

以 X-10 實現家庭自動化網路

The Implementation of Home Automation Network using X-10

林慶鴻 曾珮宸 黃文祥
國立高雄應用科技大學電機工程系

E-mail: 2billin@yahoo.com.tw, rachel@wshlab2.ee.kuas.edu.tw, wshwang@mail.ee.kuas.edu.tw

摘要

隨著計算機及網路科技的突飛猛進，家庭自動化的時代已悄悄來臨，數位化的生活不再是遙不可及的夢想。家庭自動化網路的多項相關技術在國內外早已如火如荼般地展開競爭，本文即針對這課題探究一個在 Linux 平台下以高市場佔有率 X-10 技術所實作開發的家庭自動化網路系統，其具有遠端監控 (Remote Control) 及家庭自動化 (Home Automation) 的功能。

關鍵詞：X-10、家庭自動化、遠端監控。

1. 前言

由於網路技術的突飛猛進，如數個 Tbps 的超高頻寬的 DWDM 骨幹網路，Giga 乙太網路、IEEE 802.11 及 Bluetooth 的區域網路，及日益提高頻寬的接取網路，已讓家庭的網路通訊達到可以被接受的等級。尤其在日本與韓國相繼提出西元 2005 年將提供該國 IPv6 的環境以徹底解決網際網路 IP 位址不足的問題，屆時將更使家庭網路的應用大幅的躍進。其次，隨著電腦在嵌入式科技的發展，各式各樣的家電產品充斥著市場，尤其越來越多的智慧家電如：具有播放音樂及 MP3、上網、觀看電視、影像電話、監控、記事本、寫信等多種功能的網路冰箱[1]，甚至網路洗衣機…。在電影中才會看到的情節：於下班前以電話預約家裡的冷氣在到家前 10 分鐘先打開，進入家中除了有舒適的溫度並會自動發聲說「主人您下班了，請看個 HBO 休息一下吧！」客廳燈光自動打開，電視也開啟並轉至 HBO 頻道[10]。

本文即針家庭自動化的數位化通訊課題，探究一個在 Linux 平台下所實作開發的家庭自動化網路系統。其實國外早在 70 年代便開始已經有這類

的相關技術，發展至今最主要的產品有 X-10、CEBus、Lon Works、ApBus 各有其優缺點，基於 X-10 不須重新佈線、裝置成低、且技術支援與取得均較為容易的原因，本系統我們採用了 X-10，系統包含了各個子系統間的整合、使用者介面的簡化、伺服器與資料庫程式的編撰，以達到其家庭自動化與遠端監控的功能。

2. 相關背景

本節將探討 X-10、CEBus、Lon Works、ApBus 等各項 Home Automation 相關背景技術。

2-1 X-10

X-10[2][9]是 Pico Electronics Ltd. 在 1976 年以不須重新架設新線路的前提下，利用既有的電力線網路來控制家中的電子電器產品所研發的計畫，也是全球第一個將家庭自動化產品商業化成功的技術。X-10 是利用 60Hz(或 50Hz)電力為載波，120kHz 的脈衝為調變波 (Modulating Wave)，藉調變技術來傳送訊息所發展出數位控制的技術，並制訂出一套控制規格。在 X-10 網路中，有用於控制器的 Transmitter 模組、接受指令用的 Receiver 模組及雙向傳輸的 Two-way 模組(除發出指令外還可回覆確認信號，可提高系統的可靠性)，控制器依據定義好的指令發出訊息到電力線網路上，指令主要分為三部分：第一部分為起始碼，再來則是 House Code，最後是 Key Code。House Code 有 A 到 P(在指令中以 0~F 代表)等 16 組編碼，Key Code 有 1 到 16(在指令中以 0~F 代表)等 16 組編碼，因此總共可以使用的被控制電器節點共有 256 個；X-10 是家庭自動化的眾多技術中歷史最悠久的產物，其產品已逾 5000 多種，不論是基本的燈光控制、保全系統、家庭劇院、溫度或動作感測與電腦

相關介面與控制…等的產品皆已完備；在美國是市場佔有率最高的，目前約有超過 400 萬個家庭在使用它，然而其反應速度略慢（在 60Hz 供電系統中，傳送一個指令需時 0.883 秒），抗雜訊能力也較差（因為信號在電力線中傳送，所以雜訊難免避免）。

