

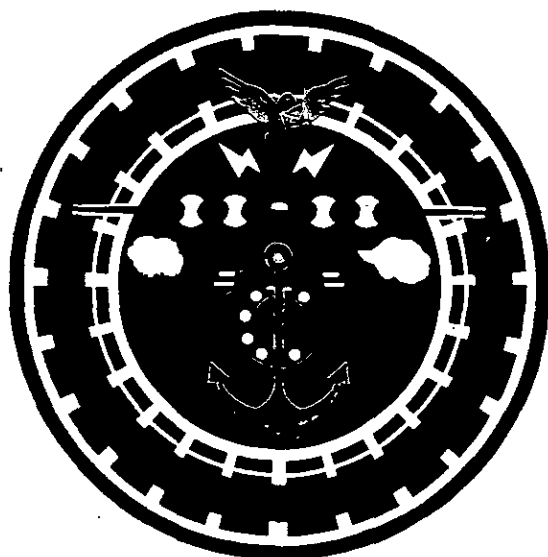


RRPG90040115(293.P)

MOTC-STAO-90-028

# IP-Based 接取網路架構與 界面標準化研究

## On the Architecture and Interface Standards of the IP-based Access Networks



委託單位：交通部科技顧問室

執行單位：國立交通大學電信工程學系

中華民國九十年十一月

# IP-Based 接取網路架構與 界面標準化研究

## On the Architecture and Interface Standards of the IP-based Access Networks

計劃編號：MOTC-STAO-90-028

計劃期限：九十年二月一日至九十年十一月三十日

委託單位：交通部科技顧問室

執行單位：國立交通大學電信工程學系

計劃主持人：張仲儒 博士

主要研究人員：李界和、沈家慶、林立峰、

陳詠翰、陳義昇、廖青毓

相對人員：交通部科技顧問室陳耀聰專員

中華民國九十年十一月

## 交通部委託研究計畫出版品摘要表

出版品名稱: IP-Based 接取網路架構與界面標準化研究			
國際標準書號 (ISBN) 957-01-0168-7	政府出版品統一編號 (GPN) 1009005279	交通部科技顧問室審議編號 MOTC-STAO-90-028	
本部主辦單位: 科技顧問室 主管: 張學孔 主辦人員: 陳耀聰 聯絡電話:(02)2349-2873 傳真號碼:(02)2312-2476	執行研究單位: 國立交通大學電信工程系所 計畫主持人: 張仲儒 研究人員: 李界和、沈家慶、林立峰、 陳詠翰、陳義昇、廖青毓 地址: 新竹市大學路 1001 號 聯絡電話: (03) 5731923	研究期間 自 90 年 2 月 1 日 至 90 年 11 月 30 日	
		研究經費 新台幣壹佰壹拾萬元整	
<p>關鍵語: 接取網路、數位用戶迴路、光纖迴路、混合光纖同軸電纜、纜線數據機、光纖乙太網路、泛歐式行動通訊系統、第三代行動通訊、無線區域網路、藍芽、家庭網路、用戶端界面、骨幹網路界面</p>			
<p>摘要:</p> <p>接取網路為與終端使用者最直接相連的傳輸網路，主要即是做為提供使用者上網（或稱進入核心網路、網際網路）的傳輸媒體。由於網際網路的快速蓬勃發展，使得網際網路上的應用種類以及訊務量急遽增加，除了最基本的數據通訊之外，也加入了語音或影像等即時性多媒體類型的服務，故其需要高速的頻寬以提供使用者更多樣與更好的服務品質，接取網路寬頻化亦成為未來必然的趨勢。隨著政府電信自由化與 NII 寬頻到府政策，台灣固網開放及電信產業蓬勃發展的結果將逐漸實現寬頻網路的建構。</p> <p>傳統透過數據機 (modem) 將電腦的數位數據資料轉換為類比音頻信號，再透過現有的電話線路傳輸至網路所能提供的頻寬已不敷需求，因而便有許多新型態的接取網路技術被提出，而且也進入商業應用的程度了，例如目前已逐漸廣為大家所熟知且採用的 Cable Modem 或 ADSL 等技術。這些新的技術皆可帶來數十至數百倍於傳統撥接式數據機的頻寬，目前已逐漸取代數據機而被廣泛採用為新型寬頻接取網路之技術，不僅提供使用者更高速與便利的上網途徑，也能夠享受更多樣化的網路服務。</p> <p>本研究計畫的研究範圍即是針對新型態的有線或無線接取網路技術，探討各技術之架構、特性、使用環境及其發展過程，以分析未來接取網路之演進；同時也將參酌我國之本土化環境，提出適合國內使用最佳之接取網路技術與架構之建議，並更進一步分析接取網路與骨幹網路界面 (SNI) 以及和用戶端界面 (UNI) 標準化之可行性，並提出本土化可行之建議。</p>			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
90 年 12 月	300	300 NT	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本室免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
<p>機密等級:</p> <p><input type="checkbox"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密</p> <p>(解密【限】條件: <input type="checkbox"/> 年 月 日解密, <input type="checkbox"/> 公布後解密, <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密, <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密, <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 普通</p>			
備註: 本研究之結論與建議不代表交通部之意見			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS  
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

<b>TITLE: On the Architecture and Interface Standards of the IP-Based Access Networks</b>			
<b>ISBN (OR ISSN)</b> 957-01-0168-7	<b>GOVERNMENT PUBLICATION NUMBER</b> 1009005279	<b>MOTC/STAO SERIAL NUMBER</b> MOTC-STAO-90-028	
<b>DIVISION: Office of Science and Technology Advisors</b> <b>DIVISION CHIEF: S.K. Jason Chang, Ph. D.</b> <b>PRINCIPAL INVESTIGATOR: S.K. Jason Chang, Ph. D.</b> <b>PROJECT STAFF: Chen Yao-Tsung</b> <b>PHONE:(02) 2349-2873</b> <b>FAX:(02) 2312-2476</b>		<b>PROJECT PERIOD</b>  <b>FROM: February 2001</b> <b>TO: November 2001</b>	
<b>RESEARCH AGENCY: National Chiao Tung University</b> <b>PRINCIPAL INVESTIGATOR: C. J. Chang</b> <b>PROJECT STAFF: C. H. Lee, Scott Shen, L. F. Lin, Y. H. Chen, Y. S. Chen, C. Y. Liao</b> <b>ADDRESS: 1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan 30050,ROC</b> <b>PHONE: (03) 5731923</b>			
<b>KEY WORDS: Access Network · xDSL · FITL · FTTx · HFC · Cable Modem · Optical Ethernet · GSM · 3G · WLAN · Bluetooth · Home Networking · UNI · SNI</b>			
<b>ABSTRACT:</b>  <p>Access networks, the networks nearest to users, are the transport media to make users access to the Internet. With the blooming of Internet application services, the Internet traffic flow increases dramatically and the traffic flow from inter-network transmission also increases rapidly. Not only the basic data transmission but also some multimedia services (such as: voice, real-time video services) are also carried on the Internet. Broadband networks are necessary to support better performances or QoS guarantee of these various services. However, the conventional access mechanism by dialing up through telephone line can not afford that anymore and henceforth the broadband access networks are essential in the coming future.</p> <p>In this project, we will study various emerging wireless and wired access networks, and investigate the structure, configuration and transportation technologies of these networks. A research report will be delivered to summarize the development and evolution of these access networks, especially the application and implementation in several countries. Meanwhile, we will also propose some recommendations about the structure, configuration and technologies of the access networks for native uses according to IP-based access to the Internet, by referring to the local circumstances (e.g. the landforms, weather, metropolis or country, existing network infrastructure, demands of users under multimedia services, etc.) and the access networks which we have explored above. Furthermore, we will investigate these two interfaces: the inter-networking interface between access networks and core networks (SNI), and the interface between users and access networks (UNI). The possibility to standardize these two interfaces will be analyzed and some native standards will also be proposed.</p>			
<b>DATE OF PUBLICATION</b> December 2001	<b>NUMBER OF PAGES</b> 300	<b>PRICE</b> 300 NT	<b>CLASSIFICATION</b> <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this PUBLICATION are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 目錄

圖目錄 .....	vi
表目錄 .....	x
<b>第一章 IP-based 接取網路技術及演進</b> .....	<b>1-1</b>
1.1 何謂接取網路 .....	1-1
1.2 接取網路相關標準 .....	1-1
1.3 接取網路架構及其演進 .....	1-5
1.4 本報告架構 .....	1-7
1.5 參考文獻 .....	1-8
<b>第二章 IP-based 銅線接取網路技術 xDSL</b> .....	<b>2-1</b>
2.1 簡介 .....	2-1
2.2 xDSL 接取技術及網路架構 .....	2-2
2.2.1 ADSL 與 ADSL Lite .....	2-2
2.2.2 HDSL 與 HDSL2 .....	2-4
2.2.3 SHDSL .....	2-5
2.2.4 VDSL .....	2-6
2.2.5 其他的 xDSL 技術 .....	2-6
2.3 IP-based xDSL 接取網路技術發展趨勢及架構演進 .....	2-7
2.3.1 xDSL 技術發展趨勢 .....	2-7
2.3.2 IP-based ADSL 網路架構演進 .....	2-10
2.4 xDSL 相關標準 .....	2-15
2.4.1 ADSL 與 ADSL Lite .....	2-16
2.4.2 SDSL、HDSL、HDSL2 與 SHDSL .....	2-17
2.4.3 VDSL .....	2-17
2.4.4 VoDSL .....	2-18
2.5 比較分析及討論 .....	2-20
2.5.1 ADSL 網路架構各階段之優點 .....	2-20
2.5.2 xDSL 技術比較 .....	2-21
2.5.3 ADSL 與 Cable Modem 比較 .....	2-21
2.5.4 各國發展情形比較 .....	2-21
2.5.5 未來發展情形比較 .....	2-29
2.6 建議及結論 .....	2-30
2.7 參考文獻 .....	2-32
<b>第三章 IP-based 有線電視接取網路系統 HFC-Cable Modem</b> .....	<b>3-1</b>
3.1 簡介 .....	3-1
3.2 HFC 接取技術及網路架構 .....	3-3
3.2.1 HFC 網路基本架構 .....	3-3
3.2.2 IP-based HFC 網路系統基本架構 .....	3-4
3.3 Cable Modem 相關標準及組織 .....	3-6
3.4 IP-based HFC 接取網路技術發展趨勢及架構演進 .....	3-9
3.4.1 MCNS/DOCSIS 架構 .....	3-9
3.4.2 OpenCable 與 PacketCable .....	3-12

3.5 比較分析及討論.....	3-15
3.5.1 升級 HFC 所將面臨的優勢與挑戰.....	3-15
3.5.2 有線電視系統跨足電信服務將面臨之挑戰.....	3-15
3.5.3 xDSL 與纜線網路之比較分析.....	3-16
3.6 建議及結論.....	3-20
3.7 參考文獻.....	3-25
<b>第四章 光纖接取網路.....</b>	<b>4-1</b>
4.1 簡介.....	4-1
4.2 FITL 接取技術及網路架構.....	4-2
4.2.1 光纖到近端 FTTx.....	4-3
4.2.2 Bellcore GR-909 定義之 FITL 架構.....	4-5
4.2.3 主動式 ADS 與被動式 PON 光纖接取網路架構.....	4-6
4.3 光纖接取網路技術發展架構演進及趨勢.....	4-8
4.3.1 ITU-T G.983 ATM-PON.....	4-8
4.3.2 IEEE 802.3EFM Ethernet-PON.....	4-10
4.3.3 IP over DWDM.....	4-10
4.3.4 架構演進.....	4-14
4.4 標準制定與相關組織.....	4-14
4.4.1 FSAN 原始動機與推動過程.....	4-14
4.4.2 階段目標與成果.....	4-15
4.4.3 FSAN 定義之接取網路與界面架構.....	4-16
4.5 比較分析及討論.....	4-18
4.5.1 ADS 與 PON 之比較.....	4-18
4.5.2 FTTC 與 HFC 之比較.....	4-19
4.5.3 全球光纖網路發展現況.....	4-19
4.6 建議及結論.....	4-22
4.6.1 技術性課題.....	4-23
4.6.2 政策性建議.....	4-24
4.7 參考文獻.....	4-25
<b>第五章 光纖乙太接取網路 Optical Ethernet.....</b>	<b>5-1</b>
5.1 簡介.....	5-1
5.2 Optical Ethernet 接取網路技術.....	5-4
5.2.1 Gigabit Ethernet 技術.....	5-6
5.2.2 10 Gigabit Ethernet 技術.....	5-9
5.2.3 Optical Ethernet 接取網路架構.....	5-13
5.2.4 Optical Ethernet 接取網路之 IP 服務通訊協定堆疊架構.....	5-18
5.2.5 Optical Ethernet 接取網路其他配合機制.....	5-21
5.3 Optical Ethernet 接取網路發展趨勢及架構演進.....	5-22
5.3.1 IEEE 802.3 Ethernet in the First Mile [22-29].....	5-22
5.3.2 Optical Ethernet 接取網路架構演進.....	5-30
5.3.3 Optical Ethernet 接取網路協定堆疊演進.....	5-31
5.4 Optical Ethernet 標準.....	5-31
5.4.1 GbE、10GbE、EFM 標準組織現況.....	5-33
5.4.2 其他相關技術或參考標準.....	5-34

5.5 比較分析及討論.....	5-35
5.5.1 Optical Ethernet 技術優點.....	5-35
5.5.2 Optical Ethernet 與 ATM 之比較.....	5-36
5.6 結語與建議.....	5-38
5.6.1 政策性建議.....	5-39
5.6.2 技術性建議.....	5-42
5.7 參考文獻.....	5-45
<b>第六章 第三代行動通訊系統.....</b>	<b>6-1</b>
6.1 第三代行動通訊系統的標準制訂現況.....	6-1
6.1.1 標準制訂組織.....	6-2
6.1.2 標準制訂現況.....	6-3
6.2 WCDMA.....	6-4
6.2.1 IP 接取的服務與網路架構.....	6-4
6.2.2 無線接取網路.....	6-12
6.2.3 無線接取網路與核心網路的界面 $I_u$ .....	6-16
6.2.4 核心網路.....	6-19
6.2.5 無線界面技術.....	6-21
6.3 cdma2000.....	6-24
6.3.1 IP 接取的服務與網路架構.....	6-25
6.3.2 無線接取網路.....	6-27
6.3.3 核心網路.....	6-28
6.3.4 無線界面技術.....	6-30
6.4 TD-SCDMA.....	6-36
6.4.1 IP 接取的服務與網路架構.....	6-36
6.4.2 無線界面技術.....	6-37
6.5 第三代行動通訊技術之評比與建議.....	6-38
6.5.1 無線接取技術之比較.....	6-38
6.5.2 第三代行動接取網路之建議.....	6-39
6.6 參考文獻.....	6-45
<b>第七章 家庭網路 Home Networking.....</b>	<b>7-1</b>
7.1 簡介.....	7-1
7.2 Home Networking 接取技術及網路架構.....	7-2
7.2.1 HomePNA 網路架構.....	7-2
7.2.2 Powerline System 網路架構.....	7-3
7.2.3 HomeRF 網路架構.....	7-5
7.2.4 Bluetooth 網路架構.....	7-7
7.3 IP-based Home Networking 技術發展趨勢及架構演進.....	7-8
7.3.1 OSGi.....	7-9
7.3.2 UPnP.....	7-10
7.3.3 OSGi 和 UPnP 的比較.....	7-11
7.4 Home Networking 相關標準及組織.....	7-12
7.4.1 HomePNA.....	7-12
7.4.2 Powerline System.....	7-13
7.4.3 HomeRF.....	7-13

7.4.4 Bluetooth .....	7-14
7.5 比較分析及討論 .....	7-15
7.5.1 HomePNA 與 Powerline System 技術比較 .....	7-15
7.5.2 HomeRF 與 Bluetooth 技術比較 .....	7-15
7.6 建議及結論 .....	7-17
7.7 參考文獻 .....	7-19
<b>第八章 無線區域網路 Wireless LAN .....</b>	<b>8-1</b>
8.1 簡介 .....	8-1
8.2 WLAN 接取技術及網路架構 .....	8-2
8.2.1 802.11x .....	8-2
8.2.2 HiperLan/2 .....	8-4
8.3 IP-based WLAN 技術發展趨勢及架構演進 .....	8-5
8.3.1 Router-based Solution: CIMO .....	8-6
8.3.2 Cellular Network-based Solution: OWLAN .....	8-7
8.3.3 未來架構: BRAIN .....	8-7
8.4 WLAN 相關標準 .....	8-8
8.4.1 802.11 系列 .....	8-8
8.4.2 HiperLan/2 .....	8-9
8.5 比較分析及討論 .....	8-9
8.5.1 WLAN 技術比較 .....	8-9
8.5.2 WLAN 與 WPAN 之比較 .....	8-12
8.6 建議及結論 .....	8-13
8.7 參考文獻 .....	8-16
<b>第九章 IP-based 接取網路 SNI 與 UNI 之 界面標準 .....</b>	<b>9-1</b>
9.1 SNI 與 UNI 之界面國際標準現況 .....	9-1
9.1.1 SNI 與 UNI 國際標準 .....	9-1
9.1.2 SNI、UNI 與 DI 界面型式 .....	9-3
9.1.3 V5 界面標準概述 .....	9-4
9.2 PSTN 與 IP 網路界接 .....	9-7
9.2.1 PSTN 與 IP 網路界接架構 .....	9-8
9.2.2 PSTN 與 IP 信令界接技術與標準現況 .....	9-9
9.3 本土化相關議題 .....	9-17
9.3.1 本土化環境需求與限制 .....	9-17
9.3.2 V5 環境對接取網路之影響 .....	9-17
9.3.3 V5 環境對現有用戶之影響 .....	9-18
9.3.4 V5 環境下交換機與接取網路界接考量 .....	9-18
9.4 結論與建議 .....	9-20
9.4.1 V5 SNI 界面架構演進至 IP 建議 .....	9-20
9.4.2 結語 .....	9-23
9.5 參考文獻 .....	9-23
<b>第十章 綜合討論 .....</b>	<b>10-1</b>
10.1 比較分析及討論 .....	10-1
10.2 建議與結論 .....	10-6



10.2.1 xDSL 接取技術 .....	10-6
10.2.2 光纖迴路接取技術 .....	10-7
10.2.3 無線接取技術 .....	10-7
10.2.4 3G 接取網路之建議 .....	10-8
10.2.5 SNI/UNI 界面採用技術與標準之建議 .....	10-10
10.2.6 All-IP Core Network 對各個接取技術與網路架構的影響 .....	10-11
10.3 參考文獻 .....	10-11
<b>索引、縮寫、中英文名詞對照 .....</b>	<b>A-1</b>

# 圖目錄

圖 1.1 G.902 定義之接取網路及相關界面名稱 .....	1-2
圖 1.2 接取網路實作參考模型.....	1-3
圖 1.3 接取網路功能方塊模型.....	1-3
圖 1.4 Y.1231 IP 接取網路架構模型.....	1-4
圖 1.5 接取網路架構參考模型比較 .....	1-5
圖 1.6 無線網路特性比較圖.....	1-7
圖 2.1 ADSL 架構圖 .....	2-3
圖 2.2 ADSL Lite 架構圖.....	2-4
圖 2.3 VDSL 架構圖 .....	2-6
圖 2.4 語音服務技術分類.....	2-8
圖 2.5 VoDSL 網路架構.....	2-9
圖 2.6 CVoDSL 配合 DSLAM 使用之網路架構圖 .....	2-10
圖 2.7 Router-based ADSL 網路架構 .....	2-11
圖 2.8 ATM-based ADSL 網路參考架構通信協定堆疊.....	2-12
圖 2.9 Remote DSLAM 架構 .....	2-13
圖 2.10 Transparent ATM 架構.....	2-13
圖 2.11 L2TP Access Aggregation 架構.....	2-14
圖 2.12 PPP Termination Aggregation 架構.....	2-15
圖 2.13 VPTA 之網路架構.....	2-16
圖 2.14 xDSL 發展情形比較圖 .....	2-30
圖 3.1 傳統有線電視網路架構.....	3-2
圖 3.2 有線電視網路雙向傳輸示意圖.....	3-3
圖 3.3 HFC 有線電視網路架構圖 .....	3-5
圖 3.4 IP-based HFC 網路系統架構圖 .....	3-6
圖 3.5 IP over Cable 接取網路系統概觀圖 .....	3-10
圖 3.6 DOCSIS 的通訊協定層級定義.....	3-11
圖 3.7 OpenCable 標準架構圖 .....	3-12
圖 3.8 PacketCable 1.0 系統架構圖.....	3-13
圖 3.9 PacketCable 1.2 系統架構圖.....	3-14
圖 4.1 FTTx 之類型.....	4-3
圖 4.2 主動式光纖接取網路之架構圖.....	4-6
圖 4.3 被動式光纖接取網路之架構圖.....	4-9
圖 4.4 IP over DWDM 協定堆疊 .....	4-10
圖 4.5 IP over ATM over SDH over WDM network.....	4-11
圖 4.6 IP over WDM 通訊協定堆疊之演進 .....	4-12
圖 4.7 IP over WDM ring with Gigabit Ethernet framing .....	4-13
圖 4.8 光纖接取網路之演進圖.....	4-15

圖 4.9	FSAN 參考網路架構與界面.....	4-16
圖 4.10	用戶端網路架構.....	4-17
圖 5.1	802.3z 標準引用其它技術.....	5-7
圖 5.2	Gigabit Ethernet 與 OSI 參考模型的對應.....	5-8
圖 5.3	含載波延伸的訊框格式.....	5-9
圖 5.4	訊框爆發的格式.....	5-9
圖 5.5	Gigabit Ethernet 的實體層結構.....	5-10
圖 5.6	10 Gigabit Ethernet 與 OSI 參考模型的對應.....	5-11
圖 5.7	LAN PHY 與 WAN PHY 在 OSI 參考模型架構上的不同.....	5-14
圖 5.8	環狀高速骨幹之階層式 Optical Ethernet 接入網路架構示意範例.....	5-16
圖 5.9	星狀高速骨幹之階層式 Optical Ethernet 接入網路架構示意範例.....	5-17
圖 5.10	Y.1231 建議的 IP-based Ethernet 接入網路協定堆疊.....	5-18
圖 5.11	IP-based Optical Ethernet 接入網路協定堆疊架構.....	5-20
圖 5.12	Layer-3 設備架構數個廣播網域.....	5-21
圖 5.13	EFM 示意圖.....	5-23
圖 5.14	EFM over Point-to-Point Copper 技術解決方案.....	5-24
圖 5.15	EFM over Point-to-Point copper 網路架構範例.....	5-25
圖 5.16	EFM over Point-to-Point Fiber.....	5-26
圖 5.17	Point-to-Point Fiber 與 Point-to-Multipoint Fiber (PON) 網路架構比較.....	5-27
圖 5.18	EPON 介面功能架構.....	5-28
圖 5.19	EPON 資料上行示意圖.....	5-29
圖 5.20	EPON 資料下行示意圖.....	5-30
圖 6.1	WCDMA 系統發展趨勢：逐步全面 IP 化.....	6-5
圖 6.2	R99 網路架構.....	6-7
圖 6.3	IP 連線的通訊協定堆疊.....	6-8
圖 6.4	MIP 服務的通訊協定堆疊.....	6-8
圖 6.5	Rel-4 網路架構圖.....	6-9
圖 6.6	Rel-5 的網路架構.....	6-11
圖 6.7	第三階段 MIP 服務的網路架構模型.....	6-12
圖 6.8	Iub 通訊協定堆疊.....	6-13
圖 6.9	無線界面短訊服務之設計.....	6-14
圖 6.10	Rel-4 UTRAN 各界面的使用者平面傳輸協定堆疊.....	6-14
圖 6.11	IP 化 Iur 界面控制平面的傳輸.....	6-15
圖 6.12	ATM 與 IP 傳輸網路之間的交互連結.....	6-15
圖 6.13	Rel-5 Open RAN 架構.....	6-16
圖 6.14	CS 服務的 I <sub>u</sub> 界面傳輸協定.....	6-17
圖 6.15	PS 服務的 I <sub>u</sub> 界面傳輸協定.....	6-18
圖 6.16	I <sub>u</sub> 界面控制平面與使用者平面的傳輸協定.....	6-18
圖 6.17	Rel-5 IP 化核心網路之 MAP 協定架構.....	6-20
圖 6.18	WCDMA 的無線傳輸界面.....	6-22

圖 6.19 cdma2000 系統架構圖 .....	6-25
圖 6.20 簡易 IP 服務的通訊堆疊架構圖 .....	6-26
圖 6.21 MIP 服務的通訊堆疊架構圖 .....	6-27
圖 6.22 短訊服務的系統架構圖與通訊堆疊架構圖 .....	6-28
圖 6.23 1xMC 核心網路架構 .....	6-29
圖 6.24 1xEV-DO 核心網路架構 .....	6-29
圖 6.25 DS-41 控制平面架構圖 .....	6-30
圖 6.26 DS-41 使用者平面架構圖 .....	6-31
圖 6.27 MC-MAP 無線傳輸網路協定堆疊架構圖 .....	6-32
圖 6.28 cdma2000 無線界面通訊協定架構圖 .....	6-33
圖 6.29 1xEV-DO 無線界面通訊協定架構圖 .....	6-35
圖 7.1 HomePNA 網路架構圖 .....	7-2
圖 7.2 HomePNA、UADSL 與 POTS 的使用頻段圖 .....	7-3
圖 7.3 HomePNA 寬頻接取架構示意圖 .....	7-4
圖 7.4 Powerline 網路架構圖 .....	7-5
圖 7.5 HomeRF 網路架構圖 .....	7-6
圖 7.6 IP over HomeRF .....	7-7
圖 7.7 BLUEPAC 網路架構圖 .....	7-8
圖 7.8 透過 Bluetooth 進行 IP-based 接取 .....	7-9
圖 7.9 以家庭網路為基礎的 IP 接取網路架構 .....	7-10
圖 7.10 OSGi 協定堆疊 .....	7-11
圖 7.11 UPnP 協定堆疊 .....	7-12
圖 8.1 Ad Hoc WLAN 架構圖 .....	8-3
圖 8.2 Infrastructure WLAN 架構圖 .....	8-4
圖 8.3 HiperLan/2 網路架構圖 .....	8-5
圖 8.4 CIMO 網路架構圖 .....	8-6
圖 8.5 OWLAN 網路架構圖 .....	8-7
圖 8.6 BRAIN 網路架構圖 .....	8-8
圖 8.7 802.11a 與 802.11b 涵蓋範圍比較 .....	8-11
圖 8.8 HiperLan/2 協定堆疊 .....	8-12
圖 9.1 (a) IP-based 接取網路邏輯示意圖 (b) IP-based 接取網路實體示意圖 .....	9-2
圖 9.2 V5.2 界面功能 .....	9-5
圖 9.3 H.323 整合式閘道器界接架構 .....	9-8
圖 9.4 IETF Sigtran 定義之網路整合架構 .....	9-9
圖 9.5 SGCP、MGCP、MDCP 的發展過程 .....	9-10
圖 9.6 PSTN 透過 SS7 與 IP 連接 .....	9-11
圖 9.7 H.323 架構 .....	9-12
圖 9.8 MGCP 架構 .....	9-13
圖 9.9 SIP 整合通信架構 .....	9-14
圖 9.10 IN Forum API 參考架構 .....	9-15

圖 9.11 Parlay 的網路 API 架構.....	9-16
圖 9.12 語音服務整合架構圖 .....	9-20
圖 9.13 封包化網路與局端交換機界接 .....	9-21
圖 9.14 softswitch 架構圖 .....	9-22
圖 9.15 V5 界面封包化架構.....	9-23

# 表目錄

表 2.1 ADSL 相關標準 .....	2-17
表 2.2 SDSL、HDSL、HDSL2、SHDSL 相關標準.....	2-18
表 2.3 VDSL 相關標準 .....	2-19
表 2.4 VoDSL 相關標準.....	2-20
表 2.5 非對稱式 xDSL 技術比較 .....	2-21
表 2.6 對稱式 xDSL 技術比較 .....	2-22
表 2.7 DSL 各國發展情形比較表 .....	2-23
表 3.1 纜線數據機標準比較表.....	3-7
表 3.2 CableLabs 2001 年之 DOCSIS Cable Modem 認證時程表.....	3-10
表 3.3 ADSL Modem 與 Cable Modem 之比較表 .....	3-17
表 3.4 有線電視網路普及率比較表.....	3-21
表 4.1 主動式單星形與雙星形架構之比較.....	4-7
表 4.2 被動分波多工式與被動分光式光纖用戶迴路之比較.....	4-8
表 4.3 Alcatel: APON Field Trial on Bermuda .....	4-9
表 4.4 Overhead 所佔比例比較表 .....	4-12
表 4.5 光纖標準與網路界面相關規範列表.....	4-18
表 4.6 ONU 供電架構優劣分析 .....	4-19
表 4.7 ADS 與 PON 之比較表.....	4-19
表 4.8 FTTC 與 HFC 之比較表 .....	4-20
表 4.9 全球光纜建設情形.....	4-20
表 4.10 美國光纜建設成長情形.....	4-21
表 4.11 美國電信公司 FITL 建設及規劃.....	4-21
表 5.1 接取網路特性與接取技術功能需求.....	5-3
表 5.2 GbE、10 GbE、與 EFM 於接取網路應用之綜合整理歸納比較表.....	5-5
表 5.3 GbE 可用線材種類與特性.....	5-10
表 5.4 10 Gigabit Ethernet 的實體層媒介相關介面 .....	5-13
表 5.5 環狀高速骨幹架構與星狀 / 樹狀高速骨幹架構之比較.....	5-15
表 5.6 GbE、10 GbE、EFM 制定組織與技術資料整理.....	5-33
表 5.7 Optical Ethernet 與 ATM 接取技術之比較.....	5-37
表 5.8 EPON 與 APON 於接取網路應用之比較.....	5-38
表 6.1 無線接取技術比較表.....	6-40
表 6.2 TD-SCDMA 與 WCDMA TDD 比較表 .....	6-41
表 7.1 HomeRF 系統參數 .....	7-5
表 7.2 Bluetooth 系統參數.....	7-7
表 7.3 HomePNA 與 Powerline 比較.....	7-15
表 8.1 各種 WLAN 比較表.....	8-10
表 8.2 WLAN 和 WPAN 比較表 .....	8-13

表 8.3 5GHz 頻帶使用表及傳輸功率 .....	8-14
表 8.4 我國 5GHz 頻帶使用表及傳輸功率 .....	8-14
表 9.1 SNI、UNI 的標準規範 .....	9-3
表 9.2 採用 PON 架構之 SNI 及 UNI 的指定界面 .....	9-4
表 9.3 計費脈衝參數 .....	9-20
表 10.1 xDSL 用戶屬性分析 .....	10-6

# 第一章

## IP-based 接取網路技術及演進

### 1.1 何謂接取網路

傳統電信網路基本上可以分成公眾電話網路 (PSTN) 和用戶終端網路 (Customer Premises Network: CPN) 兩大部分。其中用戶終端網路屬於用戶所有，因此所謂的電信網路通常係指公眾電話網路部分。公眾電話網路又可以分成長途網路 (long distance network)、中繼網路 (trunk network) 和接取網路 (access network)，其中長途網路和中繼網路合在一起稱為核心網路 (core network) 或轉接網路 (transit network)，而接取網路又叫做用戶網路 (subscriber network) 或市話/本地網路 (local network)，即介於局端 (CO) 至用戶終端網路間的部分。換言之，用戶網路係由以局端為中心，由許多的用戶迴路 (subscriber loop/local loop) 所組成，呈現出星形的架構。用語上，接取網路、用戶網路、用戶迴路、市話網路、本地網路等常被相互混用，其實所指的都是接取網路的意思，術語上以 AN (access network) 來做通稱。

### 1.2 接取網路相關標準

包括 ITU-T、ATM Forum、DAVIC、FSAN 等組織對於所謂接取網路的定義及其細部架構都有其看法，分別簡述如下，至於細部的內容請參考所列之相關文獻。



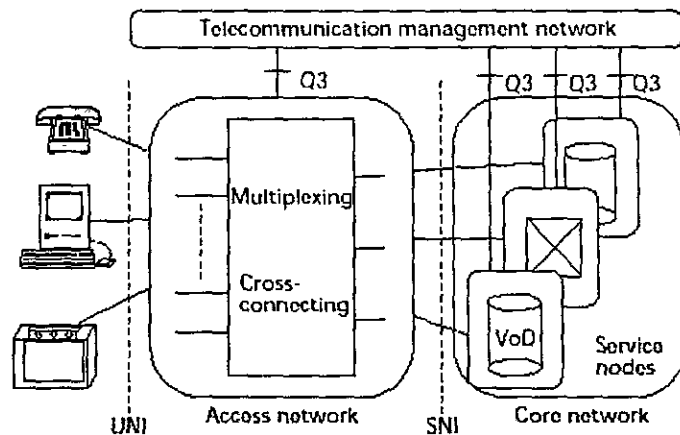


圖 1.1 G.902 定義之接取網路及相關界面名稱

目前在 ITU-T [1] 中，在已有好幾個研究群 (study group: SG) 在進行接取網路相關的課題的研究，特別著重在寬頻接取網路部分，並由 SG15 [2] 負責統籌主導，相關的進展情形可參考 IEEE Communication Magazine 2001 年份的文章 [3]。ITU-T 的 G.902 建議書 [4] 是有關接取網路架構和各組成功能最基本的參考文件。依據 G.902 所定義，如圖1.1所示 [5]，接取網路是介於服務節點界面 (Service Node Interface: SNI) 與使用者網路界面 (User Network Interface: UNI) 之間的網路部分，任務是單純地負責 SNI 和所相對應的 UNI 間的數據通訊傳輸服務，並不會對兩造的通訊內容 - 包括兩造間的信令內容 - 做處理或反應。接取網路透過 SNI 界面和服務節點 (Service Node: SN, 例如局端交換機) 作通訊，透過 UNI 界面和使用者網路做通訊。在 G.902 中的許多觀念，其實是沿革於 ETSI [15] 中有關 SNI、V5 及 VB5 的內容而來的。

ITU-T 對於接取網路的界定，後來融入了 Y.100 系列 [6], [7] 中 GII (Global Information Infrastructure) 的觀念、用語，把 UNI 的部分用新的術語 XNI 來取代，整體接取網路的實作上的參考模型及相關界面名稱如圖1.2所示 [3]。XNI 這個術語是一個統稱，其概念上和 UNI 類似，都是指「使用者端和接取網路間的界面」，但 XNI 的涵蓋範圍較 UNI 廣，如圖1.2所示，XNI 不只包括 NT (Network Termination) 功能模組和用戶端間的界面，也包含 NT 和接取網路端的界面。詳細 XNI、UNI、SNI 界面的說明請參考第九章。

如圖1.3所示，在 G.902 的定義下，一個接取網路內部細分成五個功能模組，分別簡述如下：

- User Port Function (UPF): UNI、XNI 和接取網路溝通的對應窗口，如同郵件

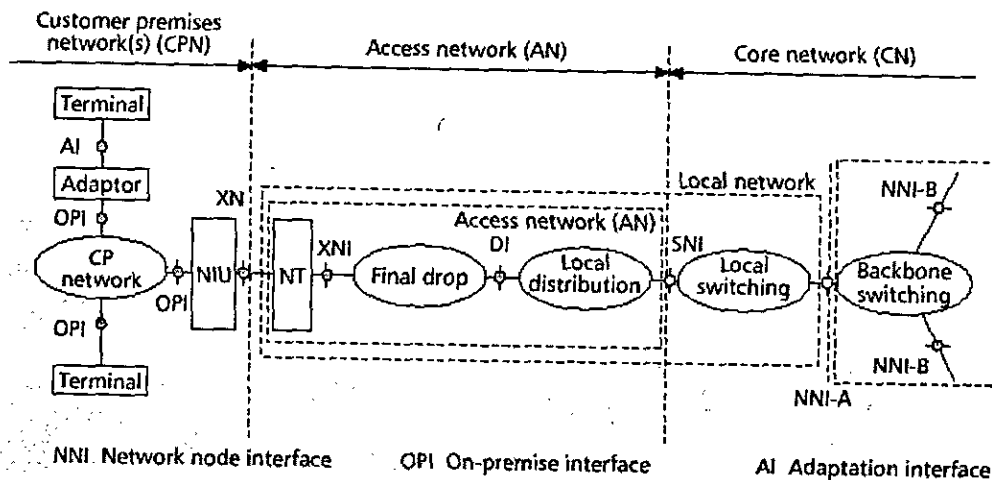


圖 1.2 接取網路實作參考模型

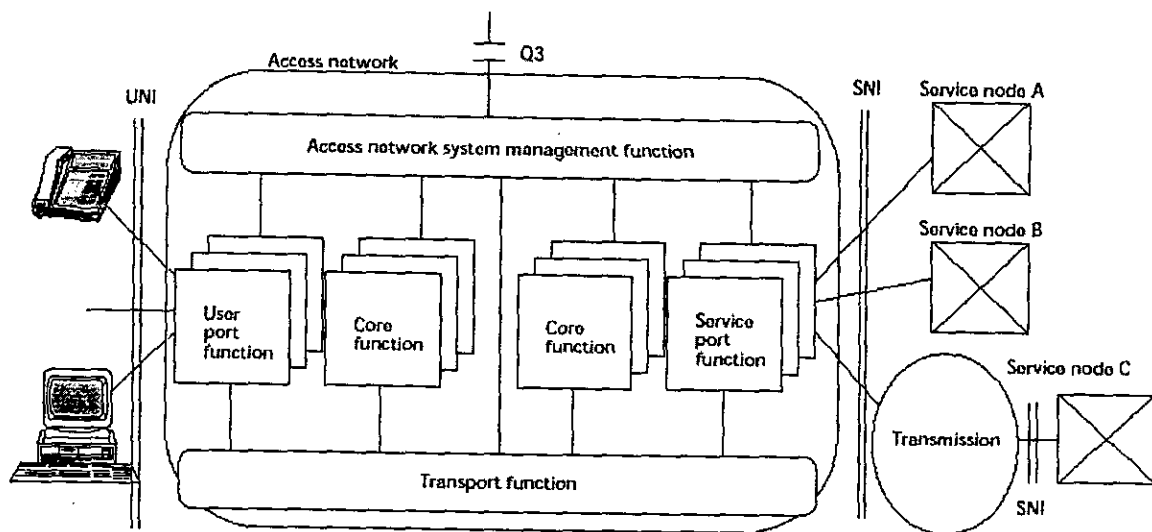


圖 1.3 接取網路功能方塊模型

受理窗口。

- Service Port Function (SPF): SNI 和接取網路溝通的對應窗口。
- Core Function (CF): 如同郵局中郵件整理、分發等屬於內部作業的功能。
- Transport Function (TF): 角色如同物流部門、郵差、郵件車。
- Access Network System Management Function (AN-SMF): 負責所需的維運管理事宜。

為了因應網路 IP 化的發展趨勢，屬於電信界屬性的 ITU-T 也開始涉入資訊界的範疇，著手進行 Y.1000 系列 [8] 和 IP 化網路相關的建議書，其中的 Y.1231 [9] 便定義了 IP 接取網路架構，如圖 1.4 所示。Y.1231 所定義的 IP 接取網路 (IP access network) 是介於 IP 終端使用者和 ISP 之間的網路範圍稱之，ISP 所在的網路則稱為 IP core network。相對於 G.902——可以說是由實體層的角度下的接取網路，Y.1231 的 IP 接取網

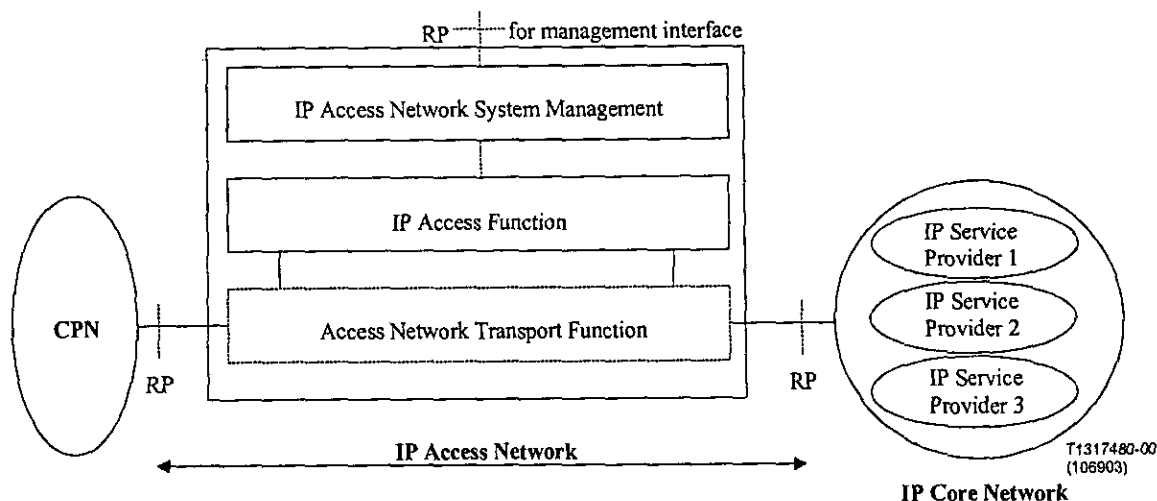


圖 1.4 Y.1231 IP 接取網路架構模型

路就是以 IP—即網路層的角度下所看到的接取網路，所以 Y.1231 的 IP 接取網路範圍更廣於原本 G.902 的接取網路。在網路層角度下的通訊課題，就是使用者和 ISP 之間的 IP 通道要如何建立的課題，也就是 IP 接取網路的主要作為之所在。在 Y.1231 中共提供了好幾種方式，包括：PPP tunneling aggregation、PPP terminated aggregation、use of Ethernet 等，詳細內容請參考 Y.1231。

歐洲 DAVIC 組織 [10] 對接取網路也有他的觀點看法。在 DAVIC 規格的第四部分標題為：「Delivery System Architecture And Interfaces」[11] (註：這是以 DAVIC 規格 1.4.1 之前版本而言，最新的 1.5 版本章節的編排方式已全然不同)，之中說明了其所謂的 delivery system 的架構和相關界面。DAVIC 從傳輸媒介的角度，將 delivery system 區分為三類：有線、無線、和混合類。每種 delivery system 都由核心網路和接取網路兩部分組成。DAVIC 所認知的接取網路有好幾種，包括：ADSL 接取網路、VDSL 接取網路、FTTC 接取網路、FTTH 接取網路等。詳細內容請參考 [11]。

在 ATM Forum [12] 中，和接取網路有關的是 1998 年 7 月的 af-rbb-0099.000 [13]，其中在 af-rbb-0099.000 規格書中定義了 ATM 接取網路、家庭網路部分，及相關的界面。整個 ATM 通訊網路的參考模型有五大部分：ATM 核心網路、ATM 接取網路、接取網路終端設備、家庭 ATM 網路、及 ATM 終端設備。所定義的界面有兩個：ANI 及 UNI，角色上分別和 G.902 的 SNI、UNI 相對應。

綜上所述及，ITU-T、ATM Forum、DAVIC 都有各自的網路架構參考模型，由於彼此定義的角度內涵不盡相同，這些參考模型中的各個方塊、界面不見得有完全一對

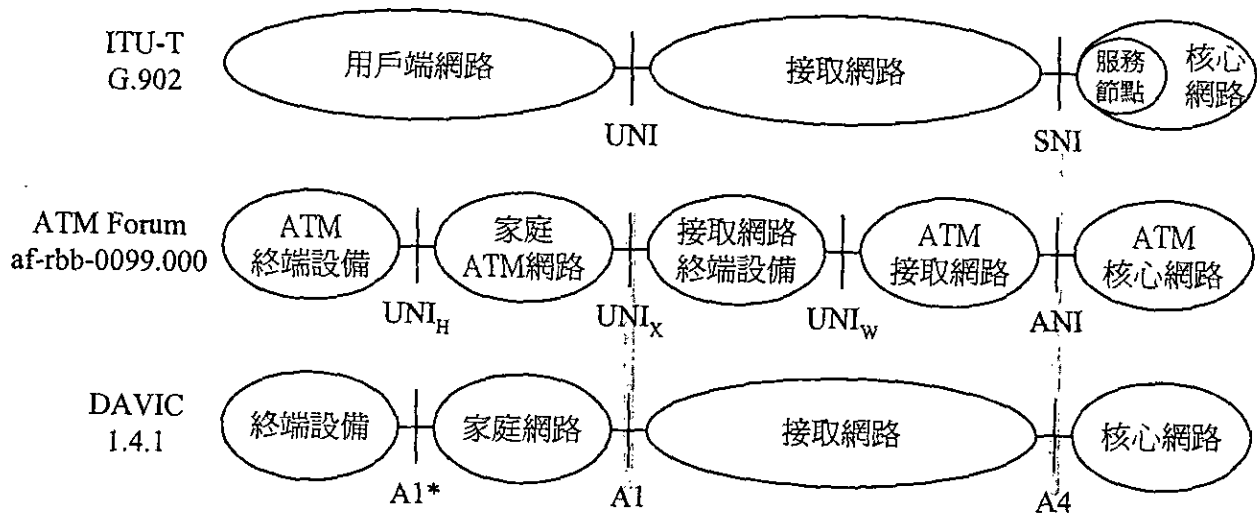


圖 1.5 存取網路架構參考模型比較

一的對應關係，但仍有其相似度。圖1.5中列出這些網路參考模型，並標示出相似的部分。

### 1.3 存取網路架構及其演進

百年來，傳統的存取網路是以雙絞銅線 (twisted-pair copper wire) 建構出來的銅纜網路，其特性有：鋪設成本高、既有普及率高、傳輸頻寬通常被限制在 4KHz 的音頻範圍、且傳輸距離受限在五至十公里。

自 1990 年代以來，網際網路興起，形成一股全球性的資訊旋風，使用人口呈爆炸性成長、多媒體、3C 整合等大資料量服務的應用，網際網路的資訊洪流早已超出類比數據機的傳輸負荷量，傳統存取網路成了 e 世代電信網路最大的傳輸瓶頸所在，不管是個人使用者、或公司機關無不渴望「寬頻的到來」。於是在這股市場的趨力下，讓百年來少有變化的存取網路領域變得十分活躍，除了既有的電話線外，各種傳輸媒介紛紛加入應用，包括有線電視網路、光纖、無線電波等，成為既有、或新進電信業者最火熱的戰場之一。這過程中不僅加速了相關存取技術的研發，並觸動了各種不同存取方式的演化，朝著全方位服務存取網路 (Full Service Access Network: FSAN) [14] 的目標邁進，以提供各種寬頻、窄頻、語音、多媒體等各種服務。

在有線傳輸部分，提升傳統存取網路頻寬的方法有三種：(1)在既有的雙絞銅線傳輸上採用先進的調變技術，(2) 採用光纖用戶迴路，(3) 採用有線電視網路。為了增強

雙絞銅線的傳輸頻寬，採取了諸如 QAM、CAP、DMT 等先進調變技術，其結果衍生了 xDSL 系列的用戶迴路傳輸技術。雙絞銅線的增強方案的優點是，既有的普及率高，且除了附加對應之數據機外，並不需要新裝或改變原迴路設施，所以普遍被既有的電信公司採用為短期做法，以因應當前燃眉的頻寬需求。光纖用戶迴路 (Fiber In The Loop: FITL) 的演進，可以 FTTx 系列的架構方式來實現。而有線電視網路也將光纖納成傳輸骨幹，成為混合光纖同軸電纜 (HFC) 的架構，後兩者的架構都讓用戶網路光纖化更向前邁進一大步。

除了有線部分的改善方案可提昇用戶網路的頻寬外，無線的方案也被納入考慮。就通訊環境而言，無線接取技術可以擁有不受地形地物限制、快速佈線、維護成本低、行動中通訊的優勢；就系統容量而言，無線接取技術具有可以針對用戶人數的多寡做彈性調整的優勢。因此，在未來寬頻網路的接取技術中，我們相信的不是它是否會取代有線的接取技術，而是在不同的通訊環境、市場定位或是服務需求下，無線接取技術無疑將是相當重要的一環。

基本上我們可將目前無線接取網路的技術以兩個面向加以分類：服務含蓋範圍、及高行動性、低行動性或固定性。圖1.6便是依據上述兩個面向所繪成的特性比較圖。以室內 (indoor) 的接取技術而言，可以是屬於小範圍及固定式的家庭網路 (home network)，如：無線區域網路 (wireless LAN)、藍芽 (Bluetooth) 系統或是家庭無線網路 (HomeRF)，又或是中等範圍及低行動性的低功率行動系統 (low-tier mobile system)，如歐規數位無線電話通信系統 (DECT)、日本的個人手提電話系統 (PHS) 及北美的個人接取通訊系統 (PACS)，後二者亦適用於某些室外 (outdoor) 場所，應用上便彈性許多；在定點接取技術上，可以是區域多點傳輸系統 (LMDS) 及多點多通道分散系統 (MMDS)，或是衛星通訊。而高行動性及大含蓋範圍的接取技術包括：第三代行動通訊系統 (3G)、整合封包無線電服務 (GPRS) 及進階資料速率數據服務之 GSM 系統 (EDGE) 最具代表性。從上述的分類我們知道，對於不同的傳輸環境、服務需求，其實是各有適得其所的無線接取解決方案。

以目前的發展趨勢及規格制定情形而論，家庭網路的接取技術仍多偏重在底層網路的訂定方面，如實體層 (PHY) 和媒介接取控制 (MAC) 協定，並未特別限制上層的服務型態，但在規格設計時已經有考慮到支援網際網路協定 (IP) 服務的需求，因此作為網際網路協定服務的底層接取技術之可行性是無庸致疑，但實際的系統標準仍須視

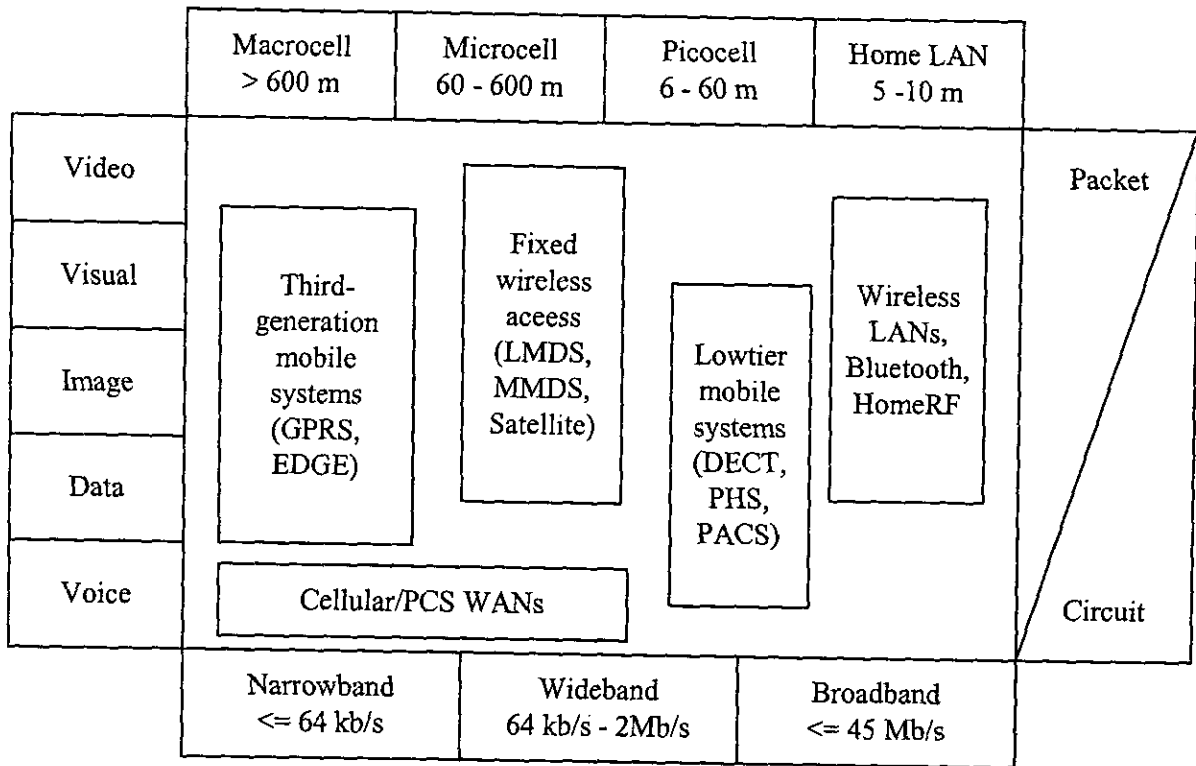


圖 1.6 無線網路特性比較圖

各家廠商的設計為何。

另一方面，隨著國內業者於 2000 年底推出 GPRS 服務及政府積極規劃第三代行動通訊系統執照開放事宜，3G 時代已逐漸逼近，代表著電信市場將掀起另一波高潮。但無線通訊品質受限於通訊環境的影響甚大，不同的無線系統所能提供的寬頻服務項目也各有不同；因此，在選擇寬頻網際網路協定服務的底層接取技術時，應考慮到服務品質要求和傳輸條件的限制，結合有線網路和無線網路的優點，以期建立一完整的寬頻 IP-based 接取網路架構。

## 1.4 本報告架構

本報告依有線、無線性質依序各成章節，分別介紹現有的系統架構技術，IP-based 網路技術發展及其架構，相關的技術、架構等分析比較，最後提出建議及結論。有線部分的章節包括：第二章涵蓋當前熱門的數位用戶迴路技術 xDSL，是亞洲地區當紅的接取網路技術。第三章涵蓋纜線數據機 Cable Modem，配合混合光纖同軸電纜系統 HFC，成為另一當紅的寬頻上網方式。第四章涵蓋可提供超大頻寬的光纖接取網路 FTTx：包括光纖至大樓 FTTB、光纖至近鄰 FTTC、光纖到府 FTTH，並介紹光纖用戶迴路 FITL 的架構。第五章涵蓋最新形成之乙太網路搭配光纖作傳輸的 Optical

Ethernet，可提供兆位元級的傳輸頻寬。

無線部分的章節則包括：第六章涵蓋第三代行動通訊系統 3G：包括 WCDMA、TD-SCDMA、cdma2000 等三系統的諸多版本及其架構演進。第七章涵蓋家庭網路 Home Networking 的部分，包括 Home PNA、HomePlug、HomeRF 及 Bluetooth。第八章涵蓋無線區域網路 Wireless LAN，除了可讓接取網路往室內環境延伸外，最新的發展更朝著室外應用以及更高傳輸速率目標前進。第九章探 SNI 與 UNI/XNI 界面及其本土化議題。最後第十章是本研究報告的綜合討論。

## 1.5 參考文獻

- [1] ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector), <http://www.itu.int/ITU-T/>
- [2] ITU-T Study Group 15, Study Period 2001 – 2004  
<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/index.html>
- [3] Y. Maeda and R. Feigel, "A standardization plan for broadband access network transport," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 39, pp. 166-172, Jul. 2001.
- [4] ITU-T G.902: "Framework recommendation on functional access networks", 1995/11  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-G.902>
- [5] K. Asatani and Y. Maeda, "Access network architectural issues for future telecommunication networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 36, pp. 110-114, Aug. 1998
- [6] ITU-T Y.110, "Global Information Infrastructure, General: Global Information Infrastructure Principles and Framework Architecture," Jun. 1998.  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-Y.110>
- [7] ITU-T Y.120, "Global Information Infrastructure, General: Global Information Infrastructure Scenario Methodology," Jun. 1998.  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-Y.120>
- [8] ITU-T, "Framework for the Y.1000 Recommendation Series on IP Related Issues"  
<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/ip/y1000.html>
- [9] ITU-T Y.1231, "IP Access Network Architecture," Nov. 2000  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-Y.1231>
- [10] Digital Audio Visual Council: DAVIC, <http://www.davic.org/>
- [11] DAVIC 1.0~1.5 specification, <http://www.davic.org/download.htm>
- [12] ATM Forum, <http://www.atmforum.org/>
- [13] ATM Forum af-rbb-0099.000, "Residential Broadband Architecture Framework," 07/1998, <http://www.atmforum.com/pages/aboutatmtech/approved.html>  
<http://www-comm.itsi.disa.mil/atmf/rbb.html>
- [14] FSAN (Full Service Access Network) website, <http://www.fsanet.net/>
- [15] European Telecommunications Standards Institute: ETSI, <http://www.etsi.org>
- [16] ETR 139: "Radio Equipment and Systems (RES); Radio in the Local Loop (RLL)"

- [17] ETR 326, edition 1: "Transmission and Multiplexing (TM); B-ISDN access"
- [18] ITU-T G.966, "Access digital section for B-ISDN",  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-G.966>
- [19] ATM Forum af-rbb-phy-0101.000, "RBB Physical Interfaces," 01/1999  
<http://www.atmforum.com/pages/aboutatmtech/approved.html>  
<http://www-comm.itsi.disa.mil/atmf/rbb.html>
- [20] 洛克南, "用戶迴路發展趨勢及商機", 通訊雜誌, 第 79 期, 2000.8 月號,  
<http://www.grandsoft.com/cm/079/atr791.htm>



## 第二章

# IP-based 銅線接取網路技術 xDSL

### 2.1 簡介

在電信網路中，我們一般稱由局端 (CO) 到用戶終端之間的連接線路稱用戶迴路 (subscriber loop)，其間之網路稱之為接取網路 (access network)。其主要任務乃是完成交叉連接和傳輸功能，一般不包含交換功能。眾所周知，早期的用戶迴路網路設計是針對語音的傳輸而設計的，而語音頻寬分布在 300Hz~3.4KHz 範圍內，其實只用到整體線路頻寬的一小部分而已，若用此語音頻帶來作數據服務，則傳輸速率將受限制，即現今發展已到極限的 56K 撥接式數據機。但是隨著經濟的發展及各種網路應用的產生，用戶對通信的要求已從低速的電話、傳真、資料等窄頻服務延伸至隨選視訊 (VOD)、互動式電視等寬頻服務。由於多年來電信公司已經花費了大量的人力、物力和資金，鋪設了大量的銅線電纜，而且由於架設光纖設備昂貴，光纖到府 (FTTH) 也不是在短時期內能夠實現的，所以如何充分利用現有的銅線資源，利用現有的銅質雙絞線實現高速接取網路，是我們現在亟需努力的目標。

AT&T 的子公司 Bellcore 從 1989 年以來，一直致力於研究開發透過普通銅質雙絞線來傳輸視訊、圖像、數據資料等高速傳輸技術。從 HDSL (對稱性的 T1/E1 傳輸速率)、MDSL (對稱性的 64Kbps~1152Kbps 傳輸速率)，到 ADSL (非對稱性的 1.5~8Mbps 傳輸速

率)，現在我們統稱這些技術為數位用戶迴路 xDSL 技術。

簡而言之，xDSL 技術是解決 ISP 到用戶終端之間「最後一哩」瓶頸問題。透過普通銅質雙絞線上的先進傳輸技術，xDSL 在普通的電話線路上可以實現高速資料傳輸。xDSL 技術使得電信公司可以利用現有普及的銅線設施，在將寬頻業務推向市場時，能夠節省大量的時間和金錢。由於 xDSL 在一般情況下只使用一條線路，這使得電信公司除了提供既有的語音業務之外，還可以同時提供從隨選視訊一直到互動式遊戲等一系列新業務。藉由同一設備上支援語音、資料及視頻的能力，使得電信公司在傳統語音業務的基礎上，能發展出完整的一套綜合業務。

## 2.2 xDSL 接取技術及網路架構

如前面所提，xDSL 之基本觀念是透過先進的調變技術，以在現有語音網路的銅線上提供較高之傳輸速率。以系統架構來說，理論上 xDSL 並不需要對現有電話網路佈線進行更改，也不需要鋪設新的傳輸線路，但線路品質的維護是一個很重要的因素，因為這將直接影響 xDSL 性能的表現，若在較老舊的銅線上傳輸，傳輸速率將大打折扣。在另一方面，xDSL 仍有傳輸距離上之限制，即局端和用戶設備端的距離愈長傳輸速度就愈慢，因此需根據用戶的環境特性選擇適合之 xDSL 技術。在商業區裡光纖通常拉得較近，當然就正好讓高速 xDSL 派上用場，作為連接光纖網路後的 last mile 接取網路；反之在住宅區裡銅線距離拉得較長，此時就必須選擇傳輸距離較長的 xDSL 技術。用戶端僅需要在家中安裝一部 DSL 數據機，電信公司也僅需要在交換機房架設一部 DSL 接取多工器 (DSLAM) 即可。

除了速度上較撥接式更具有競爭力外，xDSL 能永遠保持連線的特性也是一大特色。遠端用戶可以一直和伺服器的資料庫保持連線，不會因使用電話而受干擾。在眾多新的技術中，xDSL 是非常符合經濟效益的解決方案。因應不同種類服務的需求，xDSL 也有許多不同的型態，一般通稱為 xDSL。DSL 和 xDSL 字樣在本文中所指的意思將是一樣的。茲針對較重要的 xDSL 說明如下。

### 2.2.1 ADSL 與 ADSL Lite

ADSL 全名為 Asymmetric Digital Subscriber Line。1989 年 AT&T 的子公司 Bellcore 希望發展出一個能夠利用傳統電話線來傳輸影像、動畫、圖片，並且以每秒 Mbps 傳輸

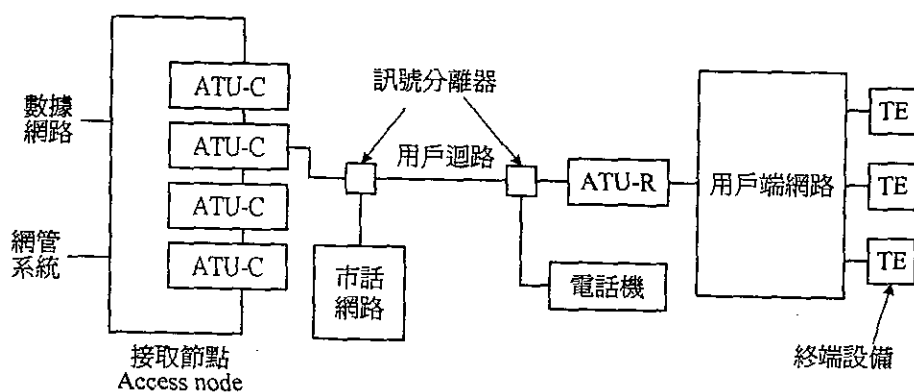


圖 2.1 ADSL 架構圖

資料的技術，因此發展出了 ADSL。下傳速率最高可達 8.192Mbps，上傳速度最高可達 1.024Mbps 的境界。

ADSL 是這幾年市場上當紅的熱門技術，原本是為隨選視訊服務而設計，但由於視訊需要連續傳送的特性，所消耗的頻寬較大，在當時 ADSL 並沒有被廣泛應用，直到近幾年來網際網路風靡全球後，才讓它再度受到重視。在大部分的網路應用中，用戶端絕大部分的時間都是去讀取資料，最明顯的例子就是全球資訊網 (WWW) 的應用。通常用戶只是從瀏覽器上點一下網路位址將需求送出，就會有大量的資料從網站伺服器傳回。FTP (File Transfer Protocol) 應用也是相同，下傳的資料量往往都會大於上傳。ADSL 下行速率遠大於上行速率的不對稱式傳輸，正好符合這種資料傳輸量上不對稱的情形。

由圖 2.1 的 ADSL 架構圖中可以發現到，語音和數據資料都在相同的線路上傳輸。當上傳訊號經過局端的訊號分離器 (splitter) 後，語音走原有的路徑，較高頻的數據資料則會被送到數據網路中；而下傳訊號經過用戶端的分離器後，語音送往電話機，數據資料則會送到連接 ADSL 數據機的終端機上。

早期 ADSL 調變及解調技術尚未統一標準之前，主要有無載波調幅調相調變 (CAP) 和離散多重音調 (DMT) 調變兩種。前者 CAP 方法簡單、實現容易，後者 DMT 技術複雜，但功能較強。但兩種技術互不相容，設備之間無法互連，影響了 ADSL 的推廣。目前標準已經統一採用 DMT 調變技術了。

ADSL Lite，又稱為 universal ADSL、splitterless ADSL [1]，系統架構圖如圖 2.2 所示。ADSL Lite 是原本 ADSL 的低速率版本，用意是用傳輸速率的犧牲，來達成不需裝設訊號分離器的目的，減少了用戶端的設備成本。取而代之的是在每個電話機的線路上串接

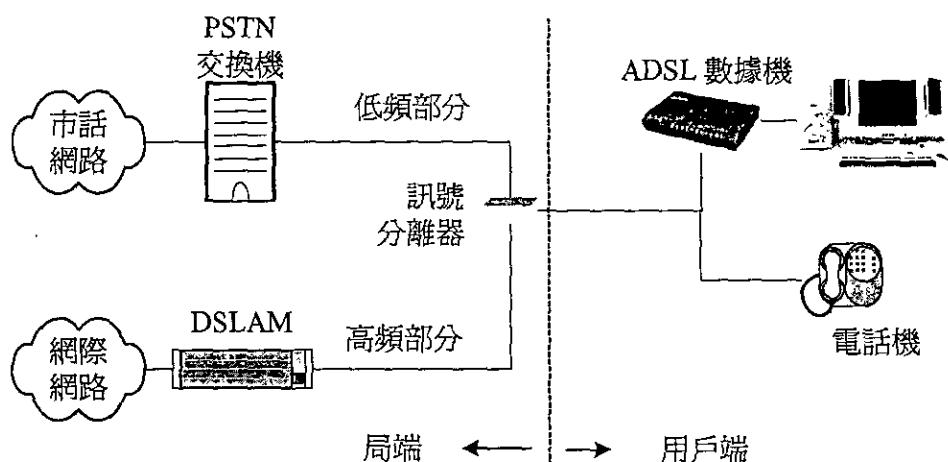


圖 2.2 ADSL Lite 架構圖

一個線上濾波器 (in-line filter) 以隔絕 ADSL 訊號，因為用戶即可自行加裝這個濾波器，因而簡化了 ADSL 的安裝作業。不過，ADSL Lite 的缺點在於缺少訊號分離器後，部分的 ADSL 訊號會和原有語音訊號相互干擾，使得其傳輸速率受到影響。

在各廠家 ADSL 設備的發展過程中，有鑑於各家設備間互通性缺乏一致性標準的問題，導致局端的 DSLAM 和用戶端的 ADSL 數據機匹配不良，使得 ADSL 服務提供者的設備必須反覆交換資料，才能確定彼此以何種速度建立連線，進而影響到 ADSL 用戶的使用品質。因此於 2000 年 8 月，由網路設備大廠 Cisco 為首組成了 OpenDSL 組織 [2]，積極推動統一的標準、ADSL 設備互運、發展隨插即用之用戶設備架構、及用戶終端設備自動設定軟體或工具為主要任務，以達到像現在的類比數據機，用戶不管使用何種廠牌都可以連上 ISP 一樣 [3]。

### 2.2.2 HDSL 與 HDSL2

HDSL 全名為 High-data-rate Digital Subscriber Line，是 Bellcore 於 1991 年正式提出的一種傳輸技術，由 IDSL 技術衍生而來，發展目標是取代 T1/E1，xDSL 技術中最成熟的一種。HDSL 採行 2B1Q 調變技術及迴音消除技術，可達近似光纖級之高品質傳輸，不需中繼器即可延長傳輸距離，相較於傳統的 T1/E1，其系統架設所需時間縮短很多，且維運成本遠低於 T1/E1 專線。

HDSL 是對稱式的傳輸技術，上行和下行資料的傳送速率相同。HDSL 透過既有的兩對銅質雙絞線，傳輸速度可達 T1 級的 1.544 Mbps；而透過三對銅質雙絞線的傳輸速度達 E1 級的 2.048 Mbps。隨著技術的成熟和線路性能的提高，現在的 HDSL 已經可以實現在

兩對銅質雙絞線上實現 2.048 Mbps。HDSL 提供這種速率的最大傳輸距離可達 5 公里 (0.5mm 線徑)，其傳輸距離隨著線徑的增加而加長，也可以透過增加中繼器 (repeater) 使得傳輸距離增加。HDSL 典型的應用包括 PBX 互連、網際網路上網、移動基地台與中心機房的連接、專用資料網路間的連接，及其他需要上下行傳輸速率相同的應用。

HDSL2 是 HDSL 的第二代技術，是專門為美國市場所設計的。其傳輸速率和距離不變，調變技術則改為 TC PAM (Trellis Code PAM)，最重要的是只需要一對傳輸線即可。

### 2.2.3 SHDSL

SHDSL 全名為 Single-pair High Speed Digital Subscriber Line，為新一代的對稱式 DSL 技術，使用 TC PAM 調變技術，使用一對雙絞銅纜線載送數據時，其速率調整範圍從 192 Kbps ~2.36 Mbps，若使用兩對雙絞銅纜線載送數據時，其速率調整範圍則從 384 Kbps ~4.62 Mbps。由於 G.shdsl 標準 (G.991.2 [4]) 的確立及成熟，逐漸成為對稱式 DSL 發展的主流。利用 SHDSL 傳輸技術，電信及網路服務業者只需在現存的電話網路架構下，利用一條銅絞線即可提供高達 2.3 Mbps 的雙向對稱、多重速率的高速數據傳輸服務，被廣為看好成為取代目前企業普遍使用的 T1/E1 專線或訊框轉送服務 (Frame Relay) 的經濟替代方案，讓用戶不需改變原有的網路架構，即可以低成本並享受高速傳輸服務。

SHDSL 在設計之初，除了設定只以一對銅絞線作做傳輸媒介外，相鄰電話線間不同的 DSL 服務如何同時進行而不互相干擾的問題，也是當初設計之重要考量。為避免與其他 DSL 技術產生串音干擾，SHDSL 採非對稱式的上下行傳送頻帶，且功率頻譜密度 (Power Spectrum Density: PSD) 大小可依據傳輸速率及距離做調整。

其中 G.shdsl 的技術標準最初是在 1998 年 10 月時由國際電信聯盟 (ITU) 所提出，1999 年 11 月制定完成生效，其目的在於提供多種對稱性傳輸技術國際性的互通標準，G.shdsl 在多項功能上有較優越的表現，不但是目前所有對稱性傳輸技術中傳送距離最遠，還可以調整傳送不同的速率。而 ITU 在 2001 年 2 月中通過了一項關於 DSL 數據機間的手握 (handshake) 標準 G.994.1 [5] 後，SHDSL 的標準就更臻於完整了。這項建議標準確定了 SHDSL 在傳送不同訊號：T1 (1.544 Mbps)、E1 (2.048 Mbps)、ISDN、ATM 和 IP 時所使用的傳輸界面標準。

SHDSL 與 HDSL2 除載送速率之差異外，SHDSL 技術上可以兩對雙絞銅纜電話線提供 384Kbps 至 4.62Mbps 之數據載送服務。在 PSD 方面，SHDSL 亦可提供對稱性之 PSD

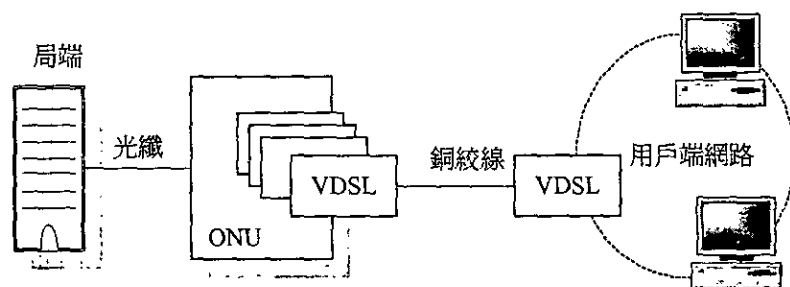


圖 2.3 VDSL 架構圖

載送模式。值得注意的是，無論是 HDSL2 或 SHDSL 均不保留頻段給傳統類比式語音使用。但這並不意味 HDSL2/SHDSL 就無法提供語音服務，HDSL2/SHDSL 語音服務之提供模式乃採 Voice over DSL 技術，以數位化語音替代傳統類比語音服務。未來 SHDSL 與 HDSL2 之服務應用範圍將以中小型商業用戶及在家工作者為主，而其也將逐漸取代目前對稱性之數位用戶技術，成為未來 SDSL 之主流。

## 2.2.4 VDSL

VDSL 全名為 Very-high-data-rate Digital Subscriber Line，是 xDSL 未來一代的技術。VDSL 是 xDSL 中傳輸速率最快的一種，只需要一對銅絞線，上行速率最高可達 52Mbps，下行速率可達 1.5~2.3Mbps，其頻寬已經夠寬到可以承載 HDTV 的服務了，但實際的傳輸速率則和線路長短有關。VDSL 可進行對稱式或非對稱式的雙向傳輸。雖說 VDSL 也是 xDSL 家族中的一員，但由於 VDSL 的傳輸距離很短，只有 1.5 公里左右，實際應用上多和光纖的光纖到大樓 (FTTB) 或光纖到近鄰 (FTTC) 架構搭配使用，基本的系統架構如圖 2.3 所示 [6]，光纖由局端先拉到靠近用戶端的光纖網路元件 (ONU)，由 ONU 到各用戶端的短距離通訊便交由 VDSL 負責。這樣子的系統架構被看好為 FTTH 到來前的最佳方案。VDSL 在設計上，已將所使用的頻譜規劃在傳統語音和 ISDN 頻段之上並加裝訊號分離器，以免相互干擾，乃至於可以共存。

## 2.2.5 其他的 xDSL 技術

除了以上各節，xDSL 家族中仍有其他成員，依字母順序簡介如下：

- CDSL 全名是 Consumer DSL，為早期 RockWell 公司自行研發不需要訊號分離器的 DSL 技術，然非通用標準。
- IDSL 全名為 ISDN DSL。IDSL 是一種在用戶端界面沿用 ISDN U 界面的數位

用戶迴路，和 ISDN 一樣，採用 2B1Q 調變方式，可同時提供語音和數據服務，在一對 24 WAG 雙絞銅線上可傳輸距離約為 5.4 公里。數據服務方面可提供 64K、128K，甚至 144Kbps 速率的雙向傳輸服務。由於用戶端界面一樣，只要電信局架好 IDSL 局端設備開始營運，用戶端沿用原本的 ISDN 設備即可享用 IDSL 服務。IDSL 之數據與語音在局端採分流處理，分別將數據和語音送至數據網路和市話語音網路。它的不同於 ISDN 的最大特性是數據傳輸不需再經過交換機。

- MDSL 全名為 Multi-Rate DSL，特性和 HDSL 相同，但是可以支援多種的傳輸速率。
- MSDSL 全名是 Multi-rate Single Pair DSL，特性和 SDSL 相同，但可支援多種的傳輸速率：從 64Kbps 到 2.048Mbps。
- RADSL 全名是 Rate Adaptive DSL，於 1989 年為 AT&T Globespan 所研發。RADSL 提供 1.5~8Mbps 的下行傳輸速率，16-640Kbps 的上行傳輸速率，並只用一線對即可。如其名，RADSL 的特點是能根據線路品質的好壞，動態式地調整其傳輸速率，特別適用於下雨、氣溫特別高的反常天氣情形。ANSI 在其 ADSL Issue 2 的規範中也將 RADSL 列入標準。
- SDSL 全名為 Single line Digital Subscriber Line，可說是 HDSL 的改良版本。與 HDSL 的不同之處是，SDSL 僅需一對銅線即可提供 T1/E1 級的數據傳輸速度，且傳輸速度可自動調整，範圍在 144~2320Kbps 之間，可用來取代傳統的 T1/E1 技術，不過最長適用距離僅 3 公里左右。由於規格設計上無法同時傳數據及語音，並不適合一般家庭用戶使用。

## 2.3 IP-based xDSL 接取網路技術發展趨勢及架構演進

由於 ADSL 是 xDSL 當紅的技術，所以在 xDSL 接取網路的架構演進探討上，我們將重點放在 ADSL。

### 2.3.1 xDSL 技術發展趨勢

#### 2.3.1.1 Voice over DSL

VoDSL 是在銅線上來載送數位化語音的一種服務。它可以附加在現有之數位用戶迴路技術上，如 ADSL、HDSL2、SHDSL、VDSL 等。VoDSL 載送語音之頻帶與傳統語音

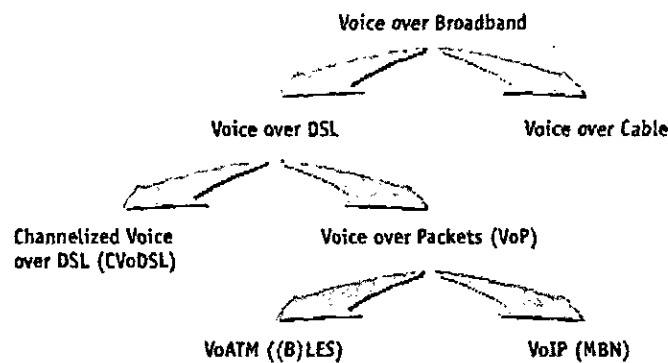


圖 2.4 語音服務技術分類

載送頻帶不同，傳統語音載送之頻帶範圍在 4KHz 以下，而 VoDSL 則利用 4KHz 以上用於載送數據的頻帶。隨著數據網路的蓬勃發展，眾多利用數據網路來傳送語音服務的技術也隨之發展起來。目前 VoDSL 主要之發展集中於北美地區，尤其是在美國，已進入商用階段。VoDSL 未來的蓬勃發展是指日可待的。

依實體傳輸媒介來分，VoDSL 是 VoB (Voice over Broadband) [10] 的一個分支，如圖 2.4 所示，另一個常見的分支則是 VoCable (Voice over Cable) [11]。依是否以分封方式傳送數據化語音，VoDSL 又可分 VoP (Voice over Packets) [12] 和 CVoDSL (Channelized Voice over DSL) [13]。而依不同的封包種類，VoP 又可分為 VoATM (Voice over ATM) 和 VoIP (Voice over IP) 兩種。VoP 的頻寬使用效益較佳，較適用於電話流量和數據資料流量大的中小企業用戶，CVoDSL 則較適合個人、家庭用戶。

VoP 的方式是將數位化的語音做分封處理後傳送之，其網路架構如圖 2.5 所示。目前所採行的封包格式有 ATM 和 IP 兩種，然後一個個的語音封包便經由 DSL 線傳送到局端 DSLAM，然後接入分封網路，此分封網路可以是 ATM 網路或是 IP 網路。經分封網路後，純數據部分被分流至數據閘道器 (data gateway) 正式進入數據網路；而語音部分則分流至語音閘道器 (voice gateway)，連結至市話交換機，進入公眾電話網路 PSTN。使用 VoDSL 之用戶透過用戶端之整合接取設備 (IAD)，可同時享有多路電話語音、數據及影像等多種服務。

所以，VoDSL 網路的主要設備有整合接取設備 (IAD)、用戶迴路接取多工器 (DSLAM)、數據閘道器及語音閘道器等。整合接取設備置放於用戶端，功能為提供用戶多種服務並連接數位用戶迴路，一般 IAD 在用戶端界面會提供數據界面，如以太網路界面或 USB 界面，和多個傳統電話界面。而 DSLAM 除了匯集各用戶的語音和數據資料外，



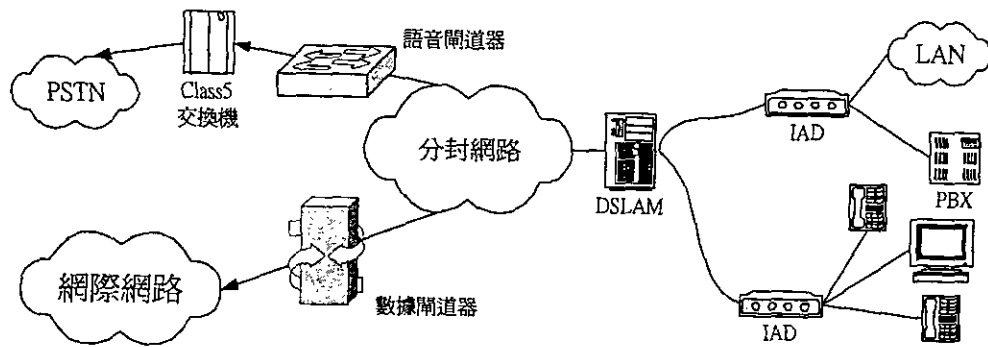


圖 2.5 VoDSL 網路架構

還必須具備適當的服務等級管理能力，使語音訊務具有較優先的傳送等級以確保語音通訊品質。數據閘道器則負責將 DSLAM 傳送過來的資料載送至 ISP 端，中間經過的可以是 ATM 網路、Frame Relay 網路、或 IP 網路。經公眾網路後之數據訊息被交換至 ISP。語音閘道器則必須具有 VoDSL 信號處理能力與適當的 ATM 服務等級。

VoATM 目前 DSL 網路的架構多是 IP over ATM over DSL，因此除了將數位化語音先打裝成 IP 封包，再進一步細切成 ATM 封包後傳送出去。也可以將語音放置到 IP 封包內再利用 DSL 網路傳送。

另外一類是 CVoDSL，當需要打電話時，類比語音會先經過 PCM 編碼成 64Kbps 的數位化語音資料流，DSL 上下行此時會各保留所需的頻寬，其餘的頻寬才給其他的數據服務，如上網所用，等到語音通話結束後，所保留的頻寬便釋放出來。ADPCM 等語音壓縮技術也可以派上用場，以降低每路語音傳輸所需的頻寬，如此同一條 DSL 線可同時乘載更多的語音通話數量。至於確切可乘載的通話數量則和上下行頻寬、數位化語音資料量有關，例如：ADSL 的上行頻寬為 256Kbps，數位化語音資料量為 64Kbps，則能容納的電話數量為 4 路。在 CVoDSL 技術下，不僅可將傳統的電話語音納入應用，包括類比數據機、傳真機亦可延用進來，是其特點。由於 CVoDSL 對數位化後的語音並不作分封處理，使得硬體設備的成本較為經濟，而語音傳輸有固定保留的頻寬給用，所以語音的品質，如流暢性、傳輸延遲等方面會比 VoP 方式來得好。

CVoDSL 技術配合 DSLAM 的網路架構如圖 2.6 所示，用戶終端設備 (CPE) 負責語音的 PCM 編碼/壓縮工作、頻寬保留/釋放、數位化語音和純數據資料的傳輸多工/解多工。相對應地，局端的 DSLAM 部分需要新的功能，將數位化語音和純數據作分流處理，語音者傳給市話交換機，純資料則給數據網路。其他可行的網路架構可參考 [13]。

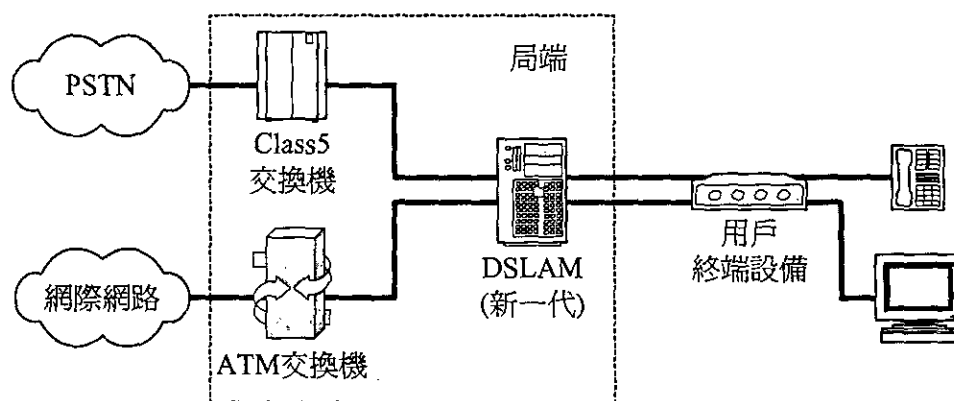


圖 2.6 CVDSL 配合 DSLAM 使用之網路架構圖

### 2.3.1.2 EtherLoop

EtherLoop 是由 Nortel Networks 於 1996 年所發展的一種屬於 Ethernet over xDSL 的技術 [14]，結合 Ethernet 的半雙工分封傳輸方式、快衝技術 (burst technology)，及 xDSL 調變方式為本的寬頻技術，傳輸速度可由 125K~6Mbps，傳輸距離最遠可達 6 公里之譜，且具省電效果。可同時提供語音和數據傳輸。隨著技術的進步，最高的傳輸速率渴望推進到 Ethernet 的 10Mbps，但相對地傳輸距離也將會較短。

EtherLoop 所使用的頻譜在 3K~3MHz 之間，在設計上已考量避免干擾其他電話線上的數據傳輸服務，如：ISDN、T-1、ADSL、HDSL、及 SDSL 等，EtherLoop 會依線路情況自動尋找較好的頻帶做傳輸，並動態式地調整傳輸速率，這使得 EtherLoop 的安裝作業比傳統的 xDSL 要簡單很多—至少不需要選線。以傳統區域網路的角度來看，EtherLoop 其實是蠻像 Ethernet 的，EtherLoop 也大量採行 IEEE 802.3 協定，加上少需的修改。EtherLoop 可以和 Ethernet 網路輕易地界接相容。由於 EtherLoop 的應用環境是點對點通訊，使得 EtherLoop 不需面對傳統 Ethernet 要處理的訊號碰撞的狀況，而成為一種主從式的局面。雖然 EtherLoop 能克服 ADSL 建置的部份缺點，但它仍受到速度與擴充方面的限制。

## 2.3.2 IP-based ADSL 網路架構演進

ADSL 網路架構依傳輸方式的不同分為兩種，分別為：Router-based 和 ATM-based。

### 2.3.2.1 Router-Based ADSL 網路架構

Router-based 的 ADSL 網路架構如圖 2.7 所示，此架構以封包 (packet) 處理方式為基

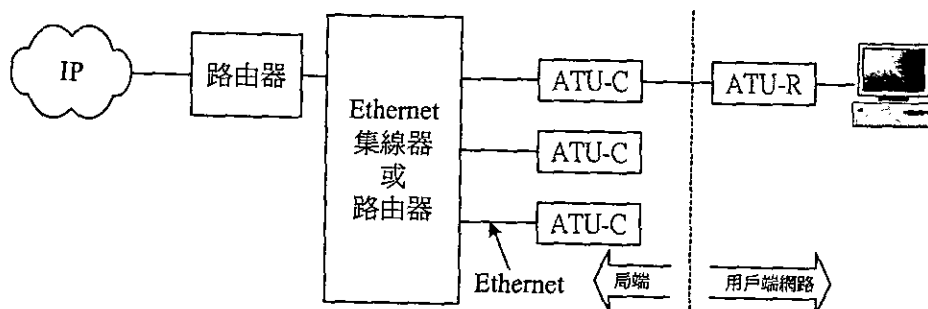


圖 2.7 Router-based ADSL 網路架構

礎，在局端機房的 ADSL/DSLAM 數據機網路側輸出，經由 Ethernet 集線器或交換器執行媒介接取控制 (MAC) 層的集縮處理，然後匯集至 IP 路由器 (router) 上。由於此架構架設簡易，因此大多數的 ADSL 試用計劃，皆採用此種架構來測試 ADSL 設備。然而 Router-Based 的網路架構對於寬頻用戶迴路市場日漸增加的需求規模，無法提供有效的擴充因應。除此之外尚有各種應用與基礎網路整合困難的現象，特別是當需要提供服務品質 (QoS) 控制的服務時 (如視訊或語音電話服務)，此種網路架構會遭遇功能上的困難。因此，現行的 ADSL 網路多不是 Router-based，而是下一節的 ATM-based 架構。

### 2.3.2.2 ATM-based 網路架構

當 1998 年 ANSI T1.413 Issue 2 [7] 標準定案後，ADSL 網路從 Router-based 網路架構逐漸演變成以 ATM-based 為主流發展，尤其當 1999 年 ITU-T 制定 ADSL 相關標準後，ADSL 網路架構更是完全被 ATM-based 所主宰。圖 2.8 為 ADSL ATM-based 網路參考架構及其相對之通信協定堆疊 (protocol stack)。此架構主要是採用 ATM 作為局端和用戶端間 ISO 第二層、即鏈路層 (link layer) 的通信協定，於是乎 ATM-based 的 ADSL 網路架構可以繼承 ATM 的一些優點，包括：

- 使用多路 ATM PVC (Permanent Virtual Circuit) 方式可以讓在同一鏈路下，用戶端即可界接多種服務。
- 利用 ATM 頻寬控管機制，使得 ADSL 線路頻寬之配置更具彈性。
- 利過 ATM 所提供的 QoS 機制，達到一定服務品質的保證。
- 擁有通信協定之透通性，意即可以透通地承載各種 ISO 第三層、即網路層 (network layer) 的通信協定，使 ADSL 接取網路更適用於多種上層的應用服務。

除了上述 ATM 的各項優點外，ATM-based 架構在大規模的 ADSL/DSLAM 建設時能夠具有模組化與規則性的擴充能力，並且能與既存的寬頻 ATM 骨幹網路相互連結，界接

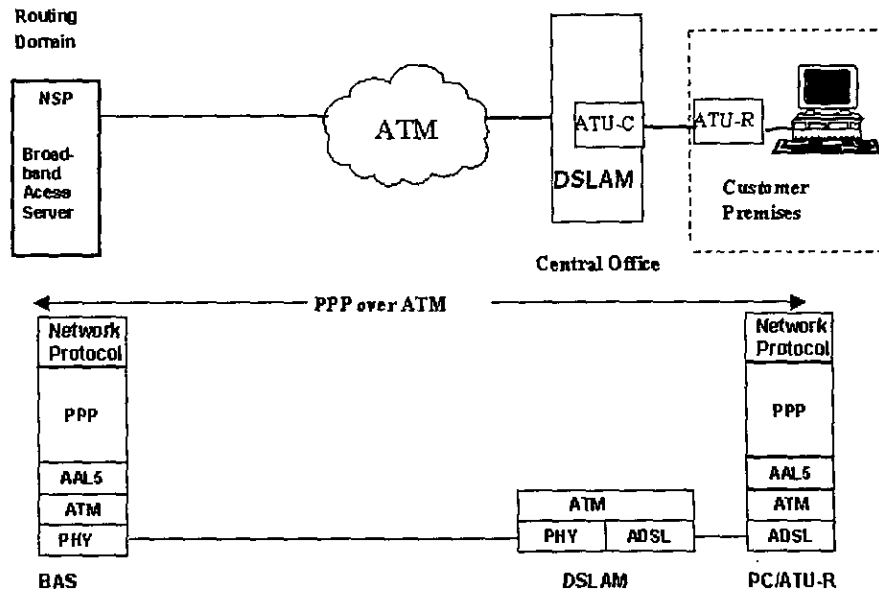


圖 2.8 ATM-based ADSL 網路參考架構通信協定堆疊

的頻寬有多種選擇、且都很寬。一般 ATM-based ADSL 網路與 ATM 骨幹網路界接大都以 STM-1 光纖界面、或 DS3 界面、或 4×E1 (IMA) 界面為主，ATU-R (ADSL Termination Unit - Remote) 與用戶網路間的界面則以 Ethernet 10BaseT、10/100BaseT、USB、甚至 ATM-25 等界面為主。在 ATM-based 的架構下，此時的 ATU-R 必須具備支援 RFC 1483 [8] 中之 IP over ATM 通信協定的能力，依網路應用之不同，ATU-R 還須支援 Bridging 或 Routing 模式功能、及 RFC 2364 [9] 的 PPP over ATM 協定功能等。

在 ATM-based ADSL 網路的演進過程中，remote DSLAM 網路架構常被用來延伸局端的服務範圍，如圖 2.9 所示，remote DSLAM 多置於相對遠離局端、而相對靠近使用者端的位置，將多路 ATU-C (ADSL Termination Unit - Central Office) 多工後，透過 STM-1 光界面、或 4 路 E1 界面等高速傳輸界面與局端的 DSLAM 連結，最後經由網路界面銜接骨幹網路。一般 remote DSLAM 之線路卡板單體與局端的 DSLAM 的線路卡板單體是一樣的，只是 remote DSLAM 之整體容量較小而已。另外，remote DSLAM 架構有時須與數位迴路載波機 (DLC) 配合以提供語音之服務。

依應用服務之不同，DSL Forum 將 ADSL 與骨幹網路界接方式分為 Transparent ATM、L2TP Access Aggregation、PPP Termination Aggregation 及 Virtual Path Tunneling 等四大類型，其演進可分為三個階段：

- 第一階段：Transparent ATM 架構

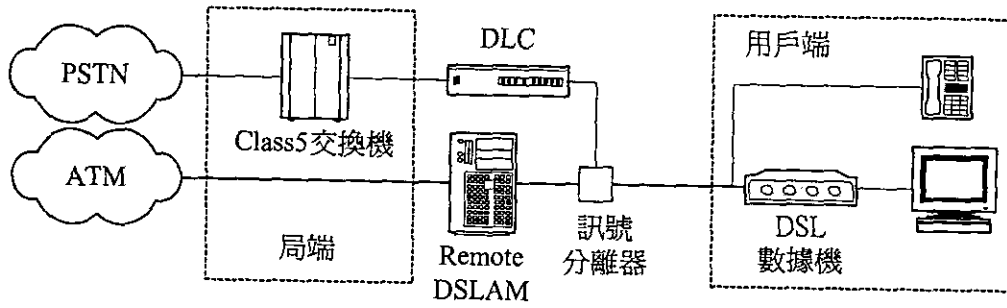


圖 2.9 Remote DSLAM 架構

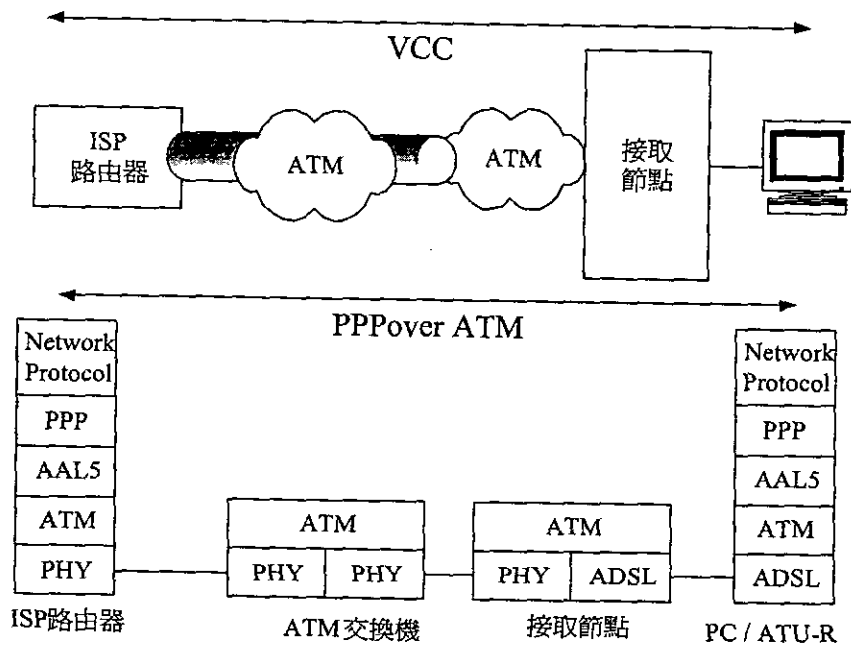


圖 2.10 Transparent ATM 架構

Transparent ATM 網路架構如圖2.10所示。以 ATM PVC 模式，建立永久式虛擬線路，提供與 ISP 網路連接型態，連接各個界接設備。在此架構中，使用者與 ISP 之間所有在 ATM layer 以上之任何通訊協定，對 DSLAM、和所經過的 ATM 網路設備均是透通，所有在 ATM layer 以上之服務功能均由 ISP 來處理。故在此兩者之間並不需要任何服務界接功能 (service interworking functions)。在此架構中，有關 PPP over ATM 之處理均遵循 RFC 2364。

此網路的主要概念希望以 PVC 方式，由用戶終端設備、經 DSLAM、經 ATM 交換模組，最後連通抵達至 ISP 的寬頻接取伺服器。上層的協定是 PPP 協定。此架構下，對於每一路的 PVC 連線皆能提供訊務控制 (traffic control) 與 QoS 控制。DSLAM 在功能上以多工方式處理資料流向只要執行虛擬路徑 (VP) 轉換對映，虛擬線路 (VC) 直接透通

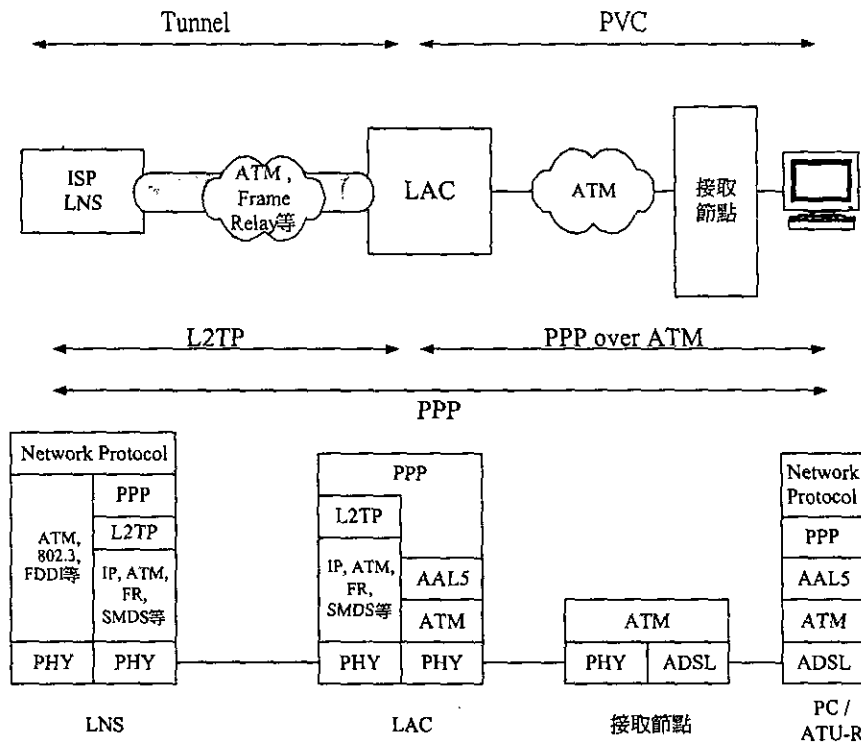


圖 2.11 L2TP Access Aggregation 架構

即可。此種網路模式在建設時並不複雜，由於不需要交換功能與信令 (signal) 處理，在實務上是可行且現行的網路結構。然而在大規模服務的提供上會面臨擴充性與維運效率的問題。

- 第二階段：LAA 或 PTA 架構

LAA (L2TP Access Aggregation) 架構如圖2.11所示，此架構主要之運作是將以 PVC 連結之多路接取用戶端的 PPP 資料，利用 L2TP (Layer Two Tunneling Protocol) 的穿隧 (tunneling) 方式，透過地經過寬頻骨幹網路至 ISP 端。在 LAA 網路架構中，必須增設 L2TP Access Concentrator (LAC) 之功能或設備，ISP 端則必須具備 L2TP Network Server (LNS) 之功能或設備。LAC 將 ATU-R 或用戶個人電腦所建立之 PPP 鏈路資料，透過 L2TP 通信協定分封載送到 LNS，LNS 再依 L2TP 通信協定還原成 ATU-R 原本所發出的 PPP 鏈路資料，最後送入 ISP，完成 ISP 與 ATU-R 之 PPP 鏈路的建立。注意的一點是，DSLAM 與 ISP 網路可能分屬不同性質之網路 (如 ATM、IP 網路、甚或訊框轉送網路等)，LAC 必須負責異質網路間之界接轉換工作。

PTA (PPP Termination Aggregation) 架構如圖2.12所示，此架構中 ADSL 接取網路仍使用到 PPP 通信協定，但 PPP 鏈路的終站是在所謂的寬頻接取伺服器 (Broadband Access Sever: BAS)，而不在如 LAA 架構下的 ISP。因此在 PTA 架構中的 ISP 可以不支援 PPP

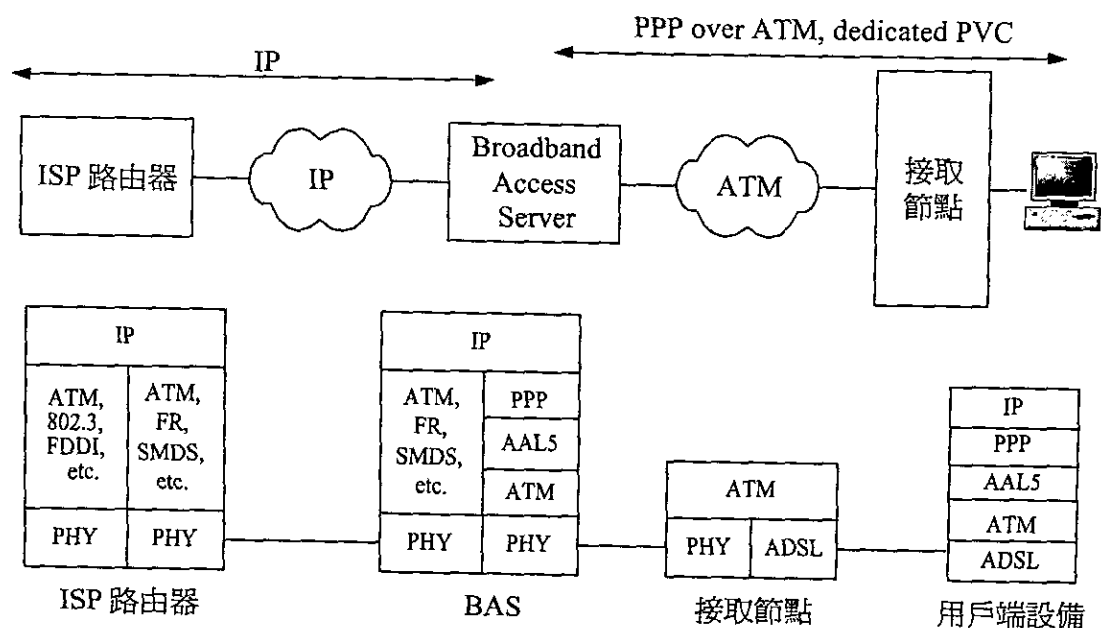


圖 2.12 PPP Termination Aggregation 架構

功能，而 BAS 則需要具備解析 PPP over ATM (AAL5) 之能力，並處理用戶之身分認證、授權及計帳 (AAA) 等事宜。另外，在此架構中的 ISP 網路也可以是位於不同於 ATM 的其他網路。

- 第三階段：VPTA 架構

圖 2.13 為 VPTA (Virtual Path Tunneling Access) 之網路架構。VPTA 架構與 Transparent ATM 架構相似，兩者主要之差異點在於用戶端和 DSLAM 間之 PPP 鏈路建立方式之不同。在 VPTA 架構中，用戶設備與接入節點間之 PPP 鏈路建立改採交換式虛擬電路 (Switch Virtual Circuit: SVC) 方式，同時在 ISP 設備間建立一虛擬路徑穿遂 (Virtual Path Tunneling: VPT)。當用戶欲連結至其所選定之 ISP 時，其所有訊務將被轉送至該 ISP 所對應之 VPT，進而建立 ISP 與用戶端之 PPP 鏈路。此架構不需要 LAA 架構中之 LAC 設備，也不須要 PTA 架構中之 BAS 設備，是其優點。

## 2.4 xDSL 相關標準

參與 xDSL 標準的機構包括了：ITU-T [15] 的 SG15 [16]、ANSI [17] 的 T1.E1.4 [18], [19], [20]、和 ETSI [21], [22] 的 TM6 [23]。ATM Forum [45]、DSL Forum [46] 組織則就其專業，對各種技術議題提供文件，做為正式國際標準的參考依據。以下各節針對 xDSL 家族的重點成員介紹其相關的標準。

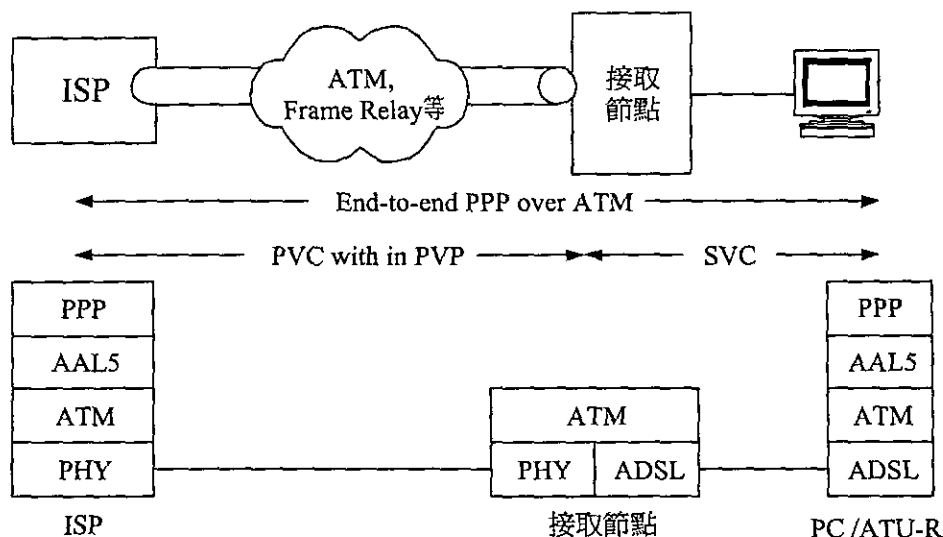


圖 2.13 VPTA 之網路架構

## 2.4.1 ADSL 與 ADSL Lite

ADSL 的相關標準如表 2.1 所列，以下對幾個較重要的標準簡介：

- ANSI 的 T1.413 Issue 2 [7]：此標準為 1994 年 ANSI T1.413 Issue 1 之更新版，該規格內容包含了功能特性規格（包括：framing、scrambling、FEC、modulation 等）、系統管理、實體層電器特性、及迴路測試等，內容可說是相當完備的一份規格書。
- ANSI T1.419 [24]：此標準主要在規範美國地區不需訊號分離器的 ADSL 其安裝與運作之各項特性。其內容大致上與 ITU-T G.992.2 [25] 標準相同。
- ETSI 的 ETR 328 [26]：內容為 ADSL 傳輸技術描述、傳輸性能定義。本規格可說是歐洲版的 ANSI T1.413，之間的差異只有小部份和歐洲當地有關的部分而已。
- ETSI TS 101 388 V1.1.1 [27]：主題是讓 ADSL 和既有的 ISDN-BA 服務共存於同一條線上。
- ITU G.992.1 [28]：又稱為 G.dmt，因為所採用的是 DMT 調變技術之故。這是 ITU 的 ADSL 規格，需要訊號分離器。規範 ADSL 實體層之各項特性。ITU-T 目前正積極進行有關 G.992.1 更新版（暫編為 G.992.3）之修訂。
- ITU G.992.2 [25]：又稱為 G.lite，其制定的推動主力是當初的倡導者 UAWG 組織。規範 Splitterless ADSL 實體層之各項特性。ITU-T 目前亦正積極進行有關 G.992.2 更新版（暫編為 G.992.4）之修訂，其主要修訂的議題與 G.992.3 相同



表 2.1 ADSL 相關標準

標準名稱	標題	狀態
ANSI T1.413 issue 2	ADSL Metallic Interface	生效, 1998/11
ANSI T1.419	Splitterless ADSL Transceiver	生效, 2000/03
ANSI T1.423	ADSL Transceivers	草稿, 2001/06
ETSI ETR 328	ADSL; Requirements and performance	生效, 1996/11
ETSI TS 101 388 V1.1.1	Coexistence of ADSL and ISDN-BA on the same pair	生效, 1998/11
ITU G992.1	ADSL Transceiver	生效, 1999/07
ITU G992.2	Splitterless ADSL Transceiver	生效, 1999/07
ITU G994.1	Handshake Procedures for DSL Transceivers	生效, 2001/02
ITU G995.1	Overview of DSL Recommendations	生效, 1998/10
ITU G996.1	Test Procedures for DSL Transceivers	生效, 2001/02
ITU G997.1	Physical Layer Management for DSL Transceivers	生效, 1998/10

- ITU-T G.994.1 [5]：此標準主要規範數位用戶迴路設備在初始建立鏈路時之信令傳送程序，並於 1999 年 7 月正式成為標準，2001 年 2 月更新。目前除 ITU-T 之 ADSL 設備遵循此標準為其初始程序外，ITU-T 的 SHDSL 規格亦以此標準為其初始程序標準。
- ITU-T G.996.1 [29]：主要規範數位用戶傳送器之測試相關規定，包括：測試環境、串音與脈衝雜訊等干擾源模式、ADSL 頻帶及音頻性能測試方法、程序與量測等。為因應 G.992.1 和 G.992.2 更新版之修訂，目前 ITU-T 亦針對 G.996.1 進行修訂

## 2.4.2 SDSL、HDSL、HDSL2 與 SHDSL

SDSL、HDSL、HDSL2、SHDSL 都是屬於對稱式傳輸型的 DSL 技術，但標準制定各有其主，如表 2.2 所示。以下對幾個較重要的標準簡介如下：

- HDSL 的標準是 ITU G.991.1 [30]，也被稱為 G.hdsl。
- HDSL2 標準是 ANSI 制定的 T1.418 [31]。
- SDSL 的標準是由 ETSI 所制定的 TS 101 524 [32]，目前為 1.1.2 版本。
- SHDSL 的標準是 ITU-T 所定的 G.991.2 [4]，又稱為 G.shdsl。ANSI 的 T1.422 [33] 是則美國版的 SHDSL 規格，其內容大部分和 G.991.2 相同，只針對美國自身的需求做些許修訂而已，目前仍是草稿階段。

