

PSTN/VoIP/Bluetooth 整合型閘道器之設計與實作

蘇暉凱, 賴廣霖, 徐光遠, 吳承崧

國立中正大學電機工程研究所

{m8833, m91129, m9187}@cn.ee.ccu.edu.tw, cswu@ee.ccu.edu.tw

摘要

從 H.323、SIP 與 Bluetooth 標準規範, 以及市面相關產品資訊可瞭解, 一般電話閘道器只為了解決該新電話技術與現有 PSTN 網路互連問題, 如: SIP Gateway、H.323 Gateway 與 Bluetooth Gateway。由於一般電話閘道器只提供兩不同網路互連, 因此在信令轉換機制上較簡單, 只需要設計兩不同網路信令之一對一轉換關係, 以及信令格式轉換, 即可達到互連功能。然而, 本專題將嘗試整合 PSTN、SIP 網路電話、H.323 網路電話與無線 Bluetooth 電話, 系統複雜度相對提高許多。因此, 我們設計與實作「整合型語音電話閘道器」, 嘗試解決信令互連相容性 (Signaling Capability) 問題、音媒體壓縮格式轉換 (Media Codec Translation) 的問題, 讓 PSTN 電話、H.323 網路電話、SIP 網路電話、Bluetooth 無線電話與 Bluetooth 無線耳機電話能夠很順利地彼此建立通話。並提出以 SIP 為基礎之系統內部信令轉換機制 (Internal SIP-Based Common Signaling), 以降低信令轉換複雜度, 減少整合型語音電話閘道器之開發時程。

1. 導論

自從電話問世以來, 它將人與人的距離拉得更近, 加快人與人溝通的腳步, 讓人類的科技與文化的交流能更快速順暢的流通。早期傳統電話服務只提供點對點簡單語音通訊, 讓遠方的人們可以彼此溝通, 不受空間的限制; 但隨著科技的進步, 以及人類對電話通訊的需求增加, 許多新一代通訊技術的電話持續被研發, 如: 行動電話、無線藍芽電話、網際網路電話 (VoIP).....等等。

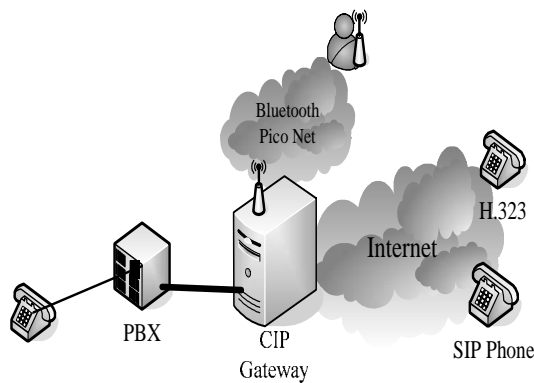
一種新電話技術的發明, 其目的大部分是為了提供更多樣的電話服務, 或是在有限資源下, 不斷提升資源使用率, 以降低通訊成本。然而, 在這演進的過程中, 一般都希望能在不影響現有網路架構下, 提供更新更好

的電話服務, 因此大部分的新技術都會制訂電話閘道器標準, 規範如何與現有電話網路 (PSTN, Public Switched Telephone Network) 互連, 如: SIP [9] Gateway、H.323[10] Gateway、Bluetooth [7]Gateway.....等。由於每種電話技術都有其特色, 如何有效率地整合各種電話技術, 提供使用者更方便使用, 這是目前電話系統整合技術之一大挑戰, 也是廠商具有商業競爭力之核心技術。

