

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫一:All-IPv6 Testbed 建置(III)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2219-E-002-011-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立臺灣大學電機工程學系暨研究所

計畫主持人：郭斯彥

計畫參與人員：林敬育、周宏儒、江忠卿、周宗謚

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 10 月 30 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

A11-IPv6 網路與應用(III)
子計畫一:A11-IPv6 Testbed 建置(III)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC93-2219-E-002-011

執行期間： 93 年 08 月 01 日至 94 年 07 月 31 日

計畫主持人：郭斯彥 教授

計畫參與人員： 林敬育、周宏儒、江忠卿、周宗謚

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

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

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

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立臺灣大學電機工程學系

中 華 民 國 九 十 四 年 九 月 三 十 日

A11-IPv6 網路與應用(III)

子計畫一:A11-IPv6 Testbed 建置(III)

計畫編號：NSC 93-2219-E-002-011

執行期限：93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

主持人：郭斯彥 國立臺灣大學電機工程學系

計畫參與人員：林敬育、周宏儒、江忠卿、周宗謚

一、中文摘要

為了達到高品質「All-IPv6 網路與應用」，必需依賴合適的服務架構、前瞻的關鍵技術及新穎的多媒體服務。本子計畫建構出一套 All-IPv6 Testbed，作為各關鍵模組整合與介面互連測試環境，並且提供未來 All-IPv6 網路建置與運作之參考。

本研究之 All-IPv6 Testbed 建置於台大，並與 NBEN 網路、東華大學、中央大學達成互連之功效。All-IPv6 Testbed 之建構需考量功能完整性、使用便利性及運作最佳性。功能完整使系統之運作得宜；使用便利將使關鍵模組之融入易如；運作最佳將使應用斟至完善。

本期(第三期)研究計畫著眼於 All-IPv6 Testbed 「運作最佳性」之議題，完成「各子計畫研究關鍵模組植入(行動多媒體通訊)」、「系統整合測試及運作測試」及「All IPv6 網路服務應用效能評估」。本研究建置的網路架構，以 IPv6 Testbed、IPv6 router、UMTS Emulator 為主，並針對各項植入模組進行整合及測試，包括 IPv6 QoS routing、行動分析、OSA/API 模組、JAIN/OSA 服務平台等，達成 Testbed 「運作最佳性」之目標。

本研究建構出「功能完整」、「使用便利」及「運作最佳」之 All-IPv6 網路 Testbed，提供未來 All-IPv6 網路建置與運作之參考。

關鍵詞：All-IPv6 網路、Vertical Handoff、QoS、OSA/API 模組、JAIN/OSA 服務平台。

Abstract

Suitable service architecture, enabling technologies and advanced applications are crucial to achieving a high-quality All-IPv6 network and applications". This sub-project will build an All-IPv6 testbed environment to integrate all key modules and perform interface communications. The work will provide a reference for establishing and operating All-IPv6 networks.

The All-IPv6 testbed is established at National Taiwan University. The testbed communicate with the NBEN network, National Dong Hwa University and National Central University, altogether representing an efficient communications system. When building an All-IPv6 testbed environment, full capability, convenience and optimal operability must be considered. Full capability makes the system useful. Convenience refers to the easy integration of the key modules with the All-IPv6 testbed environment easily. Optimal operability refers to the perfection of applications.

The research project of the third year is focused on the "work-optimum" of the All-IPv6 testbed. At last, we established the All-IPv6 testbed and UMTS Emulator. The research aimed at integration the key modules in other sub-projects, includes the resource distributed in Vertical Handoff, IPv6 QoS routing, mobility analyze, OSA/API and JAIN/OSA.

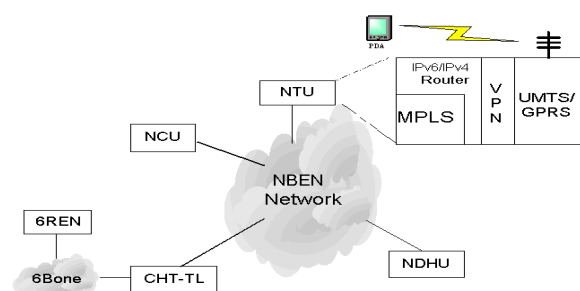
Combining the existing research results and the succeed research results, this work

provide a “full-function”, “easy-operation”, “work-optimum” All-IPv6 Testbed construction providing a reference for establishing and operating All-IPv6 networks

Keywords: All-IPv6 Networks, Vertical Handoff, QoS, OSA/API, JAIN/OSA

二、緣由與目的

本研究參考國內外 All-IP Trial [1-8]、計畫執行學校及計畫委託單位現有實驗環境(第一期計畫屬第一類電信國家型計畫)，我們建構如圖一之 Testbed。圖一之 Testbed 將以 NBEN 為網路外部互連主幹，MPLS Switch 為內部網路主幹，GPRS/UMTS 為行動無線互連網路。MPLS Switch 依序與 IPv6/IPv4 Router、VPN 網路及 UMTS/GPRS 系統互連。



圖一：本研究建構之 All-IP Testbed

1. NBEN 網路

國家實驗網路(NBEN)為國家型計畫內重要的一個環節，期望藉由此一專屬高速網路之建置，可以提供國家型計畫內寬頻網際網路及無線通訊之技術研發，得以有一充裕的測試平台，建立國內下一世紀網路發展的基礎與模範[9]。

2. 6Bone 網路

6Bone 是為了在 Internet 上推廣 IPv6 的一個全球性 IPv6 測試平台[6]。它於 1997 年開始運作，其相關活動皆屬 IETF 下 ngtrans 工作小組的一部份。6Bone 的主幹是由許多相互連接的 ISP 及用戶網路所組成。它是一個以架構在原 IPv4 網路上，使 IPv6 封包透過通道 (Tunnel) 轉運的虛擬

網路。

3. MPLS 系統

MPLS (Multi-Protocol Label Switching) 系統觀念是 IETF 在 1997 年成立 MPLS Working Group 著手研討，這個工作群組提出的 MPLS 架構，主要是整合標籤交換 (Label Swapping) 和網路層路由，用來提昇網路層路由的效能，網路層的擴充性以及新增路由服務 (Routing Services) 的便利性 [10-12]。

4. VPN 網路

VPN (Virtual Private Network, 虛擬私有網路) 是近年來網路應用中最受矚目的營運模式之一，因為它利用公用網路取代專線連接企業的區域網路，不僅大幅降低建置成本，也提高了未來擴充的便利性。一般 VPN 可分為 CPE-based VPN 及 Network-based VPN [13,14]。前者是現今最為常見的 VPN 解決方案；後者則是由網路服務提供者 (Service Providers) 直接提供 VPN 的建置服務。

5. UMTS/GPRS 系統

未來的網路，將是以 IP 作為上層的網路應用及下層的網路接取技術的共同平台，並將傳輸與控制分開，可降低網路的複雜度及更易導入新的傳輸技術。UMTS/GPRS 系統可以和一般交換電路的語音網路直接互連，將音頻的訊息轉換到個人通訊系統中。未來將整合不同的系統，特別是在核心網路方面，希望能夠銜接各種不同的 Access 技術，如整合 UMTS/GPRS 和 WLAN 系統。

6. IPv6/v4 Router

IPv4/v6 Router 可以用來連接寬頻無線網路的基地台 [15,16]，再配合行動計算技術與無障礙網路 (Seamless Networking) 技術，將可讓使用者隨時隨地的運用網路資源，此外 IPv6 網路也可以提供一個多媒體的傳輸平台，供其他屬於服務應用的各

子計畫利用這傳輸平台，以更有效率的方式來傳送各種型態的資料。

7. 網路處理器(NP)[17]

由於網路的傳輸速度不斷提高，已由每秒百萬位元(M)等級進入 Giga 等級，甚至 Tera 等級，並且需要同時處理語音傳輸以及多媒體傳輸的資訊，NP 的設計便是要取代以往的處理方法，以提供更高效率與更大彈性，利用 NP 可以處理每個封包高達 Gigabit 的處理速度，來作為網路交換設備的運作核心，可以快速地滿足未來的需求。一顆 NP 包含有 4-6 個微處理器 (Micro-engines)，以平行處理的方式提高處理速度，可以使交換平台達到線速度 (Wire-speed) 的效能。

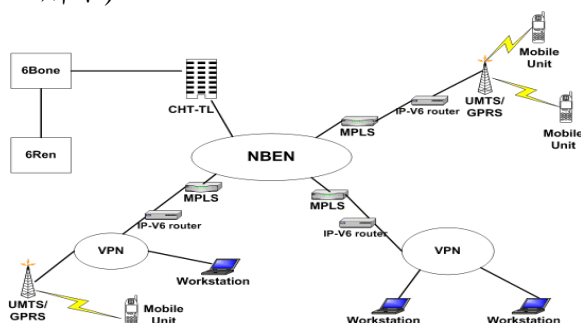
三、結果與討論

第一期研究成果：

本研究之 All-IPv6 Testbed 將建置於台大電機系實驗室(如圖二所示)，第一期研究著眼於 All-IPv6 Testbed 「功能完整」之議題迄今已完成「All-IPv6 Testbed 的建置」及「GPRS Emulator 建置」之研發。

1. All-IPv6 Testbed 建置架構

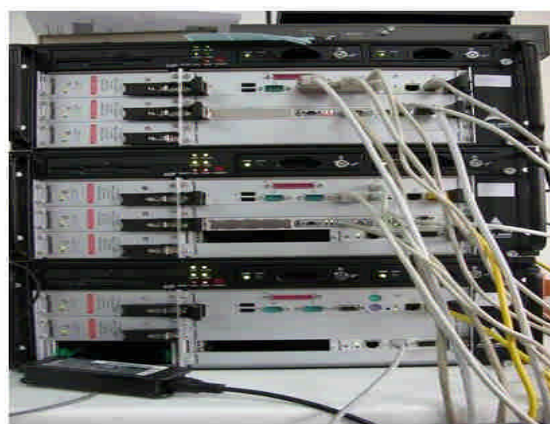
本研究之 All-IPv6 網路的架構，主要以 MPLS ELR(Edge Label Router)作為內部網路的主幹，NBEN 作為與網路外部互連主幹，GPRS/UMTS Emulator 作為行動互連網路，整個網路涵蓋範圍包括 IEEE 802.11 WLAN、UMTS/GPRS 網路、VPN 網路，經由透過 IPv6/IPv4 Router、MPLS Switch Router 達到網路互連的功能(如圖二所示)。