## 2.4.3 VDSL

與 VDSL 相關之標準組織除了 ANSI 的 T1E1.4、ETSI 的 TM6、ITU 的 SG15/Q4 外，

表 2.2 SDSL、HDSL、HDSL2、SHDSL 相關標準

標準名稱	標題	狀態
ITU G.991.1	High bit rate Digital Subscriber Line (HDSL) transceivers	生效, 1998/10
ITU G.991.2	Single-Pair High-Speed Digital Subscriber Line (SHDSL) transceivers	生效, 2001/02
ITU G.994.1	Handshake Procedures for DSL Transceivers	生效, 1998/10
ITU G.995.1 <sup>[82]</sup>	Overview of DSL Recommendations	生效, 1998/10
ITU G.996.1	Test Procedures for DSL Transceivers	生效, 1998/10
ITU G.997.1 <sup>[83]</sup>	Physical Layer Management for DSL Transceivers	生效, 1998/10
ANSI T1.415	CAP/QAM-based RADSL	進行中
ANSI T1.418	High Bit Rate Digital Subscriber Line – 2nd Generation (HDSL2)	生效, 2000/04
ANSI T1.422	Single-Pair High-Speed Digital Subscriber Line (SHDSL) Transceivers	草稿, 2001/08
ETSI TS 101 524 V1.1.2	Symmetrical single pair high bit rate Digital Subscriber Line (SDSL)	生效, 2001/08

其他相關業界組織有 FSAN [34] 的 FS-VDSL [35]、VDSL Coalition [36]、VDSL Alliance [37] 等。VDSL 的相關標準如表 2.3 所列。

歐洲 ETSI 的 VDSL 規格已經出爐，主要參考 Alliance DMT 版本的規格，TS 101 270-1 V1.2.1 [38] 定義了功能需求，TS 101 270-2 V1.1.1 [39] 則定義單載波和多載波調變 VDSL 收發器規格。美國 ANSI 的 VDSL 規格主要參考 Coalition CAP 版本，也已經完成 T1E1.4/2000-009R3 [40] 定義 VDSL 的功能需求和一般性規格部分是為第一部份，和草稿階段的 T1E1.4/2000-011R3 [41] 定義單載波式調變是為第二部份，與 T1E1.4/2000-013R4 [42] 定義多載波式調變是為第三部份。

ITU 的 VDSL 規格目前稱為 G.vdsl.f，還在訂定，主要先討論功能需求部分，另一重點則是在 CAP/QAM 與 DMT 的調變方式之間做最後選擇，預定 2001 年 10 月通過認可 [43]，正式編號將為 G.993.1 [44]。

#### 2.4.4 VoDSL

參與 VoDSL 標準制定工作的組織包括：ANSI、ETSI、DAVC、ITU、ATM Forum [45] 及 DSL Forum [46]。這些單位各有其不同興趣的部分，使得標準的制定工作得以分工、互補。參與實體層部分的有 ANSI、ETSI 及 ITU-T。參與 ATM 層的有 ITU-T (如：信令、調適層等) 及 ATM Forum。VoIP 的部分則由 IETF 處理。語音編碼仍由老大哥 ITU-T 來做。至於更上層的信令、服務層，則有較多的單位參與，包括：ITU-T (Q 系列、H.323、

表 2.3 VDSL 相關標準

標準名稱	標題	狀態
ETSI TS 101 270-1 V1.2.1	Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL);Part 1: Functional requirements	生效, 1999/10
ETSI TS 101 270-2 V1.1.1	Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL);Part 2: Transceiver specification	生效, 2001/02
ANSI T1E1.4/2000-009R3	Very-high-speed Digital Subscriber Line (VDSL) Metallic Interface, Part 1: Functional Requirements and Common Specification	生效, 2000/12
ANSI T1E1.4/2000-011R3	Interface Between Networks and Customer Installations - Very-high Speed Digital Subscriber Lines (VDSL) Metallic Interface. Part 2: Technical Specification of a Single-carrier Modulation (SCM) Transceiver	草稿, 2000/11
ANSI T1E1.4/2000-013R4	Very-high-speed Digital Subscriber Lines (VDSL) Interface, Part 3: Technical Specification of a Multi-Carrier Modulation transceiver	生效, 2000/08
ITU G.993.1	G.vdsl draft	研擬中

H.248)、ANSI、ETSI (B-QSIG)、ATM Forum、和 IETF (MEGACO)。

表2.4列出了 VoDSL 相關的文件。ATM Forum 的 af-vtoa-0089.001 [47]定義了 ATM 網路如何為兩端的窄頻網路提供 64kbps 的傳輸服務，af-vtoa-0113.000 [48] 定義了如何在 AAL2 層提供語音、語音頻帶數據 (voice-band data)、及電路式 (circuit) 數據傳輸服務，af-vtoa-0083.001 [49]定義了在 ATM 網路上提供語音、電話服務所需的功能，af-vmoa-0145.000 [50]定義了如何透過在 ALL type 2 傳送電話語音服務相關的訊令事項。DSL Forum 的 TR-039 技術報告 [51] 描述了 BLES (Broadband Loop Emulation Service) 服務要求，是目前大部分 VoATM 技術依循的標準，而 VoIP 部分仍在 DSL Forum 進行中。至於 CVoDSL 的標準化工作目前正由許多重要的 DSL 製造商聯合起來，和 DSL Forum 及 ITU 等標準制定組織合作推動中 [52]。

在 IP 網路中的語音通信將涉及三個層面分別是：(1) 傳輸層 (transport plane)：傳輸層負責最底層的資料傳輸工作，包括具服務品質保證的 IP 封包傳送時所需的網路基礎、語音數位信號處理、及語音封包傳送協定等事宜，在目前的 IP 網路中唯一的標準是 IETF 的 Real-time Transport Protocol (RTP)。(2) 通話控制層 (call-control plane)：控制層負責處理有關建立通話兩端連線的相關控制事宜，今日在 IP 電話控制協定的發展演進上有 ITU 的 H.323、IETF 的 Media Gateway Control Protocol (MGCP) 和 Session Initiation Protocol (SIP) 與 ITU/IETF 合作制訂的 H.248/MAGACO 四種，如果電話的兩端分別位於傳統電話網路與 IP 網路之間，則需要信令閘道 (signaling gateway) 來為 SS7 控制訊號與 IP 語音電話控制訊號間的轉換。(3) 應用層 (application plane)：新一代的 IP 網路電話提供標準的應用程式界面，讓電話公司或用戶可以快速的自行研發各種的 IP 語音運用。

表 2.4 VoDSL 相關標準

標準名稱	標題	狀態
ATM Forum af-vtoa-0089.001	ATM Trunking Using AAL1 for Narrowband Services v1.1	生效, 2000/02
ATM Forum af-vtoa-0113.000	ATM Trunking Using AAL2 for Narrowband Services	生效, 1999/02
ATM Forum af-vtoa-0083.001	Voice and Telephony over ATM to the Desktop	生效, 1999/02
ATM Forum af-vmoa-0145.000	Loop Emulation Service using AAL2	生效, 2000/07
DSL Forum TR-039	Requirements for Voice over DSL	生效, 2001/05

## 2.5 比較分析及討論

### 2.5.1 ADSL 網路架構各階段之優點

- 第一階段的 Transparent ATM 架構的優點

只以 ATM 骨幹網路為主，優點是單純、不存在異質網路間界接的問題。以 PVC 模式建立永久虛擬電路後，通訊兩端便已然連線，不需要額外信令，符合「隨時在線上」的網路連線模式。

- 第二階段 LAA 架構的優點

LAA 架構可進一步強化網路擴充能力。能將多路用戶 PPP 連接通路，多工匯集在單一穿遂通路中。更有效的使用骨幹網路通路寬頻資源。允許使用者更有彈性的選擇不同 ISP。

- 第二階段 PTA 架構的優點

電信公司提供 BAS 功能，不需由 ISP 提供。藉由降低進入市場障礙，以鼓勵 ISP 由傳統數據機撥接升級為 ADSL 高速接取服務。可讓使用者接取或更換不同的 ISP。擁有良好的擴充性。LAA 架構取決於 L2TP 協定的標準化進度，PTA 無此困擾，所以 PTA 架構目前就可開始建設。

- 第三階段 VPTA 架構的優點

如同第二階段一樣，直接提供用戶與 ISP 業者之 PPP 連線，且保留以 PPP 協定的管理特色，如：AAA。可依用戶設備開機連線需求，以 ATM SVC 交換方式動態的建立用戶虛擬電路替代以 ATM PVC 預先建立方式提供網路連接，可有效使用電信網路資源。另外 VPTA 架構有良好的網路擴充能力，並且能提供多個 ISP 界接。

表 2.5 非對稱式 xDSL 技術比較

	ADSL	ADSL Lite	RADSL	VDSL
標準	ITU G.992.1 ANSI T1.423 ETSI TS 101 388 ETSI ETR 328	ITU G.992.2 ANSI T1.419	ANSI T1.415	ANSI T1E1.4/2000-009R2 ETSI TS 101 270
傳輸數率對稱	否	否	否	皆可
傳輸速率	下:1.5~8Mbps 上:~1.544Mbps	下:1.544~6Mbps 上:128~384Kbps	下:1.5~8Mbps 上:~1.544Mbps	下:13~52Mbps 上:1.5~2.3Mbps 對稱式: ~34Mbps
傳輸速率可變	否	否	可	否
訊號分離器	需要	不需	需要	需要
使用對線數目	1	1	1	1
調變方式	DMT	DMT	CAP	未定
傳輸距離 (24AWG/0.5mm)	5.4km	5.4km	5.4km	300-1500m (和傳輸速率有關)
應用服務	上網、隨選視 訊、互動多媒 體、VoDSL	同 ADSL	同 ADSL	同 ADSL、 HDTV

## 2.5.2 xDSL 技術比較

不論各種 xDSL 技術有什麼不同之處，他們的共同之處在與都是在銅質雙絞線上實現高傳輸速度，而且性能良好。依傳輸速率的非對稱與對稱性，各種 xDSL 技術的比較如表2.5、表2.6所示。一般而言，非對稱式的 xDSL 較適合個人用戶使用，因為其網路使用多為上網，上行的資料量少，而下行的資料多。相對地，對稱式的 xDSL 較適合公司、機關用戶使用，因為通信兩端的角色相互對等，上下行的資料量相仿之故。

## 2.5.3 ADSL 與 Cable Modem 比較

此部份比較請參閱第三章。

## 2.5.4 各國發展情形比較

根據 IDC 新公布的數字 [53]，去年 2000 年度全球 DSL 用戶約為 447 萬戶，較 1999 年的 82 萬戶，成長高達 447%。其中以北美地區的約 232 萬用戶數最多，之中美國用戶約有 200 萬戶居各國榜首。特別值得注意的是亞太地區 2000 年約有 135 萬戶，相較於 1999 年的 24.5 萬戶，其成長率高達 449%，其中以韓國、台灣用戶較多。而西歐地區與其他地區用戶則較少，分別為 66 萬戶、15 萬戶。今年 2001 年，儘管身為 DSL 最大市場的美國地區受到經濟不景氣的影響，不但業者的財務狀況捉襟見肘，xDSL 的發展因而趨緩；

表 2.6 對稱式 xDSL 技術比較

	IDSL	HDSL	HDSL2	SDSL	SHDSL
標準	ANSI T1.601 ETSI TS 102 080	ITU G.991.1 ETSI TS 101 135	ANSI T1.418	無	ITU G.991.2 ETSI TS 101 524 ANSI T1.422
傳輸速率對稱	是	是	是	是	皆可
傳輸速率	上下：128Kbps	2.048 或 1.544 Mbps	2.048 或 1.544 Mbps	1.544Mbps 2.048Mbps 最高至 2.3Mbps	單對：192K~2.32 Mbps 雙對：384 K~4.64 Mbps
傳輸速率可變	否	否	否	是	是 單對：每 8 或 64 Kbps 增加 雙對：每 16 或 128 Kbps 增加
使用對線數目	1	1~3	1	1	1~2
訊號分離器	不需	不需	不需	需要	
調變方式	2B1Q	2B1Q 或 CAP	TC PAM with spectral shaping	2B1Q	TC PAM
傳輸距離 (26AWG/0.4mm)	8km	2.7km at 1.5Mbps 2.4km at 2Mbps	2.7km at 1.5Mbps 2.4km at 2Mbps	1.7km at 2.3Mbps	7.6km at 144Kbps 3.4km at 1.5Mbps 3km at 2.3Mbps
應用服務	上網、接取公司 網路	E1/T1 服務、區域 網路互連、PBX 互連、廣域接取	同 HDSL 者	同 HDSL 者	視訊會議、區域網路 互連、專線、

但在台灣和南韓等亞洲國家，接續去年的發展力道，ADSL 仍如火如荼般地推展，並沒有因受到北美地區的影響而失去熱情。直到 2001 年中為止，世界各國 ADSL 發展情形的用戶數量比較請參考表 2.7。

#### 2.5.4.1 北美地區

在北美的寬頻上網發展中，住家用戶部分仍是 Cable Modem 領先 xDSL 的局面，但企業用戶仍以使用 xDSL 服務居多 [56]。到 2001 年第二季末，北美地區的 xDSL 用戶數量已經達到 411 萬 [55]，但「最多 xDSL」的寶座已悄然讓位給亞太地區了。

美國歷年的 DSL 發展情形為，1998 年底的 4 萬，1999 年底的 50 萬，2000 年底的 243 百萬，到今年 2001 年中時已達 333 萬 [55]。相較於亞洲地區 ADSL 的蓬勃發展情形，受到近來經濟不景氣的影響，許多地區業者開始調高資費、取消擴充計劃、甚至到達停止營運或宣佈破產的程度，使得 2001 年上半年美國整體的 ADSL 成長率反而呈現大幅衰退走緩的情形 [56]，但預料仍然維持持續成長的局面 [57]。

加拿大的 Sasktel [58] 公司早在 1996 年底便開始提供商業化的 ADSL 服務，使得加

表 2.7 DSL 各國發展情形比較表

	ADSL 推行時間	用戶迴路 開放時間	2001 年中用戶數 (萬)
美國	1997.Q1	1996	333
加拿大	1996	1997.5	78
韓國	1999.Q1		336
台灣	1999.8	2001.7	50
日本	2000.Q1	2000.9	40
香港	1998	2002	25
新加坡	1997.11	2000.06	8
中國	2001.Q1		5
德國	1999.5	2000.5	62
義大利	2000.10	1998	21
法國	1999.11	2000.4	18
西班牙	2000.10	2001	11
英國	2000.7	2001.7	8
全球	--	--	1053

Source: [54] [55]

拿大成為全球 ADSL 發展起跑最早的國家 [59]。歷年加拿大的 DSL 發展情形為，1999 年底的 7 萬，2000 年底的 43 萬 [60]，到今年 2001 年中時已達 78 萬 [55]。

#### 2.5.4.2 亞洲地區

由於統計資料顯示，到 2001 年中為止亞太地區已超越北美地區成為全球最多的 DSL 用戶地區，亞洲是 2001 年 ADSL 發展最閃亮的一顆星。亞洲的許多國家都選擇了加快發展 ADSL 的方向。據推算，單單假設台灣、韓國均以每天增加 300 個 ADSL 用戶的速度成長，香港用戶一天也增加 700 戶，在如此高速的成長下，亞太地區平均每秒都增加一名 ADSL 用戶。

進一步分析亞太地區 DSL 發展，由於亞太地區是全球資訊產業的重鎮，所以此區的資訊化程度較高，而這也帶動網際網路的人口。促使亞太地區對於寬頻網路的強烈需求，進而帶動 DSL 以及 Cable Modem 的用戶成長。除了市場的需求面外，不容忽視的則是，亞太地區各國政府所扮演的角色，由於亞太各國為了能在新經濟的潮流下，佔有一席之地，因此各國政府紛紛將網際網路建設，視為國家競爭力的指標之一。而寬頻服務的提供，如 xDSL 與 Cable Modem 即是其發展重點，雖然各國政府並未直接介入寬頻市場，但是透過相關輔導措施，積極推動寬頻建設服務市場，以提供高速網路服務，所以仍可見各國政府背後推動的影子。

在 1990 年代末，亞太各國所推動的電信自由化，打破過去國營電信公司的獨佔時

代，允許新的電信業者加入電信市場，提供各種電信服務，如語音、數據等市場。而 xDSL 業務亦是不可忽略的市場，新進的業者會試圖以較低廉的價格與行銷手法吸引客戶，經由市場的自由競爭，也促使寬頻市場的蓬勃發展。

而除了韓國、台灣已成為亞太地區 ADSL 的領先者外，預料日本、大陸都將在明年爆發出強勁的成長力，大陸已宣佈希望在今年底達到 150 萬 ADSL 用戶的目標，而日本除了雅虎自 2001 下半年起積極推動 ADSL 外，2002 年 NTT 也將大量佈建 ADSL，成為明年亞太地區成長幅度最高的兩個市場。

### ● 南韓

韓國的寬頻接取服務開始於 1998 年，1999 年 ADSL 成為美國標準後，韓國即大規模推廣 ADSL 服務，到了 2000 年時，韓國只花了短短 8 個月的時間，寬頻上網用戶數爆炸性地從 87 萬成長至 400 萬。至 2001 年年中為止已是亞洲寬頻普及率最高、也是發展最成熟的國家。依據 IDC 公布的調查數據顯示，韓國利用寬頻上網的比例高達 68.5%，已經是世界第一，大幅領先美國的 15.4% [61]。其中的 ADSL 部分，根據韓國的 Ministry of Information and Communication (MIC) [62] 發表的報告指出 2000 年 1 月份時韓國 ADSL 用戶 14 萬戶，至 7 月份時成長至 111 萬，到目前為止則約有 350 萬，顯示出 ADSL 是韓國發展的主力，也是帶動韓國寬頻上網高速成長的最重要驅動力。

驚人的成長率背後，韓國電信業者表示，市場公平競爭、由政府推動的基礎建設完善、每月 30 美元低廉的寬頻上網費用、網友積極的網路使用態度、多媒體網站內容、特別是遊戲應用和網咖的林立，都是激發寬頻成長的要素。而最根本的推手則非韓國政府莫屬。韓國從 1995 年即開始及積極進行國家資訊化工程，從政府開始主導興建涵蓋全國的高速骨幹網路，甚至以政府力量進入硬體產業，要求寬頻業者壓低生產成本，以製造便宜的寬頻數據機供民眾購買，在種種的配合下，促使韓國寬頻環境快速形成。韓國這方面的具有前瞻性的做法值得效法，而發展過程的經驗值得參考。

在 ADSL 系統佈放的經驗方面，業者特別針對南韓人口屬大樓住戶居多的特點，因此配合用 HomePNA 等區域網路方式，讓大樓各用戶連線至大樓的 ADSL 設備，然後分享同一條 ADSL 線路至電信業者局端，然而實際施行的結果發現，眾多住戶的 HomePNA 線路在接入 ADSL 設備處，容易有嚴重的相互干擾情形發生，所以目前已少使用。當接取網路的頻寬夠寬後，真正促使上網人口大量成長的因素其實是在服務方面，包括網站



內容的豐富性，例如 ADSL 用戶可從業者經營的網站上得到 MP3、隨選視訊、數位 KTV 等多媒體服務，同時也和電視業者合作，提供線上影像新聞等多媒體服務；另外韓國的網路遊戲軟體市場發達，加上盛行的網路遊戲店，促使民眾熱衷上網進行遊戲對打，也是造就韓國高比例寬頻上網的主因。

隨著寬帶應用已進入第四個年頭，韓國業界也不無擔心。一是隨著國內需求的日趨飽和，市場增長會逐漸放慢，二是消費者的要求越來越高，對於目前使用最多的 ADSL 的服務已開始出現不滿，原因是 ADSL 固有的不對稱性造成雙向傳送速度不對等，這使消費者感到一定程度的不便，而且也限制了一些互動式網路節目的發展。因此，如何推出新的寬帶產品已成為韓國業界面臨的問題。據悉，韓國業者正在加緊研究 VDSL [63]，計劃於 2003 年投入市場，而韓國政府已經規劃 2005 年底，佈設 VDSL 或光纖普及至 80% 人口。

#### ● 新加坡

新加坡的 ADSL 服務開始於 1997 年，至 2000 年第二季 ADSL 用戶數約為 3 萬戶，到 2000 年第三季則成長至 3 萬 5 千戶 [53]。在過去三年來，新加坡的 ADSL 服務，是由新加坡電信 [64] 的子公司 SingTel Magix [65] 獨家經營，是亞洲最早商業化經營 ADSL 的公司，但由於其費率較高、服務選擇少以及遲遲無法導入市場自由競爭等因素，影響整體 ADSL 的擴張，導致目前新加坡 ADSL 用戶數量仍偏低。直到 2000 年 6 月，SingTel Magix 才開放線路，並採取批發租用方式給其他業者經營 ADSL 業務。隨著新進固網業者加入後，將促進 ADSL 的發展。同時針對未來網際網路的潮流，新加坡政府已透過一系列的計畫，主導新加坡的國家資訊基礎建設，如透過政府的力量建設國家高速網路 Singapore One [66]，以利提供多媒體服務，而隨著未來寬頻應用多樣化後，勢將刺激 ADSL 用戶的成長。

#### ● 台灣

台灣自 1999 年底，由中華電信 [67] 開始提供 ADSL 服務，那時用戶才不到 2000 戶 [68]。而根據資策會市場情報中心 MIC [69] 所做的調查，在 2000 年第 4 季，由於中華電信警覺自由競爭到來的必然性，開始進行價格戰，用戶數量出現大幅倍數式成長至 12 萬。今年新進三家固網者開始營運後，在電信自由化的競爭環境下，為爭奪 DSL 市場，又是另一波的價格戰，據統計 2001 年台灣的 DSL 用戶已大幅增加到 50 萬戶，但以這樣的數量看來，這還算是發展的起步階段而已。資策會 MIC 預估，在今年底前，ADSL 用

戶數可望達到 108 萬戶，領先日本、香港、新加坡、英國、法國等先進國家，在國際間名列前茅，成為台灣地區最主要的寬頻上網方式。

- 日本

日本過去寬頻上網主要是以 NTT [70], [71] 所大力推廣的 ISDN 為主，用戶將近 300 萬戶，而 ADSL 在 2000 年開始推行，截至 2000 年 10 月的用戶才 3171 戶 [53]，發展相當緩慢，和鄰近的南韓形成強烈的對比。

由於明顯落後於美國和韓國等國家，日本郵電省在 2000 年 6 月便宣佈開放其他業者經營 xDSL 業務，更在 2001 年出面強力主導發展並強迫 NTT 執行用戶迴路的開放。在市場競爭機制的發酵下，ADSL 開始快速成長，從 2000 年底僅有 9723 戶的蟄伏階段，到 2001 年 7 月時已增長到 40 萬，據日本總務省推估，2001 年底將可達 281 萬戶 [72]。由於日本網路人口其實很多，所以在環境改變之下，未來日本 xDSL 的發展潛力將極為可觀。

分析日本 DSL 用戶偏低的原因，主要是受到 NTT 保守心態影響，擔心提供新的 ADSL 業務會侵蝕到既有的專線以及 ISDN 業務的營收。其次則是過去日本政府的政策是主推光纖到府 (FTTH)，而忽視 DSL 發展的對近程寬頻接取需求的重要性，事實證明費用過高的 FTTH 並未如預期成功，意味著遠程的目標仍不宜躁進。

- 大陸

根據中國互聯網絡信息中心 (CNNIC [73]) 的資料顯示 [53]，2000 年底中國的網路人口已經達到 2,250 萬戶，僅次於美國與日本，成為全球第三大網路人口國家。然而在 xDSL 市場方面，到 2001 年 5 月止大陸累積寬頻用戶則只有約 10 萬戶 [74]，仍在起步階段。但 2001 是大陸計劃努力推動寬頻接取建設的一年，IDC 樂觀的估計大陸至 2001 年底 ADSL 用戶將可達 60 萬，至 2003 年將達到 250 萬戶 [75]。一般預料，中國和日本一樣都是亞太地區中非常具有 ADSL 發展潛力，不容忽視。

雖然目前大陸積極地進行寬頻建設，ADSL 相關業務更是如火如荼的在推動，但是未來 ADSL 的發展卻有著負面因素影響，包括：電話普及率過低；ADSL 的 5 公里長度仍不夠用；市場價格仍然太高；ADSL 網路在 ATM 的架構下傳輸最有效率，但大陸 ATM 交換機的普及率太低等等隱憂下，大陸 ADSL 的發展使否如所預期的成長仍有待觀察。有趣的是，雖然大陸有基礎建設落後的缺點，但面對目前許多寬頻接取技術的選擇

上，大陸相較於其他國家比較反而沒有包袱，是否大陸在面對新一代設備或技術上會有跳躍式的抉擇、發展—目前被看好的是光纖寬頻乙太網路，則有待進一步觀察。

#### 2.5.4.3 歐洲地區

新寬頻接取技術在歐洲算是剛起步而已，系統佈放進度落後美國好幾年。歐洲新寬頻接取技術的發展才算是剛起步而已，相對於北美的發展腳步，要慢了近 3 年的時間。西歐是全球佈放 ISDN 最多的地方，之中又以德國佔全球 ISDN 總量的 1/4 為最多。由於歐洲的電信業者害怕一旦 DSL 推展，他們將會被迫面對開放用戶迴路的要求，這無異是幫助對手來和自己競爭，而影響現在獨大、獨占的優勢，況且現行的 ISDN 業務仍相當有賺頭，於是歐洲的電信業者成了電信自由化浪潮、和歐洲各國對用戶迴路開放要求的最大阻礙，對於使用者來說，新的、更好的通信服務便遲遲不能到來。

其實，歐盟從 1998 年就已經開放了長途電話和國際電話市場。然而如此程度的開放，隨著時間的推演，並沒有改變既有業者獨大的現象多少。直到近幾年，歐盟國家也已經驚覺到，北美和亞洲上網人口的成長驚人，若再不推動電信市場全面開放—其中最重要的就是用戶迴路的開放的話，歐盟將會是這場資訊化戰爭的輸家。終於在 2000 年 7 月，歐盟執委會提出了一項提案，要求歐盟國家開放用戶迴路，現有的獨占者必須讓競爭對手將交換機擺進自己的機房裡，直接連上原獨占者的用戶迴路。有意思的是，歐盟各國政府以相當驚人的決策速度，在同年的 10 月一致同意，自 2001 年 1 月起開放通往一般消費大眾電話線路的最後一哩。而 xDSL 技術預料將會是歐洲各國的首選，甚於 Cable Modem。

##### ● 德國

德國對 DSL 的推展算是之中最快的。德國目前獨大的電信業者 Deutsche Telekom [76]，於 1999 年 5 月率先推行 ADSL 服務。Deutsche Telekom 擁有全世界最多的 ISDN 用戶數量 (600 萬)，靠著優惠的價格吸引既有的 ISDN 用戶升級至 ADSL，使 ADSL 業務呈現出大量成長的態勢。他們希望這項業務在 2001 年底時，可以達到 260 萬用戶量的成績，然而除了 Deutsche Telekom 外的電信業者，對 DSL 推行的規模就非常小，這原因是政府管理機構對於用戶迴路開放政策執行效果不佳有關。雖說德國算是推展的先趨，DSL 普及率仍是相當小，但只佔全國電話線總數的 1.7% 而已。德國早在 2000 年 5 月就開始了用戶迴路的開放，比歐盟所規定的 2001 年初要早了近 8 個月的時間。這樣的開放立刻吸引其他的業者將設備開始擺進既有業者的機房內。

## ● 法國

法國的腳步緩慢，甚至還沒有進展到用戶迴路開放的階段，這已違反當初歐盟規定 2001 年元月的規劃。其實法國的用戶迴路開放依立法應於 2000 年 4 月起執行，但法國獨大的電信業者 France Telecom [77] 對政府強力要求必須補償因開放對他們所造成的損失，以及要求他們電信資費的訂定可以不受管理機構的規範，成功地阻礙政府對「用戶迴路開放」執行。

France Telecom 於 1999 年 11 月開始推行 ADSL 服務，並將相關軟硬體設備以統包的方式，讓租給其他業者使用，算是給其他業者一個競爭的機會，也的確是用戶迴路開放前的過渡性做法。有許多其他業者以這樣的方式來經營 ADSL 業務，但也有業者抗議這種統包讓租的方式仍然造成他們在成本上仍難具備競爭力，要求真正的用戶迴路開放，讓他們的設備可以擺進既有業者的機房內一起運作，降低讓租的成本。同時，France Telecom 也拒絕降低 ADSL 統包讓租的價格。

## ● 西班牙

西班牙目前是歐洲在 ADSL 部分的第三大國，其 ADSL 業務的推展是 2000 年 10 月的事情而已，國內最主要的業者是 Telefonica [78]。直到 2001 年 5 月為止，Telefonica 的 ADSL 用戶數量比英國的 BT 要多，其原因則在於資費比較優惠。80% 的交換機已經做好 ADSL 接取的準備。

西班牙特別的地方是她的用戶迴路開放的層面在數據服務層面，而非實體線路層面，意思是說 ADSL 的實體線路、相關設備等都是由 Telefonica 所佈放按裝，至於跑在這上頭的高速接取數據服務則以整批 (wholesale) 的方式部分讓租給其他業者經營。

## ● 義大利

義大利的電信市場規模雖說是歐洲的第四大，但她的 PC、網際網路普及率卻是敬陪末座的。雖然義大利早在 1998 年就完成電信自由化，但到目前為止，發出去的執照數量並不多，使得既有的 Telecom Italia [79] 無形中仍是獨大的業者。ADSL 是義大利的主要寬頻接取技術。Telecom Italia 原本準備於 1999 年底推出 ADSL 服務，但由於其他業者及管理機構的抗議，法院兩度出面暫停 Telecom Italia 的 ADSL 正式上市，直到 Telecom Italia 同意開放局端交換機給其他業者租用後，才於 2000 年 10 月真正上市。

## ● 英國

英國獨大的業者 BT [80]，在經過多年的測試，終於在 2000 年 7 月推出 ADSL 服務，不過服務的範圍目前只算是局部而非全國性。英國的 ADSL 發展明顯遲緩，其原因並不是用戶迴路沒有開放，而開放執行的過程中，BT 仍然暗蓋許多重要的交換機遲遲沒有開放，造成其他業者的 ADSL 服務在成本上做不起來。雖然管理機構 Oftel [81] 也力迫 BT 要做出大幅度的開放動作，但無利可圖的情況下造成許多業者原本的雄心壯志趨於保守，甚至退出 ADSL 市場，結果造成其具備寬頻接取能力交換機比例偏低，甚至在 ADSL 數量上落後西班牙。

### 2.5.5 未來發展情形比較

ADSL 技術最早的市場推動力是 VOD，後來因 VOD 市場遲遲未見起色而受到冷落，然而在過去的短短幾年中網際網路的澎湃發展，讓 ADSL 起死回生。展望未來，在上網熱潮的持續發酵下，下一階段 DSL 的技術焦點將落在能發揮電話雙絞線最大傳輸量的 VDSL，以及 SHDSL 之上，圖 2.14 顯示了以上這幾個 DSL 技術的發展情。為因應未來更多元化的網路資訊，DSL 傳輸技術方面和傳輸速率方面的提升是必然的趨勢，其中又以發揮雙絞線最大傳輸量的 VDSL，和能提供多種對稱性傳輸技術的 SHDSL 將是未來發展的主要方向。

在 ADSL 部分，ADSL 標準 G.lite 以及 G.dmt 自 1999 年 7 月制定完成以來，已普遍發展成為世界各國寬頻接取主流之一。ADSL 以其較優越的網路傳輸品質主佔企業市場，和因價格優勢主佔家庭及個人市場的 Cable Modem 處於競爭共存的情形，形成目前寬頻接取技術發展雙雄並立的情形。有了國際公定的標準的利基，在產品面的互通性的加強下，將更帶動競爭程度的上揚和價格的下滑，進而刺激消費的成長，預料 ADSL 發展將可以有更亮麗的未來。在的新的服務發展方面，傳統語音服務也將被吸納近來，VoDSL 會是 ADSL 服務的趨勢，其中所牽連的法規管理面問題值得研究注意。ADSL 目前所面臨的問題是費率方面仍然過高，而更重要的是隨著未來用戶數量的大量成長，骨幹網路可能成為整體網路傳輸的瓶頸所在，這是必要加以防範注意的地方。

為加速 ADSL 設備互運性之推展，由 ADSL 晶片製造商、設備製造商及 ISP 業者聯合成立 OpenDSL 組織，以推動 ADSL 設備互運、發展隨插即用之用戶設備架構及用戶終端設備自動設定軟體或工具為主要任務。OpenDSL 是否能真正發揮促進加速 ADSL 設備

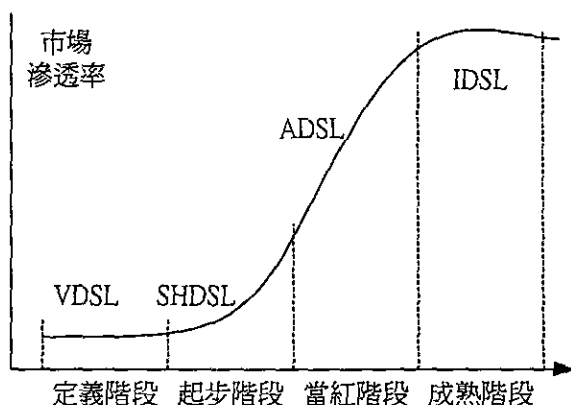


圖 2.14 xDSL 發展情形比較圖

互運性之推展，仍有待觀察。無論 OpenDSL 成功與否，ADSL 寬頻設備要能持續發展並與纜線數據機較長短，則如何達到真正完全之互運程度將是 ADSL 設備產品及需戮力解決之課題。

在 SHDSL 部分，在 ITU 於 2001 年 2 月通過關於 SHDSL 的全球標準建議案—包括：G.991.2 和 G.994.1 後，SHDSL 的標準已臻完備。G.shdsl 技術預計會在 2001 年底完成測試，開始廣泛應用將至少是明年後的事。主要用途預計會在 VoDSL 和視訊會議方面，能滿足商業用戶上載和交換大量資料的需求，成為主導商業用戶市場的呼聲極高。特別是新進業者對 G.shdsl 標準的誕生特別感到高興。據調查顯示，歐洲超過 30% 的電信業者表示將在 2002 年底之前部署 G.shdsl。但在整體環境上，各種 DSL 相關解決方案間的整合及互通問題對其發展的影響，仍有待觀察注意。

在 VDSL 部分，VDSL 的 ITU 標準尚未統一，癥結點的調變技術部分目前呈現兩大陣營對峙的局面，分別是支持 CAP 調變技術的美規陣營，和支持 DMT 調變技術的歐規陣營。技術上，使用 DMT 編碼技術可以保證在目前的 ADSL 骨幹設備上應用，而 CAP 則是有較省電和較佳頻譜配效果。此外，VDSL 的應用上都是和光纖來配合，因此 VDSL 發展和光纖鋪設普及的程度有很大的關係。雖然目前 FTTB 或 FTTC 的觀念已經大為盛行，並且有許多國家地區也開始從事光纖纜線的鋪設，但是據預測，要真正達到 FTTB 或 HTTC 的普及程度還需約 8~10 年的時間。目前有關 VDSL 的產品仍然很少，這說明了 VDSL 技術還在起步階段。

## 2.6 建議及結論

DSL 技術推行的重要性在於，DSL 是短期約 10 年內寬頻接取技術的主角之一，而

寬頻接取技術的發展則是國家資訊化、產業資訊化、知識經濟發展的基礎。雖然普遍所認為最終的目標是光纖到府的方式，但在成本、技術發展進度等因素之下，這最終目標的到來仍要一段相當時日。DSL 和 Cable Modem 一樣，靠著既有電話線網路、和有線電視網路的普及優勢下，加上通信技術的進步，成為這過渡期間最佳的寬頻接取方案，吸引大量的資金投入，也的確造就相當亮麗的市場成績，相對帶動「資訊」的成長。以下列出幾項建議事項，包括政策性部分的：「用戶迴路開放的重要性」、「政府主導力量的重要性」、「xDSL 服務品質考量具文約束」，及技術性部分的：「骨幹網路頻寬升級及新 DSL 服務推展」課題，以供參考。

### ● 用戶迴路開放的重要性

觀察歐美 DSL 的發展情況可知，「用戶迴路開放」是 DSL 發展的最大關鍵所在。美國因政府早在 1996 年頒佈的電信法中規定開放用戶迴路，推行的過程固然遭遇到許多困難和問題，但推行的結果事實證明帶動的寬頻接取的風潮。歐洲則因既有業者固守自身利益，反而成了資訊化寬頻潮流的阻礙，雖然歐盟執行委員會已驚覺事態嚴重，訂定 2001 年的時間要求歐盟各國執行開放，但各國的開放進度仍是有待觀察的。美國「用戶迴路開放」的經驗將會是歐盟各國最佳的經驗參考，也將會是我國最佳的參考來源。

### ● 政府主導力量的重要性

寬頻時代的來臨，促成 DSL 用戶大幅成長，亞太區各國由於環境不同，造成發展步調不一，探究其原因，首先在環境面，市場競爭程度決定了 DSL 用戶的成長，電信市場較開放的國家，如韓國、台灣，由於競爭者較多，為搶佔市場，因此行銷與價格戰激烈，所以促進用戶快速成長。而相較之下，一些電信市場較封閉的國家，如日本、新加坡，由於市場只局部的開放，卻無法有效導入競爭，造成用戶成長緩慢。而話說回來，DSL 的發展固然受到市場趨力的吸引，也受到政府主導力量的推力，韓國在這方面便是一個值得研究學習的對象。

### ● xDSL 服務品質考量具文約束

對於 xDSL 用戶、包括 Cable Modem 用戶必須要知道一件事情，目前電信業者對於這些新興的數據通訊服務是沒有明確的服務品質保證的，不像專線服務、或是訊框傳送服務有明確的條約說明業者對於服務品質，如通達率、修復時間等。監管機構必須保持觀察，是否在 xDSL 普及到一定程度時，有必要對業者的服務品質具文約束，以保障使

用者的權益。

## ● 骨幹網路頻寬升級及新 DSL 服務推展課題

ADSL 技術是我國寬頻接取的當紅炸子雞，用戶數量呈現爆量成長的態勢。高用戶數量固然是一個指標可以反應出我國資訊化的成績，一個高速資訊網路的發展過程中，在這種狀況下有兩點是必須注意的事項：其一是骨幹網路部分，頻寬是否能夠負荷、不能因應未來成長的需求，這是在高成長量的韓國已經出現的狀況；另一是新 DSL 服務的推展，隨著資訊化的普及，寬頻資訊服務的需求，ADSL 提供的頻寬終將是不夠用的，如何規劃促進我國在寬頻接取網路的演進發展，是必須思考的課題。

## 2.7 參考文獻

- [1] Splitterless ADSL-G-lite, [http://www.ieee-occs.org/dsl\\_lite/](http://www.ieee-occs.org/dsl_lite/)
- [2] OpenDSL, <http://www.opensdsl.org>
- [3] 余淑雯, "OpenDSL 聯盟致力簡化 DSL 安裝流程," 通信雜誌, 第 82 期, 11/2000, <http://www.grandsoft.com/cm/082/ane827.htm>
- [4] ITU G.991.2, "Single-Pair High-Speed Digital Subscriber Line (SHDSL) transceivers," 02/2001, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-G.991.2>
- [5] ITU G.994.1, "Handshake procedures for Digital Subscriber Line (DSL) transceivers," 02/2001, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-G.994.1>
- [6] VDSL Tutorial, [http://www.adsl.com/vdsl\\_tutorial.html](http://www.adsl.com/vdsl_tutorial.html)
- [7] ANSI T1.413, "Network to Customer Installation Interfaces - Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Metallic Interface," 11/1998 [https://www.atis.org/atis/docstore/doc\\_display.asp?ID=159](https://www.atis.org/atis/docstore/doc_display.asp?ID=159)
- [8] IETF RFC 1483, "Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5," 07/1993 <http://www.ietf.org/rfc/rfc1483.txt>
- [9] IETF RFC 2364, "PPP Over AAL5," 07/1998, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2364.txt>
- [10] Open VoB, "Voice Over Broadband: Implementing Standards Based, Phone to Phone Interoperability", <http://www.openvob.org/whitepaper.pdf>
- [11] E. Morgan and D. Greenstreet, "Voice over Cable (VoCable) White Paper," [http://www.telogy.com/our\\_products/golden\\_gateway/vocable.html](http://www.telogy.com/our_products/golden_gateway/vocable.html)
- [12] Spectrum Signal Processing Inc., "Voice over Packet (VoP) tutorial", [http://www.spectrumsignal.com/Packet-Voice\\_Solutions/03\\_Library/01\\_Understanding\\_VoP/index.cfm?CFID=585164&CFTOKEN=27160138](http://www.spectrumsignal.com/Packet-Voice_Solutions/03_Library/01_Understanding_VoP/index.cfm?CFID=585164&CFTOKEN=27160138)
- [13] Aware, "Channelized VoDSL Whitepaper," <http://www.aware.com/technology/telecom/cvodsl.pdf>
- [14] Jim Thompson, "Next Generation DSL," INT Media Group, <http://www.isp-planet.com/technology/etherloop.html>
- [15] ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector), <http://www.itu.int/ITU-T/>



- [16] ITU-T Study Group 15, Study Period 2001 – 2004  
<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/index.html>
- [17] ANSI (American National Standards Institute), <http://www.ansi.org/>
- [18] ANSI T1E1.4, [http://www.t1.org/t1e1/\\_e14home.htm](http://www.t1.org/t1e1/_e14home.htm)
- [19] Committee T1, <http://www.t1.org>
- [20] ANSI T1E1, <http://www.t1.org/t1e1/t1e1.htm>
- [21] ETSI (European Telecommunications Standards Institute), <http://www.etsi.org/>
- [22] ETSI Publications Download Area, <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>
- [23] TM (Transmission & Multiplexing, ETSI), <http://portal.etsi.org/tm/>
- [24] ANSI T1.419, "Splitterless Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Transceivers", 03/2000, [https://www.atis.org/atis/docstore/doc\\_display.asp?ID=726](https://www.atis.org/atis/docstore/doc_display.asp?ID=726)
- [25] ITU G.992.2, "Splitterless asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers," 07/1999, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-G.992.2>
- [26] ETSI ETR 328, "ADSL; Requirements and performance," 11/28/1996  
[http://webapp.etsi.org/workprogram/Report\\_WorkItem.asp?WKI\\_ID=4586](http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=4586)
- [27] ETSI TS 101 388, "ADSL - Coexistence of ADSL and ISDN-BA on the same pair," 11/19/1998, [http://webapp.etsi.org/workprogram/Report\\_WorkItem.asp?WKI\\_ID=5531](http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=5531)
- [28] ITU G.992.1, "Asymmetrical digital subscriber line (ADSL) transceivers," 07/1999  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-G.992.1>
- [29] ITU G.996.1, "Test procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers," 02/2001  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-G.996.1>
- [30] ITU G.991.1, "High bit rate Digital Subscriber Line (HDSL) transceivers," 10/1998  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-G.991.1>
- [31] ANSI T1.418, "High Bit Rate Digital Subscriber Line - 2nd Generation (HDSL2)," 04/2001, [https://www.atis.org/atis/docstore/doc\\_display.asp?ID=836](https://www.atis.org/atis/docstore/doc_display.asp?ID=836)
- [32] ETSI TS 101 524 V1.1.2, "Symmetrical single pair high bit rate Digital Subscriber Line (SDSL)," 08/2001, [http://webapp.etsi.org/action%5CPU/20010807/ts\\_101524v010102p.pdf](http://webapp.etsi.org/action%5CPU/20010807/ts_101524v010102p.pdf)
- [33] ANSI T1.422, "Single-Pair High-Speed Digital Subscriber Line (SHDSL) Transceivers," draft, 08/2001, <http://www-comm.itsi.disa.mil/t1/422.html>
- [34] FSAN (Full Service Access Network), <http://www.fsanet.net/>
- [35] FS-VDSL Committee, <http://www.fs-vdsl.net/>
- [36] VDSL Coalition, <http://www.vdsl.org>
- [37] VDSL Alliance, <http://www.vdslalliance.com/>
- [38] ETSI TS 101 270-1 V1.2.1, "Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL);Part 1: Functional requirements," 10/1999
- [39] ETSI TS 101 270-2 V1.1.1, "Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL);Part 2: Transceiver specification," 02/2001
- [40] ANSI T1E1.4/2000-009R3, "Very-high-speed Digital Subscriber Line (VDSL) Metallic Interface, Part 1: Functional Requirements and Common Specification," 12/12/2000  
[http://www.t1.org/filemgr/filesearch.taf?\\_function=detail&T1\\_Files\\_uid1=0e140093&\\_UserReference=C6C5C932412D13D83BC54E62](http://www.t1.org/filemgr/filesearch.taf?_function=detail&T1_Files_uid1=0e140093&_UserReference=C6C5C932412D13D83BC54E62)

- [41] ANSI T1E1.4/2000-011R3, "Interface Between Networks and Customer Installations - Very-high Speed Digital Subscriber Lines (VDSL) Metallic Interface. Part 2: Technical Specification of a Single-carrier Modulation (SCM) Transceiver - Part 2 of VDSL draft for trial use," 11/13/2000  
[http://www.t1.org/filemgr/filesearch.taf?\\_function=detail&T1\\_Files\\_uid1=0E140113&\\_UserReference=C6C5C932412D13D83BC54E62](http://www.t1.org/filemgr/filesearch.taf?_function=detail&T1_Files_uid1=0E140113&_UserReference=C6C5C932412D13D83BC54E62)
- [42] ANSI T1E1.4/2000-013R4, "VDSL Interface, Part 3: Technical Specification of a Multi-Carrier Modulation transceiver," 08/2000  
[http://www.t1.org/filemgr/filesearch.taf?\\_function=detail&T1\\_Files\\_uid1=0e140134&\\_UserReference=C6C5C932412D13D83BC54E62](http://www.t1.org/filemgr/filesearch.taf?_function=detail&T1_Files_uid1=0e140134&_UserReference=C6C5C932412D13D83BC54E62)
- [43] C. Del-Toso, R. Penazzi, M. El-Amrani, D. Mestdagh and S. Gopalan, "Standard compliant VDSL: a flexible and efficient solution for EFM over Copper," ST Microelectronics, 07/2001,  
[www.ieee802.org/3/efm/public/jul01/presentations/penazzi\\_1\\_0701.pdf](http://www.ieee802.org/3/efm/public/jul01/presentations/penazzi_1_0701.pdf)
- [44] Communications Standards Review, 09/26/2001, <http://www.csrstds.com/TOC.html>
- [45] ATM Forum, <http://www.atmforum.org>
- [46] DSL Forum, <http://www.dslforum.org>
- [47] ATM Forum af-vtoa-0089.001, "ATM Trunking Using AAL1 for Narrow Band Services v1.0," 02/2000, <http://www-comm.itsi.disa.mil/atmf/vtoa.html>
- [48] ATM Forum af-vtoa-0113.000, "ATM Trunking Using AAL2 for Narrowband Services," 02/1999, <http://www.atmforum.com/pages/aboutatmtech/approved.html>
- [49] ATM Forum af-vtoa-0083.001, " Voice and Telephony over ATM to the Desktop," 02/1999, <http://www.atmforum.com/pages/aboutatmtech/approved.html>
- [50] ATM Forum af-vmoa-0145.000, " Loop Emulation Service using AAL2," 07/2000  
<http://www.atmforum.com/pages/aboutatmtech/approved.html>
- [51] DSL Forum TR-039, "Requirements for Voice over DSL," 05/2001  
[http://www.adsl.com/aboutdsl/tr\\_table.html](http://www.adsl.com/aboutdsl/tr_table.html)
- [52] Broadnext, "DSL Industry Leaders Cooperate to Promote Standardization of Channelized Voice over DSL,"07/04/2001,  
<http://www.broadxent.com/company/press/060401.asp>
- [53] 林山霖, "亞太地區 DSL 發展現況分析," 第三波資訊股份有限公司,04/06/2001  
<http://mta.acertwp.com.tw/twpfile/magdata.nsf/byunid/m18015>
- [54] Point-Topic, "DSL subscriber numbers analysis - 2nd quarter 2001", Point Topic Ltd  
<http://www.point-topic.com/>
- [55] TeleChoice, Inc, "North American DSL Market Now at 4.1 Million," 08/13/2001  
<http://www.xdsl.com/content/tcarticles/wp081001.asp>
- [56] 阿波羅投信：由北美國寬頻用戶反觀國內廠商第三季狀況, 09/25/2001  
<http://news.pchome.com.tw/smartnet/industrial/20010925/index-20010924152721292406.html>
- [57] TeleChoice, Inc., "TeleChoice Sees Slower but Still Substantial Growth in DSL Market," 08/11/2001, <http://www.xdsl.com/content/tcarticles/wp081101.asp>
- [58] Sasktel Inc., <http://www.sasktel.com>
- [59] Jeff Pelling, "ADSL arrives in Canada," CNET Networks, Inc., 11/14/1996  
<http://news.cnet.com/news/0-1005-200-314424.html?tag=r1tdnws>

- [60] Brad Gibson, "North American DSL use nears 3 million; up 382% from '99," Mac Publishing LLC., 02/13/2001, <http://maccentral.macworld.com/news/0102/13.dsl.shtml>
- [61] 蔡佩珊, "韓國寬頻族笑傲全球 政府扮推手," CNET 新聞專區  
<http://taiwan.cnet.com/news/comms/story/0,2000022641,20021182,00.htm>
- [62] MIC, (Ministry of Information and Communication, Korea)  
[http://www.mic.go.kr/jsp/mic\\_z/mic\\_10\\_1.jsp?menu\\_code=m100\\_0001\\_1](http://www.mic.go.kr/jsp/mic_z/mic_10_1.jsp?menu_code=m100_0001_1)
- [63] Point-Topic.com, "South Korea, Korea Telecom"  
<http://www.point-topic.com/scripts/directory/profile.asp?company=65>
- [64] Singapore Telecom, <http://www.singtel.com.sg/>
- [65] SingTel Magix, <http://www.magix.com.sg/>
- [66] Singapore ONE, <http://www.s-one.com.sg/>
- [67] 中華電信, <http://www.cht.com.tw>
- [68] 虞金燕, "我國 ISP 現況與未來發展," 通訊雜誌, 第 90 期, 07/2001  
<http://www.grandsoft.com/cm/090/asr882.htm>
- [69] MIC (Market Intelligence Center, 資訊市場情報中心), <http://mic.iii.org.tw/>
- [70] NTT West, <http://www.ntt-west.co.jp>
- [71] NTT East, <http://www.ntt-me.co.jp>
- [72] 蔡純芬, "2366 亞旭, xDSL 日本總用戶數," 08/21/2001  
<http://member.pscnet.com.tw/mandoc/research/rep-2/2-20010822163528.htm>
- [73] CNNIC (China Internet Network Information Center), <http://www.cnnic.net.cn>
- [74] "大陸寬頻發展兵分三路 ADSL、乙太光纖各有利基", TaiwanNET.com  
<http://usch1.vitalic.com/newsdata/showdetail1.php?ID=2402>
- [75] 江芳韻, "大陸寬頻接取市場發展—ADSL 篇", 通訊雜誌, 第 90 期, 07/2001  
<http://www.grandsoft.com/cm/090/amc901.htm>
- [76] Deutsche Telekom, <http://www.dtag.de>
- [77] France Telecom, <http://www.francetelecom.fr>
- [78] Telefonica, <http://www.telefonica.es>
- [79] Telecom Italia, <http://www.telecomitalia.it>
- [80] BT (British Telecom), <http://www.bt.com>
- [81] Oftel (The Office of Telecommunications, regulator for the UK telecommunications industry), <http://www.oftel.org/>
- [82] ITU G.995.1, "Overview of digital subscriber line (DSL) recommendations, for approval,"  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-G.995.1>
- [83] ITU G.997.1, "Physical layer management for digital subscriber line (DSL) transceivers,"  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-G.997.1>
- [84] DISA (Defense Information Systems Agency), "Commercial Communications Standards," <http://www-comm.itsi.disa.mil/>
- [85] American National Standards T1.400-series, DISA,

[http://www-comm.itsi.disa.mil/t1/t1\\_400.html](http://www-comm.itsi.disa.mil/t1/t1_400.html)

[86] TeleChoice, Inc "Analysis of DSL Technologies," <http://www.xdsl.com/>

[87] Media888, Inc., "日立 Hitachi 將採用 Elastic Networks 的 EtherLoop 技術," 06/26/2001,  
<http://www.quote888.com/StockMarket/Quote123/06-26-2001/200106261007-big5.html>

## 第三章

# IP-based 有線電視接取網路系統 HFC-Cable Modem

### 3.1 簡介

因網際網路的蓬勃發展而帶起對寬頻傳輸的殷切需求帶動纜線數據機 (cable modem) 跨入網際網路的世界。在上網的尖峰時期 (例如：在晚間十一點時的上網熱潮)，電信業者所提供的公眾電話網路 (PSTN) 無法負荷如此龐大的資料傳輸量。此外，由於多媒體服務種類的日新月異，更是增加了網路的負擔，然而受限於雙絞線傳輸頻寬的實體限制，目前電信業者所提供的類比數據機，最高只能達到 56Kbps，導致使用者往往為了下載大量資料而等待。就目前而言，公眾電話網路根本無法滿足客戶傳送大量資料的需求，因此網路業者需要提供更高速的頻寬傳輸以因應這種情況。為求能夠迅速切入市場，若有一個佈線已經成熟的網路系統將是非常好的起點。目前台灣有線電視用戶超過四百萬戶，普及率超過 80%，因此有線電視網路 (CATV network) 憑藉其高普及率、高寬頻及高佈線率，成為最被看好取代公眾電話網路的替代方案之一，也因此留給了有線電視公司經營高速數據服務的機會。有鑑於此一利基，有線電視公司乃於 90 年代開始將其同軸網路逐步光纖化，形成所謂混合光纖同軸電纜 (Hybrid Fiber Coaxial: HFC) 網路。由於此種網路的寬帶極寬且其傳輸特性極佳，使得有線電視公司跨業經營電信以提供數據與電話等服務的可行性大為提高。因而相關設備製造商積極投入纜線數據機產品 [1] 的研發，以期提供有線電視公司經營數據業務之相關設備需求，這些因素造就了纜線數據機

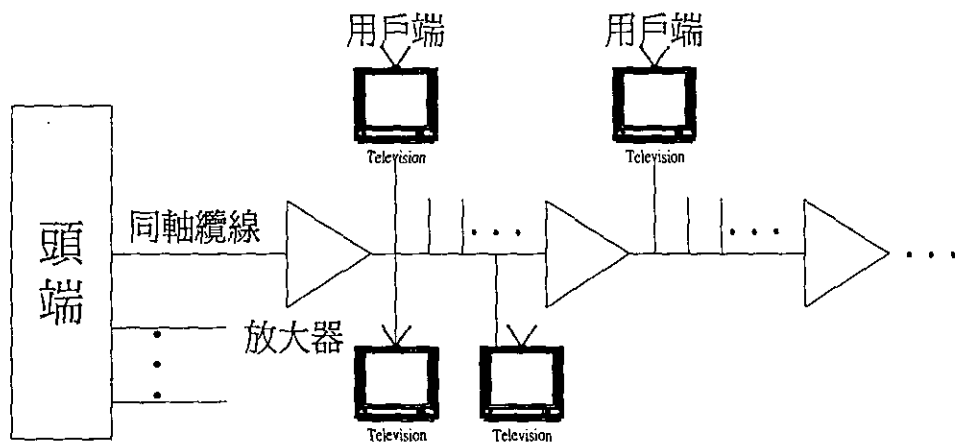


圖 3.1 傳統有線電視網路架構

市場蓬勃發展的生機。

傳統有線電視網路架構是以同軸電纜為基礎，鋪設出來的樹狀結構網路，訊號由有線電視公司的頭端 (headend) 設備發出，以同軸電纜為媒介廣播至每個客戶，如圖3.1所示，為了節省成本，每條同軸電纜上可以同時串接許多用戶。但由於同軸電纜上訊號衰減問題，故每經過三百到五百公尺，需用放大器將訊號放大再繼續傳送，以保持訊號達客戶處時的強度和品質。這樣的網路架構非常適用於類比的廣播服務，然而當業者想以此做數據服務時，卻發生了兩大問題：雙向傳輸限制和放大器品質欠佳。

傳統上，有線電視網路為單向傳輸，為解決此一問題，業者只需把纜線上的單向放大器改為雙向放大器，問題即可迎刃而解；然礙於之前法規規定有線業者僅能單向，且因為一個地區同時會有多家的有線業者，同時規模也不大，因此全面更新放大器方案的支出，並不是一般業者可以負擔的。因為上述原因，有線業者傾向跟電信業者合作，企圖利用電話線路來完成上行傳輸，雖然這樣的作法於業者而言可以最低的成本搶得市場的先機，然用戶卻必須負擔額外的通信費用，因此這只是過渡時期的因應之道。民國 89 年以後，法規已經通過允許雙向傳輸，未來將會有越來越多業者直接以纜線完成雙向的網路架構，如圖3.2所示。

第二個問題是目前同軸電纜上的放大器品質不好，而且同一條纜線上串接過多用戶，因此導致訊號品質不能符合數位傳輸的標準，解決之道就是導入光纖傳輸，藉以減少放大器的使用，這種架構稱為混合光纖同軸電纜系統 (HFC)。此外，若纜線本身仍維持單向，首先纜線的放大器品質要做更新，而其光纖部分可以用  $1.5\mu\text{m}$  的波長下行，若要以纜線完成雙向，除了纜線放大器要增加上行模組外，光纖部分還必須加裝反向光收

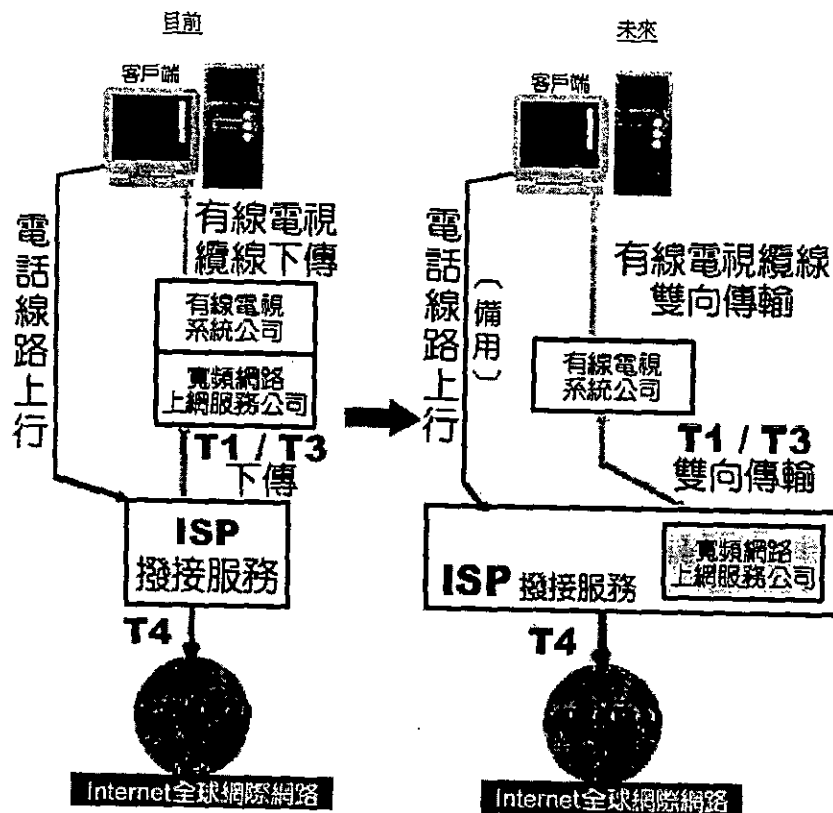


圖 3.2 有線電視網路雙向傳輸示意圖

發訊機，至於光纖傳輸部分，上下行的光信號可以使用分波多工 (Wavelength Division Multiplexing: WDM) 的方式在同一芯光纖中傳送，例如  $1.5\mu\text{m}$  波長下行、 $1.3\mu\text{m}$  波長上行。

## 3.2 HFC 接取技術及網路架構

### 3.2.1 HFC 網路基本架構

HFC 接取技術係指利用有線電視網路做數據傳輸之媒介，以做為一般用戶之接取網路使用。一般來說，我們可將有線電視網路分為三個部分，亦即幹纜 (trunk)、饋纜 (feeder)、與引進線 (drop) [3]。頭端到其他頭端間的骨幹線路以光纖相連接，而頭端以下的網路一般則為星狀結構的光纖網路，光纖從頭端延伸至用戶附近的光纖節點 (Fiber Node: FN) 進行光電訊號轉換，銜接同軸電纜。一般由光纖節點會分出 4 到 6 條的樹狀結構同軸電纜網路，連接至每個用戶家中。每條纜線則同時服務所串接的眾多用戶，而每個光纖節點容量約在 500 到 2000 個用戶 [4]。由於電視的類比訊號跟網路的數位訊號的工作頻率是分開的，因此兩種訊號可同時在同一條纜線上傳輸。當同軸纜線接到用戶端後，用戶端則需要加裝一個訊號分離器 (splitter) 以分開這兩種訊號，然後分別接到電

視和纜線數據機。纜線數據機再進一步透過以太網路連線至用戶電腦 [5]。

圖3.3是一個使用 HFC 有線電視網路的架構圖。在這個架構圖中，有線電視系統業者為網路之頭端，各個網路頭端之間一般可以利用分散式環狀迴路來互相連接。該迴路可以採用數位或類比的傳輸方式，例如 ATM/SDH 或是 1.5 $\mu$ m 波長之類比光纖網路來當作有線電視系統之間的骨幹網路。而頭端以下的網路結構，一般則為星狀之類比光纖結構。光纖從頭端延伸至用戶附近則利用光節點進行光電轉換，並由此光節點開始，利用樹狀結構之同軸電纜網路，進一步地延伸至每一個用戶的家中。由於傳統的電視網路所承載之訊號係屬於單向傳輸之資訊，而數據傳輸則必須要有雙向傳輸的能力，因此在使用有線電視網路來傳送數據資訊之前，則必須考慮雙向傳輸的問題。傳統的有線電視網路如果要能夠直接雙向化，則同軸電纜網路中的所有主動元件，例如訊號放大器等，則必須再加入上行模組。在光纖的部分則必須再加裝反向光之收發訊設備。一般來說，上下行的光訊號可以使用 WDM 的方式，在同一蕊的光纖中傳送，或是簡單地利用兩蕊光纖分別獨立傳送，目前國內則大多以兩蕊光纖獨立傳送為居多。與傳統的有線電視網路比較之下，HFC 架構不但可以提供更多的頻寬，而且也能提供更好更穩定的訊號傳輸環境 [6]。

### 3.2.2 IP-based HFC 網路系統基本架構

一般來說，提供數據傳輸的 HFC 網路系統架構可以大致區分為兩大類，亦即對稱性、與非對稱性系統架構。其主要之差異在於資料傳輸之下上行速率的不同。以對稱性的系統架構而言，其上下行之傳輸速率係相同的。相較之下，非對稱性系統架構的上下行傳輸速率則是不同的，且大多為下行速率高於上行速率。傳統的資料傳輸服務，例如檔案傳輸、BBS 或是 WWW 等服務，由於對上行速率的需求較低，因此比較適合使用非對稱性系統架構來提供服務。而其他例如遠距教學、遠距醫療、虛擬實境、視訊會議、或是單純的網路電話等等，由於其對上行傳輸之需求較大，因此比較適合使用對稱性的系統架構來設計網路，以滿足不同應用服務的需求。

由於網路雙向化的成本相當地高，為了使業者能夠很快速地切入數據網路市場，因此也有單向型態的 HFC 網路系統。在系統的實作上，如果是雙向 HFC 網路系統，其上行線路的設計係利用了同軸電纜網路本身所保留的上行頻帶來傳送。相對地，單向的 HFC 網路系統則是使用現有之電信網路來作為上行資料傳輸之媒介，用戶必須利用傳統的電話數據機，以撥接的方式連接到頭端，用以回傳上行信號。前者系統必須先將有線電視之網路雙向化，因此其所需之建置成本也會相對地提高，而後者由於利用了現有的普通電話線路，因此不需要更新同軸電纜網路之纜線，其所需之網路建置成本，自然就要比



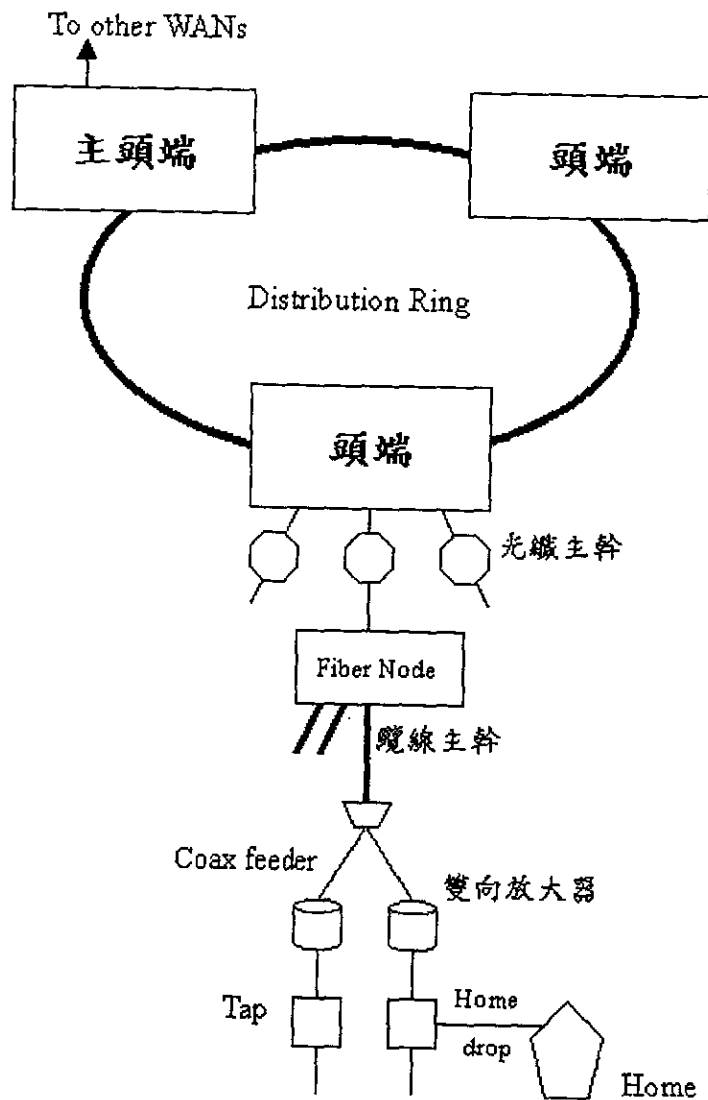


圖 3.3 HFC 有線電視網路架構圖

前者降低許多，且可以節省更新纜線所需要的工程時間，進而加快提供服務的時程。雖然單向系統可以不需要立即更新其所屬之有線電視網路，並降低其建置成本，然而其用戶卻必須同時使用一條電話線作為訊號回傳之迴路，也因此增加了用戶額外的費用負擔，長期而言，單向 HFC 網路架構只是一種過渡性的方法，也因此這樣子的架構已經漸漸地被淘汰了。

IP-based HFC 網路系統架構如圖3.4 [7] 所示。其架構主要包含了頭端所需之 Cable Modem Termination System (CMTS) 設備、HFC 傳輸平台 (platform)、以及用戶端之纜線數據機設備。其中，頭端之 CMTS 設備主要是用來接收與傳送 HFC 網路之數據封包，並且判斷所接收之 IP 封包的目的地。如果封包是欲前往該頭端所負責之 HFC 網路內部，則便利用其下行之傳輸通道，傳送至用戶家中。若封包是欲前往該頭端以外之網路區域，則其便利用路由器將資料轉送至相關之目的地。在用戶端的纜線數據機部分，則主要是

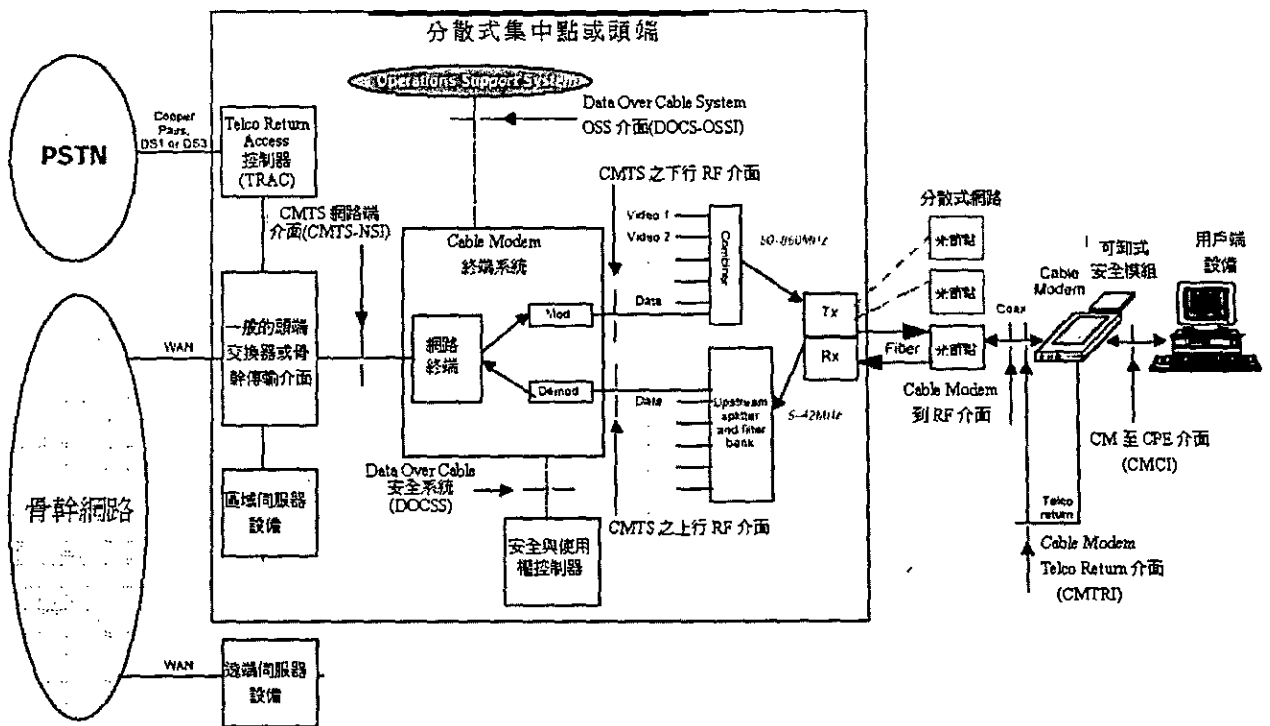


圖 3.4 IP-based HFC 網路系統架構圖

負責將下行之射頻訊號進行解調，並將屬於本身之 IP 封包，利用 Ethernet 傳送給個人電腦。而用戶所發送之資料，也需先藉由纜線數據機進行射頻調變，再經由 HFC 網路之上行頻帶來回傳至頭端的 CMTS 設備裡。如前所述，假使該 HFC 網路尚未升級成雙向網路之前，則只能利用電信業者之 PSTN 網路作為資料回傳之通道。

從整體來看，HFC 網路主要係提供了纜線數據機運作所需之射頻訊號傳送平台，由於該網路拓撲係屬於樹狀之分佈結構，因此較容易產生嚴重之上行雜訊合流干擾等問題。為了降低該問題所帶來的衝擊，每個光纖節點所提供之用戶數量，必須大量地降低。目前一般約為三至五百個用戶，因此其所需之網路建置成本也相對地提高許多。

### 3.3 Cable Modem 相關標準及組織

纜線數據機的標準有許多機構在制訂，其中包含 IEEE 802.14 [8], [9]、MCNS (Multimedia Cable Network System)、DAVIC (Digital Audio Visual Interoperability Consortium) [10]、ATM Forum [11] 等。其中以 IEEE 802.14 起步較早，卻因標準內容要求完備、且成員意見分歧，因而導致進展相當緩慢。

在北美包括由 Comcast Cable Communications Inc.、Cox Communications、Tele-Communications Inc.、Time Warner Cable、Continental Cablevision Inc.、Rogers Cablesystems Limited、CableLabs [12] 及 Arthur D. Little 等組織皆共同投入 MCNS 標準的

表 3.1 纜線數據機標準比較表

項目	美規 MCNS / DOCSIS	歐規 DVB/DAVIC
IP 數據封包 Encapsulation 格式	依照 ATM framing 的方式; 使用 AALS 定義有效率的 IP over ATM 的對照 法則, 另有使用 LLC/SNAP (RFC 1483) encapsulation 的方式	直接採用乙太網路封包形式並 對應到 MCNS 封包
下行調變方式	Out-of-band 通道: QPSK In Band 通道: 16,64, and 256 QAM (MPEG-2 Transport)	64 and 256 QAM (MPEG-2 Transport)
上行調變方式	QPSK	QPSK and 16 QAM
接取模式	在相同的通道存取競爭,保留及固定的數據率	僅提供競爭與保留的接取方式
Fragmentation	支援可變的分封長度 (多個 ATM 封包)	While MCNS 1.0 does not support the capability, MCNS 1.1 has been defined to support it
安全保密性	在安全層定義以提供單點播送與多點播送的能力	在安全層定義以提供單點播送 與多點播送的能力

訂定，其主要目的是定義於純同軸網路、或混合光纖同軸網路上高速傳送數據資料的技術規範，這樣的系統規格稱為 Data-Over-Cable System 或 Data-Over-Cable Service Interface Specification (DOCSIS) [13], [14]。因為有 Cable MSO (Multiple Service Operator) 業者、CableLabs、CATV 設備製造商、以及部份電腦通信業者的全力支持，因此 MCNS 的標準制訂的進度最快，該組織已於 1997 年 7 月將其制訂的標準草案提供給 SCTE (Society of Cable Television Engineering)，並透過 SCTE 提出給國際電信聯盟 ITU [15] 作為國際性標準，經過 8 個月的審核與徵詢相關意見後，ITU 於 1998 年 3 月正式接受 MCNS 1.0 的草案，將其訂為 ITU J.112 Annex B [16], [17]。

鑒於北美 MCNS 纜線數據機標準的成功，在歐洲的 EuroModem Consortium，和由各大 MSO 所組成的 European Cable Communication Association (ECCA) 也提出了一份歐規的纜線數據機標準 DVB/DAVIC。到目前為止，DVB/DAVIC 是歐洲唯一被認同的纜線數據傳輸技術標準，此標準的內容以 ETS 300 800 與 ETS 300 429 為主，也已經被 ITU 認可為國際標準，編號是 ITU J.112 Annex A [18]。

表 3.1 中列出 DVB/DAVIC 和 MCNS 的幾項重要內容比較，可知兩者之間不能互通，但兩個標準都不斷在增進修改，未來發展仍需注意。

在上述之三大標準制定組織中，IEEE 802.14 發起於 1994 年 5 月，是成立最早之組織，並分成兩部份來制定標準，分別為 Cable TV Media Access Control (MAC) 與 Physical (PHY) Protocol Working Group。其成立之際，業界皆普遍冀望 IEEE 802.14 能儘早訂出 MAC 與 PHY 之標準，然而相關標準卻於直到 1997 年年底才推出。由於 IEEE 802.14 小

組動作緩慢，於是 Comcast、Cox、TCI、Time Warner 於 1996 年 1 月成立 MCNS，並制定 data over cable 所需的相關標準。MCNS 標準所探討的範圍分成 3 個部分，包括為纜線數據機、頭端設備，以及晶片組。MCNS 雖非最早之成立者，卻是最積極的標準制定組織，但也是最封閉之組織。因為雙向纜線傳輸所蘊含的龐大利益將使有線電視業者脫離單純有線電視節目供應商的角色，而進階成為多媒體資訊傳輸供應商。此外，由於有線電視業者在寬頻傳輸領域裡，與傳統電信業者處於同一個競爭時點，因此在強調時效因素下，有線電視業者積極推動系統標準統一化，成立 MCNS 制定 DOCSIS，並由位於科羅拉州之 CableLabs 執行驗證之工作。纜線數據機最大的市場莫過於北美地區，由於美國擁有纜線數據機的技術，加上龐大的市場力量，致使 MCNS 於 1997 年 3 月推出 DOCSIS 標準，而使得纜線數據機之設備、終端產品廠商蜂擁投入 DOCSIS 的研發工作，MCNS 儼然成為纜線數據機標準的主導單位。

IEEE 802.14 和 MCNS 事實上是互補關係。IEEE 802.14 的支持者以纜線數據機的設備、產品製造商為主，強調制定具前瞻性的系統標準；MCNS 的倡導者則以 MSO 居多，強調制定低成本、可快速推廣的標準。此外，IEEE 802.14 所提出的系統架構是屬於較大格局者，可支援 ITU 的 J.83 Annex A、B、C。而 Annex A 是歐規 DVB/DAVIC、Annex B 即是美規之 MCNS DOCSIS、Annex C 為日本之標準。三者共通之特色在於同時具備了 64/256 QAM 之調變規格、下載最高速率 36Mbps，與每個載波頻寬定義為 6MHz。

由於擁有標準制定主導權者通常擁有市場主導權，歐洲的有線電視服務業者便另起爐灶，由 ECCA 著手推動 DVB/DAVIC 標準。而在 ECCA 組織裡，又以 EuroModem 聯盟最為積極。歐洲廠商希望藉由自定標準鞏固市場利益，然而並非每家有線電視業者都願意採用 DVB/DAVIC 標準，其原因是晶片組業者多是美國廠商，倘若脫離美規的發展路線，所付出的代價可能高於所能獲得的利益。此外，歐洲並不熱衷於發展 ADSL 或是纜線數據機，目前有線電視普及率較高的國家僅有荷蘭、瑞士，因此歐洲的纜線數據機市場並非龐大到足以吸引多數設備製造業者投入，因此考慮經濟因素的驅動力，DVB/DAVIC 的發展將大為受限。

2000 年 3 月 15 日，CableLabs 公佈了 OpenCable [19] 網路界面規格 (OCI-N) 的終極版；此規格主要是纜線工業和消費性電子產業，針對數位電視接收器如何在纜線中相容的接收信號所共同制定的界面格式 [20]。OpenCable 快速發展的軌跡源於領導 cable 電視公司的發起，透過 CableLabs 的統籌以達成各廠商所生產的數位設備得以互連的共同目標。

PacketCable [21]是由 CableLabs 主導，意在現有的雙向同軸網路中發展傳送即時性多媒體服務 (real-time multimedia services) 的互連界面標準 [22]。初步著眼於使用同軸網路基礎建設執行 IP 技術來提供一系列的多媒體服務包含 IP 電話服務、多媒體視訊會議、以及其他整合性多媒體應用。CableLabs 依照規格成功的完成了許多互連測試。主要著重在確定合適的測試環境和初步的符合性測試計劃，將用來估量標準規格產品的符合性。根據 PacketCable 和 DOCSIS (Data over Cable Service Interface Specification) 的規格來測試不同設備的互連性。CableLabs 也正主導著 PacketCable 規格的符合性測試的認證，初步測試重點項目在於 CMTS、MTA (Multimedia Terminal Adaptor)、和 CMS (Call Management Server)。預期將展開骨幹網路架構所涵蓋有關 PacketCable 標準元件的所有測試。PacketCable 標準提供了 call signaling, QoS, media stream, client provisioning, billing event message collection, PSTN interconnection, and security interfaces necessary to implement a PacketCable solution for residential voice services 等基本需求。CableLabs 的測試基本上著重在評定測試的環境和執行初期符合性的測試計畫。

由 IETF [23] 所主導之 IPCDN (IP over Cable Data Network) Working Group [24] 目前也在纜線網路上致力發展相關標準，其中主要是用在纜線網路上與 IP 相關之網路管理標準，如適用於纜線數據機與頭端之相關 cable-data 設備之 SNMP、MIB 網管標準等等。其中 MIB 不但能夠支援纜線數據傳輸的界面，也可以管理纜線數據傳輸的相關設備與系統。

## 3.4 IP-based HFC 接取網路技術發展趨勢及架構演進

### 3.4.1 MCNS/DOCSIS 架構

目前 IP-Based 纜線網路傳輸標準制訂組織中最積極在運作的是 MCNS，為了因應 IP 服務發展之需求，該組織對於各項相關之標準也都積極研議制定當中。以下，我們將以 MCNS 的發展與架構演進來進行討論。圖3.5為 MCNS/DOCSIS 標準支援 IP over Cable 接取網路之系統概觀圖。

在 MCNS/DOCSIS 的標準裡頭，總共訂定了 12 項規格標準，其內容包括了 CMTS-網路端界面、纜線數據機用戶端界面 CMCI (Cable Modem to Customer Premise Equipment Interface)、Telephony Return Interface、OSSI (Operations Support System Interface)、Security 以及射頻界面 RFI (RF Interference)規格等等。一開始，在 MCNS 1.0 的標準中並未提供 QoS 的功能，因此無法提供諸如網路電話或視訊會議等重要之相關服務。而在研議中的 MCNS 1.1 標準裡，則針對此缺陷作了些補強。在該標準裡主要係進一步地制訂了有關

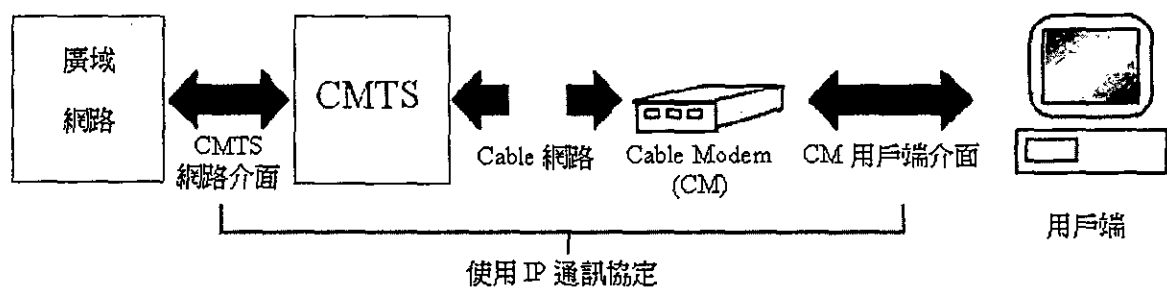


圖 3.5 IP over Cable 接取網路系統概觀圖

表 3.2 CableLabs 2001 年之 DOCSIS Cable Modem 認證時程表

認證階段	委任 ECNs 接受日期 (1)	廠商會議時間(2)	排演準備	認證會議排演(3)	非認證會議排演(4)	認證階段應用許可期限	文件與設備認證期限	認證時程(5)		認證公告會議(6)	CD 發行與文件出版
								開始日期	結束日期		
CW16	Aug 30	Oct 19	Oct 13	Oct 16-19	Oct 23-26	Oct 13	Oct 27	Oct 30	Dec 8	Dec 12	Dec 14
CW17	Nov 22	Jan 4	Jan 5	Jan 8-11	Jan 15-18	Jan 5	Jan 19	Jan 22	Mar 2	Mar 6	Mar 8
CW18	Feb 16	Mar 29	Mar 30	Apr 2-5	Apr 9-12	Mar 30	Apr 13	Apr 16	May 25	May 29	May 31
CW19	May 23	Jun 28	Jun 29	Jul 9-12	Jul 16-19	Jun 29	Jul 20	Jul 23	Aug 31	Sep 4	Sep 6
CW20	Aug 22	Oct 4	Oct 5	Oct 8-11	Oct 15-18	Oct 5	Oct 19	Oct 22	Nov 30	Dec 4	Dec 6

QoS 之相關標準，並藉以增強其對 QoS 之支援能力。其中包括了使 Cable Modem 具有分割封包(packet-fragmentation) 之功能，以確保網路傳輸之服務品質，例如傳送速率或延遲時間等等。其中並且提供了即時 (real-time) 資料傳輸與速率分級收費的服務。目前，CableLabs 已經完成了 MCNS 1.1 標準的草案，並提供給八個廠商五個 MSO 以及三個 CableLabs 成員所組成的小組進行 RFI。截至目前為止已公佈了 RF Interface Specifications 1.1 與 Baseline Privacy Interface Specification 1.1 兩份標準文件。其原本標準產品認證之時程係訂在 2000 年的第一季，然而由於諸多延遲，因此一直未能如期進行。其中並已安排了 2001 年的認證時程表，如表 3.2 所示。

目前 CableLabs 所主導之 MCNS 1.2 標準主要是由其所選擇之 Broadcom [25] 與 Terayon [26] 兩家公司所共同撰寫，而該兩家公司之技術也將為 IEEE 802.14 所採用。其中 CableLabs 研擬 MCNS/DOCSIS 1.2 標準主要的目的，是想利用該兩家公司所研擬之新技術來強化 IP-Based 纜線網路實體層之性能，使業者可以利用品質較差的有線電視網路來提供數據傳輸之服務，並藉以降低網路升級所需要之成本。其中，該新技術分別為 Broadcom 所發展之 Enhanced-TDMA，以及 Terayon 的 S-CDMA。此外，Terayon 的對稱

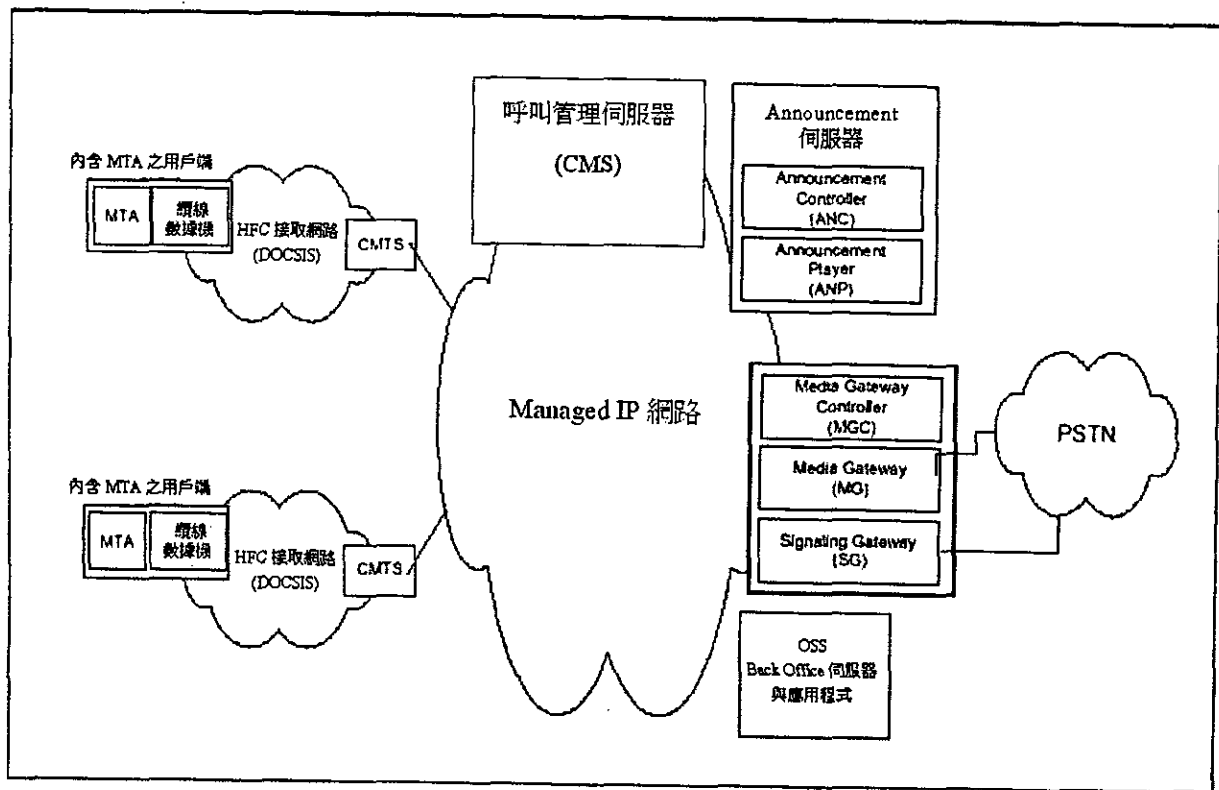


圖 3.8 PacketCable 1.0 系統架構圖

年初開始相關標準產品之認證與測試，以便符合 FCC 之要求。OpenCable 數據服務係直接採用了 MCNS 的標準，其重要規格如下：下行採用 64/256 QAM，而上行則是採用 QPSK/16 QAM；數位視訊傳送格式係使用 MPEG-2；聲音則是使用了杜比音響 AC-3；訊號安全編碼方面則是採用了 DES (Data Encryption Standard) 系統；高速上網採用了 MCNS。

除了 OpenCable 標準，CableLabs 還主導了一個稱為 PacketCable 的標準制訂。該標準的主要目的在於希望能夠建立一個利用 IP 協定，在有線電視網路上，能夠提供雙向即時多媒體服務的互連標準。因此，未來的發展將會是一個整合視訊、數據、語音服務的纜線網路平台。目前在美國，如 AT&T 等大廠，也開始積極地介入有線電視產業並有意利用纜線網路當作其接取網路之傳輸平台。雖然傳統的 telephony over cable 有逐漸趨於熱門的情況，然而這種情況恐怕也只是 VoIP 技術發展成熟前之過渡產品而已，未來有線電視業者提供語音服務的主流技術，將會是以 VoIP 為主。PacketCable 1.0 與 1.2 的系統架構分別如圖 3.8 [29]、圖 3.9 [30] 所示。PacketCable 1.0 主要制定出了單一的 PacketCable Zone，其主要是由單一個 CMS 與其所管理之 MTA 所組成，其中也可包含一個 MGC (Media Gateway Controller) 與其所管理之 MG (Media Gateway)。而 PacketCable 1.2 的架

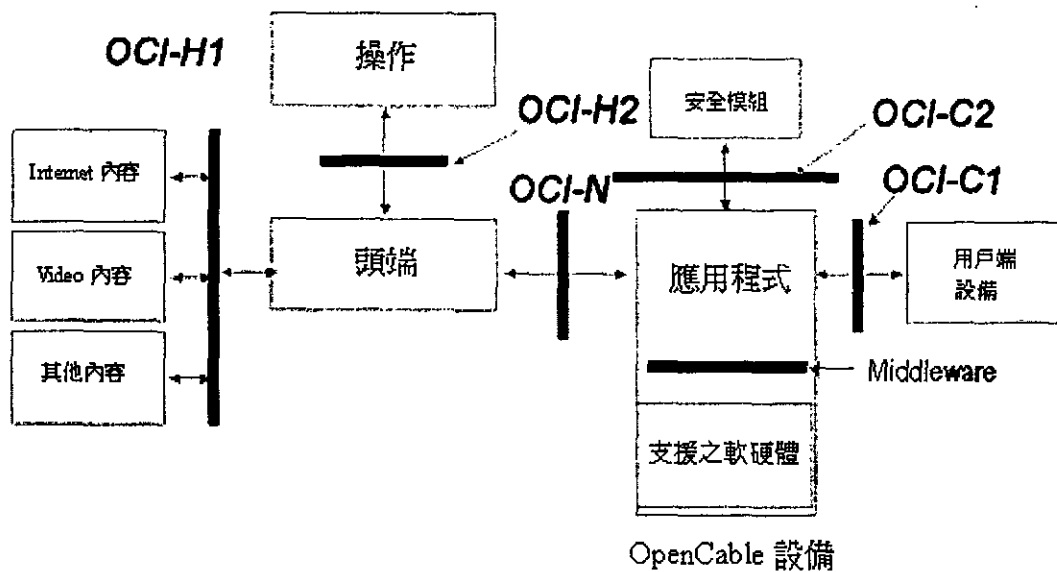


圖 3.7 OpenCable 標準架構圖

技術、使用 QPSK 及 16 QAM 技術、支援多種傳送速率、支援可更改的 Reed-Solomon 區塊碼、支援固定長度及可變長度的 PDU、可由 CMTS 彈性地重新程式化纜線數據機、實體層與較高層之間的依賴性達到最小，以允許未來採用新的實體層技術；其在下行方向之功能特色則包含了：使用 64 QAM 及 256 QAM、使用 Reed-Solomon 及 Trellis 前向誤碼更正 (forward error-correcting codes) 技術、使用可變深度交錯器 (variable depth interleaving) 以支援對延遲敏感 (latency sensitive) 及對延遲不敏感 (latency insensitive) 的資料。

### 3.4.2 OpenCable 與 PacketCable

如果從網路應用服務的層面演進來看，網際網路的使用服務將會從現在的非即時性、非對稱性逐漸地朝向即時性、以及對稱性的方向來發展。因此，MCNS 1.1 的標準才會將分割封包 (packet-fragmentation) 的功能加入纜線數據機之中，以便於增強對 QoS 的支援能力，並藉以提供即時與速率分級收費的服務。同時，MCNS 1.2 也才因此會採用 Terayon 公司的對稱型 S-CDMA 技術來增強纜線數據機之傳輸能力，以因應未來可能支各種服務需求。而除了 IP-Based Cable Modem 之外，其相關的數位視訊應用也正在快速地發展之中。早在 1997 年 7 月，CableLabs 即著手推動 OpenCable 標準的制訂，其目的在於希望能夠建立一個標準互連之纜線機頂盒 (Set Top Box: STB)，藉以提供更多樣化的數位視訊服務。該標準之架構圖如圖 3.7 [28] 所示。到了 1998 年 6 月，FCC 更要求相關業者在 2000 年 7 月以後，就必須讓纜線機頂盒能夠在一般的零售商場販售，而不能像現在，只能由有線電視業者提供。也因此 OpenCable 標準將很快地被制訂完成，並在明



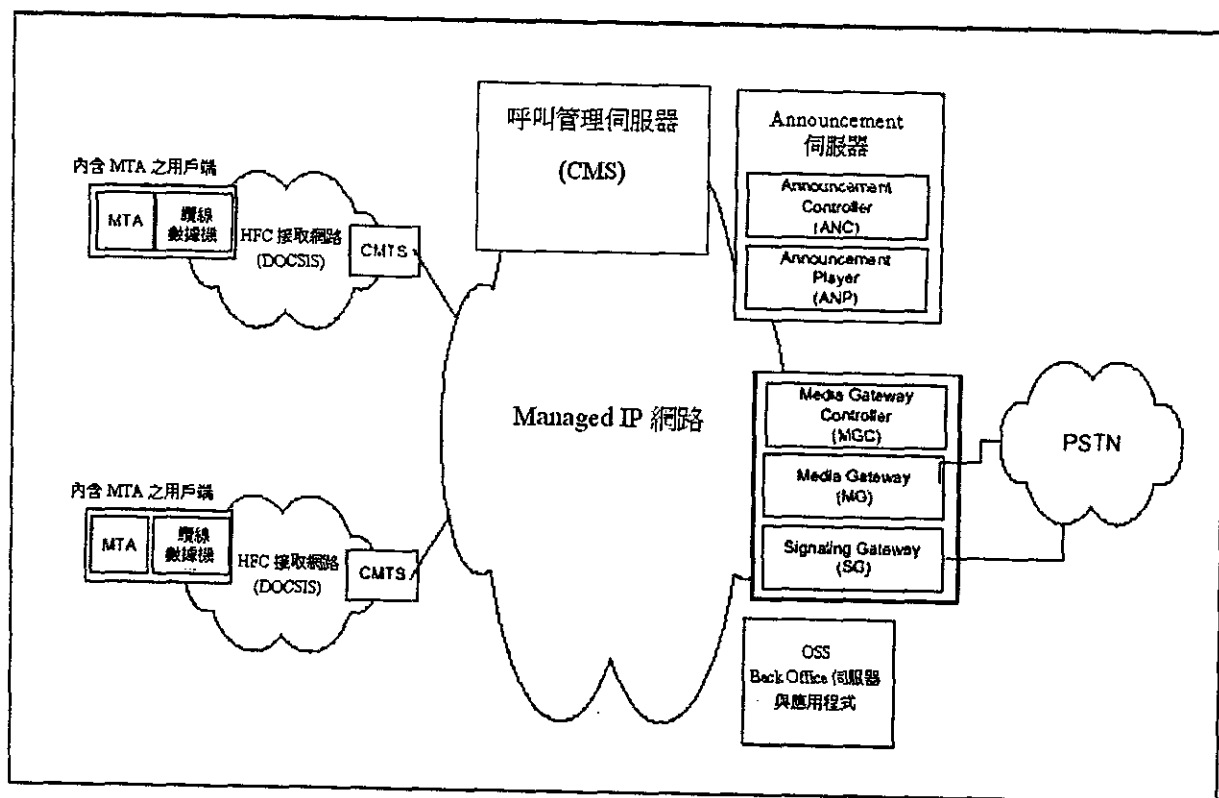


圖 3.8 PacketCable 1.0 系統架構圖

年初開始相關標準產品之認證與測試，以便符合 FCC 之要求。OpenCable 數據服務係直接採用了 MCNS 的標準，其重要規格如下：下行採用 64/256 QAM，而上行則是採用 QPSK/16 QAM；數位視訊傳送格式係使用 MPEG-2；聲音則是使用了杜比音響 AC-3；訊號安全編碼方面則是採用了 DES (Data Encryption Standard) 系統；高速上網採用了 MCNS。

除了 OpenCable 標準，CableLabs 還主導了一個稱為 PacketCable 的標準制訂。該標準的主要目的在於希望能夠建立一個利用 IP 協定，在有線電視網路上，能夠提供雙向即時多媒體服務的互連標準。因此，未來的發展將會是一個整合視訊、數據、語音服務的纜線網路平台。目前在美國，如 AT&T 等大廠，也開始積極地介入有線電視產業並有意利用纜線網路當作其接取網路之傳輸平台。雖然傳統的 telephony over cable 有逐漸趨於熱門的情況，然而這種情況恐怕也只是 VoIP 技術發展成熟前之過渡產品而已，未來有線電視業者提供語音服務的主流技術，將會是以 VoIP 為主。PacketCable 1.0 與 1.2 的系統架構分別如圖 3.8 [29]、圖 3.9 [30] 所示。PacketCable 1.0 主要制定出了單一的 PacketCable Zone，其主要是由單一個 CMS 與其所管理之 MTA 所組成，其中也可包含一個 MGC (Media Gateway Controller) 與其所管理之 MG (Media Gateway)。而 PacketCable 1.2 的架

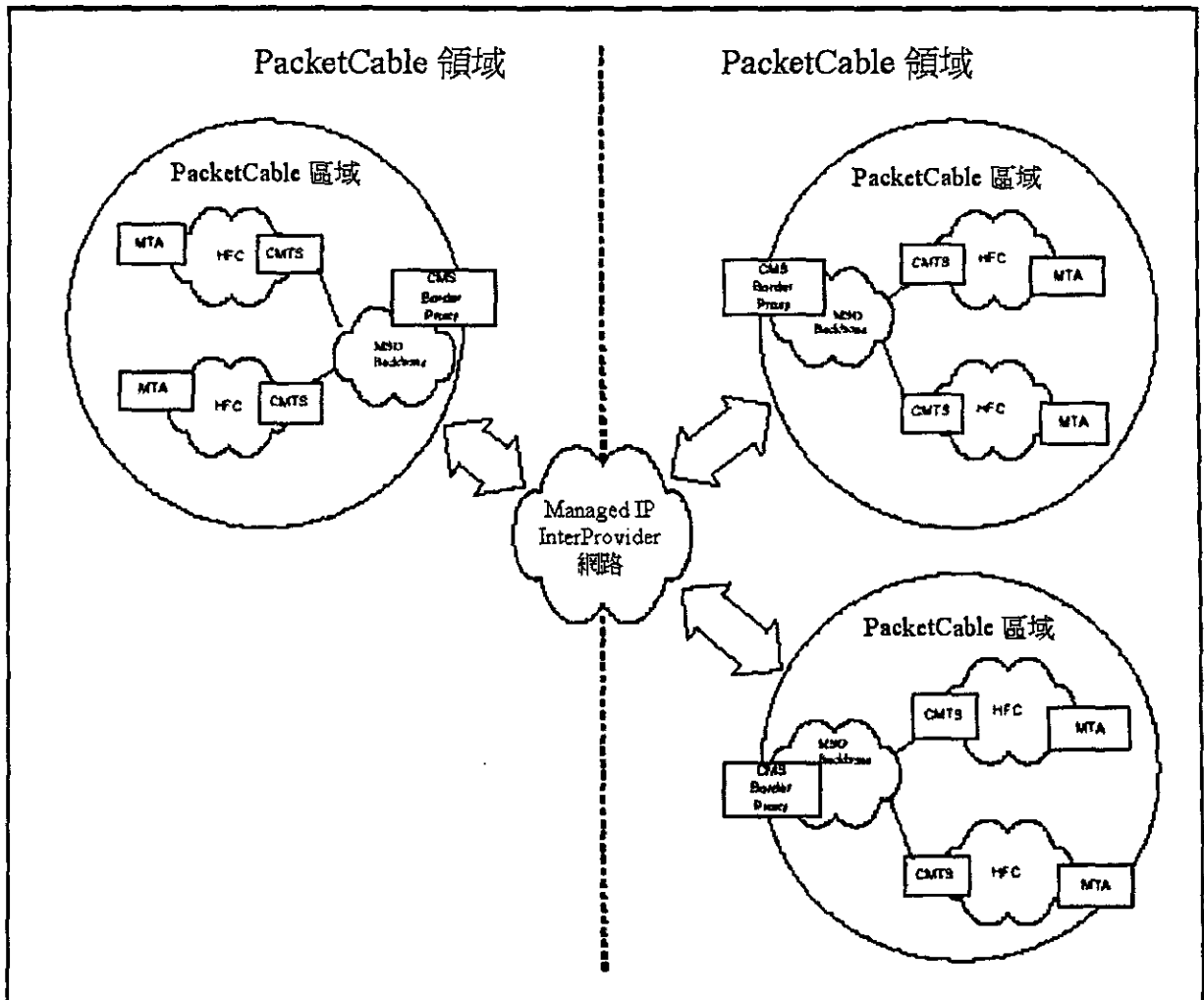


圖 3.9 PacketCable 1.2 系統架構圖

構主要是由 PacketCable 1.0 的架構延伸而來，並增加了 PacketCable Domain 之間互連的機制。PacketCable 以封包的形式傳送多媒體影音資料，並且使用 IP 協定進行傳輸，其優點是能夠充分地使用網路頻寬資源，卻也因此而帶來了網路安全性的問題。這些問題包括了：第一、服務可能被竊取，一旦 MTA 的密鑰 (key) 被不法人士非法複製，竊取者就有可能利用他人的帳戶來使用服務。第二、傳輸資訊可能被竊取，傳輸資訊在網際網路中傳輸，服務類別與傳輸中之資料將可能被有心人士不當地擷取。第三、多媒體資訊佔據傳輸通道的威脅，因為網際網路固有之資料傳輸方式，相關的傳輸品質保證是需要的。第四、拒絕服務，一旦用戶的密鑰被有心人士竊取，系統將可能拒絕服務合法使用者並轉而接受竊取者的使用要求。第五、服務中斷的威脅，系統各方面的不穩定性，將可能造成使用中之網路服務無預警地中斷。

## 3.5 比較分析及討論

### 3.5.1 升級 HFC 所將面臨的優勢與挑戰

傳統有線電視網路兩大缺點包括：(1) 當用戶距離頭端過遠時，同軸電纜便無法在可容許的衰減強度下，連接頭端和用戶端，而須在同軸電纜上加放大器，加上放大器之後的同軸電纜雖然可以增長其傳輸距離，不過傳送的品質卻會因而下降，數據資料的錯誤率會因而提高。(2) 以有線電視公司現有樹狀的網路拓撲 (topology)，無法提供足夠的上行頻寬供互動多媒體使用。HFC 即是基於儘量利用既有網路投資的前題下，針對上述兩大問題的一個解答。採用 HFC 架構後的有線電視網路，具有下列的優點：

- 網路升級空間大：HFC 架構可隨著寬頻交換設備及用戶的需求演變，以漸進式的投資建構多媒體網路。
- 初始架設成本低：無需一開始就將有線電視升級為對稱性寬頻多媒體網路，且初期不需有相當精良的寬頻交換設備。
- 可提供的頻寬較高：因為在 HFC 架構中，頭端到光纖節點的傳輸媒介是光纖。
- 可保有既有的廣播式電視節目，亦可做隨選視訊服務，未來更可提供點對點的通訊服務。
- HFC 的光纖網路可傳送類比式的視訊訊號。這是相當重要的，因現階段許多節目都是以類比方式儲存，若是有線電視網路無法傳送類比節目，有線電視業者就得將節目先轉換成數位型態，以 MPEG 標準壓縮後才能送進有線電視傳輸系統，這將是一項額外的花費。待未來業者必須提供數位化的互動性服務，才有進一步升級的必要。

### 3.5.2 有線電視系統跨足電信服務將面臨之挑戰

纜線數據機發展多年，根據 CMU (Cable Modem University) [2] 的統計資料顯示，目前全球進入商用服務階段的系統約有 80 幾個。例如較著名的 South-Western Bell 公司所投資的多媒體公司，在華盛頓 DC 以 HFC 網路經營有線電視與數據、電話服務；此外，US WEST 公司併購美國第三大有線電視公司 Continental Cablevision，藉由該公司的 HFC 網路架設纜線數據機系統來經營高速數據傳送服務，使有線電視用戶得以較高的速率上網，由以上可見有線電視業跨足電信服務經營之熱潮。有鑑於此，美國已於 1996 年 2 月立法通過開放有線電視產業與電信產業互跨經營，而我國在積極推動電信自由化之際，也已研擬開放有線電視產業與電信產業互跨經營及其相關法規。

未來有線電視系統升級與提供電信互跨服務的過程中，有許多重要課題需要加以解決，多半是有線電視和電話網路兩者因功能不同而產生的先天差異，這些差異在有線電視業者跨到電話業務過程中，都將需要一一面對克服，以下將針對 HFC 尚待解決之問題加以分析：

- 電源供應系統：過去的有線電視系統的電源供應是靠電力公司，所以萬一電力公司停電，則整個系統便跟著停擺。由於有線電視原是用於家庭娛樂上，所以對此要求較不嚴苛，然而未來將電話業務納入營運範圍時，則勢必需要一套自己的電源供應系統，否則恐怕無法和電話公司一較長短。
- 頻譜管理：頻譜管理對傳統的有線電視系統而言，只是事前單純的頻道規劃而已。但為了讓隨選視訊服務能夠實現在有線電視系統中，由於不同用戶的隨選視訊必須分別以不同的下行頻道載送，如何讓傳輸系統在大部分的時間內暢通不塞車，頻譜管理的重要性便突顯出來了。在隨選視訊系統中，傳統的廣播式節目將依然存在，且並非在每個時刻、每個用戶都要用隨選視訊，因此如何了解用戶使用隨選視訊的行為特性，據以做好頻道的事先規劃，以免造成頻道不足是一大課題。
- 增加系統的穩定性：有線電視的網路是用於娛樂性節目的播放，一般人對於娛樂性系統的穩定性要遠低於電話網路。因為電話是一種通訊服務，在任何時間，都應該能夠使用，當用戶想打電話卻不能打時，其滿意度會大大受到影響。若是未來有線電視系統業者以其網路提供電話服務時，業者不能提高系統的穩定性，必然無法和既有的電話業者匹敵。

### 3.5.3 xDSL 與纜線網路之比較分析

在全球 IP-based 寬頻上網的熱潮中，目前以兩種主流的寬頻上網方式為主，分別為纜線數據機與 ADSL。自 1999 年 DOCSIS 1.0 標準底定之後，由有線電視網路所提供之寬頻上網服務急劇成長，成為 IP-based 寬頻接取網路技術中進展最快的。ADSL 則緊接於纜線數據機興起之後，並從 2000 年起用戶數快速成長。拜電話線普及率遠高於 HFC 網路的緣故，ADSL 寬頻上網的用戶數增加的速度，比起纜線數據機部分實為有過之而無不及，特別在亞洲地區，ADSL 的發展甚至已凌駕於纜線數據機。

面對 ADSL 來勢洶洶的挑戰，纜線業者與設備製造商也亟欲找尋纜線網路下一代產品的發展方向。就現今的研究預測報告顯示，大多數的結論傾向於 xDSL 的長期發展前景優於纜線網路，不只就商業而論，電信業者有基礎建設的支撐來開始發展；而且其優

表 3.3 ADSL Modem 與 Cable Modem 之比較表

項 目	ADSL Modem	Cable Modem
基礎網路與服務範圍	(1) 廣泛佈設好的雙絞銅線網路，潛在客戶群眾多。 (2) 服務範圍約可達四公里。 (3) 部分線路老舊，或同一捆線內相互干擾等問題，有待更換線路來解決	(1) 擁有較高頻寬傳送能力(最大可達30Mbps)，部份都會地區使用率相當高。 (2) 必須花費大量成本將同軸網路升級成雙向HFC網路。使網路建設成本提高
國際標準狀況	(1) 提供DMT-based ADSL的廠商已爭取到ITU制定G.dmt採DMT為ADSL調變技術標準，CAP陣營預期將逐漸式微。 (2) ITU的G.lite/G.dmt制定標準，正式規格出爐後可加速產品上市，簡化安裝程序，達到大量且快速供裝的目標	(1) 由MCNS制定的DOCSIS規格，已由ITU Study Group 9認可為國際標準。 (2) MCNS所制定的規格相當完整。而IEEE 802.14尚在制定標準草案的階段。
頻寬與硬體架構	(1) 上行可至1Mbps，下行可至8Mbps，為獨享頻寬，具有速率調整(rate adaptive)能力。 (2) 架構為點對點傳送方式	(1) 對稱式上下行可至10Mbps/10Mbps，非對稱式上下行可至3Mbps/36Mbps。 (2) 採用共享頻寬架構
互運能力	採用同一種調變方式(如DMT)者，可透過更改韌體方式擁有互運能力	符合DOCSIS標準廠商之設備間可有互運能力
附加其他服務可行性	除了電話服務與高速網際網路接取服務之外，尚有遠端公司網路接取及隨選視訊等服務	同左
網路管理維運與安全保密性	專屬線路，故保密性較佳，且易於固障排除	本質是廣播式網路，有保密性差的疑慮
與現有ISP合作	目前所有ISP均是跟電信公司合作，提供撥接上網或專線服務，可利用既有的基礎架構提供ADSL商用服務，降低系統升級成本	部分有線電視業者採用自行成立ISP的方式經營，部分則與現有之大型ISP合作推廣，以降低成本
未來發展	ADSL系統可為電信業者提供SDSL、VDSL等系統暖身，逐步進入寬頻用戶迴路的時代	提供網際網路與VoIP服務

