

103 年委託研究報告

寬頻固定網路接取技術委託研究
期末報告

計畫委託機關：國家通訊傳播委員會

中華民國 一百四年 二月

103 年委託研究報告

計畫編號：NCC-T103-007

GRB 系統編號 PG10307-0078

寬頻固定網路接取技術委託研究
期末報告

受委託單位：

財團法人電信技術中心

主持人：

施博文

本報告不必然代表國家通訊傳播委員會意見

中華民國 一 百 二 年 十 二 月

目 次

表 次	3
圖 次	5
提 要	7
摘 要	10
Abstract	11
第壹章 緒論	13
第一節 計畫緣起	13
第二節 計畫目的	15
第三節 計畫研究範圍	16
第四節 研究方法與步驟	18
第貳章 各國寬頻入戶應用實例	21
第一節 寬頻網路服務概述	21
第二節 各國寬頻入戶接取服務現況	23
第三節 各國寬頻網路服務趨勢	34
第參章 寬頻應用實例與國際技術標準差異	38
第一節 光纖到府(FTTH)	38
第二節 銅線網路技術(xDSL)	40
第三節 纜線數據技術(DOCSIS)	43
第四節 行動通訊網路(3G/4G)	47
第五節 電力線網路(PLC/BLC)	49
第六節 ITU-T G.hn	55
第七節 其他區域網路技術	59
第肆章 實測寬頻網路性能	67
第一節 無線區域網路連線測試	67
第二節 電力線網路連線測試	74
第三節 光纖轉乙太網路連線測試	78
第四節 xDSL 網路連線測試	81

第五節 纜線數據網路連線測試.....	84
第六節 乙太網路在不同網路線規格與長度連線測試.....	87
第七節 適用傳輸速率 100Mbps 以上之技術要求條件.....	88
第五章 技術規範建議.....	91
第一節 建築物屋內外電信設備工程技術.....	91
第二節 建築物寬頻建置與維護規範.....	93
第六章 結論.....	96
參考文獻.....	103
中英文對照.....	104
附件一、性別統計分析.....	108
附件二、同軸電纜規範要求.....	109
附件三、建築物寬頻建置與維護規範草案.....	110
附件四、建築物屋內外電信設備工程技術之內容及修正對照表.....	115

表 次

表 1-1 研究項目及報告產出說明.....	20
表 2-1 各國寬頻服務業者接取技術與下載速率.....	34
表 3-1 各種寬頻網路接取技術傳輸速率比較.....	38
表 3-2 G.993.2 Annex A 傳輸參數.....	41
表 3-3 DOCSIS 不同版本之傳輸速率.....	44
表 3-4 DOCSIS 3.1 上下行的使用頻寬與傳輸速度.....	46
表 3-5 不同行動通訊世代傳輸速率比較.....	49
表 3-6 ITU G.hn 的頻寬參數標準.....	57
表 3-7 ITU Y.1541 不同服務之網路傳輸封包品質等級.....	58
表 3-8 區域網路傳輸技術.....	59
表 3-9 10Mbps 乙太網路實體層比較表.....	60
表 3-10 高速乙太網路與乙太網路比較表.....	60
表 3-11 高速乙太網路多種傳輸纜線材質比較表.....	63
表 3-12 各種標準無線區域網路傳輸速率與使用頻段.....	65
表 4-1 1 公尺距離內不同頻寬下傳輸速率比較.....	70
表 4-2 5 公尺距離內不同頻寬下傳輸速率比較.....	72
表 4-3 10 公尺距離內不同頻寬下傳輸速率比較.....	73
表 4-4 電力線網路在不同距離下傳輸速率比較.....	76
表 4-5 光纖乙太網路在不同距離下傳輸速率比較.....	79
表 4-6 xDSL 網路連線測試不同測試用戶傳輸速率比較.....	82
表 4-7 纜線數據網路連線測試不同測試用戶傳輸速率比較.....	85
表 4-8 乙太網路在不同網路線規格與長度傳輸速率比較.....	87
表 5-1 Cat.5e 網路線損失.....	93
表 6-1 LTE 在不同頻寬下傳輸速率比較.....	99
表 6-2 WiFi 在不同距離下傳輸速率比較.....	100
表 6-3 各種接取技術在適用傳輸速率在 100Mbps 以上距離限制.....	101

圖 次

圖 1-1 研究計畫架構圖	17
圖 1-2 測試平台架構圖	18
圖 2-1 2008 年至 2012 年英國固網寬頻實際平均速率	22
圖 2-2 2010 年至 2012 年英國家庭固定寬頻服務平均下載速度	22
圖 2-3 美國各種寬頻接取技術與對應業者	24
圖 2-4 AT&T FTTX/ VDSL2 示意圖	24
圖 2-5 MoCA 家庭網路	26
圖 2-6 全球寬頻網路速率統計	33
圖 3-1 GPON 被動光纖網路	39
圖 3-2 xDSL、G.Fast 共存方案	39
圖 3-3 xDSL 傳輸頻寬與距離比較	42
圖 3.4 DOCSIS 3.0 Channel Bonding 技術	45
圖 3.5 CATV Networks 頻寬分配情形	45
圖 3-6 CDMA 技術說明	47
圖 3-7 MIMI 運作方式	48
圖 3-8 PLC 系統構成示意圖	50
圖 3-9 PLC 系統概圖	51
圖 3-10 PLC 頭端設備	52
圖 3-11 PLC 用戶屋內設備	53
圖 3-12 PLC 其他設備	54
圖 3-13 ITU G.hn 的頻譜傳輸標準	56
圖 3-14 CAT5e 與 CAT6 線材	62
圖 4-1 WiFi 在 2.4GHz 可使用 11 個頻道	68
圖 4-2 300Mbps 測試網卡 Netis WF2109	68
圖 4-3 300Mbps 測試無線路由器 TP-LINK TL-WDR4300 N750	69
圖 4-4 WiFi 測試架構圖	69
圖 4-5 測試接收網卡與無線路由器連線測試	70

圖 4-6 測試接收網卡與無線路由器連線距離在 1 公尺傳輸速率與時間比較	71
圖 4-7 測試接收網卡與無線路由器連線距離在 5 公尺傳輸速率與時間比較	72
圖 4-8 測試接收網卡與無線路由器連線距離在 10 公尺傳輸速率與時間比較	73
圖 4-9 D-LINK DHP-600AV	74
圖 4-10 PLC 測試架構圖	75
圖 4-11 電力線網路連線測試	75
圖 4-12 測試接收網卡與無線路由器連線距離在 10 公尺傳輸速率與時間比較	77
圖 4-13 光纖連線測試架構圖	78
圖 4-14 光纖乙太網路連線測試	79
圖 4-15 測試光纖乙太網路連線距離在 1~1000 公尺傳輸速率與時間比較	80
圖 4-16 xDSL 數據機	81
圖 4-17 xDSL 連線測試架構圖	81
圖 4-18 測試 xDSL 網路連線測試不同測試用戶傳輸速率比較	83
圖 4-19 纜線數據機	84
圖 4-20 纜線數據連線測試架構圖	84
圖 4-21 測試纜線數據網路連線測試不同測試用戶傳輸速率比較	86
圖 4-22 xDSL 傳輸距離與速率比較	89

提 要

關鍵詞：寬頻網路、網路接取技術、光纖到府

一、研究緣起

現今寬頻傳輸技術方面：光纖到府（Fiber To The Home, FTTH）所採用之 EPON 或 GEPON (Ethernet Passive Optical Network, EPON) 係屬以太網路封包資料的 IEEE/EFM 標準，另 802.3ah 標準現在亦屬 IEEE 802.3 標準的一部分。此外，目前 xDSL 發展業已朝向 VDSL2.0 技術發展，有線電視數據服務亦往 DOCSIS 3.x 技術進行延伸。現今無論無線或有線傳輸技術中，唯有光纖通訊是現有傳輸技術中具有最大傳輸頻寬之優勢，在網路需求的提升與科技發展的進步下，新一代的寬頻混合網路—FTTx 成為 Cable 與 DSL 業者與共同努力的發展方向。綜上所述，本研究案將就目前利用新技術建置寬頻服務之技術監理法規，提出修訂意見，並比較國際最新寬頻傳輸技術與各種技術之適用條件，研提適用我國下階段推動高速寬頻建設之技術方向與對策。

二、研究方法及過程

本研究將進行深入探討與剖析，以提供適用我國下階段推動高速寬頻建設之技術方向與對策，實測現行寬頻網路性能，分析不同寬頻接取技術之狀況，以作為後續相關技術監理參用。研究項目包括如下：

- 蒐集分析各國寬頻入戶應用實例，並分析各實例其該國電信業者所提供之寬頻服務，上網速率、使用時機、服務限制及接取效能數據
- 比較與分析前項工作項目五種應用實例之國際技術標準差異，包括：寬頻網路狀況、傳輸距離與傳輸速率限制等，以及如何因應延伸之新興服務型態之規劃相關議題
- 實測現行寬頻網路性能：建立實測案例，並實際測試各種寬頻網路，現行所提供最高連線速率及接取性能，並研究及實測佐證各案例適用在 100Mbps 頻寬之技術要求及適用條件
- 研提適用我國下一階段寬頻政策及推動措施：「建築物屋內外電信設備工程技術」、「建築物寬頻建置與維護規範」

本研究將藉由廣泛蒐集資訊，進行各方意見交流，以瞭解現有屋內外電信設備工程技術與各國電信業者所提供之寬頻服務差異。本研究除將探討寬頻接取技術量測以外，更進一步討論國外案例與國際接軌做完整的研究分析，提出具體推動高速寬頻建設之技術方向與對策之建議，以符合委託單位的需求並促進寬頻產業的健全發展。

三、重要發現

本研究進行實際測試與廣泛蒐集相關資訊，重要發現包括如下。

- 寬頻網路接取技術比較：各國寬頻業者的接取網路，主要以 FTTx 搭配 xDSL 方式來提供高速網路服務，長期而言為提升寬頻網路速率，光纖到府的服務趨勢仍是最終目標，如何縮減最後一段的距離來提升速率，將是未來的發展方向。截至 2014 年 8 月，所推出光纖到戶下載速率，最快為日本 NTT 公司達到 1Gbps，全球多數電信業者除 FTTx 技術，搭配 xDSL 與 DOCSIS 接取技術，提供 45~152Mbps 不等的傳輸速率少數業者採用電力線網路或衛星寬頻網路，主要用途做為偏遠地區網路普及服務使用，尤其在非經濟區域例如：山區、離島、沙漠與沼澤等，少數人口居住的處所，FTTx、xDSL 與 DOCSIS 幾種寬頻接取都要較高的成本負擔，故發展衛星及電力線寬頻接取服務較具經濟效益。
- 對於新建築物，建議納入光纖及乙太網路佈線：配接箱應預留光纖轉乙太網路預留空間，屋內外光纖佈建，採單模光纖其規格應符合 ITU-T G.652D、ITU-T G.657 規定或使用 62.5/125 μm 多模光纖、雷射優化 50/125 μm 多模光纖。光纖連接器，其特性須符合 ANSI/TIA/EIA 568-B.3、568-C.3 規定。
- 對於舊建築，除現有 VDSL2 由 17a 升級 30a 規格，亦可考慮同軸纜線數據與 ITU G.hn 技術規格。
- 光纖入戶應包括使用同軸混合網路 (FTTC)、建築物 (FTTB)、鄰近用戶機箱節點 (FTTN, node) 皆屬光纖入戶，唯安裝環境需因地制宜，包括新舊建築物與道路管溝佈置，選擇適用接取方式。

- 對於各種寬頻網路接取方式，要達到 100Mbps 以上傳輸速率，仍以有線傳輸為主，其中又以光纖最佳、同軸纜線次之、銅質雙絞線與電力線較差。

四、主要建議事項

綜整本研究重要發現與實際量測資料，歸納以下建議事項：本研究經實測，各種接取技術在適用傳輸速率在 100Mbps 以上，其距離限制以光纖傳輸損失最小，其次為同軸纜線、xDSL、PLC，無線傳輸訊號損失最大。

目前「建築物屋內外電信設備工程技術規範」主要參考 ANSI/TIA 規範，由介紹 ANSI/TIA/EIA 規範，再提出適用我國相關建議，詳見第五章第一節。相關修正意見如下：

- 納入有線電視同軸電纜線（詳見附件二）
- 重新編排：將提供編排完成之電子檔
- 更新 ANSI / TIA / EIA-568 新修訂版本資訊

建築物寬頻建置多以光纖為主要配置，在內政部所公布「建築技術規則」參考 ANSI / TIA / EIA 相關規範，以及引用國家標準（CNS），亦參考「建築物屋內外電信設備工程技術規範」，詳見第五章第二節及附件三。

摘要

關鍵詞：寬頻網路、網路接取技術、光纖到府

本研究主要對寬頻上網技術，寬頻技術之研析及適用我國寬頻政策之研擬。研究目標為增進數位寬頻使用效能，並提供民眾更好的寬頻上網服務。廣泛蒐集各國寬頻入戶之應用實例之發展現況及未來規劃資料，並選擇光纖入戶、光纖與銅質線混合網路、光纖與纜線混合網路、光纖與無線混合網路、光纖與電力線混合網路，就美國、英國、法國、日本、中國及新加坡等國家個別案例，深入探討該國電信業者所提供之寬頻服務，上網速率、使用時機、服務限制及接取效能數據。

研究顯示各國寬頻服務業者的接取網路，主要以 FTTn 搭配 xDSL 方式來提供高速網路服務，長期而言為提升寬頻網路速率，光纖到府的服務趨勢仍是最終目標，如何縮減最後一段的距離來提升速率，將是未來的發展方向。以目前電信業者常用的 VDSL2 相關技術，屬於既有線路上的技術提昇，故網路佈建難度較低，有些既有設備商僅需韌體升級，即可使 ITU G.993.2 VDSL 的 17a 或更低的版本，升級到支援 ITU G.993.2 VDSL 30a 規格，其升級規範較為明確，在公寓或辦公大樓利用光纖到建築物 (FTTB)，搭配數位用戶線接入多工設備 (Digital Subscriber Line Access Multiplexer, DSLAM)，分切多個小容量用戶；在區域用戶供裝範圍較大的區域，如獨棟社區或工業園區，可利用光纖到節點 (FTTN) 的供裝方式佈建，同時提升服務速率與克服距離障礙。各種接取技術在實驗測試下，顯示適用傳輸速率在 100Mbps 以上，其距離限制以光纖傳輸損失最小，其次為同軸纜線、xDSL、PLC，無線傳輸訊號損失最大。

研究為因應未來推動高速寬頻建設方向與對策，對於新建築物，建議納入光纖及乙太網路佈線；對於舊建築，除現有 VDSL2 由 17a 升級 30a 規格，亦可考慮同軸纜線數據與 ITU G.hn 技術規格。光纖入戶應包括使用同軸混合網路 (FTTC)、建築物 (FTTB)、鄰近用戶機箱節點 (FTTN, node) 皆屬光纖入戶，唯安裝環境需因地制宜，包括新舊建築物與道路管溝佈置，選擇適用接取方式。本研究具體提出「有建築物屋內外電信設備工程技術規範修正建議」（參考附件三），並對未來發展方向之結論俾委託單位參研。

Abstract

Key words: Broadband Internet, network access technology, Fiber To The Home (FTTH)

In an effort to improve the efficiency of digital broadband and upgrade the quality of broadband Internet service for the benefits of general public, this study concentrated on broadband Internet technology with emphasis on broadband technical research and ROC broadband policy. For this purpose, this study had extensively examined the statuses of *Broadband To The Home* in many countries and gathered the data relevant to broadband development strategies. Moreover, this study reviewed many types of broadband services such as FTTH, FTTB/FTTC + xDSL, FTTB/FTTC + Cable, FTTB/FTTC + Wireless, and FTTB/FTTC + PLC adopted by various countries such as USA, England, France, Japan, China, and Singapore, focusing on the differences between the broadband services provided by telecommunication service providers, such as Internet speed, the timing of use, restrictions on services, and access efficiency.

The research results indicated that, as far as network access is concerned, broadband service providers in most countries provide users with high speed network services through FTTn and xDSL at this moment. Nevertheless, all broadband service providers will switch to FTTH sooner or later. In this connection, how to accelerate the access speed remains the most crucial task in the days to come. Presently, most telecommunication service providers use VDSL2-related technologies and upgrade their technological capabilities through the cables that have been installed for commercial service. The difficulties associated with deployment are considerably lower. Equipment providers can easily upgrade ITU G.993.2 VDSL 17a version or lower versions and thereby support ITU G.993.2 VDSL 30a simply by upgrading their firmware. There is no doubt that the upgraded specifications are easy to follow. Therefore, *Fiber To The Building* (FTTB) is deployed in many apartments and office buildings; Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM) is connected to digital wires and divided into several segments for small-capacity users. In huge areas like residential buildings and industrial parks, *Fiber To The Node* (FTTN) is deployed to accelerate service speed and thereby surmount the obstacles imposed by distance at the same time. This study had tested all access technologies one after another. The results indicated that, when transmission speed reached 100Mbps or higher, fiber transmission lost the smallest amount of signals under the restrictions imposed by distance, followed by coaxial cables,

xDSL and PLC, whereas the largest amount of signals were lost in wireless transmission.

To cope with the growing demand for high speed broadband, this study recommended that fiber and Ethernet should be deployed in new buildings; meanwhile, old buildings' VDSL2 specifications should be upgraded from 17a to 30a; the specifications of coaxial cables and ITU G.hn should be upgraded as well. Moreover, FTTC, FTTB, and FTTN + node should be deployed together with FTTH. It is important to note that the installation environment varies, depending on the location. Therefore, new buildings, old buildings, and roads require different access methods. In conclusion, this study presented recommendations for the modifications of the *Regulations Governing the Technical Specifications for Telecommunication Equipment Deployed Inside and Outside of Buildings* (Attachment 3) together with tangible recommendations regarding the future development to the project grantor for its reference.

第壹章 緒論

目前各國政府除有將高速寬頻建設視為追求經濟成長工具之一外，亦有視為實現社會平等或縮短城鄉差距者。如英國所提出之「數位英國白皮書」(Digital Britain)，希望在 2017 年能提供包括光纖、無線網路在內的次世代高速寬頻網路；另日本下一個寬頻建設的目標，希冀在 2015 年全面提供接取 100Mbps 以上超高速寬頻網路。我國寬頻普及率雖高，惟現有頻寬因應未來各項數位匯流服務恐仍有不足；因此，為創造優質數位匯流生活，打造數位匯流產業，進而提升國家次世代寬頻競爭力，行政院核定通過數位匯流發展方案，規劃 2015 年 100Mbps 寬頻網路全面到家戶，完成 100Mbps 寬頻上網目標。

第一節 計畫緣起

現今寬頻傳輸技術方面：光纖到府 (Fiber To The Home, FTTH) 所採用之 EPON 或 GEPON (Ethernet Passive Optical Network, EPON) 係屬乙太網路封包資料的 IEEE/EFM 標準，另 802.3ah 標準現在亦屬 IEEE 802.3 標準的一部分。此外，目前 xDSL 發展業已朝向 VDSL2.0 技術發展，有線電視數據服務亦往 DOCSIS 3.x 技術進行延伸。綜上所述，本研究案將就目前利用新技術建置寬頻服務之技術監理法規，提出修訂意見，並比較國際最新寬頻傳輸技術與各種技術之適用條件，研提適用我國下階段推動高速寬頻建設之技術方向與對策。

寬頻網路服務 (Broadband Internet Service)，是指一個通訊系統或網路的傳輸速率高於 T1 速率¹，滿足寬頻通訊的條件的傳輸容量，其中又可分為無線與有線網路兩種傳輸類型，現今無論無線或有線傳輸技術中，唯有光纖通訊是現有傳輸技術中具有最大傳輸頻寬之優勢，在網路需求的提升與科技發展的進步下，新一代的寬頻混合網路—FTTx 成為 Cable 與 DSL 業者與共同努力的發展方向。

¹「我國寬頻網路現況及未來發展」資策會 MIC

有線電視 (Cable Television, CATV) 業者，將 FTTx 技術應用在原本之同軸電纜換置成光纖纜線，推出了新一代的 BB 寬頻 (Broadband internet service)，藉由其鋪設的雙向光纖同軸混合型網路 (Hybrid Fiber-Coaxial, HFC) 系統進行高速數據傳輸，讓使用者在收看電視同時也可以使用網路功能。XDSL 業者也相繼利用光纖混合網路推出光纖到府服務 (Fiber to The Home, FTTH)，因應光纖世代的來臨。寬頻具有多重的政策目標，能有效提升使用者生活環境感受，良好的網路基礎環境，能為我國資通訊產業的轉型與升級奠基，讓民眾得享更優質、多元的創新應用服務。

美國最大有線電視業者 Comcast 認為：現在提供 100Mbps 頻寬，很快未來要提供 300Mbps。現在已經超過網路流量的 50% 的影像廣播，未來仍在網路佔據更大的流量，因此未來必須提供超過 1Gbps 的頻寬。但在有線網路的頻譜的規劃中，頻譜資源越來越少，而影像佔據頻寬越來越寬，未來，類比信號被數位信號全部替換後，人們希望有更多 VOD、DVR 的服務，很多業者轉向提供數位視訊服務。與 DOCSIS 3.1 相同在有線寬頻傳輸技術下，同軸網路技術 (Ethernet Passive network Over Coax, EPoC) 也是一種下一代有線寬頻網路接取技術，也獲得有線電視業界與 IEEE 的支持。IEEE 目前傾向 EPoC 與 DOCSIS 3.1 的實體層技術進行統一，HFC-DOCSIS 3.1 與 EPoC 將處於新一代有線寬頻技術標準的競爭。

乙太被動光纖網路 (Ethernet Passive Optical Network, EPoN) 在現有的 HFC 基礎設施上運行現有服務，目標是分享 10Gb/s 的連接，而不是 100 或 200 用戶共享 300MB/s。EPoN 大大簡化運營商網絡的同時，還為用戶帶來更大的頻寬。這些系統支持多元化的商業和住宅服務，包括 IPTV (Internet Protocol Television)、網路電話 (Voice over-IP 的語音)。

第二節 計畫目的

本研究主要對寬頻上網技術，寬頻技術之研析及適用我國寬頻政策之研擬。研究目標為增進數位寬頻使用效能，並提供民眾更好的寬頻上網服務。

一、創造良好匯流環境，擴增產業契機

近年來科技匯流發展一日千里，寬頻網路接取技術不斷升級，不僅為民眾的生活帶來更便利的創新應用，寬頻接取服務亦由以往一種技術提供一種服務的方式，逐漸轉換為可涵蓋包括數據、語音及影音內容等三種服務之匯流。這股新興之科技匯流趨勢除了加速電信、有線電視與網際網路產業升級之需求，亦帶來新的市場動能與發展契機。是以，為了強化網路基礎環境，使民眾享受更優質的寬頻匯流服務，從而帶動國民數位能力的提升、強化我國產業競爭力，寬頻技術之研析與相關監理法規之調整與修正，已成為一重要關鍵，俾因應數位匯流產業的發展趨勢，替電信、有線電視及網際網路產業形塑一良好的發展環境。

二、完善寬頻服務品質與增進寬頻技術發展

為帶動健全的市場競爭環境，進而提升國家之競爭力，透過寬頻技術之研析及適用我國寬頻政策之研擬，將有助於建置優質的電信產業環境、促進數位內容產業發展及相關建設與服務之提升。優質之寬頻上網環境亦可使民眾享有更優質的寬頻上網品質與使用經驗，而業者等亦可透過健全之網路建設與新興技術發展，增進數位寬頻使用效能，並提供民眾更好的寬頻上網服務。

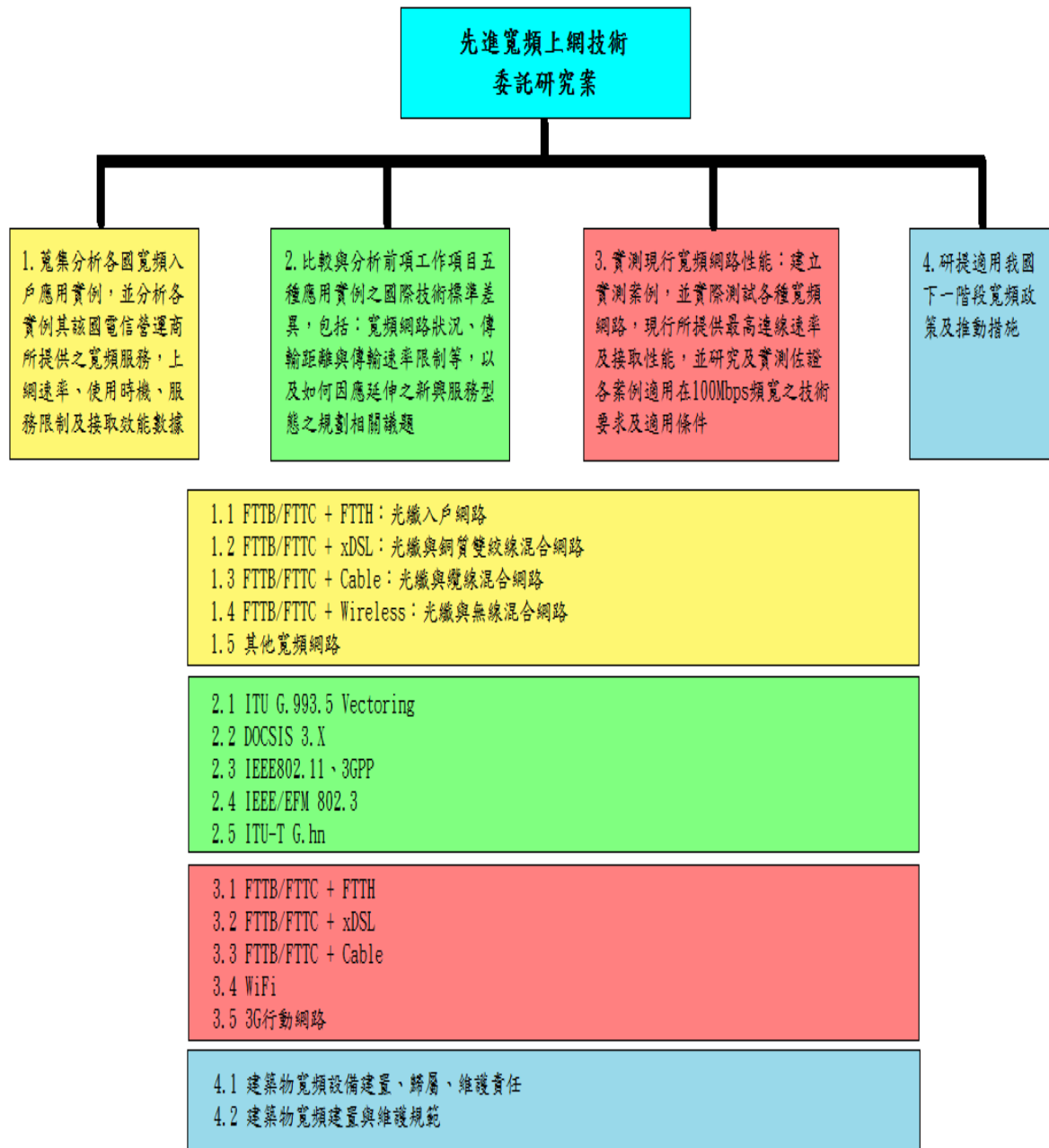
第三節 計畫研究範圍

本研究將進行深入探討與剖析，以提供適用我國下階段推動高速寬頻建設之技術方向與對策，實測現行寬頻網路性能，分析不同寬頻接取技術之狀況，以作為後續相關技術監理參用。本研究團隊依據計畫目標，規劃符合研究需求的研究計畫架構，主要研究項目包括如下：

- 蒐集分析各國寬頻入戶應用實例，並分析各實例其該國電信業者所提供之寬頻服務，上網速率、使用時機、服務限制及接取效能數據
- 比較與分析前項工作項目五種應用實例之國際技術標準差異，包括：寬頻網路狀況、傳輸距離與傳輸速率限制等，以及如何因應延伸之新興服務型態之規劃相關議題
- 實測現行寬頻網路性能：建立實測案例，並實際測試各種寬頻網路，現行所提供最高連線速率及接取性能，並研究及實測佐證各案例適用在 100Mbps 頻寬之技術要求及適用條件
- 研提適用我國下一階段寬頻政策及推動措施：「建築物屋內外電信設備工程技術」、「建築物寬頻建置與維護規範」

本研究將藉由廣泛蒐集資訊，進行各方意見交流，以瞭解現有屋內外電信設備工程技術與各國電信業者所提供之寬頻服務差異。本研究除將探討寬頻接取技術量測以外，更進一步討論國外案例與國際接軌做完整的研究分析，提出具體推動高速寬頻建設之技術方向與對策之建議，以符合委託單位的需求並促進寬頻產業的健全發展。

研究範圍主要括分為四個研究項目，如圖 1-1 所示。



資料來源：本團隊整理

圖 1-1 研究計畫架構圖

第四節 研究方法與步驟

一、研究方法說明

為達成本計畫規定之四大研究項目，依據上述研究工作內容的特性及範疇，本研究將依據委託機關招標文件要求，蒐集各國寬頻入戶應用實例、寬頻網路技術之發展現況及未來規劃，研析不同寬頻網路技術連接速率與接取性能。

本中心參考 101 年度執行行政院科技會報辦公室委託之「寬頻上網速率評量計畫」及 102 年通傳會委託之「固網寬頻上網速率評量與分析」兩案所累積的經驗並依據本專案要求，建構測速平台。

