

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 總計畫(2/2)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2219-E-009-010-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學電信工程學系(所)

計畫主持人：張仲儒

共同主持人：廖維國，沈文和，王蒞君

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 11 月 1 日

## 摘要

在過去兩年的計畫中，我們主要將研究重點放在 B3G 異質網路的研究與發展上，並且提出了主要的異質無線網路架構設計，其中整合了第 3 代行動通訊系統（WCDMA）、無線區域網路（WLAN）系統、以及寬頻無線存取（BWA）系統。我們在本計畫中研究的方項主要為 B3G 異質無線網路中的無線資源管理（RRM）技術與機制的設計，以期提供最佳網路效能和服務品質（QoS）保證。此外，我們也發展出一套開放式的模擬平台，提供更實際通訊環境與先進傳輸技術，例如分碼多重接取（CDMA）以及正交分頻多工 / 多重接取（OFDM/OFDMA）技術等模擬工具，用來驗證計畫中所提出之各項資源管理機制與演算法成效。基於前二年之研究成果，我們在今年度的研究重點為跨層（cross-layer）式的異質無線網路資源管理技術，目的在提供整合化且更準確的資源控制、監控、以及自我適應能力。此項跨層式的無線資源管理包括的研究議題有：資源配置、訊務排程、自動重傳機制、壅塞控制、動態細胞配置、以及進階的實體層傳輸技術研究。其中我們更利用的多項智慧型控制技術以及效能分析方法，獲得跨層設計考量下最佳的無線資源管理結果。另外，我們也展示了未來以 IP 為核心網路的 B3G 系統在跨層設計下的預置基地台切換機制，可更進一步減少服務中斷時間，同時滿足服務品質的要求。

關鍵字：B3G 異質網路，第 3 代行動通訊系統，WCDMA 無線區域網路（WLAN），寬頻無線存取（BWA），無線資源管理（RRM），服務品質（QoS），OFDM，OFDMA，跨層（cross-layer）式無線資源管理

## Abstract

In the past two years, we focused on the study and development of B3G heterogeneous networks. We have proposed a major architecture of the heterogeneous network, which integrates WCDMA (wideband code division multiple access) systems, WLAN (wireless local area network) systems, and BWA (broadband wireless access) system. Several technologies and mechanisms about the radio resource management (RRM) with quality-of-service (QoS) guarantee are also designed for heterogeneous networks. In additions, we also develop an open simulation platform with more realistic communication environment and advanced transmission technologies, such as OFDM (orthogonal frequency division multiplexing), OFDMA (orthogonal frequency division multiple access), and OFDM/CDMA. Basing on the previous results, we focus on the researches of cross-layer radio resource management to provide a more integrated and accurate system resource control, monitoring, and adaptation. The top-down cross-layer RRM in the B3G heterogeneous networks include the issues of resource allocation, traffic scheduling, HARQ mechanism, congestion control, dynamic cell configuration, and advanced transmission technologies. We apply both intelligent technologies and performance analysis to obtain the efficient RRM results with cross-layer considerations. We also show the effect about the cross-layer designs in the IP-based core network for B3G systems and propose a base station switching mechanism to reduce service disruption time while satisfying the QoS requirements.

Keywords: B3G heterogeneous networks, WCDMA, WLAN, BWA, RRM, QoS, OFDM, OFDMA, cross-layer, HARQ

# 目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
目錄	iii
圖形目錄	vi
第 1 章 導言	1
1.1 簡介	1
1.2 技術與方法	3
第 2 章 B3G 異質網路跨層無線資源管理機制	5
2.1 訊務資源配置	5
2.2 訊務排程機制	6
2.3 動態細胞覆蓋範圍配置	8
2.4 MAC-PHY cross-layer 跨層系統設計	9
第 3 章 B3G 中跨層效應之研究分析	11
3.1 IP-based 之 B3G 網路下遞移流程之跨階層效應	11
3.2 以 IP 網路為基礎之無線通訊系統	11
3.3 IP 網路中遞移流程對即時性服務之影響	14
3.3.1. 網路架構的改變	14
3.3.2. 硬體成本的限制	15
3.3.3. 服務中斷時間的要求	16
3.4 遞移流程中資料傳輸延遲效應之產生	17
第 4 章 年度計畫總結	23
參考文獻	25

# 圖形目錄

圖 1. 異質多接取整合系統 . . . . .	2
圖 2. 乏晰 Q-learning 式剩餘容量估測. . . . .	6
圖 3. CNNU-based 排程控制器 . . . . .	7
圖 4. 雙層式 CNN 處理架構 . . . . .	7
圖 5. 乏晰 Q-learning 式動態細胞重組機制 . . . . .	9
圖 6. IP network 支援異質性無線通訊技術 . . . . .	12
圖 7. IEEE802.16g 分散式網路架構 . . . . .	13
圖 8. 接取網路及核心網路架構圖 . . . . .	14
圖 9. 基頻晶片電路佈局示意圖 . . . . .	16
圖 10. IEEE 802.16e 系統中硬式遞移流程 . . . . .	17
圖 11. SIP reINVITE 示意圖 . . . . .	19
圖 12. Ranging Code 分配圖 . . . . .	20
圖 13. Ranging Process in IEEE 802.16e standard . . . . .	21

# 第1章

## 導言

---

### 簡介

通訊技術與系統的發展與人類資訊交換行為可說息息相關。在邁入全球資訊經濟化的同時，越來越多的人、事、物依賴各式各樣的資訊內容，而背後最主要的驅策動力即是通訊技術與設備的革新，以及資訊媒體設備的普及。特別是在無線行動通訊系統的發展方面，最理想的目標是設計高頻譜效率、在各種傳播環境皆能有效運作、功能全面的接取系統。使用者可隨時隨地依其所需的傳輸速率、品質與費率要求，迅速取得通訊資源並獲得資訊。然而，在現實世界裡，由於使用者在傳輸速率、服務品質都有各自不同的要求，並且在移動速率、傳輸功率與電波傳播環境上的限制，因此要設計全面性、高頻譜效率、適用於各種環境運作的接取系統，在可見的未來，技術上存在極高的難度。此外，有鑑於現有行動系統、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置的龐大投資，若要設計一全新系統以取代舊有的所有系統，更不切實際。

因此，現在和未來通訊技術發展的主要方向為無線行動通訊的整合。一套整合多層次與多通訊協定的異質無線多接取網路能依使用者的通訊時間、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、隨時隨地的寬頻無線多媒體網際網路服務。為了提供異質無線網路中多媒體服務服務選擇、多樣化傳輸速率、以及每種服務特定之服務品質要求（quality-of-service, QoS），系統必須有

