

隨意型網路 Walkie-Talkie-Like 緊急通訊系統

連耀南

國立政治大學 資訊科學系

lien@cs.nccu.edu.tw

祁立誠

國立政治大學 資訊科學系

g9613@cs.nccu.edu.tw

邵育晟

國立政治大學 資訊科學系

g9601@cs.nccu.edu.tw

摘要—大型災難發生時，通訊系統常常癱瘓，影響救難救災效率。在現有其他應急系統的遠遠不敷使用之下，我們提出利用志願救災人員的行動電腦建構隨意型網路並運用 P2P 技術支援 VoIP 等通訊服務的設計—P2Pnet。本文介紹 P2Pnet 的一個次系統—Walkie-Talkie-Like 緊急通訊系統。本系統可以用極低成本快速的大量建構，可用以支援大型天然災害救難所需的緊急通訊之用。

關鍵詞—隨意型網路、P2P、緊急通訊、VoIP

一、簡介

大型災難發生時，必須儘快將陷入坍塌方土石或受損房舍中的人員於 72 小時內搶救出來，此即所謂的『黃金 72 小時搶救時間』。若無法在此時間內成功救出受困者，則生還機會極為渺茫。災區內倖存人員的維生亦是救災重要任務之一。可惜，很多大型災難發生時，通訊系統也隨之癱瘓，影響救災效率甚鉅。此外，通訊系統也影響到救難資源的管理分配。以 921 集集大地震為例，災難發生後的短時間內，所有交通、通訊以及資訊之蒐集，整合、與散佈均陷入極度混亂狀態，物資分配與實際需求嚴重脫節，某些地區物資過剩而某些地區極度匱乏，導致不必要的人命損失。

在[5]中，作者實際觀察 921 集集地震中，通訊系統癱瘓的原因及其對救災的影響。固網電話系統隨著道路橋樑與電纜系統毀損，完全癱瘓無法使用，而原以為比固網電話更能應付緊急情況的行動電話竟然同樣不堪一擊，無法

支援災區緊急應變之需，主要原因為：

- 基地台或機房遭強震摧毀。
- 基地台連接公眾網路或行動交換機(MSC)的固定網路線路損毀。(2009 年台灣的 88 水災中，此亦為行動通訊全面癱瘓之主因。)
- 機房因電力中斷且備用發電機因油料告罄，無法獲得補充而失去電源。
- 機房所需冷卻水供應中斷，因冷卻水塔遭強震震毀，或管線遭強震撕扯而破裂。
- 手機電池因電力中斷無法充電。
- 倖存之通訊系統因區外湧進之大量話務而擁塞癱瘓，無法應急。

在沒有行動通訊系統的支援下，救難工作只能靠原始的面對面方式進行溝通，無奈因地形阻隔，交通不便，效率極差，甚至同在一棟倒塌大樓兩邊之救難團隊都無法順暢的溝通。本研究提出一個解決方案 P2Pnet：利用志願救災人員的筆記型電腦建構成行動隨意網路(MANET)並利用 P2P 通訊技術以支援緊急通訊與資訊服務。本文介紹 P2Pnet 的一個次系統—Walkie-Talkie-Like 緊急通訊系統，在大型自然災害發生之初期，可快速大量的建構，提供緊急通訊之用。

二、各種解決方案之分析比較

由於災區內之基礎建設可能嚴重癱瘓，可以採用的緊急通訊方案非常有限。各家 GSM/3G 行動通訊營運商雖然多備有行動基地台，可在短時間內架設完成，提供緊急行動通訊服務。但基於成本考量，各家業者所擁有的行動基地

