

國立交通大學

資訊管理研究所

博士論文



家庭網路的相關議題與解決方案

Issues and Solutions of the Home Automation Network

研究生：陳宇佐

指導教授：羅濟群 教授

中華民國九十三年六月

家庭網路的相關議題與解決方案

Issues and Solutions of the Home Automation Network

研究生：陳宇佐

Student : Yu-Tso Chen

指導教授：羅濟群

Advisor : Chi-Chun Lo

國立交通大學

資訊管理研究所

博士論文

A Thesis

Submitted to Institute of Information Management  
College of Management  
National Chiao Tung University  
in partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Ph.D. of Business Administration  
in  
Information Management

June 2004

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十三年六月

# 家庭網路的相關議題與解決方案

學生：陳宇佐

指導教授：羅濟群

國立交通大學資訊管理研究所博士班

## 摘 要

人類社會是一個動態變化的大環境，近幾年來由於資訊科技與網路技術的高度發展與應用，使得產業活動與人類生活因而產生相當大的變化。面對網路家庭化的變革趨勢，家庭網路（Home Automation Network, HAN）已被視為網際網路的延伸，成為未來相當重要的資訊應用平台。許多號稱與家庭網路相關的標準及技術不但已被陸續提出，而且也已經在產官學界被熱烈地討論著。然而，截至目前為止，家庭網路的定義及協定架構，無論在學術領域或產業發展上，遲遲無法達到認知及實作上的一致。

本論文以家庭網路架構為研究核心，以家庭網路的相關議題為探討細項，內容除了描述近幾年來家庭網路在學術界與產業界的發展現況外，並根據現況與發展趨勢的剖析，提出一套以 TCP/IP 為基礎，適合資訊家電進行合理運作的分散式家庭網路架構。本文所提出的家庭網路架構，由 Residential Gateway、Room Manager 及 Managed Information Appliance 組成，在此架構下，進一步探討與家庭網路密切相關的議題，包括：遠端操作與管理、網路位址轉換與服務品質保證。

在遠端操作與管理部分，透過簡單網路管理協定（Simple Network Management Protocol）及代理人（Agent）技術的搭配，家庭網路能提供穩固的遠端操作與管理功能；在網路位址轉換部分，本論文提出一套針對家庭網路特性，修改自 Realm Specific IP 的機制—Realm Specific IP for HAN (RSIP<sup>H</sup>)，RSIP<sup>H</sup> 能在兼顧安全通訊的需求下完成網路位址轉換；在服務品質保證部分，本論文提出一套根據家庭網路中資訊家電使用之行為特性為依據的封包分類方法（Behavior-oriented Service Classification, BSC），並提出一套適用在家庭網路的緩衝區管理機制（Class-based queuing Priority Buffer Management for HAN, CPBM<sup>H</sup>），透過 BSC 及 CPBM<sup>H</sup> 的搭配，家庭網路能針對資訊家電操作特性提供合宜的服務品質保證。

關鍵字：家庭網路、遠端操作與管理、網路位址轉換、服務品質保證

# Issues and Solutions of the Home Automation Network

Student : Yu-Tso Chen

Advisor : Dr. Chi-Chun Lo

Institute of Information Management  
National Chiao Tung University

## ABSTRACT

The home automation network (HAN) has become an important research topic for the past few years. Standards and technologies of HAN have been proposed and frequently discussed in both academic and industrial circles. In this thesis, a distributed home automation network architecture is proposed. This architecture consists of three components : residential gateway, room manager, and managed information appliance. Issues and solutions based on this HAN architecture, including remote operation and management, network address translation (NAT), and quality of service (QoS), are discussed.

To remotely operate and manage an information appliance on HAN, intelligent agents are used to carry out operation and management functions. As to the management aspect of HAN, the simple network management protocol of the Internet is adopted. As for NAT on HAN, a modified version of Realm Specific IP, called Realm Specific IP for HAN (RSIP<sup>H</sup>) is proposed. As for QoS, we propose a behavior-oriented service classification for IA and suggest a novel buffer management scheme, called the class-based queuing priority buffer management for HAN (CPBM<sup>H</sup>), to enforce QoS on HAN.

Keywords : HAN , Remote Operation and Management , NAT , QoS

## 誌 謝

資管博士的養成是一項全面而漫長的過程，過程中所經歷的各種歷練，除了自身的堅持外，更需要他人的從旁協助、指導與鼓勵。

愛妻佩雲與愛女昱婷是我精神層面上最大的支柱，也是取自心靈最大的力量來源。

淑惠、美玉、志坤、之寅、耕億…等好友是豐富我博士班生涯的最佳伙伴，除了知識的成長，更讓我獲致許多難忘的生活經驗與樂趣。

指導教授羅老師所賦予我的不只是博士資格的培訓，更重要的是兩項讓我終身受用的態度：待人謙卑及處事積極。或許我並不是最優秀的博士，也不會是最優秀的博士，但今日的簡單成就，絕非一人之力可得，我堅信取之社會即應回饋社會，盡一己之力謀眾人之利。

對於資管博士的學位取得，我心懷感激，感謝家人、朋友及所有指導我的人師。謝謝！



# 目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
壹、前言.....	1
貳、家庭網路的發展現況.....	4
2.1 家庭網路的相關標準.....	4
2.1.1 架構完整的家庭網路標準.....	4
2.1.2 偏向 OSI 底層的家庭網路標準.....	5
2.2 家庭網路的研究文獻.....	6
2.3 家庭網路概念性架構.....	7
2.4 家庭網路的運作設備：資訊家電.....	8
參、以 TCP/IP 為基礎的家庭網路架構.....	11
3.1 家庭網路研究議題.....	13
肆、分散式遠端操作與管理.....	15
4.1 分散式操作與管理運作典範.....	15
4.1.1 遠端操作.....	15
4.1.2 遠端管理.....	16
4.2 分散式家庭網路架構.....	17
4.2.1 Residential Gateway.....	18
4.2.2 Room Manager.....	20
4.2.3 Managed Information Appliance.....	21
4.2.4 分散式家庭網路架構特性.....	21
4.3 分散式遠端操作案例.....	22
4.4 小結.....	23
伍、家庭網路的網路位址轉換機制.....	25
5.1 Realm Specific IP.....	25
5.2 RSIP 混亂現象.....	26
5.3 RSIP <sup>H</sup> .....	28
5.3.1 RSIP <sup>H</sup> 協定.....	28
5.3.2 RSIP <sup>H</sup> 參數設定.....	30
5.4 RSIP <sup>H</sup> 混亂現象的解決方案.....	32
5.5 RSIP <sup>H</sup> 模擬系統實作.....	35

5.5.1 以 XML 技術為基礎的模擬系統.....	35
5.5.1.1 XML Schema 設計 .....	35
5.5.2 RSIP <sup>H</sup> 的運作案例.....	39
5.5.2.1 Device Installation and De-installation.....	39
5.5.2.2 A remote operation outside John's home .....	39
5.5.2.3 Fire alarm inside John's home.....	39
5.5.3 模擬分析.....	40
5.5.3.1 效能評比指標.....	41
5.5.3.2 模擬結果與分析.....	41
5.6 小結.....	44
陸、家庭網路的網路服務品質保證.....	45
6.1 Internet 服務品質爭議.....	45
6.1.1 缺乏效能保證.....	45
6.1.2 未落實服務差異化.....	45
6.2 Internet 服務品質保證.....	46
6.2.1 資源分配模型.....	46
6.2.1.1 Integrated Service.....	46
6.2.1.2 Differentiated Service .....	47
6.2.2 效能最佳化.....	48
6.3 家庭網路之網路服務品質架構.....	48
6.4 行為導向的服務分類 (BSC).....	51
6.5 緩衝區管理機制.....	53
6.5.1 Tail-Drop.....	54
6.5.2 CPBM.....	55
6.5.3 CPBM <sup>H</sup> .....	56
6.6 實作模擬與結果分析.....	59
6.6.1 模擬系統架構.....	59
6.6.2 參數使用與設定.....	60
6.6.3 效能指標.....	61
6.6.4 模擬結果.....	61
6.7 BSC 搭配 CPBM <sup>H</sup> 之施行.....	64
6.8 小結.....	65
柒、結論與未來展望.....	66
參考文獻.....	68
附錄一.....	73

## 表 目 錄

表 5-1	RG 的 XML Schema .....	37
表 5-2	RM 的 XML Schema.....	38
表 5-3	MIA 的 XML Schema .....	38
表 5-4	RSIP <sup>H</sup> 參數的 XML Schema.....	38
表 5-5	RSIP <sup>H</sup> 與 RSIP 的模擬執行時間比較表 (link load vs. 連線需求數) .....	43
表 6-1	功能分類下之 IA 及其應用範例列表 .....	52
表 6-2	以行為特性為參考依據的服務分類表 .....	53
表 6-3	緩衝區管理機制模擬實驗的封包大小設定規則表 .....	60
附表 1	IP Header (20 bytes).....	73
附表 2	UDP Header (8 bytes) .....	73
附表 3	TCP Header (20 bytes).....	73
附表 4	ICMP messages encapsulated within an IP datagram .....	74
附表 5	ICMP message types .....	74
附表 6	ICMP message (type=17,18)(12 bytes).....	74
附表 7	ICMP message (type=13,14)(20 bytes).....	74
附表 8	ICMP message (type=12)(8 bytes).....	75
附表 9	ICMP message (type=11)(8 bytes).....	75
附表 10	ICMP message (type=5)(8 bytes).....	75
附表 11	ICMP message (type=4)(8 bytes).....	75
附表 12	ICMP message (type=3)(8 bytes).....	75
附表 13	ICMP message (type=0,8)(8 bytes).....	75

## 圖 目 錄

圖 2-1	CEBus 網路架構圖 .....	5
圖 2-2	家庭網路及資訊家電的概念性架構圖 .....	7
圖 3-1	以 TCP/IP 為基礎的家庭網路架構圖 .....	13
圖 4-1	分散式遠端操作與管理架構圖 .....	18
圖 4-2	Residential Gateway 的功能模組示意圖 .....	20
圖 4-3	Room Manager 的功能模組示意圖 .....	21
圖 5-1	RSIP <sup>H</sup> 訊息交換示意圖 .....	30
圖 5-2	RSIP <sup>H</sup> 的運作案例示意圖 .....	40
圖 5-3	link load=0.1 之埠號產生次數比較圖 (使用 port realm vs. 隨機產生) ...	42
圖 5-4	link load=0.3 之埠號產生次數比較圖 (使用 port realm vs. 隨機產生) ...	42
圖 5-5	link load=0.5 之埠號產生次數比較圖 (使用 port realm vs. 隨機產生) ...	43
圖 6-1	家庭網路之網路服務品質架構圖 .....	50
圖 6-2	CPBM 運作流程圖 .....	56
圖 6-3	CPBM <sup>H</sup> 運作流程圖 .....	58
圖 6-4	模擬系統架構圖 .....	59
圖 6-5	CPBM <sup>H</sup> 與 CPBM 在不同 link load 的 Priority1 Replacement Rate 比較圖 .	62
圖 6-6	CPBM <sup>H</sup> 、CPBM 與 Tail-Drop 在不同 link load 的 Priority1 Lost Rate 比較圖 .....	63
圖 6-7	CPBM <sup>H</sup> 、CPBM 與 Tail-Drop 在不同 link load 的 Total Lost Rate 比較圖 .	63
圖 6-8	HAN QoS 網路環境想像圖 .....	64

## 壹、前言

人類社會是一個動態變化的大環境，而科技是帶領人類社會進步的主要動力之一，以近幾年來的科技發展情勢來說，資訊設備的使用日新月異，網路延伸的範圍幾乎無遠弗屆，尤其是網際網路（Internet）的普及，可謂觸發科技快速成長的最大功臣。由於資訊科技與網路技術的高度發展與應用，使得產業活動與人類生活因而產生相當大的變化。以資訊設備的發展角度來看，著重在運算能力的個人電腦（Personal Computer, PC）時代已近尾聲，而強調網網相連、並以服務及軟體價值為主要訴求的後 PC 時代正式來臨，新型態的電子資訊設備將取代 PC 成為主流運算設備；根據一般預測，新型態的資訊設備必須整合運算、儲存、溝通…等系統功能於一身，甚或進一步與傳統家電功能結合在一起，使得人類未來的生活進入一個更為全面資訊化的境界。而以資訊設備使用環境的角度來看，網際網路依舊是資訊科技應用的主要平台，因此，可預期的是，面對網路家庭化的變革趨勢，家庭網路將被視為網際網路的延伸，成為未來相當重要的資訊流通平台。無可諱言地，具備家電功能的資訊設備（或稱資訊家電）與家庭網路的發展，已經成為未來電子資訊產業界中一股無法阻擋的發展趨勢。

網路的好處在於能方便且迅速地傳遞資料或訊號，使得建構在網路上的各種應用能夠在運作時顯著地提昇效率，尤其是網際網路的盛行，憑藉其軟硬體支援度高，使用成本低廉，成為當前應用層面最廣的網路架構；從早期在國防、學術上的研究，一直到商務活動的引用，網際網路這個無遠弗屆的科技產物，很快地改變人類社會的運作模式，而這些模式都被套上「e化」的字眼，舉凡：e-Business、e-Learning 乃至於 e-Life；換言之，網際網路的應用已經從商業交易、教育文化傳承，漸漸滲入日常生活。尤其是近幾年來，電子資訊相關產業紛紛聲稱“後 PC 時代”已然來臨，導致 3C（Computer、Consumer、Communications）整合趨勢的演進，更使得硬體設備的發展方向也有所修正，一般的運算設備，如：PC，或傳統通訊網路設備的成長已漸趨緩慢，取而代之的是資訊家電（Information Appliance, IA）與手持式行動通訊設備的研發，這在在證明了 e-Life 是科技運用的重要指標與發展趨勢。

e-Life 的意義在於日常生活中資訊設備的使用能否適時適地！在普遍的認知中，資訊家電是推動 e-Life 的最主要運作設備，而基於 IA 的使用絕大部分還是涵蓋在家庭裡，所以，家庭網路（home automation network, HAN）自然成為探討 e-Life 時最基本且最重要的主題；或者可以說，HAN 是實現 e-Life 的主要基礎建設（infrastructure）。然而，截至目前為止，家庭網路的定義及協定架構，無論在學術領域或產業發展上，都無法達到認知及實作上的多數一致，使得全球產官學界對於家庭網路的詮釋，一直是各說各話，混沌未明；而資訊家電的情形亦同。

儘管資訊家電自觀點提出，以致於之後的熱烈探討與研究，已歷時近十載，但其定義及分類依舊沒有公認的標準，我們只能粗略地將資訊家電解釋成具有資訊處理能力的家電設備。至於更為詳細的軟硬體架構與規格，乃至於相關的應用方式，都還處於百家爭鳴、混沌未明的階段。本文認為，以功能性的觀點來說，處理資訊的能力可大致歸成三大類，即運算、儲存及通訊，因為任何與資訊相關的系統都需要進行資料或資訊的輸入、處理、輸出與回饋，而在運作過程中，仰賴額外的儲存體作適時適量的支援是必須的，目前被廣為研究的系統單晶片（system on a chip, SOC），即是試圖將以上三類能力合併在一個以低成本、低耗能、高整合度為設計原則的硬體晶片上；因此，資訊家電的硬體設計應與 SOC 有極密切的關係。至於 IA 的操作與軟體應用，在考慮使用者親和性與操作方式普遍性的原則下，理論上應與一般 PC 上的應用軟體類似，但實際上，其使用目的顯然不同。以目前最常被使用的資訊設備 PC 來說，PC 憑藉其優異的運算處理能力，被定位成通用型的資訊設備，可用於處理各類型事物。然而，家電設備就不同了，家電用品很少是通用型的，冷氣歸為空調系統，電視屬於娛樂設備，所以，我們可以說，讓家電具有處理資訊的能力，並不在於增強它原有之功能，而在於讓人類使用者操作這些家電時能夠更方便，或是更貼近所謂的人性化或自動化（註<sup>1</sup>）；換言之，資訊家電的最終目的不外乎進行遠端操作與管理，或提升家電設備的相互協調、相輔相成的能力。為達到這樣的目的，通訊網路自然是極為重要的基礎建設，而以資訊家電為設備所構成的通訊網路即是家庭網路。

家庭網路的發展歷史已經相當悠久，早在 1980 年代，家庭網路的觀念已經萌芽，而在 1990 年前後，許多重要的家庭網路架構也已經陸續被提出，比較著名的整體性架構包括：由 Electronic Industries Association (EIA) 提出的 Consumer Electronics Bus (CEBus) [1][2]、由 European Home Systems Association (EHSA) 提出的 European Home Systems (EHS) [3]…等。以 CEBus 為例，它制訂了相當完善的家庭網路相關機制，包括：供作傳輸用途的實體介質規範、各協定層間的網路封包格式、標準的訊息描述語言 Common Application Language (CAL) …等。事實上，許多號稱與家庭網路相關的標準及技術不但已被陸續提出，而且也已經在產官學界被熱烈地討論著。然而，截至目前為止，家庭網路的定義及協定架構，無論在學術領域或產業發展上，還是無法達到認知及實作上的普遍共識。

由此可知，資訊家電與家庭網路的探討儘管熱烈而豐富，但在最終架構及相關標準底定之前，想要真正將 e-Life 的理念完整落實到真實的家庭世界裡，實在還有一段很長的路要走。目前，資訊家電的發展由產業界主導的情形較明顯，畢竟資訊家電算是施行 e-Life 的最後一哩 (Last Mile)，在整個家庭自動化方式還無法完整建立之前，那是唯一有利可圖的區域，而學術界在這方面的研究，顯然是動機較為薄弱，也就無法有豐富的研究貢獻；至於家庭網路的研究發展，雖然同

---

註<sup>1</sup>：操作過程毋須人類的介入。

樣在產官學界熱烈探討，但業界所提出的方案多是針對自家的獨有架構，而學術論作所提出的家庭網路架構也多是建構在當代較熱門的業界標準上，且鮮少實作上的探討。有鑑於此，本論文以家庭網路的相關議題為探討細項，在同時考慮資訊家電特性及科技實務的前提下，提出一套合理而完整的家庭網路架構。

在下一個章節中，本文將簡單介紹家庭網路的發展現況，除了簡要地描述家庭網路在產業發展與學術研究上的進程外，並透過家庭網路概念性架構的提出，進一步剖析家庭網路與運作在家庭網路之上的資訊家電的發展趨勢；第三章提出以 TCP/IP 為基礎的家庭網路架構，並以此架構為基礎，列舉與家庭網路相關的研究議題；第四章以遠端操作與管理為研究主題，藉由簡單網路管理協定 (simple network management protocol, SNMP) 與行動代理人 (Mobile Agent) 技術的配合，設計出合理且實用的家庭自動化應用典範；第五章探討家庭網路的必備機制之一：網路位址轉換，家庭網路的設備定址與位址使用大致依循網際網路，但在必須兼顧通訊安全的條件下，就需要使用 Realm Specific IP (RSIP) 協定，本論文針對家庭網路特性適度修改 RSIP，並從而提出一套有效而有用的網路位址轉換機制 (RSIP for HAN, RSIP<sup>H</sup>)；第六章探討家庭網路的網路服務品質保證，根據家庭網路的應用特性，家庭網路的網路服務品質應以差異化服務為基礎，本論文提出一套以資訊家電使用的行為特性為基礎的服務分類方法 (Behavior-oriented Service Classification, BSC)，以及適用於家庭網路的緩衝區管理機制 (Class-based queuing Priority Buffer Management for HAN, CPBM<sup>H</sup>)，BSC 與 CPBM<sup>H</sup> 的搭配能符合家庭網路服務品質保證的需求。

## 貳、家庭網路的發展現況

本章透過家庭網路的相關標準與以家庭網路為探討對象的學術文獻的介紹，來說明家庭網路的標準，並以一個概念性的家庭網路架構，來剖析目前在家庭網路發展上的不足之處。

### 2.1 家庭網路的相關標準

家庭網路的建置較一般辦公室的網路建置有相當程度的不同，主要必須考慮的是資訊家電間彼此串連方式的相互配合，以及在不抵觸家用功能的前提下，可加諸的附加價值，例如：遠端設定、遠端操作…等。事實上，家庭網路的探討並非是近幾年來才有的話題，和 Internet 一樣，許多與家庭網路有關的開放標準是在被大多數人注意之前就已經存在的，早期較著名的相關標準或規格包括定義於 EIA 600 系列的 CEBus、EHSA 提出的 EHS，以及定義於 EIA 709 系列的 LonWorks[4][5]…等。而在這些標準中，CEBus 算是較著名的一個家庭網路標準，同時也是爾後諸多家庭網路標準的鼻祖，CEBus 屬於架構完整的家庭網路標準，其架構可完整對應至 Open Systems Interconnection (OSI) Reference Model；但近幾年來，時有所聞的家庭網路標準鮮少是完整的網路架構，而是比較偏向 OSI 底層的協定集。

#### 2.1.1 架構完整的家庭網路標準

在歷來的家庭網路標準中，屬於完整架構的有 CEBus、EHS、LonWorks…等，其中最著名的即是 CEBus。CEBus 是 ANSI/EIA 600 的通俗稱呼，ANSI/EIA 600 是以居家型消費性電子產品為使用對象的通訊標準，這個標準詳細制訂了產品之間傳送資訊的方式、傳送資訊的媒介以及相關的各式通訊協定。CEBus 是一種開放式的網路架構，其目的在於提供廣泛的家用設備互連機制，使能允許多種傳輸介質的使用（包括：power line 之 PLBus、twisted pair 之 TPBus、coaxial cable 之 CXBus、fiber optic 之 FOBus、Radio Frequency 之 RFBus 以及 Infrared light 之 IRBus），以達到設備間能進行溝通與控制。CEBus 屬於完整的家庭網路標準，其架構可對應至 OSI Reference Model，其架構圖如圖 2-1 所示。

## CEBus

## OSI Reference Model

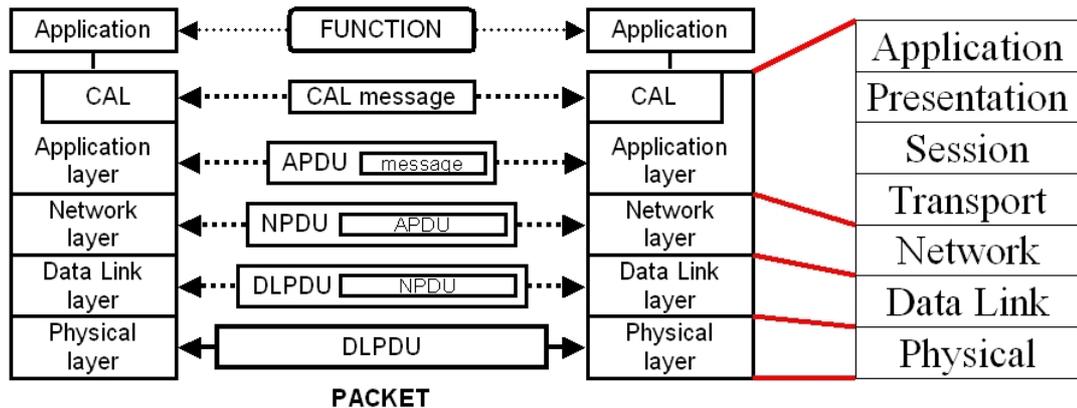


圖 2-1 CEBus 網路架構圖

根據 EIA 的文件紀錄，CEBus 委員會為 CEBus 設定了五個主要目標：

1. 提供分散式而非集中式的控制。
2. 支援對音訊、視訊、資料以及控制訊號…等多重格式的資訊的傳送。
3. 支援使用多種傳輸媒介。
4. 提供單一而具備彈性的應用語言。
5. 支援 CEBus 的消費性電子產品在實作上所需花費的成本相當低廉。

以上述五種目標為設計理念的 CEBus，能夠安裝在許多既有的裝置上，形成智慧型的分散式系統（不需要中央電腦控制），也不受限於任何一種特殊的產品別或架構，再者，其屬於開放式的設計架構，具有充分的延展性。目前，CEBus 標準已處於完成階段，也沒有新的規格內容再公佈出來，CEBus 工業委員會也不再運作。不過，CEBus 標準中的 HomePnP 規範仍然是一個對外公開的標準。而在實際產品部分，已經沒有廠商生產 CEBus 晶片組，不過，據 Domosys 和 Intellon 這兩家公司表示，如果有客戶需要的話，該公司仍舊有 CEBus 晶片組的存貨，也願意繼續生產。此外，CEBus 標準在 2003 年完成了它每五年的更新版。

### 2.1.2 偏向 OSI 底層的家庭網路標準

CEBus 的發展一直是 90 年代家庭網路標準的重要指標，但自 90 年代末期起，大量號稱以家庭網路為設計訴求的產業標準不斷竄出，同時也有許多實際的產品被設計出來，包括：以電源線為傳輸介質的 X10[6]；以雙絞線為傳輸介質的 Home Phone-Line Network Alliance（HomePNA）[7]；以同軸電纜為傳輸介質的 CableHome[8]；以及目前最熱門的無線傳輸技術，如：IEEE 802.11 針對家庭網路部分（IEEE 802.11 frequency-hopping（FH）、IEEE 802.11 direct-sequence（DS））[9]、broadband radio access networks（BRAN）[10]、digital enhanced cordless

telecommunications (DECT) [11]、shared wireless access protocol (SWAP) [12]以及 Bluetooth[13];這些業界標準許多也是由 CEBus 延伸而成的產品,不僅數量多,而且差異性頗大,倘若將這些標準對應至 OSI Reference Model,則不難發現,這些規格多屬於 OSI Reference Model 中較底層的模組,尤其多歸類於 physical、data link 及 network 三層,至於較高層級的模組探討與使用,相對地就比較缺乏。

## 2.2 家庭網路的研究文獻

家庭網路的概念雖然很早就被提出來討論[14][15],但之後家庭網路在學術研究上的發展卻一直深受產業發展腳步的影響,當 CEBus 主導 90 年代家庭網路標準的發展時,CEBus 自然也是在學術研究中最常被探討的家庭網路架構,早期的研究大多侷限在 CEBus 的細部規格探討[16-20]以及標準訊息描述語言 CAL 的研究[21-23],而建構在 CEBus 之上的應用也多侷限在單一的家庭網路封閉環境中[24-27]。直到 1995 年,Olshansky、Ruth 以及 Deng[28]提出 residential LAN 的想法,認為家庭內資訊服務的存取非僅來自 HAN 本身,也可能來自 HAN 之外的公眾網路,而溝通的媒介可以是有線或無線的技術。1997 年,Holiday[29]正式提出一個相當重要的家庭網路元件:residential gateway (RG),RG 是介於 HAN 與其他戶外通訊網路之中介橋樑,合理的 RG 使用能大幅降低 HAN 在應用架構設計上的複雜度,而 RG 這個名詞與觀念,從此成為探討 HAN 時最重要的一個元件。自 1997 年起,Desbonnet 與 Corcoran 探討以 RG 為基礎,建構在 CEBus 之上的軟體架構[30][31],該架構支援透過 world wide web (WWW) 進行分散式運算之主從式環境;1998 年,Corcoran 更進一步提出三層式的軟體架構[32]。這些以 CEBus 為探討基礎的架構在理論上已經相當完整,然而以 CEBus 為設計基礎的實作模組或實際產品卻不多,軟硬體的支援度不足與通訊協定的應用普及度不高是主要瓶頸。

