

整合下一代核心網路與 IP 多媒體子系統之基礎服務分析

Service Analysis of Next Generation Core Network and IP Multimedia Subsystem

張繼元、陳麒元、吳庭育[#]、張凱迪、林昱達、鍾政達、趙涵捷*

國立東華大學電機工程學系 [#]義守大學資訊工程學系 *國立宜蘭大學電子工程學系
andrew@mail.ndhu.edu.tw [#]tyw@isu.edu.tw *hcc@mail.niu.edu.tw

摘要

網際網路與行動通訊的快速發展，促成了整合網際網路資源、服務與行動通訊的潮流，期望未來在行動通訊裝置上，能夠使用各式各樣存在於網際網路的資源和服務。在行動通訊發展趨勢轉向以封包為基礎的運作方式時，需要建置完整的IP核心網路系統作為整合異質網路的平台，以及提供各種服務與資源的IP多媒體子系統，以符合下一代核心網路系統的需求。本論文提出了對下一代核心網路建置以及整合IP多媒體子系統的經驗，並且針對基礎應用服務進行分析與測試。

關鍵詞：4G、NGN、封包交換網路、IP多媒體子系統

Abstract

The rapid evolutions of the internet and mobile communication promote the trend of integrating the resources and service on the internet and mobile communication. We expect that users can use ubiquitous service on their mobile communication equipment in the future. On trend of transiting to packet switched network in mobile communication, we have to construct an IP core network and to build up an IP Multimedia Subsystem network which can provides services and resources. This paper proposes the experience of constructing the next generation network and integrating it with IMS. We also had a measurement and analysis the basic services in our core network testbed.

Keywords: 4G, NGN, Packet-Switched, IMS

1.前言

現今網際網路及無線通訊的快速發展，使得人們得以隨時隨地利用輕便的無線裝置擷取或傳達語音、影像、數據、多媒體等資訊，達到提供無所不在的服務(Ubiquitous Service)之目的。由技術面的角度切入，採用IP做為各種不同通訊網路間的介面協定已是未來發展的必然趨勢，許多研發單位致力於研究如何將IP

的技術運用在行動通訊的應用及服務上。

在下一代通訊網路的技術發展中，大部分的研究集中在封包交換網路的技術如 WCDMA/HSDPA 與 cdma2000 1xEV-DO/DV 等[2]，以及其他具有競爭性[3]的網路技術如 WiMax、WiBro 等，而這些技術各有其優缺點，相信在未來的通訊網路中並不會由單一的技術來統一，而是混和了各種異質網路以提供隨時最佳連線(Always best connection)的願景。目前已趨成熟的第三代(3G)通訊的環境裡，使用者於靜止的狀態下，最快傳送速度可達 2Mbps，使用者在移動的狀態下則可達 384Kbps [4]，但對於未來的網路世界而言，聲音與影像的頻寬需求愈來愈大，在高速行駛環境中(如：高鐵)，這樣的頻寬更顯得不足。第四代(4G)通訊系統[1]擁有更高的多媒體資訊承載能力、更快的傳輸速率以及採用 IP 來傳遞資料等多項功能，4G 將不會只是單一標準化的無線通訊介面，而是許多技術及標準的集合，同時，可以預期未來服務網路必會是一整合之 All-IP 網路[5, 6, 7, 8]。

全球行動通信系統(UMTS)的架構大致上可分為：電路交換網路(Circuit-switched network, CS)、封包交換網路(Packet-switched network, PS)與網際網路 IP 多媒體子系統(IP Multimedia Subsystem, IMS)[10]，以服務概念上的劃分大致上可分別對應到語音服務(Voice Service)、資料服務(Data Service)與以封包為基礎的多媒體服務(Packet-based Multimedia Service)。最後整合其它異質無線網路存取技術，例如無線網路(Wireless LAN)及 WiMax，藉此提供使用者隨時隨地皆可取得網路資源的服務，以期達到下一代通訊網路的目標。