能力準確估測整合性服務的資料量與訊務傳輸變化，避免影響系統整體之服務品質。因此，在本整合計畫中，我們一開始便規劃一套異質無線網路的行動通訊系

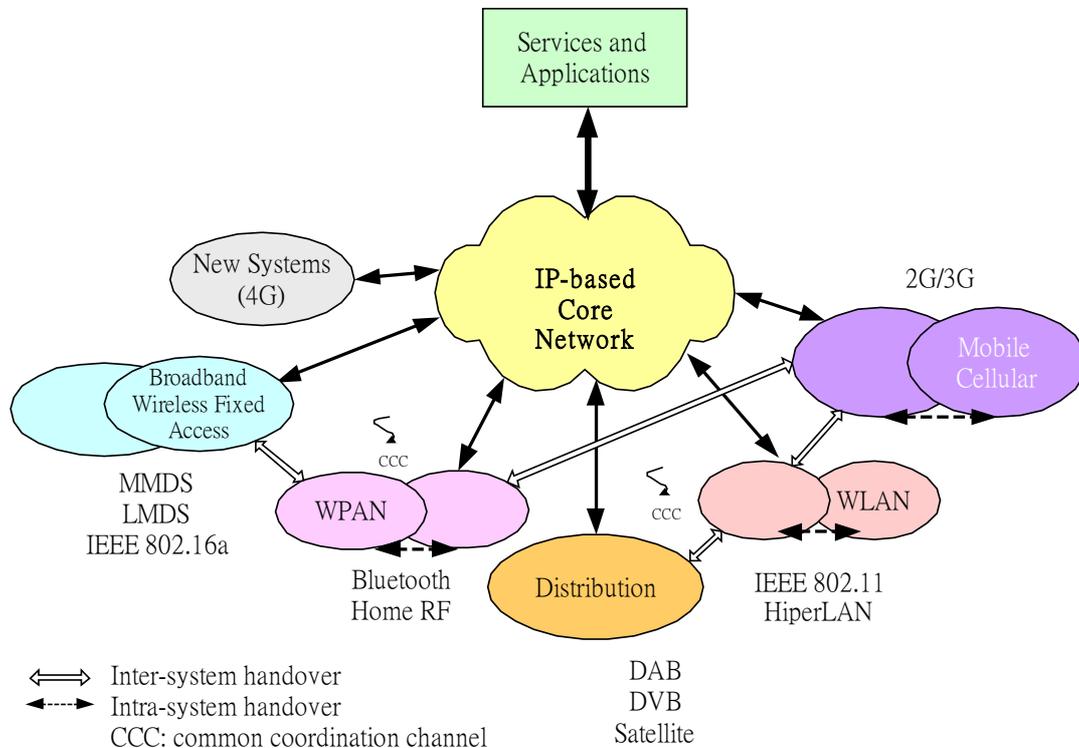


圖 1. 異質多接取整合系統

統架構，如圖 1 所示。在此架構中，個別最佳化的現有接取網路系統會透過接取整合機制的交互運作，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、有效無線資源管理 (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(core network)的连接介面。由於各個接取網路已為最佳化網路、具高頻譜效率及有效的無線資源整合管理，如此將能提供更具經濟效益的高品質通訊服務。

在此異質多接取網路架構中，設計網路協定使得各網路間能夠互連，整體無線資源能有效管理是一重要議題。另一方面，由於第三代系統之傳輸速率在設計上最高僅能達 2Mbps (在室外高移動率環境中或僅能提供 384Kbp)，對未來提供高

品質多媒體服務所需的高速率傳輸勢必不足。因此，如何設計一新型具更高頻譜使用效率，並藉由精確的跨層（cross-layer）無線資源管理技術，達到高效率的訊務傳遞，即為本計畫之目的。

## 技術與方法

在本計畫第二年的研究中，我們提出了異質接取網路架構所適用的先進傳輸技術架構、關鍵媒體接取控制（media access control，MAC）設計、模擬平台設計，這些包括有先進行動通訊系統之下鏈路（downlink）傳輸模擬、針對全新實體層（physical layer，PHY）架構設計模擬平台、並且開發出適用於 OFDM/CDMA Downlink 系統之模擬平台雛型；同時也在此平台上設計訊務控制（traffic control）、封包排程（packet scheduling）以及資源配置（resource allocation）等無線資源管理演算法，以提供一個兼具彈性與完整性之系統模擬與媒體控制環境。本年度計畫延續第二年研究成果，進一步整合模擬環境與無線資源管理與媒體控制技術，針對跨層無線資源管理（cross-layer RRM）的整合式設計與跨層效應分析等議題進行研究。本年度計劃的主要目標主要有：

- **發展跨層之 B3G 媒體控制與無線資源管理技術：**在無線行動通訊系統中，無線資源管理的目標為提昇系統容量、使用效率、準確監控資源使用狀況，並且維持服務品質保證。為實現跨層化媒體控制與無線資源管理目標，本計畫針對資源配置（resource allocation）、訊務排程（traffic scheduling）、動態細胞調整（dynamic cell configuration）、封包重傳機制（ARQ mechanism）、壅塞控制（congestion control）、以及先進實體傳輸技術等由上而下連貫性跨層關鍵議題進行研究。在各項研究項目中，我們採用智慧型技術（intelligent technology）與效能分析等方式，設計 BG 異質接取網路控制機制，並針對跨層控制的要求進行最佳化調整。
- **探討模擬平台上跨層資源管理之效應：**本計畫已於第二年度所建構一實用開放式模擬平台，可模擬實際通訊環境的各項因素，如多路徑衰減、相關性遮

蔽衰減、行動裝置移動、及流量模型等，同時配合使用 Site-Specific 電波傳播模型以增加真實性；另一方面也藉用半解析方法以減低模擬時間。本年度計畫則立基於此開放式平台，整合前述之跨層媒體控制與無線資源管理技術，並將實體技術進一步延伸至寬頻接取網路（broadband access network，BWA）系統，利用分碼多工（code division multiple access）與正交分頻多重接取（orthogonal frequency division multiple access，OFDMA）等先進傳輸技術來實現高頻譜效率、高傳輸速率之 B3G 行動通訊系統。此處所著重的是先進傳輸實體層技術與無線資源管理之間的跨層效應探討，並分析 B3G 朝真正寬頻網路發展時所獲得之效益。

本篇報告章節內容安排如下：第二章的內容在於介紹 B3G 異質網路跨層無線資源管理機制，主要針對媒體控制層中關鍵技術，以及跨層考量下無線資源管理的設計要點。第三章則針對 B3G 中跨層效應進行研究分析與探討。最後為本年度計畫研究之總結。

## 第2章

# B3G 異質網路跨層無線資源管理機制

---

在本年度的計畫中，B3G 異質網路跨層 RRM 機制設計主要鎖定訊務資源配置、訊務排程機制、動態細胞覆蓋範圍配置、以及 MAC-PHY cross-layer 跨層系統設計四項議題。除個別最佳化設計之外，此四項議題之整合正可符合由上層至下層的 RRM 跨層考量。以下將針對這些議題進行介紹。

### 訊務資源配置

為支援 B3G 異質網路中服務品質的要求，系統首先必須具備精確的無線訊務資源配置的機制，藉以有效提昇系統資源的使用效率。針對這項議題，我們探討在 WCDMA 系統中多速率（multi-rate）傳輸控制機制。利用傳輸速率控制而達到訊務資源配置目的的方法可進一步模型化成 Markov decision process，而我們將服務品質當成傳輸成本（cost）參數，並且應用 Q-learning 學習演算法 [1] 精確估算傳輸成本而設計 Q-learning 式多速率傳輸控制（Q-learning-based multi-rate transmission control）機制 [2]，達成系統使用效率提昇、服務品質保證之效果。

接著我們考慮多細胞 WCDMA 的環境，進一步將上述機制加以延伸，設計一套模糊 Q-learning 式剩餘容量估測器（fuzzy Q-learning-based residual capacity estimator），架構如圖 2-1 所示。此估測器可依據負載狀況，精確預估系統剩餘容量。它利用細胞內與細胞間干擾量作為模糊系統之語言變數（linguistic variables），同時採用感知式協調機制將多細胞環境簡化成單細胞環境，其估測剩餘容量結果將作為訊務資源配置之依據。

