

UPnP：自動化網路設定

蔡孟甫 曹世強 林盈達

國立交通大學資訊科學系

新竹市大學路 1001 號

TEL：(03) 5712121 EXT. 56667

E-MAIL：mftsai@cis.nctu.edu.tw，weafon@cis.nctu.edu.tw，
ydlin@cis.nctu.edu.tw

摘要

講到網路自動化設定首先想到就是 DHCP，但是 DHCP 只是能提供網路位址自動設定，其他設定還是要自己來。因此為了要達到免一切免設定的理想，微軟提出了 UPnP 的構想，UPnP 並不是取代 DHCP，而是延伸 DHCP。UPnP 能讓所有 UPnP 裝置只要一接上網路，馬上便能使用，一切都不需要設定，而且這些裝置之間彼此能發現彼此的存在，進而互相溝通，最後的終極目標就是能連結、控制各種裝置且一切都不用設定。UPnP 是使用現有的標準通訊協定，因此能輕易相容於目前網路，也跟使用平台無關了。當有了 UPnP 後，如果閘道器的產品支援 UPnP，那我們似乎可以利用 UPnP 解決許多目前 NAT 的問題，因此微軟提出了一組有趣的 API：NAT Traversal，搭配 UPnP 閘道器解決了目前 NAT 大部分的問題。在文章最後，我們會看看目前有哪些 UPnP 產品，並歸納出一些結論。

關鍵字：UPnP，NAT Traversal

1. 簡介 UPnP

1.1 什麼是 UPnP

UPnP 全名是 Universal Plug and Play，主要是微軟在推行的一個標準。簡單的來說，UPnP 最大的願景就是希望任何設備(注意，是”任何設備”，像是電

視，電腦，音響，冰箱，鬧鐘，電燈...等)只要一接上網路，所有在網路上的設備馬上就能知道有新設備加入，這些設備彼此之間能互相溝通，更能直接使用或控制它，一切都不需要設定，完全的 Plug an Play。

舉個例子來說：

以前如果家中買了一台印表機，當你想要讓這台印表機家中的電腦都能用的時候，你需要先安裝印表機，然後需要設定印表機共享，然後在去其他台電腦安裝這台網路共享印表機，是不是很麻煩？如果你有 10 台電腦，想想看每台都要去設定的話，是不是很恐怖呢。現在，有了 UPnP 後，只要你家的電腦跟印表機都支援 UPnP，當你一將新買的印表機接上去的時候，所有在網路上的電腦都會發現有一台印表機可用，一切的設定都不需要，馬上就能直接用了，完全 Plug and Play！聽起來是不是很棒，這就是 UPnP 希望打造的環境，讓一切簡化，提升我們的生活品質，因此 UPnP 主要的訴求是打造”家庭網路(Home Network)”的設定自動化。

1.2 UPnP 基本組件

UPnP 聽起來很神奇，在了解他是怎麼運作前，先看看 UPnP 基本組件，UPnP 基本組件有裝置(Device)，服務(Service)與控制點(Control Point)。圖 1 是這三個基本組件之間的關係，有些彼此之間會是巢狀關係。