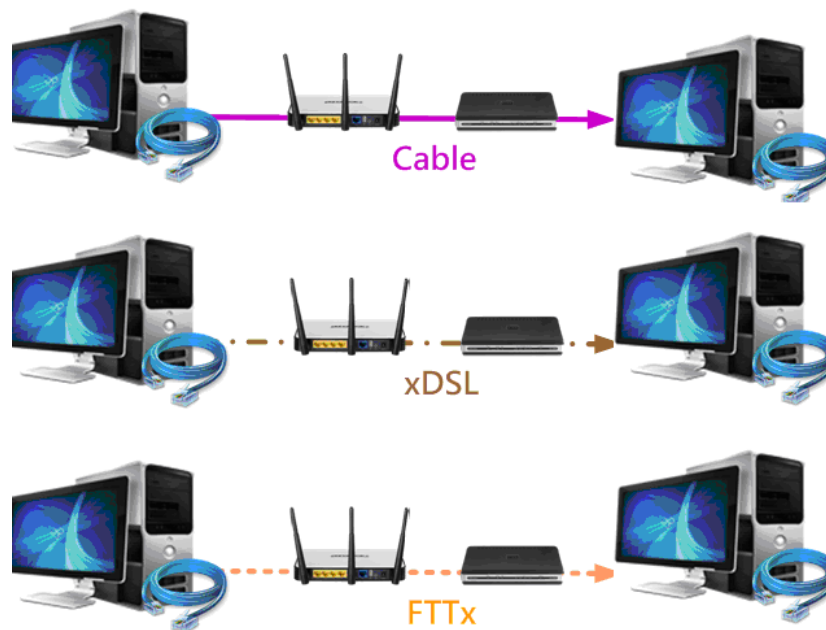


圖 1-2 測試平台架構圖

上圖為測試系統架構，測試系統包括模擬安裝於消費者家中的末端寬頻測速盒，與模擬業者機房的頭端系統，藉由改變傳輸距離或訊雜比等條件，並將量測結果做完整記錄，以進行統計分析。

二、進行步驟說明

本團隊以廣泛蒐集各國寬頻入戶之應用實例之發展現況及未來規劃資料，並選擇光纖入戶、光纖與銅質線混合網路、光纖與纜線混合網路、光纖與無線混合網路、光纖與電力線混合網路，就美國、英國、法國、日本、中國及新加坡等國家個別案例，深入探討該國電信業者所提供之寬頻服務，上網速率、使用時機、服務限制及接取效能數據。

本團隊的初步研究成果將藉由資料蒐集與專家訪談方式，充分了解問題的核心，對我國應如何規劃適用我國下階段推動高速寬頻建設之技術方向與對策，深入剖析關鍵的研究議題。本團隊藉由廣泛蒐集研究文獻並審慎記錄各項訪談，以公正客觀的立場加以整理、歸納、及分析，進而完成並提出各項研究成果報告。

三、進行步驟說明

本團隊主要參考 102 年「固網寬頻上網速率評量與分析」測試架構，在根據本專案需求進行修改，提出符合一致標準的測試與驗證之研究，包括實際網路速率測試項目研究及量測數據的分析。本團隊透過資料蒐集、公正量化的實地量測，進而提出完整的測試程序與驗證方法。

本團隊根據本計畫的研究重點及工作規劃，配合文獻分析與實驗的研究方法，詳述各研究分項內容及報告產出如表 1-1。

表 1-1 研究項目及報告產出說明

研究項目	報告產出	研究需求說明
1. 蒐集分析各國寬頻入戶應用實例	(1) 各國電信業者所提供之寬頻服務，上網速率、使用時機、服務限制及接取效能數據	包括英國、美國、法國、日本、新加坡及中國等國家
	(2) 寬頻入戶應用實例	光纖入戶、光纖與銅質、光纖與纜線混合網路、光纖與無線混合網路、光纖與電力線混合網路
2. 比較與分析前項工作項目五種應用實例之國際技術標準差異，包括：寬頻網路狀況、傳輸距離與傳輸速率限制等，以及如何因應延伸之新興服務型態之規劃相關議題	(3) 各種技術傳輸距離與傳輸速率限制	ITU G.993.5 Vectoring DOCSIS 3.X IEEE802.11、3GPP IEEE/EFM 802.3 ITU-T G.hn
	(4) 新興服務型態	IPTV、IP-phone
3. 實測現行寬頻網路性能：建立實測案例，並實際測試各種寬頻網路，現行所提供最高連線速率及接取性能，並研究及實測佐證各案例適用在100Mbps 頻寬之技術要求及適用條件	(5) 實測現行寬頻網路性能	FTTH xDSL Cable WiFi PLC
4. 研提適用我國下一階段寬頻政策及推動措施	(6) 推動高速寬頻建設之技術方向與對策	「建築物屋內外電信設備工程技術」修正建議 「建築物寬頻建置與維護規範」

第貳章 各國寬頻入戶應用實例

寬頻網路服務 (Broadband Internet Service)，是指利用網路的壓縮及數位技術，提升網路傳輸效能及資料傳送的能力，其中又可分為無線與有線網路兩種傳輸類型，現今無論無線或有線傳輸技術中，唯有光纖通訊是現有傳輸技術中具有最大傳輸頻寬之優勢，在網路需求的提升與科技發展的進步下，新一代的寬頻混合網路—FTTx 成為 Cable 與 xDSL 業者與共同努力的發展方向。

有線電視 (Community Antenna Television, CATV) 業者，將 FTTx 技術應用在原本之同軸電纜換置成光纖纜線，推出了新一代的 BB 寬頻 (Broadband internet service)，藉由其鋪設的雙向光纖同軸混合型網路 (Hybrid Fiber-Coaxial, HFC) 系統進行高速數據傳輸，讓使用者在收看電視同時也可以使用網路功能。xDSL 業者也相繼利用光纖混合網路推出光纖到府服務 (Fiber to The Home, FTTH)，因應光纖世代的來臨。寬頻具有多重的政策目標，能有效提升使用者生活環境感受，良好的網路基礎環境，能為我國資通訊產業的轉型與升級奠基，讓民眾得享更優質、多元的創新應用服務。

第一節 寬頻網路服務概述

美國最大有線電視業者 Comcast 認為：現在提供 100Mbps 頻寬，很快未來要提供 300Mbps。現在已經超過網路流量的 50% 的影像廣播，未來仍在網路佔據更大的流量，因此未來必須提供超過 1Gbps 的頻寬。但在有線網路的頻譜的規劃中，頻譜資源越來越少，而影像佔據頻寬越來越寬，未來，類比信號被數位信號全部替換後，人們希望有更多 VOD、DVR 的服務，很多運營商轉向了數位視訊，從技術來講，需要有足夠的決心和意志去整合。

而與 DOCSIS 3.1 相同在有線寬頻傳輸技術下，同軸網路技術 (Ethernet Passive network Over Coax, EPoC) 也是一種下一代有線寬頻網路接取技術，也獲得有線電視業界與 IEEE 的支持。IEEE 目前傾向 EPoC 與 DOCSIS 3.1 的實體層技術進行統一，HFC-DOCSIS 3.1 與 EPoC 將處於新一代有線寬頻技術標準的競爭。EPoN 在現有的 HFC 基礎設施上運行現有服務，目標是分享 10Gb/s 的連接，而不是 100 或 200 的用戶共享 300MB/s。

英國監理機關 Ofcom 為了瞭解固網在住宅寬頻接取的性能，在 2012 年由研究夥伴 SamKnows 公司進行委託研究，以確定電信業者所提供的寬頻服務、消費者體驗，的平均下載速度指標。其目的在確保消費者對電信業者所所提供的寬頻網路速度，有足夠瞭解和充分的信息，包括最大連線速度的估計值與一般體驗的連接速度。根據 2013 年 3 月出版的英國固定寬頻效能報告，英國固定寬頻實際平均速率從去年同期的 6.2Mbps 增加為 12Mbps，提升了 5.8Mbps（96%）。

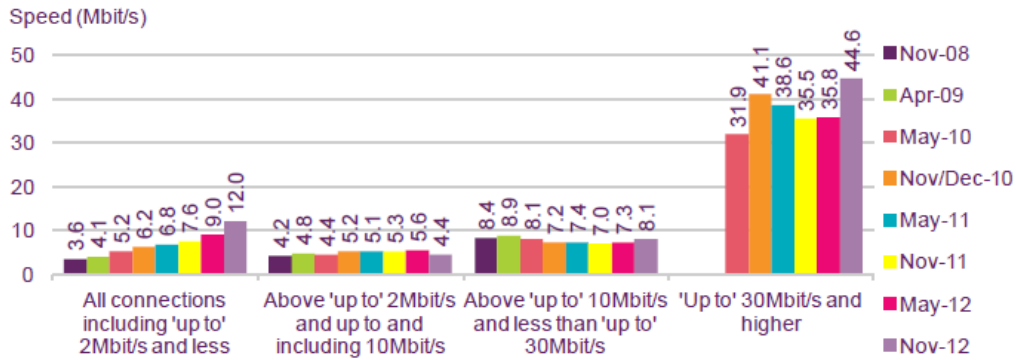


圖 2-1 2008 年至 2012 年英國固網寬頻實際平均速率

統計英國 2012 年 6 月至 11 月蒐集之數據，若以固定寬頻服務連線技術類別來看，ADSL 去年同期平均下載速率為 5.3Mbps，本期略為提升至 6.0Mbps；而 Cable 平均下載速率上升幅度較高，去年同期為 14.2Mbps，本期則進步至 28.3Mbps；FTTx 同期平均下載速率約為 36.0Mbps，與前期（2012 年 5 月）相比更至提高至 41.0Mbps，如下圖 2-2 所示。

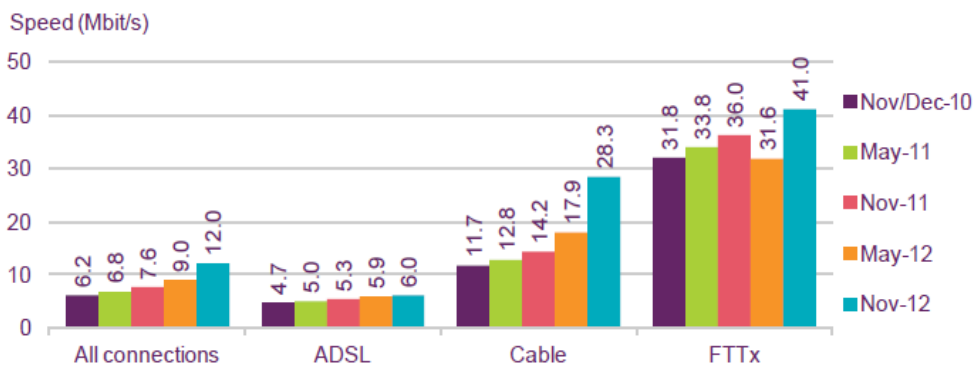


圖 2-2 2010 年至 2012 年英國家庭固定寬頻服務平均下載速度

日本要求 NTT 公司將光纖服務分離為 NTT East 及 NTT West 兩家公司，此兩家公司必須以合理價格提供光纖給競爭者以建置其網路，由於促進市場有效競爭，多年發展下來日本已成全球光纖寬頻網路覆蓋率最高國

家。日本全國的光纖覆蓋率在 2002 年以前有 59%，在 2004 年，覆蓋率上升至 84%，在 2010 年已達到 90% 以上的光纖覆蓋率。

瑞典政府的商業能源暨通訊部(Ministry of Enterprise, Energy and Communications)在 2009 年 11 月提出「瑞典寬頻策略(Broadband Strategy for Sweden)」，促進市場競爭和改善寬頻網路建設。瑞典鼓勵電信業者租賃裸光纖(Dark Fibre)來提供寬頻增值服務。裸光纖(Dark Fibre)包括電力，石油管路等相關工程已建立之現有光纖，與其他尚未投入在電信服務等其他光纖網路。使電信業者的發展基礎相同，可有效促進市場競爭。

各國目前都推動，多重基礎建設(Parallel Infrastructure)鼓勵固網業者、有線電視業者或行動網路業者共同提供寬頻服務，今日網路技術發展迅速，若以特定技術作為政策主軸一方面可能高估其技術價值或高估生命週期，另一方面可能也低估非技術性因素，藉由多種技術達到共同提供寬頻服務，其民眾才能感受寬頻服務的便利性。

第二節 各國寬頻入戶接取服務現況

本節說明各國電信業者所提供之寬頻接取服務與下載速率現況。

一、美國

美國境內幅員遼闊，電信產業與有線電視業者相互競爭下，光纖混合網路廣佈，其他寬頻接取方式還包括：衛星、行動網路、纜線數據、電力線網路等，如下圖所示。各家業者在不同地域所佔比例差異極大，下列類舉數家具代表性公司。

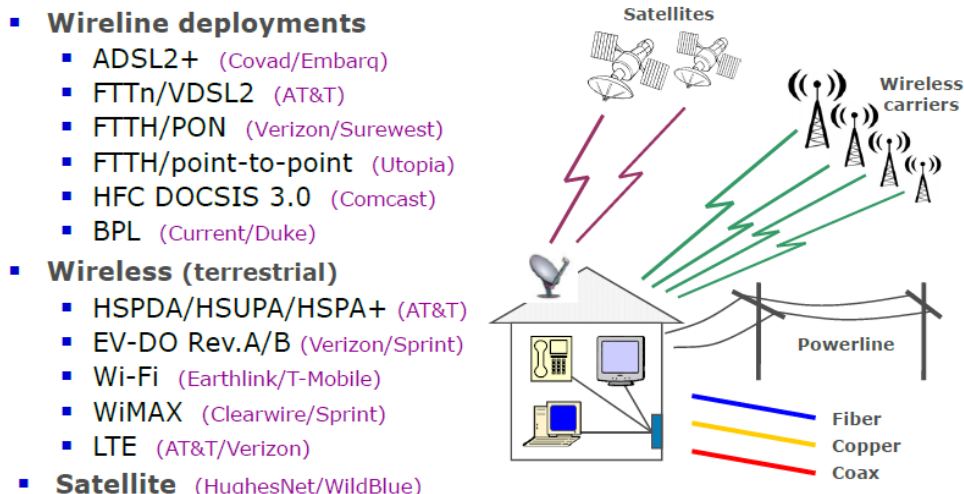


圖 2-3 美國各種寬頻接取技術與對應業者

(一)AT&T

是美國最大的固網電話服務供應商及最大的行動電話服務供應商，此外還提供寬頻及收費電視服務。為了與有線電視業者競爭，發展 FTTx/VDSL2 光纖與銅質線混合網路，如下圖所示。若居住環境允許下，AT&T 優先選擇光纖到府的接取技術，若又到居住環境限制下，再選擇 FTTx/VDSL2 光纖與銅質線混合網路的接取技術。寬頻網路入戶後，可由家用閘道器(Home Gateway)，為各種家庭智能設備提供服務。

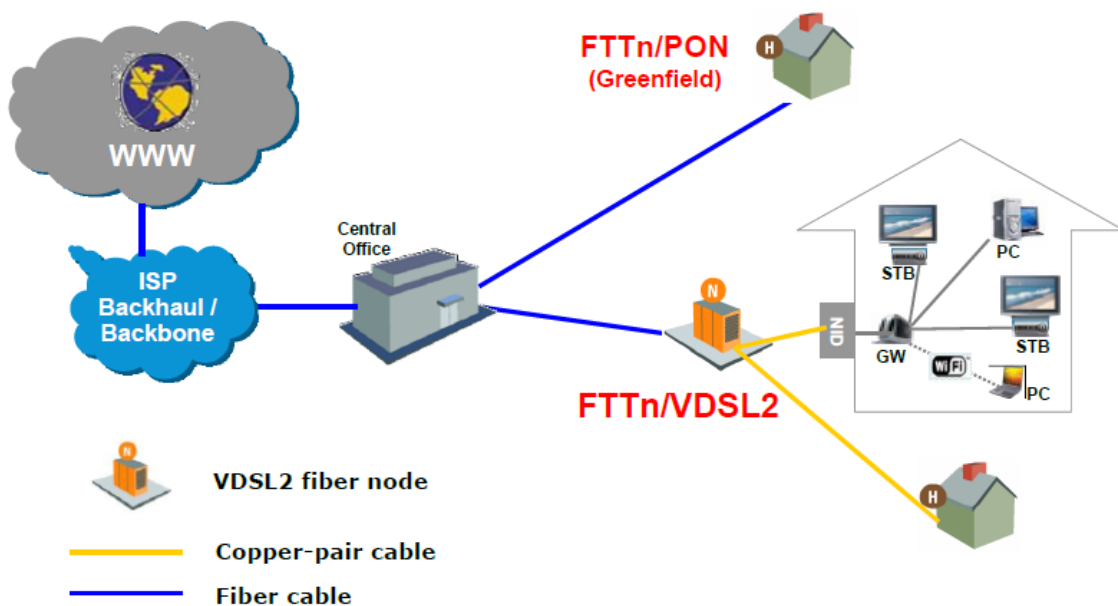


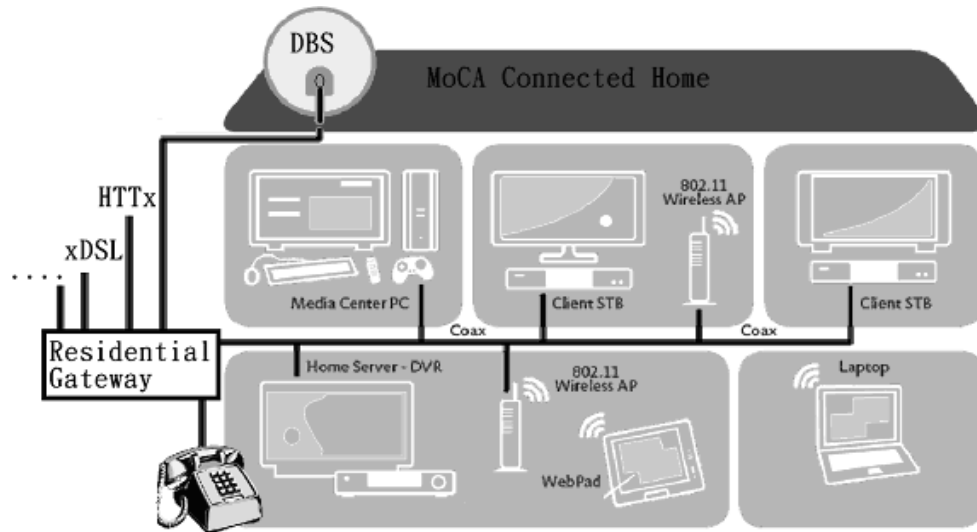
圖 2-4 AT&T FTTH/ VDSL2 示意圖

AT&T 在 2012 年 11 月投入 Project Velocity IP (簡稱 VIP) 計畫，將在 2015 年之前投入 140 億美元，分別以 80 億與 60 億，升級行動網路與固網網路，截至 2014 年 8 月，AT&T 目前推出光纖入戶最快的上網服務，下載為 45Mbps²，使用光纖混合網路 xDSL 技術，最快的上網服務，下載為 6Mbps。美國境內幅員遼闊，當選擇方案時，需要填入詳細住址與相關資料，確保用戶的所在地點能提供相對應的上網服務速度，申請後有贈送 30 日不等的免費收視 IPTV 電視節目服務。

(二)Verizon

是美國主要電信公司，全球領先的寬頻和電信服務業者，主要業務為語音通話、固定寬頻和無線通訊，是美國最大的無線通訊服務供應商。Verizon 公司於在有線寬頻接取服務逐漸發展以光纖到府的施做方式，在無線通訊服務方面，分為 CDMA 2000 的行動數據 EV-DO(Evolution-Data Optimized)與 LTE 兩項，Verizon 是美國最大的無線通訊服務供應商。該公司的佈建策略是朝向光化技術來發展，因此光纖到府佈建比例是逐年成長，而銅纜網路服務逐年下降，2010 年第一季到 2013 年第一季下降比例約 20 %。機房至用戶端的光纜大多採架空方式佈放，而用戶社區採用微管溝工法(Micro Trench)，當進行地下光纖纜線安裝工程時，微管溝工法不需要在馬路大幅施工，只需用一個專門切割機切割出細槽，然後將套好導管的光纖纜線植入其中即可，可大幅度地減少施工期間對交通和環境的影響。用戶室內則採用 MoCA(Multimedia over Coax Alliance)技術，這是一種在室內以既有的有線電視纜線做傳輸的家庭網路，在美國的家庭裡，coaxial cable 的普及率高達 70%，有十分完整的基礎設施，利用它來傳輸多媒體影音資料的技術已經相當成熟穩定，相當適合應用在傳輸高資料量之多媒體影音訊號。MoCA 目的是要將電話、網路、CATV、SMATV、WLAN...透過 MoCA 技術整合到同軸電纜，進入室內，再分享到所有房間供給各項設備使用，如下圖所示。

² AT&T 上網資費方案與網路速度：<http://www.att.com/shop/internet/u-verse-internet.html>



資料來源 <http://www.mocalliance.org>

圖 2-5 MoCA 家庭網路

Verizon 為了考量光纖到府尚未涵蓋之地區，也使用 LTE 高速行動上網技術來進行輔助。該公司也利用 LTE 與 Wi-Fi 無線基地台(AP)的裝置來達到提供用戶上網。截至 2014 年 8 月，Verizon 目前推出光纖入戶最快的上網服務，下載為 500Mbps³，使用光纖混合網路 xDSL 技術，最快的上網服務，下載為 15Mbps。在無線接取服務最快的上網服務，下載為 75Mbps，當選擇方案時，與 AT&T 同樣需要填入詳細住址與相關資料，確保用戶的所在地點能提供相對應的上網服務速度。

(三)Comcast

Comcast 是美國最大有線電視業者，並且經營寬頻網路、IP 電話服務及內容供應商，總部位於賓州的費城，擁有 2460 萬有線電視用戶，1440 萬寬頻網路用戶及 560 萬 IP 電話用戶。已引用 DOCSIS 3.0 提供最快速率 150Mbps⁴的服務，亦積極在評估 DOCSIS 3.1 技術，作為後續網路升級 Gbps 之需，申辦該公司的寬頻服務，亦可獲得全美國百萬個 WiFi 熱點進行無線接取服務。Comcast 主要是有線電視業者，該公司希望由有線

³ .verizon 上網資費方案與網路速度：<http://www.verizon.com/home/fios-fastest-internet/>

⁴ Comcast 上網資費方案與網路速度：<http://www.comcast.com/internet-service.html>

電視與寬頻接取服務進行網綁的服務價格，對於單純的寬頻服務其價格未必較網綁有線電視的服務低。

(四)EarthLink

美國網路服務提供者 EarthLink 公司，除了提供有線數據與 xDSL 服務外，也提供衛星上網的寬頻服務，衛星寬頻網路服務在地廣人稀的區域，具有架設成本較低的優勢，截至 2014 年 8 月，EarthLink 目前推出衛星寬頻服務最快的上網速度，下載為 15Mbps 上傳為 2Mbps⁵，但有使用流量限制，每月最大約 40GB 的流量。

二、日本

日本寬頻建置的推動策略，是以民間主導為原則，政府部門則著重於公平競爭環境的建立，以及在法制上排除網路建設發展的障礙。對於偏遠地區則編列預算，以公共投資的方式佈建寬頻網路。而為鼓勵民間企業建設寬頻網路，日本對企業提供投資誘因，激發投資意願如提供租稅及融資優惠。日本於 2010 年推動「光道構想」，利用閒置的寬頻網路資源，作為資訊化社會發展基礎。其中，希望 NTT 將其所擁有全日本近 74% 的光纖網路全部分離出來，以低價提供其他業者使用，進而提高寬頻使用的普及率。「光道構想」三項主要措施：

1. 促進 ICT 基礎建設的發展

總務省計劃由政府公部門建造後再由私部門經營的方式，加速超高速網路的佈建。同時，政府部門亦應一併發展如醫療、教育、政府治理等公共應用服務，並編列預算作為提高民眾使用的誘因。至於有些較難以實體光纖佈建的地區，則可能以有線電視網路或無線寬頻網路作為服務提供的替代方案。

2. NTT 公司「分享式接取服務」

⁵ EarthLink 上網資費方案與網路速度：<http://www.hughesnet.com/index.cfm?page=Plans-Pricing>

日本 2010 年推動「光道構想」，規劃利用閒置的寬頻網路資源，作為資訊化社會發展基礎。NTT 已擁有全日本近 74% 的光纖網路，故總務省要求光纖網路部分要分離出來，以低價提供其他業者使用，進而提高寬頻使用的普及率。

「分享式接取服務」是指 NTT 東日本與西日本有義務要出租其機房設備，包括交換機房空間、光纖網路以及管道間給其他的固網業者。由 NTT 出租其機房設備，包括交換機房空間、光纖網路以及管道間給其他的固網業者，相關的設備租賃價格皆由總務省進行管制與規範。甚至必須準備互連的會計報告，載明互連的結果與程序，解釋其成本與過程，公開給其他的固網業者。

目前主要分租業者為 KDDI 和 So-NET，即便在總務省得協調下 KDDI 仍然認為 NTT 光纖管道的承租費用偏高，不斷要求政府施壓迫使 NTT 降價，在 KDDI 購買東京電力取的光纖管道後，NTT 認為其他電信業者已具備購併基礎光纖的能力，NTT 甚至無願意繼續讓 KDDI 租賃，故 NTT 根本無降低管道承租費用的意願。KDDI 後續併購有線電視業者，希望在光纖網路的需求上尋求突破點。

3. 藉由管制革新提升 ICT 的利用率

將寬頻網路與地方政府、學校或醫院相結合，從創造出地方性的寬頻需求中，帶動商業模式發展，讓寬頻服務的使用範圍更為廣泛。

2013 年底總務省最新數據顯示，日本 FTTH 用戶普及率為 45% 約為 2502 萬，日本 FTTH 市場已經成熟，用戶數成長在逐漸放緩，xDSL 用戶數也在下滑，截至 2013 年底，約為 470 萬，較 2012 年減少近 104 萬；FTTH 服務供應商主要有 NTT、KDDI 和電力業者。NTT 擁有 71.4% 用戶數，FTTH 用戶分成兩大類，一類是獨棟樓房/商業用戶，另一類是公寓式用戶。獨棟樓房/商業 FTTH 用戶佔比為 63.8%。但即便是在東京，也並非所有地區都可以申請 FTTH，以申辦 xDSL 服務，初期建置時就要付一筆建置費約 30,030 日元，以上、下傳 100Mbps 寬頻速率，每個月的月租費約 9800 日

元⁶。截至 2014 年 8 月，NTT 目前推出光纖入戶最快的上網服務，下載為 1Gbps⁷，使用光纖混合網路 xDSL 技術，最快的上網服務，下載為 100Mbps。同樣需要填入詳細住址與相關資料，確保用戶的所在地點能提供相對應的上網服務速度。

三、韓國

韓國電信公司（KT 公司）是韓國最大的寬頻網路服務業者，大約有 1800 萬電話用戶、800 萬寬頻網路用戶和 470 萬 IPTV 用戶，提供 FTTH 1Gbps 的寬頻接取服務，KT 和 Ubiquoss 在數位家庭和接取產品中採用 ITU-T G.hn 技術，使增快家庭網路的佈置。

G.now 是 ITU G.hn 技術作為 VDSL2 的升級，應用於有線寬頻接取網路。與傳統 VDSL 系統僅 100 Mbps 的速率相比，G.now 可提供超過 500Mbps 的更高傳輸速率。利用可配置的上行鏈路/下行鏈路比例的 TDD 架構，和先進的 FEC 與自動重發技術，用於抑制和自動降低近端串擾。

2013 年 12 月韓國電信在首爾江南區的公寓，以實驗性質提供 1Gbps 的互聯網服務，在傳統公寓式佈置 FTTH 的網路線路較為困難，涉及配電箱與預留管路等問題，G.now 可以幫助 KT 推出接近的 FTTH 的寬頻接取服務，同時省去了將銅纜更換為光纖的成本。截至 2014 年 8 月，KT 目前推出最快的上網服務，下載為 100Mbps⁸，

四、歐洲

截至 2013 年底，歐洲 FTTH 委員（FTTH Council Europe）統計，歐盟 FTTH/FTTB 的用戶數達到 2010 萬，2013 年，歐洲光纖接取用戶數由 15% 增加約 29%，歐盟其中法國和瑞典發展最快速，歐洲在歐盟之外的發展最快的國家，分別為俄羅斯（900 萬）和烏克蘭（130 萬）。

⁶ NTT OCN 光接入 http://www.ocn-ip.com/plan/hikari_ip1.html

⁷ NTT 上網資費方案與網路速度：https://flets.com/?link_eastid=ext_p001

⁸ KT 上網資費方案與網路速度：http://dic.olleh.com/wDic/productDetail.asp?CateCode=5021&ItemCode=970

即使光纖接取用戶快速增加，但家庭 FTTH/FTTB 用戶普及率，在歐洲國家中只有 9 個達到 20%。歐洲 FTTH 委員希望得到各國政府，支持光纖的計劃，使歐盟委員會和各國監理機關，合力解決光纖網路，加強用戶的利益和對光纖的需求。歐盟委員會已成立的歐洲數位議程目標，希望在 2020 年，一半的歐盟家庭將可享受 100 Mbps 以上的寬頻上網服務，這將促進醫療、安全服務和其他應用大規模普及，目前整個歐洲光纖網路正在大規模部署。

(一)Virgin Media

英國寬頻服務市場，現況有六大業者佔有英國約 9 成寬頻接取服務，英國的寬頻服務業者，主要以 BT、Virgin Media、Carphone Warehouse、Tiscali、BSkyB 與 Orange 六家服務業者為主，其中 BT 與 Virgin Media 兩家業者的市佔率合計達五成，分別為英國最大之固網電信運營商以及有線電視業者。Virgin Media 是英國最大有線電視業者，2005 年合併 NTL 與 Telewest，主要透過纜線數據，提供寬頻接取服務業務，現階段結合光纖混合網路，在機房端與和客戶之間的使用 DOCSIS 3.0 以上的同軸銅電纜鏈路進行傳輸。截至 2014 年 8 月，Virgin Media 目前推出最快的上網服務，下載為 152Mbps⁹，使用光纖混合網路 xDSL 技術，最快的上網服務，下載為 100Mbps。同樣需要填入詳細住址與相關資料，確保用戶的所在地點能提供相對應的上網服務速度。

