

智慧化居住空間能源管理 系統整合應用計畫

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國九十六年十二月

智慧化居住空間能源管理 系統整合應用計畫

執行單位：中華民國建築學會

研究主持人：楊冠雄 教授

研究助理：李振綱、梁正穎、洪鑫英

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國九十六年十二月

目次

表次	III
圖次	V
摘 要	XV
第一章 緒 論	1
第一節 智慧化居住空間能源管理系統發展之緣起與背景	1
第二節 研究動機與目的	2
第三節 HEMS 之研究方法與過程	4
第二章 國內外之 HEMS 發展現況分析	7
第一節 台灣目前 HEMS 之發展現況分析	7
第二節 韓國目前 HEMS 之發展現況分析	13
第三節 日本目前 HEMS 之發展現況分析	18
第四節 國際間 HEMS 系統通用之通訊協定	45
第三章 建構智慧化居住空間之原型 (PROTOTYPE)	59
第一節 美國 X-10 無線式系統之建置	59
第二節 國際間通用之 ZIGBEE 無線式系統之建置	78
第三節 國際間通用之有線遠端遙控系統 BACNET 及 LONWORKS	

之應用分析	103
第四節 SENSOR-BASED 有線系統之建置	124
第四章 結論及建議	135
第一節 結論	135
第二節 建議	137
附錄 1	141
附錄 2	143
參考文獻	149

表次

表 2-1 CO ₂ 減量政策的指導方針.....	19
表 2-2 2040 年家庭省能 CO ₂ 減量目標	19
表 2-3 家庭省能設備一覽表	20
表 2-4 EL Quest 導入 HEMS 系統設備表	24
表 2-5 EL Quest 對於 HEMS 系統之改良功能表	25
表 2-6 三菱電機 HEMS 空調自動控制系統導入省能比較表	34
表 2-7 照明自動開關控制省能比較表	35
表 2-8 電熱水器效能提昇及節能措施實施省能比較表	35
表 2-9 節能措施導入之後電熱水器省能趨勢圖	35
表 2-10 三菱電機 HEMS 系統整體節約能源比較圖	36
表 2-11 全球主要數位家庭標準聯盟	56
表 3-1 建築物居住類型空間逐日用電需量表	72
表 3-2 建築物居住類型空間逐日用電度數表	72
表 3-3 建築物居住類型空間用電度數與 EUI 統計表	75
表 3-4 建築物居住類型空間用電需量與 DUI 統計表	76
表 3-5 IEEE802.15.4 各頻帶比較	80
表 3-6 建築物居住類型空間用電需量表	99
表 3-7 建築物居住類型空間用電度數表	99

表 3-8 BACnet 下五種業界常用的標準協定	104
表 3-9 各家廠商對於 BACnet 及 Lonworks 兩種協定的比較	114
表 3-10 南部某兒童育幼院 95 年、96 年同期逐月用電度數比較表	120
表 3-11 南部某兒童育幼院 95 年、96 年同期逐月用電需量比較表	120
表 3-12 建築物辦公類型空間逐日用電需量表	129
表 3-13 建築物辦公類型空間逐日用電度數表	129
表 3-14 建築物辦公類型空間用電度數與 EUI 統計表	132
表 3-15 建築物辦公類型空間用電需量與 DUI 統計表	133

圖次

圖 1-1 日本地區於 2001 年~2003 年間民間導入 HEMS 之省能效果統計	3
圖 1-2 日本北海道地區導入 HEMS 系統與否之住戶耗能差異分析圖	4
圖 1-3 典型之 HEMS 系統架構	5
圖 1-4 三菱株式會社建構之 HEMS 控制系統	5
圖 2-1 智慧型電能管理網路研發架構圖	8
圖 2-2 電力系統應用技術研發產品與技術關聯圖	9
圖 2-3 整合式電力集中控制優勢圖	9
圖 2-4 電力線載波自動讀錶系統架構	10
圖 2-5 家庭自動化能源管理系統操作介面	11
圖 2-6 家庭自動化能源管理系統之能源使用趨勢圖	11
圖 2-7 家庭自動化系統示意圖	12
圖 2-8 Homevita 所追求之目標	15
圖 2-9 透過網路、手機可輕易控制家電設備及掌握家中現況	15
圖 2-10 LnCP 的基本架構	17
圖 2-11 符合 LnCP 之家電設備均可整合在一起使用	17
圖 2-12 無所不在的網路社會對 CO ₂ 減量的執行目標	21

圖 2-13 HEMS 系統架構於無所不在的網路上架構圖	21
圖 2.14 積水房屋株式會社提出的 HEMS 基本架構	22
圖 2-15 多家廠商參與 NEDO 之研究進度表	23
圖 2-16 EL Quest 株式會社建構之 HEMS 系統圖	26
圖 2-17 EL Quest 針對 HEMS 資料管理系統建構系統，透過既有網路、 電力線以及 PHS 等通訊方式來進行 HEMS 資料傳輸	27
圖 2-18 CO ₂ 排放減量率分布圖	28
圖 2-19 CO ₂ 排放減量實績	28
圖 2-20 HEMS 系統逐月系統省能比例趨勢圖	29
圖 2-21 松下電器發展人性化操控介面	29
圖 2-22 日本積水房屋株式會社建構之 HEMS 基本架構圖	30
圖 2.23 積水房屋株式會社對於實驗住戶進行用電情形調查趨勢圖	30
圖 2-24 積水房屋株式會社之 HEMS 對暖房進行不在控制的控制示意 圖	31
圖 2-25 積水房屋株式會社之 HEMS 進行住戶實驗暖房不在控制省能 趨勢圖	31
圖 2-26 積水房屋株式會社之 HEMS 機器構成圖	32
圖 2-27 積水房屋株式會社之省能比較圖	32
圖 2-28 三菱電機建構之 HEMS 系統架構圖	33

圖 2-29 2002、2003 年度三菱電機 HEMS 空調自動控制系統導入省能趨勢圖	34
圖 2-30 三菱電機家庭自動控制省能設備 HEMS 系統架構圖	36
圖 2-31 東邦瓦斯 GHP 遠端監控系統及資料回報系統	37
圖 2-32 東邦瓦斯建立之監控回報系統架構圖	38
圖 2-33 東邦瓦斯建立遠端監控的室內設備系統圖	38
圖 2-34 東邦瓦斯建立 GHP 的運轉監控系統已回資料回報系統架構	39
圖 2-35 東邦瓦斯進行小型發電機導入 HEMS 系統供應家庭用電及熱水試驗	39
圖 2-36 四國電力建構之電力回報網路系統	40
圖 2-37 四國電力建構 HEMS 家庭電力管理系統以及系統資料回報系統	41
圖 2-38 四國電力 HEMS 系統之用電報表	41
圖 2-39 四國電力 HEMS 系統電器使用情形逐時趨勢圖	42
圖 2.40 透過遠端監控系統以及即時資料回報，對室內冷暖器進行即時須負載自動升溫、降溫控制，再對室內的居住者調查其舒適度。	42
圖 2-41 自動升、降溫，對冷暖房使用者的舒適度調查	43
圖 2-42 自動升、降室內溫度對於電力消耗的節能比例	43

圖 2-43 透過自動控制來讓室內達到理想舒適度	44
圖 2-44 將 ECHONET 導入 HEMS 系統	44
圖 2-45 消耗能源率趨勢比較圖	46
圖 2-46 65 歲以上老人同居或別居的型態趨勢圖	46
圖 2-47 ECHONET 基本架構圖	47
圖 2-48 ECHONET Network 系統架構圖 1	48
圖 2-49 ECHONET Network 系統架構圖 2	48
圖 2-50 以 ECHONET 技術為基礎建構完整生活機能網路	50
圖 2-51 簡單的 DLNA 設備互相連絡	51
圖 2-52 DLNA 傳輸架構層簡圖	52
圖 2-53 DLNA 簡易基本網路架構圖	52
圖 2-54 透過 DLNA 連皆由電視讀取電腦內的影片	53
圖 2-55 UPnP 基本架構圖	54
圖 2-56 UPnP 裝置在家電產品與電腦產品之間的應用範例	55
圖 3-1 HEMS 控制機制發展現況	59
圖 3-2 X-10 系統利用舊有電力線來組成控制迴路	60
圖 3-3 X-10 PalmPad Remote Control	62
圖 3-4 Active House Pro 2-Way Pc Interface	63
圖 3-5 Activehome Two Way Lamp Module	63

圖 3-6 Power House Eagle Eye Motion Sensor	64
圖 3-7 X-10 系統簡易控制圖	65
圖 3-8 實驗空間之 X-10 系統架構圖	66
圖 3-9 本實驗空間實景	67
圖 3-10 簡易的 X-10 設備安裝	68
圖 3-11 Eygle Eye 簡易的安裝於入口門上	68
圖 3-12 X-10 之 ActiveHome Professional Software 軟體設定，接收器 之設定	69
圖 3-13 可以透過軟體發送訊號來控制設備啟停	70
圖 3-14 建立簡易的使用時程	70
圖 3-15 X-10 之無線遙控器，左為 2 channel，右為多 channel。	71
圖 3-16 建築物居住類型空間之總用電需量趨勢圖	73
圖 3-17 建築物居住類型空間之用電比例分布圖	73
圖 3-18 建築物居住類型空間之空調用電趨勢圖	74
圖 3-19 建築物居住類型空間之照明用電趨勢圖	74
圖 3-20 建築物居住類型空間之插座用電趨勢圖	75
圖 3-21 建築物居住類型空間逐日 EUI 柱狀圖	76
圖 3-22 建築物居住類型空間逐日 DUI 柱狀圖	77
圖 3-23 IEEE 802.15.4 和 ZigBee 的工作模型	78

圖 3-24 ZigBee 可應用於消費性電子控制、資訊週邊、家電控制、工廠監控、醫療保健、建築物自動化等.....	79
圖 3-25 PPDU 由 SHR、PHR 和 PSDU 所組成.....	80
圖 3-26 Coordinator to Device 的資料傳輸模式.....	81
圖 3-27 Device to Coordinator 的資料傳輸模式.....	82
圖 3-28 星形拓撲：由協調者直接控制終端設備.....	84
圖 3-29 叢集型拓撲：協調者藉 FFD 裝置控制終端設備所下達指令是透過階級方式傳輸.....	84
圖 3-30 網狀拓撲：網路透過 FFD 來擴展就架構來看是採取 peer to peer 的连接.....	85
圖 3-31 NEC 家庭應用架構圖 強調防犯用途、空調控制、火災感知和使用量管理等四個項目。.....	87
圖 3-32 ZigBee 實機試驗系統架構圖.....	88
圖 3-33 將電錶紀錄的數值透過 GPRS 和 Internet 傳送至電力中心。.....	89
圖 3-34 當患者進入 ZigBee 的感測位置時，即可從電腦上得知患者的所在位置。.....	89
圖 3-35 ZigBee 可掌握實際狀況，提高救援的效率。.....	90
圖 3-36 量測微小電壓電流之設備.....	91
圖 3-37 實驗設備架構圖.....	91

圖 3-38 監測之紀錄軟體	92
圖 3-39 ZigBee 無線模組	92
圖 3-40 ZigBee 與電腦做連結	93
圖 3-41 透過「超級終端機」能使兩組 ZigBee 進行傳輸	93
圖 3-42 電壓/電流顯示器	94
圖 3-43 將量測之數值透過 ZigBee 傳輸	94
圖 3-44 由 ZigBee 無線模組與電壓/電流顯示器組成之數位電錶	94
圖 3-45 由 ZigBee 無線模組與控制器組成之 ZigBee 接收裝置	95
圖 3-46 實驗設備架構圖	95
圖 3-47 將冷氣接上 ZigBee 數位電錶進行量測	96
圖 3-48 ZigBee 數位電錶測得之瞬間電壓、電流、需量及累計用電度 數	96
圖 3-49 ZigBee 接收裝置之實際架構	97
圖 3-50 透過網路連接可進行遠端監控	97
圖 3-51 ZigBee 接收裝置之遠端監控介面	97
圖 3-52 監控介面顯示之即時用電趨勢圖	98
圖 3-53 建築物居住類型空間之總用電需量趨勢圖	101
圖 3-54 建築物居住類型空間之用電比例分布圖	101
圖 3-55 建築物居住類型空間之空調用電趨勢圖	101

圖 3-56 建築物居住類型空間之照明用電趨勢圖	102
圖 3-57 建築物居住類型空間之插座用電趨勢圖	102
圖 3-58 BACnet 的簡化網路協定	104
圖 3-59 BACnet 物件資料傳輸程序	105
圖 3-60 以 BACnet 為標準通訊協定之 BEMS 通訊系統架構	106
圖 3-61 BACnet 協定在 1996 年美國冷凍空調展所建立的示範控制網路	107
圖 3-62 應用 BACnet 通訊協定將建築管理、安全、監控、消防...等 管理系統整合之系統架構圖	107
圖 3-63 Neuron 網路控制晶片功能圖	109
圖 3-64 LonWorks 系統可以將不同網路整合	110
圖 3-65 系統總體架構	111
圖 3-66 LonWorks 基本系統架構	112
圖 3-67 分層式協定架構	115
圖 3-68 改善前行政大樓之負荷評估計算結果	116
圖 3-69 南部某兒童育幼院使用之多連式系統架構圖	116
圖 3-70 兒童之家監控系統頁面	117
圖 3-71 藉由網際網路對遠方主機進行控制之架構圖	117
圖 3-72 室外機實體	118

圖 3-73 室內各區域之主機	118
圖 3-74 監控軟體-遠端遙控	119
圖 3-75 監控軟體-時程控制	119
圖 3-76 南部某兒童育幼院 95 年、96 年同期逐月總用電需量趨勢圖	121
圖 3-77 南部某兒童育幼院 95 年、96 年同期逐月總用電度數比較圖	122
圖 3-78 南部某兒童育幼院 95 年、96 年同期逐月空調用電度數比較圖	122
圖 3-79 CQi center 與電腦架構之比較圖	124
圖 3-80 CQi center 可透過 RS485 或乙太網路與設備溝通	125
圖 3-81 本次實驗設備之負載控制器與電流感測器	125
圖 3-82 實驗設備架構圖	126
圖 3-83 實驗所用之紀錄軟體，按下 Start 即可開始紀錄	126
圖 3-84 用來量測電流之電流感測器	127
圖 3-85 負載控制器提供 RS232、RS485 及乙太網路三種傳輸介面	127
圖 3-86 負載控制器提供各種不同感測器之傳輸介面	127
圖 3-87 透過 RS232 將電腦與負載控制器連接	128
圖 3-88 利用電流感測器量測冷氣運轉時之電流	128
圖 3-89 建築物辦公類型空間之總用電需量趨勢圖	130

圖 3-90 建築物辦公類型空間之用電比例分布圖	130
圖 3-91 建築物辦公類型空間之空調用電趨勢圖	131
圖 3-93 建築物辦公類型空間之插座用電趨勢圖	132
圖 3-94 建築物辦公類型空間逐日 EUI 柱狀圖	133
圖 3-95 建築物辦公類型空間逐日 DUI 柱狀圖	134

摘 要

關鍵詞： 智慧化居住空間，HEMS，ICT 產業

一、 研究緣起

為了因應地球溫暖化與 CO₂ 排放減量之議題，建築物節約能源措施之推廣，為最能立竿見影之政策工具之一。其中，佔全國整體建築量 90% 以上之住宅類建築更具極大之節能潛力。因此，國際間各先進國家無不盡全力發展智慧化居住空間能源管理系統（Home Energy Management System，簡稱 HEMS）。

