

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

國家實驗網路前瞻技術發展計畫之

國家實驗網路 VoIP 應用研究與測試

計畫編號：NSC91-2219-E-002-048-

計畫類別：個別型計畫

執行期限：91 年 10 月 1 日至 92 年 12 月 31 日

主持人：蔡志宏 台灣大學電機工程系
孫雅麗 台灣大學資訊管理系
廖婉君 台灣大學電機工程系
林 風 台灣大學資訊工程系

一、中文摘要

隨著寬頻網路與 VoIP 技術的成熟，透過 IP 網路提供語音服務成為了新興的趨勢，而無線區域網路環境的出現，則方便支援使用者在移動之環境中享受 IP 網路的服務。本計畫完成了 VoIP 協定及設施和 WLAN 整體架構在台大的建置，並設計與實作 WLAN 加值性服務，同時針對 VoIP 系統與 WLAN 進行完整的效能監測及分析，以期讓使用者能享受快捷、便利以及多元的語音與在地性服務。

Abstract

Considering the mature of broadband network and VoIP technology, providing voice service on IP network will be the trend in the near future. Lots of IP network operators widely deploy the WLANs, and expect to provide users an environment where they can access IP services anytime and anywhere. In this project, we finish integrating the VoIP and WLAN technologies in NTU campus, and complete the design and implementation of value added service. In addition, we also completed an important issue to employ a QoS monitoring mechanism to provide users a rich and convenient mobile VoIP service.

二、緣由與目的

因 VoIP 技術及 NBEN 提供了高效率之語音傳送服務，而 WLAN 則支援使用者在移動之環境中享受 IP 網路服務，本計畫乃利用 VoIP 結合 WLAN 所提供之 IP 語音環境來設計並實作出 Wireless VoIP 使用者之行動管理機制，並且利用此行動管理機制來實作 VoIP over Wireless 的加值服務。本計畫共可分成四個項目。在第一項目，我們完成 VoIP 協定及設施和 WLAN 整體架構在台大的建置。然後，架構出 VoIP 及 WLAN 可跨校的服務環境。於第二項目，我們研究 SIP VoIP 與行動電話之互連機制。在第三項目中，我們提出在 WLAN 環境下 IP 電話使用者之行動管理機制，並實作出一加值的服務功能——廣播（或稱群播）服務。最後，在第四項目中，我們針對所建置之 NBEN VoIP 系統及其 WLAN 作完整的效能監測及分析。

2.1 VoIP Network 與 QoS Wireless AP 網路架構建置

本項目工作配合國家實驗網路計畫目標所提出之互動是寬頻應用的建立與實測，在跨越多個校區的實際網路環境中建置 VoIP 系統，以提高 NBEN 網路的實用率。計畫採用工研院電通所發展的 VoIP 系統，在台大校園中架設 SIP network，並透過 NBEN 骨幹網路連結交大的 NBEN/SIP network，達到跨校互連的目標。

計畫中 VoIP 系統同時透過 Media

Gateway 與校區中現有的交換機系統整合，提供傳統電話和 SIP network 互相連結能力。同時計畫研發出支援 QoS 之無線存取點(AP)，提供高品質的無線 VoIP 服務環境。

2.1.1 VoIP Network 之建置

(一)系統架構

目前的工研院電通所 VoIP 系統的 Call Server 與 Media Gateway 是建置在台大計算機中心實驗室中，透過計中的區域網路與台大校園網路及 NBEN 連結，同時也透過計中交換機系統與台大交換機連結，以達到與 PSTN 網路連結的目標，其架構如圖 1。

由於台灣大學計中交換機只能提供 analog 介面與 Media Gateway 連結，因此 IP 與 PSTN 之間通話時，會發生的 echo 問題。所以，系統中再建置了 Omini PCX 交換機，克服了通話時 echo 的問題，提升通話品質。

