起來是呈現 Log-normal 的分佈。因此在進行系統模擬且沒有考慮特定地形地物的情況時，我們會用一個呈現 Log-normal 分佈的隨機變數，來產生遮蔽衰落所造成的影響。此隨機變數的標準差則隨著所考慮的模

擬環境而有所不同。利用一個 Log-normal 的隨機變數來產生遮蔽衰落的變化在統計上是正確的做法，但隨著更進一步的研究，發現到在真實環境中量測到的遮蔽衰落變化之數據，在某些方面是有相關性的。總結這些對於遮蔽衰落相關性的研究，可以歸納出兩種遮蔽衰落的相關性類型：自相關特性 (Auto-correlation) 與交相關特性 (Cross -correlation)，這兩種相關特性在系統中所代表的意義各不相同。

● 遮蔽效應的自相關模型：

遮蔽效應的影響會隨著使用者所處在的位置而有所不同，因此當使用者沒有移動時，該使用者所遭受遮蔽效應的影響是不會改變的。反過來說，當使用者移動時，遮蔽效應便會隨著使用者所處的位置改變而有所變化。由數學的觀點，我們可能稱遮蔽衰落的變化是與相鄰兩取樣點的距離而有相關性的。由於在短時間內可以將使用者移動的速度視為定值，因此可以將遮蔽衰落與距離的相關性轉變成為與時間的相關性。由於這種相關性指的是同一組使用者與基地台之間的連線，在不同的時間點所遭受到的遮蔽衰落彼此之間具有相關性，因此我們又稱此種相關性為遮蔽衰落的自相關性 (Auto-correlation on Shadow Fading)，本模擬平台所用之自相關模型如下：

$$R(k) = \sigma^2 a^{|k|}$$

$$a = \varepsilon_D^{vT/D}$$

- 其中
- R(k) 為兩取樣值之間的相關性
 - σ 為系統中統計遮蔽衰落變化得到的標準差
 - k 為兩取樣點所間隔的取樣次數
 - a 為兩取樣值間之相關常數(correlation coefficient)
 - v 為使用者移動速度
 - T 為每次取樣的間隔時間
 - D 為經量測得知該環境之非相關距離(De-correlation Distance)
 - ε_D 為兩取樣點相距為 D 時之自相關常數值

圖 4.1 與圖 4.2 分別是有加入自相關模型與沒有加入自相關模型所產生

的遮蔽衰落效果，很明顯可以看出有加入自相關模型產生出的效果在短距離
之內的變化比較平順，和真實情況比較接近。

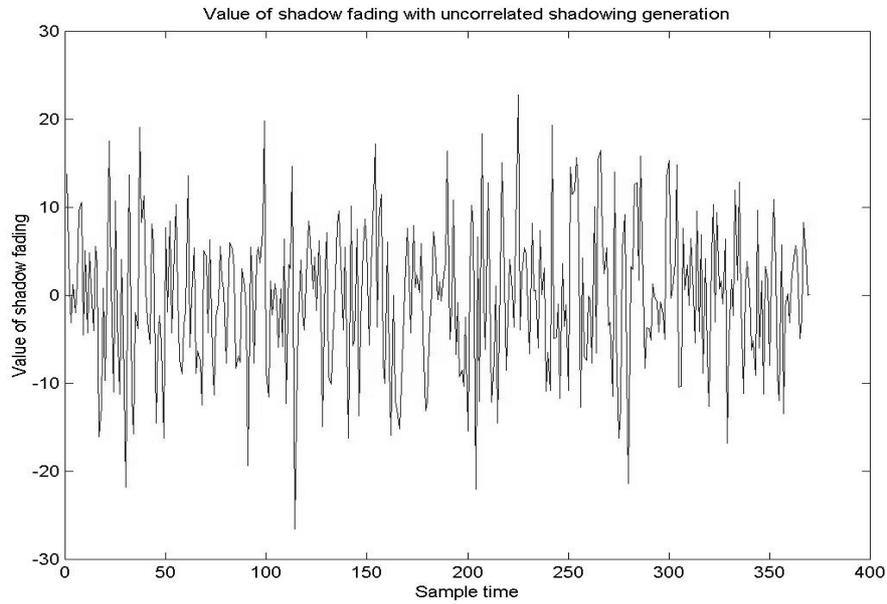


圖 4.1 沒有加入自相關模型的遮蔽衰落效應

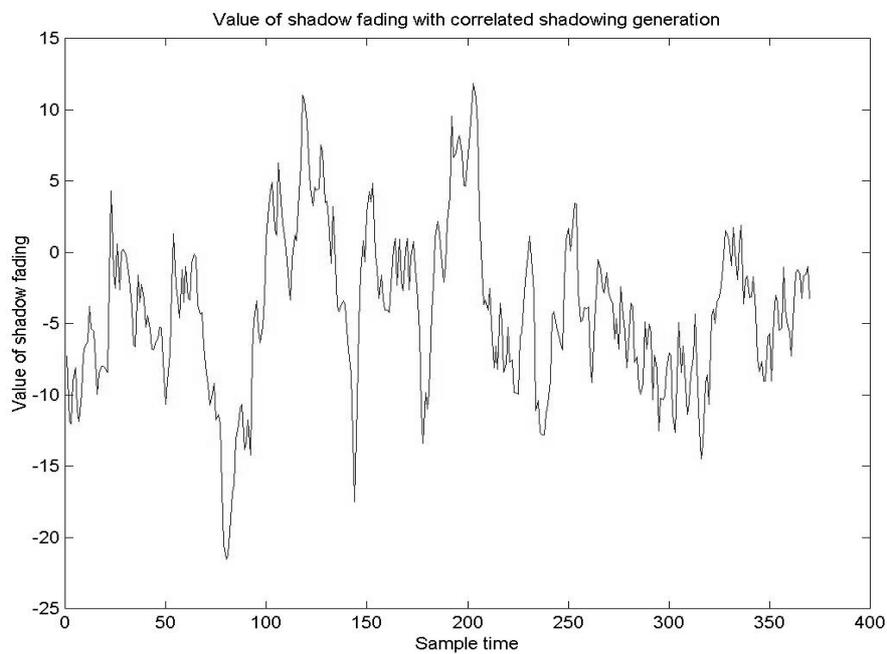


圖 4.2 有加入自相關模型的遮蔽衰落效應

- 遮蔽效應的交相關模型：

在前一個小節中說明遮蔽衰落的自相關效應是由於使用移動速度有限，使得使用者在鄰近的位置所遭受到遮蔽衰落影響程度彼此間有相關性，基於類似的理由，接下來將說明遮蔽衰落的交相關性。前面提到，真實環境中的遮蔽物在空間上具有連續性，這可以說明不同的訊號若是從相同的方向收到時，這些訊號所經過的傳播空間在某種程度上是相重疊的，也因此這些訊號在傳送時因為遮蔽物而遭受到的遮蔽衰落在某種程度上會將具有相關性。這種相關性來自於訊號傳播時所共同經過的空間，因此這種相關性的強度會隨著不同訊號所共同經歷過的傳播空間重疊性越高而越強。由於這種相關性存在於某個時間點，某個使用者與不同基地台間傳送的訊號所各自遭受到的遮蔽衰落彼此間會有相關性。換句話說，這是在某個時間點中，不同的連線所遭受遮蔽衰落彼此間的相關性，因此我們稱此為遮蔽衰落的交相關性(Cross-correlation on Shadow Fading)。本模擬平台中採用之模型是將接收訊號的入射角與遮蔽衰落的交相關程度建立起關聯。

該模型之實現方法：首先定義出每個使用者要考慮連線的基地台數量 N ，透過常態(Normal)分佈的隨機變數產生一組 N 個值的陣列 X ，其中每個值皆為獨立產生。藉由使用者與每個基地台的座標位置換算出基地台兩兩間的方位角差，並透過交相關模型可找出每條連線中遮蔽衰落兩兩間的相關常數，這些相關性常數便可組合成 Y 的相關性矩陣 Γ ，其中 Y 便是我們最後希望得到的陣列。

4.1.2.3 多路徑衰落模型

為了模擬出多路徑衰落的效果，除了藉由通道脈衝響應(Impulse Response)來模擬多路徑傳播的效果，最重要的就是模擬散射(Scattering)的效果。最常在系統模擬使用的便是 Jakes 模型，它假設了使用者鄰近的反射物在二維的平面上是數量有限且均勻分佈。如此一來，當使用者朝某個方向移動時，來自每個反射物的訊號所遭受的都卜勒頻率偏移(Doppler Frequency

Offset) 便可得知。由於使用者手機上的天線幾乎都是無指向性 (Omni-directional) 天線，因此所收到的訊號便是來自每一個反射物的訊號加總的結果。Jakes 模型在系統模擬時非常的方便，但是此模型的推導過程中假設接收端周圍的近端反射物在二維空間的入射角是均勻的，此種假設與真實環境並不符合。此外，在真實環境中訊號入射的方向並不侷限於二維的平面，而是有可能從三維空間中各個角度入射，此效應在 Jakes 模型也並未考慮。由於 Jakes 對於近端反射物分佈的假設，導致了所產生出通道響應 (Channel Response) 的功率頻譜密度 (Power Spectrum Density) 中，功率頻譜都集中在最大都卜勒偏移的頻率位置，這一點是與真實情況相差最大的地方。