圖二：本研究網路互連架構圖

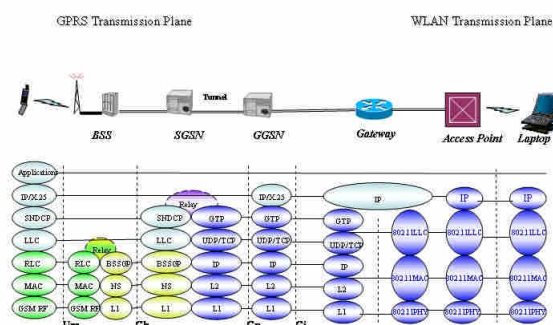
2. GPRS Emulator 建置

我們建置的 GPRS Core Network，其主要系統組成有 GGSN、SGSN、HLR 及 BSC。SGSN 是架構在 Solaris 的系統上，SGSN 主要負責 Session Management 及 Mobility Management。GGSN 是架構在 Linux 的系統上，GGSN 主要是負責 GPRS 網路與其他網路通訊協定的轉換及路由的尋找功能。HLR 主要紀錄使用者的資訊及位置。將這些主要系統連接就可形成一 GPRS Emulator。我們建置的 GPRS Core Network Testbed 如圖三所示。

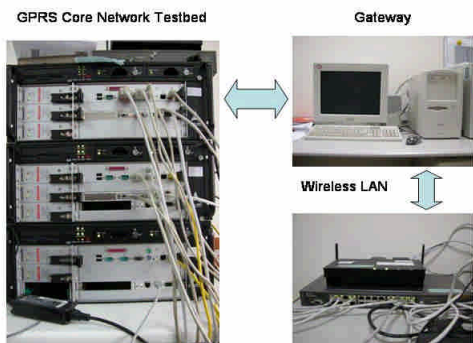


圖三：GPRS Core Network Testbed

本研究依據 GPRS 與 WLAN 網路的特性，架設一 GPRS<->WLAN 交互運作的系統，依據這兩個異質網路協定的不同，本研究提出此架構來作協定的轉換，使這兩個網路可透過此機制作位址的轉換、連接的管理及資料的交換。GPRS-WLAN 轉換機制如圖四所示，圖五為本研究執行 GPRS Core Network Testbed 及 WLAN 透過一 Gateway，直接作連接。



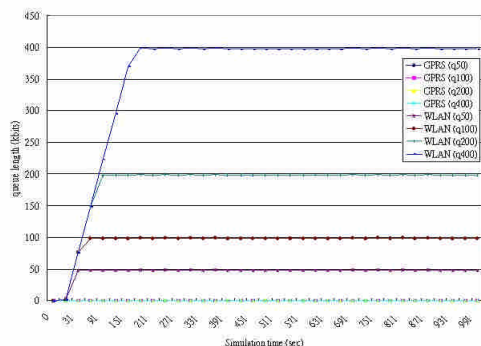
圖四：GPRS-WLAN 轉換機制



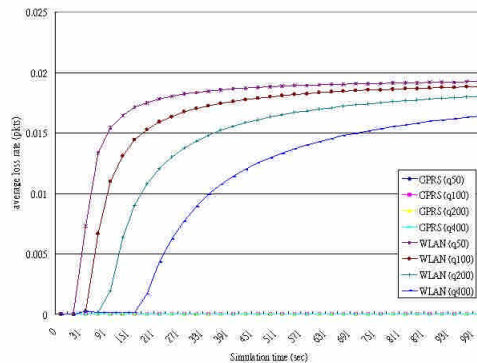
圖五: GPRS-WLAN Gateway System Architecture

對於連接異質網路的機制，我們也進行了許多的 Performance 分析:

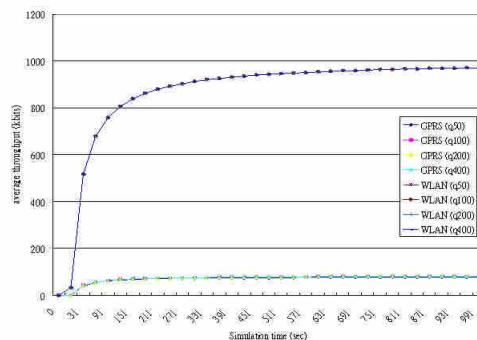
1. Queue Length 分析(圖六): WLAN → GPRS 網路的 Queue Length 較 GPRS → WLAN 網路成長快速。
2. Loss Rate 分析(圖七): 當 Queue Length 等於 50 Packets 時，其 Rate 達 0.019; 當 Queue Length 等於 400 Packets 時，其 Rate 降至 0.016，所以隨著 Queue length 漸漸的加大，loss rate 漸漸降低。
3. Throughput 分析(圖八): Throughput 與 Queue Length 的大小較無關，僅與傳輸速度較相關。
4. Delay 分析(圖九): Delay 值與 Queue Length 大小息息相關，Queue Length 越大 Delay 越大。



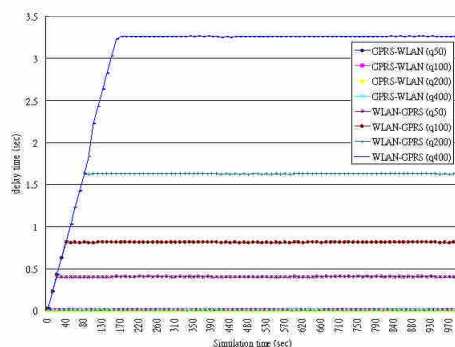
圖六: Queue Length 分析



圖七: Loss Rate 分析



圖八: Throughput 分析



圖九: Delay 分析

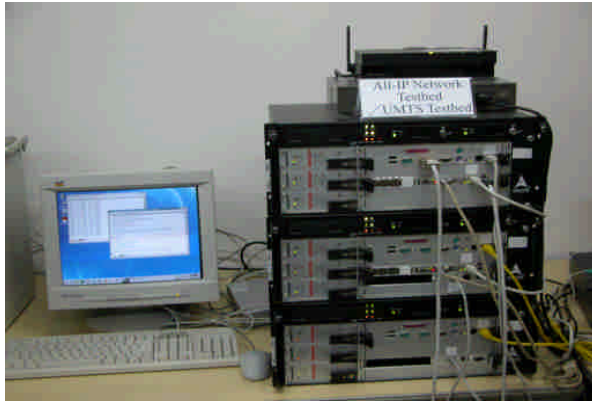
第二期研究成果:

本研究之 All-IPv6 Testbed 「使用便利」之議題，目的在於完成「UMTS Emulator 建置」及「All-IPv6 Testbed 的建置」之研發。UMTS Core Network 以 All-IP 方向去發展，尤其在目前的 3GPP R5 的規格中，整個 Core Network 已經是以 IP 作為主要的通訊協定。開始後續完成各子計畫所研發之關鍵技術模組植入。

1. UMTS Emulator 建置

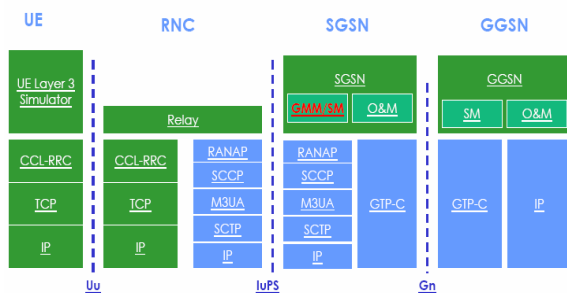
依據 3GPP 規格標準，UMTS 網路架構(如圖十)的發展依序為 3GPP R99 架

構，3GPP R99 核心網路與 GSM/GPRS 核心網路是可以存在同一個架構下的，主要的原因是在於可以保有 GSM/GPRS 系統業者原有的投資，並且沿用了現在最為穩定的核心網路架構，減少系統過渡到 3G 通訊系統時，所產生的諸多相容問題。

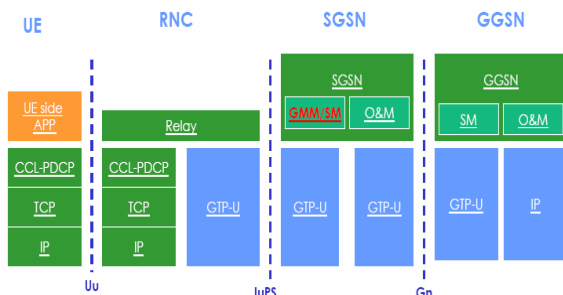


圖十：UMTS 網路架構

Core Network 及 RNC 使用 VxWork 系統，RNC 利用 ATM 和 CN 連接以完成 Iu 介面；HLR 主要紀錄使用者的資訊及位置。SGSN 使用 Solaris 系統，負責管理 Session Management 和 GPRS Mobility Management，利用 SS7 和 HLR 互相溝通；而 GGSN 使用 Linux 系統，依序開啟與 Radius Server、Session Management、GTP-U、GTP-C、Data Relay 等，以及與 SGSN 溝通的 Gn 介面和與 Internet 連結的 Gi 介面。此 UMTS testbed 的 Protocol Stack 如圖十一及圖十二所示。



