



您早已擁有的完美家庭網路：

利用電力線網路分享高畫質視訊

策略行銷經理Ashish Garg

技術行銷工程師Uzma Hussain Barlaskar

摘要

家庭網路能提供使用者前所未有的潛力，以分享他們網路互連裝置之間的資訊內容。這項趨勢就是所謂的數位整合 (digital convergence)，能讓每個人可以連線至任何裝置，並快速安全地進行資訊內容的傳佈。為了裝設家庭網路 (Home Network) 來分享影音或其他數位資訊內容，消費者可以選擇在家中重新佈設費時又昂貴的CAT5規格Ethernet乙太網路線，或是利用家中現有的線路。

電力線乙太網路 (Ethernet over Powerline ; EoP) 技術可讓既有的電力線搖身一變成為數位資訊內容的高速傳輸通道。然而，現有技術的頻寬不足也是造成限制的瓶頸之一，特別是有越來越多的使用者希望能有一套解決方案，讓他們可以在電視上觀看高畫質的數位資訊內容。

本文將描述以全球電線協會 (Universal Powerline Association ; UPA) 的數位家庭規格 (Digital Home Specification ; DHS) 為基準的EoP之基本技術原理。UPA組織的主要工作目標是為提升電力線技術的潛力。UPA的技術提供高達200Mbps的頻寬，特別適合家中高畫質視訊內容的傳輸。本文也將比較UPA技術與其他EoP技術的差異。

本文

目前關於電影、音樂、電視節目、相片及書籍等都已全面數位化，而且未來還會有越來越多的資訊內容可以從網路上獲得。資訊內容數位化的革新主要是受到三方團體的推動：科技公司、媒體工作室、以及包括你我在內的使用者。

目前一些科技公司，例如蘋果公司、Movielink與亞馬遜 (Amazon) 等正在開發像iTunes這類的技術平台，以便能在網際網路上傳遞數位資訊內容。媒體工作室則越來越能接受讓他們的資訊內容散佈在網路上。舉例來說，美國的兩家電視公司，國家廣播公司 (NBC) 與美國廣播公司 (ABC) 都開始在其網站上重播當紅的電視劇系列如 *我的辦公室 (The Office)* 及 *Lost檔案*，讓人人都可在網上觀看。而且有了像YouTube這類的網站，讓我們都可以加入線上數位革命的行列，在網路世界中建立並主導屬於自己的資訊內容。

這聽起來可能有點陳腔濫調，但數位資訊內容的時代真的已經來臨。一開始是從相片與MP3音樂檔案開始的，而後隨即席捲了高畫質(HD)與標準畫質(Standard Definition)視訊的世界。許多資訊內容都能在網路上取得，而且我們本身擁有的PC(或麥金塔PC)中也存放了比以往更多的資訊內容。

HDTV是目前最暢銷的家電產品之一，人人都想用高畫質平板電視來觀看最喜歡的足球比賽。許多市售的高畫質電視都可以顯示高畫質數位資訊內容及類比視訊。

但是當您環顧居家四周時，您就會發現在您家中的PC與電視之間所存在的數位隔閡。電腦硬碟中的資訊內容只能在電腦螢幕上觀看，除非您將電腦連接至家中的HDTV，不然沒有其他更簡單的方法可以在電視上觀看電腦中的所有資訊內容。在多數的家庭中，PC與電視不是放在不同的房間，就是無法近到能直接以線路連結。