自 2000 年以後,探討整體性家庭網路架構的文章開始陸續在學術期刊及研討會中被提出[33-35];而資訊家電的硬體研發廠商也開始在硬體規格制訂之外,重視軟體架構的研究,例如:Hewlett-Packard 所提出的應用平台 Chai[36]...等。換言之,對於家庭網路的研究,已漸漸不再以硬體或資料傳送技術為研究主題,開始注意建構在資訊家電之上的應用與管理,朝向更為合理的軟硬體整合方向作研究。

## 2.3 家庭網路概念性架構

事實上，家庭網路牽涉的技術層面相當廣泛，而除了 CEBus、EHS 及 LonWorks…等幾個屬於架構完整的知名標準外，以整體架構觀點分析家庭網路的文獻其實並不多，為能清楚描述及分析家庭網路，本文根據參閱的相關文件繪出家庭網路的概念性架構圖，如圖 2-2 所示，並依此圖分項說明家庭網路以及運作在家庭網路之上的資訊家電在發展上的不足之處，並藉以延伸而導引出本論文中與家庭網路運作密切相關的其他議題。

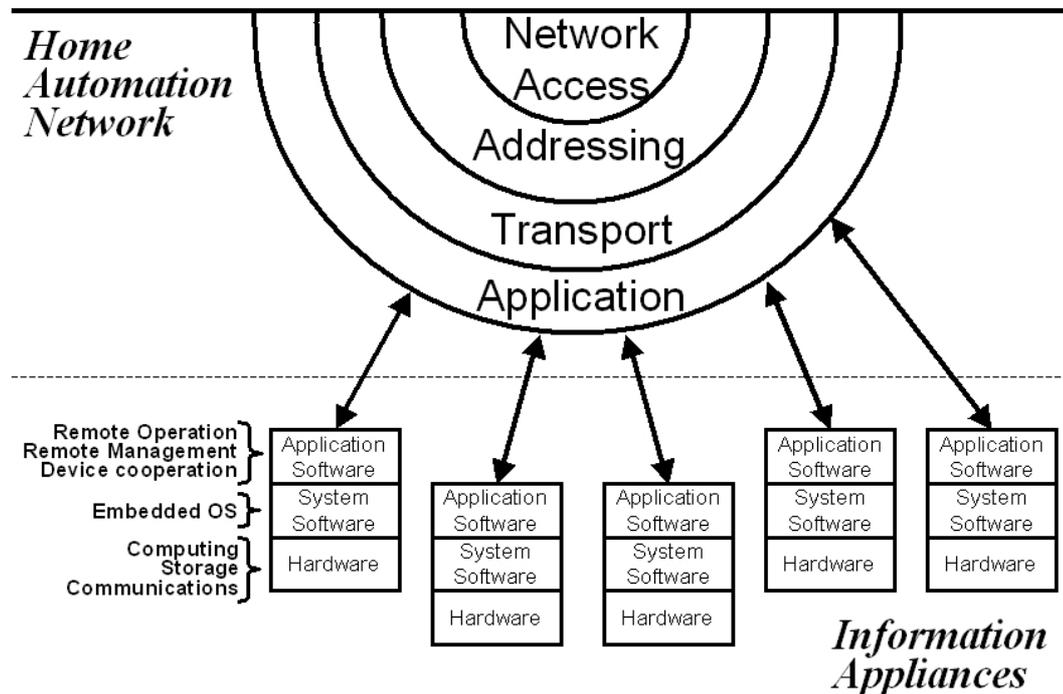


圖 2-2 家庭網路及資訊家電的概念性架構圖

家庭網路架構通常是以資料交換的角度進行分析，無論是大量的多媒體資訊或是簡短的控制訊號，都是必須在資訊家電之間藉由家庭網路進行相互傳遞，因此，將家用設備連成類似區域網路的型態是 HAN 的基本想法。家庭網路的網路架構，基本上與一般的通訊網路架構類似，在一般探討家庭網路標準的文獻中，多是將家庭網路架構對應至 OSI Reference Model，不過，本文為求描述上的簡明扼要，將家庭網路架構概念性地簡化為四層：

### 1. Network Access Layer :

截至目前為止，已知許多號稱家庭網路的業界標準所提出的家庭網路架構，都只是侷限在本網路存取層。網路存取層包括資料實際傳輸時使用的傳輸媒介以及相關周邊所使用的介面標準。一般來說，可在家庭網路中使用的傳輸介質種類

相當多，舉凡：電源線 (Electric Power Lines)、雙絞線 (Twisted Pairs)、同軸電纜 (Coaxial Cable)、光纖 (Optical Fiber) 以及無線 (Wireless) 技術之紅外線傳輸、射頻傳輸…等；而用於資訊家電彼此串接的傳輸介面標準也有許多，包括：傳統的 Ethernet 網路介面 (RJ-45)、Universal Serial Bus (USB)、IEEE 1394…等。

## 2. Addressing Layer :

任何通訊架構都必須提供設備識別的機制，以 CEBus 為例，CEBus 有自成一套的設備定址及位址指定方法，但實際上，除了少數幾種屬於完整架構的家庭網路標準，擁有自訂的定址方式外，IPv4 還是最被普遍接受及使用的定址機制，唯 IPv4 已然面臨 IP 位址不足的問題，而必須適時輔以網路位址轉換機制 (Network Address Translation)。

## 3. Transport Layer :

包括資料傳輸時必須考慮的相關協定，以及資訊傳輸安全機制…等。同樣的，除了少數幾種屬於完整架構的家庭網路標準外，這一部份的研究成果是相當稀少的。

## 4. Application Layer :

涵蓋提供家庭自動化服務的相關協定，包括：設備組態、服務品質保證、身份識別及存取控制…等。因為 IA 的應用軟體研究很缺乏，所以，探討 HAN 的應用層協定的文獻自然也不多。

由以上的描述可知，各組成架構間的關係是密切的，且各組成架構的元件也都有其重要性。但不可不注意的是，真正操作家庭網路的是一般的家庭成員，而非專業的資訊人員，因此，一個理想的家庭網路架構應該以能提供一個人性化的居家環境，使得所有與人相關的服務及設備都能彼此適時適地地溝通為主要的設計原則，且在 HAN 中使用的 IA 都必須能提供充分的方便性、舒適性與安全感。換言之，設計家庭網路的目的在於將網路應用完全帶入人類的生活，在無法感覺到網路存在的同時，卻又能隨時享受到網路所帶來的好處。而根據本節的分析，目前最缺乏探討的議題多屬於家庭網路裡的應用層，而資訊家電使用特性的釐清與歸類是首要任務。

## 2.4 家庭網路的運作設備：資訊家電

家庭網路的運作環境包括家庭網路架構以及運作其上的資訊家電。資訊家電涵蓋硬體架構、系統軟體與應用軟體三部分。

1. 硬體架構：一般對資訊設備的評估，多以設備功能的角度為依據來探討其硬體需求，然而，因為資訊家電在應用面（如：遠端操作與管理）的功能需求上，並不一定需要靠能提供複雜運算能力的資訊設備來處理，所以，資訊家電對硬體的 demand 可以較寬鬆。事實上，早期資訊設備的設計多為提供強大的

運算功能，因此，在辦公室裡使用 PC 來輔助工作進行是合理的，但若為了處理家庭內的信號，或為了擷取家庭之外的多媒體資訊而使用像 PC 一般的複雜硬體架構，似乎並不經濟；換言之，當大部分的家電設備在使用上僅需要適當的運算能力、少量的儲存空間以及相互間的溝通協調功能即可時，將運算、儲存與溝通功能整合在同一個硬體裡就成為資訊家電在硬體設計上的基本考量；也就是說，資訊家電的硬體核心理想上是整合性的晶片，或被稱之為系統單晶片 (SOC)，而將家庭生活功能交由低成本且功能單一的家用設備 (註<sup>2</sup>) 來處理是探討家庭網路 HAN 的基本前提。

2. 系統軟體：其主要功能在於輔助軟硬體間的溝通協調，這個中介的元件必須提供控制或驅動硬體架構中各功能元件或整合性功能元件的方法，包括：處理器管理、記憶體管理、儲存設備管理…等。因為 IA 的硬體架構強調整合但精簡，因此，以嵌入式硬體為設計標的的嵌入式作業系統 (Embedded Operating System) 是當下探討 IA 系統軟體的研究主流。
3. 應用軟體：應用軟體是終端使用者最直接接觸的部分，其範圍涵蓋遠端控制設備…等操作功能，以及遠端查詢設備狀態…等管理功能。事實上，家庭網路中多數應用的目的地在於達到家庭自動化，而自動化的應用極致並非僅是單一的遠端操作或遠端管理，而是相關 IA 之間的相互協調及共同運作，而這部分的研究，一直是 IA 的議題探討中最為缺乏的一環。歸究其原因，在於資訊家電的定義未明，資訊家電的使用特性尚無公斷，以至於 IA 應用的研究難有依據，研究成果自然較為貧乏。

資訊家電的軟硬體架構，看起來與一般的資訊設備的軟硬體架構極其類似，但在使用特性上卻有明顯的差異，例如：使用目的與應用本質即明顯不同。本文認為，資訊家電可視為具備資訊處理能力的家電設備，所以，在使用上，其本質與目的依舊與傳統家電的使用操作絕對相關，而一般而言，傳統家電為滿足使用者的使用目的必須提供的功能包括：

1. 視聽娛樂功能：  
提供來自於家庭內部與家庭之外的視聽資訊，包括：家用音響播放音樂 CD、觀賞有線電視提供之電影長片、玩電視遊樂器…等。
2. 溝通功能：  
信件往來與電話聯繫…等。
3. 設備之操作與控制功能：  
照明設備的操作、空調系統的設定…等。
4. 安全防護功能：  
防盜保全系統、消防警示設備、監視系統…等。

---

註<sup>2</sup>：家用設備的內含中央處理器，以低成本、低耗能、高整合度為設計考量，可能是較精簡的 x86 架構或其他系統單晶片架構。

而在設備本質方面，傳統家電設備具有以下特性：

1. 種類多且繁雜。
2. 功能訴求單一而明確。
3. 可移動性高。
4. 絕大部分屬於小型設備，僅需要簡單的運算、儲存與溝通能力。
5. 除了視聽娛樂…等多媒體應用外，大部分設備僅需要單純的上網需求及少量頻寬（遠端控制管理用）。

而資訊家電也自然地延續上述的功能特性及本質，在探討家庭網路的相關議題時，資訊家電的功能及本質是絕對重要的影響因子，例如：使用者對資訊家電的功能需求會直接影響網路服務品質保證機制的建立。



## 參、以 TCP/IP 為基礎的家庭網路架構

在第二章裡，我們簡要地介紹了家庭網路及資訊家電，也同時瞭解家庭網路與資訊家電所面臨的問題，在於缺乏發展共識。換言之，號稱以家庭網路為設計對象的標準雖然很多，但網路結構卻大異其趣，回顧前一章的描述，本文認為這些家庭網路標準依協定結構性可分為兩類：一是架構完整的標準，如：CEBus、EHS 及 LonWorks…等；另一是較偏向以網路存取層為設計訴求的家庭網路標準，如：X10、HomePNA、CableHome、Wireless LAN (WLAN, IEEE 802.11 series)、BRAN、DECT、SWAP 及 Bluetooth…等。雖然上列的所有標準都有學術單位或業界公司支持，並且也已針對部分產品予以商業化，然而，以產業發展歷史來看，未來的 HAN 發展絕對不可能由上述同時存在且各自發展的所有標準共同主導；此外，就研究分析的角度來看，也幾乎沒有相關文獻是針對上述標準進行評論，並進一步分析究竟哪一種標準足以影響 HAN 的實質發展，甚或成為唯一的公認標準。為此，本文以使用者接受度及成本考量為參考點，認為偏向以實體連結層為設計訴求的家庭網路標準在後續發展上較有發揮的空間，理由與網際網路 Internet 的普及密切相關。

在知識流通快速的時代，科技的發展與使用，通常受市場力量的影響；而市場力量決定於顧客群的形成；而主流喜好形成顧客群，方便、易用與普及卻是一般大眾主流喜好的關鍵。無可諱言地，Internet 是目前全球使用率最普及的網路環境，Internet 之所以普及，最大的原因在於硬體建置成本低及應用軟體豐富且多樣，所以，Internet 能成功地吸引人們的注意及使用，無怪乎除了一般個人使用者外，企業也多採用 TCP/IP 來建置 Intranet 及 Extranet；換言之，除了吸引使用者外，Internet 也同時吸引了更多軟硬體廠商的投入，使得硬體價格更低廉，應用軟體發展更快速。

有鑑於此，當通訊需求欲延伸其範圍至住家區域時，以 TCP/IP 為網路架構依舊是最理想的方式，倘若家庭網路採用非 TCP/IP 為主的架構，那麼，不相同的編碼方式，不相同的定址模式…等，不相同的通訊協定將有礙通訊之連通性，使得 HAN 與 Internet 的互連產生相當程度的困難，不僅使用者在互連網設定上較為複雜，同時，設備廠商在硬體研發設計及製造上也較為困難。反之，若以偏向網路存取層為設計訴求的家庭網路標準作為 HAN 中較底層的協定，而網路層以上依舊採行 TCP/IP，則其可行性就相對地高出許多。因為，以使用者操作的角度來分析，一般使用者在操作上需自行設定或實際使用的協定多隸屬於網路層以上，倘能在毋須重新學習及額外設定的情形下使用 HAN，那麼，這種 HAN 架構對使用者來說，被接受度自然是可預期的；而反觀實體連結的相關協定部分，Bluetooth、HomeRF…等協定顯然已不同於一般 Internet 所使用的底層協定，但是這些較底層

的協定多與硬體相關（介面卡或硬體晶片），一般使用者根本毋須操心，自然也就沒有使用上的困擾。為了進一步說明這種架構的好處，另以乙太網路（Ethernet）之變革為例，Ethernet（IEEE 802.3）一直是架構區域網路最重要的協定之一，而當網路頻寬需求增加時，在眾多的可行方案中，Fast Ethernet（IEEE 802.3u）以最自然且最快速的方式取代了 Ethernet，而當無線通訊的應用日趨增加之際，Wireless LAN（WLAN，IEEE 802.11x）立即成為重要的通訊協定，Ethernet、Fast Ethernet 及 Wireless LAN 都是屬於網路層以下的協定，都能在上接 TCP/IP 的情形下，讓使用者毋須學習額外的設定及操作即能順利連上 Internet，而這正是 Fast Ethernet 及 Wireless LAN 能在短時間之內快速普及的最大理由。總而言之，以偏向網路存取層為設計訴求的家庭網路標準作為 HAN 中較底層的協定，而網路層以上依舊採行 TCP/IP 的協定，整體建置成本可謂最為低廉，而利用這種觀念將 Internet 延伸至家庭網路的困難度也最低。

HAN 的網路存取協定攸關 HAN 的實際發展，本文認為家庭網路的實體連結必定以毋須重新佈線為首要原則，所以，無線技術 WLAN 及 Bluetooth…等，勢必成為 HAN 中的重要技術，而無線技術雖然方便，卻仍有不足之處，頻寬不足為其一，因此，適當的有線技術也是必須的，USB 及 IEEE 1394 具有高傳輸率（適合影音…等大量資料傳輸）、設備可串接（方便家電的安裝使用）及熱插拔的特性，再加上一般家電多需要電力的提供，而 USB 及 IEEE 1394 同時也具備基本的電流傳送，因此，本文認為新一代的 USB 及 IEEE 1394 有可能進一步取代一般通訊媒介及電源線，成為 HAN 中有線技術的最主要媒體。

家庭網路就像是某一種區域網路架構，倘若將家庭網路視為網際網路的延伸實不為過，這樣的觀念就好像是企業利用 Intranet 來建置其企業網路（enterprise network）一般，圖 3-1 即是以 TCP/IP 為基礎的家庭網路架構。Network Access Layer 包括 WLAN、Bluetooth…等屬於較底層的家庭網路協定，能讓各式各樣的資訊家電能依照設備特性順利地連結至家庭網路，甚至若干高速網路技術，如：Multi-Protocol Layer Switching（MPLS），以及使用優先權觀念為運作基礎的媒體存取協定。而自 Internet Layer 起至 Application Layer，正好對應 TCP/IP 的前三層，所使用的協定也是以 TCP/IP 的相關協定為主，換言之，以 TCP/IP 為基礎的家庭網路架構，除了最底層為了整合各式資訊家電的連結，採用家庭網路的業界標準外，以上三層的協定直接採用 TCP/IP 的協定，這種以 TCP/IP 為基礎的家庭網路架構可以立即擁有以下好處：

1. 協定與伺服軟體的移轉或更改較容易。
2. 現行可用的應用軟體及開發工具相當多。

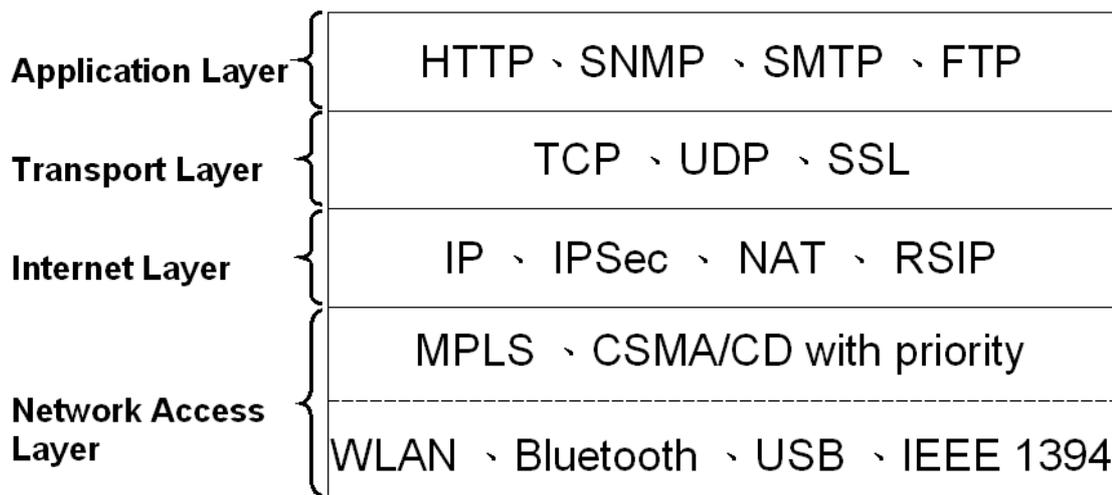


圖 3-1 以 TCP/IP 為基礎的家庭網路架構圖

無論如何，家庭網路的網路存取協定，需要業界標準的進一步整合，而家庭網路應提供的應用或服務，亦需要產官學界的集思廣益。雖然說 HAN 在 Internet Layer 以上的通訊協定以比照 TCP/IP 為主，但基於 IA 的功能特性與一般通訊網路中電腦的功能特性仍有差異，使得 HAN 適用的協定與傳統 TCP/IP 中的協定之間會有實作上的若干差異，需進一步研究探討，例如：網路位址轉換機制。

### 3.1 家庭網路研究議題

以使用特性的的角度來看，家庭網路裡資訊家電的使用多屬於資訊的傳送分享與遠端操作管理，其中又以遠端操作管理的使用頻率較高；目前，在網際網路上已經有許多資訊分享與遠端操作管理的解決方案被提出，但基於家庭設備在使用目的及設備本質上不同於一般強調運算能力的電腦設備與通訊器材，使得適用在網際網路上的軟體架構或解決方案，並不能完全適用在家庭網路上。

有鑑於此，在探討由資訊家電所構成的家庭網路時，某些重要的功能特性是應該被考慮的，這些特性包括：

1. 適當的頻寬分配：因為家用設備的功能明確，所以，可依設備的使用特性予以適當的頻寬分配，例如：娛樂資訊的傳送需要較大的頻寬，而控制資料的傳遞就僅需要些許頻寬即可。換言之，家庭網路在資料的傳輸上需要某種程度的服務品質保證（Quality of Service, QoS）。
2. 隨時連線、隨處連線：以即時（real time）遠端操作管理為需求，所有資訊家電必須保持 on-line 的狀態；加上資訊家電必須移動的機會很高，所以，必須具有動態組態（auto-configuration）的特性。

3. 人性化操作介面：因為資訊家電的使用者是一般的家庭成員，所以，在操作介面的設計上必須非常人性化，最好是以自然語言（輔以語音辨識技術）作為操作上的主要方法。
4. 功能協調機制：資訊家電的設計在於建構更方便的家居生活，所以，對於資訊家電的使用應考慮如何擺脫傳統家電的桎梏。正如前文所述，家用設備的功能訴求單一而明確，以致於使用者為滿足某一項使用目的（如：欣賞影音光碟），必須同時操作及調整不同家用設備的功能與狀態（如：開燈、開電視、開光碟設備、開音響設備，並於坐定位置後再視需要分別作微調），事實上，在家庭網路中應善用軟體提供功能協調機制，使資訊家電的應用更具智慧。
5. 穩固安全：家庭網路是一種區域網路，但是這樣的區域網路是建立在公眾網路之上，所以，在安全性的考量下，家庭網路必須提供類似企業內網路防火牆…等相關資訊安全防護。

家庭網路與資訊家電的發展確實是國內外產學界爭相探討的主要方向之一，即使家庭網路在設備的邏輯分佈上看似一般的通訊網路，但因家庭網路在設備特性及功能需求上明顯異於一般通訊網路，使得原本在一般通訊網路上可正常運作的理論或機制，在導入家庭網路時必須進行適度的修正；因此，當家庭網路以TCP/IP的協定為設計基礎時，應選用那些協定，是否需對協定作修正以及如何修正是亟待研究的重要議題。



## 肆、分散式遠端操作與管理

對家庭網路裡的成員來說，遠端操作與管理是最基本的使用功能，本章即以遠端操作與管理作為探討主題，提出一套穩固的遠端操作與管理機制。

截至目前為止，大部分以 RG 為基礎的家庭網路研究文獻所提出的家庭網路架構都是採用集中式的運算方式，不過，集中式或分散式架構的採用卻早有爭議，Holiday [29]提出若干採用分散式架構優於採用集中式架構的理由，他的論述明確指出分散式的家庭網路架構是一項值得研究的議題。事實上，家庭網路可視為由許多以房間為基礎的區域網路相互連結所形成的分散式網路，每一個區網包含數量不一的資訊家電，而大部分的資訊家電卻擁有以下特徵：體型小、具高度移動性及功能單一；由此可知，HAN 的組成很自然地依家庭空間的配置而被視為分散式，再加上相同空間內的資訊家電通常具備使用上的相互關聯性（例如：數位電視、DVD 播放機、5.1 聲道喇叭系統一起安裝在客廳裡，於使用者觀賞 DVD 影片時一起搭配運作），因此，為落實家庭自動化，家庭網路採用分散式架構是比較理想的方式。而在以往的研究文獻中，Moon and Kang [37]提出一套分散式家庭網路架構，但卻沒有進一步探討遠端操作與管理的施行方式。Chen [38]介紹了一套分散式家庭網路架構，不過，其架構中的 RG 卻必須肩負所有作業的處理責任，所以，並不完全符合家庭空間配置的分散式現況，換言之，既然家庭網路由若干以房間為基礎的區域網路組成，其架構應該屬於多層式（multi-tiered），而非僅是兩層式（two-tiered）。

### 4.1 分散式操作與管理運作典範

家庭網路的最基本功能在於對家庭網路裡的資訊家電進行遠端操作與管理，而理想的家庭網路屬於多層式的分散式架構，因此，遠端操作與管理也應該屬於分散式的運算模式。

#### 4.1.1 遠端操作

在本文第 2.4 節中，我們認為應該以系統單晶片（System on a Chip, SOC）[39]作為資訊家電硬體設計時的最重要元件，一般而言，資訊家電可視為功能特定且訴求簡單的資訊設備，因此，資訊家電的使用通常只需要有限的運算能力、少量的記憶體空間及基本的通訊能力，在設計上為求降低成本，以系統單晶片作為其硬體架構是最理想的解決方案，而所有的運作需求能輕易地透過軟體使用來完成。因此，在 SOC 架構下搭配使用智慧型代理人（Intelligent Agents）的觀念

能有效施行家庭網路的遠端操作功能；而基於前文的剖析，家庭自動化的實現勢必仰賴與自動化目的相關的資訊家電之間的相互協調與共同運作，換言之，一個自動化命令會涵蓋一連串運作在不同設備上的操作指令，因此，代理人技術就必須與行動運算（Mobile Computing）[40]的觀念搭配使用。行動運算係透過行動代理人（Mobile Agent）[41][42]在分散式環境中進行運算或操作來完成既定任務，行動代理人是一種能在不同執行環境中運作的代理軟體，行動代理人的使用能提升使用效率、減少網路流量、進行非同步獨立執行、支援即時系統下的互動應用、支援異質環境、提供線上延伸服務、支援便利的開發環境…等，行動代理人技術（包括：代理人通訊語言及其執行函式庫）顯然有助於開發分散式系統。根據以上描述，本論文建議在設計資訊家電時，在系統單晶片的架構上搭配行動代理人的支援，而這兩種技術的整合能有效支援資訊家電的遠端操作。

#### 4.1.2 遠端管理

因為 HAN 可被視為網際網路的延伸，所以，本文建議採用網際網路的簡單網路管理協定（Simple Network Management Protocol, SNMP）[43]來支援 HAN 的遠端管理功能。以目前網路管理的應用來說，第一版的 SNMP（SNMPv1）[43]憑藉其定義及實作上的簡單原則，能被網管人員廣泛地接受並使用，然而，過於簡單的設計卻也造成 SNMPv1 在功能上的限制，例如：SNMPv1 的本質屬於 manager-agent 典型，是一種純粹的集中式架構，網路管理工作站（Network Management Station, NMS）所存取的資訊來自置身於網路設備中的網管代理人（agent），網管代理人必須負責監理管理資訊庫（Management Information Base, MIB），MIB 是一個結構化的資訊庫，其中紀錄著網路設備的相關參數。在這種設定模式下，所有與網路管理有關的運算（例如：statistics）幾乎都是出自 NMS 的需求；NMS 的輪詢（polling）行為其實就是對 MIB 的參數進行 get 或 set 的簡單動作，而這種極簡單的主從式運算稱為 Micro Management，Micro Management 容易造成 NMS 瞬間的網路流量暴增及增加運算負載(overhead)，換言之，SNMPv1 的集中式架構在網路管理需求明顯增加時，會在網路壅塞期間造成運作上失去效率，基於這種理由，在壅塞環境下使用 SNMPv1 進行網管操作將變得困難且無效率。Internet Engineering Task Force (IETF) 針對此問題修改網管架構，提出第二版 SNMP（SNMPv2），SNMPv2 的 manager to manager (M2M)協定可以有效支援分散式網路管理。

