

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩士論文

利用低速電力線技術建置校園安全與負載管理機制

Utilize the communication technology of low speed power line to
construct the system of campus security and load administrative
department



研究生：李自忠

指導教授：張翼 教授

中華民國九十四年五月

利用低速電力線技術建置校園安全與負載管理機制

Utilize the communication technology of low speed power line to construct the system of campus security and load administrative department

研究生：李自忠

student : Tzu-Chung Lee

指導教授：張翼

advisor : Yi Chang

國立交通大學

工學院產業安全與防災組

碩士論文

A Thesis

Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk management

College of Engineering

National Chiao Tung University

In partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

In

Industrial Safety and Risk Management

May 2005

Hsinchu·Taiwan·Republic of China

中華民國九十四年五月

中文摘要

利用低速電力線技術建置校園安全與負載管理機制

學生：李自忠

指導教授：張翼教授

國立交通大學產業安全與防災組在職專班

摘要

建置校園安全與負載管理機制，係結合安全系統及電力監控系統兩大系統，主要通訊方式電力線通訊(Power Line Communication)，智慧型網路分散式架構集中式管理，以既有電力線作為傳輸媒體，以 AMR 組件作為校園安全系統及負載管理設備直接控制單元，建置校園安全系統並衍生附加價值產品，控制數量龐大小型負載設備控制機制，同時實現校園安全及負載管理目的，達成校園安全無死角及抑制尖峰需量降低單位用電成本目標。

本研究將以工研院研發電子電表 (AMR) 元件，經由低速率電力線載波技術，整合校園安全系統及電力監控系統，針對 (校園安全與負載管理機制) 提出構想及實現方案，並以學生宿舍及教學大樓作為實施標的並分析兩者不同性質館舍結果，提出低速電力線傳輸技術應用在安全系統及負載管理系統上差異性及改善建議。

英文摘要

Utilize the communication technology of low speed power line to construct the system of campus security and load administrative department

student : Tzu-Chung Lee

advisor : Dr. Yi Chang

Abstract

In order to establish the mechanism of campus security and loading management, it is critical to combine the security system and the electric monitor system. The main communication method is Power Line Communication and Intelligent Network which is dispersing framework and centralizing management. It utilizes the existing power lines as transmitting media and uses AMR components to be the direct control unit to establish campus security system and derives additional value products. In addition, it controls a great quantity of controlling mechanism of small-scale loading equipment, and makes the purpose of campus security and electric loading management to be realized. It will reach the purpose of an no danger area campus and suppressing the quantity of peak demand for electric and lowering down the cost of power consuming per unit.

This research will utilize ARM components developed by Industrial Technology Research Institute, by using the low speed power lines signal carrier technology, combining the security system of campus and power monitoring system. In addition, submit doable proposals and put it into practice in students' dormitories and buildings on campus. Then, analyze the results of the two kinds buildings. In this paper, it is shown that low speed power line transmitting technology applying to the security system and loading management , and providing suggestion for improvement.

誌謝

首先要感謝我的指導教授張翼博士，在研究求學期間指導，並感謝工學院專班授課諸位老師指導我做研究方法及知識。

研究期間感謝工研院能資所方經理、鍾先生、陳先生；交大同事葉武宗先生、劉興淦先生，工學院郭小姐、戰小姐；同窗好友文棋、益瀟、心怡相互勉勵給予協助及指導，使實驗順利完成階段性任務，還有感謝許許多多協助我的先進們，在此真心謝謝你們。

最後要感謝的是在背後全力支持我的內人惠美，在我求學及論文寫作期間細心照顧家庭與教導求學中小孩文竣及家華，讓我無後顧之憂，可以全心投入研究及論文寫作工作，在此謹以本論文獻給所有關心我支持我幫助我的朋友。



目錄

| | | |
|-------|----------------|----------|
| 中文摘要 | ----- | ii |
| 英文摘要 | ----- | iii |
| 誌謝 | ----- | iii |
| 目錄 | ----- | v |
| 表目錄 | ----- | vii |
| 圖目錄 | ----- | viii |
| 第一章 | 研究動機與目的 | ----- 1 |
| 1.1 | 研究動機 | ----- 1 |
| 1.2 | 研究目的 | ----- 2 |
| 第二章 | 文獻回顧 | ----- 3 |
| 2.1 | 通訊技術概述 | ----- 3 |
| 2.2 | 無線通訊技術 | ----- 3 |
| 2.2.1 | 藍芽技術簡介 | ----- 3 |
| 2.2.2 | HomeRF 簡介 | ----- 4 |
| 2.2.3 | IEEE 802.11 簡介 | ----- 5 |
| 2.2.4 | UWB 簡介 | ----- 6 |
| 2.3 | 有線通訊技術 | ----- 7 |
| 2.3.1 | X-10 簡介 | ----- 7 |
| 2.3.2 | CEBus 簡介 | ----- 8 |
| 2.3.3 | LonWork 簡介 | ----- 9 |
| 2.4 | 安全系統 | ----- 9 |
| 2.4.1 | 消防系統 | ----- 10 |
| 2.5 | 負載管理 | ----- 14 |
| 2.5.1 | 契約需量 | ----- 14 |
| 2.5.2 | 電費計算 | ----- 15 |
| 2.5.3 | 最適需量的控制 | ----- 15 |
| 第三章 | 電力線通信技術概況 | ----- 16 |
| 3.1 | 電力線通信 | ----- 16 |
| 3.2 | 低速載波技術使用頻寬 | ----- 16 |
| 3.3 | 電力線傳輸特性與困難 | ----- 17 |
| 3.4 | 電力線通訊干擾 | ----- 18 |
| 3.5 | 高雜訊 | ----- 18 |
| 3.6 | PLC 應用 | ----- 21 |
| 3.7 | 電力載波晶片 | ----- 22 |
| 第四章 | 研究方法 | ----- 23 |
| 4.1 | 實驗流程圖 | ----- 23 |
| 4.2 | 研究方法 | ----- 24 |
| 4.3 | 電子電表系統 (AMR) | ----- 24 |
| 4.3.1 | 電子電表 | ----- 25 |
| 4.3.2 | 前端輸出入控制模組 | ----- 25 |
| 4.3.3 | 電力線載波通訊技術 | ----- 26 |
| 4.3.4 | 電力線模組集中器程式架構 | ----- 27 |

| | | |
|-------|--------------------|----|
| 4.3.5 | 集中器最佳裝地點分析----- | 29 |
| 4.3.6 | 通信品質測試與分析----- | 35 |
| 4.3.7 | 長時間電力線通訊成功率測試----- | 41 |
| 4.3.8 | 通訊協定條件與通訊成功率----- | 41 |
| 4.4 | 安全系統規劃----- | 47 |
| 4.4.1 | 監視系統----- | 47 |
| 4.4.2 | 門禁管制----- | 47 |
| 4.4.3 | 房間保全系統----- | 47 |
| 4.4.4 | 公共空間求救系統----- | 51 |
| 4.4.5 | 消防系統----- | 51 |
| 4.5 | 負載管理----- | 54 |
| 4.5.1 | 負載調查----- | 54 |
| 4.5.2 | 歷史用電資料收集整理----- | 57 |
| 4.5.3 | 負載管理機制----- | 59 |
| 4.5.4 | 給污水泵浦負載管理----- | 62 |
| 4.5.5 | 空調系統負載管理----- | 63 |
| 4.5.6 | 單機冷氣機負載管理----- | 66 |
| 第五章 | 結果與討論----- | 69 |



表目錄

| | | |
|------|--|----|
| 表 1 | 藍芽基本資料..... | 4 |
| 表 2 | HomeRF 基本資料..... | 5 |
| 表 3 | UWB 基本資料..... | 6 |
| 表 4 | IT800 電力線晶片特性..... | 22 |
| 表 5 | 教學大樓電力線通訊測試狀態表..... | 30 |
| 表 6 | 教學大樓電力線通訊測試狀態表 (續一) | 31 |
| 表 7 | 教學大樓電力線通訊測試狀態表 (續二) | 32 |
| 表 8 | 教學大樓集中器位置測試記錄 (95/3/4) | 33 |
| 表 9 | 教學大樓集中器位置測試記錄 (95/3/17) | 34 |
| 表 10 | 教學大樓集中器位置測試記錄 (95/3/17) | 35 |
| 表 11 | DI/O 通訊品質統計表 (92/11/28-92/12/5) | 36 |
| 表 12 | KWH 通訊品質統計表 (92/11/28-92/12/5) | 36 |
| 表 13 | DI/O 通訊品質統計表 (92/12/11-92/12/12) | 37 |
| 表 14 | KWH 通訊品質統計表 (92/12/11-92/12/12) | 37 |
| 表 15 | DI/O 通訊品質統計表 (93/1/29-93/1/30) | 38 |
| 表 16 | KWH 通訊品質統計表 (93/1/29-93/1/30) | 38 |
| 表 17 | DI/O 通訊品質統計表 (93/10/24-93/10/27) | 39 |
| 表 18 | KWH 通訊品質統計表 (93/10/24-93/10/27) | 39 |
| 表 19 | 宿舍長時間 KWH 電力線通信成功率統計表..... | 40 |
| 表 20 | 宿舍 4 樓電力網路調查表..... | 41 |
| 表 21 | 通訊品質統計表名詞定義..... | 42 |
| 表 22 | 宿舍長時間 DIO 電力線通信成功率統計表..... | 43 |
| 表 23 | 宿舍 4 樓電力網路調查表 (整理) | 44 |
| 表 24 | 宿舍長時間 KWH 電力線通信成功率統計表..... | 45 |
| 表 25 | 館舍控制負載表 (第一層) | 61 |
| 表 26 | 館舍控制負載表 (第二層) | 61 |
| 表 27 | 館舍給、污、廢水泵浦數量統計表..... | 63 |

圖目錄

| | | |
|------|----------------------------------|----|
| 圖 1 | X-10 代表一以過零位點的 120K 調變信號..... | 8 |
| 圖 2 | X-10 信號共計 11 碼..... | 8 |
| 圖 3 | 安全系統以 ARM 為中心系統架構圖..... | 10 |
| 圖 4 | 光電式偵煙探測器..... | 11 |
| 圖 5 | 光電式偵煙探測器結構圖..... | 12 |
| 圖 6 | 光電式偵煙探測器動作示意圖..... | 12 |
| 圖 7 | 定溫式局限型探測器..... | 13 |
| 圖 8 | 差動式局限型探測器..... | 13 |
| 圖 9 | 15 分鐘最高需量..... | 15 |
| 圖 10 | CENELEC 頻寬允許範圍..... | 17 |
| 圖 11 | 美國聯邦通訊委員會(FCC) 頻寬允許範圍..... | 17 |
| 圖 12 | 開關電源造成基波及高次諧波的廣譜性干擾..... | 19 |
| 圖 13 | 變頻機造成載波干擾..... | 19 |
| 圖 14 | 控矽設備造成載波干擾..... | 20 |
| 圖 15 | 實驗流程圖..... | 23 |
| 圖 16 | 電子電表..... | 24 |
| 圖 17 | AMR 基本架構..... | 24 |
| 圖 18 | 前端輸出控制模組程式結構圖..... | 26 |
| 圖 19 | AMR 前端輸出控制模組..... | 26 |
| 圖 20 | 電力線通信模組..... | 26 |
| 圖 21 | 電力線模組集中器程式模組架構..... | 28 |
| 圖 22 | 電力線模組集中器之程式流程圖..... | 29 |
| 圖 23 | 宿舍長時間 DIO 電力線通信成功率統計表..... | 43 |
| 圖 24 | 宿舍長時間 KWH 電力線通信成功率統計表..... | 45 |
| 圖 25 | 宿舍長時間 DIO/KWH 平均電力線通信成功率統計表..... | 46 |
| 圖 26 | 房門按鍵式密碼鎖..... | 48 |
| 圖 27 | 門、窗戶裝設偵測開關..... | 49 |
| 圖 28 | 基本單元房間保全系統配線接線圖..... | 49 |
| 圖 29 | 房間電子電表前端輸出 DIO 接線圖..... | 50 |
| 圖 30 | 校區宿舍用電管理及保全系統整合架構..... | 50 |
| 圖 31 | 探測器電力線通信介面 (正面)..... | 53 |
| 圖 32 | 探測器電力線通信介面 (背面)..... | 53 |
| 圖 33 | 傳統式單一迴路探測器接線法..... | 53 |
| 圖 34 | 電力線消防探測器接法..... | 54 |
| 圖 35 | 耗能設備容量種類..... | 56 |
| 圖 36 | 館舍耗能設備統計..... | 56 |
| 圖 37 | 全年度用電統計表..... | 57 |
| 圖 38 | 全年度尖離峰需量..... | 57 |
| 圖 39 | 一周電流曲線圖..... | 58 |
| 圖 40 | 單日(93/08/25)宿舍用電需量曲線..... | 58 |
| 圖 41 | 單日(93/08/26)宿舍用電需量曲線..... | 59 |

| | | |
|------|-------------------------------|----|
| 圖 42 | 電力設施監控系統圖..... | 60 |
| 圖 43 | 需量控制圖層..... | 60 |
| 圖 44 | 負載管理前後最高需量曲線..... | 62 |
| 圖 45 | 冰水主機負載監控畫面..... | 64 |
| 圖 46 | 學校大型離心式冰水主機卸載控制..... | 65 |
| 圖 47 | 冰水主機卸載控制信號盤..... | 65 |
| 圖 48 | 冰水主機卸載控制趨勢圖..... | 66 |
| 圖 49 | 冷氣機控制介面與數位輸入／輸出傳輸轉換器 DIO..... | 67 |
| 圖 50 | 冷氣機負載控制施工相片..... | 67 |
| 圖 51 | 冷氣機控制器施工相片..... | 68 |



第一章 研究動機與目的

1.1 研究動機

近年來學校為提高學術界聲望，研究館舍新建及提供學生良好教學研究品質不斷添購研究設備，學校在提供更好的研究環境後，相對電力負載需求日益增高與高電費支出，依據相關統計資料顯示，一所國立綜合性研究大學全年電費已超過一億元以上，學校規模較大者每年電費更可高達二至三億元，用電大幅成長，顯示學校須對電力負載管理提出較佳管理機制及管理方法，不然日後學校將必須面臨另一更大難題，高電費支出及電力尖峰需量、超約罰款，將無法降低單位用電成本，更嚴重會導致用電安全，間接影響學術研究用電需求，依國內相關文獻顯示〔6〕，空調設備佔整體用電量 30-40%，學校環境特殊，教學大樓中國際會議廳、階梯教室及禮堂使用大型空調主機，但開機頻率不高，反而屬小空間教室、政辦公室及教授研究室使用大量小型冷氣機為主，依據 92 年間針對研究型大學全校性負載調查報告顯示，小型冷氣機數量可高達 6000-7000 台。

校園安全系統概可分為門禁管制、全棟監視、廁所求救系統、實驗室安全系統、房間防盜系統、消防系統等，系統間各自獨立運作系統整合困難，導致管理單位無法即時監控反應，致使校園安全等級降低，無法完全發揮整體安全功能，以目前現存既有早期安全系統 70% 以上無網路功能，整合有其實質上困難處，電力線通訊 (Power Line Carrier, PLC) 是指利用電力線傳輸資料和語音信號的一種通信方式，目前計有 X-10、CEBus、Lonwork、Echonet、Homeplug 等通訊標準，在傳輸速率低於 1200bps 稱為低速 PLC，電力線是一種非常普遍且廣泛存在的網路系統 (包括高、中、低壓輸電網)，電力線雖是分布廣，同時是最早被想到可作為家庭網路之線路，但電力線環境惡劣，有高雜訊干擾、高訊號衰減、負載變大等因素使其應用受到限制，目前 PLC 主要應用在自動抄表及家電設備開啟與關閉，利用現有建築物既有的電源線路，作為控制網路具有不需重新佈線不會破壞原有裝潢，布線面積廣等優點，基本校園安全系統及電力負載管理設備所需傳送資料及使用頻率及速度量並不龐大，在眾多網路控制技術當中，以建築物既有電源線路做為低速傳輸之控制網路最為適合，為能同時解決校園安全及電力負載使用管理機制，本研究將以低速電源線控制網路通訊模組，作為建置校園安全系統及電力負載管理機制 (冷氣) 基礎架構為研究對象，嘗試建構一套可行性的實體驗證環境，並分析實際效能及其特性。

1.2 研究目的

將深入探討電力線通信優缺點及可行性問題，並以工研院研發之電子電表 AMR 作為各系統的節點，並將各安全系統及電力負載控制設備，類比化處理，藉由電子電表功能（AMR）以電力線通訊，透過電力線網路，傳到集中器收集，再經乙太網路至系統伺服器處理。系統網路通訊將以多層架構方式整合，最下層以既有安全系統通信方式運作，並將安全系統訊號類比化，中間層以電力線通訊技術為主，最上層採乙太網路架構，整合為中央監控系統，電力線通訊技術目前已具有雙向通訊能力、定址功能，電力線通訊技術是否能突破高通訊成功率及即時性，將為本研究重點之，電力線載波通訊優點，不需要另外配線或破壞室內現有裝潢，在電力線網路電源插座上，插上欲控制機電設備或欲傳送訊號設備，外加電力線模組介面，同時結合 DIDO 控制模組、集中器及伺服器，即可建構一套通訊控制網路，電力線通訊連線及雙向通訊定址功能特性，在建置多功能警戒預警及定址輸出，應用在安全系統、實驗室毒氣監測、高危險性施工作業環境監測預警等相關用途。



第二章 文獻回顧

2.1 通訊技術概述

家庭通訊技術可分為二大類：一、無線通信技術：如藍芽、HomeRF、IEEE802.11、UWB 等。二有線通信技術：如電話線、電力線、乙太網路、USB、IEEE1394、Cable 等，因應家庭網路「No New Wire」的趨勢，符合這條件的有線方案為電話線及電力線，其中電力線有線技術以 X-10、CEBus、Lonwork 等為主。

2.2 無線通訊技術

2.2.1 藍芽技術簡介

1998 年 5 月，Ericsson、Nokia、IBM、Toshiba、Intel 等五家廠商成立了 Bluetooth SIG(Special Interest Group)藍芽策略聯盟，1999 年 12 月又加入 3Com、Lucent、Microsoft、Motorola 四家廠商成為 Bluetooth SIG 的共同創始會員技術規格。

藍芽是一種低功率的短距離無線傳輸技術，2.4GHz ISM(Industrial, Scientific Medical)頻段、頻寬為 1MHz 基本發射功率為 1mW、傳輸距離為 10 公尺以內、並可支援點對多點的傳輸方式，藍芽採用跳頻展頻技術(Frequency Hopping Spread Spectrum; FHSS)進行接收，頻道跳躍率為每秒 1600 次，以減少互相干擾的機會，每個頻道還使用了分時雙工(Time Division Duplexing; TDD)的機制，使每秒跳頻 1600 次而每次只傳送一個封包(封包大小從 126bit~2871bits 皆可)，其中封包內容可以是包含數據或語音等不同服務之資料，其中數據封包可藉由自動重送(ARQ)機制來加以保護，而語音封包因採用連續可調變斜三角器波形編碼(CVSD)方式編碼而可以不再重送而增加效率。此外藍芽所採用的數位調變技術為 GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)，用意在於製作成本較低且電路設計較為簡單，以符合其對於低成本的需求，分成發射功率 1mw(0 dBm)傳輸距離可達 10 公尺的 Class3，與發射功率 100mw(+20 dBm)傳輸距離可達 100 公尺的 Class1。

表 1 藍芽基本資料

| | |
|--------|---|
| 頻段 | 2.4GHz ISM 頻段 |
| 鏈結數 | 可點對點或點對多鏈結同時最多可8個裝置鏈結(Masters x 1 Slave x7) |
| 頻寬 | 1 MHZ |
| 接取方式 | 跳頻展頻技術 FHSS |
| 傳輸速率 | 最高可達 1Mbps |
| 傳輸距離 | 10(Class3 1mw)/100(Class1 100mw)公尺 |
| 可跳躍頻道數 | 79個 |
| 使用限制 | 較無限制(除距離外) |
| 傳輸模式 | Circuit Switch/Packet Switch |
| 調變 | GFSK |
| 連接介面 | USB RS232 UART |

資料來源：工研院電通所IT IS 計畫整理

2.2.2 HomeRF 簡介

HomeRF 的字義就其字面來拆解，為 Home 與 RF 兩者的結合，其意即為家庭中使用的無線電通訊。就技術上而言，Home RF 將 IEEE802.11 FFH Wireless，LAN 與 DECT 合成一體，同時提供數據與語音傳輸，在射頻規格上使用比原本 802.11 較寬鬆的標準，可降低成本以切入消費性產品領域。

HomeRF 在技術方面，基本上採用 2.4GHz，無線區域網路為基礎發展而成，並且專為家庭無線網路設計了 SWAP(Shared Wireless Access Protocol)通信協定。SWAP 除了直接採用衍生自 IEEE 802.11 標準的 PHY(Physical layer)外，更在其 Data Frame 中混合了同步及非同步之傳輸模式，同步的模式為 DECT 的 TDMA 標準加以擴充而成，作為傳送 Voice 之用；而非同步的部分則沿用 CSMA/CA 之基礎以傳送 Data。

表 2 HomeRF 基本資料

| | |
|--------|--|
| 傳輸距離 | 50-100M |
| 傳輸速度 | 1-2Mbps |
| 使用技術 | 結合IEEE 802.11 CSMA/CA TDMA 三種通訊協定 50 hops/s |
| 使用頻率 | 2.4GHz ISM Band |
| 傳輸功率 | 100mw |
| 同步傳輸功能 | 可同時提供6個與因頻道 網路最多容納127個裝置 |

資料來源：工研院電通所ITIS 計畫整理

2.2.3 IEEE 802.11簡介

IEEE802.11 無線區域網路的存取設計方式，可以分為三類：窄頻微波(Narrow band Microwave)、展頻(Spread Spectrum)、及紅外線(Infrared)三種技術，無線區域網路產品多為展頻技術中的跳頻展頻(Frequency Hopping Spread Spectrum ;FHSS)及直序展頻(Direct Sequence Spread Spectrum ; DSSS)，以下就展頻技術中的跳頻及直接序列二種技術作簡介及比較。

跳頻展頻 (Frequency Hopping Spread Spectrum ;FHSS)，跳頻展頻在同步且同時的情況下，發射與接收兩端以特定型式的窄頻電波來傳送訊號，為了避免在一特定頻段受其他雜訊干擾，收發兩端傳送資料經過一段極短的時間後，便同時切換到另一個頻段，由於不斷的切換頻段，因此較能減少在一個特定頻道受到的干擾，也不容易被竊聽。跳頻展頻所展開的訊號，可依特別設計來規避雜訊或重覆的頻道，並且跳頻訊號必須遵守 FCC 的要求，使用 75 個以上的跳頻訊號，且跳頻至下一個頻率的最高時間間隔為 400ms，在 802.11 中最高時間間隔通常定為 250ms，也就是每秒跳頻 4 次。