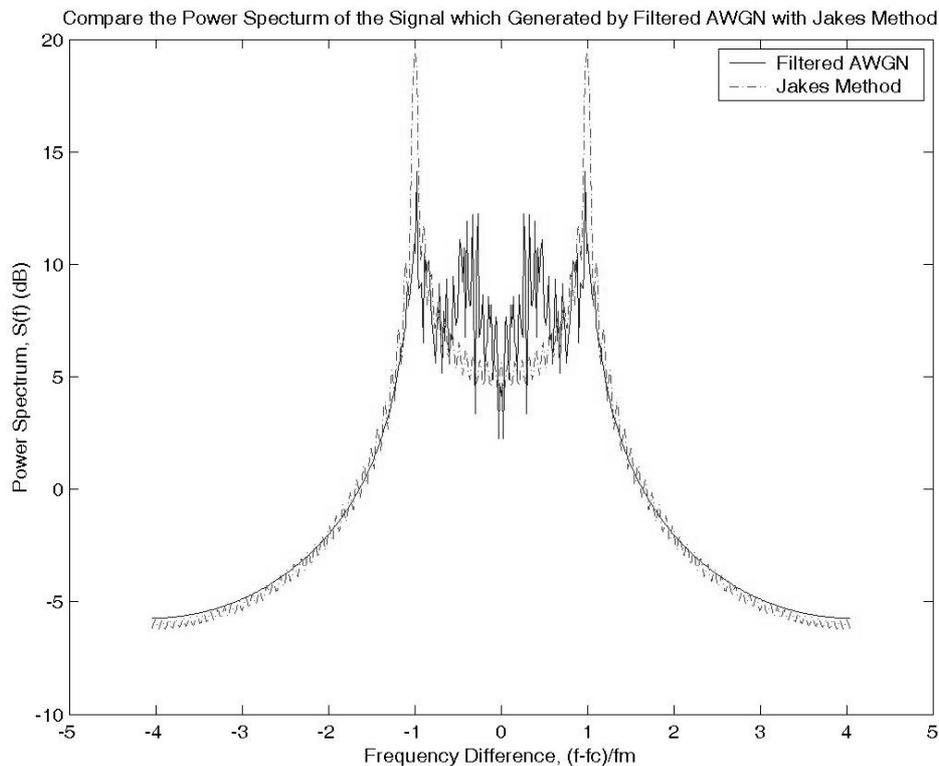


圖 4.3 比較使用 Jakes 模型與 Filtered AWGN 所產生的通道功率頻譜

在圖 4.3 中可觀察到由 Jakes 模型所產生的通道之功率頻譜都集中在最大頻率偏移處，而在真實環境中所觀察到的通道功率頻譜卻是比較平均分佈在小於最大偏移頻率的整個區間內。圖中另一條實線所表示的是由 Filtered

AWGN 方式所產生的通道效應之功率頻譜，可以觀察到此方法所產生的通道效果會比較接近於真實環境中所遇到的情況。

Filtered AWGN 產生的方式是藉由一個隨機變數來產生 AWGN (Additive White Gaussian Noise)的效果，將其輸入一個數位低通濾波器後得到的輸出，便作為通道的響應。此方法的概念很簡單，但在系統模擬時需要針對模擬時所需的輸出速率來設計相對應的數位濾波器。此低通數位濾波器的頻寬則設為最大的都卜勒偏移頻率，至於數位濾波器可選用典型的 IIR(Infinite Impulse Response) Chebyshev 濾波器即可。

藉由 Filtered AWGN 來產生通道快衰落(Fast Fading)的效應，不但較接近於真實環境之效果，在系統模擬時也較節省運算量（圖 4.4）。

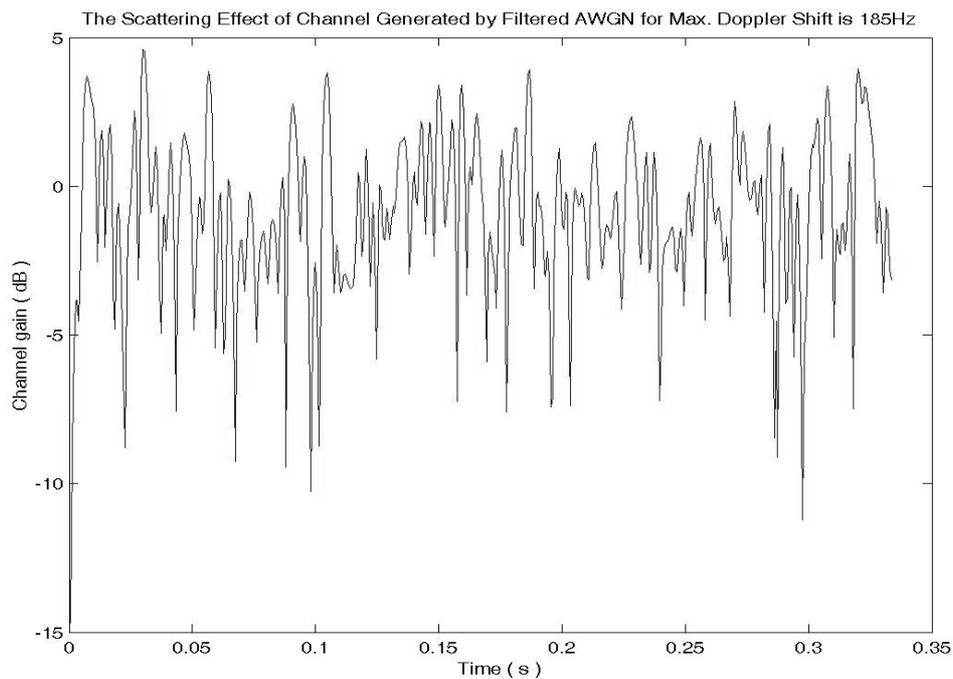


圖 4.4 Filtered AWGN 所產生的衰落效果

4.1.3 使用者行為模擬

使用者移動的行為對系統造成的最主要影響在於換手技術(handover)，在考慮不同的使用者移動環境中，換手技術所需採用的演算法或參數可能都不

相同，而這也間接的會影響到系統中干擾強度的水平(Interference Level)。於本模擬平台中，我們考慮了室內 (indoor)、都會區 (Manhattan street)、與大細胞中車輛移動的環境模型。

另外，在使用者資料流量模型方面，我們考慮語音與數據服務。

- 語音服務流量模型(Voice Service Traffic Model)

根據統計的結果，使用者進入系統的每個時間點會是一個 Poisson 的流程，而每使用者進入系統時間點的間距是呈現 Exponential 的分佈。此外，每個使用者的平均通話時間也是呈現 Exponential 分佈，且使用者通話過程中若沒有講話時，手機會暫時停止發送訊號(Silent State)，故此時將不會造成其他使用者的同頻干擾(Co- Channel Interference)。

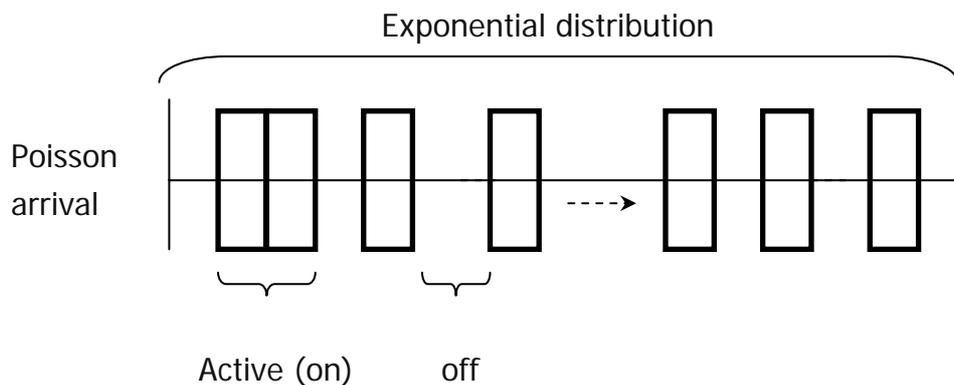


圖 4.6 語音服務流量模型

圖 4.6 所示為使用語音服務時所造成的資料流量模型。其中”Active(ON)”的時候代表有訊號發出，此時代表的是發話端或受話端正在講話，因此有相對應的資料流量產生。而在”OFF”的時候，則代表當時並沒有訊號需要傳送(使用者沒有講話)，因此發射端不會送訊號出來，也就不會造成其他使用者的干擾。因此我們可知，使用者的資料流量模型所對應到的便是在空中介面(Air Interface)中，屬於該使用者的訊號傳送與否的變化。因此使用者的資料流量模型將會被用來反映每個使用者發出訊號與否，藉以模擬出在每一個時間點中，整個系統中的干擾強度變化。

- **數據服務流量模型(Data Service Traffic Model)**

目前在第二代或第二點五代系統中所提供的數據服務都集中在存取網際網路(World Wide Web, WWW)上的資料。雖然上網的平台是透過行動通訊網路，但根據相關的研究顯示，其數據資料流量的特性與有線網路中以IP(Internet Protocol)封包傳送網際網路資料時的特性相同。因此我們採用UMTS規格書中所推薦的數據服務流量模型，此模型是根據使用者瀏覽網際網路時所造成的資料流量所建構而成的，如圖 4.7 所示。

此模型中有數個重要的參數需設定：

- **Session arrival time:** 使用者開始使用數據服務的時間點，和語音服務一樣，這些時間點的產生是依據 Poisson 流程。不過當系統中同時有使用數據服務與使用語音服務的使用者時，使用者開始使用服務的起始時間點是分開產生的。
- **Number of packet calls per session (Npc):** 使用者上網瀏覽資料的過程中所閱讀的網頁數目。這個參數表示該使用者此次上網一共會瀏覽幾個不同的網頁。這個值的產生是透過一個 Geometric 的隨機變數，而參考的平均值則是根據現行系統中所統計的結果。
- **Reading time between packet calls (Dpc):** 使用者在閱讀一個網頁所需耗費的時間。此參數經統計是呈現 Exponential 的分佈，但在系統模擬時我們會將時間的最小單位訂為一個時槽(Time Slot = 0.667ms)。故此值會用一個 Geometric 隨機變數產生，單位是時槽。
- **Number of datagrams within a packet calls (Nd):** 下載一個網頁時所包含的檔案數目。一個網頁之中是由許多小檔案組合而成的，下載網頁時會分別將這些小檔案下載，最後才會呈現出一個完整的網頁。此值亦由一個 Geometric 隨機變數產生，參考的平均值是根據真實系統統計而得。
- **Inter arrival time between datagrams (Dd):** 下載一個網頁時，每個小檔

案依序下載時彼此間隔的時間。系統會分別將構成網頁的小檔案下載到手機上，因此每個小檔案在被傳送之間是有空檔的，這個間隔時間也是以時槽為單位，透過 Geometric 隨機變數產生而得。

- **Size of datagrams (Sd):** 每個小檔案的大小，單位為 bytes。此參數經統計是呈 Pareto 分佈。因此需透過一 Pareto 隨機變數來產生此項參數。

1. 在使用不同資料傳輸率時，使用下載網頁的時間也有所不同，但其影響只會在於傳送每一個檔案時所要花的時間不一樣。至於使用者所需要的閱讀時間以及每次使用者下載的網頁數目並不會因此而有所改變。圖 4.8 所列出的是當使用不同資料傳輸率時，數據資料流量模型所對應的參數平均值：