本論文以 SNMPv2 支援家庭網路遠端管理，以網路管理的角度來看，HAN 可以被分割成一個一個以房間為基準的子網路，而每一個房間擁有各自的網路管理者（Network Manager, NM），NM 間能透過 SNMPv2 的 M2M 協定彼此通訊，而 SNMP 的通訊模組（包括：get、get-next、set、get-response、inform-request、getbulk-request 以及 notification）依舊可以應用在 HAN 的分散式管理架構中；此

外，行動代理人技術也能夠在此模式下支援網路管理功能[44-46]。然而，HAN 網管所需要的 SNMP 資訊模組（包括：Structure of Management Information (SMI) 及 MIB）卻在實際使用時顯得過於複雜與死板。一般而言，在實作 SNMP 時，MIB 是以硬體實作方式嵌在設備裡，但是，現今的網路發展迅速，家庭網路亦同，當新的網管參數被定義出來，或者操作舊參數的指令顯然已過時的時候，MIB 內容的更新是必須的，儘管大部分的 SNMP 代理程式都允許當新的參數需要加入 MIB 時，能暫時中止代理程式的運作，並重新編譯新的代理程式執行碼，但是，這種更新方式相當粗糙且不便，而且也未必適用於所有的網路環境，有鑑於此，本文採用 eXtensible Markup Language (XML)[47-49]技術來解決這個問題，以 XML Schema 取代 SMI 來建構被管理物件[50]，以 XML documents 實作 MIB 實體，儲存被管理物件的管理參數；因為 XML 技術的使用，使得家庭網路中網管必備的 SMI 與 MIB 能動態地進行更新與組態。本文的遠端網路管理以 XML Schema 建構被管理物件的結構，以 XML 文件當作 MIB 的實體，主要目的在於善用 XML 技術可以帶來的以下好處：

1. XML 物件只需要比傳統的 SMI 物件更少的儲存空間，不僅能簡化設計，也能減少整體儲存容量。
2. XML Schema 比傳統 SMI 更適於應付快速發展的資訊家電產業。
3. 家庭網路裡包含許多種各式各樣存取介面的資訊家電（例如：數位電視、小畫面監視器、行動電話...等），而 XML 技術裡的 eXtensible Style-sheet Language (XSL) 能夠藉由適當的存取介面樣版（customer-made templates）讓使用者方便存取 XML 文件。

## 4.2 分散式家庭網路架構

根據本文第二章的介紹，近幾年來討論家庭網路的文獻，多侷限在網路架構的探討或相關實體設備的研究，實際談到應用模式的文獻並不多，即使若干文獻探討了家庭網路的應用功能及建議方案，也都是建構在簡單的兩層次（2-tier）分散式架構下，也就是將所有的 IA 視為客戶端，而 RG 是所有服務的提供者。然而，隨著資訊家電的發展，資訊家電種類愈來愈多，遠端操作與管理的需求勢必大量增加，再加上本文一開始就提到，許多家庭自動化功能的達成必須仰賴相關資訊家電的協同合作，而這些必須彼此協調的資訊家電通常是座落在鄰近的共同空間裡（例如：同一個房間）；有鑑於此，本文認為家庭網路是由若干以房間為劃分單位的小型區域網路所構成的，而一個理想的家庭網路架構應該是以房間為基礎所構成多層次（multi-tier）分散式架構，採用多層次分散式架構的家庭網路，一來可以分攤 RG 的工作負載，二來更能趨近資訊家電實際使用之情境。本文提出的多層次分散式架構如圖 4-1 所示。

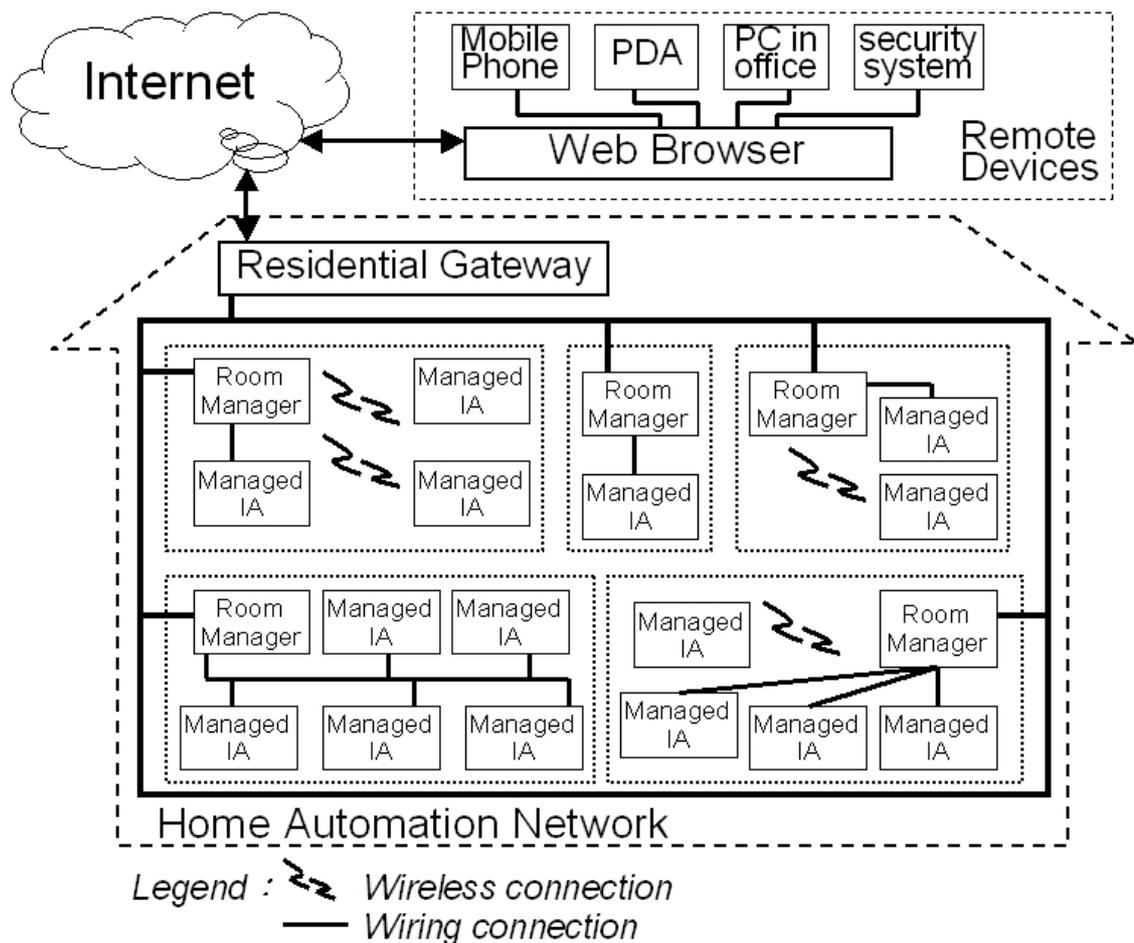


圖 4-1 分散式遠端操作與管理架構圖

在本文提出的分散式遠端操作與管理架構中，除了位於家庭網路外部要求遠端操作與管理的資訊設備外，家庭網路內部包含以下三種元件，即：RG、Room Manager (RM) 與 Managed Information Appliance (MIA)。

#### 4.2.1 Residential Gateway

RG 是介於家庭網路與外部網路之間的溝通橋樑，本文認為 RG 必須提供許多重要的機制，包括：封包交換、身份識別、服務品質保證...等。RG 應提供的功能模組如圖 4-2 所示。

1. Web Server :

Web Server 必須提供能讓身處遠端或位居屋內的使用者登入家庭網路的功能，因為以 WWW 為操作環境是最方便且最重要的方式，使用者可以輕易地透過瀏覽器進行遠端操作與管理。

2. Message Dispatcher :

Message Dispatcher 針對多種不同的遠端操作與管理需求進行訊息分析與配送的工作，再將訊息配送至正確的 RM。

3. Network Address Translator :  
基本上，以 TCP/IP 為基礎的家庭網路，採用 IPv4 為其定址模式是最自然且最方便的作法，然而，未來資訊家電數量之多，必定使得 IPv4 不足以支援所有資訊家電對於 IP 位址的需求，再加上 IPv6 的應用與普及，仍有相當變數，因此，RG 在現階段必須提供適用的網路位址轉換機制以解決 IP 位址不足的問題。
4. Registration Server :  
RG 必須保有資訊家電註冊的相關資訊，以作為內部識別或供外部指定存取的依據，而這些資訊必須統一存放在 Registration Server 裡。
5. Protocol Builder :  
因為 MIA 的種類眾多，而 MIA 的使用特性也多有不同，使得 HAN 中可能存在多種不同的網路存取協定（例如：X-10、HomePNA、Wireless LAN、Bluetooth…等），Protocol Builder 係根據不同協定提供必要的封包格式轉換作業。
6. Mail Server :  
建議 RG 提供郵件伺服服務，家庭成員擁有各自唯一的郵件帳號。
7. Security Controller :  
HAN 可視為私密的區域網路空間，且 MIA 的使用各有其存取權限，所以，Security Controller 提供必要的安全機制，包括：防火牆（firewall）、金鑰管理、身份識別、授權及帳號管理（Authentication, Authorization, Account, AAA）…等。
8. Quality of Service Enforcer :  
MIA 的使用情況相當多樣，而不同服務所產生的封包也各有其特性，例如：不同的延遲容忍度，所以，RG 必須提供服務品質保證的機制，服務品質保證機制的運作仰賴 Quality of Service Enforcer。
9. Agent DB :  
本文以 Mobile Agent 技術支援 HAN 的遠端操作與管理，因此，進行遠端操作與管理時所需要的命令執行碼，就存放在 RG 的 Agent DB 裡。

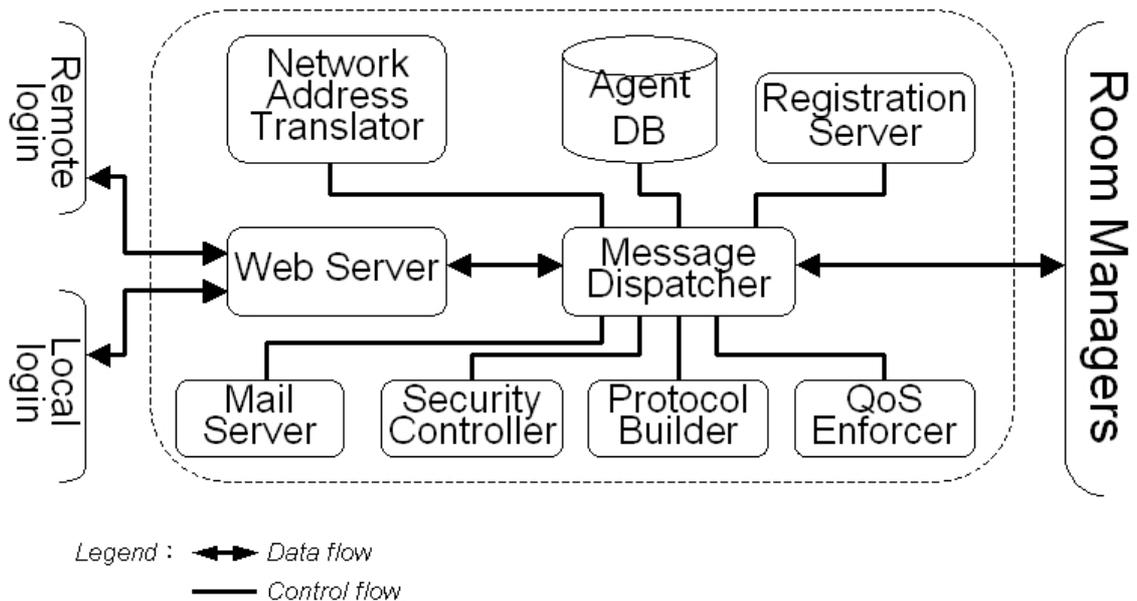


圖 4-2 Residential Gateway 的功能模組示意圖

#### 4.2.2 Room Manager

RM 應提供的功能如圖 4-3 所示。

1. Message Handler :

Message Handler 接受來自 RG 的遠端操作與管理需求訊息，再根據訊息屬於操作需求或管理需求，將其分配至正確的 Operation Controller 或 Management Controller，再進行後續分析與處理。

2. Operation Controller :

Operation Controller 接受來自 Message Handler 的操作訊息，再根據訊息要求存取正確的 MIA。

3. Management Controller :

Operation Controller 接受來自 Message Handler 的管理訊息，再根據訊息要求管理正確的 MIA。

4. Schema Manager :

本文建議家庭網路管理所需要的設備屬性相關資料，以 XML 文件儲存，而產生 XML 文件所需的 XML Schema 則存放在 Schema Manager 裡。

5. Protocol Builder :

因為 MIA 的種類眾多，而 MIA 的使用特性也多有不同，使得 HAN 中可能存在多種不同的網路存取協定（例如：X-10、HomePNA、Wireless LAN、Bluetooth...等），Protocol Builder 係根據不同協定提供必要的封包格式轉換作業。

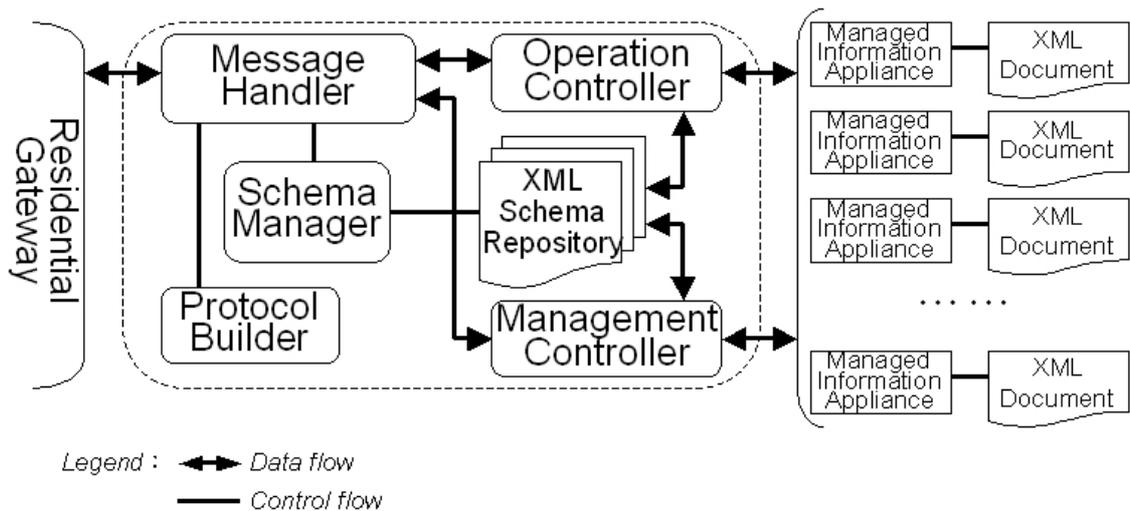


圖 4-3 Room Manager 的功能模組示意圖

### 4.2.3 Managed Information Appliance

所有的 MIA 都是由與之位於同一個房間的 RM 所控管，MIA 使用 HAN 所提供的協定與 RM 進行溝通。MIA 是遠端操作與管理的最終目的地，以遠端操作來說，MIA 提供 mobile agent 的執行環境，以遠端管理來說，MIA 存放 XML document，XML document 存放網路管理使用時存取的設備參數。

### 4.2.4 分散式家庭網路架構特性

綜合以上描述，本論文所提的分散式遠端操作與管理架構具有以下特性：

1. 本架構可視為網際網路管理的延伸。
2. 本架構只擁有一個合法的 IP 位址，所以，現階段 IPv4 位址不足的問題必須透過網路位址轉換機制來解決。
3. 本架構透過 Security Controller 來提供家庭網路的網路安全機制。
4. 本架構能支援多種家庭網路協定的使用，而 Protocol Builder 能進行必要的封包格式轉換。
5. 本架構以 XML 技術定義被管理物件及儲存被管理物件的實體，因此，當物件定義或物件內容改變時，動態更新與組態的方式能顯著降低處理時的複雜度。
6. 本架構建議結合系統單晶片及行動代理人技術來設計資訊家電，因此，能大幅減少資訊家電的硬體成本。
7. 基於模組化設計，本架構可以輕易地採用物件導向技術來開發及實現運作平台，而再考慮 mobile agent 跨平台運作的需求，Java 是目前最適合開發本文所提之分散式家庭網路架構的技術。

### 4.3 分散式遠端操作案例

正在辦公室上班的 John，想在下班回家前打開家裡客廳的冷氣機，整個操作過程如以下步驟所述：

#### ◆ 步驟 1 至步驟 8 發生在 RG

- 步驟1. John 透過網際網路登入 RG 的 Web Server，Web Server 透過對 Security Controller 的呼叫，以識別 John 的登入資格；待資格確認無誤後，John 送出開啟客廳冷氣機的需求指令。
- 步驟2. Message Dispatcher 接收來自 Web Server 的需求，並視情況呼叫 Security Controller 進行需求訊息的解密動作。
- 步驟3. Message Dispatcher 呼叫 Network Address Translator 進行必要的位址轉換動作，並藉以確認冷氣機的網路位址。
- 步驟4. Message Dispatcher 呼叫 Registration Server 來確認冷氣機的狀態。Registration Server 記錄所有資訊家電的註冊資訊；在實作上，資訊家電的註冊資料被儲存在 XML 文件裡，而這些 XML 文件的集合可被視為資訊家電的註冊總表。Message Dispatcher 可透過對 Registration Server 的查詢來確認冷氣機的狀態以及冷氣機所屬的 RM 的狀態。
- 步驟5. Message Dispatcher 並呼叫 Security Controller 來確認 John 能使用客廳冷氣機的存取權限，因為 Security Controller 紀錄著資訊家電的存取權限資訊。
- 步驟6. Message Dispatcher 從 Agent DB 取出操作冷氣機的代理程式執行碼，並將該執行碼附加在遠端操作需求訊之息後。
- 步驟7. Message Dispatcher 呼叫 Protocol Builder 對步驟 6 所產生的延伸需求訊息重新打包，必要的話，還要加上某些特定協定（如：CEBus）的標頭。
- 步驟8. Message Dispatcher 傳送訊息封包給正確 RM 的 Message Handler。

#### ◆ 步驟 9 至步驟 16 發生在 RM

- 步驟9. Message Handler 收取來自 RG 的需求封包後，取出原需求訊息及操作冷氣機的代理程式執行碼。
- 步驟10. Message Handler 呼叫 Schema Manager 將 ASN.1 格式的訊息轉換成 XML 格式，然後將轉換後的訊息連同操作冷氣機的代理程式執行碼送往 Operation Controller。
- 步驟11. Operation Controller 隨即將操作冷氣機的代理程式執行碼作必要的安裝或處理，之後派出行動代理人開啟客廳冷氣機。

- 步驟12. 當成功開啟冷氣機後，行動代理人將確認訊息回傳給 Operation Controller。
- 步驟13. Operation Controller 移除已安裝的行動代理程式。
- 步驟14. Operation Controller 將 XML 格式的確認訊息回傳給 Message handler，message Handler 呼叫 Schema Manager 將 XML 格式的確認訊息轉換成 ASN.1 格式。
- 步驟15. Message Handler 呼叫 protocol builder 將 ASN.1 格式的確認訊息重新包裝。
- 步驟16. Message Handler 將確認訊息封包回傳給 RG 的 message dispatcher。

◆ 步驟 17 至步驟 19 發生在 RG

- 步驟17. Message Dispatcher 在收到來自 RM 的封包後取出確認訊息。
- 步驟18. 必要時，Message Dispatcher 呼叫 Security Controller 對確認訊息進行加密處理。
- 步驟19. Web Server 將來自 Message Dispatcher 的確認回覆資訊透過瀏覽器傳給 John。

#### 4.4 小結



在這一章裡，本文提出一套家庭網路的分散式操作與管理架構，系統單晶片結合行動代理人技術支援遠端操作功能，網際網路的 SNMPv2 協定延攬至遠端管理部分，而在遠端管理實作上採用 XML 技術，XML Schema 取代傳統的 SNMP SMI，用來建構被管理物件，XML 文件組成 MIB 實體。本文提出的分散式家庭網路架構由三種元件組成，分別是：residential gateway、room manager 及 managed information appliance，而 RG 與 RM 的組合正好構成一種分散式運作的環境，藉由這樣的設計，使得家庭網路的遠端操作與管理機制既穩固又有效率。而回顧本章內文，主要著重在介紹本章的主軸：分散式家庭網路架構，而實作上採用的 XML 技術並沒有多作太多描述，因此，本小結將本架構中與 XML 有關的部分提出來略作說明：

1. 如何定義被管理物件的 XML schema？

被管理物件的 XML Schema 是遠端管理功能的核心議題，而 XML Schema 的內容定義與被管理物件的管理屬性有絕對的關係；目前，資訊家電的分類尚無定義上的共識，再者，未來資訊家電的種類眾多，管理屬性亦勢必大異其趣，所以，本文對被管理物件的 XML Schema 的定義暫不多作闡述！

2. 何謂 Registration Server 管理的 XML 文件？

遠端操作與管理不外乎藉由家庭網路之外的資訊設備對家庭網路裡的資訊家

電進行存取動作，而存取作業與設備註冊、設備定址機制有關；而設備註冊與定址所需的資訊，由 Registration Server 負責處理，Registration Server 所管理的 XML 文件正是這些註冊資訊的儲存實體；至於用來產生這些 XML 文件的 ML Schema 將於下一章探討家庭網路的網路位址轉換機制時一併探討並定義（即針對架構中的三個元件，提出各自的 XML schema 結構）。

3. 如何進行 ASN.1 訊息與 XML 訊息的格式轉換？

ASN.1 與 XML 格式轉換機制已經存在許多公認的方法，包括：XML Encoding Rules (XER) [51]、ASN.1/XML Translator[52]…等，所以，訊息格式轉換在實作上不是大問題，本文在此即不作贅述。



## 伍、家庭網路的網路位址轉換機制

無論是一般通訊網路或家庭網路，最基本且最重要的議題之一就是設備定址的方式。而在 TCP/IP 的架構中，原本的 IPv4 定址模式顯然已經不足以滿足 IP 網路對 IP 位址的需求，儘管 IPv6 的研究已行之多年，但伴隨著 IPv6 而來的網路再造工程，還不是目前的網路軟硬體廠商及網路使用人能夠承擔的。因此，網路位址轉換機制就成為當下最為具體可行的替代方案。

Network address translator 是目前在 Internet 上最常被使用的網路位址轉換 (Network Address Translation, NAT) 方法，然而，Network address translation router (NAT router) 在運作上卻會和某些必須仰賴 IP 資訊以運作的協定 (IP-sensitive protocols) 產生相容性問題。為解決 NAT 先天上的缺失，Realm Specific IP (RSIP) 於是被提出，並於 2002 年正式成為 Request for Comment (RFC) 正式文件 [53][54]，雖然在本質上，RSIP 能避免與 IP sensitive protocols 造成運作上的衝突，但 RSIP 在實際運作上，卻有可能發生一些混亂現象 (complications) [54]。

### 5.1 Realm Specific IP



NAT 已經成為目前解決網際網路之 IP 位址不足的最普遍技術，網路位址轉換路由器 (NAT router) 能夠讓私有網路 (網路內之主機使用私有 IP 位址，如：192.168.0.1) 跨接至網際網路 (網際網路內之主機使用合法 IP 位址，如：140.113.123.123)，因為私有網路內的主機所擁有的 IP 位址只能在該私有網路中被識別，路由器必須在封包被送往網際網路之前，將封包中的私有位址結構轉換成合法的位址結構。Srisuresh & Holdrege [55] 定義了四種常用的 NAT 運作方式，分別是：traditional NAT [56]、bi-directional NAT、twice NAT 及 network address and port translation (NAPT)。然而，當封包中的 IP 位址及埠號 (port) 資訊因其他通訊協定的需要必須進行額外處理，如：加密運算時，NAT 機制就會發生問題，因為 NAT router 無法解讀被加密後的 IP 位址及埠號資訊。RSIP 是避免這類限制的替代方案，RSIP 的基本觀念是允許位於某一網段 (如：某一私有網路 A) 的主機能夠向另一網段 (如：網際網路上的某一網段 B) 借用位址或其他路由參數...等資源，使得網段 A 內的主機猶如身處網段 B 中，而能與網段 B 中的其他主機進行直接溝通。在 RSIP 的架構中，RSIP server 取代了傳統的 NAT router，而原來要求連外的主機，則通稱為 RSIP hosts；近幾年來，RSIP 已經被廣泛地應用在必須同時兼顧安全通訊及網路位址轉換的環境中，Tal 等人 [57] 提出一套點對點的家庭網路安全架構；Montenegro & Borella [58] 提出一種能夠讓 RSIP 與 IPSec 整合運作的機制；Launois 等人 [59] 也在提出的 extrusted subnets 中，以 RSIP 為其網路位址轉換機制。儘管 RSIP 能同時滿足網路位址轉換及配合安全相關通訊協定的需求，

但在實際運作時，還是有可能發生一些混亂現象，Borella... 等人[54]就指出 RSIP 的混亂現象，雖然這些混亂現象並不會使得在 RSIP 上運作的應用程式因而宣告失敗，但是卻有可能造成例外的或無規則可循的狀況。

## 5.2 RSIP 混亂現象

### Complication 1 : Unnecessary TCP TIME\_WAIT

#### ◆ 問題描述：

一般而言，當 TCP 連線 (socket) 中斷時，連線狀態會進入 TCP TIME\_WAIT 並持續一段時間，當連線狀態處於 TCP TIME\_WAIT 時，該主機便會拒絕與其他使用同一個 socket (相同的來源與目的 IP 位址與埠號) 的主機進行通訊。以 Realm Specific Address and Port IP (RSAP-IP) 運作方式為例，RSIP host (主機 A) 借用 RSIP gateway 提供的位址/埠號組合 (tuple)，如：140.113.73.55:3128，以連結外部公開的主機 (S)，當主機 A 與外部的主機 S 之連線中斷，主機 A 必須歸還借來的 tuple 給 RSIP gateway；倘若此時 RSIP gateway 馬上將此同一資源 (140.113.73.33:3128) 借給另一台內部網路上的主機 (B) 使用，而主機 B 正企圖連線至主機 S，則該連線將會被拒絕而宣告失敗。

### Complication 2 : ICMP State in RSIP Gateway

和一般 NAT router 一樣，RSIP gateway 必須具備與 Internet Control Message Protocol (ICMP) 保持正常運作的能力，例如：RSIP gateway 必須能將來自外部網路的 ICMP responses 傳至發送 ICMP request 的正確 RSIP host。在 ICMP 的 messages 中，query message 通常是依 ICMP request packet 的表頭內容作回應，而 error message 是依相對應的 IP packet 的表頭內容作錯誤回應，而當 RSIP 必須處理 ICMP messages 時，就可能產生以下兩種問題：