2-2 CEBus

CEBus [3][9]誕生的原因是美國電子工業同業公會（Electronics Industry Association, EIA）認為 X-10 控制規格並不能滿足現代生活的需要，因此為了解決 X-10 技術上的缺點，於 1992 年正式推出 CEBus（Consumer Electronic Bus），相較於 X-10 之下，CEBus 除了可以在電力線網路上傳輸外，還可以在同軸電纜、雙絞線或以無線電波與紅外線的媒介傳送信號，而且傳輸速率到達 7500bps，可用節點高達 40 億個，不同於 X-10 的調變技術，CEBus 是使用展頻技術（Spectrum Spread）來處理信號調變，雖然解決了 X-10 在速度和抗雜訊能力這兩個最讓使用者詬病的缺點，但其佈設成本對於其廣泛運用在所有家庭還是稍嫌昂貴，所以市場佔有率並未比 X-10 高。

2-3 Lon Works

Lon Works[4][9]是由 Echelon Corp. 公司所制定之自動化控制規格，有一整個包含軟、硬體的完整工具，用來設計、安裝、偵錯、和維修的一套開放性、分散性控制網路系統，Lon Works 的裝置具有互操作性(Interoperability)，與 X-10 或 CEBus 的單一方向的控制性大不相同，大大提高了靈活度，編碼方式為類曼徹斯特碼(Manchester-Like)，Lon Works 的每一個裝置都具有 Neuron 神經晶片、電源、感測器、控制設備和收發器，晶片內含的三個處理器(CPU)，分別處理媒介(Media)、網路及應用程式，同時內建 RAM、ROM 及 EE PROM，因此除了家庭自動化用，Lon Works 還可用於更複雜的建築自動化(Building Automation, BA)與工業自動化(Industrial Automation, IA)，傳輸媒介包含了所有 CEBus 可以用的媒介還外加光纖，速率為 78kbps，主幹更高達 125Mbps，單一個網域可提

供超過 32000 個節點，因為每個裝置都有 CPU 的關係，雖然功能與速度強大，但是其造價之昂貴非一般家庭都可以架設的起，所以在家庭自動化的市場佔有率頗低，但是 Lon Works 在 BA 與 IA 的舞台可是大放光彩呢！

2-4 ApBus

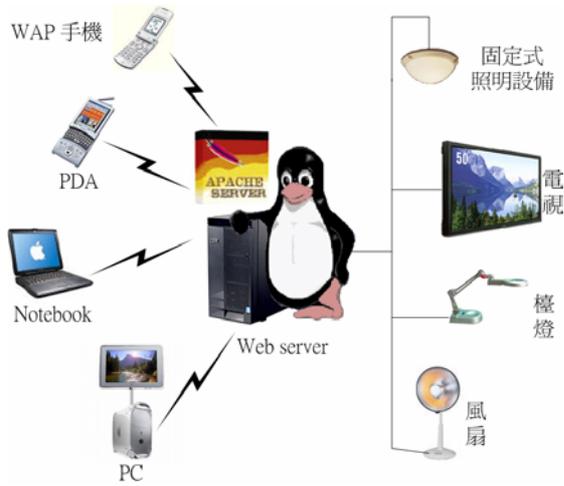
ApBus [5][6][7]為中國大陸在 2000 年所開始研發的技術，當時的外來技術主要為上列三項，ApBus 採用了各項技術的優點，將其彙整並加入自己的構思，發展了成為更為適合中國大陸市場的技術；和 Lon Works 一樣，ApBus 亦是一種分佈式的自動化控制網路技術，ApBus 產品具有雙向通信能力，以及互操作性和互換性，採用雙絞線匯流排結構，通過同一匯流排實現節點間的無極性(Polarity Insensitive)、無拓撲邏輯限制的互連(Free Topology Wiring)，信號傳輸速率和系統容量則與 CEBus 一樣，分別為 10Kbps 和 4Gbps，ApBus 在傳送信號時較為特別，並沒有一套規格來指定說怎樣的指令對應怎樣的信號，而是以觸發事件的機制來達成，也就是一種封包對應一種事件，發射端可以有數種不同的封包內容，接受端也可以有不同的事件對應不同的封包，達到了發射端、接受端皆可程式化(Programming)，除了靈活度提高外，在效率也有很大的改進，在 ApBus 中可以設計成只要發出一個指令，就可以將想要控制的數個家電同時動作。ApBus 還有一個特點就是無碰撞的載波偵測多重存取(Carrier Sense Multiple Access with Collision-Free; CSMA/CF)使各節點可以實現無碰撞的多節點隨機信號傳輸。