服務(Service)：

服務是 UPnP 中最小的控制單位，服務提供操作動作還有一組狀態變數記錄目前此服務的情況，例如一

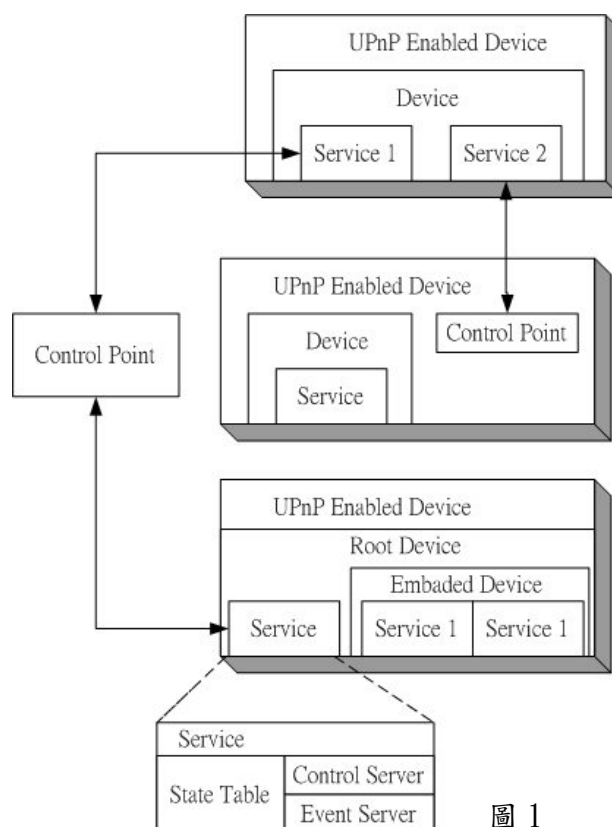


圖 1

個時間服務可能包含一個狀態變數：目前時間，然後有兩個操作動作：設定時間，取得時間。

裝置(Device)：

UPnP 的裝置是包含服務的設備，例如一台印表機有提供列印這樣服務，一台電視有提供收訊的服務，這些設備都屬於裝置

控制點(Control Point)：

控制點可以控制 UPnP 網路上的找到的裝置，控制點主要做的事情有：

- 取得裝置描述與取得相關服務列表
- 取得有興趣的服務的服務描述
- 傳送動作訊息來控制服務
- 向有興趣的服務坐訂閱的動作，每當訂閱的服務的狀態變數改變時，會送回一個事件訊息

1.3 UPnP 的協定堆疊

圖 2 是 UPnP 使用到的協定堆疊，為了相容於目前的網路通訊協定，UPnP 使用許多已經成為標準的通訊協定，因此 UPnP 能很輕易的相容於目前的網路世界，而且因為是採用標準通訊協定，所以 UPnP 是能輕易跨平台的。除了 TCP，UDP，IP，HTTP 這些耳熟能詳的外，我們簡介一下其他是在做什麼用的：

HTTPU/HTTPMU：

HTTPU/HTTPMU 只是 HTTP 的延伸而已，定義使用 UDP/IP 來傳送訊息而不是用 TCP/IP，這個通訊協定會被 SSDP 所使用。

SSDP：

簡單服務發現協定

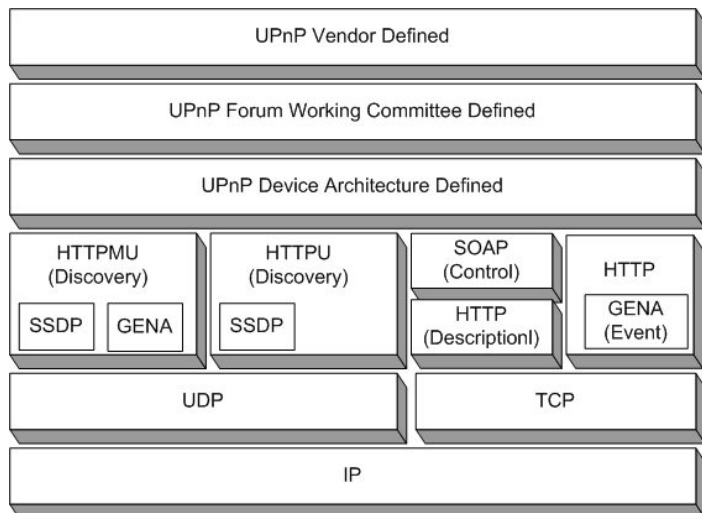


圖 2：UPnP 協定堆疊

(Simple Service Discovery Protocol : SSDP)是內建在 HTTPU/HTTPMU 裡，定義如何讓網路上有的服務被發現的協定。包括控制點如何發現現在網路上有哪些服務，並取得這些服務的資訊，還有裝置本身宣告他提供能些服務。

GENA :

一般事件通知架構(Generic Event Notification Architecture : GENA)是用來處理如何傳送訂閱訊息並如何接收通知訊息用的。

SOAP :

簡易物件存取協定(Simple Object Access Protocol : SOAP)定義如何使用 XML 與 HTTP 來執行遠端程序呼叫(Remote Procedure Call)