本論文將依序描述下一代核心網路背景介紹、測試平台建置與整合、基礎服務測試與結論。

2.背景介紹

2.1.無線區域網路整合

3GPP 組織[9]已針對雙網整合互通的可行性做了全盤的研究，以對現有 WLAN 和 3GPP 系統架構的相關標準影響最小為前提，提出六大漸近目標[10]。

- 1) Common Billing and Service Care：此目標對系統並無新需求，屬於系統管理的問題，使用者從行動網路業者取得一份帳單就可以同時繳納兩種網路的使用費。
- 2) 3GPP System Based Access Control and Charging：以原 3GPP 系統的 AAA(認證、授權、計費)機制統一兩種網路，讓使用者感覺不出兩種網路的認證差異；本階段使用者仍無法透過 WLAN 使用 3GPP 系統提供的服務。3GPP 已制定相關標準，並兼容 WLAN 之 IEEE802.1x 認證架構，提出 EAP-SIM 等認證方法。目前此技術已臻成熟。
- 3) Access to 3GPP System PS Based Services：讓使用者透過 WLAN 也能夠使用 3GPP 系統所提供的數據服務，例如 IMS 服務、Location 服務、即時訊息等。本論文除達到前一目標外，在本目標中亦能夠讓使用者透過 WLAN 以 IEEE802.1X 架構進行認證並使用測試平台提供的 IMS 服務。
- 4) Service Continuity：讓使用者於跨系統漫遊時，支援的服務連線不會中斷，其間可能會感受到短暫的資料傳輸中斷，但不需手動重新建立服務連線。然而有些服務可能受限於網路的服務能力等因素而被迫終止。目前有很多機構進行相關研究，但 3GPP 組織尚未完成相關標準制訂。
- 5) Seamless Services：讓使用者於跨網漫遊時，消除前目標所能容忍的資料遺失和使傳輸中斷時間最小化。3GPP 尚未完成相關標準制訂。
- 6) Access to 3GPP Circuit Switched Services：更進一步讓使用者可以透過 WLAN 使用 3GPP CS 網路所提供的服務，但不隱含 WLAN 需提供具 CS 特性的服務。3GPP 尚未完成相關標準。

2.2. IP 多媒體子系統

IP 多媒體子系統 (IP Multimedia Subsystem, IMS)[11]是3GPP所訂定的一個網路架構子系統，在3GPP的Release 5(2002年五月完成)中已被標準化，而更新的版本則規範在Release 6中(2004年完成)。其概念是把電信技術、無線網路及有線網路在All IP環境下進行整合，以便在3G乃至未來4G通訊系統中提供更彈性的即時與互動之多媒體服務[11, 12, 13, 14]。IMS使用SIP(Session Initiation Protocol)協定來建立多媒體議程(Session)，主要功用結合了Circuit Switched Domain與Packet Switched Domain，使得多媒體在使用上沒有限制並擁有更多的彈性，能夠提供更多可以選擇的服務給使用者。IMS核心網路裡有一組SIP Proxy，通稱CSCF (Call Session Control Function)，在與HSS (Home Subscriber System)結合後，就有能力把任何一種SIP Service轉到任何一個核心網路，達到服務跨越不同核心網路的能力。由此可知，在可以跨越平台以及便於提供多樣性的多媒體服務前提下，IMS可說是未來無

線行動通訊網路的趨勢。

3GPP、European Telecommunications Standards Institute(ETSI)和Parlay Forum皆明確的定義了IMS的架構(如圖1)。IMS 架構所支援的多媒體伺服器除了可提供電信方面的服務之外，亦可提供非電信方面的服務，例如：Instant Messaging、Push-To Talk、Video Streaming、Multimedia Messaging... 等。

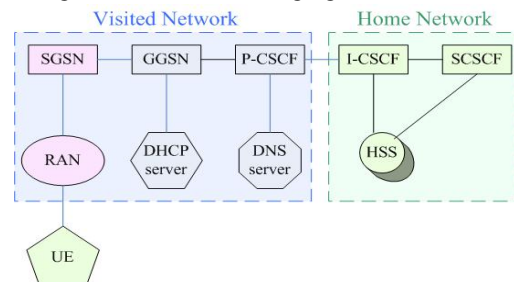


圖 1. IP Multimedia Subsystem (IMS)架構圖

3.平台建置與整合

本文參照 3GPP 組織所制定的標準建置了測試平台，如圖 2 與圖 3 所示。測試平台包含了：封包交換網路(Packet-switched Network)、802.11 無線區域網路(WLAN)以及 IP 多媒體子系統(IMS)網路。