(二)British Telecom (BT)

原為英國國營電信公用事業，由英國郵政總局管理，1981 年脫離英國皇家郵政，變成獨立的國營事業。1984 年市場出售 50% 公股，成為民營公司。該公司始終是全英最大電信營運業者。英國電信在全球 170 個國家設有營業點或辦事處，2006 年全球營收約為 390 億美元，同時提供電話、寬頻與電視服務。

⁹ Virgin Media 上網資費方案與網路速度：
<http://store.virginmedia.com/broadband/compare-broadband/index.html>

截至 2014 年 8 月，British Telecom 目前推出 FTTH 最快的上網服務，下載為 76Mbps¹⁰，使用光纖混合網路 xDSL 技術，最快的上網服務，下載為 17Mbps。上網服務部分方案，有限制可用傳輸資料量，每月的使用限制在 10GB/20GB，若超出該資料量，則需要支付額外的費用。

(三)Orange Telecom

法國電信(France Telecom)，現改名為 Orange 是法國主要的電信公司原擁有許多事業群，如：Wanadoo 是歐洲第二大的網路服務供應商、Orange SA 是法國第一大行動業者，以及 Equant 負責數位通訊網路商業服務。2006 年停止使用 Wanadoo 及 Equant 品牌，並整合至 Orange。服務範圍包括：法國、英國、義大利、西班牙、葡萄牙以及南非。

Orange 配合法國監理機關 ARCEP (Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes)2010 年提出”征服 2015”計畫，將在 2010 到 2015 年間進行大規模部署 FTTH，對 Bordeaux、Grenoble、Lille、Lyon、Marseille、Metz、Nantes、Nice and Toulouse 這 9 個地區的投資進行整合，然後推廣到其他城市，如 Cannes、Montpellier、Orleans、Rennes、Strasbourg 和 Toulon。其中包括 20 億歐元投資計畫，以實現到 2015 年光纖覆蓋法國 40%人口的目標。

截至 2014 年 8 月，Orange Telecom 目前推出光纖最快的上網服務，下載為 500Mbps 上傳為 200Mbps¹¹，使用光纖混合網路 XDSL 技術，Orange 不提供保證速率，只標示 VDSL2 下行速度一般可達到 15~50 Mbps，ADSL 通常小於 1Mbps，其下載速率變動主要決定於線路的長度，ADSL 僅下載保證大於 512Kbps，對於 VDSL2 上行速率一般在 1~8Mbps 範圍。光纖寬頻上網服務與 120 個電視頻道其中包括 12 個高畫質頻道一起網綁銷售，ADSL 在傳輸速率允許的前提下，提供 100 個電視頻道其中包括 5 個高畫質電視頻道。

¹⁰ British Telecom 上網資費方案與網路速度：
<http://www.productsandservices.bt.com/products/broadband>

¹¹ Orange Telecom 上網資費方案與網路速度：
<http://abonnez-vous.orange.fr/residentiel/offres-internet-fibre.aspx?rdt=o>

(四)Royal KPN N.V

荷蘭皇家電信 (Royal KPN N.V.)，是一家國際電信網路服務業者，其業務範圍包括郵政、電信、有線和多媒體等。無論行動通訊或固網業務，都是荷蘭最大電信業者，2006 年已擁有 690 萬固定線路用戶和 220 萬網際網路用戶，且在荷蘭，德國和比利時也擁有 2080 萬的行動通訊用戶。荷蘭皇家電信依照選擇的地區提供不同的上網速率¹²，絕大多數區域都可以達到 10Mbps 以上速率，2012 年提供既有客戶下載速率由 50Mbps 提升至 80Mbps 上傳速率為 8Mbps。

五、新加坡

新加坡電信 (Singapore Telecommunications Limited,SGX) 是全世界前 30 大的行動通訊業者，此外，同樣提供網際網路接入、網路電視固網電話等服務。新加坡電信在海外市場擁有部分經營股份，包括澳大利亞電信公司 Optus、台灣新世紀資通等。截至 2014 年 8 月，新加坡電信目前推出光纖最快的上網服務，下載速率為 500Mbps 且沒有流量限制¹³，使用光纖混合網路 xDSL 技術，ADSL 提供 15Mbps 下載速率，該網路方案是網綁固網電話與網路電視進行銷售，另外也搭配 4G 行動通訊網路，提供 500MB 的下載容量，在 4G 行動通訊的網路速率，新加坡電信宣稱最快可以是 70Mbps，在 80% 的多數時間下，實際使用速率約為 7.5Mbps。

六、中國

中國電信 (China Telecom) 是中國最大的固網業者，配合中國政府目前推動的國家寬頻計畫，預計在 2011 年至 2015 年的十二五計畫中，增加全國寬頻普及，中國電信透過 FTTx 在 2013 年推動 100Mbps 下載服務，但不同地區差異極大，如北京直到 2014 年才有 100Mbps 的服務，且中國電信光纖頻寬即便申請 100Mbps，上傳頻寬僅 2Mbps。

¹² Royal KPN N.V. 上網資費方案與網路速度：<https://bestellen.kpn.com/pakketten/standaard/internet>

¹³ 新加坡電信上網資費方案與網路速度：
<http://info.singtel.com/personal/internet/broadband-at-home/fibre-broadband-plans>

七、全球寬頻用戶統計資訊

截至 2014 年 3 月，OOKLA 與 Google 合作，對全球寬頻網路速度的統計¹⁴，目前全球寬頻網路速率排名前四位，分別是香港、新加坡、韓國、日本皆大於 50Mbps，台灣速率約 36Mbps，如下圖所示。全球以阿拉伯聯合大公國的 FTTH/FTTB 普及率最高，從總用戶數來看，中國和日本仍分別以 3700 萬和 2470 萬寬頻用戶數最高。

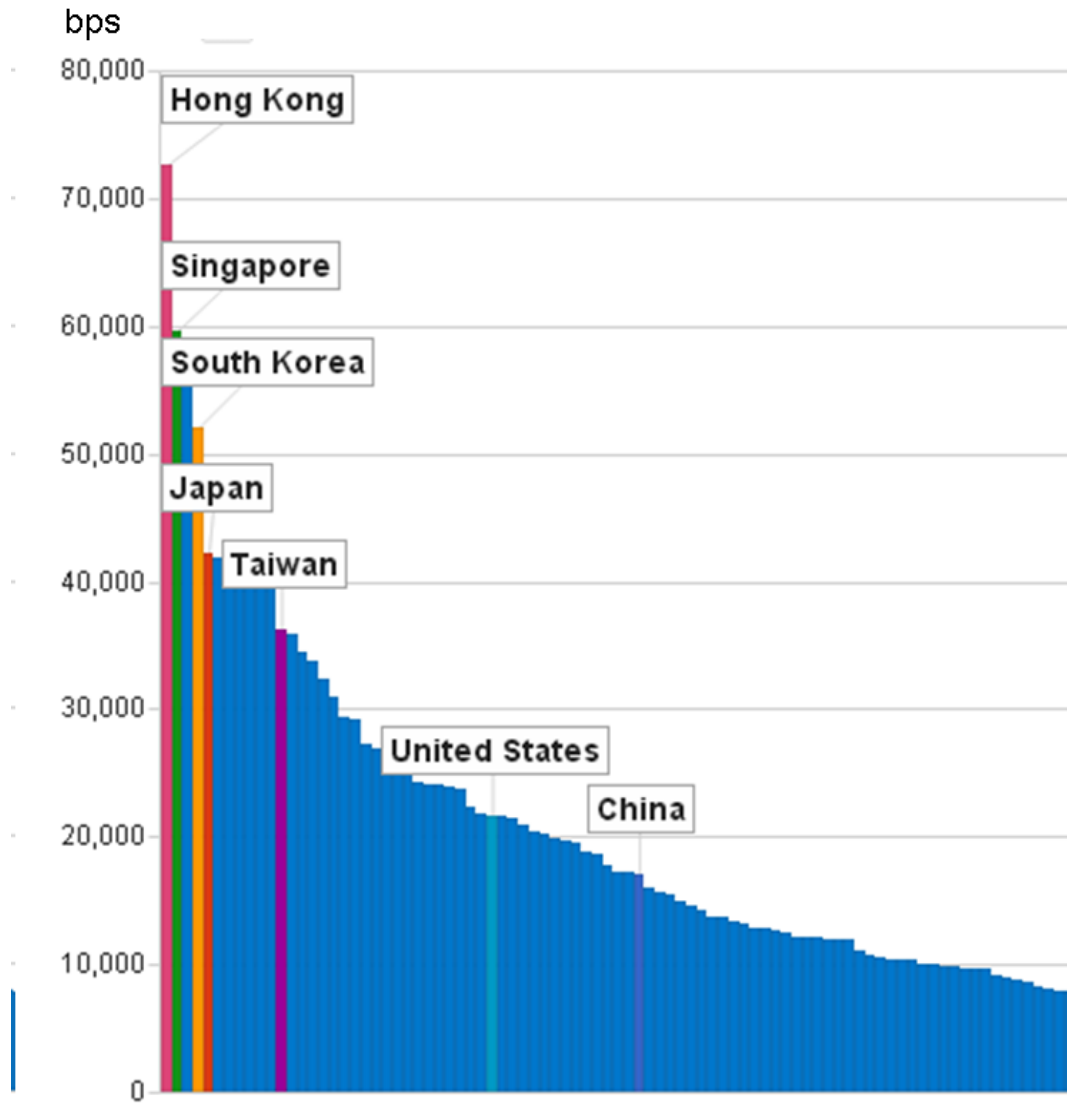


圖 2-6 全球寬頻網路速率統計

¹⁴ OOKLA 與 Google 各國寬頻速率數據資料庫：<http://www.netindex.com/>

第三節 各國寬頻網路服務趨勢

一、寬頻接取服務下載速率比較

依據上述整理各種寬頻接取服務技術，如下表所示。截至 2014 年 8 月，所推出光纖到戶下載速率，最快為日本 NTT 公司達到 1Gbps，多數業者除 FTTx 技術，搭配 xDSL 與 DOCSIS 接取技術，提供 45~152Mbps 不等的傳輸速率。美國 Verizon 除了提供 FTTx 技術，另外也搭配 LTE 接取技術，提供 75Mbps 的寬頻下載服務。

表 2-1 各國寬頻服務業者接取技術與下載速率

	美國				韓國	英國	
寬頻業者	AT&T	Verizon	Comcast	EarthLink	KT	Virgin Media	British Telecom
接取技術	FTTx/DSL	FTTx/DSL/LTE	FTTx/DOCSIS	Satellite	FTTx/DSL	FTTx/DSL/DOCSIS	FTTx/DSL
光纖最高下載速率(bps)	45M	500M	-	-	100M	-	76M
其他接取技術最快下載速度(bps)	6M	xDSL : 15M/ LTE: 75M	DOCSIS : 150M	15M	-	DOCSIS :152M xDSL : 100M	xDSL : 17M

	法國	日本	荷蘭	中國	新加坡
寬頻業者	Orange Telecom	NTT	Royal KPN N.V.	中國電信	新加坡電信
接取技術	FTTx/DSL	FTTx/DSL	FTTx/DSL	FTTx	FTTx/DSL/LTE
光纖最高下載速率(bps)	500M	1G	80M	100M	500M
其他接取技術	VDSL :	xSL :	xDSL :	-	xDSL :

最快下載速度 (bps)	15-50M ADSL : 1M	100M	10M/		15M/ LTE: 70M
-----------------	------------------------	------	------	--	---------------------

二、寬頻接取服務提升速率方案

目前由上述各國寬頻服務業者的接取網路，主要以 FTTn 搭配 xDSL 方式來提供高速網路服務，長期而言為提升寬頻網路速率，光纖到府的服務趨勢仍是最終目標，如何縮減最後一段的距離來提升速率，將是未來的發展方向。以目前電信業者常用的 VDSL2 相關技術，屬於既有線路上的技術提昇，故網路佈建難度較低，有些既有設備商僅需韌體升級，即可使 ITU G.993.2 VDSL 的 17a 或更低的版本，升級到支援 ITU G.993.2 VDSL 30a 規格，其升級規範較為明確¹⁵，可支援網綁技術、向量技術等，避免串音及雜訊干擾影響。配置上也較為靈活，在公寓或辦公大樓利用光纖到建築物 (FTTB)，搭配數位用戶線接入多工設備 (Digital Subscriber Line Access Multiplexer, DSLAM)，分切多個小容量用戶；在區域用戶供裝範圍較大的區域，如獨棟社區或工業園區，可利用光纖到節點 (FTTN) 的供裝方式佈建，同時提升服務速率與克服距離障礙。

三、LTE 無線接取服務

目前由電信業者，美國 Verizon 與新加坡電信等，都利用 LTE 來輔助固定網路因頻寬上網不足的區域，一般而言有線網路的傳輸速率與穩定性，絕對比無線通訊來得可靠，但受限於地形建築物障礙，以及佈建上的問題，透過無線接取的便利性遠比有線網路佔優勢。美國 Verizon 推出行動上網分享方案，申辦行動上網服務，可以加購其他行動上網裝置，整體只要支付一筆行動上網月租費，可以讓多人使用還可節省行動上網費用甚至取代固網，將大幅提高用戶轉換到 4G 服務的意願。

¹⁵ FTTdp+G.Fast 詳見下章

日本以 LTE 取代固網服務或作為偏遠地區補償性網路的業者有增多趨勢¹⁶。截至 2013 年 4 月，有 6 家電信業者選擇以 LTE 取代固網的發展策略，LTE 傳輸技術與覆蓋範圍漸趨成熟，原有的固網用戶版圖開始出現變動。2012 年底，NTT 東／西公司調降每個月的固網費率，做為減緩用戶轉向 LTE 行動寬頻的因應。DOCOMO 光纖月租費大幅降價 35%，主要原因是 LTE 用戶提升，部分使用者利用 LTE 取代家中固網的可能性及資費選擇，導致 NTT 固網用戶年增長率逐年下跌，原已達飽和的行動通訊用戶卻能繼續穩定成長。此外，許多同時經營固網與行動網路業務的電信業者，出現 LTE 資本支出排擠固網投資的現象。以 NTT 為例，2010 與 2013 年固網資本支出相比減少 960 億日圓，整體支出比重下跌 5%，反之行動業務資本支出與比重均呈現逐年增長之勢。展望未來發展，行動與固網業務整合仍是時勢所趨，但如何平衡發展將是未來的挑戰。

四、偏遠區域寬頻接取服務

無論固定網路或行動通訊網路的寬頻接取服務，都需要有足夠的市場規模才足以支撐其營運，在非經濟區域例如：山區、離島、沙漠與沼澤等，少數人口居住的處所，上述幾種寬頻接取都要較高的成本負擔，故發展衛星及電力線寬頻接取服務為主。

(一)衛星寬頻接取服務

衛星寬頻網路服務在地廣人稀的區域，具有架設成本較低的優勢，美國休斯網路公司所推出的一套網路系統，其主要的系統服務包括：高速網路資料擷取、多媒體及數位封包等播放服務，早期衛星寬頻服務是利用專線或接撥的方式，作為上傳路徑，下載則是透過衛星將資料傳輸，分別利用兩個不同頻道作為上傳及下載資料之用，使傳送下載速度加快，現今已有雙向衛星寬頻接取技術。

衛星寬頻網路設備較為普遍的 VSAT(Very Small Aperture Terminal)產品，以往衛星寬頻接取服務多為大型企業用戶，用以串連其全球各區域據

¹⁶原文網址: Research - LTE 用戶創新高衝擊固網光纖成長 日本寬頻服務市場的瑜亮之爭
http://www.digitimes.com.tw/tw/rpt/rpt_show.asp?CnIID=3&v=20130521-239&n=1&query=%B4%BC%BCz%AEa%AE#ixzz3CxvJjMfJ

點網路，其網路服務和裝置價格十分昂貴，現今裝置成本價格明顯較過去傳統低廉許多，但相較於光纖、xDSL 銅線與有線寬頻網路，其費用仍相對高昂，目前衛星寬頻網路能夠提供的頻寬有限，且有網路流量限制居多。

(二)電力線寬頻接取服務

電力線網路(Power Line Communication,PLC) 利用既有電力線，將數據或資訊以數位訊號處理方法進行傳輸。美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission, FCC)2006年8月通過推動發展電線寬頻上網(broadband-over-power-line,BPL)技術決議，在不干擾現行無線服務之下，電線寬頻上網業者將有權以電力網路提供資料傳輸服務。FCC 希望藉由此決議讓電力線寬頻上網成為寬頻的第三管道；FCC 認為 BPL 將是解決美國經濟效益較低的地區，特別是農村與偏遠地區上網的解決方案。

PLC 寬頻應用則包括：上網、電腦資源分享、影音資料傳輸分享等。2002年起全球在40個以上的國家，有超過100個由電力公司陸續展開的PLC實驗計劃。歐洲在國際間，無論是接取型或室內型的PLC技術發展與機會，皆處於領先位置。在歐洲有為數眾多的先期場座、技術或商務試運行與鋪展。其中由法國EDF、葡萄牙EDP、瑞士EEF、西班牙Endesa與Iberdrola、德國PPC、英國蘇格蘭SSE發展的計劃為最重要的先導計劃之一。歐洲許多木造或石材的古蹟建築，較不願重行佈設線路，有利於以PLC提供寬頻服務，但後續持續提供PLC服務的電力業者相當有限。

第參章 寬頻應用實例與國際技術標準差異

現今在資料傳輸規格上，光纖通訊無疑是絕佳的傳輸方式，但受限於最後一哩的線路佈置，常見光纖混合網路的建置部署，雖然受限於 xDSL、DOCSIS 或電力線而影響傳輸速率，尤其對傳輸量要求極高的多媒體用途，但藉由分散多個光纖傳輸點的方式，將可以增加每個使用者的網路使用頻寬服務，下表為各種傳輸技術速率比較。

表 3-1 各種寬頻網路接取技術傳輸速率比較

WAN	xDSL		DOCSIS		EPON/GEPON		PLC	
版本	17a	30a	3.0	3.1	IEEE802.3ah/av		UPA	HPA
傳輸速率 max(Bps)	180M	200M	160M	1G	1G	10G	200M	

第一節 光纖到府(FTTH)

2004 年宣告的 EPON 或 GEPON (PON Ethernet Passive Optical Network)是乙太網路封包資料的 IEEE/EFM 標準，802.3ah 標準現在是 IEEE 802.3 標準的一部分。隨著用戶服務頻寬要求的提升，G/EPON (Gigabit-capable / Ethernet Passive Optical Network)網路的佈建，已成為寬頻接取網路重要網路建設之一，GPON 網路更受大部分電信業者陸續採用之重要接取網路技術。2010 年寬頻論壇發佈 TR-167 V2 標準，作為 GPON 網路技術規範，並與 TR-101 的 xDSL 網路技術，結合光纖到分配點 FTTdp(Fiber-to-the-Distribution Point) FTTx + VDSL2 接取網路，該結合技術逐漸朝向效率且高度管理，

GPON 使用三種波長：1550、1310 與 1490 nm，服務存取網路標準，其中 1550 nm 是傳送影像，而 1310 nm 是傳送數據上行，1490 nm 則是傳送數據下行。上行數據採用分時多工接取 (Time Division Multiple Access, TDMA)技術來區分用戶間的接取，GPON 網路下行速度可達 2.5G

bps 的資料傳輸速率，經分光器可引出多路光纖，最多能夠提供 128 個用戶 10 到 100M bps 的寬頻服務，上行速率約 1.25G bps，如下圖所示。

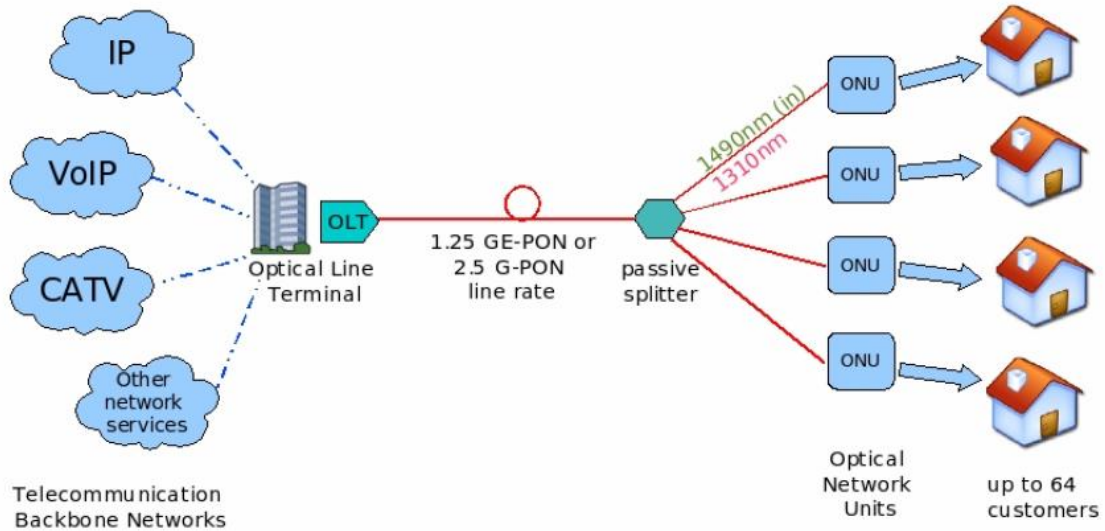


圖 3-1 GPON 被動光纖網路

即便光纖傳輸速率快，寬頻入戶仍有賴其他技術來協助，例如：古蹟建築或者用戶房屋經過裝潢，都會造成增加線路的困難，對於寬頻速率的要求只要光投落點盡量接近用戶，即便在銅線網路也可以大幅提昇寬頻速率。寬頻論壇提出 FTTdp 架構，用來解決相關接取的障礙，同時利用 xDSL 與 G.Fast，提升服務速率並降低建置成本，如下圖所示。除銅線網路外，G.Fast 甚至可以整合電力線方式，建立 FTTdp 傳輸網路。

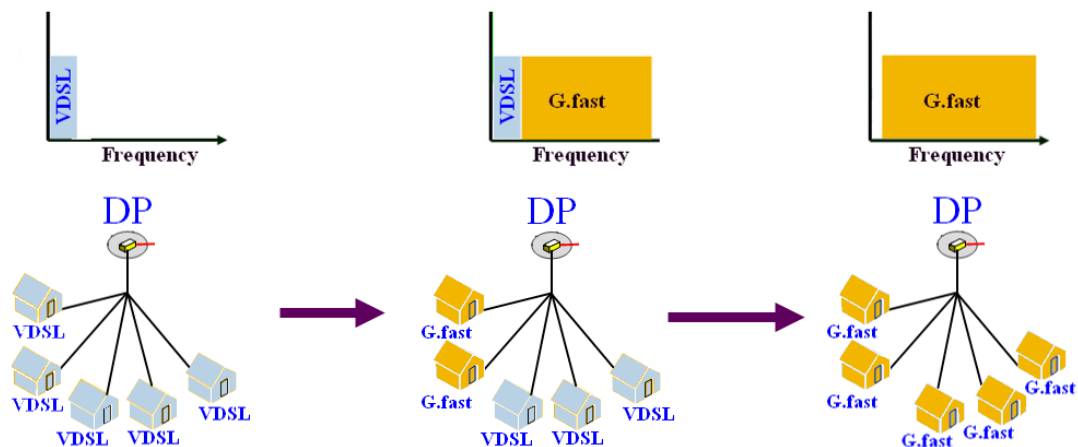


圖 3-2 xDSL、G.Fast 共存方案

第二節 銅線網路技術(xDSL)

數位用戶迴路 (Digital Subscriber Line, DSL) ，是透過銅線或者本地電話網提供數位連線的一種技術，傳輸以 OFDM 調變技術。xDSL 技術演進由早期 ADSL 至 VDSL2 技術，ITU 在 2006 年公佈 G.993.2 VDSL2 技術規範使傳輸速率倍增朝向 100Mbps 高速傳輸能力，VDSL2 為目前主要 DSL 網路技術，G.993.2 標準制訂不同的傳輸速率介紹，以美規(G.993.2 Annex A)目前最快傳輸參數為 30a，如下表所示。在各種不同銅線線材與距離影響因素下，影響高頻訊號傳輸損失，當無法維持在 30a 傳輸參數時，可降為 17a 或更低的傳輸參數，以便提供長距離的傳輸路徑，以目前 30a 規格最快速率為 200M bps。

表 3-2 G.993.2 Annex A 傳輸參數

Frequency plan	Parameter	Parameter value for profile							
		8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
All	Maximum aggregate downstream transmit power (dBm)	+17.5	+20.5	+11.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5
All	Minimum aggregate downstream transmit power (dBm)	For further study	For further study	For further study	For further study	For further study	For further study	For further study	For further study
All	Maximum aggregate upstream transmit power (dBm)	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5	+14.5
All	Minimum aggregate upstream transmit power (dBm)	For further study	For further study	For further study	For further study	For further study	For further study	For further study	For further study
All	Sub-carrier spacing (kHz)	4.3125	4.3125	4.3125	4.3125	4.3125	4.3125	4.3125	8.625
All	Support of upstream band zero (US0)	Required	Required	Required	Required	Required	Not Required	Not Required	Not Required
All	Minimum bidirectional net data rate capability (MBDC)	50 Mbit/s	50 Mbit/s	50 Mbit/s	50 Mbit/s	68 Mbit/s	68 Mbit/s	100 Mbit/s	200 Mbit/s
All	Aggregate interleaver and de-interleaver delay (octets)	65536	65536	65536	65536	65536	65536	98304	131072
All	Maximum interleaving depth (D_{max})	2048	2048	2048	2048	2048	2048	3072	4096
All	Parameter $(1/S)_{max}$ downstream	24	24	24	24	24	24	48	28
All	Parameter $(1/S)_{max}$ upstream	12	12	12	12	24	24	24	28

VDSL2 傳輸最高速率為 30a 規格 200Mbps，使用頻寬 30MHz、載波數 3,479，下圖分別使用 VDSL2 17a 與 30a 規格傳輸距離與傳輸速率做比較，由圖可知當傳輸距離小於 500 公尺內，傳輸速率幾近約 100Mbps。

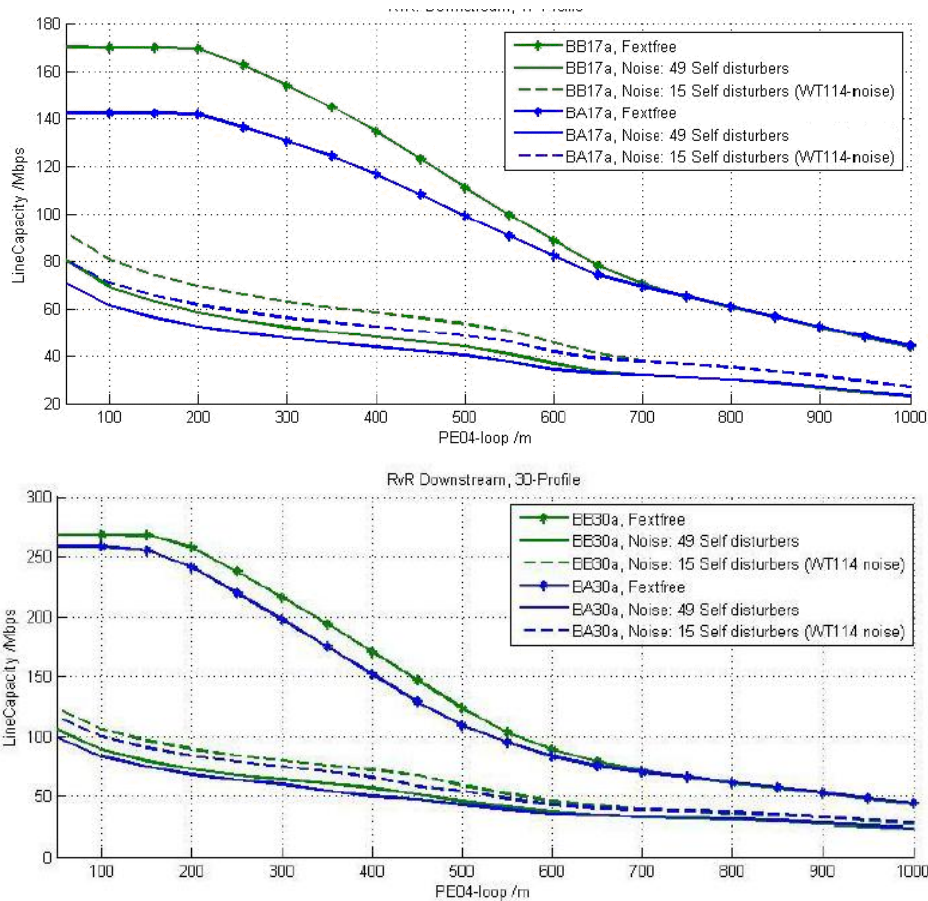


圖 3-3 xDSL 傳輸頻寬與距離比較

ITU 為讓 VDSL 技術符合電信運營商和寬頻網路用戶的需求，將 VDSL2 升級為 G.Vector 新規格，以及制定新一代 VDSL 標準 G.Fast，以達到更高抗銅線干擾能力和高傳輸速率效果，G.Vector 搭配 G.Bond 規格則可大幅提升傳輸速度。

VDSL2 是目前 FTTx 網路主要 DSL 接取技術，該技術標準逐漸朝向 1Gbps 以上的高速傳輸能力發展，其中包括增加傳輸頻寬、突波保護 (Impulse Noise Protection, INP)、消除串音以及頻道網綁(Bonding) 技術等，克服環境中的雜訊是影響 VDSL2 高頻寬服務品質重要因素之一。

ITU-T 組織 2010 年制訂 G.993.5 對消除串音向量技術，此外 2005 年對 G.998.2 已制訂頻道網綁技術規格，為提升傳輸速率，ITU-T 預定在 2014 年完成 G.Fast(fast access to subscriber terminals)，目標在使銅線傳輸速率達到 1 Gbps，勢必為寬頻接取帶來更多效益。