勢也存在於最重要的現存龐大的既有用戶數。纜線業者必須要加緊腳步成長才能和日益茁壯的ADSL勁敵一較長短。如表3.3所示，以下提供ADSL與纜線網路的全方位比較分析：

● 基礎網路 (infrastructure) 與服務範圍之比較

在ADSL方面：優點是佈設好的雙絞銅線網路廣泛，潛在客戶群眾多，服務範圍約

可達四公里。缺點是部分線路老舊，或同一捆線內相互干擾等問題，有待更換線路來解決。

在纜線網路方面：則擁有較高頻寬傳送能力（最大可達 40Mbps），且在部份都會地區使用率相當高。缺點是必須花費大量成本將同軸網路升級成雙向 HFC 網路。目前許多業者均開始進行網路升級的計畫，此外，為避免某用戶的接點雜訊灌進網路，則必須考慮將光節點用戶數降低，或安裝 Active Tap。

#### ● 國際標準制定狀況之比較

在 ADSL 方面：ANSI T1.413 Issue 2 [31] 已經完成。此外，提供 DMT-based ADSL 的廠商已爭取到 ITU 制定 G.dmt 採 DMT 為 ADSL 調變技術標準，CAP 陣營已然式微。而 splitterless ADSL 的 ITU G.lite 正式規格亦已出爐。

在纜線網路方面：由 MCNS 制定的 DOCSIS 規格，已於 1998 年 4 月由 ITU Study Group 9 認可為國際標準。MCNS 所制定的規格相當完整。而 IEEE 802.14 則尚在制定標準草案的階段。目前關於如何與 ATM Backbone 結合達成 ATM to the home 之草案或建議尚未出爐。

#### ● 頻寬與硬體架構之比較

在 ADSL 方面：上行可至 1Mbps，下行可至 8Mbps，為獨享頻寬，具有速率調整 (rate adaptive) 能力，可視當時線路品質調整傳送速度。而 splitterless ADSL 下行約至 1.5Mbps，強調無須安裝訊號分離器，可方便使用者自行安裝。然而 ADSL 為點對點傳送方式，較適合撥接用戶或企業用戶上網，較不適合做社區網路。

在纜線網路方面：對稱式上下行可至 10Mbps/10Mbps，非對稱式上下行可至 3Mbps/36Mbps，採用共享頻寬架構，在傳送效率 (utilization) 的運用上較佳。然由於共享頻寬，當使用者愈多，每個用戶所分享的平均頻寬就愈小，除非事先保留頻寬。而除了 Terayon 有專利之 S-CDMA 技術之外，多數纜線數據機不具有速率調整能力，這意味著當網路的干擾源過強時，將可能導致服務中斷，而無法以降速的變通方式繼續提供服務。

#### ● 互運能力 (interoperability) 之比較

在 ADSL 方面：採用同一種線碼(如 DMT)者，可透過更改韌體方式擁有互運能力。再者，目前各界對於何種點對點網路架構最適合於 ADSL 並無共識，以致於在 ADSL Forum 中定義的點對點網路架構多達 4 種以上，對於互運能力與網路整合亦是一大困擾。

在纜線網路方面：CableLabs 已經開始進行一項計畫，接受 Cable Modem 相關設備製造商提供設備供其測試是否符合 DOCSIS 標準，以加速不同廠商之設備間的互運能力。

- 附加其他服務可行性之比較

在 ADSL 方面：除了電話服務與高速網際網路接取服務之外，尚有 Remote Corporate Network Access 及 VoD 或 near VoD 為主要可能的附加服務功能。在提供 Switched Digital Video Broadcast 上的進展較慢。

在纜線網路方面：提供高速網際網路接取服務服務之外，尚有 Remote Corporate Network Access 及 VoD 或 near VoD 等服務可提供，但因本身已有類比式有線電視服務，故 DVB 為其最具競爭力的附加服務。此外，@Home 已宣佈與遊樂器大廠 Sega [32] 合作在其 HFC 網路上提供多人網路遊戲，預料娛樂服務將是下一波競爭利器。若欲使用 HFC 網路提供電話服務，需建設昂貴的纜線電話 (telephony over cable) 系統；若以網際網路電話提供電話服務，因一般用戶打電話前還需開啟電腦，並不合適，故只適用於企業用戶或其他長時間電腦開機者。

- 網路管理、維運與安全保密性之比較

在 ADSL 方面：由於電話線本身是專屬線路，故保密性較佳，且易於固障排除。目前在 ADSL Forum 中已經有 ADSL Network Element Management 及 SNMP-based ADSL LINE MIB 的建議規格。在網路管理方面，雖然目前已有 ADSL 連線本身之嵌入式運作通道 (embedded operations channel) 及上述的兩份 ADSL Forum 建議規格，但多數廠商仍然各做各的網管系統，對實際整合維運系統造成困擾。

在纜線網路方面：目前 IETF 正主導的一個用在 HFC 網路上與 IP 相關之網路管理標準，稱為 IPCDN，該標準主要可適用於纜線數據機與頭端之相關 cable-data 設備之 SNMP 與 MIB 等標準 IP 網路上之網管標準。目前 MCNS 已經制定好 OSS (operations support system) 界面 [35] 及設備 MIB 的規格草案。這些規格草案將提供不同廠商間網管系統互運的可能性。由於 HFC 網路本質是廣播式網路，有保密性差的疑慮，故 MCNS 特別制定了安全保密方面的協定，避免用戶的資料被他人以網路協定分析儀讀取破解，但這也增加了系統的複雜度與設備成本。

- 未來發展之比較

在 ADSL 方面：由於電信公司的既有客戶群龐大，未來普及後設備成本將可望降低，提高對 Cable Modem 的競爭力。此外，ADSL 系統可為 Telco 提供 SDSL, VDSL 等系統

暖身，逐步進入寬頻用戶迴路的時代。各 ISP 亦積極推動 ADSL 業務搶佔客戶，將加速 ADSL 普及的速度。而在設備供裝方面，目前國內數據機製造商已有能力自行製造 ADSL 相關設備，價格可望降至一般用戶可接受的水平。

在纜線網路方面：目前 MCNS 已制定了新式 CPE 界面：USB，提供隨插即用 (plug-and-play) 的能力來連接電腦，不需再額外安裝網路卡以及隨後的繁瑣設定。而在 MCNS 標準之未來發展方面，包括：(1) 支援 IP 電話服務，這表示有線電視業者傾向於不使用昂貴的纜線電話系統，而直接以網際網路電話 (Internet phone) 提供電話服務給使用者。(2) 實體層支援展頻技術以擁有速率調整的能力。(3) 支援 ATM to the home。

### 3.6 建議及結論

1980 年代末期，雷射光束藉由使用強度調變技術，成功地在光纖上傳送類比影像，使得線電視跟光纖結合向前邁出一大步，混合光纖同軸電纜 HFC 網路系統就是該技術的應用。其實 HFC 網路系統就是光纖至近鄰 FTTN (Fiber To The Neighborhood) 概念的一種實現，簡單的說就是主要幹道以光纖代替，而到用戶最後的這一小段距離才以纜線傳輸。基本上末端用纜線傳輸可以降低成本，隨著網路需求的增加，這部分將會越來越短，當達到光纖到府 FTTH (Fiber To The Home) 時，纜線數據機將被淘汰或升級成具光界面的數據機。以下針對「IP-based HFC 寬頻接取之優勢」做個結論，並提出政策性相關的建議：「有線電視業者跨足電信事業所可能產生之監管課題」。

#### ● IP-based HFC 寬頻接取之優勢

自從我國於 82 年正式公佈了有線電視法之後，有線電視的經營與發展終於於法有據。許多原本為非法經營的業者，在經過了幾年間之後，也終於能夠取得合法之經營權，而隨後所產生之各業者間的合併與系統整合等情形，也是有線電視事業起步時所無可避免的現象。目前，我們國內有線電視的普及率已超過了七成，且其用戶總數大約是 600 萬戶，普及率在世界各國中算是相當高的國家。綜合分析這樣的結果，我國的有線電視發展之所以能夠如此蓬勃迅速地發展，主要可歸因於台灣多山的地形影響，以及都市高樓大廈林立，這些狀況造成了許多無線電波收訊上的死角，進而無法讓部分用戶順利地接收到傳統的三家無線電視台所播放的節目，因此迫使許多家庭必須依賴有線電視系統才能正常地收看電視節目。此外，台灣地狹人稠的特性也使得有線電視纜線的鋪設能夠更加地經濟、有效率。在高普及率的助益之下，更使得有線電視的網路佈線能夠達到更高的穿透率。



表 3.4 有線電視網路普及率比較表

國家	總戶數	涵蓋戶數	網路涵蓋率	用戶數	涵蓋用戶率	總普及率
台灣	6 M	4.4 M	73 %	3.5 M	80 %	58 %
美國	110 M	92 M	84 %	62 M	67 %	56 %
英國	23 M	10 M	43 %	2.2 (*3) M	22%(*30%)	9.6%(*13%)
德國	35 M	27 M	77 %	18 M	67 %	51 %
法國	28 M	7.8 M	28 %	2 M	26 %	7 %
荷蘭	6.5 M	6.3 M	97 %	6 M	95 %	93 %
澳洲	6.8 M	4.2 M	61 %	1.5 M	36 %	22 %
日本	52 M	20 M	39 %	4 M	20 %	8 %

表 3.4 [36] 列出了目前全球各主要國家同軸纜線網路普及率情形。其中涵蓋戶數表示有 Cable 經過的用戶數，Cable 涵蓋率為涵蓋戶數除以總戶數，訂戶數為訂購電視節目的戶數。表中英國的部份標註有星號的數據為訂購 Cable telephony 的用戶數。涵蓋訂戶率為訂戶數除以涵蓋戶數，總普及率則為訂戶數除以總戶數。由表中可以看出來，目前 cable 在歐美等先進國家已經相當地普及了，而我國的普及率雖然遠低於荷蘭，但是以全世界來比較，卻可算是名列前茅的國家，而且與美國的情況相當地接近。其中，由於英國是最早開放有線電視業者經營電信業務的國家，且在本質上即將有線電視網路視為電信網路的一種，也因此造成了英國的有線電視業者在提供語音服務上的營業收入與客戶數目均超過了傳統視訊服務。以英國的 Telewest Cable 公司 [37] 為例，其整體營收中的六成係來自於所謂的 cable phone 服務，相較之下其有線電視的視訊服務收入反而只佔了四成，可見電信服務對有線電視業者之吸引力。事實上，政府的態度與國家的法令在有線電視與電信事業互跨經營的議題上係佔了非常重要之地位。而且，目前網際網路服務之熱潮也使得歐美等國各大 MSO 業者皆積極地建設 HFC 網路，並以 Cable Modem 來提供用戶寬頻接取上網之 IP 服務，如此的發展未來也將進一步地帶動歐美等國 cable 用戶的加速普及，屆時其與電信公司用戶迴路間的市場重疊與市場競爭，將會愈形明顯。

以技術本身而言，目前纜線網路還有一個相對於 xDSL 的好處，亦即傳輸上的速率。以目前的技術而言，基本型的 ADSL 服務，也就是價格中最低廉且最適合於一般用戶使用之傳輸速率等級服務的最快傳輸速率約為 1.5 Mbps。此速率相對於纜線數據機能承載之最大速率潛能 3 Mbps 要來得低很多。然而從另一個觀點來看，由於纜線的網路架構係屬於分享式架構，因此在同一個時間裡如果有越多使用者使用網路，則每個人所能分享

到之頻寬也會越小，因而導致上網速率的變慢與上網品質的下降。由此可知，在技術上，纜線網路的服務品質將隨著同鄰近區域的使用者數量的增多而相對地下降。然而只要纜線業者能夠在網路上廣設節點 (node)，趕上傳輸速率的需求則可以大幅改善這樣的問題。

### ● 有線電視業者跨足電信事業所可能產生之監管課題

回顧全球的電信發展史，美國可能是最早成立國家級電信監理機構的國家，該機構稱為 FCC，30 多年來掌管了美國國內之電信相關監理業務。該組織在成立之初，電腦工業的發展與電信服務產業仍然處於剛起步的狀態。當時電腦與電信服務可以說是彼此互不相關之兩個產業，且其市場也是獨立而不重疊的。因此，FCC 最初管制之標準也只大略分為兩種，亦即基本管制服務，以及進階式非管制服務等兩類，且使用了「普通載波通訊」與「資訊服務」兩個名詞予以區別 [38]。

我國電信法規所定義之第一類電信服務，也就是以出租網路線路的方式提供用戶存取電信服務的行為即屬於前者；而我國電信法規所定義之第二類電信服務，也就是以提供用戶進階服務，而增加網路服務價值之行為則是屬於後者。例如，目前的固網業者即是第一類電信業務的典型代表，他們主要是提供業者資訊傳輸的實體線路，而且對於線路中所傳送的內容則不做進一步之區別。相較之下，網際網路服務業者與數據通訊業者則是屬於第二類電信業務的範圍，他們可以自行向固網業者租用專線網路來使用，也可以本身即是固網的經營者來兼任。這些業者不但出租線路給予用戶，同時也區分了線路上所傳送之資訊類別，並依照類別給予不同等級的品質，藉以創造電信服務的附加價值。然而這種區分方法卻很容易造成判別上的困難，因為雖然資訊服務業者主要是以提供加值服務來創造電信服務的價值，卻也同時能夠提供基本的通訊服務，反過來說，普通載波通訊業者不但可以直接經營網路線路的租用業務，同時也可以成立新部門或子公司來經營其他加值之服務。因此如欲清楚地界定兩者之業務，其實是相當不容易的。

1996 年美國通過新電信法時，這個電信服務的分類歸屬問題便浮現了出來，該法案將既有以及所新增之電信相關服務項目重新審視，並定義適合之電信服務分類方式。其中將資訊服務業者定義為：利用電信網路提供資訊之產生、儲存、轉換、存取以及使用等功能之服務型態。此外，其不但持續地為各種電信服務項目尋找適當之分類規則，FCC 也同時開始思考管理各種類型電信服務的新方法，以便於因應新增加之服務所可能引發之經營糾紛。

以我國目前的發展情況來看，目前的有線電視業者也開始積極地跨入網際網路與電信服務之相關事業。在網際網路接取管理另一個可能的問題是，有線電視業者是否也需

要和傳統電信業者一樣，必須開放其寬頻網路給予一般之網際網路業者。以目前國內外的情況來看，有線電視業者與電信服務業者的管理，係隸屬於兩套管理機制，其中不但管理之法規不同，且也各自有不同之主管機關。隨著現在有線電視業者也跨足網際網路服務之際，其管理上之差別待遇也應該適當地予以排除。而且目前國內有線電視業者也開始進軍固網業務，在跨足營業後有線電視網路與傳統電信網路之功能則必然會互相重疊。

另外，電信主管機關在審核業者營業執照時，對於業者所能夠提供之電信服務品質保證也應該有所規範。例如網路公共設施的電力供應問題，或是通訊線路本身品質的問題。以網路公共設施的電力供應問題來看，在有線電視業者跨足電信事業之後，其有線電視網路的供電系統也應該比照傳統電信網路，要有完善的規劃，並考慮到斷電所造成之服務中斷的可能性。以通訊線路品質來說，目前現有的有線電視網路佈線方式，仍然是屬於傳統舊有之佈建方式，而且並沒有其專用之管道可用，大多只簡陋地攀附在電線桿，或是利用地下水道之方式來構建纜線，因此恐怕也難以達到電信事業的工程規範標準 [39]。除此之外，業者所能提供的傳輸保證、安裝期限保證、服務滿意保證、技術過時保證、以及轉回保證等，也都是審核時可以考慮的項目。在傳輸保證方面，主要可以包括系統穩定性與線路傳輸品質，例如可靠度、傳輸速率、傳輸延遲以及聲音品質等保證，這些項目對於一般用戶而言通常是沒有辦法很容易地去測量與掌握的。

在安裝期限保證方面，主要是要求業者必須在用戶提出申請後多少個工作天內，將客戶所需之產品安裝完畢並且要達到所要求之服務品質。在服務滿意保證方面，在國外有些業者可能提出如果使用者不滿意其服務可以保證退錢，能夠提出這種保證的業者通常對自己所提供之產品與服務非常有信心，也因此能夠提供客戶更多地保障。在技術過時保證方面，業者應該提供客戶本身有選擇新技術之保證，若客戶意欲使用新服務、新產品、或移轉至新的技術，則不應該受到契約的限制。在轉回保證方面，假使客戶對於新業者所提供之新服務不滿意時，則業者必須將該客戶還原回本來提供服務之業者，或提供用戶其原本所使用之產品或技術。

此外，網路電話的出現也為電信服務的管制與分類帶來了極大的挑戰。由於網路電話所採用的傳輸技術與傳統的電話完全不同，而且本質上也只是網際網路所衍生的新服務。一般來說，雖然可以將網路電話視為新增的增值服務，不過由於其通信的能力與傳統的電信服務相同且通話費遠比傳統的電信服務要來得便宜許多，也因此出現了許多爭議，以及營運特許權是否需要受到管制的問題。事實上，整個爭議最主要的關鍵在於：

傳統電信服務的方式係藉由一層層的電路交換來連線，其間每多經過一層電路，業者便需多收取一份電路連線之費用。相較之下網路電話則是只是單純地利用網際網路通訊，因此用戶只需支付本身所屬之 ISP 網路接取之費用，之後則無需再根據其資料傳輸之距離另外收取額外之連線費用，也因此長途電話的費率上會與傳統電信服務之費率造成極大之落差，進而威脅到傳統電話公司在長途電話服務上的經營。在美國，目前已經有傳統的電信服務業者表示要向網路電話業者收取網路接續之費用，並且積極地向 FCC 請願使其收費能夠合法化。然而網路電話服務的影響層面相當地廣泛，因而也使得相關之電信監理單位必須重新檢視其現有管制法規中所存在之矛盾與不合時宜的地方。以美國 FCC 為例，在其新版之電信法裏，其所管轄之業務已拓展至各式網路所提供之電信服務。由於網際網路的通訊特性係可跨越各式不同之網路，也因此對於管理上則益發顯得特別困難。有鑑於此，該法規目前已針對有線電視纜線系統提供網際網路服務的管理方式，進行全面性地評估。事實上，國內的發展情況也與美國非常地類似，目前既有的有線電視業者已開始利用其遍佈於各家庭之有線電視纜線來提供用戶接取網際網路之服務。由於國內固網業務的開放，因此相關業者目前也已開始利用其有線電視纜線作為固網之通訊線路。

由於電信服務本身具有獨佔的特性，因此一直以來都是受到政府單位的監督管理。近年來全球電信市場的開放與自由化，新技術的發展與新增服務項目的引進，使得電信服務產業的生態與以往大不相同，電信主管機關應該設法提出適合技術演進的合理規範條文，儘速解決老舊法令在新環境中的矛盾與混淆，一方面應該吸引新業者的加入，讓市場有所競爭，並藉以加速技術的進步與服務品質的提升，滿足社會大眾對於通訊服務品質之需求。另一方面則必須避免市場被少數業者所壟斷。此外，主管機關也應該更積極地對未來可能開發之新式電信服務做好應變準備，如此才能避免引起不適當之管制問題 [40]。

針對目前局勢的變化，有關有線電視跨足電信事業之發展趨勢，交通部電信總局站在監督與管理單位的角色上，未來應積極因應之事項建議如下：(1) 相對應於業者的積極開發業務，交通部電信總局也應適當地規範業者在市場競爭上的價格戰略與業者營業執照與區域規劃，以避免惡性競爭的發生。(2) 由於電腦、通訊、及消費性電子的 3C 整合，各個產業之間的界線也顯得越來越模糊，原本不相關之服務與產品也逐漸地被整合在一起，這些發展也將使得舊有的管理法規變得不合時宜且不適用，有關單位應該加速整合出一個跨領域之主管機關，並儘速重新立法或整合現有之法規，以規範整合後之市場。

### 3.7 參考文獻

- [1] Cable Television Laboratories, Inc., <http://www.cablemodem.com/>
- [2] Cable Modem University (CMU), <http://www.catv.org/index.html>
- [3] W. S. Ciciora, "Cable Television in the United States –An Overview," Document of CableLabs, 05/25/1995, p.7, [http://www.cablelabs.com/about\\_cl/pubs/CATV.pdf](http://www.cablelabs.com/about_cl/pubs/CATV.pdf)
- [4] R. R. Green, "The Emergence Of Integrated Broadband Cable Networks," IEEE Commun. Mag., pp. 77~78, 02/2001.
- [5] A. Dutta-Roy, "An Overview of Cable Modem Technology and Market Perspectives," IEEE Commun. Mag., pp. 81~88, 01/2001.
- [6] G. Donaldson and D. Jones, "Cable Television Broadband Network Architectures," IEEE Commun. Mag., pp. 122~126, 01/2001.
- [7] Data Over Cable Interface Specifications – Cable Modem Termination System – Network Side Interface Specification, SP-CMTS-NSII01-960702 (Interim Specification), Document of MCNS Holdings, L.P. [http://www.cablemodem.com/Specs/SP\\_CMTS\\_NSII01-960702.pdf](http://www.cablemodem.com/Specs/SP_CMTS_NSII01-960702.pdf)
- [8] IEEE 802.14 Working Group (Archive information is currently being moved, not available, <http://grouper.ieee.org/groups/802/dots.html>)
- [9] N. Golmie, Y. Saintillan and D. H. Su, "A Review of Contention Resolution Algorithms for IEEE 802.14 Networks," <http://www.comsoc.org/livepubs/surveys/public/1q99issue/golmie.html>
- [10] DAVIC (Digital Audio Visual Interoperability Consortium), <http://www.davic.org/>
- [11] ATM Forum, <http://www.atmforum.com/>
- [12] CableLabs, <http://www.cablelabs.com/>
- [13] "DOCSIS Basics," Document of Agilent Technologies, [http://www.agilent.com/cm/wireless/docsis/DOCSIS\\_Basics\\_7-31-011.pdf](http://www.agilent.com/cm/wireless/docsis/DOCSIS_Basics_7-31-011.pdf)
- [14] "Data-Over-Cable Service Interface Specifications – Baseline Privacy Plus Interface Specification, SP-BPI+-I07-010829 (Interim Specification)," Document of CableLabs. [http://www.cablemodem.com/Specs/BPI+\\_I07-010829.pdf](http://www.cablemodem.com/Specs/BPI+_I07-010829.pdf)
- [15] ITU (International Telecommunication Union), <http://www.itu.int/>
- [16] ITU-T J.112, "Digital video broadcasting: DVB interaction channel for cable TV distribution systems", 03/2001. <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=items&lang=e&parent=T-REC-J.112-199803-I>
- [17] ITU-T J.112 Annex B, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=items&lang=e&parent=T-REC-J.112-200103-P!AnnB>
- [18] J.112 Annex A, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=items&lang=e&parent=T-REC-J.112-200103-P!AnnA>
- [19] OpenCable, <http://www.opencable.com/>
- [20] M. Adams and D. Dulchinos, "OpenCable," IEEE Commun. Mag., pp. 98-105, 01/2001.
- [21] PacketCable, <http://www.packetcable.com/>
- [22] E. Miller, F. Andreasen and G. Russell, "The PacketCable Architecture," IEEE Commun. Mag., pp. 90~96, 01/2001.

- [23] IETF (Internet Engineering Task Force), <http://www.ietf.org/>
- [24] IPCDN Working Group, <http://www.ietf.org/html.charters/ipcdn-charter.html>
- [25] BroadCom Corp., <http://www.broadcom.com/>
- [26] Terayon, <http://www.terayon.com/>
- [27] N. Achilleoudis, "DOCSIS 1.0 Key Achievements," Document of CableLabs, [http://www.cablemodem.com/Euro10\\_Overview.pdf](http://www.cablemodem.com/Euro10_Overview.pdf)
- [28] D. Dulchinos, "OpenCable Overview," [http://www.opencable.com/OpenCable\\_Overview.ppt](http://www.opencable.com/OpenCable_Overview.ppt)
- [29] "PacketCable 1.0 Architecture Framework Technical Report," PKT-TR-ARCH-V01-991201, Document of CableLabs. <http://www.packetcable.com/specs/pkt-tr-arch-v01-991201.pdf>
- [30] "PacketCable 1.2 Architecture Framework Technical Report," PKT-TR-ARCH1.2-V01-001229, Document of CableLabs. <http://www.packetcable.com/specs/PKT-TR-ARCH1.2-V01-001229.pdf>
- [31] ANSI T1.413, "Network to Customer Installation Interfaces - Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Metallic Interface" <http://webstore.ansi.org/ansidocstore/product.asp?sku=ANSI+T1%2E413%2D1998>
- [32] SEGA, <http://www.sega.com/>
- [33] 東森, <http://www.ethome.com.tw>
- [34] 和信, <http://www.hgc.com.tw/>
- [35] "Data-Over-Cable Service Interface Specifications – Operations Support System Interface Specification, SP-OSSIV1.1-I04-010829 (Interim Specification)," Document of CableLabs. <http://www.cablemodem.com/Specs/SP-OSSIV1.1-I04-010829.pdf>
- [36] Ovum, "Cable the emerging force in telecoms and interactive markets."
- [37] Telewest, <http://www.telewest.co.uk/>
- [38] 巴克, "電信服務分類的迷思," 通訊雜誌第 70 期 <http://www.grandsoft.com/cm/070/aru701.htm>
- [39] 蔡時郎, "有線電視挑起電信服務戰火," 通訊雜誌第 38 期 <http://www.grandsoft.com.tw/cm/038/ama381.htm>
- [40] "ITU 發表之第六屆電信管理條例報告", <http://www.itu.ch/itudoc/osg/colloq.html>

## 第四章

# 光纖接取網路

### 4.1 簡介

光纖傳輸技術憑藉其極大的頻寬與良好的訊號品質，早已被廣泛地用於核心網路 (core network) 中，主要是因為光纖通訊主要有以下幾點特性：

- 極大的通訊頻寬。
- 訊號錯誤率與資料遺失率低。
- 不受其他電磁波干擾影響。
- 傳輸距離長，多模態光纖 (Multimode Fiber: MMF) 大約每隔 5 公里才需加裝訊號放大器，而單模態光纖 (Single Mode Fiber: SMF) 更可長達 25 公里左右。
- 光纜製作成本低廉，使用壽命長，體積也較小；此外其重量也較輕，容易集結成束，因此鋪設成本較低，佔用管道空間也較少。
- 可避免使用電纜時可能具有電氣方面的危險性。

在早期就已經有人提出將光纖網路擴展至用戶端的構想，但是受限於當時在相關技術不盡成熟，以及在市場上尚無需求，致使用戶端光纖接取網路的構想沈寂了一段時間。如今，網際網路與電子商務日益興盛，有越來越多的使用者對於頻寬的需求已經不是傳統電話網路所能提供，再加上服務品質 (QoS) 的觀念逐漸受到重視，因此用戶端光纖接

取網路再度被提出。就網路特性而言，光纖接取網路無疑是最符合未來走向寬頻化的接取網路。

從現今的網路使用狀況來看，IP化的數據及其應用服務已成為不可避免的趨勢；從服務提供的角度來看，除了傳統語音服務，將會有越來越多的人依賴網際網路所帶來的便利性，甚至希望能有多媒體的服務，像是即時的廣播或視訊等。如此對於寬頻的需求同時推動了光纖接取網路技術的發展與建設。

光纖用戶迴路 (Fiber In The Loop: FITL) 是使得接取網路光纖化的架構，以滿足未來多樣化的寬頻服務需求。如光纖到近鄰 (Fiber To The Curb: FTTC)、光纖到大樓 (Fiber To The Building: FTTB) 等，甚至未來的光纖到府 (Fiber To The Home: FTTH)，使得未來全方位服務的網路 FSAN 得以實現。

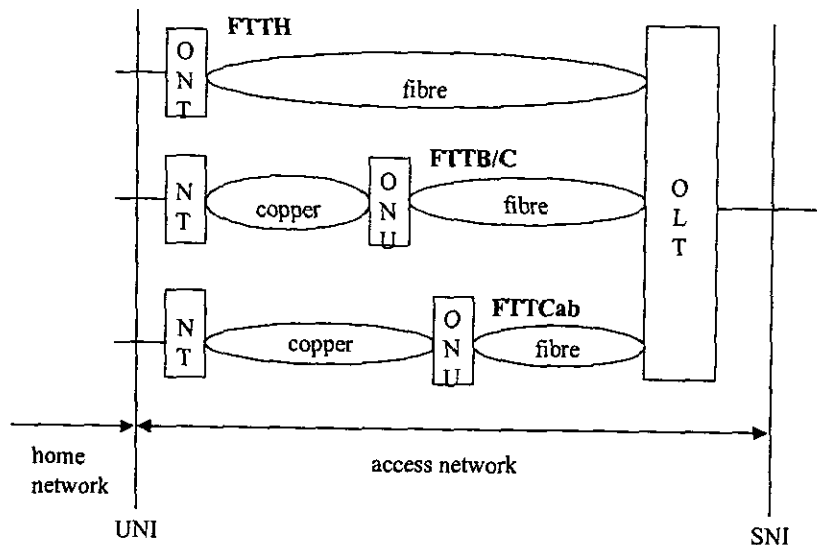
全方位接取網路 (Full Service Access Network: FSAN) 的概念是由一個非國際標準組織 FSAN [1] 提出，其目標為產生一個國際性與共通性之光纖寬頻接取系統的需求規格，以期建立各廠商間的共識與共通性之規格，使相互間之產品可資依循並進而做到互通，在寬頻服務建設過程中跨越經濟與技術層面的障礙。

## 4.2 FITL 接取技術及網路架構

在有線的用戶端接取方式主要的媒介有銅絞對線 (twisted pairs)、同軸電纜 (coaxial cable) 以及光纖，傳統的銅絞對線網路已不足以應付現代高品質、高頻寬、多樣化服務的用戶接取網路需求；由於光纖具有許多優良的特性，足以滿足上述的須求，因此光纖通訊系統逐漸由長途高速傳輸逐步導入應用至用戶迴路上，除了能提供整合數據、影像、聲音的全方位多媒體服務之外，同時配合資訊化社會個人行動趨勢，亦能符合未來個人行動通訊需求。

然而，若將所有以銅線為主的用戶迴路以光纖迴路取代，則在人力、財力、物力等經濟因素上有其實行之困難性，因此一些先進國家如美國、日本等也都分別提出用戶迴路光纖化的方式與時程，可知用戶迴路光纖化並非一蹴可幾的；現今各國則以不同的用戶地理區域特性，考慮如何將光纖儘量延伸至用戶端來佈放最佳的接取架構，亦即 Fiber To The x (FTTx)，以提供用戶不同的服務需求。在 ITU-T G.983.1 [2] 的規範中，依照距離用戶端的遠近指出了幾種 FTTx 的類型，如圖4.1所示。





T1528110-98

ONU Optical Network Unit  
 ONT Optical Network Termination  
 OLT Optical Line Termination  
 NT Network Termination

圖 4.1 FTTx 之類型

達成全光化的網路，已成為新一代接取網路的目標。本節將針對光纖迴路接取技術與架構做分析與討論。

## 4.2.1 光纖到近端 FTTx

### 4.2.1.1 光纖到大樓 FTTB

光纖到大樓 FTTB 主要應用在頻寬需求量大且使用密度較高的商業大樓或大樓社區。由於許多公司早已預測到未來在電子商務與網路的相關市場上，唯有利用光纖接取技術才是解決頻寬問題最有效的方案。因此，此型態之光纖接取網路是發展應用最早也最普遍的一種。

一般而言，由局端 (Central Office: CO) 將光纖纜線接至某一棟大樓內的機房後，便會透過一組或多組光纖網路元件 (Optical Network Unit: ONU) 所構成的接取節點與大樓內的用戶進行網路連接。而大樓中的使用者便可依其現有的終端用戶線路，例如傳統電話線與 xDSL 技術，或是大樓社區有線電視的同軸電纜線與混合光纖同軸電纜 (HFC) 的技術，甚至同樣採用光纖等等方式，根據大樓內的線路架構裝設接取對應的配接卡之後，便可以進行光纖網路的接取。

以目前發展而言，FTTB 仍是具有最大的規模及成長率，尤其是在大都會區之中。此外，FTTB 同時也帶動了大樓內光纖 (Fiber In The Building: FITB)，以及光纖到桌 (Fiber To The Desk: FTTD) 的發展。

#### 4.2.1.2 光纖到近鄰 FTTC

光纖到近鄰 FTTC 是將光纜由局端鋪設至使用者附近並設置接取節點，再由各個使用者利用現有或其他的網路線路連接至其終端設備。從適用的範圍而言，FTTC 可涵蓋的範圍是所有的 FTTx 中最廣泛的，用戶也可以利用各種已有的線路進行光纖網路的接取動作，而不需要另外再鋪設新的光纖網路。由於接取點與使用者的距離並不遠，因此一些提高傳輸速率的技術，例如 xDSL、HFC，甚至利用短距離無線傳輸的方式，例如無線區域網路 (Wireless LAN: WLAN) 或是無線區域迴路 (Wireless Local Loop, WLL) 等技術，都可以有效地在 FTTC 的架構中加以應用。

由以上 FTTC 的特性可以發現，FTTC 在實際應用上彈性相當的大，同時可行性也相當高。由於用戶端並不需要立即更換其硬體線路，省去施工的麻煩與昂貴的花費，因此 FTTC 具有相當大的市場發展潛力。但是 FTTC 的光纖網路接取點一般可能就設置在路旁的電信箱之中，因此在設備的維護與可靠的電源提供等方面，可能都會是相當大的問題。

#### 4.2.1.3 光纖到府 FTTH

一般而言，光纖到府 FTTH 的初期投資需要大量昂貴的光電設備，致使成本相當高，並不符經濟原則，因此多半會先採取光纖到近鄰或大樓的策略，但就長遠的發展方向而言，這很可能是提供真正寬頻接取網路的最好方法。

FTTH 一般傾向採用被動光纖網路 (Passive Optical Network: PON) 架構 (在4.2.2有進一步關於 PON 的介紹)，在光纖線路終端 (Optical Line Terminal: OLT) 與分光器 (optical splitter) 之間使用，而在到 ONUs 的連線間則使用特定的光纖。在某些特殊情況下，ONU 與網路終端設備 (NT) 可以整合在一起，稱為光纖網路終端設備 (Optical Network Termination: ONT)。FTTH 所使用的 ONU 可分為專屬型 (dedicated) 及共用型 (shared)。專屬型提供住宅用戶或是專業的客戶使用；共用型將提供給大型的專業客戶或集合式的住宅區域使用。為了獲得較好的傳輸品質，通常使用 1310nm 與 1550nm 波長的光纖來傳送資料，且利用不同的技術可在同一光纖上達到雙向傳輸能力。

在網路安全方面，FTTH 必須要能確保用戶端連線通信時之隱私與連線安全，而同時也須將成本與便利性加以考量，因此在何層次採用加密/認證，便是需要加以研究的課題。目前基本上仍是採用點對點 (point-to-point) 架構，而如果採用點對多點 (point-to-multipoint) 或是廣播 (broadcasting) 的架構，則需在更高層通訊協定中加入加/解密方式處理。

若要達成 FTTH 的目標，則 FITL 系統將會是首要的議題。FITL 主要指由局端至用戶端的纜線系統，其線纜佈放方式依拓撲分佈可大致分為環形 (ring)、星形 (star) 及匯流排形 (bus) 網路架構，這些架構各有其優缺點，其中以星形架構使用最普遍，唯考慮到通信可靠度與保密性，環形網路架構是較佳的一種，目前商業區多半以此方式佈放光纖。

#### 4.2.2 Bellcore GR-909 定義之 FITL 架構

根據美國 Bellcore GR-909 [11] 建議書中所規劃，一般光纖用戶迴路系統有下列三種建議型態：

- 整合型 (integrated) 光纖用戶迴路系統傳送架構

光纖用戶迴路系統經由數位交接及傳輸設施 (Digital Cross-Connect and Transmission Facility: DCTF) 與數位交換機相連結，DCTF 內可包含有同步光纖網路 (SONET)、寬頻數位交接系統 (Wideband Digital Cross-connect System: WDCCS) 及光纖分配架框 (Fiber Distribution Frame: FDF) 等，FDF 置於局端，提供交換機與用戶光纖之人工交接功能及測試。有時在 DCTF 內也可能包含由數個塞取多工機 (Add-Drop Multiplexer: ADM) 所組成的環形鏈路，主數位終端 (Host Digital Terminal: HDT) 將各 ONU 送來的訊息轉為 SONET VT1.5 碼框，再經由 ADM 傳送到各目的地；而 ADM 本身則是對數個 VT1.5 碼框做多工處理以形成高速的 SONET 訊號。

- 泛用型 (universal) 光纖用戶迴路系統傳送架構

DCTF、HDT、PDN (Packet Data Network) 及 ONU 的功能與整合型者相同，局端則置於交換機與 FITL 系統間，執行類比數位轉換及提供個別音頻界面、經由主分配架框 (Main Distribution Frame: MDF) 與交換機連結以提供用戶服務。此型架構較適合應用於現行數位與類比交換機共存的臺灣，因局端可轉換 FITL 系統的規約，以符合遠地作業系統的標準開放界面，惟其運作成本較整

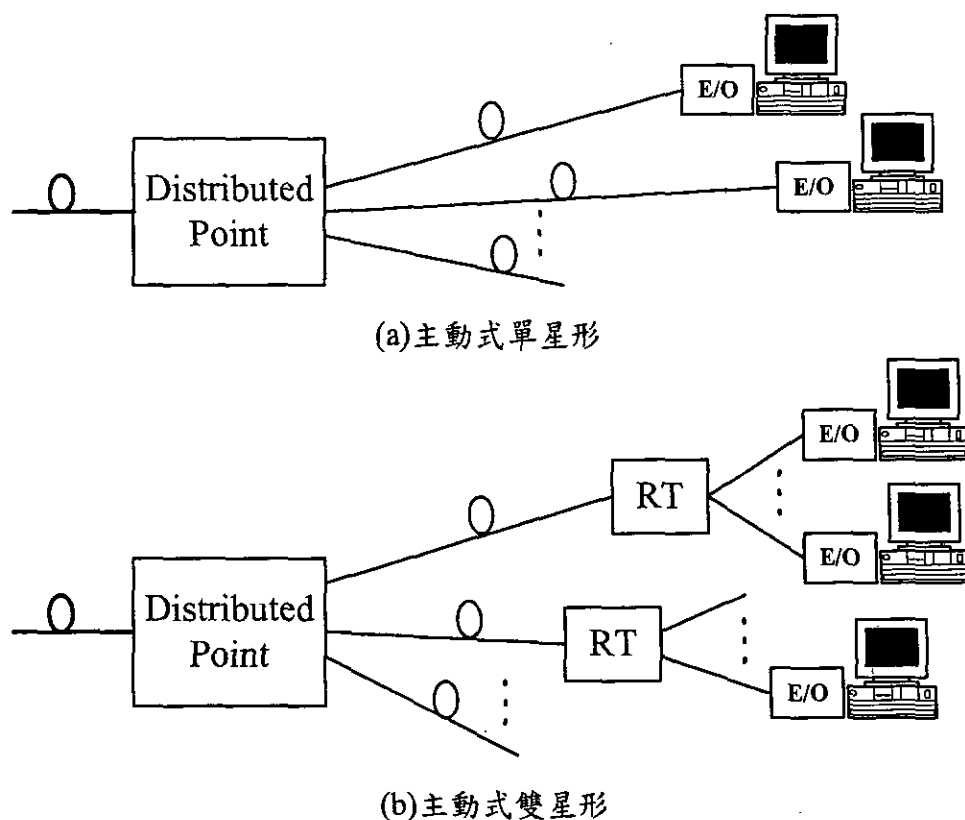


圖 4.2 主動式光纖接取網路之架構圖

合型架構高。

- 交換機關連專屬型 (switch proprietary) 光纖用戶迴路系統傳送架構  
交換機與 FITL 系統之間沒有開放界面，HDT、ONU 及 FITL 系統與交換機可為同一供應者提供。

### 4.2.3 主動式 ADS 與被動式 PON 光纖接取網路架構

若依不同的用戶特性 (如人口密集度、市區或郊區分佈...等) 則會有不同的佈放對策，而其應用方式則因各國政府政策、地理區域、各項技術之差異有所不同。最先被提出的是主動式光纖用戶迴路架構，此種架構可分為主動式單星形 (Active Single Star: ASS) 與主動式雙星形 (Active Double Star: ADS) 兩種；之後所提出的被動光纖網路的概念，其應用則又有分波多工式 (Wavelength Division Multiplexing: WDM) 及分光式被動光纖網路 (Splittered-based PON) 等兩種。

- 主動式架構

主動式架構如圖4.2所示。其中主動式單星形 ASS 為最簡單直接的星形用戶迴路，保密性高，也因此最早被人提出與應用，由局端至每一用戶均有一固定路由，因此每個用戶均有一條光纖容量的頻寬提供服務，而在機房 (cabinet) 及分配點 (distribution point)

表 4.1 主動式單星形與雙星形架構之比較

架 構	優 點	缺 點
主動式單星形ASS	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 用戶可使用光纖全部頻寬</li> <li>➢ 光電轉換設備可使用較便宜之元件</li> <li>➢ 由局端集中維護管理共同設備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 只提供POTS服務造成頻寬浪費</li> <li>➢ 由用戶負擔昂貴光電轉換(E/O)成本</li> <li>➢ 當用戶增加局端將匯集大量光纖，佔據機房空間與管理不易</li> </ul>
主動式雙星形ADS	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 僅局端至遠地端間佈放光纖，用戶成本較低廉</li> <li>➢ 遠地端取代部份局端功能，減輕局端負擔</li> <li>➢ 新增用戶只須由遠地端連接即可</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 遠地端置於遠地，須考慮供電、環境限制、保護等問題</li> <li>➢ 遠地端佔用頗大空間，且維護成本較高</li> </ul>

處為接續點，可作為新用戶建立連線時的接取點，但用戶處所必須配備光電轉換設備。由交換機端來的電信訊號及 CATV 頭端來的視訊訊號在局端合併，透過單一光纖傳送並提供用戶所需服務。

主動式雙星形 ADS 為主動式單星形架構的改良進化，局端的訊號整合後，經由主光纖(primary fiber) 可送至一到多個遠地端 (Remote Terminal: RT)，再由遠地端作解多工 (DEMUX)、交換 (switch) 處理後，最後將訊號傳送給用戶；而各用戶送回局端的上行訊號 (upstream)，則在遠地端做多工 (MUX) 後再傳送回局端。由於遠地端與局端具有高階數位多工及解多工功能，可將單星形架構中匯集至局端的光纖數量大幅減少，分攤局端部份負擔；且初期佈放階段基於成本上考量，仍可使用現有銅線由遠地端接出提供用戶服務，待需要更新線路時再以光纖取代之。

主動式單星形與雙星形架構的優缺點比較如表4.1所示。

#### ● 被動式架構

相對於主動式光纖用戶迴路中遠地端必須有機房維護與供電等諸多問題，一種以 WDM 技術，使得網路外部沒有主動性電子電路的概念被提出，由單一光纖路由使用數種不同光波長作為訊號的傳送，提供每一用戶上、下行的專用光頻道 (optical channel) 訊號，由遠地端經饋光纖 (feeder fiber) 至 ONU 端，再送給各用戶；由於各用戶彼此間採用不同波長段，上下行由不同的光通道傳輸，所以不會互相干擾，且可在不提昇系統傳輸速率或增加光纖纜線的情況下提高系統的容量。

分光式 PON 架構主要採星形分佈，各用戶訊號在主數位終端 (HDT) 被多工處理後

表 4.2 被動分波多工式與被動分光式光纖用戶迴路之比較

架 構	優 點	缺 點
被動式分波多工式	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 迴路中採用被動式元件，無供電問題</li> <li>✓ 用戶均有專用頻道，不會互相干擾；設備損壞時亦不影響其它用戶</li> <li>✓ 保密性佳</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 用戶須負擔兩組光電轉換設備，費用頗高</li> <li>✓ 雷射光源易受溫度影響產生偏移，須良好溫、濕度控制</li> </ul>
被動式分光式	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 用戶負擔費用與網路維運成本相對低廉</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 訊號保密性差，不適用於商業用戶</li> </ul>

送出，經分光器將光訊號分成多路並以廣播的方式傳送至 ONU，由 ONU 取出訊號流之後再分送給各個用戶；而各用戶上行訊號的傳送，則是採用分時多重接取 (Time Division Multiple Access: TDMA) 方式，將用戶資訊置入預先分配好的時槽 (time slot) 中，並由 HDT 端量測各用戶所需的延遲時間並做調整，使各用戶的上行訊號在分光器處匯集時，不致產生重疊而造成錯誤，以達到同步的目的。

被動分波多工式與被動分光式光纖用戶迴路架構之優缺點比較如表4.2所示。PON 的架構在 [2] 的示意圖如4.3所示。以下介紹目前發展中兩種主要的 PON。

## 4.3 光纖接取網路技術發展架構演進及趨勢

### 4.3.1 ITU-T G.983 ATM-PON

從電信服務的角度來看，在寬頻光纖接取相關技術中，普遍認為以非同步傳輸模式 (Asynchronous Transfer Mode: ATM) 配合被動光纖網路，也就是 ATM-PON (或簡稱為 APON) 是相當具有發展性的光纖接取網路型態，它不但可提供傳統電信服務，還可提供許多先進多媒體服務或是寬頻數據服務的平台。由 20 個在寬頻接取系統方面達成共識的電信公司和設備供應商組成，例如 FSAN 組織從 1995 年開始制訂以 ATM-PON 為主軸的技術規範，1998 年 8 月，ITU 採納了 FSAN 提出的基於 PON 的寬頻光纖接取網路規範 [2]；並且，ITU 也成立了一個 study group 研究 ATM-PON 在網路設備端等相關界面與管理規範的制訂 [3]。

PON 最重要的特點就是其點對多點式的網路結構。光分配網路 (Optical Distribution Network: ODN) 中由於僅僅是由被動光元件組成，因此比主動式的光纖網路簡單許多，並且更加容易於維護。ATM-PON 主要優勢在於利用此簡單之網路架構，加上 ATM 高速

表 4.3 Alcatel: APON Field Trial on Bermuda

Services	POTS, IVOD.
Subscribers	87 residential, 13 business, 1 paystation distributed over 59 building.
Broadband Switch	A1000 ATM switch with internal Multi-Path Self-Routing architecture (MPSR).
Access Network	4 APON system (1:16); total 64 ATM subscriber unit.
Wavelength Multiplexing	Upstream: 1310 nm Downstream: 1550 nm

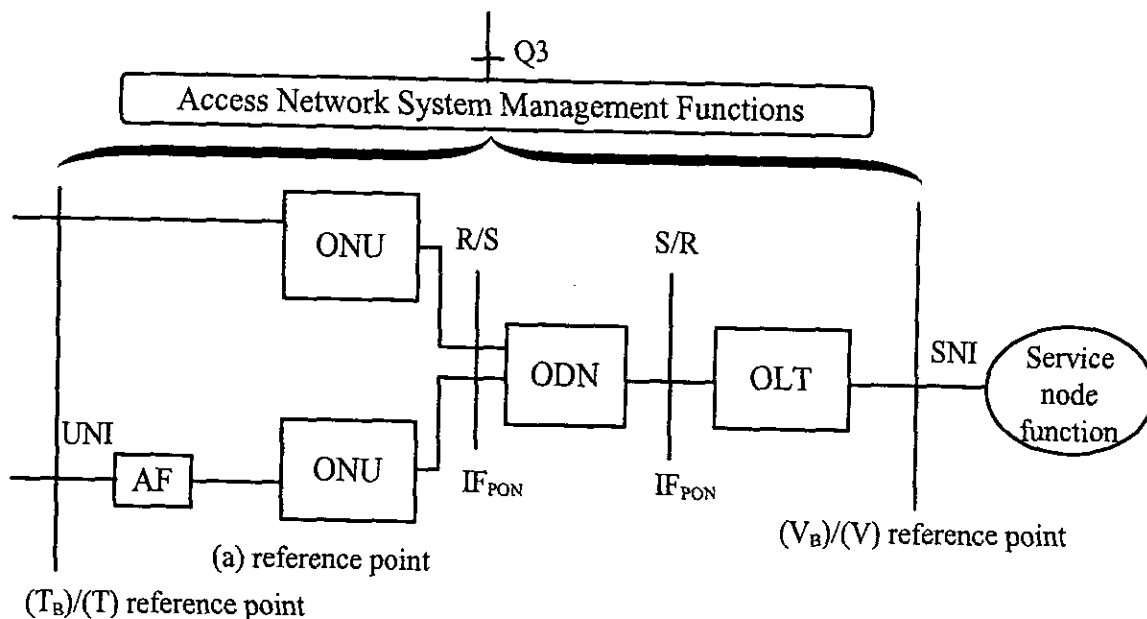


圖 4.3 被動式光纖接取網路之架構圖

傳輸以及可做到 QoS 的特質，因此可以比單純在 PON 上使用分時多工 (TDM) 的方式來得更有效率。

目前 ATM-PON 的發展仍停留在試用型網路的階段，較有名的例子為 Alcatel 所提出的 APON Field Trial on Bermuda，其主要的環境如表 4.3 [4] 所示。此外，除了 NTT 在日本和 Bellsouth 在亞特蘭大的一些典型的試驗系統外，並沒有得到很大的商用發展。其主要原因在於市場有限，以致於 ATM-PON 的成本居高不下。但是隨著用戶需求的增加、產品規模的提高，新技術的採用將會給每線的設備和安裝成本帶來顯著的下降。

除了經濟層面的問題，ATM-PON 還面臨著其它問題。[3] 所定義的 ATM-PON 系統主要面對寬頻服務，並沒有考慮對窄頻服務的支援。因此窄頻服務如何與寬頻服務綜合在基於 ATM 的傳送平台上是一個值得思考的問題。此外，與主動式光纖接取系統一樣，ATM-PON 系統目前也達不到 FTTH 的應用程度，同樣存在著需要與其它技術相結合解

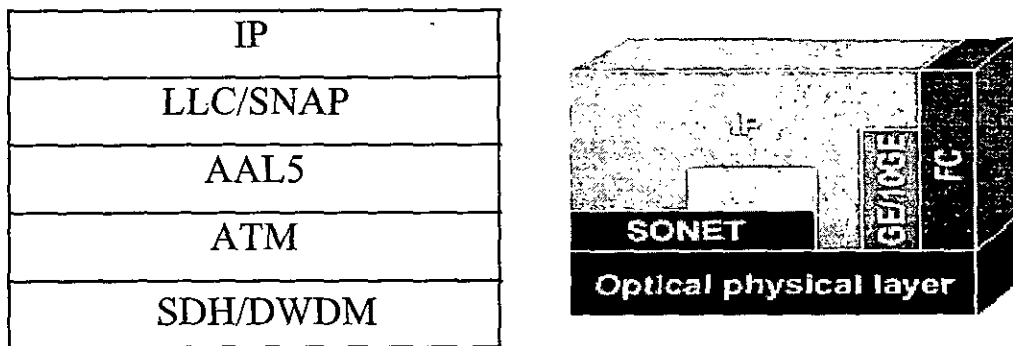


圖 4.4 IP over DWDM 協定堆疊

決接取網路寬頻化的問題。

### 4.3.2 IEEE 802.3EFM Ethernet-PON

Ethernet-PON 亦即在 PON 之中採用 Ethernet protocol 之作法，此法最主要的應用為 Gigabit Ethernet。相關內容請參閱第五章「光纖以太網路 Optical Ethernet」。

### 4.3.3 IP over DWDM

#### 4.3.3.1 IP over DWDM 層次結構及工作過程

「Everything over IP over WDM」已經成為業界相關研究部門和電信營運商研究開發的主要技術方向。因此，目前在通信網路的實體層部分便採用光纖來做為傳輸媒介。而在各種光纖網路的實現方案之中，以 WDM 技術，特別是密集分波多工 (DWDM) 技術最為引人注目，因為 DWDM 技術能夠充分利用光纖的頻寬。

IP over DWDM 有兩種實現方法，一種是點到點的連接，節點處的交換還是純電子的，另一種是基於專用技術的環狀結構，如 Cisco 提出的 DPT (Dynamic Packet Transport)[5] 環結構技術。IP 服務在網上傳輸格式也主要分成兩種，一種是 SDH (Synchronous Digital Hierarchy)/SONET (Synchronous Optical Network) 格式，另一種是超高速乙太網格式。另外，日本方面提出一種新的基於光領域的網路傳輸格式，也就是把 SDH 格式的某些功能區移植到光的領域內，形成所謂的光傳送單元 (Optical Transport Unit: OTU)，亦稱之為光信號格式 (Optical Signal Format: OSF)。

傳統的高速傳輸網路一般基於三種技術：(1) 能提供極大光纖頻寬的光傳輸技術，因此 DWDM 是必然的選擇；(2) 高速的點對點連接技術。在電領域裡，SDH 可以實現這樣的高速邏輯連接；(3) 高速的交換技術，目前 ATM 是電領域裡的最佳選擇。在現有



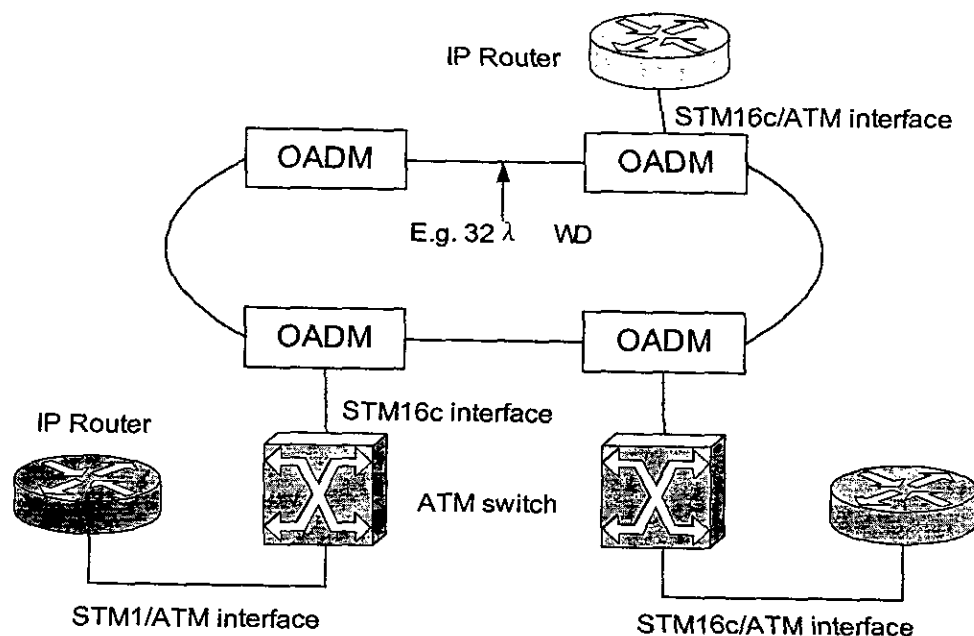


圖 4.5 IP over ATM over SDH over WDM network

的系統中，DWDM 設備還必須通過 ATM 和 SONET/SDH 界面才能與 IP 資訊流進行連接。光纖網路在承載 IP 的服務時，要在 IP 服務層和光網路層之間增加一個 ATM 層和一個 SONET/SDH 層。IP over DWDM 的協定堆疊 (protocol stack) 如圖4.4所示。

IP 層主要進行網路的路由工作，而 ATM 層有 QoS 的功能，SONET/SDH 層提供網路下層傳輸性能的檢測和保護，而最下面的光網路層則負責傳輸數據。一般 ATM 技術適用於綜合傳送各種服務，可應用於多種服務並且保證各種服務的品質，因而在網路的設計方面具有高度的靈活度。ATM 還可根據訊務流量、擁塞及網路情況，為不同等級的服務類型建立虛擬通道 (Virtual Channel: VC)。

在圖4.5中，IP 的封包被分成許多的 ATM cells，並藉由 IP 路由器的 SDH/ATM line-card 來給予不同的虛擬連線。接下來，ATM cells 會再被封裝入 SDH 的訊框中，如此就可被送到 ATM 的交換器或是直接到 WDM 的傳送器，因而封包便可被傳送到光網路的底層。

然而，對於 IP 服務來說，ATM 技術並不是最佳的，主要原因有：(1) 成本較高，(2) 交換虛擬通道 (Switch Virtual Channel: SVC) 的建立時間比網路的轉接時間長。與高速 IP 路由交換機相比，ATM 顯得過於複雜，因此在以 IP 為主流服務的主幹網中並沒有多大優勢。因此，若採用多重協定標籤交換 (Multi-Protocol Label Switching: MPLS) 技術可以將 ATM 和 IP 的優點有效地結合起來。

表 4.4 Overhead 所佔比例比較表

Encapsulation/framing	Overhead	Link capacity (Mbps)
IP/ATM/SDH	22%	1944
IP/ATM/Cellbased	19%	2011
IP/PPP/SDH	6%	2338
IP/SDL	3%	2411
IP/GbE	28%	902

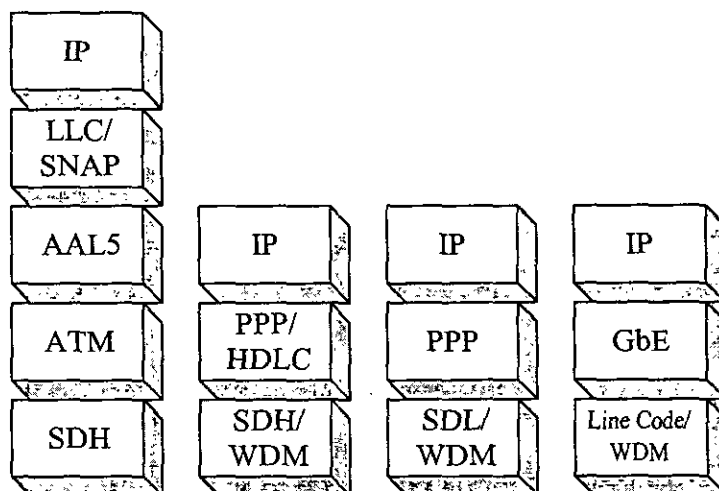


圖 4.6 IP over WDM 通訊協定堆疊之演進

對於 SDH/SONET 技術而言，它的最大優點是其強大的網路性能監測功能和自癒保護功能。而 IP 層本身就具有分散式的存活能力，DWDM 光層也具有相當強的網路自癒功能，國內外高速發展的 DWDM 光連網技術已經可以在光層完成網路的快速自癒保護。因此，如果將二者的自癒保護功能有效地結合起來，SDH/SONET 層也是可以省略的。於是，傳統的 IP/ATM/SDH/DWDM 網路分層結構將變成為 IP/ATM/DWDM，IP/SDH/DWDM 和 IP/DWDM。而且還可有效的節省網路的頻寬，對於標頭 (header) 所造成的 overhead 亦可有明顯的改善，如表4.4所示：

目前 IP 路由交換機所完成的還只是高層交換，在流量進出的升級方面還缺乏靈活性，主要的難點是大容量交換中佈線問題和大規模交換機的散熱問題。而 DWDM 在傳輸層的頻寬優勢是極其明顯的，因此，也有人提出將光分組交換和 DWDM 傳輸技術結合起來，將路由器的交換能力擴展到 DWDM 傳輸頻帶中去，進而形成高速 DWDM 光分組交換層。但是，未來的目標是將 ATM、SDH/SONET 和 IP 三種基本技術部分或完全地融合在一起。因此，IP over DWDM 的概念便可從根本上改變這種缺點，去掉了 ATM 層和 SONET/SDH 層，並直接將 IP 服務放在光網路上進行傳輸。而通訊協定堆疊演進的過程如圖4.6所示。

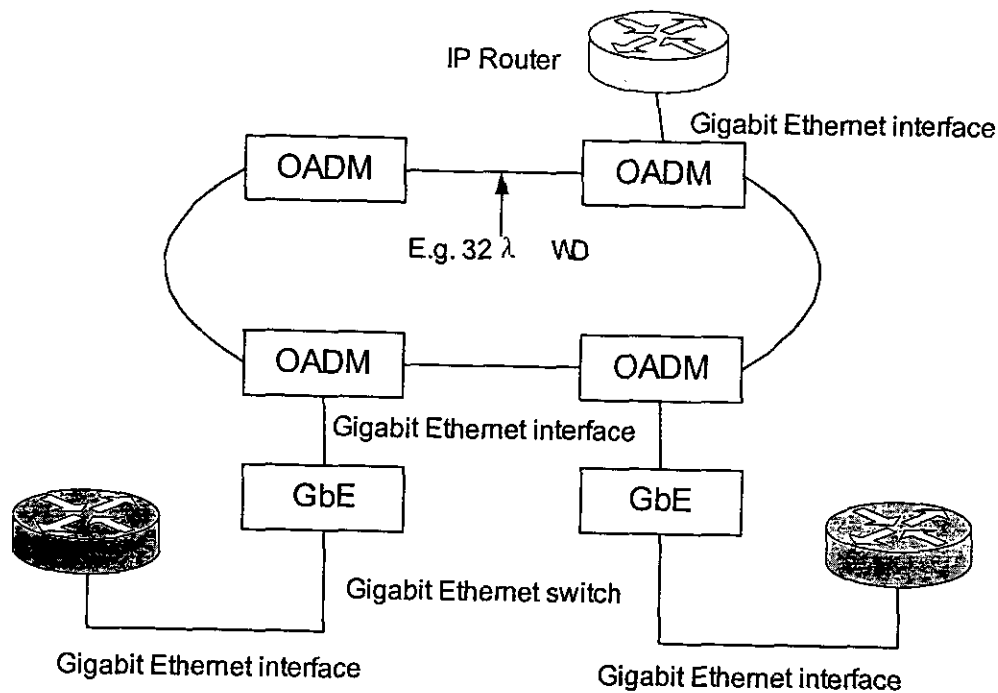


圖 4.7 IP over WDM ring with Gigabit Ethernet framing

由長遠的觀點看，將來的 IP 光網將採用新的結構，集中 SDH 和 Gigabit 乙太網路結構 (如圖 4.7) 的優點，將數據服務進行最佳化，提供較高的傳輸效率，又可進行網路的效能監測和維護管理，以確保網路正常運作以及的安全性，真正保證 "Everything over IP over DWDM"。

#### 4.3.3.2 國內外研究現狀

鑒於 DWDM 寬頻光纖網路的上述優勢，及其巨大的應用前景和市場潛力，世界上各發展國家紛紛投入了大量人力、物力和財力進行研究和開發。

1990 年代初由歐美一些國家首先提出全光化網路 (All Optical Network: AON) 的概念，先後經歷了研發期、發展期。美國 DARPA 組織 [6] 和所資助的 All-Optical Networking Consortium [7]、ONTC (Optical Networks Technology Consortium)、MONET (Multiwavelength Optical Networking) [8]、NTON (National Transparent Optical Network Consortium) [9] 等幾個大型研究項目，已建立起幾個試驗系統，如連接美國新澤西和華盛頓的 MONET。1997 年美國 MCI 公司也完成了 5 個節點的試驗系統。同期，在歐盟 RACE (Research on Advanced Communications in Europe) 和 ACTS (Advanced Communications Technologies and Services) [10] 計劃資助下，連合了歐洲十幾個國家先後

組織了十幾個研究項目，並已於 98 年建立起幾個試驗系統。此外，日本、加拿大等也開展了大量的研究工作。

1998 年開始，光纖網路技術開始迅速發展，隨著光訊號處理元件的技術成熟，並配合 IP 在光纖網路上應用技術的發展，相信能夠滿足未來多媒體服務的需求，進而建構真正的 IP over DWDM 高頻寬接取網路。

目前的 IP 協定在某種程度上無法提供下層網路可能提供的 QoS 功能，此問題可能通過對協定的改進來加以克服，例如透過 MPLS 的技術，直接利用 DWDM 中不同的波長做為交換標籤（亦即 MPλS，λ 表示波長），便降低部分成本，並可提高頻寬使用效率，以及具備通透性的傳輸格式等優點。

#### 4.3.4 架構演進

圖 4.8 顯示光纖接取網路架構之演進狀況，其中圖(a)為目前最常見的電信網路所鋪設的接取架構，用戶可透過數位用戶迴路技術直接由本地端 (Local Terminal: LT) 連接用戶之 NT 提供網路服務，或是由 CO 提供光纖連線至 RT，用戶再由 RT 進行接取。這兩種方式用戶端所使用的線路仍是以一般電話線或是同軸電纜線。圖(b)所顯示的是加入 PON 的技術時所採用的架構，原本由 CO 至 RT 的點對點連線將可升級至單點對多點，如此便可大幅提昇網路承載量與服務範圍，而用戶端仍可採用一般接取方式或依需要升級或更新線路，例如無線網路或纜線網路。圖(c)則是光纖接取網路最終目的，亦即整個接取網路與用戶迴路皆採用光纖傳輸，以提供真正寬頻服務。

### 4.4 標準制定與相關組織

#### 4.4.1 FSAN 原始動機與推動過程

1996 年 6 月，一群由電信設備製造商及電信網路與服務業者著手成立一跨國際性工作組織 FSAN Initiative (當時為 7 個 Public Network Operator (PNO) 和 12 個系統設備製造商發起高峰會，簡稱為 G7，之後增至 13 家 PNO 稱為 FSAN)，其目標為產生一國際性與共通性之全方位服務接取網路的需求規格，以提供全方位窄頻與寬頻服務。由於各國之法令規章、本土環境、商業化程度等各自不同，接取網路亦屬各國內部之範疇，因此 FSAN 希望建立共識與共通性之商業規格，使相互之產品可資依循並進而做到互通，達成以量制價目的以跨越經濟性障礙。而 FSAN Initiative 並非制定標準的常設機構，僅

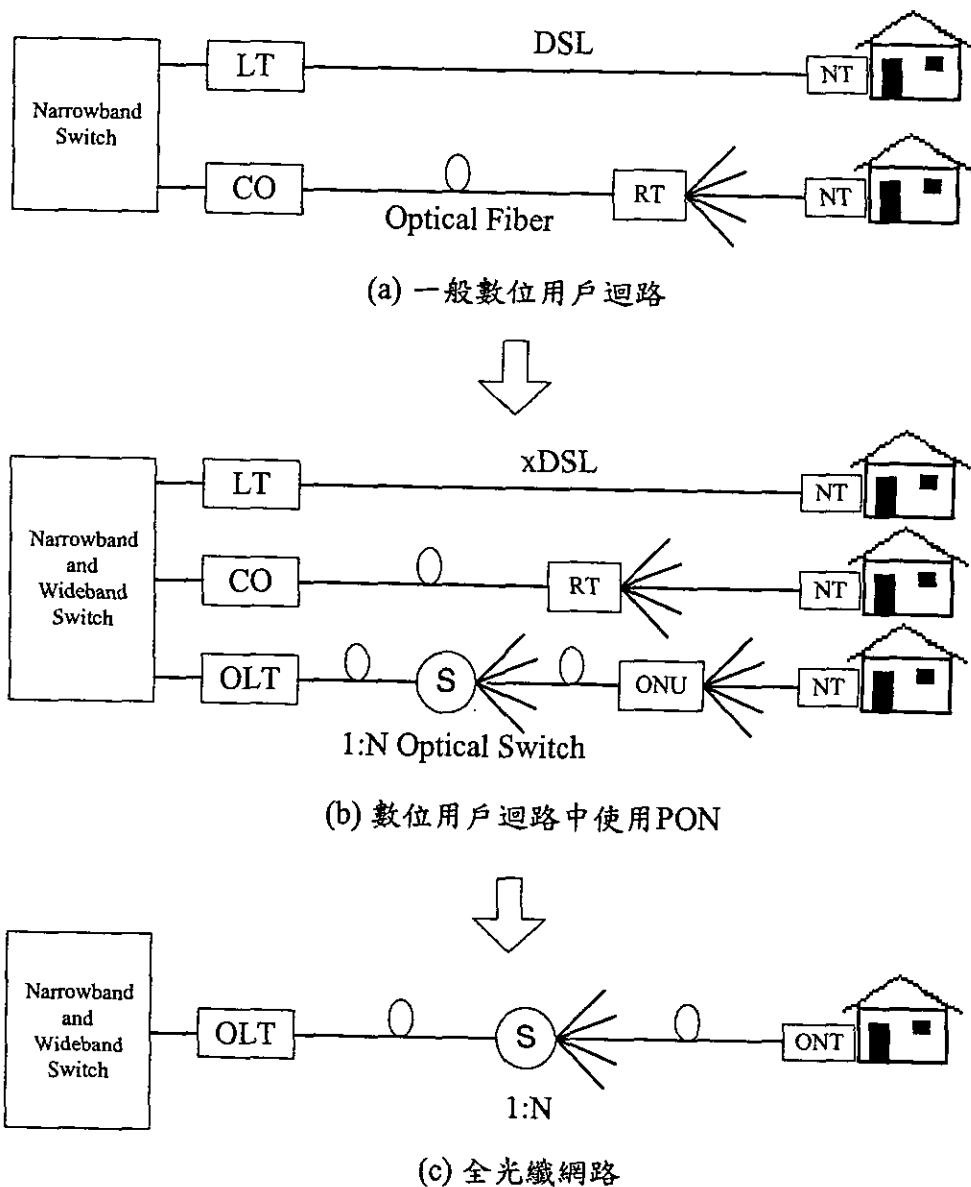


圖 4.8 光纖接取網路之演進圖

是嘗試以合作方式，將現存可應用之相關標準，共同訂定需求規格，再提至 ITU-T 等電信標準制定機構頒行之。

#### 4.4.2 階段目標與成果

FSAN Initiative 的工作目標訂為三個階段，第一階段 (1995 年 6 月至 1996 年 6 月) 已在 1996 年 6 月 20 日於英國倫敦所舉行的 FSAN 研討會中完成階段性報告，會中提出六大研究範疇之統合提議，並達成協議，認為以 ATM-PON 作為達成大量建設全方位服務接取網路之最可行方案，並可逐步演進以符合使用者的未來服務需求。第二階段 (1996 年 6 月至 1997 年 3 月) 則是分成數個技術分組，著手設計一全方位服務接取網路之共通

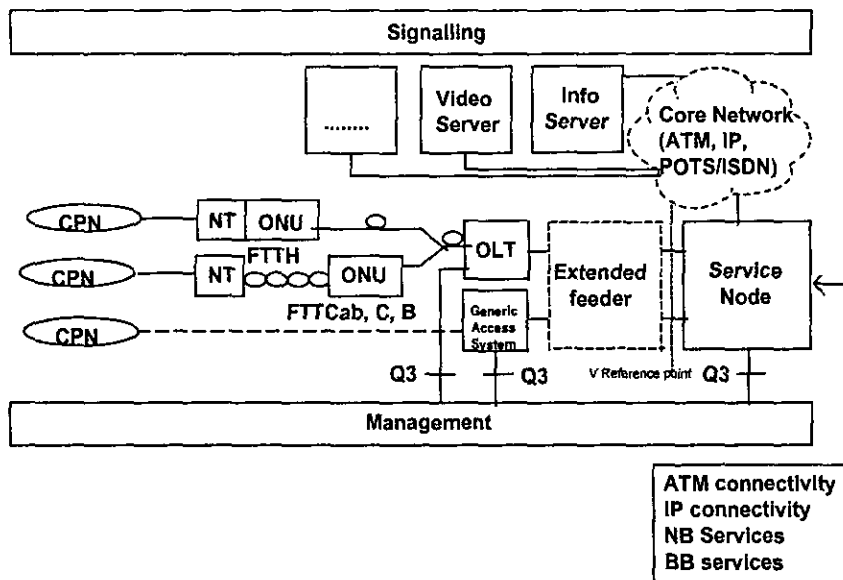


圖 4.9 FSAN 參考網路架構與界面

性需求規格，該階段亦在 1997 年 3 月 2~5 日於美國亞特蘭大的第八屆 VIII International Workshop on Optical/Hybrid Access Network 會議中達成共識，所完成的階段性報告提至 ITU，稱為 ITU G.983。

第二階段之後 FSAN Group 成員了解到須先在光纖接取網路 (Optical Access Network: OAN)，用戶端網路 (customer network)，與維運網管功能 (Operation, Administration and Maintenance: OAM) 等三個範疇達到一定必要程度的要求準則共識才能繼續推行下去。除以上的工作重點外，FSAN 同時另成立 FTTH、FTTCab (Fiber To The Cabinet) 二個分組，FTTCab 分會進行 VDSL 的實地測試 (field trial)，其目的乃希望能加速 FSAN 設備之可行性。第三階段工作主要著重於試用及驗證寬頻接取網路產品是否能符合需求規格。目前 FSAN 仍定期舉辦國際會議討論各國目前之接取網路佈放現況、施工經驗與未來網路演進方向。

#### 4.4.3 FSAN 定義之接取網路與界面架構

由於用戶迴路寬頻化乃必然之趨勢，世界各國積極進行 FITL 試用與建設，利用光纖與 xDSL 技術結合，形成 FTTx+xDSL 架構以提供寬頻服務，是目前受重視的架構，我國亦提出 NII 國家建設主張，為用戶提供高速數據、寬頻及多媒體服務。為因應未來市場開放後的自由競爭，也因此積極投入進行試用建設與評估，作為未來大量光纖化建設之參考。FSAN 組織以達成寬頻接取網路服務為目標，所擬定提供的服務有：

- 非對稱性寬頻服務，如數位廣播服務、隨選視訊或是遠距教學等等。

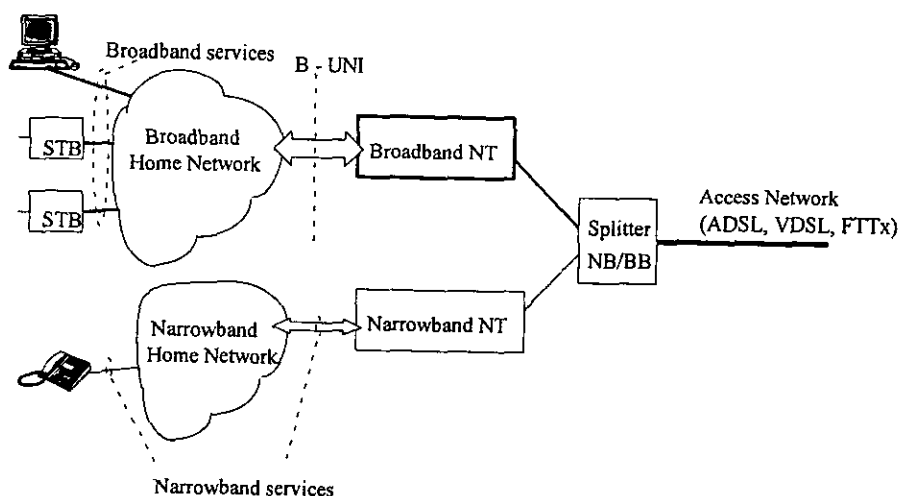


圖 4.10 用戶端網路架構

- 對稱性寬頻服務，如小型業務的電信服務，或是遠端諮詢服務等等。
- PSTN 與 ISDN 服務。

圖4.9為 FSAN 所提之網路與界面架構，訂定此參考架構及界面，目標是確保網路的一致性、延伸交換與信號功能、端對端網路性能。其要求有以下幾點：

- 具備與未來 FSAN 系統之相容性與擴充性。
- 能透過在 V 參考點的 SNI 與服務節點界接。
- 可透過 Q3 界面直接或間接進行網路管理。
- 提供經由核心網路與 ATM 及 IP 連接功能。
- 具有 QoS 之 OAM 管理功能。

FSAN 擬提供 POTS、ISDN、SDVB (Switched Digital Video Broadcast) 服務給用戶。用戶端網路的一般架構如圖4.10所示。目前一些制訂光纖標準與網路界面的廠商與組織，均列在表4.5中。

另外，FSAN 針對 ONU 的供電與機械特性考量如下。由於 ONU 是價格最敏感，系統成本最高的網路元件 (大約 50%或更高)，再加上裝設、供電與後續維運成本更不得了。FSAN 對 ONU 的相關議題均有研究討論，但尚未達成共識結論，在供電架構上提出集中 (centralized)、群區 (cluster)、本地 (local)、用戶(subscriber) 供電等方式，集中供電顧名思義 ONU 全由交換機房提供；群區供電乃是數個同區形成一群的 ONU 由一供電中心提供所需電力，與集中供電方式近似，但該供電中心更接近 ONU；本地供電則是每個 ONU 均有一專屬的電力源，且此電力源與 ONU 置於同處，而 ONU 須配備 AC/DC 轉換器及備用電池；用戶供電則是當光纖到府 (FTTH) 時由用戶提供 ONU 電力。表4.6

表 4.5 光纖標準與網路界面相關規範列表

網路結構與界面	組織	標準	日期
Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON)	ITU-T	G.983.1	1998/10
The ONT Management and Control Interface Specification for ATM-PON	ITU-T (SG)	G.983.2	2000/4/14
Label Distribution Protocol (LDP)	IETF	RFC3036 [13]	
User Network Interface (UNI) 1.0 Signaling Specification	OIF--WG: Architecture, OAM&P, PLL, & Signaling	OIF2000.125.6 [14]	2001/9/4
System Packet Interface Level 3 (SPI-3): OC-48 System Interface for Physical and Link Layer Devices.	OIF--WG: Physical Link Layer (PLL)	OIF-SPI3-01.0 [15]	2000/6
System Physical Interface Level 4 (SPI-4) Phase 1: A System Interface for Interconnection Between Physical and Link Layer, or Peer-to-Peer Entities Operating at an OC-192 Rate (10 Gb/s)	As previous	OIF-SPI4-01.0 (SPI-4 Phase 1) [16]	2001/4/4
System Packet Interface Level 4 (SPI-4) Phase 2: OC-192 System Interface for Physical and Link Layer Devices	As previous	OIF-SPI4-02.0 (SPI-4 Phase 2) [17]	2001/1
Very Short Reach (VSR) OC-192/STM-64 Interface Based on Parallel Optics	As previous	OIF-VSR4-01.0 [18]	2000/12/18
Serial OC-192 1310nm Very Short Reach (VSR) Interfaces	As previous	OIF-VSR4-02.0 [19]	2000/11/16
Very Short Reach (VSR) OC-192 four fiber Interface Based on Parallel Optics	As previous	OIF-VSR4-03.0 [20]	2000/8/17
Serial Shortwave Very Short Reach (VSR) OC-192 Interface for Multimode Fiber	As previous	OIF-VSR4-04.0 [21]	2001/1/22
SFI-4 (OC-192 Serdes-Framer Interface) OIF-PLL-02.0 - Proposal for a common electrical interface between SONET framer and serializer/deserializer parts for OC-192 interfaces)	As previous	OIF-SFI4-01.0 [22]	2000/9/26

為各供電架構的優劣分析。對於 ONU 的機械特性則為一般性要求，如卡板模組須能在不影響其他服務情形下自由插拔，line card 電力消耗小於 4W，備用電池至少 4 小時 (在 0.2Erlang 訊務量情形下)，以及周圍環境要求符合 IEC 721-3-1 [12]，EMC 要求符合 IEC 801-2 [12] 與 801-3 [12] 等。

## 4.5 比較分析及討論

### 4.5.1 ADS 與 PON 之比較

主動式與被動式光纖用戶迴路架構之特性分析比較如表 4.7 所示。主動式雙星形架構在網路中存在著遠地訊號處理設備及相關之供電設施，利用遠地端的主動式節點來塞取用戶資訊，由於遠地端的體積較為龐大且需供應大量電力，因此，在空間配置、電力供應及網路維運上較為不利。被動式架構則使用被動式光纖分歧元件，使 HDT 及 PDN 可被多個 ONU 來共同使用，以達到資源共享的目的，且由於多個用戶共同分擔設備，用



表 4.6 ONU 供電架構優劣分析

系統	考量事項	集中供電	群區供電	本地供電	用戶供電
FTTH	起始建置成本	高	適中	低	-
	維護管理 (Maintenance)	差	差	佳	-
	用戶接受度	尚可	尚可	尚可	-
	備用電力	不需	4 小時	4 或 10 小時	-
FTTC	起始建置成本	高	中	低	低
	維護管理	差	尚可	尚可	尚可
	用戶接受度	佳	尚可	佳	較難
	備用電力	不需	4 小時	4 或 10 小時	較難

表 4.7 ADS 與 PON 之比較表

項目	Active Double Star (ADS)	Passive Optical Network (PON)
系統架構	星形	Physical: 星形 Logical: 匯流排形
信號傳送方式	TDM	下行: TDM 上行: TDMA
網路錯誤偵測	用戶各有獨立頻道, 易於偵錯	上行訊號採 TDMA 方式傳送, 不易偵錯
保密性	佳	較差
系統維護成本	遠地端維護成本較高	相對低廉
用戶負擔費用	低廉	昂貴

戶光纖網路之初期投資成本可以有效降低, 亦方便藉由相同網路之升級以提供寬頻服務, 因此 PON 架構適合於提供廣播式服務, 但在資訊的保密性上則顯得較差。

### 4.5.2 FTTC 與 HFC 之比較

由於 FTTC 與 HFC 架構目前均有支持者, 業者也積極進行現場測試作各項評估, 包括實用性、經濟因素、演進趨勢等指標考量, 進而釐出最佳方案, 然而由於這兩種架構各有其優缺點, 無法判定孰優孰劣, 端視其應用而定, 表 4.8 針對各項因子分析比較此 FTTC 和 HFC 兩種架構的差異性。

### 4.5.3 全球光纖網路發展現況

由於用戶迴路進行全面光纖化所需的資金相當龐大, 再加上建設時間長, 因此各個先進國家在經濟效益與降低投資風險的考量下, 所採取的規劃不盡相同。例如日本直接規劃 FTTH; 德國 DBPT (Deutsche Bundespost Telekom) 規劃住宅用戶主要以 FTTC 服務型態配合 PON 架構; 英國與德國主要以 FTTC 配合 PON 架構提供用戶 4Mbps 以下的服

表 4.8 FTTC 與 HFC 之比較表

項 目	FTTC	HFC
網路架構	星形 (ADS)	匯流排形
視訊訊號傳送方式	Baseband Fiber Optic Tx	RF(Passband) on Coaxial
上行訊號傳送	無限制	頻寬不足(5~35MHz)且雜訊干擾大
下行訊號傳送	無安全性問題	須注意安全性問題
電話服務之傳送技術	透過光纖傳輸電話服務是可行的	部分地區已商用運轉
營收與利基	提供視訊較困難，網路對電信業者較有利	提供雙向交換服務較困難，網路對有線電視業者較有利
視訊服務提供	數位式互動視訊為主，類比視訊須使用同軸纜線傳送	類比式廣播視訊為主，數位式視訊須使用相關的數據機
供電方式	須額外建設銅線網路供電	可由同軸電纜直接供電
網路可靠度	不受突波傷害	易受突波傷害

表 4.9 全球光纜建設情形

地區\建設量\年	1997	1998	1999	2000	2001	2002
北美	16.6	18.5	21.5	24.0	26.0	27.8
東南亞/中國大陸	12.5	14.9	18.1	22.6	28.0	35.0
亞太地區	8.0	10.1	12.0	14.0	16.0	18.5
東歐	9.0	10.3	12.0	14.2	16.8	19.4
西歐	7.8	9.0	10.3	12.2	14.2	16.4
拉丁美洲	1.22	1.38	1.65	2.09	2.6	3.25
非洲及其他	0.59	0.72	0.94	1.17	1.46	1.83
總和	39.51	46	54.01	63.60	74.76	88.06
成長率	20 %	16 %	17 %	18 %	18 %	18 %

(單位：百萬公里) 資料來源：Pioneer Consulting

務；美國則開放市內電話市場，迴路光纖化為全美電信公司之一致目標。

目前世界各國均積極進行光纖網路建設，如表4.9所示，主要以歐、亞、美為重心。目前全球主要地區之光纖建設多數為 SONET/SDH 系統，在各國陸續開放各類電信市場後，業者間的各项競爭，例如全國性或區域性的網路建設，以及網際網路所帶領的高速數據傳輸需求，皆為提升相關產業蓬勃發展的動力。

#### ● 北美地區光纖網路建設現況

用戶迴路光纖化雖為全美電信公司之一致目標，但由於光纖建設耗時，預估約至 2025 年才能達成全面光纖化。加上自從美國國會通過 1996 通信法及 FCC 開放市內電話市場後，用戶迴路不再由傳統七家市內電信公司所獨佔，須提供給其他競爭者所需之電話線路，且有線電視網路亦成為另一項選擇。

美國的 LEC 業者光纖建設的成長率並不高，如表4.10所示，反而是 CLEC 業者因 1996

表 4.10 美國光纜建設成長情形

業者/年		1997	1998	1999	2000	2001	2002
LEC	百萬芯公里	4.15 (25 %)	4.27				
	Fiber-km 平均成本	US\$ 125	US\$ 121	US\$ 118	US\$ 114	US\$ 111	US\$ 107
Long-Haul		1.83 (11 %)					
CATV	百萬芯公里	4.31 (26 %)	4.88	5.30	5.03	4.78	4.30
	Fiber-km 平均成本	\$ 125	\$ 121	\$ 118	\$ 114	\$ 111	\$ 107
Premises		1.00 (6 %)					
CLEC		1.49 (9 %)	1.88	2.12	2.61	3.13	3.41
Utility/Gov./Other		3.81 (23 %)					

資料來源：Pioneer Consulting

表 4.11 美國電信公司 FITL 建設及規劃

Year	Total access lines	Access line 年成長率	FITL served access line	Percent of Total	DLC Served Lines	Percent of Total	Average cost per line served
1995	164,624,372	5.0 %	2,469,366	1.5 %	32,924,874	20.0 %	\$ 411
1996	170,568,176	3.6 %	3,086,707	1.8 %	35,819,317	21.0 %	\$ 398
1997	177,049,767	3.8 %	3,611,447	2.0 %	38,959,949	22.0 %	\$ 378
1998	184,131,757	4.0 %	4,514,309	2.5 %	43,270,963	23.5 %	\$ 360
1999	191,497,028	4.0 %	5,868,602	3.1 %	47,874,257	25.0 %	\$ 342
2000	198,773,915	3.8 %	8,098,670	4.1 %	52,675,087	26.5 %	\$ 324
2001	205,929,776	3.6 %	11,581,098	5.6 %	57,660,337	28.0 %	\$ 308
2002	213,343,248	3.6 %	15,402,861	7.2 %	62,936,258	29.5 %	\$ 293

資料來源：Pioneer Consulting

年新電信法實施後，為搶占客戶而進行大量建設。

美國目前最常佈放於電話網路的光纖用戶接取架構是為點對點形式，主要是因大量佈放 DLC (Digital Loop Carrier) 系統所致，參考表4.11的資料。

● 德國地區光纖網路建設現況

德國電信公司對住宅用戶部分的規劃主要以 FTTC 服務型態配合 PON 的架構，以提供用戶各種交換式及分配式服務。在 1997 年已完成以 FTTC/VDSL 的測試，透過現有之光纖/銅線網路提供寬頻多媒體服務。目前在東德地區正積極建設 PON 系統。

● 英國地區光纖網路建設現況

英國的用戶迴路架構演進與德國類似，主要以 FTTC 配合 PON 提供用戶 4Mbps 以下的服務，在其本土化的現場試用中，PON 架構顯示出其經濟性可與現有銅線網路相抗衡。除 FTTC 外，英國也規劃採用 FTTO 提供 4Mb/s 以上的傳輸服務。超過 4Mbps 以

上之服務則使用 FTTH 或使用多重 ONU 來提供。對於光纖網路尚未普及地區，則採用 HDSL 或無線接取技術解決用戶對傳輸速率 2Mb/s 以下的服務需求。

#### ● 日本地區光纖網路建設現況

當初 NTT 開始數位化其網路時即已著手光纖化工程，已於 1997 年底完成國內幹線網路的光纖化，使用 1Gbit/s 至 2.4Gbit/s 的光通訊系統，單一光纖可以乘載 34,560 路傳統電話，目前進行的是 10Gbit/s 光纖傳輸系統。依據日本電信白皮書之記載，日本網路基礎建設於 2000 年其光纖網路已涵蓋 20% 人口，預計 2005 年將涵蓋 60% 人口，2010 年將涵蓋 100% 人口而達到全面光纖化目標。

為迎接多媒體時代，NTT 與有線電視業者從 1995 年至 1997 年 3 月在東京都附近三個城市 (Tachikawa、Urayasu、Yokosuka) 以其 PDS 系統進行多媒體服務測試，驗證 PDS 系統之技術與服務能力。之後以此為藍本，NTT 在 Yokohama 市的 Totsuka 區使用 STM-PDS、SCM-PDS 光纖接取系統網路提供 CATV 視訊服務。同時，由多家大財團主導的有線電視業者正建設其全光纖或 HFC 網路，以備將來可支援電信相關服務。

#### ● 新加坡地區光纖網路建設現況

新加坡電信公司 (Singapore Telecom) 規劃所有商業及住宅用戶都將於 2005 年可用光纖接取電信服務。第一階段至 1997 年完成 FTTC 建設。第二階段至 2005 年完成 FTTH 建設。目前網路分別由電信基礎網路及 CATV 網路所構成，並各享有獨佔權。Singapore Cable Vision 希望新加坡電信的市話服務之獨佔性由 2007 年提早至 2002 年結束，新加坡電信為利於將來在 CATV 的競爭力，參與英國、瑞典等國的 CATV 經營。

#### ● 香港地區光纖網路建設現況

香港的自由化時程相當快，1995 年即開放市話業務，已有四家新公司獲得市話執照，目前電話普及率已達 54%，行動電話為 60%。HKT 自 1997 年起進行 Broadband Home Access 的 FTTB 建設與試用，1998 年 6 月結束試用而開始商業運轉，而目前用戶數已超過 90,000。Broadband Home Access 提供的服務包括 POTS、ADSL、VoD 等。

## 4.6 建議及結論

光纖用戶迴路經由技術不斷創新及時間考驗下，逐漸演進並衍生出數種不同型式的

架構與佈放方式，唯一不變的因素仍是建設網路的成本及其所帶來的經濟效益，在此大前提下，如何最經濟有效地進行用戶迴路光纖化，是各國政府或電信公司最為頭痛卻又不得不進行的基礎建設。以下分別提出技術性與政策性方面所可能面臨的問題與建議，以提供建構光纖接取網路時之參考。

#### 4.6.1 技術性課題

##### ● 價格課題

光纖網路的相關元件的價格目前仍居高不下。例如寬頻帶、增益曲線平坦特性的光放大器，以及在 DWDM 中會大量使用的高速光分波多工器等等，成本依然相當昂貴。若是要能夠提供 IP 服務功能，所需要的高速交換機價格比起一般的交換機要高，因此要將整個網路建構完成，所需投注的資本是相當可觀的。

##### ● 設備相容性課題

1998 年 4 月創建的 OIF (Optical Internetworking Forum) 主要的工作是加速光網路互連解決方案的發展，其成員包含世界上許多不同的電信業者或是供應商，其任務是促進在使用光纖網路上，不管是彼此間資料的交換，或是路徑選擇上的問題，甚至有關服務層級上的發展或布置。為了使供應商在晶片及模組間彼此能完美的互動，在 OIF 中的實體和連結層的工作團隊便在以通訊系統為基礎的 SONET/SDH 中定義了兩個不同端點間的電子界面。但是到目前為止，業界還沒有推出正式完整的 DWDM 網路標準，所以多個廠家的設備之間是否能夠相容仍是問題。

##### ● 網路管理課題

目前 IP over DWDM 網路中如何將現在訊令系統融合到 IP over DWDM 當中，或是如何將光纖路由控制和 IP 層的路由協定共同運作。因此，研究提出光與光電訊號的網路層管理系統的整合方案是 IP over DWDM 架構之中必須解決的問題；此外，對於全光纖網路配置、路由配置等管理，以及光纖網路的故障檢測、隔離、定位和警告，甚至提供具有網路自愈 (self-healing) 能力的即時恢復演算法和動態重構。

##### ● 網路壅塞課題

由於 WDM 可以利用的波長數量有限，波長可能會不敷使用，因而導致降低部分服務品質，甚至使得網際網路通訊協定無法正常運行。原本的 SONET/SDH 可從每一路所

包含 IP 的封包標頭找出壅塞點並加以解決，但是若在 IP over DWDM 將 SONET/SDH 移除後將失去此項管理功能。因此，具有 ATM 和 SONET/SDH 的光纖網路更加適合於強調可靠性的用戶，而 IP over DWDM 網路結構更加適合於注重成本的用戶。

## 4.6.2 政策性建議

在政策性建議方面，因為大部份的法規都可以參照規範，因此可以從用途來看光纖網路的趨勢，比如由於 ATM-PON 與 Ethernet-PON 起源或是架構上的差異，所以可能各別會用在不同的範圍。或者是由於未來由於光纖所提供的頻寬極大，在提供各式各樣服務的同時，與客戶訂立定型化的契約保障消費者權益，本章分析數種光纖用戶迴路架構的優缺點，並提出以下建議。

本國光纖佈放基本方向，依據 FSAN 架構，將光纖用戶迴路逐步從各固網業者之交換機端局往用戶住家方面推展，並考慮以環狀架構方式佈放：

- 第一階段：以 FTTCab 光纖到固定供線區、光纖到分配點或幹線點 (feeder point) 及 FTTB 為目標。
- 第二階段：以 FTTC 為目標。
- 第三階段：以 FTTH、光纖到接取點或進入用戶家中為目標。

台灣地區由於人口分布城鄉差異頗大，用戶寬頻需求不確定，寬頻業務量及服務需求不確定性高，且因為用戶迴路光纖化投資金額龐大，故初期以第一階段或第二階段建構光纖用戶迴路，並加速引進光纖至用戶端以提高用戶光纖使用率：

- 在 FTTCab、光纖到固定供線區或 FTTB 的規劃上，應可考慮光纖配和採用 NGDLC (Next-Generation DLC, ONU, RT)，包括可接 V5、ADSL、G.Lite、及 VDSL 之 DLC。
- 當 ONU 具有成本效益時，將逐漸提高光纖化用戶普及率，將光纖接取點逐漸推展到用戶家中，完成 FTTH。
- 大客戶、都會區之商業區商業大樓、政府機關、大型醫療院所、集中型社區如科學園區、工業園區...等優先建設光纖用戶迴路，並引進光纖使用。

要求固網業者新建設之銅纜應逐年遞減，配合客戶寬頻需求逐年增加用戶迴路光纖比率，佈放用戶迴路光纖；新設超高大樓、機關、學校，應引進光纖，並配合客戶需求予以光纖化。定期做市場調查，了解用戶寬頻需求，做為推展用戶迴路光纖化進程參考。

## 4.7 參考文獻

- [1] FSAN (Full Service Access Network) website, <http://www.fsanet.net/>
- [2] ITU-T G.983.1, "Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON)."
- [3] ITU-T G.983.2, "The ONT Management and Control Interface Specification for ATM-PON."
- [4] APON Field Trial on Bermuda, <http://www.tl.gov.tw/forum/fitl/PON-FieldTrial.htm>
- [5] Cisco's Dynamic Packet Transport,  
<http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/wnty/dpty/index.shtml>
- [6] Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), <http://www.darpa.mil/>
- [7] All-Optical Networking Consortium Homepage, <http://www.ll.mit.edu/aon/>
- [8] Multiwavelength Optical Networking (MONET) Consortium,  
<http://www.bell-labs.com/project/MONET/>
- [9] National Transparent Optical Network Consortium (NTON), <http://www.ntonc.org/>
- [10] Advanced Communications Technologies and Services (ACTS),  
<http://www.cordis.lu/acts/home.html>
- [11] GR-909, "Generic Criteria for Fiber in the Loop Systems," Telcordia Technologies, 03/2000,  
<http://telecom-info.telcordia.com/site-cgi/ido/docs.cgi?ID=129538726D000877&KEYWORDS=GR-909&TITLE=&DOCUMENT=&DATE=&CLASS=&COUNT=1000>
- [12] IEC/CEI - International Electrotechnical Commission - Homepage, <http://www.iec.ch/>
- [13] IETF RFC 3036, "Label Distribution Protocol (LDP)."
- [14] OIF2000.125.6, "User Network Interface (UNI) 1.0 Signaling Specification."
- [15] OIF-SPI3-01.0, "System Packet Interface Level 3 (SPI-3): OC-48 System Interface for Physical and Link Layer Devices."
- [16] OIF-SPI4-01.0 (SPI-4 Phase I), "System Physical Interface Level 4 (SPI-4) Phase 1: A System Interface for Interconnection Between Physical and Link Layer, or Peer-to-Peer Entities Operating at an OC-192 Rate (10 Gb/s)."
- [17] OIF-SPI4-02.0 (SPI-4 Phase 2), "System Packet Interface Level 4 (SPI-4) Phase 2: OC-192 System Interface for Physical and Link Layer Devices."
- [18] OIF-VSR4-01.0, "Very Short Reach (VSR) OC-192/STM-64 Interface Based on Parallel Optics."
- [19] OIF-VSR4-02.0, "Serial OC-192 1310nm Very Short Reach (VSR) Interfaces."
- [20] OIF-VSR4-03.0, "Very Short Reach (VSR) OC-192 four fiber Interface Based on Parallel Optics."
- [21] OIF-VSR4-04.0, "Serial Shortwave Very Short Reach (VSR) OC-192 Interface for Multimode Fiber."
- [22] OIF-SFI4-01.0, "SFI-4 (OC-192 Serdes-Framer Interface) OIF-PLL-02.0 - Proposal for a common electrical interface between SONET framer and serializer/deserializer parts for OC-192 interfaces."