3. 系統架構

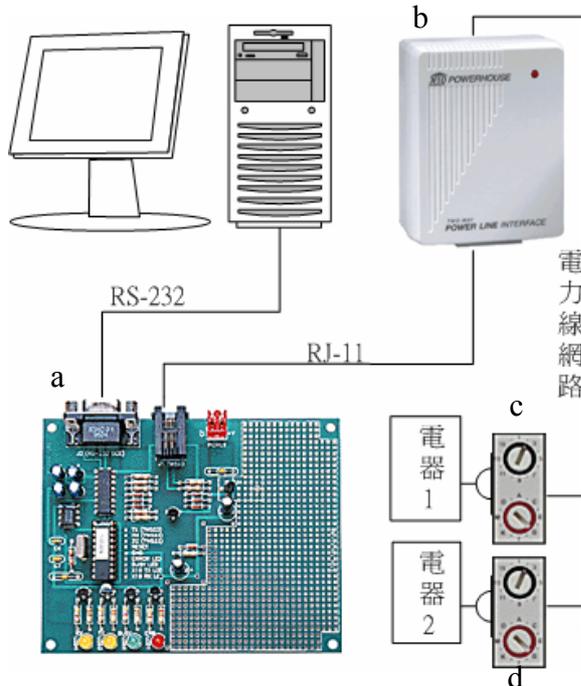
圖一為家庭自動化網路系統的示意圖。在本實作系統架構中將僅以桌上檯燈與小夜燈如圖二所示來代表其它的家電，所使用到的配備有：

- (a) X-10 Serial Port Interface Kit (Lynx coprocessor) [2]，Bi-directional RS-232 to X-10 Controller，將軟體所下的指令轉為 X-10 的信號送給 TW-523，且將 TW-523 所回傳的 X-10 信號轉

為 ASCII 碼。



圖一、家庭自動化網路的示意圖



圖二、系統架構圖

- (b) X-10 TW-523 [2], Two-way power line interface (雙向電力線控制介面), 在眾多的控制模組中, 為了打造友善的使用者介面, 模組最好可以與電腦溝通, 並且可以得知電器狀態, TW-523 達到了這兩個要求(雙向、可與電腦連接), 所以選用 TW-523 模組。
- (c) LM14A X-10 Two-way lamp module [2] (雙向燈泡應用模組)。

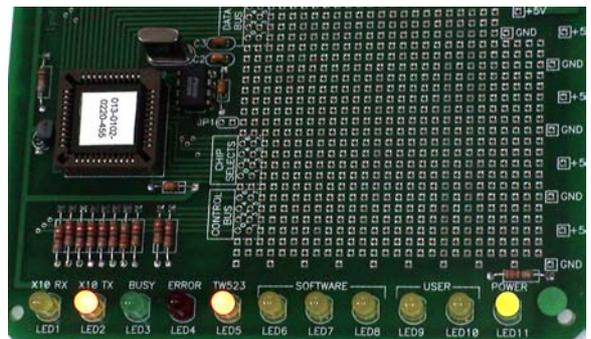
- (d) AM14A X-10 Two-way appliance module [2] (雙向一般家電應用模組)PC 除了對家電溝通外, 對外還要擔任網頁伺服器與資料庫, 以便達到遠端監控的功能。
- (e) 家電 1 是小夜燈與 LM14A 模組搭配。
- (f) 家電 2 是 110V 的桌上型檯燈與 AM14A 模組搭配。



圖三、實際架設情形

4. 系統運作原理

個人電腦 PC 經由 RS-232 埠與 X-10 Serial Port Interface Kit 以 ASCII 碼的指令溝通, 也就是說把指令以 ASCII 的型態傳給 RS-232, 而 X-10 Serial Port Interface Kit 會把我們的信號轉成 TW-523 可以理解的電力線信號, 也就是 X-10 的信號, 如此一來才可以正確的和 TW-523 溝通以達到控制家電或得知家電狀態的功能。本系統利用對非同步串列控制器的驅動程式的撰寫, 可將傳回的 X-10 信號直接饋給系統資料庫做定時定量的記錄, 及依據使用者的設定做即時性的反應服務。



圖四、X-10 Serial Port Interface Kit 燈號

X-10 Serial Port Interface Kit與TW-523之間是用一般的四蕊電話線(RJ-11)作為媒介溝通，傳送給TW-523的X-10信號與在電力線上傳送的X-10信號有點不一樣，在RJ-11的第一隻接腳偵測到電源信號零點發生時，如果傳送的位元為「1」時，則將第四隻接腳接收指令封包輸入端原本的高電位，改送1mV低電位的訊號，如果傳送的位元為「0」時，則不改變電位，且每一組完整的編碼不需要重複兩次，不過由於我們使用X-10 Serial Port Interface Kit，因此簡化了此項工作，在圖四中可以看到藉由X-10 Serial Port Interface Kit的燈號得知其即時的狀態；TW-523在收到信號後會將信號轉為在電力線傳送的格式傳送出去，如果指令為使A1這個電器ON，在電力線的END NODE中，不論是LM14A或是AM14A，只要有電器設定為A1，此電器就會成為ON的狀態，並回傳確認信號*給TW-523，TW-523再將*傳回X-10 Serial Port Interface Kit，我們再從RS-232讀取ASCII，由此可以得知指令是否執行成功。

