

■ GPRS 上的網路傳輸效能測試

Performance Evaluation over GPRS Networks

陳明志、陳建同、李宗勳、連耀南
國立政治大學資訊科學系
臺北市文山區指南路二段 64 號
g9004, g9015, g9026, lien@cs.nccu.edu.tw

摘要

第三代行動通訊網路將架構於 All-IP 網路上，語音、視訊等對於延遲時間要求嚴格的服務都將以封包形式傳遞於 All-IP 網路上，為了瞭解此類具時效性的服務在封包網路上的效能，我們在 GPRS 網路上測試封包的傳輸延遲時間，以及其他相關的效能。實驗結果顯示，目前 GPRS 網路因為延遲時間太長且不穩定，無法提供時效性的服務，封包網路若要提供時效性的服務仍有很大的改進空間。本文另提供行動資訊使用者於使用 GPRS 網路時的經驗，作為改進 GPRS 網路的參考。

關鍵詞 GPRS、服務品質

1. 緣起

我國自從民國八十六年開放行動電話業務民營化後，多家業者相繼投入市場，促進行動電話服務蓬勃發展，已逐漸成為人們生活中不可或缺的一項通訊設備。能隨時隨地的使用電話服務與人溝通是行動電話最大的優點。隨著網際網路的快速成長，原本利用 circuit switching 技術下的行動電話系統，也被要求能夠傳送封包資料(Packet)，General Packet Radio Service(GPRS)[4]即為在此需求刺激下所提出的架構，其目的是在第二代行動電話系統(GSM)上，提供高速的封包轉送服務。GPRS 可以提供高達 171.2K bps 的封包傳輸速度。未來，數據和電信網路會朝單一的 All-IP 網路方向發展，所有的資訊包括語音服務都將被轉換成一個個封包在 IP 網路上傳送。All-IP 網路必須承載電話與視訊等時效性的服務，為了解此類具時效性服務在封包網路上的效能，我們藉由測試語音封包在 GPRS 網路上的效能，來評估時效性

本文係國科會研究計劃成果
(計劃編號：NSC 90-2213-E-004-009)

服務在 All-IP 網路上的可行性和效能。本文接下來將會介紹 GPRS 的系統架構，國內 GPRS 的服務及 All-IP 網路，其次報告我們的測試方法及結果。

2. GPRS 及 ALL-IP 網路簡介

由於 Internet 和 WWW 的盛行，各種方便的服務都可在網上取得，因此傳送封包資料的能力，成了現在推動電信業進步的主要驅動力量，而 GPRS 即是在 GSM 的網路上提供封包交換的服務，其資料傳輸的速率理論上可達 171.2K/bits[3]，且只需小幅度的修改，傳統的 GSM 網路即可支援 GPRS 的服務，可以減少系統建置的成本；GPRS 採永久連線方式(Always-online)並以傳送之封包量計價，對於消費者之吸引力較大。

目前 GPRS 的標準是由 European Telecommunication Standard Institute(ETSI) [1], [2] 轄下之委員會負責維護，此委員會將 GPRS 標準分兩階段制定，第一階段制定在 GSM 上提供封包交換能力的標準，已於 2000 年完成，第二階段的標準尚未定案，現在世界各國已經漸漸開始部署第三代行動通訊網路，而 GPRS 可以作為第二代和第三代行動通訊網路的過渡技術。

2.1 GPRS 系統架構

圖一為 ETSI Spec 中制定的架構圖[3]：

- 終端設備(Terminal Equipment, TE)：即一般的手機，須增加封包轉送模組，以提供接取 GPRS 網路之能力。終端設備又分為 A, B, C 三種 Class，以語音與數據雙工能力區分 Class。

GPRS 上的網路傳輸效能測試

Performance Evaluation over GPRS Networks

陳明志、陳建同、李宗勳、連耀南

國立政治大學資訊科學系

臺北市文山區指南路二段 64 號

g9004, g9015, g9026, lien@cs.nccu.edu.tw

摘要

第三代行動通訊網路將架構於 All-IP 網路上，語音、視訊等對於延遲時間要求嚴格的服務都將以封包形式傳遞於 All-IP 網路上，為了瞭解此類具時效性的服務在封包網路上的效能，我們在 GPRS 網路上測試封包的傳輸延遲時間，以及其他相關的效能。實驗結果顯示，目前 GPRS 網路因為延遲時間太長且不穩定，無法提供時效性的服務，封包網路若要提供時效性的服務仍有很大的改進空間。本文另提供行動資訊使用者於使用 GPRS 網路時的經驗，作為改進 GPRS 網路的參考。

關鍵詞：GPRS、服務品質

1. 緣起

我國自從民國八十六年開放行動電話業務民營化後，多家業者相繼投入市場，促進行動電話服務蓬勃發展，已逐漸成為人們生活中不可或缺的一項通訊設備。能隨時隨地的使用電話服務與人溝通是行動電話最大的優點。隨著網際網路的快速成長，原本利用 circuit switching 技術下的行動電話系統，也被要求能夠傳送封包資料(Packet)，General Packet Radio Service(GPRS)[4]即為在此需求刺激下所提出的架構，其目的是在第二代行動電話系統(GSM)上，提供高速的封包轉送服務。GPRS 可以提供高達 171.2K bps 的封包傳輸速度。未來，數據和電信網路會朝單一的 All-IP 網路方向發展，所有的資訊包括語音服務都將被轉換成一個個封包在 IP 網路上傳送。All-IP 網路必須承載電話與視訊等時效性的服務，為了解此類具時效性服務在封包網路上的效能，我們藉由測試語音封包在 GPRS 網路上的效能，來評估時效性