直序展頻 (Direct Sequence Spread Spectrum ; DSSS) 直序展頻是將原來 1 個位元的訊號，利用 10 個以上的位元空間來表示，使得原來高功率、窄頻率的訊號，變成低功率、寬頻率。原先一個位元，展頻後用多少個位元來代表，這個數

目稱為Spreading Ration，這個值越高，越能夠抵抗雜訊干擾，不過 Spreading Ration越低，則可以增加使用人數，IEEE802. 11的標準的Spreading Ration為11。

跳頻展頻與直序展頻的比較，跳頻展頻和直序展頻是兩種不同的傳輸方式，跳頻展頻的優點在於成本較低，因此一些以低成本訴求的技術如Bluetooth與HomeRF都是採用跳頻展頻的技術；而直序展頻傳輸距離較遠，單位時間傳輸量較大，然而其成本也較高，在舊版的802.11 2Mbps，無線區域網路仍可以採用多種傳輸方式，包括跳頻展頻、直序展頻、紅外線三種方式皆可。

2.2.4 UWB 簡介

UWB 的技術起源於 18 世紀末，UWB 裝置分成三種類型：(1) 影像系統包含地面穿透雷達系統(GPRS)牆內影像系統、穿牆影像系統、監視系統、醫療影像系統設備；(2)車用雷達系統；(3)通訊與量測系統。其中較受人關注是有關通訊與量測系統部分，根據 FCC 的規範，此類裝置的使用頻段為 3.1~10.6GHz，主要供室內使用。

表 3 UWB 基本資料

| 應用系統 | | 允許使用的頻段 |
|---------|----------|---------------------------|
| 影像系統 | 地面穿透雷達系統 | 960MHz 以下或介於 3.1~10.6GHz |
| | 牆內影像系統 | 960MHz 以下或介於 3.1~10.6GHz |
| | 穿牆影像系統 | 960MHz 以下或介於 1.99~10.6GHz |
| | 監視系統 | 1.99~10.6GHz |
| | 醫療影像系統 | 3.1~10.6GHz |
| 車用雷達系統 | | 22~29GHz |
| 通訊與量測系統 | | 3.1~10.6GHz |

資料來源：工研院電通所ITIS 計畫整理

UWB 基本上是在在很寬的頻段中，以極短的時間內發出脈衝來進行資訊傳輸（可達到 1 秒發送 10 億次），而脈衝間的時間即代表"0"與 "1"的數位訊號，由於這一連串的脈衝需要轉成高載波來傳送，因此 UWB 又被稱為「Carrier-Less」技術。傳統無線通訊系統的傳輸方式以連續的正弦波（size waves）來傳送資料，

並以正弦波的振幅作為調變的方式，而 UWB 並不需要依賴正弦波，主要以時間調變方式為主，其以極精確的時間傳送脈衝，可傳送極大量的資料。

2.3 有線通訊技術

2.3.1 X-10簡介

X-10的起源在蘇格蘭有一家叫作Pico Electroics 的股份有限公司，公認它們是全球第一家發明單IC計算機的公司，在1976年時已經完成了X-1到X-9等9個計畫，這時它們想到了一個主意，去開發一個系統讓消費者在家中，可以無需變動家中的線路佈置，就可以控制家中的燈光和家電設施，所以他們就將這個計畫訂名為X-10，X-10傳輸是和電源正弦波零電位點同步，以在零電位點時有1微秒的120K調變信號就代表數位電路的「壹」，沒有時就代表「零」，圖1就顯示了在三相電源分配系統中的三個過零電位就必須傳三次。每一個完整的信號傳輸包含了11週，前二週代表開始的信號，再來4週代表分類碼(House Code)，所以共可以有16個位址組合，再來的5週則代表數位碼或是功能碼(Number Code或Function Code)(圖2)、所以前4碼和後5碼的所有組合就全部定義〔1〕。

X-10利用家庭中的電力線作為傳遞訊息的載體網路，以120KHZ的調變信號之在每一週正弦波上的有無以代替數據化之0與1。而以其自訂之協議(Protocol)定出16個不同的用品類組住址(House codes)，每一個用品類組住址又可再分16個單位住址(Unit Codes)，所以一共可有 $16 * 16 = 256$ 個可能的組合位址。120KHZ的調變信號在每一正弦波上出現一次，所以在60週的電力系統內其傳遞速度即為每秒60個位元，而送一個功能加住址的信號出去要用去48個位元，也就是說在60HZ的系統中要用去0.8秒。X-10傳輸是和電源正弦波零電位點同步，以在零電位點時有1微秒的。

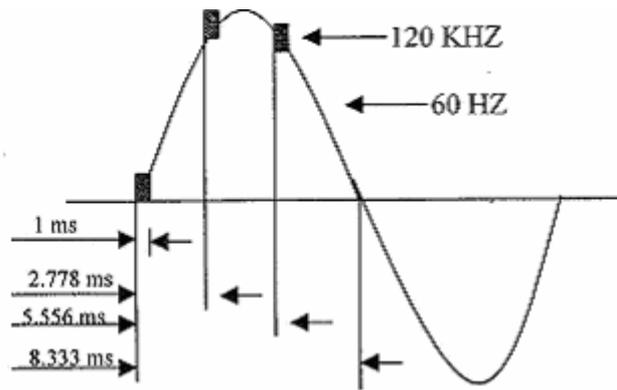


圖 1 X-10 代表一以過零位點的 120K 調變信號
資料來源：X-10公司

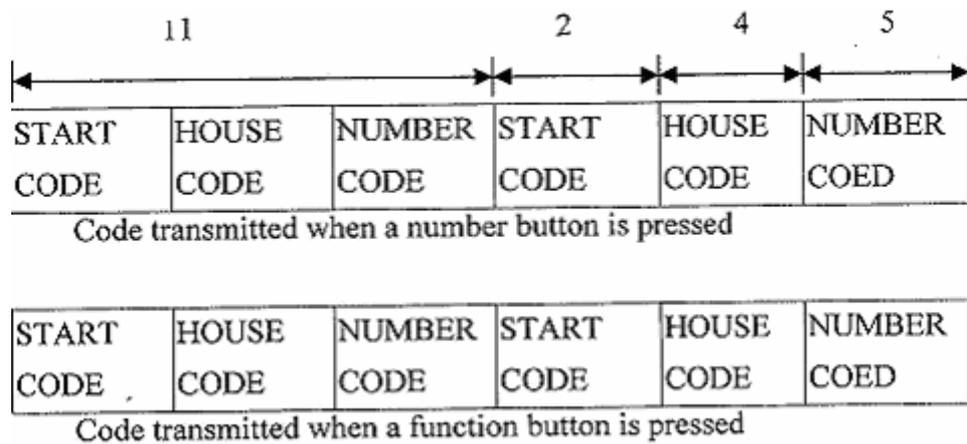


圖 2 X-10 信號共計 11 碼
資料來源：X-10公司

2.3.2 CEBus簡介

美國的電子工業協會(Electronics Industry Association ;EIA)決定要制定一種比開、關、全部開、全部關等等，要更多更完備家庭自動化控制規格，其後數年全球各大公司的工程師就定期的聚會議定這種規格，"消費者電子匯流排"(Consumer Electronic Bus)簡稱CEBus，其主要的規格用簡單的話來說就是"訂定了利用電力線、低壓線、同軸線、紅外線，無線電為媒體的溝通協定(Communication protocol)，這個規格是利用一種展頻調變(Spread Spectrum Modulation)的方式在電力線為媒體的標準就是以100KHz為基頻開始然後以線性

向上;400KHz為止，在100微秒(Microsecond)為一週期中變化，有調變時狀態叫做"Superior"態，無調變時即做"Inferior"態，任一狀態；100微必即可建立數據"壹"之狀態，任一狀態持續達200微秒，建立一數據"零"之狀態，其傳輸之速率因此視其傳送內容中之"1"與"0"之數目而定，平均大約在7500位元/秒左右。

CEBus是一種定義好的規格，可以利用各種媒介如電力線、無線、紅外線、雙絞線等均可，而可以讓主控器，控制器等自由的相互交談，其訊號平均不超過25mS(微秒)大概有50到300個位元左右，為了保證訊息的可靠率，CEBus的傳輸協定(Protocol)相當嚴格並使用特別發展的CAL語言，以求能分享資訊並精確的控制欲控制的裝置，至少能夠在一種傳播媒介上收發CEBus的訊息。

2.3.3 LonWork簡介

1990年 Mr. Mike Mar Kula 創立了 Echelon 公司，Mark Kula 先生是當年蘋果電腦的主要原始創辦人之一，他和摩托羅拉和底特律愛迪生以其它一些公司合力創辦 Echelon 公司，然後提出了 Lon Work 的概念，和 CEBus 一樣，LonWork 所有的硬體和在網路環境下溝通協定也作在一塊積體裡面了，這一塊本體的名字叫作 "Neuron"，可以安裝在各種消費性電器上與 CEBus 一樣，Echelon 也訂定了在電力線、低壓雙絞線、同軸線、紅外線、無線電和光纖上的規格標準，LonWork 利用曼徹斯特(Manchester)編碼法來產生"1"和"0"，而後功等速率傳送出去，LonWork 在電力線傳輸上的規格提供了三種規格的選擇性，二個是展頻譜收發器系統分別是 100KHz~450KHz 10000bit/sec 和 9KHz~95KHz 2000bit/sec 的範圍，第三種是利用窄頻駕技術 125KHz~140KHz 5400bit/sec 收發器。

2.4 安全系統

安全架構如圖 3 所示以電子電表及前端輸出入模組為基礎單元組成，安全系統包括門禁、監視、保全、防盜、求救及消防等系統，當偵測器發現有人入侵、啟動求救系統或是有火災警報發生時，除了自動啟動蜂鳴器和語音系統外，藉由裝置在冷氣機前端電子電表及前端輸出入模組，在第一時間內 DI/DO 反應變化 IO 狀態，AMR 隨時掃描，當 IO 狀態發生變化時 AMR 主動向集中器發出通訊要求，藉由電力線網路傳輸資料，集中器與伺服器連線處理，即時反應同步撥出緊急電話及 GSM、E-mail 等方式提供管理者緊急信息達到保全與消防功能。

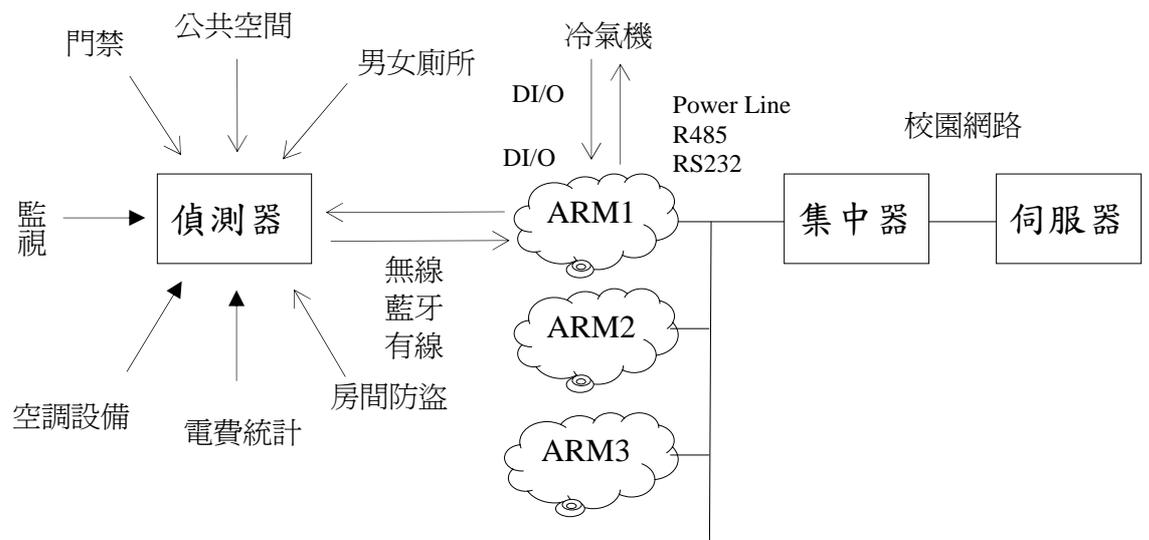


圖 3 安全系統以 ARM 為中心系統架構圖

門禁系統管制人員進入，當讀卡機接收正確之訊號時，將自動開啟電子鎖，允許人員進入，並紀錄進入時間及身分，另裝設磁簧開關偵測、當人員非法進入、安全系統即將該區域之警報信號傳送至系統伺服器；求救系統係供人員在需要緊急求援時使用，系統將採二種通信技術，第一種 Home RF 通信技術在防護面積大的公共空間選用。第二種 Powerline 通信技術在廁所供人員緊急求救用。因上述二者通信技術，即時通信成功率無法達成 100% 故系統在建置時，仍以個別系統實質傳輸仍以有線為主，上層通信才採用 Home RF、Power Line 技術同步傳輸警報訊號至系統伺服器處理。

2.4.1 消防系統

電力線載波消防系統在傳統探測器迴路最前端串接電力線通信介面，將此迴路全部視為具有定址功能消防探測器迴路，或在每顆探測器前加裝電力線通信介面即可將傳統式探測器轉換為具有定址功能探測器，不需要將整套消防系統包含受信主機、迴路、探測器全部更換為 R 型系統。電力線探測器通信介面原理係利用探測器動作反應特性，當火警動作時，探測器動作時內部接點閉合，消防系統迴路電壓為 5v 電流 30mA，反之當無火警時，探測器內部接點開路，消防系統迴路電壓 24v 電流 100mA，電力線探測器通訊介面量測迴路電流大小，作為判斷是否發生火警判斷依據，當迴路電流大於 50mA 時，電力線通訊介面將會視為火警信號產

生，藉由電力線通訊模組向集中器發出火警訊號。

消防受信總機可分為 R 型及 P 型授信總機，其最大不同處 R 型具有定址及中繼器功能，P 型授信總較為簡單傳統，R 型授信總機較智慧功能較強，探測器將偵測的警訊經由中繼器傳回總機，再由總機中央控制系統發出相關連動控制信號，經由中繼器輸出作相關連動控制，稱為 R 型總機。具兩種功能以上者，稱為 R 型複合式授信總機(依 CNS-8877)，消防系統探測器種類眾多，常使用探測器計有偵煙式探測器、差動式探測器、定溫式探測器等三種，將藉由中美公司代理產品簡介說明探測器動作原理及機械結構。

光電式偵煙探測器 (CM-WT30L)，係採用光電感應原理，即利用煙進入探測器內之暗光室，煙粒子造成紅外線光束之反射，使受光元件接收到設定之光量時，探測器即發出警報訊號，監視電壓 60 mA (max) 動作電流 100mA (max)。

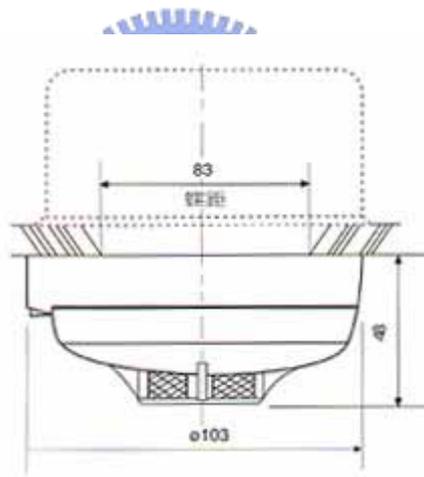


圖 4 光電式偵煙探測器

資料來源：中美公司

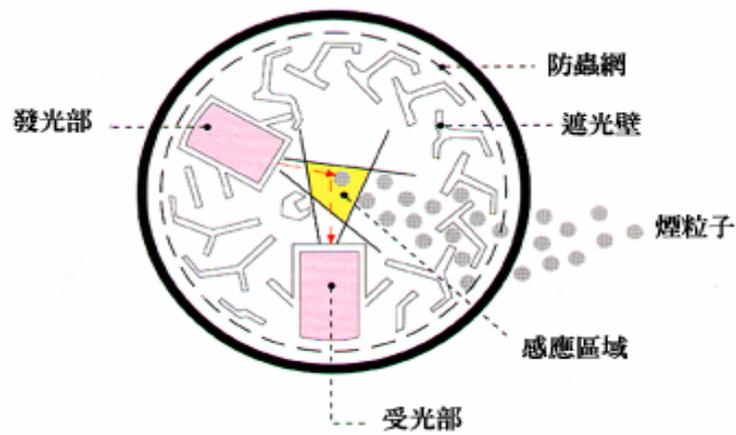


圖 5 光電式偵煙探測器結構圖

資料來源：中美公司

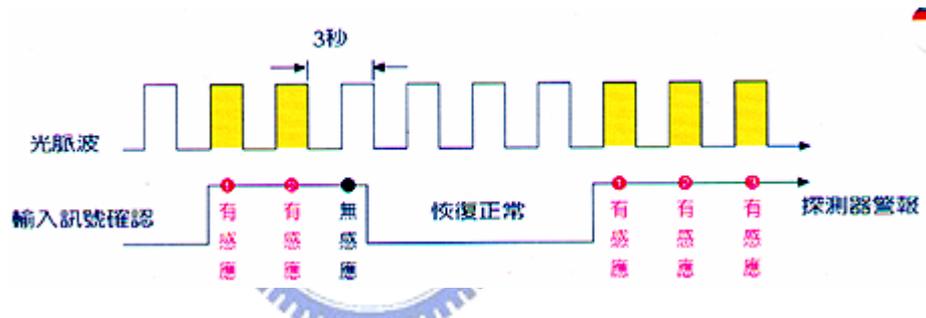


圖 6 光電式偵煙探測器動作示意圖

資料來源：中美公司

定溫式局限型探測器 (CM-WK100L)，係由一設定溫度之複合金屬圓盤連接顯示器而成，當周圍流通的空氣到達設定之高溫時，探測器即發出警報訊號，當探測器有警報動作時，紅色顯示燈即亮起，連接線無極性區分，可避免連接錯誤。

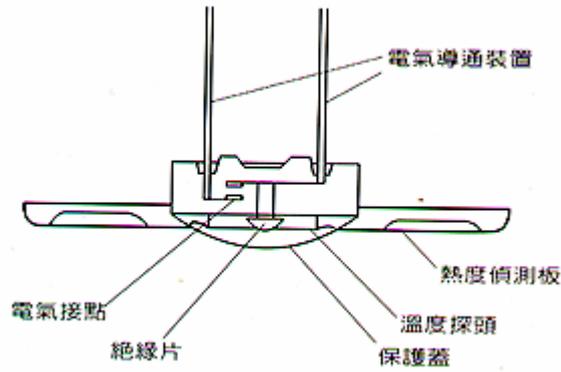


圖 7 定溫式局限型探測器

資料來源：中美公司

差動式局限型探測器 (CM-WS19L)，其設計目的旨在探測快速或異常的氣溫上升，如果周圍溫度快速上升，盒內空氣立即膨脹並壓迫金屬薄膜而使電器接點導通，因而輸出警報信號，但在溫度緩慢變動時，膨脹的空氣則經由一微小的通氣孔釋出，以維持壓力平衡，所以決不會發生錯誤的警報，監視電壓 $0\mu A$ 動作電流 Max 100mA，動作方式常時開路方式，敏感度，當放置於每秒鐘 0.85 公尺之氣流中，且該氣流溫度高於週邊溫度 $30^{\circ}C$ 時，20 秒中內即發出警報。

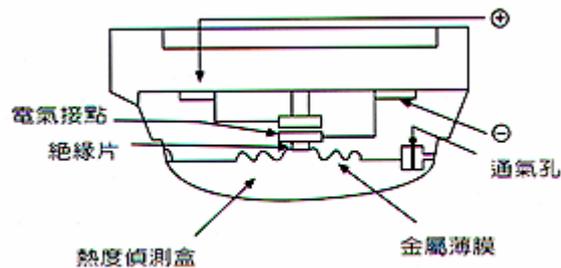


圖 8 差動式局限型探測器

資料來源：中美公司

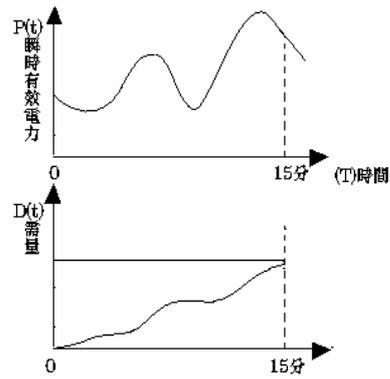
2.5 負載管理

負載管理之主要目的，為降低尖峰負載需求提高離峰負載轉移系統負載〔3〕。提高用電效率降低用電成本，降低用電需求(KW)以減少用電量(KWH)〔4〕。電力需求管理，台電公司透過時間電價、可停電力及空調週期性暫停等電價誘因方式，引導用戶調整其用電習慣，將尖峰時間用電移轉至離峰時間使用，稱之為「負載管理」。

2.5.1 契約需求

契約需求，用戶與台電公司約定之用電容量，作為基本電費計算之依據，依用戶用電種類不同可分為裝置契約容量與需求契約容量兩類。裝置契約容量為用戶以其用電設備之總裝置容量訂定契約容量。需求契約容量為用戶與電力公司雙方約定 15 分鐘平均之最高需求值為契約容量〔6〕。用戶與電力公司雙方約定最高用電需求(KW)作為訂立契約需求之依據，契約容量訂過高超約罰款減少但基本電費相對增加，反之契約需求訂過低基本電費減少但超約罰款增加，因此適當契約需求訂立將可節省下可觀電費。

契約需求(Demand Contract)為保障所有用電戶供電品質及電力系統安全問題施行管理手段，因此契約需求對電力公司而言是供電系統安全問題；對用電戶而言將是電費成本的問題，最高需求值，如圖 9 所示指用戶在每 15 分鐘(單位時間)內使用有效電力平均值，且為每月(30 天×24hr×4 次)=2880 次/月，整個月最高值計算(使用有效電力平均值)，故超約契約需求值並不完全代表用電戶整體用電需求，需以全年歷史用電資料研究分析，常態全年度用電量曲線均呈現 S 狀趨勢，以冬季為最低夏季最高，夏季用電需求最高其原因不外天候影響，依相關研究報告顯示空调用電佔夏季用電 30-40%〔4-6〕，管理手法適度超約罰款換取基本電減少，也不失為解決尋求最佳用電成本的手段。



$$D(t) = 1/T \int_0^t P(t) dt$$

$D(t)$: 瞬時需量值

D : 需量

$P(t)$: 瞬時有效電力

T : 需量時距

圖 9 15 分鐘最高需量

2.5.2 電費計算

電費計算

每月電費 = 基本電費 + 流動電費 + 超約附加費 + 功率因素電費

基本電費：依用戶申請之契約容量每月計收之電費。

流動電費：依用戶實際用電度數計收之電費。

超約電費：當用戶之最高需量超出其所申請的契約容量時稱之。超出部分在契約容量 10% 以下，按二倍計收基本電費(超約附加費)，超出部分在契約容量 10% 以上，按三倍計收基本電費。

