

以 ADSL 網路為平台 ATM/AAL2 為傳輸技術之語音資料多 工效能評估

Performance Evaluation of Multiplexing Voice Traffic over ADSL Link with ATM/AAL2 Technology

張慶龍*

*國立雲林科技大學 電子與資訊工程
研究所
雲林縣斗六市大學路三段 123 號
chang@pine.yuntech.edu.tw

曹志銘**

**國立雲林科技大學 電子與資訊工
程研究所
雲林縣斗六市大學路三段 123 號
g8913706@pine.yuntech.edu.tw

摘要

ITU-T 已大幅修改非同步傳輸模式(ATM)第二調節層(AAL2)之通訊協定,其利用多工技巧,可大幅降低數位語音資料之封包組裝延遲(packetization delay),另一方面,由於非對稱數位用戶迴路(ADSL)技術的成熟與普及,解決使用者頻寬不足的現象。因此,本論文主要是探討 ATM/ADSL 網路架構下,使用者端如何利用 AAL2 通訊協定來傳輸數位化之語音訊號,並利用電腦模擬方式,著重在不同的使用者人數下,其 Timer_CU、語音壓縮率(codec)與數位語音資料之封包組裝時間(CPS-SDU fill delay)等因素對網路的使用效率(utilization)影響,以提供最大的使用者人數之目的,並進一步交叉分析所模擬之相關結果,試圖找出在不同的使用條件下,最佳的協定參數設定值,以提供數位語音服務者相關的系統參數設定參考數據。

關鍵詞: 多工技巧、非同步傳輸模式第二調節層、非對稱數位用戶迴路與網路效能

1. 簡介

非同步傳輸模式(ATM)雖被設計用來提供視訊、影像、電腦資料與語音等具有不同品質要求之資料型態的整合傳送,但至目前為止,不管是骨幹網路或是使用者端,卻鮮少發現以 ATM 網路為平台的封包網路的語音訊號傳送的相關應用,其主要原因是經過壓縮過的語音訊號若考慮無音訊狀態(silence),其資料型態如同即時性之變動速率(rt-VBR),若用 ATM 網路內針對固定速率(CBR)所設計的第一調節層(AAL1) [1]來傳送具有 rt-VBR 特性的語音訊號,將增加傳送成本與組成封包的延遲(packetization delay)。有鑑於此,ITU-T 針對實際語音傳送特性,大幅修改 ATM 第二調

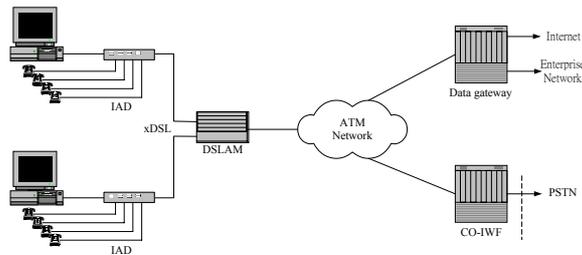
節層(AAL2)之通訊協定[2],其於 AAL 層中,利用多工技巧(multiplexing),可同時傳送多個語音連線於一個 ATM 連線上,除了可大大提高傳送效率、降低傳送成本外亦可滿足各個語音連線之品質要求。

另一方面,由於 ADSL 技術的成熟與普及,解決使用者端頻寬不足的現象,而使用者所擁有的傳輸頻寬已足夠將語音訊號與一般電腦資料整合於一 ADSL 線路做數位化之封包式傳送,逐漸實現長久以來的目標;僅用一種網路來滿足家庭之所有資料傳輸需求。因此,如何利用 ATM/AAL2 與 ATM/AAL5 通訊協定,配合 ADSL 頻寬傳輸,以整合使用者端資料網路與電話網路的整合傳送服務乃是另一研究重點,此應用之參考架構如圖一所示 [3]。

目前,已有多篇論文在探討 AAL2 之相關研究,如:David [4]探討以 ATM/AAL1 來傳送語音訊號時之設計方法選擇與評估,而[5]一文中指出 ATM/AAL2 通訊協定於語音傳送時設計之注意事項,並以 ATM/AAL2 為骨幹,模擬傳送不同的無線網路系統對緩衝器大小、可提供之人數與 AAL2 與 AAL5 之間效率的比較做一分析,而 Takenori[6]則由頻寬使用率角度,探討不同多工器方法對 AAL5 資料傳送與 AAL2 語音傳送之影響,而[7]則以模擬方式比較 AAL2、AAL1 與 AAL5 在不同條件下(packetization delay, Timer_CU)對效率、使用人數與等待傳送延遲等影響。[8][9]和[10]以理論方式,分別探討 Timer_CU 對效率、Sequence Number 與 delay/loss/silence 等不同狀況之影響、packetization delay 與 multiplexer 間之研究。