本計畫之主旨，即為針對 HEMS 技術之推動，進行系統化之推動與應用，以便形成我國建築物節約能源之強有力之政策工具，並藉由長期而持續之推動方案，而達到節能之目標，並帶動相關產業之發展，形成深遠的影響。

二、 研究方法及過程

本計畫之執行共分為三個層面。第一個層面，首先參酌如日本等先進國家相關之 HEMS 推動之政策方向與採取之程序，以做為我國訂定相關行政措施之重要參考。本計劃在第二章，首先針對我國目前既有之 HEMS 管理系統進行調查研究，接著針對韓國以及日本 HEMS 已發展成熟之國家，分析其 HEMS 之推廣以及發展現況，並針對大量實際推廣案例進行分析研究，以作為我國未來 HEMS 發展之借鏡以及學習之目標。

第二個層面，將廣為調查分析目前市面上已廣為流通商用化及具體可行之相關 HEMS 應用技術，以做為我國推動此項技術之主要載具與構件，並與我國之 ICT 產業發展方向耦合，以尋求更大的發展空間。第三個層面，則為規劃中長期計畫，將 HEMS 技術導入於既有建築之改善，使之更智慧化，而達到節能、健康以及舒適的居住空間之目標。本計劃第三章，即利用目前已商品化之 ICT 設備，在居住實驗空間內，進行建構智慧化居住空間之原型（Prototype），並進行實驗印證以及資料收集，以做為未來我國 HEMS 發展推廣之重要參考資料。

三、重要發現

本研究之成果摘要如下：

1. 全面調查研究國內外 HEMS 之推廣以及技術之應用：

本研究針對我國、韓國以及日本目前的 HEMS 發展現況進行分析，並針對其應用技術以及推廣方式進行資料收集及研究。我國方面，工研院已研發出智慧型電能管理網路以及家庭自動化能源管理技術，並且已經技術轉移，未來發展潛力極大。韓國政府對於數位家庭計劃相當重視，擬訂補助政策和積極推廣，因此韓國對於智慧化居住空間的發展相當成熟，而且應用之家電設備也已大量商品化，一般民眾能更全面的接觸並接受智慧化的 ICT 產品以及智慧居住空間之觀念。

而 HEMS 發展最成熟的則是日本，日本除了應用技術發展成熟，推廣政策最為積極之外，日本明文規定降低 CO₂ 排放量以及節約能源等環保議題為 HEMS 之最終目標，將節約能源以及提升居住空間之品質為目標在努力。日本方面是以通產省 NEDO 為首，以政府之力，結合研究團隊以及設備廠商進行全面性之 HEMS 系統研究，並且實際將 HEMS 觀念及系統導入一般住宅並進行長時間的實驗印證及資料收集，經過長時間實驗印證，HEMS 系統的導入，將可節省 5~10% 之能源使用。並且研究團隊建立了大量的實驗數據及資料庫的建立，而廠商也不斷改良設備及應用技術提升，一般民宅也因 HEMS 推廣計畫的執行，得以體驗 HEMS 帶來的便利性及省能效果，推廣研發成果豐碩。而日本許多廠商針對 HEMS 系統以及智慧化居住空間的應用也已推出許多商品化之產品及系統應用。

2. 建立智慧化居住空間之原型並分析其應用技術及功能評估

本研究針對無線以及有線之技術分別進行居住化智慧空間的實驗印證，無線技術的部份為美國 X-10 家庭智慧控制系統以及 Zigbee 無線通訊技術的應用。有線技術的部份針對 BACnet、Lonworks 以及 Sensor-Based 的應

用進行實驗。

X-10 之技術是最早應用於家庭自動控制之技術，並且因為其便利性及簡易操作，因此於歐美非常流行，但是由於 X-10 系統只能對家庭設備進行控制，並未有能源監視之功能，未能針對能源的使用進行管理及分析。

Zigbee 無線技術於國外已十分盛行，且為各國主要發展重點，其應用範圍非常廣大，如法國將於近年將 Zigbee 與 GPRS 結合將於巴黎 23 萬戶住家建立無線讀錶系統，台灣目前也有許多廠商進行 Zigbee 無線模組之開發，但是其應用技術仍尚未廣範應用且尚未成熟，並且硬體設備功能尚不穩定，但由於 Zigbee 無線技術之優越性能且為國際間通用之通訊技術，此無線技術將可期為未來智慧化居住空間應用之主力技術之一。

BACnet 及 Lonworks 為國際間通用已久之技術，目前將從大型建築物朝小型居住空間的應用努力，其技術應用之產品、軟體及廠商也已經相當成熟且應用廣泛，因此有線通訊的部份，BACnet 以及 Lonworks 將為未來台灣發展 HEMS 系統之主幹。

Sensor-Based 強調於電力使用以及能源使用量測監控，缺少對於電器設備的控制部份。

四、 主要建議事項

- 1.立即可行之建議：結合學術研究團隊以及設備、軟體廠商進行全面性 HEMS 應用技術開發及分析。

主辦單位：內政部建築研究所

協辦單位：中華民國建築學會

對於 HEMS 系統之應用技術及設備的研究及開發，透過學術研究團隊與國內外廠商的合作，互補理論以及技術、製造方面的優缺點，進行研究、開發以及分析，以期對於我國 HEMS 應用技術的開發、導入以及應用，有更成熟的發展。

2.長期性建議：建立 HEMS 系統推廣補助方案，結合學術研究團隊及廠商，實際

將 HEMS 系統導入受補助之居家空間，進行長時間的實驗印證。

主辦單位：內政部建築研究所

協辦單位：中華民國建築學會

透過大量實際案例，學術團隊將可建立本土 HEMS 系統印證資料庫，並進行分析及研究，而廠商也透過實驗印證的實測，將可針對設備、軟體等應用技術進行改良並向上研發。此計劃也將 HEMS 系統之觀念推廣至一般民間，讓國民了解居住空間的智慧化便利性以及節約能源的生活習慣。落實智慧化居住空間的最終目標-生活的舒適化以及節約能源。

預期經由本計畫之執行，將成為我國推動 HEMS 技術之重要里程碑，並對於大量之住宅類建築及社區進行智慧化及省能化之改善工作發出重要的一大步，形成深遠的影響。

ABSTRACT

keywords : Intelligent living space, HEMS, ICT industry

In order to cope with the global warming and CO₂ reduction issue, building energy conservation strategies has been ranked among the most significant countermeasures. The residential buildings, which accounts for 90% of the number of total, warrants great potential for energy savings. Therefore, advanced countries in the world has been focusing with all efforts in promoting the Home Energy Management System, or HEMS,

It is the goal of this project, to investigate and develop the HEMS technology, so that an effective program can be formed to promote its application and to lead the ICT industry to prosperity.

There are 3 phases in executing this project. At first, the experience in promoting HEMS in Japan will be adapted so that a local strategy can be formed. Secondly, technologies which are commercially available will be analyzed so that directions can be formed in promoting its nationwide applications. Thirdly, a mid- to long-term promotion program will be developed to lead the HEMS to its full-development in Taiwan area for an energy-efficient, healthy, and comfortable indoor environment.

Through the execution of this project, an important milestone will be established in promoting the HEMS in Taiwan with long and profound influence in residential and community area for energy conservation.

第一章 緒 論

第一節 智慧化居住空間能源管理系統發展之緣起與背景

台灣地區使用之能源主要來自石油(50.9%)和燃煤(32.3%)，以及天然氣瓦斯(8.1%)、核能(7.3%)和水力發電(1.4%)。而大部分的能源全部倚賴進口，因此提高能源使用效率以及節約能源往往是大家努力前進的目標，而台灣目前的能源政策也因應著國際的趨勢而有所更改，在全國能源會議於 2005 年 6 月底通過下列決議：

- 壹. 草擬並制訂能源管理法，強化交通運輸車輛和家電的能源標準。
- 貳. 鼓勵能源服務業者幫助消費者提升能源使用效率。
- 參. 將新安裝燃煤動力蒸汽渦輪發電機的熱效率提升到 40% 以上，新安裝複循環氣渦輪機和發電機的熱效率則提升到 53% 以上。
- 肆. 提高電價，反應進口能源價格。
- 伍. 由政府出資，推動潔淨燃煤技術和二氧化碳分離封存技術，減少溫室效應氣體排放。

而其中電費的提高、減少溫室效應與平日的生活最為息息相關，雖然台灣並非京都議定書簽署國，政府仍致力於減少二氧化碳排放。經濟部於 2005 年 6 月宣佈於 2025 年前將二氧化碳年排放量減少 1 億 7,000 萬公噸的計畫。經濟部規劃限制台灣 200 大耗能企業的排放量，第一步是要求企業自願減量，接著要求企業達到中期(2008-2015)和長期(2016-2025)減量各 10%和 16%的標準。而佔全國整體建築量 90%以上之住宅類，具有極大的節能潛力，過去政府將建築物能源管理系統 BEMS(Building Energy Management System)積極導入民間，以期提升國內大型建築物之節約能源效益，已有明顯之成效。而從大型建築物向下延伸至民間住宅內建築，建立智慧化居住空間能源管理系統 HEMS(Home Energy Management System)，是為目前全世界的節能趨勢，節能從家庭以及生活中做起。

而鄰近我國之日本政府以符合減量目標為目的，於環境政策方面制訂「預防全球暖化之指導方案」；其中措施包括最佳運轉模式計畫、能源使用合理化法、制訂節能計畫、改善基礎建設、改進交通、空調與發展新節能科技等，以期達到減量目標；並提出「自願環境計畫」，包含能源保存、廢棄物減少、訂定回收目標及控制二氧化碳排放等策略。而目前日本之能源政策於住商部門以節約能源之措施為主，如推動高效率熱水器的配給、降低備用電力消耗、高效率照明設備的技術研發與擴散、推動 HEMS。並成立新能源產業技術綜合開發機構 NEDO(New Energy and Industry Technology Development Organization)，以推進石油替代能源政策體制的實施，且確保核能開發安全、後端處理、宣傳對策及核能發電廠址之考量。

其中日本推動 HEMS 以多年，而且其成效顯著，NEDO 更不遺餘力的推動各種推廣 HEMS 的政策、協助國內廠商進行各項技術性研發實驗並實際與廠商、住家合作成功將 HEMS 導入生活民間，並有顯著之節能成果。

而在 HEMS 的推廣過程當中，政策的推動以及應用技術的發展是最為重要的兩項工作，而至公元 2000 年以來，全世界 ICT 產業之蓬勃發展，已形成一股巨大的潮流並使人類之居家生活形態起了重大的變化。傳統的居家生活方式，也隨著手機、PDA、數位電視及電腦等 3C 產品之普及化，而產生了更省能、便利、健康、及舒適之良好發展環境。目前充斥於電視廣告中，各種省能的空調及家電產品之推出，即形成了一股新的產業革命。配合著新科技的進步，HEMS 的應用技術也因此更加多元化和實用性。

第二節 研究動機與目的

本案以生活居住空間能源管理系統 (HEMS) 為主要研究方向，將其以分析我國 HEMS 具體可用之大量商用化 ICT 軟硬體設備及技術，並尋求與產業相結合，進行各系統之分析與規劃，以尋求建立我國 HEMS 之應用發展計畫。我國位居亞熱帶，氣候炎熱且高濕。雖無顯著的暖房需求，但終年冷房需求極大，本

研究將建置智慧化居住空間之原型 (Prototype)，將分析其導入 HEMS 後之節能發展，並加以測試其能源管理之節能效益，以提出階段性成果，此即為本研究之主旨與目的所在。綜觀我東臨之日本，近年來於推動 HEMS 之應用不遺餘力，政府節合民間企業以及配合實際住宅，已獲致顯著之節能成果。據其實際之實施案例顯示，一般家庭若導入 HEMS 可獲得約 6%~9% 之省能效果。如圖 1-1 所示。

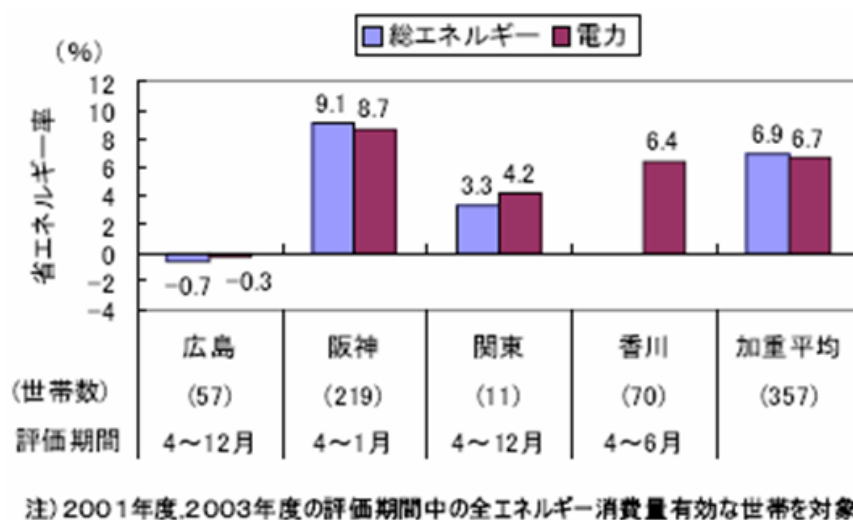


圖 1-1 日本地區於 2001 年~2003 年間民間導入 HEMS 之省能效果統計

(資料來源：日本通產省 NEDO)

若於特殊氣候如北海道等需使用大量暖房及熱水之地區，其有無導入 HEMS 系統之耗能差異甚至可高達 19% 之鉅，如圖 1-2 所示。

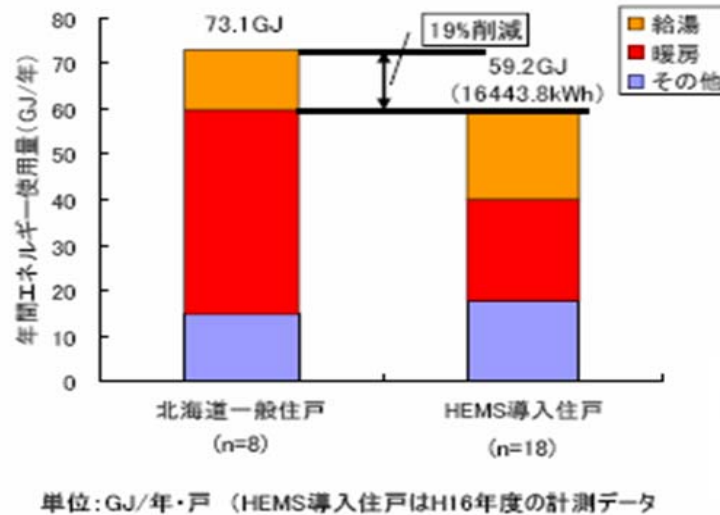


圖 1-2 日本北海道地區導入 HEMS 系統與否之住戶耗能差異分析圖

(資料來源：日本通產省 NEDO)

第三節 HEMS 之研究方法與過程

本研究所規劃之 HEMS 推動方案，將導入我國最具世界競爭力的 ICT 產業之大量商用化產品，應用於居家生活中，並加以智慧化而達到省能、舒適、健康及便利之良好效益，形成雙贏的結果。為了落實本研究計畫，因此將分成下列三大方向來執行：

壹. 探討我國發展智慧化居住空間能源管理之法令與政策層面問題：

由於本案為對於我國發展及推廣 HEMS 首度進行之系統化研究，因此必須藉此建立起相關之法令配套，以利整個方案之長遠推動。由於，若進行如能源管理法等大型法案之修訂曠日廢時，無法匹配瞬息萬變之 ICT 產業發展與商機。因此，本研究將詳細分析我國目前欲推動及發展智慧化居住空間能源管理之現存問題，並參酌日本等國外先進國家之推動方式，提出具體可行之建議。