計畫也透過 NBEN 將台大校園的 VoIP 系統與交大的 VoIP 系統連結，達到語音服務跨校連通的目標，整體連網則如圖 2。

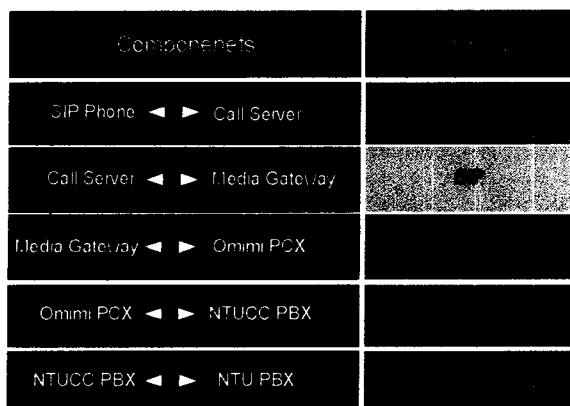
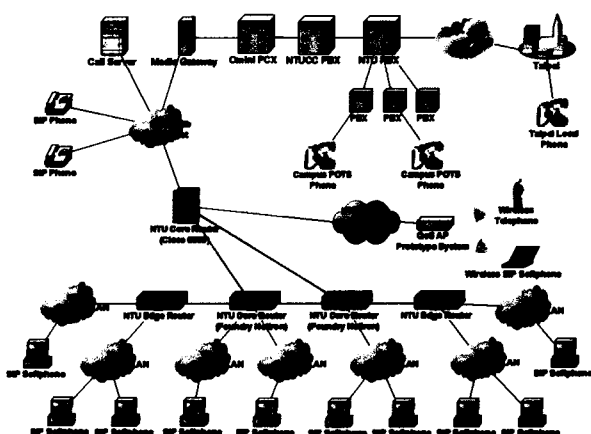


圖 1 台大校園 NBEN/SIP 架構圖

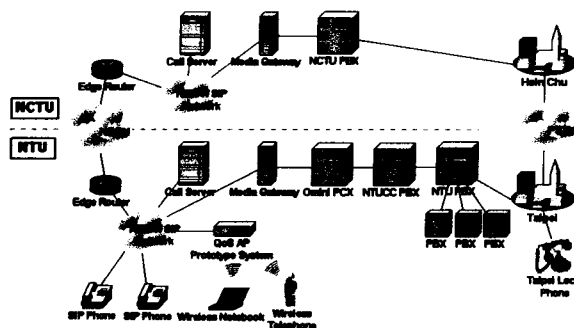


圖 2 台大校園 NBEN/SIP 跨校連通架構圖

(二)NBEN/SIP 網路連通測試

目前計畫已完成 SIP 網路之連通性測試，測試環境包括台大校園以及交大校園，測試內容以及各項設定如下：

1、號碼設定

SIP Phone 的分機號碼皆暫定為三碼，使用者須註冊後，系統再給予三碼數字之電話號碼。

2、測試內容、撥號方式及信號流程

台大校園

測試內容	撥號方式及信號流程
SIP(NTU) <-> SIP(NTU)	如圖3
SIP(NTU) <-> PSTN(NTU)	如圖4
SIP(NTU) <-> PSTN(Taipei)	如圖4

台大與交大跨校互連

測試內容	撥號方式及信號流程
SIP(NTU) <-> SIP(NCTU)	如圖5
SIP(NTU) -> PSTN(NCTU)	如圖6
SIP(NTU) -> PSTN(Hsinchu)	如圖7
PSTN(Taipei) -> PSTN(Hsinchu)	如圖8