在電視上分享電腦資訊內容的另一種方法就是裝設家庭網路。

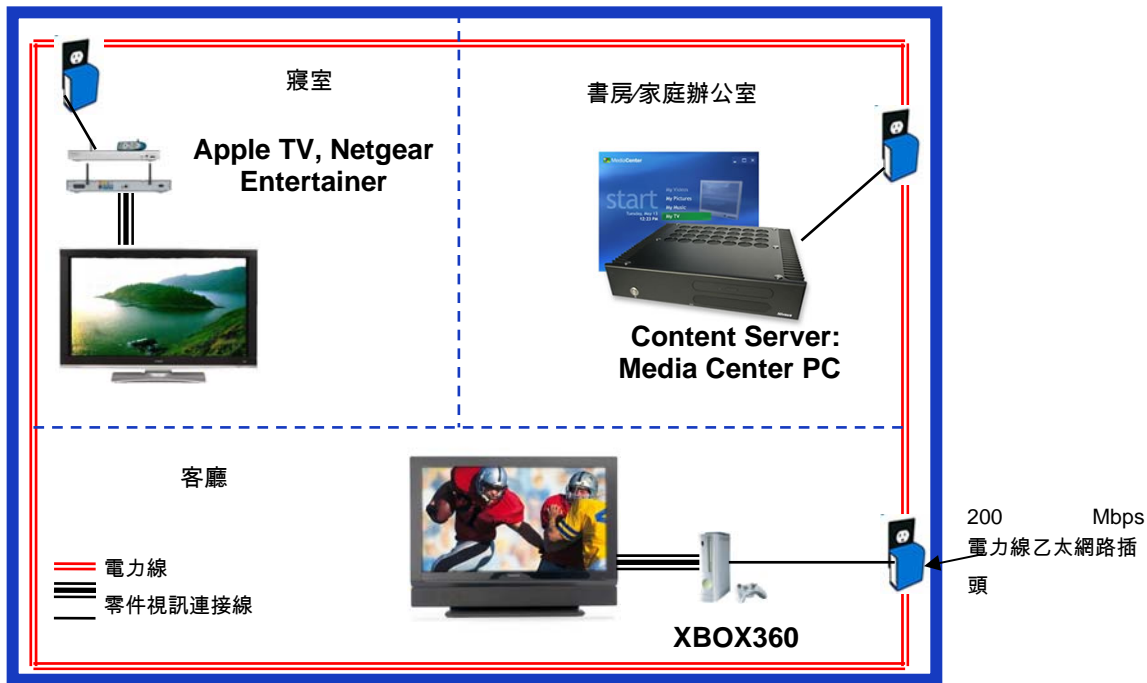


圖1.

未來的智慧家庭。未來家庭將會網路化。在家庭網路上，消費者將能夠在HDTV、一般PC與麥金塔電腦上分享、發佈及觀賞數位資訊內容。

克服高畫質數位資訊內容的侷限性：建置家庭網路

家庭網路是一種區域網路 (local area network)，可讓住戶自由設定家中電腦、HDTV、媒體中心、智慧型裝置與其他任何數位設備之間的連線。若要讓家中的連網裝置之間共享資訊內容，家庭網路即提供用戶這方面極佳的潛力。目前最常見的家庭網路是屬於WiFi類型的無線網路。

無線家庭網路擁有足夠的頻寬，以提供電腦之間共享的網路連線資源。但不同於瀏覽網際網路速率較低、短時密集性高的傳輸特性，高畫質視訊需要更高的頻寬與可預期的服務品質 (QoS)，以達最合適的收視效果。因此，消費者就有必要透過有線媒介裝置，架設可共享高畫質資訊內容的家庭網路。

目前用戶可考慮的有線家庭網路型式，包括重佈家中的CAT5乙太網路纜線，或利用家中既有的線路，例如電力線、電話線、及同軸纜線等。這些家庭網路技術的比較分析如圖2所示。

技術	資料傳輸速率	優勢	劣勢	技術標準/協會
Ethernet over Powerline	200 Mbps (最大) 120 Mbps (實際)*	隨處可得。 無須重新佈線	能成真而不再只是一種觀念嗎?	UPA、HD-PLC, HomePlug
Ethernet (over Cat 5 cable)	100 Mbps (最大) 50 Mbps (實際)*	容易架設	需佈線	IEEE
次世代WiFi IEEE 802.11n	100 Mbps (最大) 15-30 Mbps (實際)*	無線	受鄰近網路干擾	IEEE
Ethernet over Coax	270 Mbps (最大) 135 Mbps (實際)*	受鄰近網路干擾低	無同軸纜線的住家需佈線	MoCA、TVnet
Ethernet over Phone line	140 Mbps (最大) 80-100 Mbps (實際)*	不受鄰近網路干擾	無電話線的住家需佈線	HomePNA

圖2. 家庭網路技術。

* 資料來源：根據Heavy Reading於2006年5月發表的“Multimedia Whole-Home Networking: Solving the IPTV Distribution Dilemma”報告。