第三節 纜線數據技術(DOCSIS)

IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers, 電子電機工程師協會) 於 1994 年, 成立有線電視規範標準工作小組 (IEEE 802.14), 是第一個發展有線作資料通訊的組織。但由於規範及標準遲遲無法定案, 使影響力銳減, 此外, 其他組織也提出 Cable Modem 的傳輸標準, 主要如下:

- DAVIC (Digital Audio Video Council, 數位影音委員會: 以影像、語音為主的數位影音委員會)
- SCTE (Society of Cable Telecommunications Engineer, 纜線電信工程師學會)
- MCNS (Multimedia Cable Network System, 多媒體纜線網路系統)

其中 MCNS 所推出的 DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification, 纜線數據資料服務介面規格) 標準, 其架構較簡單易行且建構成本較低, 在北美地區獲得大部分系統業者支持, 許多數據機的廠商紛紛選擇 DOCSIS 作為 Cable Modem 的開發標準。DOCSIS 起先為北美主要 Cable Modem 的標準, 在 1999 年美國 CBF (Cable Broadband Forum) 也根據此標準決定各家數據機的相容性, 由 MCNS 所成立位於美國 Colorado 的 CableLabs (Cable Television Laboratories, Inc., 有線電視實驗室) 的驗證機構予以認證, 作為北美 Cable Modem 互通的標準。1998 年經 ITU 認可, 歐洲方面於 1999 年推出 Euro-DOCSIS 的版本, 因此, DOCSIS 已是國際 Cable Modem 通用標準。

纜線數據機的標準規格-DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specifications), 此標準國際電信聯合會已核可, 符合 DOCSIS 標準的纜線數據機將可以互通使用, DOCSIS 的標準是美國有線電視業者所成立的「CableLabs」組織所規劃的有線電視標準, 1997 年發展出 DOCSIS 1.0 後, DOCSIS 標準就快速發展, DOCSIS 1.1 加入了資料安全方面的機制。在 2001 年, DOCSIS 2.0 提供了更多上傳的頻寬, 下載頻寬為 42.88Mbps, 上傳頻寬為 30.72Mbps。2006 年, CableLabs 預估未來市場對於頻寬的需求會愈來愈大, 規劃下載頻寬為 343.04Mbps, 上傳頻寬為 122.88Mbps, 並且支援 IPv6 和採用 AES 128-bit 的加密方式, 2013 年 10 月釋出 DOCSIS 3.1 規範, 相較於 3.0 標準改善了網路的響應時間及頻譜使用率, 相同頻譜的容量增加近 50%。資料傳輸量亦獲得爆發性的成長從 343.04/122.88 Mbps(使用 8x4 channel bonding)提升至 1 Gbps。從開始發展的 DOCSIS 1.0

到目前各系統業者所採用的 DOCSIS 3.0 的標準，其上下行傳輸速率如下表所示。

表 3-3 DOCSIS 不同版本之傳輸速率

Synchronization speed (Usable speed)		
DOCSIS Version	Downstream	Upstream
1.x	42.88 (38) Mbit/s	10.24 (9) Mbit/s
Euro	57.20 (51) Mbit/s	10.24 (9) Mbit/s
2.0	42.88 (38) Mbit/s	30.72 (27) Mbit/s
3.0	+160 Mbit/s	+120 Mbit/s

2012 年底美國多家有線電視運營商，已應用 DOCSIS 3.0 規範進行網路建設，建置下行 100Mbps 的網路，CableLabs 和 SCTE (The Society of Cable Telecommunications Engineer, 美國有線電視通信工程師學會) 公佈 DOCSIS 3.1 規範，該規範將有線網路的下行速率提升至 10Gbps，幫助有線電視運營商提升在寬頻網路市場的競爭力。其中頻道網綁(Channel Bonding)技術，是 DOCSIS 3.0 標準中，最重要且的一項功能，能讓多個以上的頻道結合，除了使得網路傳輸量增加，還能提供備援機制，增加音訊、影音、資料傳輸的頻寬和穩定性。在 DOCSIS 1.0/1.1 標準，一個上行最多提供 10Mbps 的頻寬，DOCSIS 2.0 則是提升到 3 倍的頻寬。隨著頻道網綁功能推出，DOCSIS 3.0 可以提供四個上行或是下行的頻寬結合，甚至是八個下行頻寬結合，如下圖所示，相較於 DOCSIS 2.0 的頻寬已經是 4 到 8 倍的成長。音訊和音訊相關應用程式對於傳送封包的回應時間較嚴格，延遲或是壅塞都將可能會造成嚴重的影響。頻道網綁的特性，可以將音訊的資料透過多個頻道做傳送，以解決或降低延遲或是壅塞的情況，讓資料傳輸更有效率。

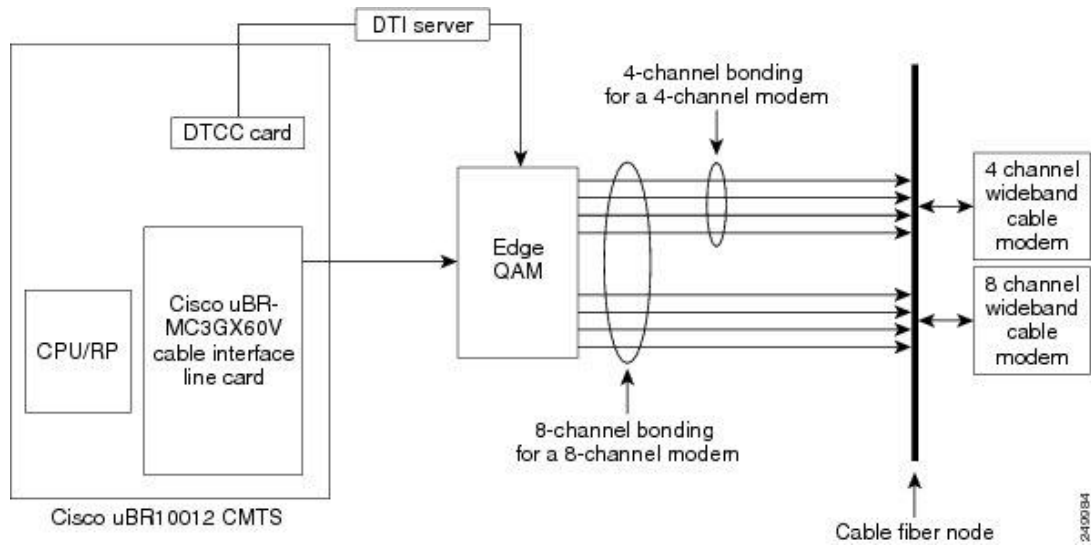


圖 3.4 DOCSIS 3.0 Channel Bonding 技術

DOCSIS 規格是制定頭端的 CMTS(Cable Modem Termination System) 和客戶端的 Cable Modems (CMs) 之間，實體層 (Physical layer) 和 MAC 層之工作流程及資料格式，以支援 IP 層傳送資料。實體層是以同軸與光纖為介質發送訊號所共同組成的網路架構，MAC (Media Access Control) 層的通訊協定 (protocol) 是採集中管理之通訊協定，整個網路是以 CMTS 為控制中心。HFC 頻帶使用的制定會依地區的標準稍有不同，以北美系統之規格為例，下圖所示。

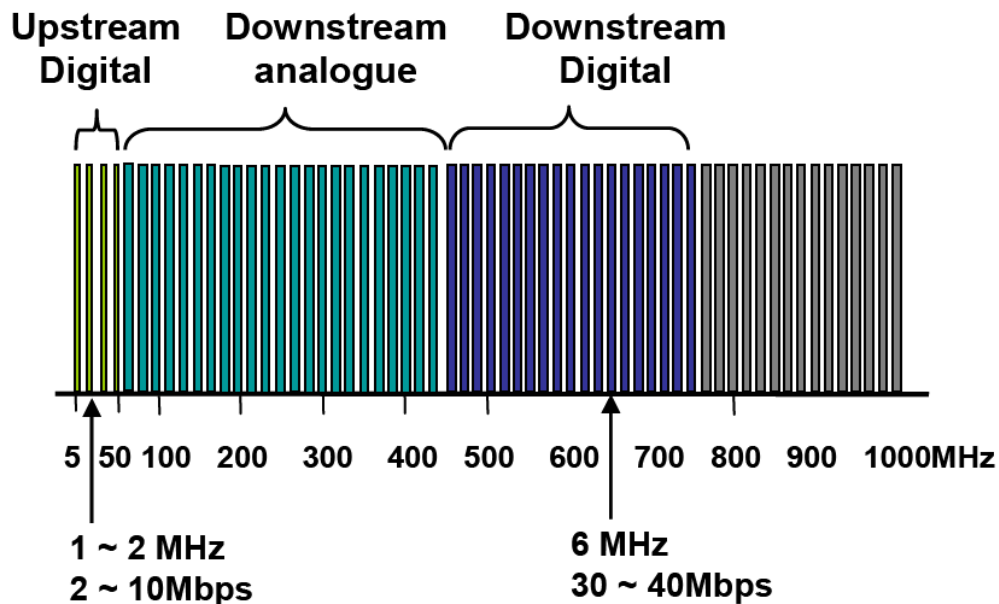


圖 3.5 CATV Networks 頻寬分配情形

其中 5MHz~42MHz 區域是上行頻帶，採用 FDMA(Frequency-Division Multiple Access) 的方式，以 1~2MHz 的頻寬分割成多路通道(channel)，每一路 channel 再以 TMDA (Time-Division Multiple Access) 的方式切割成多個時槽(time slot)，每一個時槽單元我們稱為 minislot。而每一路 Upstream channel 的上行速率約介於 2~10Mbps。Downstream bandwidth 則是將 450~850MHz 的頻帶分割成多路頻寬為 6MHz 的 channels，每一路 channel 下行速率約在 30~40Mbps 之間。50~450MHz 為傳統類比電視傳輸通道，以每 6MHz 為一路通道。其次 450~850 MHz 則預留供數位雙向服務之用。下行頻道是以一對多的廣播方式傳送資料。

根據 DOCSIS 3.1 規範的時間表，產品應在 2014 年開始出現，最初的部署在 2015 年和 2016 年起步，CableLabs 認為 DOCSIS 3.1 的預期時間是比其他寬頻技術標準，包括 WiMAX 和 LTE 有更快速的演進軌道，能加快商用化腳步。

DOCSIS 3.1 為實現比 3.0 更快的網路頻寬傳輸，其技術在於將現有的 256QAM 調製升到 1024QAM 甚至 4096QAM，通過更高的頻譜利用率的 OFDM 技術，以及更具效率的演算機制 LDPC 校正碼，建立新的 FEC 技術，目前 DOCSIS3.1 標準下實現 5Gbps 傳輸需要的頻寬只有 500MHz，而原來的 DOCSIS3.0 標準下需要 780MHz。DOCSIS 3.1 上下行的使用頻寬與傳輸速度，分為三階段如下表所示。最終目標希望達到下載速率大於 10Gbps，上傳速率 1Gbps。

表 3-4 DOCSIS 3.1 上下行的使用頻寬與傳輸速度

	下行傳輸	上行傳輸
第一階段 (目前)	750/862/1002 MHz plant (6 Gbps)	(42/65 MHz, 200 Mbps)
第二階段	1.2 GHz (7+ Gbps, amp upgrade)	(85 MHz, 400 Mbps)
第三階段 (最終目標)	1.7 GHz (10+ Gbps, tap upgrade)	(~230 MHz, 1 Gbps)

第四節 行動通訊網路(3G/4G)

第三代行動通訊技術（3rd-Generation,3G）是指支援高速資料傳輸的蜂窩式移動通訊技術，能夠同時傳送聲音（通話）及資訊。第三代行動通訊技術，不同於第一、二代行動通訊系統僅提供語音服務，系統還提供其他寬頻應用，包括數據上網和多媒體服務。第三代行動通訊主要建立在分碼多工存取(Code Division Multiple Access,CDMA)技術，該技術最早使用在軍事通訊，通過很寬的通道發送弱訊號，避免被敵人發現。時至今日，CDMA 行動通訊，是將語音訊號轉換為數位訊號，給每組數據語音封包增加一個地址，進行擾碼處理，並且將它發射到空中，只有具有相同解碼資訊的使用者，能接收到屬於給自己的訊息。

CDMA 的技術專家 Keith Radousky 表示，分碼多工存取技術，就像在一間房間中，同時有一組人用中文交談而另一組人用英文交談，彼此會有干擾的產生，但在中文聽者耳中，英文只是較大的雜音而已，並不會影響到聽中文的辨識能力。同樣的聽得懂法語的人，即便有其他很多種聲音，也能夠辨識聽到法語，因此在同一時間、空間，就可以有很多組人用不同語言交談。



圖 3-6 CDMA 技術說明

第三代行動電話（3G）在 WCDMA 規格中，目前演進高速分組接取（High Speed Packet Access, HSPA）之後還有 HSDPA、HSUPA 以及 HSPA+ 的推出。HSDPA 在 WCDMA 下行鏈路中提供封分組數據業務，一個 5MHz 載波上的傳輸速率可達 14.4Mbps（如採用 MIMO 技術，則可達 28.8 Mbps），上行傳輸速率可達 5.76Mbps。第四代行動通訊技術（Fourth Generation,4G）在 LTE-B 規格中引入 256QAM 調變技術，傳輸速率可達 1Gbps。

由技術而言 3G 與 4G 的網路核心屬不同的技術，3G 以分碼多重接取 (Code Division Multiple Access, CDMA) 技術為核心，4G 以正交分頻接取 (Orthogonal frequency-division multiplexing, OFDM) 搭配多天線輸入多輸出 (Multi-input Multi-output, MIMO) 為核心技術，OFDM 將高速的資料信號轉換，成並行的低速的子資料流程，並於子通道上傳輸，可以將更多資料載到子頻道上，有效提昇頻譜利用率 (spectrum efficiency)，增加系統的資料傳輸量。利用 OFDMA 比原本 CDMA 的技術，分配給每個用戶的資源會更具有彈性，在一個基地台內某些使用者只是講電話或使用線上交談，並不會佔據很多的數據，但一部份的使用者，這同時間在下載檔案或看線上影片，需要較多的數據傳輸，OFDMA 可以彈性分配給不同使用者所需要的資源，當這個使用者不需要傳輸大量數據時，可以快速的把資源分享給其他人使用。MIMO 傳輸技術，能利用發射端的多個天線各自獨立發送訊號，同時在接收端用多個天線接收並恢復原訊息。舉例來說：在一個棒球場上原本一個投手要練習投球，依序投出編號 1~100 的 100 顆才能休息，如果有兩個投手、兩個捕手，就可以更快速的投完 100 顆球，但是同一場地靠的很近的時候，A 投手投出的球，可能被 A 捕手接到，也可能被 B 捕手接到，B 投手投出的球也可能被 A 捕手接到，這時候投球編號的先後順序會被搞混亂。還好藉由接收端數學的解矩陣運算，就可以還原出編號 1~100 的 100 顆球。

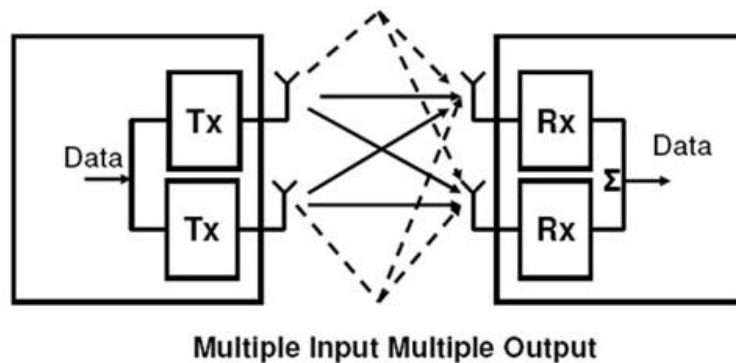


圖 3-7 MIMO 運作方式

在 ITU 的 4G 標準，要求在固定接收下傳輸速率達到 1Gbps，在移動接收狀態要達到 100Mbps 以上，就可以稱為 4G 技術，這並不是意味著 4G 一推出的服務，馬上就會有這麼快的速率的手機，而是指 4G 的技術規格可以逐漸發展，最後達到 1Gbps 速率的目標。4G 與其他世代行動通訊，傳輸數據比較如下表所示。

表 3-5 不同行動通訊世代傳輸速率比較

行動通訊世代		連線速率	傳輸長 2 小時的高畫質 DVD 影片(4.7GB)所需時間
1G		不支援	不支援
2G	2.5G	115Kbps	3.8 天
	2,75G	384Kbps	1.1 天
3G	3.5G	3.6Mbps	2.9 小時
	3.75G	21Mbps	30 分鐘
4G		1Gbps	1 分鐘以內

長期演進技術(Long Term Evolution,LTE)是 4G 的其中一種標準，是 3GPP(3rd Generation Partnership Project)標準化組織推展的新一代行動通訊技術，2010 年 12 月 ITU 把 LTE 升級版(LTE-Advanced)正式定義為 4G，雖然 LTE 普遍被電信公司誇大為 4G LTE，實際上它仍不是真正的 4G，因為它沒有符合 ITU 無線電通訊部門要求的 4G 標準，只有 LTE-Advanced 才符合 ITU 要求的 4G 標準。LTE-Advanced 可以向下技術相容現有的 LTE，在頻譜使用上，有分為分時雙工 (Time-Division Duplexing) 的 TD-LTE，主要為中國發展標準，該技術對於頻譜利用與簡化設備成本有較優異的表現。此外，由歐洲發展的分頻雙工(Frequency-Division Duplexing)的 FDD-LTE 具有較佳的抗干擾表現，目前已普遍成為全球最多電信業者採用的 4G 標準。

第五節 電力線網路(PLC/BLC)

原本只有電力功能的電力線，由於每戶家庭的滲透率較任何線路都高，加上電力線的內部構造原本就具備可以同時傳輸電力與數據資料，電力公司更可以透過電力線直接讀取用戶用電的內容。此外，電力公司也可以開始利用電力線提供網路電話(voice-over-Internet)與隨選視訊(video on demand)的服務。電力線通訊的技術，可提供達 200Mbps 以上的上網速率，

具有不用重新佈線、不佔用通訊頻率資源、覆蓋範圍廣、連接方便等顯著特徵，是未來提供寬頻網路接取的最後一哩(last mile)解決方案之一。

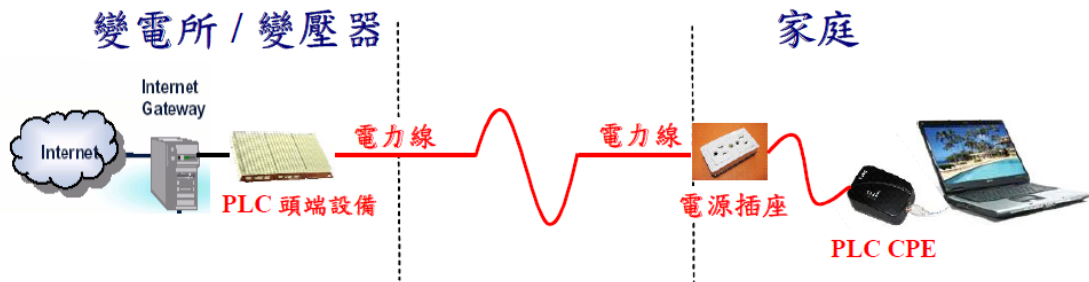


圖 3-8 PLC 系統構成示意圖

PLC 網路系統由機房局端架構頭端設備，藉由電力線傳送寬頻訊號，原電力傳送使用較低頻率的交流訊號(AC 50/60Hz)，寬頻網路訊號則走高頻訊號，經由家中現有電力線設施，即可提供上網服務，如上圖所示。電力線通訊具有下列幾項特點：

- 成本低：使用既有電力線設施，無須重新進行佈線作業。
- 滲透率高：電力線是所有線路中，佈置範圍最廣泛的設施。
- 傳輸速率高：目前最高傳輸速率約可達 200Mbps，未來技術可支援到 1Gbps。

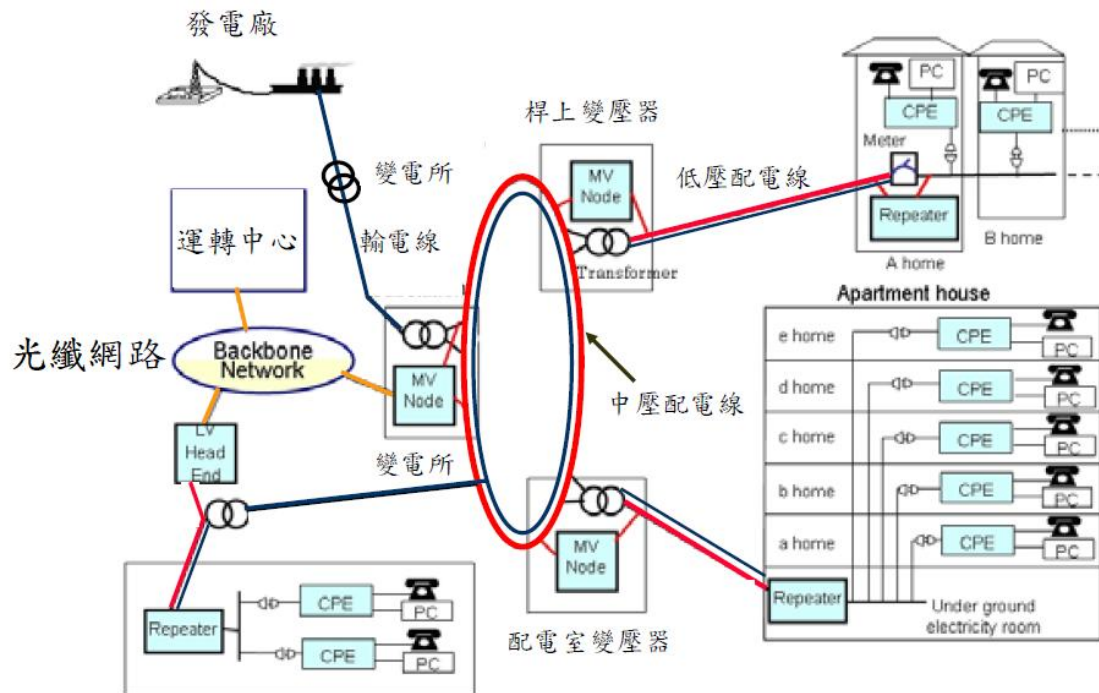


圖 3-9 PLC 系統概圖

電力線通訊部分，利用電力系統中配電系統與用戶端線路進行測試，其中包含了電力系統的中壓(11.4/22.8 KV)與低壓用戶端線路(110/220V)，所以基本上電力線通訊又可分為中壓電力線通訊與低壓電力線連接用戶，上圖系統組成示意圖所示。圖中紅色線路表示電力線通訊部分，此系統包含中、低壓部份，變電所到桿上變壓器間屬中壓配電線，也就是中壓電力線通訊系統，桿上變壓器到用戶屬低壓配電線，也就是低壓電力線通訊系統。電力線通訊系統的應用可分為兩種，一種為光纖網路連接到變電所然後透過中壓 PLC 與低壓 PLC 連接到用戶。另一種則光纖網路連接到桿上變壓器，然後直接以低壓 PLC 連接到用戶。然無論何種 PLC 方式，其背後骨幹網路均為光纖網路。

目前 PLC 傳輸標準主要如下：

- Home Plug Power line Alliance (HPA)：由 Cisco、Intel 和 Motorola 等公司組成。
- Universal Power line Association (UPA)：主要成員有西班牙 DS2，理論傳輸速率可達到 200Mbps。
- Consumer Electronics Power line Communication Alliance (CEPCA)：主要 Panasonic 等日系廠商為主。

2010 年西班牙 DS2 有財務問題，Marvell 公司收購其 DS2 智財權在 2011 年 8 月 DS2 雖然它繼續提供 UPA 規格兼容的設備。但通用電力線聯盟(UPA)暫停活動及其網站，由於電力線寬頻網路受到既有電信公司及有線電視業者的競爭，現階段仍未有顯著成功案例。

頭端設備在系統中所扮演為系統管理者角色，負責電力線通訊系統中各個設備的安裝、註冊與管理（如 Home Gateway、Reapter 與 CPE 的註冊與設定），以及系統通訊品質的管控（QoS）與頻寬的管控。



圖 3-10 PLC 頭端設備

PLC 用戶屋內設備可提供一般網路連接（Internet Access）與網路語音（網路電話，VoIP）功能，但是此終端設備必須向頭端設備註冊後，方能經由頭端於網路中進行資料存取與其他功能。

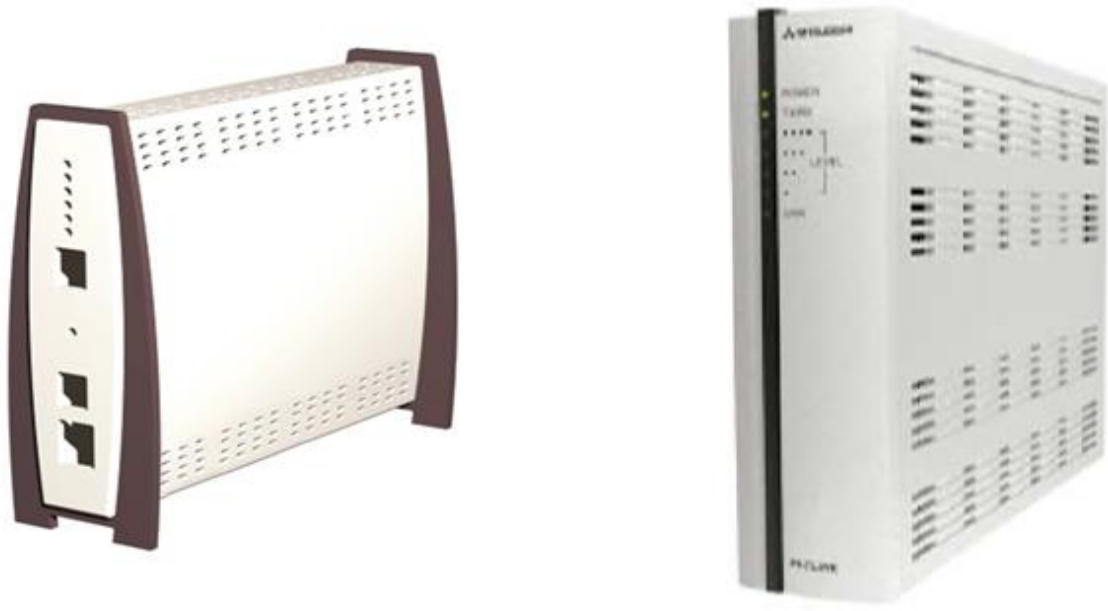


圖 3-11 PLC 用戶屋內設備

PLC 其他設備，包括中繼器（Repeater）、中壓設備（MV Node）、電力線耦合器如下圖所示。



圖 3-12 PLC 其他設備

歐盟對於 PLC 技術所遭遇主要問題，包括無線電的雜訊及干擾，在低電壓部分大致已有解決方案，係以電磁相容規範，作為主要管制工具，並建議會員國排除其發展該服務的法令障礙。美國 FCC 在 2004 年 10 月修改法規，同意接取寬頻電力線作為通訊之用，但相關限制如下：

- 公告 BPL 終端設備技術規範，以避免特定頻率干擾。
- 建立起 BPL 營運之禁用頻帶，以確保飛航無線通訊之順暢。
- 建立起 BPL 接取資料庫以避免不當的蓄意干擾。
- 採 BPL 接取之終端設備須有型式認證。
- 對有輻射或產生電磁場的設備，均要有量測之程序，藉以改進和避免傷害人體健康。

第六節 ITU-T G.hn

一般家庭網路主要選擇有線乙太網路與使用無線網路（Wireless LAN, WLNA）兩種方式，但乙太網路除非在建築一開始就設置安裝，否則必須採用明線佈置，將影響美觀與線路安全；無線網路雖然相當便利，但存在收訊不穩定的問題，尤其當住家附近可能同時有多個無線設備同時發射，影響訊號穩定與使用頻寬，為了解決家庭網路佈建傳統有三種傳輸技術，電力線、電話線和有線電視纜線，各有相關組織提出該傳輸標準。

國際電信聯盟於 2010 年 9 月通過 ITU-T G.hn 實體層標準，整合原有的電話線網路標準(HomePNA)、電力線網路標準(HomePlug)與纜線區域網路標準(MoCA)，也成為新一代的同軸纜線區域網路(Ethernet over Coax, EoC)技術標準。ITU-T G.hn 主要技術標準包括：實體層標準 G.9960、資料連結層標準 G.9961、G.hn 管理與錯誤診斷協議標準 G.9962、電力線多輸入多輸出標準 G.9963、使用頻譜與功率 G.9964、與其他家庭網路標準互通協議 G.9972 和廣域網路管理在用戶端設備管理設定協議 G.9980，G.hn 是一系列支援標準相當完備，因此獲得各國電信業者支持，包括：AT&T、BT、NTT、中國電信等。

G.hn 在電力線干擾解決方式，改進原先 HomePlug 可抵抗鄰近干擾源，此外，為增加傳輸速率可使用電力線的地線，進行多輸入多輸出（MIMO）技術，將目前單純使用單輸入單輸出（SISO）的傳輸路徑，增加傳輸頻寬，依據 Home Grid 論壇¹⁷的評估，G.hn 在電力線實體層理論值，SISO 在 100MHz 與 MIMO 在 50MHz 的速率相當約接近 1Gbps，當 MIMO 在 100MHz 的速率相當約接近 2Gbps，比現今各項技術包括 HomePlug AV 與 Home PNA 等技術都要快約 3~4 倍。