本文係國科會研究計劃成果
(計劃編號：NSC 90-2213-E-004-009)

服務在 All-IP 網路上的可行性和效能。本文接下來將會介紹 GPRS 的系統架構，國內 GPRS 的服務及 All-IP 網路，其次報告我們的測試方法及結果。

2. GPRS 及 ALL-IP 網路簡介

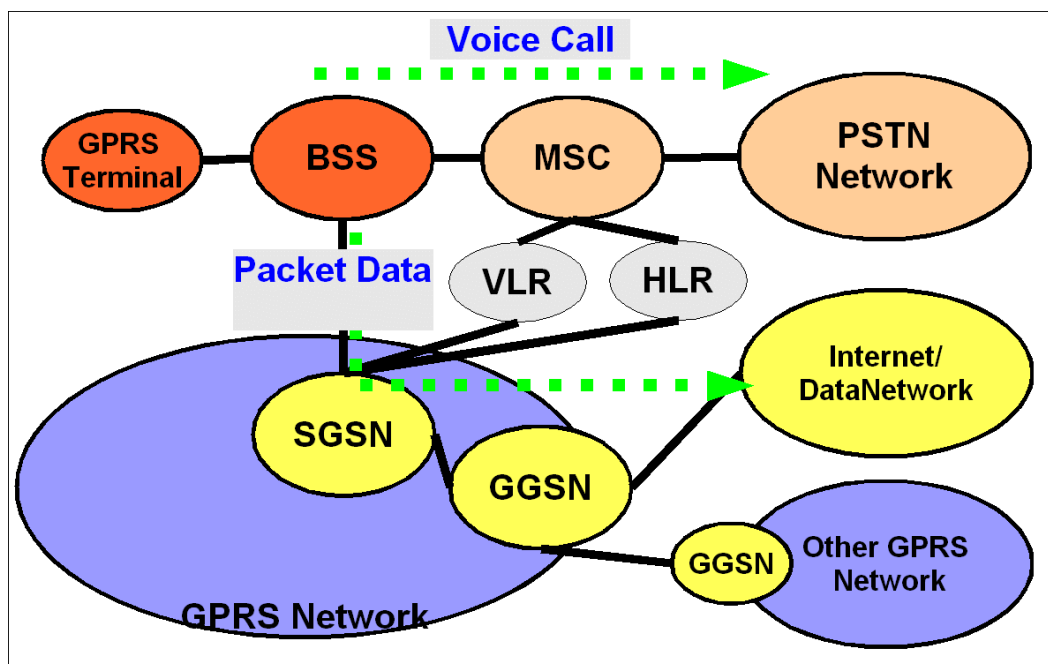
由於 Internet 和 WWW 的盛行，各種方便的服務都可在網上取得，因此傳送封包資料的能力，成了現在推動電信業進步的主要驅動力，而 GPRS 即是在 GSM 的網路上提供封包交換的服務，其資料傳輸的速率理論上可達 171.2K/bits[3]，且只需小幅度的修改，傳統的 GSM 網路即可支援 GPRS 的服務，可以減少系統建置的成本；GPRS 採永久連線方式(Always-online)並以傳送之封包量計價，對於消費者之吸引力較大。

目前 GPRS 的標準是由 European Telecommunication Standard Institute(ETSI) [1], [2] 轄下之委員會負責維護，此委員會將 GPRS 標準分兩階段制定，第一階段制定在 GSM 上提供封包交換能力的標準，已於 2000 年完成，第二階段的標準尚未定案，現在世界各國已經漸漸開始部署第三代行動通訊網路，而 GPRS 可以作為第二代和第三代行動通訊網路的過渡技術。

2.1 GPRS 系統架構

圖一為 ETSI Spec 中制定的架構圖[3]：

- 終端設備(Terminal Equipment, TE)：即一般的手機，須增加封包轉送模組，以提供接取 GPRS 網路之能力。終端設備又分為 A, B, C 三種 Class，以語音與數據雙工能力區分 Class。



圖一、GPRS 系統架構圖。

- 基地台(Base Station System, BSS)：基地台的軟體必須升級，硬體部分需要增加一個封包控制單元(Packet Data Unit)，其主要功能在於將手機送出的封包資料傳到 SGSN。如此，送到基地台的訊號被分為兩類處理，傳統的語音訊號被轉送到行動交換中心(MSC)處理，封包資料則透過 Gn 介面轉送給 SGSN 處理。
- 核心網路(Core Network)：增加兩個節點，一為 SGSN(Serving GPRS Support Node)，另一為 GGSN(Gateway GSN Support Node)，SGSN 可視為封包轉送的行動數據交換中心，負責將封交轉送至其他 SGSN 或 GGSN，而 GGSN 則是行動網路之對外窗口，所有網內的封包皆經由 GGSN 傳送到外部網路。因此，整個 GPRS 核心網路是一個以 IP 為基礎的封包網路。
- 資料庫：傳統 GSM 中的 Home Location Register(HLR)和 Visitor Location Register(VLR)，必須更新軟體以支援 GPRS 和其所引進的新功能。
- GPRS Tunnel Protocol(GTP)：所有支援 GPRS 的節點都可以利用 GTP 協定將下層的封包包裝，在 GPRS 的網路中傳送，如兩個行動電話業者的網路即可透過 GTP 來轉送彼此的封包，如此可以簡化傳送的程序，也可確保骨幹網路的安全。
- MAC Protocol：此協定負責邏輯頻道的劃分，讓各個行動台(MS)可以獲得所需要的資源，利用 GPRS 中的 MAC 協定，一個行動台一次可以使用多個 Time Slot，也可以讓多個行動台使用一個 Time Slot 溝通。
- Radio Link Control(RLC)：此層的協定負責將從下層(LLC)傳上來的封包在不同的行動台和基地台中傳送。
- GSM RF：最底層的無線電頻道部分是和 GSM 採用相同的介面。