本論文主要是探討 ATM/ADSL 網路架構下,使用者端如何利用 ADSL 線路來傳輸數位化之語音訊號,利用電腦模擬與理論方式,分析在不同的使用者人數下,其 Timer_CU、數位語音的壓縮率與 CPS-SDU fill delay 影響,以提供最大的使用者人數與額外的傳送負擔

(overhead)最小之目的，我們亦進一步交叉分析所得之電腦模擬數據，得出最佳的協定參數設定值，以提供數位語音服務者相關的系統參數設定參考數據。本論文將包含下列幾個部份加以探討。首先，將對 ATM/AAL2 協定運作原理加以介紹，於第三小節，主要是對此論文之模擬環境作一介紹，而模擬之結果與分析結論將於第四小節加以說明，最後，將對此論文做一總結。



圖一:整合使用者端資料網路與電話網路的整合服務架構

2. AAL2 協定介紹

ATM 網路雖被設計來提供各種類型的資料傳輸並滿足其所需的品質要求，但至目前為止，卻鮮少發現以 ATM-based 的網路在語音方面的應用，其主要原因為語音訊號對傳輸延遲要求與網路對傳輸效率的考量。由於現今數位化語音訊號多會經過壓縮後再傳送，若以 ITU-T G.723.1[11]格式來壓縮(5.3Kbps)，則要將一個 ATM 碼格(cell)的 48-byte 酬載(payload)填滿需要 72ms 延遲 (packet fill delay)，此延遲時間並不包含使用者端之協定處理時間(protocol processing delay)、網路傳遞時間(network propagation delay)，與等待資源之排隊時間(queueing delay)等，通常，若採用迴音消除(echo cancellation)技術，則可容許的最大語音傳送延遲約為 300 ms，如此，若要滿足語音之傳送品質要求以減少語音壓縮後之 packet fill delay，則將犧牲網路之傳輸效率(尚未填滿整個 48-byte 的 payload 即需傳送)。

為了解決上述之現象，ITU-T 針對實際語音傳送特性，大幅修改 ATM 第二調節層(AAL2)之通訊協定[2]，其於 AAL 層中，利用多工技巧(multiplexing)，可同時傳送多個語音連線的資料於一個 ATM 碼格，如此，可有效的減少 ATM 碼格之 packet fill delay，除了可大大提高網路傳送效率、降低傳送成本外亦可滿足各個語音連線之品質要求。圖二為 AAL2 協定之運作原理與其封包格式。

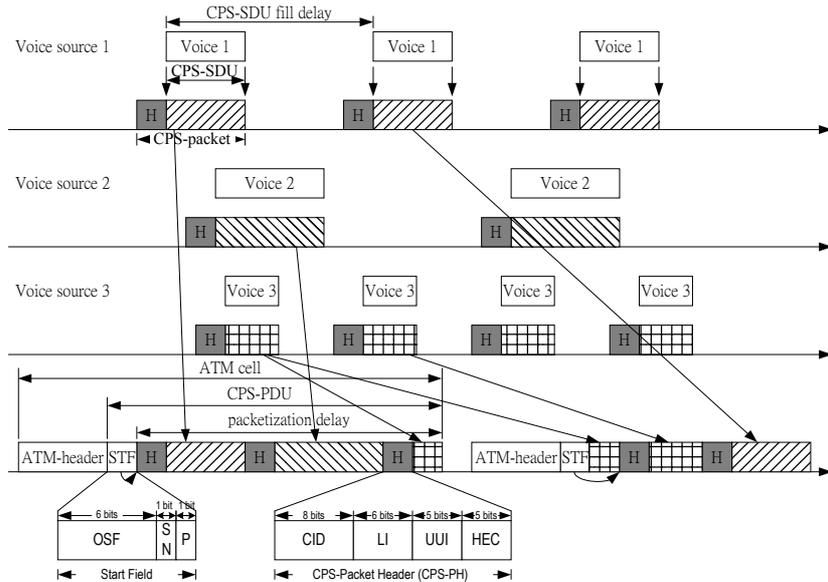
如圖二所示，壓縮後的語音訊號需經 CPS-SDU fill delay 時間的組裝(packetization)後要求 AAL2 協定將其傳送。首先，AAL2 將在收到的 CPS-SDU 前加入 3-byte 的 CPS-PH 以組成 CPS-Packet，此 CPS-PH 包含之內容為 CID(channel ID，辨識各個語音連線)、LI (length indication，記錄 CPS-SDU 之長度，不可超過 64-byte)、UUI(User-to-User indication，可提供語音連線之資訊溝通)與 HEC (Header Error Control，提供 CPS-PH 之錯誤偵錯)。最後，AAL2 協定將各個連線之 CPS-Packet 做多工處理並加上 1-byte 的標頭(STF: Start Field)，以組成 48-byte 的 CPS-PDU(即 ATM 之 payload)，而 STF 包含之內容為 OSF(Offset Field，記錄在此 CPS-PDU 內，第一個完整的 CPS-PH 的位置離 STF 標頭有多遠)、SN (Sequence Number，記錄此 ATM 連線之 CPS-PDU 傳送順序)與 P (Parity bit，將 STF 做奇同位元之檢查)。

