

由 Centrex 系統邁向 VoIP 語音服務之設計與分析

邵喻美 廖婉君 陳信希
國立臺灣大學計算機及資訊網路中心
{madeline, wjliao, hhchen}@ntu.edu.tw

摘要

在採取向電信業者租用 Centrex 虛擬總機電話服務的大型校園中，如何在維持原有電話號碼及電話服務的前提下，進一步利用 VoIP 網路電話的優勢，達到行動性及節費之經濟效益，以及延伸之多樣化功能，是一項深具挑戰性的任務。本文分別探討語音全面 IP 化、Centrex 與 VoIP 並存、以及利用固有線路採行 IP-PBX 架構等三種作法在臺大語音系統架構下實作，並列出可能遭遇的困難。最後由建置、維運、成本等方面進行分析與比較。

關鍵詞： 虛擬總機，網路電話，VoIP，IP-PBX

1. 前言

數年前臺大因原電話交換機容量有限且設備逐漸老舊，開始採用中華電信的 Centrex 虛擬總機服務，期在免除採購及維護電話交換機的昂貴費用及人力成本的前提下，使用者能夠獲得總機功能及專線電話的便利性。但也由於採用中華電信所提供 Centrex 服務的作法，使得校方僅有電話線路及電話總機的使用權而無實體擁有權，造成對於電話號碼、線路、及附加延伸功能等皆無法主導及掌握，而這也形成本校網路電話系統建置的阻礙。然而，電話業務為校內通訊上重要服務，如何在維持原電話號碼不變且正常運作的情況下，進行網路電話建置，實為一大挑戰。為了達到此目標，我們針對語音全面 IP 化、Centrex 與 VoIP 並存架構、以及利用固有線路採行 IP-PBX 架構等三種可能的設計進行可行性分析。

本論文考量未來發展性及符合經濟效益的前提下，對此三種方案深度探討。本文之架構如下：第二節介紹語音全面 IP 化之系統設計及可行性探討，第三節提出 Centrex 與 VoIP 並存的解決方案，第四節為利用固有線路採行 IP-PBX 架構之作法分析，第五節分析及比較這三種方案的優缺點，以及第六節為結論。

2. 語音全面 IP 化

VoIP 網路電話系統最吸引人的特點是：利用校內現成的光纖骨幹及網路佈線傳輸語音資料，以免除昂貴的電話纜線佈線成本。由於傳統上，電信纜線一直由電信業者掌握，其佈線、維護及施工人員

的成本極為可觀。而本校近年來積極佈建校園光纖網路，不僅遍及全校且陸續增加光纖芯數，如能直接利用現有光纖纜線取代傳統電信線路，將可擁有線路自主權且大幅降低線路成本。

全面語音 IP 化最直接的作法就是採用現有網路線路傳輸語音資料，亦即從主設備端到用戶端全部走 IP 網路。無論主設備端架構為 IP-PBX 或 SIP Proxy[1]，使用端的用戶端設備（Client Premise Equipment, CPE）可能採取 IP 話機，或者安裝在電腦上的 IP 軟體電話。一般常見的網路電話系統架構如圖 1 所示，包含進線端、網路、VoIP 設備、用戶端 CPE 設備。圖中顯示在校園內部，從 VoIP 設備到使用者終端設備，完全以 IP 網路作為語音系統的通訊骨幹。而與外網互連的進線端則視與電信業者的交接方式而定，一般可採取 E1/PRI 數據專線或光纖網路等進線方式。