* 本研究接受國科會編號：NSC 97-2221-E-004-002-MY3 研究計畫經費補助

台數量太少，不足以應付類似 921 地震這種大規模災害所需。在 88 水災中，中國大陸支援多部具有衛星連線的行動基地台即造成矚目之新聞。此外，若遇到道路交通癱瘓時，也難以將此設備即時運送至災區，更慘的是，由於大量的臨時救災人員彼此之間互不認識，倉促之間未必能交換電話號碼，即使行動通訊系統正常運作，救災人員未必能順利運用。此外，市面上雖然有些商用或軍用的緊急行動通訊系統可供災區通訊使用，但此緊急行動通訊系統，造價昂貴，全國僅能提供數套備用，無法支援大規模災難之用。再者，此種系統之操作需要事先經過短期訓練，在緊急時無法臨時訓練足夠的操作人員，有再多的設備也是枉然。唯一能夠保持正常溝通功能，具有廣播功能，不受基礎設備癱瘓影響的通訊設備僅有傳統之無線對講機(Walkie-Talkie)，此系統具有下列優點：

- 體積小重量輕，可隨身攜帶。
- 電池充電後可長時間使用。
- 不需佈建任何線路即可使用。
- 只要頻率相同，電波所及範圍內即使不知道對方身份地點亦可通訊。
- 操作簡單，經過簡單學習即可輕易上手。

然而，Walkie-Talkie 在世界大部分地區並不普及，除了專業救災團隊擁有之外，臨時志願救災人員幾乎不可能普遍擁有。因此，為了支援大型災難中救災所需的緊急通訊，有必要發展一套能利用現有資訊設備，能在最短時間花費最少人力與經費之前提下，建構一套類似 Walkie-Talkie 般容易使用的緊急通訊系統。

論文[3,4]提出一個適用於大型災區救難的「自治式 P2P 隨意型群組通訊系統」(簡稱 P2Pnet)。P2Pnet 是利用 MANET 技術加上一些 P2P 網路技術所建構的一種 Mobile Intranet，專門用於支援臨時性無組織無伺服器無網路的特殊情況下的通訊服務之用。例如，嚴重自然災害地區之防災或緊急救難，行動學習，或戰場

通訊。

由於制式的救災設備無法在第一時間投入於所有受災區，災區內的志願及編制內救災人員在災變發生初期必須自力救濟，921 地震初期，幾乎全靠災區內倖存的志願人員及地區的軍警以無組織的方式投入救災，不但外援非常薄弱，救援行動也是一片兵荒馬亂。非常痛心的是，事隔多年後的 88 水災，同樣也因通訊問題而造成救災行動兵荒馬亂。在 921 地震之後，我們歷經多年的研究，提出一個可行性最高的解決方案，我們考量到筆記型電腦的普及性，志願救災人員可以利用帶有無線區域網路的筆記型電腦或智慧型手機以 Multi-hop Ad-Hoc Network 方式連接成一個 MANET (Mobile Ad Hoc Networks) 或 VANET (Vehicular Ad Hoc Networks)，然後在 MANET/VANET 上加上我們將研發的 P2P 相關網路技術建構成 P2Pnet，可以在沒有連接 Internet 沒有伺服器的情況下支援緊急的通訊與資訊運用，例如 VoIP，Push-to-Talk，Instant Message 等。

目前支援無線網路的數位行動裝置越來越普及，且所採用通訊協定皆統一為 802.11 系列(包含 802.11a/b/g/n 等)，隨著技術之進步，市面上越來越多的設備諸如 PDA，筆記型電腦，智慧型手機(smart phone, iPhone, Google Phone)等都包含此項功能。自 2008 年開始，低價省電的『網路筆記型電腦』(Netbook，小筆電)以驚人的速度成長，並且成功的開啟低收入地區的市場。隨著這股潮流，我們可以預期行動運算裝置將會越來越普及，成為世界各地區隨手可得的方便工具。此外，所有主流作業系統均支援 TCP/IP 之網路協定，這也使得們所提出的 P2Pnet 緊急通訊系統能在行動運算裝置普及的地區輕易的建置使用。

目前的筆記型電腦所配備的電池均能夠提供 2~8 小時的使用時間，且筆記型電腦廠商不斷推出各種節省電力的硬體技術(如固態硬碟，

LED 背光面板與低耗能處理器等)，以節省能源的消耗，延長電池的供電時間，我們預期未來更省電的筆記型電腦將會更為普及。雖然如此，P2Pnet 的各組成設備仍有充電的需求。雖然災害發生時電力傳輸系統經常也是不堪一擊，但在台灣，由於攤販與夜市的流行，便攜式小型發電機相當普及，而 P2Pnet 所需的電腦設備所消耗的電力，與救災所需的其他重型機具設備相較，微不足道，災區內僅存的油料（例如汽車油箱內之存油）足以應付筆電及手機之充電需求。

