

VoIP 產品測試評比：功能、效能與符合性

測試計劃主持人:

林盈達

測試人員:

林毓達, 俞丁發, 曾鼎哲, 陳思豪, 陳銘宏

工研院交大網路測試中心

新竹市大學路 1001 號電子資訊大樓 604 室

<http://www.nbl.org.tw>

摘要

VoIP 產業經營多年，隨著寬頻網路的普及與電信開放而逐漸受到消費者青睞，許多產業分析也預期 VoIP 在 2004 年將是成長快速的網通產品；為了提供消費大眾瞭解 VoIP 的特性，NBL 特地舉辦分兩階段的公開測試評比與互通插拔大會來檢視產品。評比著眼於功能比較、效能及符合性測試，而插拔大會則是要解決互通性問題。總共有 6 家用戶端和 2 家局端設備廠商參與評比測試，14 家廠商參加國內首次舉辦的插拔大會，而本文則報告評比測試的結果。局端設備因為與 WAN 銜接，介面包含 PSTN, T1, E1, ISDN 等多而複雜，這次並無評比測試，而是著重在用戶端具有 Ethernet 與 FXS 介面的設備。功能比較方面以 Alcatel 和 Avaya 的產品支援最完整，包括多方會談、插撥和語音留言等增值功能，產品定位適用於大型企業，方便客戶跨國通話使用。效能部分著重在測試語音品質和話務能力，語音品質測試發現 D-Link 和 Vodtel 的 Gateway 產品在多種模擬環境下整體表現較好，IP Phone 產品則以 BCM 和 D-Link 整體表現較出色，差異部分則以模擬嚴苛網路環境時較明顯，單純環境下的差距並不大；話務能力測試發現各家 Gateway 產品的穩定性都達到 98.5% 以上，而處理速率則是 Vodtel 的 Gateway 最快，各家表現差異相當明顯，尤其 SIP 產品又遠快於 H.323 產品。符合性測試則針對 SIP 協定來檢驗產品符合標準的程度，結果發現 D-Link 與 UFOC 產品的符合程度較高，但因為測試軟體的版本是針對 RFC 2543 協定，而產品都是遵照 RFC 3261 協定實作，即使有往前相容，結果仍有許多無法判斷的項目，所以該項測試結果僅供參考，不代表產品的優劣。



1. 背景

網路電話(VoIP)的經營生態可以概分為(1)網路電話服務供應商(Internet Telephony Service Provider, ITSP)建設專屬網路骨幹以取代傳統 PSTN、(2)ITSP 與 ISP 服務結合直接提供民眾 VoIP 服務，例如日本的 Yahoo!BB、(3)企業自行架設點對點及多點間通訊。產品的生態類似 xDSL 產業，需要局端與用戶端搭配以確保互通性，所以用戶端產品大都由 ITSP 業者提供，民眾無法在一般電腦商場購買。為提供國內廠商一個完整 VoIP 產品品質檢視、互通性測試以及了解 VoIP 市場趨勢的機會，工研院交大網路測試中心(NBL)已於 2003 年 12 月起在交通大學電子資訊大樓網路測試中心舉辦一系列 VoIP 產品之測試活動，活動內容主要分成效能評比與互通性插拔大會兩階段；2003 年 12 月 1 日至 2004 年 1 月 31 日進行 VoIP 產品之功能、效能與符合性測試，2 月 9 日起開始進行為期四天國內網通領域首次舉辦之互通測試插拔大會，並於 2 月 13 日進行 VoIP 產業研討會。這次公開評比的測試過程都是公開化，我們與各家廠商保持良性互動並且即時反映產品的問題，提供研發廠商相當關鍵的資訊，並於測試報告中提出評比與互通測試總體結果，測試報告也可在測試中心的網站 <http://www.nbl.org.tw> 取得。

此次測試評比活動所邀請的對象，主要是依據工研院經資中心之產業分析報告來篩選市佔率較高的品牌，並且開放廠商報名參加，而世紀通、東訊、亞旭與創介等大廠則因為時程關係而沒參與活動，總計參加者包括台灣用戶端設備廠商(國庭、畢迅、友訊、昱源、偉僑、聯光通信)和國外局端設備廠商(Alcatel、Avaya)共 8 家，詳細列表如下表 1-1 所示。評比測試項目包含功能面、效能面與符合性驗證；因為測試儀器的限制，待測物只針對用戶端設備，包括 IP Phone 與 Gateway，協定則包括目前市場主流的 H.323 與 SIP。

表 1-1. 評比測試參與名單

廠商	待測物	備註
Alcatel	4020/4035 Phone	Proprietary Phone
Avaya	4612 Phone	H.323 Phone
Accel(國庭)	Smart IAD	SIP Gateway
	ITG	H.323 Gateway
D-Link	DPH-80S	SIP Phone
	DPH-100H	H.323 Phone
	DVG-1120S	SIP Gateway
	DG-102SP	SIP Gateway
	DG-102SH	H.323 Gateway
BCM(畢迅)	HP 180-LD	SIP Phone
UFOC(聯光通信)	HA-2000	SIP Gateway
Vodtel(昱源)	MOSA 3702A	SIP Gateway
	FONEMOSA 4304A	SIP Gateway
WellTech(偉僑)	Wellgate 3502	SIP Gateway
	Wellgate 3502	H.323 Gateway
	LAN Phone 201	H.323 Phone

邀請之前，我們先從廠商的網站選擇適合本次測試的產品等級與型號，但因為有時候網站資訊更新較慢，若廠商覺得有更適合的產品，可以與 NBL 確認是否更換為待測物。統

計發現，評比的產品類別包括 10 款 Gateway 和 6 款 IP Phone，協定類別則是 9 款產品採用 SIP，6 款產品採用 H.323，1 款產品採用非標準協定。可以感覺到 SIP 產品儼然是廠商發展的主力，但 H.323 的產品仍舊有穩定出貨給既有的客戶。而開發 Gateway 產品的比例也高於 IP Phone，主要是因為 Gateway 可應用功能較多，而且有朝向多合一整合的趨勢，例如加入 WLAN、NAT 與防火牆等功能；但是我們也觀察到已經有廠商推出 Wireless IP Phone 產品，可以想像未來的 IP Phone 若可以整合 GSM、VoIP 與 Mobile IP 協定，對於通話節費將有相當的助益。

圖 1-1 為實驗室的 VoIP 測試平台環境，測試項目、內容、工具與待測物之間的關係分類如下表 1-2；因應 VoIP 測試需求，我們使用了幾個 open source 的軟體，包括(1)Vocal Proxy Server，(2)OpenH323 Gatekeeper，(3)NIST Net network emulation。Vocal Proxy Server 與 Open H323 Gatekeeper 分別用作 SIP 與 H.323 用戶端產品註冊所需的伺服器，這兩套軟體的發展組織都是國際上頗具有公信力的法人單位；NIST Net 則用來模擬網路上的行為，包括 delay 與 packet loss，並量測不同情況下的語音品質。



圖 1-1.待測物與測試工具

表 1-2. 測試項目、待測物與測試工具

項目	內容	待測物	測試工具
功能	<ul style="list-style-type: none"> ● Management ● Maintenance ● Feature 	IP Phone、Gateway	N/A
效能	Voice Quality <ul style="list-style-type: none"> ● Delay, Signal Loss, DTMF, PESQ, MOS ● Different language ● Echo emulation ● WAN emulation 	IP Phone、Gateway	<ul style="list-style-type: none"> ● Agilent VQT ● NIST Net (open source)
	Call Processing <ul style="list-style-type: none"> ● Total call completion ● Call rate ● Setup time 	Gateway	Spirent Abacus 5000

符合性	SIP protocol (RFC 2543)	IP Phone、Gateway	Navtel interWATCH
互通性	<ul style="list-style-type: none"> ● Connection setup ● Conversation 	IP Phone、Gateway、Server	N/A

從產業分析報告可以發現日本的網路電話服務產值與局端設備需求是亞洲最高的區域，而多家台灣的用戶端產品研發與製造廠商都有搭配日本業者的合作關係，品質要求都是非常嚴格，所以藉由 NBL 公開評比活動，集合多家代表性廠商產品與測試儀器，我們設計多種測試案例以檢視各家產品的品質，結果將有助於國內外 ITSP 業者尋找理想的設備夥伴，而廠商也可以依據結果與測試需求，採購需要的測試儀器來強化產品競爭力，所以這次活動的主要目標就是營造三贏局面，同時也促進台灣網路電話市場的成長。

2. 功能評比

我們觀察發現 VoIP 用戶端產品有逐漸家電化的趨勢，功能也趨於整合，例如 VoIP Gateway 整合 Wireless 晶片，提供基地台功能；或者加上 NAT 與 Firewall 功能，就是一台有防火牆功能的寬頻分享器。也有 IP Phone 推出 Wireless、blue-tooth 或 USB 介面，只要搭配無線基地台或是接上電腦即可上網通訊。不同於一般網路通訊產品的地方是(1)設定簡易化，也就是透過話機按鍵即可進行基本設定；(2)操作習慣，使用者在使用上會類似傳統電話的操作。而不同於傳統電話的地方是(1)協定限制，產品必須透過伺服器(proxy server 或 gatekeeper)作註冊與協助溝通。(2)功能強化，常見的保留、轉接、來電顯示和電話簿功能等，網路電話都可以涵蓋，更進階者包括 CODEC 選擇、通話紀錄、軟體更新等。

值得注意的是產品普遍缺乏安全性的考量，我們認為這是產品可以加強的地方；包括用戶端註冊到伺服器應該要有認證機制，避免匿名通話的情況；語音傳輸透過 RTP 協定應該有加密保護，否則可能被擷取而洩密。因為用戶端的網路電話設備有語音品質與網路頻寬的考量，可歸納成下列幾個設計注意點，包括(1)Delay、(2)Jitter、(3)Packet loss、(4)Echo。我們觀察發現超過 50%的產品已經具有 QoS/ ToS 功能，但需要網路環境的節點(路由器、閘道器)也支援 QoS，才能讓服務品質保證發揮功效。

2.1 個別功能比較

產品的功能比較分成 Management、Maintenance、Voice、Features、Interface 與 Hardware Spec.六大類別，列表則分成 IP Phone 與 Gateway 兩群，(H)代表使用 H.323 協定。表格 2-1 與 2-2 分別是 IP Phone 與 Gateway 在 Management 與 Maintenance 功能比較。Management 部分是比較產品在設定上的方式，包括 Web GUI、Telnet、RS-232 與 Keypad 話機按鍵；而話機(除了 D-Link DPH-80S 以外)都會配備小型顯示螢幕，以方便使用者透過按鍵來觀看設定資訊，比較特別的是 Alcatel 與 Avaya 的話機設定是依附局端設備，本身只提供簡單按鍵設定，沒有 Web 設定介面，其餘產品都以 Web 設定介面為主；Telnet 方式主要是讓技術人員使用，可以作更多進階的設定，不建議一般使用者去操作。就外觀考量，Gateway 大都還提供 RS-232 介面，但並不適用於 IP Phone 設備；所有 IP Phone 都可以透過按鍵作基本設定，特別是還有兩款 Gateway (MOSA 3702A 與 FONEMOSA 4304A)也可以透過接話機使用按鍵作設定，對於不方便使用電腦的人是相當友善的考量。