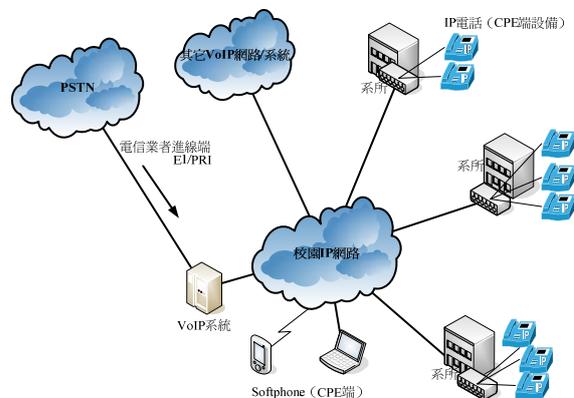


圖 1、純 IP 化的 VoIP 系統架構

在純 IP 環境的語音系統架構中，有幾個關鍵點需要考慮：

(1) 採用 IP 話機或軟體電話

網路電話用戶端 CPE 設備種類，依使用者群組性質差異而有不同的需求。VoIP 的特性之一是可透過電腦上安裝的軟體電話撥打及接聽電話，但由一般使用電話的習慣及方便性來看，在行政及教學等單位的公務需求，仍以硬體話機為主要選擇。同時，在學生宿舍，由於並非所有學生皆擁有個人電腦，且宿舍電話為住宿設施的一部份，因此供住宿生聯絡用的電話比較適合採用硬體電話。至於校內無電話分機之教職員生網路電話，屬於網路加值功能，無須提供硬體電話，使用者可自行決定採行的

作法。

(2) 真實 IP 位址或虛擬 IP 位址

校園網路與一般企業內部網路不同：校園網路屬於開放性質，且為了因應各式各樣的研究需求，其流量不僅多樣性而且用量極大。一般企業內部網路通常採用虛擬 IP 位址，且員工必須透過虛擬私有網路（VPN）從外部存取內部網路。相較之下，一般校園網路通常採取真實 IP 位址的架構，且校內各式服務伺服器也開放可從網際網路存取。

基於安全考量，一般企業內部的 VoIP 系統通常採取虛擬 IP 位址，人員從外部使用 VoIP 服務時，必須先透過 VPN 進入企業內部網路後方可使用。在採取真實 IP 位址的大型校園網路，VoIP 系統用戶端設備使用真實 IP 位址是最直接且最配合網路環境的作法。但是所有用戶端設備皆為 IP 話機，那麼勢必需要額外的 IP 位址供 CPE 設備設定。本校由於單位眾多，IP 位址數量原已捉襟見肘，若需另外配置近萬個 IP 位址供 IP 話機使用，確有執行上的困難。

可能的作法是採用虛擬 IP 位址，但這必須配合網路架構的調整：(1) 系所內部另外佈設一套網路線供 IP 電話使用。此部分採取虛擬 IP 位址，並界接到另一套網路設備，或者同一台網路設備，但以設定 VLAN(IEEE 802.1Q[2]) 的方式和資料網路切割。接著，再走獨立光纖與 VoIP 系統界接，同時骨幹網路上也必須為 VoIP 系統使用的虛擬 IP 位址進行路由。(2) 利用 IP 話機上的 Hub 功能，讓 IP 話機作為電腦與 IP 話機的集線器，使得電腦的真實 IP 位址與 IP 話機的虛擬 IP 位址並存，如圖 2 所示。在此架構下，資料與語音流量在系所內部的區域網路上仍然並存，而通往骨幹網路的部分則可根據不同 IP 網段設定 VLAN，在校園骨幹上採取資料與語音流量分流。