消費者為了共享高畫質視訊內容，而在裝置家庭網路時有多種選擇。其中使用電力線乙太網路 (Ethernet-over-Powerline) 技術，經由電力線傳輸高畫質視訊的方式，可算是最經濟的方式，因為電源插座隨處皆有，而且電力線網絡的架設也十分簡易。

家庭網路技術

裝設家庭網路有多種選擇。重新佈建家中CAT5乙太網路纜線通常既昂貴又費時，而且也可能嚴重破壞家中的裝潢擺設。

為何電力線乙太網路 (Ethernet over Powerline ; EoP) 可行？

由於電力線乙太網路特別適合家中住戶使用，目前已成為最常用來取代其他家庭網路的技術。以下幾點為優勢：

- **隨處可得：**電力線可說無所不在，全球的輸電網是當今佈建最廣泛的銅線網絡。電力線網路技術將住戶家中的每個插座變成網路插孔，也將家中既有的線路變成具備網路連線的功能。而且家中的每個房間通常都有多個電源插座，但卻只會有一個電話線或同軸纜線的插座。
- **架設、使用皆簡易：**EoP產品皆為隨插即用型的裝置。它們不用麻煩又昂貴的重新佈線工程。消費者只要購買EoP轉換器插頭，回家將轉換器插頭插上電源插座即可使用。這些轉換器插頭會自動尋找位於電力線網路中的其他同類裝置，並且隨時準備好彼此通訊。
- **效能：**電力線網路解決方案目前可支援高達200Mbps的傳輸速率以及多種服務品質 (QoS) 層級。這些頻寬特別適合串流高畫質與標準畫質的視訊傳輸。
- **資訊內容安全性：**無線網路可謂無時無刻都暴露在安全攻擊的風險下，而電力線網路則提供了兩層的資訊內容安全保護。歹徒必須要先潛入您的家中並插上電源插座，而且就算成功了，電力線乙太網路技術還有內建加密功能，讓所有在電力線網路上流通的資料都享有最大的安全性。
- **可靠度：**多數的無線網路在設計上主要是支援資料短時密集 (bursty) 的網路流量；至於隨選串流視訊，若不先暫存大量資料，在支援這類流量就會產生困難。EoP技術是專為高畫質視訊傳輸所設計，其中採用分時多重存取 (Time Division Multiple Access ; TDMA) 技術來分配頻寬，有別於WiFi網路中所採用的載波感測多重存取 (Carrier Sense Multiple Access ; CSMA) 技術。TDMA能保證視訊傳輸時的頻寬。

電力線乙太網路 (EoP) 基本技術原理

在EoP系統中，原本在家中用來分配電力的銅線也能被用來傳輸數位資料。該系統傳統運作方式是在電力線交流電訊號上再疊上載波調變訊號。利用電力線作為數據通訊媒介的概念約出現在1970年代，直到1990年代末期，EoP技術當時還是處於低速率的規格，只能用來在電力線上傳輸控制訊號。

運用先進的數位通訊技術搭配新的演算法，可以克服電力線通道上的雜訊，並讓電力線成為高速數位資訊內容的傳輸管道。自1970年代起，矽電晶體成本大幅降低，使得這些運算密集的演算法得以建置在單晶片上。最後這兩大進展的結合也讓用戶能以合理的價格，就能購得寬頻EoP技術的服務。

EoP系統中的發送器 (transmitter) 可以將電腦或任一網路連線裝置上的數位資料轉換成為類比的線路資料，並將其附加到電力線上。如此，在接收端就會把電力線上附帶的類比線路資料轉換成數位訊號，再傳送至相對應的裝置上。在圖3中可以看到一般電力線通訊技術的方塊圖。