圖十一：Control Plane Protocol Stack



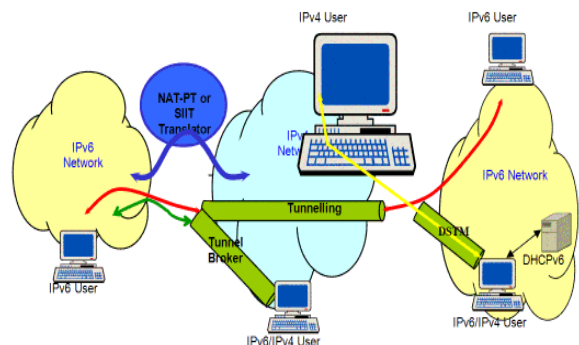
圖十二：User Plane Protocol Stack

3G 核心網路 Core Network 的趨勢將會朝向全 IP 化的方向去發展，尤其在目前的 3GPP R5 的規格中，Core Network 是以 IP 作為主要的通訊協定。在日後的發展上，若所有的手機均透過 IPv4 位址定址，勢必無法容納全球手機使用人口都透過 IP 來定址。所以說，IPv6 在解決這方面的問題時，將會有它舉足輕重的地位，IPv6 位址長度為 128 bits，足以提供相當充足的網路位址給手持裝置使用。Mobile IP 亦是一個重要的考量，日後所有的手機都可以有一個 IPv6 的網路位址，不過手機會在各個地方漫遊移動，所以需要一個移動式 IP 的規範來解決手機 IP 網路位址在各地漫遊的問題，而 Mobile IPv6 即足以提供這樣的解決方案。因此在這樣的架構下，許多新的服務例如：網路電話(VoIP, Voice over IP)，或是多媒體視訊會議都能普及到使用者的生活中。目前的網路遊戲當紅，以後連線對戰的遊戲都可以移植到手機上，透過更佳的頻寬資源，讓所有人可以隨時上網大顯身手。未來的無線寬頻生活是想像力無窮盡的世界，只要商業化的腳步持續的演進，伴隨許許多多的點子與創意在生活週遭發生，有更多的創業家與夢想家，會趁勢而起。

2. IPv6 Testbed 架設

IPv6 Tunnel Broker 方式：

在 Mobile Station 端是使用 IPv6 in IPv4 協定的方式(如圖十三所示)，將 IPv6 的位址內含在 IPv4 的封包 Payload 中，透過 GPRS Testbed 連線上 IPv4 網路，經 IPv4 網路繞送到東華大學的 Tunnel Broker，再將 IPv4 的封包轉成 IPv6 的封包連接至其它 IPv6 網路。



圖十三：Tunnel Broker 運作圖

3. IPv6 Router 設計[18]

設定項目：

(1) 設定項目：

設定 Linux 主機成為 IPv6 Router

設定 Linux 主機成為 IPv6 Client

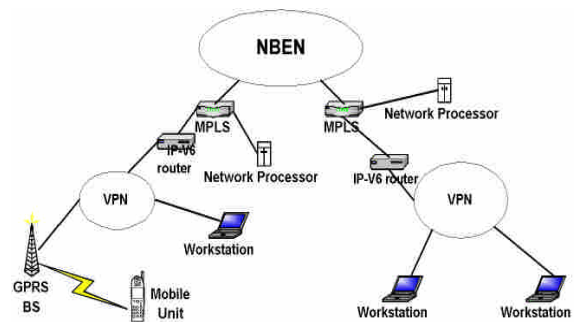
(2) 設定環境：

系統	Linux
局端 IPv4 Tunnel IP	134.208.10.133
局端 IPv6 Tunnel IP	2001:288:381:2001::1:18E0:52ac
用戶端 IPv4 Tunnel IP	140.112.41.89
用戶端 IPv6 Tunnel IP	2001:288:381:2001::1:18E0:52B3
用戶端 IPv6 global prefix	2001:288:381:2001::1:18E0:52B3/127
用戶端 IPv6 site-local prefix	fe80::8c70:2956/10

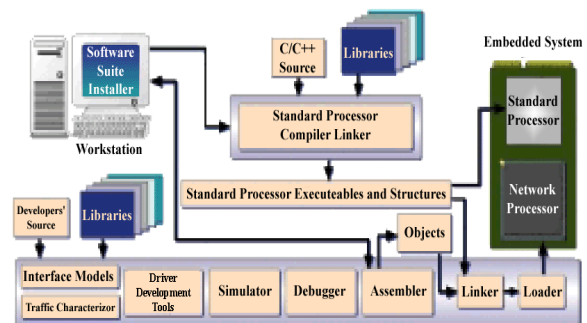
4. 網路處理器

在 All-IPv6 Testbed 中，使用 Network Processor 來加速封包的處理(如圖十四所示)，以提高整個系統的效率。Network Processor 提供了一個具有彈性的工作平台，可以在此平台上發展新的功能，以加強整個 Testbed 的執行效率。藉由撰寫微程式碼(Micro-Code)的方式(如圖十五)，完成網路處理器軟體、韌體程式撰寫及相關套件開發。對於寬頻網路來說，網路處理器能夠處理大量資料傳送的「回復式封包環路」(RPR：Resilient Packet Rings)及承載無線高速傳輸的第三代行動電話系統，搭配使用「多重服務調度平台」機制，讓網路使用效率大幅提升。因此 Network Processor 可以幫助網路資料處理的速度效

能，亦提升 All-IPv6 網路環境(如圖十六)，提供其他子計畫功能整合以及測試服務。



圖十四：IPv6 Testbed 之網路處理器應用



圖十五：網路處理器發展套件



圖十六：All-IPv6 Network Testbed and Network Processor

5. VPN 網路建置

(1) Tunneling & Encryption

藉由對資料加密的通道點對點傳輸技術，VPN 可以確保非授權的用戶無法於公眾網路上讀取到他人的機密文件。通道技術建立邏輯上的點對點網路連結，而加密技術則是將欲傳送的資料加以編碼、計算，使得唯有發送者及接收者能夠解讀其中的意義。一般常見的通道技術協定為 Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP)、Layer 2 Forwarding (L2F)、Generic Routing

Encapsulation (GRE) 及 IP Security (IPSec)。而加密的技術則依加密鑰匙的長度不同，有 DES 及 3DES 等，至於加密鑰匙的管理，則可配合相關的管理伺服器 (Certificate Authentication Server, CA Server) 來達成。

(2) Packet Authentication

當 VPN 的虛擬通道建立，資料要開始於通道上傳時，為了確保資料的完整性及確認其未被駭客修改過，便需利用一些封包認證的協定來達到此目的，常見的技術如 AH、ESP、MD-5 及 SHA 等協定。傳送者及接收者於加密通道建立時便需溝通依何種封包認證技術來做資料的傳輸，故當接收者收到資料封包之後，便可利用事先約定好的封包認證方式來檢查封包是否在公眾網路傳輸時被修改過。

(3) Firewall & Intrusion Detection

在 VPN 的網路架構下，透過防火牆及 IDS 系統，可以將可能的駭客入侵或是非授權用戶阻隔於網路之外，以保障網路的安全。

(4) User Authentication

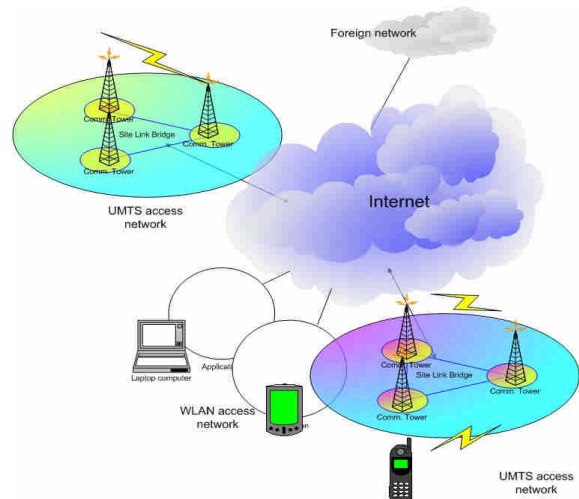
VPN 既然允許遠端的用戶透過網際網路來進入網路內部存取資料，對於使用者身份的確證及權限的管理便極為重要。使用完整的安全認證伺服器 (Authentication, Authorization and Accounting Server)，便可加強使用者的認證管理，以確保機密資料不會被非相關人員所讀取。

本研究對於 VPN 的建構及應用上，在既有的廣域網路架構上加上 VPN 的功能，改變網路的邏輯架構，進而得到 VPN 網路之效能且易於管理的優點，並且使用網路上路由器 (如 MPLS Switch)、防火牆 (Firewall) 等設備，使之成為 VPN 的節點。

6. WLAN/UMTS 雙網架構

在 All-IPv6 Testbed 中加入 WLAN 之架構 (如圖十七所示)，在 UE 具有雙模功能時不僅可以透過 UMTS Emulator 連上

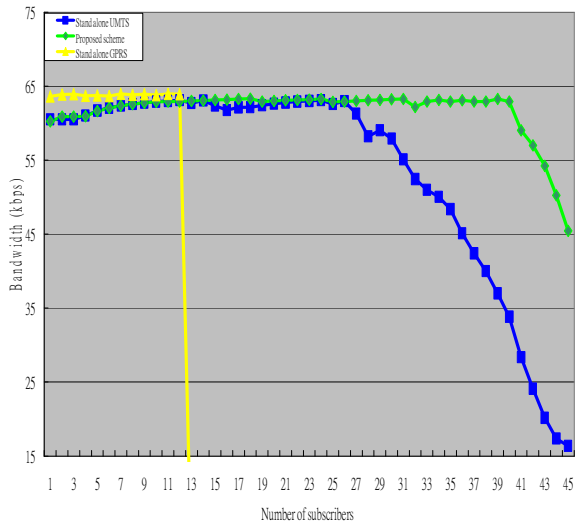
Internet，亦可透過 WLAN 來進行 data service。



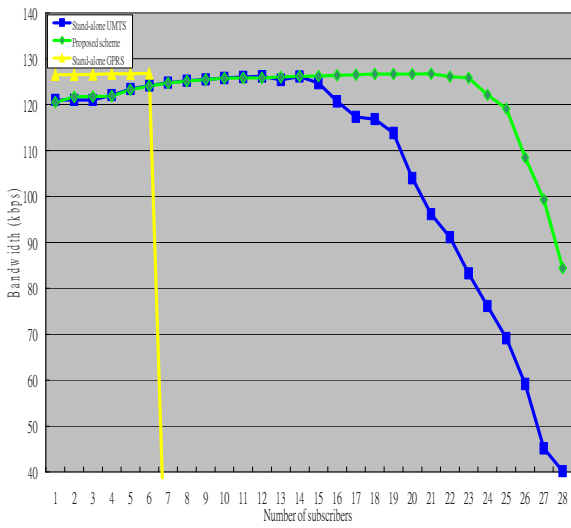
圖十七：WLAN/UMTS 雙網架構

以下則是實驗所測得的數據及分析曲線圖，黃色線表示單純使用 GPRS 系統的使用者，而藍色表示單純使用 UMTS 系統的使用者，綠色表示可使用 UMTS/GPRS 整合系統的使用者：