貳. 現有智慧化能源管理產業技術之調查分析：

智慧化居住空間能源管理系統之產業技術主要牽涉兩個層面。分別為耗能資料之自動讀取與分析，及資料藉由網路傳輸及控制之資訊通訊技術，以及廣稱之 ICT 產業。如下圖 1-3、1-4 所示。

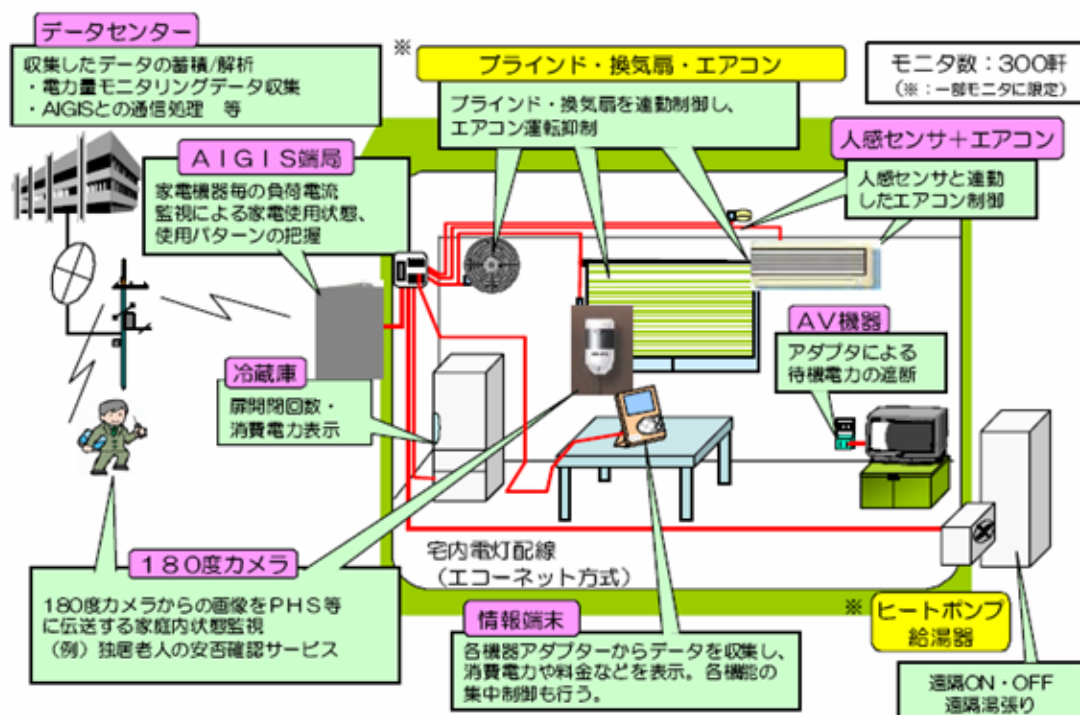


圖 1-3 典型之 HEMS 系統架構

(出自：日本通産省 NEDO)

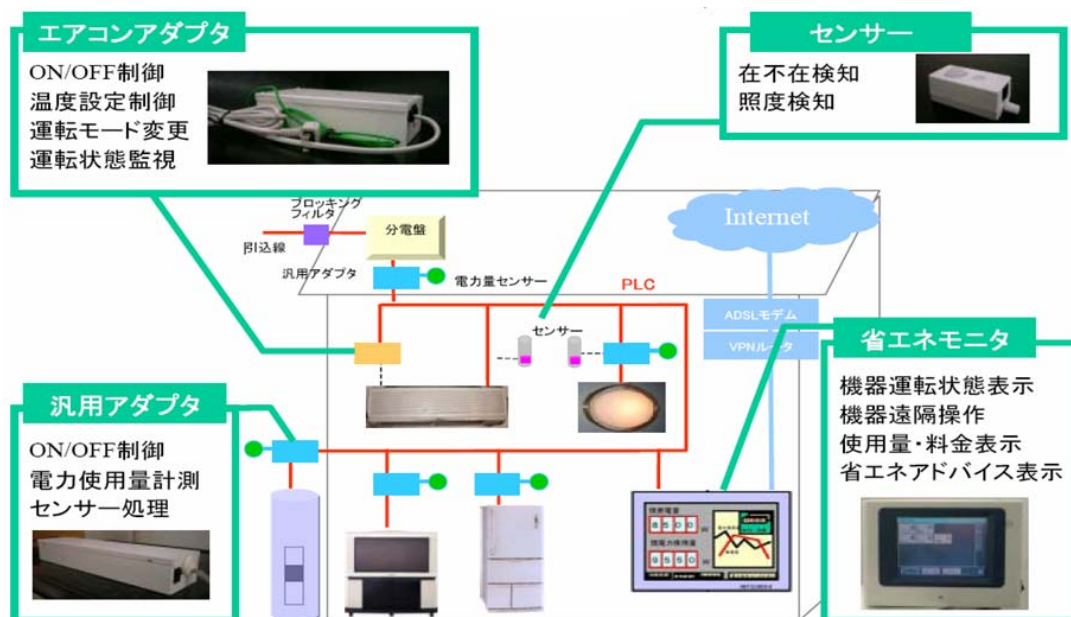


圖 1-4 三菱株式會社建構之 HEMS 控制系統

(資料來源：三菱株式會社)

參. 研擬智慧化居住空間能源管理系統整合應用建議規劃方案：

目前我國之一般住宅與社區仍維持數十年來之傳統生活方式，但我國於公元 2000 年以來一波 ICT 產業之強勁發展並未進一步跟上。家中仍然維持以手動控制冷氣，電視，燈光等家電設備之啟停。而且，對於自己的耗電情況渾然未知，只有等到電費帳單來臨，才驚覺到自己的浪費行為。

本項工作將依據第二項工作項目之結果，參酌我國已大量普遍化及商用化之 ICT 技術及產品，研擬出適合國內發展之 HEMS 架構及服務功能項目。同時，在依此建製一個智慧化居住空間之原型（Prototype），並加以測試及分析其能源管理之節能效益，以提出階段性成果，並作為後續推動及制訂推廣機制之重要參考與依據。

於進行 HEMS 架構及服務功能之時，將結合建築研究所已委託財團法人中華建築中心辦理之水、電以及瓦斯數位三表之建製示範系統及內容相結合。如此，不但能與既有之研發成果進行水平之整合，同時，也可與如日本等先進國家之 HEMS 發展趨勢相互呼應。

第二章 國內外之 HEMS 發展現況分析

全球經過兩百多年來的科學發展及工業技術的進步，雖帶來經濟成長，卻也造成環境污染問題。近年來尤以溫室氣體更為全球所矚目。為了減緩溫室氣體過量排放所可能導致的全球氣候變遷，由世界各國簽署之京都議定書已於 2005 年 2 月 16 日正式生效。我國雖非京都議定書之附件一國家，在 2012 年前尚無立即被要求減量之問題，但是考量溫室氣體之管制與減量涉及到整體產業調整與能源政策等問題，需要長時間的規劃與階段漸進式的轉型，始能有具體成效。

第一節 台灣目前 HEMS 之發展現況分析

我國目前隨著經濟成長、以及生活水準提高，家庭的基本家電以及用電量也跟著增多，每至夏季，空調設備的大量用電造成尖峰用電負載屢創新高，以家庭用電比例來看：夏季時段，空調佔 41%、照明佔 18%、主要家電佔 41%。非夏季時段，空調佔 6%、照明佔 35%、主要家電佔 59%。各設備年平均耗電量每台冷氣約為 1320 度，電冰箱約為 864 度，客廳照明燈光約為 138 度，每日觀看電視也需要約 300 度左右。依 2004 年台電及經濟部能源局能源統計，國內住宅部門家庭用電戶約 1005 萬戶，電力消費約佔全國總電力之 20%。由上述統計數字發現，家庭用電如果能透過有效管理以及提高能源使用率，將可大幅降低電力能源消耗。

我國目前針對家庭住宅的節能管理方案尚未成熟，而在大型建築物的節能管理系統（BEMS：Building Energy Management System）已實施多年，且已有明顯之成效，因此由大型建築物開始更廣泛的往民生用電推廣，進而推廣家庭能源管理系統（HEMS：Home Energy Management System），從全國總用電 20%的家庭住宅用電做起，將預期有顯著之成果。而在推廣節約能源使用管理的同時，也配合著政策將智慧化居住空間導入一般民間居住家庭，透過智慧化、數位化家電的控制及管理，將能源管理簡變化以及智慧化，以期能源管理以及舒適的居住空間

合併推廣。

在台灣目前的智慧居住空間技術，也有了不錯的發展，例如工業技術研究院已發展出且已經技術轉移的「電力監控系統」：

壹. 電力交易與電能管理：電力交易、電力負載預測與管理、資訊服務

貳. 電能管理網路：自動讀錶、智慧型電錶、負載管理策略、加值服務

參. 用戶端智慧型設備：數位式電力監控設備、大樓/家庭節能自動化

電力自動化監控系統，主要是監視用電狀況及自動抄表，並完整的記錄電力設備之電力品質及用電需量，當用電需量超過契約容量時，即進行電力需量控制，執行負載切離或卸載的動作，以避免超約罰款。此應用監控系統、圖控軟體、網路整合所開發之電力監控系統，具有可靠性良好、彈性大、系統擴充能力強等特點，實際應用於工廠、大樓、學校等電力監控，極具經濟效益，約可抑制尖峰需量 5~10%，回收年限一般約在 3 年以內。

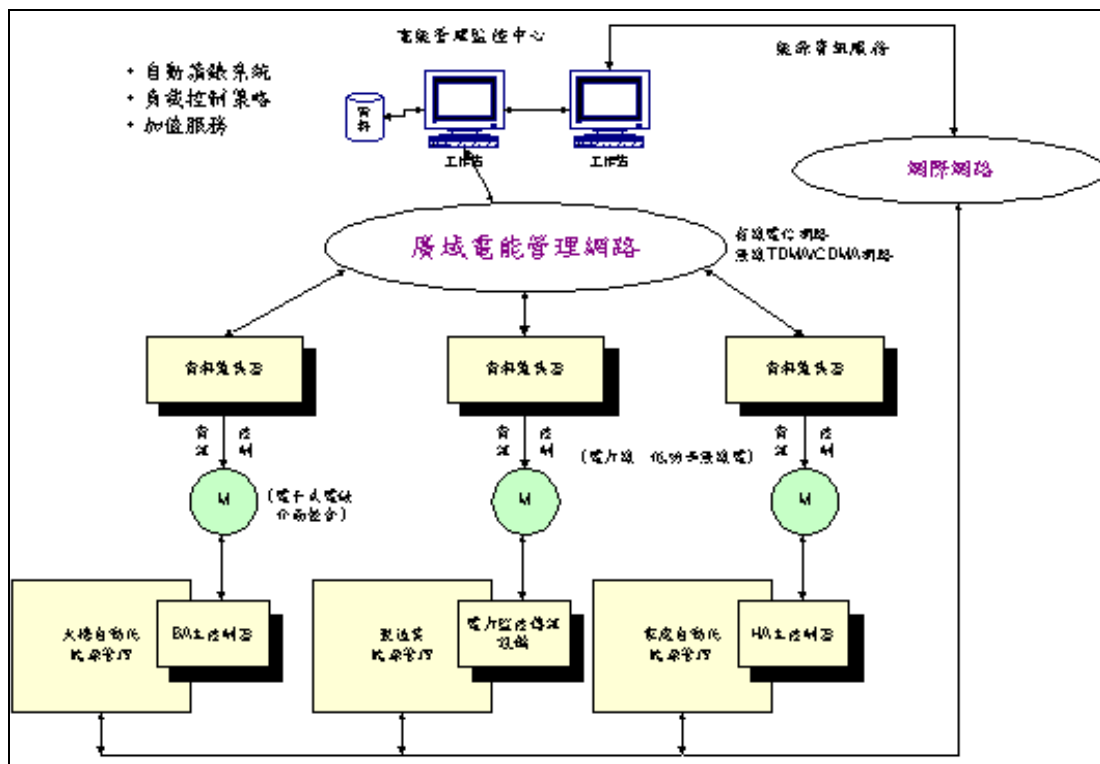


圖 2-1 智慧型電能管理網路研發架構圖

(資料來源：工業技術研究院)

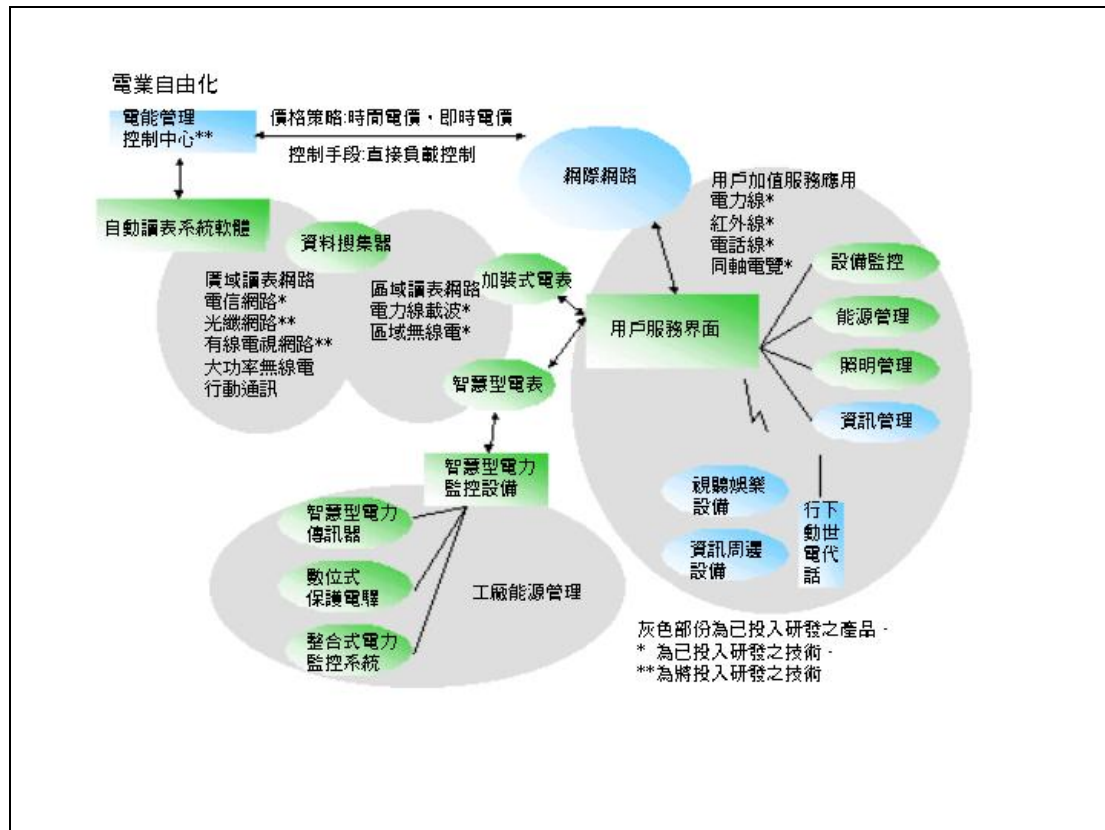


圖 2-2 電力系統應用技術研發產品與技術關聯圖

(資料來源：工業技術研究院)

