

設計與實現隨意網路之網路語音系統

Design and Realization of Ad-hoc VoIP System

邱仕益¹ 宋俊輝¹ 張林煌^{1,2}
 Shih-Yi Chiu¹ Chun-Hui Sung¹ Lin-Huang Chang^{1,2}
 朝陽科技大學 網路與通訊研究所¹
 國立台中教育大學 資訊科學學系²

摘要

隨著網路語音系統(VoIP)與無線隨意網路的普及,在隨意網路上佈建並使用網路語音電話已日漸受到討論與發展。然而在現有之隨意網路語音系統上,無非是採用修改 SIP 標準協定或使用額外服務探索協定(SLP)等方式,但以上之解決方案,也造成無法與現有 SIP UA 相容,或造成額外的負擔等問題。因此,在本論文中,我們將透過使用標準協定,整合使用者探索機制與所提出之虛擬 SIP 伺服器之概念,相容與現有之 SIP UA,同時亦可減低系統設計之複雜度與額外之負擔。透過實作虛擬 SIP 伺服器及一系列之量測與實驗,提出在隨意網路環境中,方便使用者使用之即時語音系統

關鍵詞: 隨意網路、VoIP、SIP、虛擬 SIP 伺服器

Abstract

In the recent years, wireless network and IP Telephony have been widespread. How to deploy VoIP services over Ad hoc network is an important issue nowadays. However, to modify SIP protocol or use SLP could be an easy way that makes mobile devices communication over Ad hoc network, but it also cause incompatible with SIP UA. In this research, we implement pseudo SIP server mechanism over Ad hoc network. It base on SIP protocol and also integrated SIP presence to deal with SIP signaling over non-infrastructure network. It is also compatible with SIP UA.

Keywords: Ad hoc, VoIP, SIP, Pseudo SIP Server

1. 前言

隨著網際網路之發達,使得人與人之間的溝通模式逐漸改變,因此網際網路之語音系統(Voice over Internet Protocol, VoIP)便油然而生,使得原本在分封交換網路上的電話系統得以由網際網路取而代之。

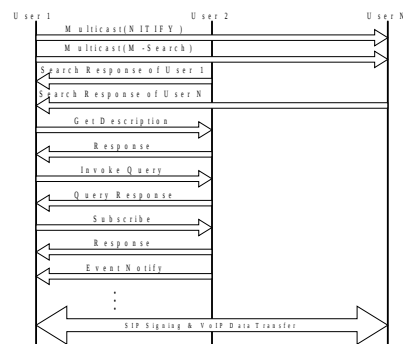
由於在進行VoIP溝通時,最為重要的則為啟始語音前之信令交換(signaling exchange),因此按照目前SIP[7]之信令交換之架構,使用時必需依賴已架設好的網路環境,才能夠使用網路語音之服務,若針對在無

法架設網路環境之特定區域,則無法順利繞送即時語音封包,亦無法使用VoIP之服務。因此若要達成此類特殊環境之即時語音傳遞,則必需仰賴由行動節點所構成的隨意網路(Ad-Hoc Network),利用點對點(End-to-End)的模式傳輸。

近年來行動隨意網路的概念被引伸至許多應用場合,如戰場、災後重建、臨時的會議中心…等。若能在這些臨時性或是緊急事故所建設的隨意網路環境中,提供網路語音之服務,必定能為該隨意網路使用者提供便利性,在沒有基礎建設之網路環境下,仍然可以透過網路語音撥打給其它的使用者。

因此,在本論文中,我們將透過使用SIP標準協定,整合使用者探索機制(SIP presence)[2][3][8][9]與所提出之虛擬SIP伺服器之機制,達到可允許現有SIP UA(User Agent)[11][15]等相容(compatible)並提供隨意網路功能之語音電話,並且整合網音網路之底層繞路協定,使得網路封包得已由第三者節點繞送(forward),實作並分析此系統架構。綜合以上所述,除了能夠方便使用即時網路語音外,並透過一系列的量測及實驗,證明VoIP在隨意網路上的可行性。

2. 文獻探討



圖一、採用 UPnP 機制之流程圖

在Ad-Hoc中網路語音電話的研究,Chang[1]等學者在Ad-Hoc的網路環境中,提出虛擬SIP伺服器(pseudo SIP server)的機制,先行利用UPnP進行節點的資訊交換,再利用UPnP所搜集到的資訊進行節點的互相註冊,達成在Ad-Hoc中網路語音電話,如圖一所示。