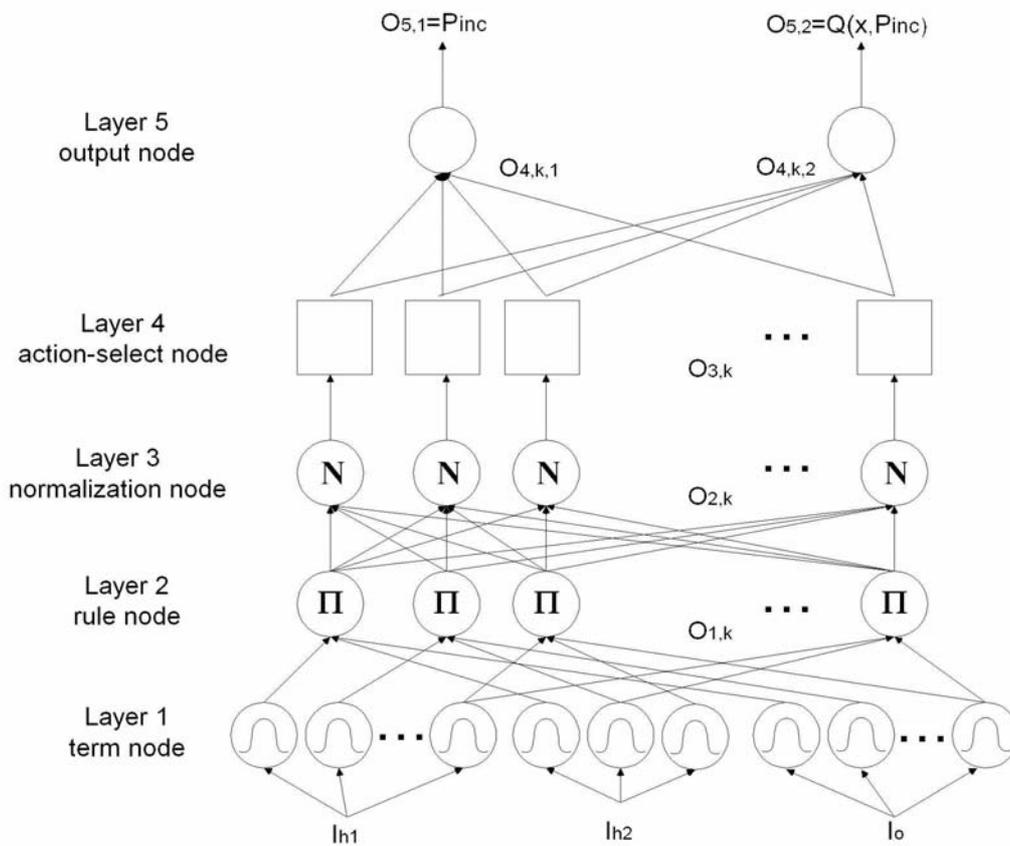


圖 2. 模糊 Q-learning 式剩餘容量估測器

## 訊務排程機制

如何善加利用系統既有容量是系統使用效率優劣的關鍵。在 B3G 異質網路中，我們應用了細胞式類神經網路（cellular neural network, CNN） [3]-[5] 與效用函數（utility function）智慧型技術，提出一套 cellular neural network utility

(CNNU)-based 排程控制器 [6]，如圖 3 所示，其中並包括了創新的雙層式 CNN 處理架構（見圖 4），使系統有能力提供更多樣化的訊務傳遞與服務品質保證。由於 CNN 技術可以快速進行最佳化運算，使得排程演算法能迅速準確地完成決策；而效用函數則綜合了無線資源使用效率、服務品質保證達成率、資源分配公平性，進行最佳的資源配置順序。

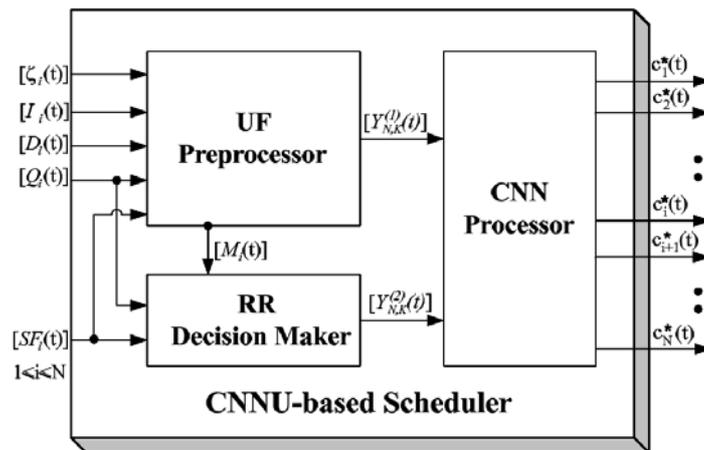


圖 4. CNNU-based 排程控制器

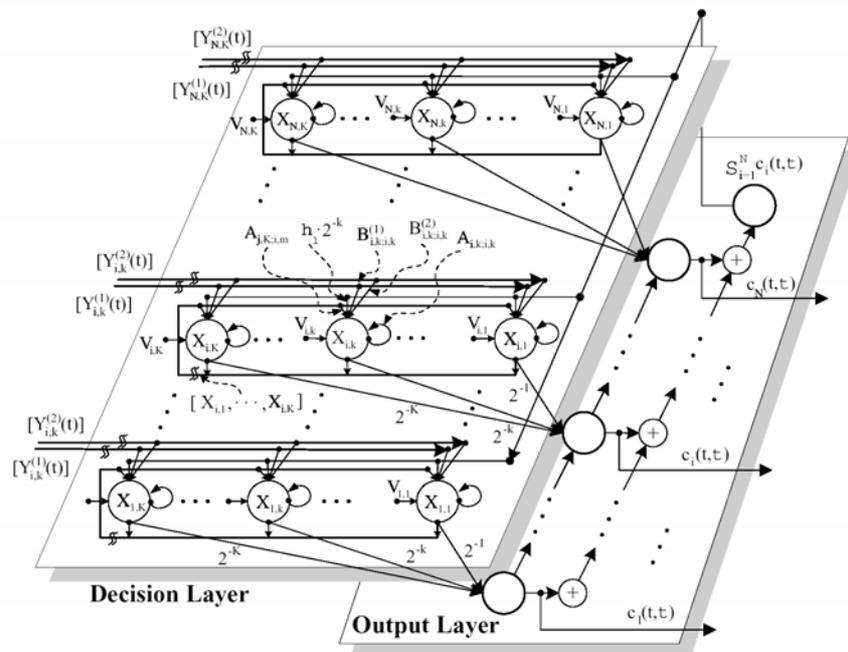


圖 3. 雙層式 CNN 處理架構

## 動態細胞覆蓋範圍配置

接著我們考慮具備多速率傳輸能力的 WCDMA 系統中動態細胞覆蓋範圍配置。由於在細胞邊緣活動的軟遞移 (soft-handoff) 使用者通常必須配置較多的功率資源，因此針對多速率軟性遞移之資源配置問題，我們已於前二年計畫成果中提出功率與速率配置法的最佳化機制 [7]。設計上，我們將此配置問題定義有限制條件的離散整數最佳化問題，並且提出一套結合功率與速率配置的機制。此機制包含了連線品質等比例式功率配置法，以及演進計算之速率配置法。此配置方式能夠有效簡化計算複雜度過高的問題，因此，在真實系統中是可實現的機制。我們利用具有多個巨細胞與微細胞的異質網路模擬模型來檢驗系統容量效能。相較於傳統的功率與速率配置法，此套結合功率與速率配置機制確實能夠有效降低遞移失敗率，達成較佳的細胞含概率，並且改善系統容量 [7]。

我們又進一步考慮到多媒體服務活動率與使用者隨機移動的特性，這類的訊務分佈通常具有高度的時變特性，因此未來 B3G 異質網路系統將必須能夠適應此高度時變訊務特性所造成的不均勻細胞負載，且能依據細胞負載狀態重新配置細胞覆蓋範圍，來動態地建構部分或整體異質網路，以容納多媒體服務所需的系統容量；然而，若僅藉由調整導向訊號 (pilot) 功率來改變細胞涵蓋範圍會有造成系統效能降低的問題 [8]。因此我們設計一新型動態細胞覆蓋範圍配置機制來解決此問題，該機制包括導向訊號功率配置、最大連線功率配置、軟性遞移及訊務允諾等跨層機制。我們首先將導向訊號功率配置模型化成 Markov decision process，並應用強化學習 (reinforcement-learning) 技術的乏晰 Q-learning 演算法，提出乏晰 Q-learning 式動態細胞重組機制 (如圖 5)，精確估算各個細胞的導向訊號功率準位，並配合連線功率預算 (power budget) 分析來動態調整無線頻譜資源管理參數。與固定細胞結構相比，此動態細胞重組機制可提供較高的系統容量與細胞覆蓋率，並且能在系統具有高度不均勻細胞負載狀態時，達成最佳的功率負載平衡和系統效能。