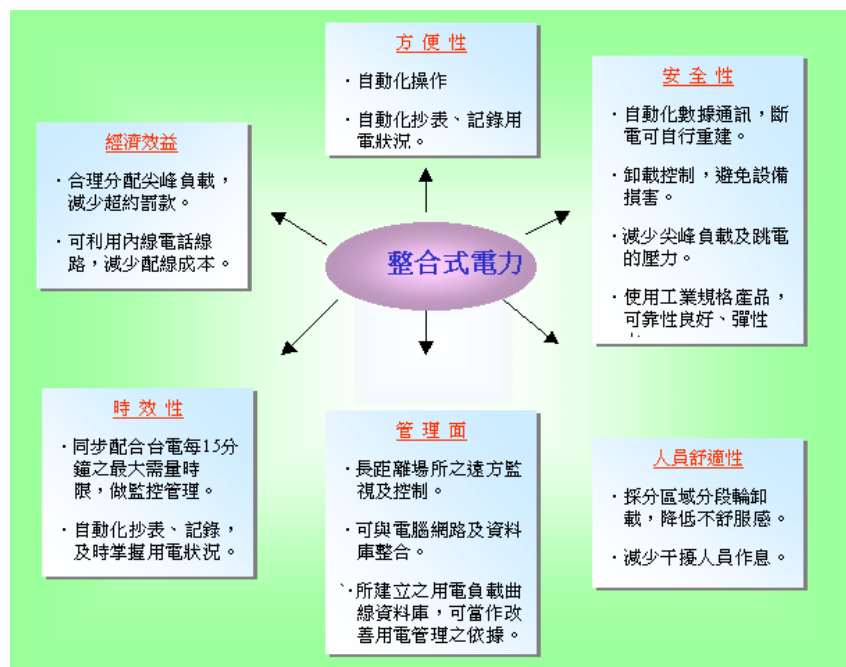


圖 2-3 整合式電力集中控制優勢圖

(資料來源：工業技術研究院)

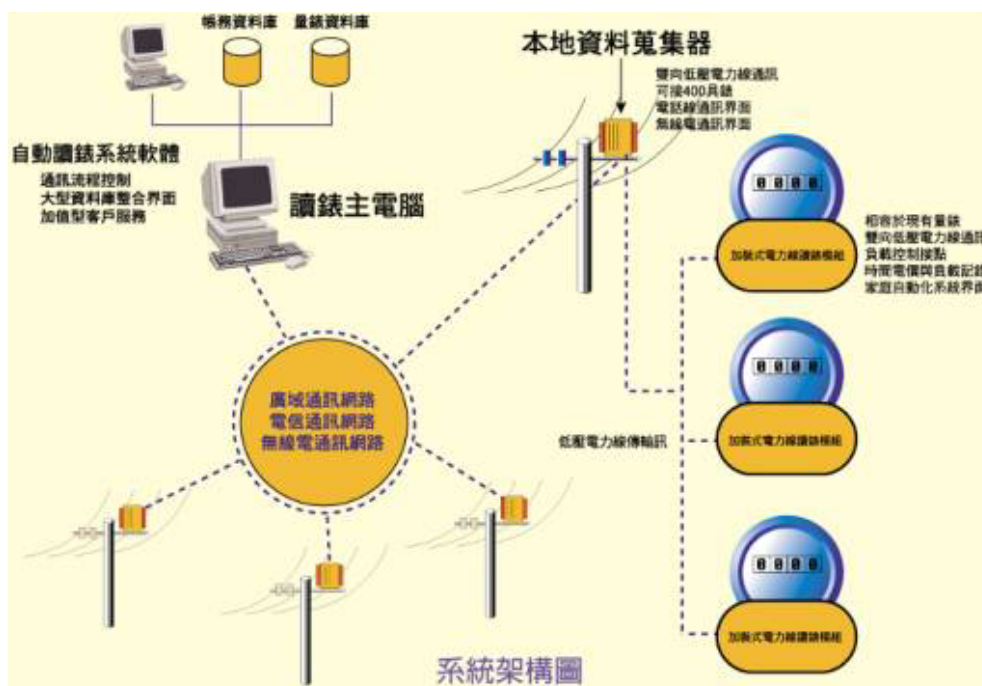


圖 2-4 電力線載波自動讀錶系統架構

（資料來源：工業技術研究院）

另外工業技術研究院也研發出「家庭自動化能源管理技術」，而且也將技術轉移至民間企業，技術簡介：

因應資訊家電網路通訊時代的來臨，以及未來電業自由化之即時電價（Real Time Pricing）電費管理模式，經由家庭自動化能源管理系統，以整合家庭網路內各家電裝置之操作，以達到家電資訊溝通及家庭電力能源之有效經濟管理，為未來電力能源管理技術中之一項主流。本技術係由主控制器作為系統之控制核心樞紐，透過室內家庭網路以作控制命令及資訊的傳遞，經由適當的電力能源控制策略，以達到家電設備操作之全面自動化、智慧化及經濟化。

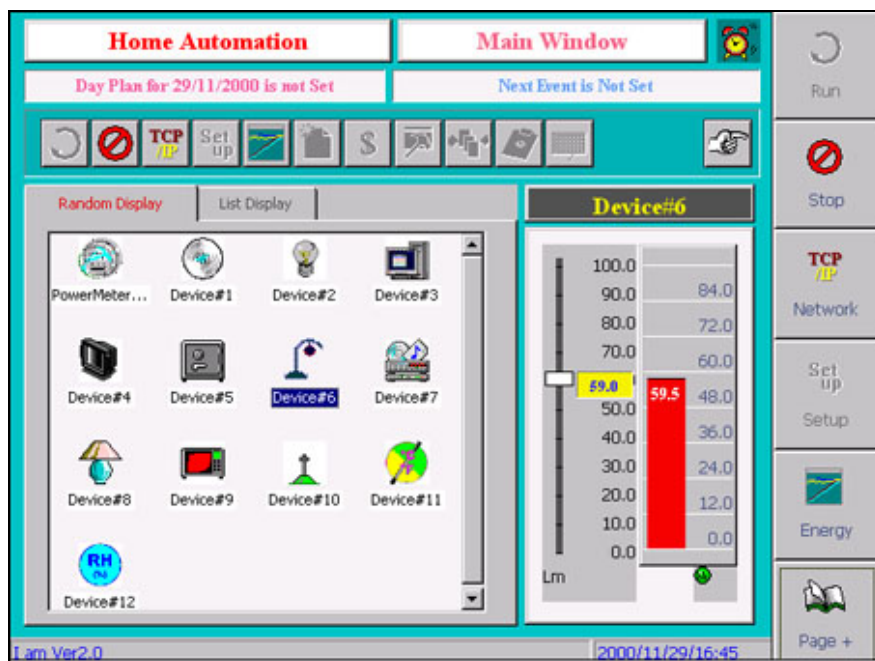


圖 2-5 家庭自動化能源管理系統操作介面

（資料來源：工業技術研究院）

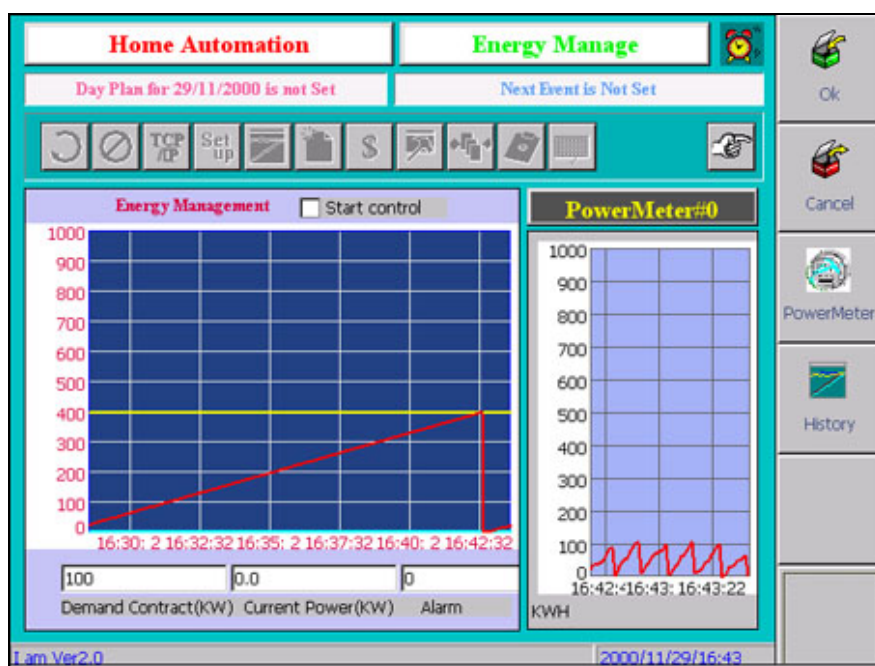


圖 2-6 家庭自動化能源管理系統之能源使用趨勢圖

（資料來源：工業技術研究院）

其中，此系統中的功能包括了以下之功能：

壹. 智慧型操作設定：

一、家電設備隨插即用功能

二、偏好設定巨集命令操作功能

三、時程設定自動批次操作功能

四、語音聲控操作功能

貳. 家庭能源管理：

一、自動讀錶連線用電管理

二、即時電價電力能源管理

三、用電紀錄資料儲存

參. 家電設備即時監控：

一、電話線/無線電內部家庭網路遙控操作

二、WWW 外部網際網路遠端遙控操作

三、WAP 外部行動電話網路遠端遙控操作

肆. 家庭安全管理：

一、火災自動通報處理

二、保全連線

三、警急事故自動撥號通知功能



圖 2-7 家庭自動化系統示意圖

(資料來源：工業技術研究院)

第二節 韓國目前 HEMS 之發展現況分析

建築物智慧化已是現今建築設計中必然的走向，透過網路與家電設備系統做連結，可提供更好的居家服務應用。智慧化居住空間於美國開使發起，不過在韓國也相當普及，有一部分的原因跟韓國的卓越的電子技術有關，但主要還是歸功於韓國政府對於數位家庭計劃的重視、擬訂補助政策和積極推廣。

韓國目前在建築物智慧化發展上強調數位整合，建構 Home Network 進而將家電設備整合在一起，以下將介紹三星和 LG 分別針對此所提出的方案。

壹. 三星 Homevita：

Homevita 為三星集團主要電子相關公司所創立之共同品牌，也是三星集團針對 Home Network 所提出的解決方案。Homevita 來源於自拉丁語“vita”，意思是活躍的生活。Homevita 所追求的是實現以人為本的數碼生活，達到 Any one、Any time、Any where、Any media 和 Any service 的目標。

Homevita 在這一系列的智慧化居住空間解決方案中，共將生活分六個部份組分，他們彼此相互依存，互聯互通，在統一的系統網路中，不僅讓居住空間擺脫了以往的冷硬的感覺，而變得聰明而富有活力，更重要的是，它讓人們在家中的每個角落，隨時隨地享受到科技為生活帶來的無限魅力。下列為六大智慧化系統之分析。

一、安全生活：

透過各種安全防範感知器，使住戶能夠 24 小時遠離外部入侵、火災及瓦斯外洩等危險。裝設監視器可進行出入管理、外部監控及隨時掌握家中幼童和老人現況。若發生異常狀況或緊急狀況時，使用緊急按鈕或感測器會自動將訊號傳遞回 Homevita 系統，並發出警報通知警衛室及住戶手機，容易即時應對。

二、自由生活：

利用智能家庭網路系統，可以享受智能家庭網路無線控制及遠端控制等

無線網路服務。

三、便利生活：

透過室內各種智能控制器，能夠掌握各房間的窗簾或照明狀況，並簡便的進行控制。出門時可以按下統一關燈的按鈕，從此住戶在出門前不需逐一檢查室內照明。若深夜起來廁所或廚房時，按下夜起鍵的按鈕，床頭和走廊的燈就會緩緩亮起，替夜間起床的住戶提供便利。

在室外或度假時可以透過上網、電話遠端控制及手機無限上網，隨時掌握家中現況，並進行控制。

在室內外均可隨心所欲的控制室內的家電產品，也可以依照各種不同的生活模式對家電進行控制，營造舒適的室內環境。

智能家庭網路系統還可透過感知器感應環境的變化，對家電設備做適當的變更，例如早晨時，設定用之照明設備或百葉窗會自動打開；當電話響起時，有發出音效或其他聲音之電器設備會自動將聲量降低。

四、健康生活：

不僅在室內，即使是在室外也能利用電話或網路遠端控制，調節室內空調等各種功能，營造更舒適的室內環境。

五、快樂生活：

利用 Homevita 系統可以設置自己所喜愛的背景音樂在室內的每個角落均可享受自己喜歡的音樂。透過觀賞電影的一次按鍵可打開電視影音設備關閉照明拉上窗簾等住戶可以在最舒適的環境下欣賞電影。

六、經濟生活：

利用家庭網路可以跟有架設家庭網路的鄰居、警衛室、管理中心以及公共設施進行免費的視訊通話。

利用遠程抄錶功能，可以隨時查詢天然氣、自來水、電力的使用量，有助於節能，也能給用戶自動通知能源儲值卡的儲值時間。



圖 2-8 Homevita 所追求之目標

(資料來源：中國三星)

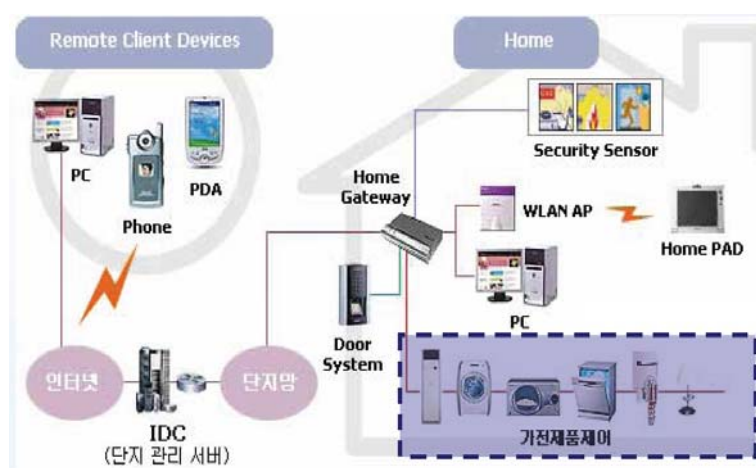


圖 2-9 透過網路、手機可輕易控制家電設備及掌握家中現況

(資料來源：韓國三星)

貳. LG HomeNet：

LG 表示，LG HomeNet 為近幾年所開發出專屬 LG 的智慧家庭網路系統，所謂的「未來家庭」，已不再是未來式。

LG HomeNet 是利用 Home Network 與數位家電做連結，使消費者可以隨時隨地享受便利居家生活的 Total Home Network Solution。2003 年 7 月開始，LG 電子在首爾長安洞、方背洞等地的新興公寓大舉興建 Home Network。截至 2004 年年底為止已接獲 1 萬多戶的訂單。

LG HomeNet Solution 可細分為統合控制、住宅內部管理、娛樂、預防犯罪/災難及安全健康等種類。

LG HomeNet 產品的特點是家電與網路做結合。目前 LG Home 推出的產品有機上盒、微波爐、洗衣機、洗碗機、吸塵器、冷氣機、冰箱與瓦斯爐等產品，LG HomeNet 的家電產品皆可透過 Dream LG (www.dreamlg.com) 或是手機等終端裝置控制住宅內數位機器的狀態。但是缺點是所有的家電都必須選用 LG HomeNet 的產品。

LG 電子擁有自行研發的 PLC 技術「Living network Control Protocol, LnCP」，並以 LnCP 為基礎，開發出名為 HomeNet 的 Home Network Solution。LG 電子為將自身研發的技術標準 LnCP 擴大至全國，與 Daewoo Electronics、Honeywell Korea、SK Telecom、Willtech、Humax、Lucent Technologies Korea 等企業同組成 LnCP Consortium，使用 LG 電子 LnCP 技術合作廠商的產品，均標示 HomeNet logo。為了符合韓國產業支援部所公布的 PLC 國家標準，目前 LnCP Consortium 正積極開發 API「Application Programming Interface」，積極爭取使 LnCP 成為全球化標準，解決 Home Network Solution 與其他廠商間相容性的問題。