本論文中, 我們希望能以電話服務為基礎, 設計與實作一「整合型語音電話閘道器」, 整合各種電話技術以提供使用者更多選擇性之電話服務, 並嘗試解決信令互連相容性 (Signaling Capability) 問題、音媒體壓縮格式轉換 (Media Codec Translation) 的問題。我們將此多功能整合型閘道器定位於 CPE (Customer Premises Equipment), 命名為 CIP Gateway (中正大學整合型電話閘道器, CCU Integrated Phone Gateway)。例如, 在家庭或辦公室應用方面, 您可以透過此整合型閘道器使用無線藍芽電話與藍芽耳機電話撥打 SIP/H.323 網路電話或傳統 PSTN 電話。本論文並提出以 SIP 為基礎之系統內部信令轉換機制 (Internal SIP-Based Common Signaling), 以降低信令轉換複雜度, 減少整合型語音電話閘道器之開發時程。雖然這機制對於系統信令轉換會多增加一層共通信令轉換所造成延長話務通話建立的時間, 但從我們實驗量測的數據中, 發現話務建立的延遲是在可接受的範圍, 因此本系統具有實際應用之實用性。

2. 系統平台環境

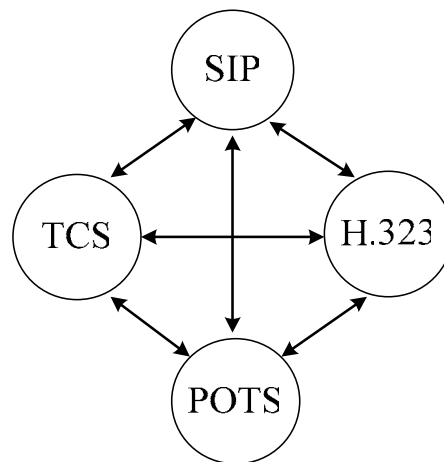
我們所用的網路環境架構如圖一, CIP Gateway 同時支援電信網路、Bluetooth Pico Net 與 Internet 等, 在此多重異質網路環境下, 我們提供不同種類網路之電話互連。而在 CIP Gateway 上, 我們採用



圖一 系統網路環境架構

USB-Bluetooth Adapter，用來連接 Bluetooth Pico Net，提供藍芽無線電話連線。H.323/SIP 網際網路電話部分，我們是使用一般個人電腦所使用之 10/100 Mbps Ethernet Card，用來連接網際網路。PSTN 之介面，是使用 LineJack Card (POTS Analog Line Interface)，提供一門電話之線路，用來連接 PSTN 網路。圖一中 CIP Gateway 用戶端連接電信網路部分，由於 PBX 具有提供低功率短距離 DECT 無線手機之能力，因此我們將 PBX 模擬成一小型 PSTN 網路之 POTS (Plain Old Telephone Service)，使得本系統能的實驗環境能更接近現實環境。在 Internet 方面，有 SIP 和 H.323 網路電話部分，我們使採用是蠻一般網路電話軟體 (Microsoft Netmeeting 與 OpenH323 Project 之 OpenPhone) 及市面產品 SIP 電話機，來測試 CIP Gateway 對 SIP 與 H.323 VoIP 電話的處理能力。Bluetooth Pico Net 部分，我們是直接採用本實驗室早期依 Bluetooth 標準規範所發展之 Ericsson 藍芽發展平台 (EDBK) 來架設 Bluetooth 使用者端的電話，驗證 CIP Gateway 對藍芽無線電話之處理能力。

從圖一中我們可看出整合不同之協定是必會面臨到兩個重大的問題：一、信令 (Control Signaling) 不同如何溝通，二、語音壓縮格式 (Media Codec) 不同如何通話。而針對第一個問題我們提出了以 SIP 為基礎之「系統內部共通信令轉換機制」來解決，而第二個問題我們亦把不同的編碼方式轉為相同的編碼，使之互通。細部內容請參考章節 3.4。