#### ◆ 問題描述 1：

被用來辨別 ICMP query messages 的正規 ICMP 封包表頭涵蓋四個重要欄位：來源 IP 位址、ICMP 識別、ICMP 序號及目的 IP 位址 (合稱 ICMP tuple)，RSIP gateway 必須透過這些資訊將來自外部的 ICMP responses 對應到正確的 RSIP host。然而，如果有兩個以上的 RSIP hosts 使用了相同的 ICMP tuple，就會產生對應上的矛盾現象。

#### ◆ 問題描述 2：

對於某些在封包中並未包含 ICMP 識別的 message (例如：“destination unreachable”錯誤訊息) 而言，若僅靠 IP 位址而想分辨不同的錯誤訊息幾乎是不可能的。

### Complication 3 : Fragmentation and IP Identification Field Collision

#### ◆ 問題描述：

假設在相同的私有網路中有兩個以上的 RSIP hosts 採用 fragmentation 方式傳送封包給相同的外部主機，一旦這些封包中的 IP header ID 相同，則會使得該外部主機在處理這些被分段的封包時發生混亂現象。

### Complication 4 : Application Servers on RSAP-IP Hosts

#### ◆ 問題描述 1：

傳統 NAT 在使用上所面臨的最大限制之一，就是不能以公認埠號對外提供服務，RSAP-IP 一樣也有相同的使用瓶頸。因為目的埠號是一項重要的路由資訊，所以，任何兩個 RSAP-IP 主機是不能夠在使用相同 IP 位址的情形下，又使用相同的埠號對外提供服務。

#### ◆ 問題描述 2：

一般來說，想透過 RSIP gateway 來指定存取某一個 RSIP host 是很困難的，因為對外部主機而言，RSIP hosts 是被隱藏在 RSIP gateway 之內的，因此，無法對 RSIP hosts 做直接存取，事實上，外部主機根本就無法得知 RSIP hosts 的存在。

### Complication 5 : Determining Locality of Destinations from an RSIP Host

#### ◆ 問題描述：

理想上，RSIP host 必須有能力分辨封包的傳送是屬於內部傳送或必須透過 RSIP 機制作外部交換。



### Complication 6 : Implementing RSIP Host Deallocation

#### ◆ 問題描述：

當 RSIP host 已經不需要再使用已借用的 IP 及 port 時，是否需要釋放這些資源是一項值得討論的議題。一般來說，動態釋放 RSIP 資源的作法是不被建議使用的，因為動態釋放機制的實作可能必須對其他 IP 層協定做必要的修改；再者，在考慮運作效率的情況下，也不建議大量的主機共享單一 IP address，因此，在許多實際的使用案例裡，RSIP 主機並不會進行資源釋回的動作。然而，只擁有少量的 IP 位址，而採用 RSAP-IP 方式的子網路，在此情形下，必定會面臨 port number 短缺的問題。

### Complication 7 : Multi-Party Applications

#### ◆ 問題描述：

Multi-Party (多方) 應用在定義上必須具有至少一項下述特徵：

1. 應用程式運作的兩個獨立主機之間，透過第三方 (third party) 來設定任務進行或連線。

2. 整個運算作業分處於若干主機之間，以致於個別主機必須能和其他主機作直接連線。

在面對 Multi-Party applications 時，RSIP 就有先天上的缺陷，當某些主機位於私有的位址範圍 (addressing realm)，而其他若干主機位於公開的位址範圍時，欲與這些主機連線的 RSIP 主機並無法分辨何時應使用私有位址或公開位址；更特別的是，如果連線的多方是以公開的 IP 位址作為通訊時的識別時，立即造成運作失敗。

儘管上述的混亂現象並不會造成 RSIP 運作上的錯誤，但卻極有可能造成許多無法預期及難以解決的例外狀況，所以，必須詢求解決！

## 5.3 RSIP<sup>H</sup>

在考慮必須配合安全性相關協定的運作前提下，家庭網路的網路位址轉換機制以RSIP為最理想選擇，但是，RSIP並不是針對HAN而設計的，所以，RSIP的使用必須根據HAN的特性而有所修正，因此，本論文根據家庭網路的特性提出RSIP<sup>H</sup>，RSIP<sup>H</sup>修改了以訊息交換 (message exchange) 為運作方式的RSIP通訊協定，以及隱藏在訊息內容裡的相關參數設定。儘管RSIP<sup>H</sup>修改了RSIP協定及參數設定，使其符合家庭網路特性，但RSIP的混亂現象依舊被繼承到RSIP<sup>H</sup>。

### 5.3.1 RSIP<sup>H</sup> 協定

在RSIP中定義了17種交換訊息，然而，對家庭網路來說，並非所有RSIP定義的交換訊息都是必要的，其中的 ASSIGN\_REQUEST\_RSA-IP、ASSIGN\_RESPONSE\_RSA-IP、LISTEN\_REQUEST及LISTEN\_RESPONSE就不包含在本文所提的RSIP<sup>H</sup>裡。ASSIGN\_REQUEST\_RSA-IP與ASSIGN\_RESPONSE\_RSA-IP的使用只適用於 Realm Specific Address IP (RSA-IP)，RSA-IP是兩種RSIP method的其中一種 (註<sup>3</sup>)。根據本文上一章所提出的家庭網路架構，每一個HAN裡只有一個合法的公開IP位址，所以，RSAP-IP是唯一建議使用在HAN中的RSIP method，也就是說，ASSIGN\_REQUEST\_RSA-IP與ASSIGN\_RESPONSE\_RSA-IP是沒有必要設計在RSIP<sup>H</sup>協定裡的。此外，LISTEN\_REQUEST是RSIP host用來向RSIP gateway要求在特定IP位址及埠號上註冊成為server的要求訊息，而LISTEN\_RESPONSE是RG針對LISTEN\_REQUEST的回應，一旦LISTEN\_REQUEST被允許，RG就必須將欲傳送至已註冊之IP位址及埠號的封包轉送給該提供服務的RSIP主機，不過，在考慮安全通訊的原則下，本文僅建議RG提供所有的對外服務，換言之，LISTEN\_REQUEST與LISTEN\_RESPONSE在HAN裡也是沒有必要存在的。

---

註<sup>3</sup>：RSIP method 將在 RSIP<sup>H</sup> 參數設定一節 (5.3.2) 中作詳細介紹。

當HAN裡的MIA打算與其他外部主機建立連線時，網路位址轉換機制就必須被啟動。RSIP<sup>H</sup>透過剩下的13種RSIP交換訊息來支援網路位址轉換功能，這13種共區分為5階段的交換訊息所構成的RSIP<sup>H</sup>協定如圖5-1所示，而交換訊息內所使用的參數及參數設定值於下一節（5.3.2）緊接著探討。

### Phase 1 : Registration.

- (1). REGISTER\_REQUEST(Address(local private)) : MIA嘗試向RG註冊，MIA傳送私有IP位址給RG供作de-multiplexing用途。
- (2). REGISTER\_RESPONSE(Client ID, Lease Time) : RG回傳一個Client ID以及Client ID的使用期限給MIA。

### Phase 2 : Resource Allocation.

- (3). QUERY\_REQUEST(Client ID, Indicator, Address) / QUERY\_REQUEST(Client ID, Indicator, Network, Netmask) : QUERY\_REQUEST訊息被MIA用來向RG詢問指定的位址（或網段）是屬於區域位址（網段）或遠端位址（網段），查詢對象是位址或網段由參數indicator來區別。
- (4). QUERY\_RESPONSE(Client ID, Indicator, Address) / QUERY\_RESPONSE(Client ID, Indicator, Network, Netmask) : RG針對區域位址（網段）或遠端位址（網段）的查詢需求予以回應，查詢結果（包括：區域位址、區域網段、遠端位址或遠端網段）以參數indicator來區別。而一旦確定欲連線的位址或網段是屬於遠端，則皆下來的資源指定程序就是必要的。
- (5). ASSIGN\_REQUEST\_RSAP\_IP(Client ID, Lease Time) : MIA和RG進行協調以爭取資源指定，要求指定的資源包括：RG的公開IP位址，以及其他可供路由參考的參數…等，此外，MIA也會在提出需求時註明連結時間（a lease time for binding）。
- (6). ASSIGN\_RESPONSE\_RSAP\_IP(Client ID, Bind ID, Address(local public), Port, Lease Time, Tunnel Type) : RG回應給MIA一個bind ID，以及賦予這個bind ID的相對應公開IP位址與埠號，同時，訊息中還包括最後由RG給定的資源使用期限，並確認連通型態（tunnel type）。Bind ID的使用在於區別具備相同client ID的連線需求。

### Phase 3 : Data Transfer. The MIA starts to send/receive packets.

- (7). ERROR\_RESPONSE(Client ID, Bind ID) : 如果傳輸過程發生錯誤，RG會回傳錯誤訊息給相對應的MIA。
- (8). EXTEND\_REQUEST(Client ID, Bind ID, Lease Time) : MIA要求延長所指定的bind ID的資源使用期限。
- (9). EXTEND\_RESPONSE(Client ID, Bind ID, Lease Time) : RG針對要求延長資源使用期限的回應。

#### Phase 4 : Resource Deallocation.

(10).FREE\_REQUEST(Client ID, Bind ID) : MIA打算釋放Bind ID.

(11).FREE\_RESPONSE(Client ID, Bind ID) : RG同意MIA釋放Bind ID以及相對應的借用資源。

#### Phase 5 : Deregistration.

(12).DE-REGISTER\_REQUEST(Client ID) : MIA向RG申請取消註冊。

(13).DE\_REGISTER\_RESPONSE(Client ID) : RG知會MIA已被取消註冊。

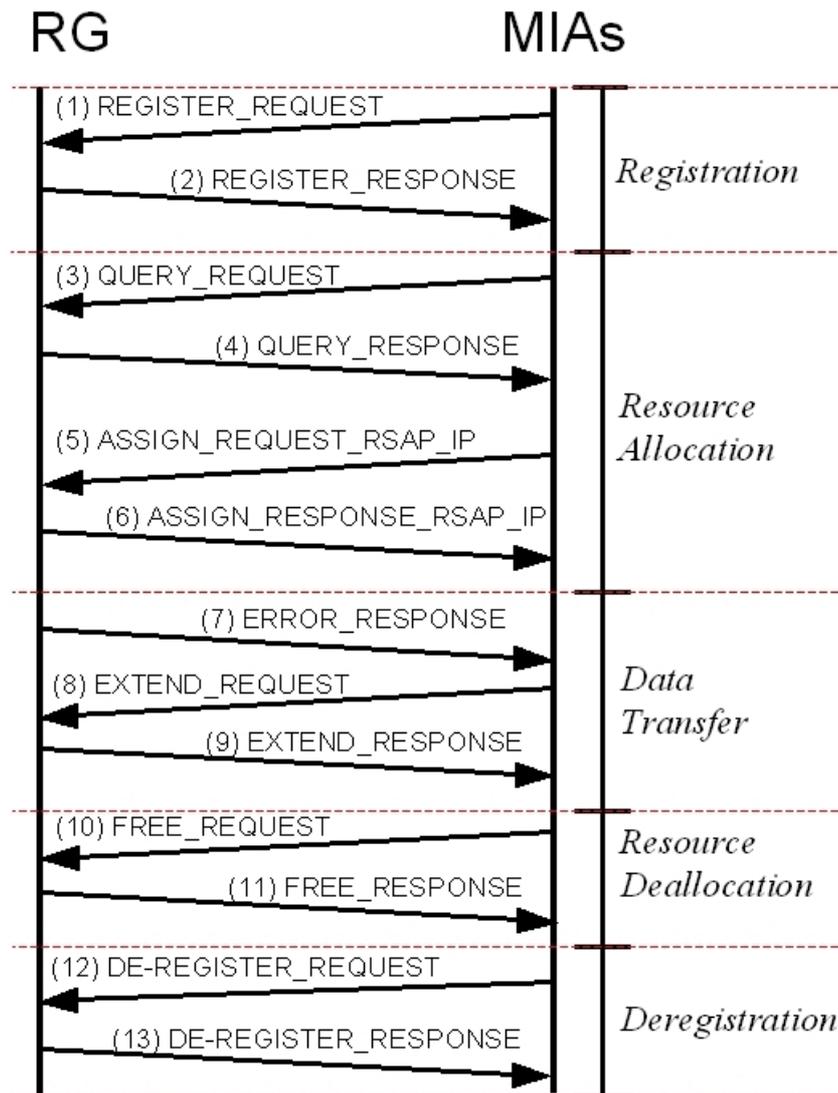


圖 5-1 RSIP<sup>H</sup> 訊息交換示意圖

### 5.3.2 RSIP<sup>H</sup> 參數設定

在本文所提出的 RSIP<sup>H</sup> 中，依舊採用 RSIP 所定義的參數，但參數設定值將因家庭網路的特性而有所差異，詳述的參數設定描述如下：

1. RSIP Method：這個參數指定RSIP的運作模式，傳統定義下的RSIP method有兩種：RSA-IP與RSAP-IP。RSA-IP是指RSIP host能自公開的位址範圍內選用一個唯一的IP位址，而RSAP-IP則是指RSIP host除了被賦予一個IP位址（通常是好幾個RSIP hosts共享一個相同的IP位址）外，還加上幾個唯一的埠號。根據本文上一章的介紹，因為HAN裡只有一個公開的IP位址，所以，RSAP-IP是唯一適用在HAN的RSIP method。
2. Flow Policy：這個參數用來同時指定近端與遠端的流量策略。一般定義的近端流量策略包括：macro-flow與micro-flow；而一般定義的遠端流量策略包括：macro-flow、micro-flow與no policy。一般來說，HAN裡的MIA數量是很多的，所以，埠號就變成是一種相當重要的網路資源，有必要嚴格控管。因此，本文建議在HAN裡採用micro-flow的近端流量策略，在micro-flow的策略下，每一個主機的需求只能剛好被配置一個埠號，這種策略雖然會影響主機在要求資源上頗受限制，但卻能讓RG可以對埠號進行比較嚴格的控管。至於遠端的流量策略，在近端採取micro-flow策略的情形下，遠端亦採用micro-flow是比較合理的。總而言之，本文建議在HAN中採以較嚴格的流量架構，也就是近端與遠端都使用micro-flow策略。
3. Address：這個參數包含定址資訊（IPv4格式、IPv6格式或是符合標準的網域名稱），因為HAN可視為網際網路的延伸，為使普及率高的網際網路應用能直接移植至HAN環境，並減少移植複雜性，本文建議在HAN中採用目前仍被廣泛使用的IPv4位址格式。
4. Port：這個參數的內容可以是零個或多個TCP（或UDP）埠號，此參數具備兩種格式，一種屬於單一埠號規格，另一種則多重埠號規格。因為本文建議HAN採用micro-flow策略，所以，此參數只需要單一埠號的規格欄位。
5. Lease Time：這個參數在RSIP裡是註明主機註冊或取得網路資源使用權的使用期限，單位以秒計算。RSIP<sup>H</sup>亦同。
6. Client-ID：這個參數指定一個Client-ID，在RSIP裡，Client-ID是RSIP gateway賦予RSIP主機，並藉以區別不同RSIP主機的依據。RSIP<sup>H</sup>亦同。
7. Bind-ID：這個參數指定一個Bind-ID，在RSIP裡，Bind-ID被用來區分不同的RSIP需求。RSIP<sup>H</sup>亦同。
8. Tunnel Type：在RSIP裡，這個參數指定RSIP host與RSIP gateway之間的連通型態。一般定義的tunnel types包括：IP-IP、GRE與L2TP。一般而言，HAN是受RG保護的安全區域網路，所以，除非有特別的需求，否則，使用IP-IP即可。
9. Error：在RSIP裡，這個參數指定錯誤碼。RSIP<sup>H</sup>亦同。
10. Indicator：這個參數屬於一般用途，參數意義取決於自訂的使用目的，一般在使用這個參數前，必須明確定義其意義以及所有可能的設定值，在RSIP<sup>H</sup>架構下，Indicator最明確的使用是定義在QUERY\_REQUEST與QUERY\_RESPONSE這兩個訊息裡。
11. Vendor Specific Parameter：這個參數專門用來支援特定設備供應商使用。

## 5.4 RSIP<sup>H</sup> 混亂現象的解決方案

本文所提出的RSIP<sup>H</sup>修改了RSIP及其參數設定，但是，RSIP<sup>H</sup>卻也繼承了5.2節所描述的RSIP的混亂現象。在這一個章節裡，本文針對每一個混亂現象提出能避免或減少其影響的解決方法。以RSIP<sup>H</sup>為基礎的RG必須為達到網路位址轉換的目的而儲存Client ID、Bind ID、Address、Port、Lease Time…等參數的值，而為了解決使用RSIP<sup>H</sup>時所產生的混亂現象，本文建議在RG裡額外儲存其他必要資訊，並且提出使用一個埠號範圍（port realm）來支援部分混亂現象的解決，port realm可以是一個堆疊或佇列結構，內容存放的是已經被使用過且已被釋出的埠號。針對RSIP<sup>H</sup>混亂現象，本文分別提出解決方案如下：

### Complication 1：Unnecessary TCP TIME\_WAIT

#### ◆ 解決方案：

為了解決這個問題，所有IP位址與埠號組合（tuple）的狀態，都必須被記錄下來，包括：最近被釋放（recently de-allocated）的IP與埠號組合。其中，被標註為RECENTLY\_DEALLOCATED的IP與埠號組合必須被持續作記超過兩分鐘後才能真正被釋放，因為在一般實作上，TIME\_WAIT的最長時限為兩分鐘（RFC793：2MSL）。除了保留IP與埠號組合的狀態外，為提高新需求取得埠號的效率，凡是被釋出的埠號必須被置放在本文所提出的port realm裡，當新的網路位址轉換需求發生時，RG產生一個新的IP與埠號組合，這個組合涵蓋RG所持有的唯一IP位址以及取自port realm的埠號，萬一port realm是空的，RG就必須隨機產生一個新的埠號並查核該新的埠號是否已被使用中，也就是說，RG必須產生一個沒有被使用中的埠號，而這些動作顯然較使用port realm更缺乏效率。

### Complication 2：ICMP State in RSIP Gateway

#### ◆ 針對問題1的解決方案：

為了區別使用相同IP位址的ICMP requests/responses，ICMP identifier的值就必須被記錄下來，在網際網路的一般實作上，ICMP訊息裡的ICMP identifier與sequence number可視傳送方的需要自行設定其值[60]。因此，解決方法就是將ICMP identifier的值設為RG給予的埠號值，因為對每一個連線需求來說，埠號是唯一的，所以，根據埠號設定的ICMP identifier也是唯一的，就能夠據以分辨不同的ICMP requests/responses，而ICMP訊息封包裡的sequence number就可以忽略不計。

#### ◆ 針對問題2的解決方案：

本文建議在解決這個問題時，由RG檢查IP標頭裡的IP位址以及ICMP訊息封包中資料部分所涵蓋的埠號資訊，然後根據比對Port參數來找出錯誤訊息應對應的MIA，因為對每一個連線需求來說，埠號是唯一的。

### Complication 3 : Fragmentation and IP Identification Field Collision

#### ◆ 解決方案：

為了解決這個衝突問題，作為fragmentation識別用的IP identifier就必須被記錄下來，本文並建議將IP identifier的值設為RG所給定的埠號值，因為埠號是唯一的，所以，IP identifier也會是唯一的，就能避免不同的連線封包在進行fragmentation時，卻誤用相同IP identifier的衝突情形發生。

### Complication 4 : Application Servers on RSAP-IP Hosts

#### ◆ 針對問題1的解決方案：

一般而言，發生在HAN裡的應用絕大部分是屬於遠端操作與管理，MIA並不需要提供固定的對外服務，縱使部分MIA有意使用well-known port而自成對外公開的伺服器，基於安全考量，本文強烈建議以RG作為橋樑，而不要讓外部主機能直接對MIA進行存取，換句話說，由MIA使用well-known port來作為伺服器是不能被允許的，所以，在本文所提的HAN架構中，這個問題是不會存在的。

#### ◆ 針對問題2的解決方案：

從實際使用的觀點看來，HAN裡的MIA是被內部或外部使用者操作或管理著的，因此，能否使用有異亦的識別方式來辨認MIA是相當關鍵的議題，而有意義的識別應該是像設備名稱（device name）或設備識別碼（device ID）…之類容易記憶的名稱，而不是單純的IP位址，基於這樣的設計理念，能夠進行重新導向（redirection），類似於Domain Name Service（DNS）的名稱-設備對應（name-device mapping）機制就是解決這個問題的替代方案，所有有利於辨認MIA的設備屬性都應該在實作時被設計在對應機制裡。

### Complication 5 : Determining Locality of Destinations from a RSIP Host

#### ◆ 解決方案：

基本上，HAN可以被視為被RG區隔開來的網際網路的子網路，當任意的MIA被安裝至HAN時，與MIA相關的參數會被紀錄在RG所持有的註冊資訊庫（registration repository）中，包括由RG所指派的私有IP位址（註<sup>4</sup>）。而註冊資訊庫中的參數Address是被用來來儲存每一個MIA的私有IP位址，集合所有Address參數的值，正好形成內部網路的IP列表，再加上絕大部分的MIA都是屬於固定位置（fixed-location）的家電用品，所以，這份列表的內容更新狀況應該不會太迅速，因此，透過RG對該列表的查詢，MIA就能先查清楚封包傳送是屬於HAN區域內互傳，還是必須使用RSIP<sup>H</sup>，待取得IP與埠號組合後，再將封包往外傳送。

---

註<sup>4</sup> RG 理論上應支援 Dynamic Host Configuration Protocol（DHCP）機制。

## Complicatiion 6 : Implementing RSIP Host Deallocation

### ◆ 解決方案：

在HAN裡，RG是唯一具備公開IP位址的設備，而所有的MIA在對外連線時都必須共同分享這個唯一的IP位址，僅以不同的埠號以示區別，由此可知，埠號是很珍貴的，因此，有效的埠號分配機制是重要的。因為HAN裡的應用大多是屬於即時性，且生命週期較短，所以，本文才提出port realm來記錄已被釋放的埠號，並藉以有效提升埠號分配的效率，同時，將打算釋出的埠號放到port realm的作法，其實就是一種有效的de-allocation機制，所以，也就不需要特別的dynamic port deallocation mechanism。此外，因為port realm的使用已經包含埠號釋出的功能，一般為了避免因埠號不足而必須額外再制訂的其他de-multiplexing fields，在本文所提的RSIP<sup>H</sup>裡就不是那麼需要了。

## Complication 7 : Multi-Party Applications

### ◆ 解決方案：

以資料包為基礎 (datagram-based) 的網際網路所採用的路由方法是造成RSIP<sup>H</sup>無法搭配執行multi-party applications的瓶頸，因為路由器必須分析IP封包標頭來決定傳送路徑，而在這種路由架構下，IP封包標頭與路由機制密不可分，IP資訊的改變會直接影響封包傳送的路徑，當然，RSIP<sup>H</sup>也一定會造成影響。再加上RG不可能給予打算進行multi-party applications的MIA個別獨立的公開IP位址，所以，只要是採用資料包的交換技術，就不可能在使用RSIP<sup>H</sup>的情況下運作multi-party applications。目前看來，比較可行的解決方式就是改用其他的交換技術，於是，本文建議採用與IP協定無關的交換技術，例如：multi-protocol label switching (MPLS) [61][62]。標籤交換 (label switching) 技術將IP封包的傳送與標籤交換的路由機制分開來，標籤交換是將短而固定長度的標籤加在封包標頭之前，之後透過標籤之間的交換取得封包傳送應循的路徑，而毋須分析IP標頭，因此，在標籤交換技術還沒開始傳送封包之前，已經能在multi-party application的來源端與目的端間建立確定的封包傳送路徑，而封包在傳送時，標籤的交換與使用是不變的。雖然標籤交換技術看似能解決這個問題，但是是否所有HAN裡的應用都能正常搭配標籤交換技術卻是另一個值得探討的議題。

## 5.5 RSIP<sup>H</sup> 模擬系統實作

為能進一步評估RSIP<sup>H</sup>的可用性及執行效率，本文實作出以XML為基礎的模擬系統。

### 5.5.1 以 XML 技術為基礎的模擬系統

RSIP<sup>H</sup>是一種網路位址轉換機制，必須記錄一些參數以維持位址轉換機制的正常運作，而在本文之前的章節裡也已描述，為解決RSIP<sup>H</sup>在執行時可能發生的混亂現象，若干必要的資訊也需要在連線期間被額外地記錄下來，因此，在實作模擬系統時，資料存取的方式自然是設計系統時的關鍵考量；再加上，本文在第四章以XML技術定義被管理物件，因此，本模擬系統以XML技術作為資料收集技術，並不考慮X.500目錄（directory）結構或其他資料庫管理系統，因為，XML具備以下好處：

1. 較小的儲存需求：因為XML文件是包含結構化資訊的文字型態檔案，只需要少量的儲存空間。
2. 容易維護：因為XML Schema是包含邏輯結構的文字型態文件，使得動態修改結構以符合新的資訊家電規格變得更加容易，所以，XML schema的使用很適合應付快速改變的資訊家電產業。
3. 支援多樣的顯示需求：Extensible style-sheet language（XSL）提供多種顯示樣版（templates），使得擁有不同顯示規格的設備（如：PDA、行動電話、車用電腦…等）能存取相同的XML文件。

#### 5.5.1.1 XML Schema 設計

本文在實作上為RSIP<sup>H</sup>定義了四個XML Schemas。表5-1至表5-4分別定義了RG、RM、MIA以及RSIP<sup>H</sup>參數的XML Schema，表5-1描述RG的XML Schema，表5-2描述RM的XML Schema，表5-3描述MIA的XML Schema，而表5-4描述專門記錄RSIP<sup>H</sup>參數的XML Schema，其中包括三個專門用來解決RSIP<sup>H</sup>混亂現象的擴充標記（tags），RG根據這四種Schemas來產生必要的XML文件，而HAN裡任一設備的所有屬性都被儲存在由其所屬的XML Schema（RG、RM或MIA）所產生的相對應XML文件裡，而這些產生出來的XML文件紀錄著設備的必備資訊，例如：Home\_Name、RM\_Name、MIA\_Name、Description…等。將這些XML文件整合起來，則可視為註冊資訊庫，至於參考RSIP<sup>H</sup>參數的XML Schema所產生的XML文件則是用在支援RSIP<sup>H</sup>連線。除此之外，正如本文第四章所描述的，RG提供WWW服務，當網際網路上的主機試圖連結MIA（如：數位電視）時，WWW服務機制必須提供以XML為基礎的網頁，使得身處遠端主機的使用者能透過點選適當而具有意

義的名稱識別（例如：設備的MIA\_Name）來進行遠端操作與管理。換句話說，藉由瀏覽器的使用，遠端操作與管理的需求能在名稱-設備對應（name-device mapping）機制的輔助下正確傳送至目的MIA。