圖 3 撥號步驟說明：

- (1) SIP UA 撥號目標 SIP UA 「XXX」三碼電話號碼
- (2) 連通目標 SIP UA，進行通話

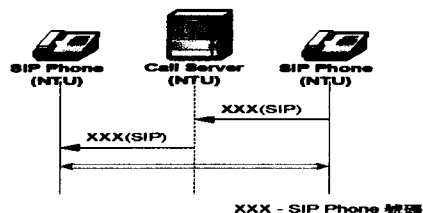


圖 3 台大校園 SIP <-> 台大校園 SIP 之信號流程

圖 4 為校園 VoIP 與 PSTN 互通情境，其撥

下。

- (1) 台大 SIP UA 撥號目標新竹市話「03XXXXXXXX」電話號碼
- (2) 連通目標新竹市話，進行通話

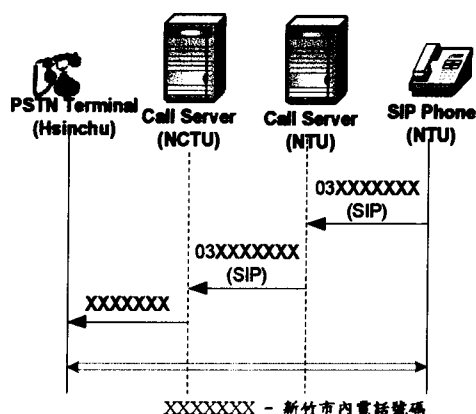


圖 7 台大校園 SIP -> 新竹 PSTN 市話之信號流程

圖 8 撥號步驟說明：

- (1) 市內電話撥號「23630231」台大總機，聽到 Dial Tone 時，再撥「2425」計中交換機，再撥「293」Omini PCX，再撥「50103XXXXXXXX」，03XXXXXXXX 為目標新竹市話號碼
- (2) 連通目標新竹市話，進行通話。

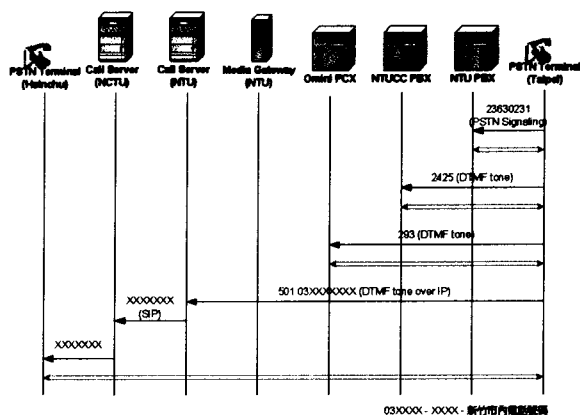


圖 8 台北 PSTN 市話 -> 新竹 PSTN 市話之信號流程

(三) USB Phone 與 NBEN UA 之整合

本計畫在建置與測試 VoIP 系統時，發現使用者在透過 NBEN UA 軟體撥打電話時，必須配戴耳機與麥克風，與使用傳統電話方式不甚相同也較不方便。因此，本計畫

將 USB 介面的電話機與 NBEN UA 相結合，使用者可以透過按鍵式的 USB Phone 撥打 VoIP 服務，如同傳統電話般的便利，示意圖如圖 9。

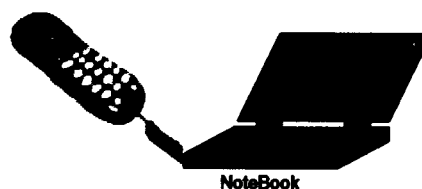


圖 9 USB Phone 與 NBEN UA 之整合

2.1.2 QoS Wireless AP 之建置

目前 802.11 無線網路的建置已日漸普及，利用無線網路做為媒介，連上網際網路，為二十一世紀的人們帶來前所未有的便利性以及龐大的商機；而網路電話的應用也將隨著網際網路的盛行，逐漸改變人們的通訊習慣，因此，網路語音所提供服務將漸漸成為未來的趨勢。

然而，相較於當前的 Ethernet，802.11 無線網路的頻寬相當有限，而且隨著使用者數目的增加，頻寬的使用效率會急遽下降，但是目前並沒有一套有效的機制可以管理整個無線網路的流量。尤其當我們在無線網路上使用需要即時傳輸的網路電話時，就需要最小頻寬保證以及減少傳輸延遲，這樣才不會讓使用者感覺到通話不順、聽起來斷斷續續的感覺，因此，讓使用者在無線環境中能夠順暢的使用 VoIP 撥打電話，則是我們研究的目標。實驗採用的架構圖如圖 10。