## 第五章

# 光纖乙太接取網路 Optical Ethernet

### 5.1 簡介

Ethernet [48] 技術自 802.3z Gigabit Ethernet (GbE) [2] 之後，除了延續 Ethernet 特性的優點之外，也正式進入了 gigabit per second 的超高速傳輸與光纖寬頻長距離傳輸能力的里程碑。但是應用上仍多半優先著眼於其寬頻的能力，於是初期多半使用於區域網路的高速鏈路、連接伺服器、或取代網路上的頻寬不足處以紓解網路交通瓶頸的問題。逐漸地，在看到其搭配 switch 並以全雙工運作於光纖的寬頻與長距離傳輸能力，以及具備相當彈性的點對點星狀拓普架構 (star topology)，才逐漸擴展其應用範圍：除了同為數據通訊網路的 MAN (Metropolitan Area Network) 與 WAN (Wide Area Network) 的應用之外，由於網際網路與其上各項多媒體應用的蓬勃發展，上網頻寬的需求暴增，已有許多新的傳輸技術被提出並廣為應用以提昇用戶至網路業者局端 (CO) 或網際網路服務業者 (ISP) 間這「最後一哩 (last mile)」的通訊頻寬，而 Gigabit Ethernet 則憑藉其以全雙工交換模式運作在光纖介面的傳輸速度與距離能力、繼承自 Ethernet 技術的優點、以及其與目前在 LAN (Local Area Network) 領域中超過 90% 佔有率的 Ethernet 和 Fast Ethernet [49] 為同一通訊標準家族的高度相容性，因而開始有將 Optical Gigabit Ethernet 應用於接取網路的構想。



而在 Gigabit Ethernet 之後，IEEE 802.3 Working Group 又著手制定 10Gbps 傳輸能力的 802.3ae 10 Gigabit Ethernet (10GbE) [4] 的標準。在繼續保持 Ethernet 特徵的訊框格式 (frame format) 與絕大多數媒介接取控制 (MAC) 層的運作機制的前提下，進一步將 Ethernet 系列標準的傳輸頻寬與距離的能力再一次地提昇。在 10 Gigabit Ethernet 標準中，將全面採用 (而且也只有) 光纖傳輸介面，並以 switch 連接的點對點星狀拓撲架構與全雙工模式運作。由此觀之，10 Gigabit Ethernet 較原本 Gigabit Ethernet 應用範圍將可以更為寬廣，也因為傳輸距離的增加，更適合於絕大多數最後一哩的接取網路應用環境，覆蓋範圍變得更廣。

與其它高速接取網路技術相比較，使用 Optical Ethernet 做為接取技術的好處是在於，目前一般企業內部的網路大多是利用乙太交換機 (Ethernet switch) 或乙太集線器 (Ethernet hub) 所構成的 Ethernet 網路，來連接公司內部的所有電腦與相關週邊設備 (如網路印表機)，若是使用其它高速接取網路技術連結到企業外部的網路，則必需使用具有對應技術與 Ethernet 轉換介面的交換機來連結乙太網域並改變封包格式。而採取 Optical Ethernet 做為接取技術則由於實際傳輸資料的封包格式都是採用 Ethernet 之標準訊框架構，所以在傳送的過程中，封包格式不需要再經過轉換，傳輸的過程比較簡單。只需換上幾台具備 Gigabit Ethernet 或 10 Gigabit Ethernet 介面的 Gigabit 乙太交換機 (Gigabit Ethernet switch: GBE switch)，並且把相關設備的網路介面卡進行升級汰換即可。相對上來說 Optical Ethernet 的交換機由於少了介面轉換的需要，結構較其它高速接取網路技術交換機簡單因此成本可以降低。

由於可預期 (Optical) Ethernet 技術運用於接取網路應用的趨勢與企圖，所以 IEEE 802.3 Working Group 也在 2000 年 11 月成立了「Ethernet in the First Mile (EFM) 研究小組 (Study Group: SG)」，明確地以接取網路的應用角度出發，研究將 (Optical) Ethernet 技術應用於末端接取網路的可行性與所需的技術。

由於接取網路有其特有的特性與要求 (如表 5.1 所整理)，所以雖然 EFM 計畫是採用不同於 Gigabit Ethernet 和 10 Gigabit Ethernet 以「技術」角度出發的考量來設計或架構 Ethernet 網路 (系統)，但卻不是只純粹繼承 Gigabit Ethernet 或 10 Gigabit Ethernet 的技術並額外新增不足的功能而已，因為對於接取網路的應用而言，既有的 Gigabit Ethernet 和 10 Gigabit Ethernet 除了有功能不足之處外 (OAM 維運與管理功能)，還有值得改進的地方 (環境係數容忍值增加、成本還可以再降低)。為了更適合於接取網路應用的環境特性

表 5.1 接取網路特性與接取技術功能需求

接取網路特性	接取網路技術之功能需求
一點對多點 (CO 至用戶端) 的主從式服務架構。所有終端用戶的通訊都必須透過中央或頭端 (Head-End) 進行，如此才可以對通訊過程進行所需的控制、管理與收費。	實體上即為一點對多點的星狀或樹狀網路架構，或是邏輯上具有訊務流向控制機制可以形成所需要的服務架構。
距離普遍較長： 約數公里至數十公里。	需要足夠的傳輸距離能力。
環境條件變異度大： 所經過的地區溫濕度條件可能變化大，此為影響通訊設備運作的重要因素。	環境條件容忍值或能力必須有一定水準。
因為此為最末段至用戶的網路，而用戶為獨立 & 分散的個體，所以必然會有無法共享使用而為專屬 (Dedicated) 的部分，這就需要用戶獨立負擔成本。共用資源的部分則仍採共同分攤的方式。	成本最好要低，以減輕用戶負擔。 (成本：設備成本、建設困難度與時間、人員訓練、維運……等成本)
頻寬需求目前有逐步攀高的趨勢。 由於持續成長的用戶與大量且多樣的寬頻多媒體網際網路應用。	頻寬愈大愈好
需要易於操作 & 管理維修	需要具備維運、監控與管理的功能，且容易操作。
需要進行頻寬配置、流量控制	需要頻寬配置、流量控制機制
服務品質 (QoS) 保證、安全性 (Security) 為逐漸重要的網路服務項目與能力。	此功能目前仍屬 Optional，但是重要性逐漸增加，有成為必要條件的趨勢，所以最好也能夠具備。
在商業營運的實務上，必須要由用戶付費以維持經營運作。	要有收費的依據與功能

與需求，除了增加原本缺少的 OAM 網路維運管理控制機制之外，還基於既有的 Ethernet 技術 (特別是 Gigabit Ethernet) 經驗上，發展新的 PHY 實體層介面標準和網路架構 (例如：點對多點的 EPON) 做為 Ethernet-based 的接取網路技術。EFM 也如同 GbE、10GbE 一般，為 Ethernet 通訊標準系列的一員。

我們也可以說，EFM 計畫在某種程度上可以視為是改進、增強已發展的各項 Ethernet 傳輸技術能力，特別是 Gigabit Ethernet (因為 10 Gigabit Ethernet 在 EFM 計畫提出的時候尚仍在進行當中，未完成，所以 EFM 的技術部分主要是參考已成熟發展的 Gigabit Ethernet)：除了新增 OAM 管理與維護機制外，在可容忍環境係數、設備成本、使用既有鋪設的網路傳輸媒介等方面改進，並同時也再提昇傳輸距離 (原 Optical Gigabit Ethernet 的距離能力已可以滿足基本接取網路的距離需求，但提昇之後可以使涵蓋範圍更廣)，使整體條件皆能夠最佳化而適合接取網路的應用，也提出 EPON 的新型態點對多點接取網路架構。

簡單地總結來說，GbE、10GbE、EFM 都具備做為接取網路技術的基本能力。GbE

與 10GbE 是從提昇傳輸能力 (傳輸速度和距離) 的技術發展角度出發, 可以使用於 MAN 或 LAN 的骨幹部分, 也因為其全雙工模式運作於光纖介面的長距離寬頻能力, 而能夠應用於構成接取網路。其雖不如 EFM 完備與最佳化, 但是就技術條件而言, 只要再另外增加 OAM 維運管理機制, 其他還是滿足接取網路應用 (頻寬與距離) 的基本需求; 而 EFM 則是以應用於接取網路而有的 Ethernet 的設計, 或是對既有 Ethernet 技術的修改或增強, 使其適合於接取網路的應用。所以其主要是用於構成接取網路, 但因其傳輸頻寬與距離上的能力皆與 Gigabit Ethernet 相當且更勝一籌, 甚至與 10 Gigabit Ethernet 相當, 所以也可以取代 Gigabit Ethernet 或是 10 Gigabit Ethernet 的應用, 例如: LAN、MAN、WAN, 而且由於在其他功能方面又比 Gigabit Ethernet 完備, 所以應該還能夠表現得比 Gigabit Ethernet 為佳, 而且建設成本會較低。我們可以說, GbE、10GbE、EFM (在某些條件下) 是可以相互為用於對方擅長領域的技術。表 5.2 即先整理歸納出此三種網路技術用於接取網路應用時的比較資料。

## 5.2 Optical Ethernet 接取網路技術

Ethernet 在區域網路上的應用是極為成功的, 並成為主流。為了因應需求日增的頻寬, Ethernet 一路由 10M/100Mbps 演進到 1Gbps 的 Gigabit Ethernet 及現在即將完成標準制定的 10 Gigabit Ethernet, 並由銅導線上半雙工的應用提升到使用光纖模組作全雙工的運作, 我們稱為 Optical Ethernet, 由於傳輸距離的增加, 傳輸速度提升及協定的改進, Optical Ethernet 讓 Ethernet 不僅僅只能存活於區域網路中, 並且可以擴充到 MAN 甚至是 WAN 中。

Gigabit Ethernet 的發展始於 1995 年 11 月, IEEE 802 [5] 會議上決議成立一個高速網路研究群。1995 年 6 月, 在 Fast Ethernet 標準 (802.3u [6,49]) 認證之後, IEEE 緊接著手定義 1Gbps Ethernet 標準 (802.3z [2,6]), 1998 年 7 月通過最後的 Board meeting 正式訂定了 Gigabit Ethernet 的標準。另外, 著眼於既有 Ethernet 在銅線網路上的佈建投資, 於 1997 年 3 月時 802.3z Task Force 分出一部份的人員成立 802.3ab Task Force [3] 專職負責 1Gbps Ethernet 使用 UTP CAT-5 銅雙絞線的標準, 也就是 1000Base-T 的制定, 並於 1998 年 11 月完成。Gigabit Ethernet 在經濟成本考量下, 仍可滿足用戶消耗大量頻寬的應用程式, 而且由於使用原有 Ethernet 的基礎架構, 不用撤換原本就在使用的網路作業系統和應用程式, 因此用戶毋需汰換舊有 Ethernet 標準和變更使用習慣, 這在移植性方面的賣點上極受青睞, 也是它之所以產生且呼聲頗高的原因。

表 5.2 GbE、10 GbE、與 EFM 於接取網路應用之綜合整理歸納比較表

	GbE@Full-duplex Fiber 介面 (參考5.2.1節)	10 GbE (參考5.2.2節)	EFM@Fiber 介面 (參考5.3.1節)
發展角度	以提昇傳輸能力的技術發展角度出發	以提昇傳輸能力的技術發展角度出發	以接取網路應用的角度出發
傳輸距離 & 頻寬能力	隨不同媒介與運作模式而有所不同。接取網路的應用應該是其以全雙工交換模式運作於光纖介面：1Gbps@(數十公尺~數公里)。 ※1000Base-ZX： 1Gbps@(70~100 公里)	全面採用光纖介面： 10Gbps@(數十公里)	隨發展目標不同而有所區別： (1) Ethernet over P2P Fiber 架構： 1Gbps@(>10 公里) (2) Ethernet over P2MP Fiber 架構： 1Gbps@(>10 公里)  ※ Ethernet over Existing P2P Copper：10Mbps@(>250 公尺銅線)
OAM 功能	無	無	有
溫度係數容忍值	較低 (因為預設是多為 LAN 且為室內使用)	較高 (已考量長距離戶外使用，例如 MAN 和 WAN 的應用)	較高 (考量專為長距離戶外接取網路使用)
上下行鏈路	一對光纖 (上下行方向各一條)	一對光纖 (上下行方向各一條)	一條光纖 (上下行方向在同一條光纖內完成)
一點對多點 (N) 架構下終端 Optical Transceiver 數量	2N (以 N 組的點對點鏈路構成，每一組的兩個端點各有一 Optical Transceiver)	2N (以 N 組的點對點鏈路構成，每一組的兩個端點各有一 Optical Transceiver)	(1) Ethernet over P2P Fiber 的架構上：2N (以 N 組的點對點鏈路構成，每一組的兩個端點各有一 Optical Transceiver) (2) Ethernet over P2MP Fiber 的架構上：N+1 (以一個頭端 Optical Transceiver 藉由 Passive Splitter 連接至 N 個用戶終端 Optical Transceiver)
一點對多點 (N) 架構下終端 Optical Line 數量	2N (以 N 組的點對點鏈路構成，每一組有一對 Optical Lines)	2N (以 N 組的點對點鏈路構成，每一組有一對 Optical Lines)	(1) Ethernet over P2P Fiber 的架構上：N (以 N 組的點對點鏈路構成，每一組有一條 Optical Lines) (2) Ethernet over P2MP Fiber 的架構上：N+1 (先以一條由頭端連接至 Passive Splitter，再由 Splitter 處以 N 條 Optical Lines 連至 N 個用戶終端)
成本	中等 (已發展成熟)	較貴 (為目前最新的技術，而且速度最快，所以終端傳輸介面設備比較昂貴)	較便宜 (可以採用既有的銅線佈線投資，即使在光纖媒介上也可以利用較少的光纖達到與 Gigabit Ethernet 同樣的傳輸速度與更長的距離，或是利用 EPON 再減少光元件的數量與成本)
應用領域	1. LAN、MAN 為主 2. 短距離接取網路	1. LAN (較少) 2. MAN、WAN 為主 3. (中長距離) 接取網路	1. (中、長距離) 接取網路為主 2. LAN、MAN、WAN 也可以
其他配合、控制機制	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.1D Spanning Tree Forwarding Rule</li> <li>• 802.1p Priority</li> <li>• 802.1Q VLAN</li> <li>• 802.3x Frame-based Flow Control</li> </ul>	同左	同左

Gigabit Ethernet 成功的將 Ethernet 帶出了區域網路，但是雖然 Gigabit Ethernet 支援光纖模組的使用，其傳輸速度只到 1Gbps，傳送距離最多只有 3 公里，對一個大都會網路來說或許足夠，但是卻滿足不了廣域網路的需求，加上世人對頻寬要求無法滿足的特性，IEEE 802.3 Working Group 開始定訂 10 Gigabit Ethernet 的標準，以冀 Ethernet 的標準能適用於大都會網路，甚至是廣域網路中。

10 Gigabit Ethernet 標準的制定始於 1999 年 3 月，標準為 IEEE 802.3ae，由於其標準預定在 2002 年第一季完成，因此目前尚在制定階段。雖然如此，10 Gigabit Ethernet 特性 [7] 大多已確定。本節將對 Gigabit Ethernet 技術與 10 Gigabit Ethernet 技術與架構逐一介紹。

### 5.2.1 Gigabit Ethernet 技術

其實 Gigabit Ethernet 與目前常用的 10Mbps Ethernet、100Mbps Fast Ethernet 等十分類似，如圖 5.1 [8] 所示，他們都採用相同的 Ethernet 訊框架構，主要的差異只在於傳輸速率快慢不同而已，在實體層的技術上，Gigabit Ethernet 在 802.3z 標準中使用 ANSI X3T11 FC-0 的修正版，並採用 FC-1 的 8B/10B 編碼技術，而在 802.3ab 定義了使用 UTP CAT-5 銅雙絞線的標準。由於實際傳輸資料的封包格式都是採用 Ethernet 之標準訊框架構，所以連結 Ethernet 網域封包格式不需要再經過轉換，傳輸的過程比較簡單。Gigabit Ethernet 支援以 1000Mbps 速度傳送標準 Ethernet 訊框，在實體層傳輸媒介上首先支援光纖與短距銅線。且在 802.3z 標準中包含具有流量控制 (flow control) 的全雙工點對點鏈路 (full-duplex point-to-point link) 與具半雙工共享碰撞特性的網域 (half-duplex share collision domain)。前者為直接連結交換機 (switch) 或路由器 (router) 的全雙工傳輸，可適用在接取網路 (Access Network: AN) 的應用中；後者適用於具碰撞特性的區域網路中，以以太集線器 (Ethernet hub) 連結。Gigabit Ethernet 的主要特性如下：

- 傳輸速度為 1000Mbps。
- 訊框為 IEEE802.3 CSMA/CD 訊框。
- 傳輸媒介為雙絞線或光纖。
- 通訊協定為 CSMA/CD。採用「載波延伸 (carrier extension)」技術與「訊框爆發 (frame burst)」技術支援 CSMA/CD，以提升傳輸效率。
- 適合多媒體資訊傳輸，1000Mbps 的頻寬足以應付具有即時 (real-time) 要求的多媒體資訊。

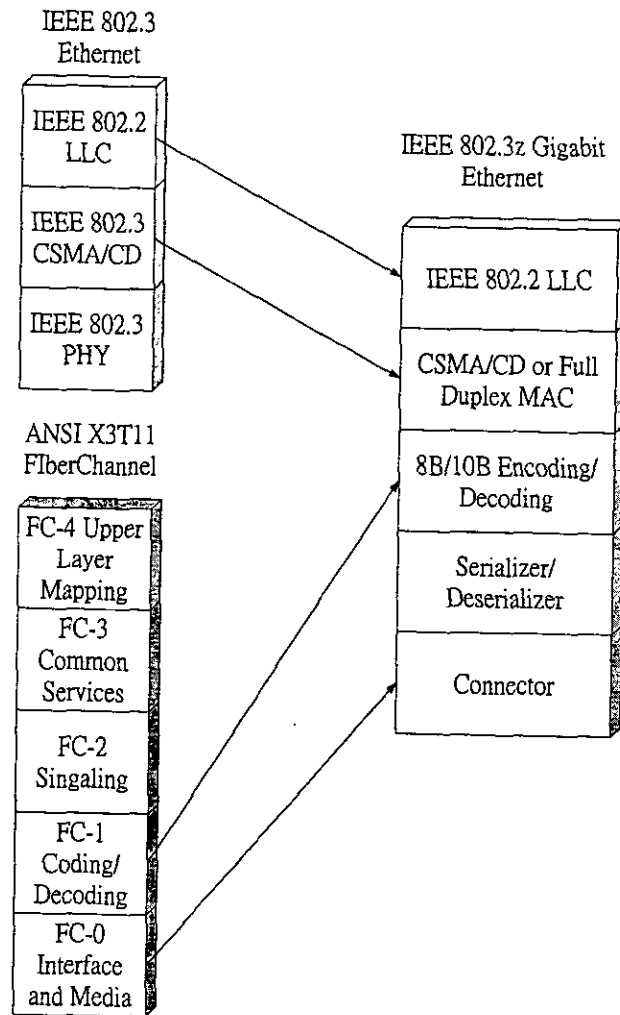


圖 5.1 802.3z 標準引用其它技術

### 5.2.1.1 Gigabit Ethernet 與 OSI 參考模型對應

圖5.2所示為 Gigabit Ethernet 與 OSI 參考模型 (OSI Reference Model) 的對應 [9]，802.3z 標準主要內容定義在實體層與資料鏈路層 (Data Link Layer: DLL)。包括媒介相關介面 (MDI)、實體層媒介相關介面 (PMD)、實體層媒介銜接介面 (PMA)、實體層編碼子層 (PCS)、超高速媒介無關介面 (GMII)。以下就較重要的子層分別描述。

### 5.2.1.2 邏輯鏈路控制 LLC

此層與以上其它子層的協定遵從 802.3 標準，並沒有更改。

### 5.2.1.3 媒介接取控制 MAC

Gigabit Ethernet 的 MAC 子層將傳輸速度提高到 1000Mbps，並支援全雙工與半雙工模式。在全雙工模式下，MAC 子層採用定義於 802.3x 的流量控制協定來解決交換機內的擁塞問題。在半雙工模式下採用 CSMA/CD 碰撞協定，但是由於傳輸速度的提升，導

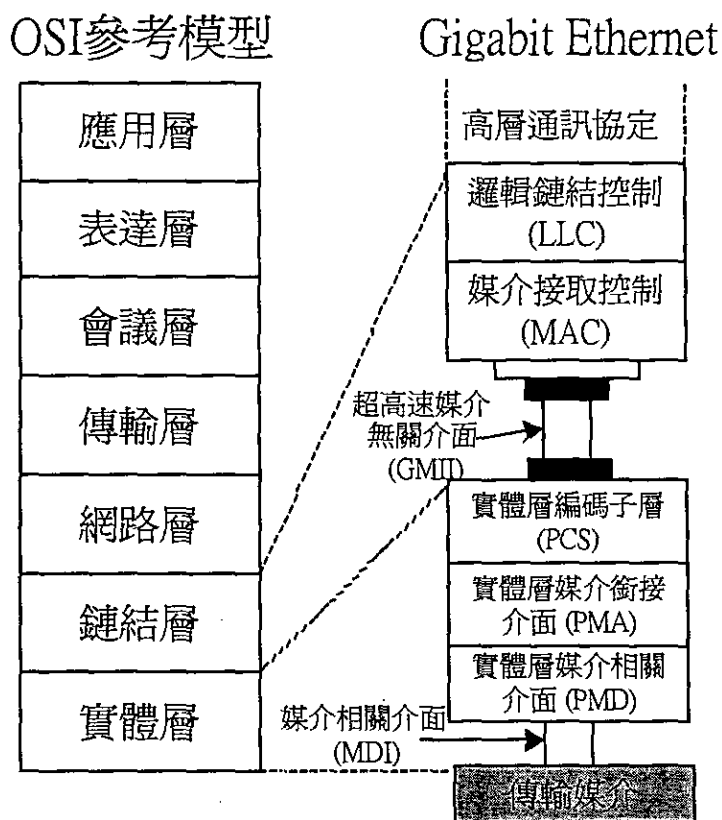


圖 5.2 Gigabit Ethernet 與 OSI 參考模型的對應

致在碰撞網域中引發新的問題，介紹如下。

我們已知 Gigabit Ethernet 與 Ethernet、Fast Ethernet 都採用相同的 Ethernet 訊框架構。假設沒有變更最短訊框 64bytes，最長訊框 1518bytes 的規定的話。由於鏈路上訊號傳遞的速度和訊號強度相關，因此增加資料傳輸速度，就必須相對減少網路長度或是增加訊槽時間的長度以符合偵測碰撞的條件。如果要縮短網路長度，則在 1000Mbps 的傳輸速度下網路長度將短於 25 公尺，如此網路線路將出不了機房，因此解決之道惟有增加訊槽時間。IEEE 802.3z 標準中將 Gigabit Ethernet 的最短訊框時間由原來的 64bytes 時間增加到 512 bytes 時間，並佐以載波延伸技術，如圖5.3所示 [9]。但是載波延伸技術增加訊框時間的同時我們也降低了資料傳輸的效能。為了增進傳輸效能，IEEE 802.3z 標準引進了管線式傳輸的觀念 (pipeline)，稱為訊框爆發。允許在一個訊爆 (burst) 內，連續傳送多筆訊框；就好像在水管中送水一樣，傳送端連續的送水則接收端可以連續的收水，如此可以提高水管的傳輸效率。訊框爆發的架構如圖5.4所示 [9]。

#### 5.2.1.4 超高速媒介無關介面 GMII

此層是實體層與媒介接取控制層的轉換介面，包括一個 125MHz 運作的 8 位元資料

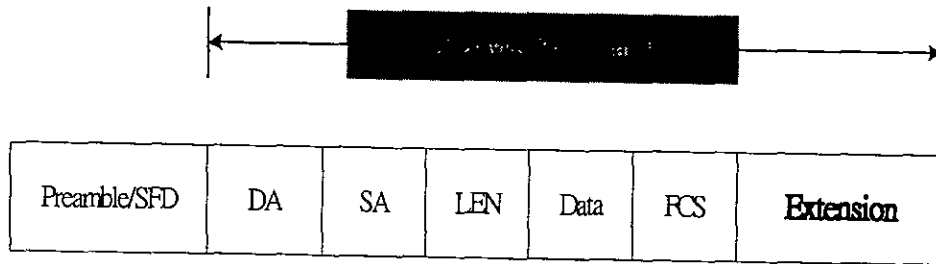


圖 5.3 含載波延伸的訊框格式

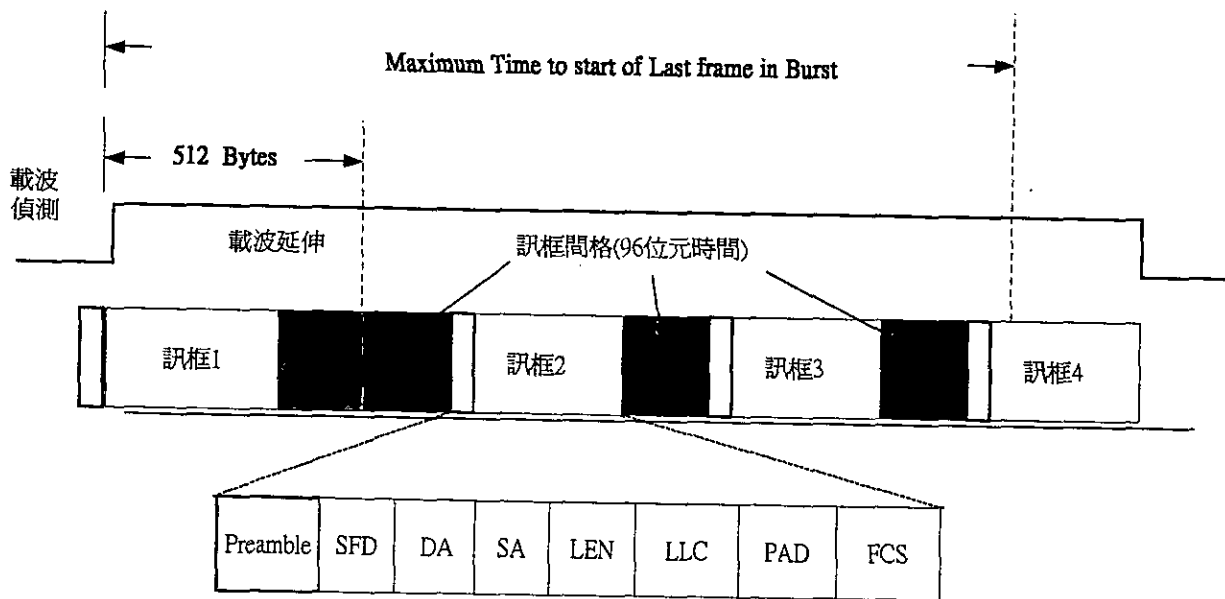


圖 5.4 訊框爆發的格式

匯流排及各種控制訊號。

### 5.2.1.5 實體層 PHY

Gigabit Ethernet 的實體層依線材不同結構如圖5.5 [8] 所示。802.3z 制定了在單模 (single-mode) 與多模 (multi-mode) 光纖與遮罩式雙絞線 (STP) 上的標準。802.3ab 則建立在非遮罩式雙絞線 (UTP) 上實體層的標準。Gigabit Ethernet 可用的線材種類與特性整理如表5.3。

## 5.2.2 10 Gigabit Ethernet 技術

10 Gigabit Ethernet 標準的目標是將 802.3 協定擴展到 10Gbps 的資料傳輸速度並延伸至廣域網路，與先前各種速度的 Ethernet 具有良好互連性，同時希望能充份利用現有的光纖網路架構來接續 10 Gigabit Ethernet。10 Gigabit Ethernet 特性列述如下：



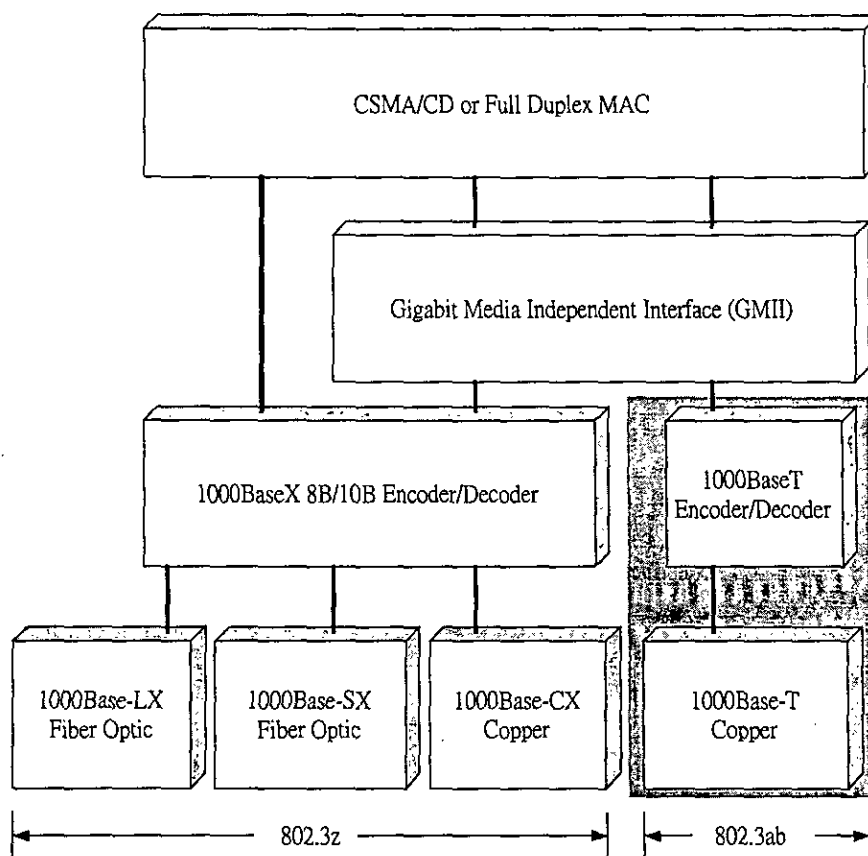


圖 5.5 Gigabit Ethernet 的實體層結構

表 5.3 GbE 可用線材種類與特性

種類	標準	波長	最長距離
非遮罩式雙絞線	1000Base-CX(in 802.3ab)	N/A	25m
遮罩式雙絞線	1000Base-T(in 802.3z)	N/A	100m
多模光纖(62.5 μ)	1000Base-SX(in 802.3z)	850nm	275m
多模光纖(50 μ)	1000Base-SX(in 802.3z)	850nm	550m
單模光纖(50 or 62.5 μ)	1000Base-LX(in 802.3z)	1300nm	3km

- 傳輸速度為 10Gbps。
- 訊框為標準 IEEE802.3/Ethernet 訊框。
- 僅支援光纖模組。
- 僅支援全雙工模式。
- 擴充傳輸距離最長可到 40 公里。
- 定義兩種不同意義的實體層：
  - LAN PHY 定義 10 Gigabit Ethernet 如何使用光纖通道並操作在 10Gbps (網路媒介接取控制/實體層編碼子層介面) 的速度及達到廣域網路的距離 (操作在只有純 Ethernet 的領域中)。
  - WAN PHY 是一個選擇性 (optional) 的實體層，它提供欲採用 10GbE 技術

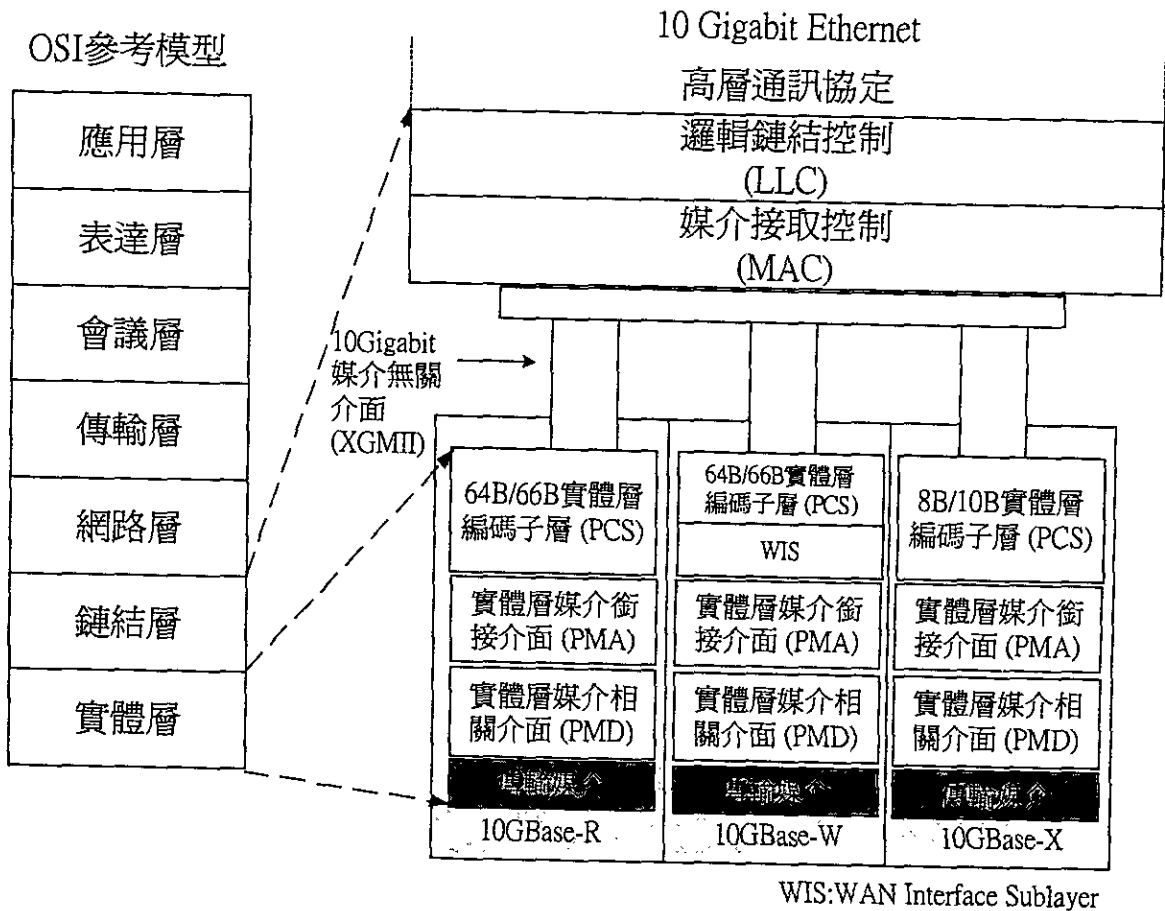


圖 5.6 10 Gigabit Ethernet 與 OSI 參考模型的對應

進行通訊的網路設備連結到現有的 SONET/SDH 光纖網路，並透過此 SONET/SDH 網路進行通透式 (transparent) 的 10 Gigabit Ethernet 通訊的能力。

### 5.2.2.1 10 Gigabit Ethernet 與 OSI 參考模型對應

圖5.6所示為 10 Gigabit Ethernet 與 OSI 參考模型的對應 [9]，10GBase-R 定義 LAN PHY 在光纖通道中使用序列式傳輸的實體層標準，10GBase-W 定義 WAN PHY 的實體層標準，10GBase-W 定義使用平行式傳輸 (如 WWDM) 的實體層標準。802.3ae 標準主要內容定義在實體層與資料鏈路層。包括媒介相關介面、實體層媒介相關介面、實體層媒介銜接介面、實體層編碼子層、10Gigabit 媒介無關介面 (10 Gigabit media independent interface: XGMII)。以下就各子層分別描述。

### 5.2.2.2 邏輯鏈路控制

此層與以上其它子層的協定遵從 802.3 標準，並沒有更改。

### 5.2.2.3 媒介存取控制

由於速度與距離的提升，10 Gigabit Ethernet 只適用於全雙工的光纖網路之中，因此原本存在於 Ethernet 媒介存取控制層的 CSMA/CD 協定對 10 Gigabit Ethernet 而言是沒有必要的，故 10 Gigabit Ethernet 在媒介存取控制層並不含有 CSMA/CD 協定，並將媒介存取控制層的速度提升至 10Gbps。除此之外，在媒介存取控制層的其他部份仍遵從 Ethernet 的標準。

另外，由於 10 Gigabit Ethernet 標準定義了 LAN PHY 與 WAN PHY 兩種實體層，其中 LAN PHY 操作在 10Gbps 的速度而在 WAN PHY 為了配合 SONET OC-192/SDH VC-4-64c，必須將速度降至 9.58Gbps 的緣故，在媒介存取控制層必需加入一新的機制以達到降低使用 WAN PHY 時的傳送速度，此機制稱為 MAC Pacing。

基本上使用 MAC Pacing 機制時媒介存取控制層的速度仍為 10Gbps。但是媒介存取控制層傳送封包到實體層編碼子層時會加大封包之間的空隙，並重覆前一個封包的部份內容，此重覆的部份將在實體層編碼子層編碼時被移除掉，利用這種方式來達到降低傳輸速度的目的。

### 5.2.2.4 10Gigabit 媒介無關介面 XGMII

此層是實體層與媒介存取控制層的轉換介面。

### 5.2.2.5 實體層

#### ■ 實體層編碼子層

此層使用 64B/66B 或 8B/10B 編碼，因應實體層媒介相關介面的不同而改變。此外，對 WAN PHY 而言，此層包含一 WAN Interface Sub-layer (WIS) 負責產生簡化型的 SONET 訊框以達到 WAN PHY 需要接續到 SONET 的需求。

#### ■ 實體層媒介相關介面

此層定義物理傳輸媒介的各種特性並對應各種光傳接器，在 10 Gigabit Ethernet 標準目前的草案中，使用單模光纖並使用 1550nm 的雷射光可達到最遠 40 公里的距離。表 5.4 [9] 列出目前已定義的實體層媒介相關介面。

#### ■ LAN PHY 與 WAN PHY

表 5.4 10 Gigabit Ethernet 的實體層媒介相關介面

媒介相關介面 (光傳接器)	支援光纖種類	傳送距離
850nm 序列式	多模光纖	65m
1310nm WWDM	多模光纖	300m
1310nm WWDM	單模光纖	10,000m
1310nm 序列式	單模光纖	10,000m
1550nm 序列式	單模光纖	40,000m

事實上，10 Gigabit Ethernet 標準與之前各種 Ethernet 最大的不同是在實體層上的定義。10 Gigabit Ethernet 定義了兩種實體層的標準：LAN PHY 與 WAN PHY。正如之前各版的 Ethernet 因為速度的提升，必須對實體層作出新的對應（如 100Base-T、1000Base-T 等），10 Gigabit Ethernet 標準也必須有相對應的實體層，這部份的內容正是屬於 LAN PHY 的範圍。值得注意的是，這部分實體層的定義往往是考慮在只有純粹 Ethernet 存在時的狀況，而不是與其它傳輸技術共存的網域。但是由於 10 Gigabit Ethernet 的應用範圍已經擴充到廣域網路中，因此必需考慮到如何接續到另一個使用者廣大的電信骨幹網路—SONET 上，以利用這些早已架構起來的光纖網路來做為底層，讓 10 Gigabit Ethernet 應用範圍更為廣泛，利用現有已投資的基礎來建構 10 Gigabit Ethernet 也更為經濟，這正是 WAN PHY 的主要目的。

值得注意的是，LAN PHY 與 WAN PHY 共用實體層媒介相關介面，因此傳輸距離上並無差別，LAN PHY 與 WAN PHY OSI 參考架構上的不同，主要在於實體層編碼子層中 WAN PHY 含有 WIS 用來產生簡化型的 SONET 訊框以方便接續到 SONET，如圖 5.7 所示。但是使用 10 Gigabit Ethernet 的 WAN PHY 並不能直接接到 SONET 的架構中，因此要透過 SONET 來架構通透式 10 Gigabit Ethernet 仍然需要一台 SONET Access Device 做為介面以提供兩種不同標準之間的轉換。

### 5.2.3 Optical Ethernet 接取網路架構

在考量網路技術傳輸距離、線路鋪設困難度與成本、繼續沿用既有的龐大末端與用戶終端網路技術與設備（投資）、用戶終端網路與設備能力、資源需求、方便於管理、建置速度與採用漸進式網路更新的方式等因素之後，以 Optical Ethernet 技術為主的接取網路可以採用「階層式網路架構：局端 (CO)—高速骨幹網路—末端 distribution 網路—終端用戶網路或設備」完成，其中高速骨幹網路部分又可以呈現：環狀 (ring) 與星狀 (star) 或樹狀 (tree) 拓撲的架構，末端 distribution 網路則多以星狀為主，如圖 5.8 與圖 5.9 所示。

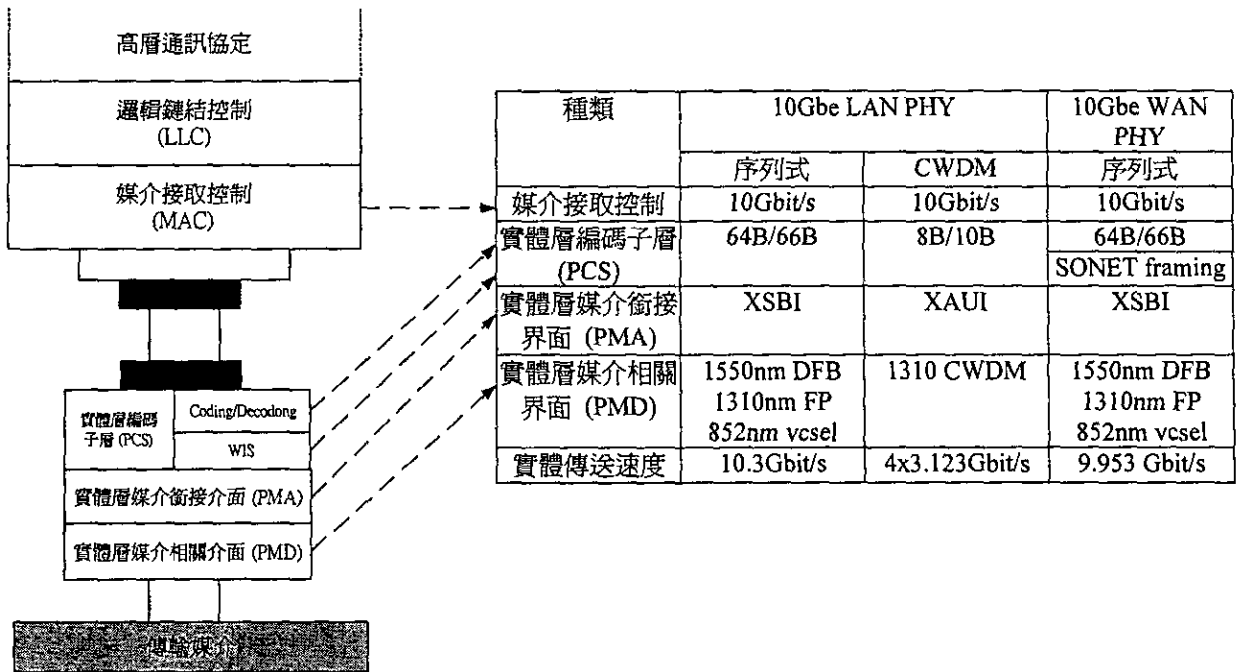


圖 5.7 LAN PHY 與 WAN PHY 在 OSI 參考模型架構上的不同

用戶透過 distribution 網路再經由高速骨幹網路接入點的 Gigabit Switch 連接至局端，再由局端 Forward 至各用戶所屬的 ISP，之後便可由 ISP 進入網際網路並取得網際網路的應用與服務。

採用階層式架構的原因，主要是從「如果現階段要開始佈建 Optical Ethernet 技術的接取網路，而且要符合省錢又快速的需求」的角度出發：階層式架構可以配合使用龐大的既有末端 distribution 和終端用戶網路技術、設備或佈線投資；而另一方面是目前在建設 Optical Ethernet 技術的接取網路初期，將主要採用已發展成熟的 Optical Gigabit Ethernet 技術，但由於其傳輸距離能力可能不足，在不採用 Repeater 或 Switch 延伸的情況下無法單獨覆蓋較廣大的接取區域（註：非標準的實體層技術 1000BASE-ZX 除外），所以採用階層式的架構，以 distribution 網路接續至用戶終端來達成完整的接取網路。而除此之外，也還有其他的因素考量與支持：目前一般用戶終端設備（例如個人電腦）的內部傳輸介面 (PCI) 尚無法充分發揮 Gigabit Ethernet 的能力 [13], [16]，或是終端用戶的頻寬需求還不大，這也是採取階層式架構接取網路的一個原因，而且也可以因而配合使用既有的終端用戶網路和設備。如此考量的階層式接取網路架構在建製成本上也比較經濟而有效益，而且可以在較短時間內完成，之後再以逐步升級的方式完成全 Ethernet 化，甚至是光纖化的 Optical Ethernet 接取網路。而且隨著光纖技術的進步與成熟，未來光纖傳輸或網路相關元件價格也將會更便宜、品質高而穩定。而這也恰符合漸進式或演進式

表 5.5 環狀高速骨幹架構與星狀 / 樹狀高速骨幹架構之比較

環狀 (ring) 高速骨幹架構	星狀 (star) / 樹狀 (tree) 高速骨幹架構
適合終端用戶網路或設備分佈密集的地區，例如人口稠密的大都會區環境。而且此區域範圍愈大愈可見其優點和效益，但是相對地必須頻寬也要再提昇才可以完全發揮。	<ul style="list-style-type: none"> <li>適合於終端用戶網路或設備分佈呈現較分散的地區，例如人口群聚型態為呈現分散聚落狀的郊區或鄉間。</li> <li>或是以獨立的社區、聚落為單位的服務型態考量。</li> </ul> 若終端用戶愈分散，且分散距離愈大，愈能夠顯出此架構的優點，但是相對地必須傳輸距離能力也要再提昇才可以完全發揮。這可以採用 Repeater 接續的方式。
架構較不具彈性	架構較具彈性
覆蓋範圍較大 (此架構本身即相當於是利用 Repeater 接續的方式增加傳輸距離)。	在不使用 Repeater 接續的情況下，涵蓋範圍將直接受限於技術本身的傳輸距離能力，所以能支援的接取範圍較小。
施工成本比較少，因為各高速骨幹接入點的 Gigabit Switch 是以串接的方式相連並形成環狀，非由局端直接鋪設鏈路過來。	施工成本比較大，因為需要為每一個高速骨幹接入點的 Gigabit Switch 分別從局端鋪設點對點的鏈路，距離較長。
總頻寬能力較小，因為相當於所有的用戶端資料僅共享兩條鏈路至局端。	總頻寬能力較大，因為個別的 Gigabit Switch 有專屬的上行鏈路至局端。
Security 是需要特別注意的功能，因為環形網路中距局端較遠處必須經過較多段的鏈路才能夠到達局端，所以資料安全性必須加強。	Security 較好，因為個別的 Gigabit Switch 有專屬的上行鏈路至局端。但仍可加強本身的 Security 條件。
環形網路的可靠度 (reliability) / 存活度 (survivability) 等保護作用較高，若有鏈路中斷，可以藉由另一鏈路方向進行通訊，但是必須其他鏈路狀態 (錯誤) 偵測或 (流向、流量) 訊務控制機制的配合。	可靠度 (reliability) 較低，沒有鏈路失敗的保護。
必須藉由其他控制功能輔助或適當設定 & 規劃 Switch 路徑，以提供主從式型態的接取網路服務架構，滿足網路系統業者 NSP 收費的依據。	本身即滿足主從式的服務架構，無須流向控制，但仍必須有流量控制。
負載平衡與流向 & 流量控制機制重要，由於 Ring 狀架構有共享上行鏈路的意味，所以需要此機制來控制頻寬。	無須做負載平衡，但仍必須有流量控制。
未來可以升級為 IEEE 802.17 RPR [50] 環狀網路，提昇保護與其他網路監控、管理功能。	無

的網路更新模式，與第四章中光纖接取網路的發展模式一致，是實務上比較可行的方式。

但是對於短距離、能力夠且有大量頻寬需求的用戶終端設備 (例如高階伺服器)，也可以直接接取局端而不經過階層式架構。此時多以 point-to-point 星狀架構呈現。而對於新興網路業者而言，由於所有的網路都是全新建設的，所以可以採用直接 Optical Ethernet 到府的方式以兼顧未來的網路能力需求與擴充性。但唯一的缺點可能是初期投資成本會

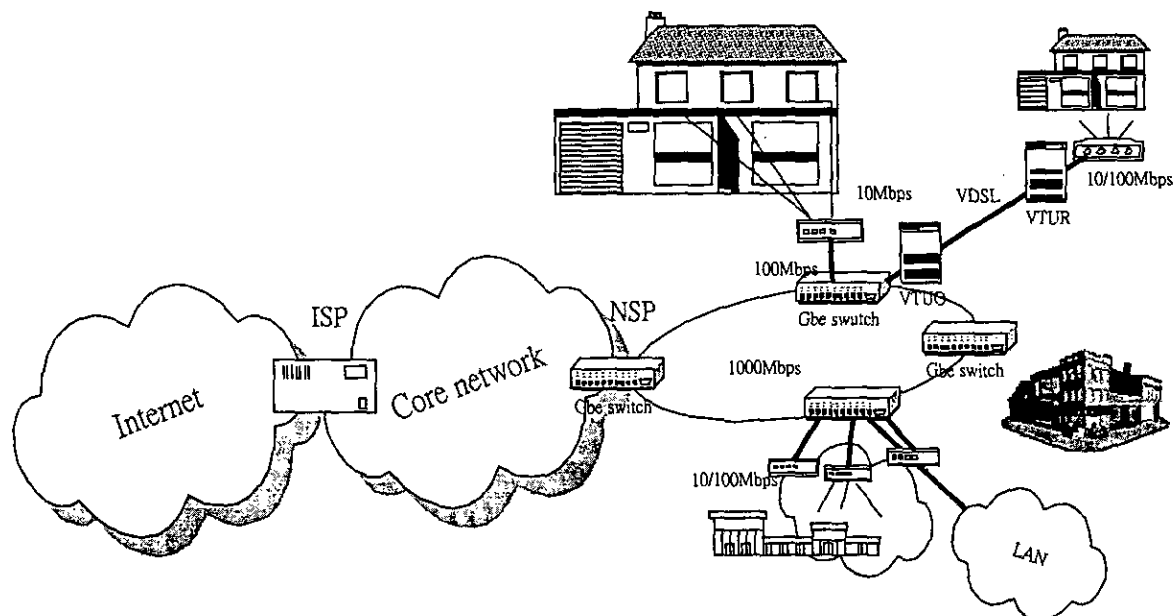


圖 5.8 環狀高速骨幹之階層式 Optical Ethernet 接入網路架構示意範例

比較大、建設時間也可能較長，如果用戶的消費成本也因此增加但終端設備能力尚無法充分發揮，或者沒有此寬頻需求的話，可能會無法順利營運或成本回收時間將拉長。此時仍可能要採用階層式架構，以較便宜的舊有技術提供至用戶終端的接入，再逐漸演進、升級至 all Optical Ethernet 的接入環境。

而其中高速骨幹網路部分可根據表5.5所整理的考量分別採用 ring 或 star 拓撲構成。由此可見，環狀與星狀架構各有其優點，最好是可以互相搭配使用，如此可以結合雙方的優點，達成網路建設最佳的效益與彈性。此外要注意的是，switch 的設定、額外的訊務控制 (流量控制、流向控制、負載平衡)、網路安全 (security) 機制和網路系統維運、監控與管理功能的配合也很重要，特別是對 ring 狀高速骨幹架構而言。

如圖5.8與圖5.9中所示，distribution 網路可以採用 Fast Ethernet 的 100BASE-TX (100m)、100BASE-FX (412m~2Km) 或 VDSL (300m~1.5Km) 等短至中距離的傳輸技術，主要的考量是可以繼續使用既有的網路技術，或在保留既有的佈線投資上升級為較新的技術。而終端用戶網路技術則可以是 10/100Mbps 的 Ethernet，如此在與同為 Ethernet 標準的 distribution 網路和 Optical Ethernet 接入骨幹的銜接上是比較容易的，省去格式與通訊協定轉換的工作；除此之外終端用戶網路也可以是 Wireless LAN (WLAN)、HomeRF、Bluetooth、HomePNA 等小型個人或家庭區域網路技術。這一部份可以參考第七章與第八章的內容。

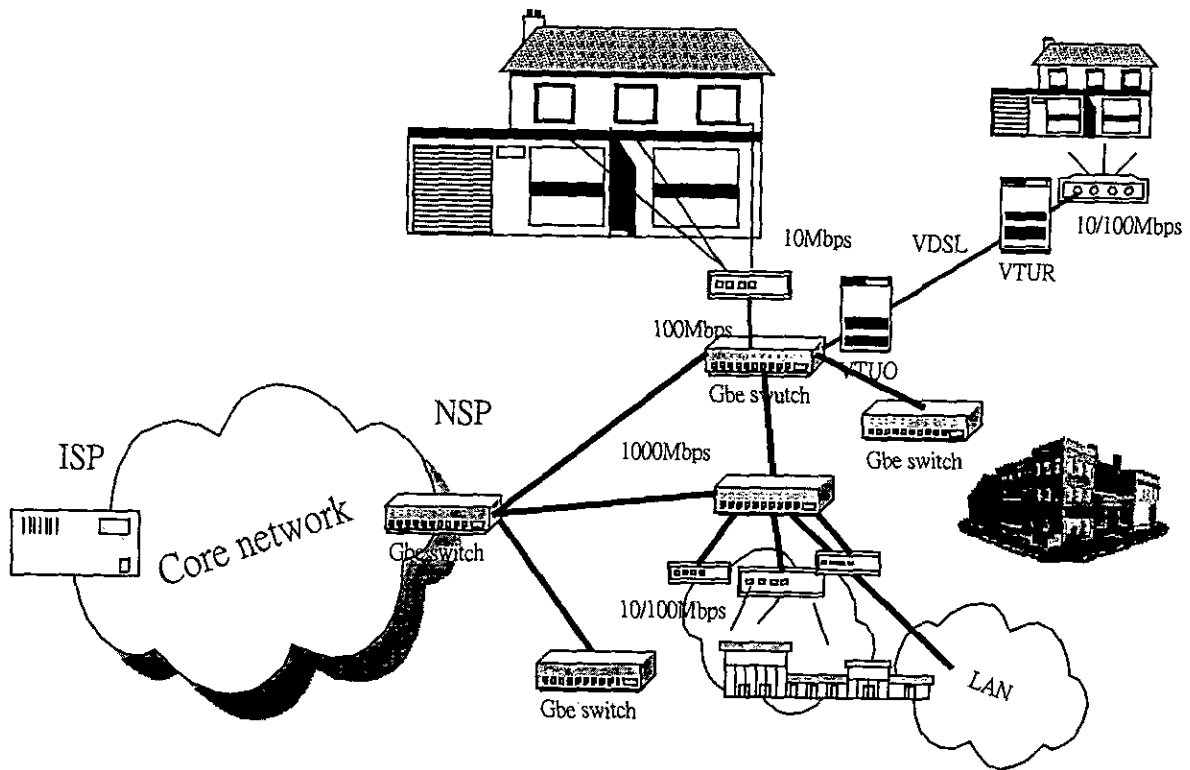


圖 5.9 星狀高速骨幹之階層式 Optical Ethernet 接取網路架構示意範例

未來此 Optical Ethernet 接取網路的演進大致會有兩個方向：在 10 Gigabit Ethernet 標準完成與相關產品的成熟之後，將會在頻寬與傳輸距離上進一步升級至 10GbE，甚至是未來繼 10GbE 之後更高速的 Ethernet 傳輸技術。另一方面，隨著 EFM 標準的完成、技術與產品的成熟、甚至是未來更高速與長距離的 EFM 技術的發展，EFM 技術的 Optical Ethernet 接取網路也將逐步建置，提升以 GbE 為基礎的 Ethernet-based 接取網路。

在網路頻寬的需求永無止境的情況下（持續成長的網路人口與大量的多媒體寬頻服務），當 10Gbps 標準完成之後，預期 Ethernet 將會持續有 100Gbps 甚至更高速的世代問世。在此情況下，Optical Ethernet 網路的架構將可以維持不變，可以是階層式環狀骨幹架構或是星形架構，以節省網路重新鋪設的成本，但是將由高速的世代逐步取代較低速的世代，以達成整體頻寬上提昇的主要目的：10Mbps→100Mbps、100Mbps→1Gbps、1Gbps→10Gbps、10Gbps→100Gbps……。新建網路部分則可以直接採用較高速的標準，同時因為新技術傳輸距離能力的增加，也可以減少所需要的節點（交換機或路由器）數目或增大涵蓋範圍。另一方面隨著用戶終端設備（電腦內部傳輸介面）能力的提昇，也有助於高速 Ethernet 的推展使用，甚至得以打破階層式架構達到 FTTH (Fiber To The Home) / FTTD (Fiber To The Desk) 的目標，但是這樣的接取成本會比較昂貴。值得注意的是，在



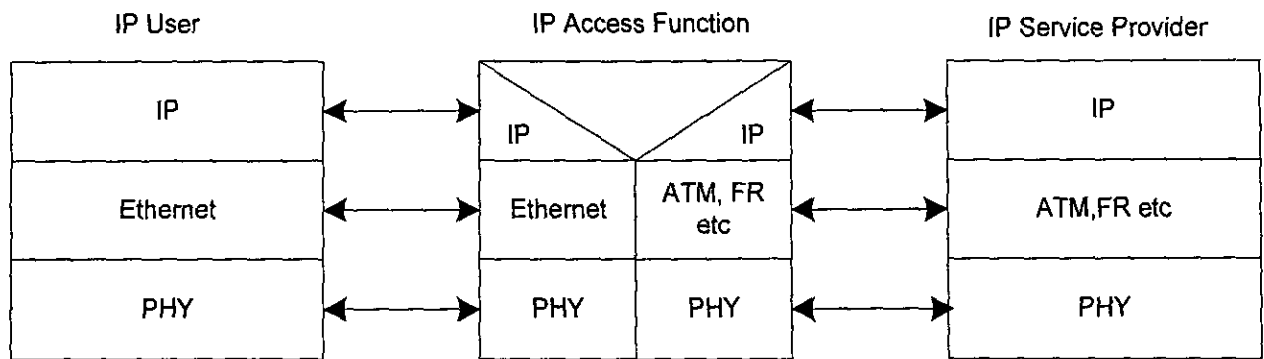


圖 5.10 Y.1231 建議的 IP-based Ethernet 接取網路協定堆疊

10 Gigabit Ethernet 的建設上，還可以充分利用既有的 SDH/SONET 網路設備與資源，做到 Transparent SDH/SONET 的使用方式。如此也將使得既有的（電信）網路投資得以充分利用，加速網路佈建速度，同時也可以加速網路的演進。

#### 5.2.4 Optical Ethernet 接取網路之 IP 服務通訊協定堆疊架構

這一部份主要是描述透過 Optical Ethernet 接取網路進行 IP 服務與其接取應用時，可能的相關網路設備與其上的網路通訊協定堆疊架構。在 ITU-T Recommendation Y.1231 [51], [55] 中，已經針對用戶端至 ISP 之間的接取網路，建議了多種可行的 IP 服務的通訊協定堆疊架構與相關的網路設備。但要注意的是，因為 ISP 是提供用戶 IP 網路服務，並得以介接、存取 Internet 網際網路（服務）的業者，所以 ITU-T Recommendation Y.1231 所定義的接取網路指的是「用戶端設備或網路」至「ISP」這一段提供 IP 服務接取之用的網路，與 ITU-T Recommendation G.902 [51], [56] 所定義的自「用戶端設備或網路」至「網路服務業者 (NSP) 局端」的「實體傳輸」接取網路有所不同。

目前 ITU-T Recommendation Y.1231 所建議的 Protocol Stack 可以根據接取網路所採用的 Transport 技術層次的不同，區分為「採用 PPP (Point-to-Point Protocol) [69], [70], [71]」與「採用 Ethernet」兩大類。「採用 PPP」的型態主要是針對採用 layer-1 實體傳輸技術的接取網路，在進行 IP 服務的應用時，以 PPP 協定填補空缺的 layer-2 功能。其中建議的多種 IP 服務 Protocol Stack 架構型態，已經為傳統電話撥接、ADSL 等技術的接取網路採用，以提供 IP 服務並連上網際網路；而 Ethernet 本身即為包含 layer-1 和 layer-2 的 Transport 技術，所以可以不必採用 PPP 而直接於其上提供 IP 服務。但是目前在「採用 Ethernet」的型態中只有一種建議架構（如圖 5.10），且尚未有採用於接取網路的實際例子，除了目前 Ethernet 技術為主的接取網路尚未完全成熟與廣泛採用之外，此架構在實際的應用上

也有功能不足之處。如果只是為了提供 IP 服務並可以連接網際網路，則此 Protocol Stack 的功能已經足夠且可以直接使用了，但是若是考慮實際使用上的商業行為，則缺乏很重要的用戶連線「認證」與「收費」的功能或依據。

從服務的角度來看，由於用戶端同時受到 NSP 與 ISP 的服務（用戶先透過 NSP 提供的 Transport 網路與 ISP 連接，再由 ISP 轉接進入網際網路），因此必須要分別付費給這兩個業者。NSP 因為是實體 transport 鏈路或網路的擁有者，必定可以依據提供給用戶通訊的實體鏈路或網路做為收費的依據，而且這些屬於網路末端的資源多為專門配屬用戶使用，所以多以月租制進行收費。然而 ISP 是架構在 NSP 的實體鏈路或網路上提供用戶 IP 服務，而一個 NSP 又可以連接多個用戶終端和 ISP，所以一個 ISP 必須要有其他的機制來進行用戶的認證並據此收費。在「採用 PPP」型態中所使用的 PPP 協定原本主要是用於 layer-2 功能的填補，於直接點對點鏈路 (direct point-to-point link) 上建立、監控與拆解通訊連線 (connection)。然而由於其在建立通訊連線時，還可以提供「用戶 (帳號) 認證」的功能，所以 PPP 除了單純地填補 layer-2 部分空缺的功能之外，也同時帶來用戶認證、使 ISP 可以在經過認證的連線上動態指派 IP 予用戶並據此收費的好處。

因此在參考 ADSL 接取網路的協定堆疊 (參考第二章)，並配合 5.2.3 節所規劃、建議的 Optical Ethernet 接取網路架構之後，我們提出如圖 5.11 所示提供 IP 服務的 Optical Ethernet 接取網路協定堆疊應用範例。主要是利用 PPPoE (Point-to-Point Protocol over Ethernet) [72] 此協定於 Ethernet 網路上提供用戶端至 ISP 的 PPP 連線，以提供 ISP 認證用戶的功能與在此基礎上進一步指派 IP 並進行收費。另外要注意的是，此種採用 PPP 的方式主要是針對「動態 IP (address) 計時制」的用戶的收費方式，若為「固定 IP (address) 月租制」的用戶，則因為當時候分配固定的 IP address 時，就必須配合 ISP 其 IP 網路的規劃，而將此 IP address 與用戶端至 ISP 的傳輸鏈路結合，使得以此 IP address 的通訊只能固定透過此傳輸鏈路進行，如此就相當於具有某種程度的認證基礎了，所以在這種情況下可以不使用 PPP 的方式來提供認證，而且可以單純地直接採用 Y.1231 中所建議的協定堆疊來進行。

除此之外，PPP 與 PPPoE 的採用還可以符合接取網路的主從式服務架構，特別是在仍具有 Broadcast 特質的 Ethernet 中作用更明顯，用戶端的 IP 服務通訊資料皆上行至 ISP 之後再下行至欲通訊的終端點，並且還可以搭配 PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol) [35], [63] 或 L2TP (Layer Two Tunneling Protocol) [36], [63] 等提供加密機制。

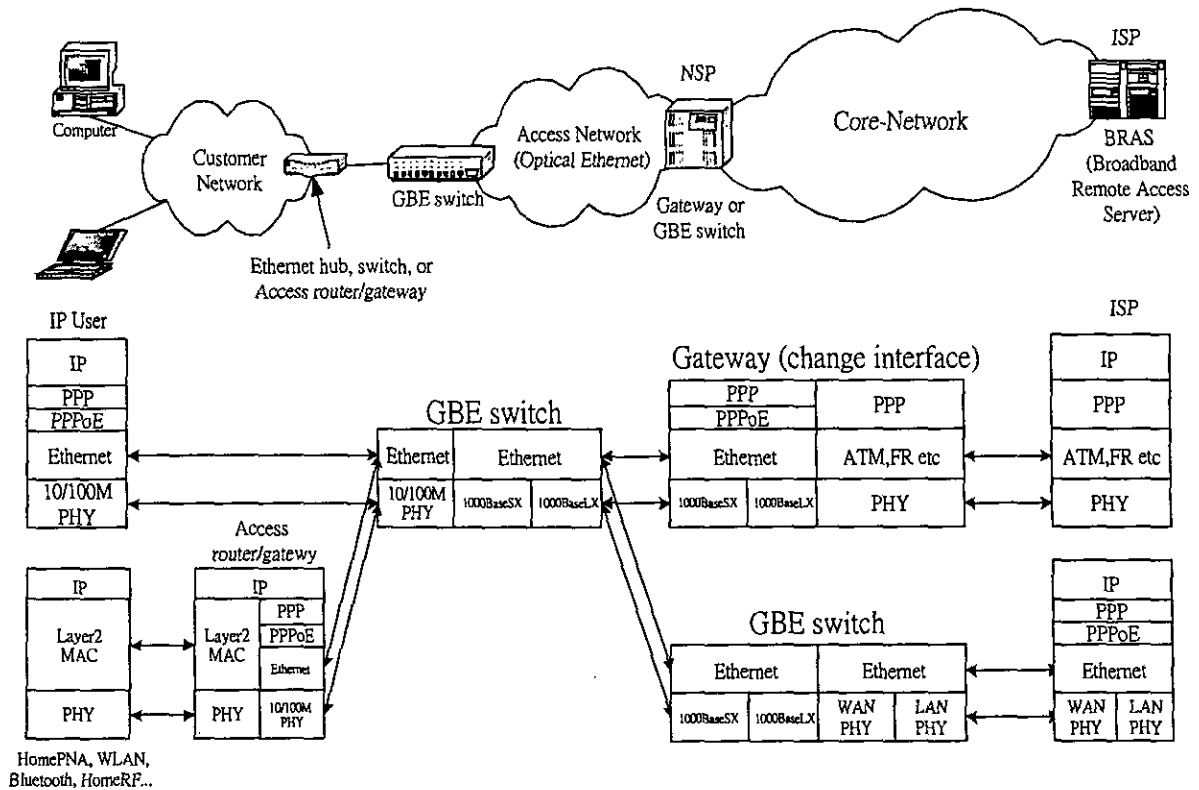


圖 5.11 IP-based Optical Ethernet 接入網路協定堆疊架構

另外要注意的是，在大型的 Ethernet-based 網路上限制「廣播風暴 (broadcast storm)」的影響是很重要的課題。雖然用於接入網路的 Optical Ethernet 是採取 switch 的方式運作，而非傳統 Ethernet 的 broadcast 方式，但是由於 Ethernet switch 在 switch rule 上仍必須藉由學習而非事先設定的方式建立，而且還會隨時間逐漸忘記 (fading)，此時就必須回到 broadcast 的方式來完成通訊，也因此便會造成 broadcast storm 降低頻寬的使用效益，所以愈大型的 Ethernet 網路愈應該重視此問題。目前可以在 switch 當中加入 IEEE 802.1Q VLAN [15], [17], [18], [43], [44] 的機制 (請參考 5.2.5.1 節) 來解決此問題，經由適當地設定 VLAN 就可以限制 broadcast 的範圍了。此外，VLAN 還可以做為 NSP 其他訊務或安全性管理，以及收費的依據。而為了改善 Ethernet 的服務品質 (QoS)，IEEE 802 Working Group 制定了 802.1p 優先權 (priority) 機制 (請參考 5.2.5.2 節)，使 switch 可以區隔不同通訊連線的 Ethernet 封包，並給予不同優先權的控制與處理，提供簡單的差異化服務品質保證。

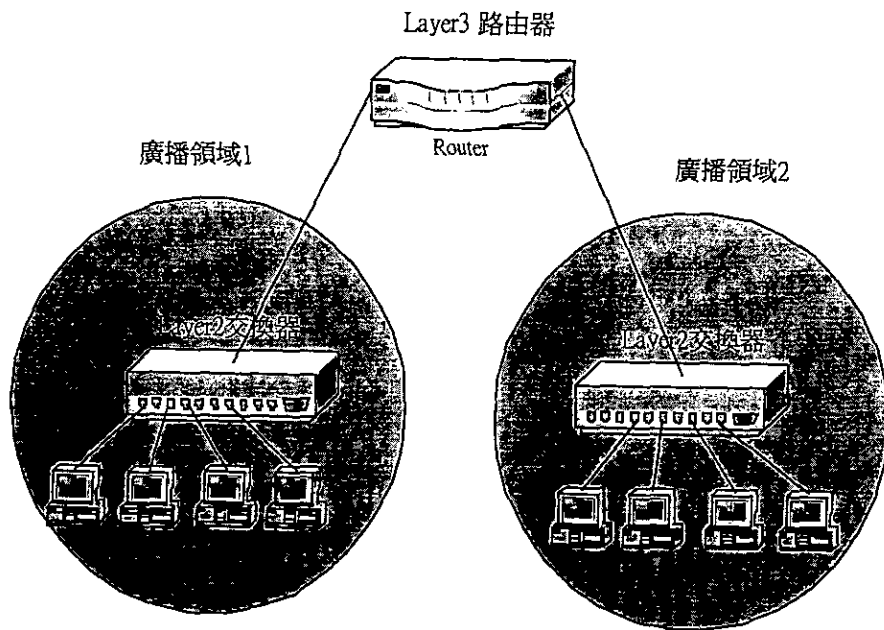


圖 5.12 Layer-3 設備架構數個廣播網域

## 5.2.5 Optical Ethernet 接取網路其他配合機制

### 5.2.5.1 IEEE 802.1Q VLAN 虛擬區域網路 [15], [17], [18], [43], [44]

所謂虛擬區域網路 VLAN，是將原本實際上並不一定連結在同一 Ethernet 廣播網域 (broadcast domain) 的網路終端設備，利用橋接器 (bridge) 或是 Ethernet switch 這些 layer-2 的設備，透過 IEEE 802.1Q VLAN tags 做為封包交換與轉送的依據，將這些網路終端設備以邏輯的方式連結起來，使得它們屬於同一個群組，彷彿是連接至同一廣播網域的 Ethernet 網路上。所以 VLAN 可以說是一種邏輯上群組化的觀念。

將工作站以 layer-2 設備將之群組化所見的第一個好處是廣播網域的縮小。原本只要是在 layer-3 設備，如路由器，同一個埠下的所有工作站都屬於同一個廣播網域，也就是說此埠下眾多 layer-2 交換機所組成的網路皆為同一個廣播網域，如圖 5.12 所示，只有 layer-3 的設備才能架構數個廣播網域。但是透過 VLAN 的標準，我們得以使用 layer-2 設備來達到切割廣播網域的功能，並且可以有彈性的定出不同的群組。

廣播領域的縮小代表工作站所送出的廣播訊框不至散佈至整個區域網路，而是僅在具有同群組的 VLAN 中傳遞，因此原本眾多工作站產生的廣播所佔用的頻寬將可釋放。這一點在區域網路資料速度可到達 Gigabit per second 等級的今日影響更大，廣播封包的減少對於頻寬的節省更是數量級上的改善。而邏輯上的分組可成為網路管理者對於用戶

間不同標準、計費或安全性上控制的依據。

VLAN 的切割有很多種方法如例如：by port、by MAC address、by layer-3 protocol、by IP subnet、by role 等五種方式。事實上，IEEE 802.1Q 並無規定系統應該使用哪一種虛擬區網的架構，不過其中應用最多的是 by port 及 by MAC address 兩種方式。

### 5.2.5.2 IEEE 802.1p Priority/layer-2 QoS [19,20,21,42]

802.1p 提供了 MAC 訊框（相對於 OSI 標準的第二層）的優先權（priority）服務，可以讓 QoS 執行在 IEEE 802 的網路技術上，如 Ethernet、FDDI 或 Token Ring 等。802.1p 提供 layer-2 QoS 的作法是在 MAC 訊框的標頭（header）上設置 3 個位元的欄位來分辨優先權，最多可以提供 8 種不同的優先權等級。當支援 802.1p 的 layer-2 設備傳送這些使用 802.1p QoS 的訊框時，將會依照優先權等級的不同來決定傳送的先後順序。由於這是 layer-2 的技術，故 802.1p 只能運作於區域網路中。

## 5.3 Optical Ethernet 接取網路發展趨勢及架構演進

### 5.3.1 IEEE 802.3 Ethernet in the First Mile [22—29]

#### 5.3.1.1 EFM 計畫緣起與發展

網際網路與多媒體服務的蓬勃發展使得接取網路成為目前網際網路服務的瓶頸所在，為提供用戶端至 ISP 間寬頻接取服務，開始有許多寬頻傳輸或網路技術被提出並做為接取網路的應用。另一方面，隨著 Ethernet 技術由 10Mbps、100Mbps 逐漸發展至 1Gbps 與 10Gbps 的光纖寬頻傳輸能力，並採用 Switch 運作模式更擴展其應用的範圍與架構彈性之際，由於其高速傳輸的能力與覆蓋範圍的提升，不僅已逐漸被使用在區域網路的高速骨幹鏈路以提供足夠的頻寬，並做為連接伺服器、取代網路上的瓶頸處的方案，也開始有將 Ethernet 應用於接取網路的構想。IEEE 802.3 Working Group 便是在這樣的應用發展趨勢與考量下，於 2000 年 11 月成立了 Ethernet in The First Mile (EFM) 的研究小組 [22]，以接取網路應用的角度（而非傳輸速度提昇的技術角度）出發，研究將 Ethernet 技術應用於末端接取網路的可行性。

EFM 的目標是要在維持 Ethernet 既有的訊框格式與運作機制下，發展一適用於接取網路應用的 Ethernet 網路系統。EFM 計畫某種程度上可以視為是改進、增強已發展的各项 Ethernet 傳輸技術（傳輸距離、可容忍環境係數、設備成本、使用既有鋪設的網路傳輸

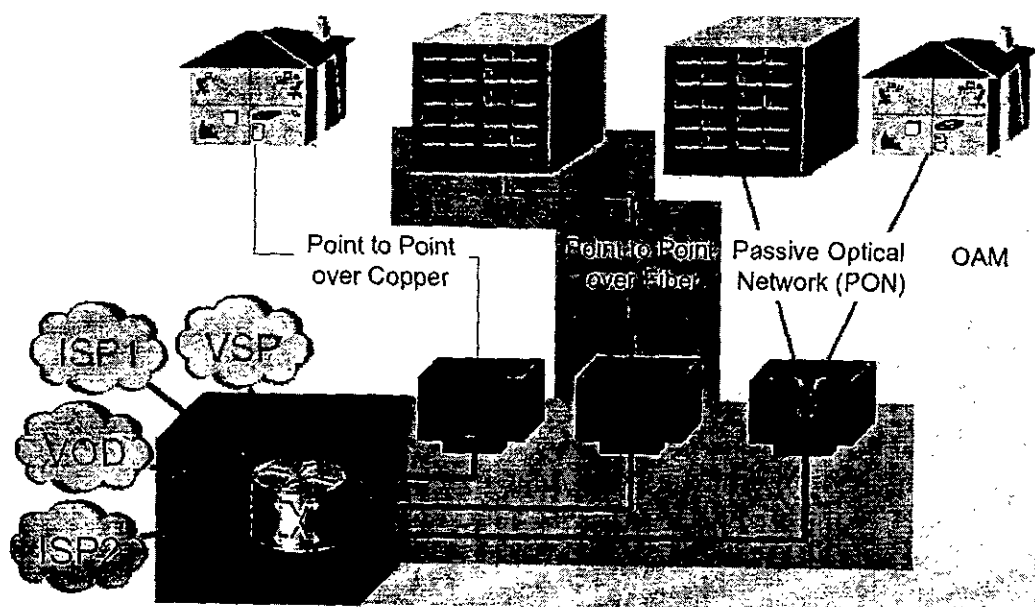


圖 5.13 EFM 示意圖

媒介) 並新增維運與管理控制功能 (OAM)，使最佳化於適合接取網路的應用，同時也進行了網路架構上的改變。

IEEE 802.3 Working Group 於 2000 年 11 月成立 EFM Study Group，以接取網路的應用角度出發，研究將 Ethernet 技術應用於接取網路的可行性。在經過多次的會議討論之後，於 2001 年 9 月移交任務小組 (Task Force) 繼續就研究討論的成果 (計畫目標、發展時程、各廠商建議的可行技術選項) 完成標準的制定。EFM 標準預訂於 2003 年 9 月完成。

### 5.3.1.2 EFM 技術簡介

本計畫因目前仍在發展中，所以許多技術作法或細節仍未底定 (就連第一版的草案也尚未提出)，但在經過 EFM 研究小組幾次會議的討論之後，已經初步規劃了 EFM 的研究發展目標 (方向)，包括：

- 以網路架構、實體傳輸層技術與實體傳輸媒介之不同，區分為三種實體層 (PHY) 技術 (如圖5.13所示)。
  - Ethernet over Point-to-Point Existing Copper Plant
  - Ethernet over Point-to-Point Fiber
  - Ethernet over Point-to-Multipoint Fiber：此即所謂的 Ethernet over Passive Optical Network (EPON)
- 並同時致力於網路維運與管理 (OAM) 機制的定義，提供網路業者對接取網路

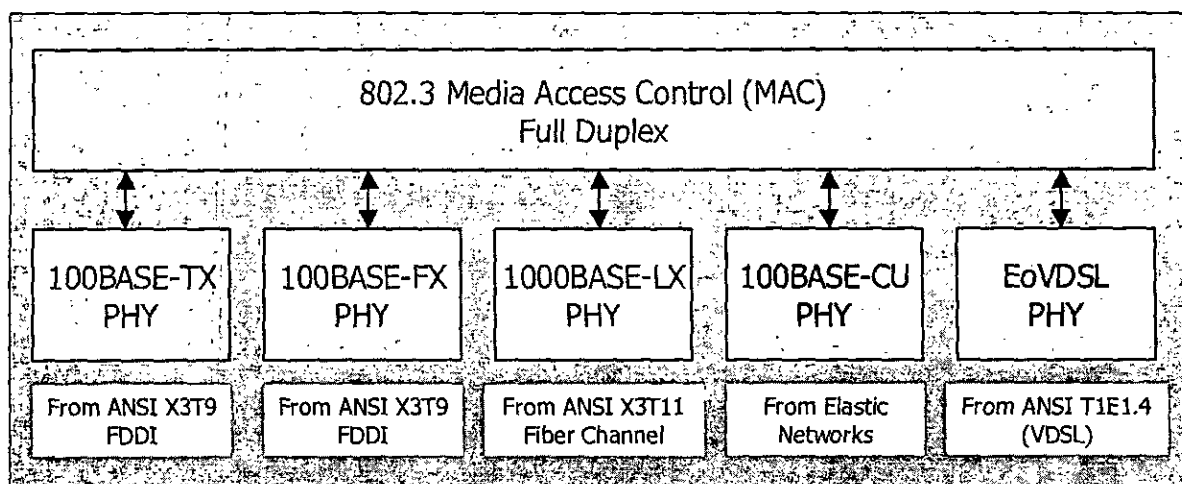


圖 5.14 EFM over Point-to-Point Copper 技術解決方案

運作狀況的掌握、錯誤偵測與故障排除等掌控能力。

### 5.3.1.2.1 Ethernet over Point-to-Point Existing Copper Plant

在 Ethernet over point-to-point existing copper plant 方面，希望能在單一對銅絞線材上，可以達到在距離 750 公尺 (2500 英尺) 以上，仍擁有雙向皆至少為 10Mbps 傳輸速率的目標。此技術與過去傳統的 10Mbps Ethernet 不同之處在於，其在「單一對」的銅絞線材上，利用最新的數位信號處理 (DSP)、適應性等化器 (adaptive equalizer)、回音消除 (echo cancellation)、近端與遠端串音 (NEXT/FEXT) 消除、單向錯誤更正 (Forward Error Correction: FEC) 等技術，提供「雙向全雙工 10Mbps」的傳輸能力，並「提昇了傳輸的距離」。更重要的是，不僅是現在常見的 CAT-5 品質的銅絞線材，這個技術甚至希望能在目前已經佈建的所有銅絞線網路上，包含目前電話網路的語音品質銅絞線 (voice-grade copper) 上達成這個目標。而目前電話網路大多即是採用單一對銅絞線。

目前 EFM 研究小組內提出兩種解決方案，都是沿用既有的實體層傳輸技術再加以增強或修改，以加速標準的制定。這兩個技術選項分別是如圖 5.14 所示的 100BASE-CU 以及 Ethernet over VDSL (EoVDSL)，分別沿用了 Fast Ethernet 與 VDSL 的 PHY 技術。

此技術的網路架構上仍為必須藉由 switch/bridge 連接的 star 拓撲，如圖 5.15 所示，可以使用於短距離的接取網路用戶迴路，直接連接局端與用戶端設備或網路 (customer premise equipment or network)；也可如同傳統 10Mbps 與 100Mbps Ethernet 般使用於大樓或社區內成為佈建用戶端網路之用，或再搭配同技術或其他傳輸技術 (SDH/SONET、1GbE、10GbE 等) 連接至局端，構成完整的接取網路。目前 Cisco 已經有此技術的相關產品了，稱為 Long Reach Ethernet (LRE)。

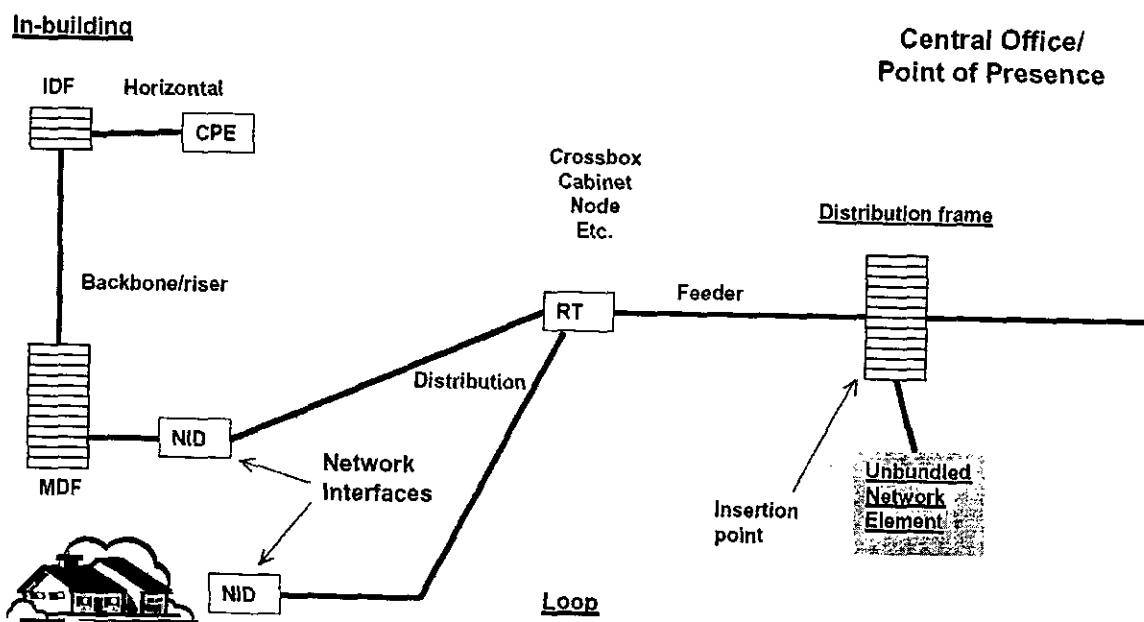


圖 5.15 EFM over Point-to-Point copper 網路架構範例

#### 5.3.1.2.2 Ethernet over Point-to-Point (P2P) Fiber

這一部份是想要藉由改進原本 802.3z Gigabit Ethernet 的實體傳輸層 (1000BASE-LX)，使可以達成在單一條單模的光纖中以 1000Mbps 的速度進行雙向的傳輸，同時提昇傳輸距離至超過 10 公里的目標 (如圖5.16所示)。除此之外，還將增加網路操作的环境溫度的容忍值，以擴大其適用的情境與範圍。

此技術與 802.3z Gigabit Ethernet 最大不同之處在於，其在「單一」的單模光纖上，便可以「雙向對稱全雙工 1000Mbps」的速度提供「超過 10 公里」距離的傳輸能力。這可以說是將 Gigabit Ethernet 進行最佳化使適合於接取網路的應用：傳輸距離與操作環境溫度容忍值的提昇，滿足了大多數接取網路涵蓋範圍的需求；單一光纖雙向傳輸的能力，節省了光纖佈建的成本；再配合 EFM 預期完成、用於 Ethernet 接取網路應用的維運與管理機制。

目前作法上又可以分為兩種：一是利用單一波長的光來達到雙向 1000Mbps 的能力，這種是比較不直覺的作法，而且也需要比較多額外的控制機制，但是卻因為節省了不同波長的光傳送與接收器的需求，可以有較經濟且具優勢的價格；另一是利用不同的光來區分上下行不同方向的資料傳輸，取代實體上需要一對光纖以分別傳送上下行資料的作法。



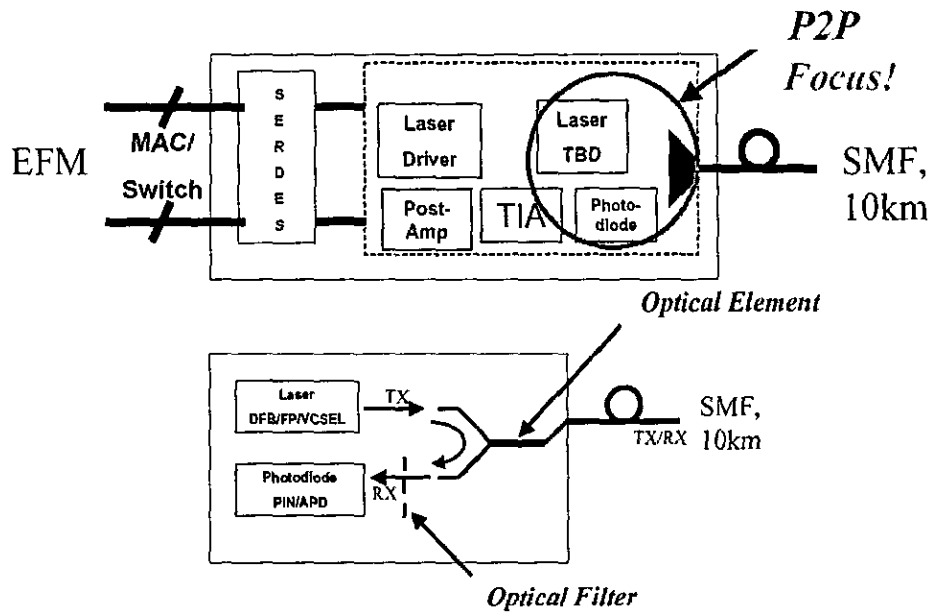


圖 5.16 EFM over Point-to-Point Fiber

此技術的網路架構上仍為必須藉由 switch/bridge 連接的 Star 拓撲，可以使用於較長距離的接取網路用戶迴路，直接連接局端與用戶端設備或網路 (customer premise equipment or network)，而且視用戶端設備或網路的距離、規模和連接方式，還可以區分為 FTTH/FTTD、FTTB、FTTC、FTTCab；也可如同 1GbE 或 10GbE，著眼於其寬頻能力的 usage 方式：做為高速骨幹網路、連接伺服器、取代網路上的瓶頸處、或佈建 MAN。

### 5.3.1.2.3 Ethernet over Point-to-Multipoint Fiber (EPON) [26], [27], [29], [57]

此方式可以視為 Point-to-Point Fiber 架構的再改進，藉由採用 Point-to-Multipoint 的 Passive Optical Network (PON) 取代一網路設備 (例如交換機) 上由多對 Point-to-Point Fiber 構成的 Point-to-Multipoint 網路佈線，如圖 5.17 所示，可以進一步減少所需的光傳送接收器 (transceiver) 等相關元件數量，降低成本。希望能夠做到在一個光纖分歧率 (split ratio) 大於 32 以上的 PON，以全雙工 1000Mbps 甚至更高的速度提供超過 10 公里的傳輸能力。

PON 最初是定義於 ITU-T G.982 [57] 中的光纖網路架構，後來為 FSAN (Full Service Access Network: 全方位服務接取網路) [31,32] 所採用為共通的寬頻光纖接取網路架構，並在 1998 年提交 ITU-T 中標準化成為 ITU-T G.983.1 建議 [58]，且在上層採取 ATM 技術以 ATM-based PON (APON) [30], [31], [58] 的方式提供接取服務 (參考第四章)。而著眼於 PON 的具標準化與較其他光纖網路架構經濟的成本條件 (投資成本較少，回收較

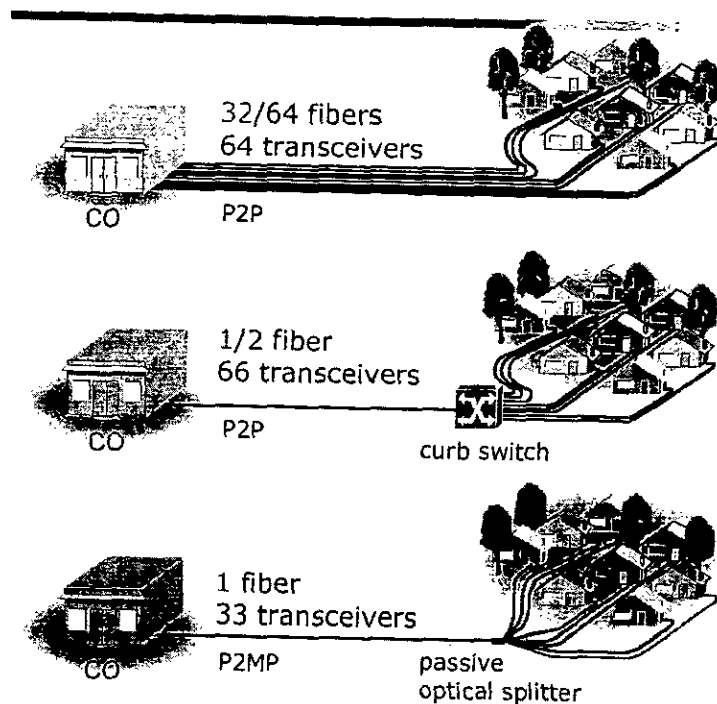


圖 5.17 Point-to-Point Fiber 與 Point-to-Multipoint Fiber (PON) 網路架構比較

快), EFM 計畫也擬採用 PON 做為接取網路, 只是上層改採用 Ethernet 技術而成為 EPON (Ethernet PON)。

由於 PON 特殊網路架構與性質 (不對稱的架構, 有主從式的意味; 上下行採不同頻段進行, 下行為多點廣播而上行為共享媒體多點傳輸), 使得無法完全保留原來 Ethernet 的運作機制, 勢必需要在 MAC 部分進行修改。而 Cable Modem 以及 APON [30] 的網路架構與特性都與 EPON 所面對的相似, 因此在這部分的制定工作中, EFM 研究小組與工作小組也會參考了 Cable Modem 與 APON 的相關標準。但是因為如此一來 MAC 需要修改的幅度不小, 在 2001 年 1 月的研究小組會議中還引起廣泛討論, 究竟如此修改過後的 Ethernet MAC 是否仍可以被視為 Ethernet。在繼續研究與經過幾次的會議討論之後, EFM 研究小組擬在原來的 Ethernet MAC 之下, 於原 Ethernet PHY 中 PCS (實體層編碼子層) 的上方加入一因應 PON 所需要的多重接取協定 (multiple access protocol) 機制子層 (sub-layer), 如圖 5.18 所示, 並再經過一個點對點鏈路模擬次層與上層的 MAC 相連。這樣一來便可以維持原本 Ethernet 的 MAC 運作與訊框格式。

以下將分別簡介 EPON 的上下行傳輸機制的主要考量因素與其運作: 在資料上行方面, 如圖 5.19 所示, 也就是當光網路終端 ONU (Optical Network Unit) 有資料要傳送的時候, 由於 PON 的特殊架構使得對所有的 ONU 而言是處於一共享的傳輸媒介上進行資料

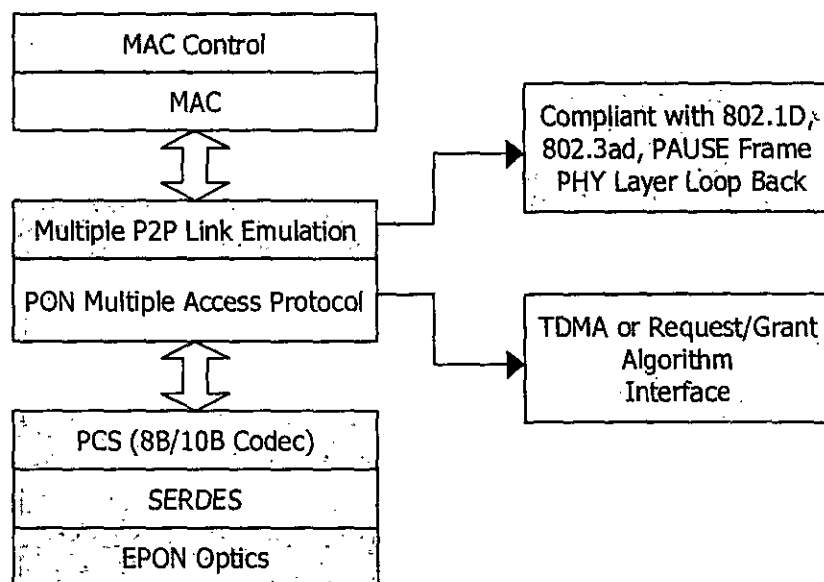


圖 5.18 EPON 介面功能架構

傳送，因此傳送機制的主要考量是如何在資料傳送至 PON 光網路頭端 OLT (Optical Line Terminal) 時不造成彼此間的碰撞。此情況與行動通訊所面臨的情形也很相似。在參考了 Cable Modem、APON、甚至是行動通訊相關的 Multiple Access 方式後，目前決定採用分時多工 (Time Division Multiplexing: TDM) 系統為基礎的方式來解決：所有的 ONU 必須先分別與 OLT 進行同步的動作，這不僅包括時脈上的同步 (synchronization)，還包括上行傳送訊框 (uplink frame) 相位上的同步 (ranging)。待時脈與訊框皆取得同步之後，各 ONU 便可以按照其所分配到的時槽 (time slot) 進行資料傳送而彼此不會發生碰撞了。藉著控制分配時槽數量也相當於控制 ONU 所能傳送的頻寬。只是目前在各 ONU 如何取得其所需的時槽的機制上，仍存有不同的作法，有參考 Cable Modem 的 Request/Grant-based 的作法，也有仿效 APON 或行動通訊中的 contention-based TDMA 的運作機制。

在資料下行部分 (如圖 5.20 所示)，也就是 OLT 傳送資料時，則為單純的多點式廣播，所以在傳送機制的運作上是比較單純的，有資料要送的時候就可以送出去。也因為資料是以廣播的方式送出，任一個下行的 ONU 都可以收到，因此資料傳輸的安全性考量將會是此部分的一個重點。在參考 APON 與 Cable Modem 關於此方面的作法後，目前擬採用較 Cable Modem 所使用的 DES (Data Encryption Standard) [33] 更新且安全性更高的 AES (Advanced Encryption Standard) [34] 技術做為下行廣播 Ethernet 訊框的加密方法。此外，OLT 與 ONU 之間的密鑰 (key) 散佈、交換及 ONU 有所異動時的密鑰同步機制是值得研究的課題。

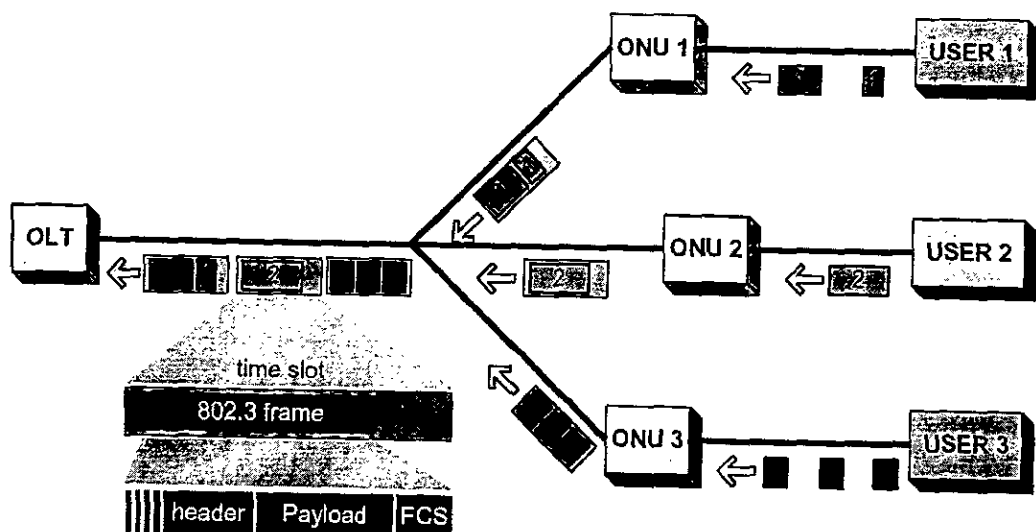


圖 5.19 EPON 資料上行示意圖

光網路頭端的 OLT 即相當於一 Gigabit Ethernet switch。當資料由 ONU 上行至此，OLT 即根據其 Ethernet 訊框的 MAC address 進行資料的轉送，可以繼續上行至骨幹網路，或透過原來的 PON 介面廣播下行，每一個 ONU 再根據訊框上的 destination MAC address 收下欲傳送給自己的資料，而將其餘的訊框忽略。許多訊務控制功能也都需要透過 OLT 完成；在 QoS 功能方面，目前主要可以透過上行的 Multiple Access Protocol 藉由 TDM time slot 的指派做到動態頻寬分配 (dynamic bandwidth allocation)，並結合既有 Ethernet 交換模式的各項控制功能來達成，例如 802.1D bridging [19], [41]、802.1p classification and Priority [19], [20], [21], [42]、802.1Q VLAN [15], [17], [18], [43], [44]、802.3x frame-based flow control [46] 或傳統 Ethernet 的 'PAUSE' control frame 進行流量控制。

除了數據通訊的服務之外，也因為 EPON 上行傳輸部分具有 TDM 系統的特性，所以可以透過此基礎提供傳統電話語音通訊服務；或是可以利用 PON 光纖中未使用到的頻寬和波段，利用分波多工 (WDM) 的技術提供傳統射頻廣播式類比電視系統 (RF broadcast TV) 或是電話語音的服務。但是要注意的是，因為傳輸媒介和技術與傳統不同，所以當利用 EPON 提供傳統電信或電視服務時，必須要加裝閘道器 (gateway) 或轉換器才能夠繼續沿用既有的終端設備與使用習慣取得服務。

#### 5.3.1.2.4 Operation, Administration, and Maintenance (OAM)

維運、監控與管理功能 (OAM) 是接取網路必須具備的基本功能之一，提供網路服務業者對於其網路系統的掌控能力，由於 Ethernet 網路系統原本並不具備 OAM 的功能，

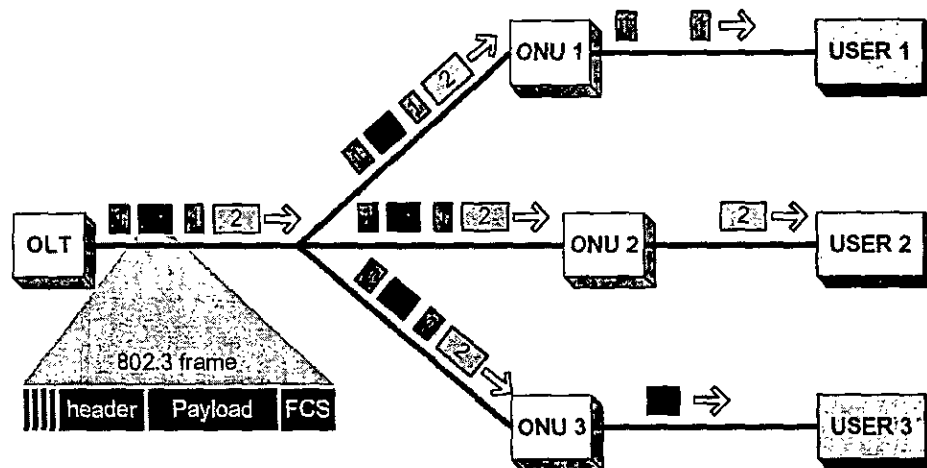


圖 5.20 EPON 資料下行示意圖

所以在推動 Ethernet 做為接取網路技術的 EFM 中也致力於 Ethernet 網路 OAM 功能的制定。

目前 EFM 擬制定的 Ethernet 接取網路 OAM 功能包括：鏈路監測 (link monitoring)、遠端障礙指示 / 偵測 (remote failure indication/detection)、遠端迴路(remote loop-back)。主要以 PHY 與 MAC 兩層網路功能狀態的掌控為主，且可以在網路發生問題時進行排除或隔離 (failure isolation)，並不包括網路規劃 (provisioning) 等服務性的功能。目前希望所制定的 OAM 能夠適用於前述三種 EFM 網路中，甚至可以擴充通用於所有的 Ethernet 網路系統，並能夠達到與既有的 (接取) 網路的 OAM 功能相同程度的能力。

### 5.3.2 Optical Ethernet 接取網路架構演進

隨著 EFM 標準逐漸完成與相關技術逐漸成熟之後，EFM 將逐漸被應用於接取網路上。初步可以是以上述的階層式架構為主，主要是針對5.2.3節所提出的星狀階層式架構 Optical GbE 接取網路之骨幹線路升級成為 EFM over point-to-point fiber，一方面仍可以沿用舊有的末端網路技術和設備，以節省投資成本，另一方面也可以維持方便管理的特性與引入 EFM 的維運與監控功能。對於新建網路部分，則可以直接鋪設 EFM over point-to-point fiber 或 EPON，此時仍可採用星狀階層式架構或搭配舊有的網路建設 Ring 與 Star 拓撲混合的接取網路架構。另外也可以配合用戶終端設備能力的提昇，突破階層式架構而直接 FTTH/FTTD，此種方式較採用 GbE 或 10GbE 的 FTTH/FTTD 成本便宜。

此外在末端網路和用戶端網路部分，也可以採用 EFM over existing copper plant 的技術進行升級，例如將 VDSL 升級為 EoVDSL。而環狀骨幹階層式接取架構中，其環形高

速骨幹可以進一步升級採用 IEEE 802.17 Working Group 所提出的 Resilient Packet Ring (RPR) [50]，以具有斷路恢復 / 保護功能的環狀光纖網路提升接取網路的可靠度 (reliability) 與存活度 (survivability)，以達到電信服務品質。

未來，高速 Ethernet 技術的發展將可能會與 EFM 結合，整合成單一的 Optical Ethernet 網路技術，不僅追求速度與傳輸距離的提昇，也將降低 (設備、傳輸媒介 / 線路) 成本，增強網路維運與管理的機制。

### 5.3.3 Optical Ethernet 接取網路協定堆疊演進

在協定堆疊方面，因為 EFM 仍是屬於 Ethernet 系列的技術，保留有 Ethernet、Fast Ethernet 和 Gigabit Ethernet 的訊框格式與大部分的功能和特性，所以可以繼續採用 5.2.4 節中所建議的架構來進行 IP 服務的接取應用：藉由 ISP 的網路控制功能與相關設定的配合，或是透過 PPP 和 PPPoE 在 Ethernet 網路環境上提供認證功能並做為連線的基礎。唯一會有的改變是 EFM 增加了 Ethernet 網路在維運與監控管理 (OAM) 方面的功能，但基本上是不影響 IP 服務接取應用的運作。

由於目前所公開發表的 ITU-T Recommendation Y.1231 仍非正式版，而應該可以算是正式版之前的某種「前置版或搶鮮版 (pre-publication)」，所以我們預期在 ITU-T Recommendation Y.1231 的正式版中，對於「採用 Ethernet」此型態的協定堆疊會如同「採用 PPP」中的一般，有較多樣更詳細定義的應用架構或功能，可以滿足 NSP 與 ISP 雙方營運上的需求。

由於網路安全性方面的需求日增，未來的協定堆疊將可能考量採用 PPTP [35], [63] 或 L2TP [36], [63] 等方式提供一保密的接取連線，或進一步定義採用如 IPsec [37], [63] 的 IP 層次的保密通訊機制，而 802.1Q VLAN 的功能也可以配合虛擬私有網路 VPN (Virtual Private Network) 的應用進行安全上的控管。此外 802.1p Priority 服務功能也可以配合 IP 層次的差別式服務 (DiffServ) [38], [63]，或將 Gigabit Ethernet Switch 整合 MPLS (Multi-Protocol Label Switching) [39], [63] 的標記交換功能，以提昇網路 QoS 表現。

## 5.4 Optical Ethernet 標準

Optical Ethernet 相關的標準制定組織簡介如下：

- IEEE 802.3 Working Group：主要負責制定及維護以 CSMA/CD 為基礎的乙太區域網路標準，制定了從 10Mbps 頻寬的 802.3 到 1Gbps 頻寬的 802.3z 與 802.3ab。目前其下所屬的 802.3ae Task Force 正在制定 10 Gigabit Ethernet 的標準並已接近完成階段，而另一方面將 Ethernet 技術做為接取網路應用的 EFM 標準也正由 802.3ah Task Force 制定中。
- IEEE 802.3z Task Force：負責制定 Gigabit Ethernet 的標準，此 Task Force 成立於 1996 年 6 月，並已於 1998 年 7 月完成標準。同時 IEEE 802.3z Task Force 也正式關閉，因為已達成其任務。
- IEEE 802.3ab Task Force：IEEE 802.3z Task Force 所制定的標準是以 1000Base-X 為對應，而 1000Base-X 是以光纖為實體層主體時所發展的實體層介面。IEEE 802.3ab Task Force 負責制定以 CAT-5 無遮罩式雙絞線為實體層主體的 1000Base-T 實體層介面標準。1000Base-T 的制定本在 IEEE 802.3z Task Force 的範圍中，後在 1997 年 3 月由 802.3z Task Force 分出一部份的人員成立 802.3ab Task Force 專職負責 1000Base-T 的制定。本 Task Force 於 1998 年 11 月關閉 [10]。
- IEEE 802.3ae Task Force：成立於 2000 年 1 月，負責制定 10 Gigabit Ethernet 標準，預計 2002 年 3 月完成標準。
- IEEE 802.3ah EFM Study Group and Task Force：IEEE 802.3 Working Group 於 2000 年 11 月成立 EFM Study Group，以接取網路的應用角度出發，研究將 Ethernet 技術應用於接取網路的可行性。在經過多次的會議討論之後，於 2001 年 9 月移交任務小組 (Task Force) 繼續就研究討論的成果 (計畫目標、發展時程、建議技術選項) 完成標準的制定。EFM 標準預訂於 2003 年 9 月完成。

除了這些標準制定的組織外，IEEE 802.3 High Speed Study Group (HSSG) 也在 Ethernet 各階段速度提升的發展過程中扮演先期研究者的角色，一些網路與電腦大廠也成立組織並提出一些技術選項或草案，爭取成為國際標準的機會，並希望對於標準的制定具有相當的影響力。其中伴隨著 Ethernet 高速化的發展，先後成立了 FEA (Fast Ethernet Alliance)，GEA (Gigabit Ethernet Alliance) 及 10GEA (10Gigabit Ethernet Alliance) [7]。這些組織往往也在標準訂立後隨之關閉。

表 5.6 GbE、10 GbE、EFM 制定組織與技術資料整理

	Gigabit Ethernet			10 Gigabit Ethernet			EFM
標準制定組織	IEEE, IEEE 802.3 Working Group [1]						
	IEEE 802.3z Task Force [2]			IEEE 802.3ab Task Force [3]	IEEE 802.3ae Task Force [4]		IEEE 802.3ah Task Force [22]
相關民間組織	Gigabit Ethernet Alliance (GEA)			10 Gigabit Ethernet Alliance (10GEA)			----
主要組織廠商	Cisco, Intel, 3Com, Compaq...等			Cisco, Intel, 3Com, Nortel...等			Cisco, Passave, Broadcom, Alloptic, ADC, Elastic Networks, Agilent...等
標準制定啓始	1995, 11			1995, 11	2000, 1		2000, 11
標準完成時間	1998, 7			1998, 11	未完成, 預定 2002, 3 月完成		未完成, 預定 2003, 9 月完成
標準定義範圍	媒介存取控制層 (MAC)、實體層 (PHY)			實體層	媒介存取控制層、實體層		媒介存取控制層、實體層
實體層規格	1000 Base-SX	1000 Base-LX	1000 Base-CX	1000 Base-T	10G Base-R	10G Base-W	10G Base-X • P2P Copper: EoVDSL 或 100Base-CU • P2P Fiber: modified 1000Base-LX • EPON: (未定, 可能會參考 ITU-T G.983.1)
傳輸速度	1Gbps			1Gbps	10Gbps	10Gbps (9.58Gbps)	10Gbps • P2P Copper: >=10Mbps • P2P Fiber: 1Gbps • EPON: >=1Gbps
編碼方式	8B/10B	8B/10B	8B/10B	4D-PAM5	64B/66B	64B/66B	8B/10B ---(未定)---
傳輸媒介種類	• 單模光纖 • 多模光纖		STP 銅線	UTP 銅線	• 單模光纖 • 多模光纖		• 語音品質銅線 • 單模光纖 • 多模光纖
傳輸媒介標準	ANSI X3T11 Fiber Channel • ANSI X3T11 FC-0: Fiber Driver/Receiver • ANSI X3T11 FC-1: Serializer/De-serializer (SERDES)			ANSI/TIA/EIA-568-A	---(未定)---		---(未定)---
最大傳輸距離	3Km	550m	25m	100m	40km		• 單一 P2P copper: >=760m • 單一 P2P fiber: >=10Km • EPON: >=10Km @ >=1:16 split ratio
適用網域技術架構	• 半雙工碰撞性 (點對點鏈路) 網域 • 交換式全雙工點對點鏈路網域			交換式全雙工點對點鏈路網域			交換式全雙工 • 點對點鏈路網域 • 點對多點鏈路網域
實際應用領域	LAN, MAN, Access Network (AN)			MAN, WAN, AN			AN, MAN, WAN

### 5.4.1 GbE、10GbE、EFM 標準組織現況

我們將 GbE、10GbE、與 EFM 三者的標準制定組織與相關技術資料整理如表 5.6 所示。此整理表格可以與 5.1 節中最後的表 5.2 做一結合，提供此三技術之間更完整的整理與



比較資訊。

## 5.4.2 其他相關技術或參考標準

- 訊務處理&控制相關功能
  - IEEE 802.1 Bridging [40]
  - IEEE 802.1D MAC Bridges/Spanning Tree Forwarding Rule [41]
  - IEEE 802.1p Priority/layer-2 QoS [42]
  - IEEE 802.1Q Virtual LAN (VLAN) [43]
  - IEEE 802.1v VLAN Classification by Protocol and Port [44]
  - IEEE 802.1x Port Based Network Access Control [45]
  - IEEE 802.3x Frame-based Flow Control [46]
- 其他參考標準
  - IEEE 802.2 Logical Link Control (LLC) [47]
  - IEEE 802.3 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) (Ethernet) [48]
  - IEEE 802.3u Fast Ethernet [49]
  - IEEE 802.17 Resilient Packet Ring (RPR) [50]
  - ITU-T Recommendation Y.1231, “IP Access Network Architecture”, Pre-Published Recommendation Edition, November 2000. [51], [52], [55]
  - ITU-T Recommendation G.902, “Framework Recommendation on Functional Access Networks - Architecture and Functions, Access types, Management and Service Node Aspects”, November 1995. [51], [52], [56]
  - ITU-T Recommendation G.982, “Optical Access Networks to Support Services up to the ISDN Primary Rate or Equivalent Bit Rates”, November 1996. [51], [52], [57]
  - ITU-T Recommendation G.983.1, “Broadband Optical Access Systems based on Passive Optical Network”, June 1999. [51], [52], [58]
  - ITU-T Recommendation G.983.2, “ONT Management and Control Interface Specification for ATM PON”, April 2000. [51], [52], [59]
  - ITU-T Recommendation G.983.3, “A Broadband Optical Access System with Increased Service Capability by Wavelength Allocation”, April 2001. [51], [52], [60]
  - ITU-T Recommendation G.983.dba, “A Broadband Optical Access System with Increased Service Capability using Dynamic Bandwidth Assignment”, under

- preparation. [51], [52], [61]
- ITU-T Recommendation G.983.sur, “A Broadband Optical Access System with Enhanced Survivability”, under preparation. [51], [52], [62]
  - IETF RFC-791, “Internet Protocol”, September 1981. [64], [65]
  - IETF RFC-2225, “Classical IP and ARP over ATM”, April 1998. [64], [66]
  - IETF RFC-894, “A standard for the Transmission of IP Datagrams over Ethernet Networks”, April 1984. [64], [67]
  - IETF RFC-1402, “A standard for the Transmission of IP Datagrams over 802 Networks”, February 1998. [64], [68]
  - IETF RFC-1661, “The Point-to-Point Protocol (PPP)”, July 1994. [64], [69]
  - IETF RFC-1662, “PPP in HDLC-like Framing”, July 1994. [64], [70]
  - IETF RFC-2364, “PPP over AAL5”, July 1998. [64], [71]
  - IETF RFC-2516, “A Method for Transmitting PPP Over Ethernet (PPPoE)”, February 1999. [64], [72]
  - IETF RFC-2684, “Multiprotocol Encapsulation over ATM (MPOA) Adaptation Layer 5”, September 1999. [64], [73]
  - IETF RFC-2427, “Multiprotocol Interconnect over Frame Relay”, September 1998. [64], [74]
  - IETF RFC-1334, “Password Authentication Protocol (PAP)”, October 1992. [64], [75]
  - IETF RFC-1994, “PPP Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP)”, August 1996. [64], [76]
  - IETF RFC-2138, “Remote Authentication Dial In User Services (RADIUS)”, April 1998. [64], [77]
  - IETF RFC-2131, “Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)”, March 1997. [64], [78]

## 5.5 比較分析及討論

### 5.5.1 Optical Ethernet 技術優點

Optical Ethernet 的優點主要來自於 Ethernet 與光纖傳輸技術的結合：Ethernet 為一成熟且最廣泛使用的（區域）網路技術，具有相當多作業系統與應用軟體的支援、系統運作簡單、易於操作且相關網路設備價格便宜；而光纖傳輸具有極度寬頻與長距離傳輸的能力，並提供相當程度的低傳送延遲變異（delay jitter）、低錯誤率與高可靠性、且不受電磁

信號干擾等穩定而高傳輸品質的優點，在搭配了 switch 的全雙工運作模式之後，也融合了兩方面的優點，提供一個簡單、經濟而高速的光纖傳輸（網路）方案。因此 Optical Ethernet 相當適合做為高速區域骨幹網路或接取網路的應用，在頻寬與傳輸距離升級的同時，還可易於和現有的廣泛用戶端 Ethernet 網路結合，無需進行訊框格式轉換且可沿用大多數的軟硬體設備和操作習慣，建設較迅速而成本也較低，一般終端用戶接受度高。

而 Optical Ethernet 的最大缺點則是本身缺乏服務品質保證的功能，必須藉由其他方式補強：採用 switch 模式運作，可分割 collision domain 減少碰撞所造成的頻寬效益耗損，再配合 VLAN (802.1Q) 限制廣播範圍提昇頻寬使用效益，然後還可以進一步於 switch 上採取 802.1p 功能對訊框進行分類與優先權排程處理，提供差異化等級的服務品質。另外 Optical Ethernet 也缺乏網路監控與控制管理的功能，網路業者或網管人員不易掌握網路的狀況，或在問題發生時第一時間進行排除的工作。然而 EFM 已著手進行 Ethernet 網路的 OAM 功能的制定，以期彌補此方面的不足。

## 5.5.2 Optical Ethernet 與 ATM 之比較

### 5.5.2.1 IP-based Optical Ethernet 與 ATM 接取技術之比較 [79], [80], [81], [82]

在做為接取網路並提供 IP 服務接取的應用上，Optical Ethernet 與 ATM 的差異一方面主要是來自於網路技術本身的條件與特性，以及在此特殊應用環境下的適合程度。大致來說，Ethernet 的標準中並未包含 QoS 的功能，而需要其它如 802.1p 的技術來加以配合提供，但既使如此仍不及 ATM QoS 功能完善。另外，ATM 交換機通常具有虛擬連線的計數器，可便於計算網路交通的型態與端對端連線的監控，這也是 Ethernet 交換機做不到的。不過 Optical Ethernet 網路架構簡單、成本較低廉、與區域網路相容性高等優勢卻也不容忽視，表 5.7 整理詳細 Optical Ethernet 與 ATM 網路的比較。

### 5.5.2.2 EPON 與 APON 接取技術之比較 [23], [29], [30]

另一個 Ethernet 與 ATM 技術的比較則是當 PHY 部分採取 PON 時，所對應的 EPON 與 APON 之間的比較，除了延續上一節的比較特性之外（這裡不再重複列出），另外還有 PON 網路部分的條件與運作機制比較，經整理如表 5.8 所示。要注意的是，由於 EPON 的技術與標準規格制定尚在發展中，所以表 5.8 所列關於 EPON 的資料內容，有些是目前研發或已生產 EPON 產品的廠商的相關資料，或是 EFM 計畫中 EPON 的預定目標。

基本上 EPON 仍延續 Ethernet 的簡單與便宜的基本優勢，並且希望能進一步以較 APON 更高的傳輸速率爭取 FSN 的採用，做為全方為服務的光纖接取網路標準。

表 5.7 Optical Ethernet 與 ATM 接取技術之比較

	Optical Ethernet	ATM
Switch 系統	connection-less soft-state switch, 且仍具有 broadcast 特性, 需要其他機制輔助建立端對端虛擬連線, 如 VLAN	connection-oriented hard-state switch, 具有端對端虛擬連線功能
信令系統	無	有, 複雜
系統操作複雜度 (Complexity)	簡單, 與現有的 Ethernet 技術相當, 可保留原作業方式, 減少訓練時間與技巧 於接取網路的應用上一般終端用戶較容易接受 & 上手	較複雜, 需要比較多的設定與相關知識。網管人員需要受過一定程度訓練。不易隨插即用
成本(cost)	系統設備較便宜	系統設備較昂貴、人員訓練費用較高
服務品質 (QoS)	QoS 依賴其它技術輔助, 例如 802.1p 優先權排程處理、802.1Q VLAN、802.3x Flow Control 等	本身 QoS 功能完備, 可以滿足數據與即時性語音、視訊服務的需求
頻寬分配功能 (BW allocation)	依賴其它技術輔助, 例如 Switch 上的 rate-limit 功能、802.3x frame-based flow control	具有呼叫允諾 (CAC) 與使用參數控制 (UPC) 機制
監控管理與規劃 (OAM)	EFM 中才開始有定義, 但也僅限於 PHY 與 MAC 兩層 Ethernet 橋接/交換機通常不具有虛擬連線記數器, 難以追蹤端對端連線與分析	完整, 對網路系統的掌控能力較佳。可追蹤端對端通訊連線, 分析交通型態, 提升管理與規劃的方便性
與既有網路相容性 (Compatibility)	與目前大多數的用戶端區域網路 10/100 Ethernet 相容, 無需進行訊框格式轉換。對於接取網路的應用較有利	與目前大多數的核心網路同樣採用 ATM 技術。與用戶端區域網路多半需要具備通訊協定轉換功能的設備, 成本較貴
頻寬(Bandwidth)	較高, 已至 10Gbps	多為 155Mbps、622Mbps 等級
安全性 (Security)	無, 需配合其他加密機制, 或以 VLAN 進行簡單的控管	無, 但可利用虛擬連線控管並搭配其他加密或網路安全機制
支援的服務種類 (Service type)	以數據通訊為主。即時性語音或視訊服務則有賴上層通訊協定與其他控制機制配合提供	除了數據通訊之外, 也支援具低延遲性的語音或視訊等即時通訊需求
IP 應用相容性 (IP compatibility)	Ethernet 發展源自數據網路架構, 加以區域網路中 Ethernet 為強勢主流, 因此無相容性問題	IP 需經過 ATM cell carried mapping 的額外處理, overhead 較大, 與 IP 相容性相對較 Ethernet 為低
佈設成本與考量	網路架構簡單, 成本較低, 易串接區域網路	設備成本較昂貴, 但提供良好 QoS 特性, 在廣域網路運作已行之有年, 具擴充性與多樣工具套件
適用對象	不希望花太多成本在網路管理與人員訓練, 但希望速度上能立即有所提升	用戶大量需求多樣化資訊型態, 包括具低延遲的即時性資料, 或已花費成本鋪設 ATM 和 SONET
主要優點	能降低接取段網路設備的層級 (layer) 進而降低成本, 又可以滿足速度上的提升	利用目前現有的 SONET 網路提供 IP 服務需求, 增加成本經濟效益, 且滿足語音與視訊等即時通訊需求
主要缺點	需要其它的技術來支援提供良好 QoS、頻寬與網路管理	複雜度高, 成本相對昂貴, 其 connection-oriented 特性難相容其它 packet-base 設備