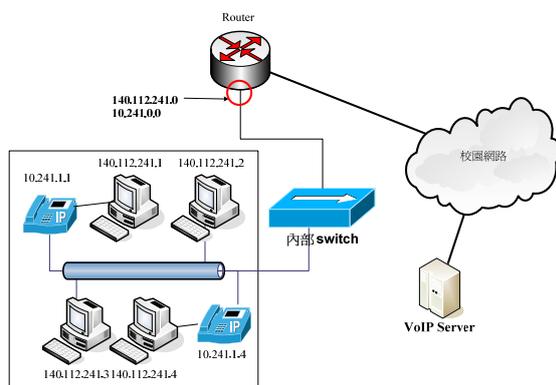


圖 2、以 IP 話機提供真實與虛擬 IP 並存之網路環境

(3) 整合線路或獨立線路

在所有系所建築物皆已透過光纖連接，且各建

築物內部也已建置網路的校園環境下，實已具備採取語音全面 IP 化的基礎建設條件，VoIP 服務可完全透過 IP 網路運作。但從另一方面來看，由於校園蓬勃發展的網路應用特性，對於語音服務的品質也可能造成無法預期的影響。基於對語音流量的品質保證（QoS），目前最安全的作法仍是採取資料及語音流量分流的架構，以避免相同網路上的異常資料流量，例如在校園網路上常見的中毒、大量下載、攻擊等，降低語音的品質。此種架構對於現行網路架構將帶來一番變動：以系所通往骨幹網路的部分而言，校園網路基礎建設工程已為各單位佈設額外光纖，因此能夠輕易地以單獨光纖傳輸語音流量。但系所內部網路，這個最容易受到區域網路異常流量影響的部分，如欲獨立出語音網路，則必須重新佈設網路線供用戶端 CPE 設備界接，這將是另一筆網路基礎建設的支出。

(4) 電力需求

在語音全面 IP 化的架構下，從電信機房的主設備到使用者終端設備皆必須確保穩定且持續的供電狀態，才能夠維持網路電話運作。在此考量下，一般會採取 PoE（Power over Ethernet）解決方案，亦即 IEEE 802.3af[3] 乙太網供電標準，在乙太網路上透過一般雙絞線將電力輸送到裝置上。如此一來，無須更改乙太網路的纜線架構，便可從網路設備端（如交換器）供電給 IP 話機等終端設備。雖然利用原有網路纜線即可供 PoE 機制運作，但前提是網路設備及 IP 話機都必須支援 PoE 標準。然而目前運作中的網路設備大都未支援 PoE，因此如欲全面採用 PoE 機制為 IP 話機供電，便必須更換界接 IP 話機的網路交換器。以大型校園而言，這將是一筆不小的支出。

在網際網路已臻成熟的環境中，語音通訊全面 VoIP 化已經是大家公認的未來趨勢。前述分析可以看到在大型校園網路中採行語音全面 IP 化將遭遇到的困難：IP 位址大量需求，網路電話品質的確保，以及網路電話設備的電力需求。為了解決語音品質的不可預測性，可採取獨立線路傳輸語音以保障傳輸品質，但代價是全面更新網路基礎建設。因此，以語音全面 IP 化為目標的解決方案，在要求語音品質及運作穩定的前提下，比較適合中小型校園環境。對於大型校園而言，必須採行其它漸進式的作法。

3. Centrex 與 VoIP 並存的解決方案

在開放校園網路環境，提供能達到 QoS 保證的全面 IP 化語音服務，目前仍有其不可預期及難以克服的因素。考量現實環境的條件，目前校園內的電信銅纜佈線皆已接續至使用者端，如能以其為基礎提供網路電話，既能整合現有電話系統，又可具備網路電話的功能及節費效益，不失為可行的規劃方向。在此種規劃方向下，有兩種可能的作法：(1)

Centrex 與 VoIP 並存，以及 (2) 利用校園內固有電話線路採行 IP-PBX 架構。以下針對第一種作法予以說明及分析，第二種作法將於下一節闡述。

維持原 Centrex 電話服務對於使用者而言變動最小，但又希望增加 VoIP 功能以達到行動性、訊息整合功能、及節費效益，可考慮繼續採行 Centrex 服務，同時於校園網路上另行建置 VoIP 系統。在此種傳統電話服務與數位語音並存的架構下，可透過 VoIP 閘道器 (VoIP Gateway) 進行訊號轉換以達到雙方互通的效果。VoIP 閘道器的放置地點從使用者終端設備，到校園內電話配線盤等處皆為可行的作法。