2.5.3 最適需量的控制

為能有效控制最高用電需量以免發生超約罰款，用電戶常裝設有需量控制器 (Demand Controllers) 控制，控制負載需量在設定範圍內運轉，學校負載的主要設備為空調設備，藉由直接控制中央空調設備，可有效抑低尖峰需量間接達成需量控制目標。台電公司曾委託中山大學「空調系統週期性暫停用電對機件影響之研究」針對中央空調主機做間歇式控制，運轉 60 分鐘暫停壓縮機運轉 15 分鐘，研究結果對往復式及螺旋式主機無磨耗增加之顧慮，離心式主機將增加模耗並不適合暫停運轉控制方式。離心式空調主機將採運轉 45 分鐘降載 60% 運轉方式，抑低尖峰需量 [5-7]。

學校實際負載設備除少量大型中央空調系統主機外，大部分都是小型冷氣機，其數量龐大單一負載量小，如何利用電力線傳輸技術，控制冷氣機負載為本論文研究重點。

3.1 電力線通信

電力線通信(Power Line Communication ; PLC)技術是採用電力線傳送資料的一種通信方式。低速PLC利用100k到400k頻帶範圍傳輸信號載有資訊的高頻信號載入到電力線上，在發送時，利用調製技術將用戶資料進行調製，用電力線進行資料傳輸，接收端通過專用的電力線數據機將高頻信號從電力線上分離出來，先經過濾波器將調製信號濾出，再經過解調可得到原通信信號，傳送到終端設備〔8〕。它的應用範圍主要是在一個變壓器範圍內進行資料的傳輸，用電力線數據機將電信號從電力線上提取下來。目前該技術主要應用於水、電錶等的自動抄表系統。由於電力線本身不是為通信設計的，因此其特性在很多方面難以直接滿足載波通信的要求，電力線是輸送電能的，電力線網路是屬開放式的公用通道，任何電器設備產生的信號都會彙集到電力線上。電力線電阻是隨機變化的，而阻抗的變化使信號傳輸強度變化很大。由於家用電器（冰箱、微波爐、電腦、電動機）等設備在使用時，產生的各種雜訊都通過各自的電源線彙集到電力線網路上，致使干擾源不斷，影響通訊品質。



3.2 低速載波技術使用頻寬

早在 20 世紀 90 年代初期，歐洲就提出了 BS EN 50065 標準，此標準對在低壓電力線上的載波信號的頻段、頻帶和頻率等做出了具體的規定。迄今為止，這一標準仍是全球唯一的針對性的標準，全世界範圍內在低壓電力線上的任何方式載波無不嚴格地遵循它。BS EN 50065-1 對頻段的規定是：3kHz~9kHz ----- 電力公司專用頻段。9kHz~95kHz 電力公司和經電力公司許可的用戶使用的頻段。95kHz~148.5kHz 其他用戶使用的頻段〔11〕，載波頻道標準〔9-11〕，電力線載波適用頻率範圍的標準，我國目前無載波頻道標準規定，北美洲地區電網(480Y/277V，208Y/120Vac)標準頻率如圖 10，範圍 100kHz~450kHz 和針對歐洲地區電網(400Y/230Vac)的標準頻率範圍 9kHz~150kHz 如圖 11。

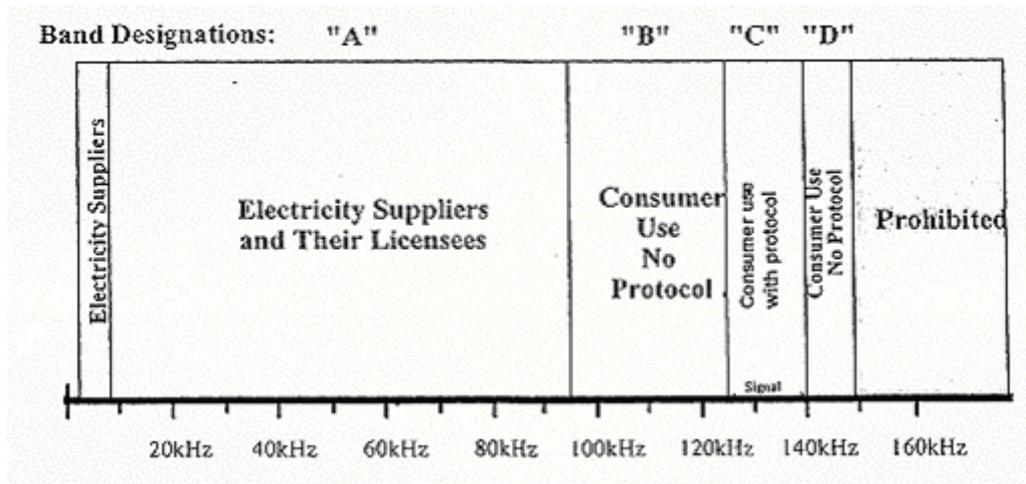


圖 10 CENELEC 頻寬允許範圍

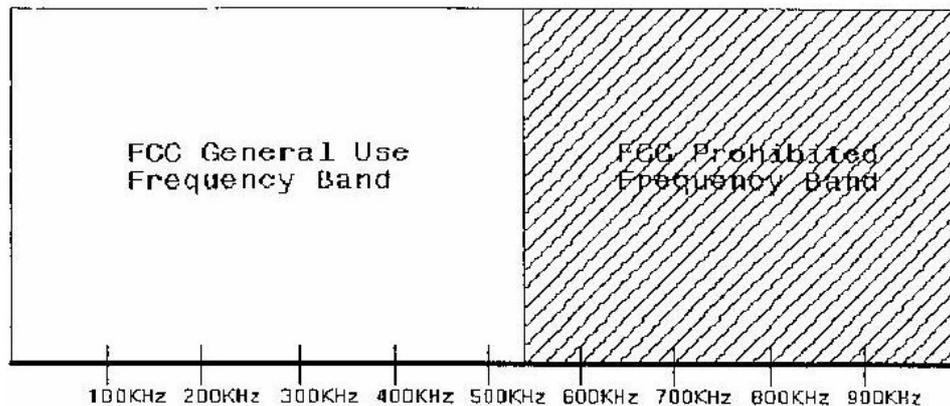


圖 11 美國聯邦通訊委員會(FCC) 頻寬允許範圍

3.3 電力線傳輸特性與困難

電力線原設計係提供用電設備傳送電能的使用，而不是用來傳送數據的，所以電力線對數據傳輸有許多限制，因此電力線通訊具有以下特點，配電變壓器對電力載波信號有阻隔作用，所以電力載波信號只能在一個變壓器二次側範圍內傳送；三相電力線間有很大信號損失（10dB -30dB）。通訊距離很近時，跨相序間信號損失不大仍可收到信號。電力載波信號基本只能在單相電力線上傳輸；電力線本身的 60HZ 脈波干擾週期為 16.7ms，在交流正弦波週期中，出現兩次峰值帶來兩次脈波干擾，干擾時間約 2ms。

電力線作為通訊網路資料傳輸媒介時，電力線上會有許多的干擾源，用電負載越高，干擾現象更加嚴重，電力線網路接入了很多電器設備，負載設備隨時都

可能開機或關閉電源，導致電力線的負載電流和電壓不斷地變化行成干擾源。建築物室內配線，電源插座形成連接到電力網路的入口端，但是室內配線電力網當初是為了實現電力傳輸而設計的，因此電力網的內在特點，導致數據通信的錯誤率很高，這些特點包括：低阻抗、沒有特定的拓撲結構、大量無熔絲開關（NFB）斷路器及多分支迴路接點，以及會阻斷電力線中編碼信號的變壓器。

3.4 電力線通訊干擾

電力線載波通訊具有高雜訊、高衰減、高畸變、高時變阻抗變化等〔4,7〕。時變性，由於電力線網上負載的不斷接變化如冷氣機、微波爐、抽水馬達的運轉停止，電器開關等各種隨機作用，使得通道特性具有很強的時變性；衰減特性，電力線通道中還存在著極大的時變衰減，電力線通道中的衰減主要由兩部分組成〔4〕，耦合衰減和線路衰減。一般耦合器的內阻可以做得相當小理論上可以忽略不計，衰減將以線路衰減為主。據相關資料表示〔5〕，線路衰減是距離的函數，距離越大，則衰減越大，農村比城市或工業的衰減大；干擾雜訊，干擾雜訊主要來源，矽控（SCR）器件和一些電源電路產生的 60Hz 的倍頻諧波，另由負載和電力線網路不同步而產生的具有平滑功率譜的干擾及開關電子設備產生的單脈衝雜訊、非同步週期的雜訊。

3.5 高雜訊

電力線供應網上負載的不斷接入、切出、馬達的停止、啟動、電器開關等各種隨機事件，通道特性具有很強的時變性〔4〕，電力線雜訊來源眾多，以電力負載開關電源、變頻機、SCR 開關最為嚴重

(1) 開關電源

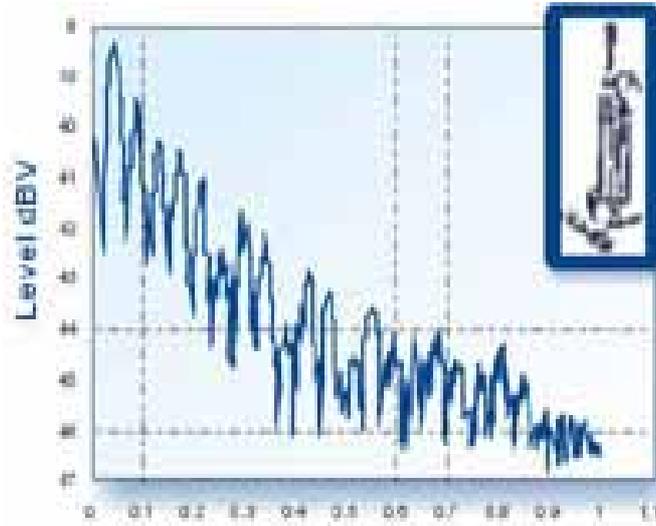


圖 12 開關電源造成基波及高次諧波的廣譜性干擾
資料來源摘自：深圳市維方電子科技有限公司



(2) 變頻電機：

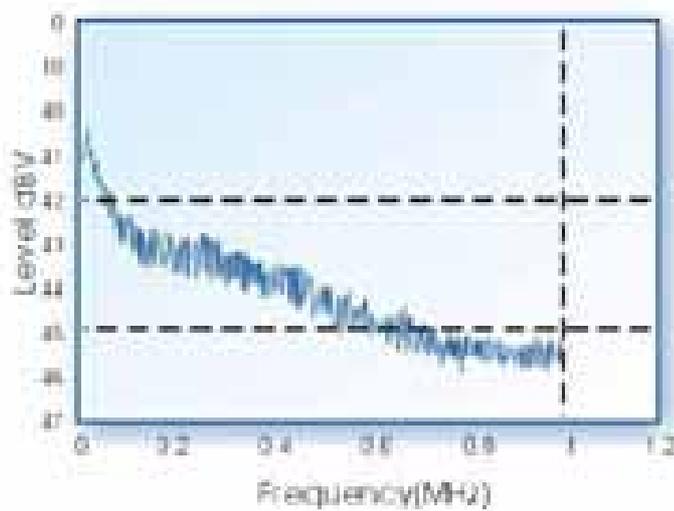


圖 13 變頻機造成載波干擾
資料來源摘自：深圳市維方電子科技有限公司

(3) 矽控開關

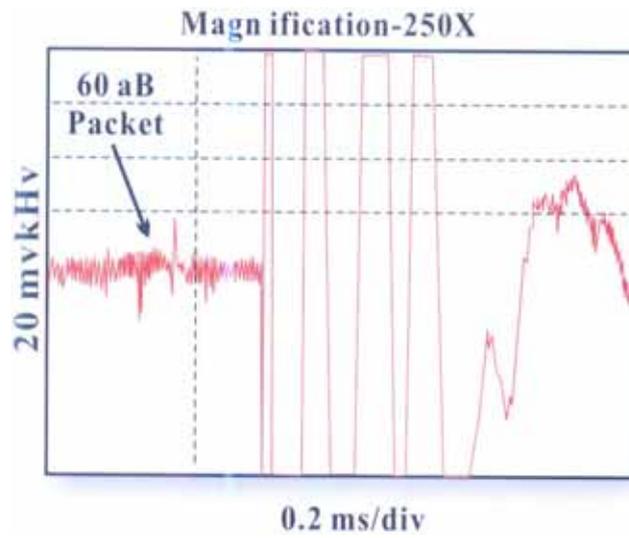


圖 14 控矽設備造成載波干擾

資料來源摘自：深圳市維方電子科技有限公司



3.6 PLC 應用

類比技術在電力線上傳遞載波信號早已應用多年（X-10 技術），把電力線通信技術、網路、微控制器相結合，為目前推動家庭自動化的最經濟最方便的方案之一，以電力線為物理媒介，把分佈在家庭各個角落的控制器和家電 PC 機利用電力線連成一個電力線網路。其優點是，將電力線和控制信號線合一，不需再重新設信號線網路，原使用和維護電器的習慣都不受影響，只要在新生產家電設備內預先將電力線載波通信功能設計在內，對既有舊家電的修改只需外加電力載波通信介面，透過通信界面 IO 即可做簡易控制；家電控制的信號通信量小，故低速電力線載波速度慢的缺點足以滿足家電設備需求，因此低速電力線載波通訊技術在家居智慧化應用方面具有最優良條件。



3.7 電力載波晶片

本研究工研院所使用電力線晶片係選用以色列製 ITRAN 公司〔13〕生產 IT800P 及 IT800D 供電子電表及消防偵測器使用，晶片特性詳表 4。

表 4 IT800 電力線晶片特性

| Parameter | Value | Note |
|--------------------------|---|-------------------------------------|
| Modulation | DCSK | |
| Frequency Operation Band | 120-400 kHz | FCC/ARIB |
| | 20-80 kHz | CENELEC Band A |
| | 95-125 kHz | CENELEC Band B |
| Bit Rate | Standard Mode (SM) - 7.5 Kbps Robust Mode (RM) - 5 Kbps Extremely Robust Mode (ERM) - 1.25 Kbps | FCC/ARIB compliant operation |
| | Robust Mode (RM) - 2.5 Kbps Extremely Robust Mode (ERM) - 0.625 Kbps | CENELEC A and B compliant operation |
| Error Correction | Forward short-block soft decoding error correction code and CRC | |
| Receiver Sensitivity | <1 mV PTP | |
| Dynamic Range | >85dB | |
| Supply voltage | +3.3V | |
| Current Consumption | 65mA | Typical, average |
| Interface | UART | IT800D |
| | SPI | IT800SCP |
| Package | 64 pin LQFP | For PLCC44 please inquire |

資料來源：<http://www.itrancomm.com/index.htm>

4.1 實驗流程圖

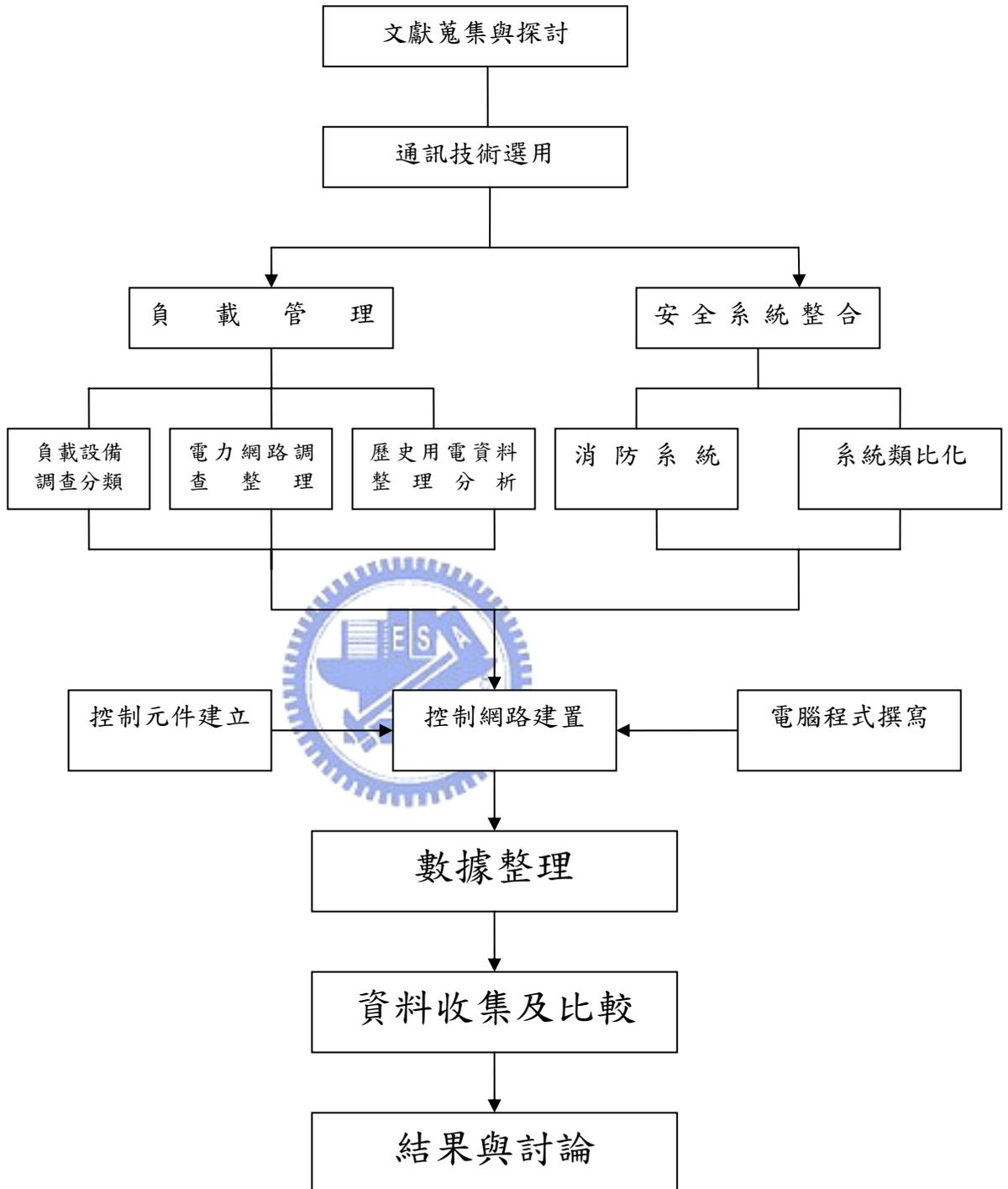


圖 15 實驗流程圖

4.2 研究方法

建置校園安全系統及負載管理機制研究，將以兩種不同類型及規模建築物宿舍為研究背景，針對規模較小負載數量及種類簡單學生宿舍及規模大環境複雜教學館舍，實施電力線傳輸技術驗證研究，學生宿舍建立安全系統（房間防盜、廁所求救、消防火警等系統）與學生宿舍冷氣負載控制管理，控制尖離峰契約需量管理，藉由安全系統自動通報系統及使用者付費及遠方預約啟動及即時關閉功能，並配合學校電力負載曲線管理機制，搭配冷氣機用電儲值刷卡管理，將抑低尖峰負載需量推動工作，由管理者主動推動使用者被動配合，轉變為使用者及管理者共同推動，以達到校園宿舍安全及抑制電力成長與降低電力尖峰需量工作需求。

建置安全系統及冷氣管理負載管理系統，計劃將採用工研院能資所開發完成電子電表（AMR）模組元件，突破傳統有線配置與乙太網路設計，以電力線網路作為資訊傳輸通訊技術，實現宿舍安全系統並衍生附加價值「電力負載管理機制（冷氣使用管理系統）」，並開發校園安全系統與電力負載管理系統軟體。

4.3 電子電表系統（AMR）

電子電表系統基本組架構如圖 16 係由資料收集系統（伺服器、集中器）、電子電表、輸入輸出及電力線載波通信模組等組成，具有電力量測、電力線載波通訊埠、參數顯示器、信號輸入埠、控制輸出埠、電源控制開關等。AMR 具備電力線載波通訊機能，對外模組資訊傳輸之介面，利用加於電力線上之載波來通訊，使用之晶片為 IT800，其操作電壓為 3.3 伏，電流為 45 mA。



圖 16 電子電表

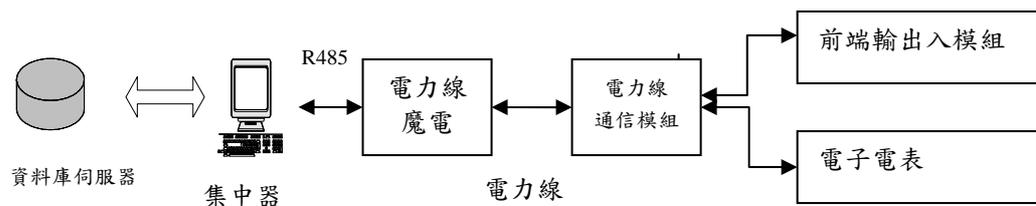


圖 17 AMR 基本架構

4.3.1 電子電表

電力量測功能是採用D7755晶片來設計，它具有電壓信號與電流信號通道各一組，其量測為有效功率並以脈衝信號輸出。電壓信號通道之最大信號輸入為 ± 660 mV，電流信號通道之最大信號輸入為 ± 470 mV。電路可隨時量測空調機用電與累計，資料最後會傳到伺服器資料庫。電路也包括傳訊器之電源、LED顯示模組、DI、DO、RTC、EEPROM、RS-232等電路。其中LED顯示模組可顯示埋入式傳訊器之量測積算值、I/O狀態、系統時間、定址操作狀態。RS-232則是提供系統程式升級或除錯之連線介面。

4.3.2 前端輸出入控制模組

前端輸出入控制模組架構是根據宿舍管理需求功能來規劃，由電力量測、電力線載波通訊埠、參數顯示器、信號輸入埠、控制輸出埠、電源控制開關等所組成。本機可應用於單相或單相三線式電力系統，軟體功能具備電力積算、用電/無用電狀態判別、遠端控制狀態判別、輸出埠驅動、LED可顯示模組I/O狀態、電力積算值、通訊、定址、錯誤訊息、自我診測等，具備電力線載波通訊機能，是對外模組資訊傳輸之介面，它應用加載於電力線上之載波來通訊，使用之晶片為IT800，其操作電壓為3.3伏，電流為45 mA。USART Mode特性DCLK Rate為400KHz - 1MHz。Data Packet是包括Data Rate Mode(1Byte)、Data Length (1Byte)、Data(1-127Bytes)。前端輸出入控制模組之本體電路，前端輸出入控制模組程式結構如圖18，負責將電力量測結果積算值儲存與將資料傳遞至電力線模組經由載波傳送至集中器，本體電路也包括傳訊器之電源、LED顯示模組、DI、DO、RTC、EEPROM、RS-232等電路。其中LED顯示模組可顯示埋入式傳訊器之量測積算值、I/O狀態、系統時間、定址操作狀態。RS-232則是提供系統程式升級或除錯之連線介面。DI/DO則作為外部信號狀態監測與輸出控制用，如DI是作為空調機之運轉狀態、保全啟動、人員侵入等監測用，DO點則是用於各寢室空調機遠端遙控與強制卸載控制用，前端輸出入控制模組如圖19，負責將電力量測結果積算值儲存與將資料傳遞至電力線模組經由載波傳送至集中器。