Maintenance 部分是比較產品提供 Configuration backup/restore、Firmware upgrade 以及 Trouble-Shooting 的能力；Configuration backup/restore 泛指產品設定檔可以儲存到個人電腦



或是上傳既有的設定檔到設備中，以協助使用者對專業設定的疑問並節省設定時間。由於網路電話基本上還是資訊產品，所以 Firmware upgrade 是必備功能，常見更新方式有 TFTP，少數則有 Web 介面。Trouble-Shooting 則是比較產品是否提供狀態顯示功能，多數產品會利用 LED 燈號或螢幕來顯示目前的執行情況(包括是否註冊、通話中和網路連線狀態)，也有產品利用 Web 介面並顯示更多資訊如封包流量；觀察發現 Alcatel、BCM、D-Link、UFOC 與 Vodtel 產品的支援較完整。

表 2-1. IP Phone 功能列表-Management 與 Maintenance

廠商	待測物	Management				Maintenance		
		Web	Telnet	RS-232	Keypad	Configuration backup/restore	Firmware upgrade	Trouble-shooting
Alcatel	4020/4035	N	Y	N	Y	Y	Y	Y
Avaya	4612	N	N	N	Y	N	Y	Y
BCM	HP 180-LD	Y	N	N	Y	Y	Y	Y
D-Link	DPH-80S	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y
D-Link	DPH-100H	Y	Y	N	Y	N	Y	N
WellTech	LAN Phone 201	Y	Y	N	Y	N	Y	Y

表 2-2. Gateway 功能列表-Management 與 Maintenance

廠商	待測物	Management				Maintenance		
		Web	Telnet	RS-232	Keypad	Configuration backup/Restore	Firmware upgrade	Trouble-shooting
Accel	ITG	Y	Y	Y	N	N	Y	N
Accel	Smart IAD	Y	N	N	N	N	Y	N
D-Link	DVG-1120S	Y	Y	Y	N	N	Y	Y
D-Link	DG-102SP	Y	Y	Y	N	N	Y	Y
D-Link	DG-102SH(H)	Y	Y	Y	N	N	Y	Y
UFOC	HA-2000	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y
Vodtel	MOSA 3702A	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y
Vodtel	FONEMOSA 4304A	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
WellTech	Wellgate 3502	Y	Y	Y	N	N	Y	Y
WellTech	Wellgate 3502(H)	Y	Y	Y	N	N	Y	Y

表格 2-3 與 2-4 分別是 IP Phone 與 Gateway 在 Voice 與 Features 方面的功能比較。Voice 部分是比較產品在語音品質相關的功能；CODEC 演算法已經有超過五種標準，而產品普遍都有 G.711 和 G.729 兩種，部分產品則額外提供 G.723 和 G.726 選項；不同 CODEC 的主要差別在於壓縮率，理論上 G.711 的品質會優於其他 CODEC；使用者可依照實際環境的頻寬來決定 CODEC，若頻寬不夠大卻仍使用 G.711 CODEC，則會感覺通話延遲。回音消除

(echo cancellation)、語音修補(packet loss concealment)和語音緩衝(jitter buffer)則是大多數產品都具有的功能，仔細比較則發現 IP Phone 產品在實作上的項目會比 Gateway 來的少，而 D-Link 與 WellTech 的 IP Phone 則是支援較完整，Gateway 部分則各家差異不大。這些項目都是包含在系統預設，少數產品可以從設定介面來變更設定(例如啟動、關閉)，D-Link 的產品在設定操作上做得比較彈性，但對於一般使用者而言並非必要需求。

Features 部分是比較產品的特性，著重在功能面而非效能面，包括來電顯示、保留、轉接、限制撥號和網路位址的取得，對語音品質影響不大。這些功能主要是繼承傳統話機的操作，並非協定標準內文的必要規定，可以明顯看出很多產品不提供某些功能；有些產品的來電顯示、保留和轉接功能則限定自家產品才能作用，意味著產品之間有某種程度的不互通現象，更詳細的討論可參考互通測試章節。網路位址設定方式則大同小異，主要差別在於 Gateway 產品會比 IP Phone 產品多了 NAT 項目，因為 Gateway 產品的 Ethernet 介面會包涵 LAN 和 WAN，儼然是個小型 Hub。整體而言，Alcatel 與 WellTech 的產品在附加功能較完整。

表 2-3. IP Phone 功能列表-Voice 與 Features

廠商	待測物	Voice				Features				
		CODEC	回音消除	封包修補	語音緩衝	來電顯示	保留	轉接	限撥	網路位址
Alcatel	4020/4035	G.711(A/U),G.723.1,G.729 (A)	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Static, DHCP
Avaya	4612	G.711(A/U),G.723.1/A,G.729 (A/B)	Y	N	Y	Y	Y	Y	N	Static, DHCP, PPPoE
BCM	HP 180-LD	G.711, G.723.1, G.729(A/B)	Y	N	Y	Y	N	N	N	Static, DHCP, PPPoE
D-Link	DPH-80S	G.711(A/U), G.723.1, G.729(A)	Y	Y	Y	N	N	N	N	Static, DHCP, PPPoE
D-Link	DPH-100H	G.711 (A/U), G.723, G.729	Y	N	Y	Y	Y	Y	N	Static, DHCP, PPPoE
WellTech	LAN Phone 201	G.711(A/U),G.723.1,G.729 (A/B)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Static, DHCP, PPPoE

表 2-4. Gateway 功能列表-Voice 與 Features

廠商	待測物	Voice				Features				
		CODEC	回音消除	封包修補	語音緩衝	來電顯示	保留	轉接	限撥	網路位址
Accel	ITG	G.711(A/U),G.723.1,G.729 (A/B)	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Static, DHCP, PPPoE, NAT
Accel	Smart IAD	G.711(A/U),G.723.1,G.726, G.729	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Static, DHCP, PPPoE, NAT
D-Link	DVG-1120S	G.711(A/U),G.723.1,G.729(A)	Y	Y	Y	N	Y	N	N	Static, DHCP, PPPoE, NAT
D-Link	DG-102SP	G.711(A/U),G.723.1,G.729(A)	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Static, DHCP, PPPoE, NAT
D-Link	DG-102SH(H)	G.711(A/U),G.723.1,G.729(A)	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Static, DHCP, PPPoE, NAT
UFOC	HA-2000	G.711(A/U),G.726, G.729	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Static, DHCP, PPPoE, NAT
Vodtel	MOSA 3702A	G.711,G.723, G.729(A/B)	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	Static, DHCP, PPPoE, NAT

Vodtel	FONEMOSA 4304A	G.711,G.723, G.729(A/B)	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	Static, DHCP, PPPoE, NAT
WellTech	Wellgate 3502	G.711(A/U),G.723.1,G.729(A)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Static, DHCP, PPPoE
WellTech	Wellgate 3502(H)	G.711(A/U),G.723.1,G.729(A)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Static, DHCP, PPPoE

表格 2-5 到 2-7 分別是 IP Phone 與 Gateway 在 Interface 與 Hardware Spec. 方面的比較。Interface 部分則是比較產品提供的存取介面，以表 2-5 的 IP Phone 而言，都具有 Ethernet 介面，而 Alcatel 4020/4035 IP Phone 與 Avaya 4612 IP Phone 支援 power over Ethernet，透過乙太網路纜線來供給電源，不需要另外插電線，WellTech LAN Phone 201 則提供 FXS 介面(接 RJ-11 線)，當網路不通時可以切換成一般話機模式來使用；就表格 2-6 的 Gateway 而言，普遍具有兩個以上的 Ethernet 介面，並搭配 FXO 介面可以連接 PSTN 撥打市內電話，搭配 FXS 介面則連接傳統話機；我們也觀察到 UFOC 的 HA-2000 Gateway 還提供 WLAN 與 USB 介面，可以預期功能多合一的整合將是下一波的產品主流。

Hardware Spec. 資料觀察發現，Processor(中央處理器)大多數使用 Motorola Power PC，有些 IP Phone 甚至不需要 Processor，DSP(數位訊號處理器)則多數使用 TI 的晶片，RAM 與 Flash 的配置也大同小異，規格方面的資訊僅供參考，不作評比。

表 2-5. IP Phone 介面與規格列表

廠商	待測物	Features		Interface		Hardware Spec.	
		Phone Book	QoS/ToS	Ethernet	FXS	Processor	DSP
Alcatel	4020/4035	N	N	1	0	Motorola Power PC 823	AC483-C D36780PGE100
Avaya	4612	N	N	1	0	Agere T8302(ARM 940T)	Agere T8301
BCM	HP 180-LD	Y	Y	1	0	None	TMS320VC5472GHK
D-Link	DPH-80S	Y	Y	1	0	None	TMS320VC5402 PGE100
D-Link	DPH-100H	Y	Y	1	0	None	Audacity-T2U
WellTech	LAN Phone 201	Y	Y	1	1	Motorola Power PC 850	AC488-C D1678PGE50

表 2-6. Gateway 實體規格列表

廠商	待測物	Physical			Interface		
		長(mm)	寬(mm)	高(mm)	Ethernet	FXO	FXS
Accel	ITG	445	275	44	1	4	4
Accel	Smart IAD	175	110	25	2	0	1
D-Link	DVG-1120S	235	160	35	2	1	2
D-Link	DG-102SP	220	125	35	2	1	2
D-Link	DG-102SH(H)	220	125	35	2	1	2
UFOC	HA-2000	280	188	35	4	1	3

Vodtel	MOSA 3702A	190	110	35	2	1	2
Vodtel	FONEMOSA 4304A	175	172	35	2	2	2
WellTech	Wellgate 3502	165	100	25	1	0	2
WellTech	Wellgate 3502(H)	165	100	25	1	0	2

表 2-7. Gateway 硬體規格列表

廠商	待測物	Hardware Specification			
		Processor	DSP	RAM (MB)	Flash (MB)
Accel	ITG	ARM 7	TMS320VC549	16	4
Accel	Smart IAD	AMD AM29L	Audacity-T2U	N/A	N/A
D-Link	DVG-1120S	Motorola Power PC 850	TMS320VC5402 PGE100	16	4
D-Link	DG-102SP	Motorola Power PC 850	TMS320VC5402 PGE100	16	4
D-Link	DG-102SH(H)	Motorola Power PC 850	TMS320VC5402 PGE100	16	4
UFOC	HA-2000	Nitrogen 210	TMS320VC5409 PGE100	16	4
Vodtel	MOSA 3702A	ARM 7	TMS320VC5409 PGE100	8	2
Vodtel	FONEMOSA 4304A	Motorola Power PC 850	TMS320VC5409 PGE100	16	4
WellTech	Wellgate 3502	Motorola Power PC 850	AC483-C D36780 PGE100	8	2
WellTech	Wellgate 3502(H)	Motorola Power PC 850	AC483-C D36780 PGE100	8	2