(1) VoIP 閘道器裝設於使用者終端設備處

以個人終端設備而言，使用者必須仍能透過原有桌上話機使用 Centrex 電話系統，而且還能夠透過網路電話系統同時接聽 Centrex 與 VoIP 電話，其運作方式如圖 3 所示。圖中採用的 VoIP 閘道器至少須具備一個用來界接來自 PSTN 線路訊號的 FXO 埠 (Foreign eXchange Office)、一個用來界接通往類比話機線路的 FXS 埠 (Foreign eXchange Station)，以及通往 IP 網路的 RJ-45 通訊埠。在此架構下，原本直接接入桌上話機的個人 Centrex 線路，改接至 VoIP 閘道器的 FXO 連接埠，再以一條 RJ-11 纜線將話機接到 VoIP 閘道器的 FXS 連接埠，然後再以網路線將 VoIP 閘道器接上網路。該 VoIP 閘道器上除了必須設定 IP 位址等網路資訊外，還必須設定 VoIP 系統 (SIP[1]、H.323[4]，或廠商專有協定) 之登入相關資訊，例如 SIP 伺服器位址、登入帳號、密碼等。此外，可透過閘道器內部的熱線 (hotline) 功能，讓來自 FXO 連接埠的進線訊號同時振鈴 SIP 帳號，如圖中虛線所示之振鈴路徑，因而達到讓使用者透過網路也可接聽桌上分機的行動功能。藉由此種架構，使用者無論身於何處，皆可透過網路接聽及撥打桌上 Centrex 電話以及 VoIP 電話。

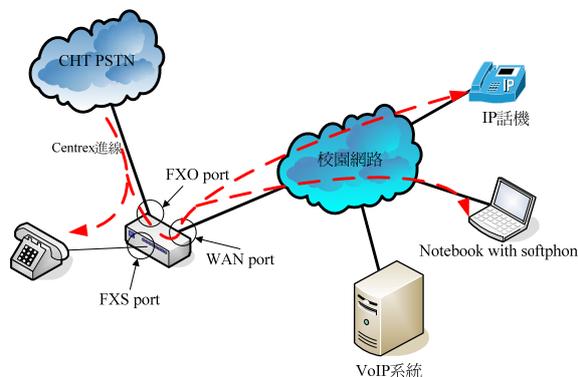


圖 3、透過 VoIP 閘道器銜接 Centrex 及 VoIP 的運作架構及振鈴路徑

(2) VoIP 閘道器裝設於線路集結處

上述作法在每個電話桌機處都必須裝設 VoIP

閘道器，才能讓原有 Centrex 電話號碼達到 VoIP 行動性。顯而易見地，為了讓 VoIP 閘道器能透過 IP 網路連接上 VoIP 系統，每個 VoIP 閘道器都必須設定 IP 網路及 VoIP 服務的相關組態，這對於 IP 位址的需求及設備維護都帶來極大的負荷。為了節省資源，如能將 VoIP 閘道器從用戶端拉回電話線路集結點，如建築物內部電話配線盤或校園內線路集結處，無論在 IP 位址需求及 VoIP 閘道器的設備數量而言，皆可大幅降低。同時，若 VoIP 閘道器以系所建築物或校內電話纜線集結處為單位，則可直接接上校園光纖骨幹網路，以獨立光纖傳輸語音流量。而系所內部則走原已佈設之電話線路，讓使用者設備端到 VoIP 系統之間的語音流量完全不會受到資料流量的影響。圖 4 所示為此架構之運作方式，其中用戶端仍維持虛擬總機進線，但在線路集結處，例如建築物內部配線盤，則跳接至多連接埠 VoIP 閘道器，而用戶端桌上話機的電話線路則於配線盤處改接至 VoIP 閘道器。如此一來，在不更動使用者端設備的情況下，便可將 Centrex 電話延伸