程式結構圖 Structural drawing

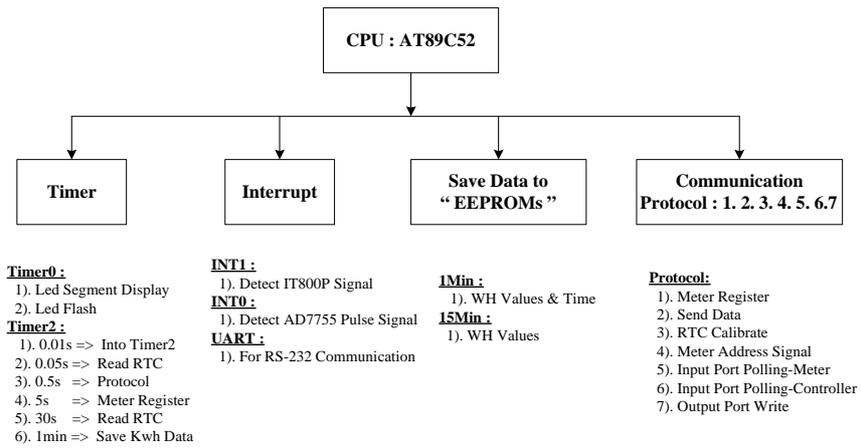


圖 18 前端輸出入控制模組程式結構圖

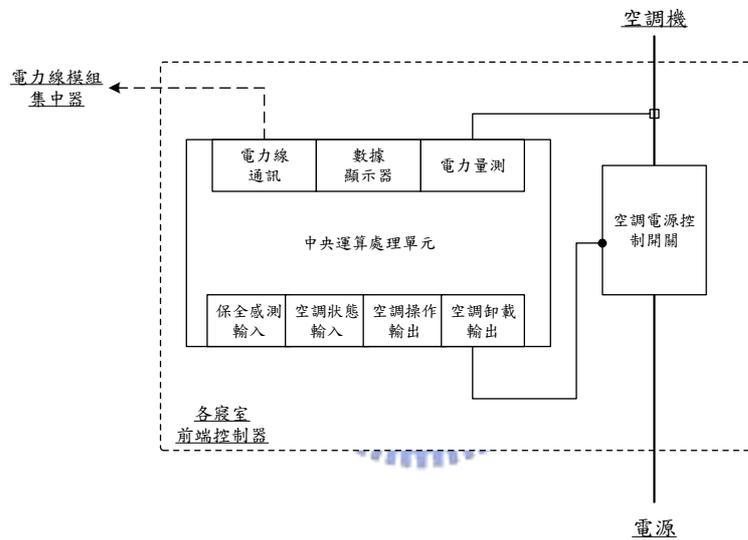


圖 19 AMR 前端輸出入控制模組

4.3.3 電力線載波通訊技術

電力線載波通訊模組，使用之晶片為 IT800，其操作電壓為3.3伏電流為45 mA。USART Mode特性 DCLK Rate 為400KHz - 1MHz。Data Packet是包括Data Rate Mode (1Byte)、Data Length (1Byte)、Data(1-127Bytes)。



圖 20 電力線通信模組

電力線通信(Power Line Communication, PLC), 是使用電力線傳送資料的一種通信技術方式, 電力線載波在低壓供電電力系統(220v/110 v)環境, 以既設電源線作為載波通信的通訊線路載體, 用載波方式進行低速載波通信。載波信號電壓一般在5伏以下, 不會對電力線傳輸電能造成影響, 電源線成為一種電力傳輸和載波通信相結合的網路。低速 PLC 利用 100k 到 400k 頻帶範圍傳輸信號, 將信號載入到電力線上, 在發送時, 利用調製技術將用戶資料進行調製, 用電力線進行資料傳輸, 接收端, 通過電力線數據機將信號從電力線上分離出來, 先經過濾波器將調製信號濾出, 再經過解調, 就可得到原通信信號, 傳送到伺服器上。

對於通信而言, 以電力線作為有線傳輸介質, 其原理如同電話、有線電視、光纖通信一樣, 所不同的是電話、光纖、有線電視是傳輸語音、圖像、資料、信號的專用網。而電力線是在輸送電能前提下輔助傳輸資料或話音信號, 不是通信專用網, 但作為行業管理和智慧家電是最經濟最有效的技術應用。

4.3.4 電力線模組集中器程式架構

電力線模組集中器為一觸控式電腦, 並且搭配電力線模組所組成。電力線模組集中器程式模組架構如圖21, 電力線模組集中器之程式流程如圖22, 其軟體程式架構主要包括兩大功能: RS232通訊與網路通訊。程式功能之目的, 除了透過RS232介面蒐集各個前端輸出入控制模組之電力積算資料與即時I/O狀態外, 同時利用校園企業網, 傳送所有模組之電力積算資料與即時I/O狀態至宿舍管理伺服器, 提供系統管理者或登入伺服器之住宿生於遠端監控負載設備以及保全系統。在程式架構中, 分為RS232通訊與網路通訊兩部分, 於RS232通訊程式中, 主要利用4個執行緒完成資料接收、運算、儲存以及傳送之動作。以下敘述為針對四個執行緒作一詳細說明, RS232通訊埠監聽執行緒, 當前端控制模組之輸入狀態改變時, 將主動發送狀態變化之信息至集中器, 於是此執行緒之功能主要為接收此信息, 並且將其內容儲存於記憶體內; RS232通訊埠Routine執行緒, 此執行緒之處理流程為每隔30秒, 發送讀取各個控制模組I/O狀態之請求, 並且等待回應。待接收模組回應之資料後, 立即儲存於記憶體中。而於時間間隔60秒, 發送另一讀取控制模組電力積算資料之請求後, 其後續流程即與I/O狀態處理程序相同; RS232通訊埠控制執行緒, 此執行緒功能在於, 根據指定的控制模組位址以及輸出之設定值, 透過RS232通訊埠傳送至對應之模組, 提供遠端控制之功能; 資料儲存執行

緒，由於集中器資料儲存空間較小，於是針對電力積算之歷史資料部分，採取以檔案方式記錄。因此，處理程序為每隔15分鐘，讀取檔案前一筆資料，並且與資料庫記錄之資料運算，最後將運算結果新增於檔案中。而在網路通訊部分，則是藉由HTTP網路通訊執行緒與Socket網路通訊執行緒負責前端控制模組資料之傳送，HTTP網路通訊執行緒，此執行緒包括兩種資料傳送，模組之即時I/O狀態與電力積算值。程式執行流程是以每隔0.5秒，確認各個模組狀態有無改變；若發生變化，立即透過網路上傳至宿舍管理伺服器，並且儲存於伺服器中之SQL資料庫。至於各個模組之電力積算值部分，則是以固定時間間隔(15分鐘)傳送，以保持集中器與伺服器資料維持同步，Socket網路通訊執行緒，為了實現遠端冷氣啟動/停機控制、排程管理與強制卸載等目的，於是集中器程式增加了Socket網路通訊之機制。透過雙方Socket連線建立，即可傳送控制指令於指定之裝置，達成上述之功能。



電力線模組集中器之程式架構圖

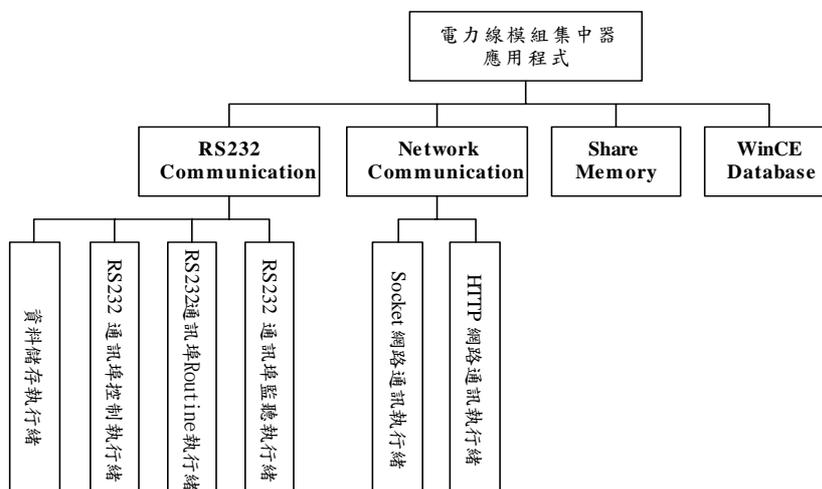


圖 21 電力線模組集中器程式模組架構

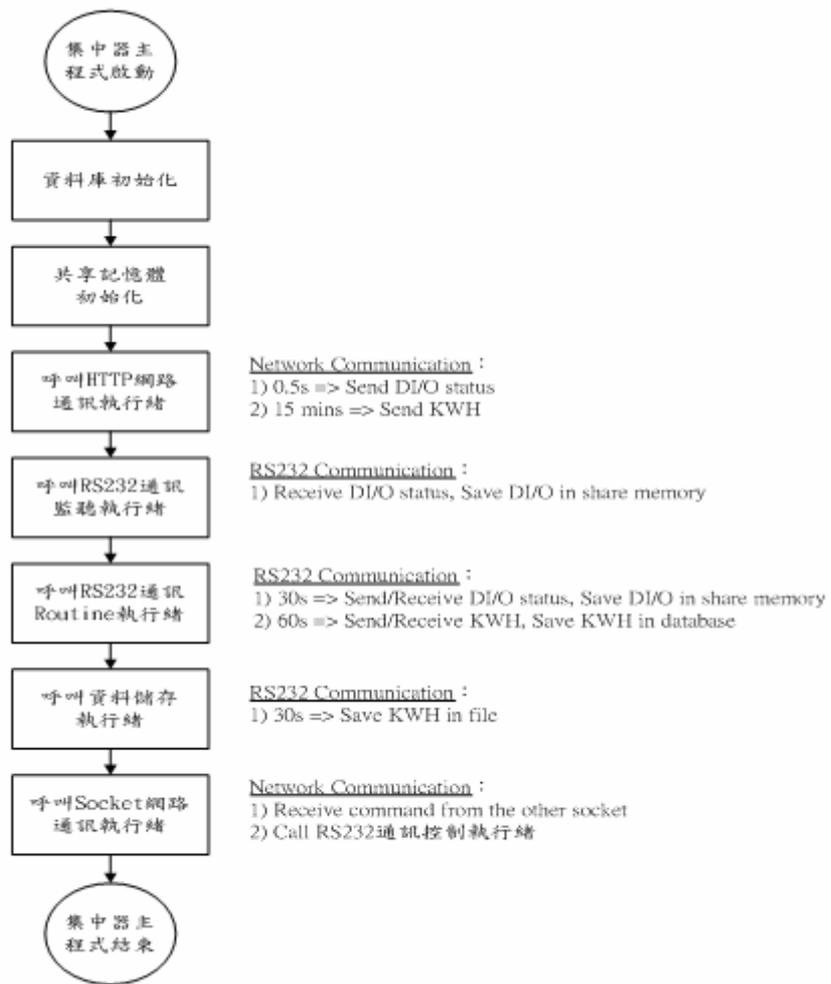


圖 22 電力線模組集中器之程式流程圖

4.3.5 集中器最佳裝地點分析

電力線通信網路屬開放性網路，且網路上有充滿負載設備及干擾源，如何在現有電力線網路上架設最佳資料收集點，能將網路上各點資料收集完整將是一大考驗，以下將以學校教學大樓作為實驗測試標的，教學大樓屬老舊建築物全長 75 公尺寬 25 公尺每一樓高 3.5 公尺屋齡 20 年共有 4 層樓佔地約 400 坪，每層樓約有 25 間房間口字型排列，中間有一大天井，電力線網路，高壓變電站設在一樓西側，台電以高電壓 11.4KV 經降壓變壓器降為 3 相 220V 供電，電力線網路由一樓變電站經過 MP 配電盤一分為二分為東西兩迴路供應各樓層電源使用，每一樓層東西側分別由東西兩迴路獨自供電，樓層與樓層間並聯供電方式供電。

表 5 教學大樓電力線通訊測試狀態表

| 測試日期： | 3月4日 | | | | | | 3月17日 | | | | 3月23日 | | | | | |
|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|---|
| 電盤編號： | PA4 | | | 203 | 301 | 414 | PA4 | | | | PA3 | | ATS | | | |
| 相位： | R-T | R-S | T-S | R-T | R-T | R-S | R-T | R-T | R-S | T-S | T-S | R-T | T-S | R-T | R-S | |
| Address | R_NO | 4F | | | 2F | 3F | 4F | 4F | | | | 3F | 1F | | | |
| 030135 | 100-1 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 |
| 030136 | 100-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030134 | 100-3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 030120 | 101 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 0 |
| 030121 | 102 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 030122 | 106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030125 | 107-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030126 | 107-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030127 | 107a-3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030129 | 107a-4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03012B | 107a-6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03012D | 118a | X | M | 0 | M | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 03012E | 118b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030137 | 200 | 0 | X | X | 0 | X | X | 0 | 0 | X | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030138 | 200-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03013E | 201 | M | 0 | 0 | 0 | X | 0 | M | 0 | X | 0 | 0 | X | 0 | 0 | P |
| 03013F | 202 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | 0 | X | 0 | X | 0 | M | 0 | 0 |
| 030123 | 203 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | X | X | X | X | 0 | X | 0 | 0 | 0 |
| 030165 | 204 | 0 | P | X | 0 | X | X | 0 | M | 0 | X | 0 | 0 | X | 0 | 0 |
| 030140 | 209 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030141 | 210 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030142 | 211 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030143 | 212 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030110 | 213 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030111 | 214 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030144 | 215 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030145 | 216 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030112 | 217 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030113 | 218 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03013D | 219 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | 0 | X | 0 | P | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030148 | 220-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | M | 0 | 0 | X | X | M | 0 | 0 | 0 |
| 030160 | 220-3 | P | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | 0 | X | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030147 | 220-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | X | M | 0 | X | X | M | 0 | 0 | 0 |
| 03012F | 220-4 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 030161 | 221 | P | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | M | X | 0 | 0 | X | 0 | 0 | X |
| 030162 | 222 | P | 0 | 0 | 0 | X | 0 | X | 0 | 0 | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030163 | 223 | P | 0 | P | 0 | X | 0 | M | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030164 | 225* | X | X | X | X | X | X | M | M | X | X | X | M | 0 | 0 | 0 |
| 030119 | 301-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030139 | 300 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03013A | 300-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 6 教學大樓電力線通訊測試狀態表 (續一)

| 測試日期： | | 3月4日 | | | | | | 3月17日 | | | | 3月23日 | | | | |
|---------|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|
| 電盤編號： | | PA4 | | | 203 | 301 | 414 | PA4 | | | | PA3 | | ATS | | |
| 相位： | | R-T | R-S | T-S | R-T | R-T | R-S | R-T | R-T | R-S | T-S | T-S | R-T | T-S | R-T | R-S |
| Address | R_NO | 4F | | | 2F | 3F | 4F | 4F | | | | 3F | 1F | | | |
| 030130 | 301 | X | X | X | X | 0 | X | P | P | 0 | X | X | X | M | 0 | 0 |
| 030131 | 301-2 | X | P | X | X | 0 | X | X | M | 0 | X | X | X | M | 0 | 0 |
| 030132 | 301-2 | X | X | X | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | 0 | 0 | 0 |
| 030133 | 301-3 | X | X | X | X | 0 | X | X | X | 0 | X | X | X | P | 0 | 0 |
| 030150 | 310b | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03014C | 305 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03014D | 306 | 0 | 0 | 0 | M | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03014E | 307 | 0 | 0 | 0 | M | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03015D | 308 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03014F | 310a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030151 | 310c | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030152 | 312 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030153 | 313 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 |
| 030154 | 314 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 |
| 030155 | 315 | X | M | 0 | 0 | X | 0 | X | M | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | M |
| 030156 | 317 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030157 | 318a | 0 | X | X | X | 0 | X | 0 | 0 | X | X | X | M | M | 0 | 0 |
| 030158 | 318b | 0 | X | 0 | X | 0 | X | 0 | 0 | X | X | X | P | 0 | 0 | 0 |
| 030159 | 319 | 0 | X | M | X | 0 | X | 0 | 0 | M | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03015A | 320 | 0 | X | M | X | 0 | X | M | 0 | X | X | X | X | 0 | 0 | 0 |
| 03015B | 321 | 0 | X | 0 | P | 0 | X | M | 0 | X | 0 | X | X | 0 | 0 | 0 |
| 03015C | 322 | P | X | 0 | X | 0 | X | P | M | X | X | X | X | 0 | 0 | 0 |
| 03013B | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03013C | 400-1 | 0 | M | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030108 | 402a | X | X | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 030109 | 402a | 0 | 0 | 0 | M | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030106 | 403a | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030105 | 404a-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030107 | 404a | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03010A | 404a-2 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 030114 | 405a | 0 | 0 | 0 | X | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030115 | 405b | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030116 | 406a | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 030117 | 406b | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 7 教學大樓電力線通訊測試狀態表 (續二)

| 測試日期： | 3月4日 | | | | | | 3月17日 | | | | 3月23日 | | | | | |
|----------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|----|
| 電盤編號： | PA4 | | | 203 | 301 | 414 | PA4 | | | | PA3 | | ATS | | | |
| 相位： | R-T | R-S | T-S | R-T | R-T | R-S | R-T | R-T | R-S | T-S | T-S | R-T | T-S | R-T | R-S | |
| Address | R_NO | 4F | | | 2F | 3F | 4F | 4F | | | | 3F | | 1F | | |
| 03010B | 407a | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 03010C | 407a | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 030103 | 408-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 030104 | 408 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 030101 | 409a-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 030102 | 409a-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 03011B | 411 | X | 0 | 0 | 0 | X | 0 | X | M | 0 | 0 | M | X | 0 | 0 | |
| 030118 | 301-5* | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | M | P | 0 | |
| 03015F | 438b | 0 | 0 | 0 | P | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 030146 | | M | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | X | 0 | M | |
| 030128 | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 0 | M | 0 | |
| 03015E | | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 03014A | | 0 | 0 | 0 | X | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 03014B | | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 030166 | | 0 | 0 | 0 | M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 通訊統計： | | 76 | 71 | 75 | 68 | 52 | 60 | 75 | 80 | 66 | 65 | 66 | 72 | 84 | 85 | 84 |
| 備註： 是否有裝偶合器 | | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 偶合 | 偶合 | 偶合 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 |

集中器測試地點條件，分別以時間、距離、相序、耦合器等因素條件作為測試集中器最佳地點條件，如表 8 係依據表 5、6、7 收集資料整理分析後得到結果做進一步分析，初步以高壓變壓器為中心點，設定條件選擇教學大樓東側 2、3 樓各選擇 203/301 室冷氣機 2 處，及離變壓器最遠距離 4 樓選擇 2 處共計 4 處做為第一次測試地點。

第一測試點，PA4 分電箱 RT 相電源側，首先以分電箱無熔絲開關負載側電源 RT 相接測試點接上集中器實際與冷氣機電子電表執行電力線載波通信測試，量測電力線通信情況，總共 90 顆電子電表除 5 顆本身因電子電表內部內碼設定錯誤外，接通電子電錶 76 顆接通率達 89.4%，離預定基本標準 90%仍有一小段距離，初步判定依電力線通信相關文獻變壓器在跨相時會產生約 10-30db 損失，導致通信接通率降低，經相同程序集中器改接電源 RS 相，測試結果通信接通率下降為 83.5%，較 RT 相結果差，電力線通信相序與相序間有通信上損失情形，最後將集中器接 TS 相，測試結果通信接通率 88.2%與 RS 相通信接通率相近，測試結果以變

壓器為中心 100 公尺範圍內相序損失在可以被接受範圍內

第二測試地點，二樓 203 教室冷氣機電子電錶負載側，203 教室電源使用三相 220V 電壓 RT 相電源，測試結果通信接通率 80%，經分析與第一測試點距離為 100 公尺較第二測試點距離 80 公尺約長 20 公尺，且量測電源相序相同為 RT 相，在相同測試機台與電力系統環境，測試結果相差 9.4%，且兩測試點間電源係先經過 2 樓再供應 4 樓電力，距離與通信成功率成反比，可以被接受理由係電力線設計功能係提供電力需求為目的，施工廠商在配置電源線時各接點及各節點無熔絲開關（NFB）接法，是否會產生信號損失並不在考慮條件下，且本棟教學大樓屋齡已達 20 年。為繼續了解比較全棟大樓通信接通率，將測試點移到 3 樓 301 室繼續量測。

第三測試點，三樓 301 辦公室冷氣機電子電錶負載側，301 是電源使用三相 220V 電壓 RT 相電源，測試結果通信接通率 62.1%，結果較第一、二測試點結果差，經分析背景資料顯示，第三測試點與第一、二測試點，如果以距離及相序為考量條件時，第三測試點距離 70 公尺較第一、二測試點近 30、20 公尺，理論通信接通率要較高才合理，但實際測試結果接通率最低，進一步解析其他背景資料分析發現，第一測試點 PA4 分電箱離電源側支路幹線近且負載側未接其他負載，第二測試地點 203 教室內有數量多電子式日光燈具，但測試時日光燈都未開啟外無其他負載，但第三測試點因其屬職員維修室，房間內裝有 4 部電腦及不斷電設備，且有使用日光燈等家電設備，皆有可能產生信號干擾源。

第四測試點，四樓 414 教室冷氣機電子電錶負載側，414 教室電源使用三相 220V 電壓 RS 相電源，離 PA4 分電箱 10 公尺，但電源線路經過 2 顆無熔絲開關，電源線再分給兩台冷氣機使用，電源線距離不遠但回路一分為二，測試結果通信接通率 70.5%。

表 8 教學大樓集中器位置測試記錄 (95/3/4)

| 地點 相序 | PA4 | 203 | 301 | 414 |
|----------|--------|-------|-------|--------|
| R-T 相序 | 89.4% | 80% | 62.1% | ----- |
| R-S 相序 | 83.5% | ----- | ----- | 70.5% |
| T-S 相序 | 88.2% | ----- | ----- | ----- |
| 離變壓器距離 | 100 公尺 | 80 公尺 | 70 公尺 | 110 公尺 |

第二次測試係以第一次測試結果，通信接通率最好 PA4 分電盤持續作通信接通率測試，量測結果如表 9，為克服相序損失問題在三相電源側跨接三相耦合器，減少相序信號損失，量測結果以 RT 相測試未接耦合器前通信接通率 88.23%，接上三相耦合器後通信接通率提高為 94.1%，三相耦合器提高通信接通率 5.87%，但持續量測 RS、TS 相通信接通率，皆較第一次未接三相耦合器通信接通率下降 6%到 12%，因量測頻率不足及電力線網路背景條件無法統一，致使量測結果有所出入。經過兩次量測經驗及數據收集分析，集中器最佳裝設地點條件，與離變壓器距離成反比；與離電源迴路主幹線較支幹線迴路成反比；測試點無負載三條件，通信接通率將會明顯提高，故檢視教學大樓電力線網路符合上述三點條件最佳量測位置以離變壓器 5 公尺緊急供電元 ATS 盤最能符合，同時分析前兩次量測資料顯示，以相序條件分析 RT 電力通信品質最佳，再次選擇 3 樓 PA3 分電箱 RT 相作第三次量測通信接通率。