而 GPRS 中幾個較為重要的通訊協定簡介如下[1],[2],[5]：

既然 GPRS 沿用 GSM 大部分的架構，所以仍然採用 TDMA/FDMA 技術劃分頻道，即上傳與下傳頻道各佔 200kHz 頻寬，此 200kHz 在時間軸上每 4.615ms 切割成一個個訊框(Frame)，每個訊框細分為八個時槽(Time Slot)，在傳送語音時，通常每一個 Call 會佔住每一個訊框的某一個 Time Slot，而在 GPRS 中，

可同時使用多個 Time Slot 傳送資料，用來傳送封包資料的 Time Slot 稱為 Packet Data Channel (PDCH)，由於編碼方式的差異，一個 GPRS 頻道的傳輸速率會從 8kbps 到 20kbps 不等。市面上所銷售的手機也是以 Class 區分其 GPRS 的速度，Class 4 的手機使用一個上傳時槽和三個下傳時槽，若一個時槽之速度為 13.4kbps，此手機之上傳速率即為 13.4kbps，下傳速率為 40.2kbps。

2.2、國內 GPRS 的市場現狀

目前國內支援 GPRS 服務的系統業者共有中華電信、和信電信、遠傳電信及東信電訊等四家，其中中華電信及和信電信都是在去年(2002)就開始提供 GPRS 的服務，當時 GPRS 的服務並不普及，且市場上具有 GPRS 功能的手機並不多，因此並未吸引大量客戶。

在使用費率方面，目前業者都採用「以量計價」的方式，亦即依據實際傳送的數據封包量計價，而非依據時間計算，這是透過傳統 circuit switching 方式所無法達到的。

2.3、All-IP Network

面對通訊與資訊科技的大幅進步、網際網路的蓬勃發展、以及電信自由化帶來的激烈競爭，通訊網路正在進行一個巨大的變革，要將原有分離的 circuit switching 與 packet switching 網路整合成一個單一的全 IP 網路以承載所有網路應用服務。此種整合型 All-IP 網路將以一個單一傳輸平台提供固定網路及行動網路上之所有服務，包括語音、多媒體、資料等各類服務。推動此種趨勢的主要因素如下：

- 電信自由化的浪潮，刺激網路的大量建設、新技術的加速引進、與新服務的提供。
- 光纖技術的進步，使得以 DWDM 技術為基礎的高容量光纖可輕易的取代銅線網路，長途頻寬的供應大幅增加，價格降低。
- 近年來網際網路的蓬勃發展，刺激大量多媒體網路資訊的流通，使得頻寬需求大幅增加，網路的應用多樣化，對品質的要求亦隨之複雜化。

- 網際網路在全球蓬勃發展，間接使得 IP 技術變成全球網路的共同標準。
- VoIP 技術的發展，使得 packet switching 網路可以支援語音與即時影像的服務。

雖然 All-IP 網路比傳統分離式網路有更多的優點，但 All-IP 網路受限於 packet switching 原有的特性，有三大品質問題有待克服：較長的傳輸延遲(long delay time), 封包遺失(packet loss), 及抖動(jitter)。而 GPRS 作為傳統 GSM 和未來行動通訊網路的過渡技術，可視為未來 All-IP 網路的雛形，因此本文旨在探討 GPRS 網路是否能提供具時效性的服務，可以作為未來部署 All-IP 第三代行動通訊網路的參考。

3、GPRS 品質特性測試

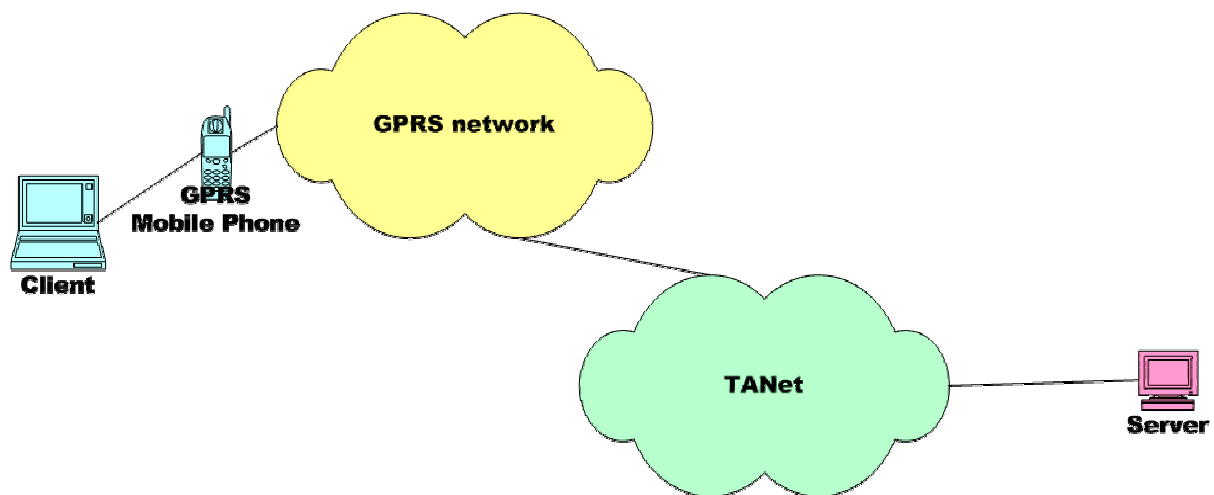
本研究的目的是在於觀察具時效性服務在 GPRS 網路下的品質表現。我們以 Java 程式模擬 VoIP 產生封包透過 GPRS 網路傳送，並測量其來回傳輸延遲時間。藉由測試所得結果來評估 GPRS 網路是否能承載時效性服務以及收集 GPRS 網路的使用經驗。