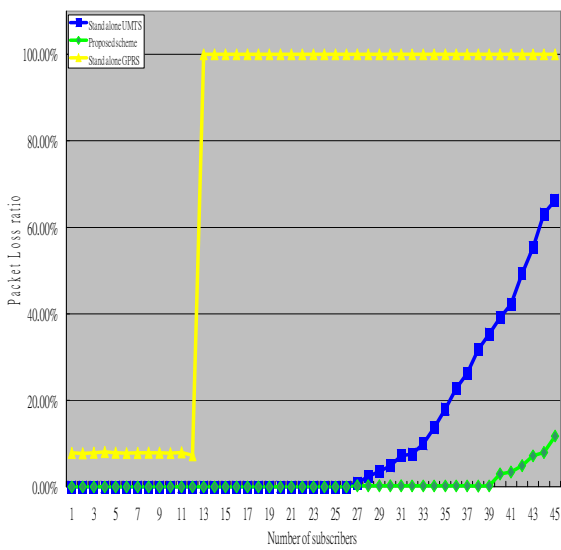
1. 平均傳輸速率分析 (圖十八與圖十九所示)：在 64kbps 和 128kbps 的傳輸速率下，使用我們的方法可以同時容納較多的使用者並進行服務。
2. 平均封包漏失率分析 (圖二十與圖二十一所示)：在 64kbps 傳輸速率下使用者達到 40 人時，封包漏失率仍可維持在 0.22%，在 128kbps 傳輸速率下使用者達到 24 人時，封包漏失率仍可維持在 0.22%，效能皆比單純使用 UMTS 或 GPRS 來的好。
3. 平均延遲時間分析 (圖二十二與圖二十三所示)：GPRS 系統對於即時性服務的效率較差，所以在整合 GPRS 及 UMTS 的系統中亦要將 GPRS 的延遲時間考慮進去，所以會產生在使用者超過 26 人後，整合性的系統平均延遲時間開始增多，原因是部分的數據服務被換手至 GPRS 系統下。



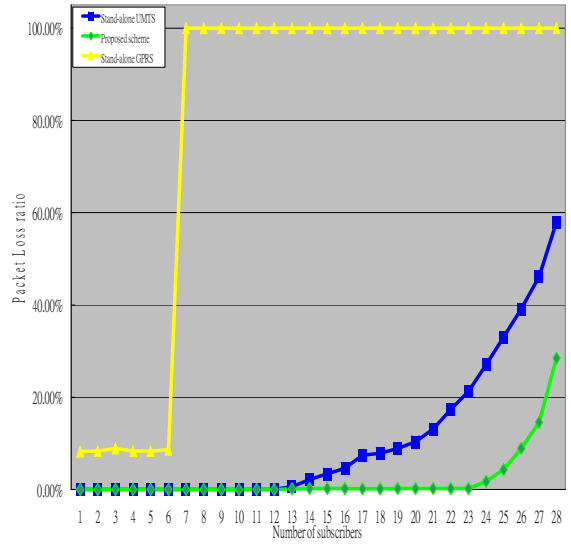
圖十八：Average bandwidth of 64 kbps



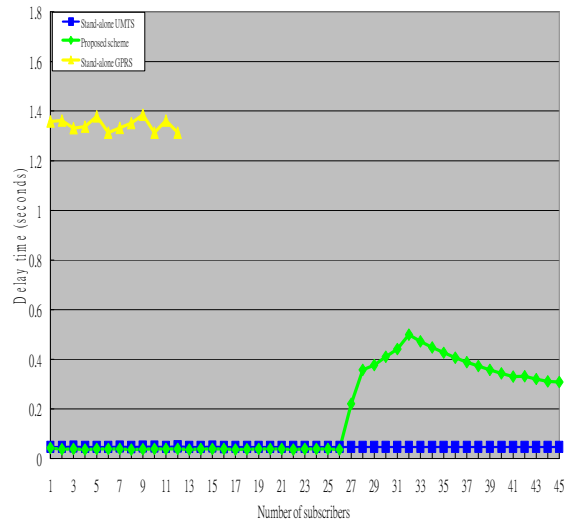
圖十九：Average bandwidth of 128 kbps



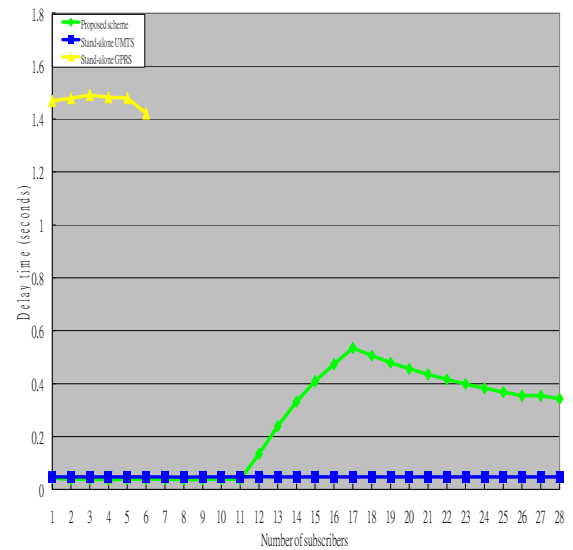
圖二十：The ratio of packet loss in 64 kbps



圖二十一：The ratio of packet loss in 128 kbps



圖二十二：The transfer delay time of 64 kbps



圖二十三：The transfer delay time of 128 kbps

第三期研究成果：

本期研究計畫著眼於 All-IPv6 Testbed「運作最佳性」之議題，完成「各子計畫研究關鍵模組植入(行動多媒體通訊)」、「系統整合測試及運作測試」及「All IPv6 網路服務應用效能評估」。

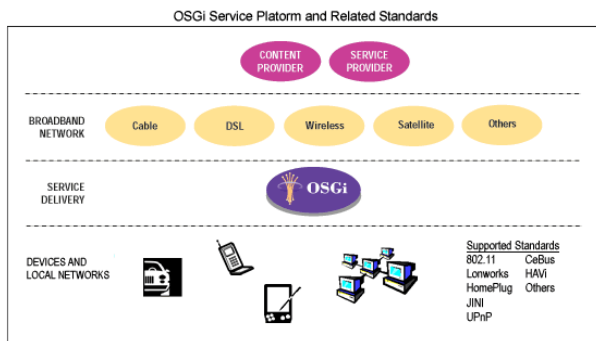
在各子計畫研究關鍵模組植入和系統整合測試及運作測試方面，透過 OSGi[19,20] Gateway 的架設，完成了 Java-based 之 E-Business、Video-on-Demand 及 On-line Gaming 服務，整體系統架構如圖二十四。



圖二十四：All-IPv6 網路之開放式服務平台建置

1. OSGi 的架構

OSGi 標準制定主要目的在提供一個開放性平台(如下圖二十五)，使得在遠端軟體服務供應商所提供的應用程式及增值服務軟體，能視使用者需求隨時下載至近端靠近用戶的開道系統上，接著自動安裝執行。為了達成這個目的，軟體服務供應商必須要根據 OSGi 所制定的規格去開發服務軟體，而靠近用戶端的開道系統也必須要將 OSGi 的功能整合至其中。

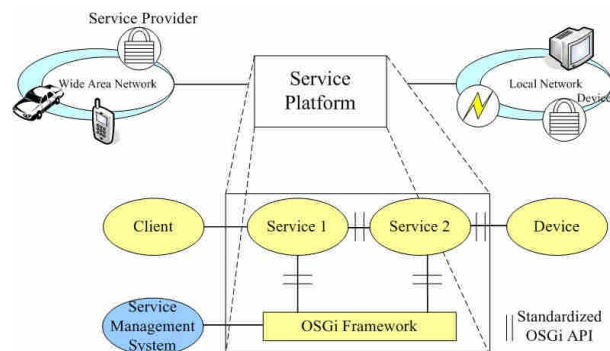


圖二十五：OSGi 的 Service Platform 與現有相關的標準

根據 OSGi 規格開發出的服務或軟體我們稱為 Bundle，而具有 OSGi 功能的開道系統稱為 Service Gateway。Bundle 要在 Service Gateway 上執行，而 Service Gateway 可以透過廣域網路從軟體服務供應商處下載不同的 Bundle。Bundle 是由許多各自獨立且功能互異的軟體模組所組成，在 OSGi 標準中將這一個個獨立的軟體模組稱為基本服務，相同的基本服務可以出現在不同的 Bundle 中，也就是說基本服務是可以被重覆使用的，而一個具有特殊服務功能的 Bundle 通常是由許多基本服務所組成。

Service Gateway 能自動偵測，並且將這個裝置的 Device Driver Bundle 下載安裝至其中。OSGi 的規格主要分為三大部份，包含：

- 服務開道系統框架規格 (Service Gateway Framework Spec.)
- 服務開道系統應用程式介面規格 (Service Gateway API Spec.)
- 裝置存取規格 (Device Access Spec.) 如下圖二十六所示。



圖二十六：OSGi 的框架與介面規格

利用 OSGi Gateway，手機上網後將可透過 OSGi 向 Information Server 要求資料(如圖二十七)，進行 E-Business、Video-On-Demand(如圖二十八)、On-line Gaming(如圖二十九)等多媒體的服務。



圖二十七：OSGi 和 Information Server



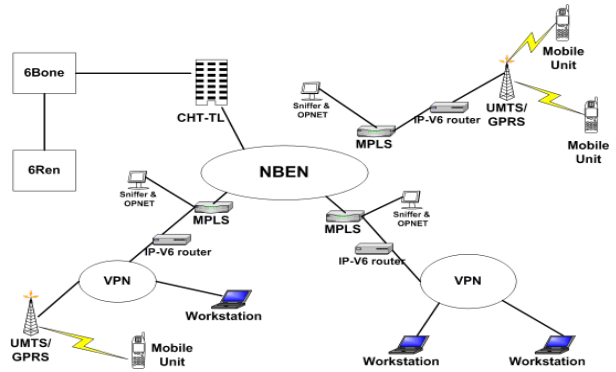
圖二十八：Video-On-Demand



圖二十九：On-line Gaming

系統整合完成後，多媒體服務於此 Testbed 中進行運作與測試。本研究開發一套 All-IPv6 效能評估系統，進行服務應用之監控與網路運作效能量測，作為各子計畫強化關鍵組件之依據。亦提供未來 All-IPv6 網路應用 Service Provider 系統運作之參考。