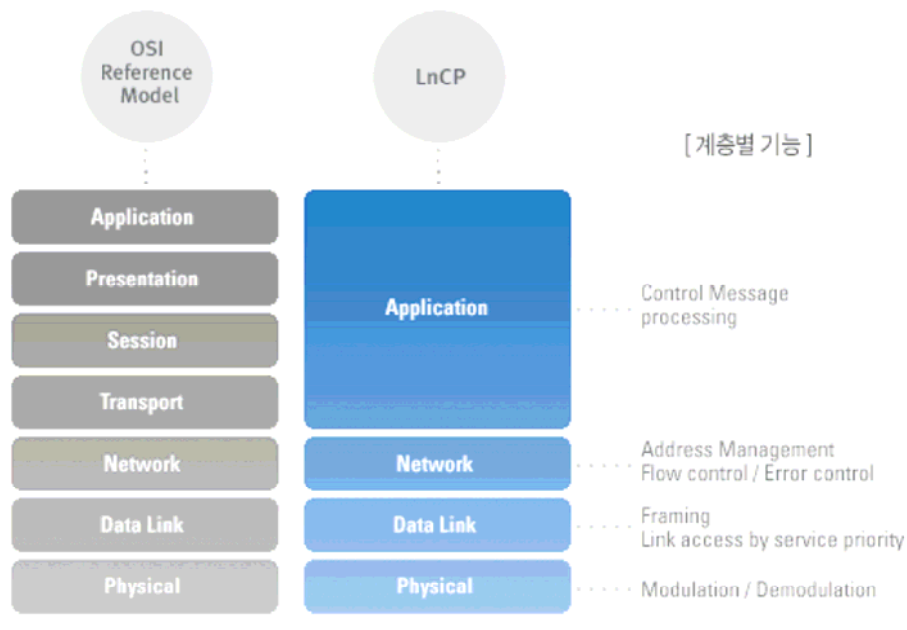


圖 2-10 LnCP 的基本架構

(資料來源：韓國 LG)



圖 2-11 符合 LnCP 之家電設備均可整合在一起使用

(資料來源：韓國 LG)

第三節 日本目前 HEMS 之發展現況分析

日本政府對於國際間的過度能源使用以及 CO₂ 過度排放情形，以符合減量目標為目的，於環境政策方面制訂「預防全球暖化之指導方案」；其中措施包括最佳運轉模式計畫、能源使用合理化法、制訂節能計畫、改善基礎建設、改進交通、空調與發展新節能科技等，以期達到減量目標；並提出「自願環境計畫」，包含能源保存、廢棄物減少、訂定回收目標及控制二氧化碳排放等策略。

日本 90%之溫室氣體都是由能源使用所產生，因此日本之能源政策於住商部門以節約能源之措施為主，並以能源效能建築計畫開發住屋及建築設備、技術，並規範能源絕緣標準及方針，此外並著重於新能源技術之研究開發計畫，包括太陽能、地熱、煤之氣化/液化技術、以及氫能；並成立新能源產業技術綜合開發機構—NEDO（New Energy and Industry Technology Development Organization），以推進石油替代能源政策體制的實施，且確保核能開發安全、後端處理、宣傳對策及核能發電廠址之考量。

因此日本之能源政策於住商部門以節約能源之措施為主，如推動高效率熱水器的配給、降低備用電力消耗、高效率照明設備的技術研發與擴散、推動 HEMS（Home Energy Management System）等。其中 HEMS 技術發展對於各設備開發應用以及系統的整合推動、執行等方面有莫大的貢獻。

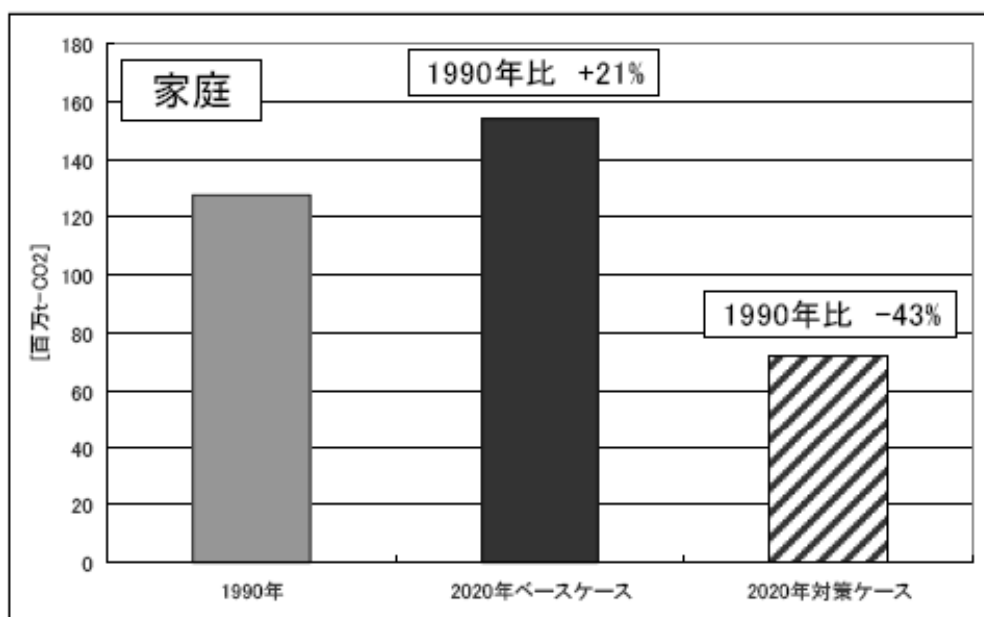
日本對於 2010 年度將達到實際 CO₂ 減量 3%，也訂出了針對許多產業方向的減量方針，如下表 2-1 所示。其中，能源管理方面，以 BEMS 和 HEMS 的推廣普及為主力方向。

表 2-1 CO₂ 減量政策的指導方針

対策項目	想定
機器の効率の改善	トップランナー効率機器の確実な普及
住宅・建築物の性能向上	次世代省エネ基準かそれを上回る性能の建物が普及
エネルギー需要管理システムの導入	HEMS・BEMS 等の普及
自然エネルギーの最大限の活用	太陽光発電・太陽熱利用・バイオマス熱利用
社会ビジョンに合った活動量のあり方の考慮	ライフスタイル等に合った住まい方の検討、業務床面積や営業時間等の抑制、短縮
電力供給側の対策	発電効率の向上、CO ₂ 排出の少ない順に発電所を稼働、原子力発電所は 30 年で廃炉の方針

（資料來源：日本 KIKO NETWORK）

在家庭部分的省能，在 HEMS 的導入日本政府估計到 2040 年將達到減量 43% 的目標。如下表 2-2 所示。而其中家庭省能設備的內容也大致分類如下表 2-3 所示。

表 2-2 2040 年家庭省能 CO₂ 減量目標

（資料來源：日本 KIKO NETWORK）

表 2-3 家庭省能設備一覽表

	CO2削減量 1000t-CO2	構成比
機器の効率改善		
冷暖房兼用エアコン	4,586	5.6%
冷房専用エアコン	51	0.1%
ガスストーブ	16	0.0%
石油ストーブ	142	0.2%
ガス温水器	465	0.6%
石油温水器	102	0.1%
ガスコンロ	125	0.2%
冷蔵庫	6,764	8.3%
テレビ	2,143	2.6%
ビデオ	257	0.3%
電気便座	269	0.3%
蛍光灯器具	597	0.7%
その他の電気機器	2,219	2.7%
電球	591	0.7%
高効率給湯器	8,073	9.8%
住宅の省エネ	7,502	9.2%
エネルギー需要管理	764	0.9%
自然エネルギー		
太陽光発電	24,127	29.4%
太陽熱利用	11,100	13.5%
バイオマス	1,028	1.3%
活動量に関する対策	4,716	5.8%
電力のCO2排出原単位の改善	6,346	7.7%
合計	81,983	100.0%

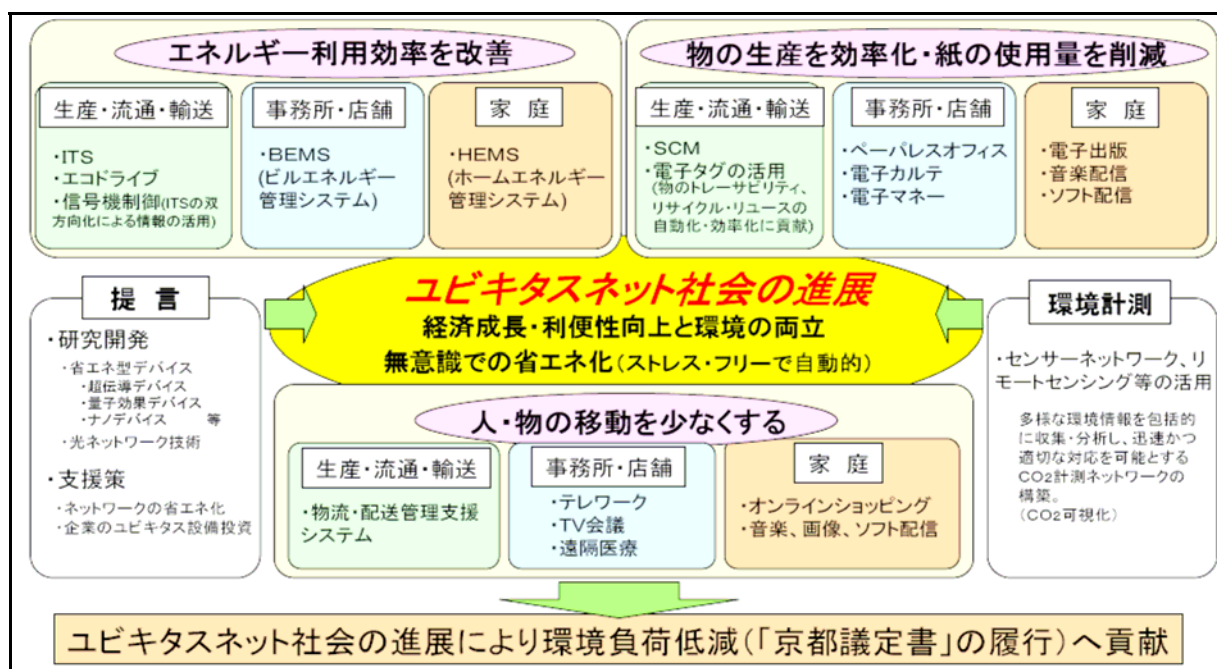
（資料來源：日本 KIKO NETWORK）

日本「無所不在的網路社會與環境發展協會」(ユビキタスネット社会の進展と環境に関する調査研究会)，也提出了將網路社會導入各產業，以 CO₂ 排放減量，也將各種相關產業整合以期達到京都議定書目標，其中在能源利用效率的改善項目中，家庭部分即是將 HEMS 系統導入。並且以以下三點為目標：

壹．環境與經濟的相並進行

貳．環境與生活便利性的向上提升

參．無義識的居住省能環境政策及實現可能

圖 2-12 無所不在的網路社會對 CO₂ 減量的執行目標

(資料來源：日本無所不在的網路社會與環境發展協會)

此協會也已在網路架構上規劃出 HEMS 系統的基本系統流程圖，如下圖 2-13

所示。

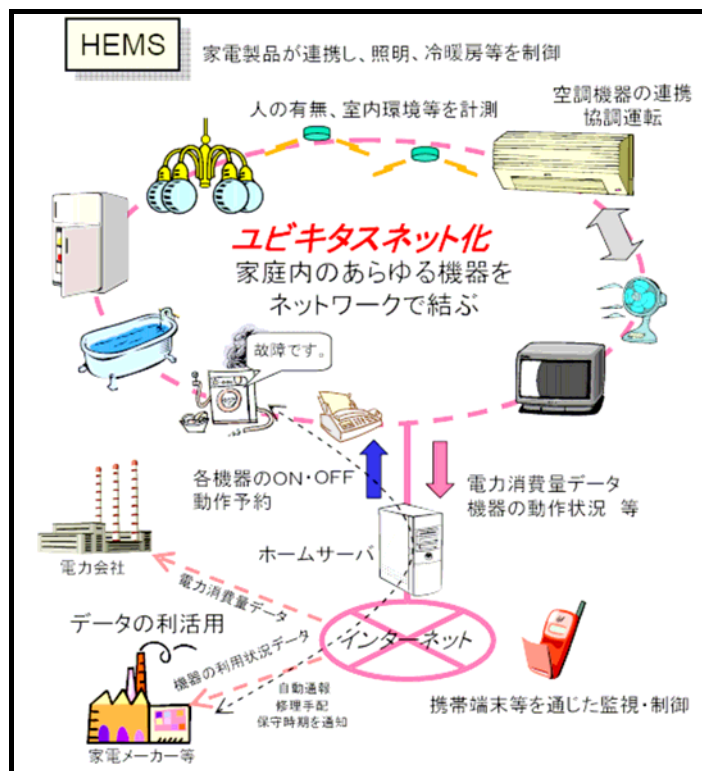


圖 2-13 HEMS 系統架構於無所不在的網路上架構圖

(資料來源：日本無所不在的網路社會與環境發展協會)

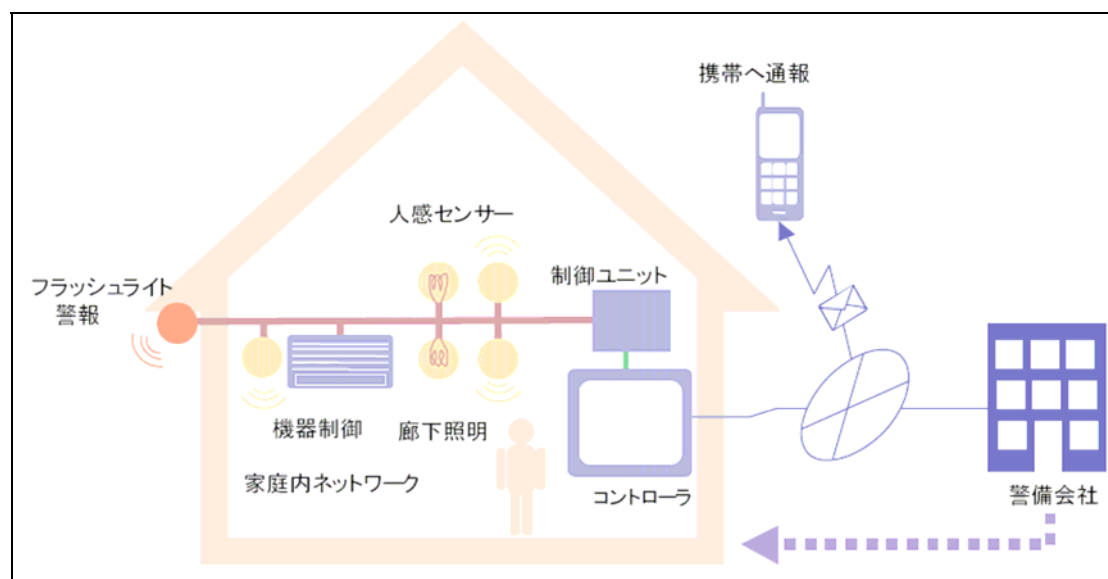


圖 2.14 積水房屋株式會社提出的 HEMS 基本架構

（資料來源：日本積水房屋株式會社）

在日本通產省 NEDO（New Energy and Industry Technology Development Organization）所進行的研究是在日本政府的資助下進行，其主要目的為減少日本國內對化石能源的依賴。發展至今，NEDO 的研究範圍雖擴展至別的區域，如礦區的環境復原等計畫，但其研究重心仍與能源相關之技術開發以及環境議題為主，因此在因應溫室氣體減量技術方面有領導地位。NEDO 對於能源議題也提出許多新的方法以及技術，對於 HEMS 的技術開發、政策推廣以及實際案例是為日本最主力的機構。以下為 NEDO 訂定出一套完整的 HEMS 的推廣體制，將各事業進度分為三類包括：