3.1、測試設計

在本研究中，我們測試三種參數對於 GPRS 網路效能的影響，分別為(1)移動速度、(2)單位時間傳輸量、(3)封包長度，所觀察的效能指標是平均延遲時間、封包遺失率與抖動。

• 移動速度之影響

我們將測試的環境分成定點測試與行動測試(如表一)，行動測試又再細分成在大眾捷運系統、高速公路與台鐵西部幹線三種不同交通環境上進行。就以上四種測試環境，探討行進速度對於 GPRS 服務品質的影響與行動中使用之實際情況。



圖二、測量架構圖。

表一、測試環境與行進速度

測試環境	行進速度
定點(政治大學校園)	0km/h
高速公路延路	70~90km/h
台鐵西部幹線	130~150km/h
大眾捷運(木柵線)	N/A

• 單位時間封包傳輸量之影響

固定封包大小，變動封包傳送間隔時間，以觀察單位時間傳輸量對於傳輸品質的影響。

• 封包長度的影響

固定封包傳送間隔時間，變動封包大小，以觀察封包大小對於傳輸品質的影響。

此外，並從行動資訊使用者之觀點收集以 GPRS 服務行動上網之使用經驗。

3.2、測試環境與測試過程

本測試以 client-server 傳輸方式，當作測量的基本架構(如圖二)，由 client 送出封包給 server，server 收到封包後，立即回傳給 client。client 端的設備以筆記型電腦透過 RS-232 介面連接 GPRS 手機，以撥接上網連接 GPRS 網路，連上 Internet。而 server 端採用 Windows 平台與 UNIX 平台，除必要之系統程式之外，兩部 server 都沒有執行其他程式。根據我們針對不同平台重複測試的結果發現封包進出 server 與進出 client 所形成的時間約 1-5ms，遠小於封包在網路上傳輸所形成的延遲時間，因其微不足道，並未自測得的延遲時間

中刻意扣除。

測試的方式分為定點測試及行動測試。如前所述，行動測試的環境包括大眾捷運系統、火車以及高速公路客運。捷運的車速較不固定，時快時慢；高速公路客運的速度大約維持在 80 到 90km/h；火車車速由台鐵網站上得知為 130km/h 左右。

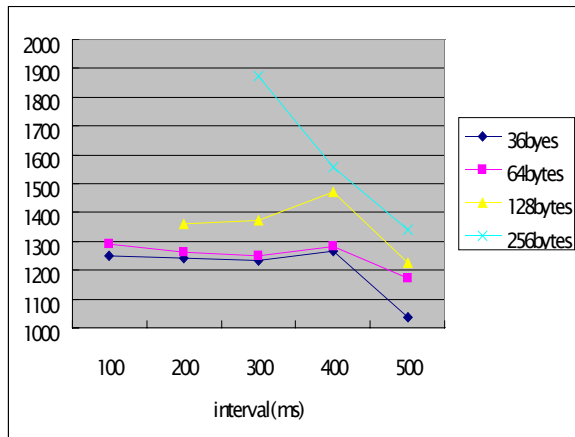
在系統業者方面，我們採用兩家業者所提供的 GPRS 服務，其系統能力皆宣稱可達到最高的傳輸速度。在手機方面，我們則採用某廠牌的两型手機作測試工具，其傳輸能力分別為一上二下和一上三下。

Client 程式根據封包 payload 大小、封包個數以及每個封包的傳送間隔時間等參數產生 UDP 封包，透過 GPRS 手機送出後，等待封包由 server 送回，並統計各個封包之傳輸延遲時間，以及封包遺失率。

4. 實驗結果與討論

4.1 定點測試

定點測試以兩種方式觀察結果，在第一種觀察方式為固定封包大小，調整封包間隔以改變 data rate，藉以觀察 data rate 對於平均延遲時間之影響；第二種觀察方式為固定封包間隔，調整封包大小，觀察封包大小對於平均延遲時間之影響。測試結果顯示在表二及圖三、四、五。