表 9 教學大樓集中器位置測試記錄 (95/3/17)

| 時間 相序 | ※PA4 | PA4 | 備註 |
|----------|--------|--------|----|
| R-T 相序 | 94.1% | 88.23% | |
| R-S 相序 | 77.64% | --- | |
| T-S 相序 | 76.47% | --- | |
| 離變壓器距離 | 100 公尺 | | |

附註：※代表電力線系統有加裝三相耦合器

第三次測試點，三樓 PA3 分電盤 RT、TS 相負載側，通信接通率如表 10 分別為 84.7%、77.64%，與第二次 PA4 分電盤量測通信接通率有所差異，但三次量測結果有一共通特性 RT 相通信接通率都維持在穩定且有較高接通率，故選擇離變壓器近 ATS 分電盤做進一步量測驗證，量測結果三相通信接通率皆高達 98.8%且 RT 相接通率高達 100%，初步結論教學大樓資料收集中器裝設最佳地點為高壓機房 ATS 分電盤。

表 10 教學大樓集中器位置測試記錄 (95/3/17)

| 地點 相序 | PA3 | ATS | 備註 |
|----------|--------|--------|----|
| R-T 相序 | 84.7% | 98.82% | |
| R-S 相序 | --- | 98.82% | |
| T-S 相序 | 77.64% | 100% | |
| 離變壓器距離 | 96 公尺 | 5 公尺 | |

結論以變壓器為中心 100 尺半徑範圍內，電力線通信距離長度及相序問題未造成太大通信障礙，但真正影響各節點及支路通信接通率高低原因，以電力線迴路上干擾源問題最為嚴重，為能提高通信接通率如能持續長時間實施電力線網路通信品質測量，尋找干擾源裝設阻波器隔離干擾源，將可確保將來通信品質。

4.3.6 通信品質測試與分析

電力線通訊模組通訊品質測試條件，將以密集通訊方式實測通訊狀況，集中器每 30 秒、15 分鐘對系統實施通訊要求，AMR 回傳時間、DIO、KWH 等資料，傳送資料後需等待集中器回應通訊協定，如等待 0.5 秒仍未收到集中器回傳成功信號或是收到失敗信號則重傳，重傳超過三次仍未成功則放棄此通訊協定，待所有 AMR 傳完資料後，系統針對本次通訊失敗 AMR 再發出通訊要求，重複上述動作三次後完全放棄通訊要求，因集中器對每一次僅能對一個 AMR 執行通訊協定，經常時間對學生宿舍觀察電線載波通信測試資料，整理電力線通信成功率資料統計如表 11 到表 19 所示。

表 11 DI/O 通訊品質統計表 (92/11/28-92/12/5)

| Addr | SendCnt | RecvCnt | RSCnt | RRCnt | ReTry | SuccessRate(%) |
|--------|---------|---------|-------|-------|-------|----------------|
| 0x020C | 17818 | 8603 | 9215 | 8603 | 612 | 93.35 |
| 0x0301 | 17831 | 8602 | 9229 | 8602 | 627 | 93.20 |
| 0x0302 | 17837 | 8597 | 9240 | 8597 | 643 | 93.04 |
| 0x0303 | 17846 | 8601 | 9245 | 8601 | 644 | 93.03 |
| 0x0304 | 17823 | 8601 | 9222 | 8601 | 621 | 93.26 |
| 0x0305 | 17811 | 8604 | 9207 | 8604 | 603 | 93.45 |
| 0x0306 | 17910 | 8603 | 9307 | 8603 | 704 | 92.43 |
| 0x0307 | 17813 | 8603 | 9210 | 8603 | 607 | 93.40 |
| 0x030A | 18035 | 8593 | 9442 | 8593 | 849 | 91.00 |

表 12 KWH 通訊品質統計表 (92/11/28-92/12/5)

| Addr | SendCnt | RecvCnt | RSCnt | RRCnt | ReTry | SuccessRate(%) |
|--------|---------|---------|-------|-------|-------|----------------|
| 0x020C | 4570 | 4301 | 4570 | 4301 | 269 | 94.11 |
| 0x0301 | 4565 | 4302 | 4565 | 4302 | 263 | 94.23 |
| 0x0302 | 4591 | 4300 | 4591 | 4300 | 291 | 93.66 |
| 0x0303 | 4559 | 4302 | 4559 | 4302 | 257 | 94.36 |
| 0x0304 | 4547 | 4302 | 4547 | 4302 | 245 | 94.61 |
| 0x0305 | 4561 | 4302 | 4561 | 4302 | 259 | 94.32 |
| 0x0306 | 4542 | 4302 | 4542 | 4302 | 240 | 94.71 |
| 0x0307 | 4577 | 4302 | 4577 | 4302 | 275 | 93.99 |
| 0x030A | 4724 | 4297 | 4724 | 4297 | 427 | 90.96 |

表 13 DI/O 通訊品質統計表 (92/12/11-92/12/12)

| Addr | SendCnt | RecvCnt | RSCnt | RRCnt | ReTry | SuccessRate(%) |
|--------|---------|---------|-------|-------|-------|----------------|
| 0x020C | 1890 | 912 | 978 | 912 | 66 | 93.25 |
| 0x0301 | 1897 | 912 | 985 | 912 | 73 | 92.58 |
| 0x0302 | 1899 | 912 | 987 | 912 | 75 | 92.40 |
| 0x0303 | 1898 | 912 | 986 | 912 | 74 | 92.49 |
| 0x0304 | 1899 | 910 | 989 | 910 | 79 | 92.01 |
| 0x0305 | 1901 | 912 | 989 | 912 | 77 | 92.21 |
| 0x0306 | 1894 | 912 | 982 | 912 | 70 | 92.87 |
| 0x0307 | 1882 | 912 | 970 | 912 | 58 | 94.02 |
| 0x030A | 1899 | 911 | 988 | 911 | 77 | 92.20 |

表 14 KWH 通訊品質統計表 (92/12/11-92/12/12)

| Addr | SendCnt | RecvCnt | RSCnt | RRCnt | ReTry | SuccessRate(%) |
|--------|---------|---------|-------|-------|-------|----------------|
| 0x020C | 476 | 456 | 476 | 456 | 20 | 95.79 |
| 0x0301 | 482 | 456 | 482 | 456 | 26 | 94.60 |
| 0x0302 | 486 | 456 | 486 | 456 | 30 | 93.82 |
| 0x0303 | 492 | 456 | 492 | 456 | 36 | 92.68 |
| 0x0304 | 479 | 456 | 479 | 456 | 23 | 95.19 |
| 0x0305 | 483 | 456 | 483 | 456 | 27 | 94.40 |
| 0x0306 | 480 | 456 | 480 | 456 | 24 | 95.00 |
| 0x0307 | 482 | 456 | 482 | 456 | 26 | 94.60 |
| 0x030A | 502 | 456 | 502 | 456 | 46 | 90.83 |

表 15 DI/O 通訊品質統計表 (93/1/29-93/1/30)

| Addr | SendCnt | RecvCnt | RSCnt | RRCnt | ReTry | SuccessRate(%) |
|--------|---------|---------|-------|-------|-------|----------------|
| 0x020C | 3836 | 1843 | 1993 | 1843 | 150 | 92.47 |
| 0x0301 | 3845 | 1844 | 2001 | 1844 | 157 | 92.15 |
| 0x0302 | 3850 | 1843 | 2007 | 1843 | 164 | 91.82 |
| 0x0303 | 3880 | 1842 | 2038 | 1842 | 196 | 90.38 |
| 0x0304 | 3872 | 1844 | 2028 | 1844 | 184 | 90.92 |
| 0x0305 | 3819 | 1842 | 1977 | 1842 | 135 | 93.17 |
| 0x0306 | 3865 | 1840 | 2025 | 1840 | 185 | 90.86 |
| 0x0307 | 3831 | 1841 | 1990 | 1841 | 149 | 92.511 |
| 0x030A | 3861 | 1840 | 2021 | 1840 | 181 | 91.04 |

表 16 KWH 通訊品質統計表 (93/1/29-93/1/30)

| Addr | SendCnt | RecvCnt | RSCnt | RRCnt | ReTry | SuccessRate(%) |
|--------|---------|---------|-------|-------|-------|----------------|
| 0x020C | 990 | 919 | 990 | 919 | 71 | 92.82 |
| 0x0301 | 985 | 921 | 985 | 921 | 64 | 93.50 |
| 0x0302 | 972 | 921 | 972 | 921 | 51 | 94.75 |
| 0x0303 | 977 | 921 | 977 | 921 | 56 | 94.26 |
| 0x0304 | 986 | 921 | 986 | 921 | 65 | 93.40 |
| 0x0305 | 994 | 921 | 994 | 921 | 73 | 92.65 |
| 0x0306 | 975 | 921 | 975 | 921 | 54 | 94.46 |
| 0x0307 | 976 | 921 | 976 | 921 | 55 | 94.36 |
| 0x030A | 1005 | 920 | 1005 | 920 | 85 | 91.54 |

表 17 DI/O 通訊品質統計表 (93/10/24-93/10/27)

| Addr | SendCnt | RecvCnt | RSCnt | RRCnt | ReTry | SuccessRate(%) |
|--------|---------|---------|-------|-------|-------|----------------|
| 0x020C | 7897 | 3816 | 4081 | 3816 | 265 | 93.84 |
| 0x0301 | 7907 | 3817 | 4090 | 3817 | 273 | 93.32 |
| 0x0302 | 7925 | 3815 | 4110 | 3815 | 295 | 92.82 |
| 0x0303 | 7942 | 3814 | 4128 | 3814 | 314 | 92.39 |
| 0x0304 | 7909 | 3816 | 4093 | 3816 | 277 | 93.23 |
| 0x0305 | 7911 | 3816 | 4095 | 3816 | 279 | 93.18 |
| 0x0306 | 7974 | 3815 | 4159 | 3815 | 344 | 91.72 |
| 0x0307 | 7896 | 3813 | 4083 | 3813 | 270 | 93.38 |
| 0x030A | 8005 | 3812 | 4193 | 3812 | 381 | 90.91 |

表 18 KWH 通訊品質統計表 (93/10/24-93/10/27)

| Addr | SendCnt | RecvCnt | RSCnt | RRCnt | ReTry | SuccessRate(%) |
|--------|---------|---------|-------|-------|-------|----------------|
| 0x020C | 2032 | 1907 | 2032 | 1907 | 125 | 93.84 |
| 0x0301 | 2035 | 1908 | 2035 | 1908 | 127 | 93.75 |
| 0x0302 | 2015 | 1907 | 2015 | 1907 | 108 | 94.64 |
| 0x0303 | 2017 | 1908 | 2017 | 1908 | 109 | 94.59 |
| 0x0304 | 2011 | 1907 | 2011 | 1907 | 104 | 94.82 |
| 0x0305 | 2019 | 1907 | 2019 | 1907 | 112 | 94.45 |
| 0x0306 | 2041 | 1907 | 2041 | 1907 | 134 | 93.43 |
| 0x0307 | 2032 | 1908 | 2032 | 1908 | 124 | 93.89 |
| 0x030A | 2117 | 1908 | 2117 | 1908 | 209 | 90.12 |

表 19 宿舍長時間 KWH 電力線通信成功率統計表

| 電表位 置 | 種 類 | 921128- 921205 | 921211- 921212 | 930129- 930130 | 931024- 931027 | 平均通信 成功率(%) |
|----------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| 0x020C | DIO | 93.35 | 93.25 | 92.47 | 93.84 | 93.23 |
| 0x0301 | DIO | 93.20 | 92.58 | 92.15 | 93.32 | 92.81 |
| 0x0302 | DIO | 93.04 | 92.40 | 91.82 | 92.82 | 92.52 |
| 0x0303 | DIO | 93.03 | 92.49 | 90.39 | 92.39 | 92.08 |
| 0x0304 | DIO | 93.27 | 92.01 | 90.93 | 93.23 | 92.36 |
| 0x0305 | DIO | 93.45 | 92.21 | 93.17 | 93.19 | 93.01 |
| 0x0306 | DIO | 92.44 | 92.87 | 90.86 | 91.73 | 91.98 |
| 0x0307 | DIO | 93.41 | 94.02 | 92.51 | 93.39 | 93.33 |
| 0x030A | DIO | 91.01 | 92.21 | 91.04 | 90.91 | 91.29 |
| 0x020C | KWH | 94.11 | 95.80 | 92.83 | 93.85 | 94.15 |
| 0x0301 | KWH | 94.24 | 94.61 | 93.50 | 93.76 | 94.03 |
| 0x0302 | KWH | 93.66 | 93.83 | 94.75 | 94.64 | 94.22 |
| 0x0303 | KWH | 94.36 | 92.68 | 94.27 | 94.60 | 93.98 |
| 0x0304 | KWH | 94.61 | 95.20 | 93.41 | 94.83 | 94.51 |
| 0x0305 | KWH | 94.32 | 94.41 | 92.66 | 94.45 | 93.96 |
| 0x0306 | KWH | 94.72 | 95.00 | 94.46 | 93.43 | 94.40 |
| 0x0307 | KWH | 93.99 | 94.61 | 94.36 | 93.90 | 94.21 |
| 0x030A | KWH | 90.96 | 90.84 | 91.54 | 90.13 | 90.87 |

4.3.7 長時間電力線通訊成功率測試

電力線網路調查，在實驗中研究對象場所電力網環境系統做詳細調查，調查項目包含電力線長度、相序、接點數等資料，以電子電表與集中器間通訊次數，計算通訊成功率，做為分析電力線通訊驗證，同時分析學生宿舍電力通訊品質是否會因電力相序（UVW）及線路長短，而產生訊號干擾及通訊不良現象。調查結果如表 20 VU 相*4 組、WU 相*3 組、VW 相*2 組共計 9 組自動電表。

表 20 宿舍 4 樓電力網路調查表

| 房間 | 編號 | 相位關係 | | 電力線長度(米) | NFB | 節點數 |
|-----|--------|------|---|----------|-----|-----|
| 400 | 0x020C | V | U | 31.4 | 3 | 12 |
| 401 | 0x0301 | V | W | 32.4 | 3 | 12 |
| 402 | 0x0302 | W | U | 29.7 | 3 | 12 |
| 403 | 0x0303 | W | U | 23.4 | 3 | 12 |
| 404 | 0x0304 | V | U | 26.9 | 3 | 12 |
| 405 | 0x0305 | W | U | 25.1 | 3 | 12 |
| 406 | 0x0306 | V | W | 37.2 | 3 | 12 |
| 407 | 0x0307 | V | U | 35.4 | 3 | 12 |
| 廁所 | 0x030A | V | U | 30.1 | 3 | 12 |

4.3.8 通訊協定條件與通訊成功率

電力線通訊模組通訊品質測試條件，將以密集通訊方式實測通訊狀況，集中器每次只能對一個電子電表執行通信，通信採循環依序通信方式，集中器每 30 秒對一個電子電表發出通訊要求封包，當 AMR 接到要求發送通信封包時，將發出含有 DIO 等資料通信封包，經由電力線傳輸資料封包給集中器，傳送資料封包後需等待集中器回應通訊成功協定封包，如等待 0.5 秒仍未收到集中器回傳成功信號或是收到失敗信號則 ARM 將重傳通信封包，重傳超過三次仍未成功則放棄此通訊協定，待所有 AMR 通信完成後，系統針對本次通訊失敗 AMR 再度發出通訊要求，重複上述動作三次後仍無法完全通信要求將放棄通訊要求，如果系統無法完成通信要求，電子電表將放棄此次通信要求。KWH 通信方式與 DIO 通信模式相同，不同

處在於 KWH 通信頻率 15 分鐘一次。

集中器每一次僅能對一個 AMR 執行通訊協定，這是電力線通訊缺點但對於執行負載控制而言反而成為其最大優點，由於單點通訊啟動負載將能避免負載設備同時啟動造成瞬間啟動電流過大現象。

表 21 通訊品質統計表名詞定義

| Field | Description |
|------------------------|---|
| FUNC | <ul style="list-style-type: none"> ● Code：43，表示為偵測 DI/O 狀態 ● Code：81，表示讀取 KWH 值 |
| SendCnt | 送出請求之累積值 <ul style="list-style-type: none"> ● Code：43，為 SendDIO 與 SendOK 之累計 ● Code：81，為 SendKWH 之累計 |
| RecvCnt | 接收回應之累積值 |
| RealSendCnt (RSCnt) | 實際送出請求之累積值 <ul style="list-style-type: none"> ● Code：43，由於集中器收到電表回應後才會發送 SendOK 信號，於是 SendOK 次數與 RecvCnt 相同，因此 $RealSendCnt = (SendCnt - RecvCnt)$。 ● Code：81，由於集中器收到電表回應後不會回送 SendOK，因此 $RealSendCnt = SendCnt$。 |
| RealRecvCnt (RRCnt) | 與 RecvCnt 相同 |
| SuccessRate (%) | 通訊成功率，計算方式為 $(RealRecvCnt / RealSendCnt) * 100$ |
| Retry | 重複傳送次數，計算方式為 $(RealSendCnt - RealRecvCnt)$ |

表 22 宿舍長時間 DIO 電力線通信成功率統計表

| 電表位 置 | 種 類 | 921128- 921205(%) | 921211- 921212(%) | 930129- 930130(%) | 931024- 931027(%) | 平均通信 成功率(%) |
|----------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| 0x020C | DIO | 93.35 | 93.25 | 92.47 | 93.84 | 93.23 |
| 0x0301 | DIO | 93.20 | 92.58 | 92.15 | 93.32 | 92.81 |
| 0x0302 | DIO | 93.04 | 92.40 | 91.82 | 92.82 | 92.52 |
| 0x0303 | DIO | 93.03 | 92.49 | 90.39 | 92.39 | 92.08 |
| 0x0304 | DIO | 93.27 | 92.01 | 90.93 | 93.23 | 92.36 |
| 0x0305 | DIO | 93.45 | 92.21 | 93.17 | 93.19 | 93.01 |
| 0x0306 | DIO | 92.44 | 92.87 | 90.86 | 91.73 | 91.98 |
| 0x0307 | DIO | 93.41 | 94.02 | 92.51 | 93.39 | 93.33 |
| 0x030A | DIO | 91.01 | 92.21 | 91.04 | 90.91 | 91.29 |

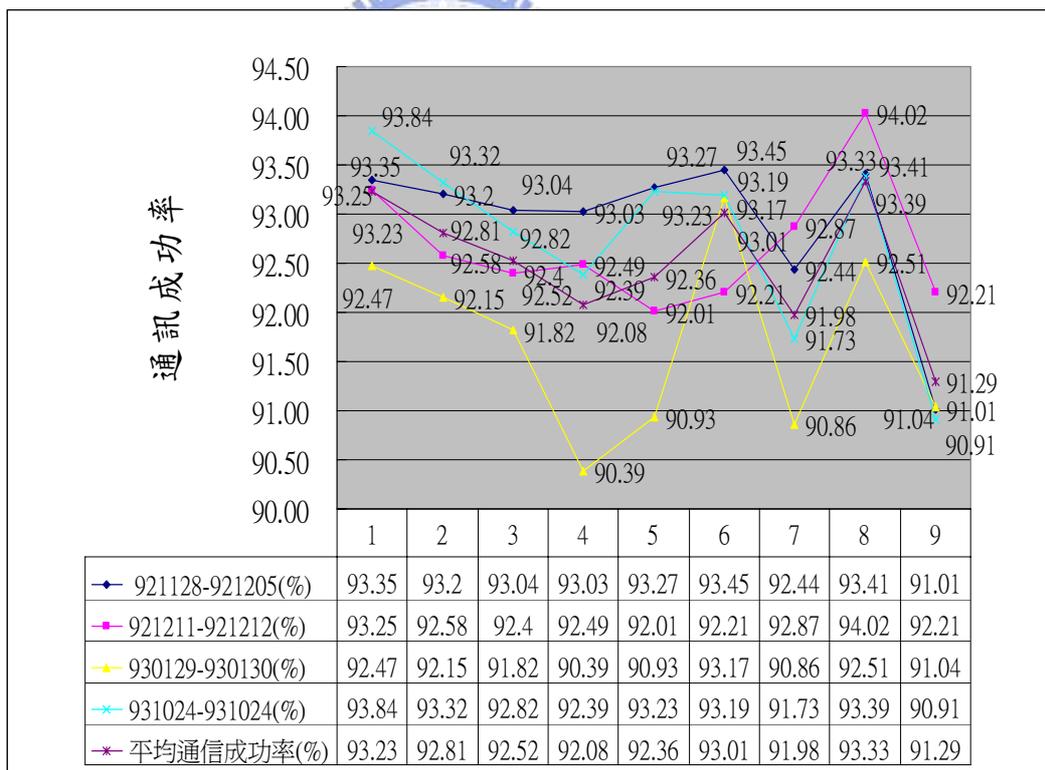


圖 23 宿舍長時間 DIO 電力線通信成功率統計表

如表 22 所示係根據表 19 測試結果整理得知，圖 23 係依據表 22 資料繪製宿舍長時間 DIO 電力線通信成功率值比較，由 DIO 電力線通信成功率曲線顯示，電子電表通信成功率與時間因數有關，並可推測電力線通信成功率與當時線上電力品質有關，電力線上電力品質與通信成功率成正比，整體而言編號 1-8 號電子電表通信成功率皆可達 92-95% 間，編號 9 號電子電表 (0x030A) 通信成功率在 91% 附近通信成功率較低，近一步如表 4-19 電力線調查結果資料整理分析如表 23，與編號 9 電子電表接電源相序 (VU)，相同條件有編號 1、5、8 等，同時考量電力線通信距離分析，編號 1、8 長度皆比編號 8 電子電表長，故可推測在電力線通信迴路上，電力線皆使用實心銅線傳輸電力與信號，在小範圍內電力線通信環境不會因通信距離差異而有太大變化，在不考慮電子電表本身因素條件下，

表 23 宿舍 4 樓電力網路調查表 (整理)

| 房間 | 編號 | 相位關係 | | 電力線長度(米) | NFB | 節點數 | 通信成功率 |
|-----|----|------|---|----------|-----|-----|-------|
| 400 | 1 | V | U | 31.4 | 3 | 12 | 93.23 |
| 404 | 5 | V | U | 26.9 | 3 | 12 | 92.36 |
| 407 | 8 | V | U | 35.4 | 3 | 12 | 93.33 |
| 廁所 | 9 | V | U | 30.1 | 3 | 12 | 91.29 |