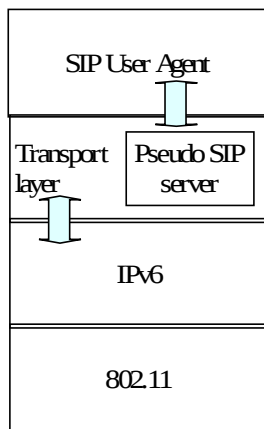
Chang等學者所提出的研究，亦提供了在Ad-Hoc中使用網路語音電話的機制，不同於其它學者所提出的機制[5][6]，沒有修改標準的SIP信令以及機制，對於標準的SIP UA具有相容性，無論是在基礎建設的架構下或是Ad-Hoc的環境中，皆能夠使用虛擬SIP伺服器達成網路語音電話，但唯一不足的是，在起始語音服務時，必需先利用UPnP做資源的探索，造成額外的overhead。

3. 系統設計

在此一章節中，我們將討論到本研究之系統設計，除了移植傳統SIP架構外，有別於以往利用LSP之架構，本研究利用SIP與SIP presence，實作一全SIP(All SIP)之虛擬SIP伺服器，除此之外，我們另外加入了行動管理機制，在節點可任意移動的隨意網路中，利用SIP協定維護使用者清單；此外，亦針對本系統所使用的模組加以探討，並規劃出完整的狀態圖(State Diagram)。

3.1 系統架構

在實作虛擬SIP伺服器部份，如圖二所示該系統利用UDP協定，透過輕量化的設計，在每台行動裝置嵌入虛擬SIP伺服器之後，此機制將扮演應用層與網路層的溝通介面，對應用層方面，負責處理由UA傳來之SIP信令及維護使用者資訊，並將使用者資訊透過網路層傳送到隨意網路中，而對網路層方面，則負責接收及處理由隨意網路送來之SIP封包，以問與答(Offer/Answer)的模式回應SIP訊息。



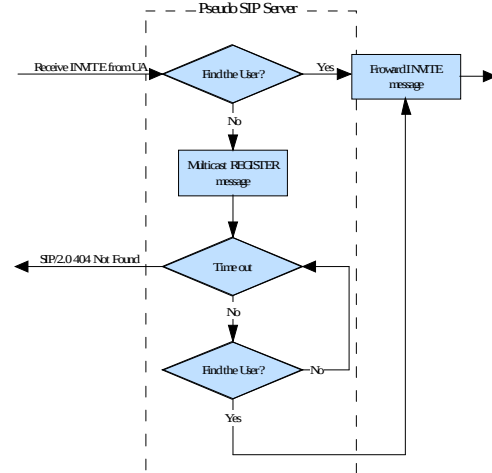
圖二、系統架構圖

而在網路層方面，則使用新一代的網路層協定—IPv6，主要為利用其IPv6自動定址(Auto-configuration)的特性，使得使用者無需再設定網路位址，在啟始網路卡功能時，則可自動獲得一IPv6位址，達到便利性。另外在資料鏈結層(Data-Link Layer)則使用IEEE 802.11b/g無線網路協定所建構之隨意網路。如此一來，則能在無基礎建設與存取點的網路環境下，實現VoIP之架構。

3.2 行動管理機制

由於隨意網路中之使用者可以任意移動，為得到使用者之資訊，在我們所提出之系統中，便將行動管理(Mobility management)加入了我們的虛擬SIP伺服器架構，便能讓使用者能夠自由的使用即時語音，無需理會移動性之問題。

另外在隨意網路內考慮節點移動的問題，若節點移入時，亦不能在節點移入後等待SIP之Expire Time，必需設定啟動(Trigger)條件，主動尋找範圍內的使用者，如圖三所示。



圖三、使用者探索流程圖

因此虛擬SIP伺服器收到本機UA送來的INVITE訊息後，若在清單中找到位址，則轉送INVITE封包，若無找到使用者位址，則群播UA的REGISTER訊息，若經過這樣的訊息交換還沒有找到使用者，則回應404 Not Found的訊息。