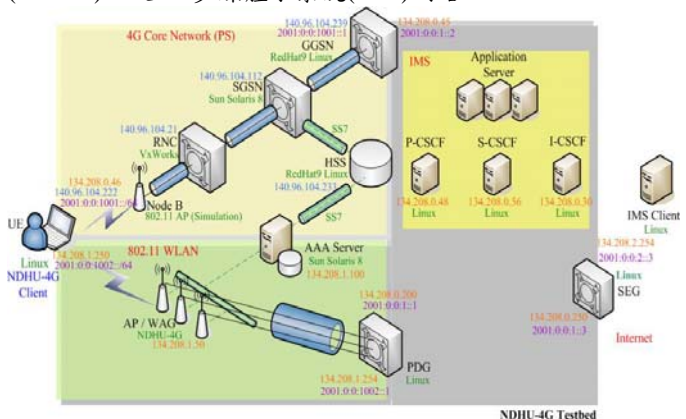


圖 2. 4G 測試平台整合環境

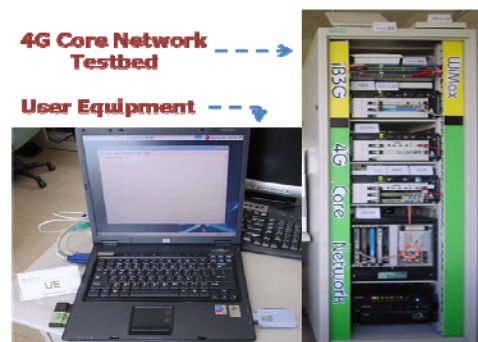


圖 3. 4G 測試平台設備環境

3.1. 封包交換網路

本文根據 3GPP 標準所開發的行動通訊系統，在封包交換網路所包含的元件有：無線電接取網路(Radio Access Network, RAN)和核心網路(Core Network)兩大部分。RAN 部分包括了無線電網路控制器(Radio Network Controller, RNC)與 Node B。核心網路部分則包括了 GPRS 支援節點(Serving GPRS Support Node, SGSN)，GPRS 開道支援節點 (Gateway GPRS Support Node, GGSN)，和本籍用戶伺服器(Home Subscriber Server, HSS)。如圖 2 所示之核心網路部分。在 RAN 方面，Node B 就像是無線區域網路的基地台，提供使用者終端設備(User Equipment, UE)連上核心網路的無線(Radio)傳輸介面。RNC 則作為 Node B 的控制者，負責管理 UE 與核心網路之間的連線。在核心網路方面，SGSN 連接核心網路與一個或多個的 RAN，負責存取控制 (Access Control)、位置管理 (Location Management)，路由管理(Routing Management)等工作。GGSN 則連接核心網路與外部的網路，作為核心網路與外部網路溝通的介面，負責核心網路內要傳到外部網路的封包轉送與路由，以及行動管理(Mobility Management)等工作。HSS 則是作為維繫整個網路運作的資料中心，其中最主要的元件是本籍位置記錄器(Home Location Register, HLR)，負責保存使用者的 Identity、位置以及所要求的服務等資訊。

由於 3GPP 手機的 Radio 是使用 License Band，需取得執照才能使用，因此採用屬於 ISM Band 的 802.11g 來替代，透過廣播方式的 UDP 封包來模擬無線電網路，UE 模擬程式上的協定堆疊(Protocol Stack)皆符合 3GPP 的規範，所有封包的行為皆與 3GPP 手機相同。透過 UE 連線程式能夠讓使用者進行取得封包交換網路中服務的流程。

3.2. 802.11 無線區域網路(WLAN)

為了在測試平台中搭建無線網路並達成雙網整合，本文建置認證伺服器(AAA Server)支援 EAP-SIM 認證機制來提供 UE 取得無線網路的服務連線。在驗證過程中 AAA Server 須向 HLR 取得 SIM 卡所屬之相關資訊，便可與 UE 進行後續的相互認證及授權程序。另外 AAA Server 亦收集計費資訊，提供後端之計費需求。

3.3. IP 多媒體子系統(IMS)網路

為了在平台中建置提供各式各樣服務的 IP 多媒體子系統網路，本文使用 Open IMS Core[15]在 Linux 平台建置了各類型的 CSCFs 伺服器。在 UE 方面使用