壹．導入設備相關事業：

- 一、導入設備前後基礎資料的收集
- 二、相關設備與系統的性能資料及測試
- 三、資料庫的建構
- 四、資料庫的分析

貳．調查研究事業：

- 一、資料庫整理及維護
- 二、收集資料的分析及評估

參. 機器改良、維修、製造事業：

一、設計的更新及創新

二、設備、硬體與軟體的購入、製造、改良及修繕

三、工事(設備系統的導入、架設及撤離)

四、資料的收集及分析

在 NEDO 的帶領下，HEMS 的發展也在許多廠商的加入下有了許多新的創新發展，如下圖 2-15 所示，為研究廠商的進度表。

No.	事業者名	実施地域	事業年と事業内容				
			平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
1	株式会社ELクエスト (関西電力・松下産業機器・日立製作所の3社による合併会社。 本事業終了後解散。)	関西地区 (大阪府・兵庫県東部) 300 件	導入設備		機器改良		
				調査	調査		
2	積水ハウス株式会社 (H13年度は三菱電機株式会社、株式会社アイ・エル・シーとの3社)	広島県 (広島市) 100 件	導入設備				
				調査	調査		
3	三菱電機株式会社	関東地区 (川崎市・千葉市) 20 件	導入設備				
				調査	調査		
4	東邦ガス株式会社	中部地区	導入設備				
				調査			
5	四国電力株式会社	香川県 (高松市) 116 件		導入設備	機器改良	機器改良	機器改良
				調査	調査	調査	調査
6	ミサワホーム北海道株式会社 NPO 地球環境HOME 財団法人 住宅都市工学研究所 (H16年度より)	北海道 (札幌市) 40件 (34→37→48)			導入設備		
						調査	調査
二次 解析	財団法人 電力中央研究所 (H17年度除く) 株式会社 住環境計画研究所	分析対象 上記取得データ (東邦ガス除く)			分析	分析	分析

圖 2-15 多家廠商參與 NEDO 之研究進度表

(資料來源：日本通產省 NEDO)

在 NEDO 的補助研究方案主導下，各家廠商將發展的設備以及技術導入一般民間住宅，並進行研究、資料收集並加以改良，再訂定各種未來發展方案，以此方式進行 HEMS 的導入以及技術最佳化改良。因此也帶動了一般民眾對於 HEMS 的了解以及製造廠商對於設備、系統以及應用軟體方面更向上進步。以下為各家廠商提出的研究方案以及成果。以茲參考。

壹. EL Quest(EL-Quest Company Incorporated)：

此機構為關西電力株式會社、松下產業機器株式會社以及株式会社日立製作所三家公司合作成立的研究機構，結合三家廠商的專長進行 HEMS 系統的研究與導入，並且於關西地區 300 戶的住宅進行全尺度的 HEMS 導入建構與資料取得分析。其目的為：

- 一、HEMS 活用於家電系統、電力監控系統的實驗性印證
- 二、系統導入對於 CO₂ 排放量降低的評估，以及如何持續工作的實施對策
- 三、家庭內狀態監控的系統印證
- 四、整體性的調查與分析

EL Quest 導入關西三百家住宅的 HEMS 系統設備如下表 2-4 所示。

表 2-4 EL Quest 導入 HEMS 系統設備表

家電機器 制御機能	1. 自動制御機能	・人感センサとエアコンの連動制御 ・エアコン、ブラインド、換気扇の連動制御(10軒限定) ・機器待機電力のスケジュール遮断
	2. 遠隔制御機能	・エアコン、機器のON/OFF制御 ・給湯器のON/OFF制御 ・給湯器の遠隔湯はり
電力量測定・ 情報提供 機能	1. 電力量 計測機能	・取引電力量計を用いた家庭全体の使用電力計測 ・エアコン、機器、冷蔵庫の使用電力計測
	2. 表示端末への 計測データ 表示機能	・家庭全体、エアコン、機器、冷蔵庫の使用電力 ・上記使用電力瞬時値(家庭全体除く) ・上記使用電力比率 ・月間使用電力量予測値 ・他モニター宅平均との比較 ・不在制御による使用電力削減効果 ・冷蔵庫開閉回数
家庭内状態監視機能		・180度カメラによる家庭内状態監視機能 ・室内照度データ収集機能

(資料來源：日本 EL Quest)

並在研究期間持續加入改良以及擴大機能，如下表 2-5 所示

表 2-5 EL Quest 對於 HEMS 系統之改良功能表

家電機器制御機能	1. 自動制御機能	・エアコンの在不在制御方法の改良 ・エアコン用人感センサを活用した照明の在不在制御
電力量測定・ 情報提供機能	1. 電力量計測機能	・電気温水器の使用電力計測 ・移動型アダプタによる任意機器の使用電力計測
	2. 表示端末への 計測データ表示機能	・電力使用状況に関する情報提供機能の改良 ・家電使用に関するアドバイス配信機能

（資料來源：日本 EL Quest）

EL Quest 也以家電設備的能源使用監控、電力監控及回報、家庭狀態監控等功能、配合各家設備以及技術建構出 HEMS 系統。以及針對 HEMS 系統的資料傳輸進行系統建構。如下圖 2-16、2-17 所示。

舉凡室內之百葉窗，通風扇，空調機及電視等 AV 機器之耗能及運轉現況皆經 HEMS 系統自動量測及記錄，同時進行集中控制，以達到較低之電力消耗量，良好與舒適的室內居住空間品質。同時可經由人體活動之感知器以連動控制空調、照明等系統設備。近期以來，台灣地區之空調廠商於電視上大打廣告「動則冷，不動則省」，即為此項技術之應用。另外，如冰箱門開啟之回數及熱水器運轉之現況等也皆可經由 HEMS 進行直接線上數位監控與網際網路遠端遙控。如此，屋主可藉由手機，電話及手提電腦等通訊設備經過有線或無線之傳輸方式進行遙控。甚或室內安裝之 180 度攝影機亦可將家居老人或小孩之現況藉由影像傳輸自屋主或其所委託之保全單位，而大幅提昇生活上之安全度。

另一方面，HEMS 所收集到之數據及影像可經由時間之累積進行必要之解析，而使屋主對其耗能現況與居家環境進行數量化之診斷。一方面可大幅提昇其節約能源之動機，另一方面亦可作為大型社區許多公共區域電費分攤之重要參考與依據。

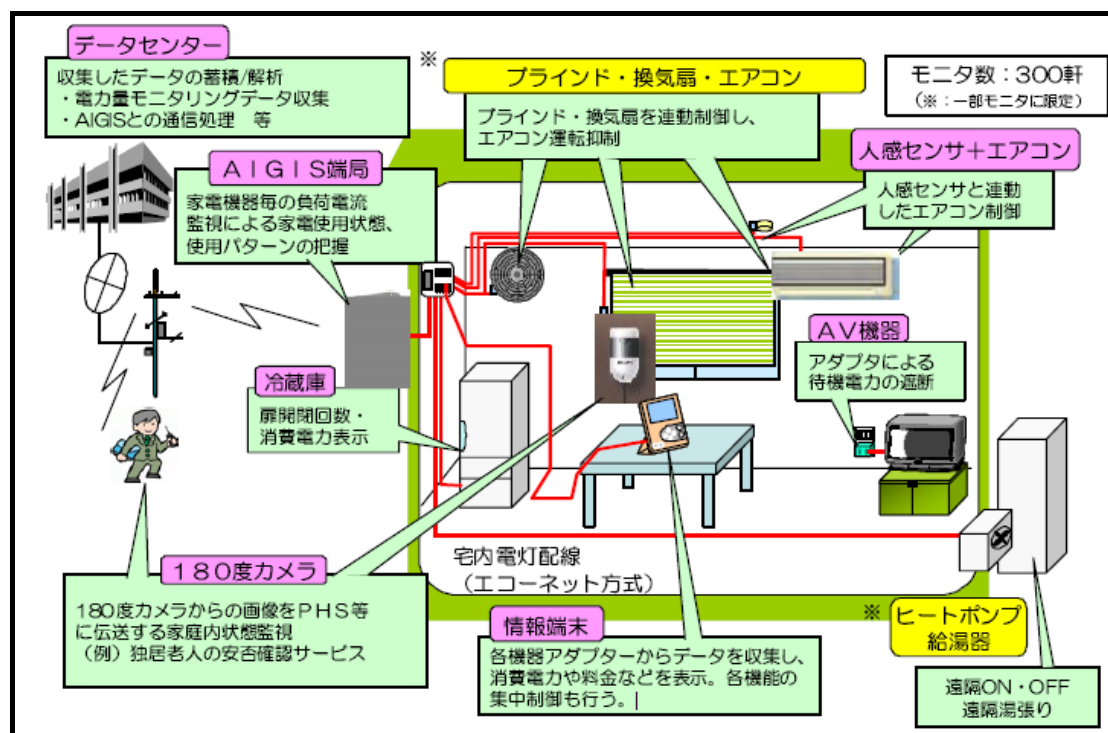


圖 2-16 EL Quest 株式會社建構之 HEMS 系統圖

(資料來源：日本通產省 NEDO)

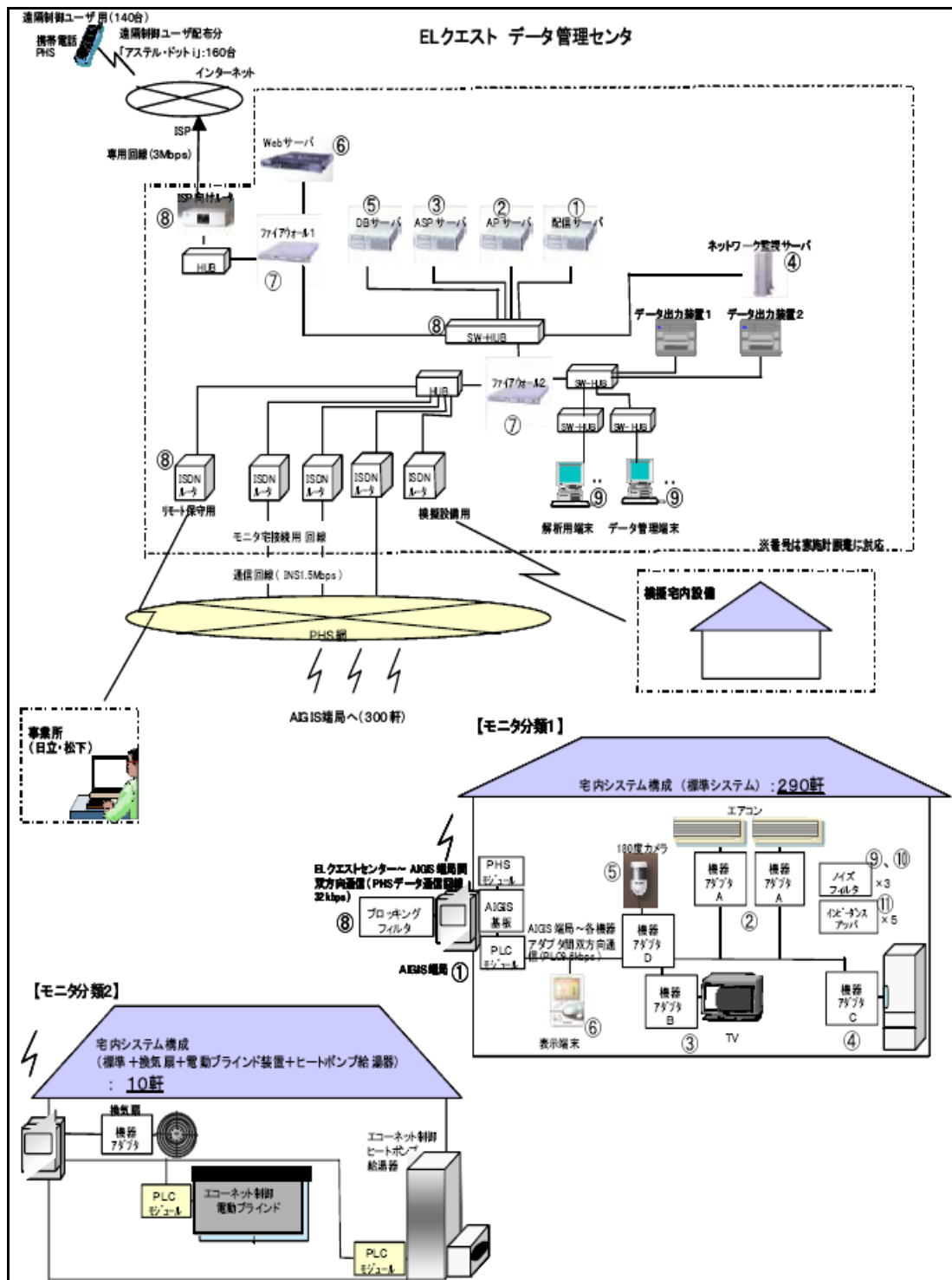


圖 2-17 EL Quest 針對 HEMS 資料管理系統建構系統，透過既有網路、電力線以及 PHS 等通訊方式來進行 HEMS 資料傳輸

(資料來源：日本 EL Quest)

在經過了 EL Quest 的導入之後，對於能源使用的資料以及 CO₂ 排放降低的效果，是非常顯著的，最初 EL Quest 在開始研究計畫前初估的 CO₂ 排放量降低

為 10%，而其成果經過統計之後總平均其降低量為 8.7%，接近理想值，為成功的 HEMS 導入節能措施。

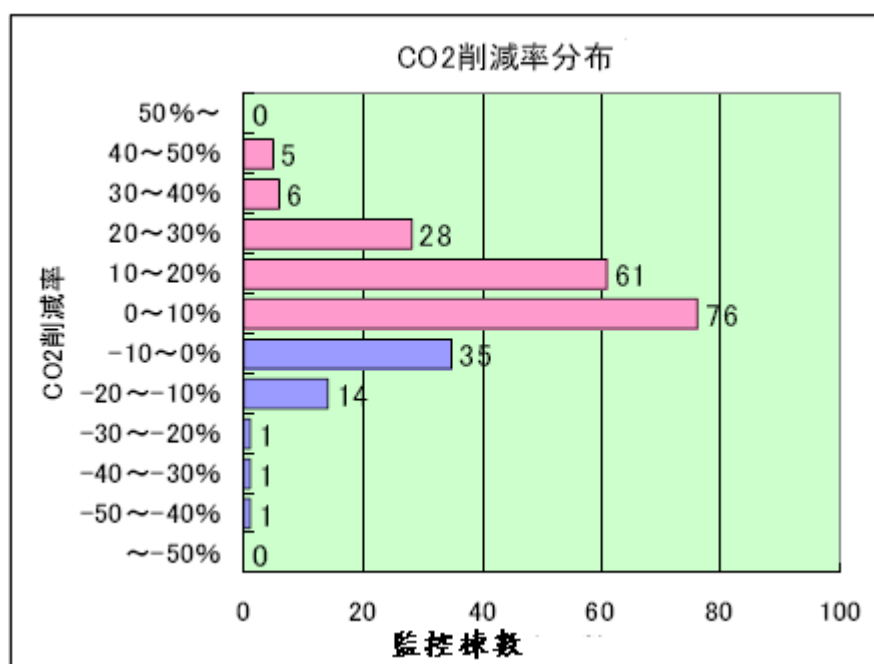


圖 2-18 CO₂ 排放減量率分布圖

（資料來源：日本通產省 NEDO）

	実績	目標
総CO2削減量(kg)	65,273	51,240
HEMS導入前 年間排出量(kg)	746,103	
CO2削減率	8.7%	10.0%
有効モニター数	228	300
1軒あたり削減量 (kg)	286	171
総削減量原油換算 (L)	34,403	
1軒あたり削減量 原油換算(L)	151	
参考:エネ庁目標値 1軒あたり削減量 原油換算(L)	64	