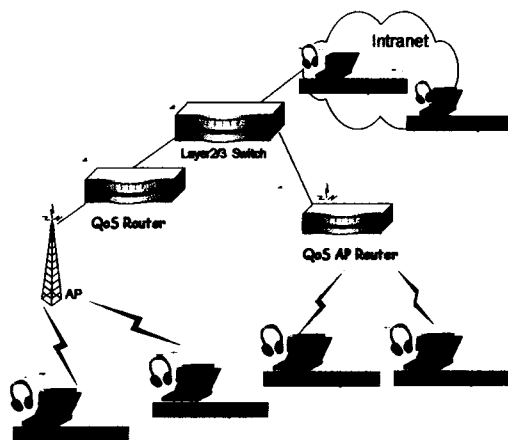


圖 10 QoS 架構圖

我們的架構中，在 802.11 無線的環境中，針對即時性網路電話(VoIP)的需求，提供一個解決的方法。在 Linux 平台上開發 AP(Access Point) 雛型，並將 Quality of Service(QoS)功能整合至 AP 中。

在 QoS AP Router 中，我們將封包排程器(Packet Scheduler)、封包分類器(Packet Classifier)、允入控制(Admission Control)等多項機制整合為一個完整的 QoS 功能模組，提供彈性的操作界面讓管理者可以對無線網路流量提供最小頻寬配額保證、最大頻寬使用上限、區分優先傳送等級等服務，此外我們也為此模組做了運作效能的最佳化，讓這個模組能在消耗最少系統資源的情況下就達到我們預期中的 QoS 功能，使用此 AP 雛型也能輕易的移植到嵌入式系統(Embedded System)中，並達成以下四項目標。

(一)Minimum Bandwidth Guarantees

由於在網際網路中，有許多的應用程式在上面運作，可能會佔用到相當多的頻寬，這時就會影響到 VoIP 的品質；對於網路電話這種即時性的應用，我們的 QoS AP Router 就可以給予它們最小的頻寬保證，讓它們在有足夠的頻寬下，能夠順暢地完成傳輸，不會有明顯的延遲。

(二)Transparent SIP Classification

當網路電話要建立之前，會透過像是 SIP protocol 這樣的標準 signaling protocol 來傳輸點對點的控制訊息，直到協調完畢之後，才會開始建立 VoIP 的通話。因此，我們透過過濾封包的方式，分類出 SIP 的封包，並且一步步檢查這些封包中所包含的訊息，來辨別 VoIP 的通話是否會成功的建立；並且從 SIP 封包中取出我們所需要的資訊，傳送給我們的 QoS AP Router，建立並執行對所欲通話的雙方在無線通訊端透明地(transparently)、自動地(automatically)提供 QoS 的保障。

(三)Automatic VoIP QoS Guarantee

為了讓 QoS 功能更具實用性，且網路電話也會因為不同的加密方式，而需要不同的傳輸頻寬，所以我們要讓使用者可以在不

需要介入設定的情況下，AP 就可以自行研判那些流量具有 QoS 的需求且需要多少的頻寬，而自動保護該流量的傳輸；如此，就算網路電話的使用者因為不認識這些流量的特性而不曉得如何對 AP 做設定，也能輕鬆得到 QoS 的保障。

(四)Admission Control

對於網路電話的使用者來說，相較於通話時斷斷續續、模糊不清而言，一開始在撥打電話時就拒絕讓它接通，更能夠讓使用者接受。因此，當有使用者要開始使用 VoIP 來撥打電話時，我們會去檢查頻寬是否足夠讓這條 VoIP 的通話流暢地進行，如果足夠的話，才讓使用者建立這條 VoIP 的通話；假如頻寬不夠的話，我們就會在通話建立之前，就拒絕接收讓它接通。如有其他應用的使用會影響到已經在通話中的 VoIP 傳輸，我們也會管制這些流量不使他們影響 VoIP 傳輸品質。

