

家庭高速電力線網路傳輸干擾之研究

楊舜凱

李榮瑞

王井煦

中華電信研究所 寬頻網路研究室

conan@cht.com.tw leerr@cht.com.tw lsw@cht.com.tw

摘要

電力線通訊技術是以家裡現有電力線作為傳輸媒介，利用家庭內極為普遍的電源插座作為家庭網路之接口，使用者無需重新架設網路，具安裝容易、隨插即用、美觀大方等優點。雖然家庭電力線網路有傳統區域網路無法取代的方便性優勢，然而使用電力線傳輸寬頻服務(BPL)必須考量傳輸干擾的問題，包括線路衰減、負載種類、雜訊特性等。本篇論文將研究分析電力線特性及電力線 BPL 技術，並依家庭電器設備特性及其運作原理而將家電型態分類，並進行家庭電力環境(包括電力線長度、電表及延長線)及不同型態家電對電力線傳送寬頻服務速率之影響實際評估。研究結果顯示電力線設備會受到這些干擾因子有不同程度之影響，尤其在高功率消耗的馬達型家電與低功率消耗搭配交換式電源供應器型所產生的干擾雜訊影響最大。

關鍵詞：電力線通訊、寬頻電力線通訊、傳輸干擾。

Abstract

The power line communication technology uses the existing power line as the transmission medium. The power sockets are usually throughout each room at home and can act as the connect entry of home networking. Using power line to transmit broadband services, user doesn't need to rebuild the new wire. It has a variety of merits like easy installation, plug and play, beauty nature, etc. Although the home power line network has superior characteristics, the transmitting interference issue associated with the power line communication shall be investigated before widely deployment power line technology. In this work, we first present the power line characteristics and technology standardization status. Then we classify the different types of interference related to various home appliances. After that, we propose some test items used to verify the power line performance. Finally, we show and analyze some test results about HomePlug technology. The research results

reveal that the transmission performance of power line equipment is interfered by the common electrical appliances at home. Different interference sources led to dissimilar degree of performance degradation. Especially, the motor with high power consumption and switching power supply with low power consumption are the worst interference sources for power line communication.

Keywords: Power Line Communication(PLC)、Broadband over Power Line(BPL)、Transmission Interference.

1. 前言

隨著客戶對高速上網、IPTV、VoIP 等 Triple-Play 應用服務之需求增加，網路業者也積極建置超高速寬頻網路來滿足客戶服務之需求；如同剛營運的台灣高鐵，也是為了提供更快速、更高運輸量服務。寬頻網路的建置從骨幹、都會接取、家庭網路上每一線路都必須維持所需的高頻寬與服務品質，才能讓使用者享受端對端(End-to-End)之寬頻應用服務，目前光纖到家(FTTH)技術已經將光纖接到家庭入口，解決以往接取網路頻寬不足之問題，並使得用戶端家庭網路之傳送速率與品質決定用戶是否可享受端對端寬頻服務之關鍵。

目前家庭網路技術，主要包括無線區域網路技術(WLAN)、家庭電力線通訊技術(PowerLine)、家庭電話線網路技術(HomePNA)、同軸電纜網路技術(MoCA)及乙太網路(Ethernet)等，每一網路技術有其適合應用之環境及相關限制。其中電力線通訊的技術是以家裡現有電力線作為傳輸媒介，利用家家戶戶每個房間幾乎都有的電源插座作為家庭網路的接口，使用者無需重新架設網路，直接採用已經存在家中的電力線作為網路，具安裝容易、隨插即用、美觀大方等優點。但家庭電力線通訊也有其使用時須考量之因素，包括：由於網路為開放式共享環境，容易受到外界干擾，缺少傳輸穩定性與效能；此外設備 QoS 服務品質、安全性機制是否成熟，相關技術問題均需待解決與實際驗證。研究顯示電力線設備會受到家庭內一般家電用品的干擾[1]，而不同