表 24 宿舍長時間 KWH 電力線通信成功率統計表

| 電表位置 | 種類 | 921128-921205(%) | 921211-921212(%) | 930129-930130(%) | 931024-931027(%) | 平均通信成功率(%) |
|--------|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------|
| 0x020C | KWH | 94.11 | 95.80 | 92.83 | 93.85 | 94.15 |
| 0x0301 | KWH | 94.24 | 94.61 | 93.50 | 93.76 | 94.03 |
| 0x0302 | KWH | 93.66 | 93.83 | 94.75 | 94.64 | 94.22 |
| 0x0303 | KWH | 94.36 | 92.68 | 94.27 | 94.60 | 93.98 |
| 0x0304 | KWH | 94.61 | 95.20 | 93.41 | 94.83 | 94.51 |
| 0x0305 | KWH | 94.32 | 94.41 | 92.66 | 94.45 | 93.96 |
| 0x0306 | KWH | 94.72 | 95.00 | 94.46 | 93.43 | 94.40 |
| 0x0307 | KWH | 93.99 | 94.61 | 94.36 | 93.90 | 94.21 |
| 0x030A | KWH | 90.96 | 90.84 | 91.54 | 90.13 | 90.87 |

如表 24 所示則為係根據表 19 測試結果整理得知，圖 24 係依據表 24 資料繪製宿舍長時間 KWH 電力線通信成功率值比較。

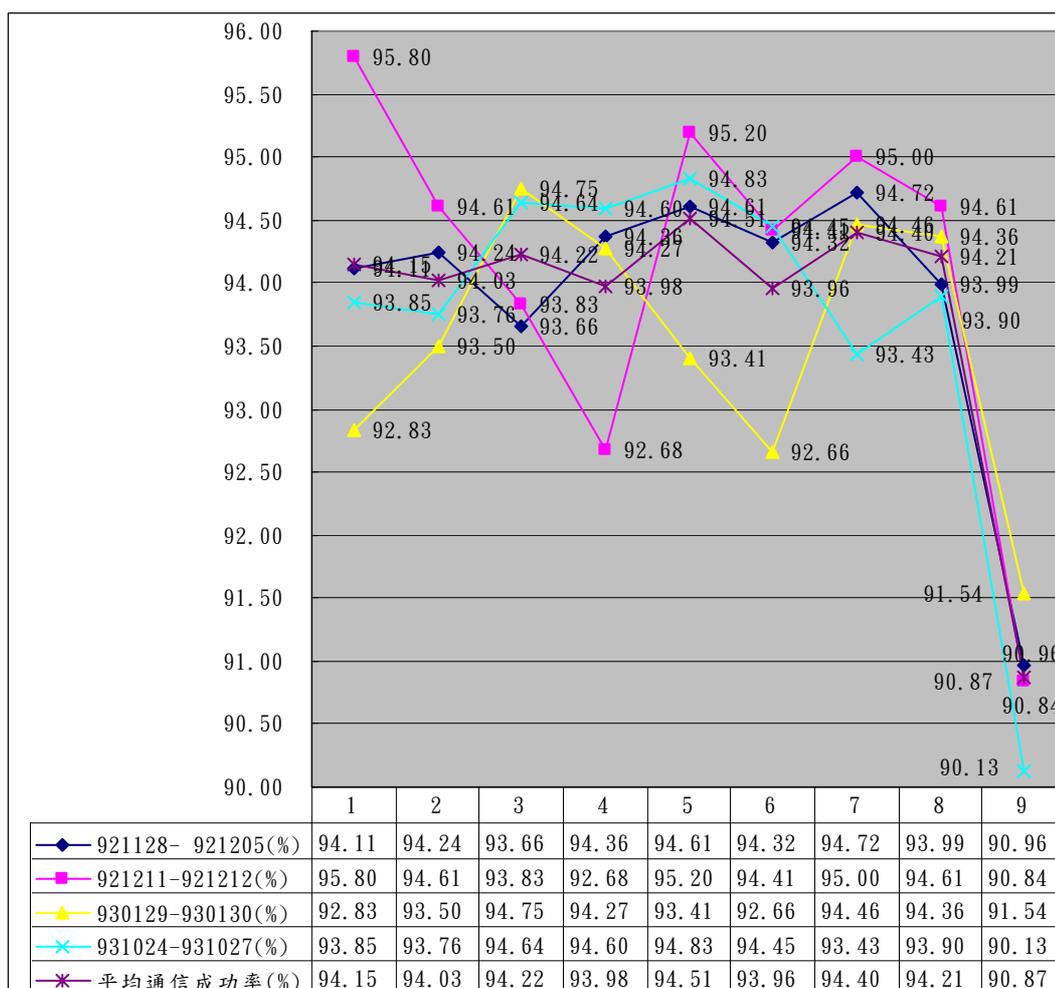


圖 24 宿舍長時間 KWH 電力線通信成功率統計表

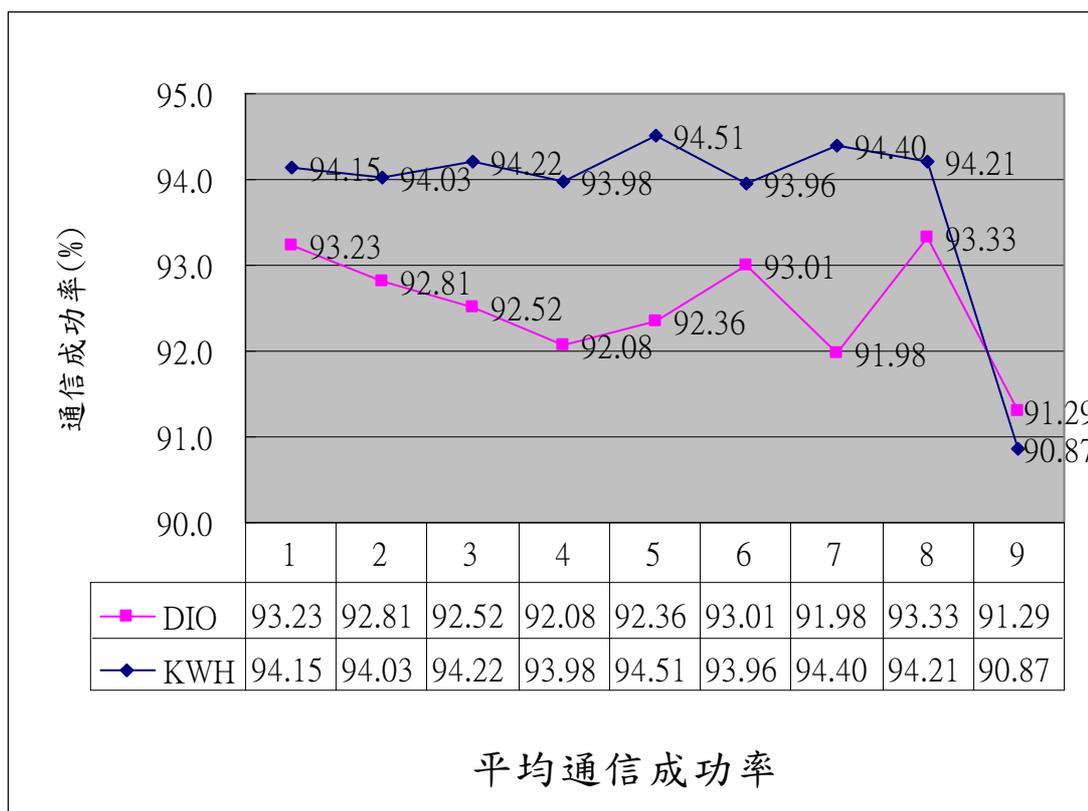


圖 25 宿舍長時間 DIO/KWH 平均電力線通信成功率統計表

如圖 25，KWH 電力線通信成功率與 DIO 通通信成功率曲線走勢雷同，所示 KWH 通信成功率遠較 DIO 通信成功率低，其原因 DIO 通訊要求次數平均 9000 次/天，KWH 平均 2500 次/天，整體而言通信次數越高成功率較低，但整體而言 DIO/KWH 通信率成功率皆已達 91% 以上，對執行自動抄表或執行不需即時性通信，低速電力線通信不失為良好通信技術。通訊成功率如圖 25 顯示 DIO 部分達 92% 以上 KWH 部分達 93% 以上，由通訊數據分析結果，學生宿舍環境電力線網路對跨相和長度因素對通訊品質影響程度不大。

4.4 安全系統規劃

校園安全系統包含監視系統、門禁管制、房間保全、公共區域救援信號、消防系統等系統，以下將分別提出說明。

4.4.1 監視系統

資訊時代的快速演變，安全監控數位化、資料變得容易處理和儲存，寬頻網路的興起，數位安全監控產品已經成為無可避免的趨勢。綜觀數位化監控產品的發展，傳統監視系統以錄影機搭配CCTV攝影機和影像分割器共同組合。近年來由於網路與數位化的普及，將影像擷取卡插在個人電腦平台上，直接將數位影像資料存錄於硬碟，DVR(Digital Video Recorder)，數位影像監控設備，具備多影像出入，內建影像擷取控制和錄影硬碟，目前已漸取代傳統式監視系統。數位安全系統發展趨勢，不再侷限於單機作業，將可提供將影像、聲音、門禁和警報整合設備。利用區域網路和網際網路的特點來實現一個真正的分散式監控，區域管理或集中管理的遠程安全監控是為系統整合的趨勢，監視系統監視範圍以建築物出入口及重要區域為主，採影像比對技術錄影，當防護區域有異常時透過系統IO卡及內建電子地圖，通知DI時系統即時將警報前30秒影像記錄，同時將藉由電子地圖，標示地點即時透過遠端監控中心，藉由網際網路及時查看異常地點影像縮短反應時間。

4.4.2 門禁管制

門禁系統將結合門禁刷卡、監視系統組成，門禁系統IO模組狀態藉由電力線網路通訊技術將訊號傳回集中器處理。門禁系統，利用現有既設門禁系統管制人員出入，並協商員供應系統商在不破壞基本架構條件下，引出異常破壞輸出訊號作為安全整合系統介面，當訊號輸出時安全系統將及時發出異常通知訊號通之監控中心，並可發出警訊並連動監視系統，將警報發點狀況由監視影像及聲音透過網路監控系統由監控中心及遠距管理者監控整體狀況。

4.4.3 房間保全系統

房間為防護基本單元，安全系統以分散式架構主從式結構組成，防護空間（辦公室或研究室）門口裝設按鍵式密碼鎖(如圖 26)，門、窗戶裝設偵測開關(如圖 27)負責啟動及偵測防衛防護空間安全。當啟動保全系統時，系統將先檢查防護空

間內偵測開關（磁簧開關）是否已就定位，當偵測磁簧開關未定時，系統將不啟動防盜系統，同時指示燈顯示防盜系統啟動失敗，反之偵測開關已就定位完成系統將顯示保全系統啟動，同時系統將送出啟動保全訊號通知集中器，隨時掃描系統，當保全入侵啟動時系統警鈴將響起，同時並將送出入侵訊號通知集中器警報。

系統架構房間內保全系統配線接線圖(如圖28)傳統是有線傳輸，主控單元電子電表及前端輸出入模組所組成，離開房間外通信架構係由電子電表前端輸出入模組電力線通信模組負責，藉由電力線系統傳輸信號，不另配置信號傳輸線路，房間電子電表前端輸出入DIO接線(如圖29)。



圖 26 房門按鍵式密碼鎖



圖 27 門、窗戶裝設偵測開關

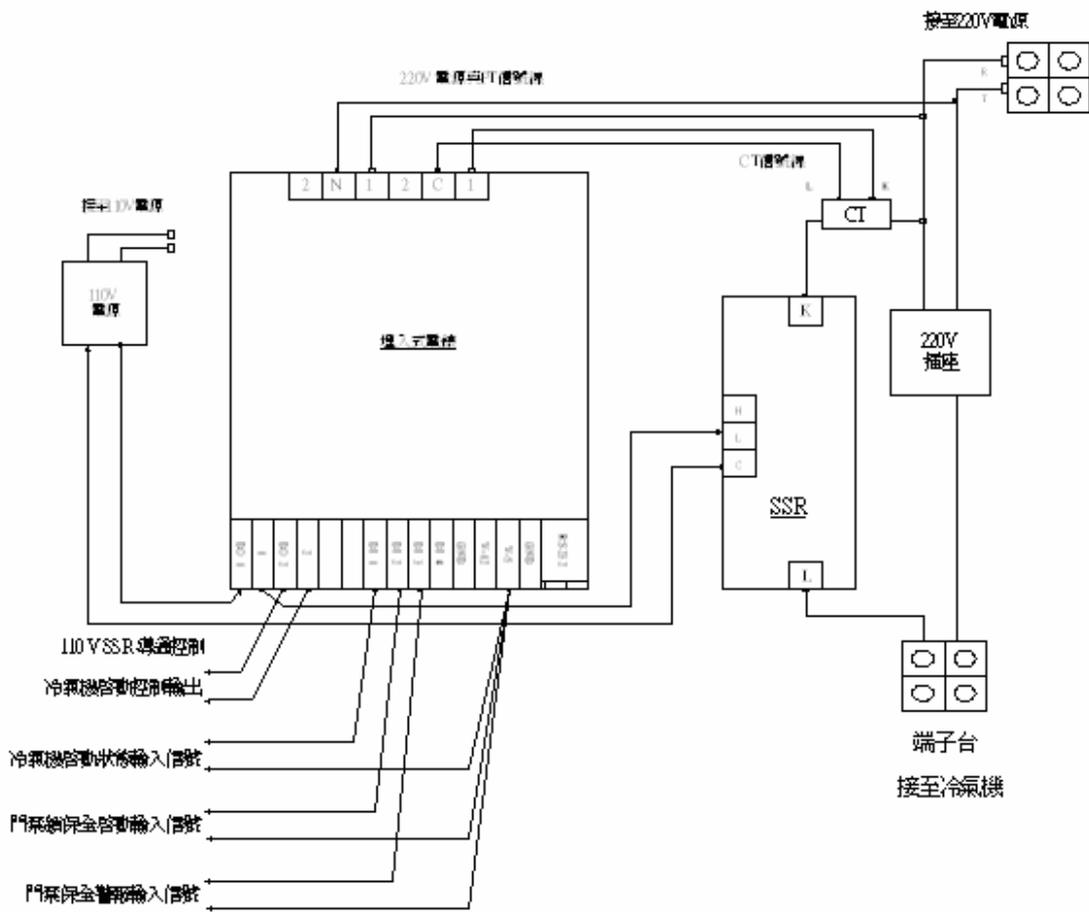


圖 28 基本單元房間保全系統配線接線圖

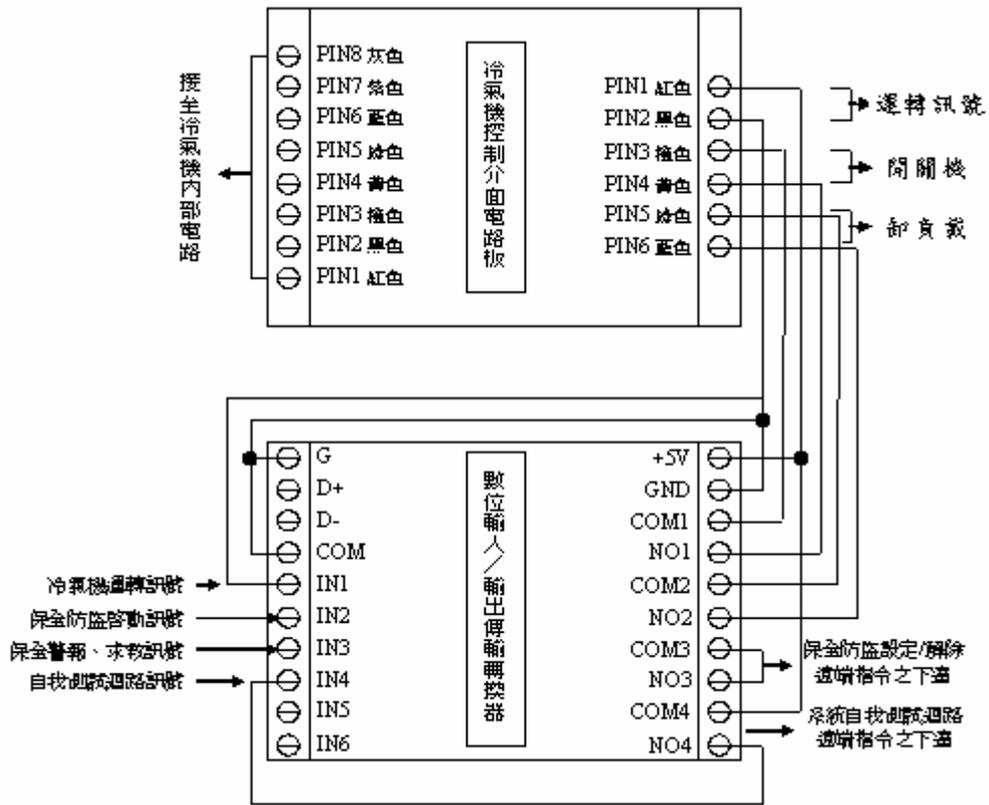


圖 29 房間電子電表前端輸出 DIO 接線圖

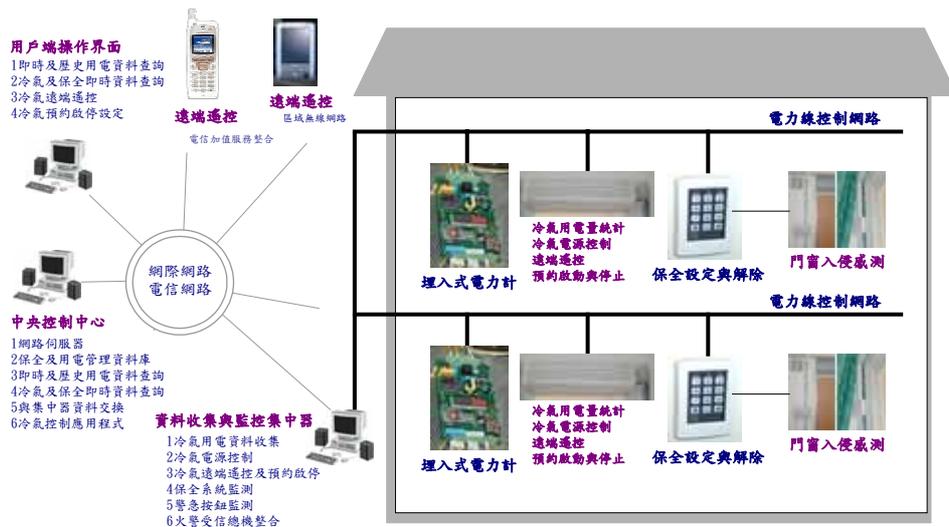


圖 30 校區宿舍用電管理及保全系統整合架構

4.4.4 公共空間求救系統

公共空間求救系統在選擇通訊技術時考量防護空間面積及樓層，傳輸技術採HomeRF方式，將防護區域依其防護特性及涵蓋面積適度區分為數個防護單區，各防護單區各自獨立，系統啟動時同時啟動震撼警鈴及警示燈並將輸出定址IO訊號供集中器處理。

公共區域求救系統，本套系統提供相關人員於公共區域時需要緊急求救或求援時需使用，裝設地點需於公共區域有效範圍明顯處，裝設緊急壓扣開關，同時為預防不知名人士或小孩誤觸發生誤動作，緊急開關需要有防呆裝置，每一緊急求救開關採各自獨立方式配線運作，就近連線至工研院所開發自動讀表系統AMR DI/O模組，並藉由藉由AMR編碼定址功能，如緊急開關觸發啟動時AMR藉由DI/O模組輸出訊號並藉由電力線通訊技術傳出求救訊號，集中器即時掃描程式發現將訊號傳回集中器處理，判定求救點並迅速查詢求救點電子地圖及周邊相關資訊（緊急聯絡電話）以便就近聯絡支援，同步將緊急訊號傳送到監控中心或發出電子郵件通知相關人員即時處理。

廁所求救系統、浴室求救系統、大門入侵系統比照公共區域求救系統，AMR最大優點系所有DI/O點皆有編碼定址功能，可靈活使用只需在集中器電腦程中定義清楚即可。



4.4.5 消防系統

本研究將以電力線傳輸介面建構電力線探測器介面模組（如圖31、32），將非具有定址功能探測器，藉由工研院所開發電力線載波技術附加功能DI/O結合集中器及軟體程式，P型受信總機另加裝介面卡後，即可將P型受信總機轉化為具有R/P型授信總機功能，並可藉由定址功能將火警鈴聲由電力網路傳送至任何一點。消防系統火警受信總機部分，將p型火警受信總機及新增設電力線系統授信總機(PC)整合，兩者間通訊將以電力線通訊為主，電力線通信模組將透過IO介面整合以PC為最終火警受信總機，但各總機仍保有原本既設功能。消防幫浦運轉狀況，例呼水箱缺水/警報/電源/消防水壓力/消防水箱水量狀況訊號，藉由AMR以電力線（非多蕊信號線或雙絞線方式）傳輸至火警受信總機。消防火警鈴將充份運用電力線網路無所不在特性，定址鳴叫同時亦可隨意變換位置，藉由220V與110V電力線網路及通訊協定可任意指定位置電源插座皆可收警報訊號。

探測器接法，P型授信主機傳統式接線方法如圖33所示，電力線通信介面模組探測器接線方式，如圖34可採用傳統式接法在每一迴路最前端加裝電力線通信介面模組，即可將探測器迴路轉變為具有定址功能，也可採並聯方式連接，依消防系統現場需求任意組合，整套探測器消防回路因加裝電力線通信介面模組後，轉變靈活有效，對消防系統最大改變，以往消防警鈴只能在定點發出火警警鈴，電力線通信模組係利用既設電源回路做為傳輸通信介質，可利用此特性，在電力線通信回路上任一點，指定定址發出火警警鈴。

電力消防系統探測器將利用偵煙器動作工作性，當火警動作時，探測器動作時內部接點閉合，消防系統迴路電壓為5v電流30mA，反之當無火警時，探測器內部接點開路，消防系統迴路電壓24v電流100mA，電力線探測器通訊介面係量測迴路電流，作為判斷是否發生火警依據，動當迴路電流大於30mA時，電力線通訊介面將會視為火警信號產生，藉由電力線通訊模組向集中器發出火警訊號。