2.2 SIP VoIP 與行動電話之互連機制

目前的 SIP VoIP 技術中並未描述如何與行動電話互連，在此我們將以 GSM 系統為例來說明如何達成此目標，相同技術亦可是用於 GPRS/3G 系統上。

為了充分利用 VoIP 帶來的好處，如圖 11 所示，GSM 系統可以不再透過 PSTN 而是透過 SIP VoIP 的網路電話互連，MSC 將控制訊息和語音訊息走不同的路線，分別連線到 Call Server 和 Media Gateway。比較特別的是 MSC 和 Call Server 中間必須使用 Signaling Gateway 來轉換來自 MSC 的 SS7 訊息和來自 Call Server 的 SIGTRAN 訊息，Call Server 之間的訊息是使用 SIP 封包傳送，所以控制訊息走的路線是(MSC - SG - CS - CS - SG - MSC)。另外，當語音訊息進入 Media Gateway 後，轉成 RTP 的封包在網路上傳輸，到另一端的 Media Gateway 之後再轉成語音訊息傳到 MSC，所以語音訊息的所走的路線是(MH - BS - BSC - MSC - MG - MG - MSC - BSC - BS - CH)。

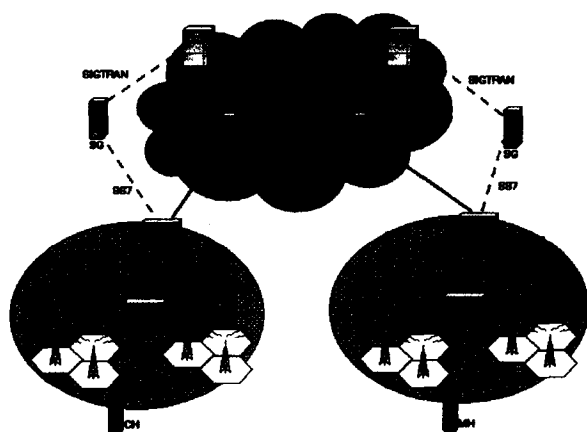


圖 11 行動通訊與 SIP VoIP 的互連架構

很明顯的，整個通話的路徑可以大略分成三段，即是兩端的無線存取網路和中間的透過網路傳輸的 VoIP 部分。紅色是語音訊息所走的路徑，兩端再無線存取網路的部分還是一樣，中段才轉成 RTP 封包在網路上傳送。綠色是控制信號所走的路徑，中間經過多次 SS7，SIGTRAN，SIP 的轉換。

在無線存取網路的部分，可以直接使用 GSM 系統的手機漫遊管理（Roaming Management），當發話端手機撥號給另一個行動通訊使用者的時候，查詢目標使用者位置和建立通話的程序和原來透過 PSTN 的方式並無不同，因為對 MSC 來說還是一樣使用 SS7 的訊息，MSC 對中間的轉換完全不知情。當通話中的使用者移動時，如果在同一個 MSC 的範圍內，例如只是 Inter-Cell 或是 Inter-BSC 的換手，在無線存取網路端即可以處理，通話情況還是跟原來相同。但是當使用者從原來的 MSC 移動到另一個 MSC 的範圍內，就會發生如圖 12 的情況。原來在使用 PSTN 的時候 Inter-MSC 的換手方式，就是從把原先的 MSC 當成 anchor point，從新的 MSC 連線到原先的 MSC，仍然繼續維持通話。在這個與 SIP VoIP 的互連架構下也是類似的機制，會從新的 MSC 連線到原來的 MSC，只是在舊的 MSC 與 Media Gateway 之間會存在兩條語音連線，十分浪費資源。