然而，上述之 AAL2 之 CPS-PDU 組裝有一問題，即當第一個 CPS-Packet 來時，若緊接著確沒有足夠的語音連線產生相當的 CPS-Packet 以組成一完整的 CPS-PDU 來傳送，如此，將因無法組成完整的 CPS-PDU 而使得已經來到的 CPS-Packet 遭遇到相當長的 packetization delay。為了解決此一問題，AAL2 協定[2]另外設一個參數稱為 Timer-CU，當 CPS-PDU 的第一個 CPS-Packet 來到時，即啟動 Timer-CU 值的計數器(timer)，當此 Timer-CU 的 timer 到達時，若仍未組成完整的 CPS-PDU，則不足部份，將以 padding 填塞，強迫將此 CPS-PDU 送出，以避免已在組裝的 CPS-Packet 遭遇到太長的 packetization delay。

3. AAL2 模擬環境介紹

本論文主要是探討當使用者端以 ADSL 為網路界面來提供數位化的語音傳送服務時，如何設定 ATM/AAL2 的相關參數(Timer-CU、Codec 與 CPS-SDU fill delay)以提供最多的人數使用並滿足每一語音連線的傳輸品質要求。圖三為本論文之 AAL2/ATM/ADSL 模擬架構圖，每個連線的語音訊號經壓縮後先暫存於 CPS-SDU Buffer，在經過 CPS-SDU fill delay 後以組成 CPS-SDU 並要求 AAL2 做進一步處理，每個連線的 CPS-SDU 大小主要是由 CPS-SDU fill delay 與語音之壓縮比(codec)來決定，如下式所示。

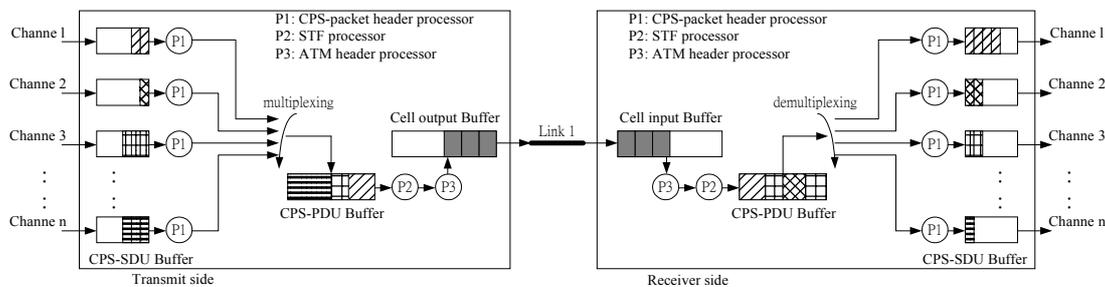
$$\text{CPS-SDU} = \text{CPS-SDU fill delay (ms)} \times \text{codec (kbps)}$$