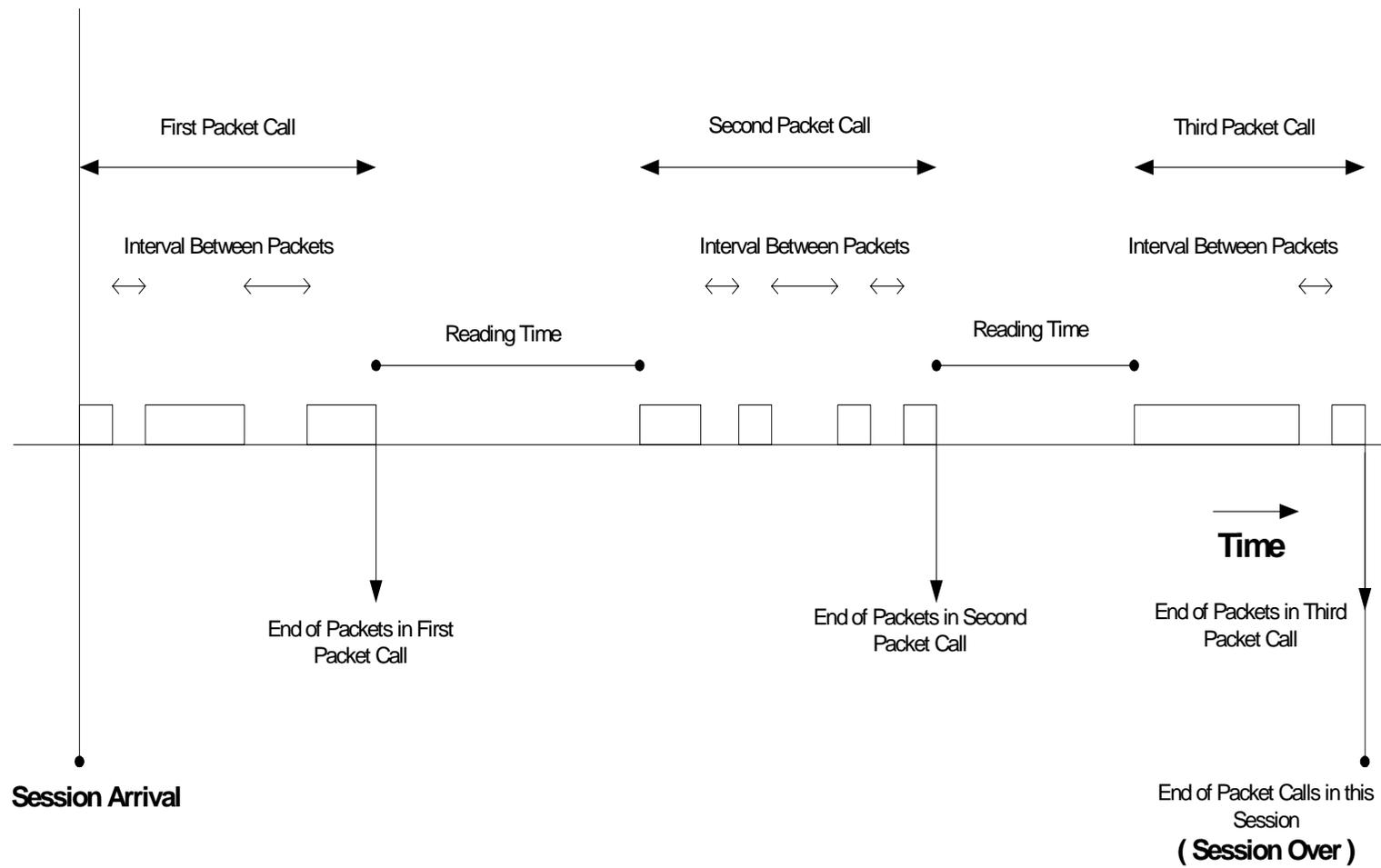


圖 4.7 數據資料流量模型(瀏覽網際網路)

Packet based information types	Average number of packet calls within a session	Average reading time between packet calls [s]	Average amount of packets within a packet call []	Average interarrival of packets between packets [s]	Parameters for packet size distribution
WWW surfing UDD 8 kbit/s	5	39.5	25	0.5	$k = 81.5$ $\alpha = 1.1$
WWW surfing UDD 32 kbit/s	5	39.5	25	0.125	$k = 81.5$ $\alpha = 1.1$
WWW surfing UDD 64 kbit/s	5	39.5	25	0.0625	$k = 81.5$ $\alpha = 1.1$
WWW surfing UDD 144 kbit/s	5	39.5	25	0.0277	$k = 81.5$ $\alpha = 1.1$
WWW surfing UDD 384 kbit/s	5	39.5	25	0.0104	$k = 81.5$ $\alpha = 1.1$
WWW surfing UDD 2048 kbit/s	5	39.5	25	0.00195	$k = 81.5$ $\alpha = 1.1$

表 4.8 不同資料傳輸率所對應之數據資料流量模型參數

4.1.4 系統模擬程序設計

在通訊系統的模擬方法中，最常見的有兩種方式。第一種是事件驅動(Event Driven)，第二種則是時間驅動(Time Driven)。以事件驅動的方式來進行系統模擬適合使用在所需要模擬的變數並無週期性的變化，因此時間點可以直接跳躍至事件發生的時刻，以節省系統模擬耗費的時間。舉例來說，在進行允諾控制(Admission Control)相關研究時，在不考慮使用者移動性的情況下，只需模擬有使用者要進入系統時刻的系統狀態，並將這些資訊提供給允入控制演算法做判斷便可。由於新使用者並非週期性的到達，而是依據 Poisson 流程，因此系統不需要去模擬沒有新使用者到達時系統的狀態。也就是說，系統所需模擬的時間點是根據“新使用者到達(New Call Arrival)”這個事件的發生而決定，換個角度來看，這個模擬系統的運作是由“新使用者到達”這個事件所驅動的，也就是所謂事件驅動的系統模擬。

以時間驅動的方式進行系統模擬，主要是針對系統中週期性變化的變數。透過時間驅動方式進行系統模擬以定期去執行某些功能或是調整系統中某些變數，可以降低邏輯上的複雜性且使得程式中的變數變化有很明確的時間參考做為依據。舉例來說，在第三代行動通訊系統中的功率控制每個 0.667ms 就要執行一次，這個時間的依據是來自於每一個時槽(Time Slot)中皆含有一個功率控制的命令(Command)，因此每隔 0.667ms 就會執行一次功率控制。因此在模擬功率控制這種週期性的行為時，便採用時間驅動的概念來設計系統模

擬程式，以簡化模擬程式的複雜度。

但在本系統模擬平台之中，由於整合了多種無線資源管理的演算法，其中有的可以採用事件驅動的方式去模擬，有的則適合採用時間驅動的方式去模擬。因此我們在設計系統模擬平台時同時結合了這兩種系統模擬的概念，並將各種不同的演算法結合在一起，如此可以同時兼顧這兩種方法的優點。在系統模擬平台中關於新使用者到達(New Call Arrival)與相關的允入控制的演算法只有在事件發生時才會被啟動並執行，其它時間並不會去執行相關的功能以節省運算資源並縮短運算所耗費的時間。而除了之前面提及功率控制演算法因為是週期性的執行因此適合採用時間驅動外，此系統模擬平台中由時間驅動同時也是最重要的功能便是與環境變數相關的參數更新功能。這些功能週期性的去更新環境相關的參數，以反應出系統隨著時間的改變所相對應的環境變化。

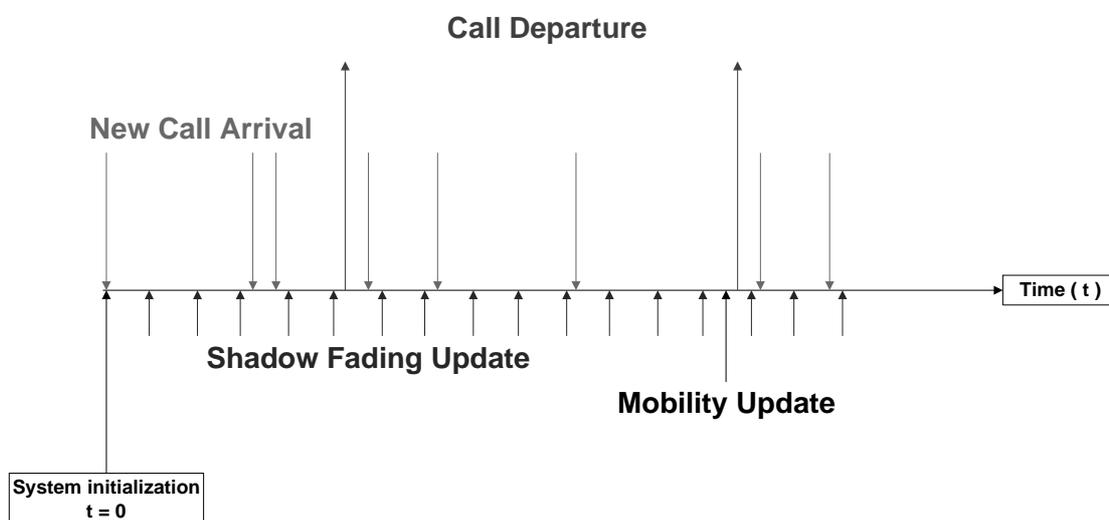


圖 4.9 系統模擬邏輯示意圖

圖 4.9 說明整個系統模擬程式運作邏輯概念：橫軸所描繪的是邏輯上時間的增加，而每個箭頭則代表某個事件的發生，這裡先同時列舉出幾個事件以說明此程式設計的理念。系統模擬程式的啟動是伴隨著第一個使用者的產生，在圖 4.9 的最左端上半部那個指向下的箭頭便是代表”新使用者到達(New Call Arrival)”事件的發生。隨著時間的增加，背景環境的參數會定期的變化以反映出環境的變化，而在圖中自第一位使用者到達後系統發生的下一個事件便是遮蔽效應衰落的變化。可以觀察到遮蔽衰落的效果每隔一段時間改變，代表系統環境的狀態隨著時間而改變。在圖中遮蔽衰落變化了幾次後便發生了第二位使用者到達的事件，此時系統便會開始處理第二位新到達的使用者，並將增加這位使用者對系統造成的影響給解算出來並反映在相關的參數上。緊接著在還沒到達下一個遮蔽衰落變化之