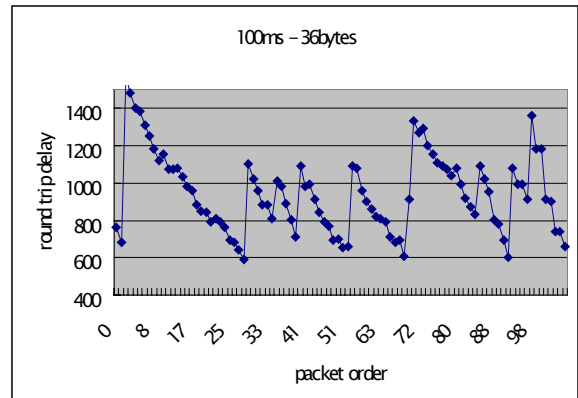


圖三、傳送間隔時間與平均傳輸時間之關係。

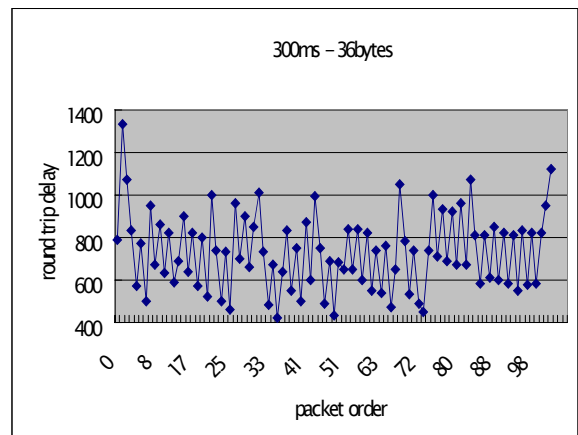
表二、定點測試結果：平均封包來回傳輸時間 (ms)

間隔時間 \ 封包長度	36bytes	64bytes	128bytes	256bytes
100ms	1251	1291	3048	7347
200ms	1243	1262	1361	3519
300ms	1235	1252	1373	1875
400ms	1265	1283	1473	1559
500ms	1037	1173	1224	1341

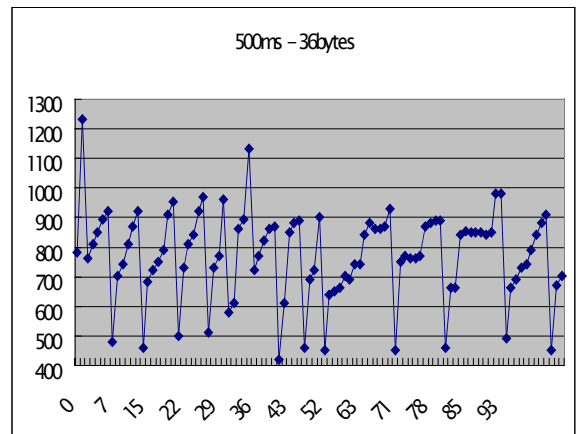
我們嘗試以每 30ms 送出一個 payload 大小為 36bytes 之 UDP 封包來模擬 VoIP，藉此觀察 VoIP 在 GPRS 網路上的效能。但是各家 GPRS 服務在封包間隔小於 100ms 時均無法穩定的提供服務，在開始傳送數個封包後便會有中斷的情況發生。推測其可能原因在於手機或 GPRS 網路無法跟上封包傳送速度。因此在以下的測試當中，我們以 100ms 作為封包間隔底限。本實驗進行 20 組測試，其傳送封包之間隔時間與封包大小如表二所示，在每組測試中，每隔一個間隔送出一個封包，總共 100 次，測量來回的傳輸時間。實驗一的結果(圖三)顯示當封包越大時傳送的間隔也必須隨著加大才不會造成嚴重的傳輸延遲。在固定封包大小時，平均延遲時間可藉由拉長傳送間隔時間來降低，且具有明顯效果，但是降低到一定的程度時，拉長傳送間隔時間無法明顯降低平均延遲時間，只能使平均延遲時間在固定的範圍內跳動。據推測可能係因為傳輸網路品質不穩定，或是網路內部架構沿用舊有架構，並未針對時效性服務之 QoS 特性作適當修正所致。



(a)



(b)

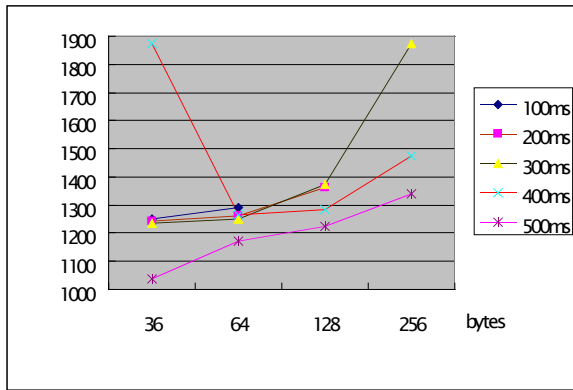


(c)

圖四、100 個封包的傳輸延遲時間，封包傳送間隔為：(a) 100ms, (b) 300ms, (c) 500ms。

兩家公司的 GPRS 網路都有一個奇怪的现象：就每一次測試之 100 個封包以先後次序觀察其來回的傳輸時間，呈現鋸齒狀圖形(如圖四)。這種情形在不同時段進行之測試都獲得類似結果，推測其成因應與系統負載無關。

我們在測試進行中仔細觀察此一現象，可發覺封包送回 client 端是以批次方式到達。



圖五、封包長度與傳輸時間關係。

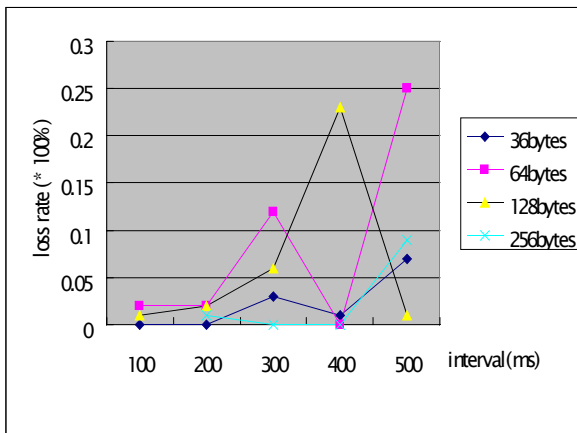
一定時間內一批封包陸續到達，然後停頓一段時間後才有另外一批封包陸續到達。此外，我們曾以有線網路取代無線網路就相同參數反覆測試，並未發覺同樣現象，幾可確定此現象係受測 GPRS 網路的特性。而此 GPRS 服務所特有的鋸齒現象將影響 jitter sensitive 之時效性服務之品質。我們以延遲時間之標準差來衡量 jitter，表三為各組測試結果。