2.2 功能整體評比

綜合而言，Alcatel 與 Avaya 的 IP Phone 功能支援較豐富，但需要搭配自家的局端伺服器，客戶則以跨國公司和大型企業用戶為主；國內廠商的 IP Phone 在功能設計以模仿傳統電話為主，體積會比國外廠牌來得精巧，客戶訴求以中小企業和家庭用戶為主。重點整理如下：

(1) 在 Management 與 Maintenance 方面，D-Link DPH-80S IPPhone 以及 UFOC 與 Vodtel FONEMOSA 4304A Gateway 支援較完整；Alcatel 與 Avaya IP Phone 的設定都依附局端設備，本身提供設定較少。

(2) 在 Voice 與 Features 部分，Alcatel、Avaya 與 WellTech IP Phone 以及 UFOC 和 WellTech Gateway 提供功能較豐富。

(3) Gateway 產品則是國內廠商發展的主力，這次參加測試的產品主要定位也是以中小型企業和個人用戶為主，雖然功能上都只有 VoIP 用途(HA-2000 除外)，但我們調查發現多家廠商已經朝向開發多合一功能的 Gateway 產品，對消費者而言，將來只需要購買一台 Gateway 就可以使用 ADSL 撥接、WLAN、防火牆與網路電話等服務。產品普遍需要加強的是通訊功能方面應該提供認證、加密機制和過濾網路攻擊，以保護使用者個人隱私和資訊安全。

3. 效能評比

效能測試項目包含 DTMF 功能驗證、語音品質、訊號衰減(signal loss)、迴音消除(echo free)、延遲時間、話務能力的穩定性與建立通話所需時間，使用測試工具包括 Agilent VQT, Spirent Abacus 與 NIST Net。

3.1 DTMF 測試

DTMF 撥號音頻測試，主要是測試產品在撥號按鍵的功能，結果如表 3-1 所示；有少部分產品在初次測試時會發生 time out，經過調整國別碼或 gain 值，就能順利通過測試。測試包含在 G.711 與 G.729 CODEC 下，檢驗 DTMF 功能是否正常。傳統話機的按鍵是以兩種不同頻率的單音頻組合而成，送出的訊號都是類比音頻，而網路電話則把撥號音頻編碼為數位訊號並用代號(例如 ringing 或 busy tone)表示，以 RTP 封包格式傳送。所以不同 CODEC 對於 DTMF 辨識會有些影響，但產品應該做到高壓縮率且正確辨識，否則就是產品有瑕疵。

表 3-1. DTMF tone testing

廠商	待測物	G.711	G.729
Alcatel	4020/4035 Proprietary Phone	Pass	Pass
Avaya	4612 Phone (H)	Pass	Pass
Accel	Smart IAD	Pass	Pass
	ITG (H)	Pass	Pass
D-Link	DPH-80S	Pass	Pass
	DPH-100H (H)	Pass	Pass
	DVG-1120S	Pass	Pass
	DG-102SP	Pass	Pass
	DG-102SH (H)	Pass	Pass
BCM	HP 180-LD	Pass	Pass
UFOC	HA-2000	Pass	Pass
Vodtel	MOSA 3702A	Pass	Pass
	FONEMOSA 4304A	Pass	Pass
WellTech	Wellgate 3502	Pass	Pass
	Wellgate 3502 (H)	Pass	Pass
	LAN Phone 201 (H)	Pass	Pass

3.2 語音品質測試

語音品質測試項目摘要如表 3-2，量測待測物在 G.711 與 G.729 兩種 CODEC 下的品質表現。測試組態分成閘道器網內互打(單一待測物)、網外互打(待測物與待測物)以及模擬網路環境的測試，架構如圖 3-1 與 3-2 所示，圖 3-1 的 Network 是實驗模擬網路上的 delay 與 packet loss，待測物換成 IP Phone 的架構也類似，但需要加裝 adapter 做訊號轉換，如圖 3-2。量測指標包括 PESQ 與 MOS 兩種聲音品質，以及 signal loss，delay 和 echo free，待測物有 Gateway 與 IP Phone；PESQ 指標主要是量測送出與接收端訊號的差異，對於迴音、網路延遲、頻率和大小聲的考量較少。MOS 則是考量不同的語言、性別、大小聲、環境干擾、網路延遲等特性，量測接收端語音的清晰度。在這兩種指標下，產品的品質表現排名未必一樣，因為各個產品的設計都有其獨特的考量，例如強調低頻寬下就能通話、或是加入舒適

音，就量測指標而言，測得的語音品質可能有些許程度的差異。

測試方法是採用英文、日文與中文三種語言為測試樣本，與待測物建立連線後並送出語音樣本，檢視待測物在壓縮、解壓縮的處理效能，分別取三次表現穩定的數值並平均；若就各別語言來看，待測物對英文語音的平均表現最好，中文則最差。網內互打是指單一 Gateway 的 FXS 內線互撥，這種組態下的封包傳輸不會經過外部 Proxy 或 Gatekeeper，可以檢視產品本身的品質效能；而網外互打是兩個待測物透過網路通訊，影響因素將包含網路的特性如 delay 與 packet loss。

表 3-2. 語音品質測試組態

待測物組態	條件	量測項目
<ul style="list-style-type: none"> ➤ PLC on ➤ VAD on ➤ Echo canceller on ➤ CODEC (G.711/G.729) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Additional Packet Loss (0%, 5%, 10%) ➤ Additional Delay (0 ms, 50 ms, 100 ms) ➤ Voice Sample (English/Japanese/Chinese) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ MOS ➤ PESQ ➤ Signal Loss ➤ Delay ➤ Echo Free

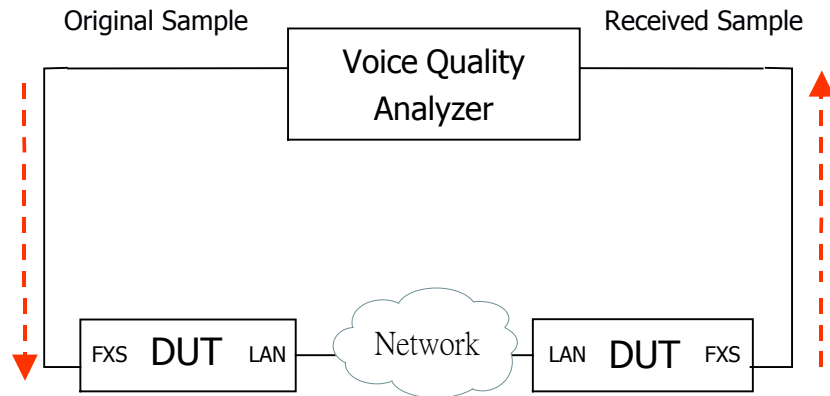


圖 3-1. Gateway 語音品質測試組態

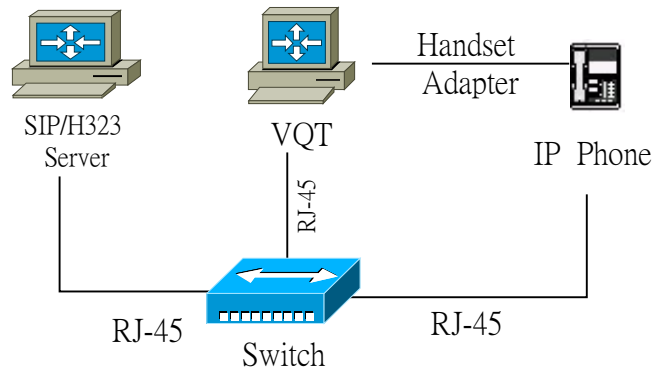


圖 3-2. IP Phone 語音品質測試組態

■ Gateway 語音品質

我們使用的 VoIP 測試環境是單純化的區域網路，測試數據是產品最佳化情況下的表

現，圖 3-3、3-4 是 Gateway 產品在網外互撥的組態下量測 PESQ 與 MOS 值，由於 ITG Gateway 在 G.729 模式下無法建立通話，故無測試數據；觀察發現在 PESQ 指標中，當 Gateway 使用 G.711 時測得 DG-102SH 語音品質表現最好，全部產品的品質差異達到 25%(組距除以最佳數據)，而 G.729 CODEC 下產品的差異約 17%；在 MOS 指標中，把 Gateway 調整成 G.711 時，FONEMOSA 4304A 的語音品質表現較好，全部產品的品質差異約 13%，在 G.729 CODEC 下品質差異約 23%；整體而言，D-Link 與 Vodtel 的 Gateway 在 G.711 與 G.729 CODEC 下的聲音品質表現較好，因為整體分數都頗高，品質的差異並不容易感覺出來。