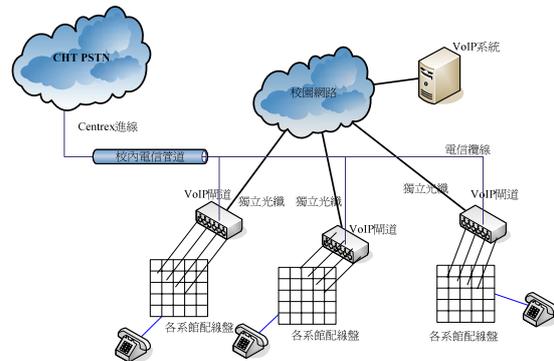


圖 4、透過系所 VoIP 閘道器整合 Centrex 及 VoIP 系統

到網路上，與 VoIP 系統結合，而增加了行動性。

在 Centrex 虛擬總機服務的校園環境下，可維持原有電話服務又可整合 VoIP 部分優點的解決方案中，最快的作法就是保留原 Centrex 電話服務，同時建置一套 VoIP 系統，例如 SIP Proxy，然後利用 VoIP 閘道器將 Centrex 電話和 VoIP 系統串連起來。此種解決方案可隨規劃的建置規模大小而調整，如果僅為部分電話提供 VoIP 功能，可採取上述的個人用單埠 VoIP 閘道器。如果擬全面提供 VoIP 功能，可於線路集結處統一界接至多埠 VoIP 閘道器。此種解決方案可說是從 Centrex 系統邁向全面 VoIP 化的暫時性作法。

4. 利用固有線路採行 IP-PBX 架構

在 Centrex 與 VoIP 並存的架構下，雖然能夠維持原 Centrex 專用電話號碼，且擁有部分 VoIP 的優點，但是基本電話服務仍受電信業者主導，因此學校不但無法降低 Centrex 虛擬總機月租費這筆固定開銷，而且也享受不到利用 VoIP 系統節費的優勢。

本節提出另一種作法：利用校內現成的電信纜線與光纖骨幹網路建置 IP-PBX 系統，不僅可省下線路基礎建設費用，也可完全掌握電信系統。其具體作法如下所述：

(1) 校內自行建置 IP-PBX 系統

中華電信 Centrex 服務已將電信銅纜線佈設至校園內的使用者端，因此可就地利用現有電信線路提供使用者端訊號，並於校園內設置數個線路集結及轉接點，將類比線路接入 IP-PBX 設備（或遠端機櫃）後，透過校園光纖網路，形成校園電信網路基礎建設。在校內建置 IP-PBX 不僅可取代原 Centrex 服務提供的總機功能，並可為校內電話增加 VoIP 功能，同時更可將原來的 Centrex 各分機專屬電信線路，更改為以 E1/PRI 線路集中進線，並搭配 DID¹ 號碼以維持原來的 Centrex 電話號碼。此架構如圖 5 所示，其中右側數個遠端機櫃放置於校內中華電信電話纜線之集結點，負責承接原通往使用者終端設備的電話纜線，並透過校園光纖網路與 IP-PBX 互通。而自中華電信局端的進線則改為以 E1-PRI 線路搭配 DID 號碼維持原號碼服務，於接進校內的 IP-PBX 後，再根據號碼路由轉至對應的遠端機櫃，然後振鈴使用者終端設備。透過 IP-PBX 架構，使用者除了使用桌上話機之外，也能夠同時振鈴透過網路登錄上線的軟體電話、GSM 手機（根據各廠牌 IP-PBX 功能而定）、或無線分機等，達到網路電話具備的行動性。