前，第三位使用者便已經到達。隨著時間的前進，系統中遮蔽衰落的影响程式又改變了兩次，之後便發生了”使用者離開(Call Departure)”的事件，此時程式會將使用者離開所造成的影响給算出來並反映在相對應的參數上。而隨著更往前進一段時間，發生了使用者”移動狀態變化(Mobility Update)”的事件，之後還有更多相對應的事件會在所設定的時間點發生，而程式中所模擬的時間也隨之不斷向前推進。每當特定的事件在特定的時間點發生後，程式便會執行該事件所對應的動作或演算法，並將結果反映在相對應的參數之中。換句話說，每個事件會將其對應動作或演算法執行的結果反映在系統或環境的參數之中，而每個事件在執行相關的動作時，也是依據當時系統或環境的參數來做出相對應的判斷。每個事件與各個參數之間不斷的交互影响，便構成了系統隨著時間運作的依據。

在圖 4.9 中上半部所描述的是非週期性發生的事件，這些事件在程式中相關的動作會以事件驅動(Event Driven)的方式處理。而在圖 4.9 下半部所描述的是週期性發生的事件，這些事件相對應的動作會以時間驅動(Time Driven)的方式處理。但同樣是時間驅動的 event，根據其特性的不同，我們特別設計使每個事件都有其各自發生的週期，以增加系統運作的效率。在圖 4.9 只列出了幾個模擬程式中其中幾個事件，接著要說明在程式中所有的事件，與每個事件中所對應的功能與相關的設計：

- **New Call Arrival:** 產生新的使用者。此事件發生時會產生一個新的使用者進入系統，同時要將該使用者相關的資訊初始化，包括了座標、使用服務形態、移動速度、移動方向、與每個基地台間連線所遭受到的遮蔽衰落。此事件發生的時間點是由一個 Poisson 流程所決定的，可知此事件並非週期性的發生。伴隨著新使用者的產生，透過細胞搜尋(Cell Search)才能讓新使用者找到訊號品質最佳的基地台以開始進行連線。而接著透過允入控制的機制以決定是否能讓新使用者進入系統，若使用者進入系統則需要將該使用者造成系統干擾強度增加的效果反應在系統環境參數中。
- **Call Departure:** 系統中使用者結束使用服務並離開系統。此事件是針對使用語音服務的使用者，因為使用數據服務時，使用者待在系統的時間並不是一個單純的機率分佈，因此不容易事先算出。發生此事件時程式會將與該使用者相關的參數自記憶體移除，並在統計順利完全服務使用者的參數上加 1。
- **Traffic Update:** 更新使用者資料流量的狀態。此事件發生時，程式便會根據該使用者的資料流量模型來判斷是否應該更新該使用者的資料流量狀態，以藉由此方

法在程式中產生使用者資料流量變化的效果。

使用者在該時間點的流量狀態會影響到當時系統干擾的強度。換句話說，每個使用者資料流量的變化將會反映在系統中干擾強度的變化，進一步影響到系統其它功能與演算法運作的結果。

若程式發現該使用數據服務的使用者已經傳送/接收完所有的封包資料時，也會將該使用者比照成結束服務並離開系統的情形。程式將會自記憶體移除關於該使用者的參數，且在統計順利完全服務使用者的參數上加 1。

- **Shadow Update:** 更新系統內每個連線所遭受遮蔽衰落的狀況。隨著使用者位置的改變，所遭受的遮蔽衰落也會隨著改變。但考慮遮蔽衰落的自相關模型時，我們可以假設當遮蔽衰落的自相關性仍高於一定程度時，其值是不變的，因此可以求得一個相對應的參數更新週期。舉例來說，若在兩不同位置遮蔽衰落彼此間的相關性常數高於 0.95，我們便假設使用者在此兩點範圍內所遭受到的遮蔽衰落皆相同。
- **Mobility Update:** 更新系統內與使用者移動性相關之參數。需要更新的參數為使用者的座標位置以及使用者移動的速度與方向。新的座標是由前一次的座標加上這段期間使用者在 X 軸與 Y 軸移動的距離，而移動速度與方向的更新則是根據使用者移動模型來決定。由於這幾項參數最主要的影響是在路徑損失的效果上面，因此當使用者每移動一定的距離後再更新便可，不需要太密集的去更新這些參數。若考慮該環境非相關距離為 20 公尺且使用者移動速度為 40km/h 時，使用者需花費 1.8 秒才能移動 20 公尺，因此程式此時便以 1.8 秒作為更新使用者移動性相關參數之週期。
- **Handover Update:** 更新使用者換手機制相關之參數。系統會週期性的去偵測目前使用者連線品質的狀態以作為換手機制運作的參考，若是訊號品質到達某個標準，換手機制便會調整相對應的參數。舉例來說，系統設定每 1 秒會檢查目前使用者與每個基地台間訊號品質狀態，則每當此事件發生時，系統所量測出使用者至每個基地台連線的品質便會輸入至換手機制演算法中以決定是否更新相關的參數，若某個基地台的訊號強度高過目前連線基地台的訊號強度，則系統便可能會將使用者的連線轉移至具有較強訊號的基地台。
- **Outage Update:** 系統每隔一段時間便確認各使用者連線的品質是否滿足最低要求，否則便將使用者的服務強迫中斷。此事件通常是每個時槽(Time Slot)或是每

個幾個時槽便發生一次，主要的目的在切斷品質不佳的連線以免影響其他使用者的服務。對於語音服務的使用者，一旦品質低過底限(Threshold)便會被強迫中斷服務，但對於使用數據服務的使用者，也許只是暫時將原本欲傳送的資料暫時延遲一下，這些相對應的動作都取決於演算法的設計。

- **Power Control:** 根據功率控制演算法來調整使用者發射訊號之功率強度。此事件會在每個時槽都發生，目的在調整訊號發射功率強度。主要的精神在於滿足連線品質的前提下，維持發射訊號功率強度在最低的水準，以降低對其它使用者的干擾強度。功率控制的演算法有非常多種，詳細內容將會在下一章中說明。在調整功率之前需要先對連線品質進行量測，因此多路徑衰落(Multi-path Fading)的效果將在此加入以得到完整的通道效果。
- **Capacity Measurement:** 統計系統容量。系統容量分為兩種方式來統計，第一種是系統中的使用者人數(Number of Users)，第二種則是系統所承受的資料流量(Throughput)。使用者人數的計算方法便是在此事件發生時便觀察在此刻系統中共有多少使用者在其中，而資料流量的統計方法則是計算在過去一小段時間內(ex.1 秒)，系統總共處理了多少的資料量(bits)，將其除以觀察的時間便可以得到在過去這段時間內系統平均的資料傳輸率(Data Rate)。最後系統會將整個系統模擬過程中每次統計到的容量再予以平均，如此可以得到系統在特定環境條件之下的容量(Capacity)。

整個系統模擬的終止是由統計量滿足預設條件所驅動的。當我們設定統計量滿足條件為”新使用者到達”事件發生 100,000 次，則系統會在第 100,000 個”新使用者到達”事件發生時終止整個模擬程式，並將所統計的結果存入檔案之中。統計量的設定需根據在模擬中欲觀察的項目來決定，如此才能得到可靠的模擬結果。

4.1.5 無線資源管理演算法

本模擬平台已內建之功率控制、換手技術及允入控制演算法等軟體模組，可供各子計畫驗證其所發展之無線資源管理技術之效能評估。於此，我們以允諾控制模組為例，代表說明本模擬平台之實際程式執行狀況。在進行系統模擬時，我們對於新使用者的處理流程如圖 4.10 所示：

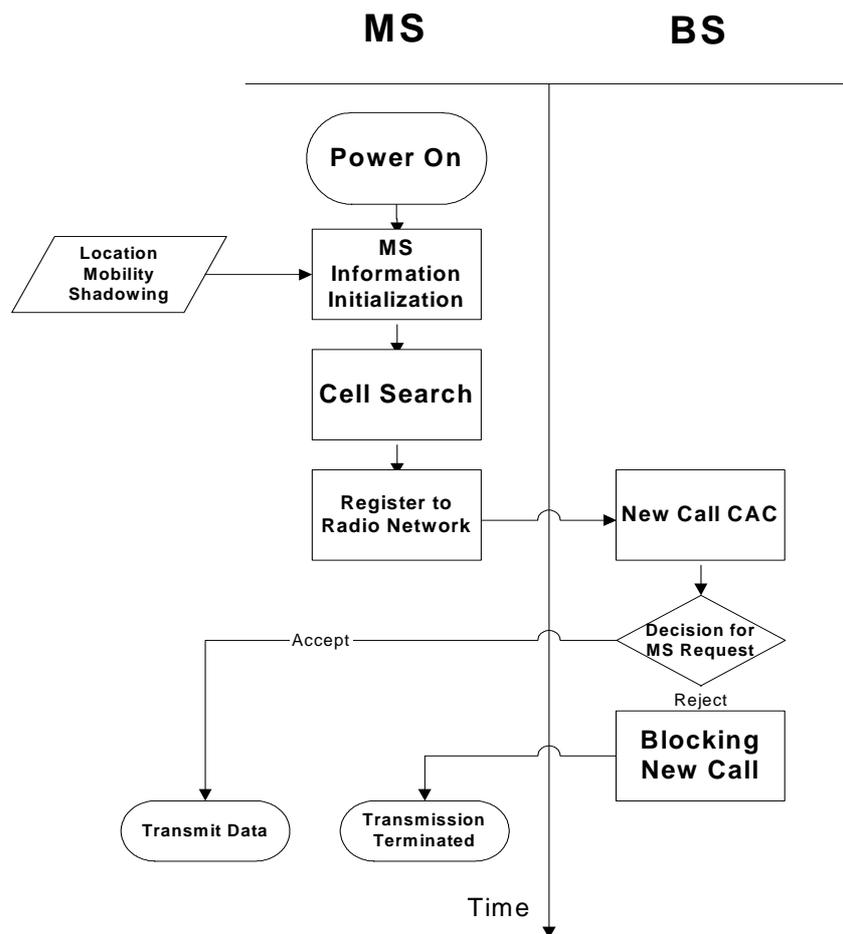


圖 4.10 新使用者產生之處理程序

目前已內建之允入控制演算法包含下列兩種：

1. 以接收到的干擾強度 (Interference-based) 為基礎

根據當時系統所承受的干擾強度來決定是否允許新使用者進入系統。這裡所稱干擾的強度，其實包括了系統中既有使用者發射訊號對新使用者訊號造成的干擾(Interference)強度，以及背景熱雜訊 (Thermal Noise) 的強度。當系統中的干擾強度在加入新使用者後仍不會超過上限時，則允許新使用者進入系統。