IMS-Communicator [16]來存取 IMS 核心網路所提供的服務。測試環境中額外架設一台以 OpenSER SIP Server[17]為核心的應用伺服器(Application server)，利用其中的群組模組提供的 Presence Service [18]服務。首先 IMS 和 UE 利用 AKA 機制進行驗證的程序，驗證完成後 UE 就能夠透過封包交換網路或者 802.11 無線區域網路使用 IMS 核心網路所提供的服務。本文目前建置之 IMS 能提供影音通話(Video Call)、Presence Service[18]、即時訊息(Instant Message)[19]等服務給 IMS 使用者。

4. 量測結果

本章節呈現測試平台中的影音通話數據分析。在建置的平台中，UE 能夠透過封包交換網路以及 802.11 無線網路來介接 IMS，使用 IMS 網路的服務，即透過這兩種不同性質的介接方式進行影音通話的分析與測量。

4.1. 量測場景

第一個量測場景為 UE 透過封包交換網路連接 IMS；第二個場景則是經由 802.11 無線網路存取 IMS 服務。接著利用 IMS-Communicator 撥打一通影音通話給另一個無線環境下的 IMS 使用者，此通話之影像編碼採用 ITU-T H.263，語音編碼則採用 ITU-T G.711，取樣的頻率為 8kHz，進行 3 分鐘的通話，採用一個相同的影像來源檔及聲音波形檔作為輸入來源。

將通訊協定分析器－Wireshark(前身為 Ethereal)[20]安裝於 UE 上，在影音通話的建立期間擷取所有封包，包含通話建立、影音資料傳輸等。最後利用擷取到的封包，進行影音通話品質分析，從擷取到的封包中能夠計算出影音通話建立延遲(Call setup delay)、End-to-End 延遲、延遲變化量(Jitter)、封包遺失率(Packet loss ratio)以及影像傳輸所佔用之網路頻寬。

4.2. 通話建立延遲

通話建立的延遲是從 IMS 使用者發出邀請通話的訊息之後，到 IMS 網路把通話設定完成並轉送，且受話者應答之後的時間花費。從量測的結果中可以得到在兩個不同的量測場景中，分別所需的通話建立時間。

表 1 可以觀察到在 802.11 WLAN 的通話建立延遲比封包交換網路來得小，原因是 WLAN 下經過的 hop 數與傳送機制比封包交換網路來得簡單。

表 1 通話建立延遲時間

連線場景	Call Setup Delay (ms)
封包交換網路	480.4
802.11 無線網路	364.9

4.3. End-to-End 延遲

End-to-End 延遲是封包從來源端透過網路的傳輸到目的端所花費的時間，對承載語音的封包傳輸，ITU-T G.114 組織規定了語音封包傳輸的延遲必須要小於 300 毫秒。

依據 RFC3550 所定義的 End-to-End 延遲來分析量測的結果，當一個語音封包(i)在接收端收到的時候，可以得到兩個參數，分別是接收到封包時間戳記 R_i ，以及封包的 RTP 時間戳記 S_i ，在兩個封包 i 與封包 j 之間的傳輸延遲則表示為：

$$D(i,j) = (R_j - R_i) - (S_j - S_i) \quad (1)$$

由於 RTP 時間戳記與壓縮聲音影像選用的編碼以及取樣頻率有關。在測試中可以從 Wireshark 得到兩封包間的傳輸時間差距 $\text{delta}(i,j)$ ，取樣頻率 (Sampling Rate, SR)，套入方程式(1)就可以得到 End-to-End 延遲的表示為：

$$D(i,j) = \text{delta}(i,j) - (S_j - S_i)/SR \quad (2)$$

根據方程式(2)可以計算出兩個場景的 End-to-End 延遲及平均的 End-to-End 延遲時間。

圖 4 顯示了在封包交換網路以及 802.11 無線網路下 End-to-End 延遲的狀況；表 2 則呈現了不同場景的平均延遲時間。在封包交換網路由於系統架構較複雜以及通話加入影像，造成部分語音封包的延遲較嚴重，大部分情況下傳輸延遲都在可接受的範圍；而在 802.11 無線網路下的情況明顯優於封包交換網路。