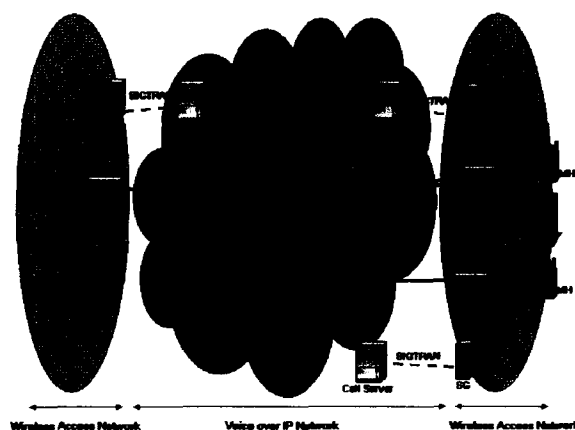


圖 12 其中一端行動通訊使用者發生 handoff 的示意圖

上述的問題可以有改良的機制，就是修改 Media Gateway 加入偵測的機制，如果發生同樣一個通話重複佔用兩個線路的情況，Media Gateway 會直接將其合併，取消原來 MSC 和 Media Gateway 之間的連線。或是 Media Gateway 加入偵測的功能，將通話中的頭尾兩個 Media Gateway 直接互連，避免中間過長的傳輸路徑。最後，雖然圖 12 中沒有畫出來，但是 PSTN 和 SIP VoIP 也有互連架構，所以 GSM 使用者打 PSTN 的電話和原來的方式並無不同，而 PSTN 使用者也可以透過 SIP VoIP 打電話給 GSM 系統的行動電話使用者。如此便可達成 SIP VoIP 與行動電話互連的目的。

2.3 行動 VoIP 漫遊及廣播服務

近幾年來，無線網路以及存取裝置迅速的發展，使用者的數目急速增加。透過無線存取之技術（如，GSM/GPRS、PHS、WCDMA、802.11 無線網路、藍芽等），使用者能夠在其無線訊號涵蓋的任何區域內隨時隨地進行存取網際網路之服務。因此，如何在無線網路的環境中，管理使用者之移動性一直是個重要的議題。

目前的 PCS 網路（例如，GSM）已具備此方面完整的功能，並能進一步的根據該使用者的位置提供「在地性服務」（Location-Based Service 即使用者在不同的地域，可獲得不同的當地資訊）。然而，在 802.11 無線網路（802.11 WLAN）的環境中並沒有使用者移動性之管理機制。隨著 802.11 WLAN 逐漸普及化，整合 WLAN 與

GPRS/UMTS 必為未來的趨勢，WLAN 服務涵蓋範圍勢必擴大，甚至成為公眾系統。因此，WLAN 中之使用者移動性管理為一極重要的議題。所以，在這個計畫中，我們達成以下三項目標。

- (一)設計一個在無線網路環境中的「使用者移動性的管理機制」
- (二)進一步建構出一「服務開發平台」使得我們能在此平台上開發任何與使用者位置相關之服務
- (三)開發 WLAN 使用者位置相關之服務：
 - 1、及時性的廣播服務(Real-Time Broadcasting Service)，其中包括了及時性的多媒體廣播服務，在地性的資訊廣播及能與使用者互動的資訊服務。
 - 2、及時性的訊息服務(Instant Message Service)其中包括了 GSM 簡訊傳遞，GPRS 多媒體訊息傳遞服務以及 SIP 訊息傳遞與 WLAN 使用者互傳之服務。
 - 3、群體呼叫服務(Group Multicasting Service)。
 - 4、無線網際網路語音服務(Traditional IP Telephony Service)。

藉由此平台，每個現有的無線網路提供商，能夠在不更動現有的硬體架構之下，快速的提供在地性的服務。如此一來，無線網路將不再是單調的網際網路存取，而是一個能根據目前時間及使用者地點，提供使用者互動資訊的最佳平台。系統架構如圖 13。