2. 以接收到的訊號干擾(SIR-based)比為依據。

根據新使用者的訊號品質能否滿足服務品質的要求來判斷是否允許該使用者進入系統。此方法將可確保新加入使用者訊號的品質符合服務品質的要求，此種演算法所需克服的問題在於系統如何正確的分別估算出訊號與干擾的強度，以及在不同的環境之下該如何設定相對應的門檻參數。

在衡量允入控制演算法的效能時，最主要的指標為阻塞率(Blocking Probability)，這代表新使用者要求進入系統時被拒絕的機率。在增進系統容量的同時，也必須要維持阻塞率在一定的

門檻之下，因為阻塞率亦為連線服務品質的一項重要指標。而在圖 4.11 中所顯示的是在相對應的使用者到達速率時，系統中新使用者的阻塞率。而允入控制演算法的設計出發點在於維持一定服務品質的前提下希望能儘量增加系統容量，但在系統可能提供多種服務的情形之下，對於容量的定義並不止一種，除了傳統上透過使用者人數來定義之外，也有使用系統所承受的資料流量(Throughput)來定義容量。在圖 4.12 中我們藉由此系統模擬平台模擬在不同的使用者到達速率(User Arrival Rate)的情形下，比較兩種不同允入控制演算法時系統所能支援之資料流量。

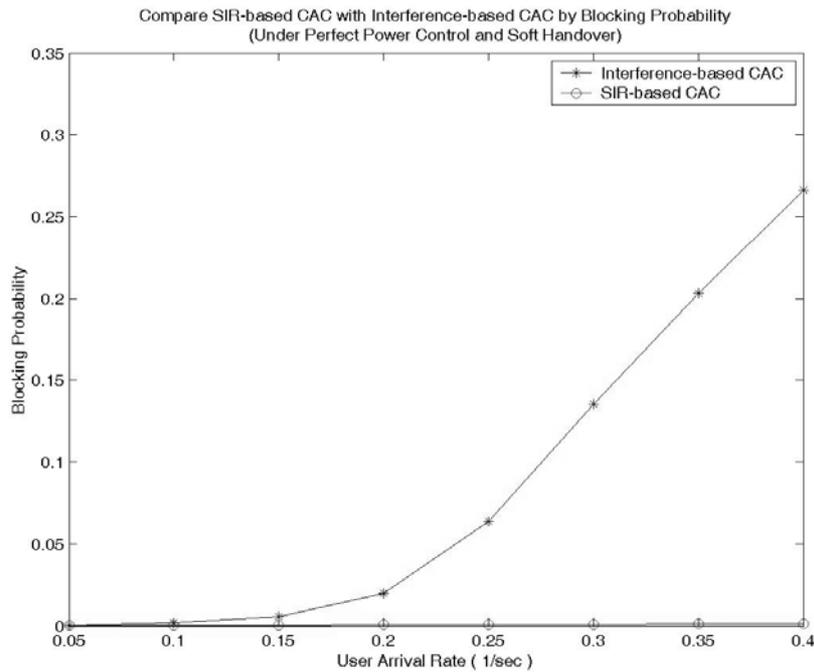


圖 4.11 比較允入控制演算法不同時新使用者的阻塞率

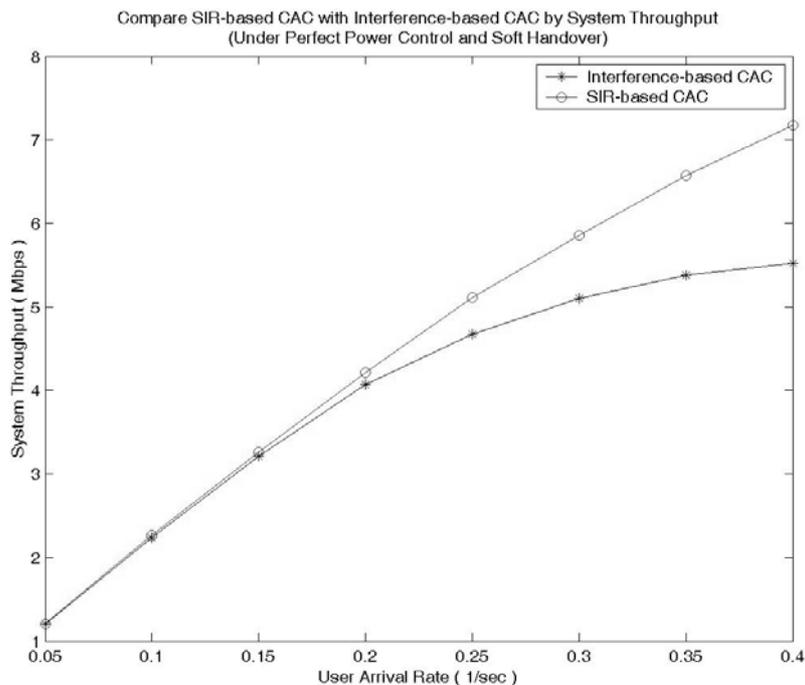


圖 4.12 比較允入控制演算法不同時系統所能承受的最大資料流量

4.2 各子計畫之無線資源管理技術研究成果與討論

4.2.1 異質多接取網路之資源管理技術（子計畫一）

- 異質性網路之允諾呼叫控制：我們首先針對WCDMA系統之允諾呼叫控制設計一套『利用”Q-learning”之多速率控制機制』（Q-learning-based multi-rate transmission control scheme；Q-MRTC）。在Q-MRTC中，我們將允諾呼叫控制問題化約為semi-Markov Decision Process（SMDP）問題，並且應用『Bellman最佳化原則』（Bellman’s principle of optimality），以『Q-learning』機制來尋找系統長期之最佳允諾呼叫控制決策[1]（見圖 4.13）。
- 異質性網路之頻寬需求配置：等效頻寬（effective bandwidth）是異質性網路中資源管理技術的核心基礎。針對不同無線訊務之封包錯誤率、封包遺失率及傳輸延遲等要求，我們利用“large deviation”數學統計技巧來分析每個訊務所需之系統資源使用量，並定義無線資源參數（radio resource index, RRI）來作為個別訊務之等效頻寬需求 [2]。因此，各種異質性網路的頻寬配置問題就可用統一架構（unified problem formulation），利用此一無線資源參數觀念來進行理論分析（見圖 4.14）。
- WLAN之頻寬資源管理：為了要符合未來通訊服務對於服務品質之要求，我們首先探討在contention-based CSMA/CA協定上提供服務品質之問題。在IEEE 802.11e協定中，不同傳輸需求之使用者可根據現有系統之使用現況動態配置不同的contention windows（CW），藉以合理化分配WLAN頻寬資源。我們利用discrete-time Markov chain分析了此一問題，成功分析了weighted fairness與transmission probability之間的關係，並推導出closed-form 方程式解 [3]。
- 功率控制機制：對於此一研究子題，我們探討功率控制基本問題，也就是雜訊干擾模型。傳統上是以Gaussian approximation distribution來模擬WCDMA系統中其他傳輸源之雜訊干擾，但是最新研究指出這是不精確的近似模型。所以，我們提出了一個更為精確的近似模型VICFA（virtually independent characteristic function approximation）[4]。此近似模型考慮功率控制和多路徑衰減效應，在Monte Carlo 模擬比較中顯示，我們提出之模型可更精確的描述實際干擾雜訊之訊號分佈。此外，我們應用一模型，並結合新傳輸技術，提出新型態之功率控制機制。
- 動態通道配置演算法：我們以兩個面向來探討動態通道配置問題。首先，在系統

層級 (system level) 上，我們針對系統傳輸訊務之非對稱性設計一套集中式SDCA (centralized slow dynamic channel allocation) 機制。集中式SDCA機制會根據每個細胞之上下鍊路傳輸現況，封包錯誤率、以及傳輸延遲，動態的決定一個適用於系統整體之switching point，進而藉以提昇系統傳輸效率。另外，在個別細胞層級 (cell level)，我們設計了高速率時槽HR-TS (high-rate time slot) 機制，藉由將高叢集性訊務以較高速率傳輸，將低了對相鄰細胞之雜訊干擾，並取可將細胞內之功率、code group做最佳化配置。

- 異質性網路之換手機制：我們探討多細胞WCDMA中支援多速率傳輸之換手機制。傳統上，換手機制之功率配置僅考慮到鍊路衰減的效應，並沒有考慮到負載均衡 (load balance) 之議題，在多細胞WCDMA系統中卻是一嚴重影響系統容量之因素，尤其是針對不同負載之傳輸條件 (如：hot-spot cell)。對此，我們提出一套綜合功率配置 (power allocation) 和傳輸集合 (active set) 之換手機制，其中之功率配置演算法是依照細胞間負載現況為每個手機分配下鍊路功率，以滿足多速率傳輸之服務品質需求；另外，傳輸集合演算法是為每個換手手機尋找出適當的基地台選擇 (base station candidates) 以作為封包傳輸。在傳輸集合演算法中，我們提出了兩套挑選基地台之方法：QBASC (Quality-Based Active Set Control) 演算法，以及FASC (Fuzzy Active Set Control) 演算法[5]。根據模擬驗證，初步研究成果顯示這套結合了功率配置和傳輸集合選擇之換手演算法確實可有效降低封包誤碼率，並同時提升系統容量。接著，我們又將此一機制擴展至多速率傳輸換手機制，提出一套結合速率/功率配置演算法 (Joint Power and Rate Assignment scheme, JPR) (見圖 4.15)。而由圖 4.16 之用戶滿意參數 (USI) 比較中可看出，JPR確實可在異質性網路中有效配置功率，提高用戶滿意度。