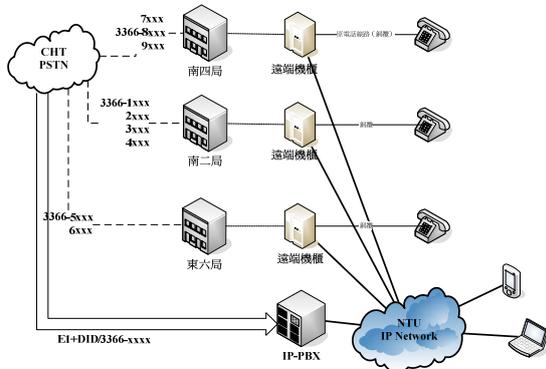


圖 5、利用原電話線路採取 IP-PBX 架構

以大型校園而言，除了採取上述單一系統 IP-PBX 的架構外，另一種作法是採取分散式多系統 IP-PBX 架構，亦即以多台 IP-PBX 取代圖 5 中的遠端機櫃。其考慮因素除了單一設備容量與此等規模的設備價格高昂之外，後者也比較不會有單一故障點的風險。但從另一個角度來看，多台 IP-PBX 設備代表了管理面複雜度的提高。

¹ DID (Direct Inward Dialing) 號碼是一種電信公司服務，提供一整群電話號碼接入客戶端的電信交換機。透過 DID，可讓客戶端內部使用者電話擁有各自專屬的直撥電話號碼，而無須為每個電話號碼界接獨立的實體連線。

無論採取單一系統或分散式多系統的 IP-PBX 架構，未來校內建築物陸續更新內部網路纜線，或興建新建築物時，皆可規劃佈設另一套語音流量專用的網路及交換器以支援 PoE 功能，並在更換使用者終端設備（亦即 IP 話機）後，便直接升級至全 IP 化的語音服務，同時仍維持原電話號碼。因此，此解決方案不僅具有建置後立刻增加 VoIP 功能的優勢，也是一套具備擴充性的作法。

(2) IP-PBX 租賃服務

採行 IP-PBX 架構除了自行建置及維護設備之外，因應客戶節省採購設備及維護人力之需，近來在電信市場上也陸續推出 IP-PBX 設備租用以及 IP-Centrex 服務[5]。IP-PBX 租用和自行採購並建置 IP-PBX 的架構相同，設備都放置於客戶端，只有採購程序不一樣。IP-Centrex 服務租賃則類似於傳統 Centrex 服務架構，由電信公司於局端建置大型 VoIP 網路，並供線至用戶端提供以 IP 為基礎的電信服務。對於原已採行 Centrex 虛擬總機電話服務的用戶端，便可在完全不更動內部電話線路的情況下，增加 VoIP 延伸功能，或者與校內建置的 VoIP 系統整合。圖 6 為 IP-Centrex 運作架構，從各局端供線經校園內部到用戶端電話的部分完全不動，但原來界接至 Centrex 設備的類比銅纜線路則於局端經由 VoIP 閘道器轉換，再透過電信業者骨幹網路連接到其 IP-based 電信網路。而原先經電信骨幹將 Centrex 電話號碼指向各局端以進入校園的路由，則改為指向 IP-based 電信網路，透過 IP 網路方式通往各局端，再導向校園內的電話。

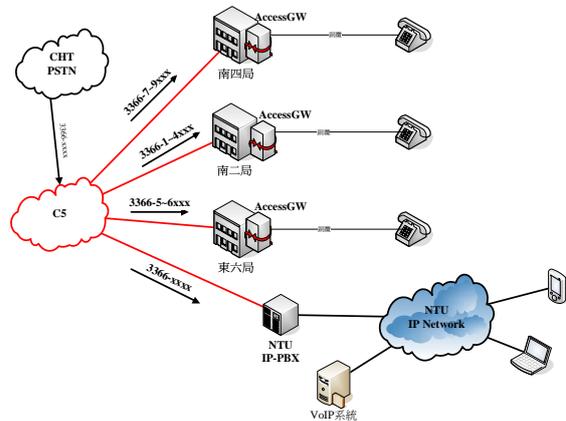


圖 6、從傳統 Centrex 轉換為 IP-Centrex 之架構

在完全採用乙太網路作為語音系統架構的 QoS 因素考量之下，運用校園原有電信銅纜作為通往使用者終端設備的最後一哩，並以校園光纖網路作為語音架構的骨幹，如此可確保語音傳輸品質，並形成校園統一的語音系統。此種作法在初期建置時，必須從校園中由電信業者協助佈設的電信纜線系統，規劃出適當的線路集結處，以設置機房提供電信設備適當的運作環境。此種架構雖然在接續使用者終端設備處仍採用現存銅纜線路，但校園內興