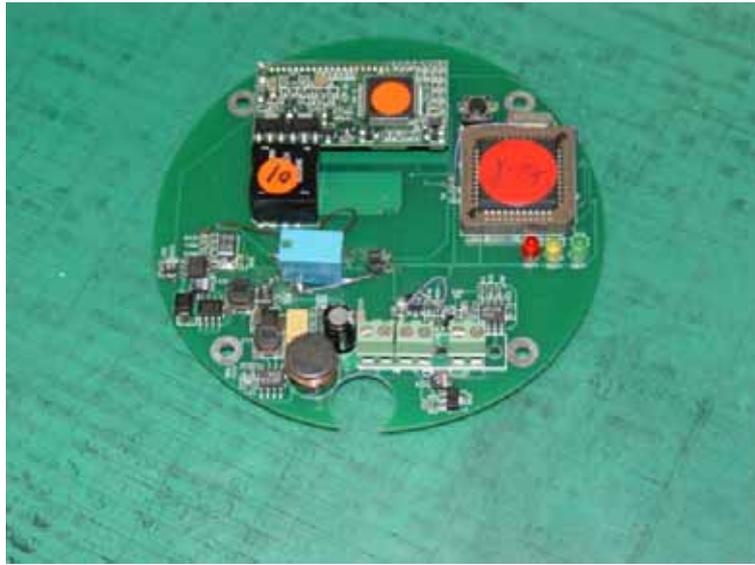


圖 31 探測器電力線通信介面（正面）

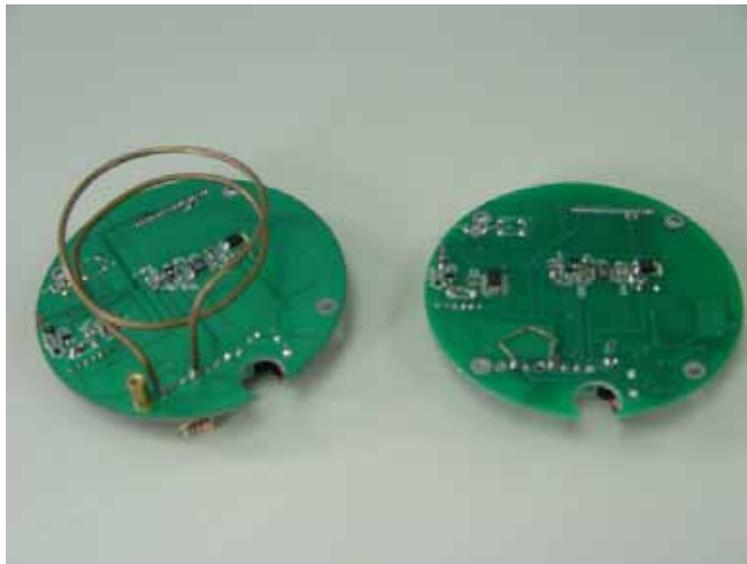


圖 32 探測器電力線通信介面（背面）

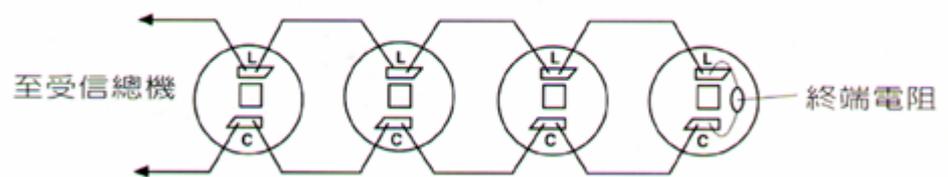


圖 33 傳統式單一迴路探測器接線法

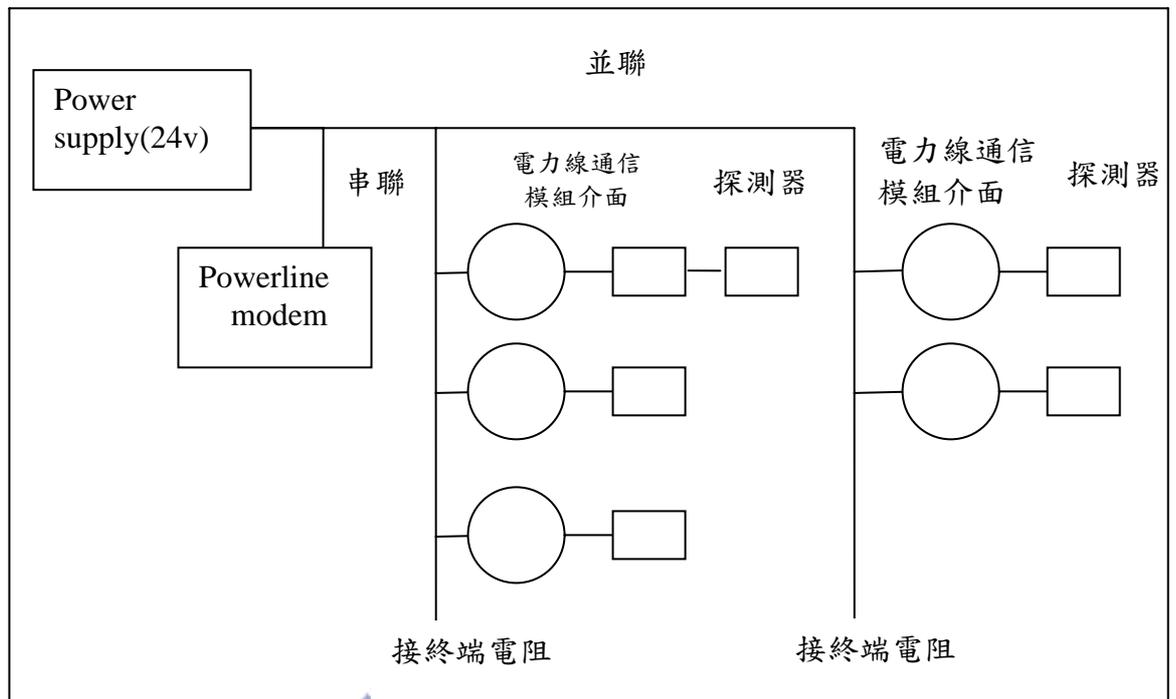


圖 34 電力線消防探測器接法

4.5 負載管理

4.5.1 負載調查

綜合性大學學校負載特性與其他機構或生產單位負載特性不同，綜合性大學因其館舍眾多且各館功能性而有不同功能使用，負載使用時段也不盡相同，例如學生宿舍尖峰負載在下午 7 點到隔日 4 點，行政大樓上午 7 點到下午 6 點，其餘時段幾乎無負載，混合型研究大樓負載特性 24 小時變化，博碩士研究生以下午到凌晨時段使用負載，實際電力負載時段與負載曲線不同於一般機關朝九晚五作業習慣，尤其在業季節前後負載變化量更大，通常大學院校越晚活動越頻繁。負載性調查做法，第一階段：全面調查校區所有館舍（辦公室、研究室、教室、實驗室），現有使用電力負載設備【數量/耗電數據（初略值）】，並繪製負載放置地點圖，及撰寫小型電腦程式供使用者統計/查詢；第二階段：將調查資料整理並配合即時用電數據（管理單位網頁）供管理館舍單位作合理性負載設備需求檢討；第

三階段：最後再由管理單位提出控制性負載需求建議。進而建構下列 3 點資訊需求，以利後續節約能源推動工作，1 建立示範性電腦程式控制合理性負載使用，2 建立實際耗能資料【教室、研究室、辦公室為基本單位】，3 建立教學館舍教室依課表控制電源（夜間及沒排課時間切斷電源）。預估成效，加強館舍自付電費制度執行背景資料，讓使用館舍更明確了解自我館舍耗能負載分布情形，進而自我要求檢討耗能負載合理性，在了解自我耗能負載分布情形及需自付電費前題下，節約能源工作模式將由被動式配合轉變為主動要求模式型態，使節約能源推動工作將更為順利有效。負載調查結果綜合性大學建築物數目多，建築物內以研究室、老師辦公室、教室、階梯教室、實驗室為大宗，建築物擁有設備概可分為大型空調系統、獨立冷氣機、冰箱、數量電腦周邊設備、自動販賣機、大型飲水機、給、排、污水馬達、實驗設備等；其中以空調系統為例因學校空間使用頻率及用途不同，選用空調系統不同一般辦公大樓或行政大樓不以中央系統空調為主，以獨立小型冷氣機為主；國際會議廳及階梯教室才使用大型空調主機，負載設備分類：依負載設備及使用特性概可區分為下列幾類，可降載負載設備（自動販賣機、飲水機、大型空調系統、獨立冷氣機），可卸載負載設備（給、排、污水馬達、冰箱），不可直接控制負載設備（電腦周邊設備）。

學校電力負載管理機制建立，建議以空調設備及抽水馬達、熱水爐設備切入將會具有高效率及成效，以空調設備作為降、卸設備，抽水馬達作為升、卸載設備。由調查結果可得知綜合大學電力負載需求，負載容量大設備較少；設備負載容量小數量龐大為主，單以空調系統為例中大型組機台數不多但獨立示冷氣機約 2500 台，且近學校為配合學生及家長要求，全面安裝學生宿舍冷氣機預估兩年內將全面安裝，第一年 1000 台第二年 1000 台合計 2000 台冷氣不包含每年成長率，一台約 1500w 計算預估使用率 80%，每到夏季光空調設備就需契約電力 5400kw 需求，故學校如要作好電力需量控制，優先規劃將是如何管理冷氣負載列為第一優先課題，其困難度較現行電力公司所推展中央空調系統方式為艱難，如何選擇最方便裝設、維護控制方法，將成為成功先決條件。

負載調查結果，如圖 35 以耗能設備分析，除大型空調主機外則以小型冷氣機佔所有耗能負載設備最大量，以館舍分工學院耗能設備容量最高(如圖 36)

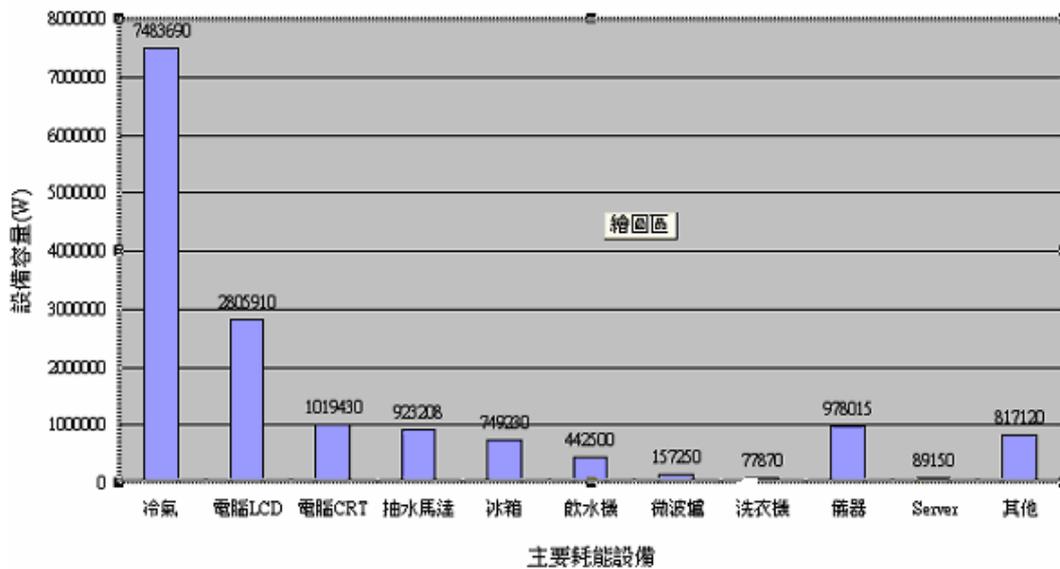


圖 35 耗能設備容量種類

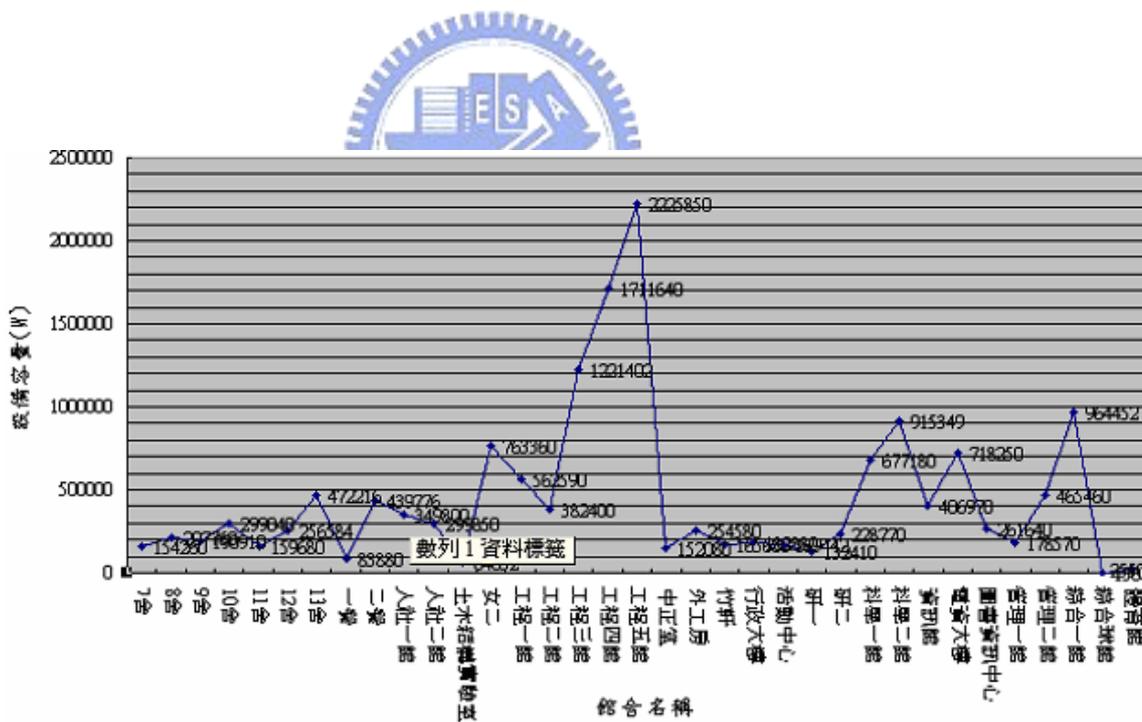


圖 36 館舍耗能設備統計

4.5.2 歷史用電資料收集整理

收集整理歷史用電資料，如圖37最高需求區線走勢與用電量曲線相似，如圖38尖峰與離峰間差值隨季節溫度變化改變。如圖39及圖40將用電資料由單月細分至單日時，單日不同時段最高需求值差異性高。