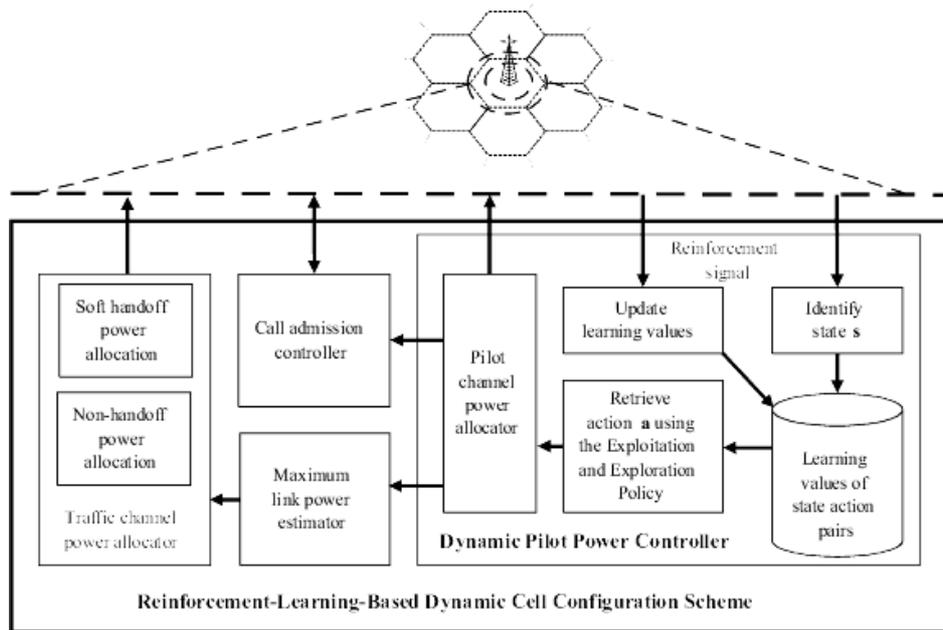


圖 5. 乏晰 Q-learning 式動態細胞重組機制

## MAC-PHY cross-layer 跨層系統設計

如何傳統上對於系統的分析與設計往往缺乏跨層級的考量，例如當我們考慮到媒體控制層的系統表現以及系統設計的問題時一般常將實體層做簡化與假設如所謂的雙狀態通道模型 (two-state channel model)，然後進行 MAC 層的系統表現評比與分析。如此的做法，可能會產生模型誤差 (modeling error)，如何避免這類的誤差則有賴跨層級的系統考慮，如同時考慮 MAC 層與實體層。本記畫主要在研究跨層級的系統設計與分析，我們針對了三個議題進行了跨越 MAC 與 PHY 層的研究，其中包含了 (1) 寬頻分碼多工中(wideband code division multiple access: WCDMA) 高速下行鏈路封包接取系統 (high speed downlink packet access: HSDPA) 的停滯解決 (stall avoidance) 方案性能分析；(2) WCDMA 中傳輸控制協定(transmission control protocol: TCP)的速率變換機制；(3) HSDPA 中的跨層級排程演算法。

第 1 部份，我們使用分析的方法比較了 WCDMA 中 HSDPA 的三種 stall avoidance 的方法：計時器基礎 (timer-based)、視窗基礎 (window-based)、以及

指示器基礎 (indicator-based) 的方法。為了達到比較的目的，我們首先定義了一個新的評量標準稱為間空處理時間。再者，我們針對了三種 stall avoidance 方法進行間空處理時間的效能分析，在此分析中我們考量了 PHY 層的封包錯誤率與 MAC 層的排程及多通道傳送並等待的混合自動重傳要求 (multi-channel SAW HARQ) 的通道數目。藉由公式分析及模擬結果，我們發現 indicator-based 的 stall avoidance 的表現優於 timer-based 以及 window-based 的方法。此外，我們所推得的分析公式也有助於決定在停止與等待的混合自動重傳要求機制中的平行傳輸通道的數量。同時，也可以利用此公式配合允許進入系統的用戶數。

第 2 部份，我們提出了一個明確速率變換警示(ERCN)機制以改善 WCDMA 系統的 TCP 表現。我們首先推導了 TCP 層的最大暫存器容量與 PHY 層之間的關係，並且我們得到了平均流量的表示法。再這個表示法中包含了幾個變數分別是，MAC 層暫存大小與暫時延誤及 PHY 層的通道容量。我們所推導的公式有助於隨機變換速率的無線電系統中 TCP 及 PHY 的跨層級系統設計。

第 3 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)排程法同時考量 PHY 層的傳輸通道環境與 MAC 層的暫存器中封包累積量，使系統能夠同時達到公平性，高流量以及低延遲的指標。

## 第3章

# B3G 中跨層效應之研究分析

---

### IP-based 之 B3G 網路下遞移流程之跨階層效應

當使用者在系統中切換所服務之基地台時，除了其無線訊號需要與新的基地台同步並獲得通道分配外，在網路端亦需將傳送給該使用者之資料串流引導至新的基地台以傳送給使用者。可知整個遞移流程牽涉到了跨階層間的互動，而如何將網路層在遞移流程中進行資料串流引導至不同基地台的過程中對資料傳輸所造成的中斷現在是本章所將探討的議題。藉由對遞移流程中網路層控制訊號交換流程的分析，遞移過程中網路層的效應最後將以資料傳輸延遲時間以呈現於模擬平台之中。

### 以 IP 網路為基礎之無線通訊系統

目前行動資料服務的趨勢朝向高速及多媒體行動網路服務，例如照相功能、多媒體訊息，網路遊戲、串流式影音...等；而且從無線區域網路到蜂巢式系統，多種異質性無線網路共存，為了直接快速的向網際網路抓取所需要的資料，並且提供一個共同性且全球性的解決方法，以 IP 為基礎之無線抓取網路逐漸成為主流。

過去各電信業者在 3G 系統中建置了功能強大的專屬核心網路 (core network)，以確保語音服務的品質與數據資料的傳送可透過單一網路支援，但目前電信公司和電話製造商熱中於把語音電話服務搬上網際網路，運用網路電話

(VoIP) 技術進行通話，以大幅降低成本，把所需系統簡化為單一的網際網路協定 (IP) 網路。單來說，以 IP 為基礎之核心網路有具有以下特點 [9]：

1. 其核心網路是採用 IP (Internet Protocol) 的技術
2. 一個共同的 IP 核心網路必須要支援各種異質性無線接取網路，如圖 6 所示。
3. 當使用者有移動性 (mobility)，必須要支援使用者在大範圍中各種聲音、資料、和多媒體等服務。
4. IP-based 之無線抓取系統可無縫式 (seamless) 的整合快速成長的行動資料和多媒體服務至網際網路，來達到全球性的漫遊。

以 IEEE 802.16 無線接取系統為例，其後端便是採用以 IP 為基礎的核心網路，配合使用 OFDMA 技術之無線接取網路。在 IEEE 802.16g-04/03r2 [10] 中，提出了

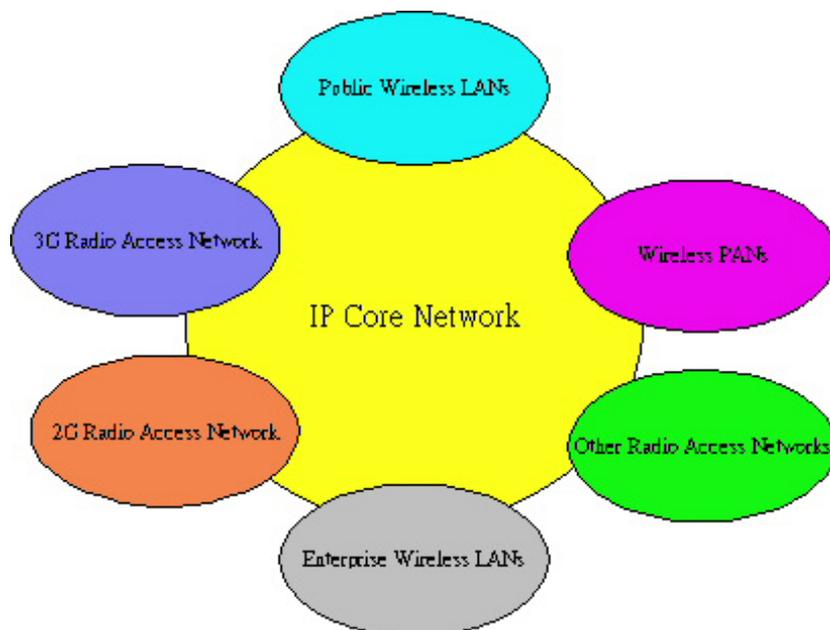


圖 6. IP network 支援異質性無線通訊技術 [9]