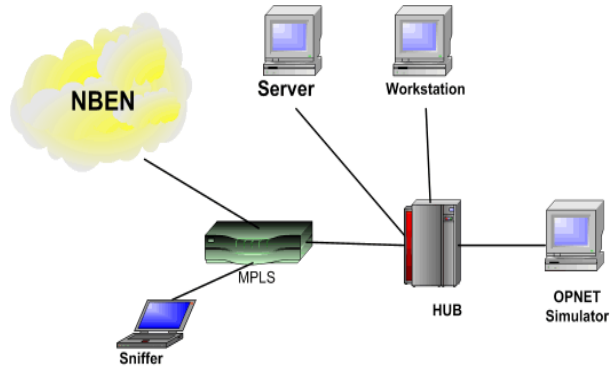
我們為了要檢查多媒體服務是否符合事先定義 QoS 要求，必需監測在 All-IPv6 Testbed 網路架構流動的資料封包。我們在已建置的 All-IPv6 Testbed 網路中之 MPLS 設備上架設 Sniffer 機制，隨時監看資料封包情形。該架構如圖三十所示。



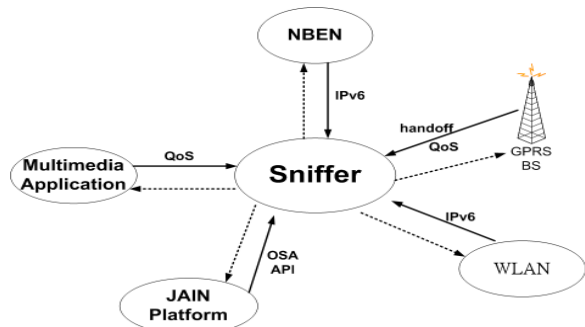
圖三十：IPv6 Testbed 中佈置 Sniffer 架構

2. Sniffer網路分析工具

Sniffer 是一個在 RedHat 6.1 平台下發展出來的封包偵測器，利用該監視設備便可進行網路效能分析工作，因此是一套網路效能管理系統。再者，更可進一步分析該網路傳輸封包資料時，檢驗是否符合 QoS 的要求。在圖三十一中可看出，Sniffer 監視機制是架設在 MPLS 上，以便隨時檢測及搜集封包資料，再作進一步之分析。圖三十二顯示出 Sniffer 機制在 IP-V6 Testbed 架構上分別搜集各子網路資訊之運作情形。

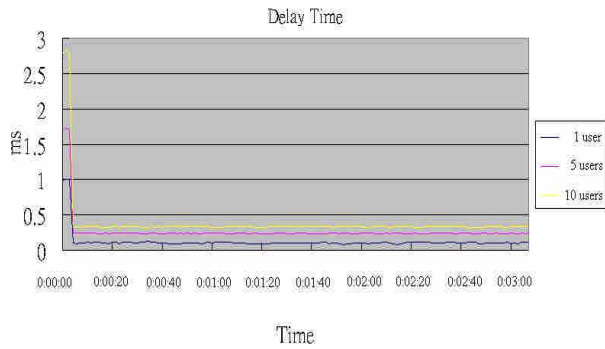


圖三十一：Sniffer機制與MPLS之互連

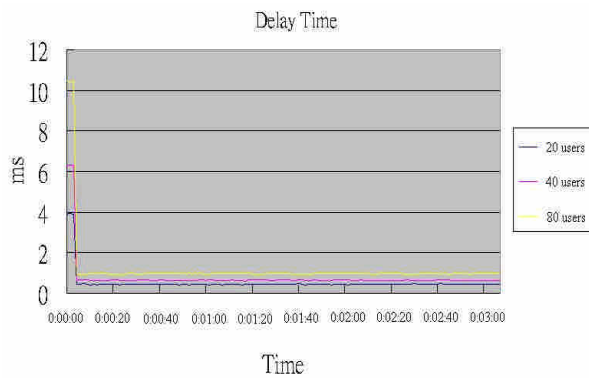


圖三十二：Sniffer機制與子網路互動關係

利用 Sniffer，我們測試了在使用者要求 Video-On-Demand 的情況下，不同數量的使用者所產生的 Delay，實驗結果如下圖三十三、三十四，當使用者連線進入 OSGi 時，Delay 會較高；而當使用者連線至 Information Server 時，Delay 則會降低。

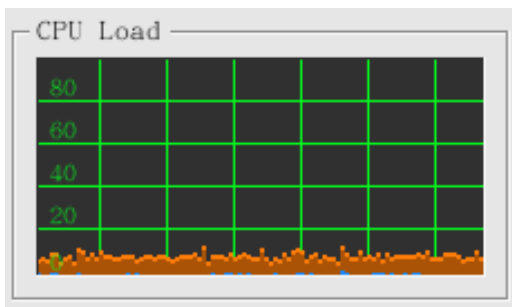


圖三十三：不同數量的使用者產生的 Delay(一)

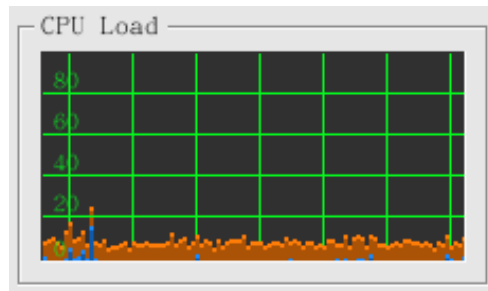


圖三十四：不同數量的使用者產生的 Delay(二)

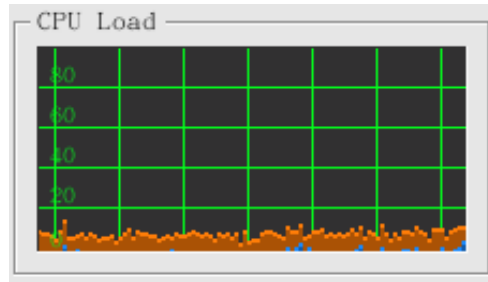
接著，我們測試了 OSGi 上不同數量使用者時的 CPU load，其結果數據如圖三十五、圖三十六、圖三十七和圖三十八；可以得知，尤於 OSGi 對於使用者只作一些簡單的要求和回應，所以 CPU load 在不同數量的使用者下都維持在較低的位置。



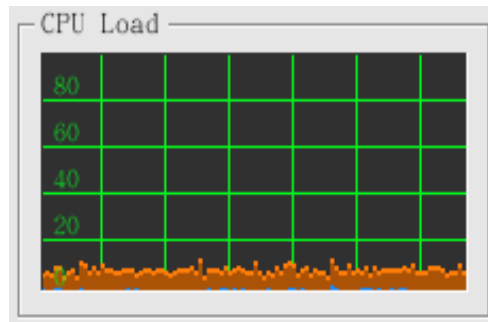
圖三十五：十個使用者下 CPU load



圖三十六：二十個使用者下 CPU load

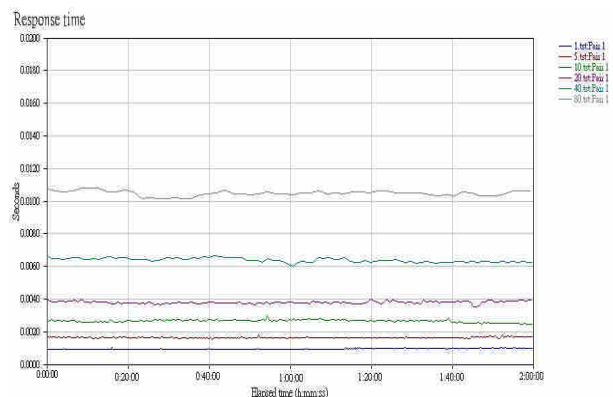


圖三十七：四十個使用者下 CPU load

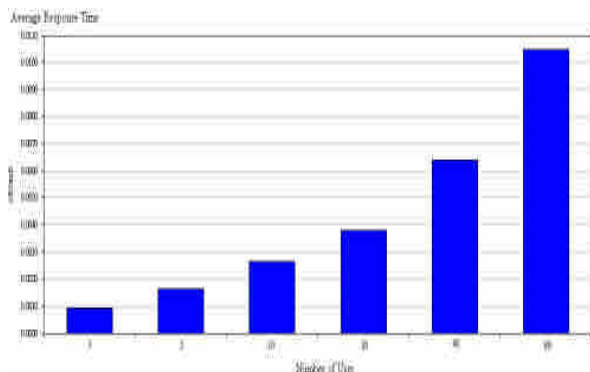


圖三十八：八十個使用者下 CPU load

雖然使用者數量的多寡，並不會使得 OSGi CPU load 急增，但卻會使得 Response time 快速增加；在此，我們針對不同使用者數量所得到的 Response time 做了實驗，實驗數據如下圖三十九和圖四十。可以發現，當使用者超過八十人時，Response time 就會快速增加。



圖三十九：不同使用者數量下的 Response time



圖四十：不同使用者數量下的平均 Response time

3. OPNET[21]網路分析工具

OPNET 是由美國國防部與麻省理工學院進行開發，做為網路規劃、模擬及分析軟體，在通信、電訊、網路及國防科技上已經被普遍採用並廣受好評。OPNET 解決方案，提供企業及 ISP 提升網路及應用程式表現 OPNET 解決系統架構設計，伺服器整合，新應用程式安裝、升級等。OPNET IT Guru 的最佳化網路設計，降低成本及縮短架構時間。超過 80% 使用者使用，達到降低成本 20% 於系統架構及應用程式方面。目前國內的使用單位有中山科學研究院、工業技術研究院、中華電信研究所、太空計劃室、清華大學、中山大學等等，皆選擇 OPNET 為網路規劃及通訊模擬的工具。

OPNET 依功能不同分為下列幾項產品：

1. OPNET IT Guru：集中改進網路管理的能力。
2. OPNET Modeler：加速網路、設備、協議、應用程序的 R&D 方面。
3. OPNET SP IT Guru：可以集中改進 Service Providers 的網路管理能力。
4. OPNET Netbiz：顯示網路狀況，提出網路計劃書，分析網路 algorithms 及設計網路規則。
5. OPNET WDM Guru：提供 Service Providers 及網路設備製造商設