除了第四個XML Schema外，RG、RM與MIA三個XML Schema是設計來建構所有家用設備的屬性結構，並藉以支援名稱-設備對應機制。家庭網路的成員能在登入HAN後以存取相對應的XML文件中的標記內容來進行遠端操作與管理，因為一般人為了容易記憶，在指定或描述事物時通常使用慣用名稱或措辭（例如：DeviceName、PhoneNumber、Location…等），所以，在存取家用設備的屬性時，在考慮易讀性的情形下，以慣用名稱或措辭作為標記名稱是合理的。一般來說，慣用名稱或措辭的命名完全取決於使用人，所以，慣用名稱或措辭的使用會出現衝突現象是必然的結果，再加上XML文件的產生是依據XML Schema，參考同一個XML Schema所產生的不同的XML文件自然會包含相同的標記名稱，例如：所有的RM都會有一個共同的標記名稱（RM\_ID）來記錄個別RM的識別碼。為了解決這種矛盾問題，我們使用XML技術裡的命名空間（Namespaces）機制[63]迫使標記在真正被引用時具有唯一性。

XML的命名空間是W3C在1999年1月提出，大約是XML 1.0版規格定案一年之後才完成。這個規格定義在一個XML文件中併用好幾個XML應用規格或DTD的機制。這個機制具有兩項優點：

1. 可合併使用多個標準的標記語彙：可以在一個XML文件中直接使用其他XML應用規格所定義的標示語彙，而不用自行發明新的標示語彙。在發展XML應用系統時，許多元素已經在其他行之多年的應用規格中定義了。引用這些規格，可以節省研發的時程，也可與標準同步。
2. 使系統設計模組化：在XML應用系統中呼叫已設計好的各個XML應用規格的軟體模組，而不需自行撰寫該功能。

一份XML應用規格或DTD中所定義的所有的標籤及屬性的集合，稱之為「標記語彙」（Markup Vocabulary）。當混用多個標記語彙時，會產生下列兩項問題：

1. 名稱重複：來自不同的標示語彙，可能發生標籤或屬性名稱相同而無法區別的困境。
2. 軟體不易處理：軟體系統不易區別各個標籤及屬性來自哪個標記語彙。

命名空間這份規格的解決方案就是，簡單地以參引（reference）到URI的前置字串（prefix）加在各個標籤及屬性名稱之前的方式，明確地指定（qualify）其所屬的XML應用規格。

URI (Uniform Resource Identifier) 資源識別字串，是用於在網路環境中識別文件、可供下載的檔案、各式服務及電子郵箱等等的各式資源。URI 是 URL 及 URN 的超集合 (superset)，也就是除了 URL 及 URN 的資源定址方法之外，還提供容納新定址方式的可能性。URL (Uniform Resource Locator) 為網址，是個已定義好的格式，用於讀取目前網路上的各式資源，例如：http:、ftp:、gopher:、news: 及 mailto: 等通訊協定的資源。URN (Uniform Resource Name) 是任何一個機構所承諾，永久有效的資源名稱，它使用 urn: 的機制標明某一項資源。這個資源並不一定實際在網路上存在，而是一本實體的書籍。是實體的資源，也並不一定存在，例如：已經失落或是尚未出版的書籍。但是這個 URN 值確切地標明是某本書。目前 URN 在網路上並沒有一個普遍使用的機制可以轉換為 URL 值，以便讀取該資源。

W3C 在多年前已在各個規格中以 URI 取代 URL 來表示資源地址了。在每個 XML 應用規格中，都會定義其 Namespace 的 URI 值。每個規格都有個獨一無二 Namespace 的 URI 值，即使是同個規格的版本也會有不同的 URI 值。

XML 技術正漸漸在產官學界普及應用，可以預見的是，在不久的將來，許多產業組織將會為其需要定義 XML 標記語彙，並為標記語彙的命名空間定義眾所周知 (well-known) 的 URIs，方便其領域裡 XML 的應用。不過，目前在資訊家電產業裡還沒有定義出特定的標記語彙的 XML 命名空間，而為了本模擬系統的實作，我們暫時先定義了一些 URI 樣本來使用。

表 5-1 RG 的 XML Schema

```

<Schema name="RG">
.....
<ElementType name="RG_ID" dt:type="Id"/>           <!--The identifier of RG
<ElementType name="Home_Name" dt:type="String"/>   <!--The common name of HAN
<ElementType name="IP_Address" dt:type="Uri"/>     <!--The public IP address of HAN
<ElementType name="Manager" dt:type="Id"/>         <!--The manager of RG
<ElementType name="Telephone" dt:type="String"/>   <!--The telephone number of HAN
<ElementType name="Location" dt:type="String"/>    <!--The location address of HAN
<ElementType name="Description" dt:type="String"/> <!--The related description of RG
<ElementType name="RM"/>                           <!--The RMs of RG
.....
</Schema>

```

表 5-2 RM 的 XML Schema

```

<Schema name="RM">
.....
<ElementType name="RM_ID" dt:type="Id"/>      <!--The identifier of RM
<ElementType name="RM_Name" dt:type="String"/> <!--The common name of RM
<ElementType name="Owner" dt:type="String"/>  <!--The owner of RG, the default owner is RG
<ElementType name="PrivateAddress" dt:type="Uri"/> <!--The private address of RM
<ElementType name="Description" dt:type="String"/> <!--The related description of RM
<ElementType name="MIA"/>                    <!--The MIAs of RM
.....
</Schema>

```

表 5-3 MIA 的 XML Schema

```

<Schema name="MIA">
.....
<ElementType name="MIA_ID" dt:type="Id"/>      <!--The identifier of MIA
<ElementType name="MIA_Name" dt:type="String"/> <!--The common name of MIA
<ElementType name="Owner" dt:type="String"/>  <!--The owner of MIA
<ElementType name="PrivateAddress" dt:type="Uri"/> <!--The private address of MIA
<ElementType name="Description" dt:type="String"/> <!--The related description of MIA
.....
</Schema>

```

表 5-4 RSIP<sup>H</sup> 參數的 XML Schema

```

<Schema name="RSIPH">
.....
<ElementType name="LeasedAddress" dt:type="Int"/> <!-- The address given by RSIP gateway
<ElementType name="LeasedPort" dt:type="Int"/> <!--The port number given by RSIP gateway
<ElementType name="ICMP_ID" dt:type="Id"/> <!--The ICMP identifier
<ElementType name="FragIP_ID" dt:type="Id"/> <!--The Fragmentation identifier
<ElementType name="LeaseTime" dt:type="Time"/> <!--The leased time duration for each RSIP
<ElementType name="TupleState" dt:type="String"/> <!--The state of RSIP tuple
.....
</Schema>

```

利用前三種XML Schema所產生的XML文件能解決第四種混亂現象的第二個問題，因為文件裡的標記能視為註冊資訊的邏輯結構，而所有的標記內容正好形成完整的註冊資訊庫。至於其他RSIP<sup>H</sup>混亂現象的解決，就必須使用下述定義在XML Schema裡的標記：

1. *PrivateAddress*(原有的)：定義在RM與MIA的XML schema裡，這個標記被用來紀錄每一個RSIP<sup>H</sup>主機的私有IP位址，這個標記所組成的內容集合可被視為一張完整的位址列表，有助於避免第五種混亂現象。
2. *LeasedPort*(原有的)：定義在RSIP<sup>H</sup>參數的XML schema裡，這個標記被用來紀錄每一個RSIP<sup>H</sup>的位址與埠號組合 (tuple) 中的埠號內容，這個標記被用來解決第四種混亂現象的第一個問題。
3. *ICMP\_ID*(新定義的)：定義在RSIP<sup>H</sup>參數的XML schema裡，這個標記被用來區分包含相同的IP位址的相異ICMP訊息，這個標記被用來解決第二種混亂現象。

4. *FragIP\_ID*(新定義的)：定義在RSIP<sup>H</sup>參數的XML schema裡，這個標記被用來紀錄進行fragmentation時的IP identifier，這個標記被用來解決第三種混亂現象。
5. *TupleState*(新定義的)：定義在RSIP<sup>H</sup>參數的XML schema裡，這個標記被用來紀錄已被指定給RSIP<sup>H</sup>主機使用的位址埠號組合的使用狀態 (state)，這個標記被用來解決第一種混亂現象。

### 5.5.2 RSIP<sup>H</sup> 的運作案例

本文針對系統模擬提出兩個運作案例，一個是使用者 (John) 由外部對 HAN 的 MIA (冷氣機) 進行遠端操作，另一個案例是 MIA (消防警報器) 要求對外連線傳送資訊，案例運作圖如圖 5-2 所示：

#### 5.5.2.1 Device Installation and De-installation

MIA 在使用前必須先在 HAN 裡完成安裝註冊。在本例中，John 先安裝好兩個 MIA，一個是客廳裡的冷氣機，另一個是廚房裡的消防警報器。在 MIA 個別向 RG 送出 REGISTER 要求訊息後，RG 裡的 DHCP 機制分別給予這兩個 MIA 一個私有 IP 位址，並且產生兩個分別相對應到個別 MIA 的 XML 文件，以及確定文件裡的標記 (包括：MIA\_ID、Owner、PrivateAddress...等) 的內容值。

而當本例中的冷氣機及消防警報器已不再使用，就必須自 HAN 移除並取消註冊。在這兩個 MIA 個別向 RG 送出 DE-REGISTER 要求訊息後，兩者的所有設定值都會被清除掉，而相對應的 XML 文件也會被移除。

#### 5.5.2.2 A remote operation outside John's home

正在辦公室上班的 John，想在下班回家前打開家裡客廳的冷氣機，過程如以下步驟所述：

- 步驟1. John 透過網際網路登入 RG 的 web server，藉由網頁的瀏覽與鏈結，John 能正確找到客廳裡的冷氣機位址在 HAN 裡的位置。
- 步驟2. John 將冷氣機的屬性 PowerON 的值設為 YES，藉以開啟冷氣機。

#### 5.5.2.3 Fire alarm inside John's home

一旦偵測到火災，消防警報器就必須趕快傳送火災訊號給消防勤務中心，過程如以下步驟所述：

- 步驟1. 當消防警報器被觸動，消防警報器就必須通知消防勤務中心。消防警報器向 RG 送出 QUERY、ASSIGN 與 EXTEND (必要時) 訊息，要求取得

位址與埠號組合，而支援這一項 RSIP<sup>H</sup> 連線的 XML 文件也會在 RG 裡被產生出來，而該 XML 文件裡的標記（包括：LeasedAddress、LeasedPort、TupleState…等）的值也會被確認並儲存下來。

步驟2. 消防警報器緊接著將火災訊號透過 RG 轉送到網際網路上的火災勤務中心。

步驟3. 當火災訊號傳送完成後，消防警報器遞送 FREE 訊息給 RG，從而釋出借來的 IP 位址及埠號。

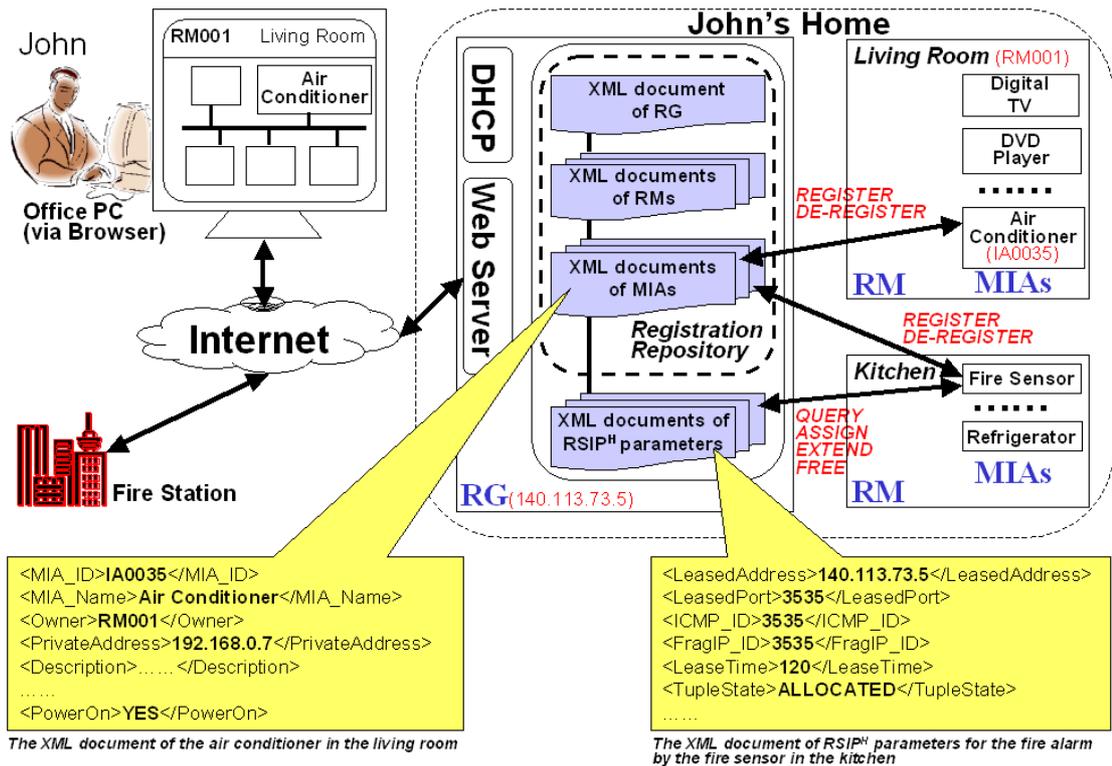


圖 5-2 RSIP<sup>H</sup> 的運作案例示意圖

### 5.5.3 模擬分析

本模擬系統使用了前一個章節定義的 XML Schemas，並以 Java 程式語言撰寫模擬系統程式碼，在 Pentium-III 等級 CPU 配合 256MB RAM 的硬體條件的 PC 上執行。為了有意義地進行比較，RSIP<sup>H</sup> 及 RSIP 個別實作模擬並依評比指標相互比較。此外，因為模擬過程需要網路封包的處理，所以，使用 self-similar network traffic generator[64]來產生接近網際網路流量行為的模擬封包，模擬封包的分佈情形屬於 Pareto-distributed。而模擬參數設定如下：

1. Link load（代表網路頻寬的指標[64]）：分別設定為 0.1、0.3 與 0.5。
2. 連線需求數量：分別設為 100、300、500、700 與 1000。

一般來說，Link load 值愈高，網路壅塞情況愈明顯。

### 5.5.3.1 效能評比指標

本文透過埠號產生次數的累計來評估所提出的 port realm 的使用情況；而以執行時間的評量來評估 RSIP<sup>H</sup> 的效能。

1. 埠號產生次數 (*Times of port generation*)：為了衡量本文所提出的 port realm 的使用成效，以隨機產生埠號的機制為對照組，以埠號產生次數的多寡作為評比指標，次數愈少代表埠號的使用情形愈佳。
2. 執行時間 (*Execution time*)：因為 RSIP<sup>H</sup> 修改了 RSIP 並透過將資料記錄在 XML 文件的方式解決執行時可能發生的混亂現象，所以，這些額外的處理作業將影響 RSIP<sup>H</sup> 的執行效能是可以理解的，但影響程度究竟為何，就值得實際模擬比較一下，而比較方式就是評估 RSIP<sup>H</sup> 與 RSIP 在不同的模擬參數值下的執行時間，為求凸顯 RSIP<sup>H</sup> 與 RSIP 的差異，模擬過程僅針對協定中的 Resource Allocation、Data Transfer 與 Resource Deallocation 三階段。

### 5.5.3.2 模擬結果與分析

模擬結果如圖 5-3 至圖 5-5，及表 5-5 所示。圖 5-3 至圖 5-5 顯示在不同 link load 下，埠號使用的比較，而表 5-5 顯示在不同的模擬參數值下，RSIP<sup>H</sup> 與 RSIP 的執行時間比較。根據對結果的判讀，得到以下觀察結果：

1. 因為 RSIP<sup>H</sup> 配合本文所提的 port realm 產生較少的埠號，所以，在處理埠號不足的問題上比隨機產生埠號的方式更為有用。
2. 比較 RSIP<sup>H</sup> 與 RSIP 的執行時間，發現當連線需求數量增加時，RSIP 比 RSIP<sup>H</sup> 耗費更多的執行時間。因為 RSIP<sup>H</sup> 能花比較少的時間進行埠號指定作業。
3. 比較 RSIP<sup>H</sup> 與 RSIP 在不同 link load 的執行時間，發現當 load 愈重時，RSIP<sup>H</sup> 需要花較多的執行時間，因為 RSIP<sup>H</sup> 必須產生較多的 XML 文件。
4. 一般來說，HAN 的 MIA 都是被遠端操作與管理，換句話說，HAN 具有以下兩項明顯的特徵：(a)低的流量負載(b)短時間內產生大量連線需求，基於這兩個特徵，在 HAN 中使用 RSIP<sup>H</sup> 顯然會比使用 RSIP 更為有用及有效。

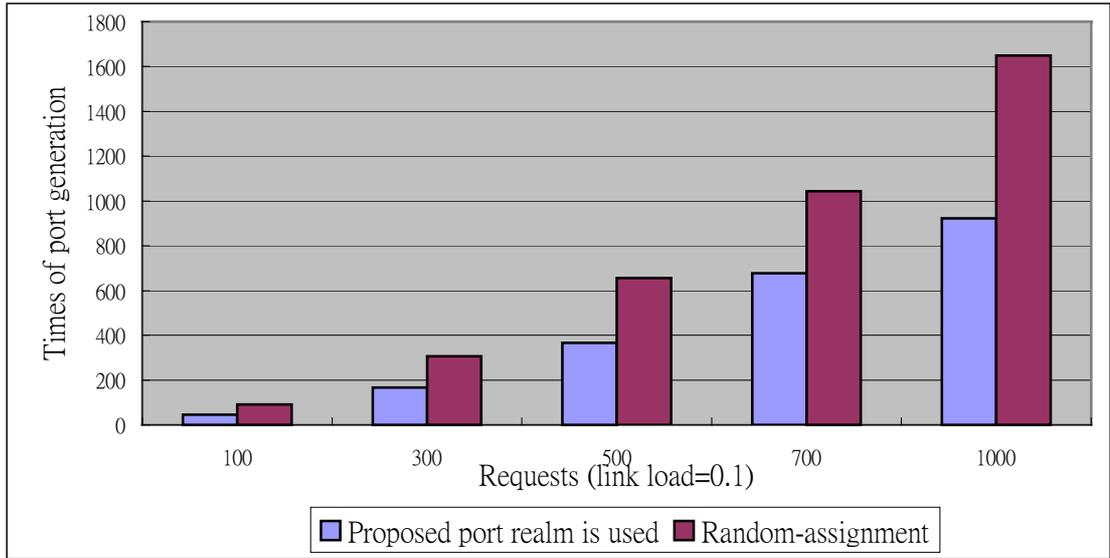


圖 5-3 link load=0.1 之埠號產生次數比較圖 (使用 port realm vs. 隨機產生)

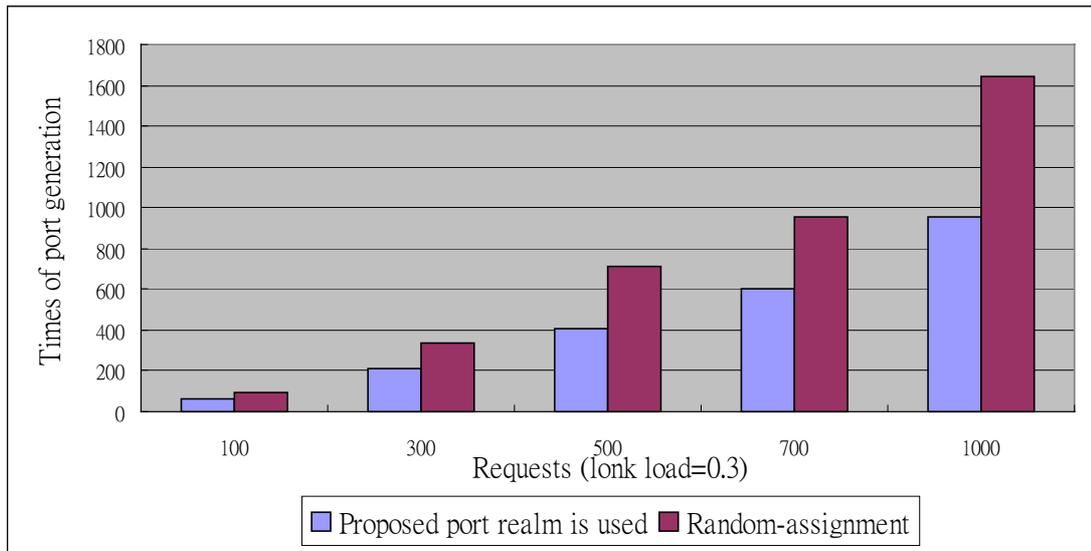


圖 5-4 link load=0.3 之埠號產生次數比較圖 (使用 port realm vs. 隨機產生)

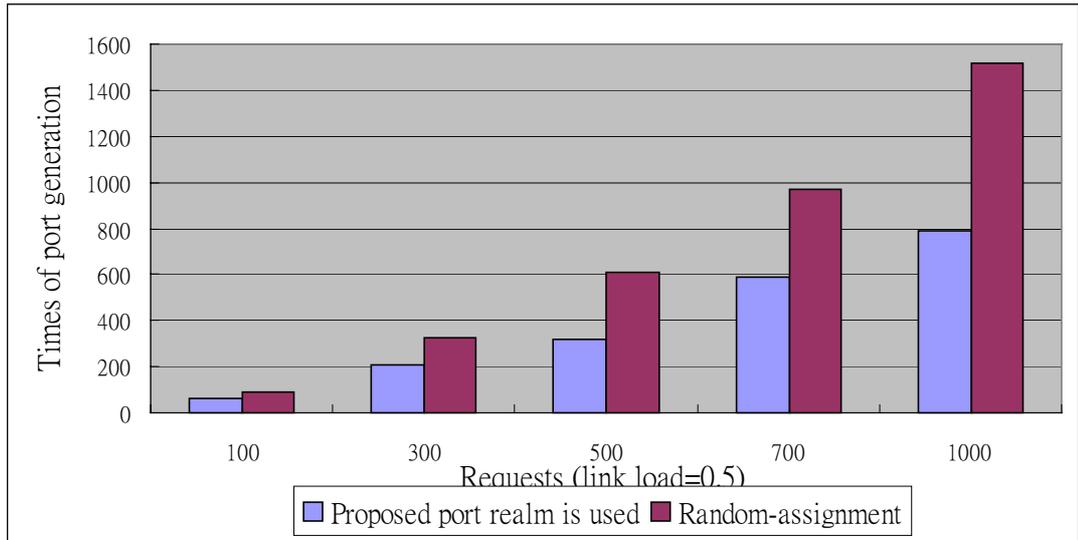


圖 5-5 link load=0.5 之埠號產生次數比較圖 (使用 port realm vs. 隨機產生)

表 5-5 RSIP<sup>H</sup> 與 RSIP 的模擬執行時間比較表 (link load vs. 連線需求數)

Link load	Requests	RSIP <sup>H</sup>		RSIP	
		Times of port generation	Execution time (milliseconds)	Times of port generation	Execution time (milliseconds)
0.1	100	46	42735063	91	42735037
	300	167	525235846	306	525235882
	500	366	1874221515	656	1874221704
	700	678	4940102877	1044	4940102977
	1000	923	8521077660	1649	8521078460
0.3	100	60	36891177	94	36891094
	300	209	255001455	340	255001697
	500	408	710035793	709	710035892
	700	599	1369818908	954	1369819145
	1000	958	3100158721	1646	3100159038
0.5	100	63	22575801	91	22575791
	300	209	192132339	325	192132272
	500	319	509520378	608	509520328
	700	591	1072379930	971	1072379864
	1000	792	1823452639	1520	1823452553

## 5.6 小結

在這一個章節裡，本文介紹了家庭網路的網路位址轉換問題，並從而提出適用在家庭網路環境的網路位址轉換機制 RSIP<sup>H</sup>，RSIP<sup>H</sup> 修改了 RSIP 協定以及 RSIP 的參數設定，同時也提出 RSIP<sup>H</sup>（以及 RSIP）混亂現象的解決方案，透過對模擬系統的分析，證明在家庭網路裡使用 RSIP<sup>H</sup> 比使用 RSIP 更為有用且有效，不過，在家庭網路的網路位址轉換機制範圍裡，仍有下列幾項議題值得進一步研究探討：

1. 當資訊設備行動化的趨勢愈來愈明顯時，如何在 RSIP<sup>H</sup> 的使用下整合 Mobile IP 技術以支援行動設備的使用是一項必要且值得研究的議題。
2. 當 MIA 的數量與日遽增時，似乎有必要探究串聯式 (cascaded) RSIP<sup>H</sup> 的實作議題。
3. 以 RSIP<sup>H</sup> 為基礎的 RG 能滿足 HAN 對網路位址轉換功能的需求，但根據第四章的描述，RG 也必須同時支援其他重要機制的運作，包括：quality of service、firewall、Authentication, Authorization, and Account (AAA)、access control...等，如何避免這些不同功能可能產生的潛在衝突是值得研究的議題。



## 陸、家庭網路的網路服務品質保證

Internet 已成為多數人生活中不可分割的一部份，E-Mail、ICQ 成為相當重要的通訊工具，電子商務 (electronic commerce, EC) 促成更快速、更方便的消費模式。而一旦 TCP/IP 延伸至家庭網路，網路電話 (Internet telephony)、隨選視訊 (video on demand, VOD)，乃至於隨選多媒體 (multimedia on demand, MOD)、互動式電視 (interactive TV) …等新型態的應用服務，將進一步使得 Internet 與人類生活密不可分。儘管 Internet 在通訊技術及頻寬擴充上發展迅速，但是基本架構卻鮮少改變，傳統的 Internet 可視為以資料包 (datagram) 為基礎的網路，每一個封包在網路中以獨立運作的方式進行遞送，因此，封包遞送的時間完全無法被掌握，而封包往往也會因網路壅塞而造成遺失，這樣的不利狀況顯然不適合提供像 Internet telephony、VOD、MOD…等服務，因為這一類的服務需要較連續的資料傳送，無法允許傳輸過程中過度的資料遺失或延遲的現象發生。事實上，許多 Internet 上新一代的應用或服務，其運作時所需符合的基本要求，早已超出 Internet 的原始設計，其中最具爭議性的議題有兩項，一是缺乏效能保證 (performance assurance)，一是未落實服務差異化 (service differentiation)。

### 6.1 Internet 服務品質爭議



本節簡短介紹服務品質保證的觀念及使用在 Internet 上的重要 QoS[65-68] 架構。

#### 6.1.1 缺乏效能保證

Internet 的資料包運作模式幾乎沒有資源管理 (resource management) 的機制可言，以致於無法對網路使用者提供傳輸品質方面的保證，當使用者需要存取大量的音訊或視訊資料時，部分網段會因而形成過度忙碌 (busy) 而使得封包完全無法傳送；而多數即時互動性的服務 (real-time interactive services)，比如：視訊會議 (video conference) 或 Internet telephony，卻需要某種最低程度的資源保證以使得運作有效。Internet 這種傳輸效能上的缺失，在面臨愈來愈多的即時性服務需求下，亟需尋求解決之道。