的干擾源使得傳輸速率受到不同程度的影響，且電力線設備已可提供 Triple-Play 服務所需品質之基本功能。

因家庭電力線網路與家電用品產生之干擾雜訊頻帶重疊，本篇論文將繼續探討家庭電力線網路技術提供寬頻服務時之供裝考量，研究重點為評估電力線設備在不同干擾源下之傳輸速率影響分析。本篇論文其他章節內容說明如下：第 2 章介紹電力線網路架構與技術，包含標準組織及技術現況；第 3 章研究分析家庭環境衰減因子與家電干擾因子之特性，並研判其對電力線傳輸性能之影響及探討運作時需面臨的問題。第 4 章提出干擾對電力線傳輸之實際設備評估結果，並進行分析；最後於第 5 章做一結語。

2. 技術現況

電力線提供寬頻服務(Broadband over Powerline, BPL)，可區分為屋內及屋外兩種應用技術，在屋外稱為接取寬頻電力線通訊(Access BPL)，Access BPL 意欲成為最後一哩的解決方案之一，主要利用戶外中壓及低壓電力線路來傳送資訊，可達到傳送數據、語音、視訊與電力之四網合一趨勢。在屋內稱為家庭電力線通訊(In-house Power Line Communication, PLC)，利用家庭內部現成電力線路來進行低速與高速資料傳輸。目前最普遍的應用為家電控制，利用低速資料交換作為家電自動控制與管理，標準有 X.10、LonWorks 及 Echonet 等，使用頻帶為 10K~500KHz，速率小於 10Kbps。目前全球電力線標準組織，積極制定可傳送 Triple-Play 的高速電力線應用，最新標準規範有 Homeplug AV 及 OPERA 等，使用頻帶 2M~30MHz，速率最高可達 200Mbps。本論文將探討家庭網路高速電力線之相關技術與服務應用之提供。

2.1 家庭電力線網路

藉由家庭電力線，過去產業界大多著重與日常生活息息相關的家電產品（包含冷氣、冰箱、洗衣機等），進行設備連結與控制，未來將朝家中的資訊或通訊產品（包括電腦、數位電視、行動電話、DVD 播放機等）整合，營造智慧生活的關鍵。因為在整體數位家庭網路中，若將電腦、家電、消費性電子等產品或設備，彼此連接、相互通訊，使得未來電力線也將是數位家庭網路之重要傳輸媒體之一。

圖 1 為國內一般大樓內部典型之電力分佈圖，電力公司引低壓電力至大樓配電箱，然後

接至各用戶家電表，電表的位置可能統一安置於電信室或分配在每一樓層用戶門口。國內電力配置均使用單相三線制(1 ϕ 3W)，電壓包括有 AC 110V、220V 兩種，AC 110V 的 R-N、S-N 屬不同相位迴路，例如：廚房與客廳使用同一迴路，而另一迴路供書房與臥房使用，迴路終端將連接至每個房間的電源插座，以供家電用品使用。此家庭電力線分佈網路也就是高速電力線設備傳輸網路。

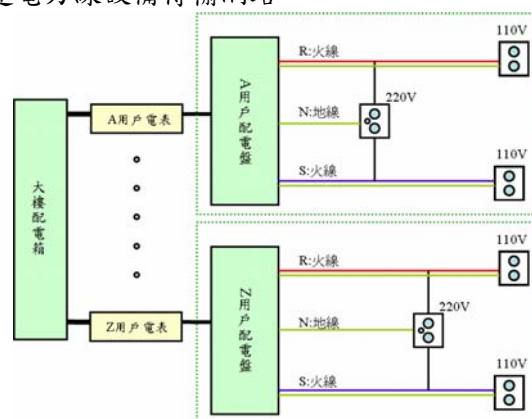


圖 1、家庭電力線分佈示意圖

家庭內電力線路為現成的，具普及率高、不必重新佈線、不破壞既有裝潢、覆蓋範圍最廣等特性[2]。目前標準制定內容已兼顧各種服務應用之 QoS 需求，並加強防範電力線之干擾雜訊問題，最高速率可達 200Mbps，因此以目前技術發展而言，電力線載波技術已可媲美 ADSL 技術。未來對電力公司或電信公司而言，多元的用戶服務傳送技術勢必是未來趨勢，除了穩定用戶之外，依用戶環境選擇最適當之網路技術來迅速提供用戶服務，可開拓與取得市場先機。