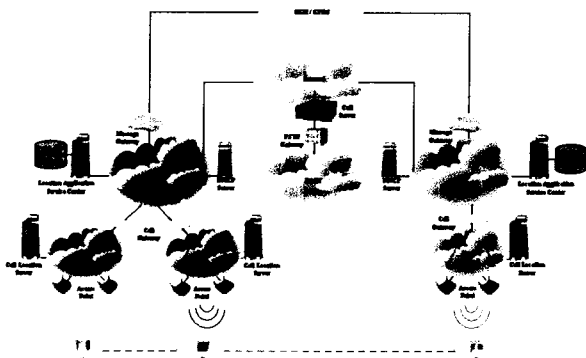


圖 13 行動 VoIP 漫遊及廣播服務系統架構

2.4 NBEN VoIP 網路之穩定性及品質監測

計畫針對台大校園 NBEN/SIP 網路以

及

無線網路(WLAN)中的 VoIP 服務進行穩定性及品質監測，並統計相關數據以供評估使用。

(一)NBEN/SIP 網路穩定性測試

本計畫針對台大校園的骨幹網路，透過模擬器(NetIQ Chariot)，對於 VoIP 服務的網路穩定性進行測試，測試環境如圖 14。單一 VoIP 通話測試測試方式為在 endpoint 兩端建立一 RTP 雙向連線，Audio codec 為 ITU G.711u(64kbps)，測試結果：如圖 15；多個 VoIP 通話測試測試方式為每七分鐘在 endpoint 兩端建立 50 個雙向 RTP 連線，總共建立 150 個 RTP 雙向連線，Audio codec 為 ITU G.711u(64kbps)，測試結果：如附圖 15。故結論為在台大校園網路未提供 QoS 功能的情形下，大多數的 VoIP call 仍能維持一定的通話品質。

(二)Wireless VoIP 服務之效能評估

本計畫針對台大校園無線網路單一無線存取點 (AP)，透過模擬器 (NetIQ Chariot)，對於 VoIP 服務穩定性進行測試，測試環境如圖 16。多個 VoIP 通話測試測試方式為 endpoint 一端在台大校園網路，另一端在台大校園無線網路。首先在 endpoint 兩端建立一雙向 RTP 連線，每兩分鐘再建立 2 個雙向 RTP 連線，Audio codec 為 ITU G.711u(64kbps)，測試結果如圖 17。本次結論測試結果中可得知在 802.11b 無線網路環境下，要維持一定的通話品質，至多能夠接受 12 個雙向通話。

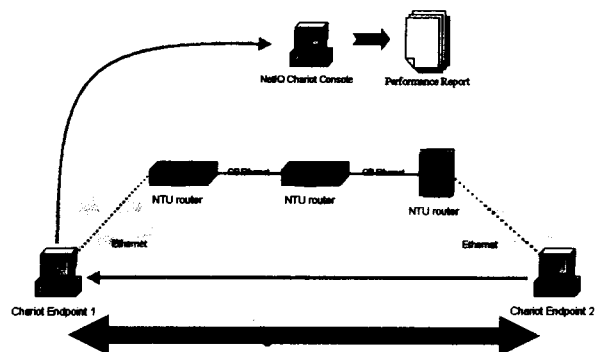


圖 14 NBEN/SIP 網路穩定性測試環境

- [10] Curvo, F., Huitema, C., et al. MEGACO Protocol, IETF RFC 3015, November 2000.
- [11] Ong, L., et al. Framework Architecture for Signaling Transport, IETF RFC 2719, October 1999.
- [12] Handley, M., Schulzrinc, H., Schooler, E., and Rosenberg, J. SIP: Session Initiation Protocol, IETF RFC 2543, March 1999.
- [13] Fokus, G.M.D., et al. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, IETF RFC 1889, January 1996.
- [14] IEEE. ANSI/IEEE Std 802.11, International Standard ISO/IEC 8802-11:1999(E), 1999.