圖 2-19 CO₂ 排放減量實績

（資料來源：日本通產省 NEDO）

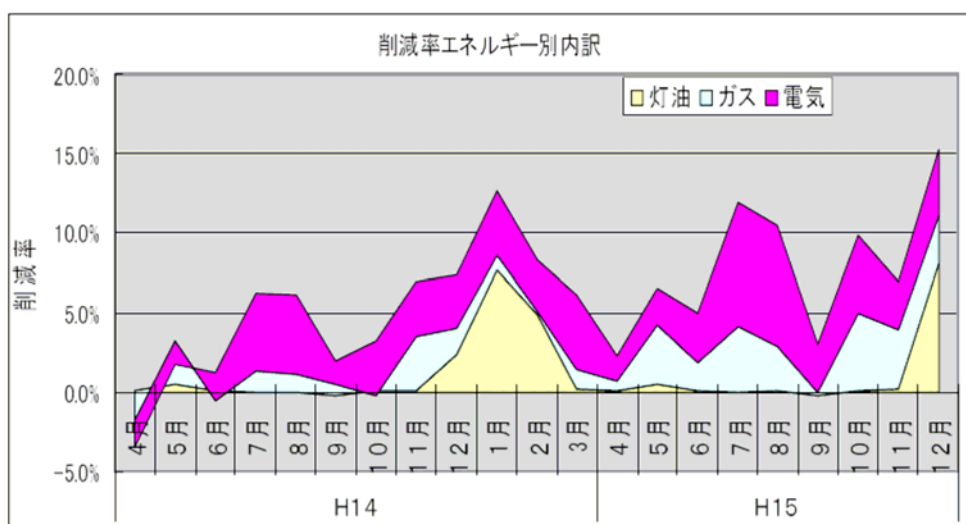


圖 2-20 HEMS 系統逐月系統省能比例趨勢圖

(資料來源：日本通產省 NEDO)

EL Quest 除了針對電力能源的監控、CO₂ 排放的減量努力外，此外也針對電器用品的使用情形，例如，電力傳輸的品質、產品的使用便利性、產品的使用年限、系統導入的難易度、系統的回收年限與金額制定接受度以及居住者的舒適程度與接受度等與生活密切相關的資料，皆有全面性的調查以及針對各細項進行改良，並在後續繼續改進，並持續調查，以期將 HEMS 全面推廣並實用化、及生活化。如下圖 2-21 所示，為人性化的操作介面，並計算建議使用時程，以達最省能最有之能源使用情形。

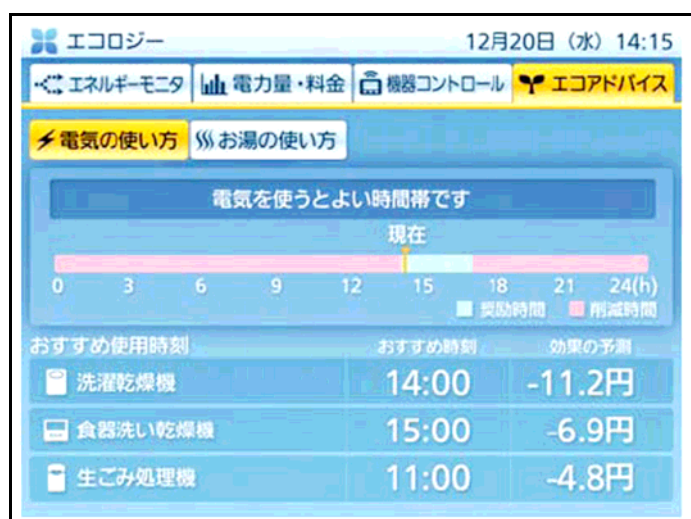


圖 2-21 松下電器發展人性化操控介面

(資料來源：日本松下電器)

貳. 日本積水房屋株式會社：

日本積水房屋株式會社針對家庭住戶的使用時程、以及人員使用不在連動裝置以及居住者在無意識下的 PMV 舒適度控制，來進行對於空調以及照明的最佳化控制來達到 HEMS 系統的節能措施。其工作項目包括：

一、廣島縣 100 戶住家導入 HEMS 系統來進行人感啟停控制的功能以及效能的正確性、精確性、安全性及舒適調查。

二、透過專業配線，將電力線與傳輸線合一，並討論其實用性與安全性的調查。

三、HEMS 系統導入的實用性、舒適性以及其附加價值之調查

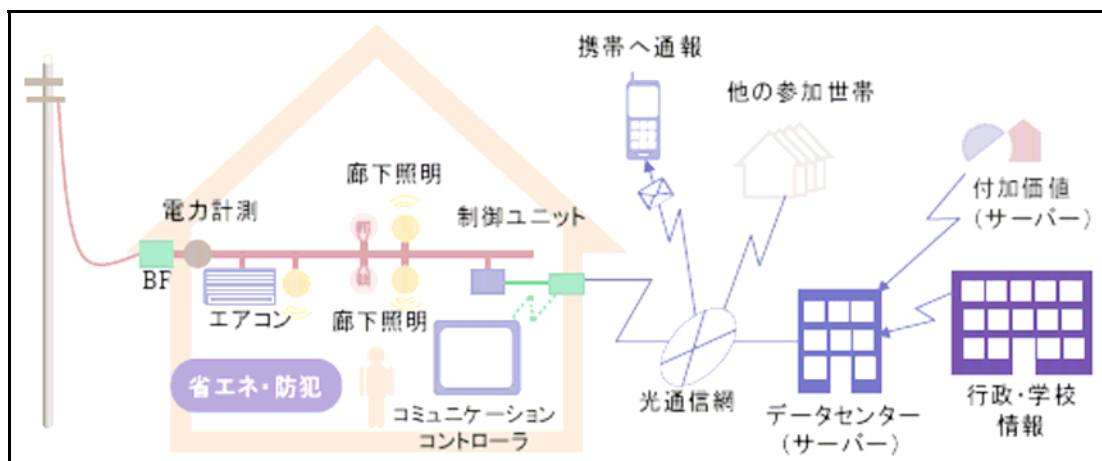


圖 2-22 日本積水房屋株式會社建構之 HEMS 基本架構圖

(資料來源：日本積水房屋株式會社)

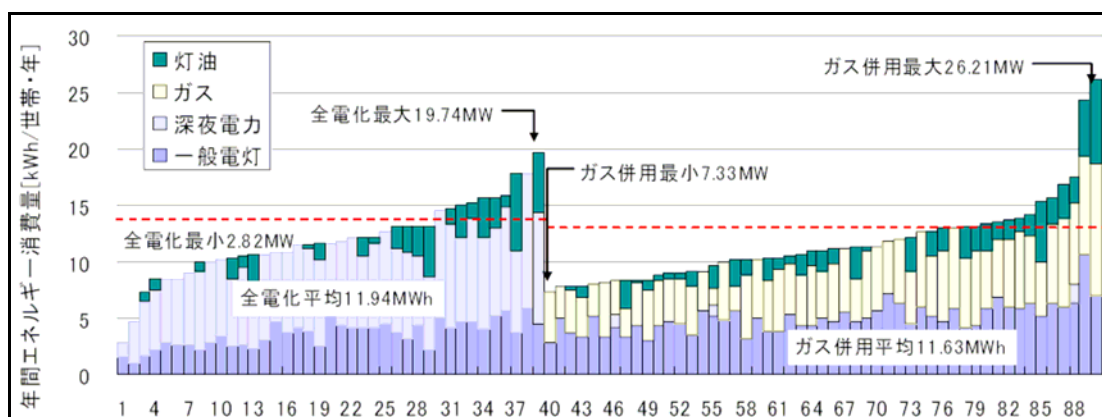


圖 2.23 積水房屋株式會社對於實驗住戶進行用電情形調查趨勢圖

(資料來源：日本積水房屋株式會社)

透過用電情形趨勢圖，可發現照明以及冷暖房是為家庭用電最容易下手進行

節能措施的部份。於是日本積水房屋株式會社提出了人感控制系統（人員感應啟停控制），以及透過在室內人員不察覺的狀況下，減少冷暖房的使用，但是仍保持室內舒適度，仍使使用人員感到舒適。如下圖 2-24、2-25 所示。

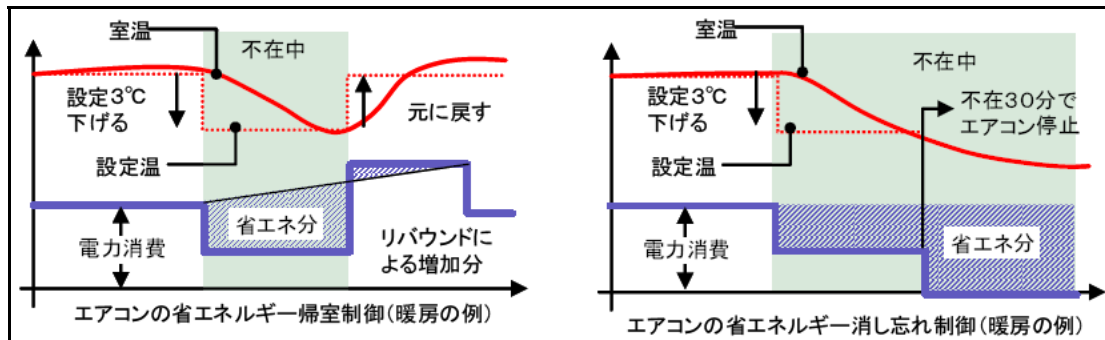


圖 2-24 積水房屋株式會社之 HEMS 對暖房進行不在控制的控制示意圖

（資料來源：日本積水房屋株式會社）

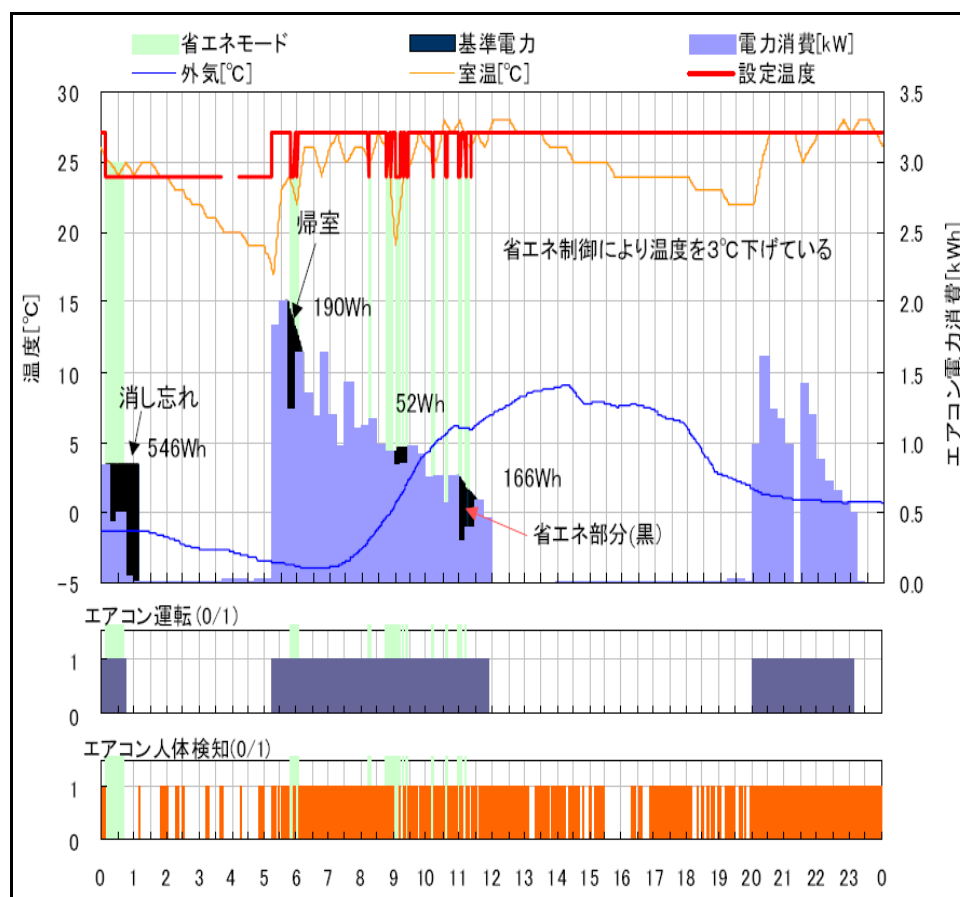


圖 2-25 積水房屋株式會社之 HEMS 進行住戶實驗暖房不在控制省能趨勢圖

（資料來源：日本積水房屋株式會社）

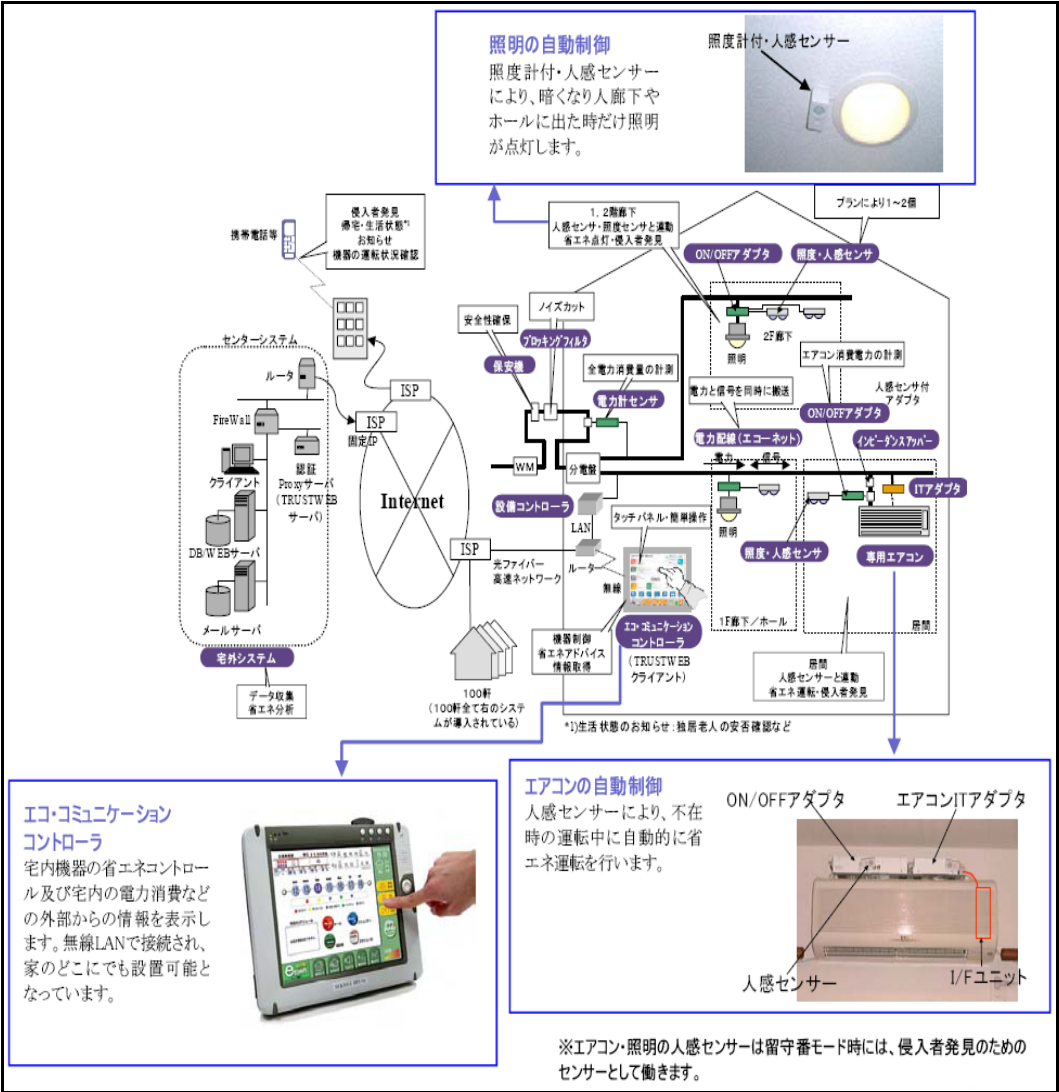


圖 2-26 積水房屋株式會社之 HEMS 機器構成圖

(資料來源：日本通產省 NEDO)