1.4 UPnP 如何運作

稍微了解有哪些通訊協定後，我們來看 UPnP 是如何運作的。圖 3 是 UPnP 的運作流程，我們先簡介各部分在做什麼，之後在詳細介紹：



圖 3

0. 控制點跟裝置都先需取得 IP 位址才能作之後的溝通
1. 控制點尋找整個網路上的 UPnP 裝置，而裝置要宣告他本身的存在
2. 控制點取得裝置的描述，這包括裝置提供什麼功能
3. 控制點發出動作訊息給裝置
4. 控制點監聽裝置的狀態，當狀態改變時做出對應處理動作
5. 控制點利用 HTML 介面控制裝置並監看裝置狀態

定址(Addressing) :

這是 UPnP 最基本的一步，在網路上的裝置想彼此溝通都需要有網路位址，UPnP 也不例外。UPnP 裝置會先看是否有 DHCP 伺服器存在，如果有，就直利用

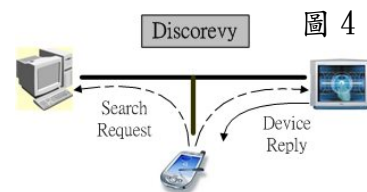
DHCP 取得 IP 位址，如果沒有，就使用自動 IP 設定(Auto IP)*。如果使用自動 IP 設定，UPnP 裝置還是會持續監看是不是網路上有 DHCP 伺服器出現，如果有就會改用 DHCP。

發現(Discovery)：

當定址完後，就要進行這一步了，這邊可以分為兩個角度來看：

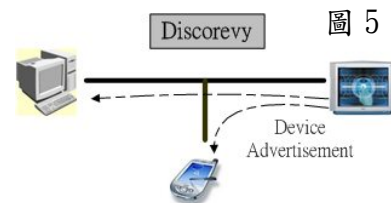
- 控制點加入網路：

(圖 4)當控制點加入網路時，可以傳送搜尋有興這類趣的裝置類別訊息，當屬於這類別的裝置收到時，會回傳一個訊息。



- 裝置加入網路：

(圖 5)當裝置加入網路時，會送出一個通知訊息，告知網路上的控制點他的存在。



以上傳送訊息皆是使用 SSDP 透過 HTTP/HTTPMU 來完成的，傳送的訊息內容包括本身的類別，辨識碼，還有自己本身的 XML 描述文件位址…等。

描述(Description)：

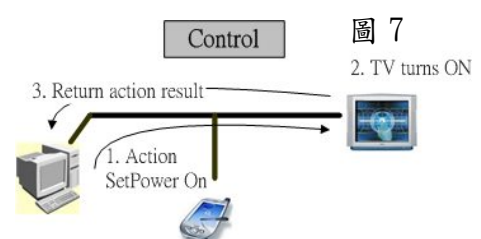
(圖 6)當控制點知道有裝置在網路上後，控制點對裝置的了解非常少，為了了解裝置的功能和跟裝置互動，控制點利用在發現步驟中得到的裝置 XML 位址，取得描述裝置的 XML 文件。

這份 XML 文件包含的資訊有裝置名稱、序號、製造廠商，這個裝置提供的動作與狀態變數，還有一個控制此裝置的 URL 網址(許多 UPnP 裝置都內建 HTTP Server)…等。



控制(Control)：

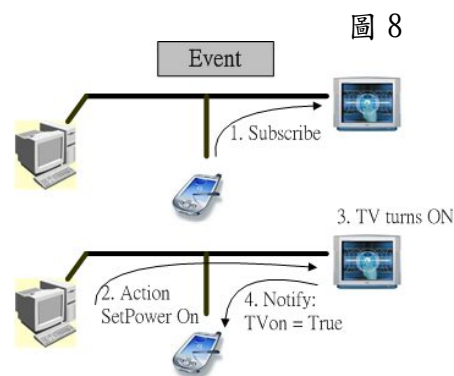
(圖 7)當有了裝置的詳細資料後，控制點就



能知道怎麼控制裝置了，控制點首先先傳送一個動作訊息，這個訊息也是使用 XML，然後利用 SOAP 傳送。當裝置收到訊息後，會產生動作並改變對應的狀態變數，然後將改變的狀態變數傳回，如果失敗就會傳回一個錯誤碼

事件(Event)：

(圖 8)控制點可以對有興趣的裝置的狀態變數做訂閱的動作，當裝置上的狀態變數改變時，會發出一個事件訊息，此事件訊息也是使用 XML，然後利用 GENA 傳送。圖八是一個 PDA、PC 與電視互動的例子。