以電力線做為資訊傳輸媒體具有先天的便利性，但也面臨多項挑戰，第一是複雜配線系統，沒有適當的阻抗匹配設計容易造成多通路反射問題；第二是複雜電力線特性，不同的線徑混合和高頻訊號衰減，各種不可預測之電力負載變化與雜訊干擾源；第三是資料安全問題，以致資料容易外洩或遭受駭客攻擊；第四是設備相容性議題，不同標準組織正訂定其標準規範，此讓設備互通性變成困難的問題；最後是各個國家對於電力線通訊開放有不同的解讀，導致電信與電業法規受限，這些挑戰唯有逐一克服才能真正在家庭網路市場占有一席之地。

2.2 標準組織現況

目前全球電力線通訊標準組織區分有美洲

的 HomePlug Powerline Alliance (HPA)、歐洲的 Universal Powerline Association (UPA) 和 Open PLC European Research Alliance (OPERA)、日本的 Consumer Electronics Power-line Communication Alliance (CEPCA) 及 IEEE 電力線標準工作小組：P1901, P1775, P1675。HPA 組織採用 Intellon 公司提出的技術，目前制定完成的家庭電力線通訊標準有 HomePlug 1.0 版(2001 年 6 月)、HomePlug Turbo 版(2005 年)、HomePlug AV 版(2005 年 12 月)，而制定中的標準有屋外寬頻電力線的 HomePlug BPL 及電力線控制管理的 HomePlug Command & Control。UPA 與 OPERA 為歐洲聯合組織，UPA 採納 OPERA 的技術提案，並向 ETSI 提交提案，目前代表晶片廠商為西班牙 DS2。以 Panasonic 為首的消費性電子公司推動日本之 CEPCA 規範，主要是著眼於家庭網路，發展制定 PLC 共存標準[3]。

IEEE P1901 工作組於 2005 年 6 月成立，重要成員包括 HPA、UPA 和 CEPCA 等，負責制定電力線寬頻接取之 MAC/PHY 部分標準，目前 HomePlug AV 被 P1901 選為基本技術。IEEE P1775 工作組主要負責電磁相容 EMC 部分標準的制定。IEEE P1675 工作組則負責硬體和安裝部分的標準制定工作，未來在 IEEE 國際標準制定完成後，全球廠商才能夠有標準依循，以解決相容性問題發生。

2.3 標準技術發展

由於電力線網路為開放式共享環境，缺少安全性與穩定性，因此為了讓電力線能夠進行更可靠地傳輸，標準技術須考慮到電路速率、設備干擾、資料安全性、通訊協定、QoS 機制與相容性等議題。

(a). 傳輸速率：

應用於傳送數位家庭服務的家庭網路設備，如果電力線設備的傳輸速率太低將無法達到服務需求，容易被其它技術所淘汰。HPA 首先推出 HomePlug 1.0 標準解決方案，傳輸速率只有 14Mbps (PHY Rate)，頻寬不足於傳送 Triply-Play 服務，為了進一步增強設備頻寬，HPA 推出 HomePlug Turbo 的 85Mbps、HomePlug AV 的 200Mbps 解決方案；歐洲 UPA 也直接提出 200Mbps，日本 CEPCA 跟進制定 190Mbps 傳輸速率標準，現行電力線標準技術大幅提升支援高頻寬需求應用服務的能力。