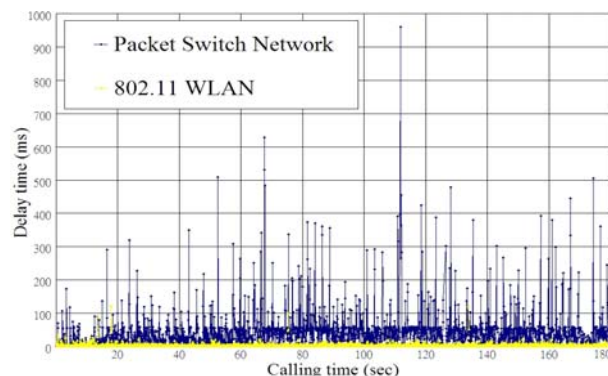


圖 4. 語音 End-to-end 延遲

表 2 語音平均 End-to-End 延遲時間

連線場景	平均 End-to-End 延遲(ms)
封包交換網路	49.28
802.11 無線網路	27.75

4.4. 延遲變化量 Jitter

Jitter 是語音傳送品質一個重要的指標，它代表了傳輸過程中，延遲時間的變化量，當延遲的變化量越大，聲音會出現抖動的情況，造成聲音品質的下降。在電信傳輸上，Jitter 的值越小表示由傳輸延遲變化造成的聲音抖動越小。

本文也依據 RFC3550 計算出不同場景量測結果的 Jitter。由 RFC3550 得知 jitter 的計算公式為：

$$J(i) = J(i-1) + (|D(i-1,i)| - J(i-1))/16 \quad (3)$$

根據方程式 3，計算出了量測結果的 Jitter 並繪製成圖型。圖 5 顯示了 802.11 無線網路下語音封包的延遲變化量；圖 6 則是顯示了封包交換網路中語音封包的延遲變化量。並且量化計算出兩個場景的平均延遲變化量呈現在表 3 中。

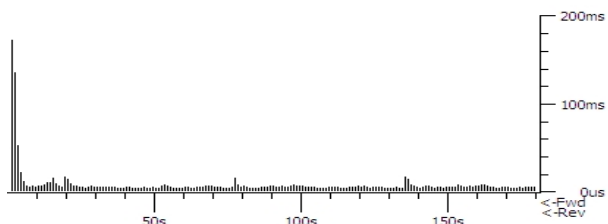


圖 5. 802.11 無線網路下之 Voice Jitter

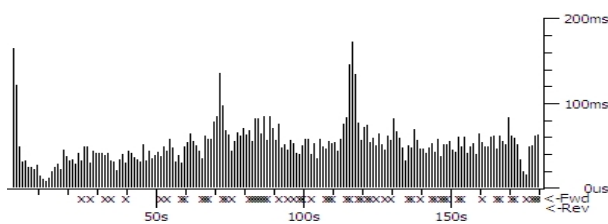


圖 6. 封包交換網路下之 Voice Jitter

表 3 語音 Jitter

連線場景	Max Jitter(ms)	Mean Jitter(ms)
封包交換網路	171.42	41.90
802.11 無線網路	171.63	5.02

4.5. 封包遺失率

網際網路的傳輸中，有封包遺失就表示傳輸資料遺失，因此在傳輸中遺失封包一直是不期望發生的情況。對語音通話來說，少量的封包遺失對聲音辨識的影響結果不大，但是遺失的資料越多，可能會造成人

耳對語音資料無法正常辨識。

表 4 顯示了量測結果的封包遺失率，在量測結果中，聲音品質能由人耳正常辨識。在封包交換網路造成的封包遺失率比較高的原因是經過的 hop 數較多與傳送機制比 802.11 無線網路來得複雜。

表 4 封包遺失率

連線場景	影像(%)	語音 (%)
封包交換網路	3.6	3.7
802.11 無線網路	0.1	0

4.6. 影像傳輸頻寬

圖 7 顯示了在兩種不同環境下，撥打影像電話時不同時間所佔用的網路頻寬，平均值約為 550kbps，當使用影像電話的人增加時，所佔用的頻寬勢必越來越高，在有限的頻寬下，如何有效增加頻寬利用率且要維護影像的品質，將來會是一門重要的課題。

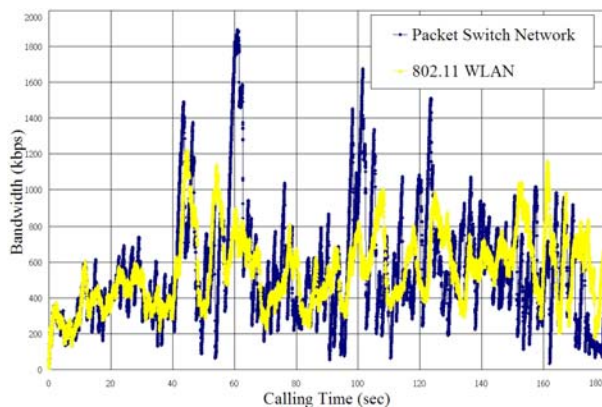


圖 7. 影像傳輸頻寬

4.7. Presence Service 分析

RFC3856(A Presence Event Package for the Session Initiation Protocol)明定了 Presence Service 是讓 IMS 使用者能夠訂閱其他使用者的狀態，前提是被訂閱者同意提供 Presence 資訊給訂閱者。Presence 資訊主要用到的 SIP 延伸標頭為 SUBSCRIBE、PUBLISH 與 NOTIFY。RFC3856 也描述了簡單的訂閱流程：