G.hn 也制訂中繼功能，可透過中繼節點(Relay Node)延長傳輸距離，在 G.9960 標準中，包括下列三種操作模式：

¹⁷ HomeGrid Forum 是一非營利組織，目的在推動 ITU G.hn 與 G.hnem 得標準化工作，以滿足業界對於次世代居家連網(next-generation home networking)和智慧電網應用(SmartGrid Applications)的需求。來推廣各界對於 G.hn 和 G.hnem 標準的採納，並藉由認證與互通性的方式，來確認 G.hn 與 G.hnem 相容產品的運作，和與其他相關業界聯盟合作。

- 點對點模式 (Peer to Peer Mode, PM)：兩個節點可直接建立通訊模式，無須透過其他路由器或管理設備。
- 集中模式 (Centralized Mode, CM)：任何一個節點，都要透過區域接取點 (Domain Access Point, DAP)，除非任意節點連接到 DAP 失敗，才允許與其他節點連接。
- 統一模式 (Unified Mode, UM)：可以透過中繼節點與另一個節點連接，但中繼節點必須非 DAP 節點，該方式可增加網路涵蓋範圍。

G.hn 系列標準支援電話線、電力線、同軸電纜三種傳輸方式，最快速率達到 1Gbps，在同軸電纜為例條件下，根據下圖 G.hn 有幾種頻譜標準規定，假設用 100MHz 頻寬，實際使用 2-90MHz，OFDM 450 個載波；在載波訊雜比足夠允許 4096QAM 調變和解調，可以達到 12bps/載波；LDPC 的前向糾錯編碼率採用最高的 20/21，OFDM 保護間隔 1.28μs，OFDM 符碼總合時間長度為 6.4μs；可得出匯流排速為： $450 \times 12 / [6.4 \mu s] = 843.75$ Mbps (此時乙太網路的實際速率約 762.05 Mbps)。針對同軸電纜傳輸若保護間隔時長取最短值 0.12μs，G.hn 可以達到速率是： $450 \times 12 / [5.12 \mu s + 0.16 \mu s] = 1.022$ Gbit/s。當然若採用高頻 200MHz 頻寬方案，約達到 2.044 Gbit/s。

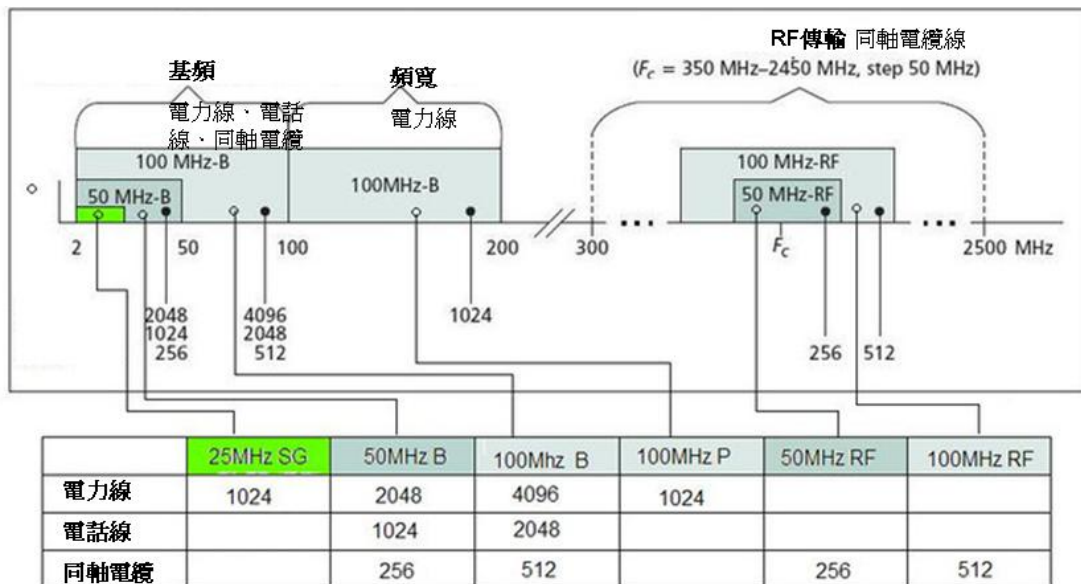


圖 3-13 ITU G.hn 的頻譜傳輸標準

表 3-6 ITU G.hn 的頻寬參數標準

Medium	Spectrum (MHz)	# tones	Tone spacing (kHz)
Phone Line	0 – 50	1024	48.828125
	0 – 100	2048	
Power Line	0 – 50	2048	24.4140625
	0 – 100	4096	
	100 – 200	1024	97.65625
	0 – 100 \oplus 100 – 200	1024	
Coax Baseband	0 – 50	256	195.3125
	0 – 100	512	
Coax RF	(X – 25) to (X + 25)	256	
	(Y – 50) to (Y + 50)	512	
	(Z – 100) to (Z + 100)	1024	

ITU G.hn 的使用頻寬參數，如上表所示。在電話線與電力線網路，使用頻寬與載波數相當接近，唯電力線網路可利用地線達到 MIMO 傳輸效果，在同軸電纜網路，基頻 0~100MHz 使用頻寬由 50~200MHz。

G.hn 相關設備，可由電信業者提供或消費者自行購買，以提供室內多重數據服務，例如：寬頻上網、網路電視(IPTV)、網路電話(VoIP)或與家庭閘到器(Home Gateway)連接，滿足各種服務需求。由於不同服務對於封包遺失(Packet Loss)、延遲(Delay)、抖動(Jitter)等網路品質有不同要求，如下表所示。在 IPTV 對於封包錯誤率與變動要求較嚴格，對於 VoIP 則希望減少封包延遲。

表 3-7 ITU Y.1541 不同服務之網路傳輸封包品質等級

QoS class	IPTD	IPDV	IPLR	IPER	IPRR	Applications (examples)
0	100 ms	50 ms	1×10^{-3}	1×10^{-4}	-	Real-time, jitter sensitive, high interaction (VoIP, VTC)
1	400 ms	50 ms	1×10^{-3}	1×10^{-4}	-	Real-time, jitter sensitive, Interactive
2	100 ms	U	1×10^{-3}	1×10^{-4}	-	Transaction data, highly interactive (Signalling)
3	400 ms	U	1×10^{-3}	1×10^{-4}	-	Transaction data, interactive
4	1 s	U	1×10^{-3}	1×10^{-4}	-	Low loss only (short transaction, bulk data, video streaming)
5	U	U	U	U	-	Traditional applications of default IP network
6	100ms	50 ms	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1×10^{-6}	High bit rate, strictly low loss/error (TV broadcast on IP)
7	400ms	50 ms	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1×10^{-6}	High bit rate, strictly low loss/error

目前 ITU G.hn 設備主要以電力線為主，G.hn 主要晶片製造商 Marvell 在 G.hn 有完整的解決方案，不但支援 MIMO，更支援能與使用其他標準的設備互通之共存協議標準(G.cx 標準)。其他目前加入家庭網路論壇晶片業者包括：Intel、Lantiq、Marvell、Sigma Designs 等，國內業者也積極參與，如：義傳（Metanoia）、九暘電子（IC Plus）等。對於 G.hn 標準已趨於完備，對產品開發的業者未來通過互通性測試，運用現有線路作為傳輸網路具備高頻寬傳輸能力以及網路建置容易的特性，未來可發展出各種不同的應用。如：G.hn 透過電力線傳輸網路訊號，節省最後一哩(Last Mile)的建置，IPTV 在家庭內線路佈置更加便利，提升網路監視器、家庭閘道器、機上盒等相關產品需求，以及未來智慧電網與物聯網的應用，具有龐大效益。然而 G.hn 的發展，也將遭遇多種困難，例如：便利性無法與無線網路進行抗衡，區域網路(Ethernet)網路線佈置已經在新建築納入必要線路，此外還要面對 HomePNA、MoCA、HomePlug 等現有產品的競爭，因此 G.hn 需扶植更多晶片廠商投入相關聯網晶片與平台開發，發展新型態家庭連網的整合產品，再透過電信業者推出新興加值應用服務，方能突破現況。

第七節 其他區域網路技術

區域網路是網路最基本的連線組織方式，兩台以上的電腦連接都可稱為區域網路。無線傳輸接取技術，可讓民眾可在高速移動的過程中取得，影音、數據等應用服務，相較於有線實體網路，無線寬頻網路具有可移動之優勢；目前常見區域網路傳輸技術，如下表所示。電力線、電纜與電話線，已整合 ITU-T G.hn 如上節所述，本節將詳述乙太網路與無線區域網路之相關技術標準。

表 3-8 區域網路傳輸技術

LAN	ITU-T G.hn			Ethernet		WiFi
版本	PLC	RF	Home Line	1000 BASE-T	IEEE 802.3ae	802.11 n
傳輸速率 max(bps)	500M	1G	700M	1G	10G	600M

一、乙太網路(Ethernet)

最早使用非遮蔽雙絞線 (Unshielded Twisted-Pair cables, UTP)，之後在 10BASE-T 中也得到應用，IEEE 在 1995 年發佈 Fast Ethernet 網路標準，使用所有 2 對線能提供 100Mbps 的傳輸速度，1000BASE-T 目前演進使用 CAT-5 線或 6 類雙絞線，提供 1Gbps 的傳輸速度。

1. 10Base-T

使用銅質雙絞線由於與既有電話線材質相同，其佈線與線材接頭製作容易，成為使用最普遍的乙太網路標準，最高傳輸速率為 10Mbps，傳輸距離只能達到 100 公尺，使用星狀網路拓樸。其他 10Mbps 乙太網路實體層比較，如下表所示。

表 3-9 10Mbps 乙太網路實體層比較表

	10Base-5	10Base-2	10Base-T	10Base-FL
網路拓樸	匯流排	匯流排	星狀	星狀
區段最大傳輸距離	500 公尺	185 公尺	100 公尺	2000 公尺
節點數	100	30	2	2
連線接頭	DB-15	BNC	RJ-45	ST
傳輸媒體	50 歐姆粗同軸電纜	50 歐姆細同軸電纜線	100 歐姆 UTP 雙絞線	單模或多模光纖

2. 高速乙太網路 (Fast Ethernet)

高速乙太網路，1995 年被 IEEE802.3 正式採用，它是延用乙太網路存取協定並且向下相容 10Base-T，由 3COM、Intel... 等多個網路廠商組成聯盟，完成 100 Base-T 網路的標準化，傳輸速度為 100Mbps 的高速乙太網路 (Fast Ethernet)，並正式名稱為 IEEE802.3u 標準，作為對 IEEE802.3 標準的補充規定，100BASE-T 最大傳輸距離為 100 公尺。100BASE-T 資料的傳輸速度是乙太網路 (Ethernet) 10BASE-T 的 10 倍，100BASE-T 頻寬 100 MHz，通常使用 CAT5 (Category 5) 線材，又稱五類線為無遮蔽雙絞銅線。高速乙太網路與乙太網路相關比較如下表所示。

表 3-10 高速乙太網路與乙太網路比較表

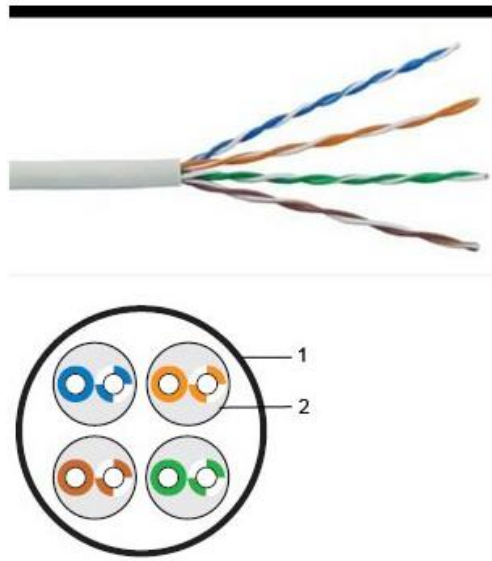
	乙太網路	高速乙太網路
IEEE 標準	802.3	802.3u
速度	10Mbps	100Mps
存取方式	CSMA/CD	CSMA/CD

	乙太網路	高速乙太網路
網路拓樸	Bus 或 Star	Star
連接線	Coax, UTP, fiber	UTP, fiber
最大距離	100m	100m

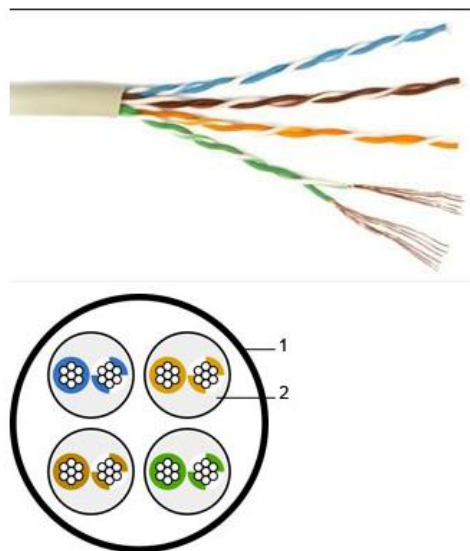
3. 超高速乙太網路 (Gigabit Ethernet)

1999 年 IEEE 協會制定了 1000BASE-T 傳輸速度 1Gbps 的超高速乙太網路 (Gigabit Ethernet)，並正式命名為 IEEE802.3z 標準，作為對 IEEE802.3 標準的補充規定，1000BASE-T 最大傳輸距離為 100 公尺。1000BASE-T 搭配 CAT5 線材，使用頻寬 125 MHz，最快傳輸速度 1Gbps，傳輸距離約 100 公尺。CAT5 線材受到限制 IEEE802.3ab 標準，CAT6 提供的數據流量和錯誤率的性能都超過 CAT5，可提供大於 200MHz 的頻寬，使用頻寬 250MHz，傳輸速度同樣 1Gbps。

CAT5e UTP Twisted Pair Cable, solid



CAT6 UTP Twisted Pair Cable, stranded, without Spacer



1 – Jacket
2 – Stranded twisted pair

圖 3-14 CAT5e 與 CAT6 線材

4. 10Gigabit 乙太網路

2002 年 IEEE 協會通過 802.3ae 標準，若以光纖為傳輸媒介，使用多模光纖，最大傳輸距離 300 公尺；使用單模光纖，則可達 40 公里，並可向下支援 10/100Base 乙太網路的封包長度和格式。2006 年 6 月 IEEE 協

會制定了 10GBASE-T 傳輸速度 10Gbps 的乙太網路（10Gbit Ethernet），並正式命名為 IEEE802.3an 標準，最大傳輸距離為 100 公尺。

表 3-11 高速乙太網路多種傳輸纜線材質比較表

實體層	傳輸方式	最長距離
1000Base-SX	多模光纖	260 公尺
1000Base-LX	多模光纖	440 公尺
1000Base-LX	單模光纖	3000 公尺
1000Base-CX	遮蔽式銅線	25 公尺
1000Base-T	Category5 (CAT5) 雙絞線	100 公尺

高速乙太網路多種傳輸纜線材質比較，如上表所示。超高速乙太網路由於與現有線路 CAT5 相容，網路建置成本低，並具有向下支援 10M/100M BASE-T 技術規格，且全雙工傳輸，能讓資料同時作雙向的傳輸，加快速度，有更高的網路頻寬和優異的相容性，是目前技術中區域網路佈置方式的首選。

二、無線區域網路

無線區域網路 (Wireless Local Area Network, WLAN) 是指以無線傳輸做為媒介，進行電腦連接的區域網路。無線連接的區域網路，可節省線路的架設，在時間、空間上的運用更具彈性，可解決佈線不易及線路老化問題，此外容易安裝，且易於維護移動容易等優點。1985 年，美國聯邦通訊委員會 (FCC; Federal Communications Commission) 開放三個頻帶科學、醫療和工業免執照頻譜 (Industrial Scientific Medical bands, ISM)，即 902~928MHz，2.4~2.483GHz、5.725~5.875GHz 等三個頻帶。使用 ISM 頻帶的通訊產品，為了使產品間能夠互通，而後便有 IEEE 802.11 無線區域網路 (wireless LAN) 的標準產生。

IEEE 802.11 是無線區域網路通用的標準，它是由國際電機電子工程學會 (IEEE) 所定義的無線網路通訊的標準，現行 WiFi 是基於 IEEE 802.11 標準的通訊設備，Wi-Fi 是 Wi-Fi Alliance 的商標認證，目的為建立 IEEE 802.11 標準的無線區域網路設備。Wi-Fi 聯盟成立於 1999 年，為了推動 IEEE 802.11b 規格的制定，組成了無線乙太網路相容性聯盟 (Wireless Ethernet Compatibility Alliance, WECA) 2002 年 10 月，正式改名為 Wi-Fi Alliance。至 2013 年 Wi-Fi 聯盟超過 300 多家來自世界各公司擁有會員，其產品通過認證過程中，有權標明這些產品 Wi-Fi 標誌。認證其產品是否符合 IEEE 802.11 無線標準，以及 WPA 和 WPA2 安全標準。現今，WiFi 產品遍及使得無線區域網路幾乎與 Wi-Fi 劃上等號。

IEEE 802.11 目的是制訂適合在無線網路環境下作業的通訊協定，包括資料連結層 (MAC)、實體層 (PHY) 與電源管理三部份。在 IEEE 802.11 中，制訂了兩種類型的無線區域網路架構：有基礎架構之無線區域網路 (infrastructure Wireless LAN) 和無基礎架構之無線區域網路 (Ad Hoc Wireless LAN)，基礎架構指經過搜尋聯繫一個現存的有線網路，無基礎架構的無線網路主要是要提供任兩個用戶間都可以直接通訊。

1. IEEE 802.11b/g

無線區域網路的規格標準，由早期 IEEE 802.11b 開始興起，11b 的傳輸速度可以達到 11Mbps。IEEE 802.11a 的技術規格更早發佈，但 5GHz 頻段的射頻前端與基頻技術不成熟下，在考慮成本和相容性下推動 IEEE 802.11b。2001 年 FCC 開放 2.4GHz 可以使用 OFDM 調變技術，故 IEEE 組織對應發展 IEEE 802.11g 技術，該技術是 IEEE 802.11b 的延伸規格，相

同使用 2.4GHz 的頻帶，但最大的傳輸速度達到 54Mbps，是截至 2013 年最普遍的 Wi-Fi 的連線技術。

2. IEEE 802.11a

IEEE 802.11a 和 802.11g 一樣，資料傳輸速度可以達到 54Mbps。在 2.4GHz 頻段逐漸被免執照相關設備給佔據，而使得可使用的頻譜相當有限下，使用 5.8GHz 頻帶的 802.11a，比較不會出現干擾的問題。

3. IEEE 802.11n/ac

IEEE802.11n 開始支援 MIMO 功能，將傳輸速率突破 54Mbps 限制，最大傳輸速度理論值為 600Mbps，IEEE 802.11ac 是繼承 802.11n，使用頻寬提升 160MHz，支援 5GHz 頻段，使用 MIMO 及高密度的調變 (256QAM)，操作在 160MHz 頻寬 2 天線發射 2 天線接收的 MIMO 模式下，最高傳輸速率為 1.69 Gbps。

無線區域網路各種標準傳輸速率與使用頻段，如下表所示。目前普遍最通用為 802.11g/n 之技術規格，在 5GHz 頻段各國開放使用之頻段不一，以美國與我國為例，同樣使用 5.725~5.825GHz，在 MIMO 模式下受限於空間限制，傳輸速度很難達到理論值，在單天線接收與發射模式下，距離近的條件下，其實際傳輸速率與理論值相當接近。

表 3-12 各種標準無線區域網路傳輸速率與使用頻段

IEEE 標準	最高傳輸速率	使用頻段
802.11b	11Mbps	2.4GHz
802.11g	54Mbps	2.4GHz
802.11a	54Mbps	5GHz (各國使用頻段不一)
802.11n	150Mbps(1T1R/40MHz)	2.4GHz
	600Mbps(4T4R/40MHz)	2.4GHz

IEEE 標準	最高傳輸速率	使用頻段
802.11ac	433Mbps (1T1R/80MHz)	5GHz (各國使用頻段不一)
	1.69 Gbps (2T2R/160MHz)	5GHz (各國使用頻段不一)

第肆章 實測寬頻網路性能

本研究將實測現行寬頻網路性能：建立實測案例，並實際測試各種寬頻網路，現行所提供最高連線速率及接取性能，並研究及實測佐證各案例適用在 100Mbps 頻寬之技術要求及適用條件。初步測試無線區域網路與電力線網路設備，其連線傳輸速率。

第一節 無線區域網路連線測試

2.4GHz 頻段內在 IEEE 802.11 中，可以分出 14 個頻道，因不同國家規定而異，在台灣低功率電機規劃可使用該頻段為 2.4~2.483GHz 的無線頻譜，實際只有 11 個頻道可以使用，也就是從 2.412GHz、2.417GHz、……、2.462GHz 共 11 個頻道，其中每個頻道約相差 5MHz。IEEE 802.11 b/g 使用頻寬為 20MHz，在頻譜遮罩標準要求 ± 22 MHz 的能量限制，顯示鄰頻會隨著頻段不同跟著減弱，但多少還是會有干擾現象。因此連線盡量在 11 個頻道中能互相錯開，選擇頻道 1、6、11 這 3 個頻道可以互不相干擾，如下圖所示。在頻道 1 中有三組無線路由器共享使用 20MHz 頻寬，分別為：Lab_test、TTC、DSL-7740C，會被使用頻道 4 的無線路由器影響。

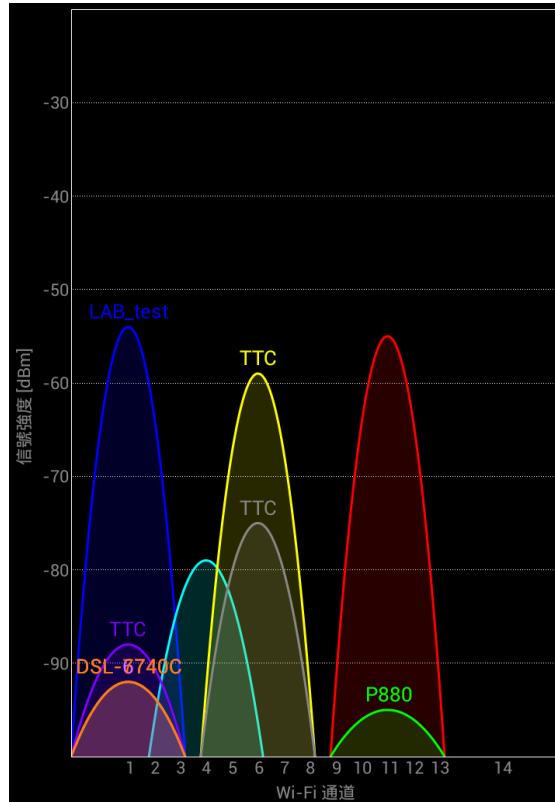


圖 4-1 WiFi 在 2.4GHz 可使用 11 個頻道

一、測試環境與測試架構

在無其他無線路由器影響下之測試環境，使用測試接收網卡硬體：Netis WF2109，如下圖所示。傳輸模式支援 IEEE 802.11b/g/n 規格，使用 2.4GHz 頻段，支援具 2 天線發射 2 天線接收 MIMO，最高傳輸速度為 300Mbps。



圖 4-2 300Mbps 測試網卡 Netis WF2109



圖 4-3 300Mbps 測試無線路由器 TP-LINK TL-WDR4300 N750

使用測試無線路由器：TP-LINK TL-WDR4300 N750，如上圖所示。傳輸模式支援 IEEE 802.11a/b/g/n 規格，使用 2.4/5.8GHz 頻段，2.4GHz 最高傳輸速度為 300Mbps。測試架構如下圖所示，兩台電腦分別透過無線路由器與網卡，在無其他 WiFi 設備下之環境進行無線通訊。



圖 4-4 WiFi 測試架構圖

二、WiFi 在 1 公尺距離內傳輸速率比較

使用測試接收網卡與無線路由器連線距離在 1 公尺，如下圖所示。



圖 4-5 測試接收網卡與無線路由器連線測試

1 公尺距離內不同頻寬下傳輸速率比較，如下表所示。在頻寬 20MHz 傳輸速率 91Mbps，顯示 MIMO 已啟動，儘管使用頻寬 40MHz 但速度仍無法達到理論值 300Mbps，最快傳輸速率僅 153Mbps。接收網卡與無線路由器連線距離在 1 公尺內，傳輸速率與時間比較如下圖所示。測試傳輸時間約 60 秒，測試總傳輸量:大於 600 Mbytes，每 3 秒取樣一次。

表 4-1 1 公尺距離內不同頻寬下傳輸速率比較

傳輸模式	頻寬	總傳輸量	平均速率
IEEE802.11n	Automatic	640 MBytes	80.9 Mbps
IEEE802.11n	20MHz	787 MBytes	91.0 Mbps
IEEE802.11n	40MHz	1108 MBytes	153 Mbps

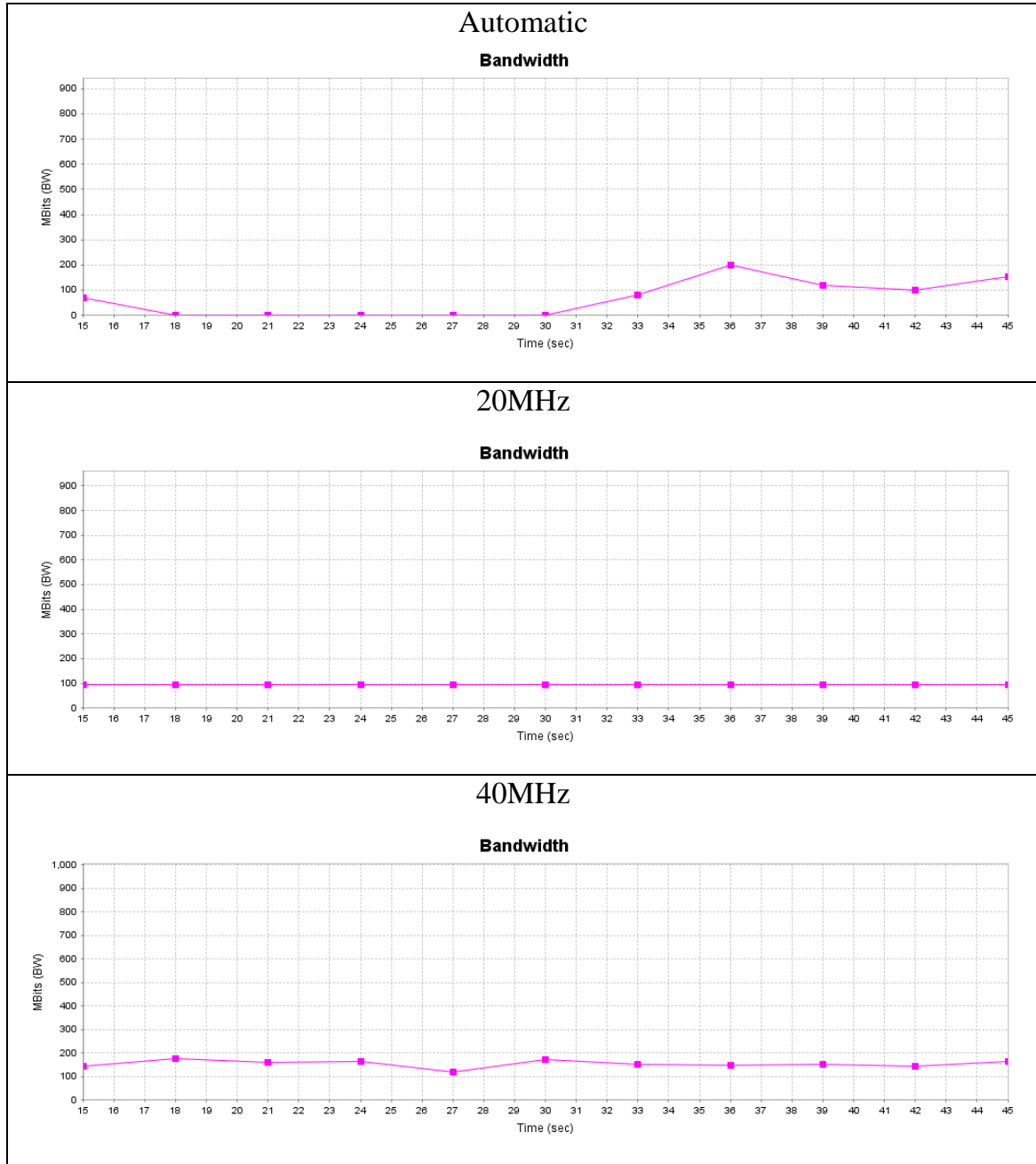


圖 4-6 測試接收網卡與無線路由器連線距離在 1 公尺傳輸速率與時間比較

三、WiFi 在 5 公尺距離傳輸速率比較

使用測試接收網卡與無線路由器連線距離在 5 公尺距離，不同頻寬下傳輸速率比較，如下表所示。在頻寬 20MHz 傳輸速率 84.6Mbps，顯示 MIMO 已啟動，使用頻寬 40MHz 傳輸速率為 130Mbps。略低於接收網卡

與無線路由器連線距離在 1 公尺內，傳輸速率與時間比較如下圖所示。測試傳輸時間約 60 秒，測試總傳輸量:大於 600 Mbytes，每 3 秒取樣一次。

表 4-2 5 公尺距離內不同頻寬下傳輸速率比較

傳輸模式	頻寬	總傳輸量	平均速率
IEEE802.11n	20MHz	786 MBytes	84.6 Mbps
IEEE802.11n	40MHz	972 MBytes	130 Mbps