呈現(Presentation)：

(圖 9)如果裝置有提供呈現資訊的頁面網址，則控制點可以直接利用瀏覽器直接瀏覽控制網頁，從控制網頁中可以知道目前狀態變數，也能直接從控制網頁控制裝置。



以上就是 UPnP 整個的運作過程，在了解怎麼運作後，我們來看看使用 UPnP 有什麼好處。

1.5 UPnP 的好處：

之前提到的方便都是對使用者而言，那對廠商而言，發展 UPnP 產品有什麼好處？好處如下：

1. 整個 UPnP 使用到的通訊協定堆疊再加上嵌入式 HTTP 伺服器，整個檔案很小，再加上現有免費 OS 可以全部塞到一顆 ROM 裡面，而且因為都是標準協定，所以使用 UPnP 不需要權利金。
2. 廠商不需要發展軟體，因為控制裝置都可以透過瀏覽器，發展、維護客戶端應用程式的成本可以省下來，而因為使用標準 HTTP 協定，保證跨平台，而

且因為使用 HTTP 控制，對於遠端控制裝置更是如魚得水。

3. 因為一切設定自動化，顧客更願意購買，沒有那個顧客喜歡需要設定繁雜的設備，也因為一切自動化，可以節省許多客戶支援的部分

以上就是對於 UPnP 的一個基本介紹，在了解 UPnP 後，我們要來看看 UPnP 的一組有趣 API：NAT Traversal

2. NAT Traversal

由於 IP 位址的不足，NAT(Network Address Translation)被廣泛的使用，然而 NAT 遭遇許多問題，在微軟提出 UPnP 時，也提出了一套 API 搭配 UPnP 來解決 NAT 的問題，讓我們來看看這套有趣的 API：NAT Traversal 解決哪些問題

2.1 NAT 目前遭遇的問題

在了解 NAT Traversal 解決哪些問題之前，我們先來看看 NAT 遭遇哪些主要問題，在介紹這些問題前，我們假設讀者已對 NAT 有所認識：

- **在 NAT 下提供網際網路服務**

當在 NAT 下提供網際網路服務時，最大的問題就是 NAT 伺服器需設定連接埠對應(port-mapping)，否則網際網路上的電腦無法與提供服務的主機連線。然而，設定連接埠對應需要手動設定，這點造成非常大的困擾，如果 NAT 下有幾百台電腦，那設定、修改連接埠對應可不是件容易的事。

- **嵌入式 IP 位址**

許多應用程式會假設客戶端是使用真實 IP，在傳送資料到伺服器時，會將 IP 嵌入到應用程式封包表頭，當伺服器收到後直接以表頭內的 IP 位址回傳資訊，如果客戶端在 NAT 下，由於私有 IP(Private IP)無法透過網際網路傳送，因此會造成伺服器端無法回傳資料到客戶端的情形。

- **應用程式使用不同連接埠傳送**

有些網路應用程式使用連接埠 x 傳送資料，但是預期用連接埠 y 接收資料，

NAT 伺服器看到從 x 連接埠流出封包，因此替 x 作 port-mapping，但卻不知道是要用連接埠 y 接受封包，因此會把流向連接埠 y 的封包丟棄。

2.2 NAT Traversal 的解決方案

在有了 UPnP 後，如果我們的閘道器有支援 UPnP(微軟對支援 UPnP 的閘道器統稱 IGD: Internet Gateway Device)，那我們想想，既然 UPnP 可以讓我們知道裝置資訊，設定狀態變數，那我們不就能利用這些資訊來知道我們是不是在 NAT 下，進而自己設定連接埠對應這類動作來解決一些 NAT 的問題，因此，微軟體出了 NAT Traversal 這套 API，NAT Traversal 可以：

- 確認 NAT 是否存在
- 從他處（例如閘道器）取得 IP 位址
- 取得靜態連接埠的對應資訊
- 加入靜態連接埠的資訊，除非之前已經設定了外部連接埠
- 在不刪除連接埠的情形下，啟用或停用該連接埠
- 為靜態連接埠設定一個名稱
- 刪除靜態連接埠的對應資料
- 從區域網路上取得靜態連接埠的清單