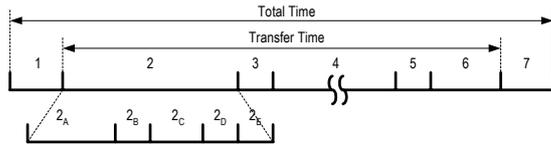
圖二:AAL2 協定之運作原理與其封包格式

AAL2 首先將收到的 CPS-SDU 加上 3-byte CPS-PH 以組成 CPS-Packet，接著 AAL2 利用多工方式將不同連線之 CPS-Packet 配合 Timer-CU 值之設定以組成 CPS-PDU。最後 CPS-PDU 需再加上 5-byte 的 ATM 標頭以組成 53-byte ATM 碼格並將其放到 cell output buffer 等待 ADSL link 傳送，而 Cell output Buffer 乃是以先進先出方式來傳送。本模擬所使用之 Timer-CU 值並非一定值，而是每個語音連線有其相對應之 Timer-CU 值，看是那一個語音連線之 CPS-Packet 放在 CPS-PDU 的第一個位置時，其 Timer 值將以其相對應之 Timer-CU 值設定之，當 Timer 值 timeout 時，不管 CPS-PDU 是否組裝完成，立即呼叫 ATM 層將此 CPS-PDU 送出。當送出的 ATM 碼格經由 ADSL 網路到達接收端時，其 AAL2 協定將所收到的 CPS-PDU 做解多工成多個 CPS-Packet，並依每個 CPS-PH 內的 CID 來決定該將所屬的 CPS-SDU 傳送給那一個語音連線做進一步處理。

聲音由 AAL2 透過 ATM 傳輸的時間週期由圖四所示，根據[10]提到 ATM/AAL2 協定是傳送即時性資料，各部份時間分佈必需符合 QoS 需求，所以 Total Delay 必須小於 25ms，第 1、2 及 3 這三部份為傳送時所要花的時間，而第 2 跟第 3 這兩部份時間總合，必須小於 10ms，第 4 部份為 ATM 網路傳輸的時間，第 5、6 及 7 部份為聲音接收時的時間。接收較傳送的時間短，接收端無 Packetization delay 值，而 CPS-SDU fill delay 也較傳送端短，AAL2 在第 2 及第 6 部份做處理。第 1、4、7 這三部份總合必須小於 15ms。整個時間中可以調整 CPS-SDU fill Delay 及 Packetization delay (由 Timer_CU 控制)來改變時間的週期，其他的時間因素幾乎為定值，Transfer Queuing Delay 會由不同的連線數目、codec、傳送端 CPS-SDU fill Delay 及 Timer_CU 而有增減。



圖三: Simulation model of AAL2



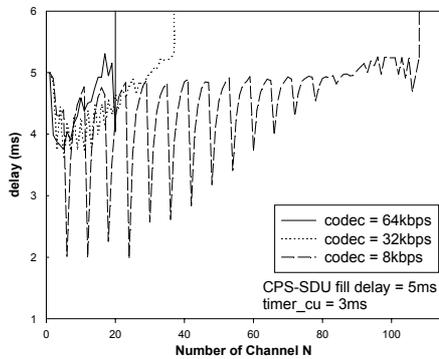
- 1) Voice Codec Time
- 2) Segment Delay
 - 2A) CPS-SDU fill Delay
 - 2B) Packet Header Process Time
 - 2C) Packetization delay
 - 2D) CPS-PDU Header Process Time
 - 2E) ATM Header Process Time
- 3) Transfer Queuing Delay
- 4) Network Delay
- 5) Receiver Queuing Delay
- 6) Reassembly Delay
- 7) Voice Decoding Time

圖四: AAL2 處理時間分佈圖

4 模擬結果

本論文是以 End-to-End delay、overhead、network utilization 及 padding，分別對：使用者人數、語音壓縮率、Timer_CU 及 CPS-SDU fill delay 等因素作模擬，探討其間的關係，並將依不同的使用情況，試圖找出最佳的參數設定值，以提供數位語音服務者相關的系統設定參考數據。

4.1 模擬分析



圖五: codec 因素對 End-to-End delay 的影響

圖五主要是探討在不同的壓縮率下，一條 ADSL 網路最大可提供多少使用人數。語音壓縮率愈大則產生出來的單位時間所產生的資料量愈少，可提供較多人數使用。由此圖得知，當每個語音連線以 64Kbps 未壓縮的語音訊號來傳送時，最大的語音連線約為 20 人，若為 32Kbps 的壓縮格式為每個語音連線做壓縮時，一條 640 Kbps 的 ADSL 線路約可提供 40 條 AAL2 連線，倘若以 8Kbps 的壓縮方式時則最大可同時通話的語音連線為 110 條。於圖五中，有些情況會使 End-to-End delay 特別降下來，其主要原因為：倘若在通話的語音連線中，其在 Timer-CU 未 timeout 前，剛好可產