表三、jitter 測試結果

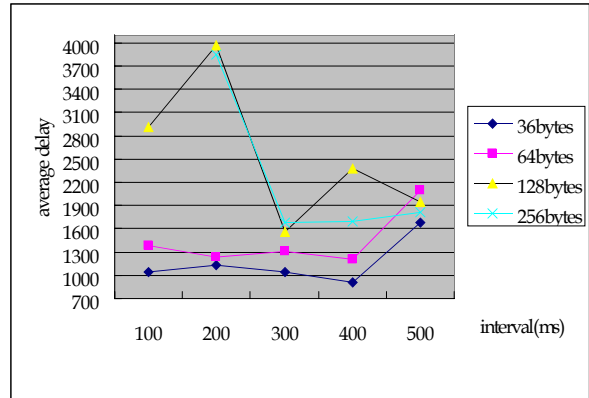
封包間隔	標準差	平均值
100ms	213.84	1024.96ms
200ms	171.57	1143.52ms
300ms	178.78	1017.34ms
400ms	173.13	1193.41ms
500ms	152.11	993.44ms

註：封包長度為 36byte

在測試中我們仔細觀察此鋸齒現象發生之實際情況，推測其原因可能是封包從 sender 端



圖七、傳送間隔時間與封包遺失率之關係 (A 公司)。

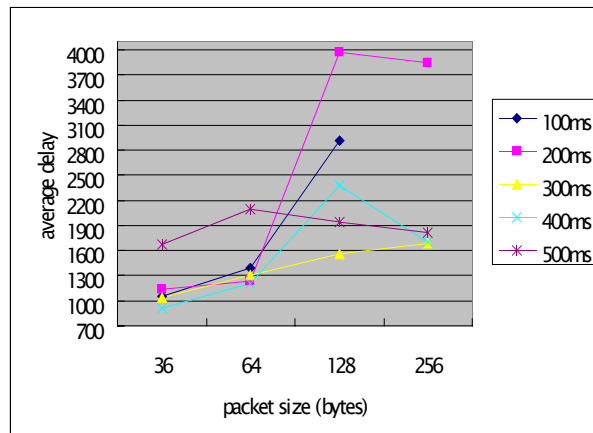


圖六、傳送間隔時間與平均傳輸時間之關係 (A 公司)。

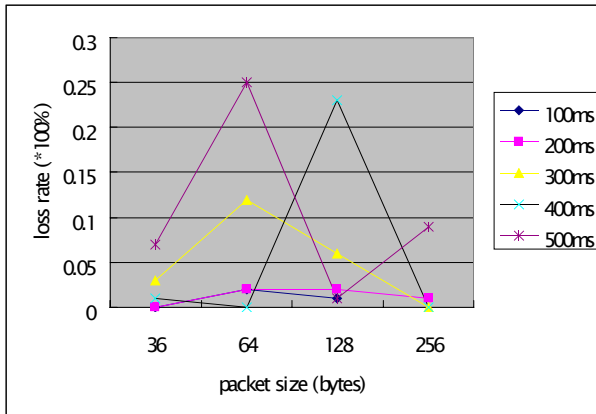
出來後，GPRS 網路以 batch operation 的方式處理資料，等待一段時間累積封包然後再一起送出，隨著封包間隔時間延長，鋸齒現象有趨緩的趨勢。

從圖四(A)、(B)、(C)中我們可以觀察到透過 GPRS 網路傳輸封包之來回傳輸延遲時間極不穩定，推測其原因也是因為目前 GPRS 網路，並未針對 VoIP 等具時效性應用特別設計來處理這類的應用服務。雖然能將傳輸延遲時間維持在數秒之間，但是各個封包的傳輸延遲時間變異過大，所以具時效性的服務在現階段並不適合用目前所提供之 GPRS 網路來傳輸。3G 系統(如 UMTS) 必須針對傳輸時間與 jitter sensitive 的問題設計具有適當 QoS 機制之網路元件，才能提供時效性服務。

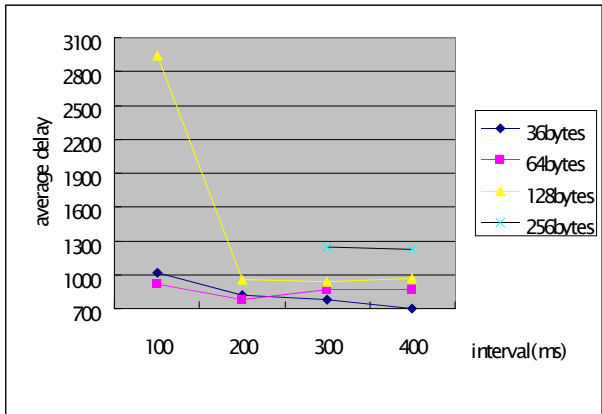
如圖五所示，我們可以歸納出在不同間隔時間下，封包大小在 128bytes 以下可以維持較低的傳輸時間，大小超過 128bytes 之後，平均傳輸時間會隨著封包變大而快速上升。