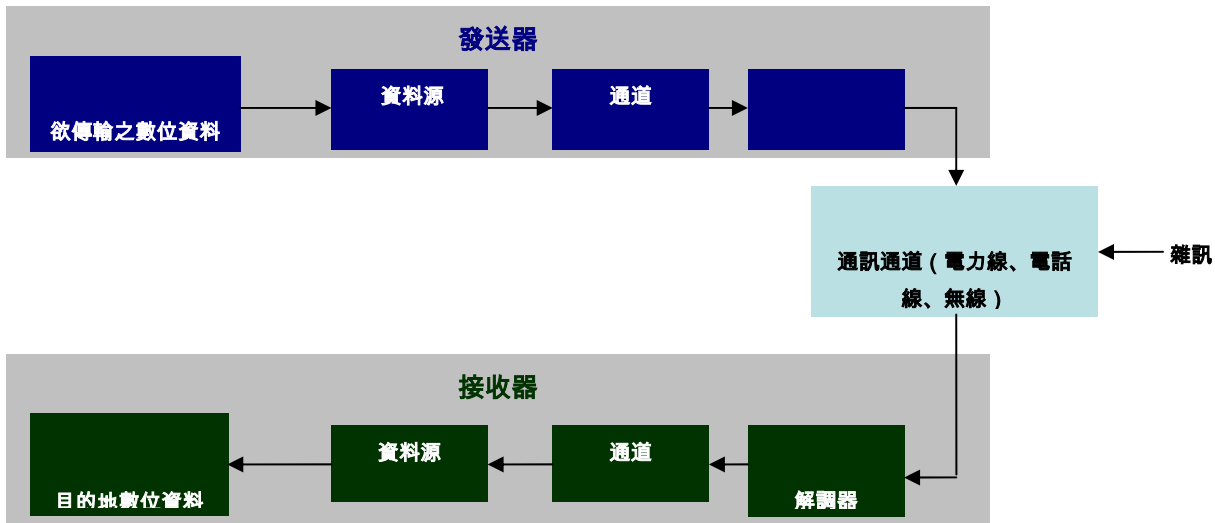


圖3. 一般的數位通訊系統方塊圖。多數新式的通訊技術，如WiFi、DSL、EoP等皆採用下列常見的建置區塊，來傳輸數位資料。

全球電線協會 (Universal Powerline Association ; UPA) 的EoP技術

為了更進一步瞭解EoP的技術功能，讓我們先探討全球電線協會 (Universal Association ; UPA) 提出的EoP技術。UPA數位家庭標準 (Digital Standard ; DHS) 規範是專為已管理或未管理的家中電力線網路所設計的。該技術是基於主從 (Master-Slave) 控制所設計的架構，並採用點對點 (peer-to-peer) 的資料傳輸架構。圖4所示為UPA DHS實體層的方塊圖。