計具有彈性、Cost-effect 的光纖網路。

今日的網路管理者面臨更多網路流量，須管理各種不同種類的技術以及更迫切性的網路需求。OPNET IT Guru 軟體及 ACE(Application Characterization Environment)模組專門用於改善網路管理者發現及解決問題的能力。OPNET IT Guru 及 ACE 模組是個十分特殊的軟體，因為經由 OPNET IT Guru 軟體及 ACE 模組的功能可了解整個網路系統，包含路由器、交換器、協定、伺服器及個別的應用程式。並且經由 ACE 模組的記錄應用程式、傳輸圖像化、分析診斷及效能驗證功能來達到網路最佳化目的。它也提升了分析網路的能力，經由網路及子網域導入部分或整個網路、複製個別或網段中的設備來產生不同的網路模型。OPNET IT Guru 及 ACE 模組也可以從路由器的配置檔案建立網路模型，自動設定每個路由器的配置。OPNET IT Guru 及 ACE 模組能夠模擬重建現有的網路，或者預測任何假設方案的效能。

ACE 模組可記錄網路應用程式的行為，它將應用層及網路層之間的應用程式傳輸模擬圖像化，進而全盤了解伺服器與客戶端的相互作用。ACE 模組使用網路協定分析及提供自己的遠端記錄器來記錄應用程式的傳輸，此外 ACE 模組可篩選記錄特定程式的運作。

ACE 模組可以記錄程式的運作過程來解決問題，ACE 模組記錄的訊息可以模擬不同網路結構，及不同數量的使用者，以便預估程式表現。

另外 OPNET IT Guru 及 ACE 模組軟體能診斷網路資源效率和網路設定的問題，讓網路管理者快速而精確的解決問題，它依照建立的網路規則來測試整個網路模型，以便發現錯誤設定或協定衝突所造成的網路問題或警告。它也使用開放式程序介面來定義客戶所須的規則。

這個模組不僅能診斷網路資源效率和

網路設定的問題，也能顯示應用程式反應時間延遲，包含了相關的客戶端、伺服器、傳輸、傳送和網路協定。另外也具有 AppDoctor 功能，AppDoctor 可以指出網路的問題點並提供建議，讓網路應用達到最佳狀況，進而符合所需。進而強化了各種網路的應用。

OPNET IT Guru 及 ACE 模組軟體的虛擬網路環境，可以驗證網路改變後的實際可行性，在網路管理者及實際操作的網路間提供緩衝。

以下為其他可外加模組的功能：

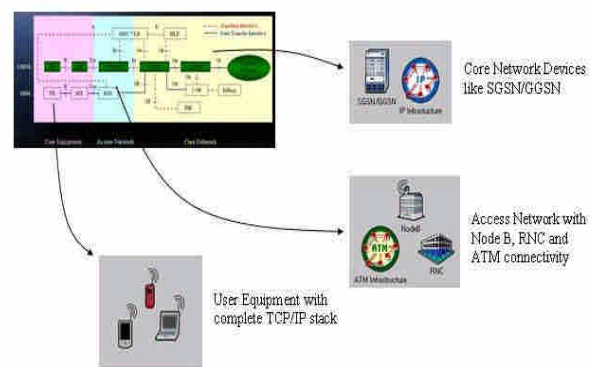
- NetDoctor 功能：可以預測修改網路設備設定後的錯誤。
- Flow Analysis 功能：可在網路設定或拓樸結構改變後，立即測出網路連接效能。
- Protocol 模組：可以發現調整網路協定後，是否會達到預定效果。
- Enhanced Hybrid Simulation 功能：可以準確估計修改 QoS 後的效益。
- Server Model 功能：可以預估修改伺服器配置(CPU、磁碟介面)、伺服器位置、和伺服器設置策略之後的效能。

在規劃未來網路成長及可行性方面，OPNET IT Guru 及 ACE 模組軟體加入最好的離散事件模擬、分析模型、和準則分析來準確的預測各種方案，讓網路管理者在規劃未來網路時能有無比的自信及準確性。

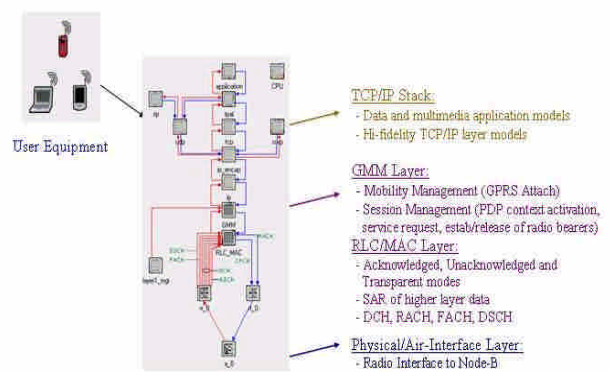
- 依模擬網路將來的流量成長，來預測必須的升級及花費。
- 執行完整的失敗分析，來發現可能失敗網段，並且計劃備用的網路。
- 定義 SLA(Service-Level Agreement)用於統計分析結果，例如應用程式的反應時間。
- 設計符合成本效益及最佳化的 WLAN、Gigabit Ethernet、ATM、或 VoIP 網路。
- 經由適當的網路資源、網路協定、及伺服器設定來設置最佳化的網路應用

程式。

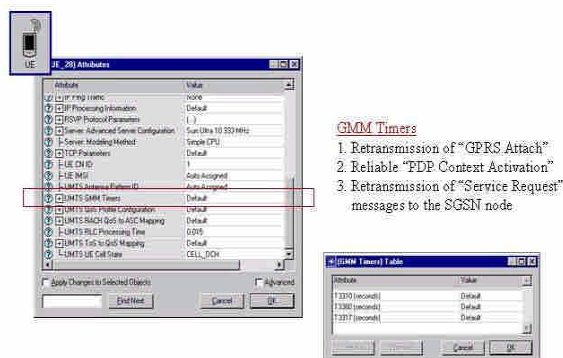
當我們搜集了 All-IPv6 Testbed 網路架構的封包後，接著將利用 OPNET 來進行網路效能評估的工作。我們利用 Sniffer 機制檢測及搜集封包的資料，輸入到 OPNET 的環境網路拓樸作進一步的網路效能評估，進行 All-IPv6 Testbed 網路服務應用之監控與運作效能量測，作為各子計畫強化關鍵組件之依據。圖四十一、圖四十二和圖四十三為效能評估之模組示意圖。



圖四十一：UMTS架構模組示意圖



圖四十二：User Equipment with IP架構示意圖

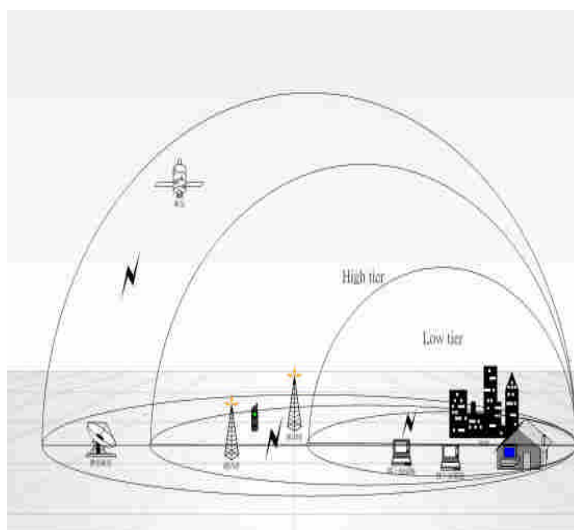


圖四十三：User Equipment Configuration 示意圖

4. WLAN/UMTS 雙網架構

在 All IPv6 網路服務應用效能評估方面，首先必需面對的，就是當網路上同時有太多使用者和太大的流量時，網路頻寬不足的問題，而在這部份，單純的使用 UMTS 網路或 WLAN 網路，其效能都將比使用結合 UMTS/WLAN 來的差，原因是當使用者和網路流量都愈來愈大的時候，UMTS 網路將沒有能力提供每位使用者完整的服務；而 WLAN 則會因為沒有多餘的頻寬，導致整體的效能下降；而結合 UMTS/WLAN 網路，則可同時運用兩者的資源，提供最好的服務給使用者。

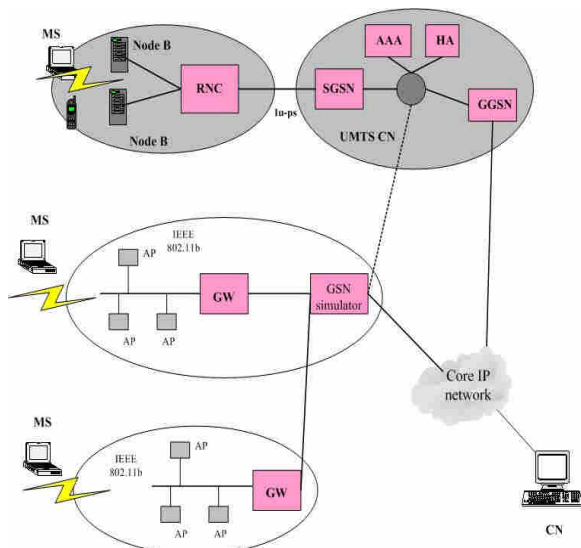
以 UMTS Emulator 作 High tier，IEEE 802.11 為 Low tier，架構一個 Two tier 的網路使用環境(如圖四十四所示)，本研究結合 UMTS 所具之高移動性、高覆蓋區域以及 WLAN 所具之低花費、高傳輸頻寬的特性，截長補短，以期能讓使用者能夠在任何時候依其需求使用最佳的網路作為其接取網路進而與遠端的 IP 網路進行連接及通訊。例如當使用者位於辦公大樓、旅館、機場或是人口較稠密的區域，可以選擇 WLAN 進行網路連結，當使用者處於快速移動或是較空曠的環境下，可以選擇 UMTS 來進行通訊。依其通訊時間、地點、移動速率、品質與傳輸速率的不同，提供使用者最符合經濟效益、無所不在、無處不連的寬頻無線多媒體網際網路服務。