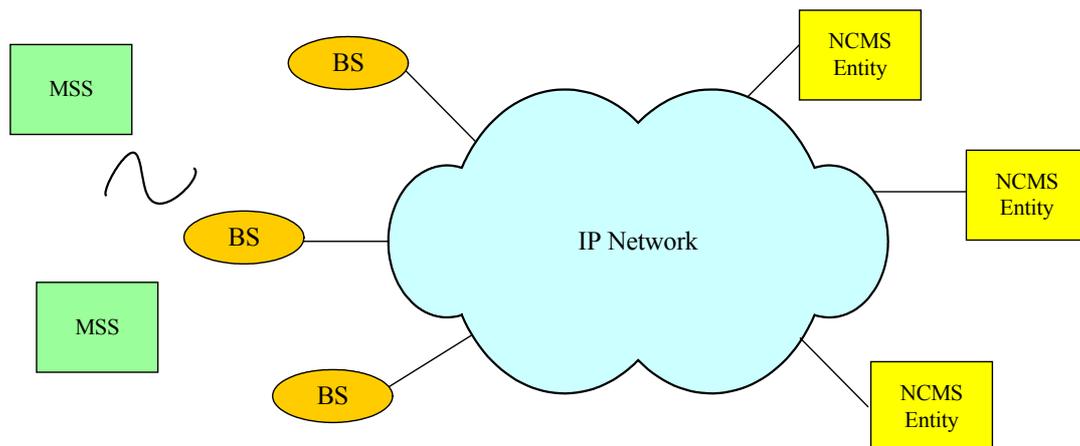


圖 7. IEEE802.16g 分散式網路架構 [10]

一些在以 IP 為基礎之架構下，IEEE 802.16 [11] 及 IEEE 802.16e [12] 中標準化介面的行為，以達到更有效率的安排網路資源、行動性及頻譜。其所提出的是一分散式 (distributed) 網路配置如圖 7 所示，每個基地台都是直接連接到 IP 網路，基地台本身可視為有閘道 (gateway) 及路由器 (router) 的功能。其中 NCMS (Network Control and Management System) 作為不同基地台之間的介面，基地台之間的協調都是經由 NCMS 來達成，但其控制的方法是分散式的。NCMS 並可負責網際網路中 IP 位址的安排，安全性的服務等功能。

由於使用者具有移動性，當使用者由一個基地台的涵蓋範圍移動到另一個基地台的涵蓋範圍時，就必須啟動遞移機置，將使用者的服務適時的切換到另一個基地台，一般來說，執行遞移的目的如下：

1. 當使用者跨越細胞邊緣時，必須執行遞移以滿足服務的連續性。
2. 維持服務品質 (QoS)。
3. 當使用者總是可以和對本身來說通道品質最好的基地台連線，可減少功率消耗或增加傳輸速率，降低對系統整體的干擾。
4. 支援使用者在不同異質性網路間的漫遊 (roaming)。
5. 將系統負載平均分散到不同基地台，以達到負載平衡 (load balancing) 之目的。

## IP 網路中遞移流程對即時性服務之影響

過去已有許多的文獻 [13]-[15] 在討論硬式遞移技術和軟式遞移技術的優缺點。軟式遞移技術能提供較好的通訊品質，減少干擾，並避免在硬式遞移技術中常見的乒乓效應（Ping-pong Effect），但其缺點為複雜度較高及需要消耗較多額外的資源。在 CDMA 系統中軟式遞移技術已被普遍採用，但在以 IP 為基礎的無線通訊系統中，硬式遞移技術可能較軟式遞移技術更容易實現，其原因可從三個方面來探討：

### 3.1.1. 網路架構的改變

如圖 8 左半邊所示，在 3G 系統中軟式遞移技術之所以能夠獲取很大的增益，是因為業者會架設專屬的核心網路 (core network)，而此核心網路由一個控制中心 (radio network controller, RNC) 所主宰，可負責其範圍內基地台的動作及資源的分配。從下鏈 (downlink) 的角度來看，此 RNC 會協調在 Active set 中各基地台傳送封包給 MS 的時間點，以維持同步，使得 MS 端不需要使用很大的緩充區 (buffer) 來等待不同時間點到達的封包收完才對這些封包作組合 (combining)；從上鏈 (uplink) 的角度來看，使用者傳給不同基地台的封包，可以預先在 RNC 作組合，而所得到的組合增益 (combining gain) 可減少錯誤率及使用者輸出功率，為軟式

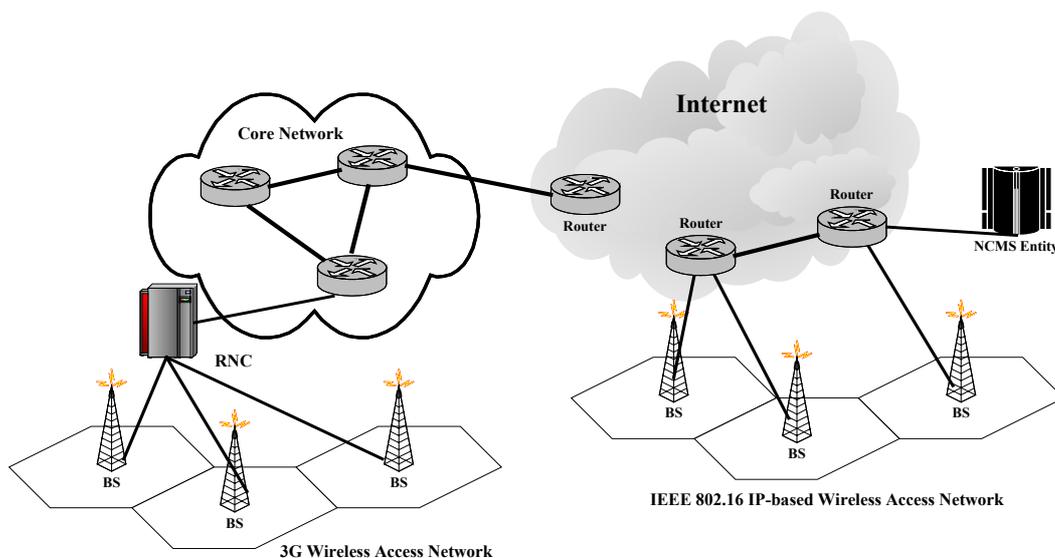


圖 8. 接入網路及核心網路架構圖

遞移技術最大的優點之一。由此可知，在實現軟式遞移技術的過程中，RNC 此種集中式(centralized)的控制機置占有舉足輕重的地位；但如圖 8 右半邊所示，我們發現以 IP 為基礎的系統中，業者直接和網際網路相連，雖然有 NCMS 這個機置，但此種分散式(distributed)的控制機置下，每個基地台的封包不必然會通過 NCMS。不再架設專屬的 RNC，雖然節省了成本，但卻使得軟式遞移技術在上鏈和下鏈時，缺少協調和控制的機制，若要在此架構下實現軟式遞移技術，不僅無法得到組合增益，在無線端又因為同時維持多條連線而造成無線資源的浪費。

### 3.1.2. 硬體成本的限制

在 CDMA 系統中，軟式遞移技術之所以容易實現，是因為其頻率重覆使用因子(reuse factor)為 1，因此能夠同時接收來自不同基地台的訊號而作處理，但在 OFDMA 架構下，每個子通道(sub-channel)都是由不同子載波(sub-carrier)所構成，使用者無法同時接收來自不同頻段的訊號。

圖 9 為接收機之晶片模組示意圖，其中和基頻(baseband)接收機相關的三個模組分別為 Synchronizer, FFT, Viterbi，若我們想要在此系統下實現軟式遞移技術，同時由多個基地台接收封包並解出來，就需要多套完整的基頻接收機模組；若是採用我們所提出的前置式基地台切換技術(Proactive Base Station Switching)，因為實際上一次只接收一個基地台的封包並作解調，所以只需要多套 Sync 的模組來解不同基地台的 preamble，和一套完整的基頻接收機模組來解資料封包。由於硬體成本和晶片面積是成比例的，由此可知，若採用前置式基地台切換將會使晶片面積和成本大幅下降。