Powerline
Home

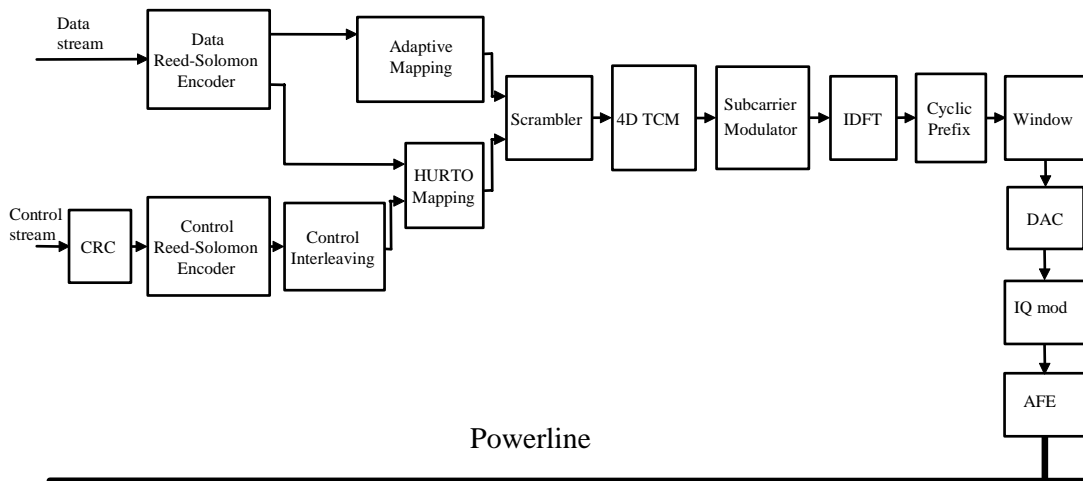


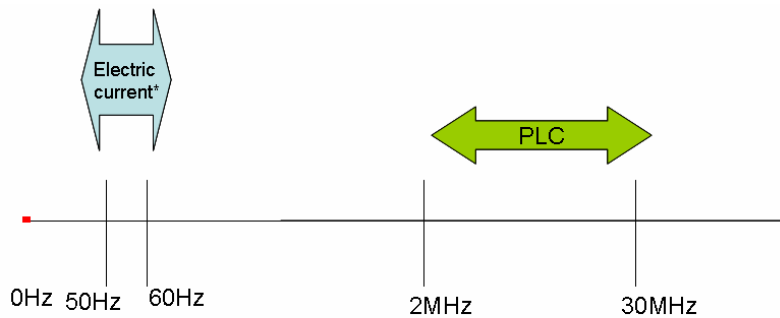
圖4. UPA DHS電力線乙太網路實體層方塊圖。全球電線協會 (UPA) 的技術為家中電力線網路提供強大的效能，而高達200 Mbps的傳輸速率也可支援高畫質資訊內容傳輸。

以下所探討的是使用電力線網路作為數據通訊媒介的幾項技術挑戰。我們也將介紹UPA的EoP技術如何克服這些挑戰，以提供高達200 Mbps的傳輸速率，來支援高畫質視訊傳輸。

UPA的EoP技術如何解決一般電力線通訊上的挑戰

電壓突波：或許有人會認為EoP技術因為利用電線作為通訊管道，因此其效能多少會受電源訊號品質的影響。這是關於EoP技術最常見的錯誤觀念，這種誤解也導致消費者擔心電線中的電壓突波是否會影響以EoP為架構的家庭網路效能。

事實上，UPA的DHS實體層在電線中運作頻率為2 MHz至32 MHz的範圍之間（見圖5），而家中交流電通常是介於50Hz或60Hz之間，這必須視用戶所居住的地區而定。所以使用2 MHz到32 MHz電力線的頻段可確保數位資料訊號不易受電壓突波或50Hz/60Hz頻段起伏的影響。



*全球多數的電力輸送都是使用這段頻率範圍

圖5. 電力線頻譜使用。UPA的EoP技術使用電力線中2 MHz到32 MHz的頻段作為數位資料傳輸之用，如此可確保數位資料訊號不易受電壓突波或50Hz/60Hz頻段起伏的影響。

電線上的雜訊：電線通道上的雜訊是以電力線作為數據通訊媒介時的最大挑戰。當消費者購買EoP產品時，這也成了他們心中最大的疑慮。消費者不禁會問：「當我必須插電使用果汁機或吹風機時，EoP的產品還能維持高品質的高畫質視訊傳輸嗎？會不會每次當我使用微波爐或洗衣機時，電視訊號就會變差呢？」

在UPA的EoP技術中可利用下列方法來解決電力線中雜訊干擾的問題：

- 1. 強固的調變技術：**UPA的EoP技術採用1536個載波的正交分頻多工（Orthogonal Frequency Division Multiplexing；OFDM）調變方式，每個子載波各自獨立的調變密度從2位元到10位元不等。
- 2. 頻繁的通道評估：**電力線通道會受到果汁機或其他不常用的家電用品所造成的突發性雜訊干擾。而UPA的EoP技術會利用發送器與接收器之間傳輸訓練資料（training data）進行頻繁的通道評估。EoP的裝置可利用通道評估所得的資訊判斷受到雜訊干擾的部分。一旦偵測到雜訊，發送器就會執行適應性位元分配（bit loading），以確保電力線頻譜的最佳使用狀況。
- 3. 適應性位元分配（Bit Loading）：**適應性位元分配所指的是依據每個載波的通道品質參數，進而即時適應性調整每對發送/接收器的調變參數。根據每個載波上所量測到的訊雜比（signal-to-noise ratio）而選擇的最佳調變，以達到最高的傳輸速度，並維持期望的位元錯誤率（Bit Error Rate；BER）。如此一來，即可將其他連線裝置可能造成的干擾降至最低。