生 47-byte 的整數倍的資料量，即 overhead 最少與 packetization 時間最短，其詳細說明如下式所示。

式子(1)為各個語音連線經過 multiplexing 後，還尚未組成一個完整 CPS-PDU 的大小。若是等於 0，表示剛好組成整數個 CPS-PDU，沒有多餘的部份要等待 packetization 時間，可以得到最少 End-to-End delay。若是愈接近 47，表示等待較少時間便可組滿一個 CPS-PDU，可以有較少的 End-to-End delay。

CPS-PDU 的大小 =

$$\left\lfloor \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot c_i + 3n}{47} \right\rfloor \approx 46(\text{or } 0) \dots\dots\dots (1)$$

n: 語音連線數目，

p_i : 目前連線的 CPS-SDU fill delay 值，

c_i : 目前連線的 codec 值，

t_f : 組成 CPS-PDU 時，第一個 CPS-SDU 的 Timer_cu 值，

$\left\lfloor \frac{x}{47} \right\rfloor$: 表示 x 除 47 之餘數。

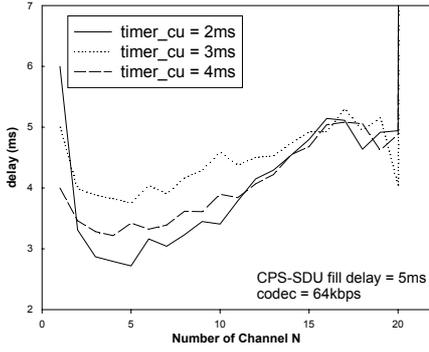
式子(2)為各個語音連線經過 multiplexing 後，未組滿 CPS-PDU 發生 timeout 時的大小。尚未 timeout 間期各語音連線若 CPS-SDU fill delay 小於 CPS-PDU 中第一個 CPS-SDU 的 Timer_CU，則一定有資料傳入，次數為 t_f 除上 p_i ，若是 CPS-SDU fill delay 大於 CPS-PDU 中第一個 CPS-SDU 的 Timer_CU，則有可能會有資料傳入，若有機會發生次數也僅一次，發生的機率為 t_f 除上 p_i 。簡化式子(2)得式子(3)。

CPS-PDU(未組裝完成) =

$$\left(\sum_{i=1}^n \frac{t_f}{p_i} \cdot (p_i \cdot c_i + 3) \mid t_f > p_i \right) + \dots\dots\dots \left(\left(\sum_{i=1}^n (p_i \cdot c_i + 3) \mid t_f < p_i \right) \mid \text{prob}\left(\frac{t_f}{p_i}\right) \right) \dots\dots\dots (2)$$

CPS-PDU(未組裝完成) =

$$\left(\sum_{i=1}^n \left(t_f \cdot c_i + \frac{3t_f}{p_i} \right) \mid t_f > p_i \right) + \dots\dots\dots \left(\left(\sum_{i=1}^n (p_i \cdot c_i + 3) \mid t_f < p_i \right) \mid \text{prob}\left(\frac{t_f}{p_i}\right) \right) \dots\dots\dots (3)$$



圖六: Timer_CU 因素對 End-to-End delay 的影響

Timer-CU 值的大小將會影響到 CPS-Packet 因多工方式等待組成一完整 CPS-PDU 之最大 packetization delay, 由圖六知, Timer_CU 並非是影響 End-to-End delay 的主要因素, 在使用者人數少時, 因大部分 CPS-PDU 都無法正常完整的組成, 需靠 Timer_CU 來強迫將未組好的 CPS-PDU 送出, 此時 Timer-CU 值的大小將是影響 End-to-End delay 的主要因素。反之, 當使用人數多到一定程度時, 大部分的 CPS-PDU 都可在 Timer-CU timeout 前即組裝完成, 此時影響 End-to-End delay 的主要因素為 Transfer Queuing Delay, 其理論由下面陳述。

式子(4)為 Transfer Queuing Delay 值的估算式, 在無 silence 的情況下, 一個 CPS-SDU fill delay 之期間必須處理完所產生的 ATM cell, 若是處理不完便會一直累積, 導致產生出極大的 End-to-End delay, 這表示無法提供目前的人數使用。(4)中之 n_a 值實際上亦等於 n_c 值。因此式子(4)可改寫成式子(5)。