當使用者要訂閱其他人的狀態資訊，會向狀態資訊伺服器(Presence Server)發出 SUBSCRIBE 訊息，狀態資訊伺服器收到要求之後，回應一個 200 ok 訊息給訂閱者，表示收到了使用者訂閱的請求。接著狀態伺服器會通知被訂閱者，讓被訂閱者決定是否接受該訂閱者的訂閱。

被訂閱者接受訂閱要求後，若自身有改變狀態，

就會把狀態向 Presence 資訊伺服器 PUBLISH，接著伺服器回應 200 ok 表示收到新的狀態，接著會向所有的訂閱者發送 NOTIFY 告知被訂閱者的狀態改變，圖 8 顯示了在三名使用者的狀態下，有一位使用者狀態改變的時候，所有訂閱者接收到新狀態的訊息流程。

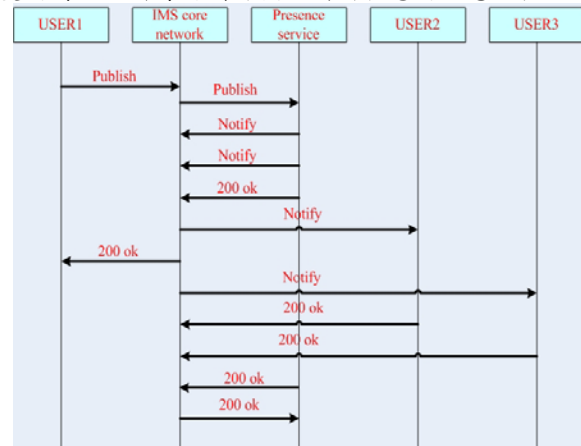


圖 8. USER1 改變狀態後的訊息流

在實驗中，測試了分別有兩位使用者和三位使用者的狀況下，狀態改變時所產生的資料流，並且觀察出以下結果：

- 1) 兩位使用者:
 $2 \times \text{publish message} + 1 \text{ notify message} + 2 \times 200 \text{ ok message} + 1 \text{ notify message} + 2 \times 200 \text{ ok message} = 8 \text{ messages}$
- 2) 三位使用者:
 $2 \times \text{publish message} + 2 \text{ notify message} + 2 \times 200 \text{ ok message} + 2 \text{ notifies message} + 4 \times 200 \text{ ok message} = 12 \text{ messages}$
- 3) n 位使用者:
 由兩位使用者和三位使用者的實驗結果，可以計算出 n 位使用者的情況，有一位使用者改變狀態的情形，整個網路的資料流可以表示為：
 $2 \times \text{publish message} + (n-1) \text{ notify message} + 2 \times 200 \text{ ok message} + (n-1) \text{ notify message} + 2(n-1) \times 200 \text{ ok messages} = 4n \text{ messages}$

另外，也測量出各種訊息的大小平均值，並呈現在表 5。

表 5 訊息平均封包大小

訊息名稱(位置)	封包大小(bytes)
Publish message	2100
Notify message (Core network)	900
200 ok message (Core network)	1000
Notify message (Access network)	1000
200 ok message (Access network)	1000

依照計算結果，可以預測當環境中使用者增加並且改變狀態的時候，對整個網路造成的負擔。圖 8 說明了當使用者增加，但同時間只有一名使用者改變狀態，整體資料流的成長緩慢，對網路影響不大；而若使用者在短時間內頻繁變更狀態時，網路上的資料流會快速成長。當十名使用者訂閱彼此狀態，並且頻繁改變狀態的時候，對於核心網路的負擔大約是 200Kbytes，而使用者增加到二十名，產生的資料流則超過 1000Kbytes。因此，一個有效率的狀態改變與更新演算法或機制，在 Presence Service 是必要而且是一個值得研究的議題。