4.2.2B3G OFDM多重接取系統設計及無線資源管理 (子計劃二)

圖 4.17 是當使用者移動時，多路徑衰落 (Multipath Fading) 所造成通道增益在時域及頻域上的變動效應。由於系統中每個通道所對應的子載波各不相同，可知各通道所受到多路徑衰落影響的程度亦有所不同。由此便可理解當系統進行通道分配時，若能分配增益較佳的通道給使用者，對於系統整體效能必定有所幫助。且由於每個使用者所遭受到多路徑衰落影響的程度是獨立於彼此的，故對於某位使用者較糟的通道，很可能對於另一個使用者是最佳的選擇。因此我們設計了一套結合功率分配與通道分配的技術，有效的改善的系

統整體效能。

圖 4.18 是比較沒有結合功率分配與有結合功率分配之通道分配技術，在每位使用者平均所需傳送訊號功率強度上的表現。在我們設計的方法中，系統分配給使用者的通道將能讓所需傳送訊號功率最低，故整體而言，有效的降低了每位使用者所需傳送的訊號強度。

圖 4.19 是使用者在傳輸過程中，封包遺失率的比較。由模擬結果可觀察到，新的通道分配技術亦可降低封包傳輸時遺失的機率。這是因每位使用者平均傳送訊號功率降低使得通道平均干擾強度亦降低。進而使得封包在傳輸時所受的干擾程度降低，使得在接收端封包發生錯誤的機率減小。

圖 4.20 顯示使用這兩種技術時，在系統所能達到平均資料流量(Throughput)之比較。由於封包遺失率的降低，使得成功送達接收端的資料量增加，進而使得平均可達到之資料流量亦較高。由此可觀察出通道中的平均干擾強度是會間接影響到系統整理流量，這是在進行高速無線傳輸系統設計時需特別加以考量之處。

圖 4.21 是封包在無線傳輸的過程中，平均所遭受到的延遲程度。由模擬的結果可知，較低的封包遺失率可以達到較低的封包延遲。這是因為每當封包無法成功傳送至接收端時，系統便會要求傳送端重新傳送。因此封包遺失機率越高，重送的機率也越高，也進一步間接造成封包遭受的延遲越嚴重。

由各模擬結果可觀察到，所設計出的通道分配技術對於系統在各方面的效能皆有所提昇。

4.2.3 異質多接取網路之行動管理 (子計劃三)

在位置追蹤方面，我們提出一架構來整合 time of arrival (TOA)及訊號的強度(RSS)的法則[8]。經由計畫所購置的 site planner 的模擬，此法則在任何狀況(包括 direct line of sight (DLLOS)不存在時)，我們的定位誤差可接近兩者的最小值。目前以進入分析及實作的階段。

在位置管理方面，針對以服務品質為主的位置管理方法，我們提出了僅設置在閘門的機置來降低 RSVP 訊號在控制平面傳輸的長度，命名為 Designated Crossover Point (DCP)。我們並利用 alternating renewal theory 討論將 DCP 移轉至距離 mobile 最近的閘門的最佳時機，也就是此時將 mobile 新的位置通知它的 home agent (HA)及 corresponding nodes (CN) [9]。

4.2.4 無線封包網路之資源管理技術 (子計劃四)

這個計劃的主體主要分為三個部份(一): 寬頻分碼多重存取系統中高速向下連結封包存取的停滯防制機制之性能比較;(二): 高速向下連結封包存取的封包排程技術之研究;以及(三)使用鄰近資訊與預測且適用在多媒體環境及分散式的無線區域網路通訊協定。

在第一個部份中我們利用了命名為間斷處理時間的新定義,完成了寬頻分碼多重存取系統中高速向下連結封包存取的三種停滯防制機制之性能比較並且推導平均間斷處理時間的理論值。在這個部份中,我們發現這三種停滯方法在高斯雜訊以及瑞雷衰減環境中之性能評比皆為:指示器基礎>視窗基礎>計時器基礎。

第二部份討論了高速向下連結中在考慮通道影響、延遲時間以及公平性的情況下最佳的封包排程技術。我們利用一個公平性指標評價了最大信號干擾比(maximum C/I) 排程法、知更鳥式循環(Round Robin)排程法、比例式公平(proportional fair)排程法以及指數型法則(exponential rule)排程。而後我們發現在這樣的公平性指標的定義下,上述的方法無法達到有效的公平性原則。因此我們提出了序列式指數型法則(queue-based exponential rule)排程法,使系統能夠同時達到公平性,高流量以及低延遲的指標。

第三部份則著力於發展一套媒體控制演算法以同時達到(1)符合即時節點要求的服務品質(2)分散式(3)以流量及能量消耗的觀點達到公平性(4)對隱藏節點問題具有免役力。此外,在滿足了上述四點目標,我們的演算法還能夠滿足非即時節點的公平性原則。為了突顯出本演算法的優點,我們建立了新的分析模型並比較不同演算法的性能。