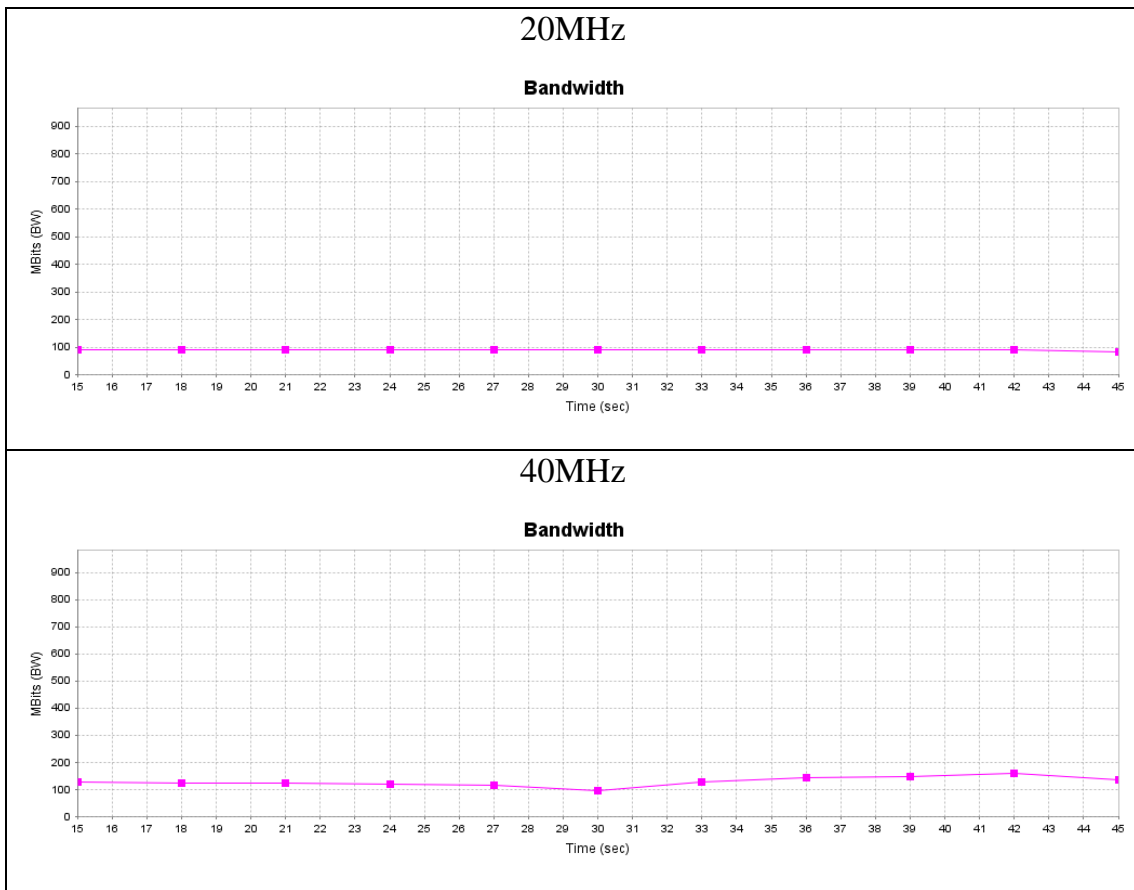


圖 4-7 測試接收網卡與無線路由器連線距離在 5 公尺傳輸速率與時間比較

四、WiFi 在 10 公尺距離傳輸速率比較

使用測試接收網卡與無線路由器連線距離在 10 公尺距離，不同頻寬下傳輸速率比較，如下表所示。在頻寬 20MHz 傳輸速率 42.3Mbps，不確認是否操作在 MIMO 模式，使用頻寬 40MHz 傳輸速率為 60.5Mbps。低於接收網卡與無線路由器連線距離在 5 公尺內，傳輸速率與時間比較如下圖所示。測試傳輸時間約 60 秒，測試總傳輸量:大於 600 Mbytes，每 3 秒取樣一次。

表 4-3 10 公尺距離內不同頻寬下傳輸速率比較

傳輸模式	頻寬	總傳輸量	平均速率
IEEE802.11n	20MHz	462 MBytes	42.3 Mbps
IEEE802.11n	40MHz	606 MBytes	60.5 Mbps

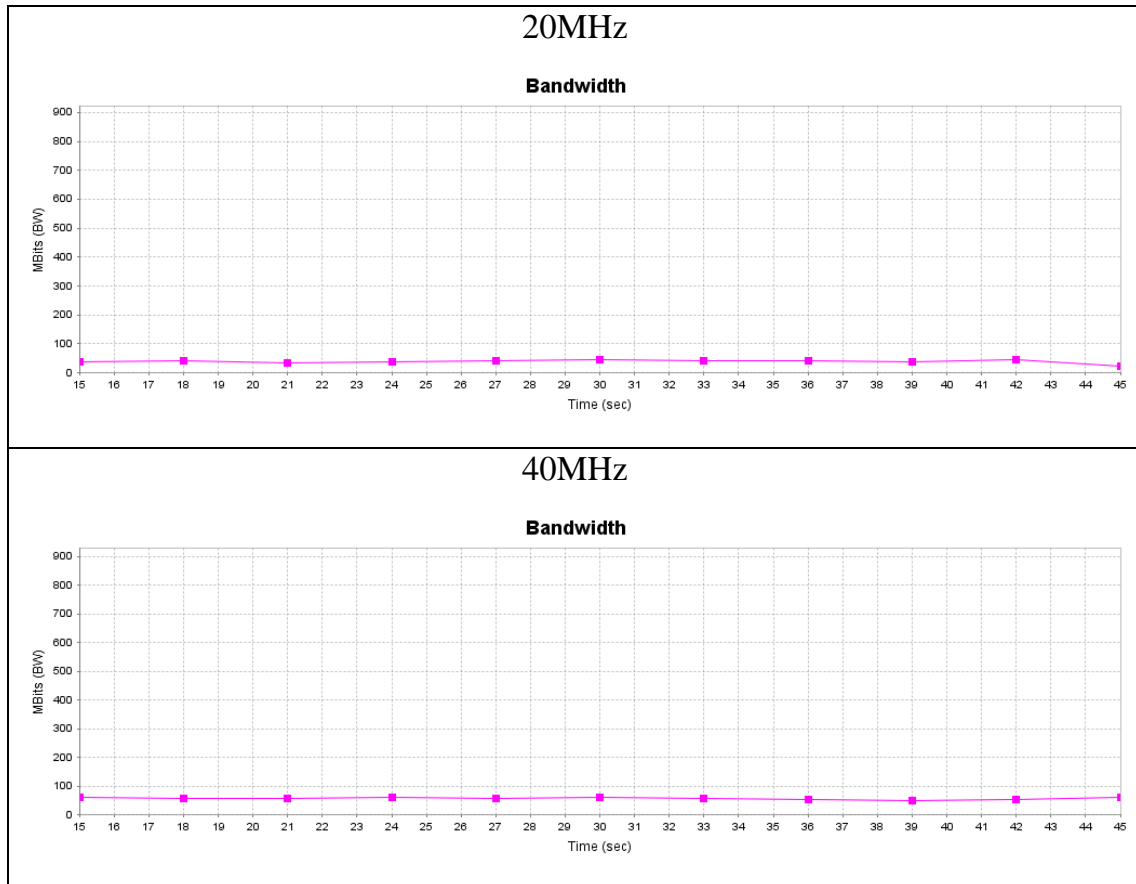


圖 4-8 測試接收網卡與無線路由器連線距離在 10 公尺傳輸速率與時間比較

第二節 電力線網路連線測試

電力線網路裝置主要做為取代實體網路線功能，從一端將網路訊號轉為電源迴路，再從另一端將電源迴路轉回網路訊號。因此安裝只是在不同電源迴路各插上一個電力線網路裝置，然後再用網路線分別連到測試用電腦。電力線網路訊號經過太長線路，或者經過配電箱的斷電器會有較大的衰減，本次測試不經配電箱的斷電器，在同一斷電器內的各個插座組成測試網路。

一、測試環境與測試架構

在儘量不受其他電源電路影響的環境下，使用測試設備：D-LINK DHP-600AV，如下圖所示。傳輸模式支援 HomePlug AV2 規格，使用 2~70MHz 頻寬，支援 10/100/1000 Base-T Ethernet Port，最高傳輸速度為 600Mbps。



圖 4-9 D-LINK DHP-600AV

測試架構如下圖所示，兩台電腦分別透過 HomePlug，在無其他電器設備使用下之環境進行電力線通訊。

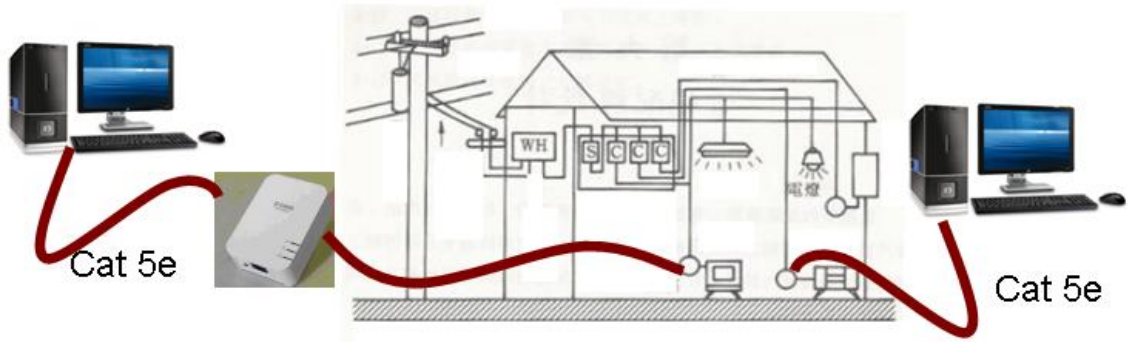


圖 4-10 PLC 測試架構圖

測試電力線網路連線在不同距離內傳輸速率比較，如下圖所示。

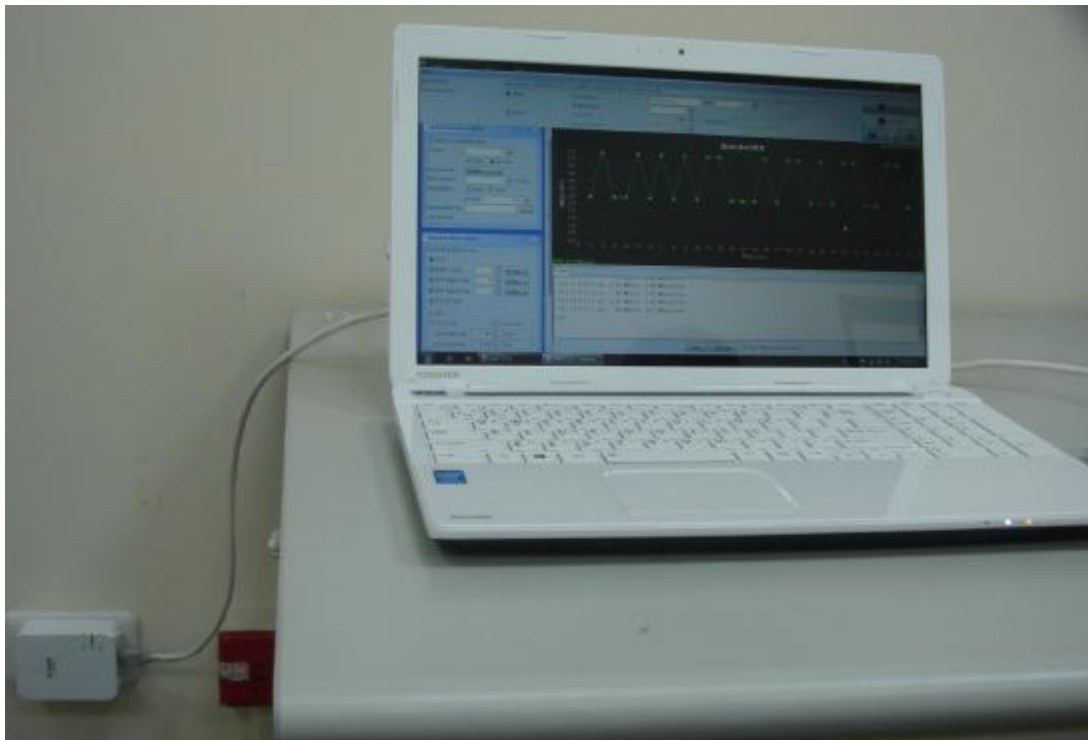


圖 4-11 電力線網路連線測試

使用測試電力線網路在不同距離下傳輸速率比較，如下表所示。在距離 5 公尺內，平均速率皆大於 90Mbps，但速度仍無法達到理論值 600Mbps。當距離大於 30 公尺以上，傳輸速率下降相當快速，在 80 公尺時傳輸速率僅剩 14.3Mbps，傳輸速率與時間比較如下圖所示。測試傳輸時間約 60 秒，測試總傳輸量:大於 175 Mbytes，每 3 秒取樣一次。

表 4-4 電力線網路在不同距離下傳輸速率比較

距離 (m)	總傳輸量	平均速率
>1	597 MBytes	93.1 Mbps
5	593 MBytes	92.2 Mbps
20	293 MBytes	36.8 Mbps
50	232 MBytes	25.7 Mbps
80	175 MBytes	14.3 Mbps

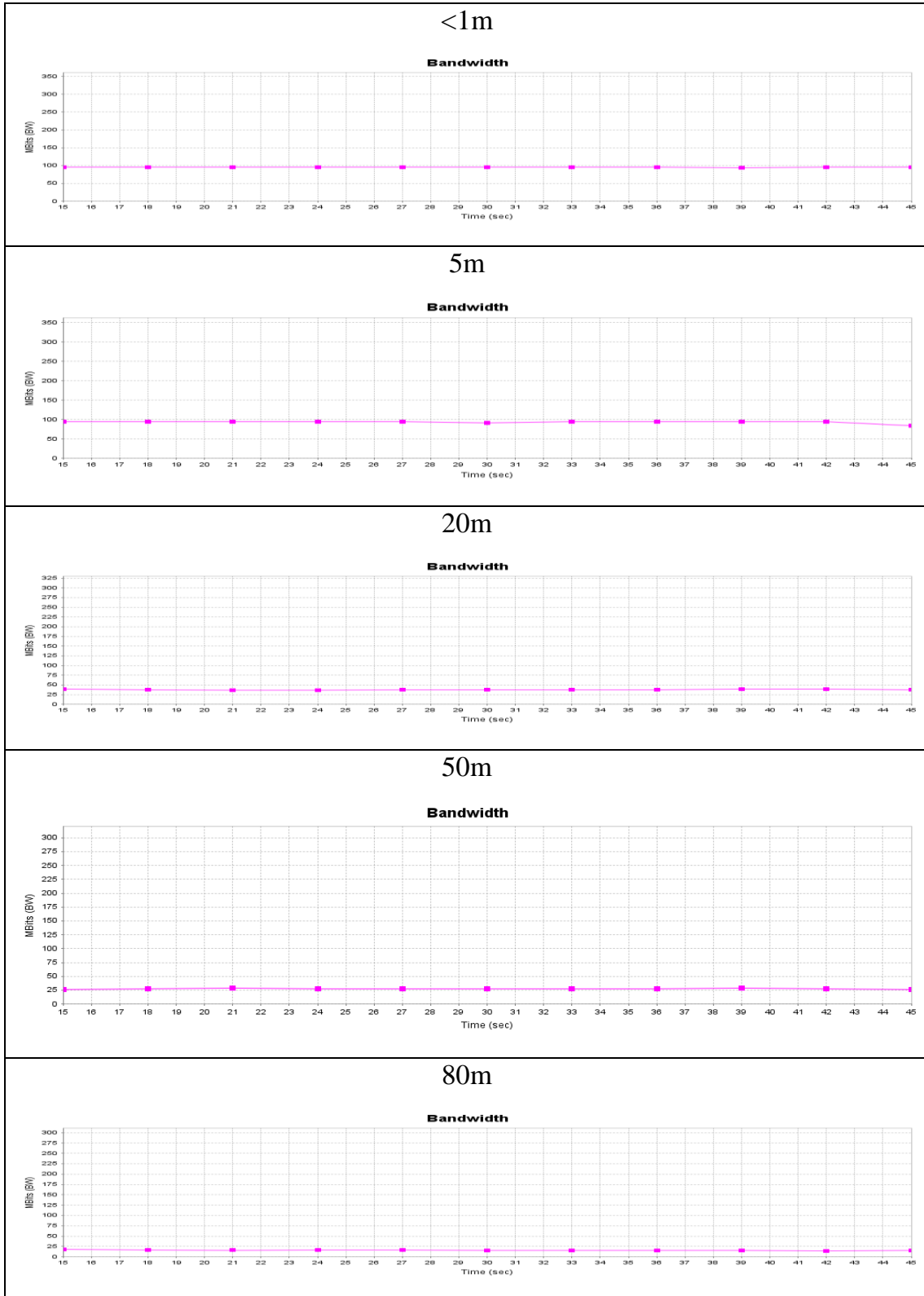


圖 4-12 測試接收網卡與無線路由器連線距離在 10 公尺傳輸速率與時間比較

第三節 光纖轉乙太網路連線測試

光纖網路無法直接進行網路連線測試，此次實驗由乙太網路（Gigabit Ethernet）轉光纖，另一端將光纖轉回乙太網路。因此安裝只是在不同距離下的光纖迴路，然後再用網路線分別連到測試用電腦。光纖網路訊號經過各種不同距離幾近無太多的衰減。一般光纖規範(Optical Specifications)光纖最大衰減值，依據波長略有不同。波長 850nm 每公里約衰減 3 dB，波長在 1300nm 每公里約衰減 1 dB。使用測試設備：HP 1810 交換機，如下圖所示。100 Mb 延遲： $< 3.3 \mu s$ 、1000 Mb 延遲： $< 2.2 \mu s$ ，交換容量 52 Gbps。

測試環境與測試架構

測試環境使用 HP 1810 交換機，測試兩端電腦採 Cat 6 20m 網路線，測試架構如下圖所示，兩台電腦分別透過網路線，經不同距離光纖長度下之環境進行通訊測試。

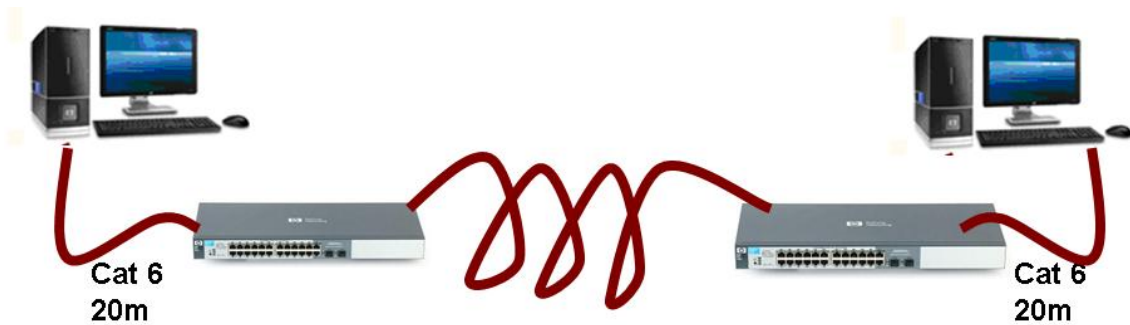


圖 4-13 光纖連線測試架構圖





圖 4-14 光纖乙太網路連線測試

使用測試網路在不同距離下傳輸速率比較，如下表所示。在距離 1~1000 公尺內，平均速率約在 871~865Mbps 之間，傳輸速率與距離幾近無差異，測試傳輸時間約 60 秒，測試總傳輸量:大於 6292 Mbytes，每 3 秒取樣一次。

光纖轉乙太網路連線測試在不同電腦與不同網路線材質下，測試會略有差異，此實驗在兩端使用 Cat.6 UTP-3P 20M 網路線，盡量排除其他因素進行測試實驗。

表 4-5 光纖乙太網路在不同距離下傳輸速率比較

距離 (m)	總傳輸量	平均速率
>1	7027 MBytes	870Mbps
<100	7073 MBytes	871Mbps
<500	6962 MBytes	866Mbps
<1000	6292 MBytes	865Mbps

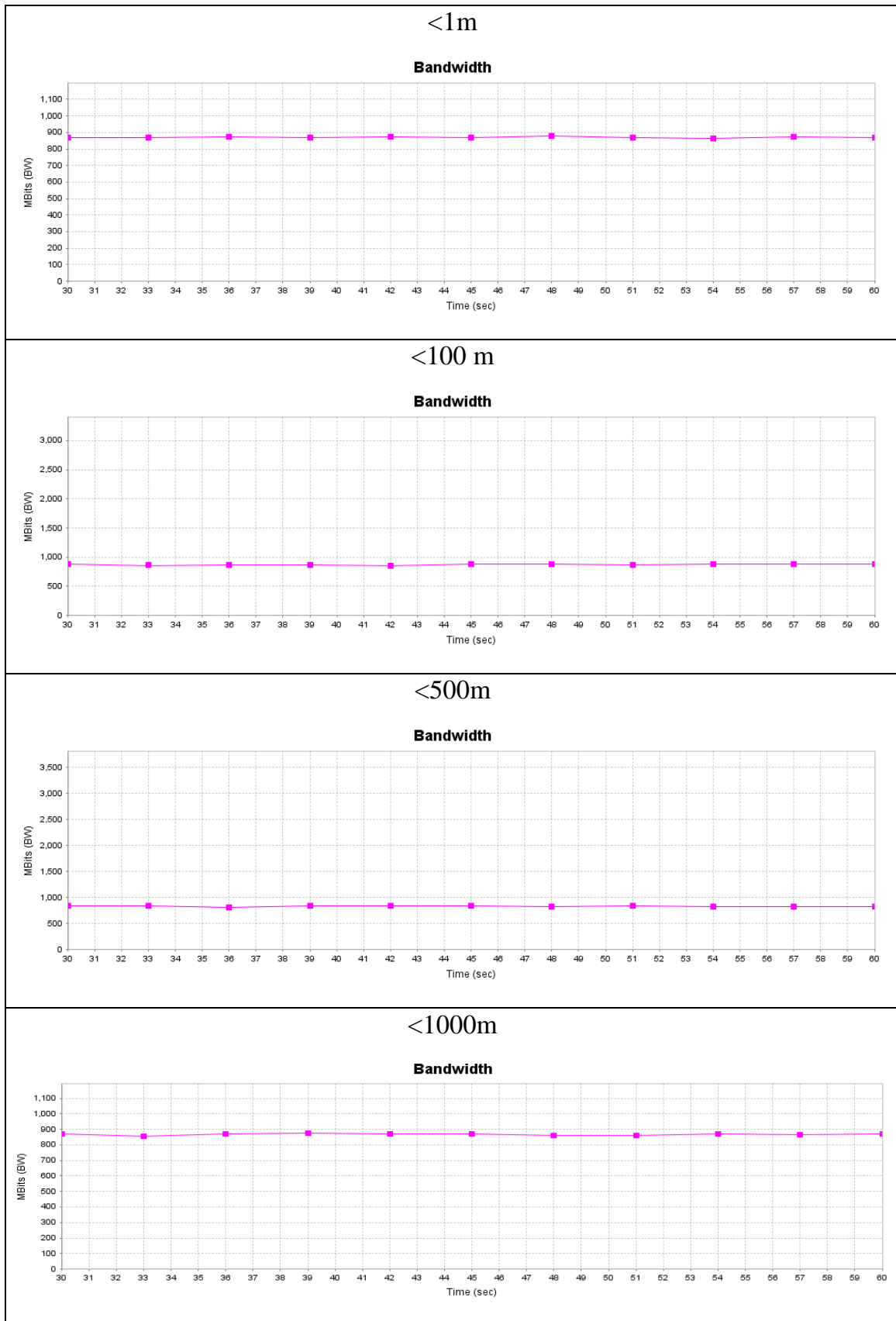


圖 4-15 測試光纖乙太網路連線距離在 1~1000 公尺傳輸速率與時間比較

第四節 xDSL 網路連線測試

檔案伺服器為進行本專案量測必備的設備，利用架設於受測業者機房內之伺服器，與使用者測試端者的 xDSL 數據機，如下圖所示。建立 1 對 1 連線進行量測。



圖 4-16 xDSL 數據機

測試環境與測試架構

測試環境選擇使用中華電信光世代申裝用戶，分別為下載 100M 與 60M 各兩種申裝態樣，測試兩端電腦採 Cat 6 20m 網路線，測試架構如下圖所示，左側電腦透過網路線連接到 xDSL 數據機，經過網際網路由遠端電腦進行連線測試，確認連線速率。

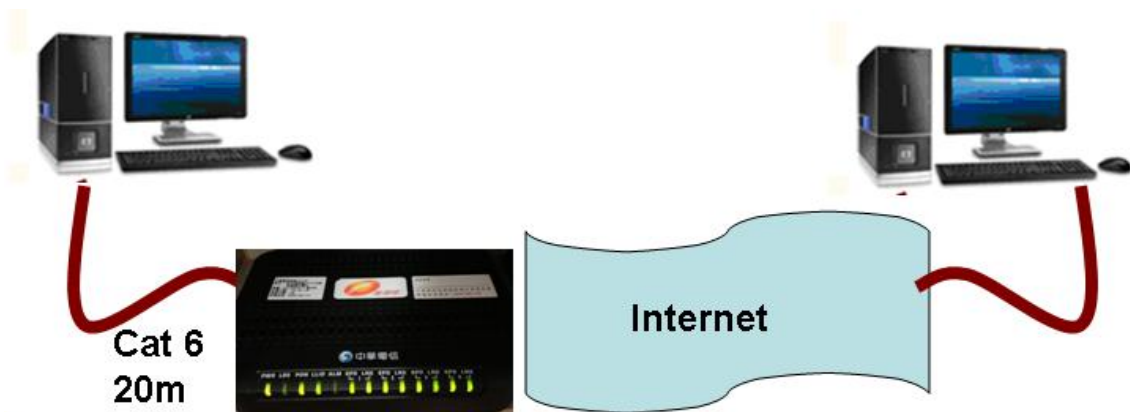


圖 4-17 xDSL 連線測試架構圖

由於無法準確計算使用者測試端銅質線至光纖轉換器之距離，故取四組測試用戶端進行傳輸速率比較，如下表所示。平均速率約在於 94.7~58.9Mbps 之間，測試傳輸時間約 45~53.9 秒，測試總傳輸量:大於 316 Mbytes，每 3 秒取樣一次。

表 4-6 xDSL 網路連線測試不同測試用戶傳輸速率比較

測試用戶端	總傳輸量	平均速率
1	608 MBytes	94.7 Mbps
2	608 MBytes	94.7 Mbps
3	316 MBytes	58.9 Mbps
4	328 MBytes	61.1 Mbps

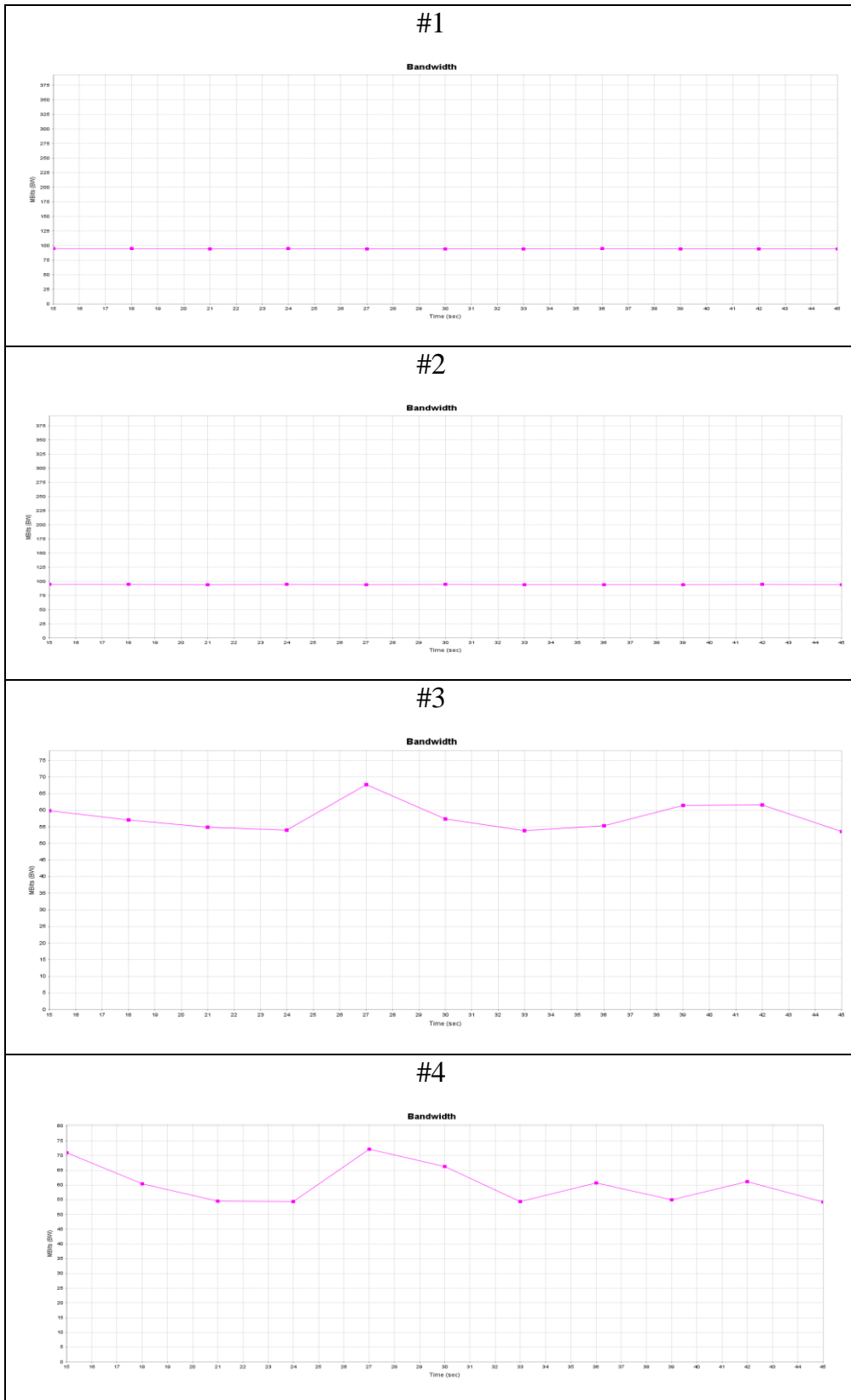


圖 4-18 測試 xDSL 網路連線測試不同測試用戶傳輸速率比較

第五節 纜線數據網路連線測試

檔案伺服器為進行本專案量測必備的設備，利用架設於受測業者機房內之伺服器，與使用者測試端者的纜線數據機，如下圖所示。建立 1 對 1 連線進行量測。



圖 4-19 纜線數據機

測試環境與測試架構

測試環境選擇使用有線電視網路數據申裝用戶，分別為下載 100M 與 60M 各兩種申裝態樣，測試兩端電腦採 Cat 6 20m 網路線，測試架構如下圖所示，左側電腦透過網路線連接到纜線數據機，經過網際網路由遠端電腦進行連線測試，確認連線速率。