4. 順向錯誤更正 (Forward

Error

Correction)：採用順向錯誤更正方法時，發送器會送出足夠的資訊，因此，一旦資料受雜訊干擾而遺失時，接收端仍可將原有傳送資料還原，而無須重送原始資料。UPA的DHS規格中的順向錯誤更正所採用的是動態Reed-Solomon編碼方式。

電力線上的電源：無論電線上是否有電，UPA的EoP技術都可正常運作。只要能給電力線網路晶片組所需的電源，電線上是否有電並不會影響到數位資料的傳輸。

電力線通訊技術干擾無線電通訊：寬頻電力線網路使用電線頻譜中2 MHz到32 MHz的頻段，此範圍頻率可能與其他有執照的無線通訊服務頻譜重疊，例如業餘無線電 (Ham radios)。因此UPA EoP技術提供了可編程頻譜陷波 (Spectral Notching) 的技術，以避免使用到未通過政府法規核准的執照頻段。UPA的DHS採用一套稱為windowed-OFDM的調變方式，讓可編程陷波區域以外頻段效能幾乎不受影響。

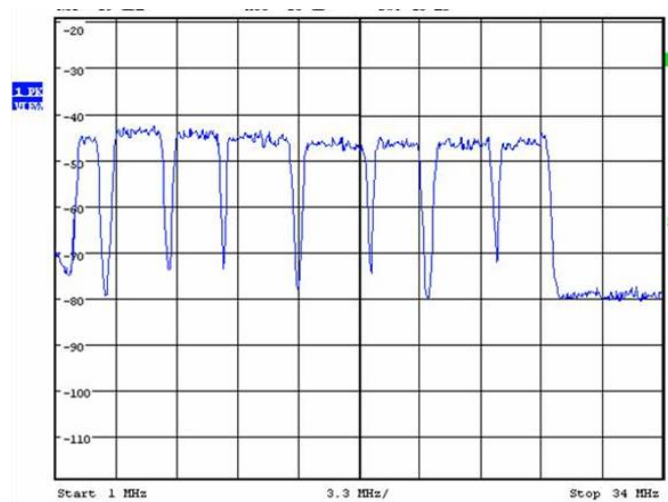


圖6. 頻譜陷波技術防止干擾無線電波。UPA的EoP技術利用windowed-OFDM調變方式，讓可編程陷波得以插入無線電技術 (如Ham Radios) 所使用的頻率。

高畫質QoS需求之頻寬配置：對高畫質電視而言，EoP系統不僅必須要能提供足夠的頻寬，也必須要能在不良的傳輸環境時，依然能提供流暢的視訊傳輸，例如：間歇性的雜訊干擾、鄰近電力線的網路干擾、或是網路上充滿低優先權的資料。

UPA DHS所採用的流量分類 (traffic classification) 與集中式頻寬管理。此技術也就是進階動態分時 (Advanced Dynamic Time Division ; ADTDM) 媒體存取控制 (MAC)，用來最佳化影音播送程序，其中著重在高性能、嚴格的頻寬保留、周密的流量優先順序與QoS等設計。所有電力網路上的節點都可依照不同的服務優先順序，以不會碰撞的方式提供存取通道資料的功能；優先順序則可依照不同的應用加以調整，包括資料、VoIP、隨選視訊等。

UPA的EoP系統也採用了主從 (master/slave) 架構，網路中的其中一個EoP裝置會被選定作為主端 (Master)，而其他所有裝置則被指定為從端 (slave)。扮演主端的裝置會配置通道存取時間給網路上其他EoP的裝置。這是為確保頻寬能配置給網路上不同流量型態時，最有效且簡單的方法。

UPA的EoP規格也具備相當的彈性，各家廠商在針對特定應用進行最佳化QoS演算法時，可擁有多種選擇。



資訊內容安全：UPA的EoP技術採用168位元的AES加密技術，為電力網路上傳送的高畫質視訊及其他數位資訊內容提供良好的安全性。用戶可透過GUI設定加密的密鑰，或是由EoP自行以亂數產生。

如何正確選擇所需的EoP產品

市面上已有許多EoP技術可供消費者選擇，包括UPA、HD-PLC、HomePlug 1.0、HomePlug 1.0 Turbo、以及HomePlug AV。當您在挑選所需的EoP產品時，必須考慮下列幾項重要因素：