(b). 因應環境干擾技術：

多種家電用品或電子設備同時介接在同一

電力配線系統中，訊號穩定性與介接設備的干擾問題也是重要議題。相較乙太網路封閉且單純的傳輸環境，電力線傳輸會受到高衰減、高雜訊之影響，如何克服這些問題將是電力線通訊未來能否普及化的關鍵。HomePlug 系列標準利用 OFDM 傳輸機制，動態調整傳輸頻帶，HomePlug 1.0 分配 84 OFDM 於頻帶 4.3MHz 至 20.9MHz 間來傳送資料，每個載波可利用 DQPSK、DBPSK 或 ROBO(ROBust OFDM)調變，以及使用 Convolution 與 Reed-Soloman 編碼技術，在傳輸特性變重劇烈的電力線系統中，有效配置及操作可用的傳輸頻寬[3]。HomePlug Turbo 基本上與 HomePlug 1.0 技術相同，只進行傳輸層的補強，HomePlug Turbo 在每一載波上增加 256 QAM 調變以傳輸資料，編碼技術加強成 Turbo Convolution，有效提昇傳輸速率與雜訊干擾問題。最新標準 HomePlug AV 分配 917 OFDM 在頻帶 2MHz 至 28MHz 上，每個載波提昇 1024 QAM 調變來傳輸資料，進一步提昇傳輸速率[5]。UPA 標準目前以 1536 OFDM 技術於頻帶 1MHz 至 34MHz 傳送資料，頻譜延伸更寬，分配載波更多，可加強動態頻率配置機制，提昇傳輸可靠度，每個載波利用 ADPSK 調變，以及使用 4D-TCM 與 Reed-Soloman 編碼技術[6]。電力線傳輸層佔用的使用頻帶，可能會影響其它接近使用頻段的系統，例如 AM 或業餘無線電，各標準傳輸層利用降低無線電波頻段功率密度(Notches 功能)，以減少從電力線輻射出去的能量，降低干擾問題。

(c). 安全性：

如同無線區域網路，電力線網路也會發生資料外洩及駭客入侵的危險性，因此資料安全的議題值得重視。以目前安全性的考量上，電力線標準提供兩種不同等級的安全保護功能，分別是邏輯網路(Logical Network)與認證加密功能。不同邏輯網路的使用者將無法互通，但卻無法保證相同邏輯網路的使用者竊取重要資料，因此必須使用認證加密機制確保使用者資料的私密性，HomePlug 1.0 與 Turbo 支援 56 位元 DES 加密，UPA 標準支援 3DES 加密，而 HomePlug AV 可支援 128 位元 AES 加密功能，以提供電力線設備更強的安全保護。

(d). 設備傳送機制：

電力線屬於共用傳輸媒介(Shared Medium)特性，須訂定讓多台設備輪流傳送資訊之機制。HomePlug 標準是利用 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision

Avoidance, 或稱載波感測多重存取碰撞避免協定)作為 MAC 層訊務傳送偵測的機制。CSMA/CA 也是 WLAN 網路媒體存取的方式, 與 CSMA/CD 協定相似, 由於 HomePlug 與 WLAN 訊號一樣對碰撞偵測不甚容易, 因此採用 CSMA/CA 機制來避免碰撞。其運作方式是以偵測傳輸媒介是否空閒, 若發現媒介空閒則產生一隨機亂數來當作延遲時間, 當再度確認頻帶空閒且延遲時間一到則將訊框送出。目前 HomePlug 設備支援最多 15 連線接線, 當連線數量的增加, 也將提高資料碰撞的機率, 但 CSMA/CA 機制會讓傳送碰撞機率減到最小。

(e).QoS 機制:

目前 HomePlug 1.0 標準針對 CSMA/CA 的傳輸架構下, 訂定不同等級優先權方式來滿足不同服務特性的需求, 分成網路控制(Network Control)、語音(Voice)、影像(Video)、控制性酬載(Controlled Load)、Excellent Effort、Best Effort、Background 等七種等級的訊務類別, 實際支援情況則須根據設備能力而定。HomePlug AV 除了原先之 CSMA/CA 的 QoS 機制外, 也同時提供 TDMA 服務機制, 以確保對傳輸頻寬、延遲時間與延遲變異要求的服務能獲得保證。

(f).相容性:

2.2 節說明電力線技術包括美規、歐規與日規標準, 設備相容性(Compatibility)可分成共存(Co-existence)及互通(Inter-Operability)兩個層次。互通代表兩端不同技術設備資訊可相互通訊; 而共存表示不同技術可存在同一網路上且不會影響對方設備傳輸, 但不同技術設備間無法相互通訊。依據我們設備評估結果, 目前能夠互通的設備只有 HomePlug Turbo 與 HomePlug 1.0, 連線速率以 1.0 的 14Mbps 速率為準; 而其它如 HomePlug AV/Turbo/1.0、UPA 設備目前階段彼此之間只能共存。