有了這套 API 後，我們可以知道，設定連接埠對應這件事完全可以由應用程式自動化完成了，應用程式可以自己指定他所需的連接埠對應資訊。因此，許多 NAT 衍生的問題都能透過 NAT Traversal 解決了。

雖然 NAT Traversal 聽起來很吸引人，但是有幾點我們要注意一下：

1. 管理連接埠對應的責任落到應用程式身上，閘道器只是負責”支援”而已。因此如果閘道器不支援 UPnP，NAT Traversal 也無用武之地。也因為責任在應用程式身上，所以連接埠設定衝突的情況要由應用程式負責。

2. UPnP 只能讓 IGD，以不限時的方式，開啟連接埠。這表示路由器無法控制連接埠的開啟時間，也表示 IGD 沒有聰明到可以偵測「僵屍」連接埠，也就是應用程式若不正常終止，它所開啟的連接埠會一直開啟，不會關閉。如果使用 UPnP NAT Traversal 功能的應用程式當掉，其連接埠將會保持開啟狀態，直到下一次執行該應用程式，再正常結束為止。
3. 是否有潛在安全性問題？木馬類程式如果再加上 NAT Traversal，這樣的威力似乎很驚人…但是微軟對於 NAT Traversal 的安全性並沒有提出說明。

扣除安全性的部分外，NAT Traversal 搭配 IGD 似乎太棒了！開道器廠商再也不需要說它支援哪些軟體了，開道器廠商的產品只要符合 IGD 規格，後續責任就在軟體身上了，如果軟體也使用 NAT Traversal，那大部分的 NAT 問題都解決了。

表一列出想要享受 NAT Traversal 帶來的方便需要改變的部分：

作業系統	作業系統必須支援 UPnP 並且提供 NAT Traversal 的 API
開道器	開道器必須遵守 IGD 規格，版本至少要 .9 以上
應用程式	應用程式要使用 NAT Traversal 的提供的 API

表一：NAT Traversal 需要的改變

3. UPnP 產品一覽

UPnP 協會提出了幾種分類，並對每種分類制訂規格，表二列出了分類項目與每種分類的產品：

分類	說明
網路開道類	各類路由器，數據機等..
多媒體裝置類	電視、錄放影機、音響…等
列印裝置類	印表機類
掃描產品類	掃描器、條碼掃描器等..
基本裝置類	尚無適當分類但是想用 UPnP 的產品皆可歸到這類

溫度控制類	空調系統... 等
-------	-----------

表二：UPnP 產品分類表

接著我們來看看通過每個類別通過 UPnP 認證的產品數有多少，表三列出了從 UPnP 協會網站得到的資料數據。

分類	產品數量
網路閘道類	15
多媒體裝置類	0
列印裝置類	0
掃描產品類	0
基本裝置類	0
溫度控制類	0

表三：UPnP 產品數量分類表

根據這份產品數量列表，很明顯的，目前廠商比較有興趣的部分還是在閘道器的部分，其他部分似乎沒有廠商投入太大的心力，不過根據筆者調查，在” NETWORLD+INTEROP 2002 TOKYO” 的展覽會上，飛利浦有展示 UPnP 的音響試作機，理光也有支援 UPnP 的掃描器展示機，相信再過不久應該會出現許多 UPnP 的產品。

4. 結論

UPnP 看起來的確是很棒，但是似乎沒有看到微軟對於 UPnP 有多大的宣傳，從 UPnP 協會成立至今(1999-2003)，UPnP 的推廣似乎不是那麼的成功，或許是因為其他家電類廠商認為現家庭網路還沒有那麼的普及吧，因此才沒有投入太多心力。不過筆者個人認為 UPnP 的構想很好，如果再將安全性的問題補足，等家庭網路更普遍後，應該會大放異彩。

5. 參考資料

[1]. UPnP Forum, <http://www.upnp.org>

[2]. Implementers Corp. (UIC), <http://www.upnp-ic.org/>

[3]. Universal Plug and Play in Windows XP,

<http://www.microsoft.com/technet/treeview/default.asp?url=/technet/prodtechnol/winxppro/evaluate/upnpxp.asp>

[4]. Overview of Network Address Translation (NAT) in Windows XP,

<http://www.microsoft.com/technet/treeview/default.asp?url=/technet/prodtechnol/winxppro/deploy/nattrnsv.asp>