#### 6.1.2 未落實服務差異化

目前的 Internet 對所有的通訊封包一視同仁，它只能提供同等級，也是唯一等級的服務，然而實際上，Internet 上不同種類的服務卻需要不同程度的資源需

求。以網路電話為例，網路電話對傳輸延遲及封包遺失程度相當敏感，當延遲狀況或封包遺失率超出網路電話所能允許的最低容忍程度時，網路電話的應用即可視為無效；然而，像檔案傳輸這一類並不強調即時互動性的服務，對傳輸延遲或封包遺失的容忍度顯然就高出許多！除此之外，使用者自訂的品質需求也會直接影響該項服務對傳輸延遲及封包遺失的容忍度，因此，針對不同的使用者需求訂定不同的服務等級是必須的。

簡單地說，若能在網路上提供相當程度的效能保證及服務差異化就稱為服務品質保證。目前，要在 Internet 上施行 QoS 有兩大落實方向，一是資源配置(resource allocation)，Integrated Service (IntServ, RFC 1623, RFC 1633) 及 Differentiated Service (DiffServ, RFC 2430, RFC 2475) 是 Internet 上兩種資源配置的主要架構。另一是效能最佳化 (performance optimization)，而多重協定標籤交換 (multiple protocol label switching, MPLS) 是達成頻寬保證及效能最佳化的重要架構。

## 6.2 Internet 服務品質保證

### 6.2.1 資源分配模型



基本上，許多 Internet 上的服務問題肇因於不當的資源配置，網路封包之所以遺失或延遲傳送通常是網路資源無法適切地滿足所有封包的需求。一般的通訊網路是由共享的資源（如：頻寬與緩衝區）組成，而這些資源必須供給彼此競爭的使用者。而一個具備 QoS 機制的網路必須在資源配置上扮演起主動的角色，藉以決定誰能取得網路資源？以及能得到多少網路資源？目前 Internet 在實際使用上並沒有特別指定任何主動式的資源配置機制，所有的封包都是以先到先服務 (first-come first-serve) 為運作原則，同時也沒有提供允入控制(admission control) 的機制，換言之，使用者可以任意而不受限地傳送封包進入網路。為解決 Internet 在資源配置方面的問題，IntServ 及 DiffServ 於是被提出，以期能進一步促成 Internet 上 QoS 的施行。基本上，IntServ 係透過針對個別服務進行資源保留 (resource reservation) 以達到資源保證，而 DiffServ 則是同時結合了進入點監控 (edge policing)、頻寬提供 (provisioning) 及資料流優先權 (traffic prioritization) 的機制。

#### 6.2.1.1 Integrated Service

IntServ 的架構係以每一資料流 (per-flow) 的資源保留為基礎，為了達到資源保證，每一個網路服務必須在開始傳送資料前，先確定可被賦予的資源保留量。資源的保留包含以下步驟：首先，該項服務必須先提出對網路資源的需求量，然

後依此需求為準，先透過路由（routing）協定決定一條傳輸路徑，再利用保留協定（reservation protocol）循著該路徑以設定相關的保留資訊，路徑上的每一個節點必須仰賴允入控制來檢查是否有足夠的資源可提供給該項服務提出的資源保留需求。一旦整個資源保留程序完成，該網路服務即能透過以它的需求為根據所建立的獨有路徑來傳送資料，而必要時，資源保留機制必須仰賴路由器一類的網路元件來進行封包分類及排程的工作。

IntServ 架構又可分為兩種運作模式，一是保證服務（guaranteed service），一是控制下的負載服務（controlled load service）。保證服務透過嚴格的允入控制及公平的佇列排程，以決定最高可容忍的延遲限度及最適頻寬，這種服務模式主要針對在延遲性上需要絕對擔保的應用；而控制下的負載服務並不計算確切的延遲限度及頻寬，而代以程度上的保證，這種模式能提供比傳統 best-effort 更好的保證，也能做到比保證服務更具實作彈性，且可降低施行成本。然而，IntServ 的使用主要還是針對需長時間運作且對延遲情況相當敏感的應用，而在目前的 Internet 使用上，以全球資訊網為運作平台的應用（web-based applications）愈來愈多，這些絕大部分屬於較短運作時間的網路應用，通常會在短時間內大量產生，如果採以 IntServ 來作資源配置，將造成 IntServ 在進行資源保留設定時的過份負載（overhead）；此外，IntServ 必須在傳輸路徑的每一個節點上，針對每一個個別資料流作分類及排程的工作，這將明顯不利於高速網路的運作，於是，DiffServ 應運而生。

### 6.2.1.2 Differentiated Service

基於 IntServ 不利於提供 Internet 中多數 web-based applications 的資源配置，IETF 便於 1997 年以區分不同服務等級為設計原則，發表 DiffServ 架構。DiffServ 同時結合了進入點監控、頻寬提供及資料流優先權三種機制來達到服務差異化。在 DiffServ 的架構中，任一資料流都必須被歸入某個轉送類（forwarding classes），而每一個轉送類在各個進入點上都有資料流數目的總額限制，藉由對允許進入的資料流數目作調整，即能達到不同等級的頻寬提供，進而做到不同等級的資源保證。

DiffServ 架構中的進入點必須負起將網路封包對應到適當轉送類的責任，並同時擔起流量監控的工作，凡是未經允許的封包，必須被丟棄、暫緩傳送或標成其它的轉送類。每一個封包的轉送類直接記錄在封包的標頭（packet header）裡，當封包在進入點被標上轉送類識別後，網路中的中間節點即能藉由這項資訊以提供不同的傳送服務。DiffServ 並不需要資源保留程序（與 IntServ 不同），所以，網路中間節點在配合 DiffServ 運作的實作上相當容易，而真正比較複雜的封包分類程序僅發生在流量相對較少的邊緣節點（進入點）。

## 6.2.2 效能最佳化

除了加強資源配置的架構及服務模式外，QoS 的另一項重要工作就是在理想的資源配置情況下達到效能最佳化，換言之，即是如何在網路中以最有效的方法達到最大的傳輸量 (throughput) 及最低的傳輸成本。無可諱言地，效能最佳化是建置 QoS 時非常重要的一環，然而，Internet 的資料包路由方式並不包含效能最佳化的機制，良好的使用擴充性及連線狀況的正常維持才是 Internet 的主要運作考量。一般 Internet 的路由協定係根據一些簡單的指標，如：延遲狀況，來決定到達目的節點的最短路徑；顯然地，這種簡單的路由方式無法配合資源配置，舉例來說，當想針對某一需求進行資源保留程序時，必須決定出整個路徑能夠提供的資源，如：頻寬，然而，IP 路由卻無法提供相關的有用資訊以作為決定頻寬的依據。基本上，要做到效能最佳化，就必須在 IP 路由上附加額外的特性，並輔以效能管理工具；近幾年來被熱烈討論及研究的多重協定標籤交換 (MPLS) 是理想的替代方案，MPLS 所使用的明確路由 (explicit routing) 機制是能促成網路效能最佳化的理想技術。MPLS 以標籤交換 (label switching) 技術在 IP 網路上建立虛擬電路 (virtual circuit, VC)，虛擬電路的交換方式能與以目的地為導向的 IP 路由配合，但 MPLS 的明確路由機制卻能進一步達到資料流工程 (traffic-engineering) 的目的。

資料流工程係指藉由有效的頻寬提供及良好的流量控制，對網路效能予以最佳化的過程。在 MPLS 這種交換技術中，短而固定長度的標籤被附加在封包標頭中，並藉以作為封包傳送的依據。當標籤交換路由器 (label switch router, LSR) 收到一份已附加標籤的封包 (labeled packet)，LSR 會讀取標頭中的進入標籤 (incoming label) 來決定接下來的傳送路段 (next hop)，以及相對應的外送標籤 (outgoing label)；在標籤交換技術中，封包於傳輸過程所經過的路徑，稱為標籤交換路徑 (label switched path, LSP)，而 LSP 必須在標籤開始交換之前先行建立起來。簡單地說，MPLS 是一種可以改善傳統 IP 路由採用跳躍式傳輸缺點的可行方案，能提供較佳的傳輸品質。

## 6.3 家庭網路之網路服務品質架構

本文於第 6.2 節介紹了 Internet QoS 的相關技術，包含 IntServ 及 DiffServ 兩種資源配置的架構，以及提升網路效能的 MPLS 技術，本節將接著探討適用在 HAN 的 QoS 架構。一般來說，QoS 的運作乃是仰賴一系列相關機制的相互配合，這些機制包括：服務分類 (classification)、允入控制 (admission control, AC)、封包排程 (packet scheduling)、緩衝區管理 (buffer management)、轉送系統 (forwarding system) 及路徑維護功能 (path maintenance function)，功能架構圖

如圖 6-1 所示。而本文提出的 HAN QoS 架構，正是對以上機制進行研究分析，並藉以提出適用於 HAN 的解決方案。所以，HAN QoS 架構的建置，應個別針對上列機制作設計，並斟酌技術上之配合。唯家庭網路因有大量遠端操作管理的需求，勢必產生許多小量而生命週期較短的即時互動服務，因此，在 HAN 的機制設計考量上，比較偏向 DiffServ 架構以服務分類作運作精神的 QoS 機制。而在建構相關機制之前，釐清 HAN 中 QoS 的特性及特殊需求是首要任務，並以此作為服務分類的依據。事實上，在考慮簡單確實的原則下，本文針對 HAN QoS 的設計著重在服務分類與緩衝區管理，該兩者的設計細節將自下一章起作深入的分析探討，而其他機制的設計，本文即不多作著墨。不過，允入控制與封包排班和緩衝區管理機制有絕對的關係，因此，本節針對允入控制與封包排班作簡要的介紹，至於轉送系統及路徑維護功能，因為與 HAN 外的網路有關，本文也不多作闡述。

在允入控制部分，一般來說，允入控制可分為 parameter-based AC (PBAC) 及 measurement-based AC (MBAC) [69] 兩種方式，簡單地說，PBAC 是依當時網路進入點的實際資源分配狀況，及提出進入的資料流對網路資源的需求，將相關參數予以運算後，決定該資料流可否進入網路，嚴格來說，這一類的演算法只能提供絕對或非動態的資源評估，對於後端整個網路頻寬的使用無法予以最佳化。而 MBAC 一類的演算法，除了參考一般 PBAC 可能用到的參數外，更進一步追蹤已進入之資料流，並記錄必要之量測值，以作為允入控制參考之參數；換言之，MBAC 的運作必須仰賴後續機制，如：buffer management, packet scheduling 的支援，實作複雜度相對較高，然而，較能確實反映網路實際之運作狀況，藉以提升資源使用率 (utilization)，對達到 maximum throughput 能有相當助益。

通過 AC 允許的資料流，會開始傳送封包，然而當大量封包湧入，使得閘道器處理不及時，這些封包就必須在緩衝區 (buffer) 內作必要的處理，等待足夠的頻寬再傳送，而緩衝區可視為一個或多個佇列 (queue) 之集合，而有效的佇列機制必須仰賴適當的佇列結構與排程機制之配合。一般來說，queuing 技術包含以下四種：

1. First-in first-out (FIFO)：該技術完全無 QoS 機制可言，通常是採用單一佇列結構。
2. Priority Queuing (PQ)：採多佇列的結構，每一佇列依優先等級處理相對應之封包，因優先權等級高的封包會先被處理，所以，容易造成封包排程出現不公平結果，使得等級較低的佇列會形成飢渴 (starvation) 現象，再加上當即時互動類的資料流進入緩衝區，PQ 必須將它排入最高優先權的佇列才足以滿足該類服務之 QoS 需求，於是，情況將愈形惡化！
3. Weighted Fair Queuing：多用在 per-flow 的 QoS 機制，需配合資源保留協定。

4. Class-based Queuing (CBQ) [70]: 和 PQ 一樣採優先等級機制，但為避免 PQ 的缺失，會輔以配套的排程機制。

CBQ 採用的排程機制可分為兩類，一是 general scheduler (GS)，另一是 link-sharing scheduler (LSS)。GS 最常用 round-robin 的方式依序送出封包，或是以 weighted round robin (WRR) 的方式，依據每個優先等級個別設定權重，再依序送出與權重百分比相對的各等級封包。LSS 則是事先定義好個別佇列所需的頻寬，但實際頻寬之使用卻是分享的，換言之，當某一類新的資料流欲進入緩衝區時，若該類佇列已到達或超出預設之頻寬設定 (over-limited) [71]，LSS 會試圖尋找其他佇列是否尚存多餘頻寬，並作合理之調度，若否，則進行必要之封包丟棄 (packet discard)。LSS 的優點在於能夠提供彈性的頻寬調整，達到資源有效的分配。

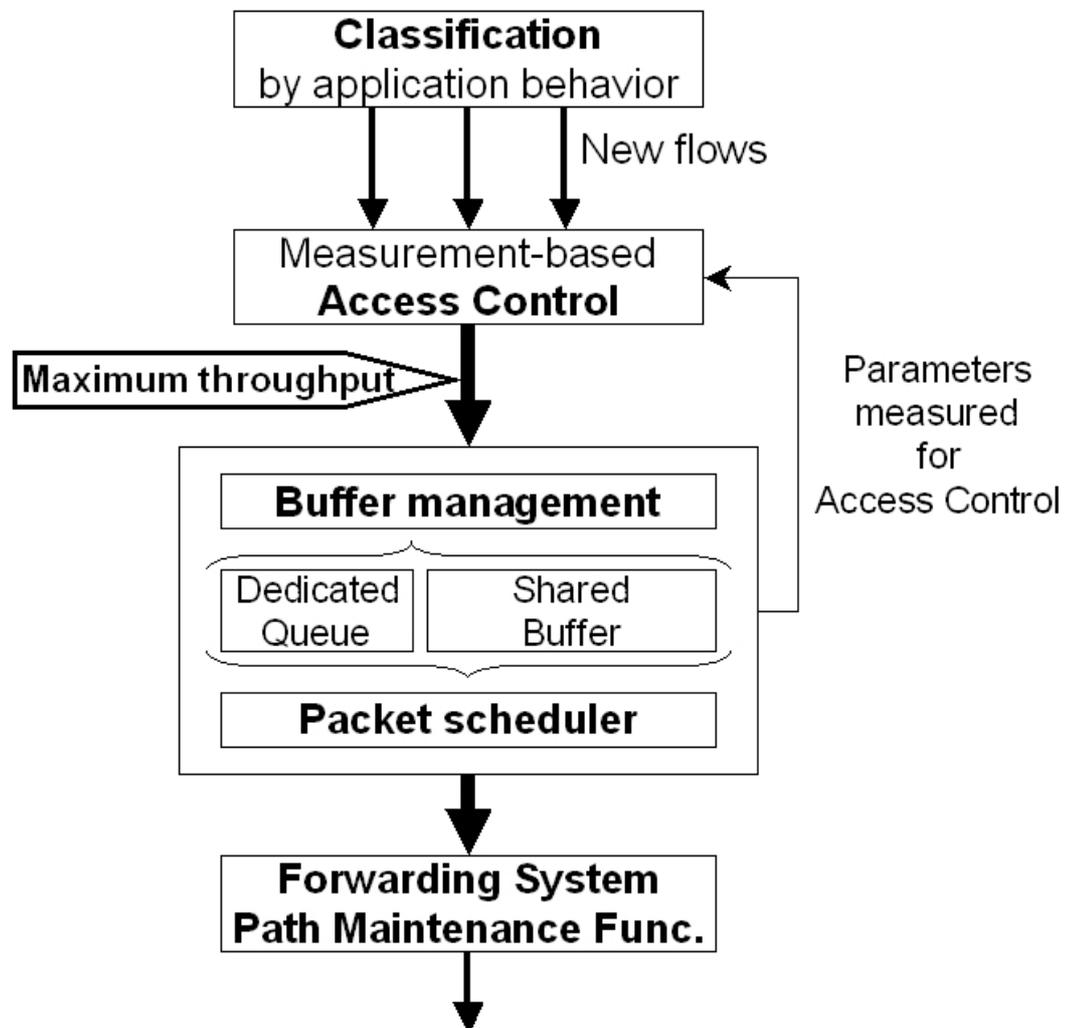


圖 6-1 家庭網路之網路服務品質架構圖

## 6.4 行為導向的服務分類 (BSC)

在服務分類方面，本文提出一套以 IA 操作為分析標的，以行為特性為參考依據的服務分類方式 (Behavior-oriented Service Classification, BSC)。

在本文第二章中曾經提到 IA 的定位並不屬於通用型設備，也就是說，IA 在功能上必定有所區別，而依設備的主要功能訴求將家用設備區分成四類，分別是：視聽娛樂 (entertainment)、通訊 (communication)、設備之操作與控制 (operation and control) 以及安全防護 (security)，而如前文所述，因為 IA 可被視為具有資訊處理能力的家用設備，所以，在本質上，IA 之功能分類亦可參照此法。至於 IA 在 QoS 方面的服務分類，若同樣採以 IA 功能或 IA 設備屬性來分類制訂的話，看似合理，實則不然。舉例來說，家裡的 DVD player 在主要的功能訴求上被歸為視聽娛樂設備，但它所提供的應用與服務，一則可以傳送具娛樂性質的大量資料流，又可送出僅是回覆遠端操作命令的控制訊號，因此，實在無法明確地將 DVD player 歸為某一種服務等級，因此，審慎思考更具有代表性的服務分類法是必要的。

Luoma[72]提出應用服務之區分可依其行為 (behavior) 為區分準則；再者，現行 TCP/IP 中，IP 封包的標頭中所保有之服務型態 (type of service, TOS) 一欄，也是以應用服務之行為特性作為服務等級識別，換言之，HAN 中 QoS 的服務分類，可考慮以被傳送資料的原始服務之行為特性為依據。有鑑於此，本文認為 HAN QoS 的服務分類應以應用服務的行為特性 (application behavior) 為參考指標，於是提出 BSC。

BSC 以行為特性為基準，而行為特性因服務性質而異，所以，整理出不同種類的 IA 以及這些 IA 可能發生的應用 (applications) 是首要步驟。例如：屬於視聽娛樂功能的 DVD player，在操作上可能就有兩種應用，一是視訊播放 (video play)，另一是接受遠端控制 (remote control)；而屬於通訊功能的智慧型電話 (smart phone)，除了可供作一般語音通訊外 (telephone calls)，也可撥打緊急電話 (urgent calls to 911) 或作視訊通訊 (video telephony)。而類似的對應範例如表 6-1 所示。

表 6-1 功能分類下之 IA 及其應用範例列表

Functionality	IAs	Applications
Entertainment	DVD player	Video play
		Remote control
	Play station	Game play
Communication	Smart phone	Telephone calls
		Urgent calls to 911
		Video telephony
	Mobile phone	Telephone calls
		Email
		FTP
Operation & Control	Air-conditioner	Remote operation
	Refrigerator	Remote control
Security	Burglar monitor	Burglar alarming
		Burglarproof video play
	Fire sensor	Fire alarming
	Health monitor	Urgent calls to health station
		Urgent video play

確定 IA 的應用狀況後，接下來就要訂出適用的行為特性指標。基本上，服務分類並沒有一定的規則，它可以依各種特定考量來決定，而網路使用者對網路資源的需求，也往往是以人為觀點來訂定。有鑑於此，本文針對 HAN 中的資料流進行服務分類時，提出四項應用行為（application behavior）的參考指標，分別是即時性（real-time）、緊急性（emergency）、延遲容忍度（delay bound）及交易量大小（traffic volume）。

1. Real-time：以時間特性來說，應用服務可區分為即時性及非即時性，而 IA 的使用多屬遠端操作與管理，因此，絕大部分會發生在 HAN 中的資料流都是即時性的，只有少數與網路管理有關的資料流，如：稽核（auditing）機制所需的紀錄檔（log file）建立，可被歸為非即時性，而通常 HAN 中屬於非即時性的資料流，其重要性及對優先權的訴求並不高，所以，可視為 QoS 分類中需求最低的等級。本指標的值依應用行為是否為即時性分別標示 Yes/No。
2. Emergency：至於即時性資料流，可再依其緊急性、延遲容忍度及交易量大小作區分，在緊急性、延遲容忍度及容量大小三種分類指標中，以緊急性對優先權等級的影響最大，例如：火災警示訊號之緊急性高於網路電話之語音資料，故應優先處理。本指標的值依應用行為是否為緊急性分別標示 Yes/No。
3. Delay bound：而延遲容忍度對優先權等級的影響次之，例如：網路電話之語音資料的延遲容忍度低於觀看數位相片，故應優先處理。本指標的值依應用行為是否為低延遲容忍度分別標示 Yes/No。
4. Traffic volume：至於交易量大小對優先權等級的影響最小，尤其在高速網路的環境中，交易量大小對 QoS 之差異影響不大，但是在實際上，因目前高速網路之建置並未達到理想的普及率，再者，參考 shortest job-first serve 的觀

念，將總量小的資料流先行處理，有助於整體排程工作的進行。所以，也將交易量大小列為應用行為的指標之一，本指標的值依應用行為是否為小交易量分別標示 Yes/No。

以上述四項因子為指標，BSC 將 HAN 中的資料流分成六種優先權等級，如表 6-2 所示。依行為特性分類完成的資料流，於指定優先權並完成記錄後，即被送至網路進入點，透過路徑中的路由器，轉送至最終的目的節點。

表 6-2 以行為特性為參考依據的服務分類表

Priority	Real-time	Emergency	Low Delay Bound	Small Traffic Volume	Applications
P1	Yes	Yes	---	Yes	Fire alarming
					Burglar alarming
P2	Yes	Yes	Yes	No	Urgent calls to 911
					Urgent calls to health station
P3	Yes	Yes	No	No	Burglarproof video play
					Urgent video play
P4	Yes	No	Yes	---	Telephone calls
					Game play
P5	Yes	No	No	---	Video play
					Remote operation and control
P6	No	---	---	---	Email
					FTP

Annotation : "----" means "don't care"

## 6.5 緩衝區管理機制

送入網路的資料流封包，在行經各中間節點時，很少是直接通過而不加處理的，因為每一個優先權等級的分類在各個節點上都有資料流數目的總額限制，必須藉由對要求進入或已經進入的資料流數目作調整，才能達到不同等級的頻寬提供，也才能真正做到差異式服務的品質保證。而進行資料流數目之總額控制的方法，不外乎採用允入控制或緩衝區管理，或者是兩者合併使用。本章則以緩衝區管理為探討對象，提出一套專為 HAN QoS 設計的緩衝區管理機制 (Class-based queuing Priority Buffer Management for HAN, CPBM<sup>H</sup>)。CPBM<sup>H</sup> 主要是根據 Class-based queuing Priority Buffer Management (CPBM) [73] 的精神，再輔以 HAN QoS 的需求特性進行修改；而 CPBM 是一種以 Class-Based Queuing (CBQ) 封包排程的緩衝區管理機制。由此可知，緩衝區管理機制的使用與封包排程方法的選擇有絕對密切的關係。

當網路節點湧入大量封包而無法立即轉送時，這些封包就必須被暫時放置於緩衝區內，等待足夠的頻寬再送出。換言之，當封包到達時，若封包的傳輸速率大於節點輸出埠的處理速率，自然形成佇列的堆積，而當大量封包使得佇列長度達到緩衝區預設之最大值時，就表示網路已經有壅塞的現象。當網路出現壅塞現象時，可使用丟棄封包、封包替換…等方法來控制佇列與頻寬，使資源能保持有效合理的分配，以維持穩定狀態。

緩衝區管理機制與佇列結構有絕對的關聯性，根據佇列結構的不同，可將緩衝區管理機制區分為兩類：

(一)單一佇列之緩衝區管理：

針對簡單而容易操作的單一佇列作管理，常見的方式有三。

1. Tail-Drop
2. Random Early Detection [74]
3. Weighted Random Early Detection [75]

(二)多重佇列之緩衝區管理：

針對邏輯上屬於多個佇列形成之緩衝區作管理，在應用上較單一佇列之緩衝區管理更有彈性。而在多重佇列的結構中，CBQ 是較公平的佇列技術之一，而在研究多重佇列之緩衝區管理機制方面，CBQ 也是常被選為搭配的多重佇列結構。以 CBQ 為基礎而衍生出的多佇列緩衝區管理機制包括以下數種[76]。

1. Complete Partitioning
2. Complete Sharing
3. Complete Sharing Subject to Allocated Minimums
4. Sharing with Maximum Allocation
5. Complete Sharing Subject to Guaranteed Queue Minimums
6. Push-Out (PO)
7. Complete Sharing with Push-Out
8. Push-Out with Threshold (POT)
9. CPBM

礙於篇幅，本文無法對上述之緩衝區管理機制作深入的介紹，僅針對與本文所提之 CPBM<sup>H</sup> 一同進行模擬比較時，列為對照的 Tail-Drop 與 CPBM 作簡單的介紹。

### 6.5.1 Tail-Drop

Tail-Drop (TD) 是相當傳統的管理佇列的技術，TD 記錄著佇列的最大長度，能一直允許封包進入佇列，直到允許進入佇列的資料流數量達到該佇列之最大長度；而已達最大長度的佇列必須等佇列中的資料流被傳送消化後才能接受新進的

資料流。在實際運作上，當封包到達而整個緩衝區空間已被耗盡時，因封包已無法再進入佇列，於是從佇列尾端將封包丟棄，直到佇列已有多餘長度可容納擬進入的封包為止。TD 的運作原理雖然相當簡單，但除了無法支援優先權觀念外，更有下列明顯的缺點，TD 在壅塞的情況下可能會導致一連串的封包被丟棄，直到緩衝區有空間後才停止；此外，若佇列設定的長度較長時，可能會相對地產生嚴重的延遲，甚至導致同步重傳 (retransmit synchronization)，使得已被丟棄的瞬間流量，造成另一波延遲的瞬間流量必須重傳，形成再次壅塞[77]！

### 6.5.2 CPBM

CPBM 支援優先權等級封包的運作觀念，並且使用 CBQ 的參數[71]，如：over-limited，under-limited 作為判斷的依據。CPBM 以優先權等級作為封包處理的參考，而不是佇列長度，基本上，在緩衝區未滿時，每一類的緩衝區空間是完全分享的，但每類有一個資料流上限的門檻設定值以為區別，當任一類的資料流數量超出該類的門檻值時，可借用其他類的佇列空間，但封包必須加註，封包是否加註是爾後進行封包丟棄時的重要參考指標。CPBM 的運作方式如圖 6-2 所示，而 CPBM 有以下四項特色：

1. 緩衝區分享的方式同於 PT 與 POT[78][79]。
2. 佇列的門檻值直接參考 CBQ 的定義。
3. 當佇列長度大於等於該類門檻值時，於 IP 標頭中的 DS field[80]加註。
4. 使用 over-limited 及 under-limited 作為封包過濾的參考指標之一。