## 5.6 結語與建議

Ethernet 與光纖的結合，融合了兩方面的優點，也提供一個簡單、經濟而高速的網路方案，並進一步因為其寬頻與長距離傳輸能力的提升，而逐漸在接取網路的應用方面嶄

表 5.8 EPON 與 APON 於接取網路應用之比較

	EPON	APON
layer-2 Protocol	Ethernet	ATM
Transport	Variable-length Frame	Fixed Cell
傳輸速度 (Speed)	高。 目前：100Mbps, 1.25Gbps 10Gbps	目前較低，但有持續發展計畫提昇速度。 現在：155Mbps, 622Mbps 未來：可提昇至 1.25Gbps
最大傳輸距離 (Max. Reach from CO)	>=10Km	20Km
光纖分枝率 (Split Ratio)	基本能力：4~32， 最高可以至 64 (Option)。	目前：32， 未來可提昇至 64。
標準制定情形 & 相關標準規格 (Standard)	尚在制定中。 IEEE 802.3ah EFM	已完成且完備，但仍有持續發展計畫。 FSAN [31], ITU-T G.982 [57] ITU-T G.983.1 [58], ITU-T G.983.2 [59], ITU-T G.983.3 [60]
上行傳輸技術 (Upstream)	TDMA, Request/Grant-based, Others	TDMA
安全加密機制 (Security)	AES [34] with 128, 192, 256-bit Key support	Churning Mechanism with 24-bit Key
服務品質相關 (QoS)	較弱，必須靠 Ethernet 相關控制功能達成，例如 802.1p、802.1Q、802.3x Flow Control...等等。 上行傳輸技術部分擬定義一動態頻寬配置功能。	有，且能力較強。 另外 ITU-T G.983.dba [61] 定義了動態頻寬配置的功能。
網路存活度 (Survivability)	目前尚無定義相關功能。可能直接援引 ITU-T G.983.sur [62] 定義的標準使用。	有，較高。 目前正進行相關標準 ITU-T G.983.sur [62] 的定義。
維運管理功能 (OAM)	有，較簡單，以 PHY 與 MAC 兩層的功能監控與障礙排除為主。 但目前尚在 EFM 標準制定中。	有，較複雜，包含實體層與邏輯連線上的狀態監控。 另外 ITU-T G.983.2 [59] 也制定有管理方面的功能。
成本 (Cost)	較便宜，主要成本在 Ethernet Switch。	較貴，主要成本在 ATM Switch。
提供的服務類型 (Service Delivery)	POTS、TDM Service、 Data (IP)、 VoIP/Internet Telephony、 Web TV、VoD、 RF Broadcast Analog Video (TV)	POTS、TDM Service、 Data (IP)、 VoIP/Internet Telephony、 Web TV、VoD。 •原本沒有提供 RF Broadcast Analog Video (TV)，在 ITU-T G.983.3 [60] 中才加入。
FSAN 與 ITU-T 的支援與否	尚無，但在爭取中。	有，且 FSAN 以之為大量建設全方為服務光纖接取網路之最可行方案。
網路架構 (Architecture)	彈性 FTTB, FTTCab, FTTC, FTTH	彈性 FTTB, FTTCab, FTTC, FTTH

露頭角。然而在此一新的領域仍有許多 Optical Ethernet 原本能力不足之處，需要做進一步的最佳化與功能的加強，以便能更適合於提供 IP 服務接取網路的應用。除了 IEEE 802.3 Working Group 於 EFM 標準的努力之外，我們也對此整理歸納了幾點建議，可以大致區分為「政策性建議」以及「技術性建議」兩方面來看：

### 5.6.1 政策性建議

#### ■ Optical Ethernet 接取網路技術適合我國積極投入發展

IEEE 802.3ah EFM Task Force 已經開始著手從基本的傳輸能力上改進 Ethernet，在既有的技術基礎上進一步提昇傳輸距離能力、減少設備成本、擴大適用的環境條件（可容忍溫度範圍與既有語音品質銅線網路）並全面採用交換模式提昇頻寬使用效益以最佳化於適合接取網路的應用；而除了傳輸能力的最佳化之外，做為接取網路在實務上還必須有其他維運、控制、管理等網路系統方面的功能，於是 EFM Task Force 也投入 OAM 功能的制定，IEEE 802.1 Working Group 也持續為以交換模式運作的 Ethernet 網路制定許多資料轉送 (forwarding) 的控制功能，例如：頻寬設定、流量控制 (802.3x frame-based flow control [46])、虛擬區域網路 (802.1Q VLAN [15], [17], [18], [43], [44])、優先權控制 (802.1p priority control [19], [20], [21], [42]) 等，這些功能對於接取網路的實際應用有相當大的助益。

在提供 IP 服務的接取方面，可以透過適當設定 VLAN 或配合 PPP 與 PPPoE 使符合接取網路服務架構，並提供連線認證的功能與收費的依據。VLAN 對於廣播的限制能力可以改善大型 Ethernet 網路廣播風暴的問題、提昇頻寬使用效益，也可以做為安全性上的管理。VLAN 亦可做為收費的依據。

近來服務品質 (QoS) 與網路安全 (security) 為逐漸重要的網路服務能力，可以考量採用 PPTP [35]、L2TP [36] 或 IPSec [37] 等機制提供一保密的接取連線，VLAN 的功能也可以配合虛擬私有網路 VPN (Virtual Private Network) 的應用進行安全上的控管。此外 802.1p Priority 服務功能可以配合 IP 層次的差別式服務 (DiffServ) [38]，或將 GBE Switch 整合 MPLS 的標記交換功能，以提昇網路 QoS 表現。

由前面的整理內容我們可以發現，Optical Ethernet 用於接取網路的應用仍有許多值得研究之處。許多實際應用上需要的網路系統功能，在 EFM 的標準中仍未見制定，例如訊務控管、服務品質與網路安全等，必須藉由其他機制來彌補，而即便如此，也尚未有

定義如何整合應用這些相關的功能。除了期待 EFM 計畫完成的時候可以補足此部分功能，提供業者（網路設備產品、系統服務業者）共同遵循的標準之外，在此之前，國內業者也可以隨著 EFM 標準的發展，不僅針對 EFM，也對 GbE 與 10GbE 技術的 Optical Ethernet 接取網路先行發展相關的 OAM 維運、管理、與其他的控制技術。一方面提早實現以極具競爭力與經濟效益的 Optical Ethernet 技術做為接取網路，佔有市場並取得生產製造與營運的經驗；另一方面由於 EFM 計畫仍在發展當中因此也希望可以藉此切入 EFM 計畫，對標準的制訂發揮影響力，提昇國內通訊產業能力水準。在 EFM 標準制定完畢後，也可以研究將定義於 EFM 上的 OAM 或其他控制技術移轉於 GbE 和 10 GbE 的 Optical Ethernet 接取網路上。

此外在發展 Optical Ethernet 或以之為接取網路技術的過程中，Gigabit 等級交換能力的交換機 GBE switch 都佔有相當重要的地位，因為在以交換模式運作的 (Optical) Ethernet 網路中，Switch 是構成網路系統的重要元件，不僅以高速的背板 (back-plane) 提供資料的轉送，也是許多網路系統功能的核心所在，前述的許多 OAM 維運、管理、與其他的服務品質與安全性等控制機制都是被 implement 在 switch 上並運作於整個網路的。因此 GBE switch 可以說是附加價值相當高的網路關鍵產品。基於我國既有在 Ethernet 網路相關設備（網路卡、集線器）成功的研發與生產經驗，目前已有諸多廠商或研發單位積極投入 GBE switch 或更高階網路設備的發展，未來可以考量配合前述 Optical Ethernet 接取網路的應用與其所需功能進行開發，提出一套 Optical Ethernet 與其接取網路應用的最佳解決方案。

#### ■ 電信等級服務品質

我們可以說，當 Optical Ethernet 用於接取網路的應用之後，便相當於進入了電信公眾服務的領域，所以必須要符合電信等級網路或設備一定的條件或功能要求，提供用戶可靠且高品質的通訊服務。因此在相關的 OAM 管理與控制機制之外，還必須注意施工方法、系統可靠度（當機率）、穩定度、電力供應系統等問題。此為網路系統業者引進技術提供公眾服務所必須具備的基本條件。

#### ■ 網路責任分段點的釐清與定義

在實際網路的建設上，「網路服務責任分段點」的釐清與定義是需要注意的事項，牽涉到當網路通訊發生問題時，該由網路業者或是用戶端自行排除問題的依據。在國內社會朝向都會化以及社區意識抬頭的同時，業者往往不再只是直接地面對個別的終端用戶

與其設備，而可能面對的是由許多終端用戶設備所形成的另一個用戶端私有網路（例如一個社區網路，或大樓內部網路）；而且目前個別終端用戶的頻寬需求仍不多、或者終端設備頻寬能力仍不足，因此也多採用網路集合的形式共享一寬頻接取鏈路的頻寬以分攤消費成本。在此情況下，用戶設備上行的第一個節點往往仍是屬於此私有網路的設備，所以有必要定義責任分段點，以便當終端用戶反應網路發生問題時可以據此釐清 NSP 與用戶端雙方的責任。而且在採用 Optical Ethernet 接取技術下，因為許多用戶端網路也為 Ethernet 而形成 all-Ethernet 的通訊環境，再加上業者可能與用戶端合作幫忙建立用戶端網路的情況下，使得責任的分際變得比較模糊，但也相對的讓此問題更重要。一般而言，當終端用戶反應網路發生問題時，業者應該要提供義務性的錯誤偵測服務，待確定問題所在之後再依責任分段點判定維修的責任。

#### ■ 骨幹網路頻寬應即早規劃提升以因應 Optical Ethernet 接取技術之快速頻寬成長

相較於其他接取技術而言，Optical Ethernet 因其經濟而高速的傳輸能力以及與既有 Ethernet 網路的相容性，而成為近來發展快速的網路與接取技術；而其頻寬能力也一舉將接取網路提升至 gigabit per second 的超高速光纖傳輸等級，並且仍持續地以十倍速的速度演進當中。或許未來更高速世代的 Optical Ethernet 不見得都會、或者僅使用於接取網路，而終端用戶也不見得會達到如此高速的頻寬需求，然而不可諱言的是頻寬的提升仍是未來接取網路發展的主要方向，甚至必將進入光纖的超高速寬頻時代，因此應即早規劃提升骨幹網路的頻寬能力與其他服務品質相關控制功能以做因應，維持流暢而高品質的網路通訊。

#### ■ 設立國內 IP 網路發展之 (中央) 主導、管理單位

長久以來國內即缺乏一 IP 網路發展之 (中央) 主管與主導機構，目前只有財團法人台灣網路資訊中心 (Taiwan Network Information Center: TWNIC) 負責 IP 位址與網域名稱 (Domain Name) 的申請、登錄註冊、發放、使用收費等管理事宜，然而並不負責國內 IP 網路發展的規劃主導或管理事宜。雖然 IP 網際網路原本即是屬於個別自由發展、互連而形成的網路，然而在今日已經成為網路通訊的主流並且仍繼續地蓬勃發展之際，許多國家也以國家的力量投入此產業以加速其國內發展並提昇技術，如美國由政府所提出的 NGI (Next Generation Internet) 計畫即是一例，除了頻寬的基礎建設之外也擬發展新的網際網路技術 IPv6 以及相關的服務品質保證與多媒體服務技術。國內目前雖有政府提出如美國 NGI 計畫的 NII 構想，並有國科會的「電信國家型科技計畫」的實際推動執行，但



是仍有流於被動且缺乏國家長遠發展目標或藍圖的明確感，同時對於整合國內產業與學術、研究等單位資源並積極投入發展的努力仍嫌不足。因此極需要有一中央主管機關，整合國內相關產業與人才資源，積極且有計畫性地規劃、主導國內網際網路的發展，制定明確的（中、長期）發展方向與目標或相關具有約束力的法規，才能夠讓國內在網際網路通訊的產業與技術持續發展與升級，與世界潮流接軌，保持或進一步提升我國在通訊高科技產業方面的水準與地位。此外，也可以統籌網際網路此一新興媒體使用與管理法規制定的相關事宜，遏止諸如侵犯著作權、不當言行或其他網路犯罪行為，使國內網際網路的發展更健全。

## 5.6.2 技術性建議

### ■ 整合提供既有的電信或影像服務，提高接取網路附加價值

對於做為接取網路應用的 Optical Ethernet 在提供數據通訊服務的出發點之外，是否也意味著其需要可以做為提供既有末端到府的電信（電話）或電視服務的接取？如果可以的話，也將增加其附加價值並使網路單純化，再提高人們使用意願。

目前的接取網路技術，例如 ADSL 與 Cable Modem 都是架構在既有電信或電視服務的網路上來提供服務，充分利用既有的投資也加速了建設的速度，有利於技術的推展，並且也因為其同時保留了既有服務與其使用方式，故從另一個角度來說相當於這些接取技術具有整合新舊服務於單一（實體）網路，並且不改變既有服務的設備與使用方式的優點；而本章在 5.2.3 與 5.3.2 兩節所提出的階層式 Optical Ethernet 接取網路架構，也是希望能在既有的網路投資上快速地提供 Optical Ethernet 技術的接取服務，然而並無法完全保留既有的服務。目前僅有可採用既有電話銅線的 VDSL 或是 EFM 中的 EoVDSL 可以保留傳統類比電話服務 (POTS)，但是必須在 VDSL 頭端 (VTU-C or VTU-O) 處即將類比語音分離出來，並透過另一線路上鏈至局端接入傳統電話交換機中。而 EPON 的使用雖然必須新建所需的 PON 光纖網路，但是由於本質上與傳統 HFC Cable TV (CATV) System 很類似，皆為點對多點的廣播架構，甚至目前在制定相關技術標準時，也參考了架構在 HFC Cable TV System 的 Cable Modem，所以目前在 EFM 標準制定會議中也有將 EPON 結合分波多工 (WDM) 技術，利用沒有使用到的光纖頻寬以不同的波段載送傳統電話或 HFC Cable TV System 的射頻廣播式的 (RF broadcast) 類比電視 (視訊) 服務的討論。但是此方式由於媒介的不同，用戶端也必須加裝轉換器或更換接收器（電視選台器）才能夠保留相同的使用方式。另外也有在 PON 的 TDM 傳輸機制上利用適當的時槽指派進行傳

統電話語音服務。

目前看來，Optical Ethernet 接取網路並無法完全如同 ADSL 或 Cable Modem 以技術「共構」的方式提供新舊服務整合，而也未見有如 Voice- 或 Video-over-Ethernet 的技術，所以比較可行的方式將是與 ISP 合作，以 IP 上的即時串流封包技術 (Stream packet) 為基礎，配合 VoIP 或隨選視訊 (VoD)、Web TV 等機制提供數位式電話語音或視訊、電視的服務。此方式較以 EoVDSL 或 EPON 提供傳統電話或電視服務來得全面性與具經濟效益，既無須如 EPON 必須將光纖拉至每一戶才能夠提供電視服務，節省成本；服務範圍也可以及於所有的用戶終端，無論其最後的實體技術為何，也可以透過轉換器 (閘道器 (gateway) 或機頂盒 (Set Top Box: STB))，繼續使用既有的傳統類比電話或電視機等終端設備；對於網路業者而言，可以充分利用數據分封交換的多工效益並降低營運成本。

#### ■ 階層式 Optical Ethernet 接取網路架構

在考量網路技術傳輸距離、線路鋪設困難度與成本、繼續沿用既有的龐大末端與用戶終端網路技術與設備 (投資)、用戶終端網路與設備能力、資源需求、方便於管理、建置速度與採用漸進式網路更新的方式等因素之後，以 Optical Ethernet 技術為主的接取網路可以採用「階層式網路架構：局端 (CO)—高速骨幹網路—末端 distribution 網路—終端用戶網路或設備」完成，其中高速骨幹網路部分又可以呈現：環狀 (ring) 與星狀 (star) 或樹狀 (tree) 拓撲的架構，末端 distribution 網路則多以星狀為主，如圖 5.8 與圖 5.9 所示。用戶透過 distribution 網路再經由高速骨幹網路接入點的 Gigabit Switch 連接至局端，再由局端 Forward 至各用戶所屬的 ISP，之後便可由 ISP 進入網際網路並取得網際網路的應用與服務。

採用階層式架構的原因，主要是從「如果現階段要開始佈建 Optical Ethernet 技術的接取網路，而且要符合省錢又快速的需求」的角度出發：階層式架構可以配合使用龐大的既有末端 distribution 和終端用戶網路技術、設備或佈線投資；而另一方面是目前在建設 Optical Ethernet 技術的接取網路初期，將主要採用已發展成熟的 Optical Gigabit Ethernet 技術，但由於其傳輸距離能力可能不足，在不採用 Repeater 或 Switch 延伸的情況下無法單獨覆蓋較廣大的接取區域 (註：非標準的實體層技術 1000BASE-ZX 除外)，所以採用階層式的架構，以 distribution 網路接續至用戶終端來達成完整的接取網路。而除此之外，也還有其他的因素考量與支持：目前一般用戶終端設備 (例如個人電腦) 的內部傳輸介面 (PCI) 尚無法充分發揮 Gigabit Ethernet 的能力 [13], [16]，或是終端用戶的頻

寬需求還不大，這也是採取階層式架構接取網路的一個原因，而且也可以因而配合使用既有的終端用戶網路和設備。如此考量的階層式接取網路架構在建製成本上也比較經濟而有效益，而且可以在較短時間內完成，之後再以逐步升級的方式完成全 Ethernet 化，甚至是光纖化的 Optical Ethernet 接取網路。而且隨著光纖技術的進步與成熟，未來光纖傳輸或網路相關元件價格也將會更便宜、品質高而穩定。而這也恰符合漸進式或演進式的網路更新模式，與第四章中光纖接取網路的發展模式一致，是實務上比較可行的方式。

但是對於短距離、能力夠且有大量頻寬需求的用戶終端設備（例如高階伺服器），也可以直接接取局端而不經過階層式架構。此時多以 point-to-point 星狀架構呈現。而對於新興網路業者而言，由於所有的網路都是全新建設的，所以可以採用直接 Optical Ethernet 到府的方式以兼顧未來的網路能力需求與擴充性。但唯一的缺點可能是初期投資成本會比較大、建設時間也可能較長，如果用戶的消費成本也因此增加但終端設備能力尚無法充分發揮，或者沒有此寬頻需求的話，可能會無法順利營運或成本回收時間將拉長。此時仍可能要採用階層式架構，以較便宜的舊有技術提供至用戶終端的接取，再逐漸演進、升級至 all Optical Ethernet 的接取環境。

而其中高速骨幹網路部分可根據表5.5所整理的考量分別採用 ring 或 star 拓撲構成。由此可見，環狀與星狀架構各有其優點，最好是可以互相搭配使用，如此可以結合雙方的優點，達成網路建設最佳的效益與彈性。此外要注意的是，switch 的設定、額外的訊務控制（流量控制、流向控制、負載平衡）、網路安全（security）機制和網路系統維運、監控與管理功能的配合也很重要，特別是對 ring 狀高速骨幹架構而言。

未來此 Optical Ethernet 接取網路的演進大致會有兩個方向：在 10 Gigabit Ethernet 標準完成與相關產品的成熟之後，將會在頻寬與傳輸距離上進一步升級至 10GbE，甚至是未來繼 10GbE 之後更高速的 Ethernet 傳輸技術。另一方面，隨著 EFM 標準的完成、技術與產品的成熟、甚至是未來更高速與長距離的 EFM 技術的發展，EFM 技術的 Optical Ethernet 接取網路也將逐步建置，提升以 GbE 為基礎的 Ethernet-based 接取網路。

#### ■ 採用 PPP + PPPoE 提供 ISP 連線認證功能並做為收費依據基礎

ITU-T Recommendation Y.1231 [51], [55] 中，已經針對用戶端至 ISP 之間的接取網路，建議了多種可行的 IP 服務的通訊協定堆疊架構與相關的網路設備。其根據接取網路所採用的 Transport 技術層次的不同，區分為「採用 PPP (Point-to-Point Protocol) [69], [70],

[71]」與「採用 Ethernet」兩大類。但是目前在「採用 Ethernet」的型態中只有一種建議架構(如圖5.10)，且尚未有採用於接取網路的實際例子，除了目前 Ethernet 技術為主的接取網路尚未完全成熟與廣泛採用之外，此架構在實際的應用上也有功能不足之處。如果只是為了提供 IP 服務並可以連接網際網路，則此 Protocol Stack 的功能已經足夠且可以直接使用了，但是若是考慮實際使用上的商業行為，則缺乏很重要的用戶連線「認證」並可據此做為「收費」基礎的功能。

我們建議如圖5.11所示提供 IP 服務的 Optical Ethernet 接取網路協定堆疊應用範例。主要是利用 PPPoE (Point-to-Point Protocol over Ethernet) [72] 此協定於 Ethernet 網路上提供用戶端至 ISP 的 PPP 連線，以提供 ISP 認證用戶的功能與在此基礎上進一步指派 IP 並進行收費。另外要注意的是，此種採用 PPP 的方式主要是針對「動態 IP (address) 計時制」的用戶的收費方式，若為「固定 IP (address) 月租制」的用戶，則因為當時候分配固定的 IP address 時，就必須配合 ISP 其 IP 網路的規劃，而將此 IP address 與用戶端至 ISP 的傳輸鏈路結合，使得以此 IP address 的通訊只能固定透過此傳輸鏈路進行，如此就相當於具有某種程度的認證基礎了，所以在這種情況下可以不使用 PPP 的方式來提供認證，而且可以單純地直接採用 Y.1231 中所建議的協定堆疊來進行。

除此之外，PPP 與 PPPoE 的採用還可以符合接取網路的主從式服務架構，特別是在仍具有 Broadcast 特質的 Ethernet 中作用更明顯，用戶端的 IP 服務通訊資料皆上行至 ISP 之後再下行至欲通訊的終端點，並且還可以搭配 PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol) [35], [63] 或 L2TP (Layer Two Tunneling Protocol) [36], [63] 等提供加密機制。

## 5.7 參考文獻

- [1] IEEE 802.3 Working Group, <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/index.html>
- [2] IEEE 802.3z Gigabit Ethernet, <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/z/index.html>
- [3] IEEE 802.3ab 1000BASE-T, <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ab/index.html>
- [4] IEEE 802.3ae 10Gigabit Ethernet, <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ae/index.html>
- [5] IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee, <http://grouper.ieee.org/groups/802/index.html>
- [6] IEEE 802.3 CSMA/CD (Ethernet), <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/index.html>
- [7] 10 Gigabit Ethernet Alliance, <http://www.10gea.org/Tech-whitepapers.htm>
- [8] "Introduction to Gigabit Ethernet", Technology Brief, Cisco, 1998. [http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/media/lan/gig/tech/gigbt\\_tc.pdf](http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/media/lan/gig/tech/gigbt_tc.pdf)

- [9] "10 Gigabit Ethernet Technology Overview White Paper",  
[http://www.10gea.org/10GEA\\_Whitepaper\\_0901.pdf](http://www.10gea.org/10GEA_Whitepaper_0901.pdf)
- [10] "Gigabit Ethernet over 4-pair 100 ohm category 5 cabling",  
[http://www.10gea.org/GEA1000BASET1197\\_rev-wp.pdf](http://www.10gea.org/GEA1000BASET1197_rev-wp.pdf)
- [11] 王秋華, "超高速化區域網路-Gigabit Ethernet 技術與市場發展", 新通訊元件雜誌, 第5期, 2001年7月
- [12] Howard M. Frazier, Jr. (Chair of IEEE P802.3z Gigabit Task Force), "Gigabit Ethernet: An Overview", <http://computer.org/Internet/v1n5/ether.htm#figa>
- [13] 林哲弘, 「Gigabit Ethernet 技術發展分析」, 通訊與網路, 1997年6月
- [14] "2001年電子資訊技術熱門排行榜", 新電子雜誌, 第178期, 2001年1月
- [15] 黃能富, "區域網路與高速網路", 維科出版社, 1998年6月
- [16] M. L. Loeb, A. J. Rindos, W. G. Holland, and S. P. Woolet, "Gigabit Ethernet PCI Adapter Performance", IEEE Network, Vol. 15, Issue 2, March-April 2001, pp.42-47.
- [17] 「VLAN之相關網路協定介紹」, <http://dado.thu.edu.tw/research/p2/8/Vlan-hw.htm>
- [18] "Configuring VLAN Trunks on Fast Ethernet and Gigabit Ethernet Ports", Chapter 12, Software Configuration Guide (Release 5.2) of Cisco,  
[http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/lan/cat5000/rel\\_5\\_2/config/e\\_trunk.htm](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/lan/cat5000/rel_5_2/config/e_trunk.htm)
- [19] IEEE 802 Working Group, "Standard for Local and Metropolitan Area Networks--Supplement to Medium Access Control (MAC) Bridges: Traffic Class Expediting and Dynamic Multicast Filtering," IEEE 802.1p, now incorporated in IEEE Std 802.1D-1998
- [20] Kevin Tolly and Charles Bruno, "Making 802.1p/Q a Priority", Tolly Switch Central,  
[http://switchcentral.tolly.com/tolly\\_articles/articles/res\\_926264041\\_684.html](http://switchcentral.tolly.com/tolly_articles/articles/res_926264041_684.html)
- [21] Niclas Ek, "IEEE 802.1 P, Q – QoS on the MAC level",  
<http://www.tml.hut.fi/Opinnot/Tik-110.551/1999/papers/08IEEE802.1QosInMAC/qos.html>
- [22] IEEE 802.3ah EFM, <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/efm/index.html>
- [23] IEEE 802.3 EFM Study Group Meeting Materials (Presentation Slides), January 2001.  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/efm/public/jan01/index.html>
- [24] IEEE 802.3 EFM Study Group Meeting Materials (Presentation Slides), March 2001.  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/efm/public/mar01/index.html>
- [25] IEEE 802.3 EFM Study Group Meeting Materials (Presentation Slides), May 2001.  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/efm/public/may01/index.html>
- [26] IEEE 802.3 EFM Study Group Meeting Materials (Presentation Slides), July 2001.  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/efm/public/jul01/presentations/index.html>  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/efm/public/jul01/PONmodels.zip>
- [27] IEEE 802.3 EFM Tutorial Materials (Slides), July 2001.  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/efm/public/jul01/tutorial/index.html>
- [28] IEEE 802.3 EFM Study Group Meeting Materials (Presentation Slides), September 2001.  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/efm/public/sep01/index.html>
- [29] "Ethernet Passive Optical Networks", Web ProForum Tutorials, International Engineering Consortium (IEC).  
<http://www.iec.org/online/tutorials/>

- <http://www.iec.org/cgi-bin/acrobat.pl?filecode=48>
- [30] "Asynchronous Transfer Mode (ATM) Passive Optical Networks (PONs)", Web ProForum Tutorials, International Engineering Consortium (IEC).  
<http://www.iec.org/online/tutorials/>  
<http://www.iec.org/cgi-bin/acrobat.pl?filecode=10>
- [31] Full Service Access Network (FSAN), <http://www.fsanet.net/>
- [32] 全方位服務接取網路, <http://www.tl.gov.tw/forum/fitl/fsan.htm>
- [33] Data Encryption Standard (DES),  
<http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips46-3/fips46-3.pdf>  
<http://www.itl.nist.gov/fipspubs/fip81.htm>
- [34] Advanced Encryption Standard (AES),  
<http://csrc.nist.gov/encryption/aes/>  
<http://csrc.nist.gov/publications/drafts/dfips-AES.pdf>
- [35] IETF RFC-2637, "Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP)", July 1999.
- [36] IETF RFC-2661, "Layer Two Tunneling Protocol (L2TP)", August 1999.
- [37] IETF RFC-2401, "Security Architecture for the Internet Protocol (IPSec)", November 1999.
- [38] IETF RFC-2138, "An Architecture for Differentiated Service", December 1998.
- [39] IETF RFC-3031, "Multiprotocol Label Switching Architecture (MPLS)", January 2001.
- [40] IEEE 802.1 LAN/MAN Bridging & Management,  
<http://www.ieee802.org/1/pages/802.1D.html>
- [41] IEEE 802.1D MAC Bridges/Spanning Tree Forwarding Rule,  
<http://www.ieee802.org/1/pages/802.1D.html>
- [42] IEEE 802.1p Priority/layer-2 QoS,  
<http://www.tml.hut.fi/Opinnot/Tik-110.551/1999/papers/08IEEE802.1QosInMAC/qos.html>
- [43] IEEE 802.1Q Virtual LAN (VLAN),  
<http://www.ieee802.org/1/pages/802.1Q.html>  
<http://www.tml.hut.fi/Opinnot/Tik-110.551/1999/papers/08IEEE802.1QosInMAC/qos.html>
- [44] IEEE 802.1v VLAN Classification by Protocol and Port,  
<http://www.ieee802.org/1/pages/802.1v.html>  
<http://www.tml.hut.fi/Opinnot/Tik-110.551/1999/papers/08IEEE802.1QosInMAC/qos.html>
- [45] IEEE 802.1x Port Based Network Access Control,  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/1/pages/802.1x.html>
- [46] IEEE 802.3x Frame-based Flow Control/Flow Control in Full Duplex Operation.
- [47] IEEE 802.2 Logical Link Control (LLC),  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/2/>  
<http://www.mouse.demon.nl/ckp/lanwan/ieee8022.htm>
- [48] IEEE 802.3 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) (Ethernet),  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/>
- [49] IEEE 802.3u Fast Ethernet,  
<http://wwwhost.ots.utexas.edu/ethernet/descript-100quickref.html>
- [50] IEEE 802.17 Resilient Packet Ring (RPR), <http://grouper.ieee.org/groups/802/17/>

- [51] ITU-T English Site, <http://www.itut.org/english/index-e.htm>
- [52] ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T), <http://www.itu.int/ITU-T/>
- [53] ITU-T Search Center, <http://www.itut.org/english/such-e.htm>
- [54] ITU-T Recommendations On-line, <http://www.itu.int/publications/itu-t/list-t-online.html>
- [55] ITU-T Recommendation Y.1231, "IP Access Network Architecture", Pre-Published Recommendation Edition, November 2000.
- [56] ITU-T Recommendation G.902, "Framework Recommendation on Functional Access Networks - Architecture and Functions, Access types, Management and Service Node Aspects", November 1995.
- [57] ITU-T Recommendation G.982, "Optical Access Networks to Support Services up to the ISDN Primary Rate or Equivalent Bit Rates", November 1996.
- [58] ITU-T Recommendation G.983.1, "Broadband Optical Access Systems based on Passive Optical Network", June 1999.
- [59] ITU-T Recommendation G.983.2, "ONT Management and Control Interface Specification for ATM PON", April 2000.
- [60] ITU-T Recommendation G.983.3, "A Broadband Optical Access System with Increased Service Capability by Wavelength Allocation", April 2001.
- [61] ITU-T Recommendation G.983.dba, "A Broadband Optical Access System with Increased Service Capability using Dynamic Bandwidth Assignment", under preparation.
- [62] ITU-T Recommendation G.983.sur, "A Broadband Optical Access System with Enhanced Survivability", under preparation.
- [63] IETF Home Page, <http://www.ietf.org/>
- [64] IETF RFC Page, <http://www.ietf.org/rfc.html>
- [65] IETF RFC-791, "Internet Protocol", September 1981.
- [66] IETF RFC-2225, "Classical IP and ARP over ATM", April 1998.
- [67] IETF RFC-894, "A standard for the Transmission of IP Datagrams over Ethernet Networks", April 1984.
- [68] IETF RFC-1402, "A standard for the Transmission of IP Datagrams over 802 Networks", February 1998.
- [69] IETF RFC-1661, "The Point-to-Point Protocol (PPP)", July 1994.
- [70] IETF RFC-1662, "PPP in HDLC-like Framing", July 1994.
- [71] IETF RFC-2364, "PPP over AAL5", July 1998.
- [72] IETF RFC-2516, "A Method for Transmitting PPP over Ethernet (PPPoE)", February 1999.
- [73] IETF RFC-2684, "Multiprotocol Encapsulation over ATM (MPOA) Adaptation Layer 5", September 1999.
- [74] IETF RFC-2427, "Multiprotocol Interconnect over Frame Relay", September 1998.
- [75] IETF RFC-1334, "Password Authentication Protocol (PAP)", October 1992.
- [76] IETF RFC-1994, "PPP Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP)", August 1996.

- [77] IETF RFC-2138, "Remote Authentication Dial In User Services (RADIUS)", April 1998.
- [78] IETF RFC-2131, "Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)", March 1997.
- [79] David Clark, "Are ATM, Gigabit Ethernet Ready for Prime Time? ", Computer, Vol. 31, Issue 5, May 1998, pp. 11-13.
- [80] Gerry Pesavento and Mark Kelsey, "IP Ethernet versus ATM: the case for IP in the local loop", Optical Fiber Commu. Conference and Exhibit (OFC'2001), Vol.3, 2001.
- [81] 賴永忠, "ATM 與 Gigabit Ethernet 的合作趨勢", 網路通訊, 第 92 期, 1999 年 3 月
- [82] 張在明, "ATM 與 Gigabit Ethernet 網路比較", 網路通訊, 第 92 期, 1999 年 3 月



## 第六章

# 第三代行動通訊系統

### 6.1 第三代行動通訊系統的標準制訂現況

1999年11月在赫爾辛基的會議中，國際通訊標準組織 (ITU-T) 的協調小組 (OHG) 終於在會中達成共識，未來第三代行動通訊系統將不會是單一運作模式的系統，在考量第二代行動通訊系統市場的現實下，未來將採取系統家族 (family of system) 的架構，所以未來的第三代系統將由數個不同的系統組成不同的運作模式，其中主要的技術包括寬頻分碼多重接取系統 (WCDMA) 的分頻雙工 (FDD) 模式 (IMT-DS)、分時雙工 (TDD) 模式 (IMT-TC)、cdma2000 所標榜的多載波 (MC) 模式 (IMT-MC) [1]、以 DECT 為基礎的 IMT-FT 模式、以及以 TDMA 技術為基礎的 IMT-SC 模式。其中 WCDMA 技術中的 IMT-TC，將納入中國大陸的 TD-SCDMA 技術，以及 IMT-DS、IMT-MC 技術將成為未來第三代系統市場中最重要的主力。在這一章中，我們主要介紹這三個系統，從所提供服務的能力、網路架構、無線接取網路、無線接取技術來比較這三個系統的特點，以其明瞭現行主要規格的系統性能與特性。

## 6.1.1 標準制訂組織

在上述三個主要技術的標準制訂活動上，主要分屬二個由製造業者、系統業者所組成的二大組織，即 3GPP 與 3GPP2，來訂定系統詳細的標準。

ETSI 在 1998 年年初提出了一項名為第三代通訊系統發展同盟計畫 (3GPP) 的構想。這個計畫的幾個主要參與組織除了 ETSI 之外，還包括美國的 T1、日本的 ARIB、韓國的 TTA、日本的 TTC、以及中國的 CWTS 等幾個標準制訂組織。這些組織已經同意要以升級的 GSM 核心網路，以及 UTRA 無線接取技術為基礎，來制訂第三代行動通訊相關技術規格。3GPP 同時將 GPRS 系統，整合到 WCDMA 的網路，提供業者完善的升級方案。3GPP 主要訂定 FDD 與 TDD 二種無線傳輸模式。TDD 模式除 ETSI 原本提出的技術外，並結合中國大陸所提出的 TD-SCDMA 技術為標準的一部份。因此，歐洲、日本、中國、以及北美許多業者，都將採用 ETSI 的 WCDMA 技術做為未來第三代行動通訊系統的選擇。預期現行以 GSM 為主的第二代系統業者，將逐步採用此技術，成為最普及的一種技術。

在另一方面，美國的美國國家標準局 (ANSI) 也同樣針對升級的 TIA/EIA-41 核心網路以及相關的無線接取技術為基礎，希望提供類似的升級方案。由於 ANSI 的會員認為 ETSI 的提案過於限制於以 GSM 為基礎的升級方案，所以建立 3G 的專門委員會 (ad hoc committee) 來考慮如何讓所有的標準制訂組織 (SDOs) 都能參與 3G 標準的制訂。ANSI 的專門委員會建議自行成立一個類似 3GPP 的計畫，稱為 3GPP2。目前幾個主要參與 3GPP2 的標準制訂組織除了美國的 TIA 之外，還包括日本的 ARIB、韓國的 TTA 以及日本的 TTC。

值得注意的是，其實 3GPP 與 3GPP2 都只負責制訂標準的相關作業，標準制訂完成後再由各標準制訂組織或 ITU 各會員國將標準草案提到 ITU 大會接受表決。當然，每個參加計畫的標準制訂組織也可根據這些共同制訂的標準，修改而成為自己國家的標準。

CWTS 是中國負責制訂中國地區第三代行動通訊標準的組織，該組織針對 WCDMA TDD 模式訂定了載波為 1.28MHz 的無線傳輸技術標準，即名為 TD-SCDMA 的技術，並吸納 WCDMA FDD 模式與 cdma2000 MC 模式成為國內可行的第三代標準。

3GIP 是由一些支持 WCDMA 的製造商所共同組成，主要是推動 3GPP 將第三代系統 Release 4 與 Release 5 網路完全 IP 化的標準制訂，其主要負責先期網路架構的討論與

設計，將討論結果交由 3GPP 來進一步融入標準之中。

MWIF 同樣是由許多重要的第三代系統業者與製造商共同組成的標準討論小組，他是由 3GPP 與 3GPP2 的許多重量級成員共同組成，希望能透過 MWIF 的努力，通動 3GPP 與 3GPP2 能朝向相同的 IP 化方向制訂，使未來 IP 化網路的架構能盡可能相同。MWIF 整合二個組織所訂定的網路架構，提出一個更廣泛、適合二個系統的架構，並分別交由 3GPP 與 3GPP2 來進一步訂定最終的網路架構。

目前所有標準制訂活動，最後都必須由 ITU 來頒佈，而目前所有 IP 化的標準訂定，使得 3GPP 與 3GPP2 的最新標準制訂，亦必須與 IETF 標準相符，因此二個標準訂定組織都正積極與 IETF 共同發展第三代相關的 IP 標準。

## 6.1.2 標準制訂現況

首先我們介紹目前頻段配置的現況。在頻段配置與協調的議題上，ITU 根據世界無線通訊會議 (WRC) 所修訂更新的無線法規 (radio regulations) 負責協調全球頻譜資源之分配使用。在頻譜方面的主要考量，是希望根據 WRC'92 會議之決議以及 WRC'95 進一步的修改，將頻譜定在 2GHz 附近 (1885~2025MHz 與 2110~2200MHz)，並希望在該頻段的使用上，儘可能減少對現有無線通訊系統之衝擊；為了保持系統運作之彈性，任何針對不同 IMT-2000 空中界面形態 (air interface types) 或服務，其頻段的切割使用必須儘可能避免，而衛星通訊之頻段切割也希望能具有彈性，以適合不同地區之需要。

但就目前看來，由於行動通訊用戶快速成長、行動電子商務蓬勃、無線網際網路將成為下一波無線市場的主流，現行的頻帶將不敷未來無線通訊市場的需求。基於這樣的考量，WRC-2000 在 WRC-92 年決定的頻帶之外，另外增加了三個頻帶以供第三代行動通訊系統的使用：一個在 1GHz 以下、一個介於 1~2GHz 之間、另一個在 2GHz 以上。因此目前 ITU 建議的第三代通訊系統使用的頻帶如下：

- 806 ~ 960 MHz
- 1710 ~ 1885 MHz
- 1885 ~ 2025MHz 與 2110 ~ 2200MHz (WRC'92)
- 2500 ~ 2690 MHz

3GPP 所制訂的標準，提供第二代業者逐步升級設備，依照這個想法，共可分為三個階段，即 R99、Rel-4、Rel-5，目前 R99 已大致發展成熟，主要沿襲第二代 GSM 與 GPRS

的服務，並升級到更寬頻的服務，預期日本將率先進行 WCDMA 系統的商業佈設。Rel-4 正展開訂定的工作，對於提供 IP 化無線接取傳輸網路的架構設計，正進行最後的討論。Rel-5 則尚在初步訂定的階段，目前，對於完全 IP 化網路與服務架構已正式提出，至於許多細節方面的標準制訂，則尚在討論與著手進行。

3GPP2 訂定的標準，同樣提供第二代 IS-95 系統業者能逐步升級網路的方案，分為三個升級的階段，第一階段的標準稱為 1xMC，提供語音與中速度的數據服務，目前這一階段以發展成熟，隨時可進行商業佈設。第二階段的標準稱為 1xEV-DO，主要提供高速的數據服務，但需要一個額外的載波來營運這項服務，這項新的規格以大致發展完成。最後一個階段則是在同一個載波同時提供高速數據與語音服務的標準，1xEV-DV，目前尚在討論階段。

3GIP 以針對 3GPP 的系統，提出多項 IP 化的討論議題與系統架構設計，部分已由 3GPP 融入系統標準之中。MWIF 目前針對無線接取網路 IP 化架構、IP 化核心網路架構、與一些架構設計要求與原則，已提出建議書，希望能在核心網路架構設計、與無線接取網路 IP 化架構上，與 3GPP 以及 3GPP2 達成共識。目前，3GPP2 積極與 IETF 成立共同工作小組，從 MIP 的標準來訂定核心網路架構與其相關標準，預期 3GPP 亦將採取同樣措施來達成核心網路架構的相似性。

## 6.2 WCDMA

目前寬頻分碼多重接取 (WCDMA) 系統為全球最多廠商投入研發的一種無線接取技術，無線界面的傳輸採用 CDMA 技術，並提供了分頻雙工與分時雙工二種模式。核心網路的技術主要採取了與 GSM 相容的規格，並針對第三代行動通訊系統的各項要求，加入各項升級的功能。

WCDMA 系統發展的主要設計精神，在於整個系統的 IP 化，如圖 6.1。包括所有服務的 IP 化，以及整個網路架設將逐步採取全面 IP 化的策略。IPv6 將在 WCDMA 系統中扮演關鍵的角色。

### 6.2.1 IP 接取的服務與網路架構

首先，我們將比較整個網路與服務架構在三個階段的演進，提出 WCDMA 系統設計的主要特點。

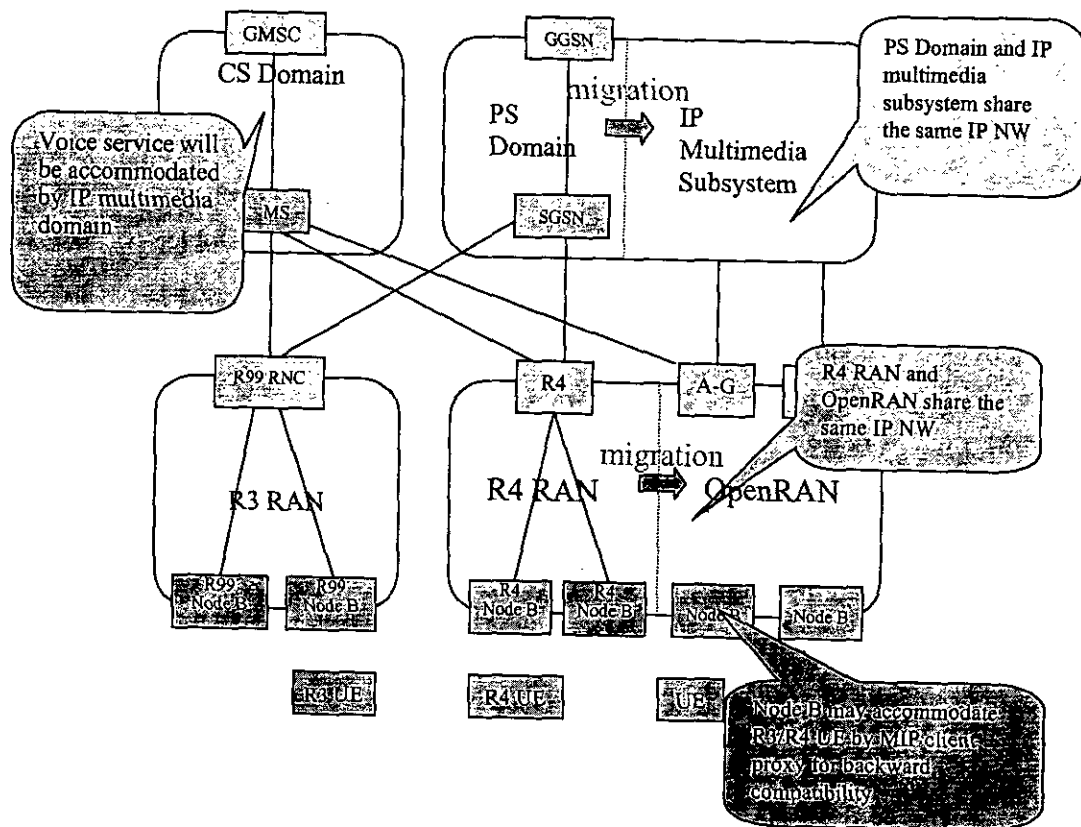


圖 6.1 WCDMA 系統發展趨勢：逐步全面 IP 化

### 6.2.1.1 R99 的服務與網路架構

#### 6.2.1.1.1 R99 概說

R99 系統設計的首要精神，在於從 GPRS 與 GSM 核心網路架構演進到第三代系統的核心網路，並採用傳輸效能更好的無線存取界面技術，提升服務的能力與種類，同時將核心網路的功能作部分升級 [2], [3]。因此整個 R99 的核心網路便依照原本 GSM/GPRS 第二代行動通訊系統的架構，將核心網路依照服務區分為 CS 與 PS 二種網路。無線存取網路由於使用新的技術，因此所有無線存取網路相關設備必須重新佈設。而核心網路考慮許多系統業者將使用原有的網路，因此核心網路與無線存取網路之間的傳輸界面  $I_u$  界面將提供 ATM 與 IP 傳輸網路二種選擇。

在服務方面，主要的服務類型是語音與靜態的 IP 服務，但可提供跨系統的 Mobile IP (MIPv4) 服務，不過核心網路的路由方式並未最佳化、MIP 服務的穩定度較差。R99 並且可初步提供線路交換式與分封交換式的多媒體服務，在線路交換式方面採用 H.324M 標準，而在分封交換式採用 H.323，但在系統中並未將多媒體服務所需的功能實體納入考量，而必須是業者自行架設伺服器而執行相關需要的功能。

#### 6.2.1.1.2 R99 網路架構概說

在這個網路架構圖中 [4-7]，如圖6.2所示，UE 是用戶設備。其中 ME 是通訊模組的部分，手機端的無線傳輸模組與其他通訊協定，包含無線接取網路部分 (access stratum) 與非無線接取網路部分 (non-access stratum)，都規定在這部分中。USIM 則是未來標準的 SIM 卡模組的部分，記錄用戶的身份資料、身份認證方式、認證與加密的密鑰 (key)。

UTRAN 則是 WCDMA 系統中，關於無線接取網路的部分，由無線網路控制器 (RNC) 與基地台 (Node-B) 構成 [17]。每個 RNC 主要的功用在於控制無線網路的資源分配、儲存無線網路使用者資訊的資料庫，每一個 RNC 可控制多個 Node-B。對於核心網路與 NAS 各部分功能，RNC 則是他們的服務功能點 (SAP)。每個 Node-B 即是基地台，主要包含射頻模組 (RF module) 與基頻模組 (baseband module)，能將封包轉換成無線界面的訊號送出，或將無線界面的訊號轉換成封包資料向上層送去。一個 Node-B 可控制數個細胞，每個細胞可容納多個使用者，細胞乃依據天線個數決定。UTRAN 部分我們將在第6.2.5節「無線界面的通訊協定堆疊」中更清楚討論。在圖6.2中我們也可看到，系統可同時使用第二代的無線接取網路做為無線接取技術的選擇。

核心網路部分 (core network) 主要是依據與 GSM 相容的網路架構規格設計，除了具備了與 GPRS 相容的能力外，並在各部分功能實體中，加入第三代系統特別的網路要求。HLR 儲存所有系統合法使用者的資料庫。MSC/VLR 功能實體主要的作用是提供線路交換式 (CS) 連線的交換功能，所有在該管轄區域內的所有 CS 連線的用戶資料，也將儲存於此。網路端的各種控制，也由 MSC 負責掌控 RNC。GMSC 是 WCDMA 系統中，CS 連線對外界公眾網路的出入口。

SGSN 功能實體提供了分封交換式 (PS) 連線的路由 (routing) 與各種連線控制功能，如同 MSC/VLR 一般，他掌控網路中關於 PS 連線的所有功能，透過  $I_0$  來控制 RNC。PS 連線透過 GGSN 最後能連往外界的公眾網路，在此 GGSN 是 WCDMA 系統對外的開口。

#### 6.2.1.1.3 R99 服務概說

在本節中，我們針對 IP 相關、與第二代所未能提供的服務來說明，省略語音服務部分，包括一般 IP 連線、MIP 連線、多媒體服務、與短訊服務等四部分 [8]。

圖6.3為一般 IP 連線的通訊協定堆疊圖。在圖中我們可以看到，IP 層以下即為

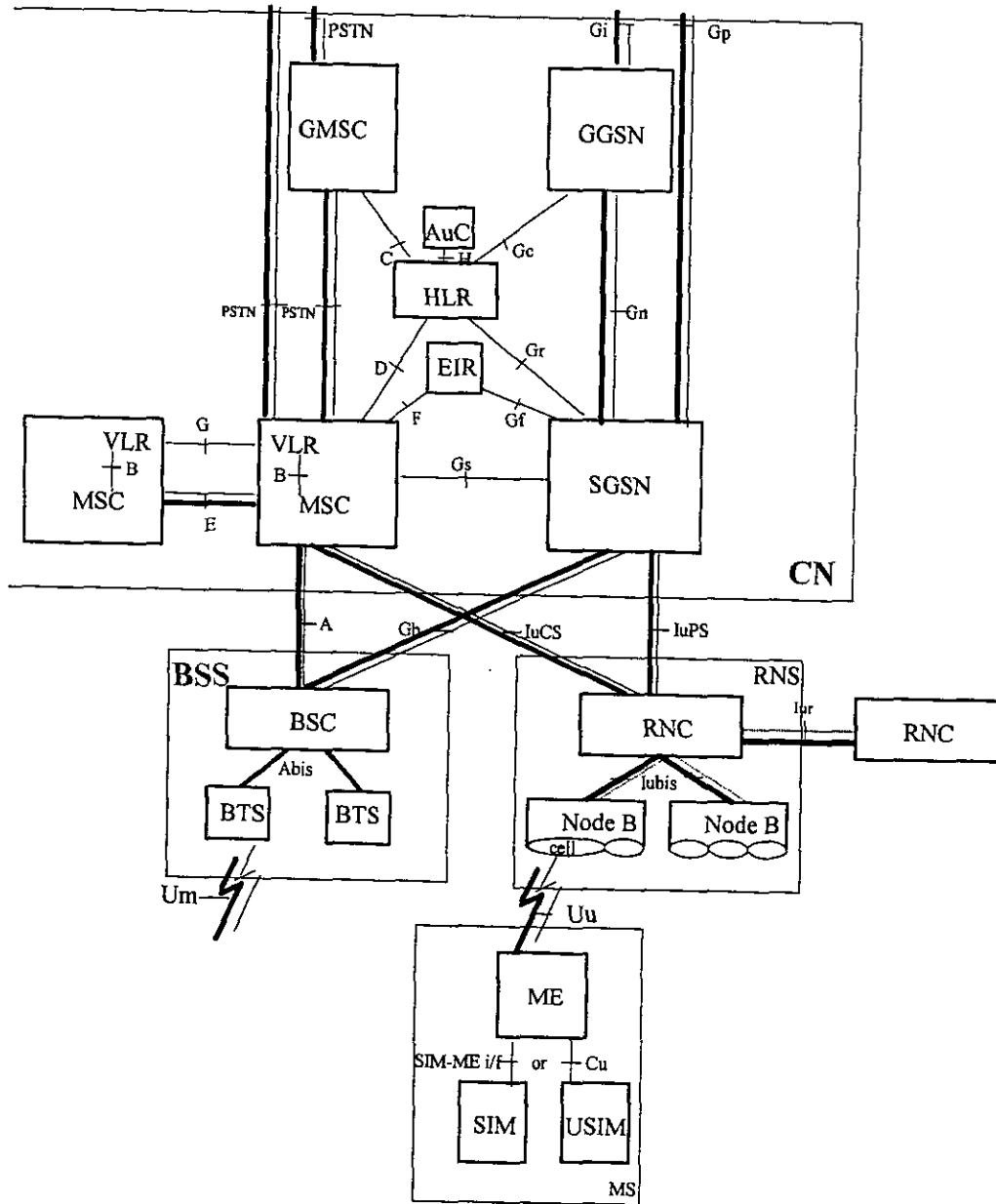


圖 6.2 R99 網路架構

WCDMA 系統相關的通訊協定部分 (總括為第二層)，用戶使用 IP 連線時，由 GGSN 解開 IP 封包，並將之送往外界網際網路，GGSN 在系統中扮演閘道器的功能。當用戶跨系統移動時，則使用 MIPv4 的服務，如圖 6.4 由 GGSN 執行 FA 的功能，並擁有 COA 位置，與 HA 建立穿隧通道 (tunneling)，將用戶的封包正確導向 HA。在 R99 的 MIP 架構中，由於提供 MIPv4 的服務，IP 位置稀少，因此必使用 GGSN 作為 FA 減少 IP 位置使用量。

在 R99 多媒體通話服務方面，可同時提供 CS 與 PS 的多媒體服務。使用 CS 核心網路時，使用 H.324M 建立通話連線，而在 PS 核心網路時，則使用 H.323 建立通話連線。

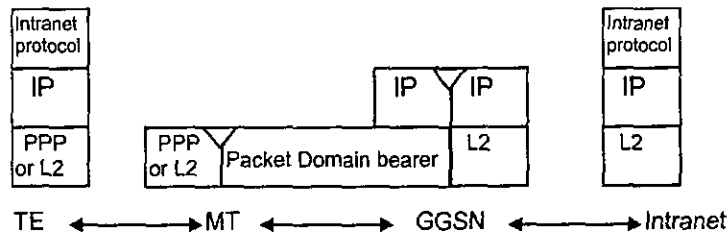


圖 6.3 IP 連線的通訊協定堆疊

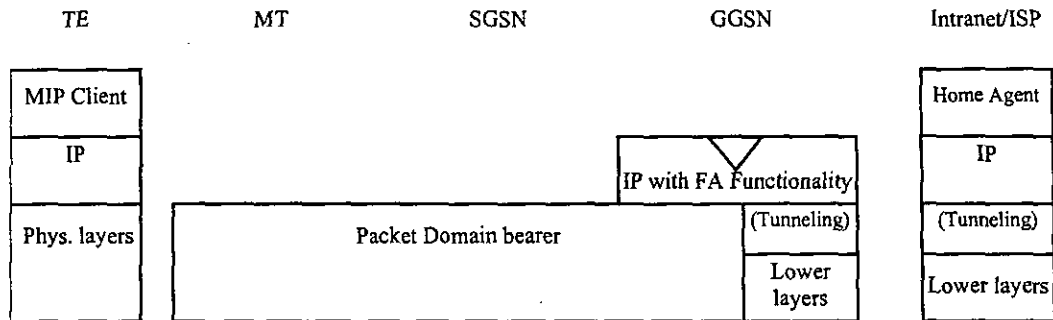


圖 6.4 MIP 服務的通訊協定堆疊

當系統業者欲提供多媒體服務時，必須架設 MGK、MGW、SCS 等伺服器，作為多媒體連線跨不同網路之間的轉換器，以及多媒體連線的控制伺服器。

在 R99 的短訊服務方面，無線接取界面採用控制平面來傳輸，在 6.2.2.1 節中我們看到這個設計。在核心網路部分，必須要 SMS-GMSC 與 SMS-IW MSC 與 SC 進行傳送或接收的功能。這二個與短訊服務相關的功能實體可任選 MSC 來執行，而 SC 則不在 WCDMA 系統中的標準中。SMS 服務中心的詳細介紹可參閱 [22], [23]。

### 6.2.1.2 Rel-4 的服務與網路架構

#### 6.2.1.2.1 Rel-4 概說

Rel-4 主要的角色是作為系統業者將網路傳輸方式逐漸過渡到 IP 傳輸網路的選擇，並將多媒體連線服務的能力提升 [3], [25], [28]。因此在無線接取網路的傳輸網路架構，除了延續 R99 以 ATM 為主的傳輸網路以外，業者同時能採用 IP 為基礎的傳輸網路，如此可有效提升傳輸網路的傳輸效率，節省系統業者的網路基礎建設成本。但為了與 R99 原本 RNL 相容，所以必須作多方面的考量與設計，才能真正提升 IP 傳輸的效能，並滿足上層服務價值的需求。這些議題包括：U-Plane 封包標頭的壓縮、封包的多工傳輸 (multiplexing)、傳輸層信息的傳輸方式、C-plane 的信息的傳輸方式、服務品質的考量、IP 位置的管理、傳輸網路第一層與第二層的選擇、傳輸網路安全性議題、與 ATM 傳輸網



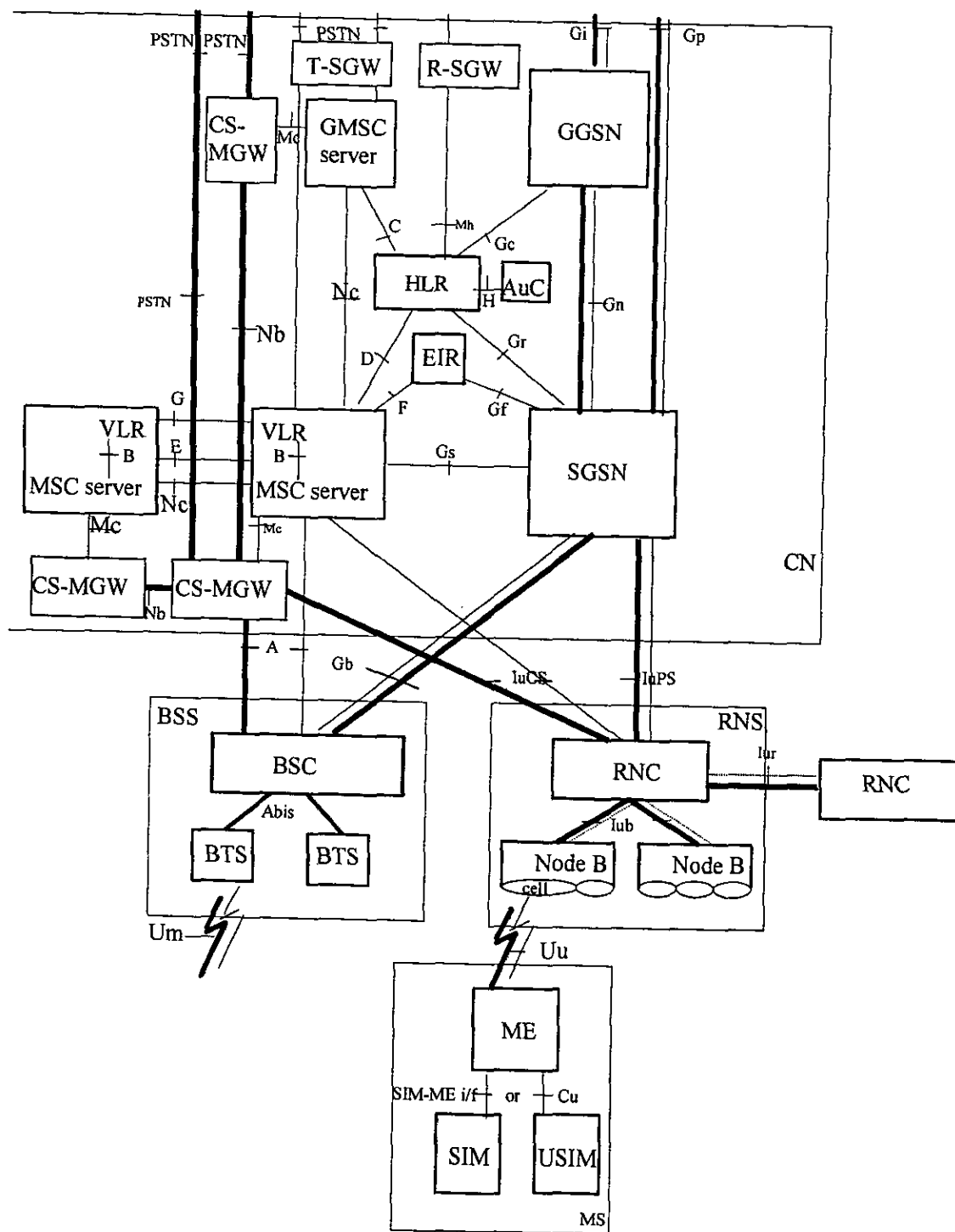


圖 6.5 Rel-4 網路架構圖

路的共存設計等等。

在核心網路方面，由於核心網路之主要傳輸架構與服務架構仍維持與 R99 相同的設計，但無線接取網路之傳輸界面與其之間的  $I_u$  界面均已逐步 IP 化，同時為能提供與 IP 網路相連的多媒體連線服務，因此這樣過渡的核心網路面臨必須提供與其他 IP 網路相連的轉換界面，因此在這一階段的核心網路設計中，加入了 MGW 與 SGW 的功能實體，

讓 IP 網路與非 IP 網路之間能暢行無阻。

#### 6.2.1.2.2 Rel-4 網路架構概說

Rel-4 的網路架構主要沿襲 R99 的系統設計，如圖6.5所見，與 R99 的差異主要在於 CS-MGW 與 CS-SGW 的設計 [9]。由於核心網路仍使用 ATM 為主的方式，而 I<sub>0</sub> 界面與外界網路可能提供分封交換式的多媒體（包括語音服務）服務，因此設計上將所有多媒體訊務透過 MGW 傳送，而 MSC 只負責控制信息部分。同時，為使 SS7 的信息網路能與外界非 SS7 信息網路相溝通，因此若業者面臨這種問題時，可採用 CS-SGW 將信息協定互相轉換。

#### 6.2.1.2.3 Rel-4 P 服務概說

IP 服務架構仍與 R99 相同，但必須支援 IPv4 與 IPv6 的服務 [10], [21]。另外當傳輸網路以 IP 方式傳輸時，將採用 IPv6 的標準，而 IPv4 目前作為系統業者所提供之網路選擇之一。

多媒體連線服務方面，多媒體服務將同樣可採用線路交換方式或分封交換方式來提供。當系統提供線路交換式服務時，可採用 H.324M 協定，當系統提供分封交換式服務時，則採用 SIP/SDP 作為連線建立的協定。

### 6.2.1.3 Rel-5 的服務與網路架構

#### 6.2.1.3.1 Rel-5 概說

Rel-5 的設計，主要希望將整個 WCDMA 系統 IP 化，包括傳輸網路全面 IP 化，核心網路架構從 Rel4 升級為完全 IP 化網路，並以 MIP 服務為中心來設計核心網路各功能實體所執行的功能，同時逐步提供 IP 化的多媒體通訊，將原有的線路交換式核心網路淘汰，並支援 MIPv4 與 MIPv6 的服務。目前 Rel5 的整個網路架構已大致決定，但核心網路各功能實體所執行的功能，尚在討論的階段，如何與 IETF 共同訂定適合的標準，並完全採行 IETF 所支援的傳輸與信息標準，則是當今 Rel-5 核心網路努力的方向。

#### 6.2.1.3.2 Rel-5 網路架構概說

如圖6.6所示，Rel-5 的整個網路架構最大的改變，在於核心網路全面朝向 IP 化服務的方向設計 [3], [11], [13], [15]。上半部分是新的核心網路架構設計，除了原本 PS 核心網路以外，加入了 IM 子系統 (IM subsystem)，同時將 HLR、AAA 伺服器合併成為 HSS。使用者原有 IP 連線仍與 Rel-4 相同，透過 SGSN 與 GGSN 來負責傳送資料與信息控制，

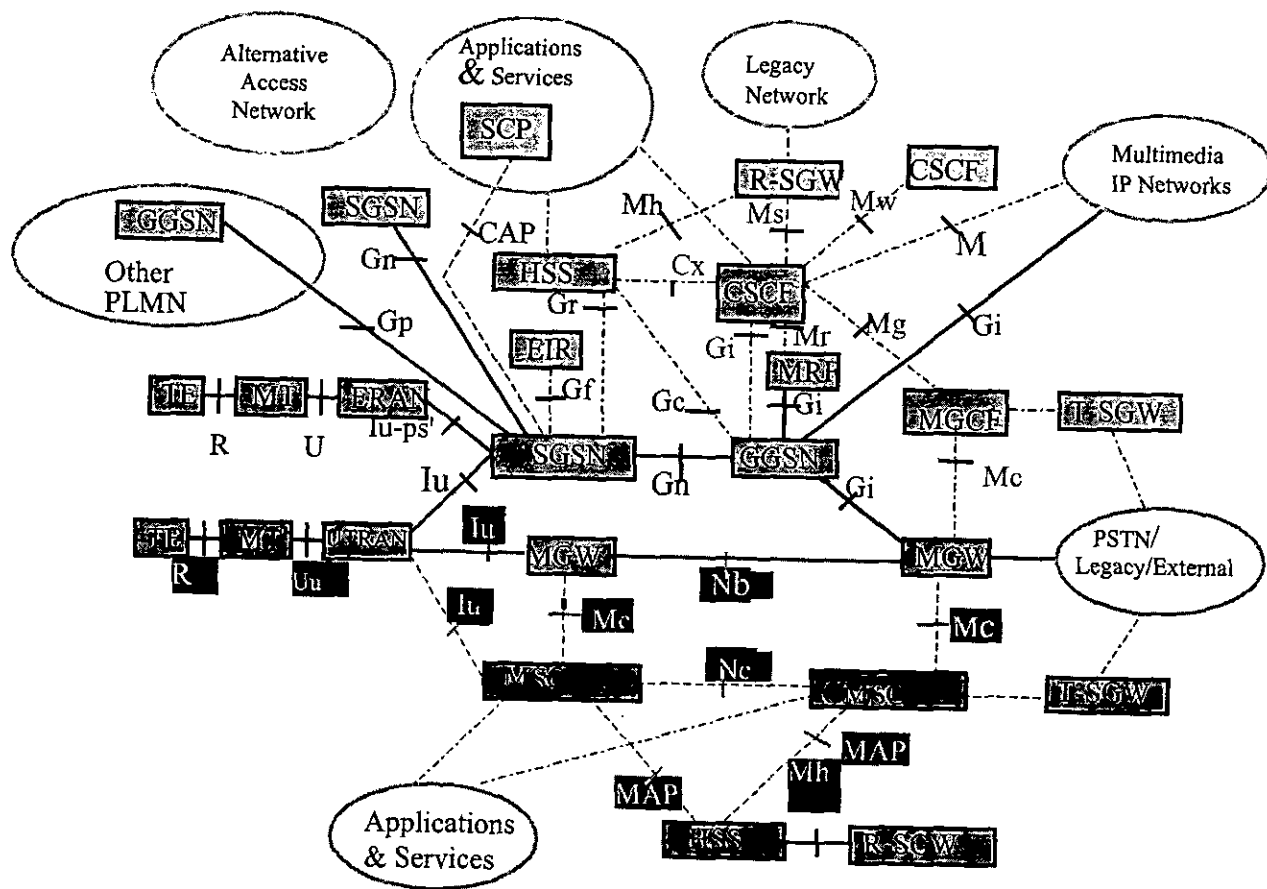


圖 6.6 Rel-5 的網路架構

然而多媒體服務，包括原有線路交換式的語音與多媒體服務，將改由 PS 網路傳送用戶資料，以 IM 子系統來進行連線控制。IM 子系統主要的功能實體有：CSCF 作為 SIP 伺服器或 H.323 的 GK；MRFC 負責多方通訊功能；MGCF 負責 IP 網路與傳統電話網路之間通訊協定轉換，並負責選擇適當的 CSCF 來控制來自公眾網路的多媒體連線；T-SGW 負責將 MGCF 轉換的信息對映到公眾網路的信息網路。另外，當用戶與 SS7 為基礎的核心網路進行漫遊時，必須透過 R-SGW 將信息傳輸格式轉換。圖6.6下半部分是承襲自 Rel-4 的 CS 核心網路，由於該網路屬於舊的網路，為了與 IP 化的無線接取網路與外部網際網路相連，仍必須採用 MGW 與 SGW 的架構。

### 6.2.1.3.3 Rel-5 IP 服務概說

Rel-5 系統設計中，多媒體服務與 MIP 服務將有較大的改變。如6.2.1.3.2小節中所述，Rel-5 的網路架構設計，是希望系統業者能從 Rel-4 網路逐步升級 PS 核心網路，然後才將 CS 核心網路由 IM 子系統替換。因此 CS 核心網路仍在初期提供原有的服務。但多媒體服務則逐步由 IM 子系統取代，最終希望包括語音服務等都走向 IP 化的目標。在多媒體連線控制上，並未預設 CSCF 應採用 SIP 或 H.323。

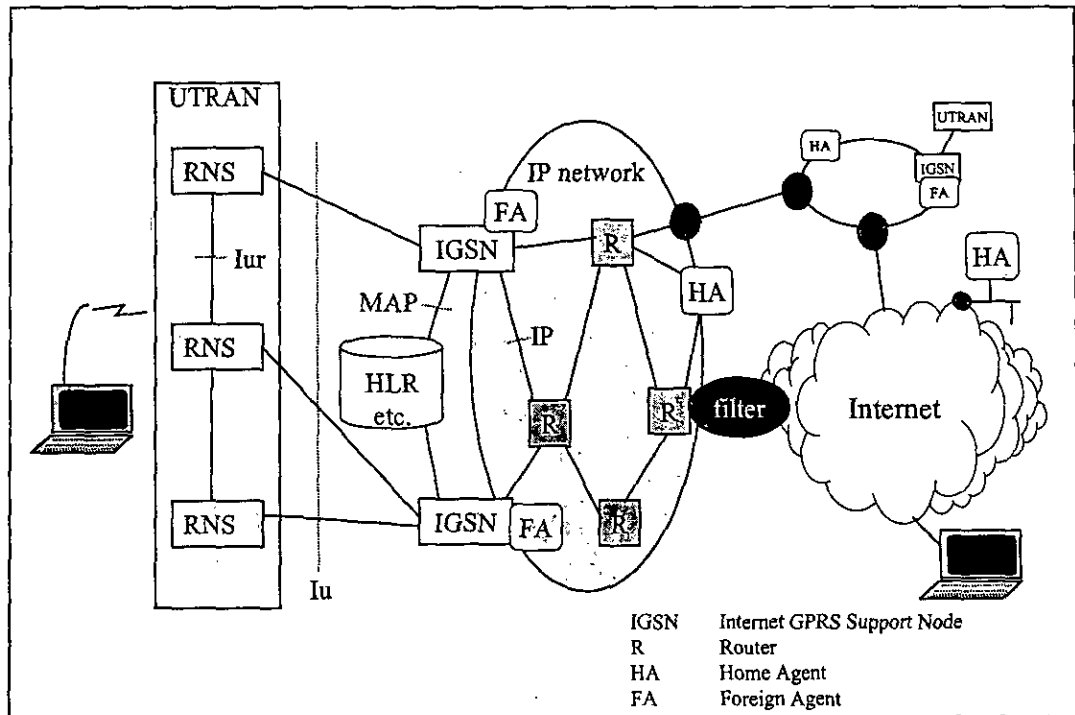


圖 6.7 第三階段 MIP 服務的網路架構模型

IP 服務方面，在這一階段應該提供 IPv4 與 IPv6 的服務，因此當系統使用不同版本的 IP 傳輸時，應該注意網路之間轉換與互連的問題。本階段系統應提供 MIPv4 與 MIPv6 的功能，當使用者採用 MIPv4 的功能時，FA 位置應位在 GGSN 上，COA 由 GGSN 負責。當用戶設備具有 MIPv6 能力時，將使用 MIPv6 的路由與封包轉送架構，GGSN 將不負責 FA 的功能。同時，MIP 服務的提供將採取三個階段進行 [14]，第一階段（也就是如同 R99 的作法）提供跨系統的 MIP 服務，COA 由 GGSN 負責；第二階段將核心網路的路由最佳化，提供跨 GGSN 的 MIP 服務，強化傳輸穩定度與服務品質；第三階段將 SGSN 與 GGSN 合併為 IGSN，如圖 6.7 所示。IGSN 服務區域內完全 MIP 服務。當系統完全 IP 化之後，短訊服務的架設方式將有所變動，目前尚未討論。

## 6.2.2 無線接取網路

### 6.2.2.1 R99 的無線接取網路

圖 6.2 所顯示的各個功能實體中，我們可以清楚看到功能實體之間有許多界面。在此我們介紹與無線接取網路相關的界面。Node-B 與 RNC 之間主要是透過 I<sub>ub</sub> 界面來傳輸，在現在標準制訂的階段中，這個界面都採用 ATM 技術作為傳輸方式，I<sub>ub</sub> 控制平面的通訊協定則如圖 6.8 所示 [18]，定義在 25.43x 與 25.42x 系列標準。我們可將傳輸網路切割為三個部分，使用者平面採用 AAL2，控制平面採用 AAL5，傳輸網路的信息採用

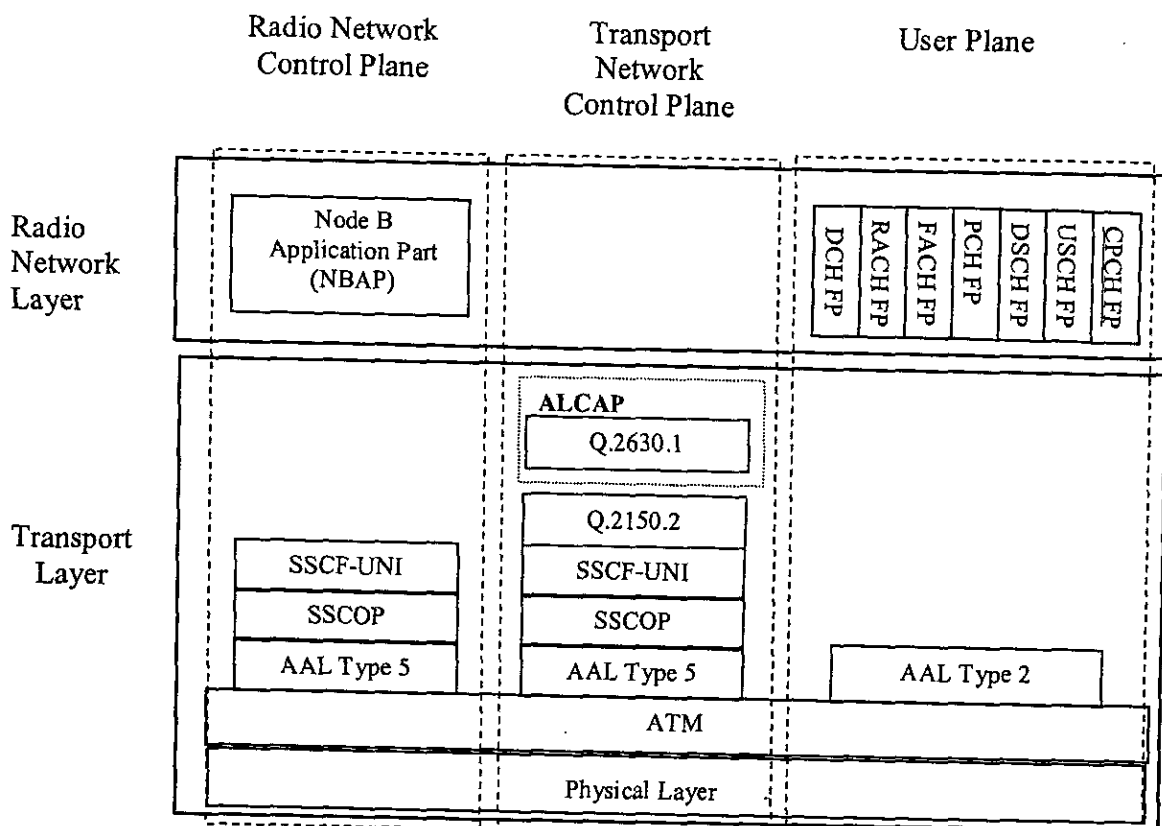


圖 6.8 Iub 通訊協定堆疊

ALCAP/STC/AAL5 方式傳送。RNC 之間透過  $I_{ur}$  界面傳送，定義於 25.42x 系列標準。使用者平面與  $I_{ub}$  相同，其控制平面採用 SCCP/MTP3/AAL5 架構傳送，但也可使用 SCCP/M3UA/SCTP/ IP/AAL5 的方式傳送。傳輸網路的信息控制平面，則採用 ALCAP/STC/MTP3/ AAL5 架構傳送，但也可使用 ALCAP/STC/M3UA/SCTP/IP/AAL5 的方式傳送，這種新的架構便於業者逐步將傳輸網路獨立於並加入 IP 化的設計。

在短訊服務方面，R99 設計採用控制平面來傳輸短訊服務，其跨無線接取網路的通訊協定堆疊圖如圖 6.9 所示。

### 6.2.2.2 Rel-4 的無線接取網路

Rel-4 的無線接取網路設計的精神，在於提供系統業者從 ATM 傳輸網路逐步演進到 IP 網路的途徑，同時考量這二種傳輸網路共存的各種議題。在 Rel-4 無線接取網路中，定義了 ATM 與 IP 作為傳輸網路的二種選擇。其中 ATM 傳輸網路與 R99 相同，因此在本節中，主要介紹 IP 傳輸網路的設計與考量 [25]。

IP 傳輸網路的設計主要在於提升無線接取網路傳輸網路的效率。他必須兼顧安全性 (因為開放式的 IP 傳輸網路將易受攻擊)、傳輸網路獨立性 (可提供業者彈性選擇與逐步

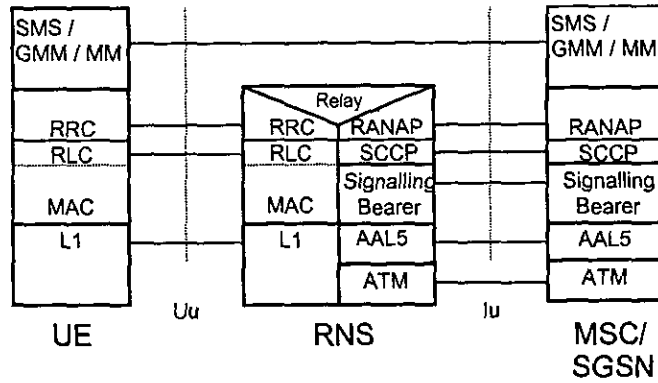


圖 6.9 無線界面短訊服務之設計

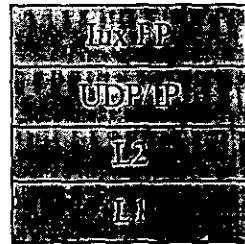


圖 6.10 Rel-4 UTRAN 各界面的使用者平面傳輸協定堆疊

升級)、提供無線網路層所需要的服務品質 (IP 網路傳輸即時服務所需要的延遲控制)、新舊傳輸網路共存與相互連結的問題,同時基於網路能力的考量,Rel-4 的 IP 傳輸網路將強制採用 IPv6 的版本傳送,而部分可選用 IPv4 的網路。

在使用者平面上的設計,架構將使用 UDP/IP 的方式傳送,如圖6.10所示。但主要的問題是當 FP 把無線傳輸層的使用者封包對應到傳輸網路層的封包時,IP 封包檔頭長度造成傳輸效率不佳的問題,目前提出幾種封包檔頭壓縮的可能方案為:CIP 能在一個封包中塞入多個使用者的封包,並將檔頭有效縮減;LIPE 能將多個使用者資料多工放置同一個 IP 封包中傳送;PPP MUX 可架在 HDLC 或 ATM 上傳送,同樣透過多個封包多工至一個 IP 封包來減少檔頭的比例;MPLS 可透過路由交換器之間的 label,直接將 IP 檔頭去掉,因此可非常有效的增加傳輸效率。在未來 IP 傳輸網路的控制信息傳輸協定上,將採取非 ALCAP 的方式來傳送,一種方式是由無線傳輸層的 AP 協定來協助傳送位置,如此即可建立需要的傳輸通道。另一種是,當使用 LIPE 時,可利用 LIPE 隧道來達成信息傳送的目的。

在控制平面上無線傳輸所需的信息傳送,將採用 SCTP/IP 的架構來傳送 (RFC 2719)。在 I<sub>ub</sub> 界面上,其架構使用 SCTP/IP/L2/L1 的堆疊傳送,但在 I<sub>ur</sub> (即 RNC 與 RNC 之間的界面) 由於考慮 ATM 與 IP 網路共存的問題,因此採用 SUA/SCTP/IP/L2/L1 的堆

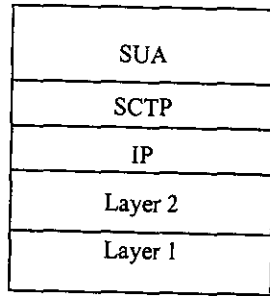


圖 6.11 IP 化 Iur 界面控制平面的傳輸

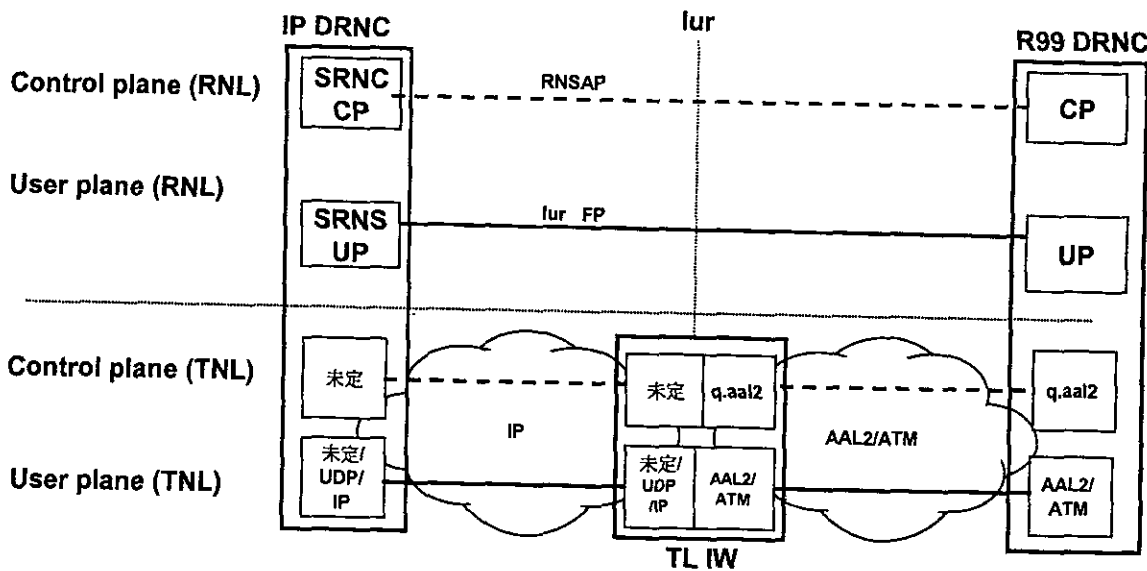


圖 6.12 ATM 與 IP 傳輸網路之間的交互連結

疊，如圖6.11所示。

另一個無線接取網路在 Rel-4 的重要考量是，原有 ATM 網路與 IP 網路共存的問題，為了讓業者有機會將網路部分逐步升級，因此在跨 RNC 與 RNC 之間 Iur 界面時，如圖 6.12，必須將新舊網路之間（ATM 與 IP 傳輸網路之間），進行封包資料與信息控制的轉換，因此在二種網路之間透過 IWU 串連在一起。在控制平面上，它執行 SGW 的功能，從 SUA/SCTP/IP 轉換到 SCCP/MTP3-B/AAL5 的方式，未來將必須支援 SIP/SDP 參數傳遞，取代 ALCAP 的功能。在使用者平面，則將 UDP/IP 的封包轉換成為 ATM AAL2 的格式。

另外，在目前標準訂定中，3GPP 同意未來將不訂定傳輸網路 L1 與 L2 的標準，提供系統業者佈設網路的彈性，可依照任何方式架在 IP 之下傳送。

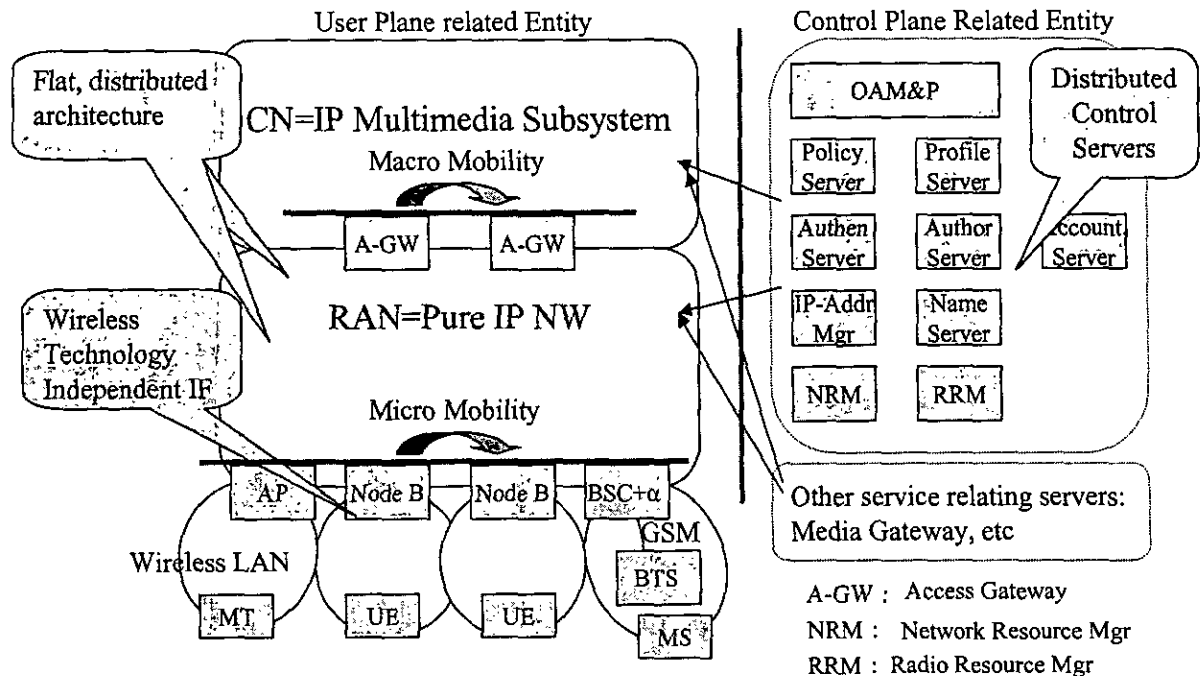


圖 6.13 Rel-5 Open RAN 架構

### 6.2.2.3 Rel-5 的無線接取網路

在 Rel-5 的無線接取網路，延續 Rel-4 的 IP 傳輸網路架構，更進一步提出 OpenRAN 架構，如圖6.13所示。這個架構主要的精神在於打破原本無線接取網路功能與架構的模型，將所有無線網路功能打散成為一個個獨立的伺服器，只要將這些需要的伺服器掛上 OpenRAN 上，經正確設定，即可正常運作，如此所有 WCDMA 無線接取網路上的設備，將不再需要由一家通訊設備廠完整提供，可設定界面，由不同設備商的設備整合成無線網路，對未來通訊設備的產業，將產生很大的改變。

## 6.2.3 無線接取網路與核心網路的界面 $I_u$

### 6.2.3.1 R99 的 $I_u$ 界面

RNC 與 CN 之間，是透過  $I_u$  來傳輸，其通訊協定堆疊如圖6.14所示。在現在標準制訂的階段中，這個界面主要採用 ATM 技術作為傳輸方式， $I_u$  界面針對 CS 服務的界面如圖6.14所示，而對於 PS 服務的界面則如圖6.15所示，但在 PS 服務的界面可選擇使用 IP 的方式來傳輸， $I_u$  界面規定在 25.41x 系列的標準中。

在  $I_u$ CS 中，控制平面採用 SCCP/MTP3-B/AAL5 方式傳送，使用者平面採用 AAL2 傳送，而傳輸網路層的控制平面採用 ALCAP/MTP3-B/AAL5 方式傳送。在  $I_u$ PS 界面的控



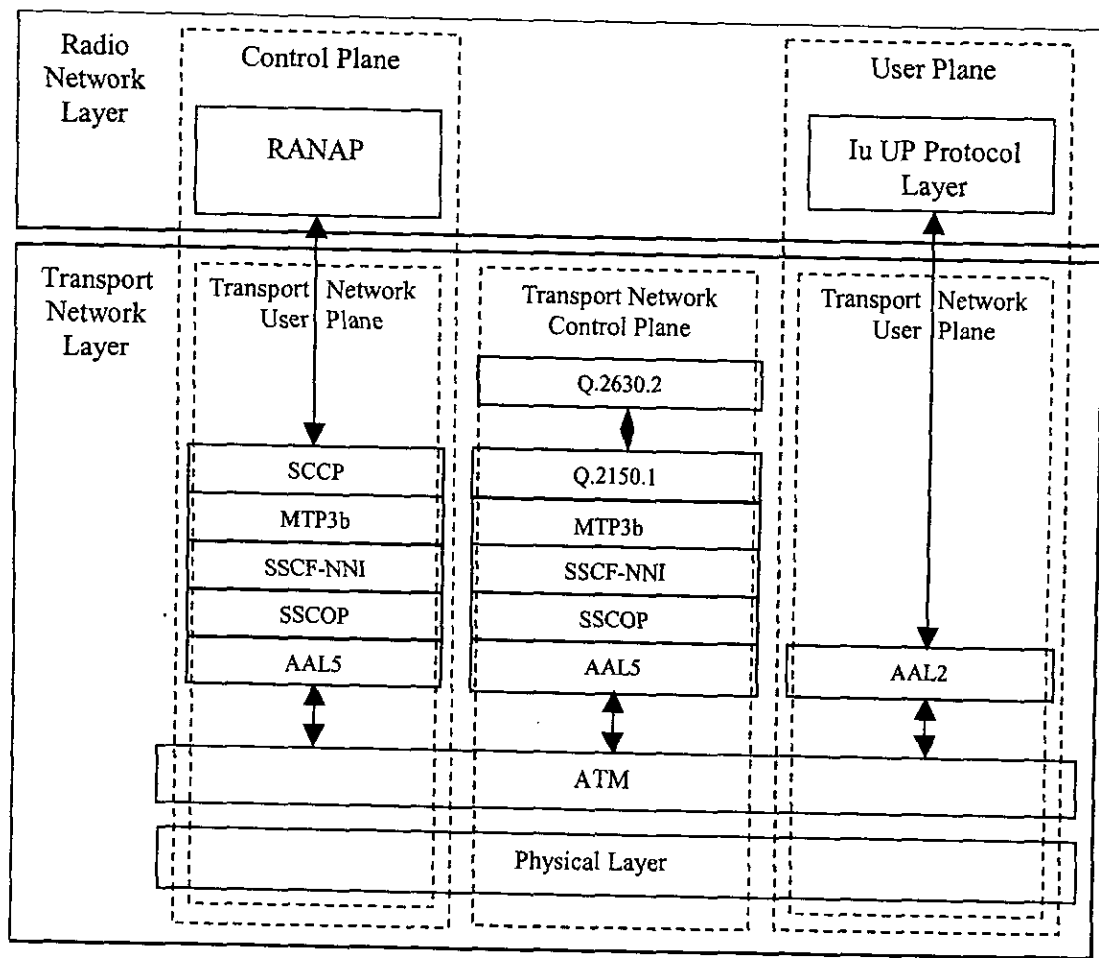


圖 6.14 CS 服務的 I<sub>u</sub> 界面傳輸協定

制平面則可以使用 SCCP/M3UA/SCPT/IP/AAL5 方式傳送，使用者平面則採用 GTP-u/UDP/IP/AAL5 的方式建立隧道來傳送，強迫所有封包通過 SGSN。而由於 PS 服務特性，傳輸網路不需要信息控制平面。

### 6.2.3.2 Rel-4 的 I<sub>u</sub> 界面

Rel-4 的 I<sub>u</sub> 界面除了原先 ATM 為基礎的傳輸方式 [18]，更考慮逐步汰換至 IP 網路傳輸方式，同時考量 IP 網路傳輸即時服務的問題 [21]。在 IuPS 界面的控制平面，採取 SCTP/IP 的方式，這在原本 R99 的標準中已使用 SCCP/M3UA/SCTP/IP 這種傳輸選擇，在本階段的標準中，可能將採用 SUA/SCTP/IP 方式傳送，如圖 6.16。在使用者平面上，由於原本使用 GTP-u 的傳輸協定，因為即時服務的考量，未來可能採用簡化的 GTP-u 協定增加效率。在 IuCS 界面的控制平面上，同樣使用 SCTP/IP 方式傳送，在使用者平面上，由於在 IP 網路上傳送即時服務需要保證端點對端點的服務品質，因此考慮採用 RTP/UDP/IP 方式傳輸。未來 IPv6 將是傳輸網路主要的協定。

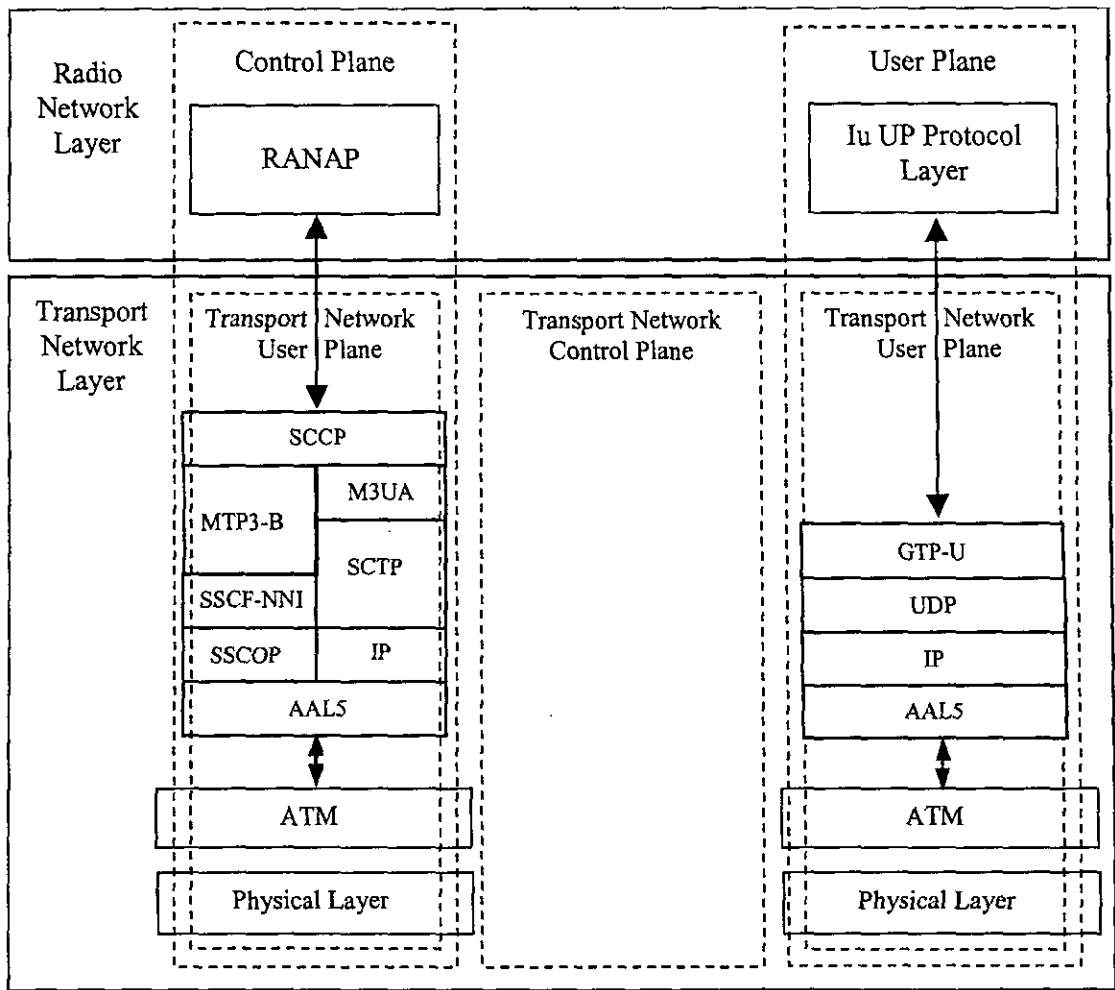


圖 6.15 PS 服務的 I<sub>u</sub> 介面傳輸協定

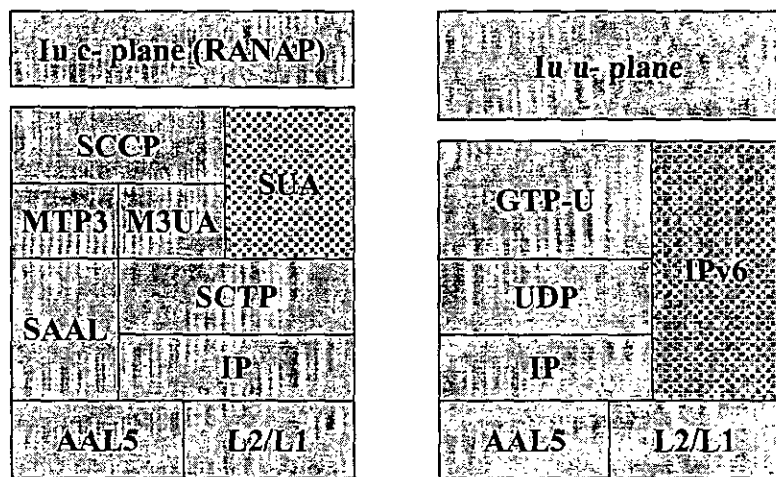


圖 6.16 I<sub>u</sub> 介面控制平面與使用者平面的傳輸協定

### 6.2.3.3 Rel-5 的 I<sub>u</sub> 介面

Rel-5 的 I<sub>u</sub> 介面將完全 IP 化，與 Rel4 IP 化的傳輸網路相同，目前正進行標準討論與制訂的階段。IPv6 將成為未來傳輸網路使用的標準，所有傳輸網路相關的協定將完全依照 IETF 相關標準訂定，3GPP 亦將與 IETF 有密切的合作。

## 6.2.4 核心網路

### 6.2.4.1 R99 的核心網路

R99 核心網路可區分線路交換式與分封交換式網路，分封交換式核心網路部分可區分為信息網路與訊務網路，如之前的圖6.2。信息網路主要有  $G_r$  界面 (HLR 與 SGSN)、 $G_r$  界面 (SGSN 與 EIR)、與  $G_n/G_p$  界面 (SGSN 與 GGSN)，採用 MAP 的信息協定，定義在 29.002 中，H 界面 (HLR 與 AuC) 則由系統業者自訂。訊務網路部分則主要是  $G_n/G_p$  界面 (SGSN 與 GGSN)，採用 GTP/UDP/IP 建立隧道，該部分規定在 29.060 中。

在 PS 核心網路部分有二個與外部網路相連的界面， $G_p$  界面負責 GGSN 與其他 WCDMA 網路業者 GGSN 相連，使用的標準如上述。 $G_i$  界面則是 GGSN 與其他網際網路相連，不規定在 WCDMA 系統標準中。所有的核心網路傳輸網路，在 R99 版本中均採用 ATM 網路傳輸，其信息亦透過 SS7 網路傳送。

另外，當系統業者提供短訊服務時，R99 目前將此服務相關功能實體放在 CS 核心網路執行。二個相關的功能實體為 SMS-GMSC 與 SMS-IW MSC，負責從 SC 來收、送短訊訊務。SMS-GMSC 與 SMS-IW MSC 與 SC 之間的連結，可能經過任何種類的網路，因此 SC 採用 E.164 標準定址，SMS-GMSC 與 IW-MSC 可根據 SC 的位置來轉送。SMS 實際相關建置標準可參考 29.040。

### 6.2.4.2 Rel-4 的核心網路

在 Rel-4 的網路中，主要與 R99 的差異在於 CS 核心網路提供多媒體服務的變動。由於系統業者在 Rel-4 已可將部分網路 IP 化，並且多媒體連線對外可能送往 IP 網路，因此利用 MGW 將 CS 核心網路與 IP 化網路隔起來，將所有訊務交由 MGW 進行轉換、傳送，利用 SGW 作 SS7/MTP 與 SCTP/IP 信息的轉換。

Rel-4 核心網路傳輸網路仍保留 R99 的方式。但在 MGW 之間的連接 ( $N_b$  界面)，傳輸網路可採用 ATM 與 IP 的方式傳送。當使用 IP 傳輸網路時，使用者平面採用 RTP/UDP/IP 方式傳送，信息網路則採用 SCTP/IP 傳送。無線傳輸層的使用者平面，則新增了  $N_bUP$  協定，負責使用者資料在  $I_b$  與  $N_b$  界面的傳送。 $N_b$  界面傳送相關規定，訂定在 29.41x 系列標準。

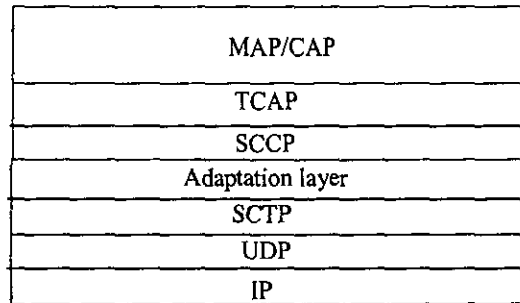


圖 6.17 Rel-5 IP 化核心網路之 MAP 協定架構

### 6.2.4.3 Rel-5 的核心網路

Rel-5 核心網路是整個 IP 化網路的終極階段。在這個階段中，為了提供 IP 多媒體服務，Rel-5 核心網路加入了 IM 子系統來提供這類服務所需要的信息控制，並將整個核心網路 AAA 伺服器、位置伺服器、HLR 整合，形成新的 HSS 功能實體。

核心網路的架構，在 IM 子系統部分採用的架構來設計，在 GMSC 透過 MGW 連往外界 IP 網路、以及 IM 子系統透過 IMMGW 連往 PSTN 網路 (即 MGCF 與 IM-MGW 之間) 的 Mc 界面，採用 H.248 標準。MGCF 與 CSCF 之間的界面，可使用例如 SIP 的標準，但該界面之協定將不強制。

另外，在 HSS、R-SGW 與其他負責行動管理 (MM)、連線管理 (SM) 的功能實體之間仍採用 MAP/CAP 的協定，在完全 IP 化的核心網路要提供 MAP/CAP，將採用如圖 6.17 的協定堆疊架構。設計上採用 TCAP/SCCP 透過轉換層架在 SCTP 上，使用 UDP/IP 來傳送。至於第一層與第二層的傳輸網路將由業者自行決定。

核心網路另外一個設計的重點在於，如何有效的提供 MIP 服務。在目前 3GPP 的討論中，我們可以看到將採取一個三階段的演進方式，將 IETF MIP 協定融入 Rel-5 核心網路架構的設計。在第一階段中，即如同 Rel-4 與 R99 的 MIP 提供方式，提供 MIPv4 的服務，並提供跨系統的 MIP 服務。因此 COA 位在 GGSN 上，當 UE 漫遊到其他網路時，可使用 MIP 協定移動到新的 GGSN 上。第二階段的改進，在於改善第一階段跨 GGSN 時，無法將核心網路路由最佳化、封包遺失率高的問題，並作為過渡到第三階段的過渡期。第三階段則真的做到在系統內部可跨 SGSN/GGSN (即 IGSN) 的 MIP 服務，且服務品質可大幅提昇。

## 6.2.5 無線界面技術

### 6.2.5.1 R99 的無線界面通訊協定

在無線接取界面技術上，3GPP 主要提出了以 CDMA 技術為主的無線接取技術，形成所謂的 UTRAN 接取網路，但同時希望能將 GPRS 與 EDGE 二種界面同時納入，給予系統業者最高的營運彈性，但可共用原有的核心網路設備。另外，為了提供更高速率的數據傳輸，ETSI 成立了 BRAN 計畫，研究使用相同核心網路之下，將 HiperLAN/2 併入無線接取技術的一種。因此，目前 3GPP 所提出的無線接取技術共有三種，可使用在不同需求之下：

- GERAN：提供 144kbps 速率以下的服務，可提供各種速度的使用者。
- UTRAN：提供 2Mbps 以下的各種服務，並提供各種速度的可動性。
- BRAN：提供約 25Mbps 速率的服務，在室內環境可移動範圍可達 150~300m，在室外環境可移動範圍為 30~50m。

本節主要針對 UTRAN 的無線傳輸技術作一簡要的說明，BRAN 則請參考無線個人接取網路的部分。UTRAN 的無線傳輸界面依其功能的不同可分為三層 [16]，如圖 6.18 所示：

- 實體層 (physical layer or L1)
- 資料鏈路層 (data link layer or L2)
- 網路層 (network layer or L3)

其中第二層又分離成兩子層：無線電鏈路控制 (RLC) 子層與媒介接取控制 (MAC) 子層。在此系統中，針對未來可能的點對多點、廣播、網際網路應用等諸多服務，第二層另外在無線電鏈路控制層之上，特別區分使用者平面，特別劃分了二個子層：廣播/點對多點控制子層 (BMC) 與封包數據壓縮協定 (PDCP)。而第三層也依據其功能的不同而切分成控制平面 (C-plane) 以及用戶平面 (U-plane) 兩部分。在控制平面部分，同樣的依據其功能再細分為幾個子層，其中位居於第三層底部的是無線電資源控制子層 (RRC)，主要負責無線電資源控制相關的工作。至於第三層中負責行動管理 (MM) 以及通話控制 (CC) 相關的功能，則與無線接取技術較無直接的關連，所以定義在非無線接取相關的標準中。整體而言，在傳輸協定架構的定義上，與 ITU-R 所制訂的協定架構建議書 ITU-R M.1035 是很相近的。

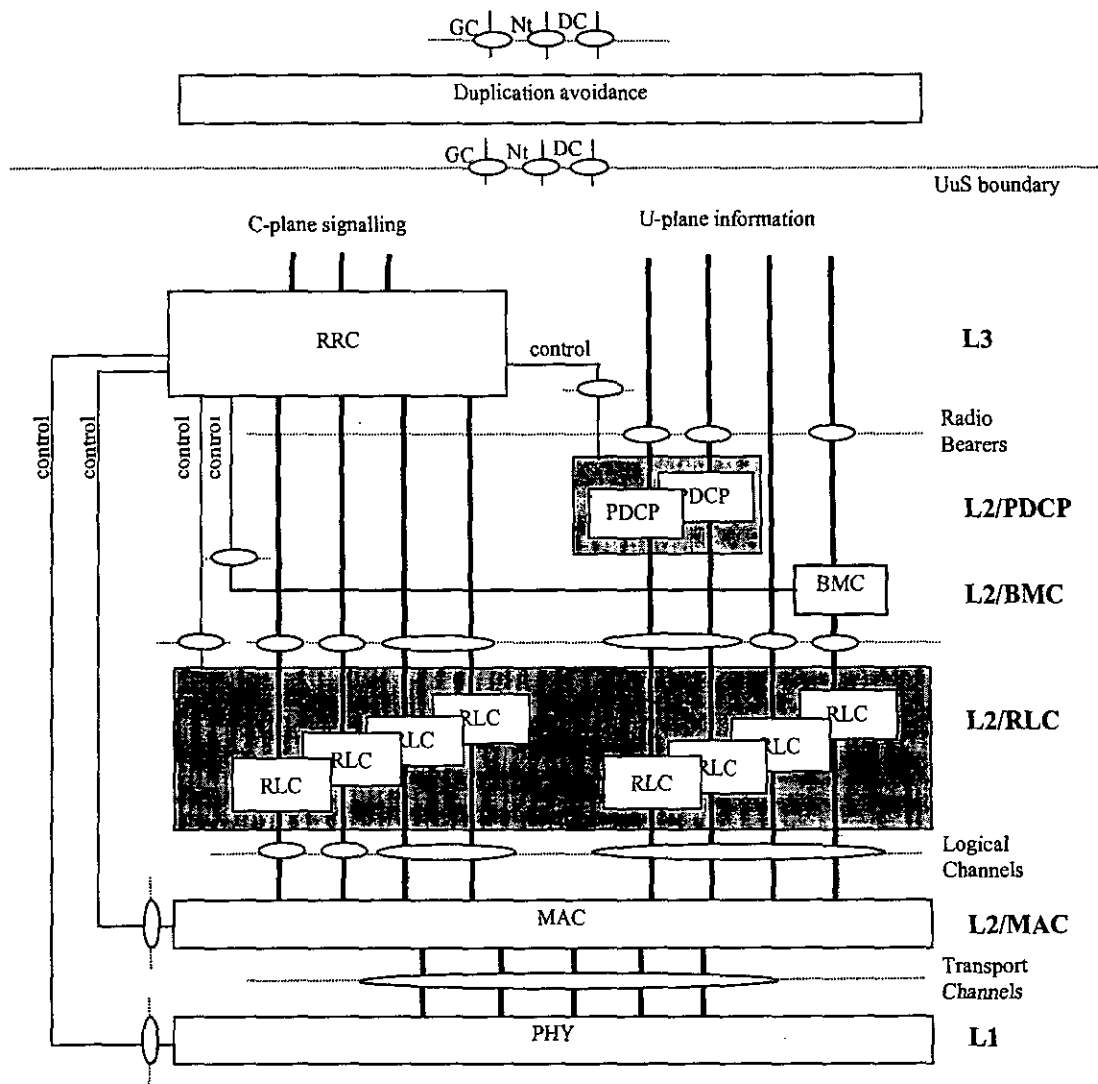


圖 6.18 WCDMA 的無線傳輸界面

實體層主要負責的功能是將訊號進行編碼與調變的工作，並根據每個服務所需要的服務品質坐特定傳輸格式的設定。WCDMA 系統的 實體層具有以下特性：

- 載波頻寬為 5MHz。
- 可使用非同步與同步的運作方式。當使用非同步的運作方式，細胞搜尋 (cell search) 將非常複雜，因此本系統特別設計了許多實體層同步通道與細胞搜尋程序，以達成非同步運作模式下的細胞搜尋工作。
- 上下鏈路都可執行每秒八百次與一千五百次的快速功率控制 (fast power control)。
- 調變技術使用正交調變技術 (orthogonal modulation)，通道碼使用了迴旋碼 (convolutional code) 與渦輪碼 (turbo coding)。

- 訊框 (frame) 長度有 10ms 與 20ms 二種，每個訊框中並分成 15 個時槽 (time slot)。
- 碼通道 (code channel) 的編碼技術採用了正交可變展頻係數碼 (OVSF code)。
- 可支援分時雙工模式，在第6.4小節中作一介紹。

媒介接取控制層負責將邏輯通道 (logical channel) 對應到傳送通道 (transport channel) 去，他能依據不同的服務品質，將通道多工 (或解多工) 放入特定的傳送通道，並依據服務品質設定傳送通道所需要的實體層參數，以達成連線所需的服務品質。無線電鏈路控制層具有三種模式：透通模式 (transparent mode)、非確認模式 (unacknowledge mode)、與確認模式 (acknowledgement mode)。透通模式具有最短的延遲，適用於語音服務；非確認模式則包含了部分鏈路控制的功能，但傳輸錯誤時，並不使用重送機制來更正錯誤；確認模式則提供重傳機制，確保可靠傳輸的需要。無線電資源控制層負責控制整個無線接取網路的資源使用，包括交遞控制、允諾控制、連線設定參數、功率控制、與非接取網路相關各層的信息交換等等 [24]，其他無線接取網路各層都由此層負責中央控制。