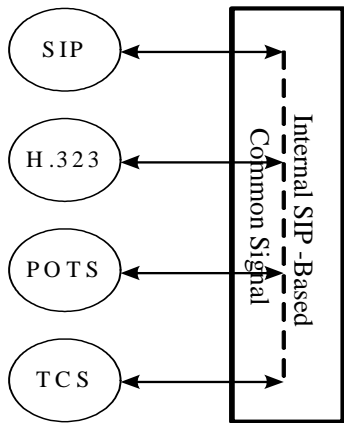
圖二 一對一信令轉換方式

3. 設計原理

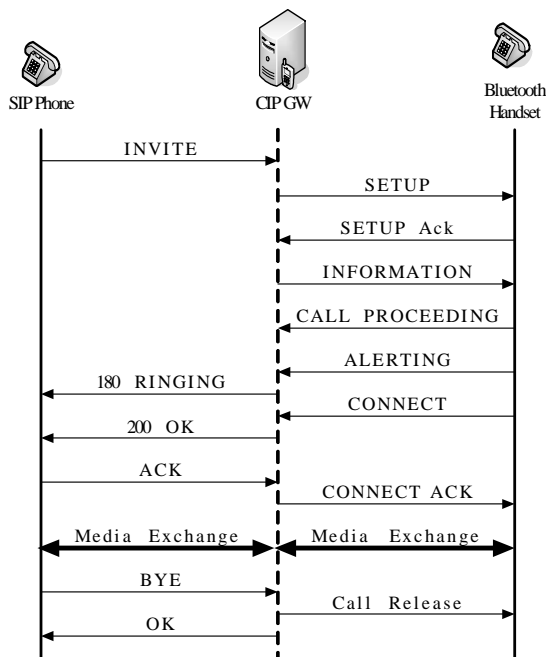
3.1. 系統內部共通信令轉換機制

信令互連相容性 (Signaling Capability) 問題必須設計信令轉換機制解決，但如果採用一般一對一信令轉換機制，如圖二所示，本系統將必須設計 $C_2^4 = 6$ 套信令轉換範本；未來如果欲整合 N 種網路信令，我們將必須設計 $\frac{N(N-1)}{2}$ 套信令轉換範本，複雜度

是 $O(N^2)$ 。因此，我們提出以 SIP 為基礎之「系統內部共通信令轉換機制」來降低信令轉換複雜度。由於，新一代 VoIP 話務控制協定 SIP 具有完整信令功能、訊息格式簡單、擴充性高、實作研發時程短、容易與 Internet Applications 整合等特性，因此我們採用 SIP 作為系統內部共通信令。例如，當 A 信令之電話欲打電話給 B 信令之電話，在 CIP Gateway 信令轉換機制中，我們會先將 A 信令轉換成 SIP Message，確認被打方 (Callee) 目的地後，再將 SIP Message 轉換成 B 信令。以本系統為例，如圖三，我們只需要設計 $(4-1) = 3$ 套信令轉換範本，就可以整合四種不同信令之電話；未來如果欲 N 種網路信令，我們只需設計 $(N-1)$ 套信令轉換範本，透過這機制我們可以將信令轉換機制之複雜度降低為 $O(N)$ 。