圖四十四：Two tier 網路架構圖

研究整合 WLAN 及 UMTS 方面，我們必須考慮到兩種不同類型網路，從網路架構、傳輸方式、傳輸速率、傳輸品質、QoS (Quality of Services) 策略、資源管理模式皆有很大不同。一般來說有三種架構，第一種為 Loose coupling 架構，第二種為 Tight coupling，第三種為 Peer network。

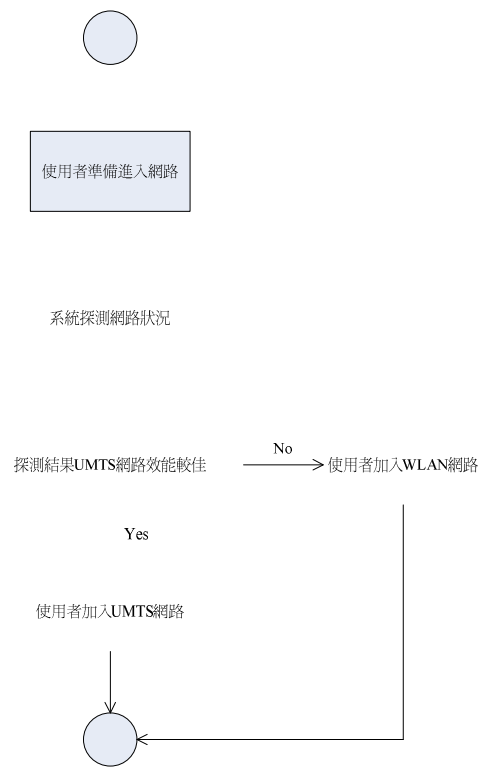
在 Loose coupling 架構中(如圖四十五所示)以 UMTS 為母網(Home Network)，而 WLAN 為客網(Visited Network)，在原有架構中新增一個 GSN 模擬器，它結合了 SGSN 及 GGSN 的功能，控管多個 WLAN。在這架構下 UMTS 及 WLAN 為不同的兩個 routing area，但 GSN 模擬器具有與 UMTS core network 溝通的能力，如圖中虛線所示，GSN 與 UMTS core network 傳遞控制訊息，UMTS 與 WLAN 使用相同的 AAA 資料來作使用者之認證、授權與帳務管理。但是 data traffic 則是由 GSN 模擬器直接與外部網路進行交換，這樣有可以節省 UMTS core network 中寶貴的資源，在資料傳輸方面亦更加有效率。



圖四十五：Loose coupling 架構

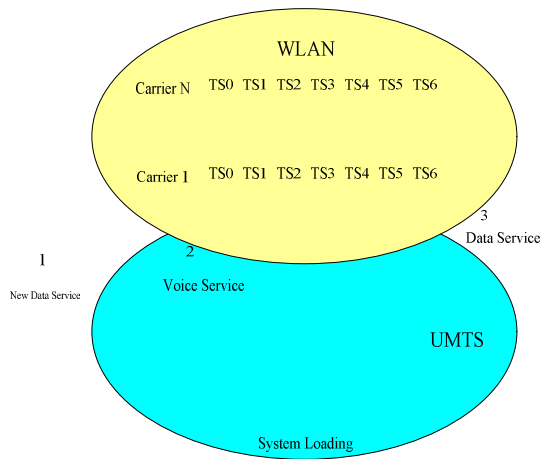
而在這樣的環境底下，雖然結合 UMTS/WLAN 網路能提供較多的資源給使用者，但如果缺少一個好的機制作資源的分配，來使得 UMTS 網路和 WLAN 網路達到一個較平衡的狀態，還是會使得整體的效能下降；在此，我們提出了一個方法來分配兩者的資源，使其能夠達到平衡並讓使用者獲得較佳的服務品質。

在一個使用者要進入網路之前，先去探測目前兩者網路的狀況，獲得一些例如 Delay、Loss 和 Jitter 等資訊，依照這些獲得的資訊，選擇一個效能較好的網路加入，如此可以讓另一個效能較差的網路不再增加額外的負擔，如此，可以有效的提高整體的效能。下圖四十六，為其判斷的流程圖。



圖四十六：網路效能判斷流程圖

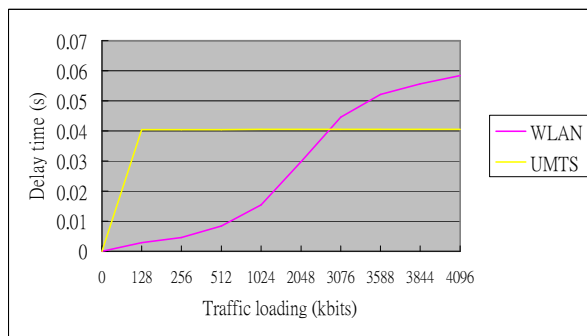
另外基於提高 Timeslot 利用率的考量，我們研究在整合系統內無線電資源有效率地分配方法(如圖四十七所示)。在新的分配方法內，規劃數據傳送以 UMTS 系統為優先服務系統(如圖四十七(1)所示)，語音服務則優先以 WLAN 系統來承載。當 UMTS 的細胞負荷過重時，系統將原本在 WLAN 系統中的語音服務換手至 UMTS 系統(如圖四十七(2)所示)，而將要求品質保證較低的數據服務轉至 WLAN 系統下(如圖四十七(3)所示)。如此可有幾項好處，第一降低 UMTS 系統的干擾量以避免影響使用者的傳輸品質，第二提高無線電頻譜使用率，並增加系統容量，第三數據服務使用 WLAN 系統時不會讓原有系統中的語音服務品質降低。



圖四十七：Balance the traffic loading

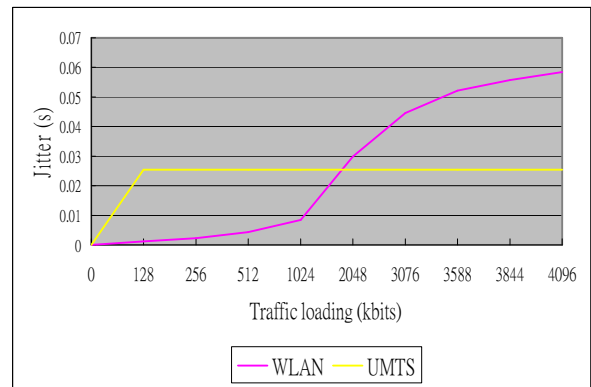
● 實驗結果與分析

以下則為實驗數據，實驗環境下 UMTS 網路和 WLAN 網路所能負載的流量不相同，藉此來研究不同網路的狀況。下圖四十八為 Delay Time 的數據圖，在 UMTS 下，Delay 在各種情況下幾乎都維持在 0.04 秒；而在 WLAN 下則隨著網路流量的上升傳輸延遲跟著上升。可以看出，當流量大於 3076kbits 時，UMTS 網路的 Delay 將小於 WLAN，在這樣的情況下，系統就可以分配使用者到 UMTS 的網路下。



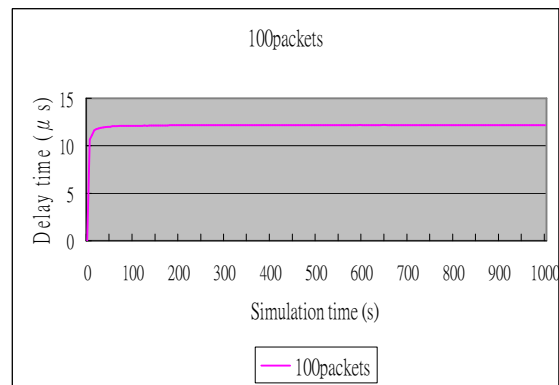
圖四十八：不同流量下的Delay

下圖四十九則為另一個影響網路狀況的因素，Jitter。在 UMTS 網路下，Jitter 約為 0.02544 秒；而在 WLAN 網路下，其變動則比 Delay 還要大。當網路流量大於 2048kbits 時，UMTS 網路的 Jitter 就會比 WLAN 網路還要小。

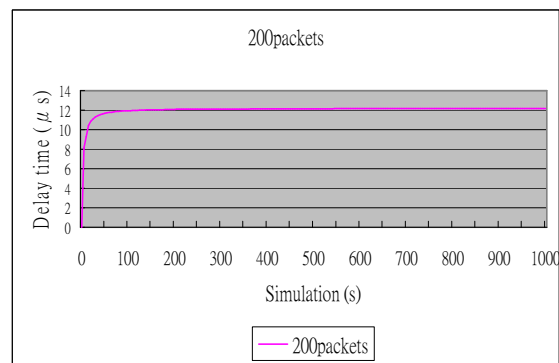


圖四十九：不同流量下產生的Jitter

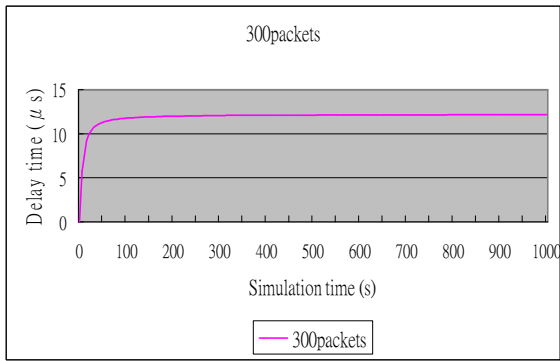
另外在 UMTS/WLAN 雙網下作 Handoff 將會導致 Delay 的產生和 Packet Loss，為了解決這樣的情況，在此將利用 Buffer，愈大的 Buffer 會使得 Packet Loss 減少，但隨之而來的，卻是 Delay 的增加。所以一直增大 Buffer 的大小，所得到的結果並非是好的，在這裡 Buffer 的大小是需要討論的地方，以下針對當使用者在作 Handoff 時所使用的 Buffer 大小不同對於 Delay 和 Packet Loss 影響作了一系列的實驗，以便得到一個最佳的 Buffer 大小。