三、P2Pnet 系統

本節簡介 [3,4]中所提出的 P2Pnet 架構。

3.1 系統需求與環境限制

由於本系統運作於災區環境中，必然有其限制存在，最明顯的限制條件即：

- 對外通訊中斷，或極窄的頻寬。
- 大部分電腦配備有 WiFi 等級的無線區域網路，但沒有對外通訊能力。
- 組成的設備都是由臨時志願救災人員所提供，其硬體良莠不齊，系統軟體版本不一，且不宜隨意更動。
- 沒有伺服器可用，所有需要 Internet 伺服器的網路服務(例如 Skype, MSN)亦無法使用。
- 災區一片兵荒馬亂，大部分資訊設備的使用者無法從容的學習操作複雜的動作。

由於這些限制存在，本系統設計時必須滿足以下需求：

- 不需繁複的設定及學習即能操作資訊設備。
- 人機介面必須具備高度親和性。
- 系統必須具備高強固性與高相容性，不能因為操作不當而當機。
- 功能簡單，具備基本功能即可，不必強求高階功能。
- 品質要求可以稍低於平常使用之品質。
- 設計原則以簡單為主。

以上功能中，前三項的需求其實並不容易達成，因此系統設計時應盡量以簡單的功能及稍低的品質要求來換取系統的穩定性及方便

性。再者，由於不宜更動志願者提供的電腦系統，P2Pnet 必須盡可能不要更動系統軟體。

3.2 P2Pnet 系統架構

P2Pnet 是一種不需要伺服器，讓裝置之間彼此溝通的 MANET 點對點(peer-to-peer)通訊網路架構。群組中的某些節點可能具有衛星通訊等對外連線的設備，這些節點在網路中可承擔閘道器的任務，提供其他網路成員對外通訊，存取 Internet 的能力。基於系統需求，絕大多數的功能都由應用層實現，底層的系統設計並未大幅度的變更，本系統將能與大多數的電腦設備相容。

3.2.1 P2Pnet 網路分層

P2Pnet 依照傳統網路分層的概念，在網路層與傳輸層之間加入一個名為「網路服務層」的中介層，以完成 P2Pnet 所需功能。其網路架構如圖 1 所示：

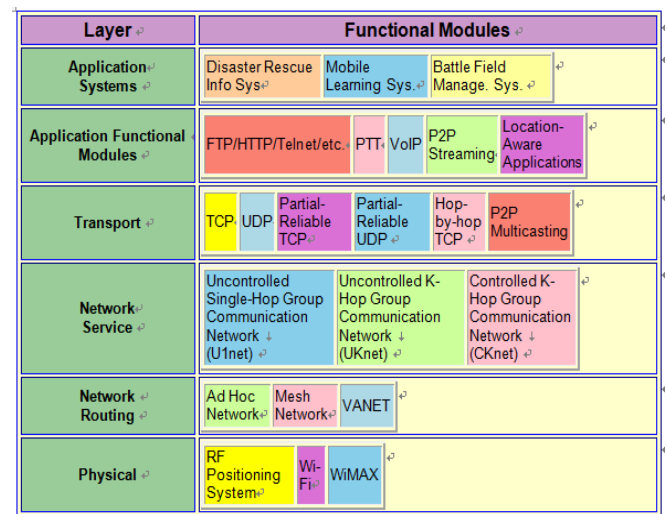


圖 1：P2Pnet 網路層次架構

3.2.2 實體層與網路層

在實體層與網路層中，P2Pnet 將會試圖利用所有可運用的資源，包含 WiMAX，Mesh Network 與 VANET 等。在過去的經驗中，災害發生後，道路可能嚴重壅塞，若能利用車上人員所有的電腦設備加入 P2Pnet，即可提供彼此之間的通訊聯絡之用。車上的電腦設備因可獲得穩定的電力供應，可以作為 P2Pnet 的骨幹節