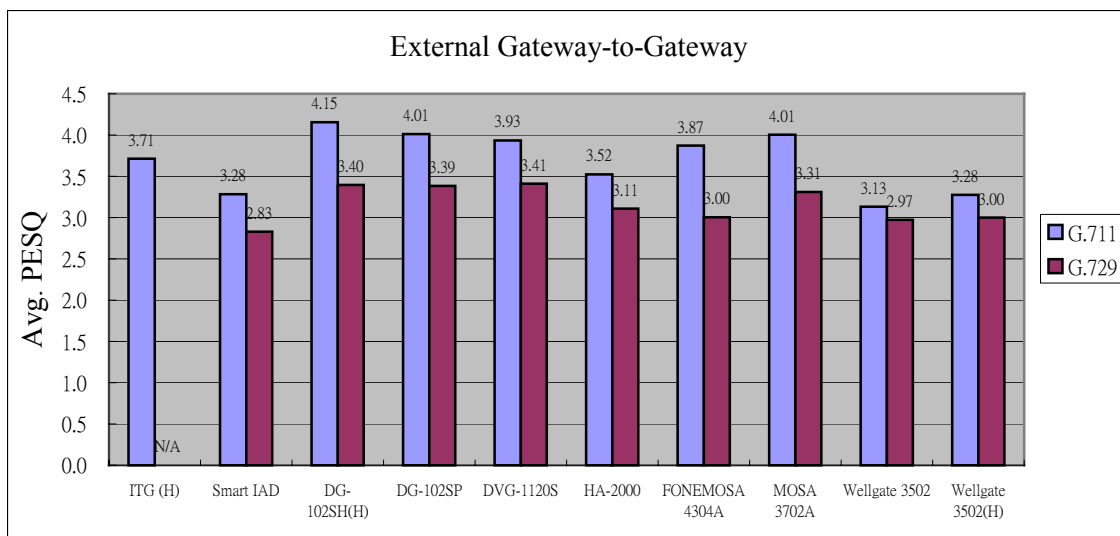


圖 3-3. Gateway 網外互打語音品質測試-PESQ 指標

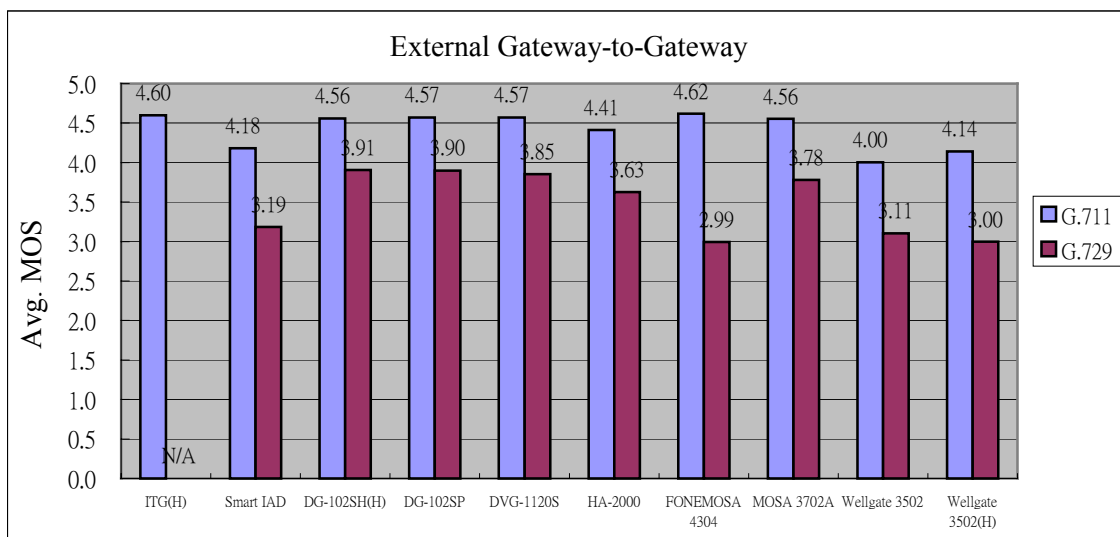


圖 3-4. Gateway 網外互打語音品質測試-MOS 指標

圖 3-5 則是量測模擬網路環境下的 Gateway 語音品質 PESQ，產品使用 G.711 CODEC，模擬參數包括 delay 50ms、100ms，packet loss 5%、10%，共有四種組合，理論上 delay 100ms 且 packet loss 10% 應該是品質表現最差的情況；測試方法是架設一台 router 並安裝至少兩

張網路卡，設定成不同 subnet 的網路介面，並安裝 NIST Net 網路模擬軟體，把待測物的預設閘道指向 router 的某一個介面，讓產生的封包經由 router 而達到模擬效果；對照沒有模擬網路環境下的數據，我們比較發現各家產品的語音品質都會明顯降低，降幅從 21%到 34%不等。因為所有產品都有實作語音緩衝(jitter buffer)的機制，所以 delay 增加對於語音品質的影響較輕微，packet loss 因素則表現明顯，建議廠商可以加強 packet loss concealment 機制。整體來看，D-Link 的 Gateway 在模擬網路環境下的表現比其它產品好；由於平均分數降低，聽覺上的差異可以較明顯辨識。

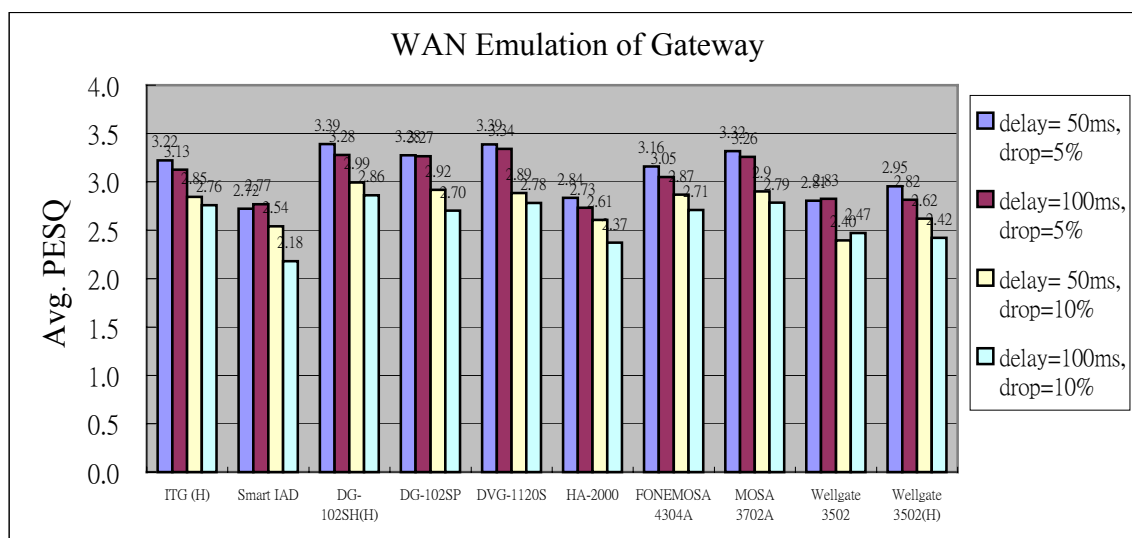


圖 3-5. 模擬網路情境下的 Gateway 語音品質測試-PESQ 指標

圖 3-6 是單一 Gateway 產品在內線互撥的組態下量測 PESQ 值，有兩款 Gateway 只有一個 FXS 介面可接話機，故無法做內線互撥測試，而 FONEMOSA 4304A 預設使用 G.729 CODEC，無法測得 G.711 下的數據；相較於網外互撥的組態，多數產品的品質表現會降低，我們研判是網內互打時，單一待測物同時要處理壓縮與解壓縮語音訊號，DSP 的負荷增加，對於語音品質會有些許的影響。

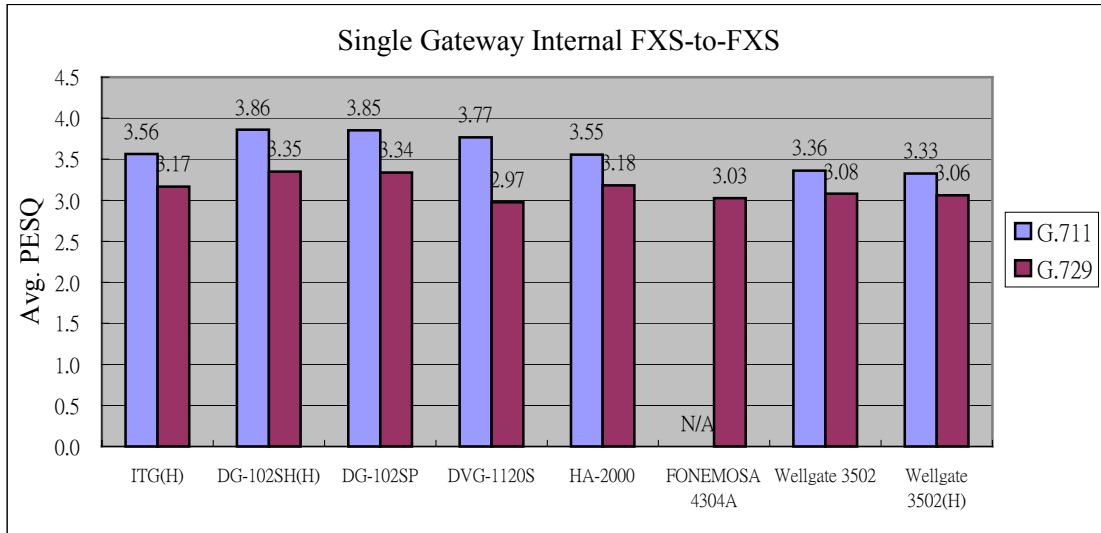


圖 3-6. Gateway 網內互打語音品質測試-PESQ 指標

綜合而言，使用 G.729 的品質理論上會比使用 G.711 CODEC 差，但大多數產品平均測得語音品質都達到可接受的標準。而一個 Gateway 即使提供多個 FXS 介面，但是當同時進行通話使用時，頻寬是否足夠需求與 DSP 處理器是否能夠負荷則成為影響語音品質的關鍵，我們評比認為 D-Link 的三款 Gateway 在語音品質的表現最好。

■ IP Phone 語音品質

IP Phone 產品的測試只有比較 G.711 CODEC 的表現，測試結果 PESQ 和 MOS 分別如圖 3-7 與 3-8 所示；在 PESQ 部分以 DPH-80S 表現最好，而六款產品的差異約 23%；MOS 指標則以 DPH-100H 表現最佳，六款產品的差異約 10%。整體來看，D-Link 的 IP Phone 在 G.711 CODEC 下的聲音品質表現最好，甚至超越 Alcatel 與 Avaya 等廠牌；而整體分數都頗高，品質的差異並不容易聽出來。