3. 技術評估與探討

家庭電力線網路有傳統區域網路無法取代的優勢, 但只有在連線環境與連接設備都穩定的情況下, 整體傳輸品質才能獲得保證。本章分析家庭環境衰減因子與家電干擾因子之特性, 並研判其對電力線傳輸性能之影響及探討運作時需面臨的問題。

3.1 環境衰減研究評估

一般國內家庭的建築結構大致可分成公寓式與透天式。以公寓式來說, 40 坪的空間, 其四邊長度約 60m, 再加上裝潢及格間的長度,

大約接近 100m。中南部較多的透天式建築, 約三~四層樓, 如從一樓的客廳要連至四樓的臥房, 距離可能超過 100m, 此情況因線路衰減過大, 致使電力線訊號太弱而無法通訊。另外由於裝潢施工方便考量, 可能會有過多線路接續點及 T 接的問題, 也會讓整段 End-to-End 衰減量變大, 環境影響電力線傳送是無法避免的事。

如 2.1 節所示, 家庭電力網路有兩個相位迴路, 兩迴路上的電力線設備如要互相通訊, 傳輸過程中一定會經過電表。目前國內電表大宗是機械式電表, 架構如圖 2 所示。機械式電表的原理是左側接電源, 右側接負載, 電流線圈與電源線串聯, 並且具有方向性, 電源側須接至 S 端, 負載側須接到 L 端, 若方向接錯, 電表轉盤將會反轉或出發錯誤訊息。電壓線圈則跨接於電源線, 連接時相位應與電流線圈相對應, 電壓線圈之 P1 點應與電流線圈之 1S 點相對應, 電壓線圈之 P3 點應與 3S 點相對應, 以如此電壓線圈與電流線圈交互感應, 帶動之間的轉盤轉動[7]。因此不同相位的電力線訊號會經由電表內電壓線圈、電流線圈感應而相通, 只不過受到電壓、電流線圈的電磁幅射影響, 造成訊號衰減。以此結構來看, 電力線訊號也能跨出機械式電表的電流線圈而進入鄰近用戶的電力線, 造成訊號外洩的問題。

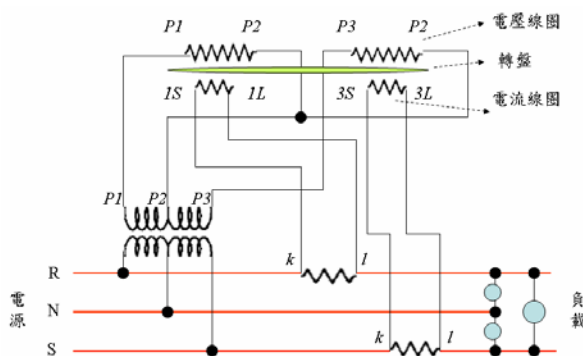


圖 2、機械式電表架構圖

家庭常使用的延長線, 最常出現在書房或客廳, 以連結集中式設備, 如電腦週邊設備及客廳視聽設備, 這兩個地點也是電力線設備介接上電力配線系統最可能接入點; 延長線的特性屬一被動的元件, 相似通訊設備上的 Splitter, 將電力平均分配於多個輸出點, 插位數量愈多衰減愈大, 使得電力線傳輸訊號受到影響。

3.2 家電干擾研究評估

依據運作原理，我們將家電用品分為四類：電熱型、馬達型、電源供應器型及組合型。不同種類的家電會有不同的雜訊特性，因此先行評估各干擾源的本質，才能掌握對電力線設備干擾的影響。本節將針對這四種家電型態做為干擾源，分析探討各干擾源特性及電力線設備傳輸之影響。