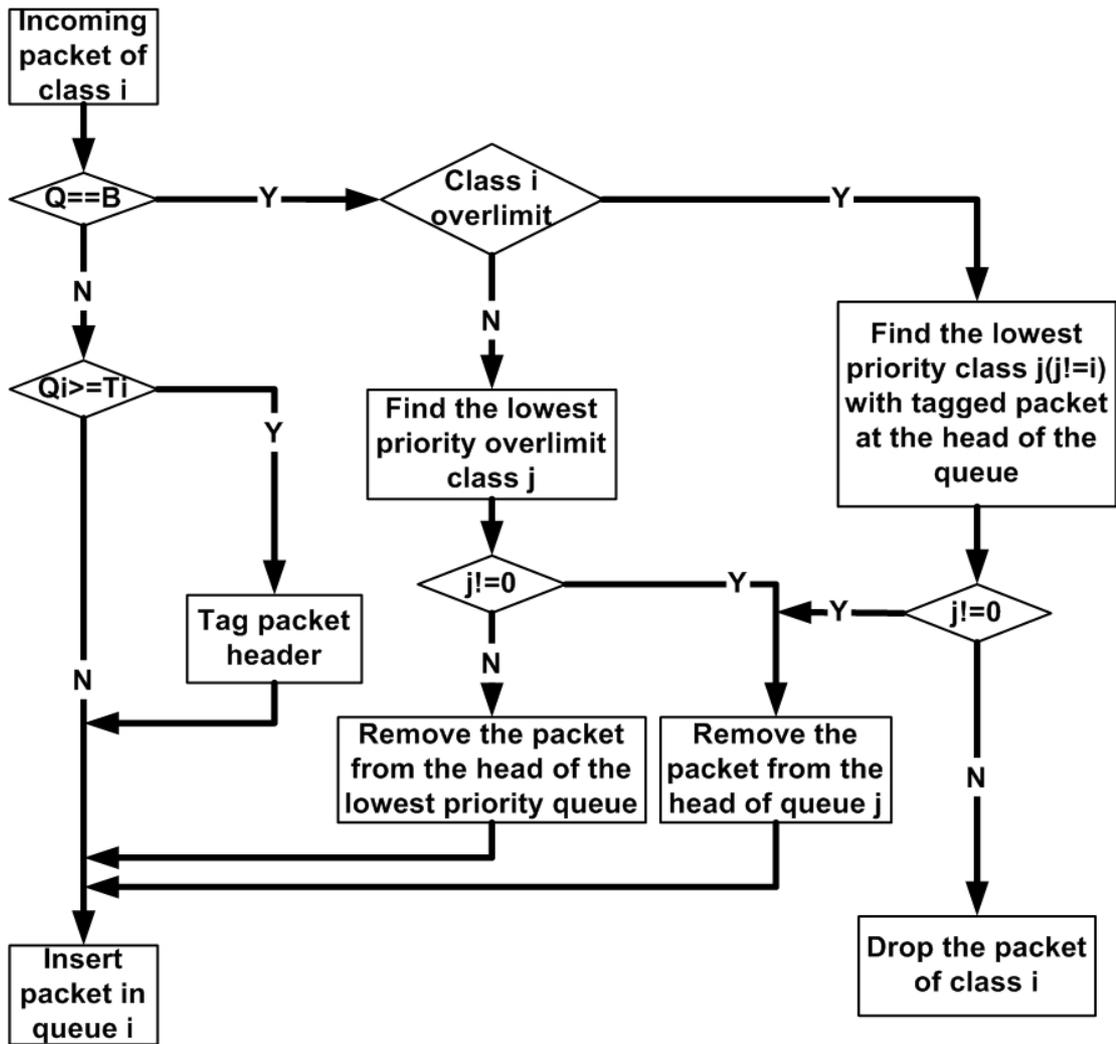


圖 6-2 CPBM 運作流程圖[73]

### 6.5.3 CPBM<sup>H</sup>

CPBM<sup>H</sup> 以 CPBM 為參考架構，並作適度之修改，目的在於加快最高優先權封包通過 queue 的時間。而在佇列架構部分，同時結合 FIFO 及 CBQ，因為最高優先權之資料流具有高度緊急性及較小之資料量，所以，使用一個專屬佇列（dedicated queue）特別作處理；至於其他佇列則共享緩衝區（shared buffer），使頻寬調度上更具彈性，提高整體資源之使用率。

CPBM<sup>H</sup> 是專為 HAN 設計的演算法，在封包排程上以 CBQ 為基礎，在緩衝區管理上參考 CPBM，但作適度的修改。基本上，CPBM 已經是一個相當優秀的緩衝區管理機制，能確實符合優先權設定的精神，又可避免低優先權等級的封包出現飢渴（starvation）現象。然而，根據 BSC 所定義的最高等級（P1）封包，因具有即時性、緊急性、延遲容忍度低，可能是一個攸關身家安全的緊急訊號，所以，不允許時間上的些許延遲，甚至連取代較低等級資料封包的處理作業都要避

免，再者，因為 P1 資料流的交易量都不大，所以，更適合快速處理快速通過，因此，在緩衝區設計上，CPBM<sup>H</sup> 不同於一般的單一佇列或多重佇列，而是使用一個專屬佇列(dedicated queue)特別處理 P1 資料流，一個共享緩衝區(shared buffer)應付其他等級的封包，兩種不同佇列架構的結合，使 CPBM<sup>H</sup> 能在兼顧 CPBM 的優點時，更能增加頻寬調度上的彈性，提高整體資源之使用率。

CPBM<sup>H</sup> 的運作方式如圖 6-3 所示，CPBM<sup>H</sup> 以 CPBM 為參考架構，但作適度之修改，目的在於加快最高優先權封包通過 queue 的時間，作法則是試圖降低最高優先權等級封包的封包遺失率及替換其他類封包的發生率。圖 6-3 所使用的標記，定義如下：

B：整個緩衝區大小。

T<sub>i</sub>：優先權為 i 的資料流數量門檻值。

B<sub>s</sub>：除 P1 外的共享的緩衝空間。

Q：佇列總長度。

Q<sub>i</sub>：優先權為 i 的佇列長度。

Q<sub>s</sub>：優先權為 i (i 為 2 至 6) 的佇列長度總和。

而各標記之關係如下列數學式：

為了方便說明，另外定義以下兩項標記。

B<sub>d</sub>：最高優先等級 P1 的專屬緩衝區空間。

Q<sub>d</sub>：最高優先等級 P1 的專屬緩衝區空間。

$$B = \sum_{i=1}^6 T_i$$

$$B_s = \sum_{i=2}^6 T_i$$

$$B_d = B - B_s$$

$$Q = \sum_{i=1}^6 Q_i$$

$$Q_s = \sum_{i=2}^6 Q_i$$

$$Q_d = Q - Q_s$$

CPBM<sup>H</sup> 與 CPBM 的主要差異有五：

1. P1 資料流有專屬的緩衝區空間。其意義在於以空間換取時間，免除 P1 資料流為取回其應有之佇列空間所必須負擔的置換作業。
2. P1 之資料流於超出 B<sub>d</sub> 設定時，可佔用 B<sub>s</sub> 的可用空間；但非 P1 的資料流於超出 B<sub>s</sub> 設定時，不可佔用 B<sub>d</sub> 的可用空間。
3. 在處理封包丟棄時，除非所有緩衝區內都是 P1 封包，否則不丟棄 P1 封包。

4. 緩衝區內的 P1 封包絕對不會被打算進入緩衝區的封包置換掉。
5. 若打算進入緩衝區的封包屬優先權  $i$ ，而經演算法判斷應丟棄的封包屬優先權  $j$ ，若  $i=j$ ，則直接丟棄打算進入緩衝區的封包，減少一次置換作業。

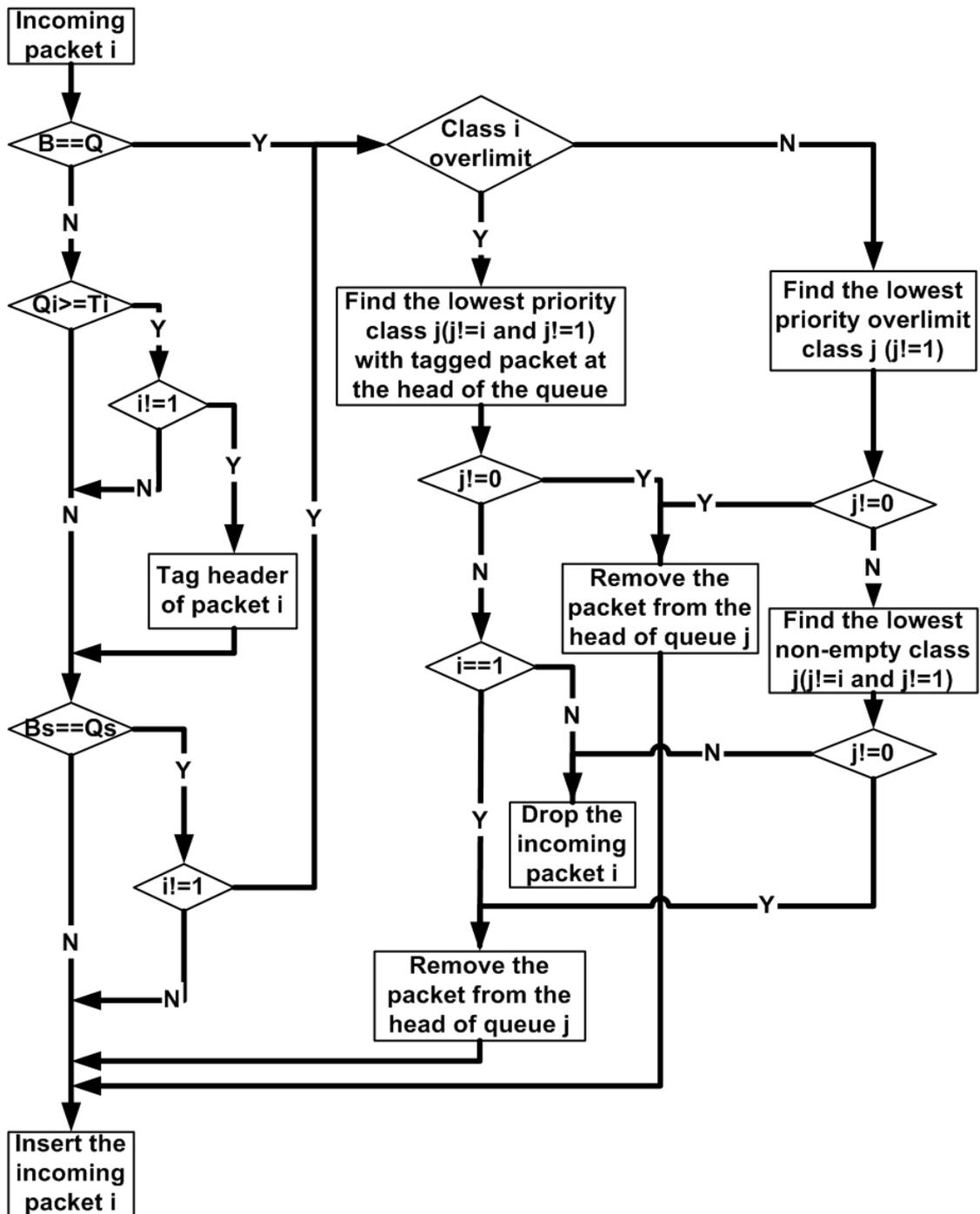


圖 6-3 CPBM<sup>H</sup> 運作流程圖

## 6.6 實作模擬與結果分析

為進一步驗證 CPBM<sup>H</sup> 的效能，本文設計了一個簡單的模擬系統，本章即針對系統架構、參數使用與設定、效能指標及模擬結果作簡單描述。

### 6.6.1 模擬系統架構

本文的模擬系統，其系統架構共分為四個部分，分別是：封包產生、封包分類、緩衝區管理及封包排程，而緩衝區管理以 Tail-Drop、CPBM 及 CPBM<sup>H</sup> 三種模式個別進行模擬，其架構圖如圖 6-4 所示。

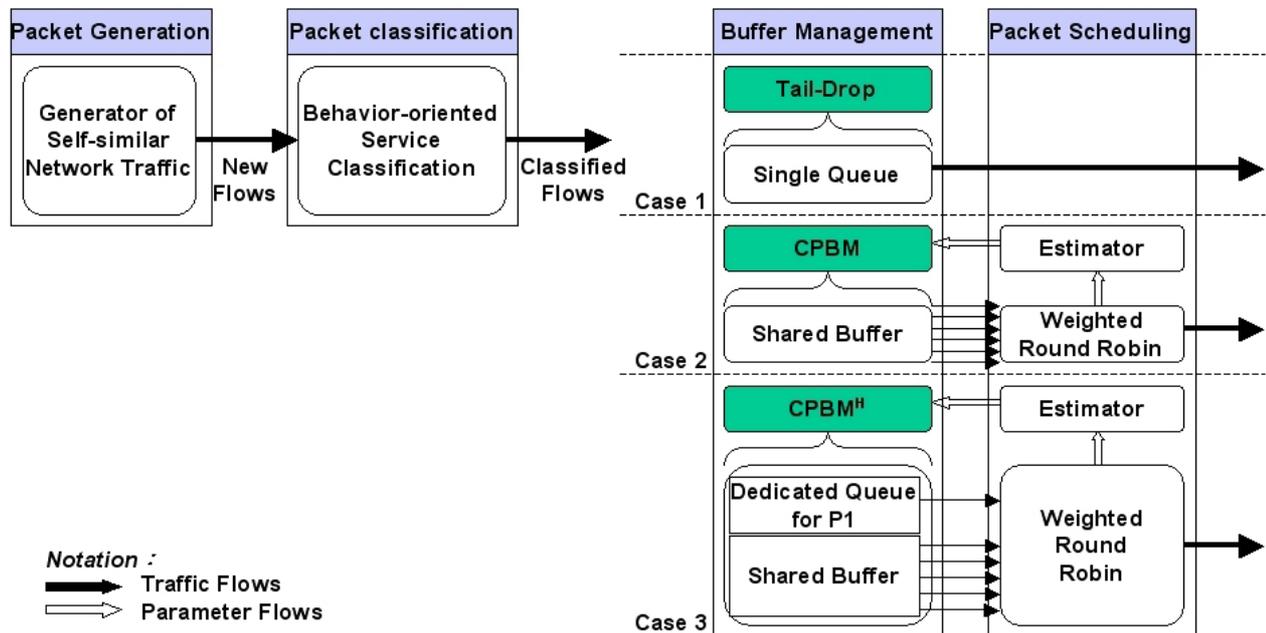


圖 6-4 模擬系統架構圖

#### (一)封包產生：

封包產生顧名思義就是產生模擬實驗需要的實驗封包。在過去許多網路模擬的實驗中，實驗封包的產生多參考 Poisson distribution，然而，Poisson distribution 並無法表現 IP 網路在長時間的 burst 狀況，於是，Pareto distribution 被提出[81]。本文以 Generator of Self-similar Network Traffic[64]為封包產生器，有效產生符合 TCP/IP 環境的實驗封包。

#### (二)封包分類：

本文建議 HAN QoS 採差異式服務的方式，所以，必須對封包作分類處理，而在模擬系統中，封包分類的方式即是本文所提出的 BSC。

### (三)緩衝區管理：

緩衝區管理以 Tail-Drop、CPBM 及 CPBM<sup>H</sup> 三種模式個別進行模擬。Tail-Drop 使用單一佇列為其緩衝區；CPBM 採多重佇列的緩衝區架構，但實際上，多重佇列所構成的卻是一個共享的緩衝區空間，佇列間以各優先權等級的門檻值為區別；CPBM<sup>H</sup> 也是採用多重佇列的緩衝區架構，但是，最高優先權等級 P1 的佇列卻是獨有的，剩下的空間形成一個共享的緩衝區。

### (四)封包排程：

封包排程配合緩衝區管理所使用的緩衝區結構。配合 Tail-Drop 的封包排程就是直接取佇列內容送出；配合 CPBM 與 CPBM<sup>H</sup> 的封包排程則是 Weighted Round Robin (WRR)，此外，CPBM 與 CPBM<sup>H</sup> 在運作上需要判斷佇列是否為 over-limited，故需要一 Estimator 負責參數擷取及運算。Estimator 能針對每個佇列，計算離開佇列的封包與封包間的間格閒置時間，再使用指數加權平均來判斷封包的傳送速度與速度限額的關係，依此決定佇列為 over-limited 或 under-limited[71]。實作部分參考並修改 Network Simulator version 2[82]中 CBQ 的相關模組。

## 6.6.2 參數使用與設定

本模擬所使用的執行參數，主要用於控制封包之產生（直接設定在 Generator of Self-similar Network Traffic），其設定值簡述如下：

1. 頻寬：10Mbps。
2. 封包數量：200000。
3. 封包分類：6（依 BSC 之定義）。
4. 封包大小：各類封包大小之設定如表 6-3 所示。
5. 網路負載率（link load）：0.1 至 0.55，組距 0.05。在既定的頻寬條件下，link load 愈高則封包遺失率會形成不正常的升高，對於觀察封包變化較無意義，故只取至 0.55。

表 6-3 緩衝區管理機制模擬實驗的封包大小設定規則表

Priority	Packet Size (bytes)
1	150
2	1000
3	1000
4	Random (53-1500)
5	Random (53-1500)
6	Random (53-1500)

本實驗以上述參數，在不同的 link load 組合下各產生 30 組封包數據，再將這些資料在不同的 link load 前提下，帶入評估的三種緩衝區演算法中進行運算，共計產生 900 組結果。而在緩衝區結構部分，佇列的門檻值會直接影響網路節點處理封包的行為，為了有效評估緩衝區管理機制的好壞，本實驗將佇列門檻值設為固定值 200。

### 6.6.3 效能指標

本實驗以下述三項指標評估緩衝區管理機制的效能：

1. 封包總遺失率 (Total Lost Rate)：

$\text{Total Lost Rate} = (\text{封包遺失總數} / \text{封包總數})。$

2. 最高優先權之封包遺失率 (Priority 1 Lost Rate)：

$\text{Priority 1 Lost Rate} = (\text{最高優先權之封包遺失總數} / \text{最高優先權之封包總數})。$

3. 最高優先權之封包置換率 (Priority 1 Replacement Rate)：

$\text{Priority 1 Replacement Rate} = (\text{最高優先權之封包置換次數} / \text{最高優先權之封包總數})。$

封包  $i$  置換次數指的是當緩衝區已滿時，欲進入緩衝區的封包  $i$  將緩衝區內的封包  $j$  置換掉的次數。

因為 HAN QoS 特別強調 P1 封包的重要性，所以，一個適用於 HAN 的緩衝區管理機制應該是在保持封包總遺失率很低的前提下，使最高優先權之封包置換率愈低，增加 P1 封包通過的速度，同時，也要使最高優先權之封包遺失率愈低，保障 P1 封包的通過。

### 6.6.4 模擬結果

模擬結果如圖 6-5、圖 6-6、圖 6-7 所示。圖 6-5 是  $\text{CPBM}^H$  與 CPBM 在不同 link load 下的 Priority 1 Replacement Rate 比較；圖 6-6 是  $\text{CPBM}^H$ 、CPBM 與 Tail-Drop 在不同 link load 下的 Priority 1 Lost Rate 比較；圖 6-7 是  $\text{CPBM}^H$ 、CPBM 與 Tail-Drop 在不同 link load 下的 Total Lost Rate 比較。

1. Priority 1 Replacement Rate 比較：顯然地， $\text{CPBM}^H$  在最高優先權之封包置換率的表現上，優於 CPBM。
2. Priority 1 Lost Rate 比較： $\text{CPBM}^H$  與 CPBM 幾乎是不分軒輊，但都比 Tail-Drop 好出許多。
3. Total Lost Rate 比較：雖然  $\text{CPBM}^H$  與 CPBM 的表現差別不大，但因為  $\text{CPBM}^H$  較 CPBM 更加保障 P1 封包的處理，相對地，就比較容易造成其他非 P1 類封包的被丟棄，所以， $\text{CPBM}^H$  的封包總遺失率會略高於

CPBM；再者，當 link load 小於 0.35 時，都是以 CBQ 為基礎的 CPBM<sup>H</sup> 與 CPBM，表現皆優於 Tail-Drop，但是當 link load 的值逐步增加時，代表網路情況愈顯壅塞，反而使運作最為簡單的 Tail-Drop 呈現較低的封包總遺失率。為此，本實驗試著找出隨著 link load 增加，造成 CPBM<sup>H</sup> 與 CPBM 在封包總遺失率跟著起變化的因素，發現佇列門檻值的設定有相當的影響，值得爾後作進一步的分析研究。

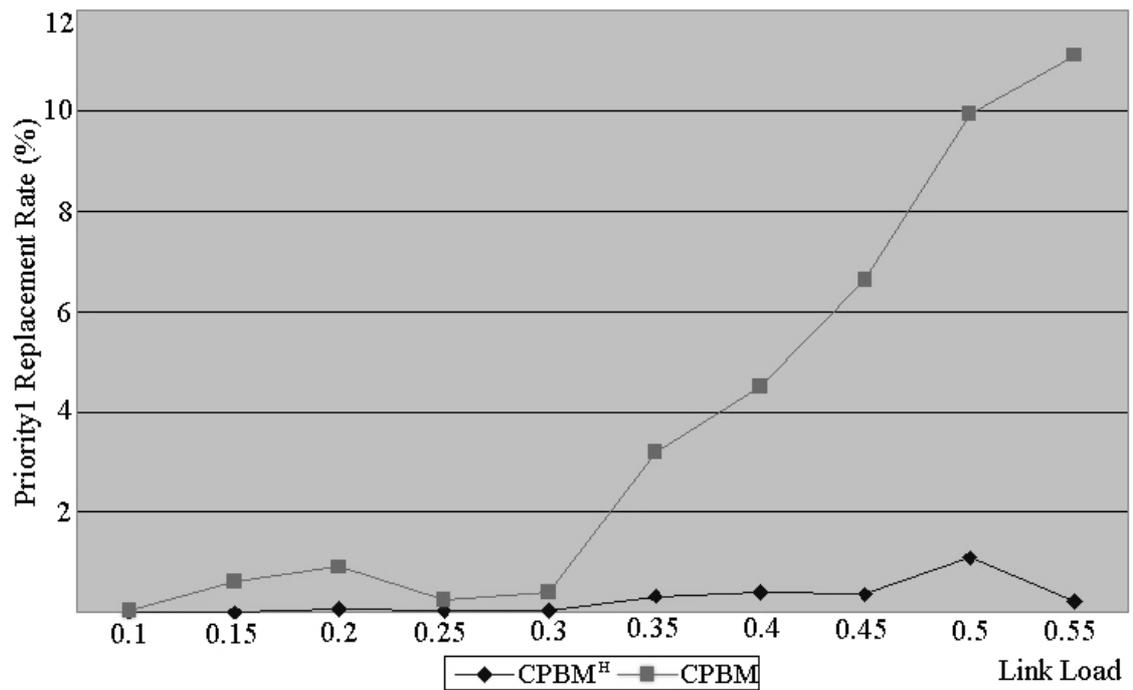


圖 6-5 CPBM<sup>H</sup> 與 CPBM 在不同 link load 的 Priority1 Replacement Rate 比較圖

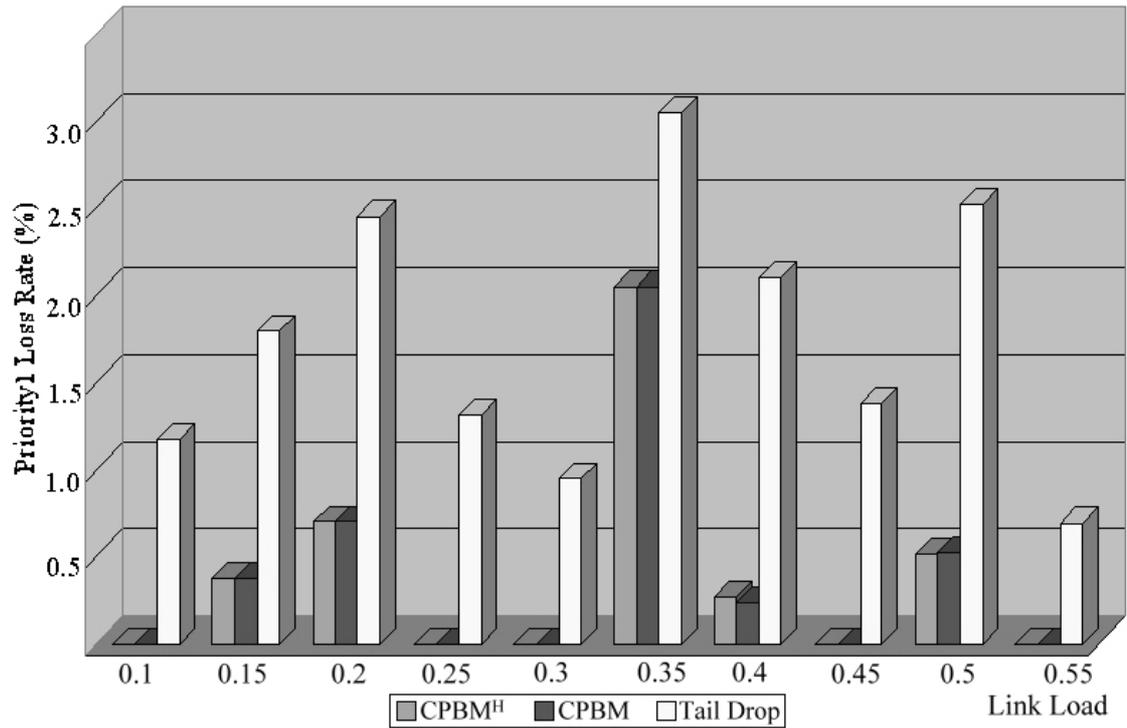


圖 6-6 CPBM<sup>H</sup>、CPBM 與 Tail-Drop 在不同 link load 的 Priority1 Lost Rate 比較圖

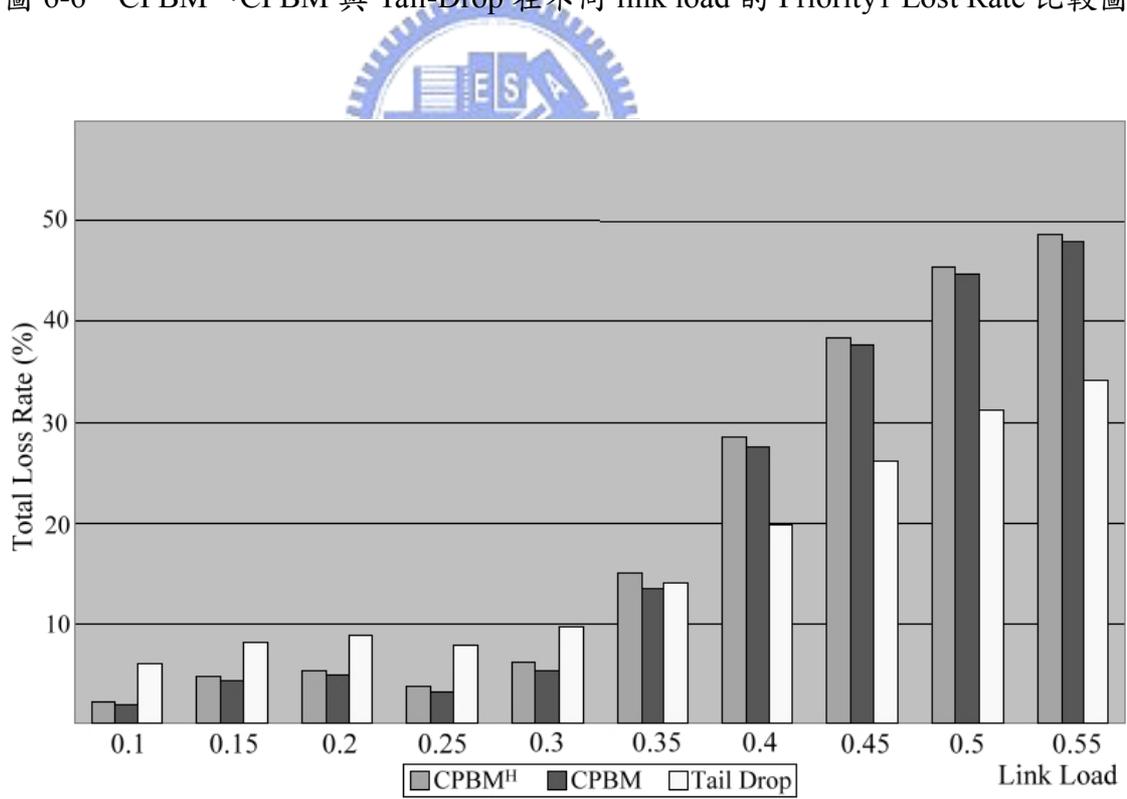


圖 6-7 CPBM<sup>H</sup>、CPBM 與 Tail-Drop 在不同 link load 的 Total Lost Rate 比較圖

## 6.7 BSC 搭配 CPBM<sup>H</sup> 之施行

HAN QoS 的實體網路環境如圖 6-8 所示。一般來說，住家閘道器 (RG) 是 HAN 中最重要元件，負責所有機制的運作，而本文在 RG 之下，另外提出房間管理者 (room manager, RM) 的觀念，因為多數資訊家電的操作，會在同一時間侷限在同一個房間裡，例如：同一時間在客廳使用電視、照明、空調及擴音系統，因此，將房間視為最基本的操作環境是很自然的想法。而以 RG 為界，對內是以房間為基礎的廣播式區域網路，而對外則是以 MPLS 為主要技術的交換式網路環境。MPLS 在其標籤標頭 (label header) 中有服務類別 (class of service, COS) 的定義，可以此作為 QoS 運作時的服務分類基準；而傳統 IP 封包的標頭中雖然保有服務型態 (type of service, TOS) 一欄供服務等級識別，但一般的第二層協定多不採用，所以，本文認為 HAN 中以房間為基礎的區域網路 (room-based LAN) 應採用 CSMA/CD with priority 機制作為 QoS 運作的基本協定，而 priority 的分類正是服務分類的優先權等級。