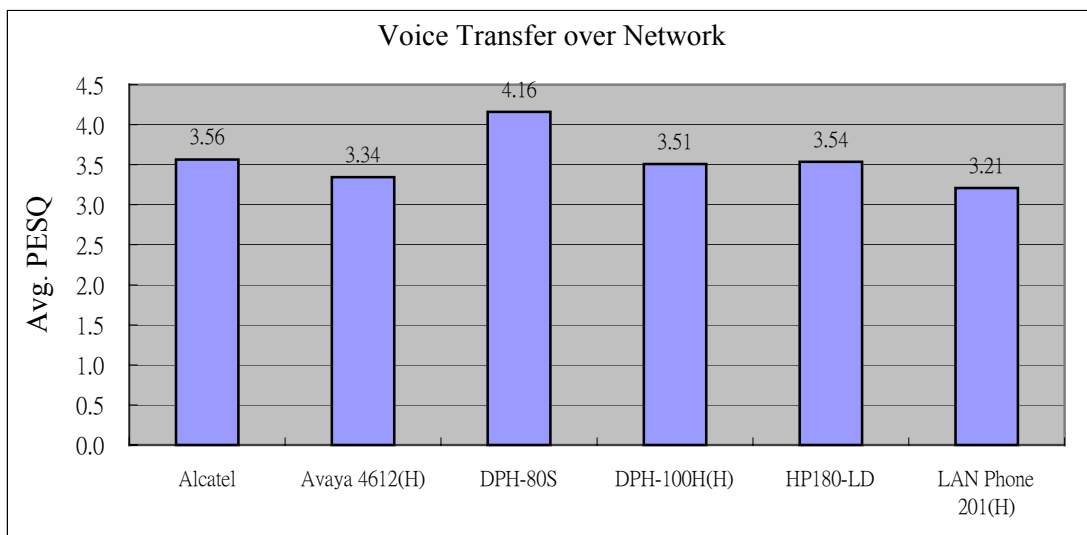


圖 3-7. IP Phone 語音品質測試-PESQ 指標

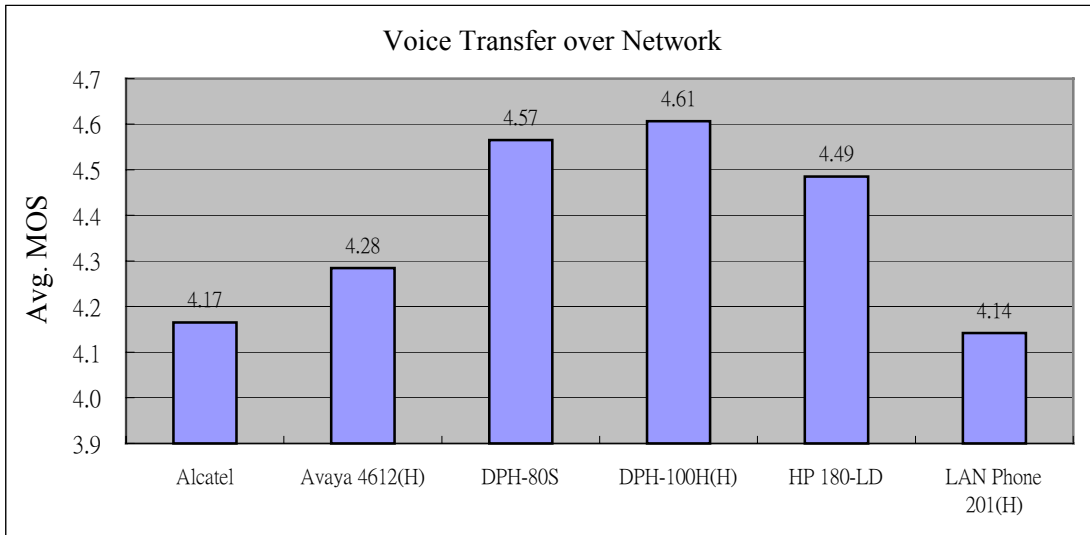


圖 3-8. IP Phone 語音品質測試-MOS 指標

圖 3-9 則是量測模擬網路環境下的 IP Phone 語音品質 PESQ，產品使用 G.711 CODEC，模擬參數包括 delay 50ms、100ms，packet loss 5%、10%，共有四種組合；測試原理與前述應用在 Gateway 的組態一致，故不贅述；而 Alcatel 與 Avaya IP Phone 因為預設閘道只能設定為同廠牌的局端伺服器，不能指定用 NBL router，故無法做網路模擬測試；觀察發現，在 delay 100ms 且 packet loss 10% 情況下的品質表現最差，而四款 IP Phone 的差異約 11%；而 BCM 的 HP 180-LD IP Phone 語音品質表現較好，產品之間的差異也可以聽出來；若對照沒有模擬網路環境下的測試數據，則各家產品品質落差從 25% 到 41% 不等，而落差大表示該產品應該加強對於嚴苛網路環境的設計考量(例如 adaptive jitter buffer 或 packet loss concealment)，以提昇整體品質。

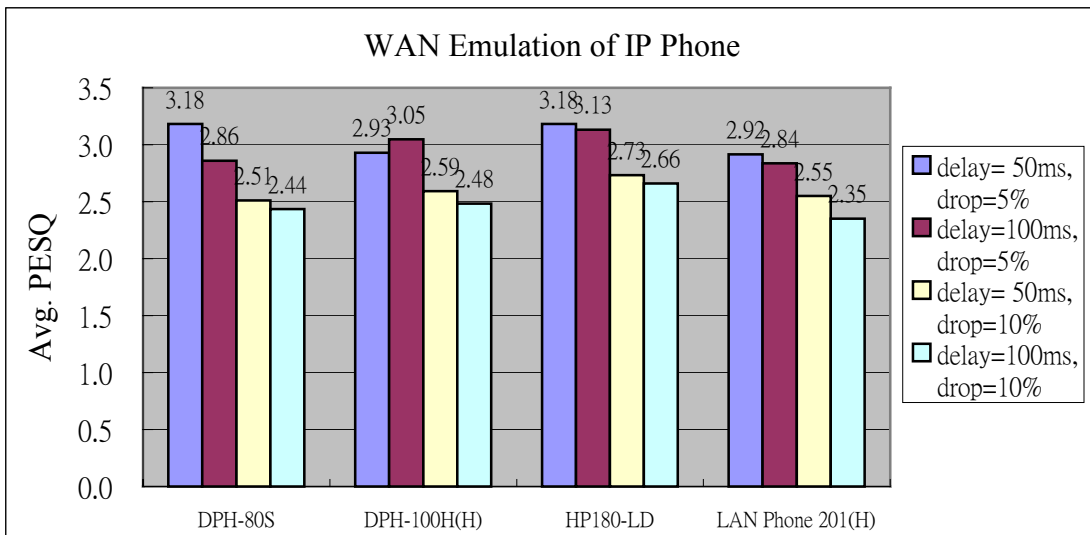


圖 3-9. 模擬網路情境下的 IP Phone 語音品質測試-PESQ 指標

綜合比較發現，(1)不論是 IP Phone 或 Gateway 產品，其語音品質表現相似；若 Gateway 產品提供兩個以上 FXS 介面接傳統電話機，則可以方便多人使用，但同時使用會造成語音品質降低；(2)使用不同的協定(SIP 或 H.323)並不影響語音品質。評比認為 BCM 與 D-Link 的 IP Phone 語音品質表現較好。

■ 其它語音相關測試項目

除了語音品質，其他相關的測試項目包括 IP Phone 傳輸時間與 IP Phone Echo cancellation 量測，結果如圖 3-10 與 3-11 顯示。在單純網路環境測得 DPH-100H 話機的 delay 時間最大，遠高於 DPH-80S，顯然 DPH-100H 還有調整參數的空間。Delay 主要來自於產品執行語音壓縮、解壓縮處理和傳輸的時間，可以藉由產品的 jitter buffer 功能讓語音平順化，減少品質的負面影響；而傳輸時間與網路環境有關，可以藉由 QoS/ToS 的機制來保證頻寬。

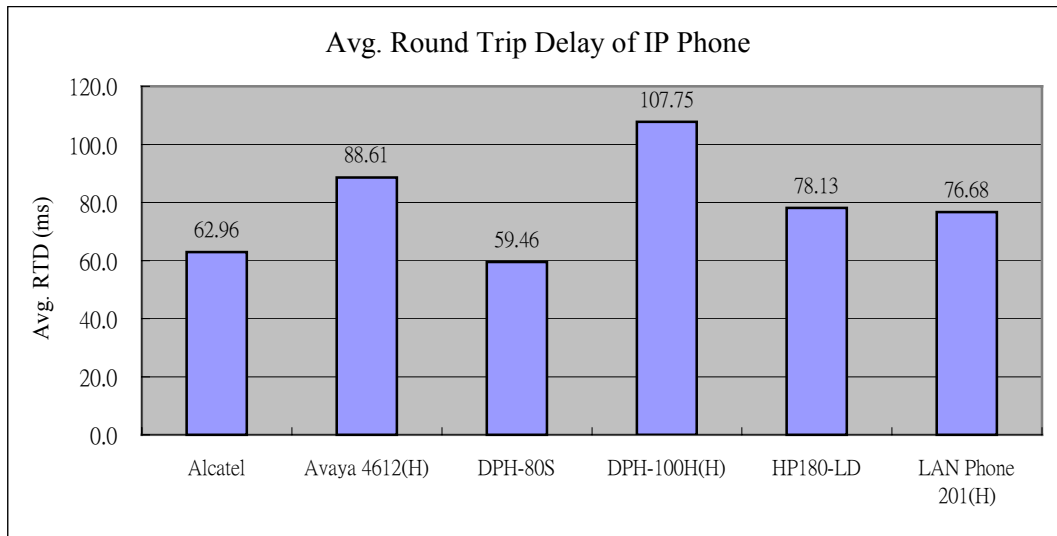


圖 3-10. IP Phone 語音傳輸時間量測

Echo cancellation 能力測試部分是模擬迴音並雙向語音傳輸，檢驗待測物是否能夠正確辨識接收訊號為迴音或對話，並且消除迴音；而 IP Phone 部分 HP 180-LD 一直無法測得結果，可能是該功能沒有開啟，其他產品的消除能力(Echo Free)都有 70%以上，尤其以 DPH-80S 和 DPH-100H 超過 90%的表現最佳，Gateway 則是 Vodtel MOSA 3702A 與 FONEMOSA 4304A 表現較好，其它 Gateway 的 Echo Free 能力也都有 80%以上的表現，整體結果如下圖 3-11 與 3-12 顯示。