圖三 共通信令轉換方式



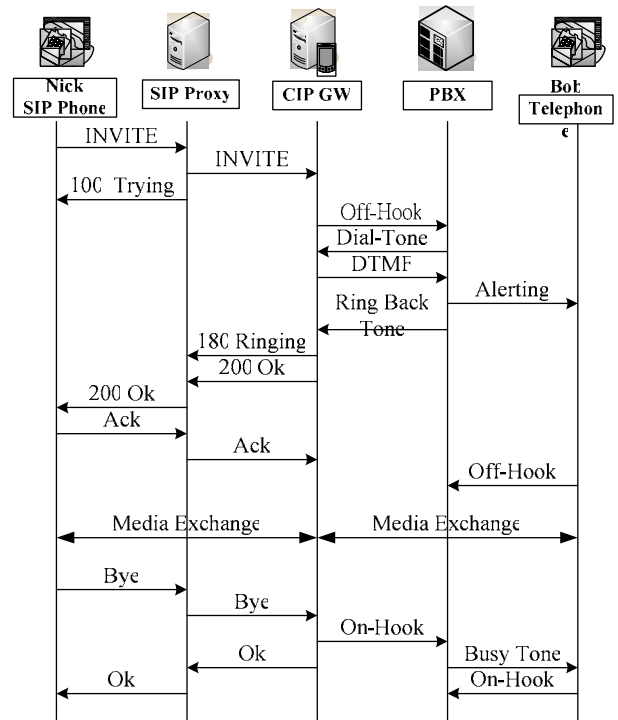
圖四 SIP Phone 和 Bluetooth TCS 建立通話流程

3.2. SIP/TCS/H.323/POTS 之整合

在各種不同協定信令整合方面我們將其分成三部份做介紹：SIP→TCS、SIP→POTS、SIP→H.323。透過各個不同協定之信令都可轉換至共通信令，最後於章節 3.3，我們舉了一個例子來證明我們如何將不同之協定可透過共通信令來互相通訊。

3.2.1. SIP 與 Bluetooth TCS 信令轉換

如圖四，由 SIP Phone 先送出 INVITE 給 CIP GW 建立此通話，接著會往 Bluetooth 那端送出 SETUP 的訊息，若藍芽手持電話收到 SETUP 後會回送 SETUP ACK。接下來 CIP GW 就會送出一些 INFORMATION 訊息將一些需要的資訊帶給藍芽手持電話。手持電話收到一個或多個

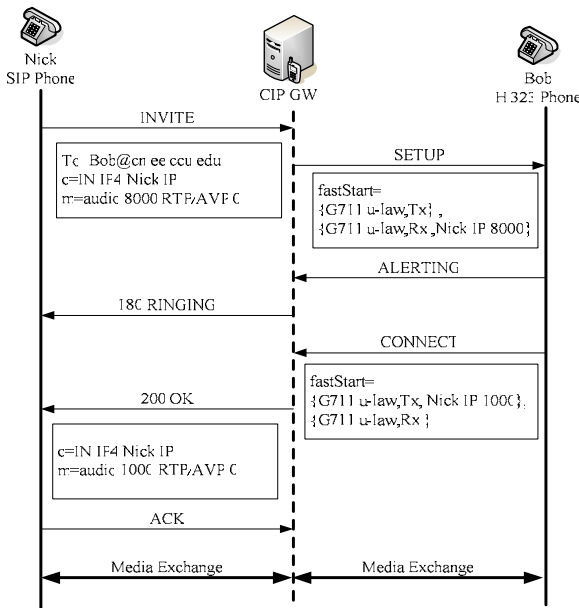


圖五 SIP Phone 和 PSTN 電話通話建立流程

INFORMATION 後，會先送出 CALL PROCEEDING 告知 CIP GW 訊息正在處理中。若處理完後就會送出 ALERTING，此時藍芽手持電話也會有響鈴聲發出，CIP GW 轉送 ALERTING 訊息並轉換成 180 RINGING 送回給 SIP Phone，最後藍芽接起電話後，在經過 OK 和 ACK 程序即完成雙方通話的建立。若 SIP Phone 要終止談話，只要送出 BYE 後 CIP GW 會對 Bluetooth 端釋放通話，並回應 SIP 端 OK 的訊息。

3.2.2. SIP 與 POTS 信令轉換

圖五中的例子，分別是 SIP Phone、SIP Proxy、CIP GW、PBX、Telephone 五種設備，當 Nick (SIP Phone) 透 Proxy 轉送 SIP 信令給閘道器打電話給 Bob 時，會先送出 INVITE 訊息給 Proxy；Proxy 收到後，先回 100 Trying 給 SIP Phone 以表示正在處理中，並轉送 INVITE 訊息給 CIP 閘道器；閘道器收到 INVITE 訊息後，會先被轉換成「共通信令」，發話端信令被轉換後，閘道器會使用 POTS 信令向 PSTN 電話網路建立一通給 Bob 的電話；成功的打給 Bob 後，閘道器會收到交換機送來的 Ring Back Tone，立即回應