3.3 系統模組設計

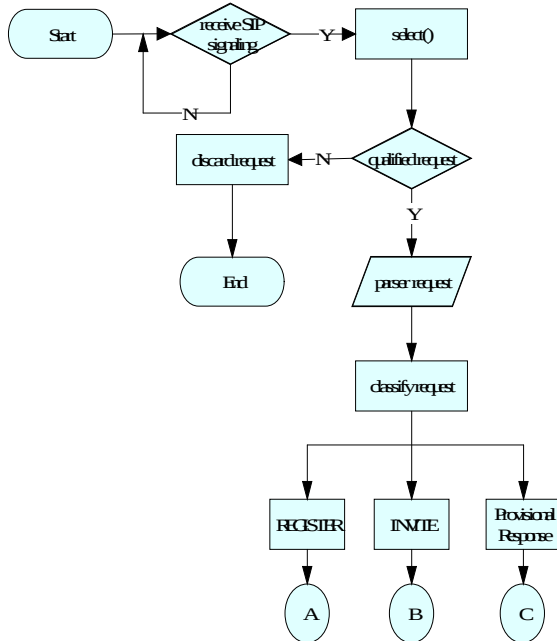
在虛擬SIP伺服器的模組方面，共可以分為五個部份，分別為信令管理模組(Session Management module)、行動管理模組(Mobility Management module)、使用者探索模組(User Discovery module)、SIP探索模組(SIP Presence module)與使用者清單(User-list cache)。

關於信令管理模組部份，主要為接收SIP封包，並對於接收到的SIP封包做進一步的分析，識別該SIP封包為何種行為(Method)，再針對不同的行為做不同的處理；因為隨意網路能夠允許使用者的移入或移出，在行動管理模組方面，主要控管節點的移入移出與使用者清單同步之機制，若要找尋某位使用者，則會呼叫使用者探索模組，並在得到回應後，對於使用者清單做更新與同步；使用者探索模組部份，主要針對隨意網路之使用者做探索，使得不論是移出或是移入的節點，都能夠即時找到欲邀請的使用者，進行即時語音溝通；SIP探索模組方面，主要為利用RFC3856[8]之註冊(Subscribe)與通知(Notify)，使得使用者在註冊時，則能達到使用者清單的同步；最後，在使用者清單的部份，主要為儲存在目前隨意網路上的使用者清

單，並提供其它模組使用。

3.4 系統流程

因虛擬SIP伺服器為一嵌入式之SIP伺服器，考量到節點上之記憶體空間及資源等因素，所以，虛擬SIP伺服器必須精簡其設計，並考慮到行動管理之問題，所以虛擬SIP伺服器只允許部份的SIP信令，如REGISTER、INVITE及ACK等訊息，若非虛擬SIP伺服器所能辨別的信令或封包，則一律丟棄(Drop)不理會。



圖六、虛擬SIP伺服器流程圖

圖六為虛擬SIP伺服器之系統流程圖，開啟此服務後，即會等待接收到SIP封包後，再做進一步之處理。當收到SIP封包後，即會用select()函式，產生出子行程，進一步的分析SIP封包，如果此SIP封包為系統沒有處理之行為，則不予理會，在丟棄該SIP封包後結束此行程，反之，若為系統所能處理之SIP訊息，則進一步分析為何種SIP訊息，並對於此訊息做出相對應之處理。

關於SIP註冊流程，則在於接收到該信息後，即立即對此註冊訊息做出分析，並檢查此訊息之Expire欄位，若此欄位為0，則表示取消註冊，此時則會從使用者清單將此使用者移除，反之則為註冊訊息，則將此使用者記錄在使用者清單中，在記錄後，則需要對發送此註冊訊息的UA送出回應訊息，此時則會識別是否為本機UA所送出之註冊訊息，若是，則對於本機UA回應200 OK訊息，並且利用CSeq欄位判斷是否為本地UA所送出的週期性註冊，若為週期性註冊則回應本機註冊訊息，若非本機UA所送出之註冊訊息，則會用單播(uni-cast)的方式，以200 OK回應遠端UA，回應本機的註冊訊息。

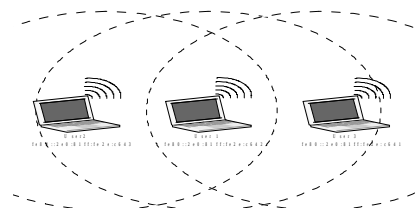
最後針對邀請部份，將在分析INVITE訊息後，判斷信令的來源若為遠端使用者邀請本機使用者，則會