建中的新建築物，以及整建的舊建築物便可陸續開始建置獨立的語音網路，並採取全 IP 化的語音架構，與其他仍採用銅纜線路的建築物同時並存於校園語音系統上。因此，此種架構同時兼具解決目前語音需求及未來發展性的解決方案。

5. 可行性分析及比較

校園語音系統之設計及建置不僅須考慮使用需求、功能規格，及建置成本等因素，同時也須將系統完成之後的營運成本及系統維護難易度，以及該語音系統所帶來的效益與未來發展性納入考量，方能評估最適合校園的語音解決方案。以下便分別從不同面向，分析及比較本文所提出之三種語音系統解決方案。

(1) 初期建置成本

系統初期建置成本包含線路基礎建設及設備兩大部分，前者涵蓋網路及電信線路相關工程。當採行 IP 網路為語音系統基礎建設解決方案時，若直接運用原有網路纜線傳輸語音，便可降低線路建置成本。若另外佈設語音專用網路以達到語音品質保證，便必須評估各建築物內部重新佈線，甚至新增網路設備的成本。相同地，若運用通往使用者終端設備的原有電信纜線，亦可降低線路成本。但在類比銅纜改接至數位網路處的整線及改接工程，則需另一筆基礎建設的成本。

除了線路基礎建設之外，建置初期的大部分費用將集中在設備，包括 VoIP 設備及其它週邊裝置。例如，在全 IP 化語音架構下，若考慮穩定且持續供電的需求，便需採行支援 PoE 的 IP 話機及網路交換器。採取原有電信纜線搭配校園光纖網路作法時，則必須建置 VoIP 開道器或遠端機櫃，將電話線路透過校園光纖網路界接至校內自行建置的 VoIP 系統。

(2) 營運成本

營運成本包含未來將支付電信公司的對外線路租費、通話費，以及系統本身的維護費用。不管採取傳統或 IP 化電信系統架構，都不可避免地仍需與 PSTN 電信網路互通，因此需要向電信公司或 ISP 租用線路以及電話號碼。校園採取自建電信系統與向電信公司租用 Centrex/IP-Centrex 服務的最大差別是，前者可採取 E1/PRI 集中進線帶 DID 號碼的方式，與後者各分機獨立進線並分別計費的方式比較起來，前者的線路及號碼租費可省下相當可觀的費用，約在目前金額的 20%~35%。

相同地，當校園自有電信系統時，便可自行設計與 PSTN 或其他語音網路之傳輸路徑，根據穩定性、語音品質、及經濟性選擇最適當路由。例如，校園可與各電信業者或 ISP/ITP 洽談界接合作，將對外通話流量導向最符合經濟效益的路徑，也因而

較能夠達到節費的效果。同時，各遠距校區之間可透過 IP 網路或光纖網路形成單一電信系統，達到各校區之間免費電話互通的效益，因而大幅降低電信費用。

不過，當校園自行建置電信系統時，後續的維護成本便是一筆可觀的費用，通常一年的保固維護費大約為設備價格的 10% 左右。在估算校園電信服務未來固定支出經費時，必須納入此項成本。相對地，租用電信服務時則無此項成本。