#### 6.2.5.2 Rel-5 的高速數據封包接取傳輸技術

在 Rel-5 中，因應更高傳輸速率的需求，3GPP 提出了一個新的下鏈路傳輸技術，HSDPA，傳輸速率可達 10M。HSDPA 可根據使用者無線通道以及網路的狀況，動態調整系統及連線的參數，因此提高了系統資源的使用效率，增加多重服務的系統容量。以下將針對協定堆疊及技術層面作一簡要的敘述。

在協定堆疊的部分，HSDPA 於 MAC 層新增了 MAC HS-DSCH 功能實體，並將之置於 Node-B 以管理 HS-DSCH 所需功能，根據這個協定，各個連線的緩衝區置於 Node-B，此外無線界面的 scheduling、H-ARQ、FCS 也會在 Node-B 進行。這些功能由 RLC 移至 Node-B 的好處是，基地台可就近作控制，而不需要經由 RNC 來進行，可減少系統控制的延遲，使調整更符合無線通道狀況，其中 H-ARQ、FCS 會在下文提到。

為了增加頻率的使用效率，HSDPA 採取了下面五種新的技術：適應性調變編碼 (AMCS)、混和式自動要求重送 (H-ARQ)、快速細胞選擇 (FCS)、獨立的 DSCH (Standalone DSCH)、多重收發天線 (MIMO)。AMCS 技術可根據網路要求及無線通道狀況來調整調變與編碼技術。由於通道狀況是決定的依據，通道品質測錯將會影響傳輸效能，因此訊

框長由 20ms 變為 3.3ms 可減少測量誤差，H-ARQ 也可減少測量錯誤對 scheduling 的敏感性；H-ARQ 是一種混合編碼與重傳的機制，採用止待的重傳機制 (SAW) 以減少 UE 的記憶體及訊息傳輸量的需求，並採用了 code combining、Chase combining、incremental redundancy (IR)、partial IR、full IR、type II HARQ、type III HARQ 這類的編碼方式，使得重傳時僅需傳送增加的部分，是一種有效率的作法，可降低系統對於無線通道估測錯誤及延遲的敏感度；FCS 是手機由通道品質夠好的基地台中決定一個基地台做下鏈路傳輸，如此可在 soft handoff 的情況下，使干擾降到最小，增加系統的使用者容量，然也因根據無線通道品質改變來進行選擇基地台的速度要夠快，故 FCS 需做在 Node-B 供手機快速的選擇；獨立 DSCH 即在原來上下行各 5MHz 的頻道外，增加 5MHz 做高速資料下行，模擬的結果顯示，這是有效率的作法，然也因此需 MAC HS-DSCH 以管理該頻道；MIMO 亦即有多重天線可供收發，除此每個天線也可同時收發多個不同碼的頻道，若各四組，則可傳 16 組獨立資料，亦即傳輸速率提高 16 倍，通常可在四組天線間做分集 (diversity)，增加傳輸的品質，同時速率也會有四倍的增加。

### 6.3 cdma2000

cdma2000 系統的設計與發展，一如 WCDMA 一般，同樣是以 IP 服務為其終極目標，並希望能夠從 IS-95 的第二代系統，逐步升級以完成系統設計與規劃的目標。為了能採取逐步升級的策略，cdma2000 也採取了三個系統發展的階段 [2], [6]。在第一個階段中，1xMC 系統採用 1.5MHz 的載波，可直接使用 IS-95 系統的硬體設備，更新軟體部分，即可提供語音與數據的服務，一個細胞最大的傳輸速率可達 307kbps。原本規劃 3xMC 的系統，使用 5MHz 的載波，可提供最高 2Mbps 的傳輸速率。但因為考量效率的問題，終止這項技術的發展，代之以 1xEV-DO 的技術。1xEV-DO 的系統可提供 2.4Mbps 的傳輸速率，但硬體設備與核心網路將需要作部分更動。在這個階段，主要希望先獨立提供下鏈路的高速數據服務，語音則沿用原本的系統，如此可讓系統業者作部分的升級。在第三個階段，業者可完全更新所有的設備，在 1xEV-DV 系統中，業者將可在新的設備上，同時提供數據與語音的服務，而不需要再藉助舊的系統。

在核心網路的設計上，採用 ANSI-41 的網路，但 3GPP2 同時提出了掛勾延伸式的概念。這種新的概念使得 cdma2000 的系統可採用 1xEV 技術掛在 GSM MAP 的核心網路上 (DS-41 技術)，同時也可使用 WCDMA 的無線傳輸技術，掛在 IS-41 的核心網路上 (MC-MAP 技術)。如此，將有非常多樣化與多種模式的營運與手機規格出現。



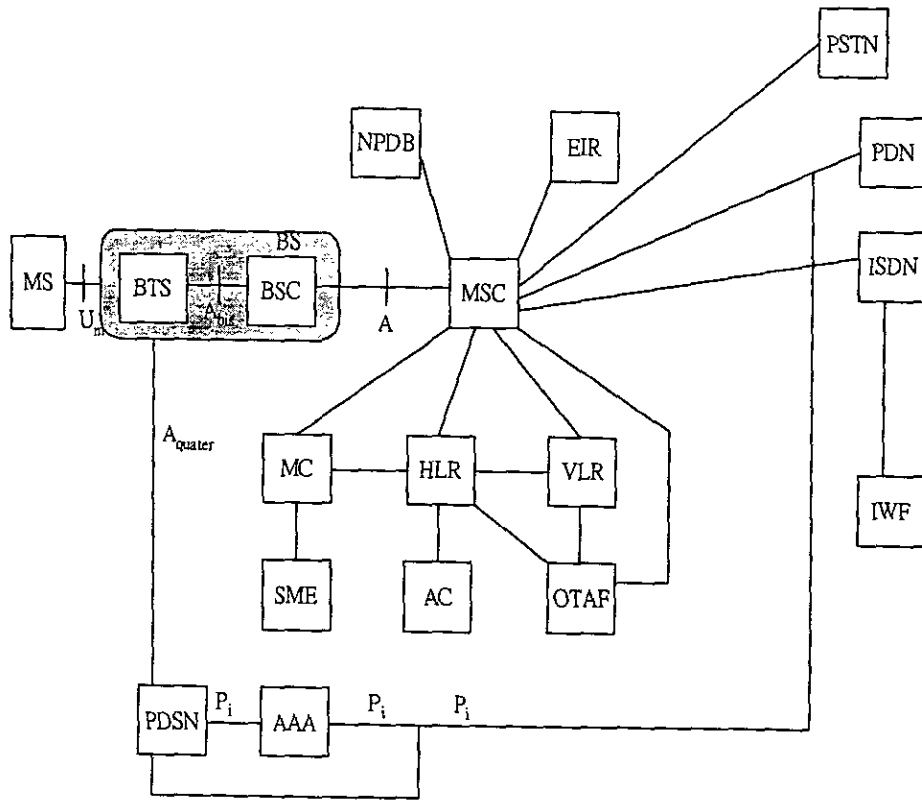


圖 6.19 cdma2000 系統架構圖

cdma2000 能提供簡易 IP 與 MIP 的服務，但目前訂定的階段只允許 IPv4 的服務。整個系統 IP 化的網路傳輸，也將基於 IPv4 來設計。另外，對於多媒體服務的提供，3GPP2 並未在現階段的標準中，將相關需要的功能實體納入系統網路架構設計中，因此需要業者自行架設。

### 6.3.1 IP 接取的服務與網路架構

#### 6.3.1.1 網路架構

目前 cdma2000 的系統架構圖如圖 6.19 所示 [5], [31]。MS 即是用戶端的通訊設備。BSS 為 cdma2000 的無線接取網路部分，這一個部分的架構十分類似 WCDMA 系統的架構，每個無線接取網路由基地台 (BTS) 與基地台控制器 (BSC) 組成，BSC 主要的功能大約如 WCDMA 中的 RNC，做為無線網路中央控制模組，以便管理、控制整個無線網路的資源使用，BSC 可區分為幾個功能實體：選擇與分送單元功能實體 (SDU) 與交互營運標準功能實體 (IOS)。SDU 是 BSC 一個非常重要的功能實體，負責訊務處理、功率控制、鏈路控制各層信息交換、多工、軟性交遞中封包選擇與分送等功能 [33]。

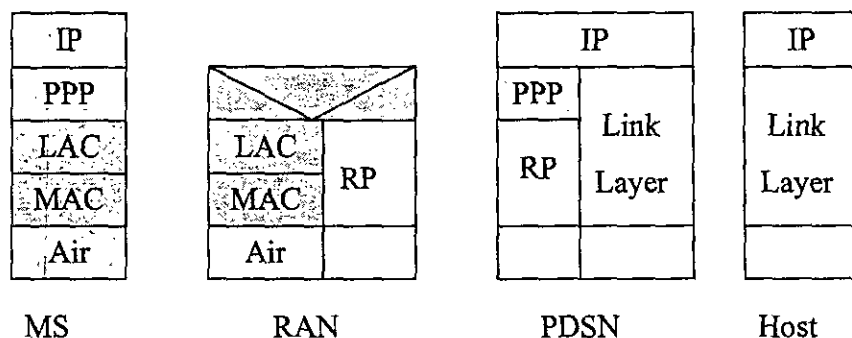


圖 6.20 簡易 IP 服務的通訊堆疊架構圖

在 cdma2000 系統核心網路中，將連線依據服務類型，區分為線路交換服務與數據服務二類。當連線屬於線路交換式服務時，由行動交換中心 (MSC) 做為中央控制的功能實體 [31], [33]。所有連線控制的資料庫與功能，包括用戶註冊實體 (EIR)、起始位置註冊實體 (HLR)、移動位置註冊實體 (VLR)、認證中心 (AC) 等重要的功能實體，都藉由 MSC 來呼叫與控制。另外，短訊服務的控制中心 MC 如果由第三代網路業者自行架設時，則亦由 MSC 來作為中介。

當連線屬於數據服務時，則由 PDSN 來負責轉送、控制，同時對於 IP 網路而言，PDSN 如同是一個 FA，由 PDSN 負責 MIP 服務的相關控制。在這一部份，使用者可透過 AAA 伺服器來進行認證、安全性方面的工作。

### 6.3.1.2 cdma2000 的服務架構

cdma2000 系統的服務，主要可由 simple IP 服務、MIP 服務、短訊服務幾個方面來看。

Simple IP 服務的通訊協定架構如圖 6.20 所示 [34], [35]，對 IP 服務而言，無線接取界面相關的協定屬於第一層，第二層採用 PPP 協定建立用戶端設備到 PDSN 之間的連線。PDSN 則作為路由器，將封包向外界網際網路送出。

MIP 服務的協定堆疊架構圖則如圖 6.21 所示。MIP 連線在傳送資料時，仍使用與 simple IP 相似的架構，唯一不同的地方在於，PDSN 作為 FA，所以所有由 MS 傳送出去或傳送給 MS 的封包，都必須由 PDSN 與 HA 建立隧道。在控制平面上，採用 IETF MIPv4 的協定，如圖中所示，MIP 透過 UDP/IP 來傳送，其中由 PDSN 負責與 HA 建立安全隧道來進行漫遊的功能，此安全隧道的建立，使用 IPsec 的方式建立。使用者的認證採用 RADIUS 架構來作，PDSN 扮演 RADIUS 使用者的角色，與 RADIUS 伺服器透過 CHAP

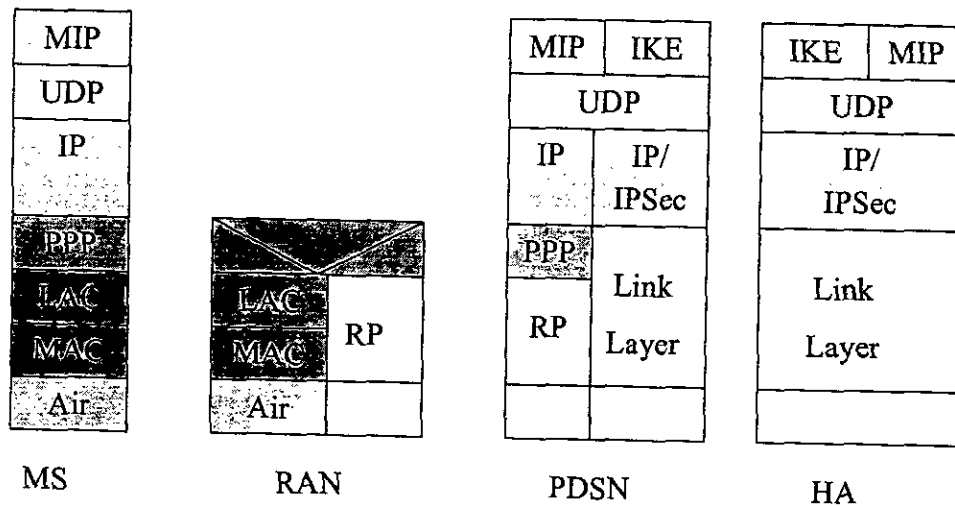


圖 6.21 MIP 服務的通訊堆疊架構圖

與 PAP 進行認證。該 RADIUS 伺服器將可透過代理 RADIUS 伺服器與該使用者的啟始網路 RADIUS 伺服器進行溝通。此架構完全依照 IETF 相容的標準設計 [34], [35]。

短訊服務的系統架構圖如圖 6.22 上半部所示。透過 MSC，到達短訊服務中心，或者透過 IWF 連往外界的 PSTN 網路。短訊服務中心的所在位置，可以由系統業者自行架設，但外界公眾網路也可以架設服務中心，其不在此系統規格的討論中。短訊服務的通訊堆疊架構圖，如圖 6.22 所示。跨無線界面所使用的無線界面相關協定，與 IS-95B 所規範的相同，第二層以上則分別為：SMS Relay Layer 負責每二個網路節點之間第二層的功能；SMS Transport Layer 負責使用者設備到短訊服務中心之間的傳送功能；SMS Teleservice Layer 提供使用者與服務中心之間應用層級的控制。3GPP2 的短訊服務相關標準，請參考 3GPP2 C.S0015、3GPP2 A.S0001、ANSI IS-637、ANSI IS-95B、ANSI IS-41.1D。

### 6.3.2 無線接取網路

由圖 6.19 的系統架構圖來看，cdma2000 系統的無線接取網路主要包含了 BTS 與 BSC，以及二者之間的  $A_{bis}$  界面。BTS 與 BSC 的角色已於前面網路架構略述，在此主要針對網路部分做說明。 $A_{bis}$  [32] 界面負責傳送 BTS 與 BSC 之間的訊務與信息傳送，底層所使用的傳送協定目前使用 ATM 網路的協定，未來將逐步採用網際網路協定 (IP) 的方式來傳送。主要可分為  $A_3$ 、 $A_7$ 、 $A_b$  三個界面。 $A_b$  主要是 BSC 與 BTS 之間傳送控制信息與訊務的界面，其傳輸網路尚未在標準中訂定。 $A_3$  界面提供使用者進行 SHO 之用，連接 BTS 與 BSC 之中的 SDU 功能實體。 $A_3$  界面的傳輸在控制平面採用 TCP/IP/AAL5 的方式，使用者平面則使用 SSSAR/AAL2 的傳輸協定。 $A_7$  界面作為 BSC 之間信息控制

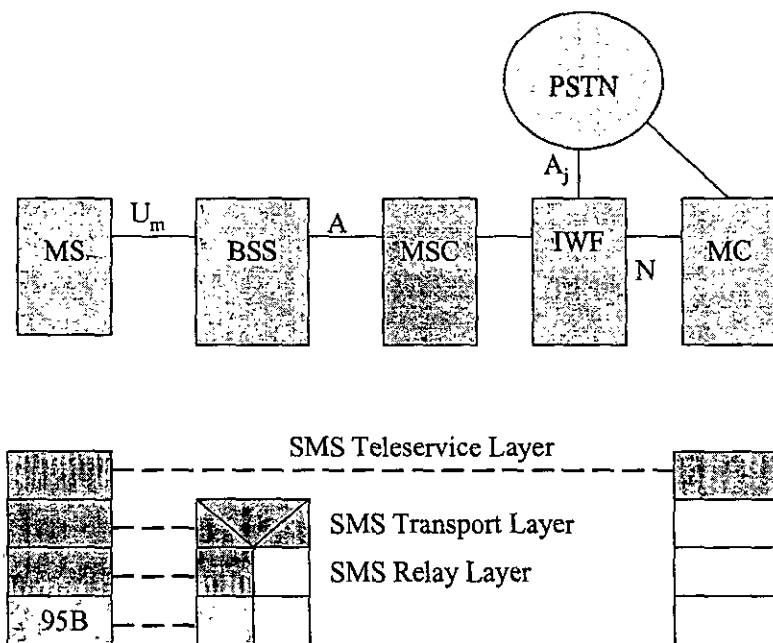


圖 6.22 短訊服務的系統架構圖與通訊堆疊架構圖

之用，傳輸網路採用 TCP/IP/AAL5 架構。A<sub>bis</sub> 界面的所有相關規定，可參考 3GPP2 A.S0001 與 A.R0003 標準。

未來 1xEV-DO 系統的無線接取網路，預計仍沿用現行的接取網路架構，目前關於此部分標準尚在訂定中。

### 6.3.3 核心網路

cdma2000 系統的核心網路部分，目前 1xMC 系統的核心網路部分標準已訂定完成，1xEV-DO 的核心網路架構與 1xMC 的架構在分封數據部份是相同的。另外，在 1xMC 系統中提出了通訊協定掛勾延伸 (hook and extension) 的概念，定義了另外二種與 WCDMA 結合的二種延伸式系統：DS-41 [36] 與 MC-MAP [37]。與外界網路互連的標準，除公眾網路、ISDN 網路以外，尚未有清楚的定義。本節就上述三個部分作一說明。

1xMC 系統的核心網路模型如圖 6.23 所示。在現有已訂定的核心網路標準中，主要規範的功能實體可以 MSC 與 PDSN 為中心，根據線路交換服務與分封數據服務所需而訂定相關的功能實體與網路界面。MSC 相關的線路交換服務部分，主要有 A1、A2、A5、與 P<sub>i</sub> 界面，這些界面主要提供線路交換服務，如語音連線所需，採用 ATM 網路傳輸，以及 SS7 的信息控制。

PDSN 為分封數據網路的控制中心，IP 連線以此為對外閘道器、MIP 連線則以此作

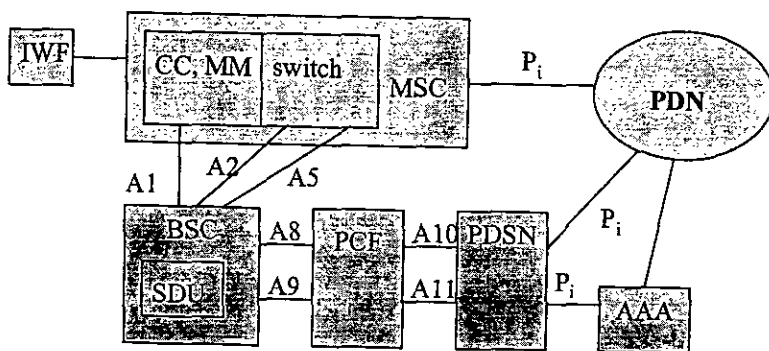


圖 6.23 1xMC 核心網路架構

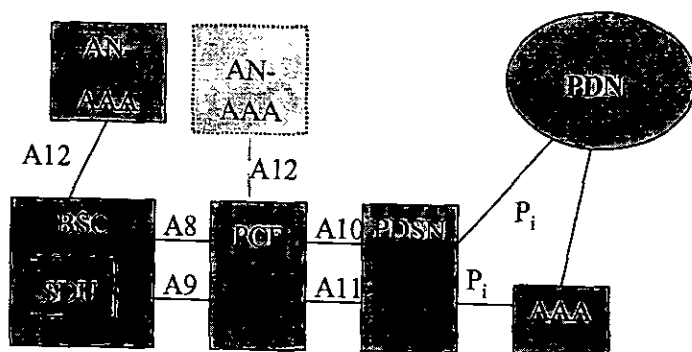


圖 6.24 1xEV-DO 核心網路架構

為 FA。數據連線所需要的認證則由 PDSN 與 AAA 伺服器進行，並可透過 RADIUS 架構與使用者的啟始網路進行對談、認證。A8/A9 界面是無線接取網路與 PCF 之間界面，A8 負責傳送使用者平面的訊務，傳輸網路採用 GRE/IP/L2/L1 的協定堆疊架構，A9 界面則負責傳送 BSC 與 PCF 之間無線傳輸層的信息控制，傳輸網路採用 TCP/IP/L2/L1 的架構。A10/A11 界面則為 PCF 與 PDSN 之間的傳輸界面，A10 負責傳送使用者平面的訊務，傳輸網路與 A8 界面使用相同的架構，A11 界面則負責控制平面的信息，採用 UDP/IP 的架構。

圖6.24所示為 1xEV-DO 的核心網路模型 [39]。該系統專為數據服務設計，因此只包含 PDSN 為主要的部分，主體架構沿用 1xMC 的架構，但在無線接取網路部分加入了 AN-AAA 的伺服器，進行無線接取網路使用的認證與授權。因此在初期 AN-AAA 伺服器將透過 A12 界面與 BSC 連結，未來該認證功能將移至 PCF 負責。

cdma2000 系統另外一個特色是，提供 WCDMA 技術與 cdma2000 技術結合的多樣化選擇 (hook and extension)，包含了 DS-SS 與 MC-MAP 二種系統。DS-SS 的系統規格，採用 WCDMA 無線傳輸界面技術，我們可以從 C-Plane (圖6.25) 與 U-plane (圖6.26) 二個方

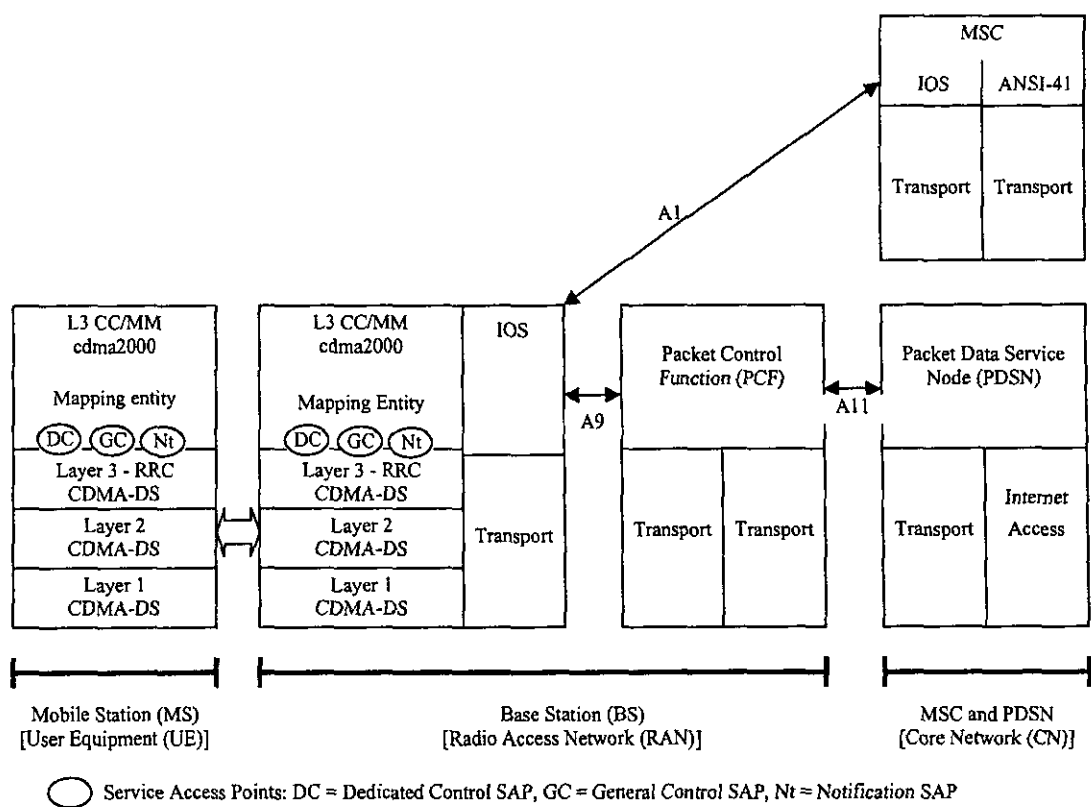


圖 6.25 DS-41 控制平面架構圖

面來看 [33]。MS 與 BS 的無線傳輸協定下三層均採用 WCDMA 的標準，在上面則加上了一層轉換層，與 IS-41 的核心網路相連接，因此僅需要在 MS 與 BS 的無線界面部分抽換軟硬體模組，加上轉換功能實體，即可掛上 IS-41 的系統，這樣的設計未來可提供 IS-41 多傳輸技術模式的手機設備。

MC-MAP 系統主要結合 cdma2000 無線傳輸技術與 MAP 核心網路，因此修改的部分主要在無線接取網路。圖6.27即為 MC-MAP 的通訊協定堆疊架構圖。在 LAC、MAC、L1 之上，為能與 GSM-MAP 網路結合，因此 GPP 修改了 RRC 與 CM、MM 的協定層，俾使 cdma2000 的無線界面能成功的與 WCDMA 核心網路互相溝通。

### 6.3.4 無線界面技術

無線界面技術在不同階段，有不同的設計，本節將針對 1xMC、1xEV-DO、1xEV-DV 作一扼要性的介紹。

#### 6.3.4.1 1xMC

如圖6.28所示為 cdma2000 無線傳輸界面協定架構，在此架構設計之下，可提供出的服務包括：語音、數據、低速的線路交換式 (如非同步的傳真服務)、及同時承載語音及

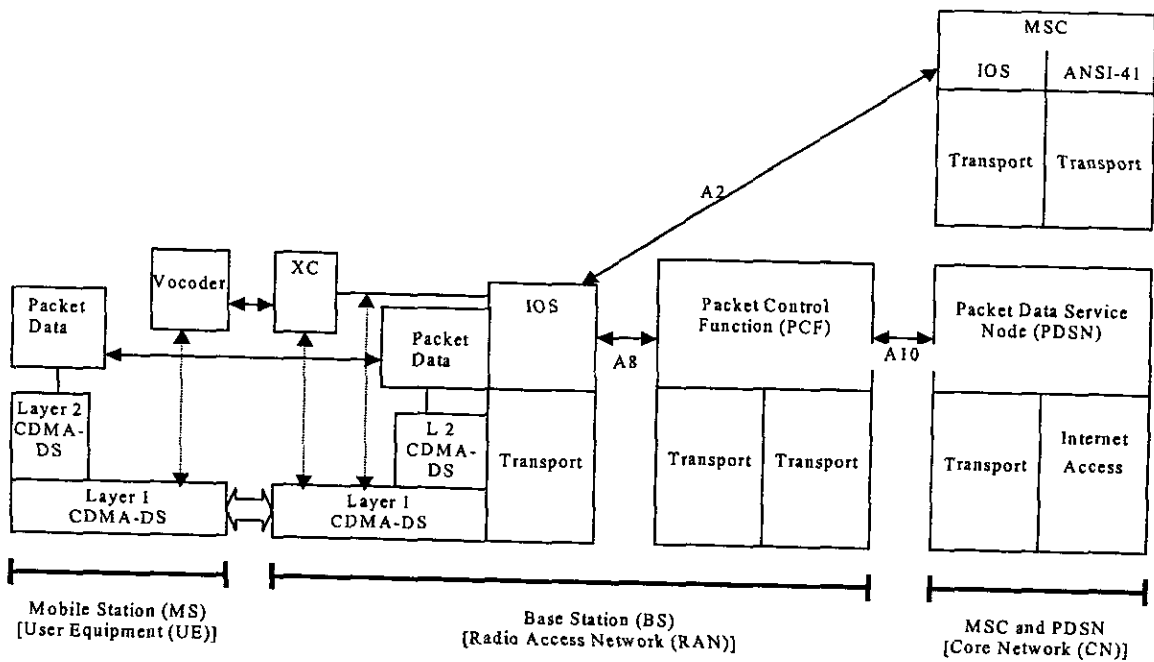


圖 6.26 DS-41 使用者平面架構圖

數據的多媒體服務。cdma2000 無線傳輸界面的規範，可區分為實體層 (physical layer) 和鏈路層 (link layer) 與上層 (upper layer)。依據 ITU 對 IMT-2000 無線傳輸界面協定的規劃，第二層的鏈路層又細分為鏈路接取控制子層 (LAC sublayer) 及媒介接取控制子層 (MAC sublayer)。上層主要負責服務與信息方面的功能。cdma2000 無線傳輸界面的設計，把更寬的頻寬處理、及眾多的服務都已納入考量，所以理論上，只要傳輸頻寬夠的話，便可以同時進行語音、封包型數據、高速的電路型數據等服務。

實體層主要負責的功能是將訊號進行編碼與調變的工作，以使訊號從數位資料轉換成為波形傳送出去。cdma2000 實體層具有以下特性：

- 載波頻寬為 1.5MHz，可以此頻寬的倍數作為系統載波的頻寬，例如 3X 系統載波的頻寬為 5Mhz。
- 使用同步的運作方式，具有很快的細胞搜尋特性，簡化了實體層同步通道的設計。
- 上下鏈路都可執行每秒八百次的快速功率控制 (fast power control)。
- 調變技術使用正交調變技術 (orthogonal modulation)，通道碼使用了迴旋碼 (convolutional code) 與渦輪碼 (turbo coding)。
- 訊框長度有 5ms 與 20ms 二種。
- 碼通道 (code channel) 的編碼技術採用了 Walsh 函數的正交碼。

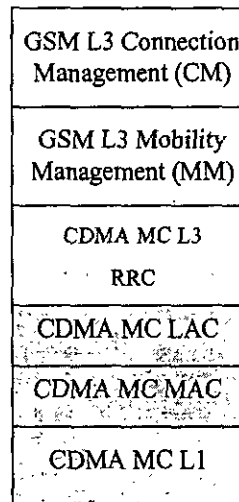


圖 6.27 MC-MAP 無線傳輸網路協定堆疊架構圖

在鏈路層中的媒介接取控制層主要負責提供鏈路接取控制層所需要的功能，並負責邏輯通道與實體通道之間的轉換工作。媒介接取控制層又可區分為與非實體層整合相關子層 (PLICF)、與實體層整合相關子層 (PLDCF)。非實體層整合相關子層透過實體層整合相關子層的功能，負責將邏輯通道的資料轉換，實體層整合相關子層的工作則主要將邏輯通道的資料依據他們的服務品質進行多工的功能。同時他也會依據實體層的特性，執行重傳的工作。與此相關的特性中，cdma2000 特地規定了另外四種協定：無線電鏈路協定 (RLP) 處理資料流的傳送，可分為透通模式 (transparent model) 與非透通模式 (non-transparent mode)，透通模式傳輸可達成低延遲特性，但資料發生錯誤時不重傳更正，而非透通模式則使用自動要求重傳 (ARQ) 更正傳輸的錯誤；無線訊爆協定 (RBP) 負責小量型數據傳輸之用；信息無線電鏈路協定 (SRLP) 負責小量型信息資料傳送使用，使用專用控制通道來傳送。從圖6.28中我們也可看到，cdma2000 中媒介接取控制層儲存了無線電資源使用的資料庫，因此在此系統中，此控制子層具有管理部分無線電資源使用的功能。鏈路接取控制子層提供上層不同服務所需的服務品質控制，依據提供可靠的傳輸，

在上層中，可分為語音服務功能體 (voice service entity)、數據服務功能實體 (data service entity)、與上層信息功能實體 (upper layer signaling entity)。語音服務功能實體提供各種不同可能的語音服務應用，包括往傳統電話、行動電話、網際網路電話等等。數據服務功能實體提供二類的服務，包括分封數據服務與線路交換式數據服務。信息功能實體提供整個 cdma2000 系統的管理功能，能整合控制系統中所有其他的功能實體，以提



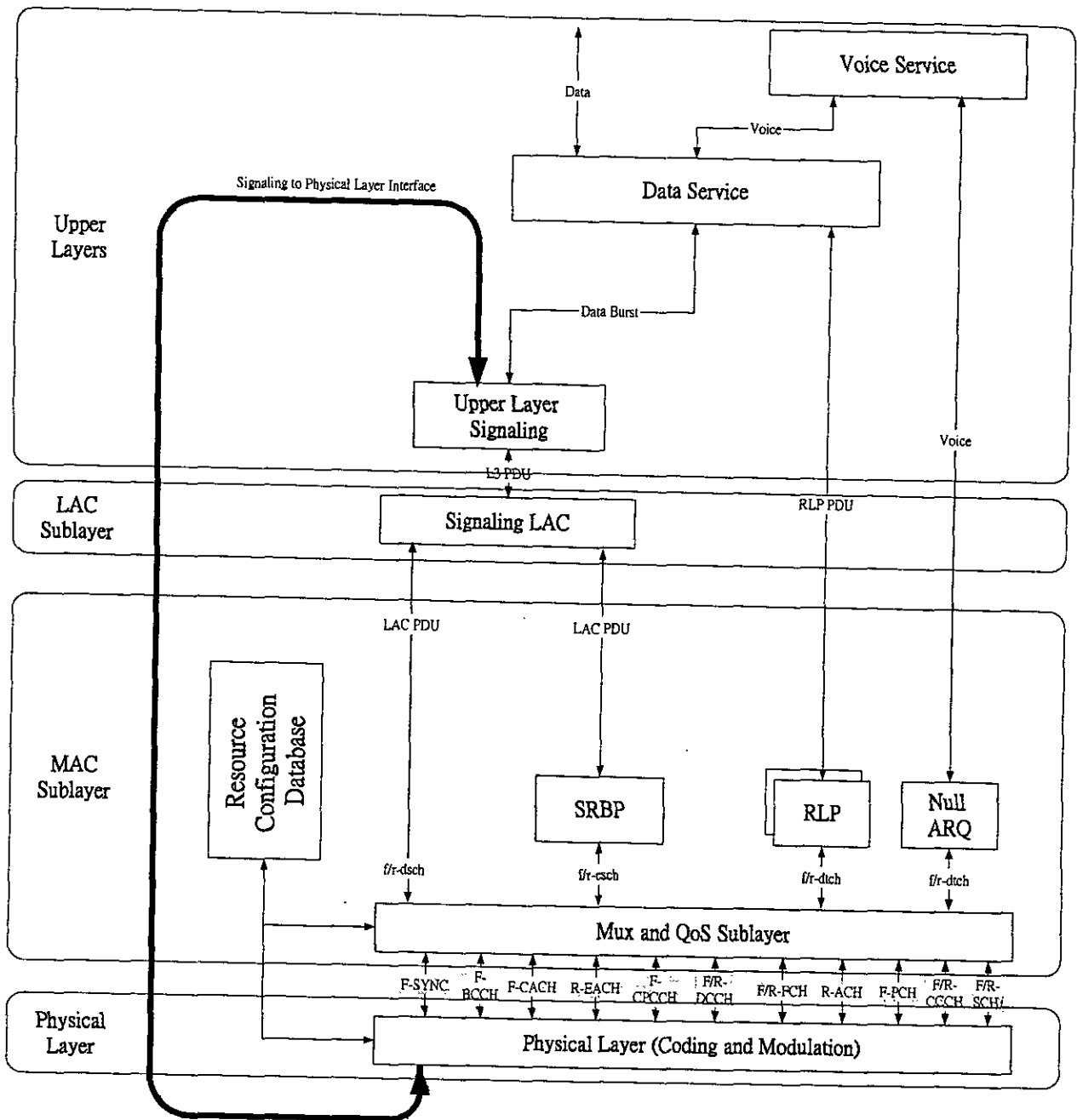


圖 6.28 cdma2000 無線界面通訊協定架構圖

供系統所需的所有功能與服務。

### 6.3.4.2 1xEV-DO

1xEV-DO 系統 (又名 HDR) 是第二階段的高速傳輸系統 [38]。傳輸速率提升的主要技術，為系統的參數可根據無線通道的狀況做調整，因此可提升系統頻率的使用效率。改善的方法主要是依據下面三個準則：無線通道的測量、無線通道的控制、干擾的減少與抑制。

首先，手機可根據基地台所發出的 pilot channel 測得無線通道的效應，因此手機可根據目前通道的狀況，選擇合適的速度做下傳，而手機以 DRC 傳送給基地台知道其所決定的下傳速度，因此 HDR 跟 HSDPA 所最大的不同是，HSDPA 傳輸數速率是由 Node-B 決定，而 HDR 是由手機決定，由手機決定的好處是決定的延遲比較短，在 HDR 的系統裡，每 1.67ms 就可決定一次，更能符合無線通道的狀況。

SHO 時，手機非由一個基地台控制，HDR 的手機會測得不同基地台的無線通道效應，選最好的來做下行的傳輸，這樣一來可避免其他基地台傳輸所產生的干擾。

在 HDR 的系統裡，不同的傳輸速度是以不同的調變、展頻係數、(code rate)碼通道傳輸速率來實現，這跟 1xMC 中只有一種調變方法和傳輸速率有很大的不同。此外由模擬的結果指出，當把低速的語音用戶跟高速的數據用戶放在同一頻帶是一種沒有效率的作法，因此在 HDR 中獨立一個 Forward Traffic Channel 以作數據的傳輸。

不同於 CDMA2000，HDR 的通訊協定分七層，每一層的協定如圖 6.29 所示，其各層的內容如下：

- 應用層 (application layer)：

預設信息應用 (default packet application) 提供傳輸控制資料，其中 SNP 產生控制資料，SLP 提供最好的傳輸。

預設封包應用 (default packet application) 提供用戶資料的傳輸，其中 RLP 提供重傳及複寫偵測，LUP 定義了手機 (AT) 位置更新的程序，提供預定封包應用做行動管理 (MM)。

- 資料流層 (stream layer)：

提供四個應用的資料流，資料流 0 攜帶預設信息應用的資料，資料流 1 攜帶預設封包應用的資料，資料流 2 跟 3 不是內定的，除了資料流 0 以外，其他資料流可根據不同的服務品質做選擇。其中資料流協定 (stream protocol) 可以增加、移除標頭 (header)，並且確保封包是八位元。

- 交談層 (session layer)：

這一層可提供 AT 跟 AN 間協商出一個 session，其中交談管理協定 (session management protocol) 管理該層的其他兩個協定是否有執行，決定這個 session 是否有作

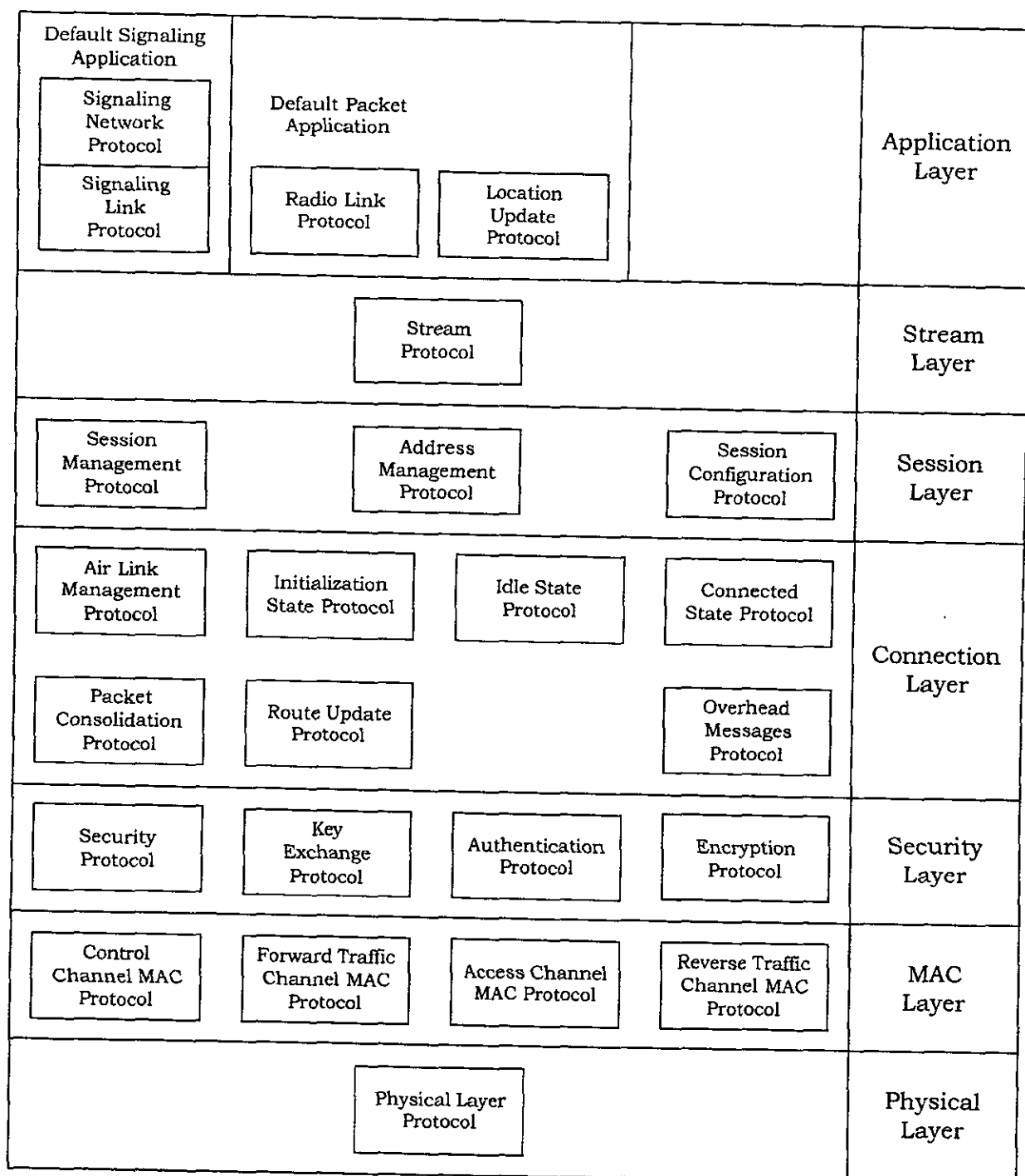


圖 6.29 1xEV-DO 無線界面通訊協定架構圖

用或是結束該 session，位址管理協定 (address management protocol) 提供 AT 的位址管理，交談組態協定 (session configuration protocol) 提供該 session 裡的協定協商及組態。

- 連線層 (Connection layer) :

這層提供無線鏈結的建立與維持，其中無線鏈結管理協定 (air link management protocol) 提供在連線時所有 AT 跟 AN 的狀態管理，初始狀態協定 (initialization state protocol) 提供 AT 去取得網路服務及 AN 的支援程序，閒置狀態協定 (idle state protocol)

定義了 AT 及 AN 在連線沒尚未建立時的程序，連線狀態協定 (connected state protocol) 定義了 AT 及 AN 在連線建立後的程序，路徑更新協定 (route update protocol) 提供追蹤 AT 位置以維持無線連結，額外訊息協定 (overhead messages protocol) 提供廣播控制通道的基本參數，封包強化協定 (packet consolidation protocol) 提供該層的傳輸優先化及封包壓縮。

- 安全層 (security layer):

該層主要提供認證跟解碼，其中密鑰交換協定 (key exchange protocol) 提供 AT 跟 AN 交換安全密鑰 (security key)，以提供認證跟解碼，認證協定 (authentication protocol) 提供認證程序，解碼協定 (encryption protocol) 提供解碼程序，安全協定 (security protocol) 提供雙方加密資訊的同步，可用於認證協定及解碼協定。

- 媒介接取控制層 (MAC layer):

定義了實體層的傳送跟接收程序，其中控制通道 MAC 協定 (control channel MAC protocol) 提供下行控制通道的傳輸程序，接取通道 MAC 協定 (access channel MAC protocol) 提供上行接取通道的傳輸程序，下行運輸通道 MAC 協定 (forward traffic channel MAC protocol) 提供下行運輸通道的傳輸程序，上行運輸通道 MAC 協定 (reverse traffic channel MAC protocol) 提供上行運輸通道 (reverse traffic channel) 的傳輸程序。

- 實體層 (physical layer):

提供上下行的無線通道架構、頻率、能量輸出跟調變。

### 6.3.4.3 1xEV-DV

目前 1xEV-DV 系統尚在討論訂定階段，尚未有正式的標準完成。該系統主要的目的，希望能使用 ANSI-41 的核心網路，延續 1xMC 與 1xEV-DO 的網路架構，並包含所有這二個系統的服務，最高的傳輸速率將達到 2.4Mbps，同時可提供語音與數據服務 [41]。

## 6.4 TD-SCDMA

### 6.4.1 IP 接取的服務與網路架構

如前所述，中國大陸所提出的標準 TD-SCDMA，主要將被採納成為 IMT-TC 系統中 1.28Mcps 的模式 [1]，而 WCDMA 之 TDD 技術則作為 3.84Mcps 的模式。中國無線通

訊標準研究組 (CWTS) 採納 FDD 模式、TDD 模式、與 cdma2000 的 MC 模式，加入他們所設計的實體層技術（主要在 TDD 模式中發展新的技術），作為中國大陸通訊業界的標準。

在 TDD 種模式中，CWTS 所提出的系統架構與 WCDMA TDD 系統所提出的完全相同，主要差異處在於實體層技術的不同，因此我們針對 WCDMA 實體層技術作一比較說明。

## 6.4.2 無線界面技術

### 6.4.2.1 TDD 系統的無線界面通訊協定

TD-SCDMA 是一種進階的無線接取技術，這項技術主要由中國來發展推動，所制訂的規格主要是根據歐洲系統 WCDMA 中的分時多工模式所修改而來。整個無線界面協定與 WCDMA 完全相同，唯獨 TD-SCDMA 使用較先進的射頻與基頻技術，因此無線界面協定僅作與實體層相關部分的修改。TD-SCDMA 使用了兩項新的技術 synchronous CDMA 跟智慧天線，使得整個系統的效能大幅增加。

Synchronous CDMA 的意思就是說在上行的時候，基地台對於每一個手機所傳送的訊號可維持同步，這樣做在 CDMA 系統裡面最大好處是，可以保證上鍊路的展頻碼在基地台接收端的正交性，如此一來就可以移除同個基地台內，其他使用者的干擾。至於可以達到同步的原因是，TD-SCDMA 採用了類似於 power control 的 open loop synchronization control 跟 close loop synchronization control，其中前者僅於開機時手機自行根據所得的訊號做控制，而後者是在下行的 CCPCH 中加入了 SS 由基地台對手機做控制，其中每十六個 TDD 區間對每一個手機控制一次，亦即每 80 ms 就做一次控制，因此可以保證在基地台的接收端的正交性。

智慧天線即是用在基地台的一種多重陣列天線，相對於傳統的天線，智慧天線可以有效的產生多重光束，而每個光束指向個別的手機，在接收時可採用空間選擇性接收，因此可以大幅的增加接收的敏感度，而把同一個基地台內，其他不同位置的使用者干擾消除，增加系統的容量，此外也可以有效的結合不同的路徑，對抗多重路徑的衰耗 (multipath fading)；在傳送時亦可用空間選擇性傳送，同樣也可降低干擾，減少輸出能量，增加系統容量。

## 6.4.2.2 TD-SCDMA 與 WCDMA FDD 無線界面技術之比較

在這一小節中，我們比較 TD-SCDMA 與 WCDMA TDD 模式的實體層特性 [42-45]。

- 頻寬：WCDMA 使用 5MHz 頻寬，而 TD-SCDMA 使用了 1.6MHz 的頻寬。
- 片元速率 (chip rate)：WCDMA 使用 3.84MHz 速率，而 TD-SCDMA 使用了 1.28MHz 的速率。
- 子訊框 (sub-frame)：TD-SCDMA 具有子訊框，但在 WCDMA 系統中，沒有這樣的設計。
- 時槽數目 (number of time slot)：WCDMA 每個訊框中有 15 個時槽，而 TD-SCDMA 的每個訊框中有 7 個時槽。
- 智慧型天線技術：WCDMA 很難應用這項新的技術，但 TD-SCDMA 本就是依據這項新技術發展的，因此非常適合使用智慧型天線。
- 每個時槽所能提供的語音連線：WCDMA 每個時槽能提供 8 個連線，而 TD-SCDMA 則可提供 16 個連線。
- 每個載波所能提供的語音連線個數：WCDMA 能提供 56 個連線，而 TD-SCDMA 每個載波中可提供 16 個連線。
- 頻譜效率 (spectrum efficiency)：WCDMA 的頻譜效率可達 0.662Mbps/MHz，而 TD-SCDMA 則可高達 1.232Mbps/MHz。
- 每個時槽的總傳輸速率：WCDMA 可提供 220.8kbps，而 TD-SCDMA 則可達到 281.6kbps。
- 每個載波所能提供的傳輸速率：WCDMA 使用 5MHz 頻寬，而 TD-SCDMA 使用了 1.6MHz 的頻寬。
- 其他如展頻係數 (spreading factor) 的範圍、調變技術、錯誤更正碼、等技術則是相同的。

## 6.5 第三代行動通訊技術之評比與建議

### 6.5.1 無線接取技術之比較

WCDMA 系統的發展，希望能從第二代系統升級到能提供完整 IP 服務的第三代系統，採取三個階段的演進方式。在 R99 階段裡，系統業者必須要更新無線接取網路部分的硬體與軟體設備，但核心網路仍保留第二代系統的架構，僅需作功能上的升級。在這階段裡，可提供各種服務，最大傳輸速率提升到最高 2Mbps。在 Rel-4 階段，主要的演變

在於無線接取網路 IP 化，因此必須要考慮 ATM 與 IP 傳輸網路共存的問題，以及 IP 化無線接取網路與線路交換核心網路資料格式的問題，因此採用 MGW 與 SGW 的架構。在 Rel-5 的階段中，整個系統進行全面 IP 化，提供 IPv4 與 IPv6 的服務，核心網路架構並能提供 MIP 服務最佳化。多媒體服務在此階段亦逐步採用 IP 傳輸方式，因此核心網路設計採用的架構設計，加入 IM 子系統提供多媒體服務所需。除此之外，無線接取界面技術亦採用一高速界面，將可將速率有效提升至 10Mbps。系統各階段的比較如表 6.1 所示。

cdma2000 同樣提供系統業者從 IS-95 系列的第二代系統逐步升級至第三代系統，整個升級過程可分為三階段進行。在 1xMC 階段中，業者可沿用 IS-95 的硬體設備，僅更新軟體與協定，升級至 1xMC 的系統。在此階段中，系統最大傳輸速率為 307kbps，可提供語音、IP、MIP、SMS 各種服務。在 1xEV-DO 階段中，業者可加入新的設備，提供最大速率 2.45Mbps 的數據服務。在此階段，線路交換服務將仍需要透過舊的系統來提供。在 1xEV-DV 階段中，將可在新的設備上，同時提供語音與數據服務。cdma2000 系統各階段的比較如表 6.1 所示。

TD-SCDMA 系統則使用 WCDMA 的核心網路架構，在無線傳輸技術上，提出載波頻寬較小的 1.28MHz 的技術，這個技術中，採用了許多先進的技術，在現階段較成熟的技術中，能提供良好的頻譜效率。TD-SCDMA 與 WCDMA TDD 比較如列表 6.2。

WCDMA 系統所能提供的傳輸速率較高，對於核心網路架構與服務架構的制訂較為完整，尤其對於與 GSM 為主的第二代系統之間的互連有相當完整的考量。但系統建置的成本高，使用的頻寬較大。cdma2000 系統傳輸速率較低，但載波頻寬僅 1.5MHz，對於頻帶的分配具有彈性。不過就目前已頒佈的標準看來，cdma2000 無線接取技術的成熟度較 WCDMA 為高，然而核心網路部分與服務部分，則較 WCDMA 為弱。

以台灣目前第二代行動通訊系統的建置情形來看，WCDMA 的引進，對目前第二代系統業者而言，能快速的提供第三代的服務，與 GSM/GPRS 系統之互連亦已有完整解決方案，對於國內環境較為適合。cdma2000 由於採取以 IS-95 系統升級，而考量國內並無該系統之業者，因此建置成本將提高，而 cdma2000 系統與 MAP 為基礎的網路互連，將需要較謹慎的評估與設計。

## 6.5.2 第三代行動接取網路之建議

未來，第三代行動接取網路的 IP 化趨勢，將帶來服務、網路架構上的巨大改變，衍

表 6.1 無線接取技術比較表

比較項目	WCDMA R99	WCDMA Rel-4	WCDMA Rel-5	Cdma2000 1xMC	Cdma2000 1xEV-DO	Cdma2000 1xEV-DV
技術成熟度	大致穩定，日本、歐洲已進行現場測試	正訂定中	架構大致確定	已完成，將可進行商用佈設	訂定中，即將完成	僅有高階要求
語音服務	具備	具備	具備，將 IP 化	具備	無	具備
IP 服務	具備	具備	具備	具備	具備	具備
MIP 服務	MIPv4	MIPv4	MIPv4 與 MIPv6	MIPv4	MIPv4	未定
多媒體服務	系統架構外自行架設伺服器	系統架構外自行架設伺服器	核心網路架構針對 IP 化多媒體服務設計	系統架構外自行架設伺服器	系統架構外自行架設伺服器	未定
短訊服務	具備	具備	具備	具備	具備	具備
傳輸頻寬	10MHz (FDD) 5MHz (TDD)	同 R99	額外 5MHz 提供高速數據服務	1.5MHz	1.5MHz (可與 1x-MC 共存，3M)	1.5MHz
最大傳輸速率	2Mbps	2Mbps	2M (R99) 10Mbps (HSDPA)	307kbps	2.45 Mbps	2.45 Mbps
覆蓋率						
核心網路架構	採用 GSM MAP。由 GSM、GPRS 核心網路演進而來	加入 MGW/SGW 架構提供多媒體服務	使用架構，並將 MIP 架構融入	採用 ANSI-41。MIP 架構設計數據服務網路	MIP 架構設計數據服務網路	未定
傳輸網路架構	ATM 網路	IP 化網路與 ATM 網路共存	全面 IP 化	數據網路採用 IP 化方式	採用 IP 化	未定
無線傳輸技術	GERAN 提供最高 144Kbps 服務，可在不同移動速度下  UTRAN 提供 2Mbps 的數據服務，適用於各種速度  BRAN 提供靜態使用者 25Mbps 的服務	同 R99	除 R99 的接取技術外，新的高速數據服務亦可作為選擇，最高可提供 10Mbps 的速率	1xMC 可提供 307Kbps 的速度。但同時也可使用 DS-SS 系統，其傳輸能力與 WCDMA 相同	1xEV-DO 提供 2.45M 最高速率，可與 1xMC 共用	1xEV-DV 可同時傳送語音與數據服務

生的問題必須要審慎處理。在 IP 化的趨勢之下，網路主要的改變主要可以從幾個方向來看：MIP 服務所帶來的漫遊問題、多媒體服務 IP 化、IP 網路之間的互連問題、短訊服務的最新趨勢、傳輸網路 IP 化以後的問題、IP 位置管理、定位服務 (LCS) 的問題，以及系統不斷發展更新所帶來的頻寬配置問題。

#### ■ IP 服務方面

簡易 IP 服務是未來 IP 化服務的基本服務，目前每個標準都已有完善的規定。目前，IP 服務主要提供的方式是採用動態 IP 配置的方式進行，採行的 IP 標準主要是 IPv4。然



表 6.2 TD-SCDMA 與 WCDMA TDD 比較表

比較項目	TD-SCDMA	WCDMA TDD
載波頻寬	1.6MHz	5MHz
片元速率	1.28MHz	3.84MHz
最大傳輸速率	2Mbps	2Mbps
頻譜效率	1.232Mbps/MHz	0.666Mbps/MHz
核心網路架構	同 WCDMA FDD 模式	同 WCDMA FDD 模式
新技術使用	上鏈路同步技術、智慧型天線	無

而，根據各系統標準制訂的走向看來，提供靜態 IP、同時提供 IPv4 與 IPv6 的 IP 服務，將成為未來的趨勢。然而，提供 IPv6 的服務將涉及整個台灣目前網路設備的能力的更新，以及 IP 位置分配的問題，因此引入 IPv6 服務的時程，將需要審慎考量與規劃。當 IPv6 的服務開放時，網路業者之間必然存在 IP 版本不同的情況，也將同時存在 IPv4 與 IPv6 的用戶。另外，由於每個系統在不同服務階段可提供不同 IP 版本的服務，使用者的用戶端設備必須與系統配合，因此總局宜規範業者核心網路之 IP 服務能力，以確保使用者使用 IP 服務時之權益。

關於 IP 服務的政策性建議有：

- 因應 IPv6 服務未來趨勢，建議成立 IPv6 的技術發展委員會，規劃、推動國內 IPv6 網路的開放、建置、與更新，以及減低 IPv6 服務對現有服務所帶來的衝擊。
- 因應未來第三代通訊系統傳輸網路 IP 化，傳輸設備將具有採用 IPv6 的趨勢，因此 IPv6 位置分配將成立權責單位負責規劃。

關於 IP 服務的技術性建議有：

- 所有網路業者，均應提供 IPv4 服務的連續性，不因採用新的技術而犧牲 IPv4 使用者的權益。
- 網路業者之間，為確保互連，在不同 IP 版本網路之間，應架設轉換閘道器 (Tr-GW) 使得任何 IP 版本的使用者皆可與外界網際網路相連，不因該系統業者使用特定的 IP 版本受影響。

#### ■ MIP 服務方面

MIP 服務亦為未來 3G 服務的重要一環，提供 MIP 服務直接涉及目前無線網路使用 IP 服務的方式。如上所述，動態 IP 的服務僅能提供簡易 IP 服務，並不需要提供使用者的可動性，因此，若國內開放 MIP 服務之前，宜先規劃靜態 IP 服務的提供，同時決定 IP

位置配置的相關規定。目前不同系統發展階段可提供 MIPv4 或 MIPv6 的服務，當國內開放靜態 IPv4 的服務時，提供 MIPv4 服務將是必然的趨勢，然而提供 MIPv6 服務，同樣需要提供靜態 IPv6 的服務，MIPv6 服務才能提供。不同版本的 MIP 服務將影響核心網路的架構與漫遊的方式，例如 MIPv4 的用戶端設備在進行漫遊時，需要由網路的 FA 作為 COA 的管理節點；然而當用戶端具備 MIPv6 的能力時，COA 應由用戶端自行依照 IPv6 的協定設定，並由端點進行路由選擇的功能。總局宜考量是否開放 MIPv6 服務以及開放時程的問題。在不同階段的系統，所能提供的服務有能力上的限制，因此在考量服務開放時程時，宜定義業者網路設備需要的能力。除此之外，為提供使用者無縫隙的服務，當任意使用者漫遊到不同的網路時，系統業者必須進行認證、授權、以及漫遊信息控制等工作，從前面章節的敘述中我們可以發現，目前不同系統對認證所建議的網路安全機制並不一致，這將造成未來服務提供的問題。因此，在未來開放漫遊服務時，安全性問題亦將是很種的議題。

關於 MIP 服務的政策性建議有：

- 國內開放 MIP 服務之前，必須先規劃靜態 IP 服務的提供，同時決定個人固定 IP 位置配置的相關規定。
- 提供 MIPv6 服務，需要靜態 IPv6 的服務先行提供，總局宜考量是否開放 MIPv6 服務以及開放時程的問題。在不同階段的系統，所能提供的服務有能力上的限制，因此在考量服務開放時程時，宜定義業者網路設備需要的能力。

關於 MIP 服務的技術性建議有：

- 目前不同系統對認證所建議的網路安全機制並不一致，這將造成未來服務提供的問題。在未來開放漫遊服務時，系統業者進行認證、授權、以及漫遊信息控制等安全性問題應建立一致的系統要求規範。

#### ■ 多媒體服務方面

多媒體通訊亦為第三代系統重要的特色。WCDMA 將提供 IP 化的多媒體服務，在終極階段中，CSCF 將扮演 IP 多媒體服務控制伺服器的角色，未來業者可選擇 SIP 或 H.323 等作為連線控制的協定。cdma2000 目前尚未明確定義多媒體服務之架構，但依照 MWIF 之建議，未來 cdma2000 亦將多媒體服務 IP 化，並將所需要的功能實體融入核心網路架構設計。由於提供多媒體服務的方式極為多樣化，由於系統業者可選擇特定的連線控制協定，或者在不同系統佈設階段可提供線路交換式、或分封交換式的多媒體服務，當系

統進行新的網路架構設計時，應同時提供原有的服務，保障舊使用者的權益；當多媒體服務使用者跨系統漫遊時，亦可能發生使用者無法在漫遊網路上取得原系統所提供的連線服務的問題。

關於多媒體服務的技術性建議有：

- 雖然服務涉及每個服務提供業者的競爭性考量，但為確保使用者的權益，宜審慎評估多媒體服務類型開放的大方向，並規劃適當的開放時程。若能訂定每個網路基本的多媒體服務控制基本能力，對於多媒體服務使用者而言，將擁有較明確的設備選擇方向，在漫遊時較為容易取得連續性的服務；但這項規範應限於網路設備上的大方向規範，必須避免對服務業者提供差異化服務造成干預與不必要的限制。

#### ■ 短訊服務方面

關於短訊服務的技術性建議有：

- 短訊服務未來仍將成為極為重要的項目之一。目前第三代系統所定義的短訊服務將擴展到文字短訊、與語音短訊以外的服務，包括圖像、多媒體、WAP 等，短訊服務中心勢必擴增處理的能力，對於不同業者提供不同能力網路之互連問題，應進一步研究討論。

#### ■ 傳輸網路 IP 化方面

第三代系統將朝向傳輸網路 IP 化的方向進行，當傳輸網路 IP 化之後，將對現行行動通訊網路造成新的影響。首先，IP 傳輸網路可能不是可信賴網路 (non-trust)，因此傳輸網路的網路安全將成為重要的課題。另外，使用傳輸網路 IP 化之後，如果無法進行良好的設計與管理，IP 網路傳輸多媒體服務將造成服務品質下降的問題。除此之外，WCDMA 系統在 Rel-4 版本以後，傳輸網路將採用 IPv6 的傳輸協定，這將有助於服務品質、網路管理的進行與維護，然而在整個 WCDMA 系統中所有設備將分配一個以上的 IPv6 位置，IPv6 位置需要進行不同業者的分配與規劃。傳輸網路的選擇屬於系統業者本身的決策範圍，因此，總局宜進行評估是否規範業者傳輸網路 IP 化的進行 (例如，IP 化傳輸網路是否需要規範其安全性與傳輸品質，IPv6 位置的預先規劃與管理，也將是一個重要的問題)。

關於傳輸網路 IP 化的政策性建議有：

- 總局宜進行評估是否規範業者傳輸網路 IP 化的進行；當業者進行 IP 化網路佈設時，應對 IP 傳輸網路的安全性進行規範，以保障消費者的權益。

關於傳輸網路 IP 化的技術性建議有：

- 傳輸網路的網路安全架構設計與佈設。
- IP 傳輸網路傳輸多媒體服務的服務品質，需要良好的網路管理與傳輸協定的設計來達成。建議考量是否對傳輸網路之服務品質訂定規範，保障消費者的權益。
- WCDMA 標準可能採用 IPv6 作為 IP 傳輸網路的標準，建議與 IPv6 服務開放一併考慮。

### ■ 第三代行動通訊系統的其他服務

在第三代系統中，號碼可攜性 (number portability)、定位服務 (LCS)、虛擬起始環境 (VHE) 都是未來標準中訂定的服務，國外預期將逐步進行這些服務的提供。國內是否開放這些服務、以及開放後，業者之間提供這些服務所需要架設的系統設備、互連問題、以及提供方式，都需要更進一步討論。

關於其他第三代服務的政策性建議有：

- 建議研究號碼可攜性 (number portability)、定位服務 (LCS)、虛擬起始環境 (VHE) 服務開放的可行性與相關需要的規範。

關於其他第三代服務的技術性建議有：

- 若國內決定開放號碼可攜性 (number portability)、定位服務 (LCS)、虛擬起始環境 (VHE) 等先進的服務，宜進一步研究業者之間提供這些服務所需要架設的系統設備、互連問題、以及提供方式等項目。

### ■ 頻寬配置的問題

由於由於 IMT-DS、IMT-TC 與 IMT-MC 各個階段系統所提供的服務特性不相同，所需要的頻寬亦不相同，加以業者採用第三代系統不同模式所需的頻寬配置也不相同，因此系統升級後的頻寬使用將有所變動。此外，行動通訊技術的更新速度、服務的提供將不斷加速，新的系統標準的訂定都朝向技術逐步演進的方式發展，通訊系統已逐漸不再具有明顯的界線。系統業者為維持本身的競爭力，需要不斷的升級本身的傳輸技術與服務提供方式。但目前國內對頻譜的使用，有固定技術使用特定頻段的限制，對於蜂巢式行動通訊系統業者而言，無法彈性的將特定頻段所使用的舊系統，升級到較新的技術，

影響到國內無線網路發展的速度。

關於頻寬配置問題的政策性建議有：

- 未來進一步開放 3G 系統更先進的技術時，是否連帶增加額外的頻寬申請，宜考量實際系統的頻寬設定與需求為宜。
- 建議總局放寬頻帶使用的限制，僅從頻帶使用的大原則規範，研擬新的法規，一方面讓系統業者能夠依照現行潮流將舊系統逐步升級，例如從 GSM/GPRS 升級到第三代系統，取消特定頻帶使用特定系統的限制；另一方面，針對每種國內開放的技術訂立特定的規範，提供業者之間公平性與保障消費者的權益。

## 6.6 參考文獻

- [1] ITU-R, IMT-2000, The next generation of mobile communication, <http://www.itu.int/imt-2000>
- [2] G. Patel and S. Dennett, "The 3GPP and 3GPP2 movements towards an all IP mobile network," *IEEE PCS*, vol. 7, pp. 62-64, Aug. 2000.
- [3] H. Kaaranen, A. Ahtiainen, L. Laitinen, S. Naghian, and V. Niemi, *UMTS Networks: Architecture, Mobility, and Services*, John Wiley & Sons, 2001.
- [4] H. Holma and A. Toskala, *WCDMA for UMTS- Radio Access for Third Mobile Communications*, John Wiley & Sons, 2000.
- [5] T. Ojanpera and R. Prasad, *WCDMA: Towards IP Mobility and Mobile Internet*, Artech House, 2000.
- [6] V. K. Grag, *IS-95 CDMA and cdma2000*, Prentice Hall, 2000.
- [7] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group SA, "Network Architecture," *3GPP TR 23.002*, V3.4.0, Dec. 2000.
- [8] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group SA, "Architecture requirements for R1999," *3GPP TR 23.221*, V3.5.1, Dec. 2000.
- [9] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group SA, "Network Architecture," *3GPP TR 23.002*, V4.3.0, Jun. 2001.
- [10] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group SA, "Architecture requirements (Release4)," *3GPP TR 23.221*, V4.1.0, Jun. 2001.
- [11] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group SA, "Network Architecture," *3GPP TR 23.002*, V5.3.0, Jun. 2001.
- [12] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group SA, "Architecture requirements (Release5)," *3GPP TR 23.221*, V5.3.0, Jun. 2001.
- [13] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group SA, "Architecture for an all IP network," *3GPP TR 23.922*, V1.0.0, Oct. 1999.
- [14] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group SA, "Combined GSM and mobile IP mobility handling in UMTS IP CN," *3GPP TR 23.923*, V3.0.0, May. 2000.

- [15] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group SA, "IP multimedia (IM) subsystem – stage 2," *3GPP TR 23.228*, V5.1.0, Jun. 2001.
- [16] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group RAN, Working Group 2 (WG2), "Radio Interface Protocol Architecture," *3GPP TR 25.301*, V4.0.0, May 2001.
- [17] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group RAN, Working Group 2 (WG2), "UTRAN Overall Description," *3GPP TR 25.401*, V4.0.0, May 2001.
- [18] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group RAN, Working Group 2 (WG2), "UTRAN Overall Description," *3GPP TR 25.410*, V4.0.0, May 2001.
- [19] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group RAN, Working Group 2 (WG2), "UTRAN I<sub>ur</sub> Interface General Aspects and Principles," *3GPP TR 25.420*, V4.1.0, May 2001.
- [20] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group RAN, Working Group 2 (WG2), "UTRAN I<sub>ub</sub> interface: general aspects and principles," *3GPP TR 25.430*, V4.1.0, May 2001.
- [21] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group RAN, Working Group 2 (WG2), "IP Transport in UTRAN Work Task Technical Report," *3GPP TR 25.933*, V1.1.0, May 2001.
- [22] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group SA, "Interface protocols for the connection of Short Message Service Centres (SMSCs) to Short Message Entities (SMEs)," *3GPP TR 23.039*, V3.2.0, Sep 2000.
- [23] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group SA, "Technical realisation of Short Message Service," *3GPP TR 23.040*, V3.2.0, Sep 2000.
- [24] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group RAN, Working Group 2 (WG2), "Radio Resource Management Strategies," *3GPP TR 25.922*, V3.0.0, Dec. 1999.
- [25] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group RAN, Working Group 2 (WG2), "IP Transport in UTRAN work task technical report," *3GPP TR 25.933*, V1.1.0, May. 2001.
- [26] Mobile Wireless Internet Forum, MWIF Architecture WG, "Layered functional architecture," *MWIF MTR-003*, R1.0, Aug. 2000.
- [27] Mobile Wireless Internet Forum, MWIF Architecture WG, "Network reference architecture," *MWIF MTR-004*, R2.0, Feb. 2001.
- [28] Mobile Wireless Internet Forum, MWIF WG4, "IP in the RAN as a transport option in 3<sup>rd</sup> generation mobile systems," *MWIF MTR-006*, R1.0.0, Dec. 2000.
- [29] Third Generation Partnership Project 2, "Introduction to cdma2000 Standards for Spread Spectrum Systems," C.S0001-A, Jun. 2000.
- [30] Third Generation Partnership Project 2, "Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems," C.S0002-0-2, Apr. 2001.
- [31] Third Generation Partnership Project 2, "Network Reference Model for cdma2000 Spread Spectrum Systems," S.R0005-B, Apr. 2001.
- [32] Third Generation Partnership Project 2, "Abis interface Technical Specification for cdma2000 Spread Spectrum Systems," A.S0003, Mar. 2000.
- [33] Third Generation Partnership Project 2, "3GPP2 Access Network Interfaces Interoperability Specification 2," A.S0001-1, Jun. 2000.

- [34] Third Generation Partnership Project 2, "Wireless IP Architecture Based on IETF Protocols," P.R0001, Jul. 2000.
- [35] Third Generation Partnership Project 2, "Wireless IP Network Standard," P.S0001-A, Jul. 2000.
- [36] Third Generation Partnership Project 2, "Direct spread specification for spread spectrum systems on ANSI-41 (DS-41) (Upper layers air interface)," C.S0007, Jun. 2000.
- [37] Third Generation Partnership Project 2, "Multi-carrier specification for spread spectrum systems on GSM MAP (MC-MAP) (lower layers air interface)," C.S0008, Jun. 2000.
- [38] Third Generation Partnership Project 2, "cdma2000 high rate data air interface specification," C.S0024, Sep. 2000.
- [39] Third Generation Partnership Project 2, "1xEV-DO inter-operability specification (IOS) for cdma2000 access network interface," A.S0007, Jun. 2001.
- [40] Third Generation Partnership Project 2, "Short message service," C.S0015, Dec. 1999.
- [41] Third Generation Partnership Project 2, "High-Speed Data Enhancements for cdma2000 1x-Integrated Data and Voice," S.R0026, Nov. 2000.
- [42] L. Shihe, "The TD-SCDMA Standard in IMT-2000," *China Communication*, Dec. 1999.
- [43] China Wireless Telecommunication Standard, Working Group 1, "Physical layer - General description", TS C101, Sep. 2000.
- [44] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group RAN, Working Group 2 (WG2), "1.28 Mcps TDD UE radio access capabilities," *3GPP TR 25.843*, V4.1.0, Mar. 2001.
- [45] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group RAN, Working Group 2 (WG2), "1.28 Mcps functionality for UTRA TFF physical layer," *3GPP TR 25.928*, V4.0.0, Jun. 2001.



## 第七章

# 家庭網路 Home Networking



### 7.1 簡介

隨著 FTTx 和各種寬頻傳輸技術的普及，不管是在家庭、辦公地點或是公眾場所附近都已經遍佈了寬頻傳輸線路。而在這些場所內，可能已經存在某些既有網路架構（如：辦公室的乙太網路），在家中也有了第二條電話線，並且有許多裝置具有計算功能（如：家中桌上型電腦和 PDA），或是僅具有低計算能力的家電產品。在「寬頻家庭」和「IP on your hand」的未來發展趨勢下，如何選擇適當的接取技術讓這些在室內的電腦裝置（computing device）和電器設備可以方便地和室外寬頻網路互相結合，是 IP 接取網路的另一個議題。家庭網路的出現就是希望透過有線或是無線網路技術，來解決上述問題。

在家庭網路中有兩個部份是需要解決：第一部份是統一的實體層傳輸界面，以完成連接室內各種裝置的連線；另一則是統一的服務層界面，以提供包括 IP 服務之內的各種寬頻服務。

在實體層傳輸界面方面目前有利用有線界面：電話線技術（HomePNA）和電源線（powerline system），或是無線界面（HomeRF、Bluetooth）等傳輸方式，藉以連接不同的



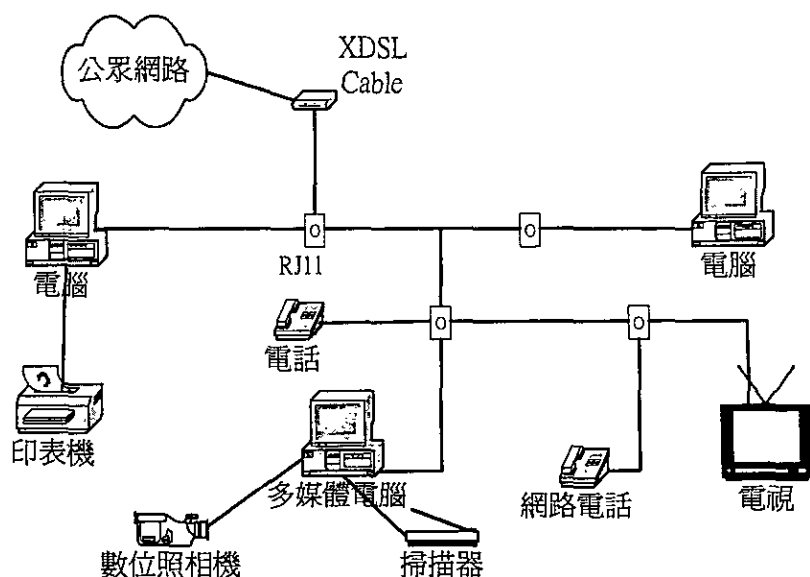


圖 7.1 HomePNA 網路架構圖

家庭裝置。而服務層界面則有 OSGi 的 Jini 和 Microsoft 的 UPnP 兩項技術，目的是希望以單一應用架構來整合家庭網路中的服務界面，並將家庭網路延伸到戶外的寬頻接取網路，構成一真正、完整的 IP 接取網路。

## 7.2 Home Networking 接取技術及網路架構

### 7.2.1 HomePNA 網路架構

HomePNA (Home Phoneline Networking Alliance) [1] 主要設計的目標是希望透過家庭內的電話線來達成家庭網路化的需求，並且省去重新佈設網路線的麻煩與費用。HomePNA 技術可支援一般家庭中複雜且隨機架設的兩芯電話線路，不需要特定使用集線器 (hub) 或乙太網路線 (8 芯)。這種設計也不需要特殊的終端機、濾波器 (filter) 或訊號分離器 (splitter)，它只使用現有一對現有電話在使用的電話線，就可以完成複雜的網路連結。HomePNA 的技術優勢主要來自無需新線路且安裝容易，所需的新增硬體設備則是一張 HomePNA 網路卡，目的是用來連接電話線與各種資訊周邊設備。而所有設備間最大可以串接的距離為 150 公尺遠，最多可同時連接 25 個資訊周邊設備。

HomePNA 的架構圖如圖 7.1，只需透過現有的 RJ-11 電話插座及電話線，就可以讓多部電腦連成一個區域網路，可以成為網路芳鄰共享網路資源，如印表機、掃描器。HomePNA 1.0 [2] 規格採用 Tut System [3] 的技術。Tut System 自行發展的編碼技術稱為 TM32，使用波形的時間差以避免雜訊效應，兩個波形的時間差配置 5 個位元資料為 1 個 symbol 的編碼方式，symbol rate 保持在 200kHz，可以達成 1Mb/s。HomePNA 2.0 [4] 同

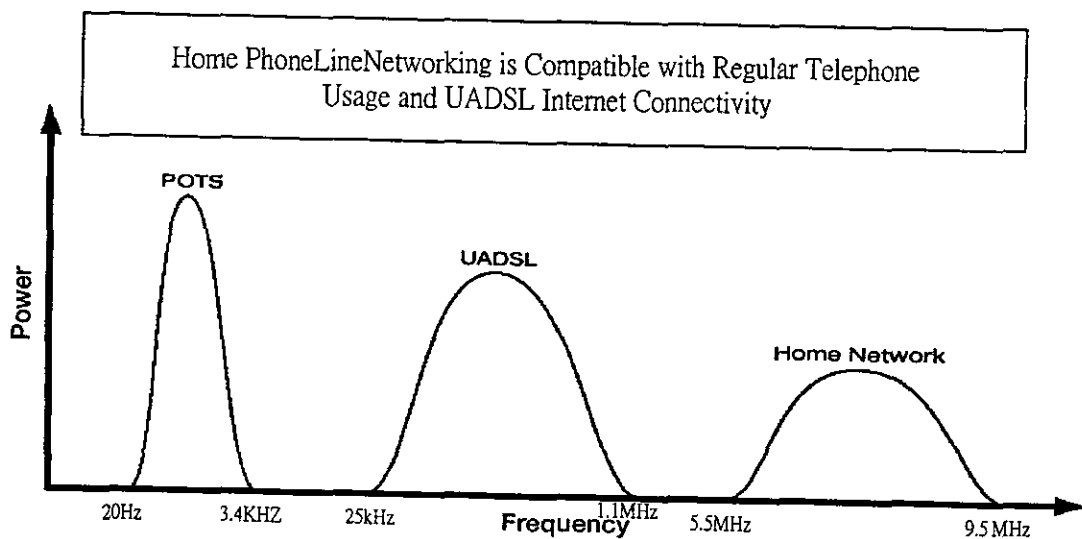


圖 7.2 HomePNA、UADSL 與 POTS 的使用頻段圖

時認可的技術為 Epigram (Broadcom 直屬子公司) [5] 與 Lucent Tech. Micro-electronic Group 的提案。

由於多種服務皆使用同一媒介，如 POTS (Plain Old Telephone Service)、xDSL，所以在實體層部分採用分頻多工 (Frequency Division Multiplex: FDM) 技術，每種服務指定一特定頻率，每個元件加裝選頻濾波器來保證不會干擾其他服務。HomePNA、xDSL 與 POTS 的使用頻段如圖7.2所示。HomePNA 在媒介存取控制層採用 CSMA/CD 技術，所以可以說 HomePNA 的架構是 Ethernet-over-phoneline [2]。由於 HomePNA 傳輸距離太短，長距離的傳輸仍然需要其他技術來幫助實現，例如利用 ADSL (請參考第二章) 的技術來達成 ISP 業者到用戶端的需求。用戶若要連結到網際網路就必須先透過 HomePNA 交換系統，連接到 ADSL 系統，再經由 ADSL 系統接取網際網路。相信未來技術可以克服傳輸距離的限制，使得用戶可以直接經由 HomePNA 交換系統接取網際網路，如圖7.3 [6] 所示。

## 7.2.2 Powerline System 網路架構

Powerline 與 HomePNA 相似，皆是利用原有的線路來建構家庭網路，差別在於 HomePNA 是利用「電話線」做傳輸媒介，而 Powerline 是利用「電源線」當作傳輸媒介。由於幾乎所有的房間中都會安裝電源插座，因此採用這種方式不需要重新佈線，具有成本低、安裝及連接方便等優點，只需在事先安裝好的插座上插入電源插頭即可構築起區域網路。Powerline 網路架構如圖7.4所示，透過電源線將多部電腦、印表機、及家電連接起來，形成一個區域網路，在這網路內大家共享網路資源。

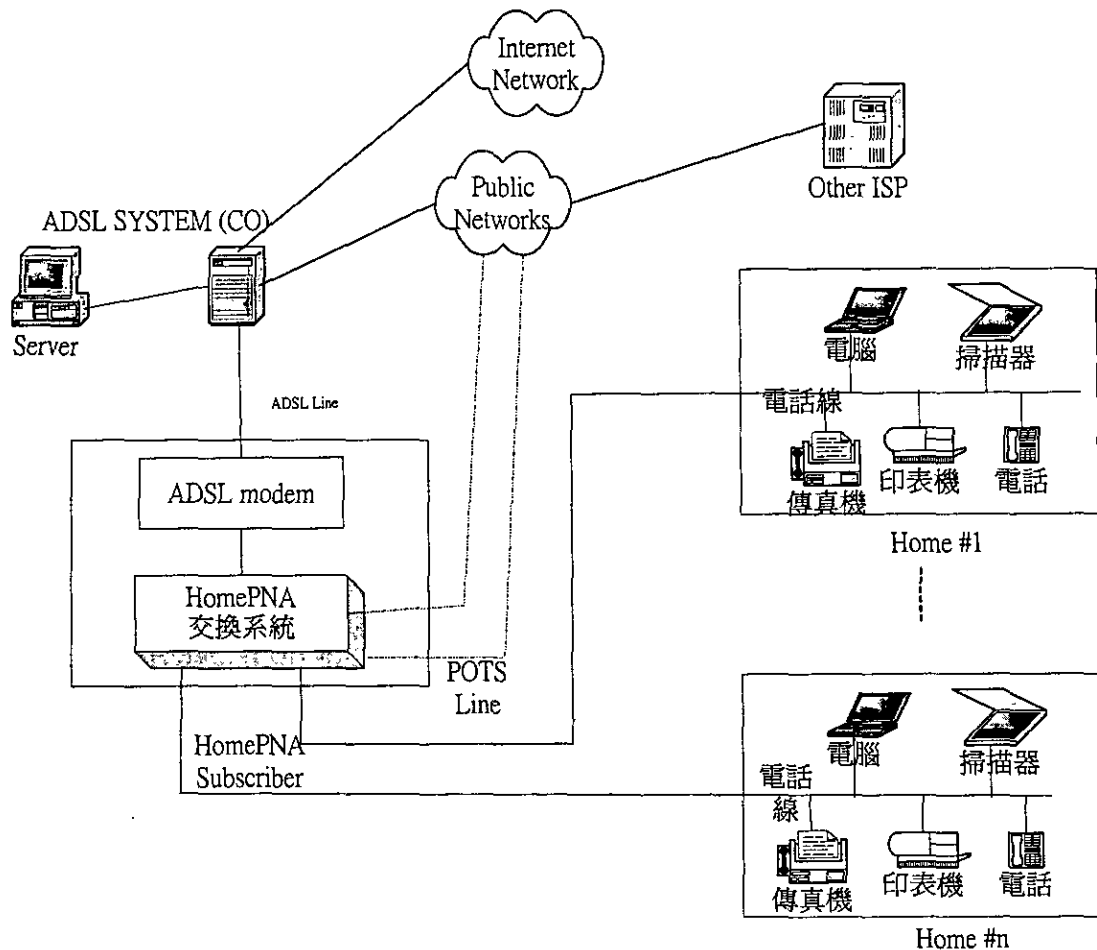


圖 7.3 HomePNA 寬頻接取架構示意圖

Powerline 的標準 HomePlug 1.0 [7] 已於 2000 年 6 月由 HomePlug Powerline Alliance (簡稱 HPA) [8] 制訂完成，採用的技術是 Intellon [9] 所提出的 PowerPacket [10]。

由於電源線高雜訊的特性，如電器的開關瞬間、電器馬達的運轉（如吸塵器），都會造成資料信號的不穩定。此種傳輸特性與無線網路相似，因為無線網路原本就是一個充滿雜訊的環境 [11]。因此 Intellon 提出的技術就是把電源線的環境模擬成無線網路環境，將原本應用在無線數據傳輸的 IEEE 802.11 CSMA/CA 協定拿來應用在電源線傳輸環境中。

Intellon 的 PowerPacket 技術選定在電源線材中雜訊較少的 4.3~20.9MHz 的頻段作為傳輸之用，共分成 84 條頻道，並且利用 OFDM 的調變方式將資料編碼，在不同頻段同時傳送資料以增加傳輸速率。一旦遇到干擾，受影響頻道就會關閉改由不受影響的頻道繼續傳遞，使資料的傳送維持穩定。所以在吸塵、燙衣服的同時，使用者同時也可以利用電源線來傳送資料。

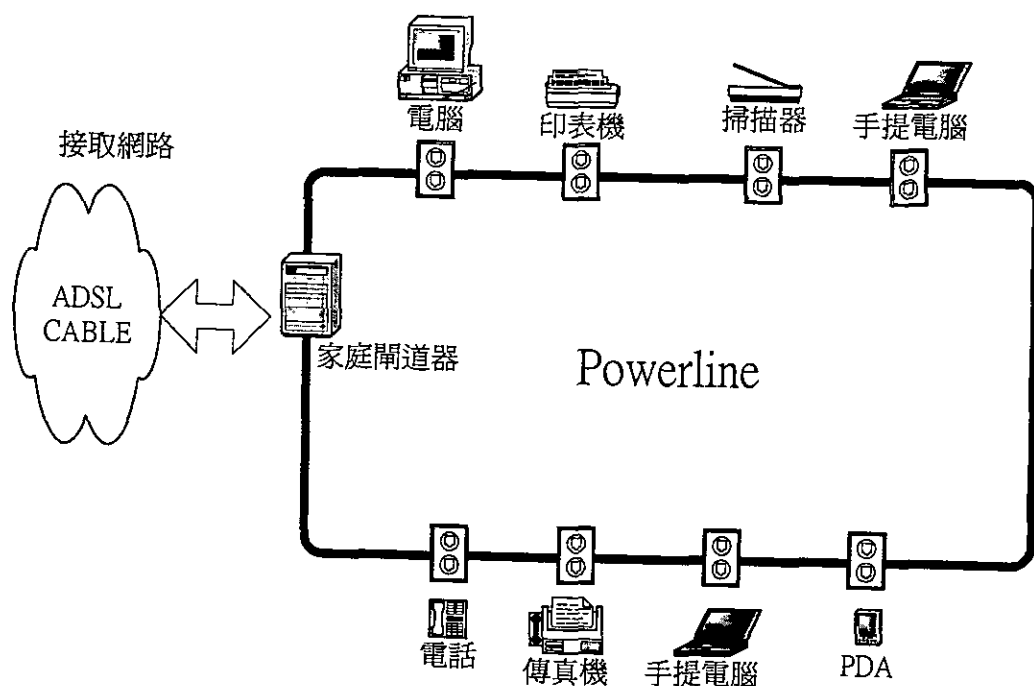


圖 7.4 Powerline 網路架構圖

表 7.1 HomeRF 系統參數

跳頻頻率	50hops/second
使用頻帶	2.4GHz ISM band
傳輸功率	100mw
傳輸速率	1Mbps(BFSK)/ 2Mbps(4FSK)
傳輸範圍	一般家庭大小
支援終端機數	127
支援語音連線數	6
加密機制	Blowfish
資料壓縮	LZRW3-A

由於 HomePlug 1.0 技術的傳輸距離太短，大約只有 30 公尺，長距離的傳輸仍然需要其他技術來幫助實現，例如透過家庭閘道器，配合 ADSL (請參考第二章) 或 Cable Modem (請參考第三章) 的技術來達成 ISP 業者到用戶端間連線需求，如圖7.4所示。

### 7.2.3 HomeRF 網路架構

HomeRF [12] 是擷取了歐規數位無線電話 (DECT) 和無線區域網路 WLAN 網路的傳輸技術優點的一種網路系統，主要應用於室內環境中。HomeRF 的使用頻帶是 2.4GHz，在 MAC 層方面的技術稱為 SWAP (Shared Wireless Access Protocol)，這是一種結合了分時多工 (TDMA) 和 CSMA/CA 兩種多工接取技術，因此 HomeRF 可同時支援即時性 (real-time) 的語音服務，和訊爆性高 (high burstiness) 的數據服務。HomeRF 主要的系統參數如表7.1所示。

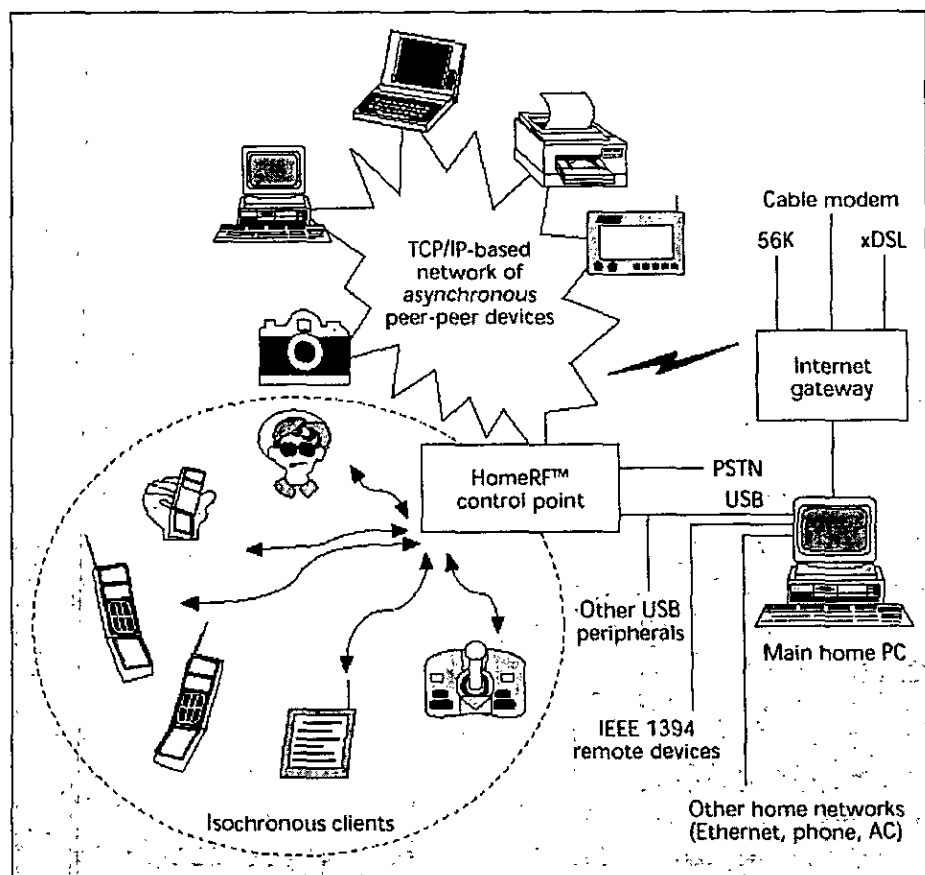


圖 7.5 HomeRF 網路架構圖

HomeRF 的架構圖如圖7.5，主要分為三個設備：control point (CP)、I-Node、A-Node。CP的角色就是HomeRF的網路接取點，I-Node是語音服務裝置（如：無線話機），而A-Node就是數據服務裝置（如：電腦、遙控器等）。HomeRF 網路的運作是透過 CP 來管理。當終端裝置和 CP 建立連線後，CP 會依據服務類別的不同選擇適當的多工接取技術（TDMA 或 CSMA/CA），並選擇透過 PSTN 線路（語音服務）或是開道器（數據服務、IP 上網）以完成資料的收送。

在 SWAP 技術中，傳輸訊框分為 contention free period 和 contention period 兩部分：在 contention free period 部分，訊框被切成固定大小的時槽，並以分時雙工（TDD）方式提供語音服務；而在 contention period 部分則是將整個時段以 CDMA/CA 方式來傳輸數據服務。如果資料傳輸僅在兩個 A-Node 間進行的話，CP 會協助兩個 A-Node 建立直接連線，而不需透過 CP 來控制。

HomeRF 網路的協定堆疊（protocol stack）和 IP 服務的關係如圖7.6所示。在圖中可以看出上層應用程式經過 TCP/IP 層轉換後就可直接和 HomeRF 相連接。此外，HomeRF 有支援 Microsoft 的 NDIS 驅動程式，所以應用程式可利用 TAPI 界面和 Windows 作業系

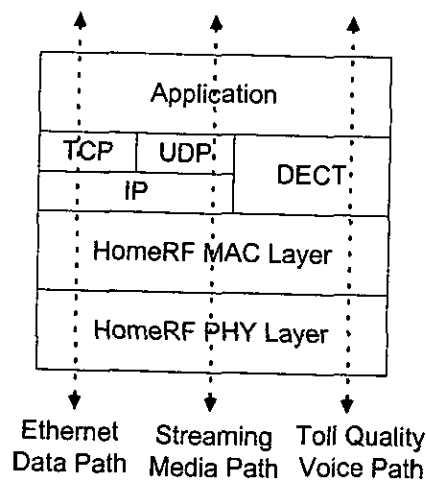


圖 7.6 IP over HomeRF

表 7.2 Bluetooth 系統參數

跳頻頻率	1600hops/second
使用頻帶	2402+k MHz, k=0,1,2,3...79
傳輸功率	0dbm (up to 20dbm)
傳輸速率	1Mbps/GFSK
傳輸範圍	10m ( 100 m with PA)
支援終端機數	8 in active mode, 256 in standby mode

統整合在一起。

## 7.2.4 Bluetooth 網路架構

Bluetooth [13] 是一運作在 2.4GHz，並採用跳頻技術的系統，主要設計目標是提供低廉、省電、短距離的無線傳輸技術，特別適合應用於計算能力有限的裝置上。Bluetooth 的系統參數如表 7.2 所示。

Bluetooth 網路的基本單位稱為 piconet，多個 piconet 則可構成一 scatternet。Piconet 可視為是單細胞網路，而 scatternet 則是多細胞網路。Piconet 是採用主從 (master-slave) 架構，每個 piconet 內最多有 8 個處於 active 狀態的 Bluetooth 裝置，其中有 7 個 slave 和 1 個 master。Piconet 可由任何一個 Bluetooth 裝置扮演 master 的角色，而後加入的裝置則是扮演 slave 的角色。在 scatternet 中，任一 Bluetooth 裝置可在 piconet A 中當成 master，而在 piconet B 中當成 slave，但是不可同時在兩個 piconet 中當 master。為了要提高使用時間，Bluetooth 裝置在不傳輸時可選擇進入 standby 狀態，在一個 piconet 中最多可支援 256 個 standby 狀態的 Bluetooth 裝置。

Bluetooth 的多工技術是採用 TDM 方式，將訊框切分成多個相同大小的時槽，可分

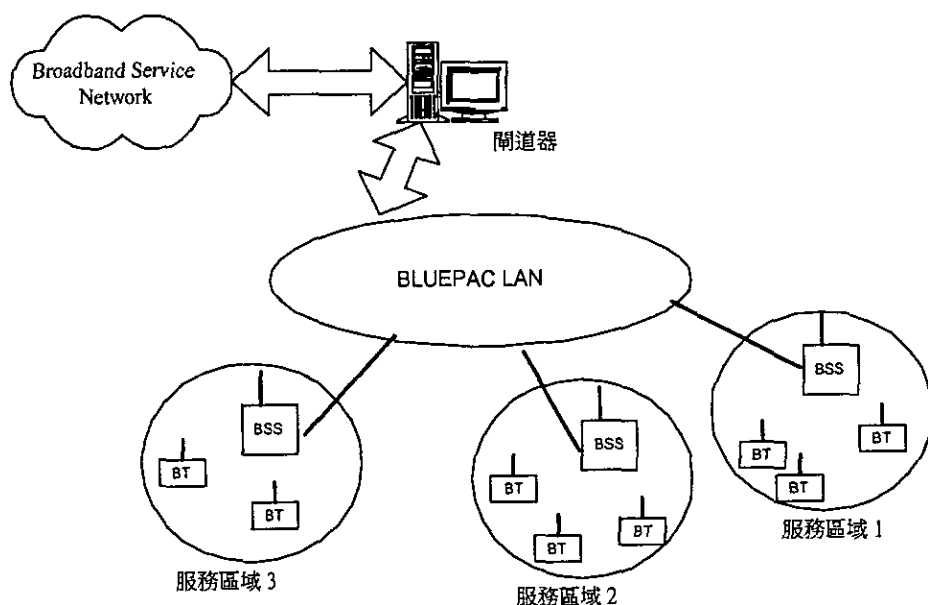


圖 7.7 BLUEPAC 網路架構圖

為 SCO 和 ACL 兩種連線方式。SCO 連線是以 TDD 方式來分配時槽，每間隔 2、4、或 6 個時槽傳送一次，可提供語音之類的即時性服務使用。而 ACL 連線則是以輪詢 (polling) 方式來動態的分配時槽使用權；也就是說，只有當 master 詢問 slave 時，Bluetooth 裝置才可開始傳送資料，而且每次可傳送的時槽數也是可以動態配置的，可以提供非即時性服務使用。

目前一些在 Bluetooth 網路中提供 IP 服務的架構提出，如：BLUEPAC IP [14] 就是一結合 Bluetooth 和 IP mobility 的協定。在 BLUEPAC 架構中，如圖 7.7 所示，每個服務區域都是一個 piconet，多個 piconet 則是利用 BLUEPAC LAN (可用 Ethernet 或是採 scatternet 架構) 形成一完整的 IP 服務網路，最後透過 gateway 和寬頻網路相連。每個 piconet 都由固定的 BSS (Base Station Subsystem) 扮演 master，而每個 BT (Bluetooth Terminal) 則可自由加入任一服務區域。

圖 7.8 是 Bluetooth 裝置連上 IP 網路的協定關係圖。在 Bluetooth 系統中，RFCOMM 層會模擬串列埠傳輸連線，另外透過 PPP 協定來和 IP 協定連接在一起。

### 7.3 IP-based Home Networking 技術發展趨勢及架構演進

家庭網路大多採用傳輸距離較短的實體層技術，基本上都應用於家庭或是室內小型辦公室內，但不適合延伸到室外環境，所以無法當成是一個完整獨立的 IP 接取網路。有鑑於家庭網路在室內的應用普及化，而室外的寬頻接取技術如：xDSL 和 Cable Modem，

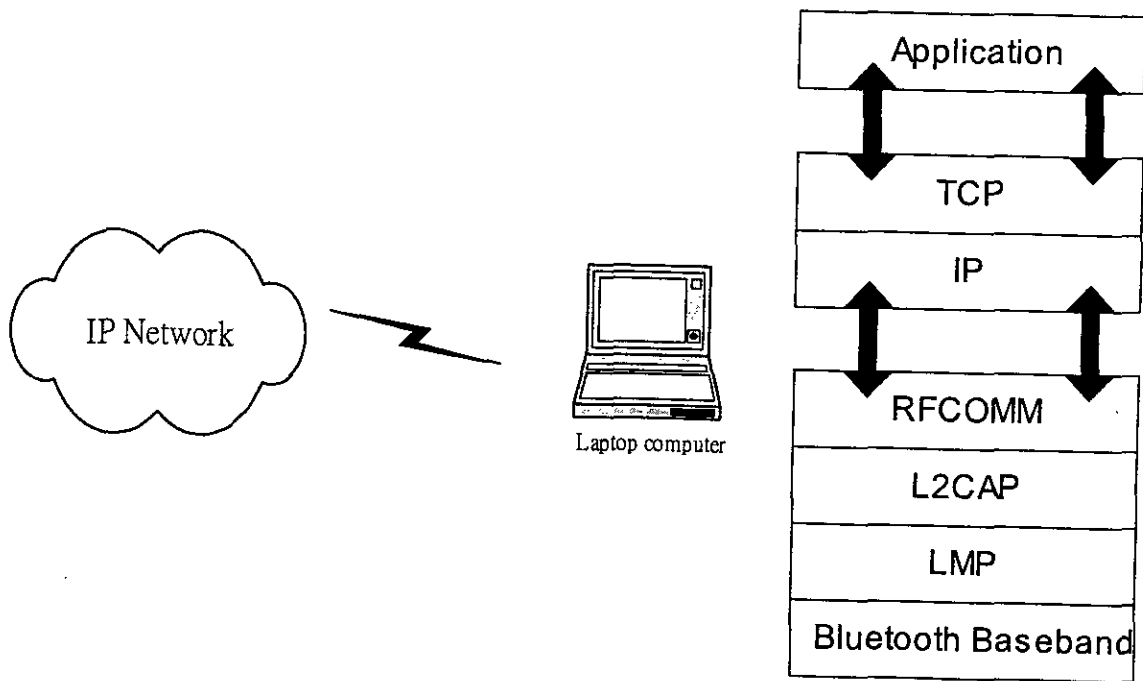


圖 7.8 透過 Bluetooth 進行 IP-based 接取

因此就有 service GW (service gateway), 或稱家庭閘道器 (residential gateway) 概念提出。如圖 7.9, 以家庭網路為基礎的 IP 接取網路架構圖中, service GW 是室內本地網路和室外接取網路的中介點。室內本地網路可以是本章所提到的各種家庭網路技術 (HomeRF、Bluetooth、HomePNA、Powerline), 接取網路則可以有線 (xDSL、cable network) 或是無線 (3G、LMDS) 長距離接取網路, 而 service GW 則是負責兩者間的連接。對網路業者而言, 家庭網路架構下的 IP 接取網路的 UNI 就是各種類型的接取網路的界面。如果 service GW 是一台 ADSL 路由器的話, UNI 就是 ADSL 傳輸界面。

Service GW 結合了數據機的寬頻連接能力, 以及路由器的多點連接能力外, service GW 另外還必須具有可提供多種服務界面的能力, 因為 service GW 連接多種型態的 Home Network 技術, 以及多種家庭電器設備, 所以家庭網路為基礎的 IP 接取網路架構上的重點是著重於提供彈性的裝置接取技術 (device access technology), 目前是分別由 OSGi 力推的 Jini 和 Microsoft 主導 HomeAPI 的產物 UPnP 技術為兩大主流, 分述如下。

### 7.3.1 OSGi

OSGi (Open Service Standard initiative) 是由 service GW 相關廠商集合而成的組織, 主要是要制訂閘道器互通、和服務應用層標準, 原始會員包括: Sun、Alcatel、Ericsson、Philips 等。OSGi 最主要的主導廠商是 Sun, 因此 OSGi 的核心技術也就是架構在 Sun 的



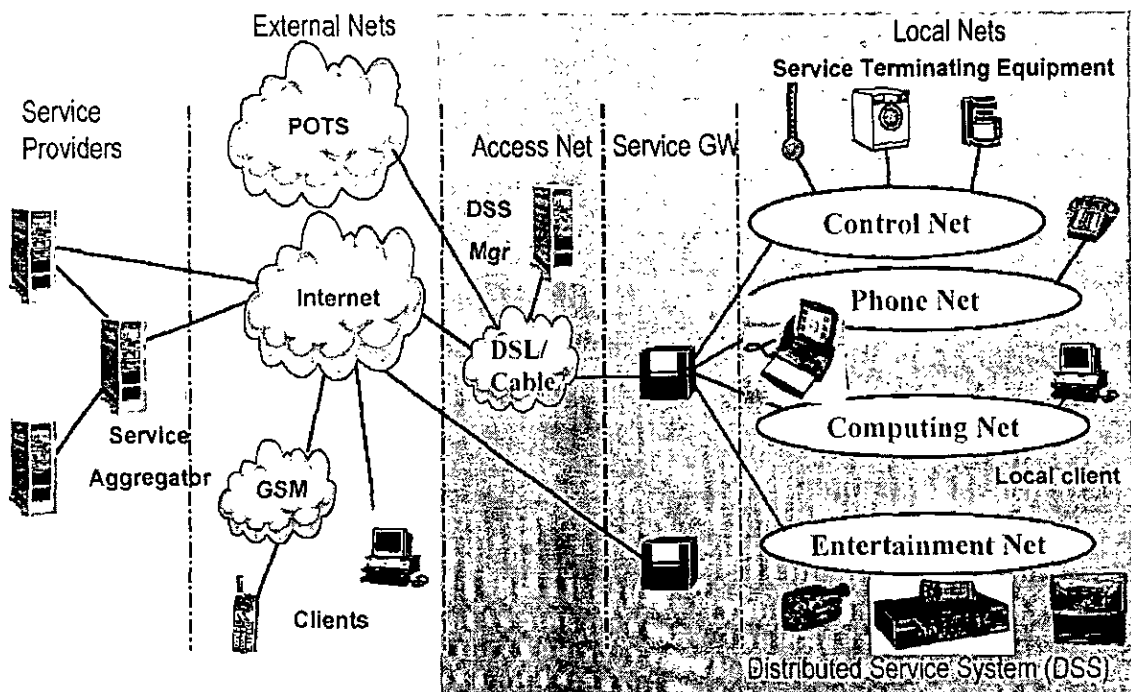


圖 7.9 以家庭網路為基礎的 IP 接取網路架構

Java 之上。如圖7.10所示，service GW 的軟體是架構在 Sun 所主推的 Java VM (Java Virtual Machine) 之上，所採用的標準平台是 Jini。Jini 技術是由 Java 衍生而來，主要設計重點是在於 service discovery，也就是說，任何內建有 Jini 軟體的裝置只要連接上網路，就會主動的宣告自己可採用的服務與組態，同時也可獲取其它相同內建有 Jini 軟體的裝置的資訊，所以裝置間的溝通就不需額外加掛特殊的驅動程式，即可完成即時的連網功能。另外，上層的服務應用層則有定義多種的應用程式界面 API (Application Programming Interface) 以提供不同服務和相關管理功能，在 1.0 版本定義的有：Log、Device access、HTTP、Accounting info、Client access、Configuration data、Persistent data。

### 7.3.2 UPnP

HomeAPI 概念由 Microsoft 所主導，其核心技術是 UPnP (Universal Plug-and-Play)。UPnP 其基本目的其實和 OSGi 相同，也就是希望讓兩個不同的裝置透過一系列的 service discovery、service description、control 等動作，就可互相連接，但 UPnP 技術是從應用層開始往上設計。

圖7.11是 UPnP 的軟體架構圖。在圖中可以看到，UPnP 是架構在 TCP/IP 之上，而所有的訊息交後都是以 XML 語言描述，並透過不同的 HTTP server 來送。

一個具有 UPnP 界面的裝置會先與 service GW 建立 TCP/IP 連線，而 IP 則是採用動

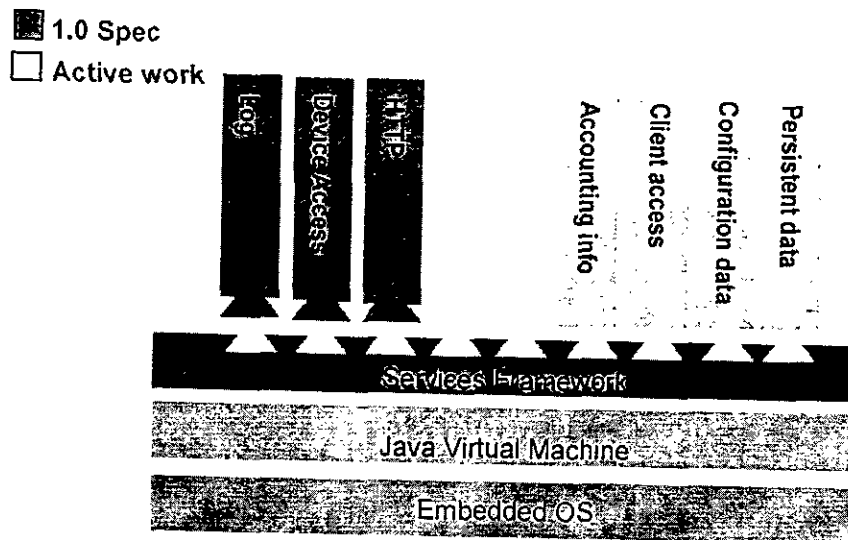


圖 7.10 OSGi 協定堆疊

態主機配置協定 DHCP 來自動設定 IP，所以是不需事先給定 IP。當 IP 層連接上後，就會建立多個 HTTP server 來負責多個控制協定的傳送，其中 HTTP 連線是利用 TCP 封包來傳送，而 HTTPMU/HTTPU 則是利用 UDP 封包傳送。在 UPnP 中定義的控制協定有 SSFP、GENA、SOAP 三種：

- SSDP (Simple Service Discovery Protocol)：SSDP 是用來定義網路裝置如何發現網路，以及宣告本身功能給其它裝置的協定。SSDP 利用 UDP 封包傳送。
- GENA (Generic Event Notification Architecture)：GENA 是用來定義網路裝置間一般資訊交換的協定，可利用 TCP 或多點廣播的 UDP 封包傳送。
- SOAP (Simple Object Access Protocol)：SOAP 用來定義執行遠端呼叫程序 (remote procedure call) 的 XML 和 HTTP 語言的協定。在 UPnP 架構中，SOAP 是網際網路中利用遠端呼叫程序方式通訊的標準。SOAP 利用 TCP 封包傳送。

### 7.3.3 OSGi 和 UPnP 的比較

雖然在 OSGi 1.0 版本可同時相容 Jini 和 UPnP 技術，但基本上還是以 Jini 為主，所以這是兩種相互競爭的技術。在架構比較中可以看出 OSGi 和 UPnP 的不同。OSGi 是利用 Jini 技術完成互連，而 UPnP 直接就是先建立 TCP/IP 連線，再透過 HTTP server 來完成 service discovery 的程序。

如果網路裝置希望建立 end-to-end 的 IP 連線時，UPnP 會較具優勢；但如果只是要讓家庭中的電器設備具有局部的上網功能時，OSGi 可能會較占優勢，因為可以把 IP 連