將此SIP訊息轉送至本機UA，並結束此次行程，但若為本機使用者欲邀請遠端使用者，在得知欲邀請的使用者後，即會立即搜尋使用者清單，如果有找到該位使用者，則會轉送INVITE訊息，若無找到該位使用者，則會啟動搜尋機制，將本機註冊訊息群播到隨意網路中之節點，並啟動等待時間，在此時間內，接收並檢查遠端使用者送來之註冊訊息，若在此時間內有找到相對應之使用者，則轉送INVITE訊息，若無欲邀請之使用者，則對本機UA回應404 NOT FOUND之訊息。

4. 系統實作與效能分析

在此章中，我們利用三台行動設備，針對所開發的虛擬SIP伺服器做出一系列的實驗，無論是衡量SIP信令交換或是即時語音之傳遞，在一連串的實驗中，我們證明VoIP在隨意網路中之可行性。

4.1 實驗環境



圖七、隨意網路拓撲示意圖

在本論文中，實驗環境如圖七所示，在網路內節點均使用無線網路之隨意網路模式(IBSS, ad-hoc mode)相互連結，並使得User 1同時涵蓋User 2與User 3且User 2與User 3無線網路訊號不直接涵蓋，必需透過User 1轉送網路封包，而在網路層方面，則利用IPv6之自動定址模式所產生的link-local位址進行定址。

利用此實驗環境，即可衡量VoIP在隨意網路內的傳輸情形，探討網路封包經過一個或二個跳躍點(Hops)的差異，都可以利用此實驗環境實際量測。

4.2 系統實作

在系統實作方面，我們採用 Ubuntu Linux 6.10[14]作業系統，並使用 Kphone 4.2[15]做為 UA。

```
#!/bin/bash

iwconfig eth1 mode ad-hoc
iwconfig eth1 essid x32
iwconfig eth1 channel 6
ifconfig eth1 up
ifconfig eth1 192.168.10.22 netmask 255.255.255.0 up
route add -net 224.0.0.0 netmask 240.0.0.0 dev eth1
```

圖八、隨意網路設定圖

並利用開放原始碼實現OLSR[12][13]繞路機制，以使用iwconfig指令設定節點為隨意網路，如圖八所示。

表一、硬體設備規格表

筆記型電腦：	
型號	IBM ThinkPAD X32
中央處理器	Pentium 1.8 GHz
記憶體	512Mbyte
無線網路卡	Intel PRO/Wireless 2200
作業系統	Ubuntu 6.06
無線基地台：	
型號	ASUS WL-HDD 2.5

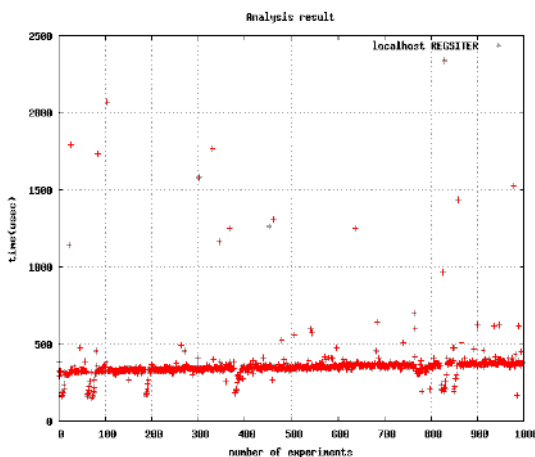
為了加速開發，所以在環境設定方面只使用 IPv4 實作，尚未能使 IPv6/IPv4 共同，原因為目前開放原始碼之 UA 還未能全部支援 IPv6，即使能支援 IPv6 之 Kphone，亦只能支援網域名稱(Domain name)，而未能支援 IP 位址，所以此系統以 IPv4 開發與實驗，而使用 IPv4 之缺點只是在網路定址方面，需要手動設定，並未對本研究之實驗產生影響，若能改變 UA 在 IPv6 環境上的種種問題，虛擬 SIP 伺服器只需在 Socket 上稍做修改即可適用。

而在實驗之硬體設備方面，我們使用三台同系列與規格之桌上型電腦(Notebook)做為行動節點，並在每個節點中嵌入我們所開發之虛擬 SIP 伺服器，其硬體規格如表一所示。如此形成隨意網路之環境，即能使節點使用 VoIP 之服務，相互溝通無誤。

4.3 效能分析

在系統實作完成後，我們針對所開發之網路語音系統做出一系列分析，主要著重於分析基礎建設下之無線網路與隨意網路 VoIP 的信令交換延遲時間，相較於傳統集中式 SIP 架構網路，隨意網路能夠有效節省傳輸時間，而更一步的，我們將分析隨意網路下，經過 2 個或是多個跳躍時，其中信令與語音延遲的情況，進而證明隨意網路語音系統的可行性。