圖八、封包長度與平均傳輸時間之關係 (A 公司)。



圖九、封包長度與封包遺失率之關係 (A 公司)。



圖十、傳送間隔時間與平均傳輸時間之關係 (B 公司)。

4.2 行動中效能測試

為了測試 GPRS 於快速移動的使用環境中的效能，我們在高速公路、鐵路、台北市捷運都做了測試，實驗參數與定點測試相同。本論文將展示我們在捷運木柵線測試兩家 GPRS 網路的結果。

4.2.1、A 公司 GPRS 網路服務

A 公司 GPRS 網路測試結果之觀察方法，同定點測試，第一種觀察結果如圖六、七，表四、五。第二種方式觀察結果，如圖八，九。從結果中我們可以觀察出封包傳送間隔時間越大，封包遺失率的變化會越不穩定。至於封包大小對於封包遺失率的影響，封包大小為 36bytes 時可維持較低的遺失率，超過 36bytes 時則遺失率呈現不穩定的情況。

在平均延遲時間方面，封包大小越大平均延遲時間也就越大，在同樣的封包大小之下，延長封包傳送間隔可以降低平均延遲時間，但是超過 500ms 時，平均延遲時間會再度上升，形成的原因可能跟 A 公司之 GPRS 網路傳送的

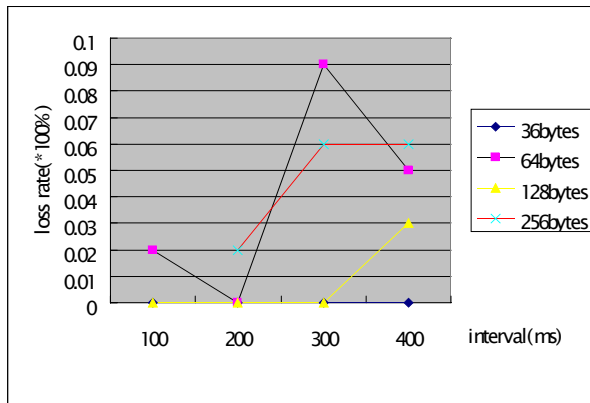
機制有關。

表四、封包長度、傳送間隔時間與平均傳輸時間之關係 (ms)

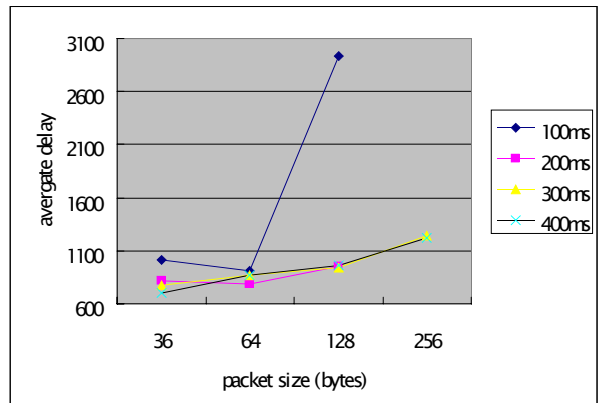
間隔時間\封包長度	36bytes	64bytes	128bytes	256bytes
100ms	1407	1388	2913	7227
200ms	1131	1235	3967	3846
300ms	1036	1313	1561	1682
400ms	908	1207	2383	1698
500ms	1677	2092	1948	1820

表五、封包長度、傳送間隔時間與封包遺失率之關係 (%)

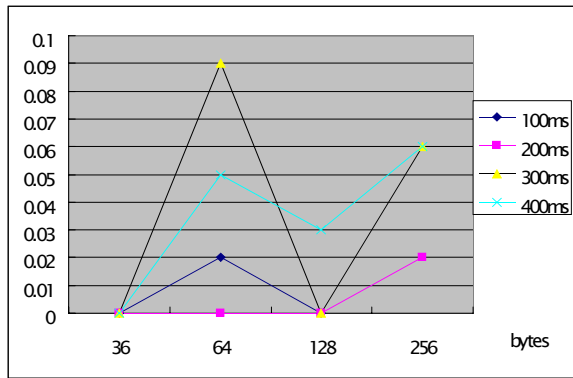
間隔時間\封包長度	36bytes	64bytes	128bytes	256bytes
100ms	0	0.02	0.01	0
200ms	0	0.02	0.02	0.01
300ms	0.03	0.12	0.06	0
400ms	0.01	0	0.229	0
500ms	0.069	0.25	0.01	0.09



圖十一、傳送間隔時間與封包遺失率之關係 (B 公司)。



圖十二、封包長度與平均傳輸時間之關係 (B 公司)。



圖十三、封包大小與封包遺失率的關係 (B 公司)。

4.2.2、B 公司 GPRS 網路服務

B 公司 GPRS 網路測試結果之觀察方法，同定點測試，第一種觀察方法結果如圖十、十一與表六、七。第二種方式觀察結果，如圖十二、十三。觀察結果與 A 公司網路的特性大致相同，但是 B 公司網路在傳送間隔超過 500ms 時，測試過程中會發生連線中斷的現象使測試無法完成。當傳送間隔維持在 200ms 到 400ms 之間時，在不同的封包大小之下都能穩定維持較低的平均延遲時間，在 100ms 時，封包大小在大於 64bytes 時會出現急速上升的現象。整體而言當傳送間隔在在 200ms 到 400ms 間，B 公司網路在封包遺失率與平均延遲時間皆比 A 公司網路具有更好的效能。

表六、封包長度、傳送間隔時間與平均傳輸時間之關係(ms)

間隔時間\封包長度	36bytes	64bytes	128bytes	256bytes
100ms	1017	916	2937	6771
200ms	819	782	954	5196
300ms	775	871	941	1244
400ms	704	871	966	1227