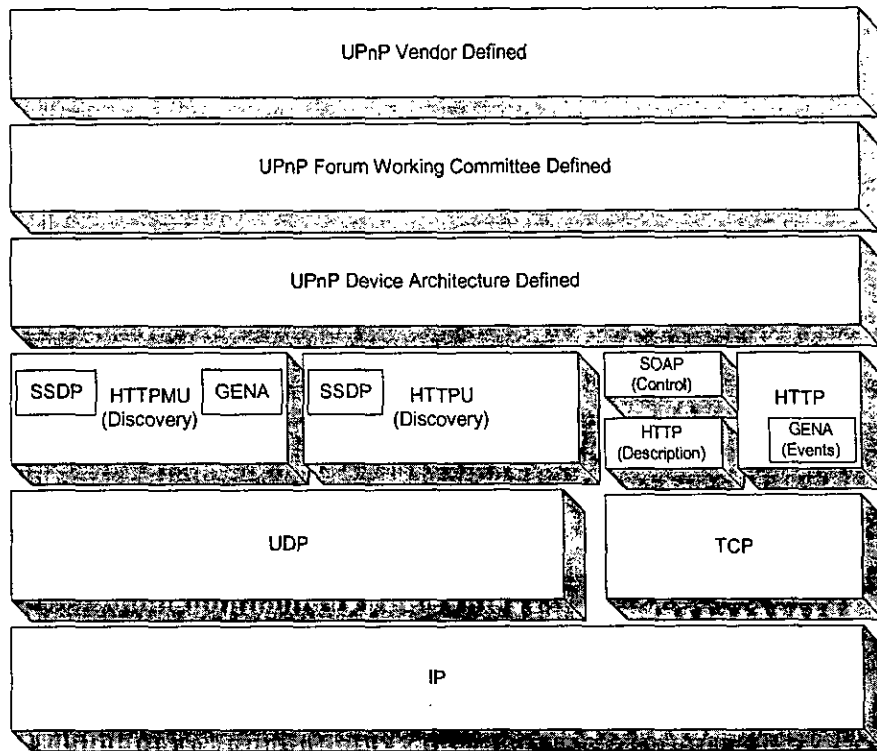


圖 7.11 UPnP 協定堆疊

線功能集中到 service GW 端，而終端的網路裝置就可採用較為簡化的軟體程式。

## 7.4 Home Networking 相關標準及組織

### 7.4.1 HomePNA

HomePNA [1] 在 1998 年 6 月創立，其創始會員包含 3Com、AMD、AT&T Wireless、Broadcom、Compaq、Conexant、HP、IBM、Intel、Lucent Technologies 和 Tut Systems，屬於非公司營利協會，目前會員公司已超過 150 家，主要任務是：

- 實現 Home Networking。
- 將一連串可互通性的家庭網路之解決方案快速帶動市場。
- 發展認證標準以保證 HomePNA 成員的多樣化產品的互通性。
- 透過適當標準組織如 ITU、IEEE 的接受，達到國家化與國際化的工業標準。

1998 年 9 月公佈第一版的技術規格 HomePNA 1.0，採用 Tut system 的技術，此一規格的資料傳輸速度可達 1 Mbps，運作頻帶為 5.5MHz~9.5MHz，不會對現有語音訊號有所影響，並且可與 G.Lite/ADSL 共存。因為 HomePNA MAC 層此用 CDMA/CD 技術，所以和 IEEE 802.3 相容。

1999年12月出版 HomePNA 2.0 技術規格，同時認可的技術為 Epigram (Broadcom 直屬子公司) 與 Lucent Tech.、Micro-electronic Group 的提案。此規格將 10 Mbps 技術帶入電話線網路，同時與 1 Mbps 的 HomePNA 技術保持相容性，詳細情形請參考 [1]。為使傳輸速度更快，Tut system 未來計畫運用 2MHz ~ 30MHz 頻段發展 100Mbps 傳輸速率標準。

## 7.4.2 Powerline System

HPA [8] 在 2000 年 3 月創立，其創始會員有 Intel、AMD、TI、Conexant、S3 Diamond、Compaq、3Com、Cisco、Motorola、Panasonic、Tandy、Enikia、Intellon 等 13 家公司，成立至今會員已超過 80 家。HPA 主要目的為致力於建立家庭電源線作為網際網路傳輸線路的網路技術規格標準化，並且促進低成本且相互兼容的家庭內部電源線網路產品的發展。

HPA 已從 2001 年 2 月開始以世界各地的 500 個家庭為對象進行了實地試驗。試驗主要在美國和加拿大進行，此外在日本、韓國、台灣和歐洲等地也進行了小規模試驗 [15]。並且於 2000 年 6 月公佈第一代電源線家庭網路的標準 HomePlug 1.0，採用 Power Packet 技術，也就是將 IEEE 802.11 CSMA/CA 協定用在電源電路上，配上適當之硬體界面電路，使傳速率最高可以達到 14 Mbps，遵循 HomePlug 的產品預定於 2001 年秋季亮相。日本郵政省更於日前宣佈，將於 2002 年前正式認可電源線為全國寬頻通訊網路之一 [16]。

## 7.4.3 HomeRF

HomeRF WG [17] (Working Group) 創始會員包括：Intel、日本 IBM、日本 HP、ALPs 電氣、OKI 電氣、關西電氣、Casio、Sharp、富士通、松下電工、Hoshiden 和三菱電機。成立至今，會員廠商已經超過 70 家，台灣廠商啟碁 (Acer Neweb) 名列其中。1998 年 7 月 HomeRF WG 訂立 SWAP 0.5 版標準，透過標準的統一，讓不同種類的設備產品可以互通運作，並提供消費者具彈性、移動性的解決方案。1999 年 1 月 HomeRF WG 推出新版 SWAP 1.0。1999 年 6 月 HomeRF WG 宣佈推出 SWAP 1.1。1999 年 9 月 HomeRF WG 在 Public HomeRF wireless Home Networking Forum 發表產品標準。目前依據 SWAP 1.0 協定開發產品的廠商包括 Butterfly Communications、Compaq、HP、IBM、Intel、Microsoft、Motorola、OTC Telecom、Proxim 和 Samsung 等，1999 年底產品上市。領導 PC、電信、網路的公司 (Cayman、Compaq、IBM、Intel、MobileStar、Motorola、Proxim) 也動作積

極的在 1999 年 10 月份宣佈計畫以 HomeRF 標準為基礎開發產品。

原本 HomeRF 10Mbps 規範尚未通過 FCC 核准，市場有被其他無線技術取代的可能，所幸在 2000/8/31 FCC 核准通過增加 HomeRF 5 倍頻寬。在無線家庭網路應用方面，HomeRF 可提供高頻寬的影音服務以及增加語音容量支援 8 個室內無線分機。SWAP 1.3 版的傳輸能力提升至 10Mbps，將來可以自由提供各式與既有無線網路的資料速度相容之新產品給消費者，大大提升 HomeRF 在家庭網路市場競爭力。目前 HomeRF 最新版本是 2.0 版。

#### 7.4.4 Bluetooth

Bluetooth 的發展起源於 1994 年 Ericsson 通訊部門所開發的行動電話與周邊設備間具低功率、低成本與彈性之無線電界面。接著 1997 初期研究發展以短距離無線電方式連結之多通訊器連結 (multi-communicator link) 晶片，該技術由 Ericsson 主導，同時獲得 Nokia、IBM、Toshiba、Intel 等公司支援。在 1998 年 2 月成立 Special Interest Group (SIG) 組織，推動 Bluetooth (兼具數據與語音傳輸功能的新一代行動通訊裝置)，同時在 1998 年 5 月 21 日 Bluetooth Consortium 於倫敦、聖荷西、東京正式公開成立，其目的是為建立無線通訊傳播界面與軟體的標準，以及確保不同廠商所製造之元件可相互連結使用。在 1999 年底產品問世，同年 12 月 6 日 Bluetooth 1.0 版規格 (V1.0B core: 1082 pages ; V1.0B profiles: 440 pages) 正式公佈並可以從網站上下載 [18]。Ericsson 力推的 Bluetooth 技術，2000 年 5 月已超過 1900 家公司簽署藍芽授權合約有權利開發與銷售藍芽裝置，目前 SIG 成員增加到 9 家大廠，這使得藍芽無線技術快速成為通訊標準。在個人接取網路 (PAN) 的觀念出現後，IEEE 開始制訂了新的標準 IEEE 802.15 WPAN [19]，目的是希望在 POS (Personal Operating Space) 環境下提供無線通訊的能力。所謂的 POS 是指以個人或行動通訊裝置為中心，10 公尺之內和其它通訊裝置所構成的網路環境。WPAN 是希望提供低廉、體積小、傳輸速率在 1Mbps 以內的短距離通訊能力。

IEEE 802.15 WPAN 目前的發展是以 Bluetooth 技術 [13] 為基礎，例如：802.15 TG1 就是負責將 Bluetooth 轉換為 IEEE 標準的工作。因為 802.15 僅定義 PHY 層和 MAC 層，所以僅將 Bluetooth 技術中 L2CAP 層以下的規格納入標準中。

802.15 下分為四個 Task Group (TG)，和兩個 SG (Study Group)。關於 WPAN 發展的詳細資料請參閱 [19], [20]。以下簡略敘述 TG 的工作項目：

表 7.3 HomePNA 與 Powerline 比較

	Powerline	HomePNA
最新標準	HomePlug 1.0	HomePNA 2.0
傳輸速率	14Mbps	10Mbps
傳輸距離	30 公尺以內	150 公尺
傳輸協定	CSMA / CA	CSMA / CD
相容性	與乙太網路相容	與乙太網路使用相同協定
每埠價格	25~100 美元	50~80 美元

- TG1: 負責將 Bluetooth 以 SDL 語言描述，並使其符合轉換為 IEEE 格式。
- TG2: 負責解決 Bluetooth 和 WLAN 以及其它在 2.4GHz 頻帶運作的系統共同操作的問題。
- TG3: 負責制訂傳輸速率可高達 20Mbps 的 WPAN。
- TG4: 負責制訂低速的版本的 WPAN，以提高通訊裝置電池的使用時間。

## 7.5 比較分析及討論

### 7.5.1 HomePNA 與 Powerline System 技術比較

HomePNA 跟 Powerline system 都是使用既有的線路，不用重新佈線，所以這兩種技術是家庭用戶常拿來比較考量的，如表 7.3 所示。

- 傳輸速率: HomePNA 最新版的標準可提供 10Mbps 的傳輸速率; 然而 Powerline 可達 14Mbps，可以說略勝一籌，不過兩者差距並不太大。兩者目前都朝向 100Mbps 的目標發展。
- 傳輸距離: HomePNA 技術可達 150 公尺，佔了相當的優勢。Powerline 技術由於電源線具有高雜訊的限制，在傳輸距離上較不足，只能到達 30 公尺，如何克服這樣的限制是未來發展需突破的一大重點。
- 相容性: HomePNA 家庭網路與乙太網路使用相同的傳輸協定，而 Powerline 家庭網路使用的 IEEE 802.11 協定和乙太網路使用的 IEEE 802.3 協定屬於同系列的協定，兩者在轉換上相當容易，因此相容性也不成問題。
- 價格: 目前 Powerline 各家廠商方案價格相當紊亂，不過未來等到標準底定後，Powerline 家庭網路的價格與 HomePNA 相比，預計將會相當有競爭力。

### 7.5.2 HomeRF 與 Bluetooth 技術比較

在區域無線接取技術方面，較常被比較技術有 Wireless LAN、IrDA (Infrared Data

Association) [21]、HomeRF、Bluetooth 四種，但是 Wireless LAN 的價格較高，通常應用於商業領域，而 IrDA 則是應用於點對點短距離傳輸上，因此考量到在家庭網路的環境，我們在此僅對 HomeRF 和 Bluetooth 進行比較。以下就針對語音服務、串流服務、傳輸速率、傳輸距離和價格五項因素來比較這兩種技術。

語音服務：HomeRF 基本上是由 DECT 規格修訂而來的，所以本身就具備了完整的語音服務功能，並且最多可同時支援 8 支手機；相對的，Bluetooth 雖然也有制訂語音服務的協定堆疊，但卻不支援 CLASS (Custom Local Area Signaling Services) 功能，限制了應用範圍，而且最多只可支援 3 支手機。

串流服務 (streaming media)：HomeRF 的 MAC 層協定 SWAP 也有將 CSMA/CA 納入其中，因此在支援串流服務時就類似於 wireless LAN 系統；而 Bluetooth 是以時槽方式切割傳輸訊框，因此必須透過良好的排程機制 (scheduling) 才可同時提供語音和數據服務。

傳輸速率：HomeRF 可支援 10Mbps，而 Bluetooth 現有版本僅可支援 1Mbps，因此在數據應用上，Bluetooth 發展較受限。目前一般看法是 Bluetooth 在提供 MP3 服務方面是沒問題，但是無法真正的提供較高速多媒體服務。

傳輸距離：在傳輸距離的比較上就要看 Bluetooth 是採用何種的 RF 收發器。如果加裝了前端功率放大器，或用較高的傳輸功率時，Bluetooth 和 HomeRF 的傳輸距離相當，都可含跨一般家庭房間大小。

價格：「低價格」一直都是 Bluetooth 所述求的重點，因此在這方面 Bluetooth 無疑的是佔了上風。但是，真正低價的 Bluetooth 是要用單晶片模組才有可能達到，現有市面上的都是採用雙晶片架構，實際上還無法達到其宣傳的「5 塊美金」的目標。

在以上的比較中很明顯的可以看出這兩種互相競爭的技術其實可以看做是互補的技術，因為 HomeRF 適合用在較高層次應用家庭網路裝置中 (如：電視遊樂器、家用無線電話等)，而 Bluetooth 則適合用在較低層次的家庭網路裝置中 (如：一般家電、控制器等)。透過在第三節中提到的 service GW 將兩者整合在一起，就可在家庭中形成一完整的寬頻 IP 接取網路。

## 7.6 建議及結論

1998 年之前，家庭網路還僅是紙上談兵，不過 1999 年之後，各式各樣的解決方案紛紛出籠，就傳輸媒介來分，包括電話線傳輸、電力線傳輸、無線電波傳輸等。如同在第三節所探討的，家庭網路的發展會有兩個方向，一個是上層共通軟體界面，另一個則是實體層的傳輸技術。

在上層共通軟體界面方面則是有 OSGi 的 Jini 和 Microsoft 的 UPnP 技術在競爭。由於目前 Microsoft 正往家庭應用和電玩市場進攻，而 OSGi 又是由一群家電業者所組成的，目前會由何種技術主導尚難以下定論。

在實體層方面，由於電話線、電源線與無線 3 種技術本質上的差異，未來導入家庭所呈現的面貌，也將因此而發展出不同的型態與應用。從目前來看，不論是在銷售金額與數量上，電話線技術都將維持領先的局面；至於正值起步階段的無線技術，則有後來居上的態勢；而一般認為不易發展的電源線技術，已於 2000 年 6 月制訂完成 HomePlug 1.0 版，所以發展潛力仍不容忽視。

所以我們對產業發展的技術性建議分為「電話線技術」、「電源線技術」、和「無線傳輸技術」三項，分別陳述。另外，因應未來寬頻上網服務的需求，政策性建議則是有關於「ISM 頻帶之寬頻慢跳頻技術」，企望促進我國頻無線產業的蓬勃發展。

### ● 電話線技術

根據 Cahners In-Stat [22] 預測，至 2003 年時，全美家庭網路市場將達到 14.1 億美元，其中電話線技術就佔一半，達 7.13 億美元。從家庭網路節點 (node) 數來看，電話線技術也遙遙領先其他技術，Cahners In-Stat 預測，電話線節點數將從 99 年的 153 萬個，成長至 2003 年的 1,272 萬個，複合年成長達 70%。隨著市場銷售量的持續增加，產品價格將逐漸下滑，並將有助市場更進一步擴大。

雖然電話線家庭網路技術在美國市場頗受矚目，不過美國以外地區的發展情況則仍待評估。以台灣家庭為例，就不像美國家庭幾乎每個房間都有電話插孔。因此電話線技術，是否能成為未來全球家庭網路的主要標準還需要時間觀察。

在頻寬發展方面，目前電話線技術組織 HomePNA，已經採用 Tut System 的 HomeRUN 技術，制訂完成頻寬為 1Mbps 的 1.0 版標準。至於計劃在 1999 年下半年完成制訂的 2.0



版標準，將採用 Epigram 研發的家庭乙太網路 (Home Ethernet) 技術，傳輸速率將達 10Mbps。未來 HomePNA 更計劃運用 2MHz~30MHz 的頻段，發展傳輸速率高達 100Mbps 的新一代標準。

### ● 電源線技術

HomePlug 1.0 標準為了達到隨插即用的功能，因此是否能得到在 CPE 端作業系統市場佔有率達 90% 的軟體界龍頭微軟對於電源線技術的支援，就成為一件相當重要的事。目前雖然微軟並沒有加入電源線家庭網路聯盟，不過微軟網路部門副總裁 Jawad Khaki 認為電源線家庭網路聯盟的訴求，切合消費者的需要，微軟樂見其成，並會支援電源線家庭網路的標準。

根據 Cahners In-Stat 於 2001 年 5 月發表的調查：「使用電源線的家庭網路將呈迅猛增長態勢。在美國市場，家庭網路 IC 的銷售額在 2005 年前將以年平均 77% 的速度增長，電源線收發器 IC 的銷售額和出貨量均有望獲得高速成長」。Cahners In-Stat 預測，美國電源線家庭網路市場，將會從 98 年的 910 萬美元，成長至 2003 年的 1.17 億美元，同時節點數目也將從 73,000 個，增加至 208 萬個。

電源線家庭網路過去發展上最大的問題，在於電源線家庭網路並沒有國際標準組織訂定國際化的標準，各家廠商各自以自行開發的技術實作，因為彼此之間的標準都互不相容，在發展上產生許多的障礙。現在電源線家庭網路的標準 HomePlug 1.0 版制訂完成之後，再加上微軟願意在軟體方面支援電源線的標準，相信以電源插座在家庭中分布之廣，未來電源線技術在家庭網路市場上的表現不容忽視 [23]。

由於 HomePNA 網路連接到家庭開道器後，家庭開道器又會對外連接到各種的寬頻傳輸網路，因此和內外網路之間可能會產生串音 (cross talk) 問題，如 VDSL 網路和 HomePNA 的搭配。VDSL 網路的上下行頻帶是 138KHz 到 8MHz (或是 12MHz) 之間，這和 HomePlug 1.0 標準選用的工作頻帶 4.3~20.9MHz 有重疊的部份，造成兩網路之間干擾問題，這是一個值得注意和解決的問題。VDSL alliance 曾經提出頻帶分配的提議，建議 VDSL 在 10MHz 以下頻帶使用，HomePNA 則是在 10MHz 之上頻帶使用，但在 HomePlug 制訂完成後，似乎顯示這提議並沒有被接受。

### ● 無線傳輸技術

在成本角度來看，無線家庭網路技術雖是 3 類技術中最高的，但由於具備隨處連線

的能力，不受空間、位置的限制，使得無線技術的發展前景也最為驚人。Cahners In-Stat 預測，無線家庭網路市場將會從 98 年的 730 萬美元，成長至 2003 年的 4.52 億美元，屆時無線家庭網路的節點數目也將達到 486 萬個。總計 98 年~2003 年間，美國無線家庭網路市場值與銷售量的複合年成長率，分別為 134% 及 174%。

Bluetooth 是兩者中較被業界所看好的技術。雖然有許不同領域的廠商加入壯大了 Bluetooth 的聲勢，但也延緩 Bluetooth 規格制訂時程，因此發展上遇到了一個大瓶頸。而且有些廠商似乎把 Bluetooth 的應用過於複雜化，發展方向似乎有點偏離其基本目標，也就是「低於五塊美金的 solution」，因此 Bluetooth 的發展必須要和 WLAN 有所區別。

### ● ISM 頻帶上的寬頻慢跳頻技術

頻寬不足是現階段無線家庭網路面臨的最大課題，目前 HomeRF 與 Bluetooth 兩個主要標準的成熟版本的頻寬最高僅達 1 (或 2) Mbps，若要應用在影音多媒體服務上還略嫌不足。

在 1999 年 11 月 HomeRF WG 對提出將 2.4GHz ISM 使用頻寬放大的建議，FCC 站在鼓勵科技發展的立場，經過頻估後接受此項建議，制訂出新的規範 [24]。在原先規範中，在 ISM 頻帶運作的系統所能使用的頻寬僅有 1MHz，而且每秒必須跳頻 75 次以上。而在新規範中，FCC 將頻寬使用放寬至 5MHz。FCC 目的是希望寬頻跳頻技術，可以提升室內無線通訊系統的傳輸速率，以便結合高速接取網路 (如：xDSL 和 Cable Modem)，以提供未來寬頻應用。FCC 的新規範應該可作為我國在管理 ISM 頻帶時參考，以促進台灣寬頻接取網路之發展。

## 7.7 參考文獻

- [1] HomePNA: <http://www.homepna.org>
- [2] "The home phoneline networking alliance: simple, high-speed Ethernet technology for the home," HomePNA 1.0 whitepaper, <http://www.homepna.org/docs/wp1.html>
- [3] Tut Systems Incorporation <http://www.tutsys.com/>
- [4] E. H. Frank and J. Holloway, "Connecting Your Home Using the 2.0 spec," <http://www.homepna.org/docs/paper500.pdf>
- [5] Broadcom Corporation <http://www.broadcom.com/>
- [6] "HomePNA 接取技術報導," 世界網路 <http://www.linkwan.com/big5/broadtech/article/homepna.htm>
- [7] HomePlug: FAQ <http://www.homeplug.org/faq/>

- [8] HomePlug: <http://www.homeplug.org/>
- [9] Intellon Corporation <http://www.intellon.com/company/>
- [10] Intellon Corp., "PowerPacket: High Speed Home Powerline Networking Technology"  
<http://www.intellon.com/products/powerpacket/>
- [11] 那福忠, "現成的通訊網:「電」線,"  
07/02/2001 <http://27681234.com/frankna/20010702.asp>
- [12] K. J. Negus, A. P. Stephens and J. Lansford, "HomeRF: Wireless Networking for Connected Home," IEEE Personal Communications, vol.7, pp.20-27, 02/2000.
- [13] J. C. Haartsen, "The Bluetooth Radio System," IEEE Personal Communication, 02/2000.
- [14] M. Albrecht, M. Frank, P. Martini, M. Schetelig, A. Vilavaara and A. Wenzel, "IP Services over Bluetooth: Leading the Way to a New Mobility" Proc. of the 24th Annual Conference on Local Computer Networks, LCN'99, Lowell, MA, 10/1999  
<http://web.informatik.uni-bonn.de/IV/Mitarbeiter/sukram/papers/lcn1999.html>
- [15] HomePlug, "Homeplug field tests prove market readiness of powerline networking specification," <http://www.homeplug.org/news/pressmar070501.html>
- [16] 韓名揚, "評析 日本將電力線納入寬頻網路," 01/03/2001  
<http://www.promoney.com.tw/c/proconcept/myhan/news9001/news890103.htm>
- [17] HomeRF Forum: <http://www.homerf.org>
- [18] Bluetooth Forum: <http://www.bluetooth.com>
- [19] IEEE 802.15 Working Group for WPANs, <http://grouper.ieee.org/groups/802/15/index.html>
- [20] Thomas M. Slep, and etc. "Paving the Way for Personal Area Network Standards: An Overview of IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Network," IEEE personal Communications, vol.7, pp. 37-43, 02/2000.
- [21] IrDA (Infrared Data Association), <http://www.irda.org/>
- [22] Cahners In-Stat Group <http://www.instat.com/>
- [23] 經濟部工業發展推動小組 <http://it.moeaidb.gov.tw/committee/index-1.html>
- [24] FCC ET Docket No. 99-231, Aug., 31, 2000.



## 第八章

# 無線區域網路 Wireless LAN



### 8.1 簡介

無線區域網路最早期的概念是將有線區域網路技術延伸到無線領域，希望利用 Ethernet 技術來統一區域網路，以形成單一 end-to-end Ethernet 網路架構，因此就有 IEEE 802.11 wireless LAN (WLAN) 的誕生。早期 WLAN 也被稱做是無線乙太網路 (wireless Ethernet)。無線行動通訊的市場是一直都存在著，但是卡在 WLAN 技術不統一和價格因素，所以 WLAN 的發展一直不如預期。但是，隨著筆記型電腦和 PDA 的普及，以及 WLAN 網路卡的價格已經低於 99 塊美金，WLAN 近期發展頗受矚目。根據 Gartner Group 2001 年 4 月報告顯示，1999 年 WLAN 銷售額是 6 億 2400 萬美金，2002 年可達 30 億美金，成長幾乎達 5 倍。

WLAN 原本設計只是針對室內環境，但最新的發展是朝著室外應用，以及更高傳輸速率目標前進。目前已經有多家業著推出以 WLAN 為基礎，並且結合行動管理伺服器的 IP 接取網路架構。在高速 WLAN 標準制訂方面，IEEE 推出了 IEEE 802.11a 以及 802.11g。此外，ETSI 也推出歐洲版的 WLAN：HiperLan/2。

一般而言，無線區域網路具有以下四種特性：

- 移動性 (mobility)：只要在無線網路電波所涵蓋的範圍內，使用者可以隨時隨地接取資料。
- 低佈線成本：除了骨幹之外，無線網路幾乎不用佈線，可減少佈線成本，因此網路的維護成本也較低。
- 彈性的網路組態設定：使用端和網路伺服器間的組態設定可因應需求的變動隨時改變，如醫院、展覽會場、倉儲物流業等。
- 快速、簡單的安裝：由於不須佈線，無線區域網路只要使用者端安裝上無線網路卡，即可完成網路安裝，省卻網路規劃、鋪設的時間。相對於傳統有線區域網路在構建時必須考慮網路規劃、佈線成本、無法移動等繁瑣的因素，更可以迅速架起區域網路，也易於維護。

## 8.2 WLAN 接取技術及網路架構

### 8.2.1 802.11x

IEEE 802.11 [1] 系列共有兩種網路架構，一種稱為無基礎架構之無線區域網路 (Ad Hoc WLAN)，如圖8.1所示。終端機 (station) 與終端機之間，藉由無線傳輸媒介 (wireless medium) 來收送資訊，為一種點對點 (peer to peer) 通訊。此終端機的功率涵蓋區域便形成無線區域網路的基本服務區 (Basic Service Set: BSS)。每一個基本服務區，都具有唯一的識別碼 (BSS ID)，也就是說每個終端機只能在自己的基本服務區來收送訊息，而無法進入其他 BSS 網路 [2]。其架構雖然簡單，但是這是屬於封閉式的架構，不適合應用在接取網路上。

另一種稱為有基礎架構之無線區域網路 (infrastructure WLAN) 架構比無基礎架構之無線區域網路多了兩個元件，一為接取點 (Access Point: AP)，另一為分散連接系統 (Distribution System: DS) [2]，如圖8.2所示。接取點發射功率所及的區域便形成了一個基本服務區，且擁有唯一的識別碼以茲區別。接取點可以透過無線傳輸媒介取得終端機的資訊，並將其資訊送到分散連接系統。且接取點亦可以從分散連接系統中取得資訊，再將資訊透過無線傳輸媒介傳送到終端機。所以終端機接取資訊的範圍不再是只限於自己所在的基本服務區內，而是藉由接取點和分散連接系統把接取資訊的範圍延伸開來。多台接取點經分散連接系統相連接後，在一基本服務區內的終端機便可與其它基本服務區

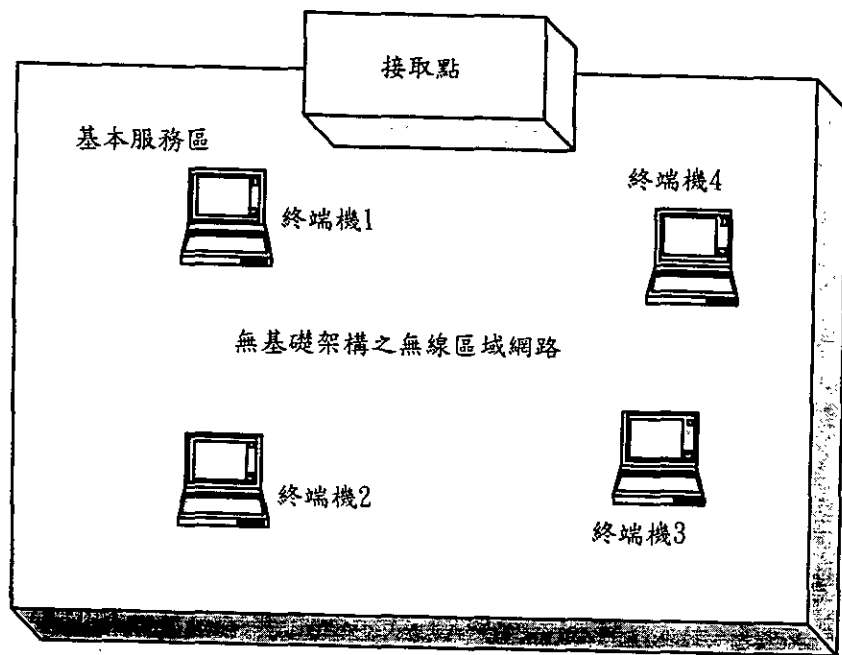


圖 8.1 Ad Hoc WLAN 架構圖

內的終端機交換訊息，所以這些基本服務區便形成了一個較大的服務區，稱為**延展服務區 (Extended Service Set: ESS)**。骨幹網路的架構可透過**埠接器 (portal)** 的連結將分散連接系統與目前現有的有線區域網路 (如乙太網路) 作連結，再透過**閘道器 (gateway)** 與廣域網路 (WAN) 連接，因為有了此種架構與功能，使得無線區域網路能作最大的延展與應用。

媒介接入控制層 (MAC) 主要提供了二種不同功能的接入方法：分散協調式功能 (Distributed Coordination Function: DCF) 和集中協調式功能 (Point Coordination Function: PCF) [3]。分散協調式功能是以 CSMA/CA 技術來提供終端機收發非同步資料。集中協調式功能則是用輪詢 (polling) 方法提供終端機送收具有時限性的資料。

802.11 推展至今共有兩種比較新的標準，一為 802.11b，亦稱作 Wi-Fi；另一為 802.11a。還有一個正在進行中的標準 802.11g。以下介紹各種標準的調變技術、傳輸速率及頻帶。

- 802.11b：所使用的調變方法是直接序列展頻 (Direct Sequence Spread Spectrum: DSSS) 的技術，工作頻帶為 2.4GHz 頻帶也就是所謂的 ISM 頻帶，傳輸速度為 11Mbps。
- 802.11a：802.11a 為更高速的新標準，調變方法為 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 技術，工作頻帶為 5GHz 附近 UNII (Unlicensed National

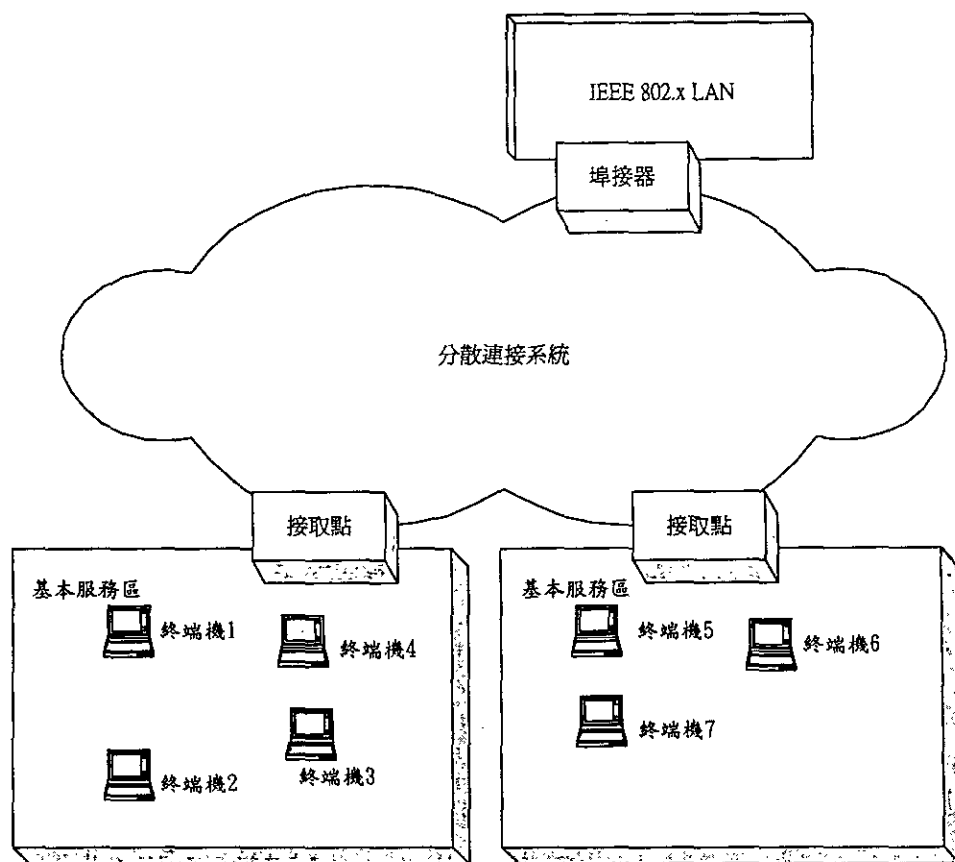


圖 8.2 Infrastructure WLAN 架構圖

Information Infrastructure) 頻帶，傳輸速度可達 54Mbps。

- 802.11g：802.11g 為 802.11b 標準的延伸，還沒真正的定案。其藉由改變調變或編碼的方式來達成更高的傳輸速度。802.11g<sub>OFDM</sub> 是最快可達 24Mbps。802.11g<sub>PBCC</sub> 是用 PBCC (Packet Binary Convolution Code) 編碼技術使傳輸速度達 22Mbps，其調變方式還是使用直接序列展頻技術。802.11g 也是運作在 2.4GHz。

### 8.2.2 HiperLan/2

HiperLan/2 [4] 是歐洲所提的 WLAN 標準，傳輸速率為 54Mbps。網路架構如圖8.3所示，每一個基本服務區皆由一個存取點來控制，終端機可以切換到不同的基本服務區。HiperLan/2 的基本服務區本身可以當成一個存取網路，所以與基本服務區相連接的固定式網路可以有很多種選擇，如 Ethernet、ATM 等。

HiperLan/2 是連線導向 (connection-oriented) 的。存取點與終端機之間若有資料要傳送，必須先傳送控制訊號來建立連線。連線的方式有兩種，一為點對點的方式，另一種為點對多點 (point-to-multipoint) 的方式。點對點連線為雙向 (bidirectional) 的；而點對

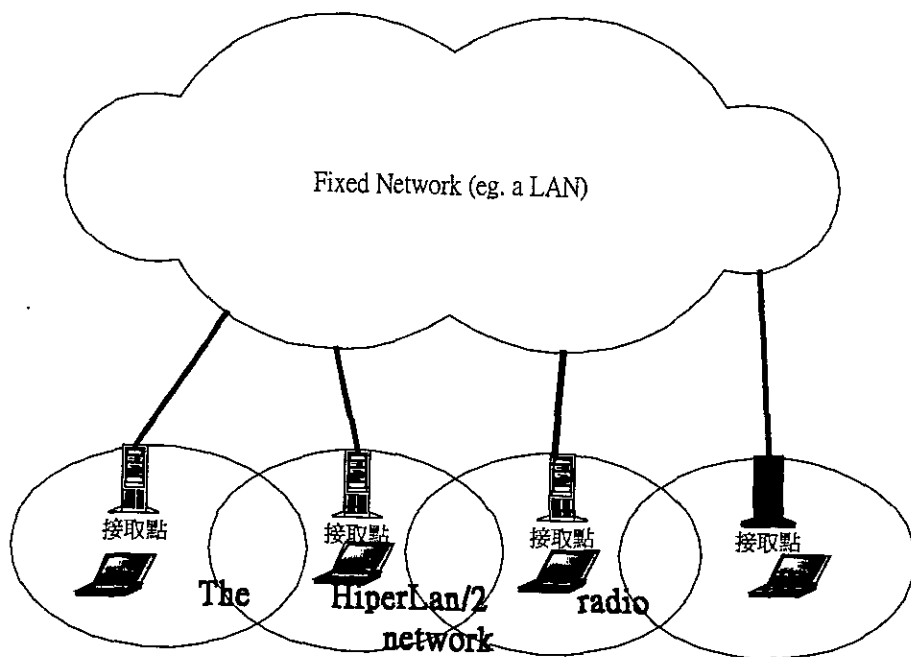


圖 8.3 HiperLan/2 網路架構圖

多點連線是單向 (unidirectional) 的，為從存取點到終端機的方向。

媒介存取控制層所採用的技術為 TDMA/TDD，是一種中央控制資源分配的技術。時槽式的架構是將同一個時間框碼 (time frame) 分成多個上傳跟下傳的時槽 (time slot)，在同一個時間框碼內時槽都可作為上載及下傳之用，而上載跟下傳配置是根據所需要的資源來做動態的改變，這樣的方式可以提供需求的服務品質 (QoS)。

在實體層所用的調變方法為 OFDM，工作頻帶為 5GHz 頻段。傳輸速度為 54Mbps。在移動性方面，HiperLan/2 提供使用者在同一個區域網路內由其中一個基本服務區移動到其他的基本服務區。

### 8.3 IP-based WLAN 技術發展趨勢及架構演進

由 WLAN 延伸的 IP 存取網路有兩大陣營，一是數據通訊廠商，另一個則是傳統電信通訊廠商。數據通訊廠商的存取架構是以路由器 (或閘道器) 為骨幹的 router-based solution，使用者則是透過 WLAN 卡上網，以類似撥接方式連接到路由器 (或閘道器)，接著利用路由器連接到 IP core network 中，如：Cisco 的 CIMO (Cisco Internet Mobile Office) [5]；而電信通訊廠商則是利用現有的蜂巢式行動電話網路的 MSC 當成認證伺服器的 cellular network-based solution，WLAN 則是無線端傳輸界面，如：Nokia 的 OWLAN



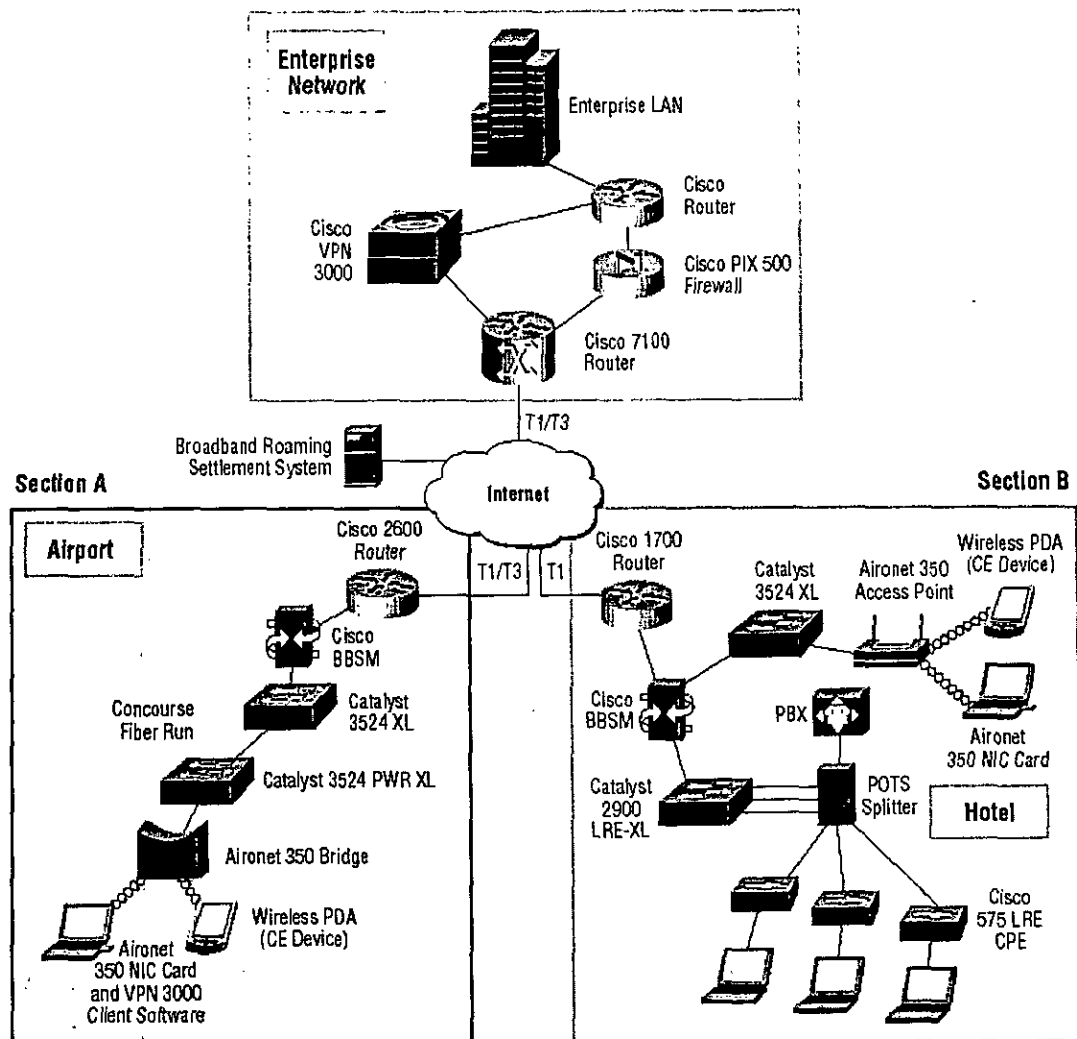


圖 8.4 CIMO 網路架構圖

(Operator Wireless LAN) [6]。這兩種架構最大差別在接取認證和行動管理方式的不同。以下將分別利用 Cisco 和 Nokia 的方案來對這兩種 WLAN 架構做更詳細的描述：

### 8.3.1 Router-based Solution: CIMO

圖8.4是 Cisco CIMO [5] 的網路架構圖，主要應用地點是室內外多人聚集的場所，如：旅館、機場、企業總部等，主要的網路裝置有：裝有 WLAN 網路卡的個人終端設備（如圖中的 PDA、notebook 等）、接取點 (AP)、路由器、BBSS (Broadband Service System)、BRSS (Broadband Roaming Settlement System)。當使用者利用 WLAN 上線時，系統會先建立終端設備和路由器間的 VPN (Virtual Private Network) 連線藉以提高連線安全性，而 VPN 的認證和加密則是透過 BBSS 完成。在此，BBSS 扮演服務開道器的角色，可支援 TACACS+ (Terminal Access Controller Access Control System Plus) 和 RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service) 協定，負責提供 AAA (Authentication, Authorization and

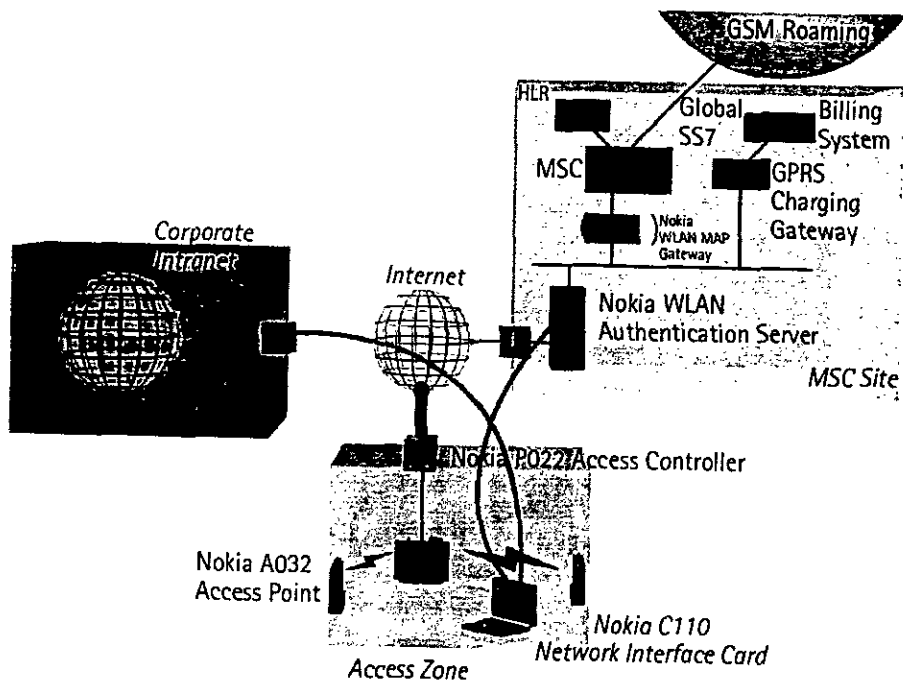


圖 8.5 OWLAN 網路架構圖

Accounting) 功能。為了解決行動管理 (mobility management) 問題, BBSS 採用 DHCP 協定, 以動態方式分配每個上線 WLAN 終端設備的 IP 位址, 所以不需使用固定式 IP 位址設定。BRSS 則是負責管理跨網域的管理問題 (如: 漫遊拆帳)。CIMO 是一整的寬頻接取服務架構, 除了支援無線傳輸外, 也支援 xDSL 技術, LRE (Long Range Ethernet) 傳輸技術, 以提供有線傳輸功能。

### 8.3.2 Cellular Network-based Solution: OWLAN

圖8.5是 Nokia OWLAN [6] 的接取網路架構圖。圖中 Access Zone 是由用戶端網路卡和網路端的 Access Controller 所組成, 其中 Access Controller 就是 WLAN 中的接取點 (AP)。網路管理部份則是利用蜂巢式行動電話網路的 MSC, 所以在此架構中每個 WLAN 網路卡都會搭配一個 GSM 的 SIM 卡, 如圖中網路卡會先送出 SIM 認證資料, 透過傳輸路徑將資料送到 WLAN 認證伺服器 (WLAN authentication server) 以進行身分辨認, 而認證資料則是儲存在 MSC 的 HLR (Home Location Register) 或 VLR (Visitor Location Register) 內。等待認證程序完成後, 網路卡就可利用 OWLAN 網路和外界相通。同樣的, OWLAN 的行動管理問題也是透過 MSC 機制來完成。

### 8.3.3 未來架構: BRAIN

在 Nokia OWLAN 架構中已經可以看出將 WLAN 和蜂巢式行動電話網路結合的端

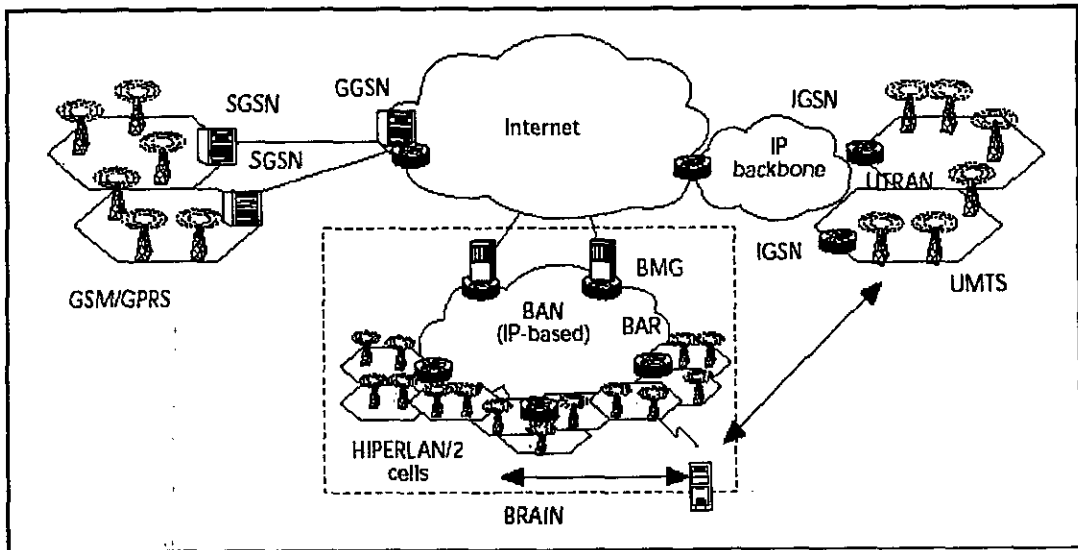


圖 8.6 BRAIN 網路架構圖

倪，未來行動通訊系統目標是希望能提供高速、高容量服務，因此在無線接取界面上勢必會採用多模機制，並且使用共同的核心網路 (core network) 以簡化網管負擔，因此將 WLAN 和 3G WCDMA 行動通訊系統結合也成為了熱烈討論的議題。例如：在較高速移動時，手機可以切換到 WCDMA 模式，而在較低速移動時，則可切換到 WLAN 模式。BRAIN (Broadband Radio Access for IP-based Network) [7] 就是此一概念下的產物。

BRAIN [8] 是由 ETSI [9] 提出，以 HiperLan/2 網路為基礎，可結合 GSM/GPRS、3G UTRAN 界面，形成一提供 all-IP 服務的系統架構。在圖 8.6 中，HiperLan/2 所形成的最小網路單位稱為一個 cell，每個 cell 由一個 BAR (Broadband Access Router) 所管理，而 BAR 結合了接取點以及路由器的功能。多個 HiperLan/2 cell 就形成一個 BAN (Broadband Access Network)，這是一個 IP-Based 接取網路，並透過 BMG (Broadband Management Gateway) 來負責管理 WLAN 網路和 Internet 的連接，並且連接到 3G 系統的核心網路，以完成必要的認證、加密、行動管理以及記帳等網管事項。

## 8.4 WLAN 相關標準

### 8.4.1 802.11 系列

IEEE 802.11 的標準早在 1997 年就由 IEEE 802.11 working group [1] 制定完成，可採用跳頻跟直接序列展頻兩種調變技術，但也因為有兩種選擇技術的關係，使得 802.11 產品之間產生不相容的問題。於是在 1999 年制訂了 802.11b 的標準，並且有一個機構 WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) [10] 提供 Wi-Fi (802.11b) 產品相容性的認證。

WECA 成立於 1999 年，其主要的目標是認證不同公司的 802.11b 產品間的相容性，並且促使 802.11b 變成一個全球性的 WLAN 標準。目前通過 WECA 認證的公司包括 3Com、Acer、Cisco、Nokia 等大廠已超過 50 家。

802.11g 是 802.11b 的延伸，其目標為必須與 802.11b 相容且能提供較高的傳輸速率。目前有兩種標準，為 802.11g<sub>OFDM</sub> 跟 802.11g<sub>DSSS/PBCC</sub>。802.11g<sub>DSSS/PBCC</sub> 尚未通過美國 FCC 的認可，目前標準還沒有定案，WECA 亦積極參與 802.11g 標準的制訂，希望能夠在 2.4GHz 的頻段上提供更高速的服務。

802.11a 的標準亦於 1999 年由 802.11 working group [1] 訂定，WECA 亦考慮將其納入相容性認證的服務。預計到 2002 年末至 2003 中產品才會上市。

## 8.4.2 HiperLan/2

HiperLan/2 Global Forum [4] 於 1999 年 9 月創立，創始會員包括 Tenovis (Bosch)、Dell、Ericsson、Nokia、Telia、Texas Instruments，目標為促使 HiperLan/2 被採用且加速市場發展。成立至今會員已超過 45 家。HiperLan/2 標準在 2000 年 2 月被 ETSI BRAN [11] 所認可，並且在同年 5 月發表。產品將會在 2001 年年底至 2002 年年初問世。

HiperLan/2 Global Forum 共設有四個 working group (WG)，以下概略描述各別工作項目：

- Interoperability WG：負責使用者在不同使用情形下，如公司網路、家庭網路與公眾網路，的相容性問題。
- Application WG：負責應用的問題。
- Regulatory WG：負責頻帶及與 802.11 相容問題。
- Marketing WG：負責市場分析，掌握市場動向。

## 8.5 比較分析及討論

### 8.5.1 WLAN 技術比較

WLAN 發展至今已有多種標準存在，如 IEEE 的 802.11 系列及 ETSI 的 HiperLan/2。標準之間的差異也是大家所關心的，表 8.1 為各種標準的比較。以下再針對 802.11x 系列的比較及 802.11a 與 HiperLan/2 的差異作詳細敘述。

表 8.1 各種 WLAN 比較表

標準	Wi-Fi (802.11b)	802.11g <sub>OFDM</sub>	802.11g <sub>PBCC</sub>	802.11a	HiperLAN/2
調變與編碼	DSSS/CCK	OFDM	DSSS/PBCC	OFDM	OFDM
可用頻寬	83.5MHz	83.5MHz	83.5MHz	300MHz	300MHz
傳輸速度	11 Mbps	24Mbps	22Mbps	54Mbps	54Mbps
頻帶使用執照需求	Yes	Yes	Yes	No	No
頻帶	2.4GHz-2.4835GHz	2.4GHz-2.4835GHz	2.4GHz-2.4835GHz	5.15GHz-5.35GHz 5.725GHz-5.825GHz	5.47GHz-5.725GHz
媒介存取控制	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	TDMA/TDD
固接網路支援	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet, IP, ATM, PPP, UMTS
連接方式	Conn.-less	Conn.-less	Conn.-less	Conn.-less	Conn.-oriented

### 8.5.1.1 802.11x 系列

圖8.7說明了802.11a及802.11b涵蓋區域的比較 [12]。這是假設兩者在傳送能量及吞吐量 (throughput) 保持一樣的前提下所得到的結果。802.11b在半徑為100公尺的圓形涵蓋範圍內皆可保證傳輸速率為11Mbps。但是因為802.11a所使用的頻帶較高，衰減較大，在半徑為50公尺的涵蓋範圍內只能保證傳輸速率為9Mbps；若要達到36至54Mbps，則涵蓋範圍則縮小成半徑為10至15公尺。若就涵蓋區域而言，一個802.11b AP所能涵蓋的範圍，需要大約四個802.11a AP才能包含，如圖8.7(c)所示。雖然802.11b的傳輸速率比較慢，只有11Mbps，但是其功率所能涵蓋的區域比較大，其所針對的使用族群是需要比較大涵蓋區域但速率的要求並不需要很大的用戶，如一般的辦公室。802.11a功率所能涵蓋的範圍雖小，但是其傳輸速率可達54Mbps，適合於高速率用戶或是使用者密度比較大的環境。

### 8.5.1.2 802.11a 與 HiperLan/2 之比較

802.11a 與 HiperLan/2 的工作的頻帶都是 UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) 頻段，所能達到的速率皆為 54Mbps，但是兩種標準在制訂時的理念卻有蠻大的不同的。802.11x 系列技術原先的訴求是希望達成無線以太網路目標，因此其標準只有定義到實體層跟媒介存取控制層，媒介存取控制層以上就沒有定義。802.11a 的出現是因應未來更高速的寬頻無線通訊需求，但僅是在 PHY 層有所改變。至於要提供未來 IP 服務所需的 QoS 功能則是採納了 IEEE 802.1x 系列協定，如：Priority (802.1p) 或是 VLAN (IEEE 802.1q)。

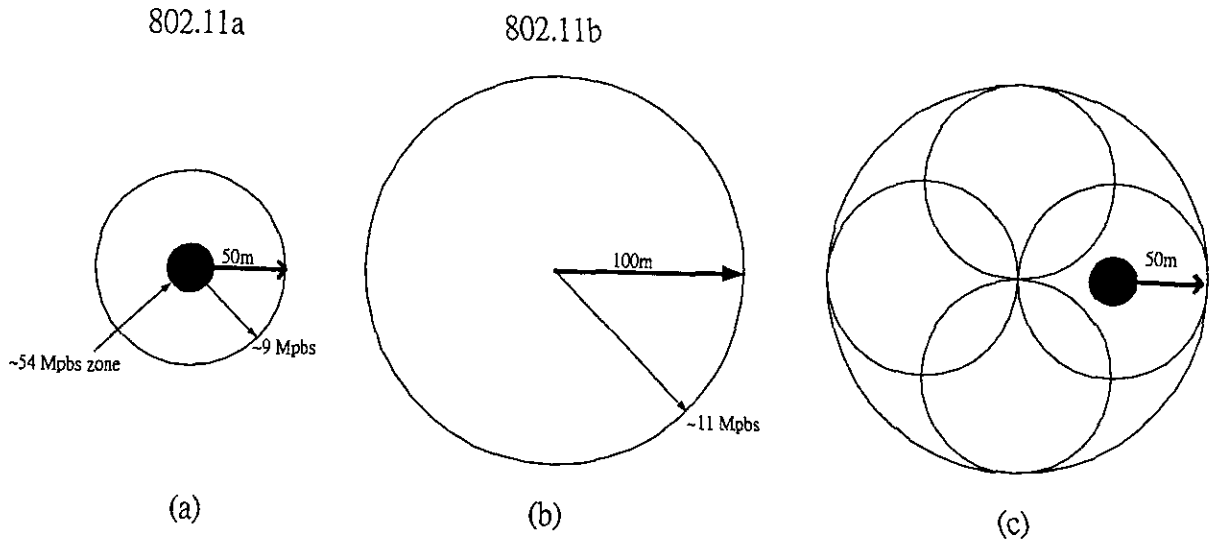


圖 8.7 802.11a 與 802.11b 涵蓋範圍比較

HiperLan/2 所訴求的目標為提供一個高速、提供多媒體服務的無線網路，並且可以與乙太網路、IP、ATM、及 UMTS 等網路連結，所以不僅包括實體層與媒介接取控制層有定義，其資料鏈結控制層 (Data Link Control: DLC) 的功能也比 802.11a 更為完整，詳細的協定堆疊如圖 8.8 [4], [11]。資料鏈結控制層的協定包含了：MAC 協定、錯誤控制協定 (Error Control protocol: EC protocol)、無線電鏈結控制協定 (Radio Link Control protocol: RLC protocol)，而 RLC 中包含了 DLC 連線控制 (DLC Connection Control: DCC)、相關控制功能 (Association Control Function: ACF) 和無線電資源控制 (Radio Resource Control: RRC)。在 RRC 部份，除了和 802.11a 一樣都具有省電機制 (power save) 的功能外，HiperLan/2 還具有遞移 (handover) 和動態頻率選擇 (dynamic frequency selection) 的功能。

以下就媒介接取控制協定及無線電資源控制兩方面比較 802.11a 與 HiperLan/2 的差異。

- 媒介接取控制協定：

802.11a 所提供的傳輸控制是使用 CSMA/CA，具有分散協調式功能和集中協調式功能兩種，在提供以 IP 為基礎的接取網路架構時必須採用集中協調式功能才能提供 QoS。

HiperLan/2 所採用的傳輸控制是以優先順序為基礎 (priority-based) 的動態 TDMA，可以動態的調整每個時間框碼內的時槽定義來達成所需的 QoS。

- 無線電資源控制：

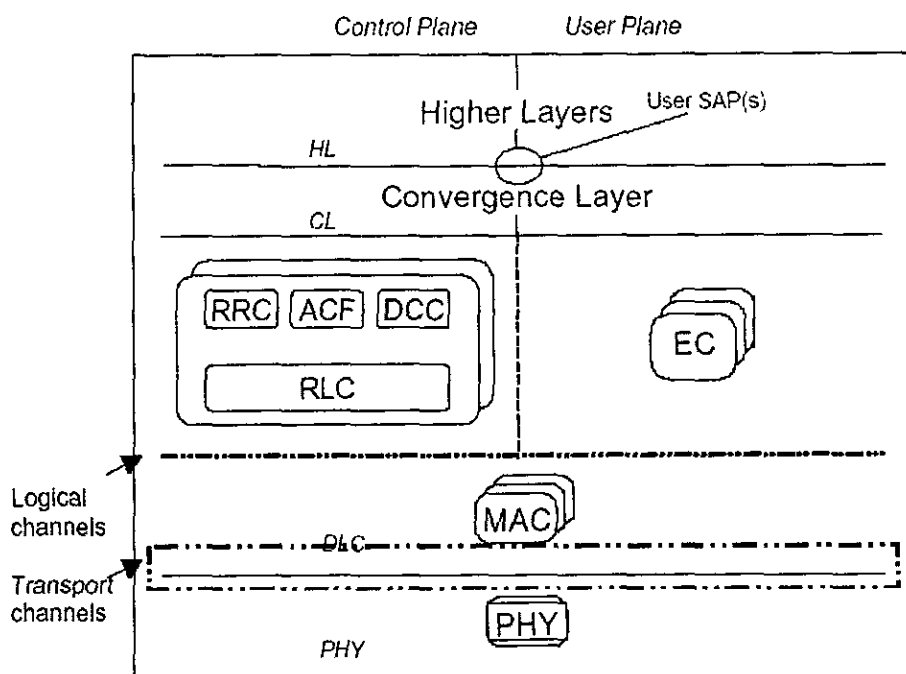


圖 8.8 HiperLan/2 協定堆疊

HiperLan/2 提供遞移及動態頻率選擇兩種功能。

- 遞移：此功能是由終端機初始的。終端機量測鄰近接取點的訊號，並且選擇適當的接取點來通訊。標準並沒有訂定遞移所需的參數，也就是說廠商可以根據訊號強度或是其他的品質量測來執行遞移。標準只定義遞移時所需的信令 (signalling) 而已。
- 動態頻率選擇：HiperLan/2 透過此項功能自動分發頻率給每一個接取點來做通訊用。此功能允許許多操作者分享可用的頻帶並且可以避免使用被干擾的頻率。接取點頻率的選擇是根據接取點自己本身跟其相關的終端機所量測到的訊號強弱來做決定的。並且由於環境及網路形狀動態的改變，接取點可以透過無線電資源控制告知終端機將要改變傳送頻率。

這兩種功能可以讓終端機在不同的基本服務區內移動，而且能將不同服務區間的相互干擾減到最小。然而 802.11a 的相關功能則還在討論中。

## 8.5.2 WLAN 與 WPAN 之比較

IEEE 802.11 WLAN 和 802.15 WPAN (Bluetooth) [13] 都是可提供端距離無線通訊的技術，都是在 2.4GHz ISM 頻帶運作，而且應用領域有時也是互相重疊的。乍看之下，似乎是相近的技術，但是兩者之間存在著相當多不同點，其中最主要是來自於設計概念的不同：WLAN 設計目標是希望提供無線版本的 Ethernet 傳輸 (wireless Ethernet)；而 WPAN

表 8.2 WLAN 和 WPAN 比較表

項目	WLAN	WPAN
傳輸速率	11/22/54Mbps	1Mbps
傳輸距離	>100m	≤10m
傳輸功率	Max. 30dbm	20dbm
裝置尺寸	PCMCIA	SoC
網路架構	Ad Hoc/ Infrastructure-based	Ad Hoc
服務類型	語音、即時性多媒體	語音、MP3、簡易型多媒體服務

設計目標則是希望提供端距離簡易傳輸功能 (cable replacement)。因此，兩者可以視為是互補的技術，也就是說，較低傳輸需求設備可採用 WPAN，而較高傳輸需求設備則採用 WLAN。例如：在家庭網路應用環境中，WPAN 可用來連接冰箱、微波爐等資訊家電產品 (IA) 和控制器，而 WLAN 則可用來連接桌上型電腦之類設備。在辦公室、SOHO、或是結合寬頻接取網路在公共場所提供寬頻服務的應用環境中，WPAN 可用來連接耳機、印表機或鍵盤等設備，而 WLAN 則是連接 PDA 或是筆記型電腦等設備。WLAN 和 WPAN 詳細比較請見表8.2。

## 8.6 建議及結論

目前商用化的 WLAN 系統以 802.11b 為主流，但是因為使用頻帶是 2.4GHz ISM 頻帶，所以會有系統干擾共存和傳輸資料安全問題。此外，未來 WLAN 的發展是往更高速傳輸目標前進，同時也會選用 5GHz 頻帶，但這頻帶並非全球都可使用。以下將敘述這些問題的最新發展現況及其建議，包括政策性方面的建議：「5GHz 頻帶開放」，及技術性方面的建議：「ISM 頻帶共存問題」、「資料安全問題」。

### ● 5GHz 頻帶開放現況

雖然 802.11a 和 HiperLan/2 都是使用 5GHz 附近頻帶，但是這頻帶並不是全球都有開放使用，表8.3是 5GHz 頻帶的使用現況。在美加地區，5GHz 頻帶是規劃為 UNII 頻帶，其中 5.15GHz~5.25GHz 是供室內系統使用，而 5.25GHz~5.35GHz 是室外系統使用。歐洲地區開放兩部份頻帶供 HiperLan/2 系統使用，其中的 5.15GHz~5.35GHz 是室內使用，而 5.47GHz~5.875GHz 則是戶外使用。日本則是僅開放 5.15GHz~5.25GHz 給高速無線接取系統使用，並且有每 4ms 就要完成一次 carrier sensing 動作的限制。所以在表中可以很明顯的看出，每個國家地區的頻帶開放範圍、使用目的都不一樣，而且傳輸功率限制也不同。根據交通部電信總局的頻譜規劃資料 (見表8.4)，上述 5GHz 頻帶大部分是開放給航



表 8.3 5GHz 頻帶使用表及傳輸功率

5GHz 頻帶	美加地區	歐洲 (ETSI)	法國	西班牙	日本
5.15GHz~5.25GHz	40mW	200mW	200mW	200mW	200mW
5.25GHz~5.35GHz	200mW	200mW	200mW	200mW	Not available
5.47GHz~5.725GHz	Not available	1W	Not available	Not available	Not available
5.725GHz~5.875GHz	1W	Not available	Not available	Not available	Not available

表 8.4 我國 5GHz 頻帶使用表及傳輸功率

頻帶	分配業務
5.15GHz~5.25GHz	航空無線電助航 (主)、 衛星定位 (地球對太空) (主)
5.25GHz~5.35GHz	衛星地球探測 (主動式) (主)、無線電定位 (主)、 太空研究 (主)
5.47GHz~5.65GHz	水上無線電助航 (主)、無線電定位 (次)
5.65GHz~5.725GHz	無線電定位 (主)、業餘 (次)、 太空研究 (深太空) (次)
5.725GHz~5.825GHz	無線電定位 (主)、業餘 (次)

太、衛星、太空和業餘無線電使用。

目前 ITU 計畫在 2003 年 WRC (World Radio-Communication Conference) 討論 5GHz 頻帶的使用問題，預計會規定頻帶範圍、功率限制、調變方式、應用領域等項目。可以預見的，因為許多系統的射頻頻帶都選擇 2.4GHz，造成了 ISM 頻帶干擾過多問題，再加上高速無線接取網路的市場需求，未來 5GHz 會是 WLAN 下一個可行的使用頻帶。面對此一趨勢，我國的頻帶規劃應及早有因應之對策。

● ISM 頻帶共存問題

2.4GHz 頻帶因為不需申請執照就可使用，因此有相當多的系統在此頻帶運作，再加上一些家電設備 (如：微波爐) 會有電波溢出的問題，造成 ISM 頻帶雜訊干擾一直是個棘手問題。雖然，WLAN 和 WPAN 都採用展頻技術來試圖解決這個問題，但隨著無線裝置數目的增加，展頻技術已經無法完全解決這個問題。因此，如何讓 WLAN 和 WPAN 在 ISM 頻帶共存 (coexistence) 成為了一個必須解決的技術問題。目前 IEEE 802 group 已經在討論是否需要增設一個 committee 來解決 802.x 共存的問題。

另外，在 IEEE 802.15 WPAN 特別針對這問題成立了 TG2 來解決這問題。TG2 所提出的方案中包括了兩種架構：coordinated 和 non-coordinated 模式。在 coordinated 模式中

會有一個中介協調的機制，以分時多工方式決定 WLAN 和 WPAN 的傳送順序。在 non-coordinated 模式中則是 WLAN 和 WPAN 可同時傳送，但為了解決干擾問題，WPAN 可採用動態跳頻 (Adaptive Frequency Hopping: AFC)、動態排程 (intelligent scheduling)、功率控制 (power control) 三種方法。

- 動態跳頻：WPAN 測量每個頻帶的傳輸品質或 RSSI (Radio Signal Strength Index) 值，建立頻帶狀態表，動態選使用頻帶和跳頻順序。
- 動態排程：WPAN 根據頻帶狀態表和連線的 QoS 要求，動態選擇適當的封包格式、編碼方式、以及時槽分配。
- 功率控制：WPAN 控制終端裝置傳送功率的大小來決定 WPAN cell 的涵蓋範圍，以避開 WLAN 的服務範圍或減少對 WLAN 的干擾。

#### ● 資料安全問題

現在 802.11 WLAN 的加密協定是採用 WEP (Wireless Encryption Protocol)，也就是 RC4 演算法 [16]，可是這機制的安全性目前面臨一些挑戰。有許多報告都紛紛指出 WEP 其實並不安全，最主要原因是 RC4 加密碼長度只有 40 位元，而且是靜態、不改變的密碼。目前有許多新的安全管理方法提出，包括：WEP2、ESN (Enhanced Security Network)、和 LEAP (Lightweight Extensible Authentication Protocol)。

- WEP2：這是 IEEE 和 WECA 所共推的一種加密協定，基本上和 WEP 相同，但是將 RC4 演算法的 IV (Initialization Vector) 和加密碼改為 128 位元，可以和現有 WLAN 設備互通。
- ESN：這是由 IEEE Task Group E 所提出的另一個安全協定，主要功能包括了認證以及加密碼管理功能，使用範圍不限於 WLAN。目前加密方式是採用 AES (Advanced Encryption Standard)，未來也可採用 WEP 和 WEP2。另外，密碼交換方式則是採用 Kerberos [17]。
- LEAP：這是由 Cisco 所題提出的認證協定。當使用者連接上線時，LEAP 會動態的給定新的 WEP 密碼。未來 LEAP 可能會和 ESN 互通。

當 WLAN 應用到戶外時，資料安全問題除了出現在終端設備到接取點間的無線傳輸部份外，也會出現在有線傳輸部份，因此目前採用的方式是在收發兩端建立 VPN 穿遂通道 (VPN tunneling) 以加強保護資料的安全性。

網路安全和使用者的隱私權方面，一項是管理上兩難的問題。如果是業者採自律方式

來維持網路秩序，網路事業會在自由競爭環境下蓬勃發展，但業者所提供的安全等級是否恰當又深深的影響到使用者的權益。如果安全等級高，當然可以提供使用者高度的資料本密性，但這是否卻又會造成電信監理機關在管理上的困擾？因此，電信監理機關可結合各界力量對於網路安全和犯罪等相關問題，事先加以探討和防範，如此網路事業才能真正的提升我國經濟競爭力，造福全體民眾。

## 8.7 參考文獻

- [1] IEEE 802.11 Working Group, <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/index.html>
- [2] NII 推廣資訊網站, <http://content.edu.tw/~nii/>
- [3] 黃能富, "區域網路與高速網路", 維科出版社, pp.13.1-13.78, 06/1998
- [4] HiperLan/2 Global Forum, <http://www.hiperlan2.com/>
- [5] Cisco System, "Delivering Broadband Networking to Mobile professionals", 2001  
[http://www.cisco.com/offer/tdm\\_home/pdfs/mobility/CIMO.pdf](http://www.cisco.com/offer/tdm_home/pdfs/mobility/CIMO.pdf)
- [6] Nokia Operator Wireless LAN, "The Nokia Vision of Global Roaming with High Speed Laptop Connectivity," 08/2000  
<http://cnscenter.future.co.kr/resource/rsc-center/vendor-wp/nokia/OWLAN.pdf>
- [7] T. Robles, A. Kadelka, H. Velayos, A. Lappetelainen, A. Kassler, H. Li; D. Mandato, J. Ojala and B. Wegmann, "QoS support for an all IP system beyond 3G," IEEE Commun. Mag., vol. 39, pp. 64-72, 08/2001.
- [8] "BRAIN: Broadband Radio Access for IP based Networks IST-1999-10050",  
<http://www.ist-brain.org/>
- [9] ETSI (European Telecommunications Standards Institute), <http://www.etsi.org>
- [10] WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), <http://www.wi-fi.org>
- [11] ETSI BRAN, <http://www.etsi.org/bran/>
- [12] Mobilian Corp., "2.4Ghz and 5Ghz WLAN: Competing or Complementary?"  
[http://www.mobilian.com/documents/2.4GHz\\_and\\_5GHz\\_WLAN.pdf](http://www.mobilian.com/documents/2.4GHz_and_5GHz_WLAN.pdf)
- [13] IEEE 802.15 Working Group for WPANs,  
<http://grouper.ieee.org/groups/802/15/index.html>
- [14] UNH IOL Consortiums and Testing Services, <http://www.iol.unh.edu/consortiums/>
- [15] 工研院, "無線通訊技術發展第二期五年計畫摘要,"  
<http://www.itri.org.tw/chi/research/ongoing/all-ccl-2.html>
- [16] "What is RC4?", <http://www.rsa.com/rsalabs/faq/3-6-3.html>
- [17] "Kerberos: The Network Authentication Protocol," <http://web.mit.edu/kerberos/www/>
- [18] "Cisco Internet Mobile Office: The Power to Create an Instant Internet",  
<http://www.juicemedia.com.au/cisco/cimo/edm.htm>

## 第九章

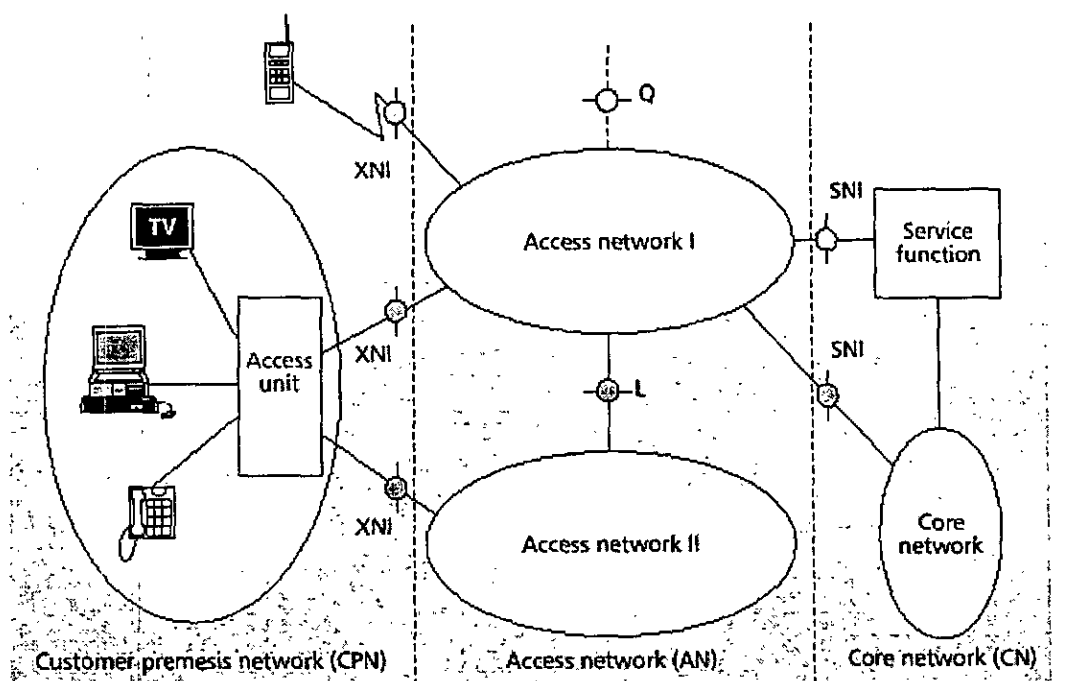
# IP-based 接取網路 SNI 與 UNI 之 界面標準

### 9.1 SNI 與 UNI 之界面國際標準現況

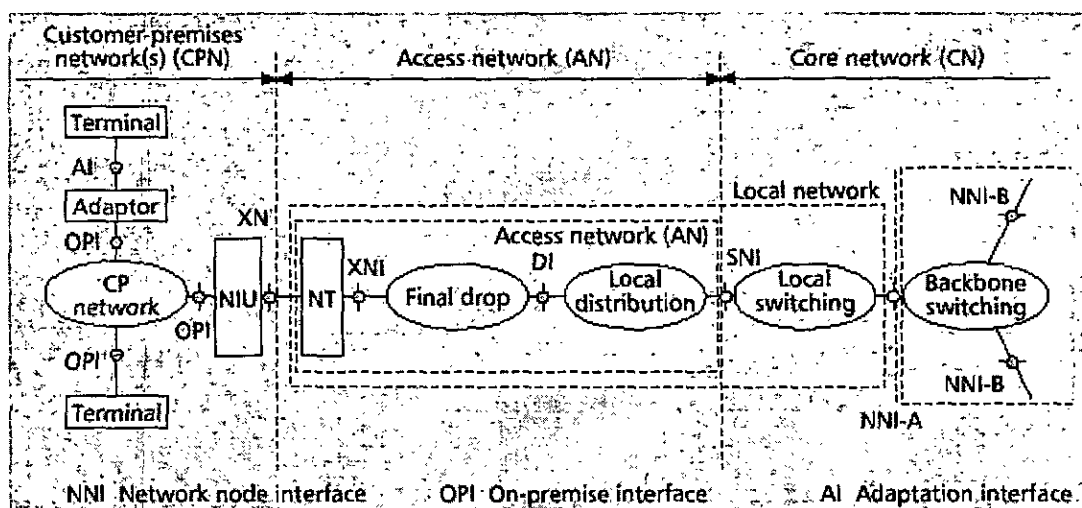
#### 9.1.1 SNI 與 UNI 國際標準

接取網路 (Access Network: AN) 的定義在本研究報告中一開始即加以說明，本章闡述有關 IP-based 接取網路 UNI 界面與 SNI 界面的標準化情形。

在 ITU-T [1] Y.100 [2] 及 ITU-T G.902 [3] 中說明了 IP-based 接取網路應有的網路架構，如圖9.1中所示 (圖9.1(a)為邏輯上的示意圖，圖9.1(b)則為實體型式的表示 [4])。圖9.1中說明接取網路是定義在 SNI 界面與 XNI 界面之間，提供各式電信服務的基本傳送能力; SNI 為 Service Node Interface 的縮寫，為接取網路連接 Service Node (SN) 的界面，一般來說 Service Node 可以是局端交換機、ATM 交換機、ISP 業者、或高速路由器 (如 GSR/LSR) 等，端視所提供之服務而定。SNI 則可以是各種媒介型式與各種速率的連結界面，如 T1 (GR-303) /E1 (V5) 速率的電界面，STM-N 的光界面及 IP 界面等。



(a)



(b)

圖 9.1 (a) IP-based 接取網路邏輯示意圖 (b) IP-based 接取網路實體示意圖

XNI 界面則是使用者範疇與網路提供者範疇的一個責任界接界面，XNI 於此處包括了傳統定義的 UNI (User Network Interface)，主要是看 NT 網路終端設備是由使用者自備或由網路業者提供。而在接取網路中，DI 界面定義為不同的傳輸媒介網路之間的界面；整個網路及設備的管理為運則透過 Q 界面與網管中心連繫，相關的網管功能與要求則定義在 ITU-T M.3010 [5]。CPN 則為用戶內部網路，在第七章之 Home Networking 已有詳盡敘述，本章不另說明。SNI 界面與 UNI 界面因提供的服務不同，相對的有不同的標準規範，整理於表 9.1 [7, Table 1]。

表 9.1 SNI、UNI 的標準規範

服務型態	UNI 標準	SNI 標準
Defined in ITU-T G.982 <sup>[8]</sup>	ITU-T G.902	ITU-T G.902 <sup>[9]</sup>
- Digital broadband video system	ITU-T G.983	ITU-T G.967.1 <sup>[11]</sup>
- Multimedia services	ITU-T I.432 <sup>[10]</sup>	ITU-T G.967.2 <sup>[12]</sup>
- VP leased line	IEEE 802.3 <sup>[13]</sup>	
- ATM SVC	ATM Forum <sup>[36]</sup>	

### 9.1.2 SNI、UNI 與 DI 界面型式

SNI 界面為接取網路設備與交換機等服務提供節點界接，此界面型式由傳統的電界面，逐漸朝光界面發展，乃至目前的 IP 界面。依網路架構的不同，主要有以下型式與速率：

- 電界面：T1(GR-303)/E1(V5)、34Mb/s(E3)、45Mb/s(T3)、140 Mb/s (ITU-T G.703 [14]、G.704 [15])
- 光界面：STM-1 155 Mb/s、STM-4 622 Mb/s、STM-16 2.5Gb/s (ITU-T G.7.7、G.957 [16]、I.361 [17])
- IP 界面：
  - xDSL：下行 8 Mb/s，上行 800 kb/s (ITU-T G.992.1 [18])，ATM STM-1 155 Mb/s (ATM Forum)
  - Ethernet：10/100 Base T、1000 Base TX (IEEE 802.3)

而在 XNI 界面，配合不同的網路架構，可有以下型式與速率界面：

- 電界面：T1/E1，34、45、140 Mb/s (ITU-T G.703、G.704)
- B-ISDN UNI 界面：ATM 26 Mb/s (ITU-T I.432.5)、52 Mb/s (ITU-T I.432.4)、155 Mb/s、622 Mb/s (ITU-T I.432.2)
- PON 架構界面：622/155 Mb/s 下行，155 Mb/s 上行 (ITU-T G.983.1 [6]、G.983.3 [7])。另採用 PON 架構之 SNI 及 UNI 的指定界面如表 9.2 所示。
- IP 界面：xDSL 下行 8 Mb/s，上行 800 kb/s (ITU-T G.992.1)，Ethernet 10/100 Base T (IEEE 802.3)

依據 ITU-T G.983.3 之建議將 SNI 及 UNI 的指定界面整理於表 9.2，由表中可看出 SNI 亦採用 ITU-T G.902 之建議，較希望以 VB5 (Broadband V5) 界面為主，但現今因 IP

表 9.2 採用 PON 架構之 SNI 及 UNI 的指定界面

服務型態	SNI 指定界面	UNI 指定界面
IP router	VB5.1	Ethernet 10BaseT, ATM 25 Mbit/s
ATM VC switch	VB5.1, VB5.2	ATM 25 Mbit/s
VOID	VB5.1, VB5.2	ATM 25 Mbit/s
SDVB	VB5.1	ATM 25 Mbit/s
VP leased line	VB5.1	ATM 155 Mbit/s, ..., 25 Mbit/s
ISDN	V5 (or TR-303), or VB5	I.430, I.431

的快速發展，傳統交換機之 SNI 目前多只有 V5.2 界面，未來則可能形成 Class-5 Switch 或 softswitch 型式之 SS7 界面。UNI 則要求以 ATMF 25Mbit/s 界面，同樣因 Ethernet 的高普及率，10/100 Base T 界面亦逐漸被接受。

### 9.1.3 V5 界面標準概述

V5 是一個介於接取網路端與局端交換機 (Local Exchange: LE) 的標準界面，使用 E1(2,048 Kbps)的連結，能收容各種不同的服務信令如 POTS、ISDN BRA、ISDN PRA 以及半固接式 (semi-permanent) 專線服務等，使得接取網路的架構更有效率、成本更低廉。

在實際推展與運用方面，德國是 V5 界面的主要推動國家，自 1994 年即開始發展 V5 界面技術，並進行測試。另外澳大利亞、新加坡、芬蘭、俄羅斯、英國及瑞典等國家，也已開始使用 V5 界面提供服務或進行 V5 技術研發及營運測試。至於大陸地區，亦早已完成 V5 技術規範制定，同時進行實地測試，從 1998 年 7 月以後，接取網路設備均須具備 V5 界面。

V5 標準為歐洲 ETSI [19], [20], [21] 所提出之標準，提供 V5.1 與 V5.2 兩種界面型式，其中 ETS 300 324-1~9 [22] 定義 V5.1 相關協定規範，ETS 300 347-1~9 則定義 V5.2 相關協定規範。ETSI 之後向 ITU-T 組織提出申請，經 ITU-T 審議後訂定為 G.964 (V5.1) [23] 與 G.965 (V5.2) [24] 等國際標準。

V5.1 界面是由一條 E1 (2048Kbps) 鏈路所構成，透過靜態時槽配置 (static time Slot assignment)，預先指定每個用戶的時槽 (time slot)，最多可提供 30 個載送通道 (30 PSTN users/15 ISDN users)，不具有集縮的能力，並透過 16 號時槽提供信令傳送，功能類似目前的 RDLU (Remote Digital Line Unit) 接取設備。V5.2 界面可包含 1~16 條 E1 鏈路，除了具有 V5.1 所有機能外，並具有集縮能力、保護機制、負載通道連接、鏈路控制等機能，採用動態時槽分配 (dynamic time slot assignment)，用戶在呼叫建立時才被指派

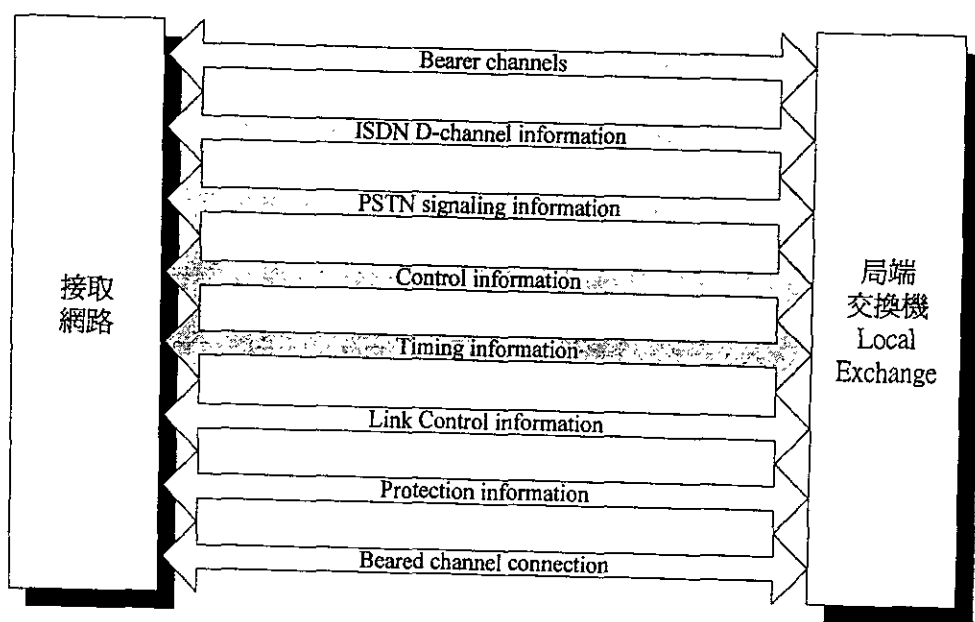


圖 9.2 V5.2 界面功能

時槽，最多約可提供  $30 \times 16 \times 8 \approx 4000$  個 PSTN 用戶，圖9.2所示為 V5.2 界面之功能，各信令功能說明如下。

- 載送通道 (bearer channel)

載送電話服務之 64kbps PCM 資料、ISDN 之 64kbps PCM B 通道用戶資料 (基本/初級接入用戶埠) 以及專線用戶資料，並具有雙向傳輸能力。

- ISDN D-通道資訊

傳送來自基本/初級接入用戶埠通道建立及控制時之 D-通道資訊，具有雙向傳輸能力。

- PSTN 呼叫控制協定 (call control protocol)

載送電話通道建立、釋放及計費時，LE 與 AN 間交換之 PSTN 用戶埠信令資訊，具有雙向傳輸能力。

- 鏈路控制協定 (link control protocol)

在 V5.2 界面，可能多於一個 2048 Kbit/s 鏈路，故對每個單獨的 2048 Kbit/s 鏈路，需要以下的功能和要求：

- 2048 Kbit/s 第一層鏈路狀態和相關的鏈路身份標識
- 管理第一層鏈路的阻塞和協調解除阻塞
- 經由鏈路身份標識 ID 值核對鏈路的一致性



- 在兩側進行上述功能協調時，用於 AN 和 LE 之間通信的鏈路控制協定。

因此鏈路控制協定具有實體層 E1 鏈路與第 2 層鏈路控制之能力，可攜帶鏈路閉鎖 (link block)、鏈路開鎖 (link unblock)、任一路 E1 識別確認 (link ID check) 等相關資料元件。舉例來說，由於一個 V5.2 界面最多可至 16 路 E1，當任一路 E1 鏈路進行 unblock 或 recovery 時，V5 界面的任一端 (LE 或 AN) 皆可透過鏈路控制協定確認另一端任一鏈路之 ID 值。

- 控制協定 (control protocol)

控制協定提供用戶埠控制協定及公共控制協定，詳細說明如下：

- 用戶埠控制 (user port control)

具有雙向傳輸能力，能攜帶每一個用戶埠之狀態資訊與控制參數。用戶埠控制協定允許用戶埠 (user port) 被閉鎖 (block) 或開鎖 (unblock)，在 LE 與 AN 間，能透過此協約調節及提高用戶服務的可利用性。於 PSTN 服務中，AN 發現某用戶埠發生障礙時，亦可藉由此協約通知 LE 端，提出閉鎖該用戶埠要求。於 ISDN 服務中，AN 發現某用戶埠時發生障礙時，為了避免用戶埠不斷透過 D 通道與交換機端溝通，而大量佔用了 V5 ISDN 通信路徑資源，可透過此協約監視及控制該用戶埠狀態如 active 或 deactive。

- 公共功能控制 (common control)

具有重新調度及重新啟動機能，確認 V5 界面識別 (identification)、組態 (configuration)、故障發生後 PSTN 協定之重新啟動 (restarting)，以及由現行 V5 組態切換至另一新 V5 組態時 (switch-over-to-new-variant) 之同步校準。

- 傳遞時序資訊 (timing information)

提供每次傳輸、位元組識別和碼框同步必需的時序資訊，以提供 AN 與 LE 同步之用。

- 負載通道控制 (Bearer Channel Control: BCC) 協定

V5.2 BCC 協定為 LE 提供請求 AN 在指定的 AN 用戶埠和指定的 V5.2 界面時槽之間建立和釋放連接的方法。BCC 協定允許 V5.2 界面載送通路由各自獨立的程序 (基於每個呼叫、預連接的呼叫、或半永久的呼叫) 來分配或解除分配。對於一個給定的用

戶埠，可以同時存在多個運行的程序。BCC 協定提供下列的程序：

- 分配程序：BCC 協定使用此程序定義 AN 和 LE 之間的交互操作，對一個特定的用戶埠，分配 V5.2 界面上規定數量的載送通路。
- 解除分配程序：BCC 協定使用這個程序定義 AN 和 LE 之間的交互操作，用來釋放一個特定的用戶埠上的 V5.2 界面上規定數量載送通路的分配。
- 審計程序：BCC 協定使用這個程序定義 AN 和 LE 之間的交互操作，用來檢查 V5.2 界面上一個載送通路和它在一個用戶埠上後續連接的路由。二者之間任何的路由通常不能假定被全部檢查。當對審計的回應發送到資源管理器時，應認為審計程序結束。

- 保護協定 (protection protocol)

一個 V5.2 界面最多可以由 16 條 2048 Kbit/s 鏈路構成。根據協定結構和多工結構，一條通信路徑可以傳送與多個 2048 Kbit/s 鏈路有關的資訊。因此一條通信路徑 (communication path or C-Path) 的故障可能會嚴重影響大量用戶的服務，特別是對於 BCC 協定，控制協定和鏈路控制協定，在有關的 C-Path 出現故障的情況下，所有的用戶埠都會受到影響。

為了提高 V5.2 界面的可靠性，V5.2 界面提供了在出現故障時通信路徑切換的保護程序。保護機制將用於保護所有 active 通信通道 (包括 communication channel、C-Channel)，並保護用於控制保護切換程序的保護協定 C-Channel。此外，保護協定信令在碼框的傳送上應比其它信令優先。

保護協定不保護載送通路，也就是允許在載送通路所屬的 2048 Kbit/s 鏈路出現故障的情況下重新配置載送通路，在這種故障的情況下，在這些載送通路的用戶連接將出現故障。

## 9.2 PSTN 與 IP 網路界接

網際網路 (IP 網路) 與電信網路 (PSTN/IN) 的界接 (interoperability)、整合為電信/網路業者十分關切之主題，希望藉由較佳網路整合以達到未來服務之整合，尤其是 IP 形式的所謂 Voice over IP (VoIP)。由於以往網路服務總是與特定網路技術相關聯，但近年來，由於語音及數據網路的整合技術興起，使得網路技術間的障礙逐漸移除，以 IP 網路提供多重服務將是趨勢。

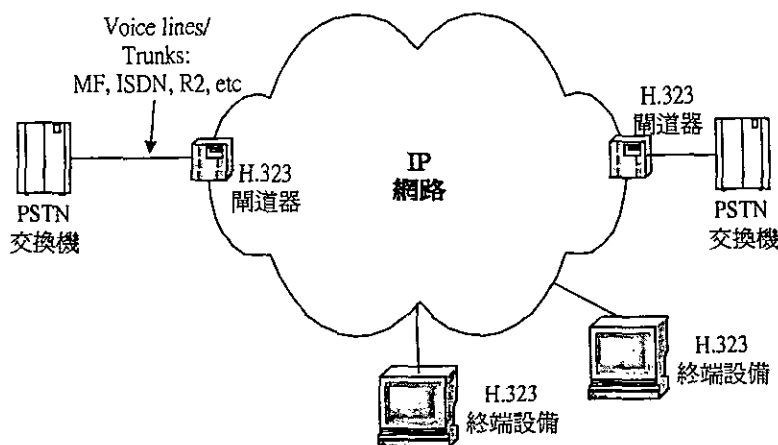


圖 9.3 H.323 整合式閘道器界接架構

## 9.2.1 PSTN 與 IP 網路界接架構

PSTN 及 IP 網路整合，除了可將原有利用撥接方式經由 PSTN 連結 IP 網路外，另一重要之因素為提供 VOIP 服務。而 PSTN 與 IP 界接需藉由適當的閘道器 (gateway)，以提供電路交換式網路領域及分封交換式網路領域間之傳送層、呼叫控制信令層及服務層之界接與轉換。

閘道器依網路整合規模之大小可分為 H.323 [27] 整合式閘道器及 H.323 分散式閘道器兩種。H.323 整合式閘道器主要是把信令功能、媒體轉換及呼叫控制整合於一體之網路元件。閘道器可以傳統之用戶界面 (line interface) 或中繼界面 (trunk interface) 與 PSTN 界接，其通信架構如圖9.3，包含有：

- 用戶界面界接，例如 POTS line、ISDN BRI/PRI
- 中繼界面界接，例如 MF R1 trunk、SS7 trunk

本架構的主要缺點：

- 由於一路 64kb/s SS7 信令鏈路可以滿足數千個語音中繼電路 (voice trunks) 的信令需求，而目前大部份的 H.323 Gateway 並無配置足夠的語音中繼電路以降低 SS7 信令鏈路的建置成本。
- 另一個對 H.323 的批評就是使用 Q.931 [25] 作為其呼叫控制協定，這對於使用 SS7 的大型網路來說是不夠的，因為 SS7 訊號必須轉換成 H.225.0 [26] /Q.931 訊號，在此過程中一些資訊會漏失，且 Q.931 是接取用的通訊協定，不是在網路上節點間使用的通訊協定。

在 H.323 分散式閘道器界接部分，為增加界接擴充彈性，IETF [28] 及 ETSI 正擬

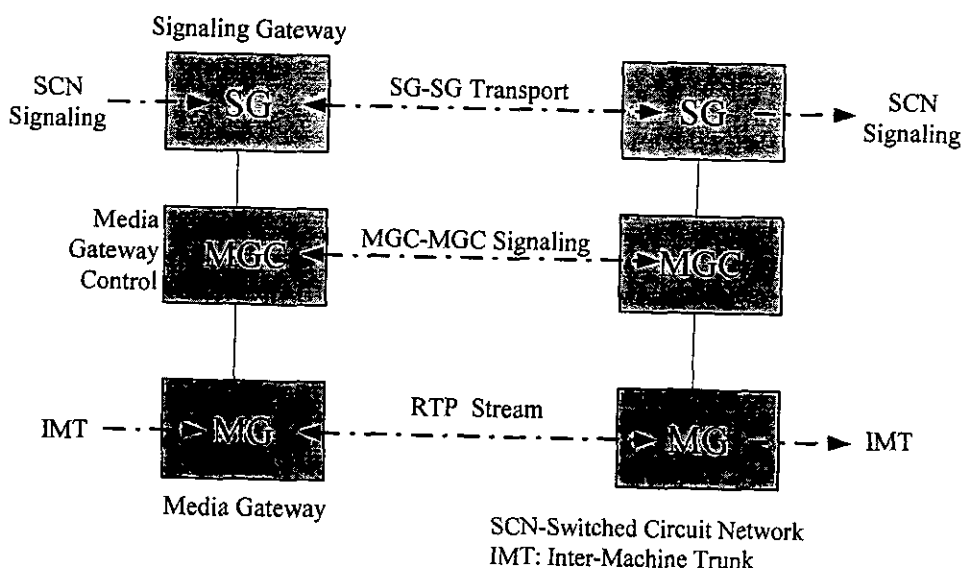


圖 9.4 IETF Sigtran 定義之網路整合架構

定標準技術，提供更擴充性之分散式閘道器網路整合架構。圖9.4所示為 IETF 提出之分散式網路整合架構，將原整合式閘道器分解成三部份的架構。當網路某一部分功能需修改時，就只針對該部分做改變即可，不須牽一髮而動全身地修改網路其他部分，以減省不必要的費用。

此分離的架構中 SG (Signaling Gateway) 具有信令閘道的特性，它可以直接與現有之 SS7 鏈路或 ISDN 網路界接，將信令上層協定轉送至媒體閘道控制器 (Media Gateway Controller: MGC)。MGC 作用在呼叫控制層次，並負責控制 MG (Media Gateway) 內之資源運用。MG 運作在傳送層，主要負責電路語音與封包語音轉換。但是在現有產品裏，有些廠商把 SG 及 MGC 功能整合於一設備上。且由於現階段推動分散式閘道器發展之工業團體及標準單位頗多，MGC 也有多個不同名稱，如 Multi Service Switching Forum 稱之為 call agent，及 Softswitch Consortium 稱之為 softswitch，皆表示同一件事物；而部份廠商產品則稱之為 call server。

## 9.2.2 PSTN 與 IP 信令界接技術與標準現況

媒體閘道器控制協定 (Media Gateway Control Protocol: MGCP) 為 MGC 與 MG 間之協定。Telcordia (前身為 Bellcore) 從事這項領域是從 1998 年 5 月開始，時值 Bellcore 發表 SGCP (Simple Gateway Control Protocol)，並獲得 Cisco 贊助。在 1998 年 8 月，由 Level 3 組成並且由 Nortel 及 Lucent 帶領的組織 TAC 也發表了 IPDC (IP Device Control)。為了解決此種分歧，IPDC 及 SGCP 合併成為 MGCP，並在 1998 年 11 月發表。但由於 Lucent 不接受 MGCP 中的 connection 觀點，遂於 1998 年 12 月提出 MDCP

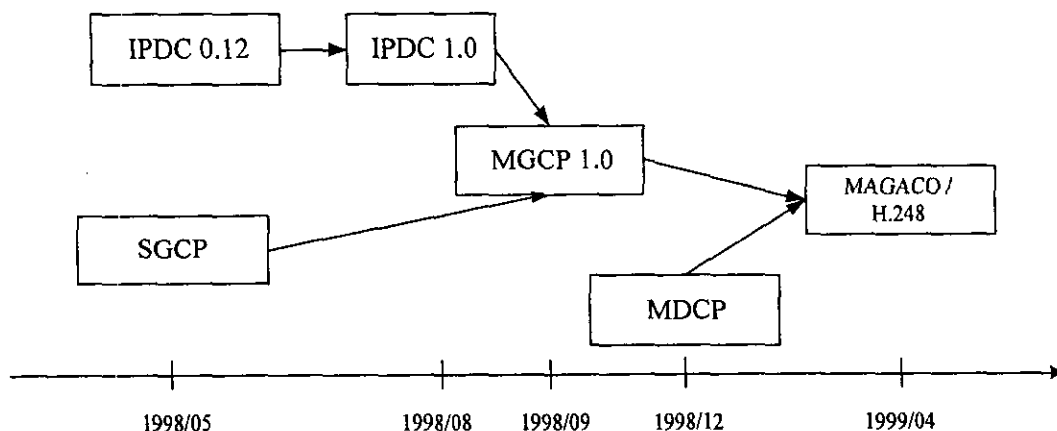


圖 9.5 SGCP、MGCP、MDCP 的發展過程

(Media Data Control Protocol)。如今，MDCP 以及 MGCP 均提給 IETF MEGACO WG 並成為 ITU-T SG16 所欲制定的 H.248 標準之依據。圖9.5說明了這眾多規範的變革。

此外，在 IETF 組織內有兩個工作群組正發展分散式閘道器間相關協定。此兩個工作群組為：

- Megaco (Media Gateway Control)：此工作群組目前正制定控制媒體閘道器的架構以及協定。
- Sigtran (Signaling Transport)：此工作群組目前正致力於訂定在 IP 網路上將訊號 (例如：SS7) 由 SG 傳至 MGC 的方法。此種架構如圖9.6所示，是在 PSTN 與 IP 網路的中間用 SS7 界接。這種方式的好處列舉如下：
  - 成本：SS7 界接方式較 PRI 經濟。特別是對大量呼叫的情形，且一個 SS7 信令通道可以較 PRI 控制更多的中繼電路。
  - 增添服務：使用 SS7 界接方式使得 IP 網路更有潛力去提供端對端的增添服務和提供更多的功能來開發額外營收的來源。
  - 資料庫接取服務：可接取到 SS7 網路，使 IP 網路能提供 IN 服務，例如 LNP 和 800，而不必先繞道通過 PSTN。除了提供增值服務外，另外可使 IP 網路業者將其呼叫路由接到 PSTN 的時機與地點最佳化。
  - 智慧型服務整合：提供跨過二者網路整合的服務。
  - 信令中繼：SS7 信令可經由 IP 網路傳送，使得 IP 網路就像中繼網路。

以下針對各信令之標準及制定現況作一整理。

### 9.2.2.1 H.323

H.323 是 ITU 制定的協定，原主要目標是提供在沒有 QoS 保證的 LAN 上之多媒

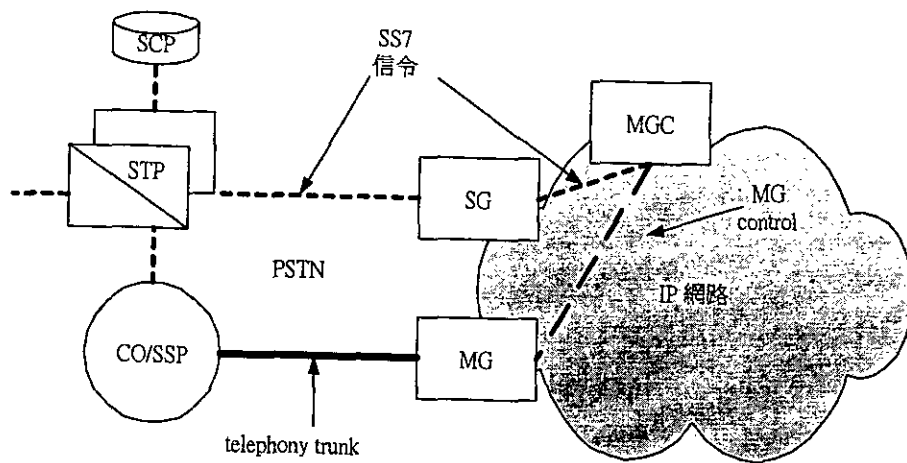


圖 9.6 PSTN 透過 SS7 與 IP 連接

體傳輸，包括架在 Ethernet、快速 Ethernet 和 Token Ring 等網路技術上傳送。H.323 的規格於 1996 年由 ITU 之 Study Group 16 提供，然而 Version 1 主要著重在區域網路上提供多點通訊的服務，並不保證 QoS，亦因為市場 [29] 上的需求而作了修訂改版，成為 H.323 Version 2，主要改進的地方有：(1) Gatekeeper 的改進：提供 alternate gatekeepers。(2) 增加 fast connect 機制。(3) 改進 Security 機制 (增加 authentication、integrity、privacy、non-repudiation 功能)。(4) 可擴展至連上網際網路。(Version 1 侷限於 LAN)。因可作網際網路的連結而達到整體架構的 reliable 與 distributed 特性。(5) 加入增添服務：如 call transfer、call forward。

H.323 Version 3 主要改進的地方有：(1) 提供 Fax over IP。(2) 呼叫信令改用 UDP 方式傳送，非 TCP。(3) 增訂 inter domain 的運作協定。(4) Gatekeeper 對 gatekeeper 連結。(5) 加入增添服務：call holding、call park and pickup、call waiting、message waiting indication。

H.323 Version 4 為目前最新版本，主要改進的地方有：(1) 修訂 H.323 系統架構以支援 H.248 協定。(2) 改進頻寬管理的相關功能。(3) 對報表與帳務資料具備更多支援。(4) 對穿遂式信令協定 (ISUP、QSIG) 具備更好的支援能力。(5) 增加增添服務：name identification (主叫號碼)、call completion。此外，對於點對點或多點會議等技術及 call control 的定址方式、跨 IP 網的聲音、影像及資料傳輸功能、頻寬管理等都有相當的闡述。H.323 架構如圖 9.7 所示，主要的特性摘要如下：

- 制定聲音、影像的壓縮及解壓縮協定，方便不同廠家產品溝通。

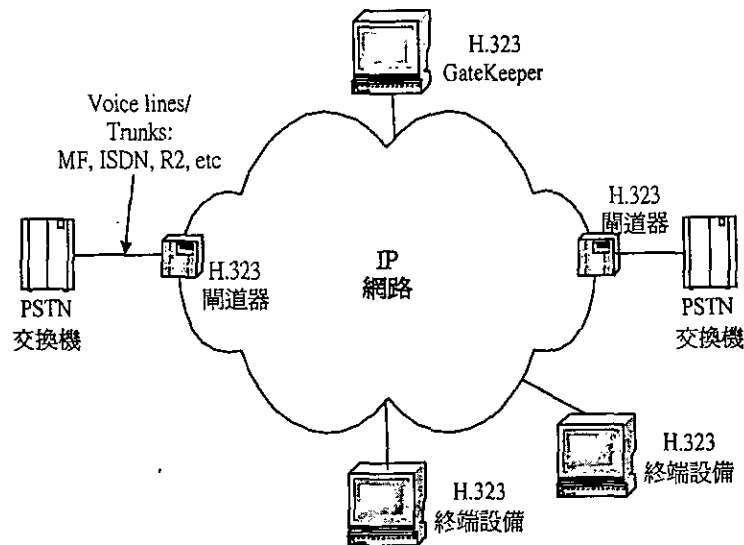


圖 9.7 H.323 架構

- 建立 interoperability 的機制。
- 具有網路獨立性。
- 不被硬體或作業系統綁住，具有平台、應用層的獨立性。
- 有 MCU (Multipoint Control Unit) 提供強大、有彈性的多點會議架構。
- 頻寬管理可對網路流量做控制，減少不必要的網路阻塞。
- 使用 multicast 方式傳送封包，減少使用 unicast 或 broadcast 時所產生之封包複雜化情形。
- 可進行跨網路會議，例如 LAN 網域上的使用者可跨網域與 ISDN 上的使用者溝通。

### 9.2.2.2 MGCP

MGCP (Media Gateway Control Protocol) 是 IETF 規範在 VoIP 環境架構下的通信協定，如圖9.8所示，其中主要是規範 VoIP 的閘道器以及其控制單元 call agent 的運作協定。其發展現況如下：

- IETF 機構公佈此協定於 RFC 2705 [30] 中，此為 MGCP Version 1.0，但是仍有一些產品所實作的協定為 1.0 之前的版本。
- International Softswitch Consortium 將更新 MGCP 為 MEGACO (H.245)。
- VoIP 在同軸電纜上的應用亦採用 MGCP 協定控管 residential gateway 與 trunk gateway。
- MGCP 由 IETF Megaco Work Group 與 ITU SG16 [31] 合作共同修改制訂成

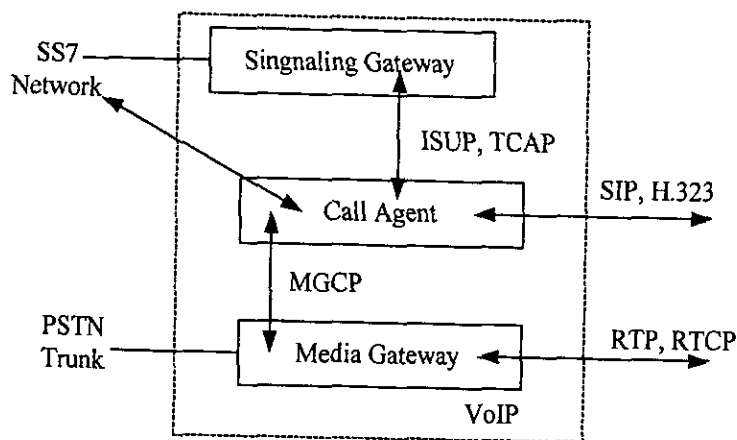


圖 9.8 MGCP 架構

Megaco 或 H.248, 可提供多媒體服務。並已於 2000 年 8 月定案, 成為 RFC 2885 [32]。

### 9.2.2.3 SIP

Session Initiation Protocol (SIP) 是 IETF MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control) 工作小組為 internet conferencing 與 telephony 所發展, 屬於應用層的信令控制協定, 主要協調多媒體 session 的起始、進行與結束。SIP 通信協定於 1999 年 2 月 2 日由 IETF 所提出的標準, 讓使用者可在 IP 網路上任意建立、修改、中斷多媒體通訊連線。2000 年 7 月 1 日, 修訂 RFC 2543bis draft [33] 成為 Internet draft。2001 年 1 月份 SIP Version 3 final。

目前 SIP 的應用已有多種架構被提出, 如 SIP 與 WAP 的結合、SIP 與 3G, SIP 與 VoDSL 的結合均為有趣的應用。

SIP 主要的特性如下:

- 與下層的傳輸層協定彼此獨立。
- 可主動邀請他人或機器 (如 media storage service) 加入會談。
- 可邀請他人加入 unicast 或 multicast 的會談。
- 提供 name mapping 及 redirection 服務。
- 提供 person mobility。讓使用者可以利用單一地址, 從任意的終端機撥出、接入以及使用其所申請的服務。
- 是 text-based 的協定, 所以可方便的 implement、debug, 而且很有彈性。