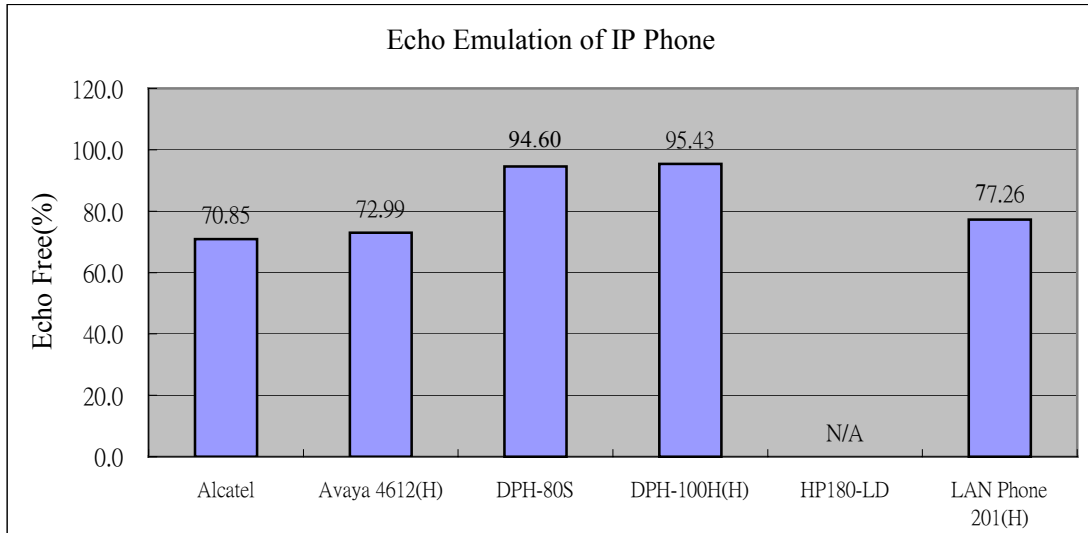


圖 3-11. IP Phone 迴音消除能力量測

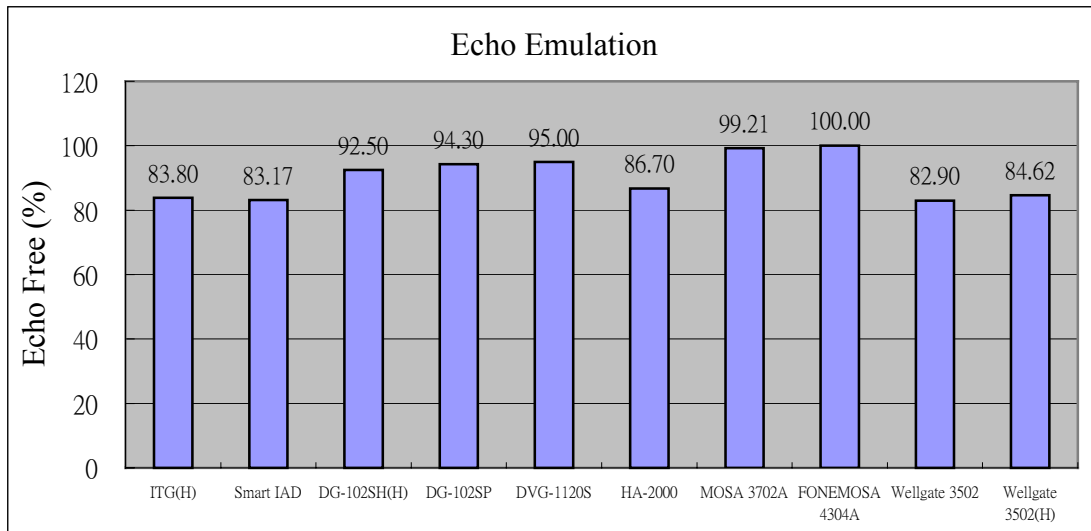


圖 3-12. Gateway 迴音消除能力量測

圖 3-13 與 3-14 則是 Gateway 網外互打與網內互撥時的傳輸時間量測；網外互打時有四款 Gateway 只有單一樣品，若用儀器模擬會有 delay 過大而 time out 現象，故無法量得確實的時間。FONEMOSA 4304A 與 MOSA 3702A 兩款 Gateway 會自動協調 CODEC，也無法強制使用 G.711 而量得結果。而內線互打撥時 Gateway 必須有兩個 FXS 以上介面，故 SmartIAD 與 MOSA 3702A 無法量測。而 ITG 在 G.729 CODEC 下做內線互打時會不正常斷線，故無法量得該數據。

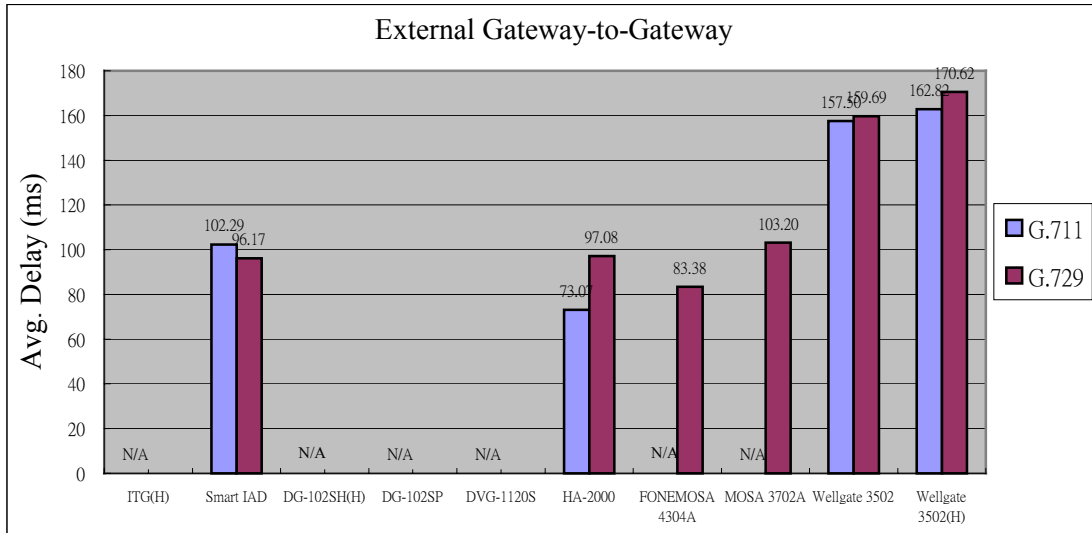


圖 3-13. Gateway 網外語音傳輸時間量測

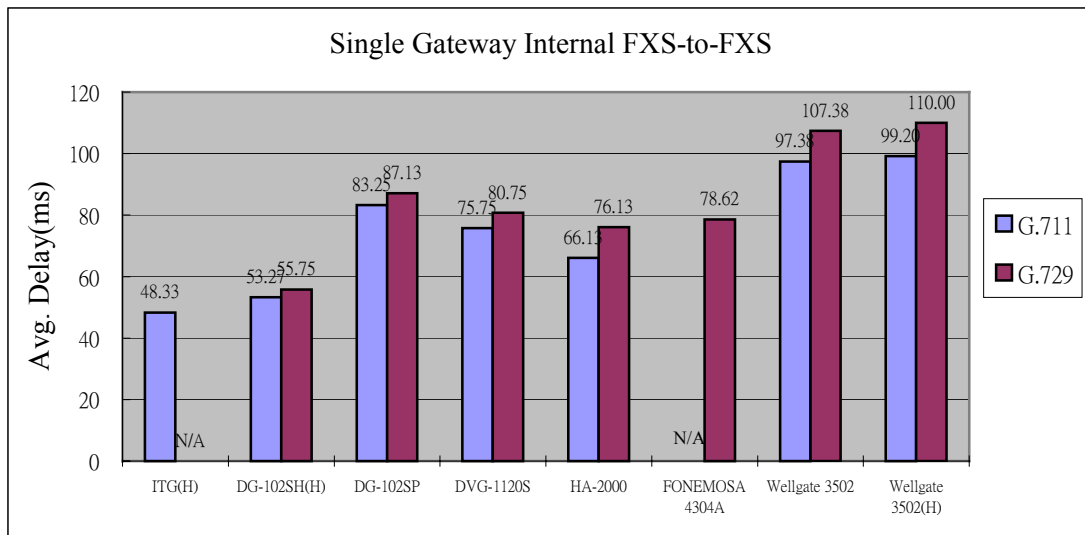


圖 3-14. Gateway 內線語音傳輸時間量測

整體來看，WellGate 3502 的 delay 時間明顯高於其他產品，而 Accel 的 ITG 與 D-Link DG-102SH Gateway 表現比較好；相較於網路傳輸因素，CODEC 對於 delay 的影響並不大，G.729 CODEC 下的 delay 會比使用 G.711 稍微高一些，原因是 DSP 要執行高壓縮率的語音編碼，負擔較使用 G.711 CODEC 重。而網外互撥又比網內互撥多出網路因素，所以 delay 時間明顯高於網內互打的組態。

圖 3-15 與 3-16 是 Gateway 網外互打與網內互撥時的訊號衰減程度，類似傳輸時間的量測，可以比較 CODEC 與網路對結果的影響。網外互打時有四款 Gateway 只有單一產品，若用儀器模擬會有衰減過大而 time out 現象，故無法量得確實的衰減值。其他無法測得結果的原因和上述傳輸時間量測的情形一樣。

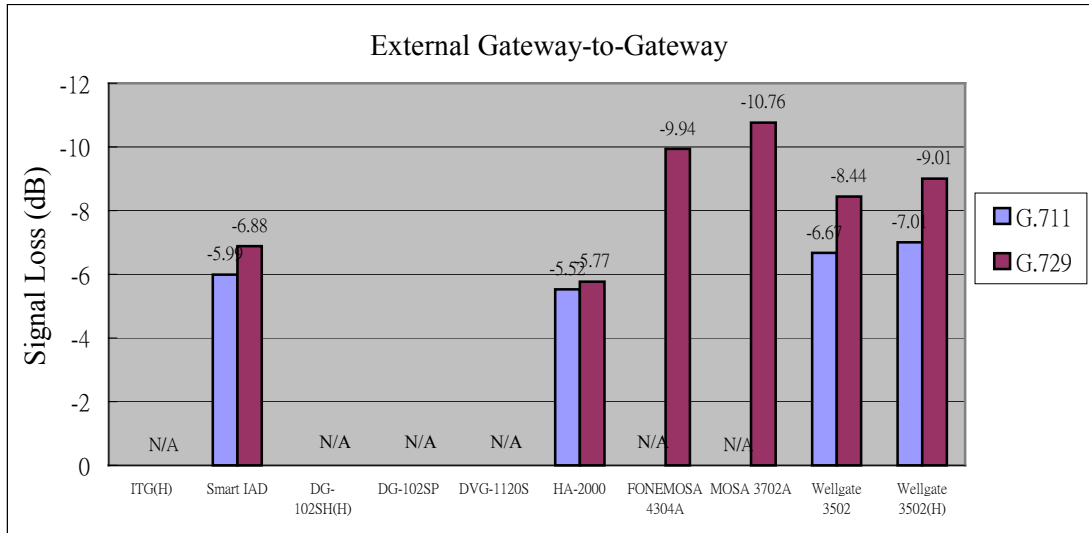


圖 3-15. Gateway 網外語音訊號衰減量測

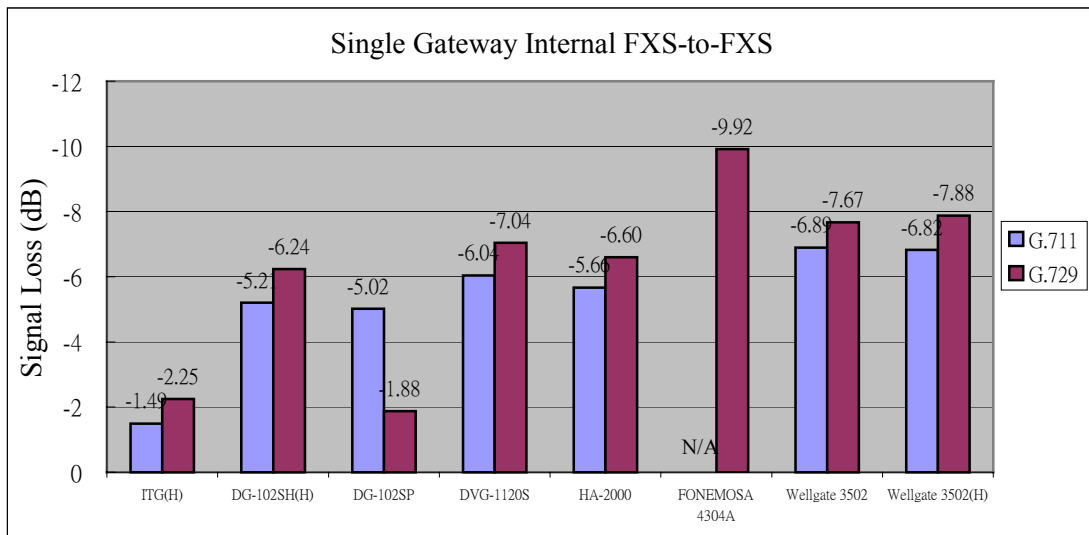


圖 3-16. Gateway 內線語音訊號衰減量測

一般容許的 signal loss 範圍是-6dB~-10dB，而 Vodtel 的 FONEMOSA 4304A 與 MOSA 3702A 的訊號衰減明顯大於其他產品，Accel 的 ITG Gateway 訊號率減最少；CODEC 對於 Signal Loss 的影響明顯大於網路因素，G.729 CODEC 下的衰減會比使用 G.711 高一些，因為高壓縮率造成訊號失真較多。而網外互撥又比網內互撥多出網路因素，所以 Signal Loss 稍微高於網內互打的組態。