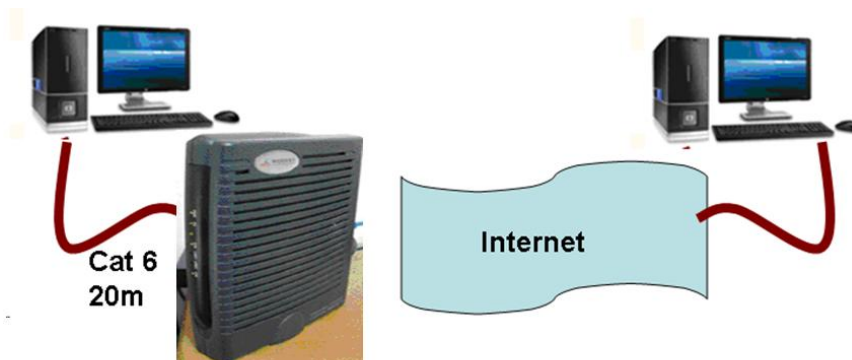


圖 4-20 纜線數據連線測試架構圖

由於無法準確計算使用者測試端同軸電纜線至光纖轉換器之距離，故取四組測試用戶端進行傳輸速率比較，如下表所示。平均速率約在於 95.1 ~55.3Mbps 之間，測試傳輸時間約 45~53.9 秒，測試總傳輸量:大於 297 Mbytes，每 3 秒取樣一次。

表 4-7 纜線數據網路連線測試不同測試用戶傳輸速率比較

測試用戶端	總傳輸量	平均速率
1	611 MBytes	95.1 Mbps
2	605MBytes	94.5 Mbps
3	303 MBytes	56.4 Mbps
4	297 MBytes	55.3 Mbps

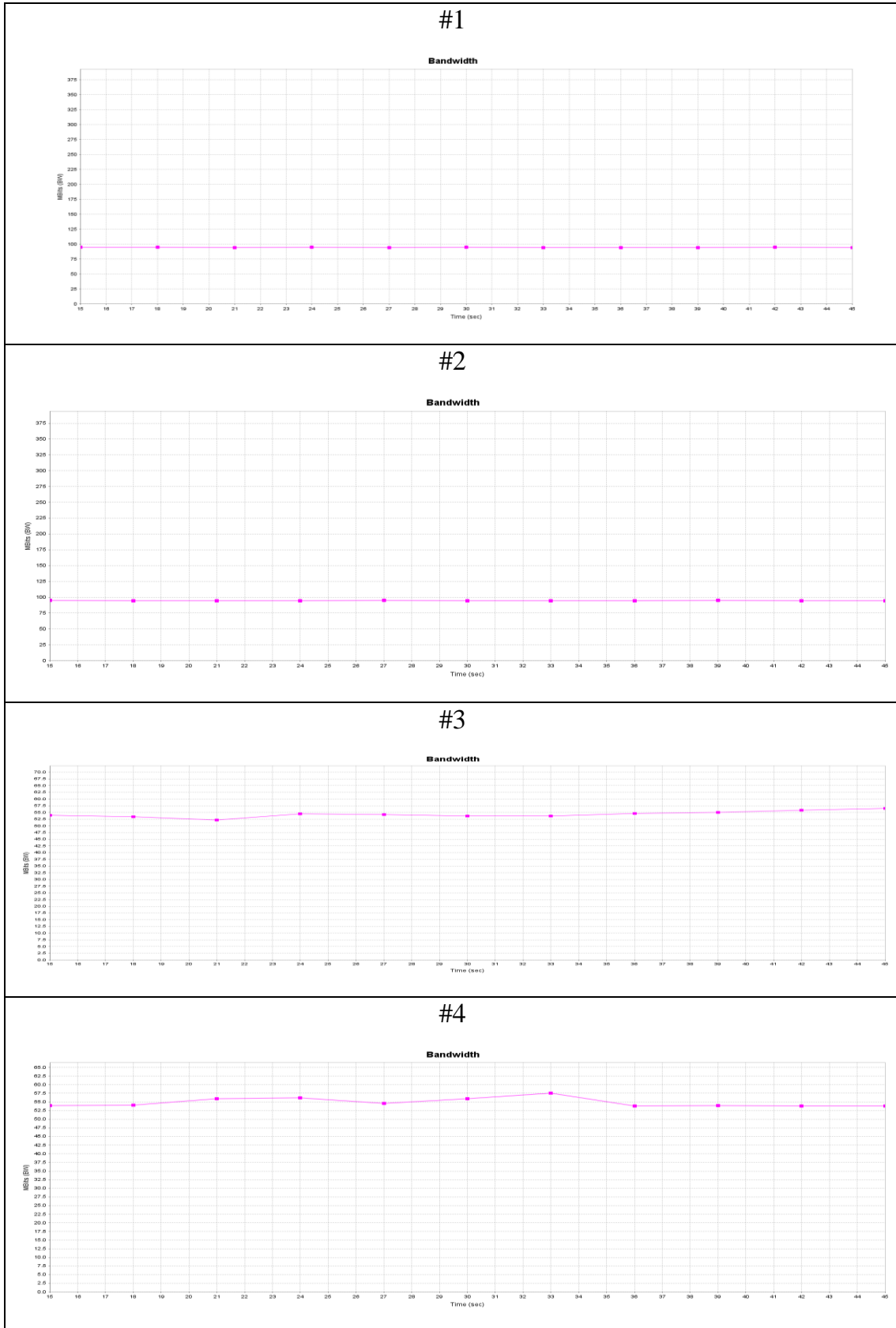


圖 4-21 測試纜線數據網路連線測試不同測試用戶傳輸速率比較

第六節 乙太網路在不同網路線規格與長度連線測試

網路線材質 Cat.5e 與 Cat.6 皆支援 1Gbps 以上的傳輸流量，但在不同電腦上的執行略有差異，為確保前述測試變因的單一性，進行乙太網路在不同網路線規格與長度連線測試，確認其測試速率不會因為電腦或網路線因素，造成測速數據的差異。測試結果在網路線材質 Cat.5e 伺服器與用戶端相同 3 公尺，連線速度為 756Mbps；網路線材質 Cat.6 伺服器與用戶端相同 20 公尺，連線速度為 871Mbps，顯示網路線材質 Cat.6 較 Cat.5e 其傳輸速度較不受線材長度限制。

表 4-8 乙太網路在不同網路線規格與長度傳輸速率比較

Client Server	Cat.6 20M	Cat.5e 1.2M	Cat.5e 3M
Cat.6 20M	871Mbps	818Mbps	-
Cat.5e 1.2M	830Mbps	-	-
Cat.5e 3M	-	-	756Mbps

-未測試

第七節 適用傳輸速率 100Mbps 以上之技術要求條件

一、WiFi

一般 WiFi 無線路由器，最大發射功率約為 23dBm，若以 IEEE 802.11g 最高傳輸速率 54Mbps 條件下，所需訊雜比為 25dB 最小接收功率為 -75dBm，在無任何障礙物下可覆蓋範圍室內：50 平方公尺/室外 140 平方公尺，要適用傳輸速率 100Mbps 以上需以 IEEE 802.11n 或 802.11ac WiFi 技術方能達到，實際測試需小於 10 公尺距離內方能達到。

二、電力線網路

電力線網路受限於室內電力線配置，以及相關電器產品可能產生的高頻雜訊影響，要適用傳輸速率 100Mbps 以上，測試距離約 10~15 公尺，其實際管路線路可能一倍以上距離，當距離大於 30 公尺以上，傳輸速率下降相當快速，其傳輸距離較無線 WiFi 佳。

三、光纖轉乙太網路連線

10Gigabit 乙太網路多模光纖為主，單模光纖只容許一束光線通過，比較沒有光線折射或反射等的損耗，因此傳送距離可以較長。多模光纖的核心比較粗，容許多束光線通過，有較多光線折射或反射等的損耗，因此傳送距離較短。區域網佈線工程中一般使用多模光纖，可分為室內與室外、雙芯與多芯。在光纖轉乙太網路連線實際測試下，在 1 公里內幾乎不受距離影響，在 TIA 規範下，單模光纖 1310 nm 波長，每公里損失 0.4 dB，1550 nm 波長每公里損失 0.3 dB，多模光纖 850 nm 波長每公里損失 3.5 dB，1300 nm 波長每公里損失 1.0 dB，光纖連接器與光纖接續損失分別為 0.75 dB、0.2 dB，故單模光纖 10 公里距離下，幾乎無須考慮光纖中繼問題，但多模光纖傳輸距離，受核心粗細影響，在 10Gigabit 1300 nm 波長條件下，62.5u 多模光纖傳輸距離約 330 公尺，50u 多模光纖傳輸距離約 550 公尺。

四、xDSL

ITU G.993.2 17a 規格要適用傳輸速率 100Mbps 以上，其傳輸距離限制約 500 公尺，ITU G.993.2 30a 規格要適用傳輸速率 100Mbps 以上，其傳輸距離限制約 550 公尺，但實際狀況仍須考量佈線材質與環境因素。依據

英國實際安裝案例（如下圖所示），甚至比 500 公尺距離更短，在 300 公尺距離時傳輸速率僅剩 50Mbps，故預估實際狀況可能在 100 公尺內。

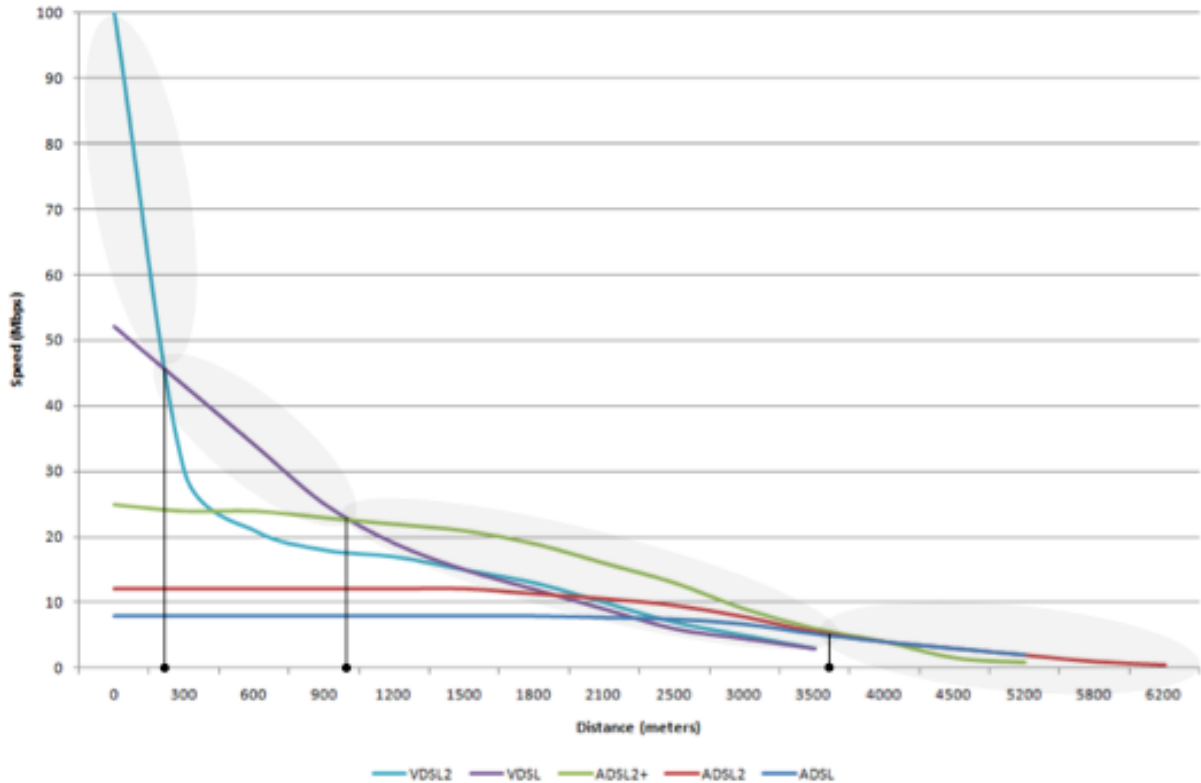


圖 4-22 xDSL 傳輸距離與速率比較

五、纜線數據

一般業者在纜線幹線上使用 7C-2V 規格的同軸纜線，用戶端使用 5C-2V 規格的同軸纜線，纜線訊號損失在 100 公尺 (@200MHz) 分別為 12.6 dB、9dB，要適用傳輸速率 100Mbps 以上，需在 DOCSIS 3.0 以上規格利用 channel bonding 技術將幾個頻道結合，作數據傳輸使用。以 64QAM 調變需要 28dB 的調變錯誤比要求下，最大傳輸距離極限約在 1 公里範圍，但實際狀況仍須考量佈線材質與環境因素。依據實際安裝案例，可能在 500 公尺內。

六、小結

由無線網路 WiFi 實測，顯示要大於 100Mbps 傳輸速率，在大於 10 公尺距離，其傳輸速率已經開始降低；電力線網路與 xDSL 技術，理論上

傳輸距離應介於相當，但實際上電力線佈置可能有多路拼接狀況，訊號損失較大，電話線網路拼接線路較少，實測結果在電力線損失較大，距離小於 20 公尺其傳輸速率已經開始降低，同軸電纜具有承載頻寬大訊號損失低等特性，故傳輸距離較前三項皆有較好的傳輸性能表現，然而缺乏實際佈線的距離數據加以佐證，依據同軸纜線的線材與損失數據相關經驗，距離大於 500 公尺，仍可大於 100Mbps 傳輸速率；光纖則具有最佳的傳輸距離表現，實際測試顯示在 1 公里距離下，無需任何接續放大器或其他元件，其傳輸速率仍大於 100Mbps。

第五章 技術規範建議

第一節 建築物屋內外電信設備工程技術

目前「建築物屋內外電信設備工程技術規範」主要參考 ANSI/TIA 規範，由介紹 ANSI/TIA/EIA 規範，再提出適用我國相關建議。

一、ANSI/TIA/EIA

美國國家標準協會(American National Standards Institute,ANSI) 於 1918 年在美國成立。該組織的主要任務是美國國內的國家標準的協調標準化工作。美國電訊工業協會(Telecommunications Industry Association,TIA) 是由 ANSI 授權的單獨的組織，並附屬於電子工業協會(Electronic Industries Association,EIA)。TIA 主要任務包括開發現今的結構化佈線系統的設計與安裝的佈線標準，並支援未來高速應用要求。目前規範包含 ANSI/TIA 下列規範：

- TIA/EIA-568A：通訊電纜線系統標準
- TIA/EIA-568B：原 568A 再增加光纖電纜鋪設元件標準
- TIA/EIA -569：商業大樓之架設通路及空間標準
- TIA/EIA -570：住宅及混合型通訊接線標準
- TIA/EIA-606：商業大樓通訊基礎架構管理標準

TIA/EIA-568-A 以及相關附錄愈來愈龐雜，內容與新技術有落差，於是重新制定發佈 TIA/EIA-568-B 的重新修訂版本，其中 568B.2「商業建築通信佈線系統標準」著重雙絞線電纜、跳線、連接硬體的電氣、機械性能規範和可靠性測試規範，以及實驗室與現場測試儀比對方法等內容。TIA-568-C.0 則用於用戶建築物通用佈線標準。

TIA/EIA-568-B 除增加光纖佈設要求，也包含網路線 Cat.5e、Cat.6 的效能規格(CAT.6 在新的附錄 B.2-1)，多模光纖被列為新增且建議的線材，遮蔽式雙絞線(STP-A)從建議的線材列表中被刪除，目前的狀態為標準承認但是不建議新佈線系統使用，同軸電纜則成為不被標準承認的線材。

二、建議方向

(一) 納入有線電視同軸電纜線

現行常用建築物屋內外傳輸配線，包括：電話線、網路線、光纖與同軸電纜，建議應納入「建築物屋內外電信設備工程技術規範」創造業者公平競爭平台。相關建議規範如附件二。

(二) 重新編排

各項「設計範例」與「檢測紀錄表」應以附件呈現，並建立索引目錄方便閱覽。

(三) 更新 ANSI / TIA / EIA-568 新修訂版本資訊

TIA / EIA-568-B.2 已被 TIA / EIA -568-C.2 取代，Cat.5e 的損失表更新為下表所示。原規範 18.5 網路線測試，應隨之修訂。對應至 18.5.4.3 「UTP/SCTP 配線現場測試項目依據不同等級電纜，各項參數定義及合格標準，表 18-10。」損失計算方式如下所示。

$$NEXT_{conf} \geq -10 \log \left(10^{\frac{-NEXT_{connectors}}{10}} + 10^{\frac{-(NEXT_{cable} + 2 \cdot Ins_Loss_{conn})}{10}} \right)$$

where:

$$NEXT_{connectors} = -20 \log \left(10^{\frac{-NEXT_{local}}{20}} + 10^{\frac{-(NEXT_{remote} + 2 \cdot (Ins_Loss_{cable} + Ins_Loss_{conn}))}{20}} \right)$$

$$NEXT_{local} = NEXT_{local,100MHz} - 20 \log \left(\frac{f}{100} \right)$$

$$NEXT_{remote} = NEXT_{remote,100MHz} - 20 \log \left(\frac{f}{100} \right)$$

$$Ins_Loss_{cable} = DeRating_{Ins_Loss} \cdot Ins_Loss_{cable,100m} \cdot \frac{CableLength}{100}$$

$$NEXT_{cable} = NEXT_{cable,100m} - 10 \log \left(1 - e^{-0.46 \cdot Ins_Loss_{cable}} \right)$$

表 5-1 Cat.5e 網路線損失

Frequency (MHz)	2 m cord Limit (dB)	5 m Cord Limit (dB)	10 m Cord Limit (dB)
1.0	65.0	65.0	65.0
4.0	65.0	64.4	62.4
8.0	60.6	58.6	56.7
10.0	58.7	56.7	54.8
16.0	54.7	52.7	51.0
20.0	52.8	50.9	49.1
25.0	50.9	49.0	47.4
31.25	49.0	47.2	45.6
62.5	43.2	41.5	40.2
100.0	39.3	37.8	36.6

第二節 建築物寬頻建置與維護規範

(一)相關規範

建築物寬頻建置多以光纖為主要配置，在內政部所公布「建築技術規則」參考 ANSI/TIA/EIA 相關規範，以及引用國家標準 (CNS)，亦參考「建築物屋內外電信設備工程技術規範」，包括如下：

- ITU-T G.652D 單模光纖(Single-Mode Fiber)
- ITU-T G.657 單模光纖(Single-Mode Fiber)
- ANSI/TIA/EIA 568-B.3 光纖佈線元件標準(Optical Fiber Cabling Components Standard)
- ANSI/TIA 568-C.3 光纖佈線元件標準(Optical Fiber Cabling Components Standard)
- ANSI/TIA 526-7 單模光纜鏈結損失測試(Optical Power Loss Measurements Of Installed Single-Mode Fiber Cable Plant)
- ANSI/TIA 526-14A 多模光纜鏈結損失測試(Optical Power Loss Measurements Of Installed Multimode Fiber Cable Plant)
- CNS 14301-1 光纜-第一部分：一般規格
- CNS 14301-2 光纜-第二部分：產品規格
- CNS 14301-3 光纜-第三部分：電信光纜規格

二、建議方向

參考上述相關規範，建立建築物寬頻建置與維護規範

1. 送審資料應包含：施工計畫、施工系統架構圖、工作相關各項設備之接線圖、安裝圖、平面佈置圖、管線配置圖、設備基礎等
2. 屋內外光纖佈建：屋內外採單模光纖其規格應符合 ITU-T G.652D、ITU-T G.657 規定，或使用 62.5/125 μm 多模光纖、雷射優化 50/125 μm 多模光纖。屋內光纜應具不延燒性。屋外光纜應具防水及耐候性，適用於社區型建築物間屋外配線。光纖連接器，其特性須符合 ANSI/TIA/EIA 568-B.3、568-C.3 規定。
3. 施工方法與安裝作業：參考建築物屋內外電信設備工程技術規範規定，光纖，彎曲半徑不得少於 25mm，佈放施工時不可小於光纜外徑的 15 倍，施工完畢後，於使用時或在無拉力狀態時，則須保持不可小於光纜外徑的 10 倍，光纜應預留兩端餘長約 1~2m，作為未來接續使用；並應於兩端加裝編號標誌，以利日後施工及維護辨識。
4. 維護：纜配線接續作業應注意光纖切割面使切面平滑及垂直，切斷之裸光纖應妥善處理，嚴禁使用去漬油、柴油等有機溶劑擦拭裸光纖。光纖接續應檢查各項安全措施是否設置完整，依現場環境選擇適當之光纖接續點固定位置及預先設定最佳餘長收容方式，並視需要裝設光纜餘長收容架，預留接續長度 1~2m，若為套管型光纖，須於分簇心後依各色紗顏色以相同顏色之軟管，按心線識別的方法排列，做好防水設備，避免有濕氣或水氣進入。光纖接續後之處理如下：
 - 接好之光纖盤繞於收容盒，將接續點置於槽梳內。
 - 依序將接好之光纖及接續點固定於收容盒。
 - 收容盒蓋上後，不可壓到光纖。
 - 依施工製造圖方式裝設收容盒

5. 特性檢驗：參考建築物屋內外電信設備工程技術規範」之相關測試方法及標準規定辦理。進行光纜配線鏈結損失測試，線路 600 m 以上須做鏈結長度測試。

第陸章 結論

一、各國寬頻入戶應用實例

(一)各國實例

1. 美國：

美國境內幅員遼闊，電信業者與有線電視業者相互競爭下，光纖混合網路廣佈，其他寬頻接取方式還包括：衛星、行動網路、纜線數據、電力線網路等，各家業者在不同地域所佔比例差異極大。AT&T 與 Verizon 是美國最大的固網電話服務和行動通訊服務供應商，Comcast 則是美國最大有線電視業者，無論電信固網與纜線數據兩者，目前光纖到府佈建比例是逐年成長，對於偏遠區域 EarthLink 提供衛星寬頻接取服務，以及部分業者使用 LTE 做為解決方案。

2. 韓國：

寬頻網路速率與光纖普及率居於全球前五名內，韓國電信公司（KT 公司）在部分區域發展以實驗性質提供 1Gbps 的互聯網服務，是韓國最大的寬頻網路服務業者。

3. 日本：

日本 FTTH 用戶普及率為 45% 約為 2502 萬戶，FTTH 服務供應商主要有 NTT、KDDI 和電力業者，但 FTTH 已呈現飽和甚至負成長趨勢。

4. 歐洲：

歐洲 FTTH 委員（FTTH Council Europe）統計，歐盟 FTTH/FTTB 的用戶數達到 2010 萬，歐盟委員會成立的歐洲數位議程目標，希望在 2020 年，一半的歐盟家庭將可享受 100 Mbps 以上的寬頻上網服務，目前整個歐洲正在大規模部署光纖網路。

5. 新加坡：

新加坡電信目前推出光纖最快的上網服務，下載為 500Mbps 且沒有流量限制，使用光纖混合網路 xDSL 技術，ADSL 提供 15Mbps 下載速率，另外也搭配 4G 行動通訊網路，提供 500MB 的下載容量，在 4G 行動通訊的網路速率，新加坡電信宣稱最快可以是 70Mbps，在 80% 的多數時間下，實際使用速率約為 7.5Mbps。

6. 中國

中國電信透過 FTTx 在 2013 年推動 100Mbps 下載服務，但不同地區差異極大，如北京直到 2014 年才有 100Mbps 的服務，且中國電信光纖頻寬即便申請 100Mbps，上傳頻寬僅 2Mbps。

(二)網路測速方法

台灣寬頻速率在國際上的排名，媒體常引用 OOKLA SpeedTest 與 Akamai 的測試報告。OOKLA、SpeedTest 提出的報告中顯示，台灣的平均下載速率從去年的 11 月 37.6 Mbps 提升至 39.61 Mbps，為世界排名第 12，上傳速率從 11.67Mbps 進步至 16.14 Mbps，世界排名第 19。OOKLA SpeedTest 的測試採用的是 HTTP 多線程的測速方式，並且在測速結果的評量分析上面，會將該次測速的數據資料重新排序，最快的前 10% 與最慢的 30% 資料會被剔除，僅計算中間 40% 的平均值。由於此項測試是採網頁方式進行，因此無法區分家庭用戶或是企業用戶。Akamai 採用的則是被動式的量測方式，偵測用戶對特定網站發生下載行為時，去量測當次的下載時間，計算出平均下載速率值，其測速方式未必能客觀獲得真實頻寬數據。部分國家網路測速方法，使用額外測速盒避免電腦作業系統或硬體規格影響測試數據，但該方法費用高無法大規模佈置測速盒，使取樣受樣本數量限制。

(三)接取技術比較

各國寬頻業者的接取網路，主要以 FTTx 搭配 xDSL 方式來提供高速網路服務，長期而言為提升寬頻網路速率，光纖到府的服務趨勢仍是最終目標，如何縮減最後一段的距離來提升速率，將是未來的發展方向。截至 2014 年 8 月，所推出光纖到戶下載速率，最快為日本 NTT 公司達到 1Gbps，全球多數電信業者除 FTTx 技術，搭配 xDSL 與 DOCSIS 接取技術，提供 45~152Mbps 不等的傳輸速率少數業者採用電力線網路或衛星寬頻網路，主要用途做為偏遠地區網路普及服務使用，尤其在非經濟區域例如：山區、離島、沙漠與沼澤等，少數人口居住的處所，FTTx、xDSL 與 DOCSIS

幾種寬頻接取都要較高的成本負擔，故發展衛星及電力線寬頻接取服務較具經濟效益。

(四)LTE 興起影響 FTTx 發展趨勢

美國 Verizon 除了提供 FTTx 技術，另外也搭配 LTE 接取技術，提供 75Mbps 的寬頻下載服務。日本以 LTE 取代固網服務或作為偏遠地區補償性網路的業者有增多趨勢。截至 2013 年 4 月，有 6 家電信業者選擇以 LTE 取代固網的發展策略，LTE 傳輸技術與覆蓋範圍漸趨成熟，原有的固網用戶版圖開始出現變動。使用者利用 LTE 取代家中固網的可能性及資費選擇，導致 NTT 固網用戶年增長率逐年下跌，原已達飽和的行動通訊用戶卻能繼續穩定成長。LTE 行動通訊的興起，其連線速率不下於光纖到府，將可能影響 FTTx 發展趨勢，以日本為例已顯示光纖用戶趨於飽和甚至開始負成長。

二、寬頻應用實例與國際技術標準差異

現今在資料傳輸規格上，光纖通訊無疑是絕佳的傳輸方式，但受限於最後一哩的線路佈置，常見光纖混合網路的建置部署。

(一)光纖

隨著用戶服務頻寬要求的提升，IEEE 802.3ah 標準 G/EPON (網路的佈建，已成為寬頻接取網路重要網路建設之一，GPON 網路更受大部分電信業者陸續採用之重要接取網路技術，GPON 網路下行速度可達 2.5G bps 的資料傳輸速率，經分光器可引出多路光纖，最多能夠提供 128 個用戶 10 到 100M bps 的寬頻服務，上行速率約 1.25G bps。

(二)銅線網路技術(xDSL)

ITU 在 2006 年公佈 G.993.2 VDSL2 技術規範使傳輸速率倍增朝向 100Mbps 高速傳輸能力，VDSL2 為目前主要 DSL 網路技術，G.993.2 標準制訂不同的傳輸速率介紹，以美規(G.993.2 Annex A)目前最快傳輸參數為 30a，30a 規格最快速率為 200M bps，當傳輸距離大於 500 公尺外，則傳輸速率僅小於 100Mbps。ITU-T 預定在 2014 年完成 G.Fas，目標在使銅線傳輸速率達到 1Gbps。

(三) 纜線數據技術(DOCSIS)

DOCSIS 2.0 提供了下載速率為 42.88Mbps，上傳速率為 30.72Mbps。CableLabs 預估未來市場對於頻寬的需求，2013 年 10 釋出 DOCSIS 3.1 規範，相較於 3.0 標準改善了網路的響應時間及頻譜使用率，相同頻譜的容量增加近 50%。資料傳輸量亦獲得爆發性的成長從 343.04/122.88 Mbps(使用 8x4 channel bounding)提升至 1 Gbps。DOCSIS 3.1 上下行的使用頻寬與傳輸速度，分為三階段最終目標希望達到下載速率大於 10Gbps，上傳速率 1Gbps。

(四) 行動通訊網路(3G/4G)

在 ITU 的 4G 標準，要求在固定接收下傳輸速率達到 1Gbps，在移動接收狀態要達到 100Mbps 以上，就可以稱為 4G 技術，這並不是意味著 4G 一推出的服務，馬上就會有這麼快的速率，而是指 4G 的技術規格可以逐漸發展，最後達到 1Gbps 速率的目標。LTE 下載速率與使用頻譜有相對關係，以下表所示，一般手機操作在單天線發射接收，在 10MHz 最快速率約 50.4Mbps，在 20MHz 最快速率約 100.8Mbps。