點。此外，機會網路(opportunistic network)的技術可將各個獨立的 P2Pnet 整合成為一個互通的網路，雖然 VoIP 這種即時性服務不能藉由機會網路橫跨不同的 P2Pnet 網路，但非即時性的服務則不受此限。

3.2.3 網路服務層 (Network Service Layer)

當 Internet 連線中斷時，VoIP 與網路即時通訊軟體等需要存取伺服器的網路服務也隨之失效，必須針對此種情況重新設計。為了減少重新設計的成本，P2Pnet 加入了一個稱為「網路服務層」的中介層，使得應用層的網路服務程式可以不需大幅更動。在此中介層中，有三種運作模式，分述如下：

a.U1net (Uncontrolled Single-Hop Group Communication Network)

在此種模式下，網路節點之間可以將封包廣播到其緊鄰的節點，各節點不需提供轉送與資料安全機制。此模式可以在最短時間內以最便捷的方式建立可用的通訊管道，以提供災區作為初期的緊急通訊之用。

b.UKnet (Uncontrolled K-Hop Group Communication Network)

本模式是 U1net 的延伸，各節點可將收到的封包轉送其鄰近節點，但轉送範圍在 K-hop 之內。本模式可以提供更遠距離的廣播式通訊，但仍然不提供資料加密與認證機制，可以提供災害發生之初期使用，其複雜度比 U1net 稍高，但仍然不難佈署。

c.CKnet (Controlled K-Hop Group Communication Network)

本模式是 UKnet 的延伸，可提供定址與認證等功能，因此可以提供一對一的通訊。本系統之最終目標是要能夠在沒有伺服器的網路環境中，建構一整套完整的網路服務架構，支援諸如 VoIP，即時影音通訊等進階的網路服務。CKnet 需要比較健全的行政組織及技術人力之支援，必須等到災變之後期，初步的救難組織成型之後，才能佈署。

3.3 系統建置方式與部署

災害通常都在轉眼之間發生，吞噬一切設備與資源。第一線的救災人員在第一時間並沒有運作順暢的組織與時間建立完整的 P2Pnet，此時首要任務就是建立一套最簡單的 U1net 通訊網路，以提供基本的對話通訊機能。而進一步可提供更多網路服務的 UKnet 與 CKnet 通訊架構則需要等到更多的組織以及更充裕的時間才有機會架構完成。

四、U1net 系統設計

我們已完成了 U1net 之雛形系統以及一個次系統—Walkie-Talkie-Like 緊急通訊系統。為了跨平台運作的需求，本系統採用 JAVA 撰寫，共分為五大模組：(a) P2P 連線管理、(b) 聲音擷取編碼、(c) 封包傳送、(d) 封包接收、(e) 混音與播放。這些模組各自以不同執行緒獨立運作，且彼此透過參數互相交換資料。其功能與流程說明如後文。

4.1 P2P 連線管理

本系統使用 JXTA[7] 點對點網路平台(peer-to-peer network platform) 以方便連線管理。JXTA 技術能夠容許網路上各種不同的通訊協定與裝置，以一致的方式進行 P2P 資料交換與存取。在 JXTA 的概念中，每個使用者端都是一個『點』，眾多點之間會建立一個虛擬網路(virtual network)，使得點與點之間可以直接存取彼此的資源，且不受防火牆，轉址協定(NAT)等限制。在 JXTA 的概念中，Peer 是裝置中最基本的連線單位，每個 Peer 可以透過數個 Endpoint(端點)與 Pipe 連接，進而連接至 Peer Group。具有相同名稱與 Advertisement 的 Peer 會被歸類為同一個 Peer Group，彼此之間可透過 Endpoint 自由的交換傳輸資料。在本系統中，每一個使用者端的程式都配有一個連線管理器，負責管理該使用者的 Endpoint。如圖 2，當程式開始傳送與接收封包之前，須向連線管理器取得連接至 Peer Group 的專屬 Socket，並發出 Advertisement，以加入該廣播群組。