3.3 話務能力測試

話務能力是量測 Gateway 在 G.711 CODEC 下的話務能力表現。測試方法為測試儀器 Abacus (caller) 持續撥號給待測物(callee)，共同的參數為接通後送音頻 2 秒鐘，然後結束通話，間隔 10 秒鐘後繼續下一個通話，待測物同時間最多只建立一通電話。話務能力的精神是測試產品穩定性而不是強調速度，測試內容包括(1)連續 10 小時話務能力測試與(2)連續

100 通電話所需時間量測。10 小時的話務測試下，所有 SIP 的 Gateway 都可以達到 2,000 通以上，H323 的 Gateway 則都低於 2,000 通，儀器針對每個待測物的參數設定值都一樣，而總共完成的通話數則與產品的反應時間有關，所以通話數會有明顯差異，詳細結果整理如表 3-3；其中的 Abacus Attempts 欄位代表測試儀器對待測物發出的通話要求，DUT Answers 欄位則是待測物回應並成功建立的通話數；而少數產品會有處理通話失敗的錯誤，但是大部分的通話完成率都可以達到 99% 以上。

表 3-3. 連續 10 小時話務能力測試

廠商	待測物	Abacus Attempts	DUT Answers	Errors	Completion Ratio	Call Rate (per hour)
Accel	ITG(H)	1,370	1,370	0	100.00	137
Accel	Smart IAD	2,578	2,578	0	100.00	258
D-Link	DVG-1120S	2,569	2,559	1	99.96	256
D-Link	DG-102SP	2,577	2,557	0	100.00	258
D-Link	DG-102SH(H)	1,784	1,784	0	100.00	178
UFOC	HA-2000	2,316	2,292	24	98.96	232
Vodtel	MOSA 3702A	2,381	2,381	0	100.00	238
Vodtel	FONEMOSA 4304A	2,778	2,776	2	99.93	278
WellTech	WellGate 3502	2,477	2,477	0	100.00	248
WellTech	WellGate 3502(H)	1,512	1,512	0	100.00	151

■ 連續 10 小時話務測試

圖 3-17 是平均每小時通話速率(Call Rate per Hour)的比較，計算方式為總通話數除以花費時數；經過連續 10 小時測試下，FONEMOSA 4304A 的速率最快，完成通話數高達 2776 通，與速率最慢者的差異將近 51%。就使用協定角度，H.323 Gateway 中表現最好的 DG-102SH 完成通話數共 1,784 通，比較 SIP Gateway 中完成通話數最少的 HA-2000 差異約 22%；原因是 H.323 協定溝通所需要的流程比 SIP 複雜，平均的 Call Setup Delay 分別是 H.323 需 7 RTT，SIP 需 1.5 RTT，所以 H.323 產品在通話建立的時間花費比 SIP 產品多，更詳細的比較可參考表 3-4。

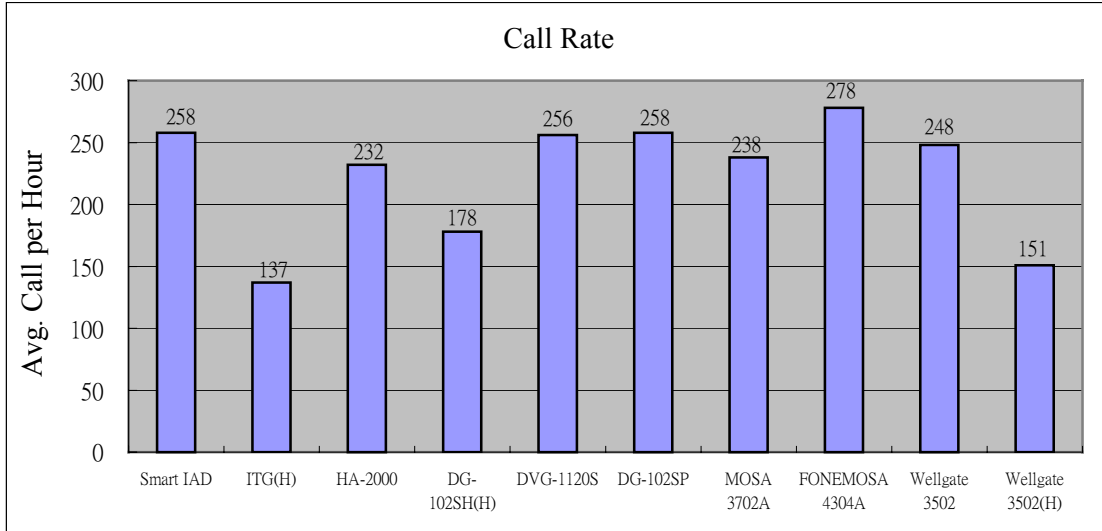


圖 3-17.通話速率

圖 3-18 是 Gateway 通話完成率的結果，也就是產品穩定性的指標；在連續十小時的測試下，有 3 款 Gateway 會發生錯誤(例如來電未接或連線失敗)，其中以 HA-2000 的錯誤數 24 為最多，但完成率 98.96% 仍達到可接受標準(98.5%)。錯誤發生原因主要是軟體處理 call flow 有瑕疵，例如通話結束卻沒有即時送出 Bye 或 ACK 的訊息而產生咬線掛不斷現象，導致後續來電也無法處理。完成率的差異與產品硬體規格或使用協定並沒有關聯，我們建議對於產品穩定性測試可以做(1)不同通話速率下、(2)不同長時間下和(3)模擬不同網路環境下，以驗證產品是否有潛在的軟體瑕疵。

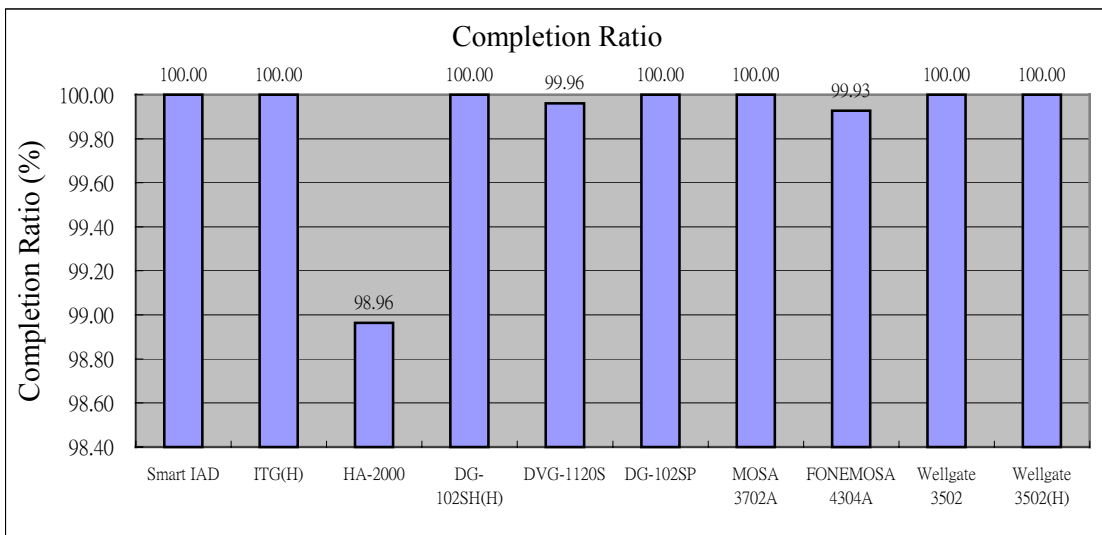


圖 3-18.連續通話完成率

■ 連續 100 通話務測試

第二項測試是待測物在零錯誤的前提下連續測試 100 通電話，量測每一通電話平均花費的時間，主要包括 Round Trip Delay、SIP Response、Call Setup、Tear Down 和 Total Elapsed

Time，細節如表 3-4 所示。測試方法與 10 小時長時間測試一樣，只是連續 100 通連線必須沒有錯誤發生。H.323 Gateway 沒有 SIP Response、Call Setup 與 Tear Down 等三項結果，故只比較總共花費時間，結果如圖 3-19 所示；觀察發現速率最快者仍是 FONEMOSA 4304A，只花費 1,310 秒，與速率最慢者的差異約 51%；SIP Gateway 速率最慢者與 H.323 Gateway 速率最快者仍有 18%的差異。特別的是 H.323 Gateway 中 WellGate 3502 初期的反應速率優於其他兩款 Gateway，但在 10 小時長時間測試下反應速率逐漸變慢，最後的通話總數略遜於 DG-102SH。

表 3-4. 連續 100 通電話建立時間量測

廠商	待測物	Avg. Round Trip Delay (ms)	Avg. SIP Response (ms)	Avg. Call Setup (ms)	Avg. Tear Down (ms)	Total Elapsed Time(s)
Accel	ITG (H)	290	N/A	N/A	N/A	2,696
Accel	Smart IAD	320	203	3,513	53	1,410
D-Link	DVG-1120S	310	48	3,498	19	1,414
D-Link	DG-102SP	310	49	3,462	19	1,402
D-Link	DG-102SH(H)	370	N/A	N/A	N/A	2,210
UFOC	HA-2000	320	104	3,617	96	1,412
Vodtel	MOSA 3702A	310	70	2,889	51	1,508
Vodtel	FONEMOSA 4304A	280	68	2,565	55	1,310
WellTech	WellGate 3502	330	346	4,078	77	1,470
WellTech	WellGate 3502 (H)	380	N/A	N/A	N/A	1,830