4.3 實驗結果討論

網路服務和語音服務對通訊品質的要求差異相當大，一般評量品質的參數，不外乎是傳輸延遲時間、封包遺失率和抖動，對於 VoIP 的應用也是如此，由研究所獲結果可以看出，GPRS 在傳輸延遲時間和封包遺失率兩個指標上，並不穩定，尤其在行進中，封包的遺失率更是大的無法接受。實驗的封包是採用具時效性的應用軟體最常使用的 UDP 方式傳送，從實驗的數據中，我們發現在調整各種變因之後，我們仍然無法獲得穩定的封包傳送速率，封包回到 client 的速度時快時慢，這是對於語音應用最大的傷害，亦即傳輸延遲抖動太大，一般使用者無法忍受。

在通訊品質方面我們可以獲得下列幾點經驗：

1. 無論是縱貫鐵路或中山高，在山區裡通訊品質較差。
2. 行車速度在 80-90 k/m 以上時，封包遺失率增加，也常會斷訊，必須重新撥號建立新的連線。
3. 受到網路擁擠的影響，在通訊尖峰時段內，封包遺失率較多。

此外，從行動數據使用者的觀點看來，我們也獲得了一些經驗，整理如下：

1. 撥接程序非常耗時，尤其是通訊品質不穩定時，撥接過程較長，且失敗率也較高，且於行動中操作電腦不方便，如果網路經常斷線需要重撥，將對使用者造成極大困擾。斷線間隔時間 (Mean Time Between Failure) 至少要 20-30 分鐘以上，才能符合一般使用者的最低要求。例如：建立連線後，連上 telnet server，登入，檢查數封 email 並回信。
2. Connection Oriented Service (例如 telnet 或 vi) 在品質不穩定的情況下使用非常不方便，工作容易半途而廢。使用者最好盡可能將可預知的工作 (例如：email) 先以離線方式準備好，再上網將所完成的工作 (例如：預先準備好之 email 檔案) 盡快傳送出去。
3. 由於封包遺失時可能由 TCP 等協定負

責處理（重傳），使用者所感覺到的是資料之延遲。換言之，封包遺失對使用者所造成的影響類似於封包延遲所造成的影響。

4. 最為困擾行動使用者的問題之一是電池消耗問題，筆記型電腦與手機都必須有充足電力方能順利工作。因為行動上網所耗通話時間遠超過語音的使用，而手機在通話中的耗電量遠大於待機狀態，在有充足電池電力之下，所能支撐的工作時間僅有數小時，扣除斷線重撥所耗費的額外時間與電池消耗，所餘真正有效的工作時間將大幅縮小。筆記型電腦的省電方法之一為「進入待機狀態」，但當筆記型電腦進入待機狀態時，會導致通訊中斷，對使用者造成極大困擾。運用待機狀態試圖省電反而可能會增加斷線重撥所耗費的額外時間與電力消耗。
5. 此外，某些筆記型電腦雖有分離式設計，可將光碟機與軟碟機放置於一分開的底座，讓使用者可以只攜帶較輕便的主機，但是連接 GPRS 手機所需之 RS-232 序列埠卻裝設在底座上（行動中不適合使用紅外線連接手機），導致使用者必須連同底座一起攜帶方能使用 GPRS 手機上網，非常不方便。若有 PCMCIA 或 USB 介面的 GPRS 卡，將能避免這個問題，也可避免因手機電池不足而妨礙 GPRS 上網的工作，讓使用者只需為筆記型電腦的電池傷腦筋即可，因此行動電腦的人因設計，仍有很大的改進空間。

綜合以上經驗，在封包延遲時間，封包遺失率以及斷訊三種品質因素中，斷訊導致斷線對 GPRS 上網使用者所造成的困擾最為嚴重。若要支援 VoIP，現在的系統由於封包延遲時間過長，仍不可行，有待大幅改進。

5. 結論

近年來，網路正朝著 All-IP 的整合型方向前進，目前常見的網路服務將必須轉移至 IP 平台上，因此服務品質(QoS)是一個重要的議題，尤其在 Web 出現後，網路的發展是一日千里，各種多媒體的應用也逐漸的充斥在網路上，可

是目前 IP 網路未能提供所需的 QoS，廣大的消費大眾無法得到較好的服務品質，如何在 IP 的平台上提供各類高品質的多媒體服務是今後網路研發的目標。GPRS 被提出時，也制定了一些有關於 QoS 的標準，不過目前整個 GSM 架構無法提供端對端的服務品質保證。期望將來 GPRS 第二階段的標準(Phase2)或 3G 中，會提供更好的品質保證，讓使用者可以得到更好的網路服務。

6. 參考資料

- [1] ETSI, "Digital Cellular Telecommunications System(Phase 2+), General Packet Radio Service, Service Description, Stage 1," GSM 02.60 v. 6.2.1, Aug. 1999.
- [2] ETSI, "Digital Cellular Telecommunications System(Phase 2+), General Packet Radio Service, Service Description, Stage 2," GSM 03.60 v. 6.3.0, Aug. 1999.
- [3] Cisco Systems, Inc, "GPRS White Paper".
- [4] GSM World, "GSM-The Wireless Evolution", <http://www.gsmworld.com/technology/gprs/index.shtml>.
- [5] M. Meyer, "TCP Performance over GPRS," IEEE Wireless Commun. And Networking Conf., New Orleans, LA, Sep. 1999.
- [6] Roger Kalden, Ingo Meirick, and Michael Meyer, "Wireless Internet Access Based on GPRS", IEEE Personal Communications, April 2000.