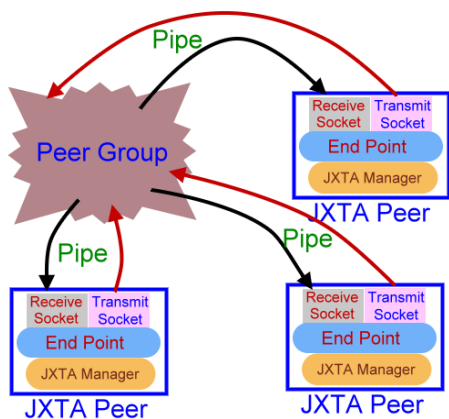


圖 2：JXTA 廣播群組架構

廣播通訊功能之實現，是由使用者程式由一個傳送端 Peer 發送訊息到其他所有 Peer，其他 Peer 由特定的網路埠接收訊息。由於考慮到災區網路建立初期，IP 位址無法即時配發給所有執行 Ulnet 的電腦，因此在實作時，我們採用 Class D 的 IP 位址作為廣播封包的接收地址。因此，此程式所發送的封包將無法穿過某些防火牆或 NAT 轉址系統。不過在災區的應用上，不應存在此種問題。

4.2 聲音擷取與編碼

進入麥克風的聲音首先經過 AD 轉換成 PCM 串流資料，接著切割成 30ms/480bytes 的訊框 (frame)，再用 iLBC [6] 編碼壓縮成 50 bytes 的資料訊框，各項參數如表 1 所示。

表 1：聲音取樣與壓縮格式

Sampling Frequency	8000 Hz
Sample Size	16 bits
PCM Bandwidth	128kbps
Input PCM frame Size	30ms/480 bytes
Output iLBC frame Size	50 bytes
Output Bandwidth	13.33 kbps
Compression Ratio	10.42%

iLBC 能有效節省頻寬，對於封包遺失的承受能力也較強[6]，但在延遲時間上，則必須付出編碼與解碼各為一個訊框的代價，使得總延遲時間增加兩個訊框的時間。聲音擷取架構如圖 3 所示。

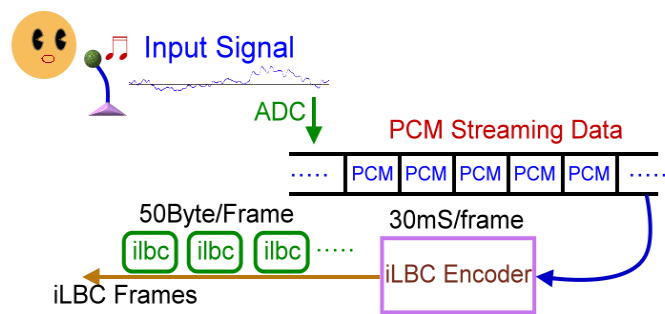


圖 3：聲音擷取與編碼

4.3 封包傳送與接收

經過編碼器壓縮後的 iLBC 訊框，加上 IP header 與 UDP header，封裝成 UDP 封包，才送出到網路上。封包的傳送由一個獨立的執行緒 (thread) 負責進行，此執行緒將來自編碼器的輸出資料包裝成封包，透過連線管理器開啟的傳送 Socket，將此封包廣播至 Peer Group 中。

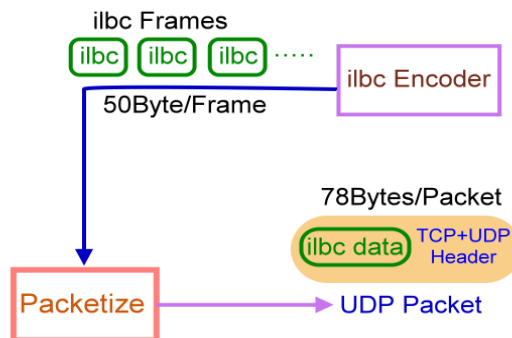


圖 4：封包編碼與封裝

另一個封包接收執行緒會不斷監控 Endpoint 上的接收 Socket，接收來自 Peer Group 內的廣播封包。

4.4 混音與播放

為了支援多人同時說話，每個收聽端必須將來自所有傳送端的聲音經過混合後再進行播放。聲音播放器先將每個各別的 iLBC 訊框解碼成為 PCM 串流資料，再將 PCM 的資料疊加，以取得混音後的聲音訊號，最後送入 Dejitter Buffer 等待播放，以降低 jitter。整個聲音混音播放過程如圖 5 所示。