(a) 電熱型

廚房最常見之干擾源就是常用之電熱型家電用品，如微波爐、電烤箱、電鍋等，一般都屬高功率消耗家電，功率平均約 1000W。理論上高功率消耗所產生的輻射干擾應該比低功率消耗來得大，原因在於大電壓使得大電流經過電力線，對於電力線訊號將有較大非線性的影響；但由於電熱型家電所產生的雜訊特性穩定，屬於導熱管慢慢加热的設備，啟動與運轉時不易有突波產生，因此評估對電力線設備干擾的影響程度有限。

(b) 馬達型

馬達(Motor)被廣泛運用於各種電器用品間，能將電能轉換成機械能，以驅動機械作旋轉運動。使用直流電的直流馬達是日常生活中常見的馬達之一，家庭使用直流馬達的家電分成高功率消耗與低功率消耗，高功率消耗包括有洗衣機、冰箱、冷氣機等，而冰箱、冷氣機搭配壓縮機，消耗功率將大於 1000W。由於大功率消耗加上馬達啟動電流，造成電力線更大的電壓突波(馬達啟動瞬間產生的啟動電流，約運轉電流的六~八倍)，應將對電力線設備產生嚴重影響。低功率消耗的馬達型家電有電動刮鬍刀、錄音機、時鐘、雷射印表機等，雜訊產生的電壓突破也將會造成電力線傳輸一定程度的影響。

(c) 電源供應器型

使用電源供應器的家電屬於低功率消耗設備，一般約 50W~250W。電源供應型依電源供應方式分成 DC 電源供應器與 Switching 電源供應器。DC 電源供應器家電包括檯燈、日光燈、手機充電器等，而 Switching 電源供應器有鹵素燈、PC 電源等設備。使用內含整流式的 DC 電源供應器，由於是 RLC 元件組成，使得產生的雜訊和主電源頻率(50/60Hz)相同，對於訊號本身就是依主電源頻率來調變傳送，干擾影響有限；而使用交換式電源供應器，為了提高電源供應的效率，採用有回授級的積體電路，將會產生約 50 至 200kHz 頻率的雜訊[8]，評估對

於電力線訊號傳輸干擾產生嚴重 Harmonic 影響。

(d) 組合型

所謂組合型是上述前三種型態家電分別合成，如吹風機為屬於電熱型與馬達型的組合。當吹風機打開時，導熱管與馬達要瞬間運轉定位，電流會大量流經電力線，在時間軸來看，除啟動突波現象，也引發週期性的雜訊，當電力線訊號經過干擾電力線，訊號一定受到影響，設備偵測訊號 SNR 減低而自動將速率降慢；另外一種雜訊為非週期的雜訊，產生方式可將吹風機重覆打開再關閉，每進行一次開關動作，電力線即有一次交換暫態發生，電力線的特性就會因非週期電流、電壓而變化一次，此非週期的雜訊對需作環境調適傳送的電力線設備將造成嚴重考驗。

另外，一般家電除了幅射特定的頻率或時間雜訊，還有產生背景雜訊(Background Noise)，其雜訊特性為越往低頻強度越強，當傳輸較長距離時，干擾影響也越大。第 4 章將實際測試在目前高速電力線設備於不同型態的代表干擾源所引發的雜訊下之傳輸影響。

4. 測試結果與分析

本章將針對環境衰減因子與家電干擾因子來驗證其對家庭電力線網路傳輸性能之影響，並分析測試結果與使用之考量。

4.1 環境衰減因子測試

家庭的電力環境上主要的被動元件有電力線、電表兩種，所造成的衰減量也有許不同，本節我們將針對電力線路及電表的衰減量進行測試，分析評估國內環境的影響與提出建議。

4.1.1 線路衰減

測試的電力線使用國內數量較多的線材(線徑：2.0mm²x3C)，如表 1 所示實線測試結果，發現在長度 100m，其 HomePlug Turbo 及 UPA 的 PHY rate 皆可達到 80Mbps 以上，要傳送 HDTV 的 20Mbps 都沒問題。

表 1 實線長度測試

長度, (m)	HomePlug Turbo Rate, (Mbps)	UPA (DS2) Rate, (Mbps)
0	85	208
10	85	190
20	85	187
100	82.43	177