(3) 維護難易度

整套校園電信系統涵蓋了線路基礎建設、主系統設備、以及使用者終端設備。就維護而言，線路的複雜度越低，設備的數量越少，相關設備越簡易，整體系統維護的困難度就比較低。以語音全面 IP 化為例，無論採取語音/資料整合或語音獨立線路，雖然後者線路數量較多，但原則上都是 IT 人員熟悉且可自行維護的乙太網路線。採取校園原有電信銅纜線路時，則必須另行透過轉換設備，如 VoIP 開道、遠端機櫃、或 IP-PBX，才能界接到校園骨幹網路，也因此增加必須維護的設備數量。

(4) 系統發展性

語音系統的建置目標不僅要能符合當前的需求，也要能夠在可見的未來數年內提供功能及容量規模等多方面的發展空間。VoIP 系統眾所皆知的優勢在於其運用 IP 技術所帶來的多樣性功能，且其應用仍持續發展中，這是傳統類比電信技術所無法企及的。在使用容量上的規模，IP-based 的語音技術可透過已普遍建置的有線及無線網路傳輸，對於使用者終端設備的限制也不像傳統類比語音技術僅限於話機，因此只要擴充主設備容量，便可立即支援更多使用者。反之，傳統類比語音技術必須透過電信銅纜介接使用者終端設備，相對而言，人力及金錢的佈線工程便限制了規模的擴充。

(5) 效益分析

我們以系統具備的功能應用、衍生的節費效益，以及學校對於系統所擁有的自主性來評估建置語音系統對於校園所帶來的效益。當語音系統功能運用 IP 網路多媒體技術時，將可讓校園語音服務邁向網際網路，進而促進教學研究的行動性與行政服務的便捷性。也正由於運用了無遠弗屆的網際網路，IP-based 語音服務可為學校及使用者節省電信費用支出，甚至達到完全免費的通話效益。相對於向電信業者租用電話服務，校園採取自建 IP-based 語音系統的解決方案時，更容易掌握號碼及功能面的管理，對於未來發展更具潛力。

6. 結論

為採取 Centrex 服務的大型校園規劃未來語音系統時，VoIP 技術是顯而易見的選擇。從本文所探

討的語音全面 IP 化、Centrex 與 VoIP 並存，以及利用固有線路採取 IP-PBX 架構等三種架構來看，三種方案皆具備各自的優勢。以建置成本而言，採取原有線路作法的基礎建設成本最低；但最後一哩若採用原電信銅纜，則另外需要類比數位轉換設備，除非租用電信服務，由業者負責所有設備。未來營運成本的最主要差別在於自建 IP-based 語音系統時採取集中進線架構，可比 Centrex 架構支出較低的線路租費，但前者需自行負擔系統維運費用。而在維護難易度方面，線路單純的全面 IP 化語音架構較類比銅纜與乙太網路混合運用的架構容易維護，租用 Centrex/IP-Centrex 服務則由電信業者負責。除了實際的營運考量之外，系統的功能、規模、及未來發展性也是選擇語音系統架構的重要因素，原則上自建 IP-based 語音系統的擴充性遠較租用服務的方式高。相同地，自主權高的自建 IP-based 語音系統，能夠提供校園的語音功能應用及節費效益也比租用 Centrex/IP-Centrex 服務高。整體而言，語音 IP 化已是時勢所趨，如何在規劃未來校園語音系統時，評估引入 IP 技術的規模與方式，以達到平順轉移語音系統架構，並維持語音服務正常運作，是執行單位必須謹慎規劃及進行的重要工作。

參考文獻

- [1] J. Rosenberg et al., SIP: Session Initiation Protocol, IETF RFC 3261, June 2002.
- [2] IEEE, 802.1Q, Standard for Virtual Bridged Local Area Network, 2006.
- [3] IEEE, 802.3af, Power over Ethernet.
- [4] ITU-T. "Packet-based multimedia communications systems," Recommendation H.323, Telecommunication Standardization Sector of ITU, June 2006.
- [5] IP-Centrex, <http://www.ip-centrx.org>