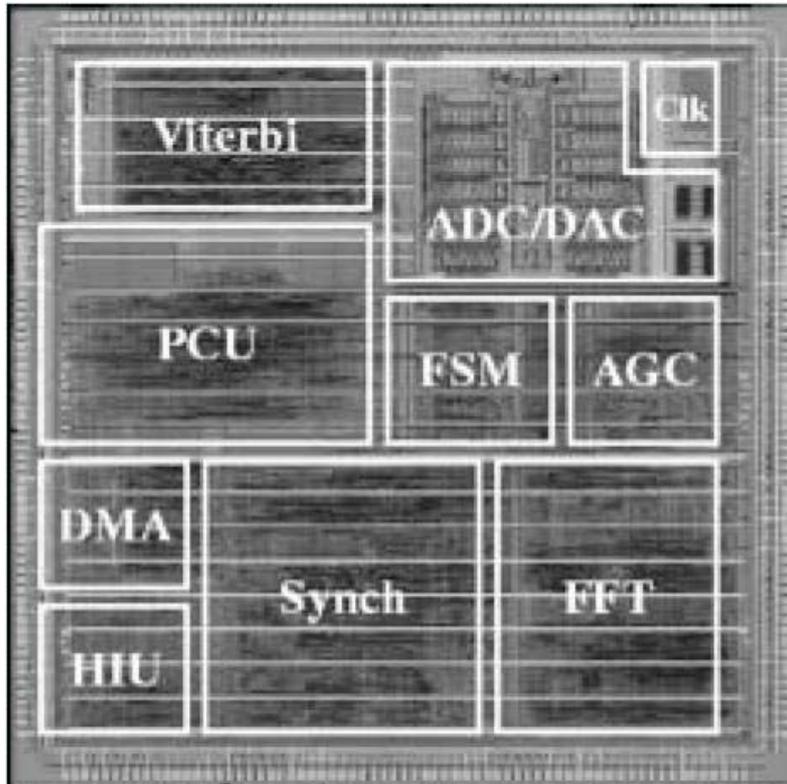


圖 9. 基頻晶片電路佈局示意圖

### 3.1.3. 服務中斷時間的要求

我們分別由網路層（network）和鏈結層（link）的觀點，來探討硬式遞移技術造成服務中斷的原因：

1. 網路層：沒有預先和其他基地台作任何的溝通，因此使用者的封包，只會傳給目前提供服務的一個基地台（Anchor Base Station.）。
2. 鏈結層：一次只和一個基地台建立連線，在遞移時，必須先和原來提供服務基地台斷線後，才能和另一個基地台開始建立新的連線。因重新建立連線，其時間延遲較久，容易讓使用者有不舒服的感覺。

## 遞移流程中資料傳輸延遲效應之產生

圖 10 為 IEEE 802.16e 規格書中標準硬式遞移訊號流程，其流程如下：

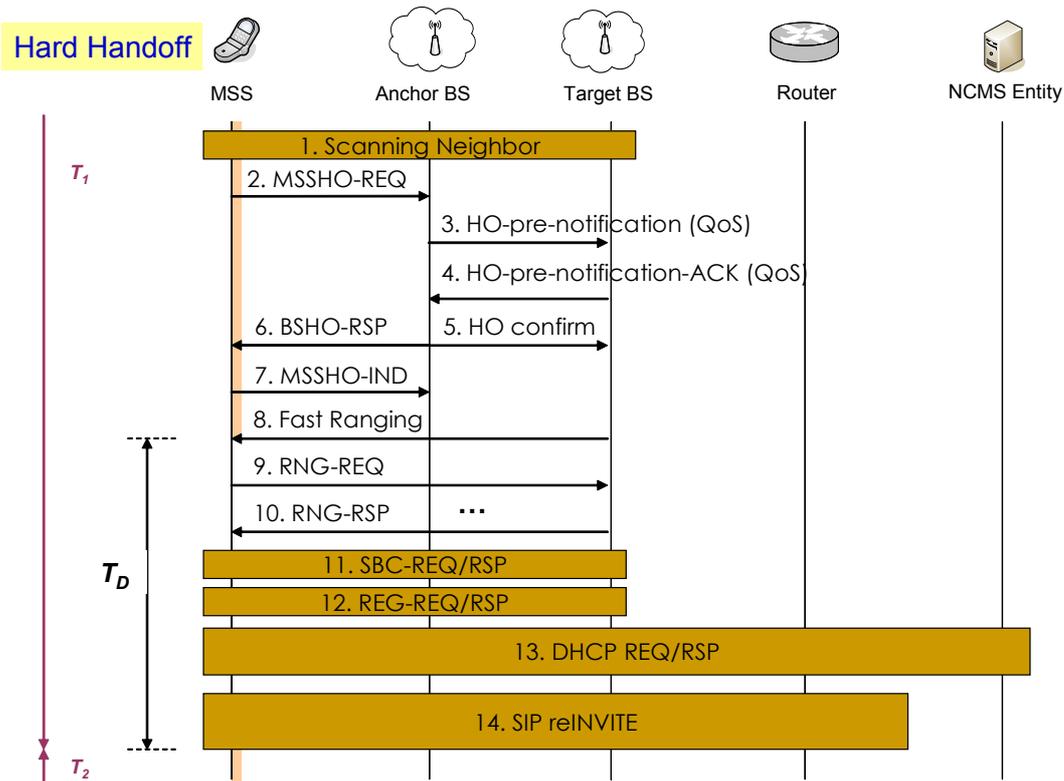


圖 10. IEEE 802.16e 系統中硬式遞移流程 [10]

1. MS 定期的去掃瞄鄰近的基地台。
2. 使用者對 Anchor BS 提出遞移的要求 (MSSHO-REQ)，並根據先前所量測到的訊號品質提出建議的遞移對象 (target BS)。
3. Anchor BS 會預先透過網路端和 target BS 作一些控制訊號及使用者資訊的交換 (HO-pre-notification)，以確保 target BS 有足夠的能力支援使用者的服務
4. Anchor BS 接到 target BS 的回覆 (HO-pre-notification-ACK)。

5. Anchor BS 通知此 target BS (HO confirm) 將成為 MS 遞移的對象，此時 target BS 可預先保留一個交換控制訊號的通道給此 MS。
6. 接著通知 MS (BSHO-RSP) 確定的 target BSID。
7. MS 透過 MSSHO-IND 來告訴 Anchor BS 是否接受遞移；若此訊息為接受，則 Anchor BS 切斷對 MS 的連線。
- 8.~10. MS 使用步驟 5 中 target BS 預留的 channel 作快速調距 (Fast Ranging) 的動作，目的為調整 MS 的上鏈功率強度 (UL power)、時間 (timing) 及頻率，直到 target BS 認為 MS 上鏈功率強度在可接受的範圍，並回傳一個 RNG-RSP 其狀態設為成功 (status=Success) 為止。後面將會介紹此部分的詳細流程。
- 11.~13. MS 和 target BS 完成進入網路 (network entry) 的動作，此部分包含了認證 (authorization)、註冊 (registration) 和建立 IP (DHCP) 的動作。
14. SIP reINVITE 完成後，MS 開始和新的 Anchor BS 作資料的傳送和接收。

其中 DHCP 及 SIP reINVITE 的動作主宰了 Network Layer Handoff 的時間，接下來我們將介紹 DHCP 及 SIP reINVITE 的動作流程。

1. DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)  
當 MS 只是暫時連接到網路，而不須要永久的 IP 位址時，就由 DHCP 的機置動態的分配一個 IP 位址給 MS。但在分配 IP 位址之前，會先透過一個 Duplicate Address Detection (DAD)來確認此 IP 位址沒有被其他 MS 所使用，NCMS 才透過 DHCP 把位址分配給 BS, 作為 MS 的 IP 位址。在 WLAN 的環境中 DAD 的動作約要花費 1500ms 的時間 [16]。
2. SIP (Session Initiation Protocol) reINVITE [17]  
目的是將資料封包從原本的 IP 位址重新導向到新的 IP 位址，如圖 11。