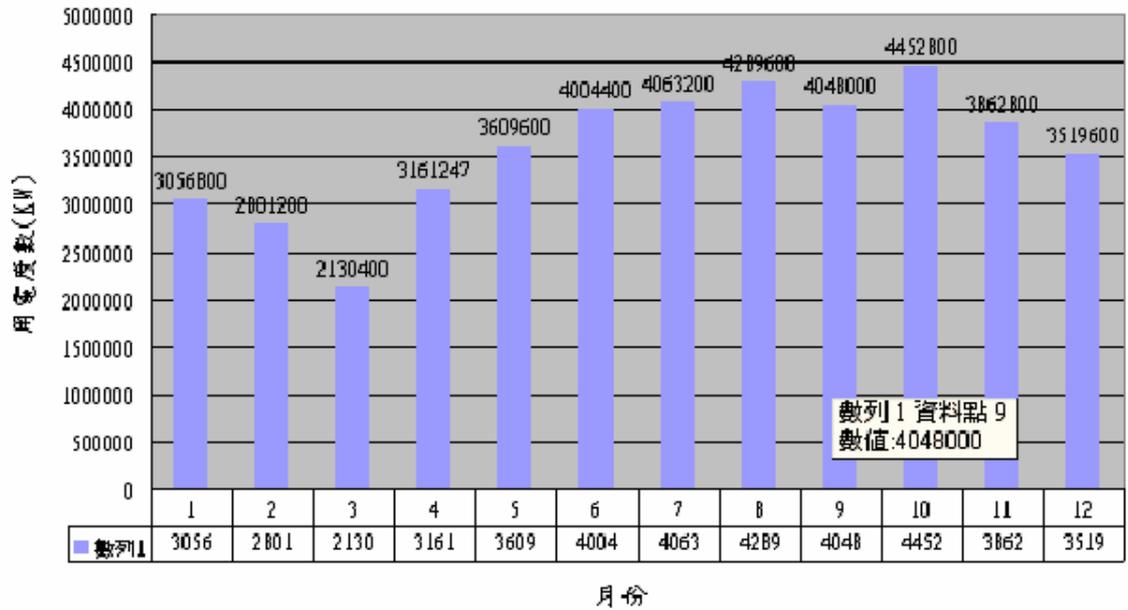


圖 37 全年度用電統計表

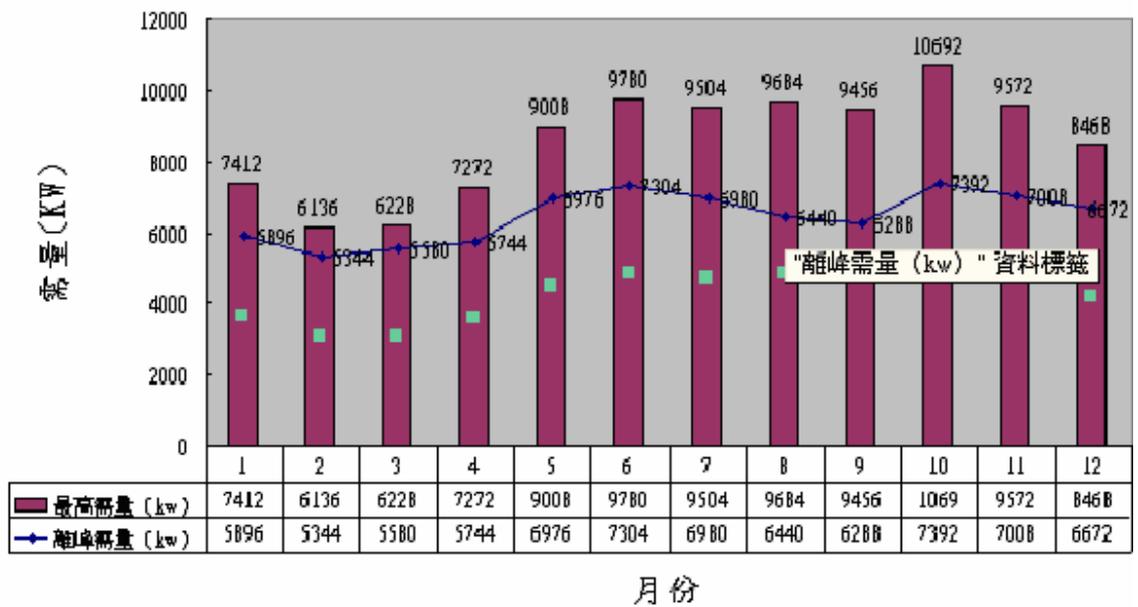


圖 38 全年度尖離峰需求

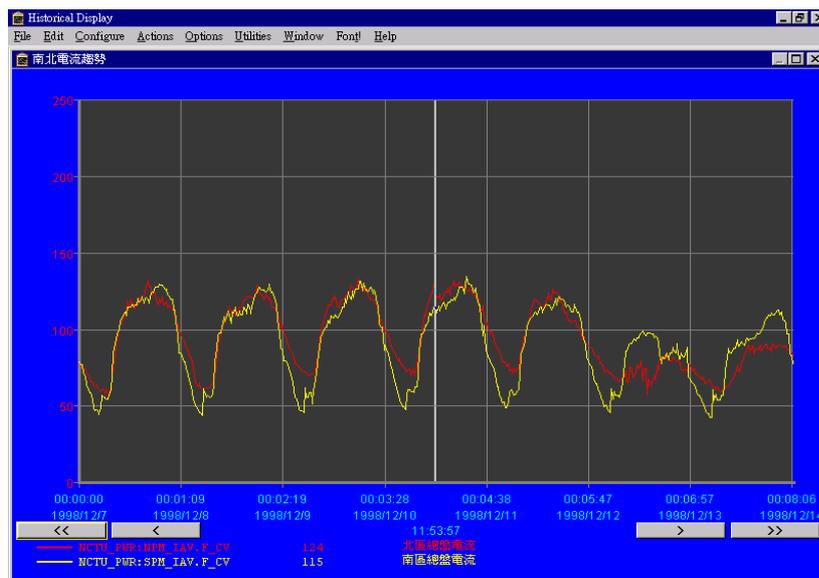


圖 39 一周電流曲線圖

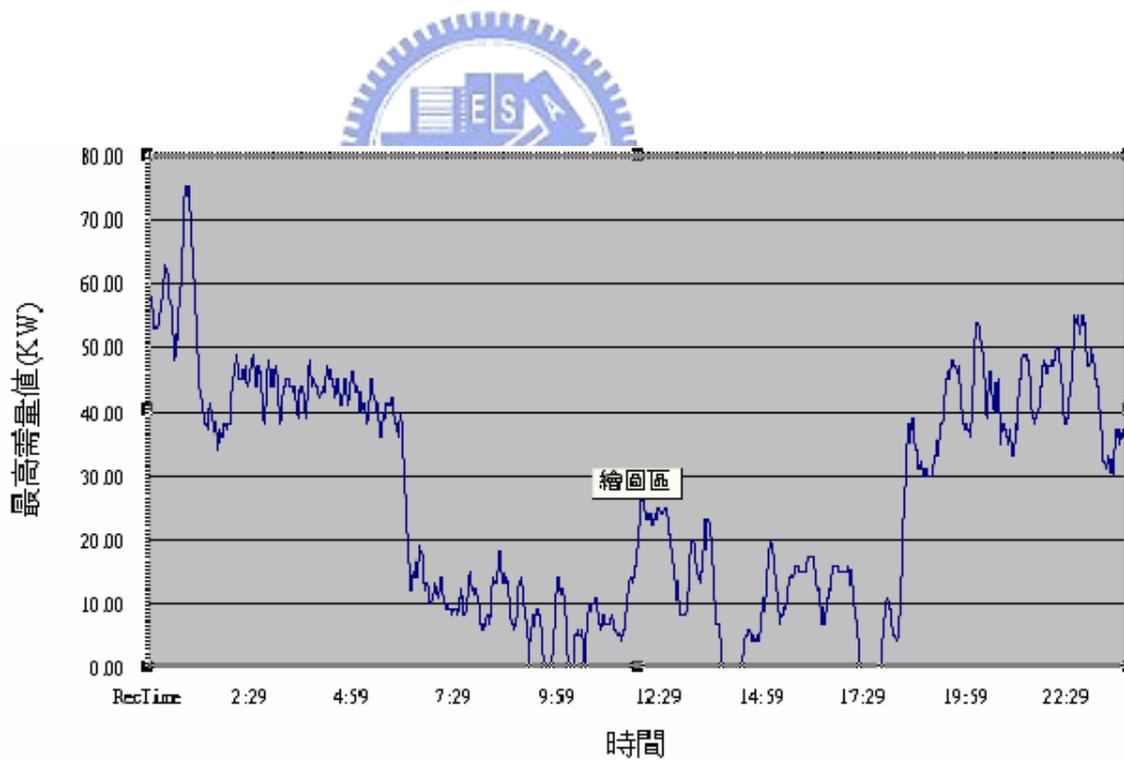


圖 40 單日(93/08/25)宿舍用電需量曲線

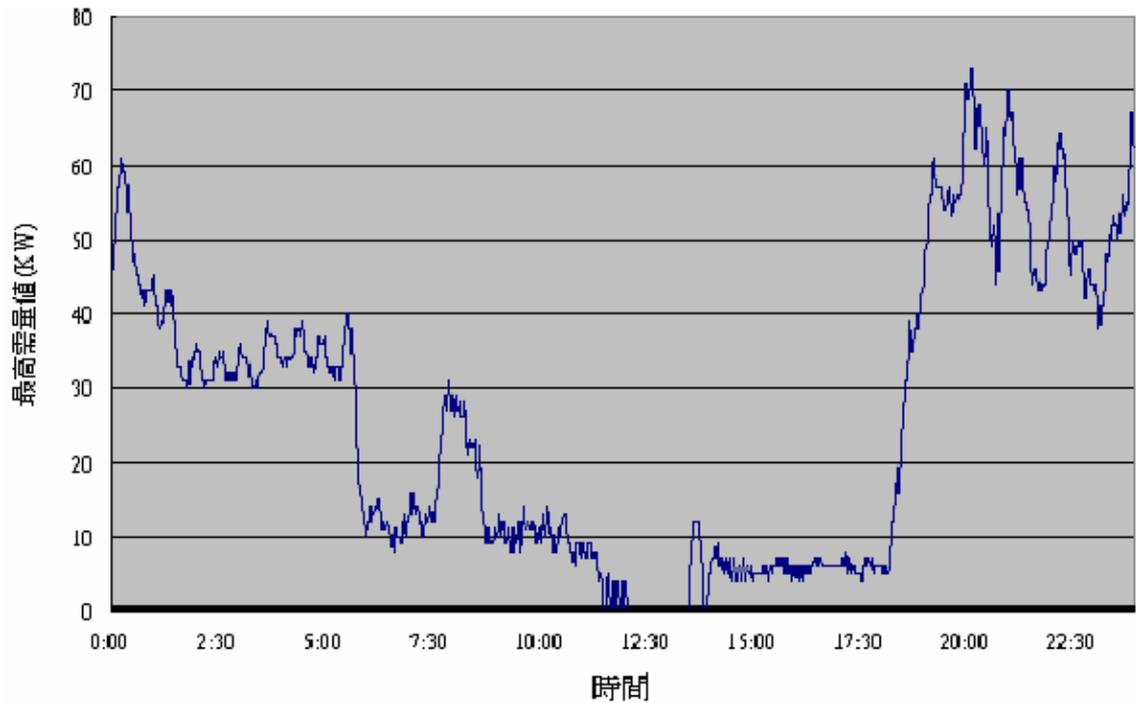


圖 41 單日(93/08/26)宿舍用電需量曲線

4.5.3 負載管理機制

電力負載管理可分為兩部分1. 建立虛擬電力契約需量制度。2. 建立電力負載控制機制。建立虛擬電力契約需量制度，依台灣電力公司電業法營業規則規定用電戶以設一電表為原則，比照辦理每棟館舍視為各自獨立電表用戶，作為電力負載管理基本單元，各棟大樓需自訂虛擬需量並依需量實施電力負載管理機制，各獨立館舍設置多功能電表，配合電力監控系統虛擬電力需量（模擬台電需量契約）；建立電力負載控制機制，負載控制機制將分為兩層式架構如圖43所示，第一層為各館舍負載為主如表25，第二層以公共區域維生系統負載為主如表26，第一層，館舍將耗能設備區分為降載、卸載、升載設備等三大類。搭配直接控制設備控制器作契約需量控制，契約需量設定三設定點第一設定點（低於虛擬契約量20% --強迫升載控制）；第二設定點（低於虛擬契約量10% --執行降載控制）；第三設定點（高於虛擬契約量5% --強迫卸載控制），結合各館舍電力控制後段，學校管理單位設定二設定點，第一設定點（低於契約量5% --強迫降載控制）；第二設定點（低於契約量10% --強升載控制），以公共區域設備作為最後契約控制點，負載管理預計結果如圖44。



圖 42 電力設施監控系統圖

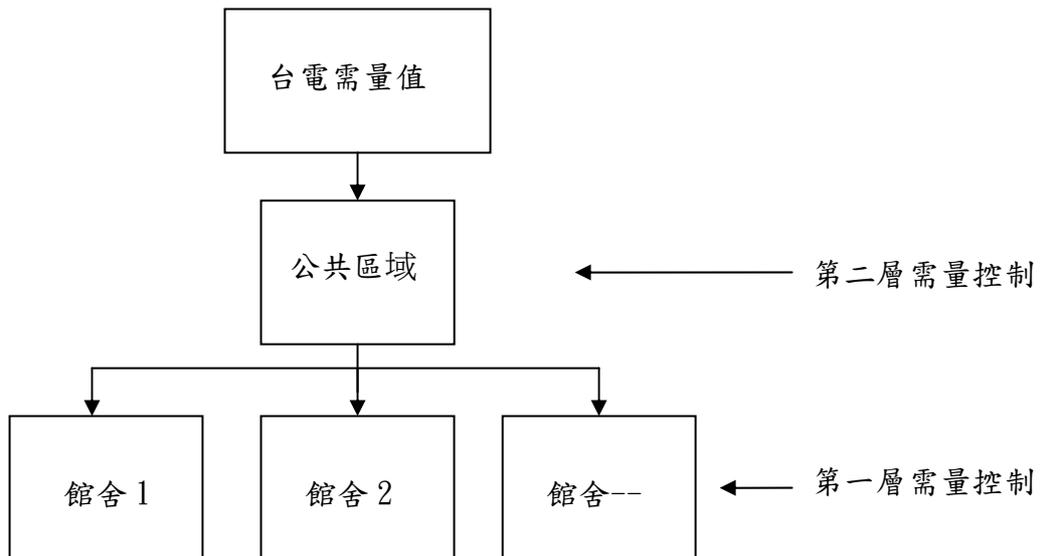


圖 43 需量控制圖層

表 25 館舍控制負載表 (第一層)

| 控制點 負載類型 | 實際需量 < 虛擬 需量 20% | 實際需量 < 虛擬 需量 10% | 實際需量 > 虛擬 需量 5% |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 升載設備 | 給、污、排水幫浦 | 無 | 無 |
| 降載設備 | 無 | 空調設備壓縮機 | 無 |
| 卸載設備 | 無 | 無 | 空調機、給、污、 排水幫浦、電熱爐 |

表 26 館舍控制負載表 (第二層)



| 控制點 負載類型 | 實際需量 < 虛擬需量 10% | 實際需量 < 虛擬需量 5% |
|-------------|-----------------------------------|----------------|
| 升載設備 | 分批啟動所有館舍 給、污、排水 幫浦 | 無 |
| 降載設備 | 無 | 公共區設備 |
| 控制負載設備 | 大型離心式冰水主機 運轉 50 分鐘降載 60% 15 分鐘 | |

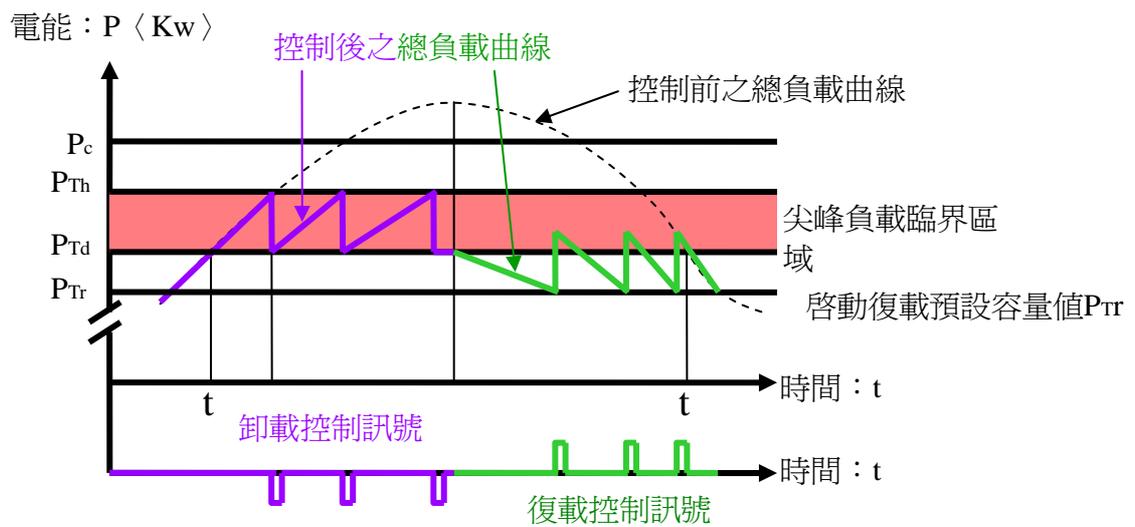


圖 44 負載管理前後最高需求曲線

4.5.4 給污水泵浦負載管理

負載管理控制器將給污水泵浦控制規劃為可供升卸載設備，則當電力系統負載有超過契約容量時，即可進行電力需求控制，執行負載升載或卸載的動作，如此將可避免巨額的超約罰款。當需求控制器監控系統預測用電需求低於虛擬契約量20% 執行強迫升載控制，啟動給污水泵浦；低於契約量5% --強迫降載控制，停止給污水泵浦運轉，以抑低尖峰需求及減少超約罰款，待整體用電需求降低時再恢復正常運轉，此外利用電價較低之離峰時段運轉，可節省電費及抑低尖峰用電需求。

系統架構可分為資料收集與監控模組、泵浦控制器、可程式控制器及電腦監控軟體等項目。將給污水泵浦控制群組分為八大組，分別為工程三館、工程四館、工程五館、科學二館、管理二館、綜合一館、圖資中心、電資大樓等八大群組，執行污給水泵浦狀態監視、啟動及停止控制。電腦監控程式設計，針對八個館舍之99組污給水泵浦進行狀態監視、警報顯示、趨勢顯示、歷史記錄及控制策略設定等功能，並在現有給污水幫浦之控制器架構下，設計PLC軟體，針對八個館舍之99組污給水泵浦進行運轉資料收集及監控，以達到用電負載合理分配、抑低尖峰需求及減少超約罰款之功能需求，同時收集各污給水泵浦之開關狀態，藉以瞭解各污給水泵浦之

負載分佈及運轉時段，做為監控條件，控制各污給水泵浦之啟動，利用電價較低之離峰時段強迫運轉，可節省電費支出及抑低尖峰用電需量，另當電力監控系統預測用電需量超出契約容量時，即經由監控系統停止泵浦運轉，以抑低尖峰需量及減少超約罰款，待整體用電需量降低時再恢復正常運轉。

表 27 館舍給、污、廢水泵浦數量統計表

| 類別 館舍 | 抽水泵 | 污廢水泵 | 小計 |
|----------|------|------|------|
| 圖資中心 | 2 | 6 | 8 |
| 管理二館 | 4 | 3 | 7 |
| 工程三館 | 4 | 12 | 16 |
| 工程四館 | 4 | 12 | 16 |
| 工程五館 | 2 | 10 | 12 |
| 科學二館 | 2 | 8 | 10 |
| 綜合一館 | 2 | 12 | 14 |
| 電資大樓 | 2 | 14 | 16 |
| 總計 | 22 台 | 77 台 | 99 台 |

4.5.5 空調系統負載管理

學校夏季電力需量空調需量約佔30-45%，空調系統可分為大型離心式空調、少數箱型空調及數量眾多單機冷氣機，為避免夏季契約超約，有必要執行空調系統負載管理，以下將針對負載量大大型離心式冰水主機及數量多單機冷氣機做負載管理規劃。

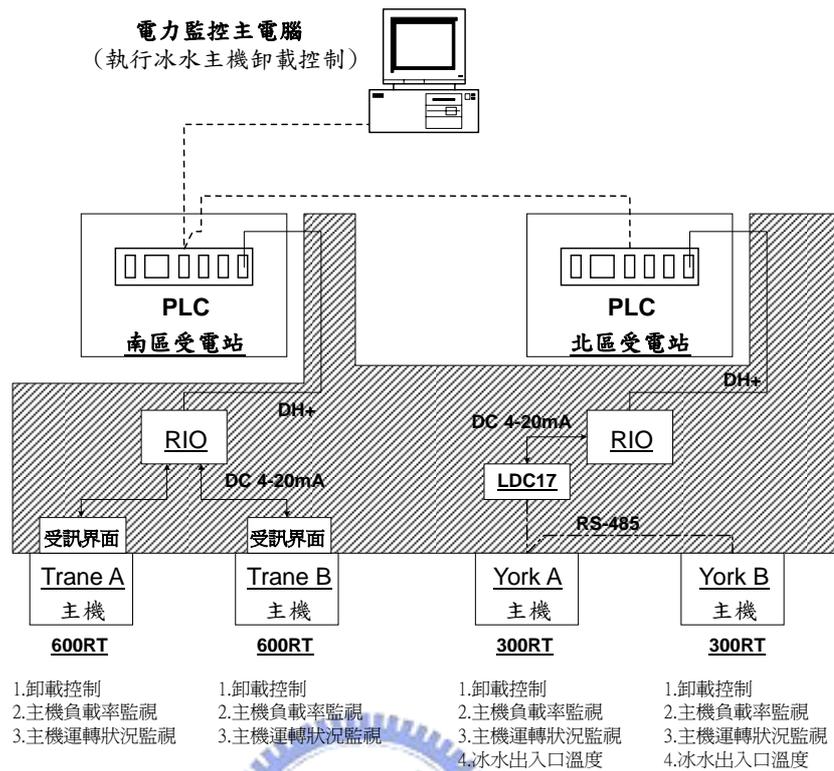
大型離心式冰水主機卸載管理，詳學校大型離心式冰水主機卸載控制(如圖45、46)，管理方式分為平常及超載兩種，平常時段運轉45分鐘降載60%15分鐘；超載時，當電力需量超過低於契約量5% --強迫降載控制，即執行冰水主機卸載，圖47為圖資中心TRANE冰水主機(600RT*2)卸載控制信號盤，而圖48為圖資中心冰

水主機卸載控制趨勢圖，由圖可看出平均可卸載容量約為20%冰水主機可卸容量有250KW。

當超約發生時即進行卸載控制，共計電資大樓YORK冰水主機(600RT*2)及圖書館TRANE(300RT*2)冰水主機，由實際進行卸載控制效果明顯，圖書館之TRANE冰水主機可卸容量有250KW，但罰款已明顯降低，只要再規劃小型冷氣機可卸載之設備，將可大大提高需量控制效益。



圖 45 冰水主機負載監控畫面



圖資中心

電資大樓

圖 46 學校大型離心式冰水主機卸載控制



圖 47 冰水主機卸載控制信號盤

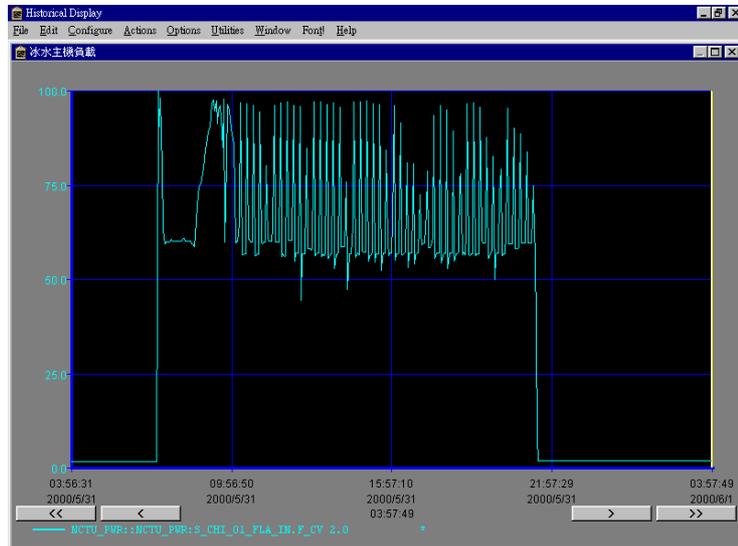


圖 48 冰水主機卸載控制趨勢圖

4.5.6 單機冷氣機負載管理

單機冷氣機與大型離心式冰水主機卸載管理，最大困難處在於單機冷氣機數量龐大且冷氣機既設沒有事先預留控制線路如圖49，如何管理好控制訊號及控制線路將會是一大嚴苛考驗，以電力線通訊技術，在不需配置控制線路技術基礎，將數量繁多空調機作為負載控制基本元件，接受伺服器集中管理執行脫、卸、升負載控制及遠方預約啟動關閉空調機功能。將空調機控制方式改為雙向控制，除原有手動控制器外另延伸遙控控制功能（啟動、關閉、運轉訊號及壓縮機脫載控制），以大同分離式空調機為例，每一空調組機將控制信號延伸6條控制線作為遙控操作使用（運轉訊號、開關機、壓縮機卸載），冷氣機啟動時需提供運轉訊號供集中器處理，並接受遠距預約啟動、關閉空調系統信號控制，同時空調系統需提供卸載控制接收信號，供集中器做負載管理控制壓縮機運轉。

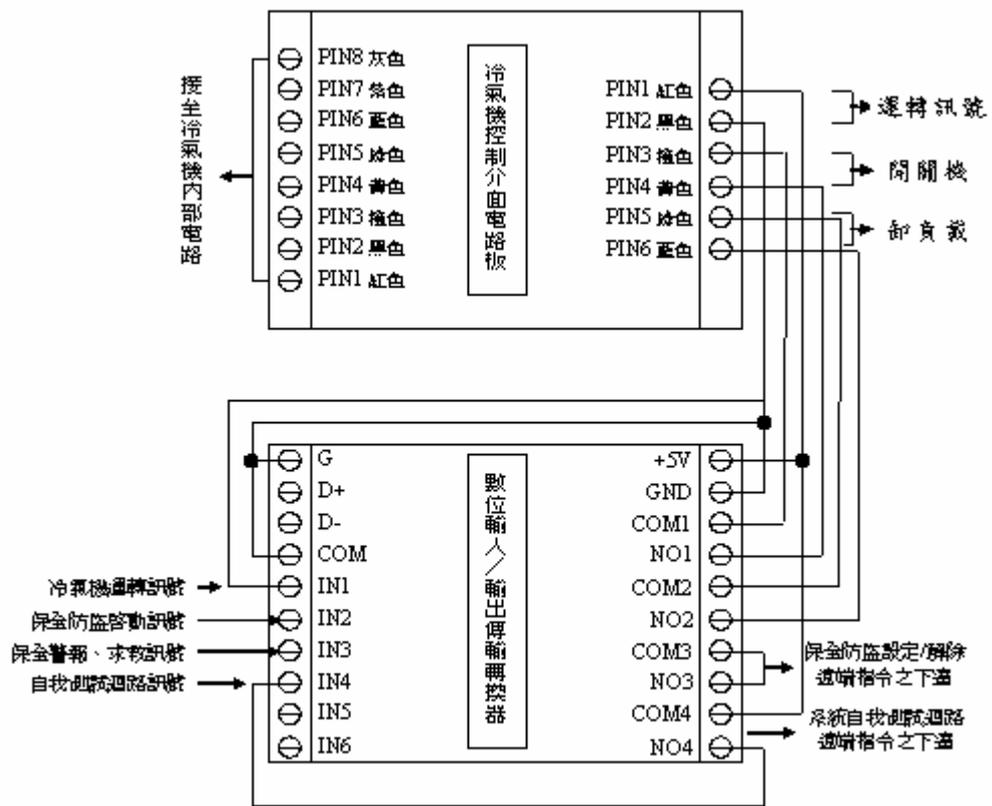


圖 49 冷氣機控制介面與數位輸入／輸出傳輸轉換器 DIO



圖 50 冷氣機負載控制施工相片



圖 51 冷氣機控制器施工相片



第五章 結果與討論

低速電力線傳輸技術實現校園安全及負載控制機制，最重要關鍵技術在電力線通信必須具有高通信成功率、妥善率及即時性，為求證電力線載波通信系統可行性，選定兩種用途及規模不同建築物進行電力線通信實驗測試統計分析，進一步分析信號收集器(集中器)最佳位置及長時間監測通信成功率，信號收集器(集中器)最佳位置以教學大樓館進行實際測試分析，長時間監測通信成功率以學生宿舍4樓做長時間不同時段電力線網路調查、通訊成功率測試統計，實驗數據結果分析得到兩點結論，第一點結論，電力線傳輸技術通訊長時間平均通信成功率已達九成以上，應用在智慧家電可行性高，但應用在需即時性、高準確性學校安全系統上，需做更進一步通信即時性分析，現階段因電力線通信技術尚未成熟穩定，且安全系統需具有準確型及即時性特性要求，建議安全系統仍以獨立運作系統為主要，輔以電力線通信技術作為第二線管理通報系統在實質上較為可行。第二點結論，低速電力線傳輸技術應用在單機冷氣機負載控制，技術上可行可達到節約用電功能，學校冷氣機數量龐大，如果全部使用電力線傳輸技術作為抑制尖峰需量管理控制技術，理論上可行但實務應用需進一步研究分析，因工研院開發低速電力線通信技術，一次僅能對一個電子電表實施通信，無法一對多同時通信，另抑制契約需量，前端需量控制器扮演非常重要角色，最高需量取樣頻率 2880(次/月)，在每月最高需量取 2880 次中最高一次需量為當月最高需量值，如何能十分準確控制管理負載達 100%無失誤，在通信成功率無法達 100%及即時性技術開發完成前，想要利用電力線通信技術作負載管理目的，初期應可達到節約用電及管理負載目的，但要達到抑制需量成長及控制需做更進一步研究。

參考文獻

1. 周天行，「家庭自動化控制技術與市場專題」，89年9月。
3. 張煥瑩，「國立台灣大學電機工程研究所碩士論文」，92年6月。
4. 吳清圳，「電力負載管理與需量監控關聯性探討」，90年6月。
5. 吳清圳，「智慧型電力需量監控系統之規劃與應用實例探討」，90年6月。
6. 台灣電力公司網站 <http://www.taipower.com.tw>
7. 姚立德，「電力卸載控制方法之探討」，90年6月。
8. 杜江洪，「基于電力線數字家庭實現方案」，江西南昌陸軍學院計算機教研室。
<http://www.chinaecnet.com/big5/xsj/xsj0318211.asp>
9. 鄔新華，「電力線載波通訊晶片市場與應用前景」，今日電子，2001。
10. 齊淑清，「電力線通信，P L C.--寬帶接入網的最佳選擇」，中國電信建設，2002。
11. 邱玉春，徐平平，「低壓電力線載波通道特性分析」，電力系統通信，89年。
12. Archnet Technology Ltd. <http://www.archnetco.com/english/faq/faq.htm>
13. Itran communication Ltd <http://www.itrancomm.com/index.htm>
14. 周安莉等，「自動讀表系統發展與寬頻網路讀表系統之本地資料收集器設計」，九十一年度電力監控與家庭自動化能源管理技術研討會論文集。
15. 陳展鵠、方世雄、鍾國光等，「電力監控與能源節約-學校應用實例」，九十二年度節約能源論文集。
16. 曾文良、周安莉、呂文宏、陳玉德，「電力自動載波自動讀表系統設計與性能測試」。