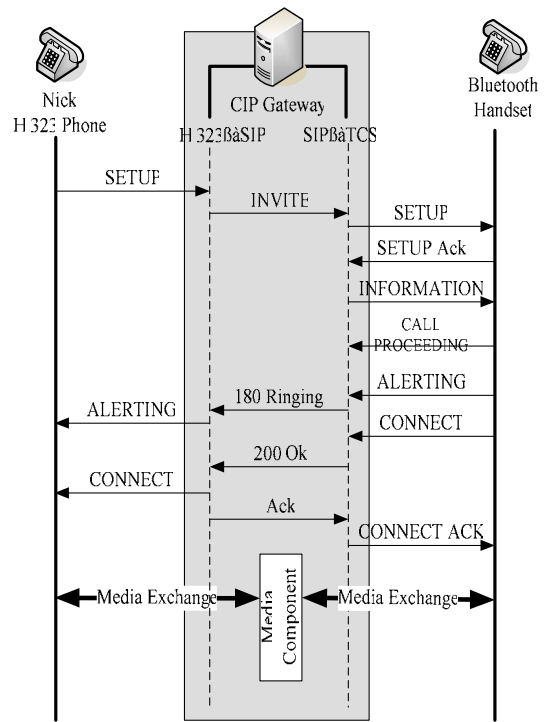


圖六 SIP 和 H.323 通話的建立流程 (H.323 Fast Connect)

Nick 180 Ringing 和 200 Ok，此時 Nick 也會很快的應 Ack 以便建立通話；當 Nick 回 Ack 後，介於 Nick 和 閘道器的語音通道已經建立完成，故 Nick 可聽到由交換機透過閘道器轉送過來的 Ring Back Tone；接著 Bob 一接起電話後，語音就可透過閘道器作交換，Nick 和 Bob 即完成通話的建立。當 Nick 想要終止通話時，會送出 BYE 的訊息，CIP GW 收到此訊息後，會同時送出 Off-hook 的訊息給 PBX 和送出 Ack 給終止通話端。一但 Bob 掛上電話後，就完全釋放整個通話資源。

3.2.3. SIP 與 H.323 信令轉換

我們參考哥倫比亞大學在 IETF 所提出的一篇 [14] 來設計 CIP GW 針對 H.323 和 SIP 間信令轉換的方式。如圖六是當 H.323 終端使用 Fast Connect 機制時的流程圖。當 Nick (SIP Phone) 撥打電話給 Bob 時，會送出 INVITE 訊息，CIP GW 會轉送 SETUP 訊息的 H.323 信令給 Bob，Bob 收到此訊息後會回應 ALERTING 告訴 GW 已接通，GW 則會轉送 180 Ringing 的 SIP 信令給 Nick；此時，若 Bob 聽到鈴聲並且接起電話後，即會送出 CONNECT 訊息，GW 收到後會轉送成 200 Ok 給 Nick，Nick 收到 200 OK 則即刻回 ACK，此時媒體通道就建立完成。