4.3.1 本機註冊延遲

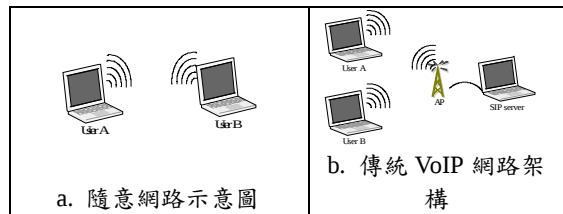


圖九、本機註冊延遲實驗結果

在本研究中另外實驗一種符合現實環境的實驗，圖九亦是量測[10]在本機 UA 對於本機之虛擬 SIP 伺服器註冊之延遲時間，此次實驗利用遊戲及影片等應用程式同時執行於此隨意網路之行動節點中，在系統資源較少時量測，每一次實驗皆為從註冊開始到 200 OK 回應為止，再平均後算出單向的延遲時間。在本次之實驗可以發現，在本機之註冊訊息延遲方面，平均為 300.73 微秒左右，為一極短之時間，相對於其它的信令延遲時間，此種註冊時間幾乎可以省略不計。

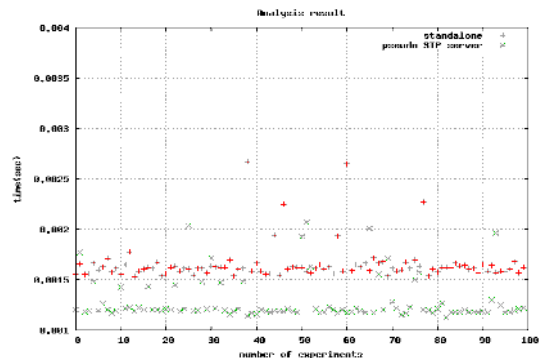
4.3.2 不同架構之註冊延遲時間分析

在本次實驗中，我們比較隨意網路及基礎建設架構此兩種不同架構之註冊時間，其比較之網路拓撲如圖十所示，在隨意網路方面，採用 4.2 小節之 Linux 命令形成隨意網路，而在傳統網路架構方面，VoIP 節點採用無線的方式，透過 Access Point(AP)，經由有線連結至 SIP server。



圖十、實驗網路拓撲

在本次的實驗結果圖十一可以發現，因為傳統 SIP 架構需要透過 AP 連結到 SIP 伺服器，在註冊延遲時間平均為 0.0016 秒，雖然在延遲時間上與隨意網路相距不大，但還是需要花費較多的延遲時間，反觀隨意網路架構，平均的延遲時間為 0.0012 秒，因為此架構為點對點之傳輸模式，使得在信令延遲部份能夠比傳統的 SIP 架構還要來的低。



圖十一、註冊(REGISTER)延遲時間比較圖

4.3.3 隨意網路之信令延遲時間分析

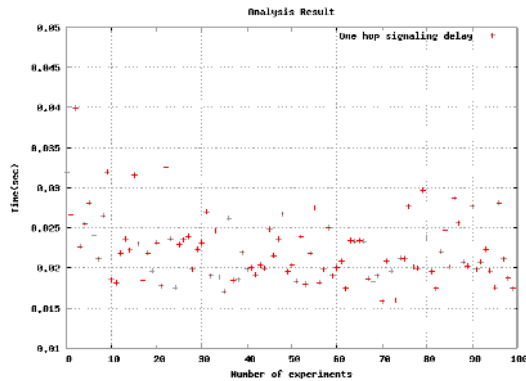
接著我們分析邀請(INVITE)之信令延遲時間，其信令之延遲計算包括 INVITE、TRYING、RINGING、200 OK 及 ACK，意即從使用者欲邀請其它使用者，從呼叫端按下通話鍵後到被呼叫端接起之整體的通話啟始時間，而量測之環境如圖七所示，在從傳送端開始，經過一個跳躍點後到達接收端的邀請信令延遲時間。

5.2 未來研究方向

在未來之研究主題上，仍有許多能夠加以研究之方向，在效能方面，因無線網路先天之設計非為傳送語音資料而定，如何有效增進語音傳輸為一可行之研究主軸。在系統方面，有鑑於隨意網路無法無限制之延伸，若能與傳統SIP架構相結合，提供廣泛VoIP架構，亦是另一個著重方向。若能結合以上兩點，即能夠對於VoIP之應用有相當大之助益。