圖三中所實作完成的系統可以對RS-232[8]進行正確的讀寫(以ASCII的型態)，以即本地端單機對電器的控制、遠端以PHP網頁來控制電器(由於以網際網路經NIC介面再透過Apache伺服器程式上的PHP對MySQL資料庫做存取的部份已很普遍，本文不在此重述)，可以對單一的電器進行開關或是對同一House Code的電器，甚至是所有的電器做同時地開關控制，其控制部分的程式流程簡述如圖三，其中使用到一些函數是利用System call呼叫Linux系統本身就具有的函式庫，在讀寫RS-232時使用到read()、write()，初始化RS-232時則是用到型別為termios的一個結構，假設利用

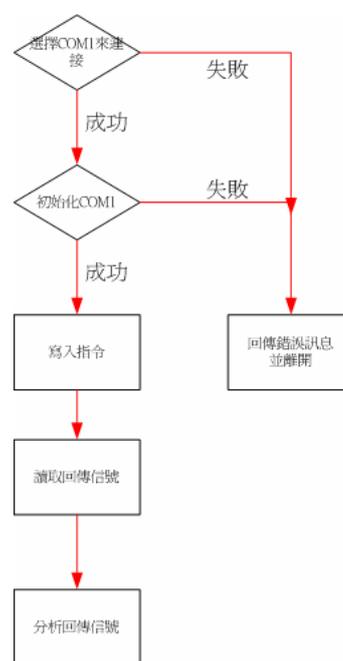
struct termios setting ;

宣告了一個名叫setting型別為termios的結構，當tcgetattr(檔案讀寫指標, setting結構位址)回傳值正常時，我們利用設定termios中的數個旗標來達到設定輸入模式、輸出模式、控制模式、傳輸速率...；當初使化RS-232完成後便可以利用write()來把指

令以ASCII的方式寫入RS-232，值得注意的是要關閉A1這個電器，在X-10的規範中必須使用F000指令，其中F表示OFF，第一個0表示單獨關閉一個電器，第二個0表示A，第三個0表示1，全部合在一起就代表要單獨關閉A1這個電器；RS-232必須以ASCII碼寫入，即表示F000須以70 48 48 48寫入。由於本架構中全使用雙向模組，因此可以藉由回覆訊息來確認指令是否執行成功；當read()所回傳回來的ASCII碼是42(即*字元)就表示指令執行無誤；又由於要利用PHP網頁來執行所寫的程式且要保有系統的靈活度，所以指令在執行時須以下面的型態表示：

./Executing_filename 指令

在開發程式時即以系統靈活度為前提，使用者可利用PHP網頁的內建指令來控制或其它可執行的指令；PHP也可以直接執行Linux指令(在撰寫PHP時指令部分以單引號括起來)。



圖五、程式流程圖

4. 結論與未來的工作

本文敘述在Linux平台上所製作的一個具有家庭自動化與遠端監控系統的實作，其以不須重佈

設新線路下的 X-10 技術做為傳輸的基礎，且整個系統架設費用非常低。由於採用 Linux 的緣故系統開發的自由度相當高，使用者可以採用本系統現有的模組，或是做些微調修改成更符合自己家電情況的系統，也可將其他的多媒體網路技術如 HAVi 等整合進來，對現在逐漸流行的 Home Network 提供一個實用的平台。本實驗室將把本系統整合到具有網路服務品質的居家閘道器(Residential Gateway) [11]的研究中，同時繼續加入 IEEE1394 網路、無線網路等傳輸系統使家庭網路更加多元化，讓家庭數位化、網路化、自動化而帶給人們更多的便利。

參考文獻

- [1]自由時報-資訊時代版新聞 2003 年 2 月 7 日
- [2] X10.ORG X10 Technology and Resource Forum. 1997, <http://www.x10.org>
- [3] CEBus Industry Council Inc., <http://www.cebus.org>
- [4] LonMark Interoperability Association, <http://www.lonmark.org>
- [5] 普力特科技, <http://www.brt.cn>
- [6] 中國智能服務網, <http://www.chnibs.com.cn>
- [7] 智能建築及網路通信行業網站—千家網, <http://qianjia.com>
- [8] Gary Frerking、Peter Baumann, “Serial Programming HOWTO,” <ftp://sunsite.unc.edu>, 2001 年 8 月 26 日
- [9] 李晨含, “結合無線通訊網際網路於家庭自動化的應用,”國立成功大學電機工程系碩士論文
- [10] 官振萱, “決戰客廳,” 天下雜誌, <http://www.CW.com.tw>, 2003 年 4 月 1 日
- [11] 蕭君暉, “寬頻家用閘道器市場潛力大,” udn news, 2002 年 12 月 5 日