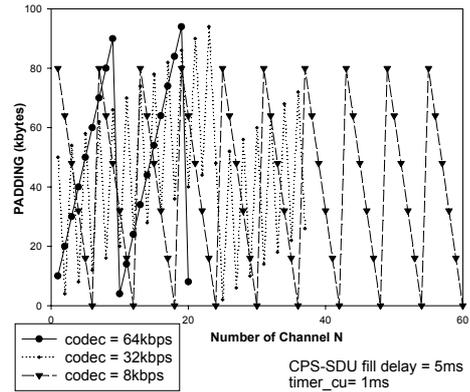
$$Transfer\ Queuing\ Delay = \frac{(n_a + n_b) \cdot 53bytes}{80bytes/ms} \quad (4)$$

- n_a : 一個 CPS-SDU fill delay 期間, 所產生的 ATM cell 數量,
- n_b : 尚未處理完前面 CPS-SDU fill delay 期間, 所累積的 ATM cell 數量,
- n_c : 一個 CPS-SDU fill delay 期間, 所產生的 CPS-PDU 數量。

$$Transfer\ Queuing\ Delay = \frac{n_c \cdot 53bytes}{80bytes/ms} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$其中\ n_c = \left\lfloor \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot c_i + 3n}{47} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{x}{47} \right\rfloor : 小於\ x\ 除\ 47$$

之最大整數。



圖七: codec 因素用 padding 的影響

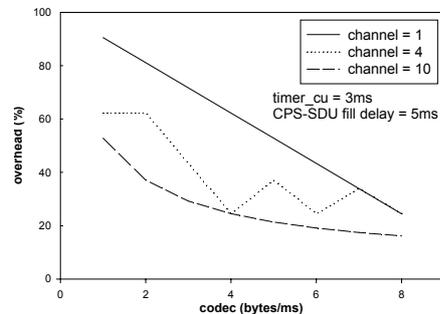
由圖五知, 在 Timer-CU timeout 前, 所有在通話中的語音連線所產生的資料量 (CPS-Packet 數之總和) 若剛好為 47-byte 的整數倍時, 其 packetization delay 與 protocol overhead 可為最小, 因此, 圖七主要是探討在何使用人數時, 應採用何種壓縮方式才可得到最佳狀況(padding 為零)。關於 padding 數量的理論探討如下。

從 Timer_CU 啟動到發生 timeout 時之 CPS-PDU 的大小如下式子所示。

$$CPS - PDU(未組裝完成) = \left(\sum_{i=1}^n (t_f \cdot c_i + \frac{3t_f}{p_i}) | t_f > p_i \right) + \left(\left(\sum_{i=1}^n (p_i \cdot c_i + 3) | t_f < p_i \right) \right) \cdot \text{prob}\left(\frac{t_f}{p_i}\right)$$

所以此時之 padding 數為

$$padding = 47 - \left(\sum_{i=1}^n (t_f \cdot c_i + \frac{3t_f}{p_i}) | t_f > p_i \right) + \left(\left(\sum_{i=1}^n (p_i \cdot c_i + 3) | t_f < p_i \right) \right) \cdot \text{prob}\left(\frac{t_f}{p_i}\right)$$

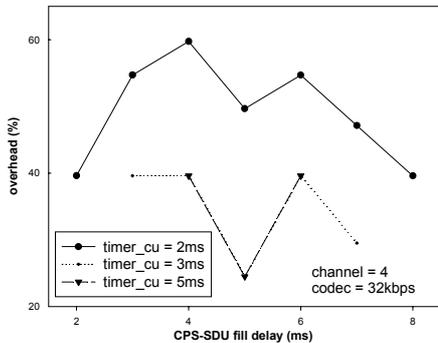


圖八: 使用者人數對 overhead 的影響

在 ATM/AAL2 協定傳送過程中, 除了基本語音資料外, 每個 CPS-Packet 包含 3-byte 的 CPS-PH 與每個 CPS-PDU 具有 1-byte 的 STF