6. 參考文獻

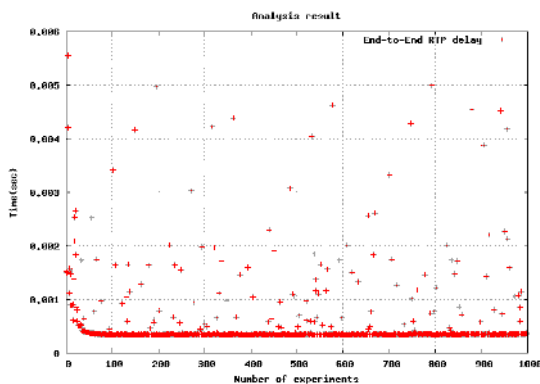
- [1] Lin-huang Chang, Ping-da Chuang, Yu-Jen Chen, Cheng-Ying Yang, "The Innovation of Pseudo SIP Server on Ad-Hoc VoIP System", Proceeding of World Wireless Congress 2005(WWC' 2005), United States, pp.313-317, May 25-27, 2005
- [2] M. Day, J. Rosenberg, H. Sugano, "A Model for Presence and Instant Messaging", IETF Request for Comments 2778, Feb. 2000
- [3] M. Day, S. Aggarwal, G. Mohr, J. Vincent, "Instant Messaging / Presence Protocol Requirements", IETF Request for Comments 2779, Feb. 2000
- [4] ITU-T Recommendation G.711, "Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequencies," November 1988.
- [5] H. Khelifi, A. Agarwal, J-C. Grégoire, "A Framework To Use SIP in Ad-Hoc Networks", Proceedings of IEEE 2003 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, pp. 985-988. May 2003.
- [6] S. Leggio, J. Manner, A. Hukkonen, K. Raatikainen, "Session Initiation Protocol Deployment in Ad-Hoc Networks: A Decentralized Approach", Proceedings of the International Workshop on Wireless Ad-Hoc Networks (IWWAN2005), May 23 - 26, 2005, London, UK.
- [7] J. Resenberg, et al., "SIP:Session Initiation Protocol", IETF Request for Comments 3261, June 2004
- [8] J. Rosenberg, "A Presence Event Package for The Session Initiation Protocol (SIP)", IETF Request for Comments 3856, Aug. 2004
- [9] J. Rosenberg, "A Session Initiation Protocol Event Package for Registrations", IETF Request for Comments 3680, Mar. 2004
- [10] CPU Usage Limiter for Linux, <http://sourceforge.net/projects/cpulimit/>
- [11] Linphone, <http://www.linphone.org/>
- [12] OLSR Multicast Forwarding Plugin, <http://sourceforge.net/projects/olsr-bmf/>
- [13] olsr.org, <http://www.olsr.org>
- [14] Ubuntu Linux, <http://www.ubuntu.org.tw>
- [15] WIRLAB Network Research Lab, "KPhone", <http://www.wirlab.org/kphone>



圖十二、跳躍點之信令延遲時間分析圖

其分析結果如圖十二所示，我們可以發現，雖然經過了兩個跳躍點，但是整體的邀請時間介於0.016至0.04之間，且平均為0.022秒，仍屬於品質優良之範圍。

4.3.4 隨意網路之語音延遲時間分析



圖十三、點對點語音延遲分析圖

圖十三為衡量語音之品質，因此針對點對點的RTP封包延遲時間進行量測。在這張實驗圖中我們可以發現，在隨意網路環境下，不經過任何跳躍點的情況下，語音封包的單向延遲時間是相當短的，平均為0.0005秒，而時間分佈介於0.0003秒到0.0056之間，能夠符合ITU-T組織制訂的G.711協定中[4]，屬於優等(excellent)的語音服務等級。

5. 結論與未來展望

5.1 結論

綜合以上，在本研究中，我們透過使用標準協定，整合使用者探索機制與所提出之虛擬SIP伺服器之念，達到可允許現有SIP UA相容，提供隨意網路功能之語音電話系統與按即說機制，此外，利用開放源代碼實現隨意網路之繞路機制，使得隨意網路內之節點得已相互溝通。並且透過實作與分析，證明使用虛擬SIP伺服器提供隨意網路語音服務，不論是延遲時間或是使用者方便使用種種方面，皆不亞於傳統語音，甚至有更好之效能表現。