表 6-1 LTE 在不同頻寬下傳輸速率比較

Channel Bandwidth		1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
Resource Blocks in the frequency domain		6	15	25	50	75	100
Normal Cyclic Prefix	OFDMA symbols per 1 ms	14					
	Modulation symbol rate (Msps)	1.0	2.5	4.2	8.4	12.6	16.8
	QPSK Bit Rate (Mbps)	2.0	5.0	8.4	16.8	25.2	33.6
	16QAM Bit Rate (Mbps)	4.0	10.1	16.8	33.6	50.4	67.2
	64QAM Bit Rate (Mbps)	6.1	15.1	25.2	50.4	75.6	100.8
	2x2 MIMO 64QAM Bit Rate (Mbps)	12.1	30.2	50.4	100.8	151.2	201.6
	4x4 MIMO 64QAM Bit Rate (Mbps)	24.2	60.5	100.8	201.6	302.4	403.2

(五) 電力線網路(PLC/BLC)

2010 年西班牙 DS2 有財務問題，Marvell 公司收購其 DS2 智財權在 2011 年 8 月 DS2 雖然它繼續提供 UPA 規格兼容的設備。但通用電力線聯盟(UPA)暫停活動及其網站，目前國際上僅少數地區，仍提供電力線網路服務，但電力線網路未再提出下階段的提升速率的技術標準，且電力線寬頻網路受到既有電信公司及有線電視業者的競爭，現階段仍未有顯著成功案例。

三、測試寬頻網路性能

實測現行寬頻網路性能：建立實測案例，並實際測試各種寬頻網路，現行所提供最高連線速率及接取性能。

(一)無線區域網路連線測試

在不受其他無線路由器影響下，使用測試接收網卡，傳輸模式支援 IEEE 802.11b/g/n 規格，在 2.4GHz 頻段支援具 2 天線發射 2 天線接收 MIMO，最高傳輸速度為 300Mbps。在不同距離內下傳輸速率比較，如下表所示。連線距離在 1 公尺內，使用頻寬 40MHz 傳輸速率 153Mbps，距離拉長至 10 公尺，傳輸速率降至 60.5Mbps。

表 6-2 WiFi 在不同距離下傳輸速率比較

距離	頻寬	總傳輸量	平均速率
<1m	40MHz	1108 MBytes	153 Mbps
5m	40MHz	972 MBytes	130 Mbps
10m	40MHz	606 MBytes	60.5 Mbps

(二)電力線網路連線測試

使用測試電力線網路在不同距離下傳輸速率比較，在距離 5 公尺內，平均速率皆大於 90Mbps，但速度仍無法達到理論值 600Mbps。當距離大於 30 公尺以上，傳輸速率下降相當快速，在 80 公尺時傳輸速率僅剩 14.3Mbps。連線距離與傳輸速率衰減之表現，遠比無線網路優異。

(三)光纖轉乙太網路連線測試

使用測試網路在不同距離下傳輸速率。在距離 1~1000 公尺內，平均速率約在 871~865Mbps 之間，傳輸速率與距離幾近無差異。光纖轉乙太網路連線測試在不同電腦與不同網路線材質下，測試會略有差異，此實驗在兩端使用 Cat.6 UTP-3P 20M 網路線，盡量排除其他因素進行測試實驗。

(四)xDSL 網路連線測試

由於無法準確計算使用者測試端至光纖轉換器之距離，故取四組測試用戶端進行傳輸速率比較，平均速率約在於 94.7~58.9Mbps 之間。

(五)纜線數據網路連線測試

由於無法準確計算使用者測試端至光纖轉換器之距離，故取四組測試用戶端進行傳輸速率比較，平均速率約在於 95.1~55.3Mbps 之間。

各種接取技術在適用傳輸速率在 100Mbps 以上，其距離限制如下表所示。以光纖傳輸損失最小，其次為同軸纜線、xDSL、PLC，無線傳輸訊號損失最大。

表 6-3 各種接取技術在適用傳輸速率在 100Mbps 以上距離限制

	WiFi	PLC	光纖	xDSL	Cable
接取技術	802.11n 802.11ac	HomePlug AV2	GPON Gigabit Ethernet	VDSL2 G993.2 17a/30a	Docsis3.0
理論傳輸 距離限制	100m	200m	10km	550m	1km
一般傳輸 距離限制	<10m	<20m	>1km	<100m	<500m

四、技術規範建議

目前「建築物屋內外電信設備工程技術規範」主要參考 ANSI/TIA 規範，由介紹 ANSI/TIA/EIA 規範，再提出適用我國相關建議，詳見第五章第一節。相關修正意見如下：

- 納入有線電視同軸電纜線（詳見附件二）
- 重新編排：將提供編排完成之電子檔

- 更新 ANSI / TIA / EIA-568 新修訂版本資訊

建築物寬頻建置多以光纖為主要配置，在內政部所公布「建築技術規則」參考 ANSI / TIA / EIA 相關規範，以及引用國家標準（CNS），亦參考「建築物屋內外電信設備工程技術規範」，詳見第五章第二節及附件三。

五、推動高速寬頻建設方向與對策之建議

1. 對於新建築物，建議納入光纖及乙太網路佈線：配接箱應預留光纖轉乙太網路預留空間，屋內外光纖佈建，採單模光纖其規格應符合 ITU-T G.652D、ITU-T G.657 規定或使用 62.5/125 μm 多模光纖、雷射優化 50/125 μm 多模光纖。光纖連接器，其特性須符合 ANSI/TIA/EIA 568-B.3、568-C.3 規定。
2. 對於舊建築，除現有 VDSL2 由 17a 升級 30a 規格，亦可考慮同軸纜線數據與 ITU G.hn 技術規格。
3. 光纖入戶應包括使用同軸混合網路（FTTC）、建築物（FTTB）、鄰近用戶機箱節點（FTTN, node）皆屬光纖入戶，唯安裝環境需因地制宜，包括新舊建築物與道路管溝佈置，選擇適用接取方式。
4. 對於各種寬頻網路接取方式，要達到 100Mbps 以上傳輸速率，仍以有線傳輸為主，其中又以光纖最佳、同軸纜線次之、銅質雙絞線與電力線較差。

參考文獻

- [1] 行政院，《數位匯流發展方案》，2010
- [2] 財團法人台灣智庫，《國家寬頻政策評析》，2013
- [3] 資策會，《新加坡全國性光纖網路佈建案推動現況 性光纖網路佈建案推動現況》，2010
- [4] Ofcom，UK fixed-line broadband performance, May 2012
- [5] ITU，URL: <http://www.itu.int>
- [6] 中國國家標準，GB50847《住宅區和住宅建築內光纖到戶通信設施工程設計規範》2012
- [7] 通傳會《世界各國寬頻政策研析暨對我國寬頻政策規劃之建議委託研究》2011
- [8] 內政部營建署《寬頻政策技術趨勢研究及加速光纖寬頻環境發展》2007
- [9] 蔡志宏《芬蘭的國家寬頻政策》2011
- [10] 資策會，《美國 FCC 推動「國家寬頻計畫」「國家寬頻計畫」》
- [11] 吳伯軒《LTE 用戶創新高衝擊固網光纖成長 日本寬頻服務市場的瑜亮之爭》DIGITIMES,2013
- [12] 財團法人電信技術中心《我國寬頻上網速率評量試驗計畫》2012
- [13] 財團法人電信技術中心《固網寬頻上網速率量測》2013
- [14] FCC《Measuring Broadband America》2012
- [15] FTTH Council Europe《FTTH Handbook》2014
- [16] Broadband Forum《Technical Reports》2014
- [17] ITU-T Recommendation《Very high speed digital subscriber line transceivers 2》2011

中英文對照

英文縮寫	英文全名	中文
3G	3rd-Generation	第三代行動通訊技術
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代行動通訊標準組織
4G	Fourth Generation	第四代行動通訊技術
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Loop	非對稱數位用戶回路
ARCEP	Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes	法國監理機關
BPL	Broadband-over-Power-Line	電線寬頻上網
CableLabs	Cable Television Laboratories	有線電視實驗室
CATV	Cable Television	有線電視系統
CDMA	Code Division Multiple Access	分碼多工存取
CEPCA	Consumer Electronics Power line Communication Alliance	電力線聯盟
CM	Centralized Mode	集中模式
DAP	Domain Access Point	區域接取點
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specifications	纜線數據標準
DSL	Digital Subscriber Line	數位用戶迴路
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	數位用戶線接入多工設備

英文縮寫	英文全名	中文
DVB-C	Digital Video Broadcasting - Cable	有線數位電視標準
EPoC	Ethernet Passive network Over Coax	同軸網路技術
EPON	Ethernet Passive Optical Network	乙太被動光纖網路
EoC	Ethernet over Coax	同軸纜線區域網路
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	歐洲電信標準機構
EV-DO	Evolution-Data Optimized	
FCC	Federal Communications Commission	美國聯邦通訊委員會
FEC	Forward error correctio	前向錯誤更正
FTTB	Fiber To the Building	光纖到大樓
FTTH	Fiber To The Home	光纖到府
FTTx	Fiber To The x	各種光纖通訊網路的總稱
FTTn	Ffiber to the node	光纖到節點
FTTdp	Fiber-to-the-Distribution Point	光纖到分配點
GPON	Gigabit-Capable PON	
GEAPON	Gigabit- capable / Ethernet Passive Optical Network	
G.Fast	fast access to subscriber terminals	
HFC	Hybrid fibre-coaxial	光纖同軸混合電纜
HomePNA		電話線網路標準
HomePlug		電力線網路標準

英文縮寫	英文全名	中文
HPA	Home Plug Power line Alliance	電力線網路聯盟
HSPA	High Speed Packet Access	高速分組接取
INP	Impulse Noise Protection	突波保護
ISM	Industrial Scientific Medical bands	科學、醫療和工業 免執照頻譜
ITU	International Telecommunications Union	國際電信聯合會
IPTV	Internet Protocol Television	網路電視
LTE	Long Term Evolution	長期演進技術
TD-LTE	Time-Division Duplexing	分時雙工的 LTE
FDD-LTE	Frequency-Division Duplexing	分頻雙工的 LTE
MAC	Medium Access Control	媒體存取控制層
MIMO	Multi-input Multi-output	多天線輸入多輸出
MoCA	Multimedia over Coax Alliance	纜線區域網路標準
NTSC	National Television System Committee	美國國家電視系統 委員會：彩色電視 廣播標準
OFDM	Orthogonal frequency-division multiplexing	正交分頻接取
PHY		實體層
PLC	Power Line Communication	電力線網路
PM	Peer to Peer Mode	點對點模式
QAM	Quadrature_amplitude_modulation	正交振幅調變
QoS	Quality of Service	通訊品質的管控

英文縮寫	英文全名	中文
SCTE	The Society of Cable Telecommunications Engineer	美國有線電視通信工程師學會
SGX	Singapore Telecommunications Limited	新加坡電信
TDMA	Time Division Multiple Access	分時多工接取
UM	Unified Mode	統一模式
UPA	Universal Power line Association	通用電力線聯盟
UTP	Unshielded Twisted-Pair cables	非遮蔽雙絞線
VOD	video on demand	隨選視訊
VoIP	Voice over IP	網路電話
WECA	Wireless Ethernet Compatibility Alliance	無線乙太網路相容性聯盟
WLAN	Wireless LAN	無線網路

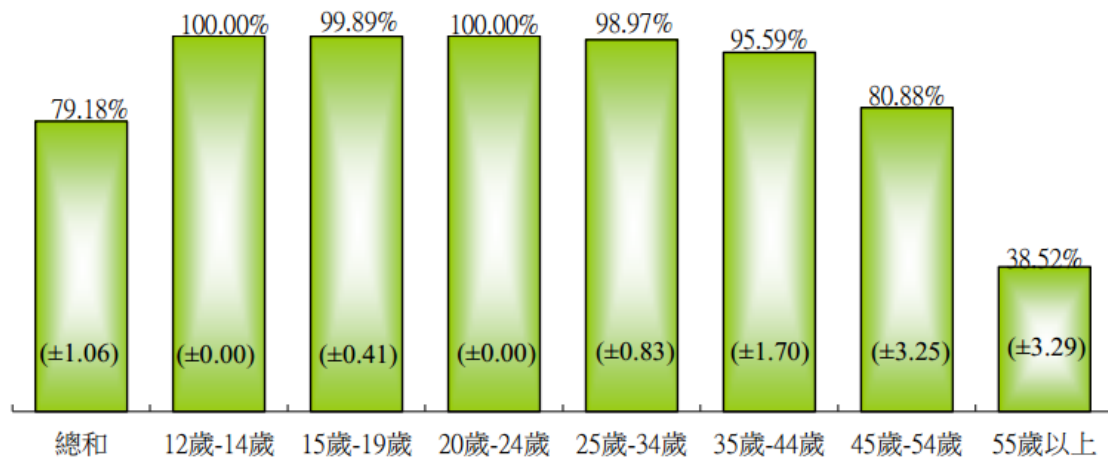
附件一、性別統計分析

一、受益對象

依據財團法人台灣網路資訊中心 2013 年調查顯示，個人曾經上網率全國地區 12 歲以上民眾曾經使用網路的比例依性別來看，男性為 79.07%（821 萬人），女性為 79.29%（824 萬人）。統計資料顯示性別比例差距小，顯示網路建設所受益之使用者，並無以特定性別、性傾向或性別認同者為受益對象，亦無涉及一般社會認知既存的性別偏見。。

二、不同年齡性別、性傾向或性別認同者之需求

全國地區 12 歲以上民眾曾經使用網路比例依年齡別來看，以「12 歲~14 歲」、「15 歲~19 歲」、「20 歲~24 歲」、「25 歲~34 歲」及「35 歲~44 歲」最高，皆在 95.59% 以上；其次為「45 歲~54 歲」，為 80.88%（302 萬人）；而「55 歲以上」之上網比例最低，為 38.52%（213 萬人），統計結果如下圖所示。近半年使用網路的比例依性別，男性為 76.87%（799 萬人），女性為 76.30%（793 萬人）。統計資料顯示在 12-54 年齡比例差距小，但 55 歲以上年齡差異性大，其近期使用者性別差異小。



曾經使用網路年齡比例統計

附件二、同軸電纜規範要求

18.6 同軸電纜測試要求：

起造人申請審驗前，由承攬人依本工程技術規範進行測試後，檢附完成審圖申請表、檢測紀錄表及詳細測試資料一併送審驗機構申請審驗；茲依各類線纜設計之測試項目及標準說明如后。

18.6.1 配線現場測試項目依據不同等級電纜，各項參數定義及合格標準如下表：

Ferquency (MHz)	RG6 Loss(dB)@100m	RG59 Loss(dB) @100m
100	6.9	11.1
200	10.2	16.1
400	15	23
1000	24	40

18.6.1 連接器與分配器容許損失 0.75dB@400MHz，分配器損失計算需扣除功率分配損失後計算。

附件三、建築物寬頻建置與維護規範草案

三、總則

建築物寬頻建置與維護施工及品質檢查的技術要求，建築內光纖到戶通訊設施工程的施工及驗收，除應符合本規範外，尚應符合國家現行有關標準的規定。

四、一般規定

1. 應包含施工計畫、施工系統架構圖、工作相關各項設備之接線圖、安裝圖、平面佈置圖、管線配置圖、設備基礎等。
2. 工程施工前應進行器材檢驗，並應記錄器材檢驗的結果。
3. 所用器材的規格、數量、性能應符合設計要求。
4. 設備和電信機箱、機櫃、機房的位置、面積、高度、承重等應符合設計要求。
5. 設備和電信機箱、機櫃、機房的設備安裝環境，應符合下列要求：
 - 地面應平整、光滑，門的高度和寬度應符合設計要求。
 - 通風、防火及環境溫度、濕度等應符合設計要求，並應採取防塵措施。
 - 設備間和電信間應按設計要求採取防水措施。
 - 不得存放雜物及易燃、易爆等危險品。
6. 設備和電信機箱、機櫃、機房引入管道的空置管孔、穿牆及樓板孔洞，並提供可靠的接地裝置，其設置位置和接地電阻值應符合設計要求。

五、建置規定

1. 管道應符合下列要求：
 - 管道容量和鋪設方式應符合設計要求。

- 管道出入口部位應採取封堵措施。
 - 下通信管道的埋深與間距應符合設計要求。
 - 管道通過住宅區綠化帶、景觀、車行道等特殊地段時，應按設計要求進行處理。
2. 屋內外光纖佈建：屋內外採單模光纖其規格應符合 ITU-T G.652D、ITU-T G.657 規定，或使用 62.5/125 μm 多模光纖、雷射優化 50/125 μm 多模光纖。屋內光纜應具不延燒性。屋外光纜應具防水及耐候性，適用於社區型建築物間屋外配線。光纖連接器，其特性須符合 ANSI/TIA/EIA 568-B.3、568-C.3 規定。
3. 施工方法與安裝作業：參考建築物屋內外電信設備工程技術規範規定，光纖，彎曲半徑不得少於 25mm，佈放施工時不可小於光纜外徑的 15 倍，施工完畢後，於使用時或在無拉力狀態時，則須保持不可小於光纜外徑的 10 倍，光纜應預留兩端餘長約 1~2m，作為未來接續使用；並應於兩端加裝編號標誌，以利日後施工及維護辨識。

四、施工安裝方式

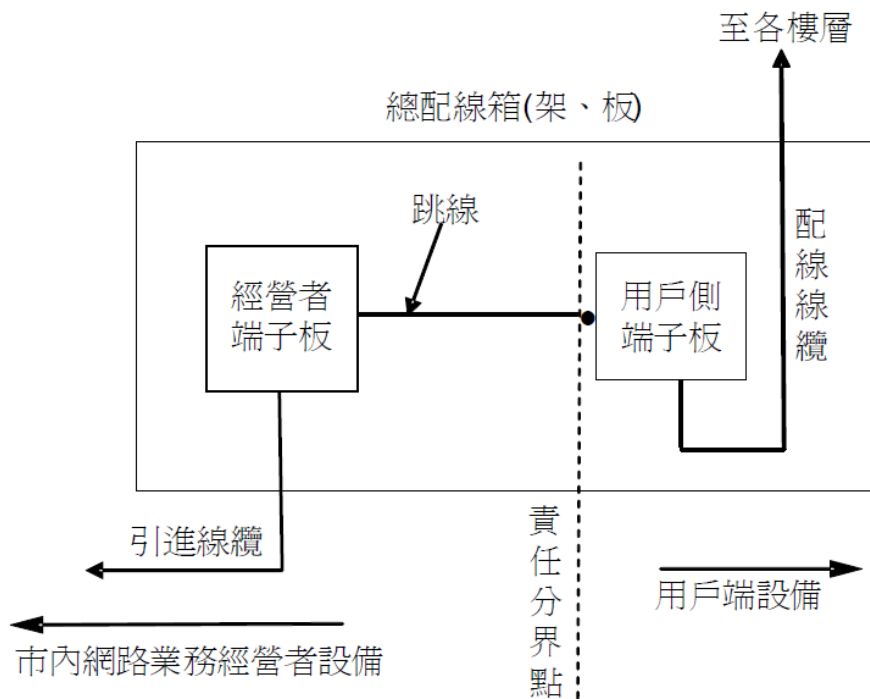
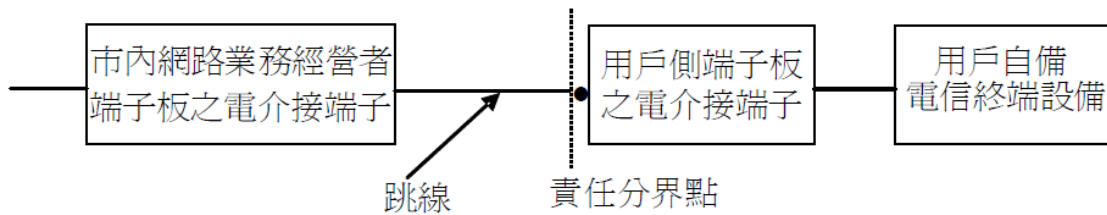
1. 光纖交接箱、配線設備和家居配線箱的規格、容量應符合設計要求。
2. 光纖交接箱與配線設備安裝完畢後應符合以下要求：
 - 平整端正，緊固件應齊全，安裝應牢固。
 - 機櫃(箱)門鎖的正常開啟關閉。
 - 應按抗震設計進行固定。
3. 各類配線部件應完整並安裝就位，標誌應齊全、清晰、耐久可靠，安裝螺絲應鎖緊，面板應保持在同一平面。
4. 機櫃、光纖交接箱、配線設備應就近良好接地，並應保持良好的電氣連通性。
5. 機櫃的安裝應符合下列規定
 - 有架空活動地板時，架空地板不應承受機櫃重量，應按設備機櫃的底平面尺寸製作底座，底座應直接與地面固定，機櫃應固定在底座上，底座水平誤差每米不應大於 2mm
 - 機櫃垂直偏差不應大於 3mm。

- 機櫃的主要維護操作側的淨空不應小於 800mm 。
- 電源線與信號線在機櫃(箱)內應分側布放，不得布放在同一線束內。
- 安裝完成後，應按設計要求設置標識。

六、維護規定

1. 纜配線接續作業應注意光纖切割面使切面平滑及垂直，切斷之裸光纖應妥善處理，嚴禁使用去漬油、柴油等有機溶劑擦拭裸光纖。光纖接續應檢查各項安全措施是否設置完整，依現場環境選擇適當之光纖接續點固定位置及預先設定最佳餘長收容方式，並視需要裝設光纜餘長收容架，預留接續長度 1~2m，若為套管型光纖，須於分簇心後依各色紗顏色以相同顏色之軟管，按心線識別的方法排列，做好防水設備，避免有濕氣或水氣進入。
2. 光纖接續後之處理如下：
 - 接好之光纖盤繞於收容盒，將接續點置於槽梳內。
 - 依序將接好之光纖及接續點固定於收容盒。
 - 收容盒蓋上後，不可壓到光纖。
 - 依施工製造圖方式裝設收容盒。
3. 特性檢驗：
 - 用戶接入點至家居配線箱之間的光纖鏈路應全部檢測，衰減指標值應符合設計要求。
 - 戶內對絞電纜佈線系統宜對接線圖、衰減、近端串音進行測試，測試方法和性能，其標準值參考建築物屋內外電信設備工程技術規範」之相關測試方法及標準規定辦理，進行光纜配線鏈結損失測試，線路 600 m 以上須做鏈結長度測試。

4. 責任分界點：參考建築物屋內外電信設備工程技術規範」如下圖所示。



七、其他規定

1. 所用器材的規格設計要求：應依國家標準（CNS）規格及相關國際規範（ITU、IOS），並以以施工計畫、施工系統架構圖、工作相關各項設備之接線圖、安裝圖、平面佈置圖、管線配置圖、設備基礎所規劃之器材數量，特性要求以「建築物屋內外電信設備工程技術規範」規定辦理。
2. 設備和電信機箱、機櫃、機房設計要求：應依建築法、建築師法及技師法等相關法令之規定辦理；其中涉及建築物安全、結構安全及消防安全等事項，應依建築法、消防法及其他相關法令規定辦理。屋外電信管線設施之設置，應依建築法令及道路主管機關之規定辦理。

3. 設備和電信機箱、機櫃、機房安裝環境設計要求：應符合 ISO-27001 資訊安全管理系統(Information Security Management System; ISMS) 之規範要求。可靠度規範 Uptime Institute & TIA-942
4. 接地設計要求：建築物接地電阻值特性要求以「建築物屋內外電信設備工程技術規範」規定辦理。
5. 管道設計要求：線纜截面積可佔管內及面積之 50%，如果佈放 3 條以上線纜則需降為 40%。

附件四、建築物屋內外電信設備工程技術之內容及修正對照表

原條文	建議條文	說明																																																																																																																							
<p>3.4.2 建築物如需連接有線廣播電視、無線廣播電視、衛星廣播電視之節目訊號源，<u>另依實際需求額外預留接收訊號所須機線設備之空間及管線。</u></p>	<p>3.4.2 建築物有連接有線廣播電視、無線廣播電視、衛星廣播電視之節目訊號源，應預留接收訊號所須機線設備之空間及管線。</p>	<p>將同軸纜線納入必要連接線路</p>																																																																																																																							
<p>表 18-10 TIA/EIA 不同等級電纜配線系統</p> <table border="1" data-bbox="236 931 730 1200"> <thead> <tr> <th rowspan="2">頻率 (MHz)</th> <th colspan="3">NEXT_{channel} (dB)</th> <th colspan="3">NEXT_{floor} (dB)</th> </tr> <tr> <th>Cat 3</th> <th>Cat 5e</th> <th>Cat 6</th> <th>Cat 3</th> <th>Cat 5e</th> <th>Cat 6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>39.1</td><td>>60</td><td>65.0</td><td>40.1</td><td>>60</td><td>65.0</td></tr> <tr><td>4</td><td>29.3</td><td>53.5</td><td>63.0</td><td>30.7</td><td>54.8</td><td>64.1</td></tr> <tr><td>8</td><td>24.3</td><td>48.6</td><td>58.2</td><td>25.9</td><td>50.0</td><td>59.4</td></tr> <tr><td>10</td><td>22.7</td><td>47.0</td><td>56.6</td><td>24.3</td><td>48.5</td><td>57.8</td></tr> <tr><td>16</td><td>19.3</td><td>43.6</td><td>53.2</td><td>21.0</td><td>45.2</td><td>54.6</td></tr> <tr><td>20</td><td>-</td><td>42.0</td><td>51.6</td><td>-</td><td>43.7</td><td>53.1</td></tr> <tr><td>25</td><td>-</td><td>40.3</td><td>50.0</td><td>-</td><td>42.1</td><td>51.5</td></tr> <tr><td>31.25</td><td>-</td><td>38.7</td><td>48.4</td><td>-</td><td>40.5</td><td>50.0</td></tr> <tr><td>62.5</td><td>-</td><td>33.6</td><td>43.4</td><td>-</td><td>35.7</td><td>45.1</td></tr> <tr><td>100</td><td>-</td><td>30.1</td><td>39.9</td><td>-</td><td>32.3</td><td>41.8</td></tr> <tr><td>200</td><td>-</td><td>-</td><td>34.8</td><td>-</td><td>-</td><td>36.9</td></tr> <tr><td>250</td><td>-</td><td>-</td><td>33.1</td><td>-</td><td>-</td><td>35.3</td></tr> </tbody> </table>	頻率 (MHz)	NEXT _{channel} (dB)			NEXT _{floor} (dB)			Cat 3	Cat 5e	Cat 6	Cat 3	Cat 5e	Cat 6	1	39.1	>60	65.0	40.1	>60	65.0	4	29.3	53.5	63.0	30.7	54.8	64.1	8	24.3	48.6	58.2	25.9	50.0	59.4	10	22.7	47.0	56.6	24.3	48.5	57.8	16	19.3	43.6	53.2	21.0	45.2	54.6	20	-	42.0	51.6	-	43.7	53.1	25	-	40.3	50.0	-	42.1	51.5	31.25	-	38.7	48.4	-	40.5	50.0	62.5	-	33.6	43.4	-	35.7	45.1	100	-	30.1	39.9	-	32.3	41.8	200	-	-	34.8	-	-	36.9	250	-	-	33.1	-	-	35.3	<p>表 18-10 TIA/EIA 不同等級電纜配線系統</p> <table border="1" data-bbox="769 931 1134 1223"> <thead> <tr> <th>Frequency (MHz)</th> <th>Cat 5e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.0</td><td>65.0</td></tr> <tr><td>4.0</td><td>64.4</td></tr> <tr><td>8.0</td><td>58.6</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>56.7</td></tr> <tr><td>16.0</td><td>52.7</td></tr> <tr><td>20.0</td><td>50.9</td></tr> <tr><td>25.0</td><td>49.0</td></tr> <tr><td>31.25</td><td>47.2</td></tr> <tr><td>62.5</td><td>41.5</td></tr> <tr><td>100.0</td><td>37.8</td></tr> </tbody> </table>	Frequency (MHz)	Cat 5e	1.0	65.0	4.0	64.4	8.0	58.6	10.0	56.7	16.0	52.7	20.0	50.9	25.0	49.0	31.25	47.2	62.5	41.5	100.0	37.8	<p>TIA / EIA-568-B.2 已被 TIA / EIA -568-C.2 取代，Cat.5e 的損失表更新為下表所示。原規範 18.5 網路線測試，應隨之修訂。</p>
頻率 (MHz)		NEXT _{channel} (dB)			NEXT _{floor} (dB)																																																																																																																				
	Cat 3	Cat 5e	Cat 6	Cat 3	Cat 5e	Cat 6																																																																																																																			
1	39.1	>60	65.0	40.1	>60	65.0																																																																																																																			
4	29.3	53.5	63.0	30.7	54.8	64.1																																																																																																																			
8	24.3	48.6	58.2	25.9	50.0	59.4																																																																																																																			
10	22.7	47.0	56.6	24.3	48.5	57.8																																																																																																																			
16	19.3	43.6	53.2	21.0	45.2	54.6																																																																																																																			
20	-	42.0	51.6	-	43.7	53.1																																																																																																																			
25	-	40.3	50.0	-	42.1	51.5																																																																																																																			
31.25	-	38.7	48.4	-	40.5	50.0																																																																																																																			
62.5	-	33.6	43.4	-	35.7	45.1																																																																																																																			
100	-	30.1	39.9	-	32.3	41.8																																																																																																																			
200	-	-	34.8	-	-	36.9																																																																																																																			
250	-	-	33.1	-	-	35.3																																																																																																																			
Frequency (MHz)	Cat 5e																																																																																																																								
1.0	65.0																																																																																																																								
4.0	64.4																																																																																																																								
8.0	58.6																																																																																																																								
10.0	56.7																																																																																																																								
16.0	52.7																																																																																																																								
20.0	50.9																																																																																																																								
25.0	49.0																																																																																																																								
31.25	47.2																																																																																																																								
62.5	41.5																																																																																																																								
100.0	37.8																																																																																																																								