在 T1 時間點,遠端的 IP Phone 將 MS 的資料封包透過紅色的路徑導向 IP1 的位址, 在 T2 時間點, 當 MS 從 BS1 切換到 BS2, 先透過 DHCP 的機制拿到新的 IP 位址, MS 就會發出 SIP reINVITE 的要求給遠端的 IP Phone, 要求將資料封包導向

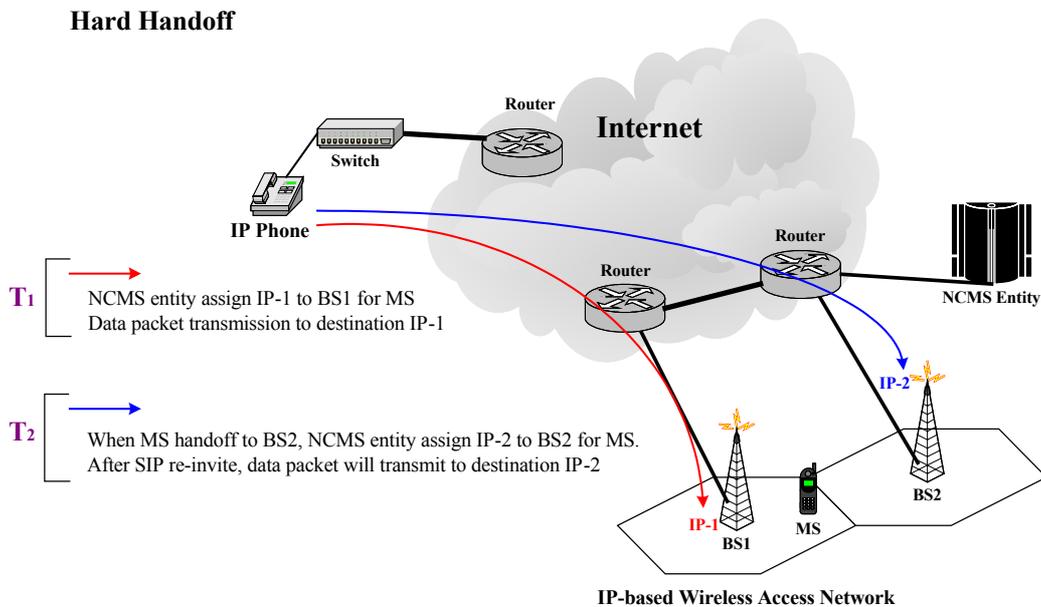


圖 11. SIP reINVITE 示意圖

IP2 的位址, 這時 MS 就必須等待 SIP reINVITE 完成, 才能由 IP2 取得資料封包。由於 SIP reINVITE 的動作需要橫跨整個網路才能完成, 其時間長短與 MS 和遠端 IP Phone 之間的距離有關, 其時間範圍約在 10ms~10s。

在圖 10 中, 8, 9, 10 這三個步驟, 屬於鏈路層的動作, 接下來也以 IEEE 802.16 標準中的流程作一個介紹。

在基地台切換過中, 鏈結層主要的動作為調距 (Ranging)。Ranging 主要在調整時脈 (timing)、頻率 (frequency)、功率 (power) 以維持 RF 端連線品質的一個過程, 使 MS 在上鏈時, 基地台接收的碼框彼此協調; 在下鏈時, 到達 MS 的符元 (symbol) 可以不超過 OFDM 符元的保護區間, 而維持正交性。當 MS 執行註冊 (重新註冊) 或抓取不到同步時, 就必執行 Ranging 的動作。

在 IEEE 802.16e [18] 系統中，OFDMA 模式下，會在上鏈的子碼框分配特定的通道讓 MS 作 ranging，ranging 可分為以下四種模式：

1. initial ranging
2. periodic ranging
3. bandwidth request
4. handoff ranging

並有一組 Pseudonoise Ranging Codes (0~255)，N 個作為 initial ranging codes，M 個作為 periodic ranging codes, L 個作為 bandwidth request codes，O 個作為 handoff ranging codes, 如圖 12 所示，讓 MS 根據目前想要執行的動作，而從不同的 group 中選出一個 code, 基地台接收到後，便能用 Code 來識別目前使用者想要執行何種動作。

N(initial ranging)	M(periodic ranging)	L(bandwidth request)	O(handoff ranging)
--------------------	---------------------	----------------------	--------------------

圖 12. Ranging Code 分配圖

圖 13 為 Initial Ranging 的流程示意圖。Ranging 的流程簡述如下：

1. 使用者收到基地台的 UL\_MAP，會找出其 ranging channel 所在的位置，並且和其他的使用者競爭 (contention) 作 ranging 的機會，等到搶到 ranging 的機會，就隨意選一個 ranging slot 和一個 ranging code 上傳給基地台。
2. 基地台根據接收到使用者的訊號來估測其功率和時脈需不需要調整及調整的幅度，其調整的幅度為固定的步階值，再利用 RNG-RSP 把調整的資料回傳給使用者。
3. 使用者接收到 RNG-RSP 來調整本身的功率和時脈。
4. 此流程會不斷的重覆，直到基地台量測到的使用者上傳的訊號品質符合本身的要求，便會在 RNG-RSP 中回覆一個 state=Success 的資訊，告訴使用者已調整成功，可以建立連線，開始傳送資料。