另外針對傳輸衰減進行測試，圖 3 為測試架構圖，利用 PLC Coaxial Adapter 作 Power 訊號與 Coaxial 的轉換，再使用 Coaxial Attenuator 作程度的衰減。由圖 4 測試結果發現衰減約 90dB 時，無論是 UPA 設備或 HomePlug Turbo 設備皆接近無法傳輸程度，而一般公寓式的 100m 環境，依據表一的 PHY Rate 觀察衰減約略在 45dB，此區域如受到干擾源影響後，傳輸速率將大幅降低，嚴重影響到傳送 Triple-Play 的服務品質。

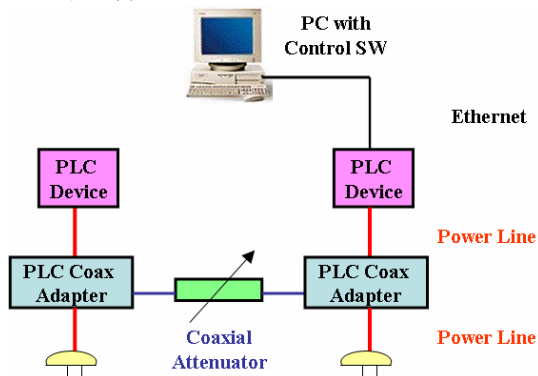


圖 3、電力線路衰減測試架構圖

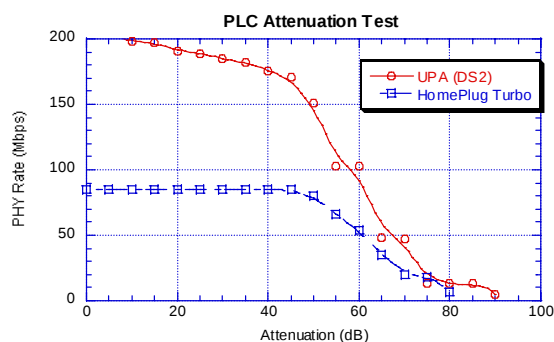


圖 4、電力線路衰減測試結果

4.1.2 設備衰減

電力線設備速率在實際環境進行跨相位測試，發現 HomePlug Turbo 設備當受到線路衰減因素，實體層連線速率 47.75Mbps，且設備於不同電源相位間仍可相通。而在鄰近用戶之跨電表測試，HomePlug Turbo 設備也可以到達約 27Mbps 速率，以服務層角度來看資料可能因此而傳至鄰居家裡，產生資料安全性的疑慮。上述測試數據會因不同實際環境特性而有所改變。另外在延長線上使用電力線傳輸也會受到影響，影響程度依據延伸線長度與插孔數量有關[9]。

4.2 家電干擾測試

本節將說明高速電力線設備面對家電設備干擾之測試結果，評估對象為 HomePlug Turbo 電力線設備且測試架構如圖 5 所示，包括 100 公尺 2.0mm² 線徑電力線(模擬家庭內部距離的衰減)及電力線加入家電干擾源，包括：電烤箱(電熱型)、直流馬達與電動刮鬍刀(馬達型)、抬燈與鹵素燈(電源供應器)及吹風機(組合型)。