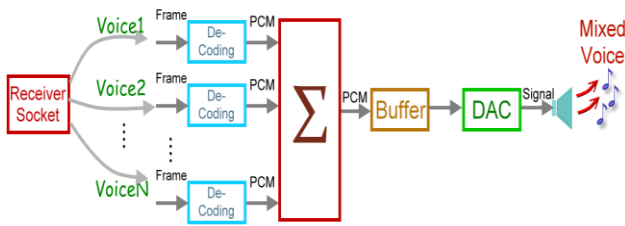


圖 5：混音與播放

五、實驗

本系統完成後，在與政大外語中心合作進行的行動學習實驗中實際測試其可用性[2]，並以政大行動計算實驗室的設備及環境評估其效能。雖然我們不能創造一個災區環境進行測試，但在本實驗環境下所測得的結果仍具有參考價值。關於行動學習實驗中的可用性測試相關資訊記載於[2]。本文僅就效能實驗提出報告。

5.1 效能評估實驗環境

我們使用四部配備 P4 以上 CPU 與至少 512MB 系統記憶體筆記型電腦互相連線，在無障礙物的環境與不同的距離下進行實驗。電腦之間採用 Ad-Hoc 點對點模式連線，每一部電腦設定相同的 SSID 與無線頻道，且 IP 位址都設定在相同的子網路(SubNet)之下。每次測試時，執行程式傳送 200 個訊框語音資料。本實驗的環境與參數設定如表 2 所列。

表 2：實驗參數

軟體平台	WindowsXP 32bits/JVM1.6
網路卡	筆記型電腦內建 (802.11g)
連線模式	點對點(Ad-Hoc)
距離	1~24 公尺/無障礙物
連線品質	11Mbps 以上
Dejitter Buffer 長度	30ms (1 個訊框)

評估指標為封包遺失率，亂序封包機率 (Unordered Packet Rate)，jitter，以及包含編碼/解碼與 Dejitter Buffer 暫存時間的 PCM-to-PCM 延遲時間。

5.2 延遲時間與 Jitter

當兩部電腦之間距離在 1 公尺之內時，平均延遲時間為 155 ms，最大為 344 ms。隨著電腦之間距離增加，延遲時間也逐漸增加。從表 3 與圖 6 中可以看出，在距離 12 公尺之間時，平均延遲時間還在一般 VoIP 能夠容忍的 300~400 ms 之內，但當距離增加至 18 公尺時，延遲時間會迅速的增加至 1000 ms 上下，使得雙向全雙工 (Full-Duplex) 通話模式難以進行。

表 3：不同距離下之平均與最大延遲時間

距離 (公尺)	1	6	12	18	24
平均延遲時間 (ms)	155	279	386	923	1018
最大延遲時間 (ms)	344	454	704	1069	1262

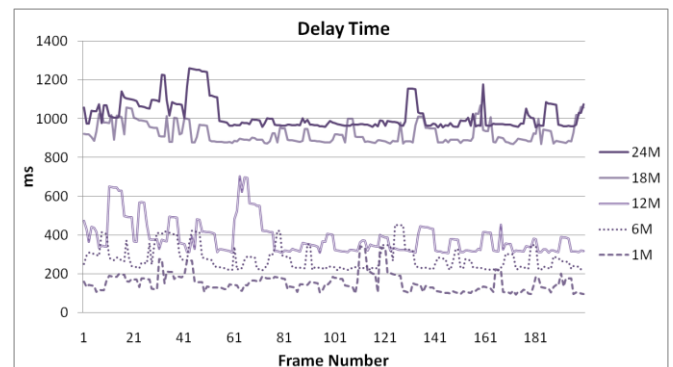


圖 6：延遲時間與距離之關係

Jitter 的計算方式如算式(1)，其中 $J(i)$ 為第 i 個封包之 Jitter，而 $D(j,i)$ 為第 j 與第 i 個封包的延遲時間相差值。

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

如圖 7 所示，Jitter 的變動情形與距離遠近並沒有明顯的關聯。其原因可能是由於無線頻道的競爭是隨機性的，故每個封包等待的時間都是隨機的，且訊號品質與即時的環境狀況有關，故 Jitter 呈現隨機的變動情形。