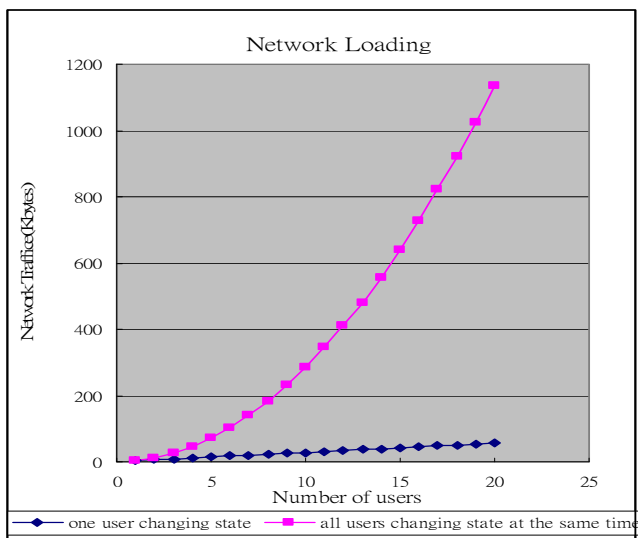


圖 9 網路承載比較

5. 結論

本論文呈現了下一代核心網路測試平台的部署和整合經驗，測試平台整合了 4G 封包交換網路與 802.11 無線網路並且進一步搭建了 IP 多媒體子系統。呈現了 IMS 影音服務在不同場景實測的結果，數據分析包含了通話建立延遲、End-to-End 延遲、Jitter、封包遺失率、影像傳輸頻寬等，在 Presence Service 也分析了對網路負載所造成的影響。

參考文獻

- [1] 趙涵捷, 張繼元, 陳麒元, 陳建宏, 張凱迪, 鍾俊豪, “4G 行動通訊研究”, 2006 MNSC 多媒體及通訊系統研討會, 十一月, 2006.
- [2] George Lawton, *What lies ahead for cellular technology?*, IEEE Computer Society Volume 38, Issue 6, Jun 2005.
- [3] Liangshan Ma and Dongyan Jia, *The Competition and Cooperation of WiMAX, WLAN and 3G*, Proceedings of 2005 2nd International Conference on Mobile Technology, Applications and Systems, 15-17 Nov. 2005.
- [4] A.T. Campbell, J. Gomez, S. Kim, A.G. Valko, 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.
- [5] H.C. Chao, Y.M. Chu, and M.T. Lin, *The Implication of the Next-Generation Wireless Network Design: Cellular Mobile IPv6*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, , Vol.46, No.3 , pp.656-663, 2000.
- [6] L. Bos, and S. Leroy, *Toward an All-IP-Based UMTS System Architecture*, IEEE Network, Vol. 15, No. 1, pp. 36-45, Jan.-Feb. 2001.
- [7] S. Uskela, *All IP Architectures for Cellular Networks*, Proceedings of Second International Conference on 3G Mobile Communication Technologies, pp. 180-185, 2001.
- [8] S.S. Dixit, *Evolving to Seamless All-IP Wireless/Mobile Networks*, IEEE Communications Magazine, Vol. 39, No. 12, pp. 31-32, December 2001.
- [9] Third Generation Partnership Project (3GPP), <http://www.3gpp.org>.
- [10] 3GPP TS 23.234, *3GPP system to Wireless Local Area Network (WLAN) interworking*.
- [11] 3GPP TS 23.228, *IP Multimedia Subsystem (IMS)*, V5.12.0, 3GPP R5, Mar. 2004.
- [12] 3G Americas, *IMS Overview and Applications*, July 2004.
- [13] 3GPP TS 23.002, *Network architecture*, V5.12.0, 3GPP R5, September 2003.
- [14] Vassilios Koukoulidis and Mehul Shah, *The IP Multimedia Domain in Wireless Networks: Concepts, Architecture, Protocols and Applications* 2004.
- [15] Fokus Fraunhofer Open Source IMS Playground, <http://www.fokus.fraunhofer.de/ims>
- [16] IMS-Communicator, <http://imscommunicator.berlios.de/>
- [17] OpenSER, <http://openser.org/>
- [18] 3GPP TS 22.141, *Presence Service*
- [19] 3GPP TS 22.340, *IMS Messaging*
- [20] WireShark, <http://www.wireshark.org>