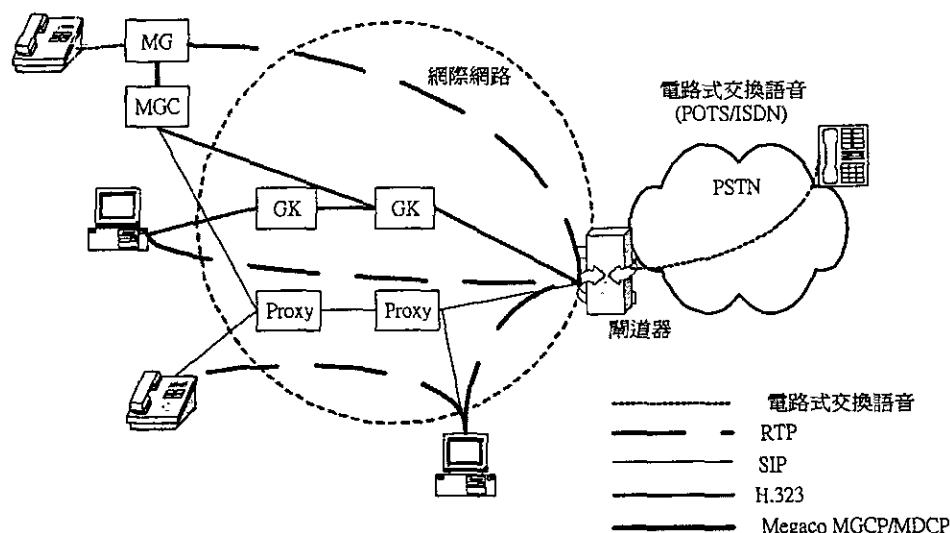


圖 9.9 SIP 整合通信架構

SIP 提供自己的可靠性機制，不受限於下層的傳送方式。圖9.9為一可整合 H.323 及 MGCP 之通信架構。

#### 9.2.2.4 未來發展-Distributed Network Intelligence API

在傳統上，Network-based 電話服務的各種處理都集中在交換機內完成，直到智慧型網路 (Intelligence Network: IN) 的觀念出現後，電話服務才開始逐步將高階的服務導入，服務管理與服務執行等交換機系統的重擔大幅減輕，使這些網路的智慧 (network intelligence) 處理工作 分散至其它專責的平台上執行，交換機得以專注於電話的路由與電路的管理，兩者間各司其職，相得益彰。

到了最近，業界更打算進一步將智慧處理工作分散至網際網路、私有 IP 網路 (private IP network)、企業 IP 網路 (enterprise IP network)，甚至於這些網路的邊緣設備 (Edge Devices) 上，使得智慧型網路與 IP 網路的應用服務逐漸整合，形成一個跨越異質性網路的大型服務網路，分散式網路智慧 (Distributed Network Intelligence: DNI) 的概念於焉誕生！

目前 IN Forum 宣佈採用 CSELT Telecom Italia Group 提出的 API (Application Programming Interface) 參考架構，希望建立一個業界共同遵循的 API 架構，同時也讓不同的業界團體對 API 標準化所作的努力成果，得以對應至此共同的架構上。圖9.10為此參考架構的示意圖：

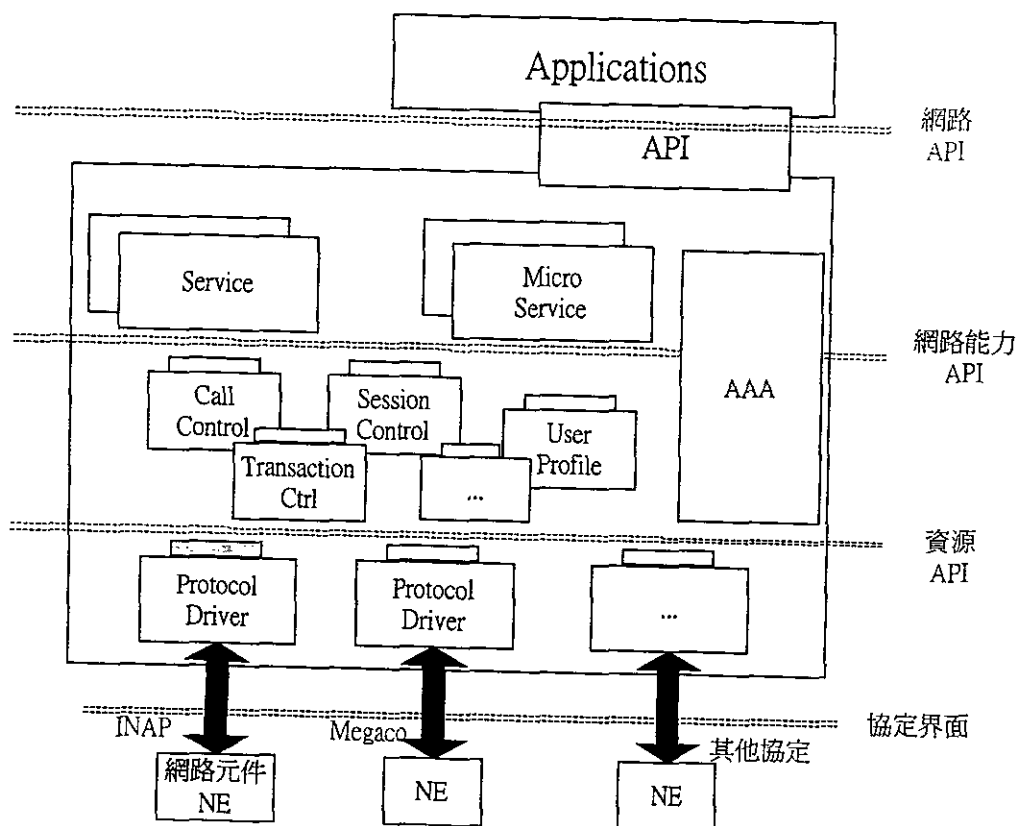


圖 9.10 IN Forum API 參考架構

這個參考架構包含了三個階層的 API：

- **網路 API (network API)：**允許存在於網路外部的應用程式接取網路內部的服務項目。
- **網路能力 API (network capability API)：**用來控制諸如呼叫控制 (call control)、侷限性 (localisation)、目錄服務 (directory) 等 Network-based 的服務，屬於內部的 API。
- **資源 API (resources API)：**用來控制諸如交換機、媒體閘道器 (media gateway)、互動式語音應答系統 (IVR)、語音信箱 (massaging stores) 等等特別的網路資源，屬內部 API。

其中網路維運者應該注重的是資源 API 與網路能力 API，以便開發維運時所需的應用工具；而終端使用者、企業單位、3rd party 的服務提供者則應該對網路 API 有所了解，將來開發新服務應用時才得以迅速使用網路資源。

在業界方面也有一些組織或團體，目前也正在積極投入 API 的制定與 API 導向的服務架構之研究，並期許有更多的電信網路服務應用的出現。而這些團體的積極參與，

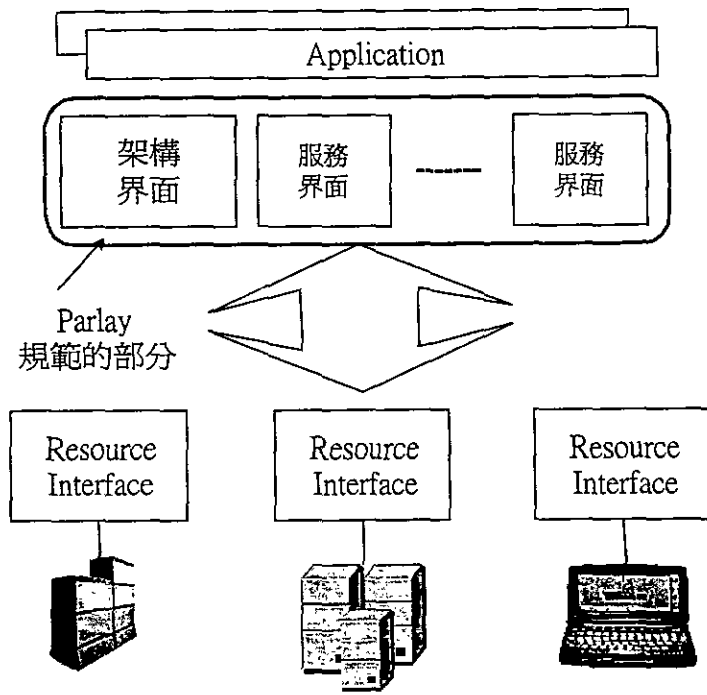


圖 9.11 Parlay 的網路 API 架構

即代表著業界對此領域的高度重視與強力支援。例如 Parlay Group [34]，在 1998 年 4 月開始投入 API 規格的制定後，初期 phase 1 由 British Telecom、Ulticom、Microsoft、Nortel、Siemens 等廠商共同針對呼叫控制、訊息傳遞 (messaging)、安全性 (security) 等議題先予著墨，接著 phase 2 擴充 API 在無線電話網路與 IP 網路服務方面的功能，此時又加入了 AT&T、Cegetel、Cisco、Ericsson、IBM、以及 Lucent 等成員，圖 9.11 為 Parlay API 的架構圖：

Parlay API 由兩個部份所組成：

- 服務界面 (service interface)：賦予上層的應用程式接取網路資源的能力。
- 架構界面 (framework interface)：支援服務界面，使之得以具有彈性、安全、及可管理的能力。

因為參與的大廠保證了下層多樣網路資源的支援 (resource API)，所以使用 Parlay API 可以輕易的開發出各種新的應用服務。

此外還有 JAIN (Java API for the Integrated Network，由 Sun Microsystems 所主導)、ECTF (Enterprise Computer Telephony Forum)、3GPP (3rd Generation Partnership Project) 等組織，也正在如火如荼的努力當中，顯見這種開放式的設計觀念與架構，已經是不得不然的趨勢！

## 9.3 本土化相關議題

### 9.3.1 本土化環境需求與限制

- 在交換機界面限制部分
  - 現有傳統交換機僅提供 VF/U 界面，增加 A/D/A 轉換次數，造成所連接之 IP-AN 系統性能無法充分發揮，影響服務品質 (如無法有效提升撥接式數據機傳送速度)。
  - 各固網公司目前運作之交換機分屬不同廠牌型式，IP-AN 系統與其相互間的連接較為複雜，增加維運管理系統負擔。
- 在網路管理困難度部分
  - 各固網公司現有之網路資料庫、帳務系統、障礙申告、障礙查測、拆裝移機等維運網管系統，基於本土化需要或歷史之因素，有專有獨特的通訊協定，新 IP-AN 系統其網管系統顯然無法連接。
  - 維運網管系統間之通信協定轉換與界面等之相容或整合，須由交換機及各設備供應商配合修改，須考慮各固網公司配合意願。
- 在管道設施限制部分
  - 都會區內管道開挖不易且開挖成本極高。
  - 本土環境地下水位高，管道及人手孔內易淹水。
- 在電信設施設置不易部分
  - IP-AN 網路建設將設置相當數量的網路設備 ONU/RT/基地台於不同環境的地點。
  - 電信室取得困難，現有營建法規未明確規範，要求建物無償提供空間。都會區土地寸土寸金，民眾對電信設備之設置有排斥感。
  - 本土周圍環境高溫、高濕，影響 IP-AN 系統機能與年限壽命。
  - 供電網路建設及可靠度議題。
- 在用戶行為與使用習性部分
  - 用戶屋內自行配線常不遵循規範，造成 T 接情形普遍與線徑不一致，對於高速數位傳輸效能打折扣。

### 9.3.2 V5 環境對接取網路之影響

接取網路 IP 化的發展提供了多樣的整合服務，可提供用戶寬頻服務如 ADSL，與

窄頻服務如 POTS、ISDN、兩線/四線數據專線等。目前世界各國電信公司以及本國電信自由化後新進三家固網業者無不積極推動建設，在國際標準方面，目前有美國 Bellcore 所提出的 GR-909 [35] 標準，以及歐洲電信標準組織 (ETSI) 在 1993 年所提出的 V5 標準建立了光纖用戶迴路之基本架構與功能需求，規範區域交換機端與接取網路端數據界面通訊協定。但 GR-909 系列目前僅有北美採用，全球主要地區則廣泛的採用 V5 標準，受到世界潮流的影響，本國業者均採用歐洲所主導 V5 標準提供窄頻接取服務。且由於 V5 為開放性的界面，可使不同的用戶接取設備皆可藉此標準連上交換機，同時局端交換機廠商亦可藉此標準提供各個訊號予不同的用戶接取設備，可大幅節省交換機開發和維護成本。

### 9.3.3 V5 環境對現有用戶之影響

在 V5 界面建設初期中，用戶端接取網路光纖化/IP 化後，可能因所在機房建設尚無法提供 V5 界面，面臨須透過跨局至具備 V5 界面機房，此時面臨的第一個問題便是用戶門號問題。

假如新建置的門號是由跨局機房提供，對於新申請用戶則以該局門號配置，假如是舊有用戶，因門號是由當地機房配置，就面臨換號問題，由於電信自由化與固網開放，交通部已限期要求既有業者提供號碼可攜性服務 (number portability)，在民國 91 年 7 月後固網業者一旦提供服務，須以指定轉接方式暫時提供號碼可攜式服務，因此以跨局提供 V5 界面接取時，在不改變用戶號碼之下，當來電呼叫原號碼時，舊有機房可依照資料庫所存移轉號碼，暫以指定轉接方式轉接至跨局 V5 機房，待未來 IN 網路全面提供號碼可攜性服務後，即可解決現有跨局問題。

### 9.3.4 V5 環境下交換機與接取網路界接考量

V5 協定標準提供了部分選擇彈性供各國電信業者自行訂定國家規範，因此儘管各設備廠商所提供的接取設備與交換設備皆宣稱符合 ETSI 規範標準，在互連界接上亦可能發生部分 PSTN 事件之信令傳遞流程不一致而產生錯誤，所以電信固網業者在採購建置 V5 環境前，必須針對各廠家之各 PSTN 事件信令流程進行比對，並訂定規格要求。以下就可能發生信令流程不一致情形提出例子並說明。

- 呼叫衝突之處理程序

例如某些公司之交換機採發話優先程序，而有些公司之交換機則是採受話優先程

序。當考量呼叫建立所佔用的網路資源成本時，以受話優先方式較合乎經濟效益。

- 自律信令序列 (autonomous-signal-sequence) 使用

V5 界面協定中提供自律信令序列資訊元件，使電信服務業者可以由自行預先定義特別用途之信令流程，透過 LE 通知 AN，AN 在收到自律信令序列元件後，便依照元件所帶之序列形式 (sequence type)，自動進行並完成預先定義之信令流程。

舉例來說，某些公司將此功能可應用於線路閉塞信令流程，當發話端與受話端通話結束或發話端撥號時間過時 (time out) 而產生忙音後，若用戶不掛上電話釋放電路，於忙音時間過時候，LE 會再送出吼音 (howler tone) 告知用戶電話為掛上，當吼音時間再度過時時，LE 便透過自律信令序列元件所夾帶的序列形式=1 資訊告知 AN，使 AN 產生低電壓或高迴路阻抗，避免因用戶話機不小心未掛上而造成電力浪費。

而有些公司則將此功能應用於計費信令流程上，當要求 AN 送出所有計費脈衝後才發送脈衝結束通知資訊元件告知 LE 時，不使用自律信令序列功能；若要求 AN 每完成一個單位計費脈衝，便須發送資訊元件通知 LE 時，則 LE 須先透過自律信令序列元件所夾帶的序列形式=1 資訊告知 AN，使 AN 自動於每完成送出一個單位計費脈衝後，便自動回送脈衝結束通知給 LE。

因此不同廠牌之交換機與接取設備互連時，會因雙方預設信令流程不同，如線路閉塞或計費信令流程等，造成雙方於該事件互連錯誤。因此各家固網電信業者需自行訂定該公司之相關規範，統一要求設備廠商將事件流程不一致部分修改成一致性，避免日後互連產生困擾。

- 振鈴後之處理程序

當 AN 對受話端發出振鈴並等待應答時，若發話端於受話端應答前掛上電話釋放電路時，受話端之 LE 可透過不同方式對 AN 下達停止振鈴命令。為了使互連一致性，可要求設備廠商於 LE 端下達不帶任何資訊元件之 disconnect 信令時，即中斷振鈴。

- 選定計費脈衝參數值

計費脈衝參數如表9.3所示，有四項參數提供電信業者根據現有數位交換機規格及本身需求自行訂定。

表 9.3 計費脈衝參數

參數	參數值	意義
限制指示符 (Suppression Indication)	0	不允許任何限制
	1	允許由來自 LE 的預定義線路信令(Disconnect) 來限制
	2	允許由來自 TE 的預定義線路信令(On-hook) 來限制
	3	允許由來自 LE 的預定義線路信令(Disconnect) 與 TE 的預定義線路信令(On-hook) 來限制
確認請求指示符 (Ack. Request Indicator)	0	不須請求結束確認
	1	在每個脈衝結束後請求結束確認
	2	所有脈衝結束後請求結束確認
	3	脈衝請求確認開始
脈衝時長類型 (Pulse Duration type)	0~31	業者自訂，可為 16KHz 信令或反轉極性信令
脈衝數目 (Number of Pulses)	1~31	業者自訂，可讓 AN 產生 1-31 單位的計費脈衝

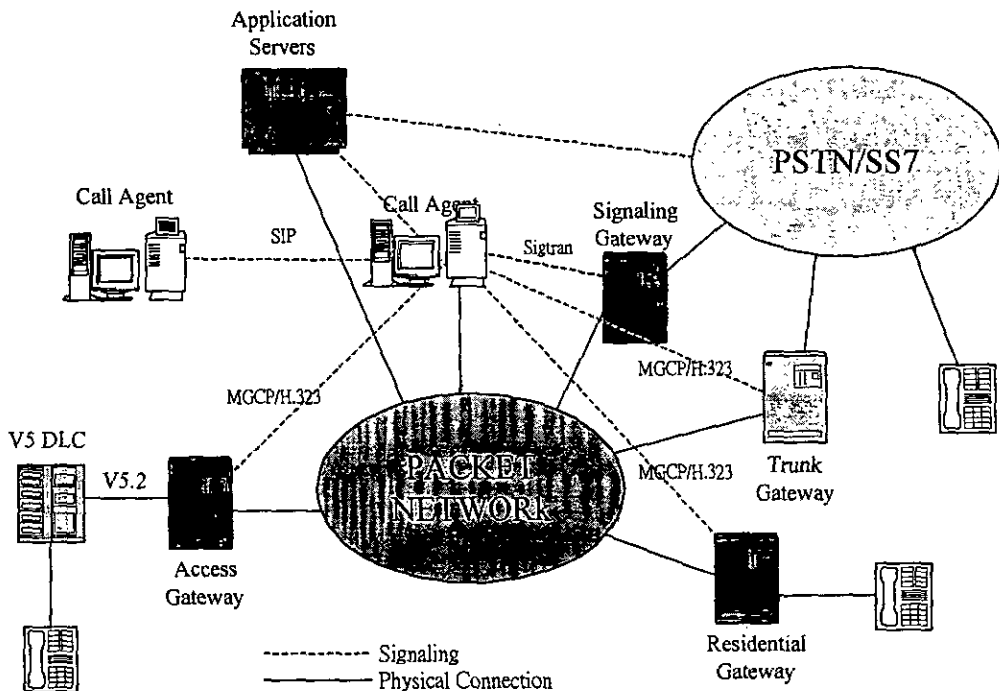


圖 9.12 語音服務整合架構圖

## 9.4 結論與建議

### 9.4.1 V5 SNI 界面架構演進至 IP 建議

隨著時代的變遷，IP-based 整合性網路已經是不可避免的趨勢。除必須整合傳統 PSTN/IN 網路和數據網路之外，還必須提供影音整合的多媒體服務。然而在 IP 網路演進的過程中，如何以漸進方式取代傳統電話網路是個重要的課題。以下以技術觀點說明從現有之 V5 SNI 界面架構演進至 IP 界面的兩種建議。

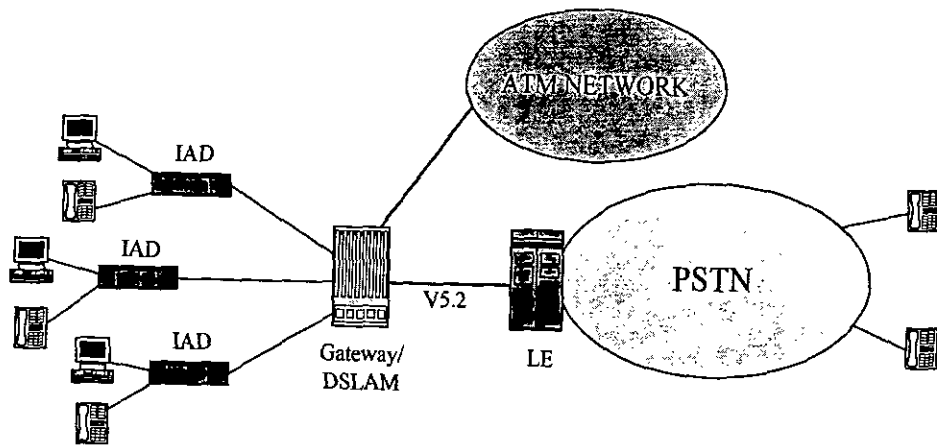


圖 9.13 封包化網路與局端交換機界接

現行的 VoIP 技術，可透過 SG (Signaling Gateway) 與 TG (Trunking Gateway) 與 PSTN 連接，將傳統語音服務轉移到封包網路上。其具體的架構如圖 9.12 所示。

圖 9.12 中，Call Agent 是所謂的 softswitch，以封包化網路作為傳輸實體，負責各閘道器如 Trunk Gateway、Access Gateway (AG)、Residential Gateway (RG) 以及 Signaling Gateway 的控制。與 PSTN 界接時，Signaling Gateway 負責將 SS7 信令轉換，以 SCTP 載送至 Call Agent 處理，Trunking Gateway 則是負責實際傳輸媒體的轉換，透過 Call Agent 以閘道器控制協定 (Gateway Control Protocol)，如 MGCP 或 MEGACO 做控制，來載送語音信令至受話端用戶。

接取端網路在配合 IP 演進時，有兩種演進的方式，一種方式是由下到上，在用戶接取端使用語音封包化設備，再連接 PSTN 網路。另一種方式是由上到下，更新局端交換機設備，並部分更新接取網路設備。

第一種方式的接取網路 IP 化演進方式，是以 V5.2 界面與第五級交換機 (Class-5) 界接，與 PSTN 網路溝通，如圖 9.13 所示。在圖中，語音封包化接取設備的連接方式，是經由閘道器將信令轉換，透過 V5 界面載送到局端交換機。語音服務主要由局端交換機處理，閘道器在網路中只負責信令的轉換，並不作任何的信令處理。此架構由於不用更改局端交換機，在成本上較低廉，而且在系統上一律傳送數位信令，可使設備單純化，有助未來整體網路升級。目前所提出的 VoDSL 就是屬於這種架構。

第二種方式則是希望能保存現行接取端網路設備，其中的關鍵就在第五級交換機 softswitch。softswitch 除了能夠處理語音封包化的信令轉換之外，還具備第四級 (Class



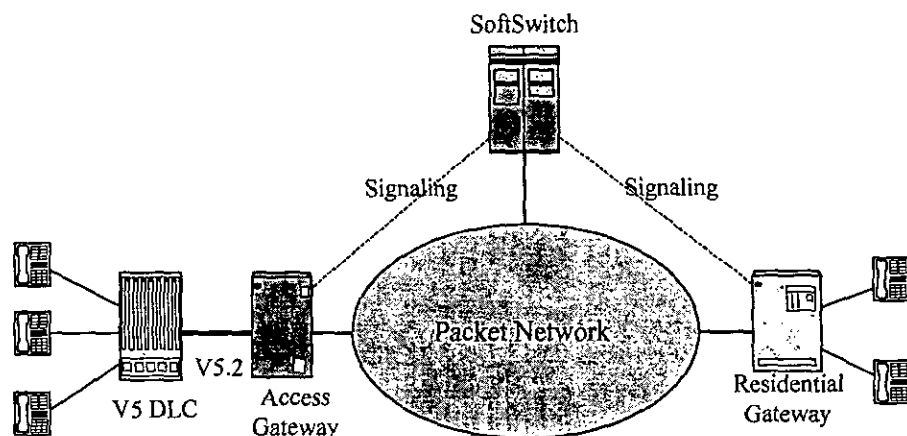


圖 9.14 softswitch 架構圖

4) 彙轉功能 (tandem switch) 和第五級交換機的能力，使網路能與 SS7 網路界接。目前廠商已提出具備第五級功能的 softswitch，在傳統第五級交換機被取代之後，現存的接取網路設備仍可藉由 V5 界面與 softswitch 界接，由 softswitch 來進行 PSTN 信令的處理。換句話說，softswitch 加 access gateway 可以提供原有第五級交換機的功能。如此一來接取端設備可以保留，電信公司不用花費成本更新接取網路，用戶也不會感到不便。圖9.14是 softswitch 網路的架構圖，V5 DLC 以 V5 界面連接到 access gateway，再透過封包化網路將訊號載送至 softswitch，由 softswitch 來處理信令流程。

V5 相關協定架構方面，北方網路 (Nortel Network) 提出一種將 V5 界面放置在 IP 網路上的架構。利用 IP 上層的資料流控制傳輸協定 (Stream Control Transmission Protocol: SCTP)，再搭載一層 V5-User Adaption Layer (V5UA) 作為 V5 界面的溝通橋樑。V5UA 使用在信令閘道器 SG 與媒體閘道控制器 MGC 之間，提供 switched circuit network 到 MGC 的信令載送，其架構如圖9.15。這個協定支援 V5 協定上的服務，如類比電話接取、ISDN BRA 以及 ISDN PRA。由於 V5 界面 IP 化，接取網路只需要更新相關的網路實體界面，用戶端設備則可以保留，可節省建制成本。

針對目前各固網公司已有的設備，以上所提兩種語音封包化演進方式都具有可行性。在 VoDSL 方面，由於 ADSL 用戶已達到 80 萬戶，而新購的交換機都具有 V5 界面，只要在用戶端加上整合接取設備 (IAD) 就可提供語音服務。在 V5DLC 與 softswitch 方面，由於公司各固網公司具有 V5 接取端的設備不多，而第五級 softswitch 則還在發展中，所需的價格也相對較高，所以短時間內還無法實現，但語音封包化是不可避免的趨勢。

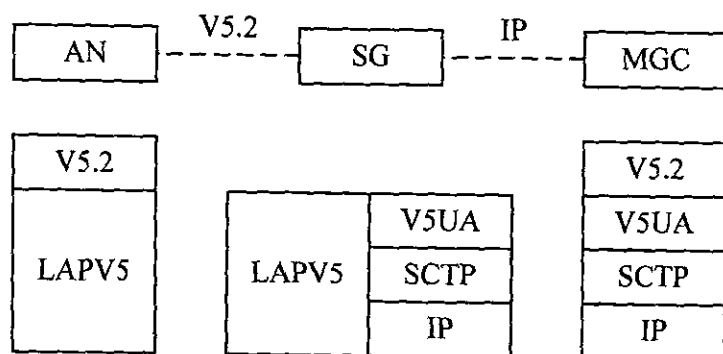


圖 9.15 V5 界面封包化架構

## 9.4.2 結語

ETSI 所提出之 V5.2 界面不僅提供較為穩健可靠的 PSTN 與 ISDN 信令流程，並讓電信業者可依需求制訂國家規範。在此開放的標準化 SNI 界面下，可有效降低電信網路互連間的複雜度，交換機端與接取網路端中繼 E1 鏈路，更可與寬頻服務之中繼線路一起透過骨幹光纖傳輸提供高可靠度的中繼服務。未來在 IP 整合性網路演進上，V5 界面亦將扮演一重要過渡時期角色，逐步達成未來語音封包化的目的。

## 9.5 參考文獻

- [1] ITU-T (ITU Telecommunication Standardization Sector), <http://www.itu.int/ITU-T/>
- [2] ITU-T Y.100, "Global Information Infrastructure Overview," 06/1998  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-Y.100>
- [3] ITU-T G.902: "Framework recommendation on functional access networks", 11/1995  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-G.902>
- [4] Y. Maeda and R. Feigel, "A Standardization Plan for Broadband Access Transport Network," IEEE Commun. Mag., vol. 39, pp. 166-172, 07/2001
- [5] ITU-T M.3010, "Principles of Telecommunications Management Network," 02/2000,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-M.3010>
- [6] ITU-T G.983.1, "Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON)," 10/1998,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-G.983.1>
- [7] ITU-T G.983.3, "A broadband optical access system with increased service capability by wavelength allocation", 01/2002  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-G.983.3>
- [8] ITU-T G.982, "Optical access networks to support services up to the ISDN primary rate or equivalent bit rates," 11/1996,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-G.982>
- [9] ITU-T G.902, "Framework Recommendation on functional access networks (AN) - Architecture and functions, access types, management and service node aspects,"

- 11/1995, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-G.902>
- [10] ITU-T I.432, "B-ISDN user-network interface - Physical layer specification," 03/1993  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=products&lang=e&parent=T-REC-I.432>
- [11] ITU-T G.967.1, "V-interfaces at the service node (SN) : VB5.1 reference point specification," 06/1998,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=products&lang=e&parent=T-REC-G.967.1>
- [12] ITU-T G.967.2, "V-interfaces at the service node (SN) : VB5.2 reference point specification," 02/1999,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=products&lang=e&parent=T-REC-G.967.2>
- [13] IEEE 802.3 CSMA/CD (ETHERNET), <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/index.html>
- [14] ITU-T G.703, "Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces," 10/1998, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-G.703>
- [15] ITU-T G.704, "Synchronous frame structures used at 1544, 6312, 2048, 8448 and 44 736 kbit/s hierarchical levels," 10/1998,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-G.704>
- [16] ITU-T G.957, "Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy," 07/1999,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=products&lang=e&parent=T-REC-G.957>
- [17] ITU-T I.361, "B-ISDN ATM layer specification," 02/1999,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=products&lang=e&parent=T-REC-I.361>
- [18] ITU-T G.992.1, "Asymmetrical digital subscriber line (ADSL) transceivers," 07/1999  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=products&lang=e&parent=T-REC-G.992.1>
- [19] ETSI (European Telecommunications Standards Institute), <http://www.etsi.org/>
- [20] TM (Transmission & Multiplexing, ETSI), <http://portal.etsi.org/tm/>
- [21] ETSI Publications Download Area, <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>
- [22] ETSI ETS 300 324-1 ed 1, "V interfaces at the digital Local Exchange (LE);V5.1 interface for the support of Access Network (AN);Part 1: V5.1 interface specification," 02/1994, <http://pda.etsi.org/pda/AQuery.asp>
- [23] ITU-T G.964, "V-Interfaces at the digital local exchange (LE) - V5.1-Interface (Based on 2048 kbit/S) for the support of access network (AN)," 03/2001,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-G.964>
- [24] ITU-T G.965, "V-Interfaces at the digital local exchange (LE) - V5.2 interface (Based on 2048 kbit/s) for the support of access network (AN)," 03/2001,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-G.965>
- [25] ITU-T G.931, "ISDN user-network interface layer 3 specification for basic call control," 05/1998,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-Q.931>
- [26] ITU-T H.225.0, "Call signalling protocols and media stream packetization for packet-based multimedia communication systems," 11/2000 pre-published,  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-H.225.0>
- [27] ITU-T H.323, "Packet-based multimedia communications systems,"  
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=products&lang=e&parent=T-REC-H.323>
- [28] IETF (The Internet Engineering Task Force), <http://www.ietf.org/>
- [29] MIC (Market Intelligence Center, 資訊市場情報中心), <http://mic.iii.org.tw/>

- [30] IETF RFC 2705, "Media Gateway Control Protocol (MGCP) Version 1.0," 10/04/1999,  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2705.txt>
- [31] ITU-T Study Group 16, <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com16/>
- [32] IETF RFC 2885, "Megaco Protocol Version 0.8," 08/25/2000,  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2885.txt>
- [33] IETF RFC 2543, "SIP: Session Initiation Protocol," 03/16/1999,  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt>
- [34] Parlay Group, <http://www.parlay.org/>
- [35] GR-909, "Generic Criteria for Fiber in the Loop Systems," Telcordia Technologies,  
03/2000, [http://telecom-info.telcordia.com/site-cgi/ido/docs.cgi? ID=129538726D000877  
&KEYWORDS=GR-909&TITLE=&DOCUMENT=&DATE=&CLASS=&COUNT=1000](http://telecom-info.telcordia.com/site-cgi/ido/docs.cgi?ID=129538726D000877&KEYWORDS=GR-909&TITLE=&DOCUMENT=&DATE=&CLASS=&COUNT=1000)
- [36] ATM Forum, <http://www.atmforum.org>

# 第十章

## 綜合討論

### 10.1 比較分析及討論

- ADSL Modem 與 Cable Modem 比較分析

ADSL 系統可說是電信業者未來提供 SDSL、VDSL 等系統、邁向寬頻用戶迴路的暖身。Cable modem 除了提供現行的網際網路服務外，未來的目標更在 VoIP 服務領域，從而跨入傳統電信服務領域。ADSL modem 與 Cable modem 分析比較，包括：基礎網路與服務範圍、國際標準現況、頻寬與硬體架構、互運能力 (interoperability)、網路管理維運與安全保密性等請參考第三章表3.3。

- ADS 與 PON 比較分析

主動式雙星型 (Active Double Star: ADS) 架構在網路中存在著遠地訊號處理設備及相關之供電設施，利用遠地端 (Remote Terminal: RT) 的主動式節點來塞取用戶資訊，由於遠地端的體積較為龐大且需供應大量電力，因此，在空間配置、電力供應及網路維運上較為不利。被動光纖網路 (Passive Optical Network: PON) 架構則使用被動式訊號分離器 (splitter) 元件，使主數位終端 (Host Digital Terminal: HDT) 及被動光纖分配網路 (Passive Distribution Network: PDN) 可被多個光纖網路元件 (ONU) 來共同

使用，以達到資源共享的目的，且由於多個用戶共同分擔設備，用戶光纖網路之初期投資成本可以有效降低，亦方便藉由相同網路之升級以提供寬頻服務。因此 PON 架構適合於提供廣播式服務，但在資訊的保密性上則顯得較差。主動式與被動式光纖用戶迴路架構各有其應用範圍與優缺點，分析比較請參考第四章表4.7。

### ● FTTC 與 HFC 分析比較

由於 FTTC 與 HFC 架構目前均有支持者，業者也積極進行實地測試 (field trial) 作各項評估，包括實用性、經濟因素、演進趨勢等指標考量，進而釐出最佳方案，然而由於這兩種架構各有其優缺點，端視其應用而定，其差異性的比較分析請參考第四章表4.8。

### ● 3G 接取技術之比較

WCDMA 系統的發展，希望能從第二代系統升級到能提供完整 IP 服務的第三代系統，採取三個階段的演進方式。在 R99 階段裡，系統業者必須要更新無線接取網路部分的硬體與軟體設備，但核心網路仍保留第二代系統的架構，僅需作功能上的升級。在本階段，可提供各種服務，最大傳輸速率提升到最高 2Mbps。在 Rel-4 階段，主要的演變在於無線接取網路 IP 化，因此必須要考慮 ATM 與 IP 傳輸網路共存的問題，以及 IP 化無線接取網路與線路交換核心網路資料格式的問題，因此採用 MGW 與 SGW 的架構。在 Rel-5 的階段中，整個系統進行全面 IP 化，提供 IPv4 與 IPv6 的服務，核心網路架構並能提供 MIP 服務最佳化。多媒體服務在此階段亦逐步採用 IP 傳輸方式，因此核心網路設計採用 MEGACO 的架構設計，加入 IM 子系統提供多媒體服務所需。除此之外，在此階段，無線接取界面技術亦採用一高速界面，將可將速率有效提升至 10Mbps。系統各階段的比較請參考第六章表6.1。

cdma2000 同樣提供系統業者從 IS-95 系列的第二代系統逐步升級至第三代系統，整個升級過程可分為三階段進行。在 1xMC 階段中，業者可沿用 IS-95 的硬體設備，僅更新軟體與協定，升級至 1xMC 的系統。在此階段中，系統最大傳輸速率為 307kbps，可提供語音、IP、MIP、SMS 各種服務。在 1xEV-DO 階段中，業者可加入新的設備，提供最大速率 2.45Mbps 的數據服務。在此階段，線路交換服務將仍需要透過舊的系統來提供。在 1xEV-DV 階段中，將可在新的設備上，同時提供語音與數據服務。cdma2000 系統各階段的比較請參考第六章表6.1。

TD-SCDMA 系統則使用 WCDMA 的核心網路架構，在無線傳輸技術上，提出載波頻寬較小的 1.28MHz 的技術，這個技術中，採用了許多先進的技術，在現階段較成熟的技術中，能提供良好的頻譜效率。TD-SCDMA 與 WCDMA TDD 比較請參考第六章表 6.2。

WCDMA 系統所能提供的傳輸速率較高，對於核心網路架構與服務架構的制訂較為完整，尤其對於與 GSM 為主的第二代系統之間的互連有相當完整的考量。但系統建置的成本高，使用的頻寬較大。cdma2000 系統傳輸速率較低，但載波頻寬僅 1.25MHz，對於頻帶的分配具有彈性。不過就目前已頒佈的標準看來，cdma2000 無線接取技術的成熟度較 WCDMA 為高，然而核心網路部分與服務部分，則較 WCDMA 為弱。

以台灣目前第二代行動通訊系統的建置情形來看，WCDMA 的引進，對目前第二代系統業者而言，能快速的提供第三代的服務，與 GSM/GPRS 系統之互連亦已有完整解決方案，對於國內環境較為適合。cdma2000 由於採取以 IS-95 系統升級，而考量國內並無該系統之業者，因此建置成本將提高，而 cdma2000 系統與 MAP 為基礎的網路互連，將需要較謹慎的評估與設計。

### ● IP-based AN 技術演進

#### ● ATM 技術部分

由資訊界之觀點，無論是位於核心網路或邊陲的 ATM layer 2 switch 均朝更大容量發展、及整合 ATM layer 3 switch 的方向進行，而 edge switch 更朝向具有整合多重服務之平台發展，使其功能趨於完備。ATM layer 3 switch 則往 MPLS 方向發展。至於未來骨幹網路將朝 GSR 或 TSR 方向快速發展。

由電信界之觀點，為因應寬頻之需求及網際網路之快速發展，須將現有交換設備提升為 Multi-service switch node 之功能，經提升後該交換機將具有 Broadband/Internet switch node，分別提供 ATM 界面：STM-1/4c/16c、OC-3/12c/48c、與 IP 界面：IP over ATM、IP over SONET/SDH、以及 STM-1/OC-3、E1/T1。並提供下列信號方式：ISUP、INAP CS1(Q.1218)/CS2(Q.1228)、MAP/CAMEL、PNNI、BISUP、ATMF3.1/4.0、DSS2、V5.2。並提供窄頻/寬頻以及 VoIP/VTOA 服務互運。

#### ● IPOA (含 MPLS、MPOA) 技術部分

主要包括 MPOA 及 MPLS 兩種協定，皆係解決現有 CLIP (Classical IP over ATM) 無法在不同 LIS 間傳送資料之問題而發展出來的，兩種技術都可達到快速傳送網路用戶資料的目的。MPOA 有較好的 QoS，但網路用戶數的擴充性 (scalability) 仍待克服；而 MPLS 則相對 MPOA 有較好的擴充性，但 QoS 仍待加強。MPOA 已於 1997 年 7 月完成 MPOA 1.0 版標準規格之制訂，目前正進行改良 1.0 版規格；而 MPLS 則於 1999 年第一季完成規格之制訂，至目前為止(2001/10/11)朝增訂 traffic engineering、loop prevention、explicit path setup 等機制，使其功能趨於完備。一般而言，骨幹網路之 edge 環境與未來 IP 化接取網路以採用 MPLS 較佳。

- IP over SDH/IP over WDM 技術部分

IP over SDH 技術主要概念為 IP/PPP/HDLC/SDH，以解決網際網路訊務量日益增加之問題。而 IP over WDM 則是一種新的技術。Cisco 公司於 1998 年 4 月聯合許多廠商成立 Optic Internetworking Forum，著手訂定相關的標準。

IP over SDH/WDM 主要是拜先進之應用積體電路 (ASIC) 技術之賜，引進 Terabit IP router 於 SDH/WDM 網路上提高傳送 IP 封包的速度。一般而言，IP over SDH/WDM 技術具有應用於核心網路的高度潛力。目前使用 IP over SDH 技術來建設網路的實例非常多，但大多使用於國際網接，例如：AT&T 和 KDD 利用 IP over SDH 之技術，在美國的舊金山和日本的東京架設一條 STM-1 的線路來做國際網際網路之互連。

一般而言，SDH/SONET 可藉由較複雜之訊務傳輸保護架構，提供較可靠之傳送服務及有效之客戶連接網管服務。所以，需要較高可靠度之 IP 服務 (如 VoIP) 多採用 IP over SDH 技術；但可靠度要求較低之 IP 服務則可採用 IP over WDM 技術。未來 SDH/SONET 之機能將被整合至數據網路設備及 WDM 網路設備之中，意味著 Standalone 之 SDH/SONET 之設備需求將下降，縱使該 SDH/SONET 有提供其他界面供其他網路界接之機能。在未來 IP 接取網路環境，因 IP over WDM 之技術將日益成熟發展，故現階段除了可採用 IP over SDH 技術外，未來將走向 IP over WDM 之 FTTH。

- VoDSL 與 VoIP 技術部分

VoDSL (Voice over DSL) 是在單一電話線上提供多路數位電話語音服務與數據服務。VoDSL 技術主要以 ATM 網路來傳送電話語音服務，它不同於傳統以 VTOA 支援語音服務之方式。在 DSL Forum 和 ATM Forum 以制訂 VoDSL 相關技術規範，以 Loop Emulation Service (LES) 取代 Circuit Emulation Service (CES)，同時以 AAL2 VBR-rt



載送語音和信令等訊務。目前 DSL Forum 和 ATM Forum 正積極制修訂 VoDSL 相關技術界面標準，包括 LES-EOC 和 Voice over Multiservice Broadband Networks 等。

目前在電信市場上，陸續有新興電信業者以 VoDSL 技術提供商用語音和數據服務，同時，一些傳統電信業者，亦積極進行商用前之實地測試。VoDSL 技術雖是以 ATM 技術為基礎之語音載送技術，但卻是可立即與傳統電信網路結合以提供高品質封包化語音服務之技術，除此之外，透過 VoMSN 相關技術之制訂，VoDSL 技術更可以有效的與新一代網路技術相結合。因此，有些傳統電信業者已將 VoDSL 技術視為無縫式網路封包化之重要技術之一。

在 VoIP (Voice over IP) 部分，目前有兩大主流信號標準：一是 ITU-T 制訂的 H.323，另一則是 IETF 與 ITU 共同制訂的 H.248 (MEGACO)，但 H.323 信號標準只提供不具保證之 QoS 等級的網路服務，仍無法滿足傳統語音之品質要求；而繼之而起的是 H.248 (MEGACO) 的信令標準，已於 2000 年第一季制訂完成，MEGACO 定義 multiplexing、3 way、call waiting 及 multimedia 等服務功能，並提供不具 IPSec 的網路安全保證，功能上較 H.323 為優。

目前許多跨國性的企業網路或聯盟多有採用 VoIP 技術提供長途及國際電話服務，並以 VoIP 提供 I-Phone 服務的業者及新興電信公司居多，傳統電信公司則以經濟電話或降低通話費率因應。而在 I-Phone 業務開放的國家，已有許多提供 PC-to-Phone 及 Phone-to-Phone 的服務。在 I-Phone 尚未開放的國家也有地下廠商提供非法服務，其話務通達國家遍佈全球五大洲重要國家及地區。

- IP 與 IN 技術結合之技術部分

IN 與 IP 將以 NNI/SS7 界面方式作為界接，以使市話網路 PSTN 及網際網路上之服務做最佳整合，目前採分散式信令 Gateway 及 Medium Gateway 架構提供上網、VoIP，並利用 Internet Web 技術以強化 PSTN 服務，以及利用 PSTN/IN 強化撥接上網之智慧型訊務分流控制等。技術上採用 SS7/ISUP over IP 之信號載送方式，而目前有 ITU-T SG 11、ETSI TIPHON、EURESCOM、IETF、Telcordia、IN Forum (INF)、Parlay 等團體進行技術規範之制訂。

表 10.1 xDSL 用戶屬性分析

技術	一般客戶	商務客戶	基礎網路應用
ADSL	✓	✓	
IDSL	✓	✓	
SDSL	✓	✓	
VDSL	✓	✓	
HDSL		✓	✓

## 10.2 建議與結論

近年來由於資訊交換需求急速增加，以及視訊、數據與多媒體服務的加速成長，不僅中繼傳輸網路已逐漸由 SDH/WDM 與路由器 (GSR/TSR/LSR) 網路所取代，接取網路亦須具備傳送寬頻資訊的特性，並逐漸朝 IP 化發展，以下針對各接取技術作一總結並列出幾點建議事項供參考，詳細內容可參考各章的建議與結論部分。

### 10.2.1 xDSL 接取技術

#### ● xDSL 應用對象

依據 xDSL 產品屬性的分析，如表 10.1 所示，HDSL 適用於商務及基礎網路，其餘則適用一般客戶及商務客戶。

#### ● xDSL 接取技術總結與建議

xDSL 技術為配合多樣服務之應用，DSLAM 已逐漸走向整合多種 DSL 模組 (如：ADSL full-rate、HDSL2、SHDSL 或 VDSL 等) 於單一平台。在功能方面，除提供多工與解多工之功能外，具有交換、IP 處理能力與 L2TP 接取集縮 (LAC) 能力也是發展重點之一。隨著市場 ADSL 大規模之建設，ADSL 整體維護測試能力益形重視，部分設備廠商已能將部份迴路測試模組併入 DSLAM，藉此該 DSLAM 可與其他相關維護測試設備界接，進而達成整體維運之目的。另外，廣泛提供流量管理機制以適當規劃服務等級之能力是 DSLAM 產品因應未來多樣服務 (如 VoD, VoDSL 等) 發展之重點。在 VoDSL 部份，由於 VoDSL 國際標準才剛剛定案，設備間之互運程度甚差，可預期的是，未來設備標準化將是 VoDSL 設備發展之趨勢。

而隨著 IP 網路技術之發展，網路分封化儼然成為必然之趨勢，但在任何網路演進之過程中，電話語音服務之提供便成為不可忽略之重要議題。分封化網路既是未來網

路發展之趨勢，如何在各個網路演進階段選擇適當之分封化語音技術，使其能以無縫式的提供現在與未來網路之電話語音服務。目前有許多不同技術可以提供分封化語音服務，但除以 ATM 技術為基礎之 VoDSL 技術外是大多無法滿足傳統電話語音品質之要求。因此現階段接取網路分封化語音技術將會是以 ATM-Based VoDSL 技術為主流。而隨著國際標準與工業界重要論壇相關技術標準之制定，以 Voice over Broadband Loop Emulation Service (LES) 技術將取代專屬性高之 ATM-Based VoDSL 技術，同時 LES-EOC 技術將成為 VoDSL 網管之主要標準界面技術。配合骨幹網路 IP 化程度之加深與 softswitch 設備功能和分封網路 QoS 能力之提升，接取網路分封化語音技術將演進至以 VoMSN (Voice over Multiservice Broadband Networks) 技術為主，同時提供傳統公眾電話網路與未來接取網路分封化語音服務。最後將朝向定達到全分封化接取網路。

### 10.2.2 光纖迴路接取技術

目前光纖接取網路以 IEEE 802.3 EFM (Ethernet in the First Mile) 所定義之 Gigabit Ethernet + VDSL 及 EPON (Ethernet PON) 為最新發展趨勢，將 Ethernet 網路由傳統之 LAN 型態延伸至接取網路。Gigabit Ethernet 主要應用於 layer 2 switch 上，亦可將 layer 3 routing 能力用於 GESW 上，同時各 GESW 可形成星狀或環狀架構，並以 RPR (Resilient Packet Ring) 方式達到網路備援能力。此種光網路系統，稱為 Optical Ethernet，但此種 FTTB+Ethernet 架構無法快速普及於一般用戶，因用戶接取網路仍為傳統銅線，且距離不能超過 100 公尺，因此 UNI 部分可結合 VDSL 技術來延伸 Ethernet 服務距離 (稱為 Ethernet over VDSL, EoVDSL)，可快速提供 IP-based 的應用服務。另外 EPON 架構則是提出在 PON 架構上應用 Ethernet 技術，目前 IEEE 802.3 EFM 正擬訂規格中。

### 10.2.3 無線接取技術

國內行動電話普及率於 90 年 10 月已接近 90%，於全球中名列前茅，語音用戶之成長將逐漸趨向飽和。未來國內行動通信之市場競爭將逐漸朝向兩大趨勢發展，其一是從以往語音市場逐漸朝向行動數據增值服務市場，其二則是從以往追求用戶數目之增加逐漸朝向追求實質服務營收之增加。

無線應用通信協定 (WAP) 目前在國內推廣情況不佳，除了 WAP 1.x 本身之因素外，另一因素在於行動通信系統仍未能提供分封數據傳輸能力。在 WAP 發展方面，

NTT DoCoMo 與 Ericsson 等公司正合作提出 WAP-NG 之規格提案，建議將標記語言從現行之 WML 改為 xHTML，以改善其與有線網際網路網站內容之互通性，此外並增加 W-TCP 通信協定以增加其功能，預期 WAP Forum 將接受此提案。配合 GPRS 之逐漸成熟，行動上網、行動商務等加值服務將成為 90 年以後各業者之競爭焦點。

目前 GSM 系統提供之數據傳輸速率僅為 9.6 Kbps，且仍為電路式交換(circuit switch) 方式。為使 GSM 系統在第三代行動通信系統出現以前能滿足高速行動數據傳輸之需求，GPRS 已成為目前最受矚目之技術。

### 10.2.4 3G 接取網路之建議

未來，第三代行動接取網路的 IP 化趨勢，將帶來服務、網路架構上的巨大改變，衍生的問題必須要審慎處理。在 IP 化的趨勢之下，網路主要的改變主要可以從幾個方向來看：MIP 服務所帶來的漫遊問題、多媒體服務 IP 化、IP 網路之間的互連問題、短訊服務中心的設立、傳輸網路 IP 化以後的問題，以及 IP 位置管理、定位服務的問題。除此之外，由於 WCDMA 與 cdma2000 各個階段系統所需要的頻寬需求不同，加以 TDD 系統所需的頻寬亦不相同，因此未來進一步開放 3G 系統頻寬時，宜考量實際系統的頻寬設定為宜。

#### ● MIP 服務所帶來的漫遊問題

靜態 IP 服務是未來 IP 化服務的基本服務，目前每個標準都已有完善的規定，然而，未來系統將提供 IPv4 與 IPv6 的 IP 服務，當網路業者之間 IP 版本不同之時，業者之間必須要架設 Tr-GW(轉換閘道器)使得任何 IP 版本的使用者皆可與外界網際網路相連，不因該系統業者使用特定的 IP 版本受影響。另外，由於每個系統在不同服務階段可提供不同 IP 版本的服務，使用者的用戶端設備必須與系統配合，因此總局宜規範業者核心網路之 IP 服務能力，以確保使用者使用 IP 服務時之權益。

MIP 服務亦為未來 3G 服務的重要一環，目前不同系統發展階段可提供 MIPv4 或 MIPv6 的服務，然而不同版本的 MIP 服務將影響核心網路的架構與漫遊的方式，例如 MIPv4 的用戶端設備在進行漫遊時，需要由網路的 FA 作為 COA 的管理節點；然而當用戶端具備 MIPv6 的能力時，COA 應由用戶端自行依照 IPv6 的協定設定，並由端點進行路由選擇的功能。因此在不同階段的系統，宜定義業者網路設備需要的能力，以滿足使用者的需求。除此之外，為提供使用者無縫隙的服務，當任意使用者漫遊到不

同的網路時，系統業者必須進行認證、授權、以及漫遊信息控制等工作，從前面章節的敘述中我們可以發現，目前不同系統對認證所建議的網路安全機制並不一致，這將造成未來服務提供的問題。

### ● 多媒體服務 IP 化的問題

另外，多媒體通訊亦為第三代系統重要的特色。WCDMA 將提供 IP 化的多媒體服務，在終極階段中，CSCF 將扮演 IP 多媒體服務控制伺服器的角色，未來業者可選擇 SIP 或 H.323 等作為連線控制的協定。cdma2000 目前尚未明確定義多媒體服務之架構，但依照 MWIF 之建議，未來 cdma2000 亦將多媒體服務 IP 化，並將所需要的功能實體融入核心網路架構設計。由於系統業者並未強制規定使用特定的連線控制協定，或者在不同系統佈設階段可提供線路交換式、或分封交換式的多媒體服務；當多媒體服務使用者跨系統漫遊時，亦可能發生使用者無法在漫遊網路上取得原系統所提供的連線服務的問題。因此，若能訂定每個網路基本的多媒體服務控制基本能力，對於多媒體服務使用者而言，將擁有較明確的設備選擇方向，在漫遊時較為容易取得連續性的服務。

### ● 短訊服務中心的設立問題

短訊服務未來仍將成為極為重要的項目之一。WCDMA 系統將短訊服務中心規定在系統之外，可由系統業者自行架設、或尤其他服務提供業者自行架設；cdma2000 亦採取相同的規定，但在短訊服務規範中有較明確的規定。未來，短訊服務中心的設置、以及第二代、第三代行動通訊系統之間短訊服務中心的連結，將成為非常重要的問題。除此之外，目前第三代系統所定義的短訊服務將擴展到文字短訊、與語音短訊以外的服務，包括圖像、多媒體、WAP 等，短訊服務中心勢必擴增處理的能力，對於不同業者提供不同能力網路之互連問題，應進一步研究討論。

### ● 傳輸網路 IP 化以後的問題

未來，第三代系統將朝向傳輸網路 IP 化的方向進行，當傳輸網路 IP 化之後，將對現行行動通訊網路造成新的影響。首先，IP 傳輸網路可能不是可信賴網路 (non-trust)，因此網路安全將成為重要的課題。另外，使用傳輸網路 IP 化之後，如果無法進行良好的設計與管理，IP 網路傳輸多媒體服務將造成服務品質下降的問題。因此，IP 化傳輸網路是否需要進一步規範其安全性與傳輸品質，應進一步討論。除此之外，WCDMA 在 Rel-4 版本以後，傳輸網路將採用 IPv6 的傳輸協定，這將有助於服務

品質、網路管理的進行與維護，然而在整個 WCDMA 系統中所有設備將分配一個以上的 IPv6 位置，同時為了要提供 IPv6、MIPv6 的服務，IPv6 位置亦需要進行不同業者的分配與規劃。因此，IP 位置的預先規劃與管理，也將是一個重要的問題。

最後，在第三代系統中，號碼可攜性 (number portability)、定位服務 (LCS)、虛擬起始環境 (VHE) 都是未來標準中訂定的服務，國內是否開放這些服務、以及開放後，業者之間提供這些服務所需要架設的系統設備、互連問題、以及提供方式，都需要更進一步討論。

### 10.2.5 SNI/UNI 界面採用技術與標準之建議

隨著用戶寬頻多媒體服務需求之快速成長，網路頻寬需求將日益迫切，而目前在網路技術發展上，除了在骨幹網路上朝寬頻 IP/ATM 上發展外，於既有 PSTN 網路亦同時由傳統的 TDM 交換機汰換演進至分封式的 IP/ATM 交換機。

近年來 IP 交換機技術已日益成熟，從早期的 IP based PBX，到現今多數電信廠商亦皆提供適合傳統電信公司使用的 IP/ATM based 市話交換機，如：Lucent 7R/E packet local solution、Nortel Succession UE9000、Siemens Surpass HiA、Alcatel A1000 softswitch 及 Sonus GSX9000 等，這些用戶端接取交換機可同時滿足用戶各種電信服務的需求，如 POTS、ISDN、XDSL、專線等不同應用及頻寬速率，並將訊務及話務轉換成 IP/ATM 形式，再傳送至中繼骨幹網路上，而其中最大的特色是有效分流處理 TDM 語音資料及上網數據資料，徹底解決交換機擁塞問題。有些廠商另外提出 softswitch 的產品，以做為 PSTN 網路與 IP/ATM 網路之間信號控制的橋樑，皆為達成提昇網路傳輸品質及效率之目的。

考量 IP-based 接取網路演進之趨勢與現存電信網路之架構，未來接取網路界接 SNI/UNI 界接界面採用之主要技術及標準建議如下：

- V5 技術與界面：連接傳統公眾電話交換機與接取節點設備 (如 FITL AN、Media Gateway 和 Call Agent 等)，相關標準制訂於 ITU-T G.964 與 G.965。
- POS/WDM 技術與界面：以 POS/WDM 技術在光纖用戶迴路 (FITL) 建構環狀網路，提供寬頻全方位服務，相關標準制訂於 ITU-T G 系列標準，包括 G.707、G.783、G.803 與 G.957 等。
- 超高速乙太網路技術與界面：以超高速乙太網路技術連結都會區網路或提昇

光纖用戶迴路之成本經濟效益，相關標準制訂於 IEEE 802.1, IEEE 802.2 與 IEEE 802.3。

- xDSL/ATM 技術與界面：為接取網路光纖化前之主要寬頻接取技術，包括 ADSL 技術、SHDSL 技術與 VDSL 技術，亦是用戶迴路光纖化後，家庭網路重要技術之一。ITU-T 已完成 ADSL、SHDSL 之標準制定，VDSL 標準 (ITU-T G.993.1) 的部分現正進行中。
- Access Gateway 技術 (H.248、SIP、H.323)：為新一代接取網路技術，藉以連結分封化骨幹網路與接取網路，相關標準有 ITU-T H.248、SIP、H.323 與 MGCP 等。
- CWDM/DWDM/WWDM 技術：為新一代寬頻接取網路技術，可作為未來都會區光化網路主要技術之一，提昇接取網路頻寬與彈性，滿足多媒體影音服務之需求。

### 10.2.6 All-IP Core Network 對各個接取技術與網路架構的影響

Core Network 預估在近年內將完全 IP 化，接下來則是 Backbone Network，然後才是接取網路，而相關的 SNI 界面亦以 IP 型式的界面出現。而 Core Network IP 化後，xDSL 接取網路將朝向建置 IP DSLAM，現有之 ATM-based DSLAM 將不再建置，只保留其功能繼續提供服務直至下一階段汰換為止。Cable Modem 接取網路則無大變化，因有線電視業者大部分同時經營 ISP，是故其頭端設備均已完成 IP 化，未來只須提高界面傳輸容量即可。3G 接取網路一開始即定位在全 IP 化，是以無相關需要之探討，而光接取網路方面亦然。在網路架構的影響方面，只要相關之 SNI 界面能升級並完成 IP 化，則不會有任何影響。

## 10.3 參考文獻

- [1] Y. Maeda and R. Feigel, "A Standardization Plan for Broadband Access Transport Network," IEEE Commun. Mag., vol. 39, pp. 166-172, 07/2001
- [2] ITU-T G.902, "Framework Recommendation on functional access networks (AN) - Architecture and functions, access types, management and service node aspects," 11/1995, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&parent=T-REC-G.902>
- [3] ETSI (European Telecommunications Standards Institute), <http://www.etsi.org/>
- [4] TM (Transmission & Multiplexing, ETSI), <http://portal.etsi.org/tm/>
- [5] ETSI Publications Download Area, <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>
- [6] ETSI ETS 300 324-1 ed 1, "V interfaces at the digital Local Exchange (LE);V5.1 interface for the support of Access Network (AN);Part 1: V5.1 interface

- specification," 02/1994, <http://pda.etsi.org/pda/AQuery.asp>
- [7] ITU-T G.964, "V-Interfaces at the digital local exchange (LE) - V5.1-Interface (Based on 2048 kbit/S) for the support of access network (AN)," 03/2001, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-G.964>
  - [8] ITU-T G.965, "V-Interfaces at the digital local exchange (LE) - V5.2 interface (Based on 2048 kbit/s) for the support of access network (AN)," 03/2001, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-G.965>
  - [9] ITU-T G.931, "ISDN user-network interface layer 3 specification for basic call control," 05/1998, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-Q.931>
  - [10] ITU-T H.225.0, "Call signalling protocols and media stream packetization for packet-based multimedia communication systems," 11/2000 pre-published, <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-H.225.0>
  - [11] ITU-T H.323, "Packet-based multimedia communications systems," <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=products&lang=e&parent=T-REC-H.323>
  - [12] IETF (The Internet Engineering Task Force), <http://www.ietf.org/>
  - [13] ITU-T Study Group 16, <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com16/>
  - [14] IETF RFC 2885, "Megaco Protocol Version 0.8," 08/25/2000, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2885.txt>
  - [15] IETF RFC 2543, "SIP: Session Initiation Protocol," 03/16/1999, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt>
  - [16] GR-909, "Generic Criteria for Fiber in the Loop Systems," Telcordia Technologies, 03/2000, <http://telecom-info.telcordia.com/site-cgi/ido/docs.cgi?ID=129538726D000877&KEYWORDS=GR-909&TITLE=&DOCUMENT=&DATE=&CLASS=&COUNT=1000>
  - [17] ATM Forum, <http://www.atmforum.org>



# 索引、縮寫、中英文名詞對照

10GbE  
10 Gigabit Ethernet .. 5-2  
10GEA  
10 Gigabit 超高速乙太網路聯盟 .. 5-32  
2B1Q  
2 Binary 1 Quaternary .. 2-4  
3C  
Communication, Computer and Content .. 1-5  
3G  
Third Generation, 第三代行動通訊系統 .. 1-6  
3GPP2  
3rd Generation Partnership Project number 2, 第三代通訊系統發展同盟計畫 2 .. 6-2  
3GPP  
3rd Generation Partnership Project, 第三代通訊系統發展同盟計畫 .. 6-2

## A

AAA  
Authentication, Authorization and Accounting, 認證、授權及計帳 .. 2-15, 6-10, 8-6  
AC  
Authentication Center, 認證中心 .. 6-26  
access channel MAC protocol  
接取通道 MAC 協定 .. 6-36  
access network  
接取網路 .. 2-1  
access stratum  
無線接取網路部分 .. 6-6  
ACF  
Association Control Function, 相關控制功能 .. 8-11  
acknowledgement mode  
確認模式 .. 6-23  
ACL  
Asynchronous ConnectionLess packet .. 7-8  
ad hoc committee  
專門委員會 .. 6-2  
Ad Hoc wireless LAN  
無基礎架構之無線區域網路 .. 8-2  
adaptive equalizer

適應性等化器 .. 5-24  
address management protocol  
位址管理協定 .. 6-35  
ADM  
Add-Drop Multiplexer, 塞取多工機 .. 4-5  
ADPCM  
Adaptive Differential Pulse Code Modulation .. 2-9  
ADS  
Active Double Star, 主動式雙星形 .. 10-1, 4-6  
ADSL  
Asymmetric Digital Subscriber Line, 非對稱式數位用戶迴路 .. 2-2  
AES  
Advanced Encryption Standard .. 5-28, 8-15  
AFC  
Adaptive Frequency Hopping, 動態跳頻 .. 8-15  
AG  
Access Gateway, 接取閘道器 .. 9-21  
air interface types  
空中界面形態 .. 6-3  
air link management protocol  
無線鏈結管理協定 .. 6-35  
AMCS  
Adaptive Modulation and Coding Schemes, 適應性調變編碼 .. 6-23  
AN-AAA  
Access Network-AAA, 接取網路之 AAA .. 6-29  
AN-SMF  
Access Network System Management Function .. 1-3  
AN  
Access Network, 接取網路 .. 5-6, 6-34  
ANI  
Access-Network Interface .. 1-4  
ANSI  
American National Standards Institute, 美國國家標準局 .. 6-2  
AON  
All Optical Network, 全光化

網路 .. 4-13  
AP  
Access Point, 接取點 .. 8-2  
AP  
Application Part, 信息應用部分 .. 6-14  
API  
Application Programming Interface, 應用程式介面 .. 7-10, 9-14  
APON  
ATM-based Passive Optical Network .. 4-8  
application layer  
應用層 .. 6-34  
application plane  
應用層 .. 2-19  
ARIB  
Association of Radio Industries and Businesses, 無線工商協會 .. 6-2  
ARQ  
Automatic Retransmission reQuest, 自動要求重傳 .. 6-32  
ASIC  
應用積體電路 .. 10-4  
ASS  
Active Single Star, 主動式單星形 .. 4-6  
AT  
Access Terminal, 接取網路 .. 6-34  
ATM-PON  
ATM-based Passive Optical Network .. 4-8  
ATM  
Asynchronous Transfer Mode, 非同步傳輸模式 .. 4-8, 6-5  
ATMF  
ATM Forum .. 10-3  
ATU-C  
ADSL Termination Unit - Central Office .. 2-12  
ATU-R  
ADSL Termination Unit - Remote .. 2-12  
AuC  
Authentication Center, 認證中心 .. 6-19  
authentication protocol

認證協定 .. 6-36

authentication  
認證 .. 3-11

authorization  
授權 .. 3-11

## **B**

BAN  
Broadband Access Network ..  
8-8

BAR  
Broadband Access Router ..  
8-8

BAS  
Broadband Access Sever, 寬頻  
接取伺服器 .. 2-14

baseband module  
基頻模組 .. 6-6

BBSS  
Broadband Service System ..  
8-6

bidirectional  
雙向 .. 8-4

BISUP  
Broadband ISDN User Part ..  
10-3

BLES  
Broadband Loop Emulation  
service .. 2-19

Bluetooth  
藍芽 .. 1-6

BMC  
Broadcast and Multicast  
Control, 廣播/點對多點控  
制 .. 6-21

BMG  
Broadband Management  
Gateway .. 8-8

BRAIN  
Broadband Radio Access for  
IP-based Network .. 8-8

BRAN  
Broadband Radio Access  
Network, 寬頻無線接取網  
路 .. 6-21

broadcast domain  
廣播網域 .. 5-21

broadcast storm  
廣播風暴 .. 5-20

broadcasting  
廣播 .. 4-5

BRSS  
Broadband Roaming  
Settlement System .. 8-6

BSC  
Base Station Controller, 基地

台控制器 .. 6-25

BSS ID  
BSS 識別碼 .. 8-2

BSS  
Base Station Subsystem .. 7-8

BSS  
Base Station System, 基地台  
系統 .. 6-25

BSS  
Basic Service Set, 基本服務  
區 .. 8-2

BT  
Bluetooth Terminal .. 7-8

BTS  
Base Transceiver System, 基  
地台 .. 6-25

burst technology  
快衝技術 .. 2-10

burst  
訊爆 .. 5-8

burstiness  
訊爆性 .. 7-5

bus  
匯流排 .. 4-5

## **C**

C-plane  
Control-plane, 控制平面 ..  
6-21

cabinet  
機房 .. 4-6

cable modem  
纜線數據機 .. 3-1

CAC  
呼叫允諾控制 .. 5-37

call-control plane  
通話控制層 .. 2-19

CAMEL  
Customized Applications for  
Mobile Enhanced Logic .. 10-3

CAP  
CAMEL Application Protocol ..  
6-20

CAP  
Carrierless Amplitude and  
Phase Modulation, 無載波調  
幅調相調變 .. 1-6, 2-3

carrier extension  
載波延伸 .. 5-6

CATV network  
有線電視網路 .. 3-1

CATV  
Cable TeleVision, 有線電視 ..  
4-7, 5-42, 5-54

CC

Call Control, 通話控制 ..  
6-21

CCPCH  
Common Control Physical  
CHannel, 共通控制實體通  
道 .. 6-37

CDMA  
Code Division Multiple Access,  
分碼多重接取 .. 6-4

CDSL  
Comsumer DSL .. 2-6

cell search  
細胞搜尋 .. 6-22

CES  
Circuit Emulation Service ..  
10-4

CF  
Core Function .. 1-3

CHAP  
Challenge Handshake  
Authentication Protocol .. 6-27

chip rate  
片元速率 .. 6-38

CIMO  
Cisco Internet Mobile Office ..  
8-5

CIP  
Composite IP, 混合 IP .. 6-14

circuit switch  
電路式交換 .. 10-8

CLASS  
Custom Local Area Signaling  
Services .. 7-16

CLEC  
Competitive Local Exchange  
Carrier .. 4-20

CLIP  
Classical IP over ATM .. 10-4  
close loop synchronization control  
閉迴路同步控制 .. 6-37

CM  
Call Mangement, 通話管理 ..  
6-30

CMCI  
Cable Modem to Customer  
Premise Equipment Interface ..  
3-9

CMS  
Call Management Server .. 3-9

CMTS  
Cable Modem Termination  
System .. 3-5

CO  
Central Office, 局端 .. 2-1,  
4-3, 5-1

COA  
Care Of Address .. 6-7

coaxial cable  
同軸電纜 .. 4-2

code channel  
碼通道 .. 6-23

code rate  
編碼比例 .. 6-34

coexistence  
共存 .. 8-14

computing device  
電腦裝置 .. 7-1

connected state protocol  
連線狀態協定 .. 6-36

connection-oriented  
連線導向 .. 8-4

control channel MAC protocol  
控制通道 MAC 協定 .. 6-36

convergence layer  
收斂層 .. 8-11

convolutional code  
迴旋碼 .. 6-22

core network  
核心網路 .. 4-1, 6-6, 8-8

CP  
Control Point .. 7-6

CPE  
Customer Premieres  
Equipment, 用戶終端設備 ..  
2-9

CPN  
Customer Premises Network ..  
9-2

cross talk  
串音 .. 7-18

CS-MGW  
Circuit Switched Media  
GateWay, 線路交換式多媒體  
閘道器 .. 6-10

CS-SGW  
Circuit Switched Signaling  
GateWay, 線路交換式信息閘  
道器 .. 6-10

CS  
Circuit Switched, 線路交換  
式 .. 6-5

CSCF  
Call State Control Function,  
連線狀態控制功能 .. 6-11

CSMA/CA  
Carrier Sense Multiple  
Access/Collision Avoidance ..  
7-5, 8-3

CSMA/CD  
Carrier Sense Multiple  
Access/Collision Detect .. 5-6

customer network  
用戶端網路 .. 4-16

CVoDSL  
Channelized Voice over DSL ..  
2-8

CWTS  
China Wireless  
Telecommunication Standard,  
中國無線通訊標準研究組 ..  
6-2

**D**

data gateway  
數據閘道器 .. 2-8

data link layer  
資料鏈路層 .. 5-7, 6-21

data service entity  
數據服務功能實體 .. 6-32

data-link layer  
資料鏈結層 .. 3-11

DAVIC  
Digital Audio Visual Council ..  
1-4

DAVIC  
Digital Audio Visual  
Interoperability Consortium ..  
3-6

DCC  
DLC Connection, DLC 連線  
控制 .. 8-11

DCF  
Distributed Coordination  
Function, 分散協調式功能 ..  
8-3

DCTF  
Digital Cross-Connect and  
Transmission Facility, 數位交  
接與傳輸設施 .. 4-5

DECT  
Digital European Cordless  
Telephone, 歐規數位無線電  
話 .. 1-6, 7-5

dedicated  
專屬型 .. 4-4

default packet application  
預定信息應用 .. 6-34; 預定  
封包應用 .. 6-34

delay jitter  
傳送延遲變異 .. 5-35

DEMUX  
解多工 .. 4-7

DES  
Data Encryption Standard ..  
3-13, 5-28

device access technology  
裝置接取技術 .. 7-9

DHCP  
Dynamic Host Configuration

Protocol, 動態主機配置協  
定 .. 7-11

DI  
Distributed Interface .. 9-2

DiffServ  
Differential Service, 差別式服  
務 .. 5-31

distribution point  
分配點 .. 4-7

diversity  
分集 .. 6-24

DLC layer  
Data Link Control layer, 資料  
鏈結控制層 .. 8-11

DLC  
Digital Loop Carrier, 數位迴  
路載波機 .. 2-12, 4-21

DMT  
Discrete MultiTone, 離散多重  
音調 .. 1-6, 2-3

DNI  
Distributed network  
intelligence, 分散式網路智  
慧 .. 9-14

DOCSIS  
Data-Over-Cable Service  
Interface Specification, 纜線  
數據服務界面規格 .. 3-7

Domain Name  
網域名稱 .. 5-41

DPT  
Dynamic Packet Transport ..  
4-10

DRC  
reverse link Data rate Request  
Channel, 速率要求通道 ..  
6-34

drop  
引進線 .. 3-3

DS  
Distribution System, 分散式  
系統 .. 8-2

DSCH  
Downlink Shared Channel, 下  
行共享通道 .. 6-23

DSL  
Digital Subscriber Line, 數位  
用戶迴路 .. 2-1

DSLAM  
DSL Access Multiplexer, DSL  
接取多工器 .. 2-2

DSP  
數位信號處理 .. 5-24

DSS2  
Digital Subscriber Signalling  
System No. 2 .. 10-3

DSSS  
Direct Sequence Spread  
Spectrum, 直接序列展頻 ..  
8-3

DVB  
Digital Video Broadcasting, 數  
位視訊廣播 .. 3-7

DWDM  
Dense-Wavelength Division  
Multiplexing, 密集分波多  
工 .. 4-10

dynamic frequency selection  
動態頻率選擇 .. 8-11

## E

EC protocol  
Error Control protocol, 錯誤控  
制協定 .. 8-11

ECCA  
European Cable  
Communication Association,  
歐洲纜線通訊聯盟 .. 3-7

echo cancellation  
回音消除 .. 5-24

ECTF  
Enterprise Computer  
Telephony Forum .. 9-16

EDGE  
Enhanced Data-rate for GSM  
Evolution .. 1-6, 6-21

EFM  
Ethernet in the First Mile ..  
10-7, 5-2

EIR  
Equipment Identity Register,  
用戶註冊實體 .. 6-26

embedded operations channel  
嵌入式運作通道 .. 3-19

EMC  
ElectroMagnetic Compatibility,  
電磁相容檢測 .. 4-18

encryption protocol  
解碼協定 .. 6-36

EoVDSL  
Ethernet over VDSL .. 5-24

EPON  
Ethernet PON .. 10-7

ESN  
Enhanced Security Network ..  
8-15

ESS  
Extended Service Set, 延展服  
務區 .. 8-3

Ethernet hub  
乙太集線器 .. 5-2

Ethernet switch

乙太交換機 .. 5-2

Ethernet  
乙太網路 .. 5-1

ETSI  
European Telecommunications  
Standards Institute, 歐洲通訊  
標準組織 .. 6-2

## F

FA  
Foreign Agent, 外地代理站 ..  
10-8, 6-7

family of system  
系統家族 .. 6-1

Fast Ethernet  
高速乙太網路 .. 5-1

fast power control  
快速功率控制 .. 6-22

FCS  
Fest Cell Selection, 快速細胞  
選擇 .. 6-23

FDD  
分頻雙工 .. 6-1

FDF  
Fiber Distribution Frame, 光  
纖分配架框 .. 4-5

FDM  
Frequency Division Multiplex,  
分頻多工 .. 7-3

FEA  
Fast Ethernet Alliance, 高速乙  
太網路聯盟 .. 5-32

FEC  
Forward Error Correction, 單  
向錯誤更正 .. 5-24

feeder fiber  
饋光纖 .. 4-7

feeder point  
幹線點 .. 4-24

feeder  
饋纜 .. 3-3

FEXT  
Far End Cross-talk, 遠端串  
音 .. 5-24

field trial  
實地測試 .. 10-2, 4-16

filter  
濾波器 .. 7-2

FITB  
Fiber In The Building, 大樓內光  
纖 .. 4-4

FITL  
Fiber In The Loop, 光纖用戶  
迴路 .. 1-6, 4-2

flow control  
流量控制 .. 5-6

FN  
Fiber Node, 光纖節點 .. 3-3

forward error-correcting codes  
前向誤碼更正 .. 3-12

forward traffic channel MAC  
protocol  
下行運輸通道 MAC 協定 ..  
6-36

Forward Traffic Channel  
下行運輸通道 .. 6-34

FP  
Frame Protocol, 訊框協定 ..  
6-14

frame burst  
訊框爆發 .. 5-6

frame format  
訊框格式 .. 5-2

Frame Relay  
訊框轉送 .. 2-5

frame  
訊框 .. 6-23

FSAN  
Full Service Access Network,  
全方位服務接取網路 .. 1-5,  
4-2, 5-26

FTP  
File Transfer Protocol .. 2-3

FTTB  
Fiber To The Building, 光纖到  
大樓 .. 2-6, 4-2

FTTC  
Fiber To The Curb, 光纖到近  
鄰 .. 2-6, 4-2

FTTCab  
Fiber To The Cabinet .. 4-16,  
5-26

FTTD  
Fiber To The Desk, 光纖到  
桌 .. 4-4, 5-17

FTTH  
Fiber To The Home, 光纖到  
府 .. 2-1, 3-20, 4-2, 5-17

FTTN  
Fiber To The Neighborhood,  
光纖至近鄰 .. 3-20

FTTx  
Fiber To The x .. 4-2

full-duplex point-to-point link  
全雙工點對點鏈路 .. 5-6

## G

gateway  
閘道器 .. 5-43, 5-55, 8-3

GBE switch  
Gigabit Ethernet switch,  
Gigabit 乙太交換機 .. 5-2

GbE  
Gigabit Ethernet, 超高速乙太  
網路 .. 5-1

Gbps  
gigabit per second .. 5-4

GEA  
Gigabit Ethernet Alliance, 超  
高速乙太網路聯盟 .. 5-32

GENA  
Generic Event Notification  
Architecture .. 7-11

GERAN  
GPRS/ EDGE Radio Access  
Network, GPRS 及 EDGE 無線  
接取網路 .. 6-21

GESW  
Gigabit Ethernet Switch .. 10-7

GGSN  
Gateway GPRS Support Node ..  
6-6

GII  
Global Information  
Infrastructure .. 1-2

GK  
Gate Keeper .. 6-11

GMI  
Gigabit Medium Independent  
Interface, 超高速媒介無關介  
面 .. 5-7

GMSC  
Gateway MSC .. 6-6

GPRS  
General Packet Radio Service,  
通用封包無線電服務 .. 1-6,  
6-6

GSM  
Global System for Mobile  
communications .. 6-4

GSM MAP  
GSM Message Application  
Protocol, GSM 信息應用協  
定 .. 6-24

GSR  
Gigabit Switching Router .. 9-1

## H

H-ARQ  
Hybrid Automatic Repeat  
reQuest, 混和式自動要求重  
送 .. 6-23

HA  
Home Agent, 起始網路代理  
站 .. 6-7

half duplex share collision domain  
半雙工共享衝撞網域 .. 5-6

handover  
遞移 .. 8-11

handshake  
交握 .. 2-5

HDLC  
High-level Data Link Control,  
高階數據鏈結控制 .. 6-14

HDR  
High Data Rate, 高速數據傳  
輸 .. 6-33

HDSL2  
High bit rate Digital Subscriber  
Line 2nd Generation .. 2-5

HDSL  
High data rate Digital  
Subscriber Line .. 2-4

HDT  
Host Digital Terminal, 主數數  
位終端 .. 10-1, 4-5

HDTV  
High Definition TeleVision, 高  
畫質電視 .. 2-6

Head-End  
頭端 .. 5-3

headend  
頭端 .. 3-2

header  
標頭 .. 4-12, 6-34

HFC  
Hybrid Fiber Coaxial, 混合光  
纖同軸電纜 .. 1-6, 3-1, 4-3

HLR  
Home Location Register, 起始  
位置註冊實體 .. 6-26, 8-7

Home Ethernet  
家庭乙太網路 .. 7-18

home network  
家庭網路 .. 1-6

HomePNA  
Home Phoneline Networking  
Alliance .. 7-2

HomeRF  
家庭無線網路 .. 1-6

hook and extension  
通訊協定掛勾延伸 .. 6-28

HPA  
HomePlug Powerline Alliance ..  
7-4

HS-DSCH  
High Speed Downlink Shared  
Channel, 高速下行共享通  
道 .. 6-23

HSDPA  
High Speed Data Packet

Access, 高速數據封包接取 ..  
6-23

HSS  
Home Subscriber Server, 啓始  
網路用戶伺服器 .. 6-10

HSSG  
High Speed Study Group ..  
5-32

HTTPMU  
Multicast variant of HTTP ..  
7-11

HTTTPU  
Unicast variant of HTTP .. 7-11

hub  
集線器 .. 7-2

## L

IA  
Information Appliance, 資訊  
家電產品 .. 8-13

IAD  
Integrated Access Device, 整  
合接取設備 .. 2-8

idle state protocol  
閒置狀態協定 .. 6-35

IDSL  
ISDN DSL .. 2-6

IETF  
Internet engineering task  
force .. 6-3

IGSN  
Internet GPRS Support Node ..  
6-12

IM subsystem  
Internet Multimedia subsystem,  
IM 子系統 .. 6-10

IM  
Internet Multimedia, 網際網  
路多媒體 .. 6-10

IMMGW  
Internet Multimedia Media  
GateWay, 網際網路多媒體閘  
道器 .. 6-20

IMT-DS  
IMT2000 direct spread .. 6-1

IMT-FT  
IMT2000 frequency time .. 6-1

IMT-MC  
IMT2000 multi-carrier .. 6-1

IMT-SC  
IMT2000 single carrier .. 6-1

IMT-TC  
IMT2000 time code .. 6-1

In-line Filter  
線上濾波器 .. 2-4

IN

Intelligence Network, 智慧型網路 .. 9-14

INAP  
IN Application Protocol, 智慧型網路應用協定 .. 10-3

indoor  
室內 .. 1-6

INF  
IN Forum .. 10-5

infrastructure wireless LAN  
有基礎架構之無線區域網路 .. 8-2

Infrastructure  
基礎網路 .. 3-17

initialization state protocol  
初始狀態協定 .. 6-35

integrated  
整合型 .. 4-5

intelligent scheduling  
動態排程 .. 8-15

Internet Phone  
網際網路電話 .. 3-20

interoperability  
互運能力 .. 10-1, 3-18

IOS  
InterOperability Specification, 交互營運標準功能實體 .. 6-25

IP access network  
IP 接取網路 .. 1-3

IP  
Internet Protocol, 網際網路協定 .. 1-6, 6-2

IPCDN  
IP over Cable Data Network, IP 數據纜線網路 .. 3-9

IPDC  
IP Device Control .. 9-9

ISDN  
Integrated Services Digital Network, 整體服務數位網路 .. 6-28

ISM  
Industrial, Scientific, Medical .. 8-3

ISP  
Internet Service Provider, 網際網路服務業者 .. 2-2, 5-1

ISUP  
ISDN User Part, ISDN 用戶部 .. 10-3

ITU-R  
International Telecommunication Union-Radio, 國際電信聯盟-

無線通訊 .. 6-21

ITU-T  
International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector, 國際通訊標準組織 .. 6-1

ITU  
International Telecommunication Union, 國際電信聯盟 .. 2-5, 6-2

IV  
Initialization Vector .. 8-15

IVR  
Interactive Voice Reply .. 9-15

IW MSC  
InterWorking MSC .. 6-8

IWF  
InterWorking Function, 交互連結功能 .. 6-27

IWU  
InterWorking unit .. 6-15

**J**

JAIN  
Java API for the Integrated Network .. 9-16

Java VM  
Java Virtual Machine .. 7-10

**K**

key exchange protocol  
密鑰交換協定 .. 6-36

key  
密鑰 .. 3-14, 6-6

**L**

L2CAP  
Logical Link Controller and Adaptation Protocol .. 7-14

L2TP  
Layer Two Tunneling Protocol .. 10-6, 2-14, 5-19, 5-45, 5-57

LAA  
L2TP Access Aggregation .. 2-14

label  
標籤 .. 6-14

LAC sublayer  
鏈路接取控制子層 .. 6-31

LAC  
L2TP Access Concentrator .. 10-6, 2-14

LAC

Link Access Control, 鏈路接取控制 .. 6-30

LAN  
Local Area Network, 區域網路 .. 5-1

latency insensitive  
延遲不敏感 .. 3-12

latency sensitive  
延遲敏感 .. 3-12

LCS  
LoCation Service, 定位服務 .. 10-10, 6-40

LEAP  
Lightweight Extensible Authentication Protocol .. 8-15

LEC  
Local Exchange Carrier .. 4-20

LES  
Loop Emulation Service .. 10-4

link layer  
鏈路層 .. 2-11, 6-31

link  
鏈路 .. 2-17

LIPE  
lightweight IP Encapsulation, 輕量 IP 概括 .. 6-14

LLC  
Logical Link Control, 邏輯鏈路控制 .. 5-7

LMDS  
Local Multipoint Distributed System, 區域多點傳輸系統 .. 1-6

LNS  
L2TP Network Server .. 2-14

Local Exchange  
網路交換端 .. 9-4

logical channel  
邏輯通道 .. 6-23

low-tier mobile system  
低功率行動系統 .. 1-6

LRE  
Long Range Ethernet .. 8-7

LRE  
Long Reach Ethernet .. 5-25

LSR  
Label Switching Router .. 9-1

LT  
Local Terminal, 本地端 .. 4-14

LUP  
Location Update Protocol, 位置更新協定 .. 6-34

**M**

- MAC layer  
媒介接取控制層 .. 6-36
- MAC sublayer  
媒介接取控制子層 .. 6-31
- MAC  
Medium Access Control, 媒介接取控制 .. 1-6, 2-11, 3-7, 5-2, 6-21, 7-14, 8-3
- MAN  
Metropolitan Area Network, 大都會網路 .. 5-1
- MAP  
Message Application Protocol, 信息應用協定 .. 6-19
- MAP  
Mobile Application Part .. 10-3
- master-slave  
主從 .. 7-7
- Mbps  
Megabit per second, 百萬位元/每秒 .. 5-4
- Mbps  
Million bits per bit, 百萬位元/每秒 .. 2-2
- MC  
Message Center, 短訊服務中心 .. 6-26; Multi-Carrier, 多載波 .. 6-1
- MCNS  
Multimedia Cable Network System, 多媒體纜線網路系統 .. 3-6
- MDCP  
Media Data Control Protocol .. 9-9
- MDF  
Main Distribution Frame, 主分配架框 .. 4-5
- MDI  
Medium Dependent Interface, 媒介相關介面 .. 5-7
- MDSL  
Multi-Rate DSL .. 2-7
- ME  
Mobile Equipment .. 6-6
- medium  
媒介 .. 1-6
- Megaco  
Media Gateway Control .. 9-10
- MG  
Media Gateway .. 3-13, 9-9
- MGC  
Media Gateway Controller .. 3-13, 9-9
- MGCF  
Media Gateway Control Function, 媒體閘控制功能 .. 6-11
- MGCP  
Media Gateway Control Protocol .. 2-19, 9-9
- MGK  
Multimedia GateKeeper .. 6-8
- MGW  
Media Gateway, 多媒體閘道器 .. 6-9
- MIB  
Management Information Base .. 3-9
- MIMO  
Multiple Input Multiple Output Antenna Processing, 多重收發天線 .. 6-23
- mini-slots  
微時槽 .. 3-11
- MIP  
Mobile IP .. 10-8, 6-5
- MM  
Mobility Management, 行動管理 .. 6-21
- MMDS  
Multichannel Multipoint Distribution Service, 多點多通道分散系統 .. 1-6
- MMF  
Multimode Fiber, 多模態光纖 .. 4-1
- MMUSIC  
Multiparty Multimedia Session Control .. 9-13
- mobility management  
行動管理 .. 8-7
- mobility  
移動性 .. 8-2
- MONET  
Multiwavelength Optical Networking .. 4-13
- MP3  
MPEG Audio Layer 3 .. 7-16
- MPLS  
Multi-Protocol Label Switching, 多重協定標籤交換 .. 4-11, 5-31, 6-14
- MPOA  
Multiprotocol over ATM .. 10-4
- MPΛS  
Multi-Protocol Lambda Switch .. 4-14
- MRF  
Multimedia Resource Function, 多媒體資源功能 .. 6-11
- MS  
Mobile Station, 行動台 .. 6-25
- MSC  
Mobile Switching Center, 行動交換中心 .. 6-6
- MSDSL  
Multi-rate Single Pair DSL .. 2-7
- MSO  
Multiple Service Operator, 多重服務業者 .. 3-7
- MTA  
Multimedia Terminal Adaptor .. 3-9
- MTF  
Message Transfer Part .. 6-19
- multi-communicator link  
多通訊器連結 .. 7-14
- multi-mode  
多模 .. 5-9
- multipath fading  
多重路徑的衰耗 .. 6-37
- multiple access protocol  
多重接取協定 .. 5-27
- multiplexing  
多工傳輸 .. 6-8
- MUX  
多工 .. 4-7
- MWIF  
Mobile Wireless Internet Forum, 行動無線網際網路小組 .. 6-3
- N**
- NDIS  
Network Driver Interface Specification .. 7-6
- network layer  
網路層 .. 2-11, 3-11, 6-21
- NEXT  
Near End Cross-Talk, 近端串音 .. 5-24
- NGDLC  
Next-Generation DLC .. 4-24
- NGI  
Next Generation Internet, 新一代網際網路 .. 5-41
- NII  
National Information Infrastructure .. 4-16
- Node-B  
基地台 .. 6-6
- nodes  
節點 .. 3-22
- non-access stratum

非無線接取網路部分 .. 6-6  
non-transparent mode  
非透過模式 .. 6-32  
non-trust  
不可信賴網路 .. 6-43  
NSP  
Network Service Provider, 網路服務業者 .. 5-18  
NT  
Network Termination, 網路終端設備 .. 1-2, 4-4, 9-2  
NTON  
National Transparent Optical Network Consortium .. 4-13  
number of time slot  
時槽數目 .. 6-38  
number portability  
號碼可攜性 .. 10-10, 6-44

**O**

OAM  
Operation, Administration and Maintenance, 維運網管 .. 4-16, 5-2  
OAN  
Optical Access Network, 光纖接取網路 .. 4-16  
OC  
Optical Carrier, 光載波 .. 5-12  
ODN  
Optical Distribution Network, 光分配網路 .. 4-8  
OFDM  
Orthogonal Frequency Division Multiplexing .. 7-4, 8-3  
OHG  
Organization Harmonization Group, 協調小組 .. 6-1  
OIF  
Optical Internetworking Forum .. 4-23  
OLT  
Optical Line Terminal, 光纖線路終端 .. 4-4, 5-28  
ONT  
Optical Network Termination, 光纖網路終端設備 .. 4-4  
ONTC  
Optical Network Technology Consortium, 光纖網路技術聯盟 .. 4-13  
ONU  
Optical Network Unit, 光纖網

路元件 .. 10-1, 2-6, 4-3, 5-28  
open loop synchronization control  
開迴路同步控制 .. 6-37  
OpenRAN  
Open Radio Access Network, 開放式無線接取網路 .. 6-16  
optical channel  
光頻道 .. 4-7  
optical fiber  
光纖 .. 4-2  
optical splitter  
分光器 .. 4-4  
orthogonal modulation  
正交調變技術 .. 6-22  
OSF  
Optical Signal Format, 光信號格式 .. 4-10  
OSGi  
Open Service Standard initiative .. 7-9  
OSI Reference Model  
OSI 參考模型 .. 5-7  
OSI  
Open Systems Interconnection .. 5-7  
OSSI  
Operations Support System Interface .. 3-9  
OTU  
Optical Transport Unit, 光傳送單元 .. 4-10  
outdoor  
室外 .. 1-6  
overhead messages protocol  
額外訊息協定 .. 6-36  
OVSF code  
Orthogonal Variable Spreading Factor code, 正交可變展頻係數碼 .. 6-23  
OWLAN  
Operator Wireless LAN .. 8-6

**P**

packet consolidation protocol  
額外訊息協定 .. 6-36  
packet-fragmentation  
分割封包 .. 3-10  
packet  
封包 .. 2-10  
PACS  
Personal Access Communications System, 個人接取通訊系統 .. 1-6  
PAM  
Pulse Amplitude Modulation,

脈波振幅調變 .. 2-5  
PAP  
Password Authentication Protocol, 密碼認證協定 .. 6-27  
PBCC  
Packet Binary Convolution Code .. 8-4  
PBX  
Private Branch Exchange, 專用小型交換機 .. 2-5  
PCF  
Packet Control Function .. 6-29  
PCF  
Point Coordination Function, 集中協調式功能 .. 8-3  
PCM  
Pulse Code Modulation .. 2-9, 9-5  
PCS  
Physical Coding Sublayer, 實體層編碼子層 .. 5-7  
PDA  
Personal Digital Assistant .. 7-1  
PDCP  
Packet Data Compression Protocol, 封包數據壓縮協定 .. 6-21  
PDN  
Packet Data Network, 分封數據網路 .. 4-5  
PDN  
Passive Distribution Network, 被動光纖分配網路 .. 10-1  
PDS  
Personal Digital System .. 4-22  
PDSN  
Packet Data Support Node, 分封數據支援節點 .. 6-26  
PDU  
Protocol Data Unit .. 3-11  
peer to peer  
點對點 .. 8-2  
PHS  
Personal Handy-phone System, 個人手提電話系統 .. 1-6  
PHY  
Physical Layer, 實體層 .. 3-7, 5-3, 7-14  
physical layer  
實體層 .. 6-21, 6-36  
pilot channel  
領航通道 .. 6-34  
pipeline  
管線式傳輸 .. 5-8  
platform



平台 .. 3-5

PLDCF  
Physical Layer Dependent  
Convergence Function, 實體  
層整合相關子層 .. 6-32

PLICF  
Physical Layer Independent  
Convergence Function, 非實  
體層整合相關子層 .. 6-32

PMA  
Physical Medium Attachment,  
實體層媒介銜接介面 .. 5-7

PMD  
Physical Medium Dependent,  
實體層媒介相關介面 .. 5-7

PNNI  
Private Network to Network  
Interface .. 10-3

PNO  
Public Network Operator, 公  
眾網路業者 .. 4-14

point-to-multipoint  
點對多點 .. 4-5

Point-to-Multipoint  
點對多點 .. 5-26

point-to-multipoint  
點對多點 .. 8-4

point-to-point  
點對點 .. 4-5

polling  
輪詢 .. 7-8, 8-3

PON  
Passive Optical Network, 被動  
光纖網路 .. 10-1, 4-4, 5-26

portal  
埠接器 .. 8-3

POS  
Personal Operating Space ..  
7-14

POTS  
Plain Old Telephone Service ..  
7-3

POTS  
Plain Old Telephone System ..  
5-42, 5-54

power control  
功率控制 .. 6-37, 8-15

power save  
省電機制 .. 8-11

PPP MUX  
Point to Point Protocol  
MULTipleXing .. 6-14

PPP  
Point-to-Point Protocol .. 5-18,  
5-44, 5-56, 7-8

PPPoE

Point-to-Point Protocol over  
Ethernet .. 5-19, 5-45, 5-57

PPTP  
Point-to-Point Tunneling  
Protocol .. 5-19, 5-45, 5-57

primary fiber  
主光纖 .. 4-7

priority-based  
以優先順序為基礎 .. 8-11

privacy  
隱私 .. 3-11

protocol stack  
協定堆疊 .. 2-11, 4-11, 7-6

PS  
Packet Switched, 分封交換  
式 .. 6-5

PSD  
Power Spectrum Density, 功率  
頻譜密度 .. 2-5

PSTN  
Public Switched Telephone  
Network, 公眾電話網路 ..  
1-1, 3-1, 6-20

PVC  
Permanent Virtual Circuit, 永  
久虛擬線路 .. 2-11

## Q

QAM  
Quadrature Amplitude  
Modulation, 正交調幅調變 ..  
1-6

QoS  
Quality of Service, 服務品  
質 .. 2-11, 4-1, 5-20, 8-5

## R

R-SGW  
Roaming Signaling GateWay ..  
6-11

radio regulations  
無線法規 .. 6-3

RADIUS  
Remote Authentication Dial-In  
User Service .. 6-26, 8-6

RADSL  
Rate Adaptive DSL .. 2-7

rate adaptive  
速率調整 .. 3-18

RBP  
Radio Burst Protocol, 無線訊  
爆協定 .. 6-32

real-time multimedia services  
即時性多媒體服務 .. 3-9

real-time

即時 .. 3-10, 5-6, 7-5

reliability  
可靠度 .. 5-15

Remote Digital Line Unit  
遠端數位交換機單元 .. 9-4

remote procedure call  
遠端呼叫程序 .. 7-11

repeater  
中繼器 .. 2-5

residential gateway  
家庭閘道器 .. 7-9

reverse traffic channel MAC  
protocol  
上行運輸通道 MAC 協定 ..  
6-36

reverse traffic channel  
上行運輸通道 .. 6-36

RF module  
射頻模組 .. 6-6

RF  
Radio Frequency Interference,  
射頻界面 .. 3-9

RFCOMM  
RF instance of a virtual COM  
port .. 7-8

RG  
Residential Gateway, 用戶閘  
道器 .. 9-21

ring  
環形 .. 4-5

RLC  
Radio Link Control, 無線電鏈  
路控制 .. 6-21, 8-11

RLP  
Radio Link Protocol, 無線電  
鏈路協定 .. 6-32

RNC  
Radio Network Controller, 無  
線網路控制器 .. 6-6

RNL  
Radio Network Layer, 無線網  
路層 .. 6-8

route update protocol  
路徑更新協定 .. 6-36

router  
路由器 .. 2-11, 5-6

routing  
路由 .. 6-6

RPR  
Resilient Packet Ring .. 10-7,  
5-31

RRC  
Radio Resource Control, 無線  
電資源控制 .. 6-21, 8-11

RSSI

Radio Signal Strength Index .. 8-15

RT  
Remote Terminal, 遠地端 .. 10-1, 4-7

RTP  
Real-time Transport Protocol .. 2-19

**S**

SAP  
Service Access Point, 服務功能點 .. 6-6

SAW  
Stop-And-Wait, 止待的重傳機制 .. 6-24

SC  
SMS Center, 短訊服務中心 .. 6-8

scalability  
擴充性 .. 10-4

scheduling  
排程 .. 6-23, 7-16

SCO  
Synchronous Connection Oriented packet .. 7-8

SCS  
Service Capability Server .. 6-8

SCTE  
Society of Cable Television Engineering, 纜線電視工程會 .. 3-7

SCTP  
Stream Control Transmission Protocol, 資料流控制傳輸協定 .. 6-20, 9-22

SDH  
Synchronous Digital Hierarchy, 同步數位階層 .. 4-10, 5-11

SDL  
Specification and Description Language .. 7-15

SDOs  
Standard Development Organizations, 標準制訂組織 .. 6-2

SDP  
Session Description Protocol .. 6-10

SDSL  
Single line Digital Subscriber Line .. 2-7

SDU  
Selection/Distribution Unit, 選擇與分送單元功能實體 .. 6-25

SDVB  
Switched Digital Video Broadcast .. 4-17

security key  
安全密鑰 .. 6-36

security layer  
安全層 .. 6-36

security protocol  
安全協定 .. 6-36

security  
安全性 .. 9-16

self-healing  
自癒 .. 4-23

service GW  
service gateway .. 7-9

session configuration protocol  
交談組態協定 .. 6-35

session layer  
交談層 .. 6-34

session management protocol  
交談管理協定 .. 6-34

session  
交談 .. 6-34

SG  
Signaling Gateway .. 9-9

SG  
Study Group .. 7-14

SGCP  
Simple Gateway Control Protocol .. 9-9

SGSN  
Serving GPRS Support Node .. 6-6

SGW  
Signaling GateWay, 信息閘道器 .. 6-9

shared  
共用型 .. 4-4

SHDSL  
Single-pair High Speed Digital Subscriber Line .. 2-5

SHO  
Soft HandOver, 軟性交遞 .. 6-27

SIG  
Special Interest Group .. 7-14

signal  
信令 .. 2-14

signaling gateway  
信令閘道 .. 2-19

signalling  
信令 .. 8-12

Sigtran  
Signaling Transport .. 9-10

SIM  
Subscriber Identity Module ..

6-6

simple IP  
簡易 IP 服務 .. 6-26

single-mode  
單模 .. 5-9

SIP  
Session Initiation Protocol .. 2-19, 6-20, 9-13

SLP  
Signaling Link Protocol, 信息鏈結協定 .. 6-34

SM  
Session Management, 連線管理 .. 6-20

SMF  
Single Mode Fiber, 單模態光纖 .. 4-1

SMS Relay Layer  
短訊服務轉送層 .. 6-27

SMS Teleservice Layer  
短訊服務層 .. 6-27

SMS Transport Layer  
短訊服務傳送層 .. 6-27

SMS-GMSC  
SMS-Gateway Mobile Switching Center .. 6-8

SMS  
Short Message Service, 短訊服務 .. 6-19

SN  
Service Node, 服務節點 .. 1-2, 9-1

SNI  
Service Node Interface .. 1-2, 9-1

SNMP  
Simple Network Management Protocol .. 3-9

SNP  
Signaling Network Protocol, 信息網路協定 .. 6-34

SOAP  
Simple Object Access Protocol .. 7-11

soft handoff  
軟性交遞 .. 6-24

SONET  
Synchronous Optical NETWORK, 同步光纖網路 .. 4-5, 5-11

spectrum efficiency  
頻譜效率 .. 6-38

SPF  
Service Port Function .. 1-3

split ratio  
分歧率 .. 5-26

splitter

訊號分離器 .. 10-1, 2-3, 3-3, 7-2  
Splittered-based PON  
分光式被動光纖網路 .. 4-6  
spreading codes  
展頻碼 .. 6-37  
spreading factor  
展頻係數 .. 6-38  
SRLP  
Signaling Radio Link Protocol,  
信息無線電鏈路協定 .. 6-32  
SS7  
Signaling System No.7 .. 6-10  
SS  
Synchronization Shifting, 同  
步位移 .. 6-37  
SSDP  
Simple Service Discovery  
Protocol .. 7-11  
Standalone DSCH  
獨立的 DSCH .. 6-23  
star topology  
星狀拓普架構 .. 5-1  
star  
星形 .. 4-5  
station  
終端機 .. 8-2  
STB  
Set Top Box, 機頂盒 .. 3-12,  
5-43  
STP  
Shielded Twist Pair, 遮罩式雙  
絞線 .. 5-9  
stream protocol  
資料流協定 .. 6-34  
stream  
資料流 .. 3-11  
streaming media  
串流服務 .. 7-16  
sub-frame  
子訊框 .. 6-38  
subscriber loop  
用戶迴路 .. 2-1  
survivability  
存活度 .. 5-15  
SVC  
Switch Virtual Channel, 交換  
虛擬通道 .. 4-11  
SVC  
Switch Virtual Circuit, 交換式  
虛擬電路 .. 2-15  
SWAP  
Shared Wireless Access  
Protocol .. 7-5  
switch proprietary

交換機關連專屬型 .. 4-6  
switch  
交換 .. 4-7  
switch  
交換機 .. 5-1, 5-6  
synchronous CDMA  
同步 CDMA .. 6-37  
**I**  
T-SGW  
Transport Signaling Gateway  
Function, 傳輸信息閘功能 ..  
6-11  
TACACS+  
Terminal Access Controller  
Access Control System Plus ..  
8-6  
TAPI  
Telephony Application  
Programming Interface .. 7-6  
TC PAM  
Trellis Code PAM .. 2-5  
TCAP/SCCP  
Transction Capabilities  
Application Part/Signaling  
Connection Control Part .. 6-20  
TCP  
Transmission Control  
Protocol .. 7-11  
TDD  
Time Division Duplex, 分時  
雙工 .. 6-1, 7-6  
TDM  
Time Division Multiplexing,  
分時多工 .. 4-9, 5-28, 7-7  
TDMA  
Time Division Multiple Access,  
分時多重接取 .. 4-8, 7-5  
Telephony over Cable  
纜線電話 .. 3-19  
TF  
Transport Function .. 1-3  
TG  
Task Group .. 7-14, 8-14  
TG  
Trunking Gateway .. 9-21  
throughput  
吞吐量 .. 8-10  
TIA  
Telecommunications Industry  
Association, 電信產業聯盟 ..  
6-2  
time frame  
時間框碼 .. 8-5  
time slot  
時槽 .. 4-8, 5-28, 6-23, 8-5

time-slotted  
時槽式 .. 8-5  
TM  
Time Modulation .. 7-2  
topology  
拓撲 .. 3-15  
Tr-GW  
Transition Gateway, 轉換閘道  
器 .. 10-8  
Tr-GW  
Transition GateWay, 轉換閘  
道器 .. 6-41  
traffic control  
訊務控制 .. 2-13  
transceiver  
傳送接收器 .. 5-26  
transparent mode  
透通模式 .. 6-23  
transport channel  
傳送通道 .. 6-23  
transport plane  
傳輸層 .. 2-19  
trunk  
幹纜 .. 3-3  
TSR  
Terabit Switch Router .. 10-3  
TTA  
Telecommunications  
Technology Association, 電信  
技術協會 .. 6-2  
TTC  
Telecommunication  
Technology Committee, 電信  
技術委員會 .. 6-2  
tunneling  
穿隧(通道) .. 2-14, 6-7  
turbo coding  
渦輪碼 .. 6-22  
twisted pair  
銅絞對線 .. 4-2  
twisted-pair copper wire  
雙絞銅線 .. 1-5  
TWNIC  
Taiwan Network Information  
Center, 財團法人台灣網路資  
訊中心 .. 5-41  
**U**  
U-plane  
User-plane, 用戶平面 .. 6-21  
UAWG  
Universal ADSL Working  
Group .. 2-16  
UDP  
User Datagram Protocol .. 7-11

UE  
User Equipment, 用戶設備 .. 6-6

unacknowledge mode  
非確認模式 .. 6-23

UNI  
User Network Interface .. 1-2;  
User-Network Interface .. 1-4,  
9-1

unidirectional  
單向 .. 8-5

UNII  
Unlicensed National  
Information Infrastructure ..  
8-3; Unlicensed National  
Information Infrastructure) ..  
8-10

universal  
泛用型 .. 4-5

UPC  
使用參數控制 .. 5-37

UPF  
User Port Function .. 1-2

UPnP  
Universal Plug-and-Play .. 7-10

upper layer signaling entity  
上層信息功能實體 .. 6-32

upper layer  
上層 .. 6-31

upstream  
上行訊號 .. 4-7

USIM  
Universal Subscriber Identity  
Module .. 6-6

utilization  
傳送效率 .. 3-18

UTP  
Unshielded Twist Pair, 非遮罩  
式雙絞線 .. 5-9

UTRA  
UMTS Terrestrial Radio  
Access, UMTS 陸地無線接收  
技術 .. 6-2

UTRAN  
UMTS Terrestrial Radio  
Access Network, UMTS 陸地  
無線接收網路 .. 6-6

VSUA  
V5-User Adaption Layer ..  
9-22

variable depth interleaving  
可變深度交錯器 .. 3-12

VB5  
Broadband V5 .. 9-3

VC  
Virtual Channel, 虛擬通道 ..  
4-11

VC  
Virtual Circuit, 虛擬線路 ..  
2-13

VDSL  
Very-high-data-rate-Digital  
Subscriber Line .. 2-6

VHE  
Virtual Home Environment, 虛  
擬起始環境 .. 10-10, 6-44

VLAN  
Virtual LAN, 虛擬區域網路 ..  
5-20

VLR  
Visitor Location Register, 移  
動位置註冊實體 .. 6-6, 8-7

VoATM  
Voice over ATM .. 2-8

VoB  
Voice over Broadband .. 2-8

VoCable  
Voice over Cable .. 2-8

VOD  
Video On Demand, 隨選視  
訊 .. 2-1

VoD  
Video on Demand, 隨選視  
訊 .. 5-43, 5-54

VoDSL  
Voice over DSL .. 10-4, 2-7

voice gateway  
語音閘道器 .. 2-8

voice service entity  
語音服務功能實體 .. 6-32

voice-band data  
語音頻帶數據 .. 2-19

VoIP  
Voice over IP .. 10-5, 2-8

VoMSN  
Voice over Multiservice  
Broadband Networks .. 10-7

VoP  
Voice over Packets .. 2-8

VP  
Virtual Path, 虛擬路徑 .. 2-13

VPN tunneling  
VPN 穿遂通道 .. 8-15

VPN  
Virtual Private Network, 虛擬  
私有網路 .. 5-39, 8-6

VPT  
Virtual Path Tunneling, 虛擬  
路徑穿遂 .. 2-15

VPTA  
Virtual Path Tunneling Access ..  
2-15

VTOA

Voice and Telephony over  
ATM .. 10-3

## W

WAN  
Wide Area Network, 廣域網  
路 .. 5-1, 8-3

WAP-NG  
WAP Next Generation .. 10-8

WAP  
Wireless Application Protocol,  
無線應用通信協定 .. 10-7,  
6-43

WDCS  
Wideband Digital  
Cross-connect System, 寬頻數  
位交接系統 .. 4-5

WDM  
Wavelength Division  
Multiplexing, 分波多工 .. 3-3,  
4-6, 5-42, 5-54

WECA  
Wireless Ethernet  
Compatibility Alliance .. 8-8

WEP  
Wireless Encryption Protocol ..  
8-15

WG  
Working Group .. 8-9

wireless Ethernet  
無線乙太網路 .. 8-1

wireless LAN  
無線區域網路 .. 1-6

wireless medium  
無線傳輸媒介 .. 8-2

WIS  
WAN Interface Sublayer ..  
5-12

WLAN authentication server  
WLAN 認證伺服器 .. 8-7

WLAN  
Wireless LAN, 無線區域網  
路 .. 4-4, 7-5, 8-1

WLL  
Wireless Local Loop, 無線區  
域迴路 .. 4-4

WML  
Wireless Markup Language ..  
10-8

WPAN  
Wireless Personal Area  
Network .. 8-12

WRC  
World Radio-Communication  
Conference, 世界無線通訊會  
議 .. 6-3, 8-14

WDM

Wide Wavelength Division  
Multiplexing .. 5-11

WWW

World Wide Web, 全球資訊  
網 .. 2-3

**X**

XGMII

10 Gigabit Medium Independent  
Interface, 10Gigabit 媒介無關  
介面 .. 5-11

XML

eXtensible Markup Language ..  
7-10