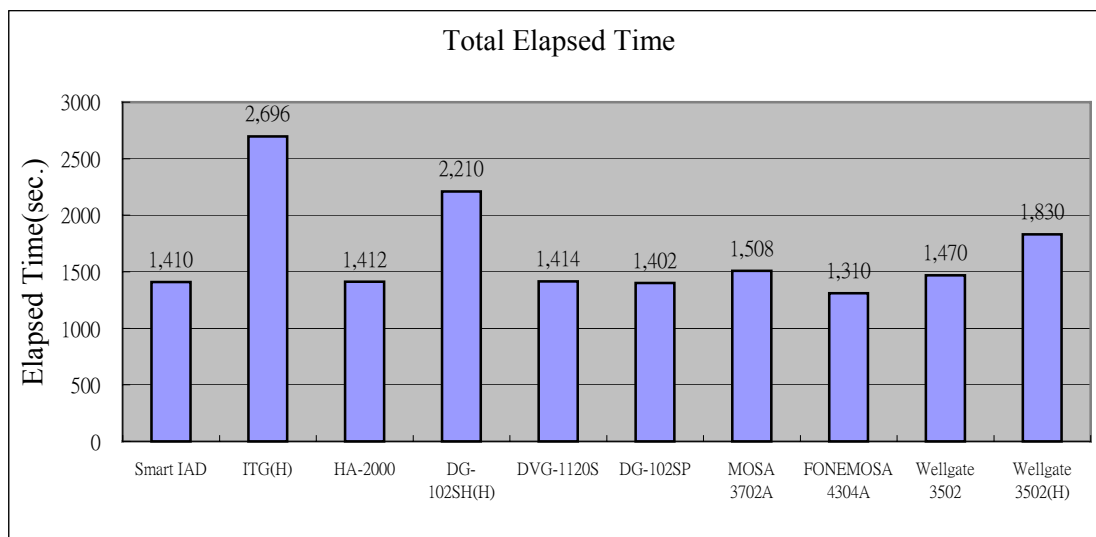


圖 3-19. 通話時間總和

綜合而言，用戶端產品的語音品質和話務能力測試結果都有相當的水準，若比照日本 IP 網路技術相關研究會報告書的參考標準，如表 3-5 所示，將近七成的產品在單純網路環境下的語音品質 PESQ 可以達到 Class A，其他三成產品也有 Class B 的水準。而 End-to-End

Delay 方面以 WellGate 3502 的表現較差強人意，僅在 Class B 邊緣，其他可量測出結果的產品都可達到 Class A 表現，但有四款 Gateway 因為只有一台設備，若用儀器模擬則有太多干擾造成 Delay 過大，故無法量測 External Gateway-to-Gateway Delay 值。話務能力測試部分，所有 Gateway 產品的 Loss Ratio 都低於 0.15，穩定度都有 Class A 的表現。

表 3-5. 日本 IP 電話服務通話品質標準

	Class A	Class B	Class C
Transmission rating factor (E-Model of ITU-T G.107)	> 80	> 70	> 50
End to End Delay	< 100 ms	< 150 ms	< 400 ms
Loss Ratio	≤ 0.15	≤ 0.15	≤ 0.15
PESQ	3.4	3.1	2.5

3.4 效能整體評比

效能測試的項目繁多，重點結果整理如下：

- (1) D-Link 與 Vodtel 的 Gateway 在單純環境下使用 G.711 與 G.729 CODEC 的語音品質較好。
- (2) 若加上模擬網路環境，則 D-Link Gateway 的語音品質持續領先，Vodtel Gateway 居次。
- (3) D-Link IP Phone 在單純環境下使用 G.711 CODEC 的語音品質較好。
- (4) 若加上模擬網路環境，則 BCM 與 D-Link IP Phone 的語音品質表現較優異。
- (5) 迴音消除能力以 D-Link 的 IP Phone 與 Vodtel Gateway 表現較好。
- (6) 訊號衰減與傳輸時間延遲則是 Accel 的 Gateway 表現較好。
- (7) 話務能力的穩定性差異不大，但通話速率以 Vodtel 的 Gateway 最快。

4. 符合性測試

針對 SIP 協定，檢驗產品對於標準(IETF RFC 2543 與 RFC 3261)的符合程度；測試期間我們使用的測試儀器 interWATCH 僅支援 RFC 2543 的測試軟體，針對 RFC 3261 的測試剛推出 Beta 版，無法即時更新。而所有參加測試評比的 SIP 產品都以遵從 RFC 3261 為規範，理論上也應該與 RFC 2543 相容；但實際測試發現很多案例結果是 inconclusive，意即測試儀器無法判斷為 Pass 或 Fail，所以這部分的測試結果僅供參考，不代表產品的優劣。測試軟體針對 RFC 規範與 ETSI 的測試文件而定義超過三百多個測試項目，我們把待測物固定為受話端(callee)，總共挑選 52 個項目，分類為 Session Terminating Call Establishment, Session Terminating Call Release, Session Terminating, Session Modification, Message Terminating 五類，部分項目描述如表 4-1，測試結果整理於表 4-2。

表 4-1. 部分 SIP 符合性測試項目

測試項目編號	描述
Session Terminating Call Establishment	
SIP_SS_TE_CE_V_001	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request including SDP parameters that it can accept, sends a Success (200 OK) response including a media session description, preceded optionally by informational (1XX) response.
SIP_SS_TE_CE_V_002	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request including no message body, sends a Success (200 OK) response including a media session description, preceded optionally by informational (1XX) response.

SIP_SS_TE_CE_V_003	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request, sends a Success (200 OK) or an informational (1XX) response including the fields TO, FROM, Call-ID, Cseq and Via copy from the INVITE request received with an additional tag on the TO field.
SIP_SS_TE_CE_V_004	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request, sends a Success (200 OK) or an informational (1XX) response including a Contact header field.
SIP_SS_TE_CE_V_005	Ensure that the IUT on receipt of an INVITE request, sends a Success (200 OK) and optionally or informational (1XX) response including all header fields Record-Route copy from the INVITE request, in the same order.
SIP_SS_TE_CE_V_006	Ensure that the IUT in success state, on receipt of an ACK request, enters in the confirmed state.
SIP_SS_TE_CE_V_007	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request with a Request-URI that does not correspond to one of its configured addresses, sends a Not Found (404 Not Found) response.
SIP_SS_TE_CE_V_008	Ensure that the IUT, having established a session, on receipt of an INVITE request with a higher Cseq number for the same call leg with a different session description, adjust the session parameter. This test is partially testable.
SIP_SS_TE_CE_V_009	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request including SDP parameters that it cannot accept and a Content-Disposition including a handling set to "optional", sends a Success (200 OK) or an informational (1XX) response (ignores the message body).
SIP_SS_TE_CE_V_010	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request including SDP parameters that it cannot accept and a Content-Disposition including a handling set to "required", sends an Unsupported Media Type (415 Unsupported Media Type) response.
SIP_SS_TE_CE_V_011	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request including SDP parameters that it cannot accept and a Content-Disposition without handling parameter, sends an Unsupported Media Type (415 Unsupported Media Type) response , or a Not Acceptable (606 - Not Acceptable) response or a Not Acceptable Here (488 Not Acceptable Here) response.
SIP_SS_TE_CE_V_012	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request including a Content-Encoding set to content-coding values that it does not support, sends an Unsupported Media Type (415 Unsupported Media Type) response.
SIP_SS_TE_CE_V_013	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request including a FROM field without a TAG parameter, sends a Success (200 OK) or an informational (1XX) response.
SIP_SS_TE_CE_V_014	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request with a Require header field set to an option value that the IUT does not support, sends a Bad Extension (420 Bad Extension) response including in the Unsupported header those options.
SIP_SS_TE_CE_V_015	Ensure that the IUT, on receipt of an INVITE request including a Timestamp header field, sends a Success (200 OK) response, preceded optionally by informational (1XX) response, including a Timestamp header set to the exact same value.
SIP_SS_TE_CE_V_016	Ensure that the IUT on receipt of an INVITE request that contains a Record-Route header sends Success (200 OK) response with a Record-Route header copied from the INVITE request without re-ordering.

表 4-2. SIP 符合性測試結果

廠商	待測物	Passed	Failed	Inconclusive
Accel	Smart IAD	12	9	31
BCM	HP 180-LD	0	9	43
D-Link	DPH-80S	22	9	21
D-Link	DVG-1120S	17	8	27
D-Link	DG-102SP	23	8	21
UFOC	HA-2000	21	8	23

Vodtel	MOSA 3702A	9	9	34
Vodtel	FONEMOSA 4304A	9	9	34
WellTech	WellGate 3502	5	9	38

觀察發現，D-Link 與 UFOC 產品的符合性程度較高，各家 Failed 的數量則近似，但這項結果並不代表語音品質和互通性的優劣。

5. 結論

我們觀察到國內廠商的 IP Phone 與 Gateway 設計偏向簡易操作且延續傳統使用習慣，有利於拓展大眾市場；而國外廠商的用戶端設備則是功能多而複雜，比較符合跨國公司或大型企業的使用需求。語音品質方面，SIP 與 H.323 類別的產品表現一致，各家設備在 G.711 CODEC 下的品質都有達到可接受標準，若加上網路模擬與高壓縮 CODEC G.729，則各家產品差異會明顯擴大。話務能力方面，SIP Gateway 比 H.323 Gateway 處理速率快，而穩定性就沒有明顯差異，各家產品表現都在高標準以上。綜合評論如下：

- (1) 功能比較以 Alcatel 和 Avaya IP Phone 支援較完整；
- (2) 語音品質則是 D-Link Gateway 與 IP Phone、Vodtel Gateway 與 BCM IP Phone 表現較好；
- (3) 話務能力則是各家產品穩定性相近，Vodtel Gateway 的通話速率最快；

NBL 耕耘網路測試領域將近兩年，這是第一次接觸 VoIP 產品的測試，也是第一次舉辦互通性插拔大會，從測試計劃、邀請廠商、執行、場地施工佈置等，高效率地運用了最精簡的人力資源以求得最佳成果；而市場分析也預期 VoIP 產品在 2004 年的成長將居網路通訊產業前茅，NBL 則藉由測試活動累積測試技術與能量，並且計劃建置 VoIP 功能與互通性測試平台，未來也規劃採購效能測試儀器，並拓展測試項目包括 QoS/ToS、多合一 Gateway 和 Wireless IP Phone 等測試，以提供廠商完整的委託測試服務。

6. 參考資料

6.1 測試工具

- Agilent VQT (<http://www.agilent.com>)
- Navtel interWATCH (<http://www.navtelcom.com>)
- Spirent Abacus (<http://www.spirent.com>)
- NIST Net (<http://snad.ncsl.nist.gov/nistnet>)
- Vocal Proxy Server (<http://www.vovida.org>)
- OpenH323 Gatekeeper (<http://www.openh323.org>)

6.2 測試相關文件

- TTCN-2, TTCN-3 Control Interface (TCI), <http://www.testingtech.de/>
- ITU-T Recommendation P.501, Test signals for use in telephony
- ITU-T Recommendation P.502, Objective test methods for speech communication systems using complex test signals
- ITU-T Recommendation P.800, methods for the subjective determination of transmission quality
- ITU-T Recommendation P.800.1, Mean opinion score (MOS)
- ITU-T Recommendation P.861, PSQM, Objective quality measurement of telephone-band



(300-3400 Hz) speech CODECs

- ITU-T Recommendation P.862, Perceptual evaluation of speech quality (PESQ), an objective method for end-to-end speech quality assessment of narrowband telephone networks and speech CODECs
- ITU-T G.711 Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies
- ITU-T G.729 Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction (CS-ACELP)