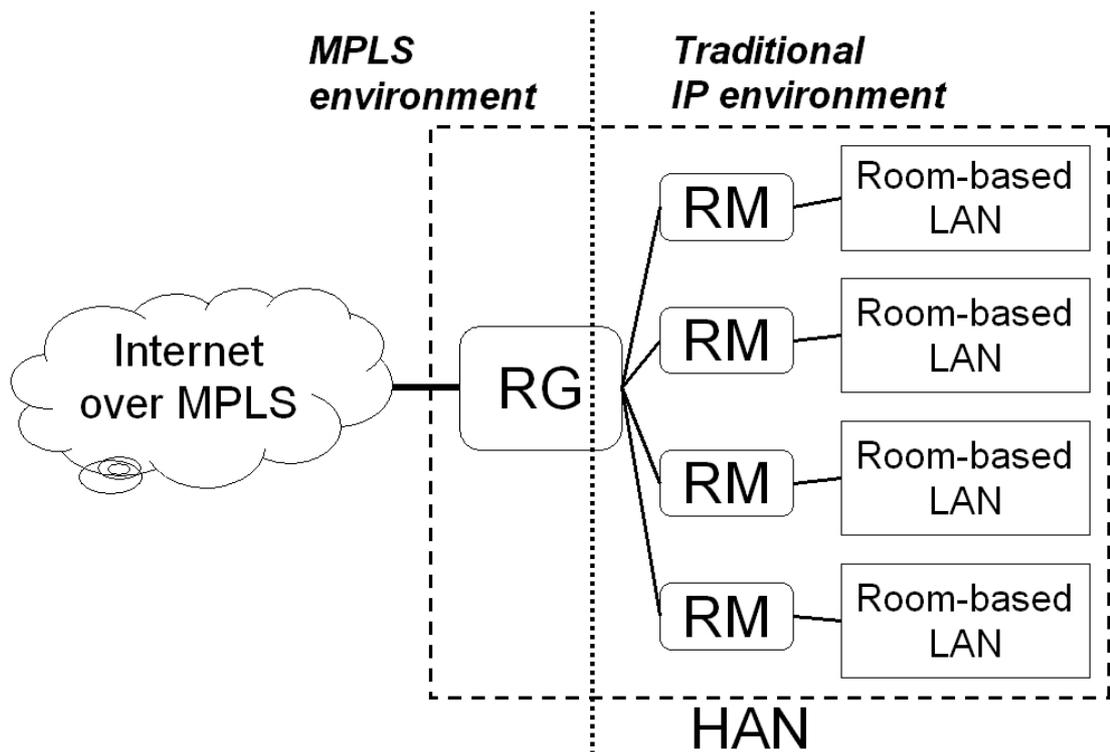


圖 6-8 HAN QoS 網路環境想像圖

總而言之，RG 在 HAN 中是支援 QoS 最重要的元件，RG 必須支援封包分類及分類轉換 (針對 MPLS 之 COS 與 IP 之 TOS 作對應)、允入控制、佇列排班及必要之封包丟棄，而轉送系統及路徑維護功能之運作則仰賴 MPLS 及 CSMA/CD with priority。

## 6.8 小結

QoS 是 HAN 中一種重要的機制，HAN QoS 架構的建立，不僅應考慮 HAN 的特性，更要同時考量類型廣泛的資訊家電對 QoS 的需求。本文所提出的 CPBM<sup>H</sup> 及 BSC，在簡單穩固的設計原則下，力求實作時之低複雜度，使得家庭網路能在合理的運作方式下滿足網路服務品質保證方面的要求。

本章提出的 CPBM<sup>H</sup>，在配合 BSC 的前提下，的確能符合 HAN QoS 的需求，然而，本文認為依舊有若干議題值得進一步思考並尋求解決方案，這些值得探討的研究方向包括：

1. 是否會與其他機制發生相容性問題？  
本文僅單獨針對緩衝區管理在 HAN 上作探討，然而，RG 同時是多種機制的運作核心，如：network address translator、firewall、account authenticator、device access controller...等，當這些機制同時運作時，雖然模組化的設計理念，可以在理論上保證 CPBM<sup>H</sup> 不會與其他 RG 的機制產生衝突，但是否會在實際運作上出現混亂現象（complications），就值得進一步研究並尋求解決之道！
2. 是否有必要施行動態佇列門檻值？及如何實作？  
本文預設的佇列門檻值是固定的，但在實作模擬系統的過程中，發現佇列門檻值的變化對三項效能指標有絕對的影響，因此，動態調整的佇列門檻值是值得研究的後續議題。
3. 是否需配合允入控制？及如何搭配？  
本文於第四章指出，每一個優先權等級的分類在各個節點上都有資料流數目的總額限制，必須藉由對要求進入或已經進入的資料流數目作調整，才能達到不同優先權等級的頻寬提供，而進行資料流數目之總額控制的方法，不外乎採用允入控制或緩衝區管理，或者是兩者合併使用。本文只針對緩衝區管理機制進行探討，在假設所有封包都能順利進入網路節點的情形下，遵守優先權原則，對封包作置換與丟棄的動作。而倘若在緩衝區管理之前，又加上允入控制的運作，其結果如何將耐人尋味！
4. 在作服務分類時，是否有其他值得參考的指標？
5. 如何對供作服務分類的指標的值予以更合理的量化？

## 柒、結論與未來展望

本論文以家庭網路架構為研究核心，以家庭網路的相關議題為探討細項，內容除了描述近幾年來家庭網路在學術界與產業界的發展現況外，並根據現況與發展趨勢的剖析，提出一套以 TCP/IP 為基礎，適合資訊家電進行合理運作的分散式家庭網路架構。本文所提出的家庭網路架構，由 Residential Gateway、Room Manager 及 Managed Information Appliance 組成，在此架構下，進一步探討與家庭網路密切相關的議題，包括：遠端操作與管理、網路位址轉換與服務品質保證。

在遠端操作與管理部分，透過簡單網路管理協定 SNMP 及行動代理人 Mobile Agent 的搭配，家庭網路能提供穩固的遠端操作與管理功能；在網路位址轉換部分，本論文提出一套針對家庭網路特性，修改自 RSIP 的機制—RSIP<sup>H</sup>，RSIP<sup>H</sup> 能在兼顧安全通訊的需求下完成網路位址轉換；在服務品質保證部分，本論文提出一套根據家庭網路中資訊家電使用之行為特性為依據的封包分類方法 BSC，並提出一套適用在家庭網路的緩衝區管理機制 CPBM<sup>H</sup>，透過 BSC 及 CPBM<sup>H</sup> 的搭配，家庭網路能針對資訊家電操作特性提供合宜的服務品質保證。

無庸置疑地，IA 絕對是這一年來最熱門的資訊話題之一，在每天新聞媒體（無論是傳統式或電子式）的報導中總會出現這一個資訊名詞，所以，想進一步取得 IA 的資訊並非難事，只要透過搜尋引擎以“資訊家電”或“IA”為關鍵字進行搜尋，即能取得許多相關資料，本文對這些相關內容即不作贅述。然而，值得關注的是，這些探討 IA 的報導或文章的內文大綱都談些什麼？據初步地歸納結果發現絕大部分談的都是 IA 的願景、IA 對國內外電子資訊產業的衝擊、某某企業將重心投入 IA 市場、某某技術有助於未來 IA 的發展…等。事實上，以客觀的角度來看，IA 的產品發展似乎是雷聲大雨點小，因為，IA 到底是什麼樣的裝置設備，似乎並沒有公認的標準，IA 應該具備哪些功能或是應該如何分類，也似乎不曾看到較正式的相關研究，此外，IA 產業也絕對不會是單純的個別產業，與之相關的上下游產業相當複雜，包括：光電、半導體、電信服務、網路服務…等。而 IA 也不僅只是硬體方面的研發，建置在硬體之上的軟體應用尤為重要，因為倘若只是製造出一台能上網的家電，卻不能明確指出這樣的資訊設備能達到什麼樣的合理應用，似乎是本末倒置之舉。也就是說，目前的發展多以硬體研究為導向，理想上應以應用面的研究來帶領整個發展方向。因此，在 IA 產業的研發競爭中，相關的學者或研發人員應在硬體設計或產業發展趨勢之外，審慎思考應用層面的議題。而與 IA 相關的整合性應用方向則與家庭網路的研究議題息息相關。

網際網路的快速發展，讓早期人們認為不可能的事變成事實，例如：網路購物。同樣的道理，透過辦公室電話命令電子鍋煮十人份白飯或命令機器傭人收取

陽台上的衣服，以及透過行動電話或車內導航電腦操作車庫及室內照明設備之開關，相信將不再是遙不可及的夢想；再加上人工智慧相關技術的進步，透過語音辨識系統操作資訊家電的情景將是指日可待！總而言之，家庭網路所造就的將是更方便的隨意通訊，對於資訊的存取以及各種設備（無論是資訊家電或辦公室內的 PC、印表機）的遠端操控將更為全面。而家庭網路的軟硬體發展正是方興未艾，公認的標準仍尚未統一，因此，隨時掌握家庭網路的發展動向是國內產官學界的共同目標與責任，因為，家庭網路已經成為下一波電子資訊產業競相角逐的主力戰場。



## 參考文獻

- [1] G. Evans, “CEBus Demystified : The ANSI/EIA 600 User’s Guide”, *McGraw Hill*, 2001
- [2] CEBus Industry Council  
<http://www.cebuse.org>
- [3] European Home Systems Association  
<http://www.ehsa.com>
- [4] R. Raji, “Smart Networks for Control”, *IEEE Spectrum*, June 1994
- [5] Echelon Corporation  
<http://www.echelon.com>
- [6] X10.com  
<http://www.x10.com>
- [7] The Home Phonenumber Networking Alliance  
<http://www.homepna.org>
- [8] Cable Television Laboratories, Inc.  
<http://www.cablelabs.com>
- [9] IEEE Standards Wireless Zone  
<http://standards.ieee.org/wireless/overview.html#802.11>
- [10] ETSI CollaborativePortal#BRAN  
<http://www.etsi.org/bran/>
- [11] ETSI CollaborativePortal#DECT  
<http://www.etsi.org/dect/>
- [12] HomeRF Resource Center  
<http://www.palowireless.com/homerf/>
- [13] The Official Bluetooth Wireless Info Site  
<http://www.bluetooth.com>
- [14] G. Hanover, “Networking the intelligent home”, *IEEE Spectrum*, Vol. 26, Issue. 10, October 1989
- [15] C. Douligeris, “Intelligent Home Systems”, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 31, Issue. 10, October 1993
- [16] J. Hofmann, “An Overview of the Consumer Electronic Bus”, *IEEE International Conference on Consumer Electronics*, 1990
- [17] B.E. Markwalter, S.K. Fitzpatrick, “CEBus network layer description”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 35, No. 3, Aug. 1989
- [18] G. Evans, “The EIA Consumer Electronic Bus Twisted Pair Network”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 37, No. 2, May 1991

- [19] J. Hofmann, "The Consumer Electronic Bus Infrared System", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 37, No. 2, May 1991
- [20] Jr. O'Brien, and E. Thomas, "Physical and media specifications of the CXBus", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 37, No. 3, Aug. 1991
- [21] E. Lubchenko, "Common Application Language for Home Electronic Systems", *Digest of Technical Papers ICCE, IEEE International Conference on Consumer Electronics*, 1989
- [22] A. D. Michel, "Using parser generator tools to implement CEBus CAL", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 37, No. 2, May 1991
- [23] C. Khawand, C. Douligeris, and J. Khawand, "Common Application Language (CAL) and its integration into a home automation system", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 37, No. 2, May 1991
- [24] S. R. Pakkam, and C. N. Manikopoulos, "Performance Evaluation of the Consumer Electronic Bus", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 36, No. 4, pp. 949-953, Nov. 1990
- [25] P. J. Hargaden, B. E. Markwalter, S. K. Fitzpatrick, and S. C. Appling, "Functions and Operations of CEBus Routers", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 37, No. 2, pp. 135-144, May 1991
- [26] J. Yang, and C. N. Manikopoulos, "Performance Evaluation of a Three Priority CEBus Router", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 39, No. 2, pp. 107-114, May 1993
- [27] S. S. Leong, and C. H. Vun, "Design and Implementation of an Authentication Protocol for Home Automation Systems", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 44, No.3, pp. 911-921, Aug. 1998
- [28] R. Olshansky, G. Ruth, and S. Deng, "Residential LAN architecture", *Community Networking, 1995, Proceedings of the Second International Workshop on Integrated Multimedia Services to the Home*, 1995
- [29] C. R. Holiday, "The Residential Gateway", *IEEE Spectrum*, May 1997
- [30] J. Desbonnet, and P. M. Corcoran, "System Architecture and Implementation of a CEBus/Internet Gateway", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 43, No. 4, Nov. 1997
- [31] P. M. Corcoran, and J. Desbonnet, "Browser-style Interfaces to a Home Automation Network", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 43, No. 4, Nov. 1997
- [32] P. M. Corcoran, "Mapping Home-Network Appliances to TCP/IP Sockets Using a Three-Tiered Home Gateway Architecture", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 44, No. 3, Aug. 1998
- [33] E. S. Topalis, G. N. Orphanos, S. A. Koubias, and G. D. Papadopoulos, "A generic network management architecture targeted to support home automation networks

- and home Internet connectivity”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 46, No.1, Feb. 2000
- [34] T. Saito, I. Tomoda, Y. Takabatake, J. Ami, and K. Teramoto, “Home gateway architecture and its implementation”, *Digest of Technical Papers, International Conference on Consumer Electronics*, 2000
- [35] J. H. Park, S. J. Kang, and K. D. Moon, “Middleware architecture for supporting both dynamic reconfiguration and real-time services”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 46, No. 3, Aug. 2000
- [36] HP Chai Appliance Platform  
<http://www.chai.hp.com/>
- [37] J. C. Moon, and S. J. Kang, “A Multi-Agent Architecture for Intelligent Home Network Service Using Tuple Space Model”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 46, No. 3, pp. 791-794, Aug. 2000
- [38] W. Y. Chen, “Emerging Home Digital Networking Needs”, *Fourth International Workshop on Community Networking Proceedings*, pp. 7-12, 1997
- [39] R. R. Tummala, and V. K. Madiseti, “System on Chip or System on Package?”, *IEEE Design & Test of Computers*, Vol. 16, pp. 48-56, April-June 1999
- [40] G. H. Forman, and J. Zahorjan, “The Challenges of Mobile Computing”, *IEEE Computer*, Vol. 27, pp. 38-47, April 1994
- [41] A. Fuggetta, G. P. Picco, and G. Vigna, “Understanding Code Mobility”, *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 342-361, May 1998
- [42] M. Breugst, and T. Magedanz, “Mobile Agents-Enabling Technology for Active Intelligent Network Implementation”, *IEEE Network*, pp. 53-60, May-June 1998
- [43] W. Stallings, “SNMP and SNMPv2: the Infrastructure for Network Management”, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 36, No. 3, pp. 37-43, March 1998
- [44] A. Bieszczad, and B. Pagurek, “Network Management Application-Oriented Taxonomy of Mobile Code”, *NOMS'98, 1998 IEEE Network Operations and Management Symposium*, Vol. 2, pp. 659-669, 1998
- [45] A. Bieszczad, P. K. Biswas, W. Buga, M. Malek, and H. Tan, “Management of Heterogeneous Networks with Intelligent Agents”, *Bell Labs Technical Journal*, pp. 109-135, Oct.-Dec. 1999
- [46] B. Pagurek, Y. Wang, and T. White, “Integration of Mobile Agents with SNMP: Why and How”, *NOMS'2000, 2000 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium*, pp. 609-621, 2000
- [47] W3C Extensible Markup Language  
<http://www.w3.org/XML/>
- [48] A. C. Lear, “XML Seen as Integral to Application Integration”, *IT Professional*, Vol. 1, No.5, pp. 12-16, Sept.-Oct. 1999

- [49] I. Marsic, "Real-Time Collaboration in Heterogeneous Computing Environments", *Proceedings, International Conference on Information Technology: Coding and Computing*, pp. 222-227, 2000
- [50] A. John, K. Vanderveen, and B. Sugla, "A Java-Based SNMP Agent for Dynamic MIBs", *GLOBECOM '99, Global Telecommunications Conference 1999*, Vol. 1a, pp. 396-400, 1999
- [51] XER (XML Encoding Rules)  
<http://asf.gils.net/xer/>
- [52] ASN.1/XML Translator  
<http://www.trl.ibm.com/projects/xml/xss4j/docs/axt-readme.html>
- [53] M. Borella, J. Lo, D. Grabelsky, and G. Montenegro, "Realm Specific IP: Framework", *IETF RFC 3102*, Oct. 2001
- [54] M. Borella, D. Grabelsky, J. Lo, and K. Taniguchi, "Realm Specific IP: Protocol Specification", *IETF RFC 3103*, Oct. 2001
- [55] P. Srisuresh, and M. Holdrege, "IP Network Address Translator (NAT) Terminology and Considerations", *IETF RFC 2663*, Aug. 1999
- [56] P. Srisuresh, and K. Egevang, "Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT)", *IETF RFC 3022*, Jan. 1999
- [57] S. Tak, S. Dixit, and E. K. Park, "An End-to-end Home Network Security Framework", *Computer Communications*, Vol. 27, Issue. 5, pp.412-422, March 20, 2004
- [58] G. Montenegro, and M. Borella, "RSIP Support for End-to-End IPSEC", *IETF RFC 3104*, Oct. 2001
- [59] C. D. Launois, A. Bonnet, and M. Lobelle, "Connection of Extruded Subnets : A Solution Based on RSIP", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 40, No. 9, pp.116-121, Sept. 2002
- [60] D. E. Comer, "Internetworking with TCP/IP", *Prentice Hall*, 2000
- [61] U. D. Black, "MPLS & label switching networks" , *Prentice Hall*, 2002
- [62] V. Alwayn, "Advanced MPLS design and implementation", *Cisco Press*, 2002
- [63] W3C Namespaces in XML 1.1  
<http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml-names11-20040204/>
- [64] Generator of Self-Similar Network Traffic (version 2)  
[http://www.csif.cs.ucdavis.edu/~kramer/code/trf\\_gen2.html](http://www.csif.cs.ucdavis.edu/~kramer/code/trf_gen2.html)
- [65] G. Armitage, "Quality of service in IP networks" , *Macmillan*, 2000
- [66] H. J. Chao, and X. Guo, "Quality of service control in high-speed networks" , *Wiley*, 2002
- [67] J. B. Schmitt, "Heterogeneous network quality of service systems" , *Kluwer Academic Publishers*, 2001

- [68] Z. Wang, "Internet QoS" , *Morgan Kaufmann*, 2001
- [69] S. Jamin, P. B. Danzig, S. J. Shenker, and L. Zhang, "A measurement-based admission control algorithm for integrated service packet networks", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 5, pp.56-70, Feb. 1997
- [70] S. Floyd and V. Jacobson, "Link-sharing and Resource Management Models for Packet Networks", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.3, Issues.4, pp. 365-386, Aug. 1995
- [71] S. Floyd, "Notes of Class-Based Queuing : Setting Parameters", 1995  
<http://www.icir.org/floyd/papers/params.pdf>
- [72] M. Luoma, "QoS and queuing disciplines, traffic shaping and admission control" in book: *Quality of Service: Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks*, *Wiley*, 1998
- [73] M. Markaki, and I. S. Venieris, "A Novel Buffer Management Scheme for CBQ-based IP Routers in a Combined IntServ and DiffServ Architecture", *IEEE Symposium on Computers and Communications, ISCC 2000*, pp.347-352, 2000
- [74] S. Floyd, and V. Jacobson, "Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.1, No.4, pp. 397-413, Aug. 1993
- [75] U. Bodin, O. Schel, and S. Pink, "Load-tolerant Differentiation with Active Queue Management", *ACM SIGCOMM*, Vol. 30, No. 3, July 2000
- [76] R. Velamuri, P. Landsberg, and C. Zukowski, "A Multi-Queue Flexible Buffer Management Architecture", *IEEE GLOBECOM'93*, pp.1401-1405, 1993
- [77] J. Liebeherr, and N. Christin, "Rate Allocation and Buffer Management for Differentiated Services", *Computer Networks, Special Issue on the New Internet Architecture*, *Elsevier*, May 2002
- [78] A. K. Choudhury, and E. L. Hahne, "A Simulation Study of Space Priorities in a Shared Memory ATM Switch", *Journal of High Speed Networks*, Vol.3, Nov. 1994
- [79] I. Cidon, L. Georgiadis, R. Guerin, and A. Khamisy, "Optimal Buffer Sharing", *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*, Vol.13, Issue. 7, pp.1229-1240, Sept. 1995
- [80] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, and D. Black, "Definition of the Differentiation Services Field (DS Field) in the Ipv4 and Ipv6 Headers", *RFC 2474*, Dec. 1998
- [81] W. Willinger, M. S. Taqqu, R. Sherman, and D. V. Wilson, "Self-similarity Through High variability : Statistical Analysis of Ethernet LAN Traffic at the Source Level", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.5, Issue.1, pp.71-86, Feb. 1997
- [82] The Network Simulator –ns-2  
<http://www-mash.cs.berkeley.edu/ns/>

## 附錄一

### 相關 Header 附表

附表 1 IP Header (20 bytes)

0						31	
	4-bit version	4-bit header length	8-bit type of service (TOS)	16-bit total length			
	16-bit identification			3-bit flags	13-bit fragment offset		
	8-bit time to live (TTL)		8-bit protocol	16-bit header checksum			
	32-bit source IP address						
	32-bit destination IP address						

PS. TOS field ( 3-bit precedence + 4 TOS bits + 1 unused bit )

TOS	bit 3	Minimize delay
	bit 4	Maximize throughput
	bit 5	Maximize reliability
	bit 6	Minimize monetary cost

附表 2 UDP Header (8 bytes)

0						31
	16-bit source port number			16-bit destination port number		
	16-bit UDP length			16-bit UDP checksum		

附表 3 TCP Header (20 bytes)

0						31		
	16-bit source port number			16-bit destination port number				
	32-bit sequence number							
	32-bit acknowledgment number							
4-bit header length	Reserved (6-bit)	U R G	A C K	P S H	R S T	S Y N	F I N	16-bit window size
	16-bit TCP checksum			16-bit urgent pointer				

附表 4 ICMP messages encapsulated within an IP datagram

IP datagram

IP header (20 bytes)	ICMP message
----------------------	--------------

附表 5 ICMP message types

Type	Code	Description	Query	Error
0	0	Echo reply (Ping reply)	√	
3	0-15	Destination unreachable		√
4	0	Source quench		√
5	0-3	Redirect		√
8	0	Echo request (Ping request)	√	
9	0	Router advertisement	√	
10	0	Router solicitation	√	
11	0-1	Time exceeded		√
12	0-1	Parameter problem		√
13	0	Timestamp request	√	
14	0	Timestamp reply	√	
15	0	Information request	√	
16	0	Information reply	√	
17	0	Address mask request	√	
18	0	Address mask reply	√	

附表 6 ICMP message (type=17,18)(12 bytes)

0	7 8	15 16	31
type (17 0r 18)	code (0)	checksum	
identifier		sequence number	
32-bit subnet mask			

附表 7 ICMP message (type=13,14)(20 bytes)

0	7 8	15 16	31
type (13 0r 14)	code (0)	checksum	
identifier		sequence number	
32-bit originate timestamp			
32-bit receive timestamp			
32-bit transmit timestamp			

附表 8 ICMP message (type=12)(8 bytes)

0	7 8	15 16	31
type (12)	code (0 or 1)	checksum	
pointer	unused (must be 0)		

附表 9 ICMP message (type=11)(8 bytes)

0	7 8	15 16	31
type (11)	code (0 or 1)	checksum	
unused (must be 0)			

附表 10 ICMP message (type=5)(8 bytes)

0	7 8	15 16	31
type (5)	code (0 to 3)	checksum	
gateway Internet address			

附表 11 ICMP message (type=4)(8 bytes)

0	7 8	15 16	31
type (4)	code (0)	checksum	
unused (must be 0)			

附表 12 ICMP message (type=3)(8 bytes)

0	7 8	15 16	31
type (3)	code (0 to 15)	checksum	
unused (must be 0)			

附表 13 ICMP message (type=0,8)(8 bytes)

0	7 8	15 16	31
type (0 or 8)	code (0)	checksum	
identifier		sequence number	