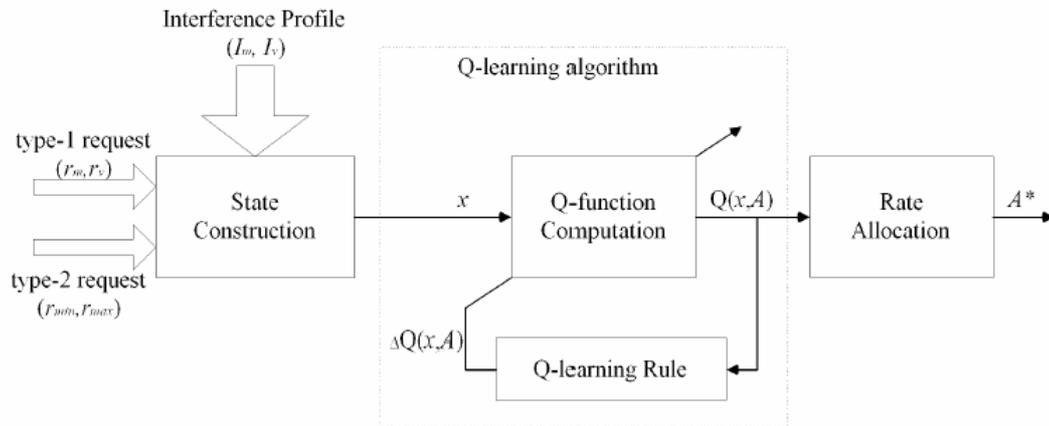


圖 4.13: 利用”Q-learning”之多速率控制機制

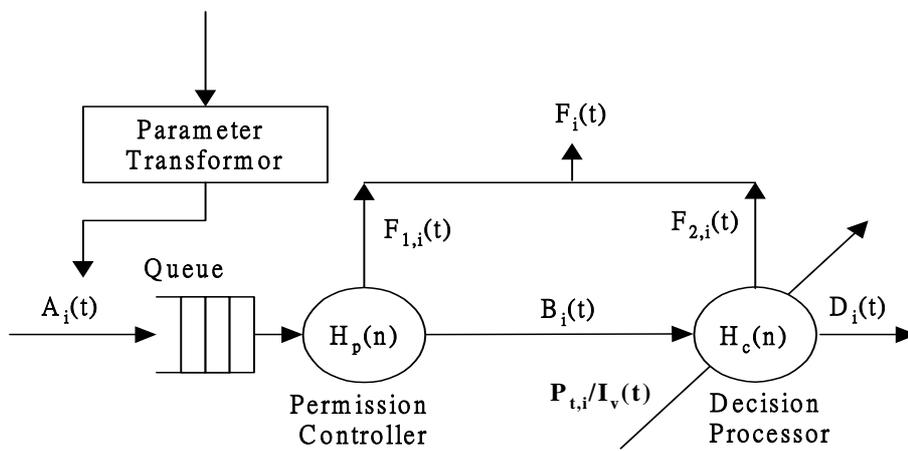


圖 4.14: RRI 分析模型

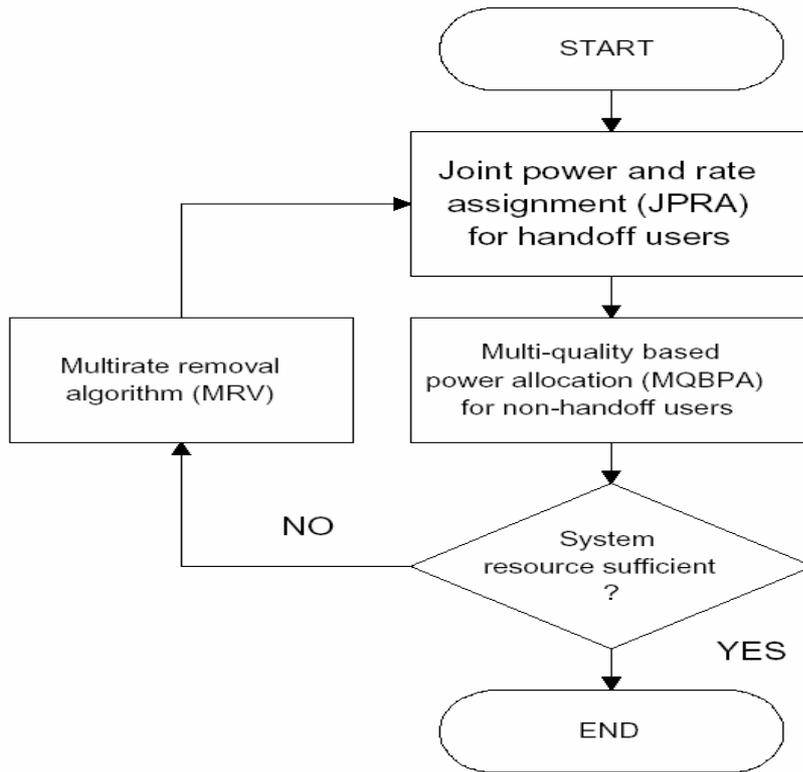


圖 4.15: JPRA 演算法之流程圖

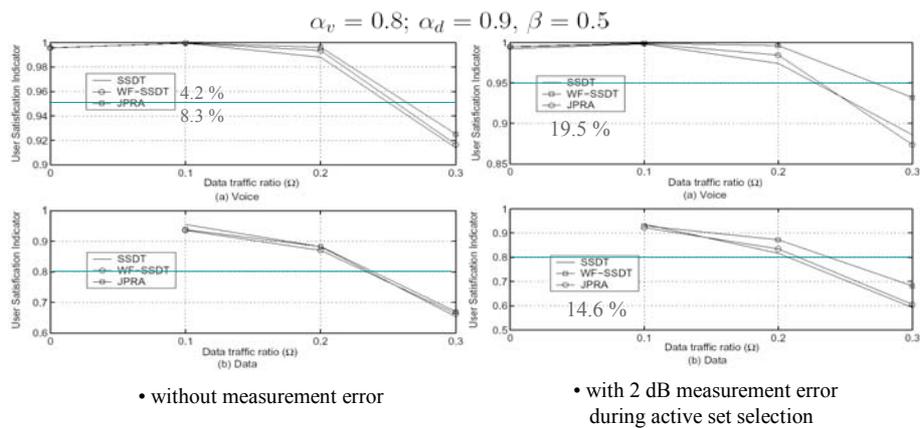


圖 4.16: USI 量測

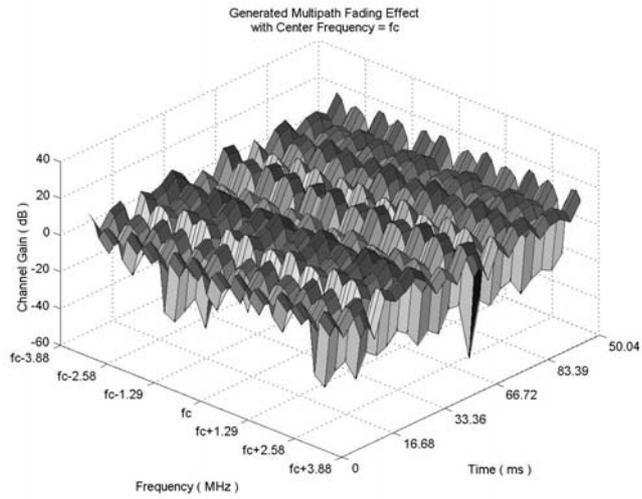


圖 4.17 多路徑衰落所造成通道增益在時域及頻域上之響應

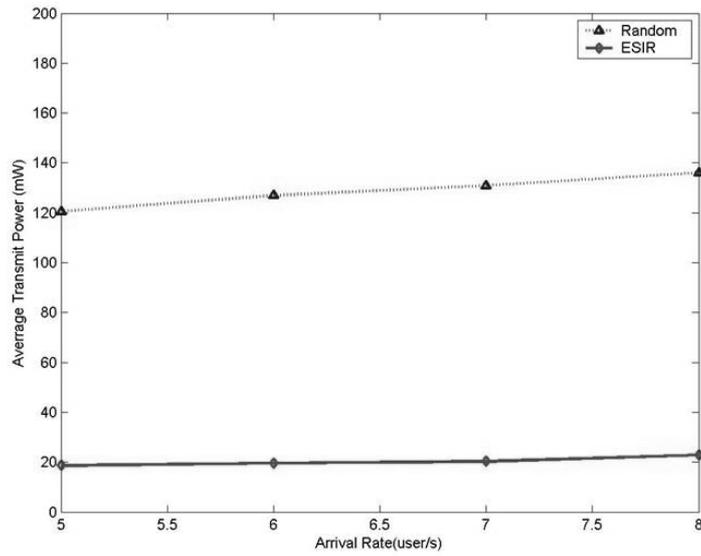


圖 4.18 系統使用者平均傳送訊號功率強度

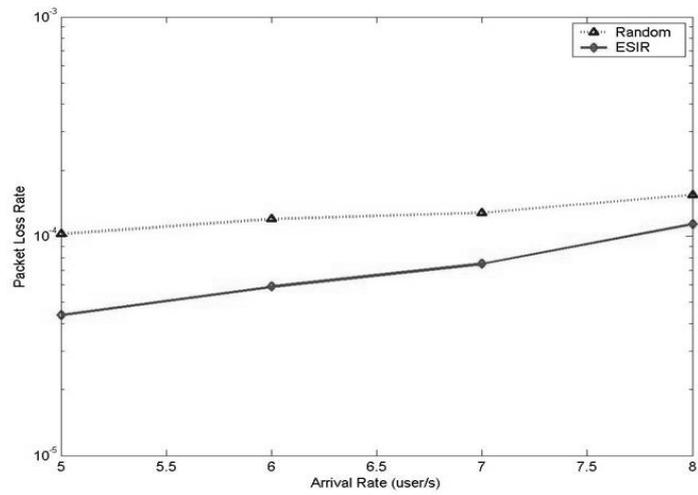


圖 4.19 系統使用者平均封包遺失率

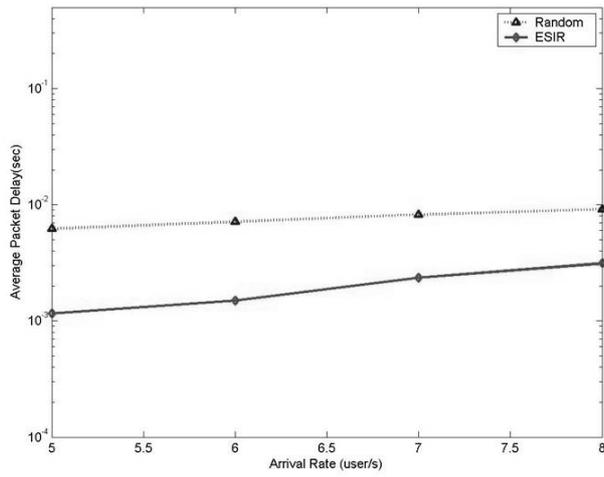


圖 4.20 基地台所能達成資料流量

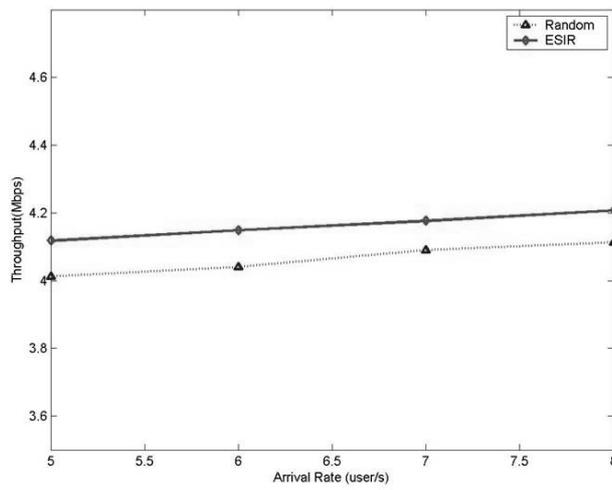


圖 4.21 封包延遲時間

5. 結論

本研究計劃之目的是：1)開發實用且具高變通性的資源管理模擬平台、2)發展新型具高效能之 B3G 無線資源管理技術。在總計劃部份主要目標在於建構完善的系統模擬環境，以提供各子計劃進行之良好基礎。在發展此系統模擬平台時，我們設法建構一個接近真實情況的模擬環境，並透過許多程式上的設計來達到此目標。除此之外，在研究過程中也發展出一套實現系統折疊效果的技術，並因此大幅提升了系統模擬平台的效率。並且在鍊路預算設計上，我們考量了許多設計參數，讓此一模擬平台更貼近實際傳輸環境。

此外，在系統模擬的邏輯上結合了事件驅動以及時間驅動的方式，在兼顧模擬效果可靠性的前提之下，儘可能節省所需消耗的運算資源，並提供了模擬事件在時間精確度上的彈性。此系統模擬平台有能力同時模擬使用不同服務型態的使用者，這對於多媒體服務環境下，各項無線資源管理研究進行時提供了更為可靠的模擬效果。

目前整個模擬平台之模擬程式是在 *Visual C++* 的軟體環境下撰寫完成。由於系統模擬平台的複雜度很高，故選擇支援物件導向(Object-Oriented)特性之程式語言做為撰寫的工具，雖然會因此損失部份的運算效率，但對於程式碼的管理與維護有非常大的幫助。

總結此系統模擬平台的特色如下：

- 建構出更接近真實之系統模擬環境
 - 特別是具有相關性之遮蔽衰落效應以及數據資料流量模型
- 整合多種無線資源管理演算法於同一平台之上
 - 允入/負載控制、功率控制與換手技術
- 可動態調整模擬程式中各事件之週期
 - 依研究所需調整模擬程式以滿足其要求

至於總計畫所涵蓋之四子計畫也有豐碩之研究成果，在第一年度研究中，共計產出 5 篇已發表之學術論文，另有 7 篇已投稿論文。本報告之第 4 章節錄了各子計畫的部分成果，子計畫成果也請參閱各子計畫之完整報告，於此將不做贅述。

總而言之，本模擬平台發展過程中所開發之系統模擬方式與模型，對於各子計劃研究在進行效能頻估與驗證時有提供了莫大很大的幫助。而相關技術在開發以不同多重接取技術為基礎的系統時，如：OFDM-based 4G 系統，亦可直接使用或僅需進行部份修改，大幅降低新模擬平台之開發時間。

6. 成果自評

本計畫主要研究成果為：B3G 模擬平台，以及新型具高效能之 B3G 無線資源管理技術，其中模擬平台為總計畫所負責，而無線資源管理技術則交由各項子計畫負責。本計畫是三年研究計畫之第一年，所以在計畫執行時，主要研究重點都致力於建立各項無線資源管理技術所需之基本學理基礎，以及共通模擬平台之建立。總體而言，本計畫執行方向按照計畫書之研究方針。在第二、三年度之計畫執行中，我們將在既有的模擬平台，和無線資源管理技術上，加入跨系統整合之無線網路架構（WCDMA/WLAN、階層式網路等），以及新型傳輸技術（如：智慧型天線等）的設計考量，開發 B3G 異質性多接取網路之無線資源管理技術。本計畫共有多篇已發表論文（[1-5]、[8-13]），而各項研究成果之自評敘述如下：

1. 模擬平台（總計畫）：本計畫已建立一共通模擬平台，並完成功率控制、換手技術及允入控制演算法等軟體模組，可供各子計畫在此一平台上驗證各項無線資源管理技術之效能。本模擬平台是利用 Visual C++ 電腦語言撰寫，並採用模組化設計概念，具有高擴充特性。