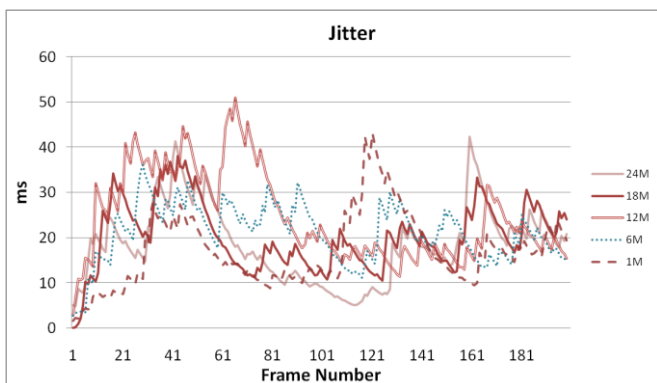


圖 7： Jitter 與距離之關係

5.3 封包遺失率與亂序機率

由於本系統傳輸層採用 UDP 協定，並不能確保封包必然到達以及其到達順序。在不同距離下分別進行 3 次傳輸，得到的平均封包遺失率如表 4 所列。從結果可看出，封包遺失率與距離並沒有絕對關聯性，但總體而言，在實驗中，最大的平均遺失率均在 10% 以下。

表 4：不同距離下的封包平均遺失率

距離 (公尺)	1	6	12	18	24
平均遺失率(%)	8.5	3.5	9	3.5	6

為了避免 Dejitter Buffer 造成延遲過長，故限制 Buffer 長度為一個訊框，因此僅能容忍一個訊框的亂序。若封包逾時超過 30ms，即使稍後正常到達，仍然為無效資料。如表 5 所示，亂序機率隨著距離增加而逐漸提高。

表 5：不同距離下的封包亂序機率

距離 (公尺)	1	6	12	18	24
封包亂序機率(%)	5.0	7.0	8.5	11.5	15

距離越遠，封包遺失率雖不會直接提高，但由於延遲時間增加，導致亂序封包大多因遲到而失效。總體而言，距離越遠，有效封包到達率越低。

5.4 連線穩定與通話品質

在 Ad Hoc Mode 下電腦之間的點對點連線相當穩定，一旦成功建立連線，即使相距達 30 公尺仍可保持連線。不過電力消耗比基礎模式 (Infrastructure Mode) 高出許多。

當距離在 10 公尺內時，延遲時間與聲音品質都相當理想，MOS (Mean Opinion Score) 可高達 4 以上。當距離達到 15 公尺左右時，MOS 會突然下降至 2~3，而距離更遠時，就會惡化到難以溝通。除此之外，語音品質高度依賴無線網路硬體的品質：在我們的實驗中，外接式無線網路卡的性能遠高於筆電內建的無線網路。我們預期未來筆電內建的無線網路將會隨著電子技術的進步而有更高的品質。

由於全雙工的雙向語音對談對於延遲時間的要求較嚴，實驗顯示本系統目前只能在短距離內使用雙向語音對談，超出 12 公尺則只能支援半雙工 (Half-Duplex) 的 Push-to-Talk 通訊模式。此因我們不能任意更動志願者提供的電腦的系統程式，導致效能受限。解決之道乃開發系統層版本，並在使用時徵求志願者之同意建置於系統內，提高本系統之效能。

此外，無線區域網路受限於 ISM 頻段的法規制約，通訊距離受限，未來有必要實現 UKnet，以轉送的方式延伸通訊範圍。

5.5 回音問題

當麥克風與喇叭距離太近或喇叭音量太大時，可能會由麥克風收回喇叭播放的聲音而造成回音 (Echo)。不過此問題在目前許多內建麥克風與喇叭的筆電中，已加入專用的回音消除電路，能有效的去除此種回音。