與大小不等的 padding，與每個 CPS-PDU 需有 5-byte 的 ATM header 組成 ATM 碼格。圖八主要是探討不同使用人數與不同的壓縮方式下對網路 overhead 的影響，此 overhead 的計算如下：

$$\text{Overhead} = (\text{ATM cell 總數量} \times 53) - \text{原語音資料總量}$$

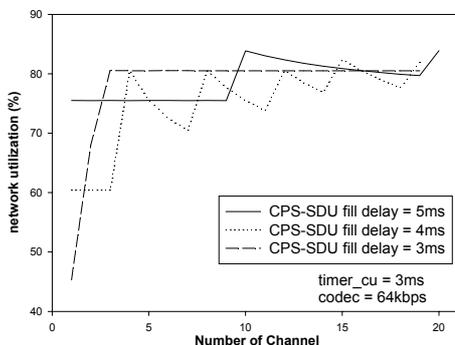


圖九: Timer_CU 因素對 overhead 的影響

圖九為 CPS-SDU fill delay 和 Timer_CU 對 overhead 的影響。較小的 Timer_CU 有較大的 padding，所以 overhead 較大，CPS-SDU fill delay 如同 codec 一般，影響 CPS-SDU 在 CPS-PDU 之中的數量，所以 CPS-SDU fill delay 愈大則 overhead 愈少。當使用者人數少，Timer_CU 值設得太小時，若增加 CPS-SDU fill delay，其 overhead 將不減少反而增加，原因為在於增加發生 timeout 的機會，使得必需補上大量的 padding。有 timeout 時 overhead 值的計算如下：

$$\text{overhead} = 3n + 6 + \text{padding}$$

n: 從 Timer_CU 啟動後到 timeout 時之 CPS-SDU 產生的個數



圖十: 使用人數對 network utilization 的影響

圖十為 CPS-SDU fill delay 和使用人數對 network utilization 的影響。在 ATM/AAL2 的環境中，network utilization 和 overhead 成對

比的關係，overhead 愈小每次傳送時包含有用的資料部份愈多，所以 network utilization 也就愈大。使用者人數、Timer_CU、CPS-SDU fill delay 及 codec 等因素也都與 overhead 成相反的關係，network utilization 的計算如下：

$$\text{Network utilization} = (\text{原語音資料總量}) / (\text{ATM cell 總數量} \times 53)$$

4.2 模擬結論

如何降低 End-to-End delay

End-to-End delay 會因使用者的數量不同而分成兩個部份來探討。首先是當使用者人數少的時候，在傳送端的 delay 幾乎等於 CPS-SDU fill delay 加上 Timer_CU，因此這兩項因素不宜設得太大。再來是當使用者人數多的時候，在傳送端的 delay 幾乎等於 CPS-SDU fill delay 加上 Transfer Queuing delay，Transfer Queuing delay 主要由 CPS-PDU 的數量構成。減少 CPS-PDU 的數量便可大幅減少 End-to-End delay。壓縮率調大為最有效的方法，此外 Timer_CU 亦不可設定大小，timeout 的發生會增加 CPS-PDU 的數量。以上兩部份皆可適用於，依不同的使用者人數調整 Timer_CU、CPS-SDU fill delay 及 codec，在剛好組成一個 CPS-PDU 或未組滿的 CPS-PDU 大小接近 47 bytes，以得到最小的 End-to-End delay。

如何提供最多使用者人數

最多使用者人數分成兩個部份探討，首先是目前的網路速度無法負荷產生的資料量，再來是 End-to-End delay 過長，超過 AAL2 所規定的時間。這兩項的因素皆可從產生的 ATM 碼格數量過多，使得資料一直累積造成 delay 過長。解決方法為降低 Transfer Queuing Delay，減少 CPS-PDU 的數量。如前一節所提，壓縮率調大為最有效的方法，此外 Timer_CU 亦不可設定大小，原因為 timeout 的發生會增加 CPS-PDU 的數量。

如何降低 overhead 及提昇 network utilization

降低 overhead 及提昇 network utilization 是相同的道理，都是減低非實際需要的資料及增加實際需要的資料在傳送時的比率。影響這兩項的主要因素為 header 及 padding，首先是如何減少 header 的資料量。除了原語音資料，在傳送過程中每個 CPS-SDU 必需再加上 3-byte 的 CPS-PH 以組成 CPS-Packet，而每個 CPS-PDU 需有 1-byte 的 STF 與 5-byte 的 ATM

header 以組成 53-byte 的 ATM 碼格。在 ATM 碼格中 STF 與 ATM header 數量固定，惟有組成 CPS-PDU 時的 CPS-PH 數量不固定，在傳送一個 ATM 碼格時最少會有 9 bytes 的 header(只包含一個 CPS-Packet)，因此增加 CPS-SDU fill delay 可使每個 CPS-SDU 大小增加；CPS-SDU 數量減少，以達成 header 降低的目的。再來是如何減少 padding，影響 padding 的原因為 timeout 的發生，也就是在從啟動 Timer_CU 到 timeout 時，此期間仍無法組成一完整的 CPS-PDU，因此加大 Timer_CU 值，發生 timeout 的機會就較小，補 padding 的機會較少。依不同的使用者人數調整 Timer_CU、CPS-SDU fill delay 及 codec，在剛好組成一個 CPS-PDU 或未組滿的 CPS-PDU 大小接近 47 bytes，以得到最小的 overhead 及較大的 network utilization。