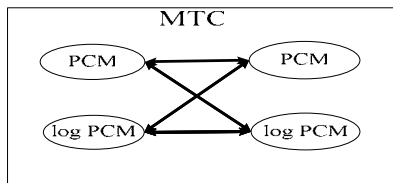
圖七 H.323 和 Bluetooth Phone 建立通話流程

3.3. TCS 與 H.323 信令轉換範例

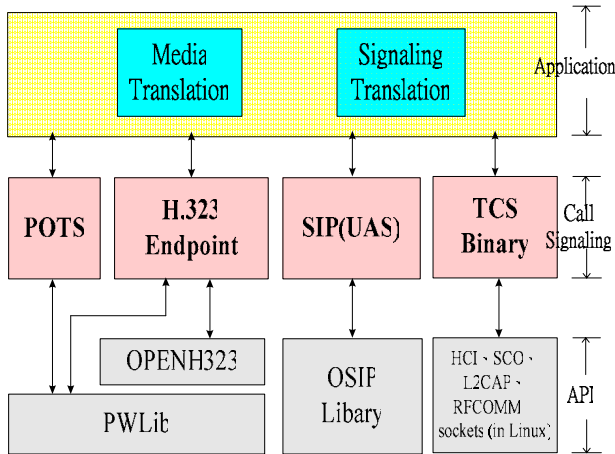
在此我們舉出了一個 TCS \leftrightarrow H.323 之信令過程。我們將 CIP GW 再細分成三個成分：H.323 \leftrightarrow SIP、SIP \leftrightarrow TCS、Media Component，H.323 \leftrightarrow SIP 此部份主要是處理 H.323 信令來的訊息轉換成內部的共通信令，或是將共通信令來的訊息轉換成 H.323 信令並送出去；SIP \leftrightarrow TCS 主要是處理共通信令轉換到 TCS 或是從外部收到 TCS 訊息時，決定是否轉換成共通信令；Media Component 則主要是提供根據信令交換完後所建立的媒體通道，已達到兩方通話端可交換彼此的媒體資料。如圖七所示，我們若將 CIP GW 切成兩邊，會發現左邊的通話流程 H.323 終端就像在和 SIP 通話一樣，而從右邊看，Bluetooth handset 也是就像在和 SIP 建立通話一樣。

3.4. 媒體壓縮格式轉換

語音媒體壓縮格式轉換的問題對於本系統來說問題不是很大，因為大部分標準規範都會規定電話系統必須支援 PCM 之 codec。在本系統中，PSTN 網路、SIP/H.323 網路電話皆有支援 PCM，但



圖八 MTC 架構圖



圖九 軟體發展系統架構圖

Bluetooth 只支援 Log PCM 與 CVSD codec，因此我們將語音交換之 codec 內定使用 PCM (64Kbps)，並以軟體方式實現 PCM 與 Log PCM codec 之轉換，以解決語音媒體轉換之問題，如圖八。未來如果欲產品化，我們可以再考慮使用硬體來處理語音媒體壓縮格式轉換，以增加語音媒體交換效率。

4. 軟體架構

圖九為我們 CIP Gateway 軟體發展系統架構圖。有關底層部分，我們皆採用現行 Open Source 之程式，其中包含：Open H323 Library[4]、Portable Windows Library[4]、GNU oSIP Library[5]、BlueZ Driver[6]。下面將述敘介面層各個介面如何實現的：

A. POTS 與 H.323 介面。OpenH323 Project 提供 Open H.323 Library 與 Portable Windows Library，其中 PWLib 有提供與 LineJack Driver 溝通的 API，因此有關 POTS 與 H.323 介面，我們依據 OpenH323 Project 所提供的 Software Framework 來開發我們上層的程式。我們使用 PWLib 所提供 LineJack Card 的 API，用來偵測 POTS 所送過來的信令，以及控制 LineJack Card 處理話務信令，以及擷取與傳送語音串流。同時，我們透過

OpenH323 Library 協助構裝與解析 H.323 相關的 Signaling，以及傳送與接收網路語音封包。

B. SIP 介面。在此介面我們底層是採用 oSIP library，透過 oSIP library 所提供的 API，協助我們構裝與解析 SIP Message，我們在此介面實現了 User Agent Server (UAS) 與 User Agent Client (UAC) 的功能。

C. Bluetooth TCS 介面。圖九是 TCS 與 BlueZ 的關係。BlueZ 是 Linux 2.4 或 2.6 的版本中藍芽的堆疊(stack)，它支援了藍芽的協定，它實現了 HCI UART、HCI USB、L2CAP、RFCOMM 與 SCO [6]。BlueZ 提供使用 Socket API 的方式與下層溝通。TCS 利用 L2CAP 傳送 Call Control Signaling 給另一個 Bluetooth TCS 電話，信令過程完畢與確定對方接聽電話後，還需建立語音通道，即圖九中 TCS 向 SCO 下達建立起語音通道，往後將聲音串流導向到 SCO 之 Socket，另一端 Bluetooth 無線電話即可聽到聲音。