當使用者和基地台已建立好連線並有資料的交換，但由於使用者有移動性而造成訊號品質的變化，使用者必須周期性的和提供服務的基地台作 periodic ranging,

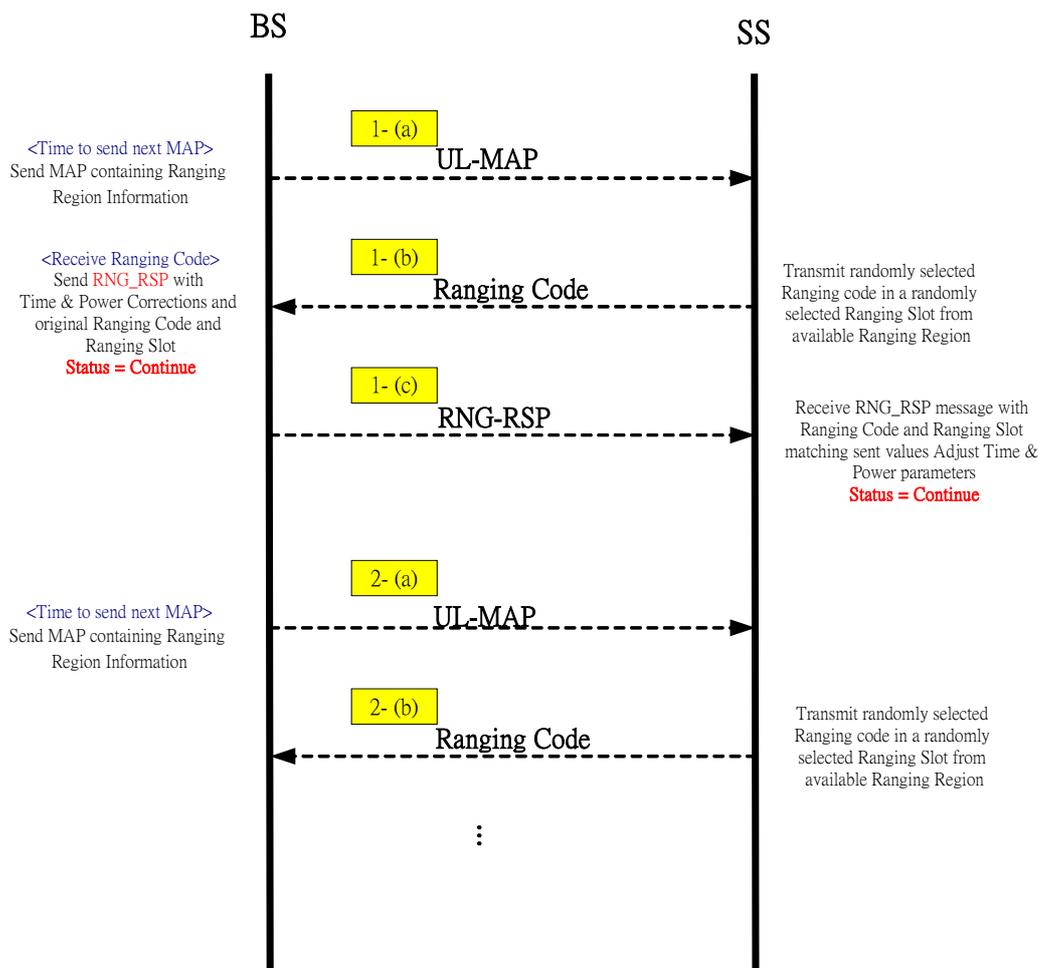


圖 13. Ranging Process in IEEE 802.16e standard

以維持連線品質，其流程和 Initial Ranging 的流程相似，只是不需和其他使用者重新競爭 ranging 的機會。

由上述可知，使用者在步驟 7 中斷和原來 Anchor BS 的連線後，有兩個造成服務中斷過久的原因：

1. 鏈路層: 使用者耗費在競爭 ranging 通道和利用固定步階來調整時脈和功率的時間，會造成鏈結切換時間過長而無法預估
2. 網路層: DHCP 和 SIP reINVITE 的動作，將使服務中斷的時間大幅提升而無法滿足即時性服務的要求。

然而藉由前述對於快速調距的設計可知其消耗時間大約不超過 50ms，可知網路層的控制訊號交換是整個遞移流程中造成資料傳輸延遲的主要原因，而其中最耗時的動作又是 DHCP 及 SIP reINVITE。跟據以上的分析，在估算遞移流程中網路層控制訊號交換對資料傳輸造成延遲的效應時，主要應以此兩個動作在 IP 網路下所耗的時間相加為主。藉由在模擬平台進行接取網路模擬時產生資料傳輸延遲的效果，便可在模擬遞移動作時產生跨階層的影響，進而對遞移技術的效能有更精確的評估。

## 第4章

# 年度計畫總結

---

本年度計畫為延續第一、二年 B3G 異質多接取網路研究架構下之跨層整合工作。因應未來行動通訊異質網路中多媒體服務的需求，我們連續提出了異質無線網路中媒體控制層之無線資源管理（radio resource management, RRM）、實體層之無線資源管理、以及跨層（cross-layer）研究成果。在媒體控制層的 RRM 方面，我們提出的多項控制機制，可有效提昇異質無線網路中系統使用效率、監控準確度、系統容量提昇、以及高效率功率配置。本年度計畫中所提出的具體研究子題有：

- Situation-Aware Data Access Manager Using Fuzzy Q-learning Technique for Multi-cell WCDMA Systems
- A Cellular Neural Network and Utility-based Scheduler for Multimedia CDMA Cellular Networks
- A Novel Dynamic Cell Configuration Scheme in Next-Generation Situation-Aware CDMA Networks
- Gap-Processing Time Analysis of Stall Avoidance Schemes for High Speed Downlink Packet Access with Parallel HARQ Mechanisms
- A TCP-Physical Cross-Layer Congestion Control Mechanism for the Multirate WCDMA system Using Explicit Rate Change Notification
- Comparisons of Link Adaptation Based Scheduling Algorithms for the WCDMA System with High Speed Downlink Packet Access

- Pro-active Base Station Switching Technology
- Media Access Control Signal Exchange Flow Design
- Pro-active Base Station Switching Initiation Algorithm

在這些研究子題中，我們利用的多種智慧型技術，例如 fuzzy Q-learning、reinforcement learning、cellular neural network 等技術，以及有效的系統分析、流程設計，再搭配準確的系統狀況估測與監控，以達成系統媒體控制層與實體層之跨層高效率資源配置的目的，並兼具服務品質（QoS）保證與最佳系統容量支援。此外，為了將系統遞移（handoff）過程中對接取網路的跨層效應反映至模擬平台之中，本計畫亦探討了在 IP（Internet Protocol）網路中執行遞移的流程，並估算其對資料傳遞所產生的延遲時間，進而將資料傳送延遲之效果產生於系統模擬平台之中。此效果的產生對於牽涉到跨階層遞移技術之研究有相當的助益，特別在於設計遞移啟動機制之演算法時可更正確的模擬出遞移流程的改善對於資料傳輸中斷的影響，並進而量化出對服務品質的改進。這尤其對於即時性的服務格外重要，原因在於其對於資料傳輸中斷的容忍度很低，藉由在模擬平台中整合進網路端對資料傳送延遲的效果，可使透過模擬平台所驗證之遞移技術效能更為可靠且具有說服力。

## 參考文獻

- [1] C. J. C. H. Watkins and P. Dayan, "Q-learning," *Machine Learning*, vol. 8, pp. 279-292, 1992.
- [2] Y. S. Chen, C. J. Chang, and F. C. Ren, "A Q-learning-based multi-rate transmission control scheme for RRM in multimedia WCDMA systems," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 53, no. 1, pp 38-48, Jan. 2004.
- [3] L. O. Chua and L. Yang, "Cellular neural networks: Theory," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 35, pp. 1257-1272, Oct. 1988.
- [4] J. A. Nossek, "Design and learning with cellular neural networks," *IEEE Proc. CNNA-1994*, Rome, pp. 137-146, Dec. 1994.
- [5] "On solving constrained optimization problems with neural networks: a penalty method approach," *IEEE Trans. Neural Net.*, vol. 4, no. 6, pp. 931-940, Nov. 1993.
- [6] S. Shen and C. J. Chang, "A Cellular Neural Network and Utility-based Scheduler for Multimedia CDMA Cellular Networks," *IEEE WirelessCom 2005*, Hawaii, USA.
- [7] C. Y. Liao, C. J. Chang, L. C. Wang, and Y. S. Chen, "A Joint Power and Rate Assignment Algorithm for Multirate Soft Handoffs in WCDMA Heterogeneous Cellular Systems," in preparation for *IEEE Trans. On Veh. Technol.*
- [8] R. G. Akl, M. V. Hegde, M. Naraghi-Pour, and P. S. Min, "Multicell CDMA network design," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 50, no. 3, pp. 711-722, May 2001.
- [9] <http://www.cs.nthu.edu.tw/~jcchen/book.html>
- [10] 802.16g-04/03r2, "Draft Amendment to IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment to IEEE Standard for Local and metropolitan area networks-Management Plane Procedures and Services", April 2005
- [11] 802.16-2004, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System."
- [12] IEEE P802.16e/D9, "Draft IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands", June 2005
- [13] Y. Chen, "Soft Handoff Issues in Radio Resource Management for 3G WCDMA Networks", Dissertation of Doctor of Philosophy, Department of Electronic Engineering Queen Mary, University of London, September 2003.
- [14] T. B. Zahariadis, K. G. Vaxevanakis, C. P. Tsantilas, N. A. Zervos and N. A. Nikolaou, "Global Roaming in Next-Generation Networks", *IEEE Communications Magazine*, pp.145-151, Vol.40, Issue: 2, February 2002.
- [15] Duo Zhang; Guo Wei; Jinkang Zhu, "Performance of hard and soft handoff for CDMA system", *Vehicular Technology Conference, 2002. Proceedings. VTC 2002-Fall. 2002 IEEE 56th*, pp. 1143 – 1147, Vol.2, 24-28 Sept. 2002
- [16] N. Nakajima et al., "Handoff Delay Analysis and Measurement for SIP Based Mobility in IPv6", *IEEE ICC*, pp.1085-1089, Vol. 2, May 2003.

- [17] Dutta, A.; Madhani, S.; Chen, W.; Altintas, O.; Schulzrinne, H., “Fast-handoff schemes for application layer mobility management”, *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, 2004. PIMRC 2004. 15th IEEE International Symposium on, pp.1527 – 1532, Vol.3, Sept. 2004
- [18] IEEE P802.16e/D9, “Draft IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands”, June 2005