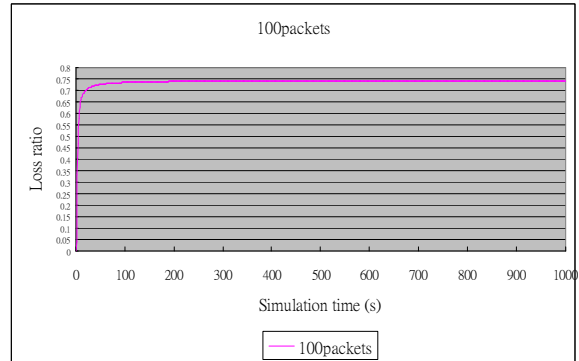
圖五十：Delay time when packet size is 100



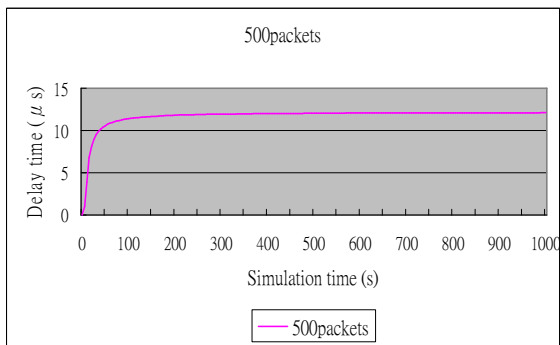
圖五十一：Delay time when packet size is 200



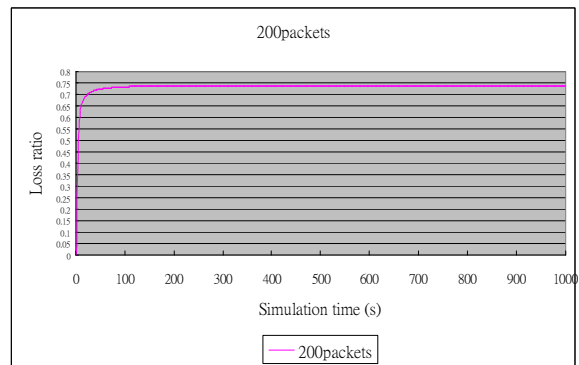
圖五十二：Delay time when packet size is 300



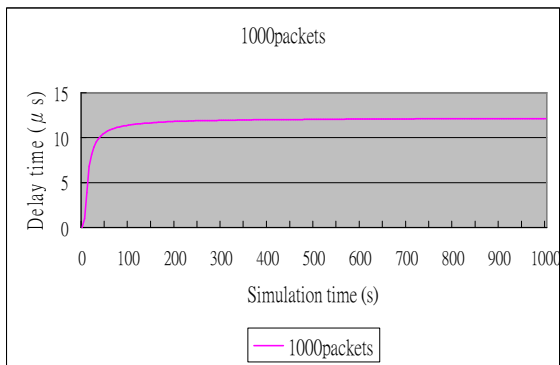
圖五十六：Packet loss ratio when packet size is 100



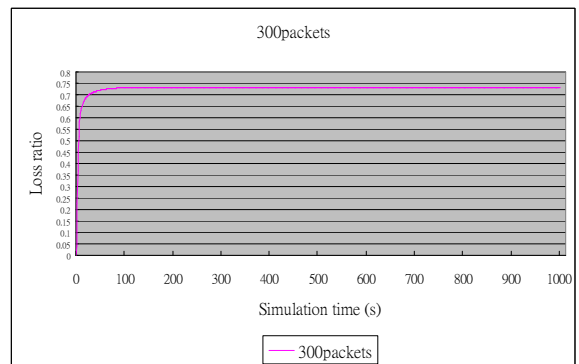
圖五十三：Delay time when packet size is 500



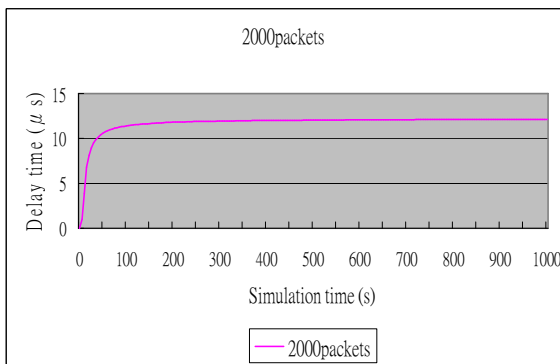
圖五十七：Packet loss ratio when packet size is 200



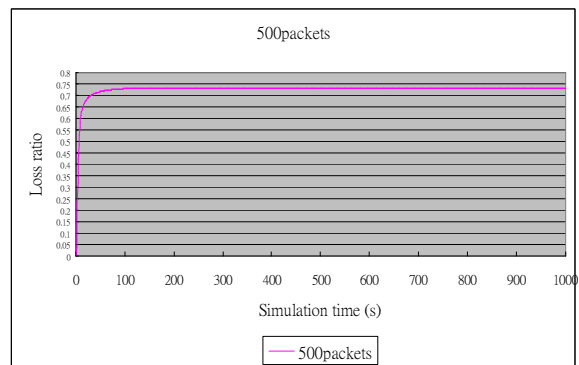
圖五十四：Delay time when packet size is 1000



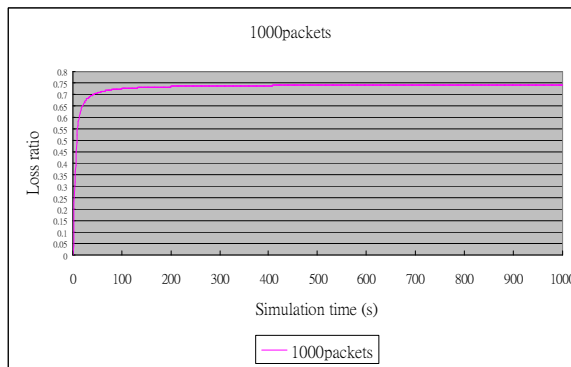
圖五十八：Packet loss ratio when packet size is 300



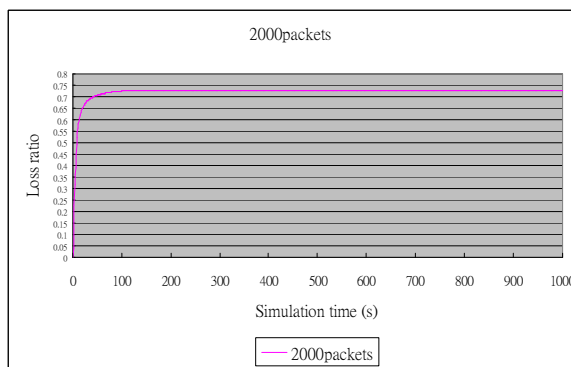
圖五十五：Delay time when packet size is 2000



圖五十九：Packet loss ratio when packet size is 500



圖六十：Packet loss ratio when packet size is 1000



圖六十一：Packet loss ratio when packet size is 2000

四、計畫成果自評

1. 本研究第一期完成 All IPv4/v6 之建置及 GPRS Emulator 之架設，第二期完成 Pure All IPv6 之建置及 UMTS Emulator 之架設，第三期完成各子計畫的整合和運作測試均達成預期目標。
2. 為驗證研究成果之可行性，本研究於所開發 GPRS Testbed 及 WLAN 系統上進行效能測試、分析，此分析結果可作為建置連接異質網路的參考。
3. 本研究之研究成果已陸續發表於國際期刊。

五、參考文獻

- [1] A.T. Campbell, J. Gomez, S. Kim, A.G. Valko and C.Y. Wan, Z.R. Turanyi, "Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP," *IEEE Personal Communications*, Vol.7, No.4, pp.42-49, Aug. 2000.
- [2] S. Wickware, "All IP in UMTS Networks- Benefits and Challenges," Nortel Networks, <http://www.nortel.com>
- [3] A. Durand, "Deploying IPv6," *IEEE Internet Computing*, Vol.5, No.1, pp.79-81, Jan. 2001.
- [4] J. Palet, "Euro6IX: The Pan-European IPv6 IX Backbone," Consulintel.
- [5] Cisco, "IPv6 Deployment Strategies,".
- [6] 6Bone testbed for Deployment of IPv6, <http://6bone.net>.
- [7] IPv6 Research & Education Networks, <http://www.6ren.net>.
- [8] Ipng Implementation, <http://playground.sun.com/ipv6/ipng-implementation.html>.
- [9] NBEN: 國家實驗網路, <http://www.nben.net.tw>.
- [10] Quality of Service in MPLS Networks, <http://netlab.mgt.ncu.edu.tw/Survey/QualityofServiceinMPLSNetworks.htm>.
- [11] C. Metz, "Layer 2 over IP/MPLS," *IEEE Internet Computing*, Vol.5, No.4, pp.77-82, 2001.
- [12] J. Lawrence, "Designing Multiprotocol Label Switching Networks," *IEEE Communications Magazine*, Vol.39, No.7, pp.134-142, Jul. 2001.
- [13] W. Yurcik and D. Doss, "A Planning Framework For Implementing Virtual Private Networks," *IT Professional*, Vol.3, No.3, pp.41-44, 2001.
- [14] H.F. Badran, "Service Provider Networking Infrastructure with MPLS," *Proceedings of the 6th Symposium on Computers and Communications*, pp.312-318, 2001.
- [15] K. Segaric, P. Knezevic and S. Dembitz, "Possible Problems and their Solutions with IPv6 Router Announcement," *Proceedings of the International Conference on Trends in Communications*, Vol.1, pp.77-79, 2001.
- [16] T. Wolf and J.S. Turner, "Design Issues for High-Performance Active Routers," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.19, No.3, pp.404-409, Mar. 2001.
- [17] N. Xiaoning, U. Nordqvist, L. Gazsi, D. Liu, "Network processors for access network (NP4AN): trends and challenges," *IEEE International SOC Conference*, Vol.12, pp.265-269, Sep. 2004.
- [18] Y. Xingniao, L. Lemin, H. Guangming, "A fast IPv6 route lookup algorithm with hash compression," *ICCCAS International Conference on Communications, Circuits and Systems*, Vol.1, No.27, pp.674-677, Jun. 2004.
- [19] Open services Gateway Initiative, Device Expert Group, http://www.osgi.org/about/eg_overview.asp#deg.
- [20] Open Services Gateway Initiative, "Specification Overview," http://www.osgi.org/resources/spec_overview.pdf.
- [21] OPNET, <http://www.opnet.com/>