效能：由於每個家中的電力線配置不盡相同，因此，也不易預估EoP在每個家庭使用時的效能。消費者可以選購市面上具備最高效能的產品，省去到店家換貨的麻煩。特別是當需要在家中傳送高畫質視訊時，消費者就必須要選擇能支援150 Mbps以上的EoP產品。

UPA、HD-PLC、及HomePlug AV均提供200 Mbps傳輸速率的解決方案。至於HomePlug 1.0與HomePlug 1.0 Turbo等較早的電力線技術，所支援的速率分別只有14 Mbps及85 Mbps。

技術成熟度：由於家家戶戶都有自己的電力線配置，所以尚未大規模佈建的電力線網路技術所面臨的主要疑慮，仍是在於是否能達到所宣稱的效能。

UPA的200

Mbps晶片組自2004年發表以來，已出貨超過一百萬顆。在歐洲，這項技術已獲得電信公司大量佈署採用，因此也證明了UPA的EoP產品效能可符合用戶經驗需求。

HomePlug AV (200 Mbps)是在UPA具備200 Mbps傳輸速率的EoP解決方案發表後3年才推出上市。本文撰寫時，也正值廠商發表HomePlug AV 200 Mbps晶片組的產品樣品。

相較於UPA和HomePlug AV，HD-PLC (200 Mbps)技術並無實際出貨量數據可供比較。

您的EoP解決方案面對未來政府法規改變的因應之道：

EoP技術所用的頻段為2 MHz到32 MHz。多數國家的政府並無規範這部分的頻譜作為商業用途，但仍不能排除未來可能會有所變動。因此在選擇EoP技術時，需注意消費者是否能用簡單的軟體升級手上的EoP裝置，以因應最新的法規變動。UPA的EoP技術就具備了這類的功能，消費者可以於線上下載簡易的軟體對EoP裝置進行升級，以符合最新的法規需求。

總結

由於電力線無所不在，且兼具效能與易用性，EoP技術能為消費者提供簡易的家庭網路技術選擇。利用EoP產品，您就可以讓家中電腦與HDTV之間的高畫質資訊內容共享無阻。但是請記得，要選擇符合您所需的最佳EoP產品。

由於廠商每天不斷嘗試降低EoP產品的成本，這項技術應該很快就會像電力系統一樣普遍。而且很快的，我們所買到的家電用品在插上電源的同時，也已經連接至我們的家庭網路中。



References

Cypress Semiconductor
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709
Phone: 408-943-2600
Fax: 408-943-4730
<http://www.cypress.com>

© Cypress Semiconductor Corporation, 2007. The information contained herein is subject to change without notice. Cypress Semiconductor Corporation assumes no responsibility for the use of any circuitry other than circuitry embodied in a Cypress product. Nor does it convey or imply any license under patent or other rights. Cypress products are not warranted nor intended to be used for medical, life support, life saving, critical control or safety applications, unless pursuant to an express written agreement with Cypress. Furthermore, Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress products in life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

PSoC Designer™, Programmable System-on-Chip™, and PSoC Express™ are trademarks and PSoC® is a registered trademark of Cypress Semiconductor Corp. All other trademarks or registered trademarks referenced herein are property of the respective corporations.

This Source Code (software and/or firmware) is owned by Cypress Semiconductor Corporation (Cypress) and is protected by and subject to worldwide patent protection (United States and foreign), United States copyright laws and international treaty provisions. Cypress hereby grants to licensee a personal, non-exclusive, non-transferable license to copy, use, modify, create derivative works of, and compile the Cypress Source Code and derivative works for the sole purpose of creating custom software and or firmware in support of licensee product to be used only in conjunction with a Cypress integrated circuit as specified in the applicable agreement. Any reproduction, modification, translation, compilation, or representation of this Source Code except as specified above is prohibited without the express written permission of Cypress.

Disclaimer: CYPRESS MAKES NO WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, WITH REGARD TO THIS MATERIAL, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Cypress reserves the right to make changes without further notice to the materials described herein. Cypress does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein. Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress' product in a life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

Use may be limited by and subject to the applicable Cypress software license agreement.