但在我們的實驗中發現，當兩部電腦距離太近時，可能會發生一種特殊的回音問題，我們將它稱之為『Proximity Problem』。如圖 8 所示，當兩部電腦太接近時，使用者的聲音（假設只有一個人說話）及兩部電腦的喇叭聲音，

同時被兩部電腦的麥克風收回。此時兩部電腦的喇叭將會同時放出包含發話者以及不斷重複的回音，如此混亂的聲音將再次被雙方的麥克風收到，此現象無限循環下去，造成雪崩效應發出尖銳的刺耳噪音。

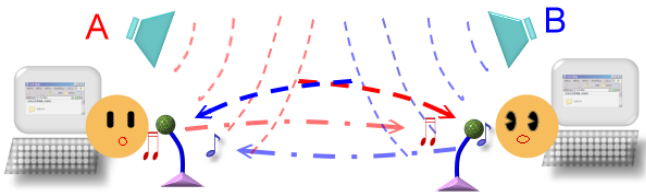


圖 8：Proximity Problem 現象

這種 Proximity Problem 在一般的 VoIP 系統中因為使用者通常相距較遠而不常發生。然而本系統的預期使用環境為大型災害的搶救現場，使用者將會在小區域之內不斷移動，彼此之間的距離也是完全隨機，難以預測，無法避免 Proximity Problem 現象的發生，將造成很大的困擾。針對此問題，我們設計了一套使用語音動態偵測 (Voice-Activity-Detection, VAD) 機制的抑制回音方法，可以有效的解決 Proximity Problem 所帶來的問題[1]，其細節不在本文的討論範圍內，未來將另文討論。

六、結論

在許多大型災難中，行動通訊系統多半不堪一擊，嚴重影響救災效率，導致災情雪上加霜。在沒有其他解決方案之下，本研究設計了一套以志願救災人員自備的筆記型電腦架構成以 MANET 為基礎的 P2Pnet 通訊系統，我們設計的雛形系統包含網路服務層中的 Ulnet，以及手持對講機 (Walkie-Talkie) 的通話功能。本系統能於大型災難發生後的數小時內，迅速的讓受災人員與救難人員以手邊現有的電腦設備建構簡單的 P2Pnet 進行短距離群組通訊，提高救災效率。

本系統以 JAVA 語言撰寫，而且盡量不更動

系統程式，因此具有極高的跨平台相容性。我們樂見未來能有更多研究者投入相關研究，以提供廉價且容易操作的災區通訊系統，協助提高救災效率。本系統曾在一個行動學習系統中被實際使用，證實其可用性。

七、參考文獻

- [1] 祈立誠，“大型網路語音會談中回音消除方法”，政治大學資訊科學系碩士論文，2009。
- [2] Pei-Chun Che, Han-Yi Lin, Hung-Chin Jang, Yao-Nan Lien and Tzu-Chieh Tsai, "A Study of English Mobile Learning Applications at National Chengchi University," *International Journal of Distance Education Technology*, vol. 7, no. 4, Oct.-Dec. 2009, pp. 38-60.
- [3] Yao-Nan Lien, Hung-Chin Jang and Tzu-Chieh Tsai, "Design of P2Pnet: An Autonomous P2P Ad-Hoc Group Communication System", Proc. of The First International Workshop on Mobile Peer-to-Peer Information Services, May 18-21, 2009.
- [4] Yao-Nan Lien, Hung-Chin Jang and Tzu-Chieh Tsai, "A MANET Based Emergency Communication and Information System for Catastrophic Natural Disasters ", Proc. of IEEE Second International Workshop on Specialized Ad Hoc Networks and Systems, June 26, 2009.
- [5] Yao-Nan Lien, Tzu-Chieh Tsai and Hung-Chin Jang, "A Mobile Information Management System for Disastrous Earthquake Emergency", Proc. of the 6th Workshop on Mobile Computing, March 2000, pp. 151-154.
- [6] IETF RFC 3951, "Internet Low Bit Rate Codec (iLBC)", Dec 2004.
- [7] <https://jxta.dev.java.net/>, Retrieved July 09, 2009.