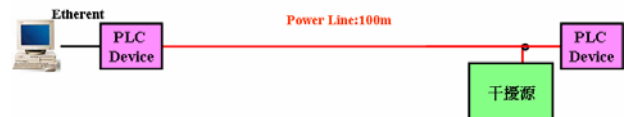


圖 5、電力線傳輸干擾測試架構圖

干擾源類型為測試之變數條件，分別有 8 個不同條件：延長線(S1)、延長線+電烤箱(S2)、延長線+直流馬達機(S3)、延長線+電動刮鬍刀(S4)、延長線+抬燈(S5)、延長線+鹵素燈(S6)、延長線+吹風機(S7)、延長線+吹風機/重覆開關(S8)。干擾測試結果如圖 6，以設備在電力線 100m 距離下的傳輸速率為 82.43Mbps(100%)。干擾源為 S1 時，HomePlug Turbo 設備速率下降 11%，代表延長線的衰減效應起了影響；干擾源為 S2 時，HomePlug Turbo 設備速率下降 15%，表示電流穩定的電烤箱對設備傳輸影響輕微；干擾源為 S3 時，HomePlug Turbo 設備速率大幅下降 34%，表示高功率消耗的馬達對電力線設備傳輸影響嚴重；干擾源為 S4 時，HomePlug Turbo 設備速率下降 21%，表示低功率馬達型的電動刮鬍刀對電力線設備傳輸干擾有一定程度；干擾源為 S5 時，HomePlug Turbo 設備速率維持下降 11%，表示含整流式的 DC 電源供應器對設備傳輸影響微小；干擾源為 S6 時，HomePlug Turbo 設備速率大幅下降 23%，表示含交換式電源供應器對設備傳輸影響很大；干擾源為 S7 及 S8 時，HomePlug Turbo 設備速率分別下降 18%、20%，代表組合型的吹風機對於設備傳輸產生不小的影響，而吹風機在開關關閉後產生的暫態響應也確實會再造成設備傳輸小幅下降。以上測試結果發現家中的電器皆會產生程度不同的影響，尤其當干擾源為高功率的馬達型家電如洗衣機、冷氣機，以及低功率搭配交換式電源供應器型家電如鹵素燈，兩者影響最大。

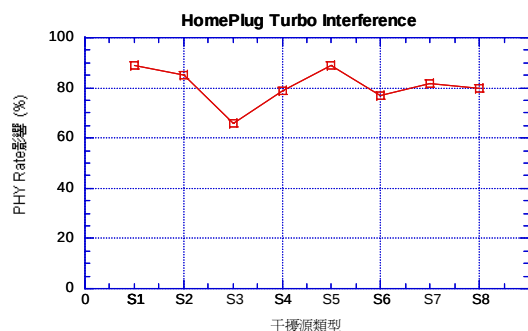


圖 6、HomePlug Turbo 設備干擾影響

5. 結論

電力線通訊有不必重新佈線、不破壞既有裝潢，具安裝容易、隨插即用、美觀大方、覆蓋率高等優點；但電力線傳輸須考量傳輸干擾對連線速率與服務品質之影響。本論文分析家庭電器設備特性及其運作原理，而將家電分成電熱型、馬達型、電源供應器型及組合型等四種型態，並進行不同型態家電對電力線傳送寬頻服務速率之影響評估。根據測試結果發現高功率的馬達型家電(如：洗衣機、冷氣機)及低功率搭配交換式電源供應器型家電(如：鹵素燈)對電力線傳輸之干擾影響最大。

參考文獻

- [1] 楊舜凱、楊文哲、李榮瑞、王井煦，“家庭高速電力線網路提供寬頻服務之研究”，**2006 全國電信研討會論文集**, December 2006.

- [2] 楊文哲、莊博森、李榮瑞、王井煦、鄭石源，“Homeplug 電力線傳輸介紹”，**電機月刊**, 第 182 期, 2 月號, pp. 168-176, 2006.
- [3] “No New Wires 的網路技術-Homeplug 發展現況”，**情報顧問產業研究報告**, September 2004.
- [4] “HomePlug 1.0.1 Specification”, **HomePlug PowerLine Alliance**, December 2001.
- [5] “HomePlug AV Specification”, **HomePlug PowerLine Alliance**, December 2005.
- [6] “OPERA Technology Specification-Part 1”, **IST Integrated Project** NO 507667, January 2006.
- [7] 吳裕明，“應用 RS-232 串列埠之技術監控用戶用電之行為”，**中原大學碩士論文**, July 2003.
- [8] M. Gotz, M. Rapp, and K. Dostert, “Power Line Channel Characteristics and Their Effect on Communication System Design,” **IEEE Comm. Magazine**, pp. 78-86, April 2004.
- [9] Chang-Kuan Lin, Hao-Wei Chu, “Robust Video Streaming over Power Lines,” **2006 IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications**, pp. 196-201, March 2006.
- [10] 郭子廉，“家庭電力線網路的應用現況探討”，**拓樸產業研究所焦點報告**, No.12, April 2004.