參數建議值

以下列出 CPS-SDU fill delay 及 Timer_CU，在以 ADSL 為網路界面時的 3 種 codec 對人數的設定建議值。若使用人數不多的情況下建議使用壓縮率較小的方式，以得到較好的聲音品質及 network utilization。

表一: codec = 8kbps

人數	2~19	20~39	40~
(df,t)	(4,3)	(4,2)	(4,1)

df: CPS-SDU fill delay
t: Timer_CU

4 人以下 network utilization 平均為 20%，5 人至 14 人平均為 45%，15 人以上平均為 50%。

表二: codec = 32kbps

人數	2	3	4,6	5	7~14	15~
(df,t)	(5,1)	(3,1)	(5,2)	(4,1)	(4,3)	(4,1)

Network utilization 平均為 75%。

表三: codec = 64kbps

人數	2	4	3,5,6,7	8~
(df,t)	(5,1)	(4,1)	(4,2)	(3,2)

Network utilization 平均為 85%。

5 結論

本論文主要是探討 ATM/ADSL 網路架構下，使用者端如何利用 AAL2 通訊協定之多工技巧，來傳輸數位化之語音訊號，以降低數位

訊號之 packetization delay，並滿足網路傳率效率之要求。我們除了利用電腦模擬方式，建立一 AAL2/ATM/ADSL 之網路模擬環境，並以理論方式，分別探討在不同的使用者人數下，其 AAL2 之 Timer_CU、語音壓縮率與 CPS-SDU fill delay 等因素對網路的使用效率 (utilization) 影響，以提供最大的使用者人數之目的，並進一步交叉模擬相關之結果，針對不同的網路使用條件下，找出最佳的協定參數設定值，此得出之結果可提供數位語音服務者相關的系統參數設定之參考依據。

6 參考文獻

1. ITU-T, I.363.1, "B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: Type 1 AAL," Aug. 1996.
2. ITU-T, I.363.2, "B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: Type 2 AAL," July, 1997.
3. DSL Forum, TR-036, "Requirements for Voice over DSL," Ver. 1.0, Aug., 2000.
4. David J. Wright, "Voice over ATM: An Evaluation of Implementation alternatives," IEEE Communication Magazine, pp. 72-80, May, 1996.
5. Baranitharan Subbiah and Sudhir Dixit, "ATM Adaptation Layer 2 (AAL2) for Low Bit Rate Speech and Data: Issues and Challenges," IEEE ATM Workshop, pp. 225-233, 1998.
6. Takenori OKUTANI, Hideki WATANABE, and Takemi NISASE, "Performance Evaluation of Multiplexing AAL2 Voice Traffic and TCP/IP Data at the ATM Cell Level," IEEE ATM Workshop, pp. 391-396, 1999.
7. David W. Petr, Raghushankar R. Vatte, Prema Sampath, and Yong-Qing Lu, "Efficiency of AAL2 for Voice Transport: Simulation Comparison with AAL1 and AAL5," IEEE ICC'99, vol. 2, pp. 896-901, 1999.
8. Chunlei Liu, Sohail Munir, and Raj Jain,

- “Packing Density of Voice Trunking using AAL2,” IEEE GLOBECOM’99, vol. 1b, pp. 611-615, 1999.
9. Kotikalapudi Sriram, Terry G. Lyons, and Yung-Terng Wang, “anomalies Due to Delay and Loss in AAL2 Packet Voice Systems: Performance Models and Methods of Mitigation,” IEEE JSAC, vol. 17, no. 1, Jan. 1999.
 10. Saito, Hiroshi, “Performance Evaluation of AAL2 Voice Multiplexer,” IEEE Performance Evaluation, vol: 42, Issue: 1, pp. 57-83, Sep. 2000.
 11. ITU-T, G.723.1, “Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3kbit/s,” March. 1996.