在計畫預定執行方向中，我們原先規劃採用 NS2 開放平台，惟 NS2 平台早先是為有線網路環境所開發之系統，添加無線應用模組時碰到了一些問題，主要是系統執行效率和行動管理方面的問題。NS2 是利用 Otcl 和 C++ 語言所組成，所以本模擬平台目前可當成是 NS2 平台下的一個 C++ 模組，並單線執行。但是，這樣並沒有完全利用到 NS2 開放平台的好處。

因此，我們在下一年度計畫執行中，將朝向與 NS2 平台整合的方向而努力。預計採取的策略是將 NS2 內含的程序排程器與本模擬平台之主程式結合，並將各無線資源管理技術相關之軟體模組分別改寫為符合 NS2 語法之軟體模組，如此可提高程式之執行效率。

2. 異質多接取網路之資源管理技術（子計畫一）：本子計畫著重於開發異質多接取網路之多項無線資源管理技術，研究方向按照預定進度，現在已完成之研究有下列五項：
 - 異質性網路之允諾呼叫控制
 - 異質性網路之頻寬需求配置
 - WLAN 之頻寬資源管理
 - 功率控制機制
 - 異質性網路之換手機制

本子計畫之研究成果豐碩，研究細節請參閱本總計畫報告之相關章節，以及子計畫之成果報告，於此將不再贅述。部分研究成果已發表於國際會議與國際期刊上([1]-[5])，其他尚未發表之研究成果正陸續整理。

本子計畫之下一年度發展，將以本年度之研究成果為基礎，朝向異質多接取網路之三個研究方向：

- 結合 WCDMA/WLAN 異質多接取網路之允諾控制
- 採用智慧型天線之階層式網路之軟性換手機制
- 具 situation-aware/location-aware 特性之動態封包排程機制

3. B3G OFDM 多重接取系統設計及無線資源管理（子計畫二）：本子研究計劃在第一年度成果已完成對於 OFDM/TDMA 與 OFDMA 系統模擬環境第一階段的設計與建立，並已開始發展系統運作所需之各項演算法。在系統模擬環境建立與設計過程中，藉由與總計劃充分地相互搭配，研究出各種系統環境模擬所需使用之理論與技術，並且驗證其正確性。此模擬技術的開發，為學術界或產業界進行提供了良好的理論基礎，以進行以 OFDM 技術為基礎之無線通訊系統研究與開發，具有高度的實用價值。為了進一步增進研究成果的實用性，系統模擬環境建立時，參考了國際間正同步發展相類似之無線寬頻通訊系統(IEEE 802.16a)所採用之設計考量，以力求系統設計之完備，並增加研究成果對於產業界之價值。

此外，本研究計劃第一年度的成果亦包括了對於系統運轉所需要之各功能進行理論上的研究，並提出一套完整的無線資源管理解決方案。此部份包括了允入控制演算法、功率指定演算法、封包排程演算法、功率控制演算法、子通道重新分配演算法以及換手技術演算法。此部份是目前在文獻中尚未提及，或是國際大廠尚未公開的研究成果，具有相當高的開發潛力與研究價值。惟本研究團隊希望針對各演算法進行更深入的研究，以期提出的解決方案在國際間能獲得更高的評價。故針對此部份進行更為深入的研究，是本研究計劃在未來一個年度中努力的方向。希望藉由更為優異的研究成果在國際間發表，為本研究計劃之成果贏得更大的肯定。

4. 異質多接取網路之行動管理（子計畫三）：本子計畫主要發覺 B3G 行動管理相關的議題及探討相關的技術，在計畫初期我們即鎖定兩個基本議題，我們先分別討論：

A. 室內位置追蹤 (Location Tracking and Positioning)：

預期目標：提出一架構以提昇室內定位精確度：

我們所探討的主題是室內定位(indoor geolocation)。由於室內隔間通常比較複雜，造成嚴重的 multipath 的問題，以致利用 angle of arrival (AOA)及 phase of arrival (POA)來達

成室內定位均不適當，因此國外相關研究便以 time of arrival (TOA) 或是無線電訊號的強度(RSS)來達成室內定位。以 TOA 來達成室內定位的有利用 Ultrasound (如 Active Bats)、Infrared (如 Cricket)、及 RF。以 RSS 來達成室內定位則以 Microsoft RADAR 為代表。我們初步的結果是提出一架構來整合 time of arrival (TOA)及訊號的強度(RSS)的法則。此法不同於傳統的位置追蹤(如 Kalman Filter)，原因在室內移動的特性通常是 quasi-stationary，傳統的位置追蹤技術並不適用。經由計畫所購置的 site planner 的模擬，在任何狀況(包括 direct line of sight (DLOS)不存在時)，我們的定位誤差可接近兩者的最小值。

學術價值: 目前已利用 data fusion 的技術著手進行分析的部分。並計畫將結果投稿至相關學術期刊發表。

B. 行動管理 (Mobility Management) :

預期目標: 討論異質接取網路行動管理相關的議題及提出解決辦法:

我們所探討的主題是以服務品質為主的位置管理的方法(QoS-based Mobility Management)，原因是受限於 IP 網路訊號(RSVP)在控制平面的速度，位置管理必須能在此限制之下配合及支援服務品質。我們所針對的架構是支援終點對終點服務品質的 IP 網路，銜接 3G UMTS 及 WLAN。基於此架構，以服務品質為主的位置管理即著眼於位於 customer premise 的閘門(gateway)，亦即著眼於 Internet Provider 的網路設備會影響網路的延展性(scalability)。於是我們提出了僅設置在閘門的機置來降低 RSVP 訊號在控制平面傳輸的長度，並命名為 Designated Crossover Point (DCP)。DCP 運作的原則為下:

導引 RSVP 訊號從距離 mobile 最近的閘門至 DCP。

在 DCP 上轉譯 RSVP 訊號使 Internet Provider 及遠端的網路設備能已原來的認定繼續保留網路的資源。

我們並利用 alternating renewal theory 討論將 DCP 移轉至距離 mobile 最近的閘門的最佳時機，也就是此時將 mobile 新的位置通知它的 home agent (HA)及 corresponding nodes (CN)。

學術價值: 有關 data plane 及 control plane 初步的結果國外會議已經分別接受，目前正著手更廣泛的分析，並計畫將結果投稿至相關學術期刊發表。

5. 無線封包網路之資源管理技術 (子計畫四) : 本子計劃的目標在研究無線電封包網路之資源管理技術。在這個範疇之中，我們目前著重於寬頻分碼多重存取(W-CDMA)中高速向下連結封包存取(HSDPA: High Speed Downlink Packet Access)網路的效能提

升。

我們比較了三種針對封包網路停滯問題(Stall Avoidance)處理方式的性能，並推導出與模擬結果相符的理論值。本計劃的結果顯示了停滯防止機制能夠有效的提升系統的頻寬資源使用效率。這些結果能夠提供網路協定制定者，極具參考價值的數據，特別是在重傳協定的設計上，更顯其重要性。

這方面部分的結果已刊登於國際會議如下：

Li-Chun Wang, Chih-Wen Chang, Han-Kuang Chang, Chih-Yang Hsieh, Sam Jiang
“Performance Comparison of Stall Avoidance Mechanisms for High Speed Downlink Packet Access in the WCDMA System,” The 14th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Sep. 2003.

7. 參考文獻

- [1] F. C. Ren, C. J. Chang and Y. S. Chen “A Q-learning-based multi-rate transmission control scheme for RRC in WCDMA systems”, IEEE *PIMRC* 2002.
- [2] S. Shen and C. J. Chang, “The Radio Resource Index for WCDMA Cellular Systems”, submitted to IEEE *Communication Letter*
- [3] C. Y. Shih, R. G. Cheng, and C. J. Chang, “Achieving Weighted Fairness for Wireless Multimedia Services”, to be appeared in IEEE *VTC 2003-Fall*.
- [4] C. H. Lee and C. J. Chang, “An accurate method for approximating the interference statistics for DS/CDMA cellular systems with power control over frequency selective fading channels”, submitted to IEEE *Transaction on Wireless Communication*
- [5] C. C. Chen, C. Y. Liao, and C. J. Chang, “ The enhanced soft handoff algorithm for multirate DS-CDMA cellular systems”, *CDMA International Conference 2002 (CIC 2002)*, Korea
- [6] IEEE802.16a/D3-2002, ”Draft Amendment to IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks –Part 16 : Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems Control Modifications and Additional Physical Layers Specifications for 2-11 GHz
- [7] Sallent, O.; Perez-Romero, J.; Casadevall, F.J.; Agusti, R.; “An Emulator Framework for a New Radio ‘Resource Management for QoS Guaranteed Services in W-CDMA systems,” IEEE *Journal on Selected Areas in Communication*, Vol.19, Issue 10 , Oct. 2001
- [8] Wei-Kuo Liao and Yi-Chung Chen, Fast Vertical Handover between UMTS and WLAN For QoS-Guaranteed Streams, submitted.
- [9] Yung-Wei Hwang and Wei-Kuo Liao, Boosting RADAR with TOA for Indoor Geolocation, in preparation.
- [10] Li-Chun Wang and Chih-Wen Chang, “Performance comparison of stall avoidance mechanism for high speed downlink packet access in the WCDMA system,” to appeared in IEEE *Personal Indoor Mobile and Radio Communications (PIMRC)*, Sep. 2003.
- [11] Anderson Chen, Li-Chun Wang, Y.T. Su, Y. X. Zheng, Bill Yang, David S.L. Wei , and K. Naik, “NICE - A Decentralized Medium Access Control Using Neighborhood Information Classification and Estimation for Multimedia Applications in Ad Hoc 802.11 Wireless LANs,” IEEE International Conference on Communications, pp. 208-212, May 2003. (submitted to IEEE *Trans. on Mobile Computing*)
- [12] Anderson Chen, Li-Chun Wang, Chung Wei Wang, and David S.L. Wei, “NICER – A Distributed Wireless MAC Protocol for Mobile Ad Hoc Networks,” to appeared in IEEE *VTC-Fall*, Oct. 2003.
- [13] Li-Chun Wang and Ming-Chi Chen, “Comparisons of Link Adaptation Based Scheduling Algorithms for the WCDMA System with High Speed Downlink Packet Access,” submitted to IEEE *Wireless Communications Magazine* and IEEE *WCNC* 2003.