5. 實驗測試結果

圖一為我們實驗之環境，透過我們的 CIP Gateway 將可整合所有不同的協定。在實驗結果部分，我們主要是量測通話建立的時間，以提供 CIP Gateway 效能之參考數據。表一為我們量測通話建立之時間。

表一各個不定之協定建立通話之時間表

量測內容	延遲時間
H.323 網路電話經過 CIP Gateway 打電話給 PSTN 電話所需的時間 (使用一般 H.323 建立方式)	9 ±2 秒
H.323 網路電話經過 CIP Gateway 打電話給 PSTN 電話所需的時間 (使用 Fast Connection 建立方式)	10 ±2 秒
SIP 網路電話經過 CIP Gateway 打電話給 PSTN 電話所需的時間	9 ±2 秒
由 SIP 網路電話經由 CIP GW 打到 SIP 網路電話	±1 秒

6. 結論

本專題設計與實作 CIP Gateway，嘗試解決信令互連相容性 (Signaling Capability) 問題、音媒體壓縮格式轉換 (Media Codec Translation) 的問題，成功整合 PSTN、SIP 網路電話、H.323 網路電話與無線 Bluetooth 電話，讓不同系統之電話能夠很順利地彼此建立通話。

在技術創新部分，我們以更簡潔且更為快速的程式碼實現了複雜的 POTS、Bluetooth 與 H.323/SIP Signaling 轉換功能；在多種不同的協定中，我們成功的整合從 CIP Gateway 裡，在不同的信令中我們找出了一種簡單、且具開發彈性的解決方法，提出以 SIP 為基礎之系統內部信令轉換機制 (Internal SIP-Based Common Signaling)，降低信令轉換複雜度，我們的方法能更方便別人加入其他不同的協定到我們的系統上。

在應用創新部分，我們創造新的概念、新的想法，並在所遇到的問題中找出解決方法，在遇到問題過程中，大家齊心合力的解決問題，使我們的系統更為完備。透過 VoIP (SIP/H.323)、Bluetooth 的整合，我們可以建立起多元化的通話端。

在實作結果部分，由實驗數據我們可以瞭解到，通話建立的時間我們可以控制在一般可接受的範圍，如同一般行動電話所需的通話建立時間也約 5~10 秒，這部分的效能，未來在軟硬體的調整與程式最佳化上還有許多可以努力的空間。相信在未来，CIP Gateway 能提供使用者一個具有強大功能的電話、存取使用所有資訊家電的中樞、以及小型語音結合資料處理裝置，相信本專題中所發展出的 CIP Gateway，能帶給人們生活更多的便利。

7. 參考文獻

- [1] 中正大學電機所網路組, "動手實作 VoIP 整合服務", 網路通訊雜誌, 三月, 2003.
- [2] 朱元三, 蘇暉凱, 姚志臻, 李育廷, "網際網路電話整合服務之實作與測試", TANET 2002 台灣區網際網路研討會.
- [3] Quicknet Technologies, <http://www.linejack.com/>
- [4] OpenH323 Project, <http://www.openh323.org/>
- [5] GNU oSIP Library, <http://www.gnu.org/software/>

[osip/](#)

- [6] BlueZ, Official Linux Bluetooth protocol stack, <http://www.bluez.org/>
- [7] Specification of the Bluetooth System Version 1.1, ETSI Std., Feb. 2001.
- [8] IPCC, Packet Communication Reference Architecture April 2003 v2.0, <http://www.softswitch.com>
- [9] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, E. Schooler, *SIP: Session Initiation Protocol*, RFC 3261.
- [10] *H.323v4: Packet-based multimedia communications systems*, ITU-T Std., Nov. 2000.
- [11] Kundan Singh, "SIP-H.323 Signaling Gateway," refer to <http://www1.cs.columbia.edu/~kns10/research/gw/>