日本積水房屋株式會社之 HEMS 系統的實驗結果，暖房約可節約 1.7% 的能源，而冷房可節省 5.6% 的能源使用。如下圖 2-27 所示。

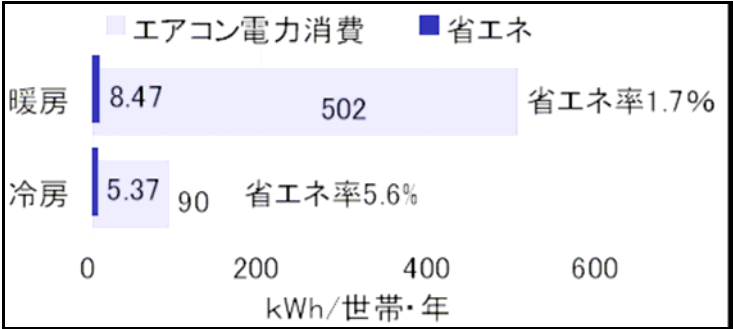


圖 2-27 積水房屋株式會社之省能比較圖

(資料來源：日本通產省 NEDO)

參. 三菱電機株式会社：

三菱電機在關東地區，對 40 棟住宅進行 HEMS 系統導入的測試與比較實驗，將其中 20 棟家庭建築物建構 HEMS 系統，是為實驗組。而其他 20 棟未增設 HEMS 系統的家庭是為比較組，進行 HEMS 系統省能比較實驗。而三菱電機進行的 HEMS 系統控制包括了：

- 一、一般家庭的空調與照明系統等用電設備的自動控制與自動省能試驗
 - 二、電力與瓦斯的監控以及使用量與使用金額監控
 - 三、透過 VPN(Virtual Private Network)遠端監控系統進行遠端監控、資料回報系統控制
 - 四、NTP(Network Time Protocol)系統提供家庭以及 HEMS 系統各區域之外氣條件以及氣象資料等生活相關資訊
- 其系統架構圖如下圖 2-28 所示。

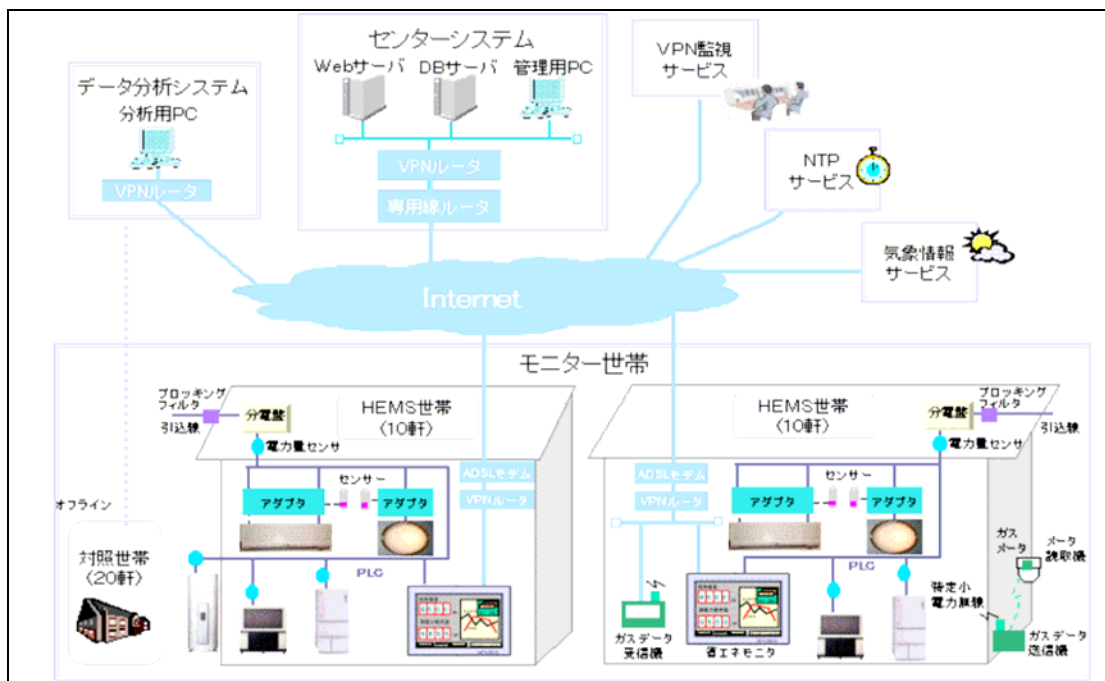


圖 2-28 三菱電機建構之 HEMS 系統架構圖

(資料來源：日本三菱電機株式会社)

三菱電機進行的空調自動控制，是以人感舒適度與外氣溫度比較的最適化運轉來進行自動控制（溫度與風量的自動控制）包括下列各項：

一、室內快感舒適度的維持控制

二、人員使用在不在自動控制(減少人員不在房間時的耗能損失)

三、配合外氣溫度，自動控制室內的溫度與風量、風速設定

四、暖房最佳控制化

其空調自動控制的省能成果，冷房可達到 13%，暖房省能更可高達 35%。

表 2-6 三菱電機 HEMS 空調自動控制系統導入省能比較表

年度	2002	2003
冷房	-9%	-13%
暖房	-35%	

(資料來源：日本三菱電機株式会社)

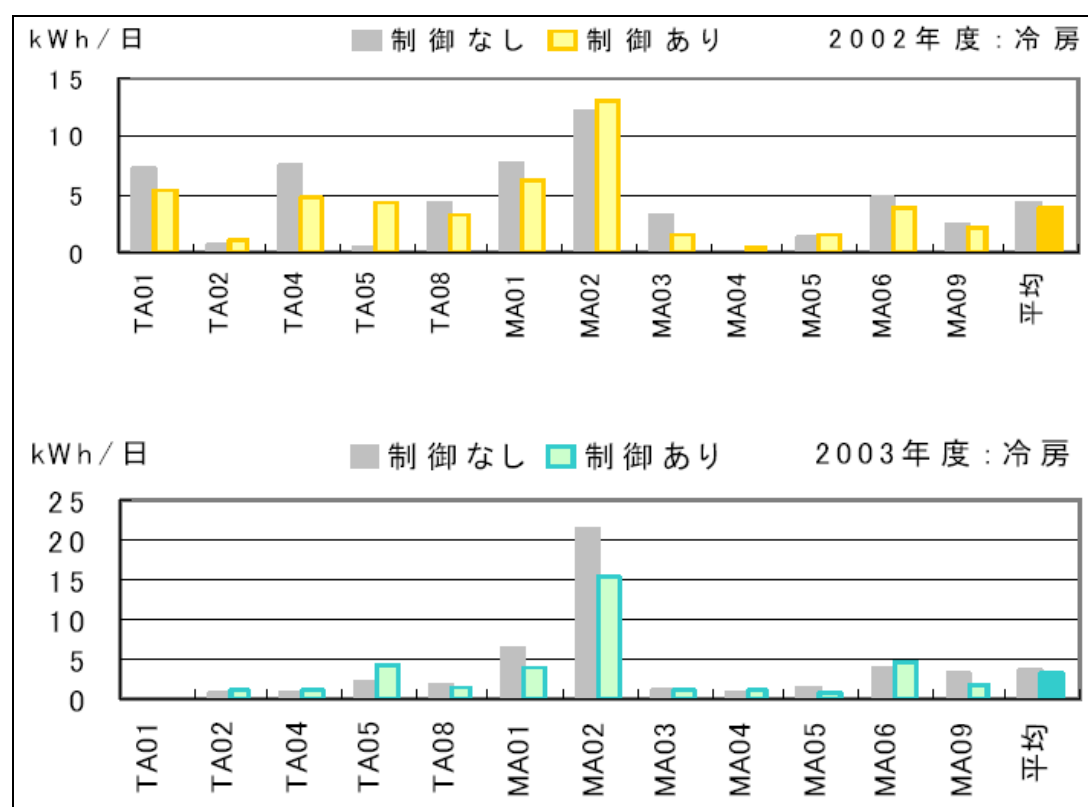


圖 2-29 2002、2003 年度三菱電機 HEMS 空調自動控制系統導入省能趨勢圖

(資料來源：日本三菱電機株式会社)

而在照明設備自動點燈、自動熄燈控制下，也有不錯的省能成果，如下表

2-7 所示。

表 2-7 照明自動開關控制省能比較表

年度	2002	2003
廊下		-15%
トイレ	-39%	-41%
玄関	-54%	-63%

（資料來源：日本三菱電機株式会社）

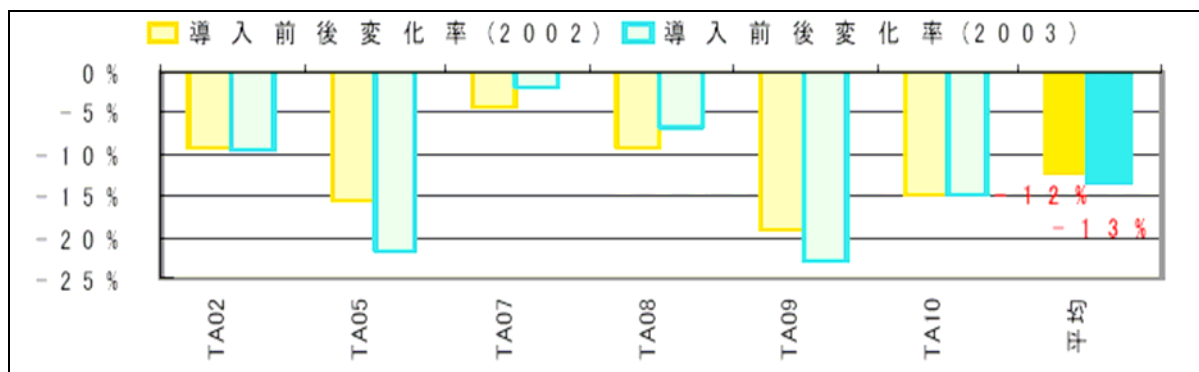
除了空調與照明的自動控制節能措施以外，三菱電機對於電熱水器以及瓦斯的使用也進行了節能控制以及設備的效能提升。電熱器的效能提升與有控制達到的省能效果如下表 2-8 所示。

表 2-8 電熱水器效能提昇及節能措施實施省能比較表

年 度	2002	2003
年 間	- 12 %	- 13 %
夏 季（6 - 9 月）	- 8 %	- 13 %
冬 季（4 , 12 - 3 月）	- 14 %	- 14 %
中 間 季（5 , 10 , 11 月）	- 12 %	- 13 %

（資料來源：日本三菱電機株式会社）

表 2-9 節能措施導入之後電熱水器省能趨勢圖



（資料來源：日本三菱電機株式会社）

三菱電機的 HEMS 系統在經過了實驗印證之後，也提出了整體能源節約效比例，在自動控制以及情報資訊提供協助之下，HEMS 系統的導入將可謂一般家庭帶來 4%~6% 的省能效益。也可將家庭控制數位化、便利化，提供更舒適的數

位省能家庭。

表 2-10 三菱電機 HEMS 系統整體節約能源比較圖

		使用量 MJ/年	変化率 %	原油換算量 kL/年
合計 (20世帯)	2001	669,600		37.92
	2002	641,900	-4.1%	36.49
		-27,700		-1.43
	2003	631,000	-5.8%	35.66
		-38,600		-2.26

(資料來源：日本通產省 NEDO)

未來三菱將朝，家電的自動控制系統、情報資訊的提供以及技術的開發(電力與資料的低功率高品質傳輸、省能報表的自動產生等方面)發展。

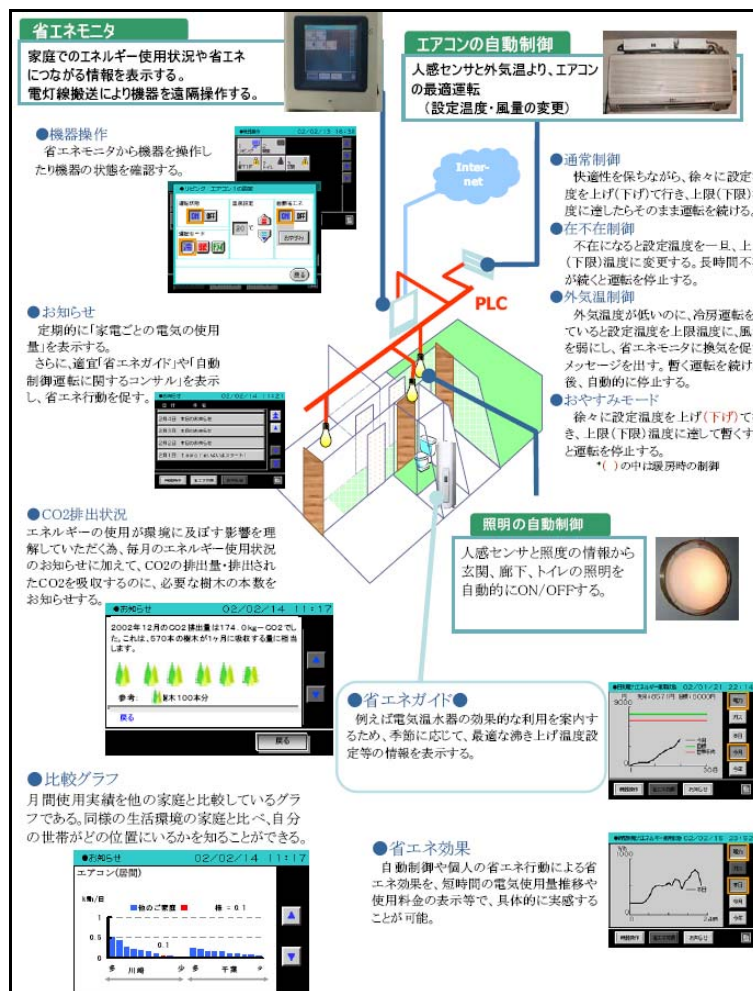


圖 2-30 三菱電機家庭自動控制省能設備 HEMS 系統架構圖

(資料來源：日本三菱電機)

肆. 東邦瓦斯株式会社：

東邦瓦斯株式會社在日本中部地區進行 HEMS 的系統建構，主要目標為建立遠端監控系統，以及系統省能效益的評估，包括：

一、GHP(Gas Heat Pump)的資料收集分析：透過遠端監控，進行 GHP 的故障通知、定期保養檢證、監控故障率的降低以及運轉狀態的監控數據分析。

二、瓦斯吸收式冷熱水器的資料收集分析與驗證

三、家庭小型 Generator 運轉資料（提供家庭用電以及熱水）能源評估分析

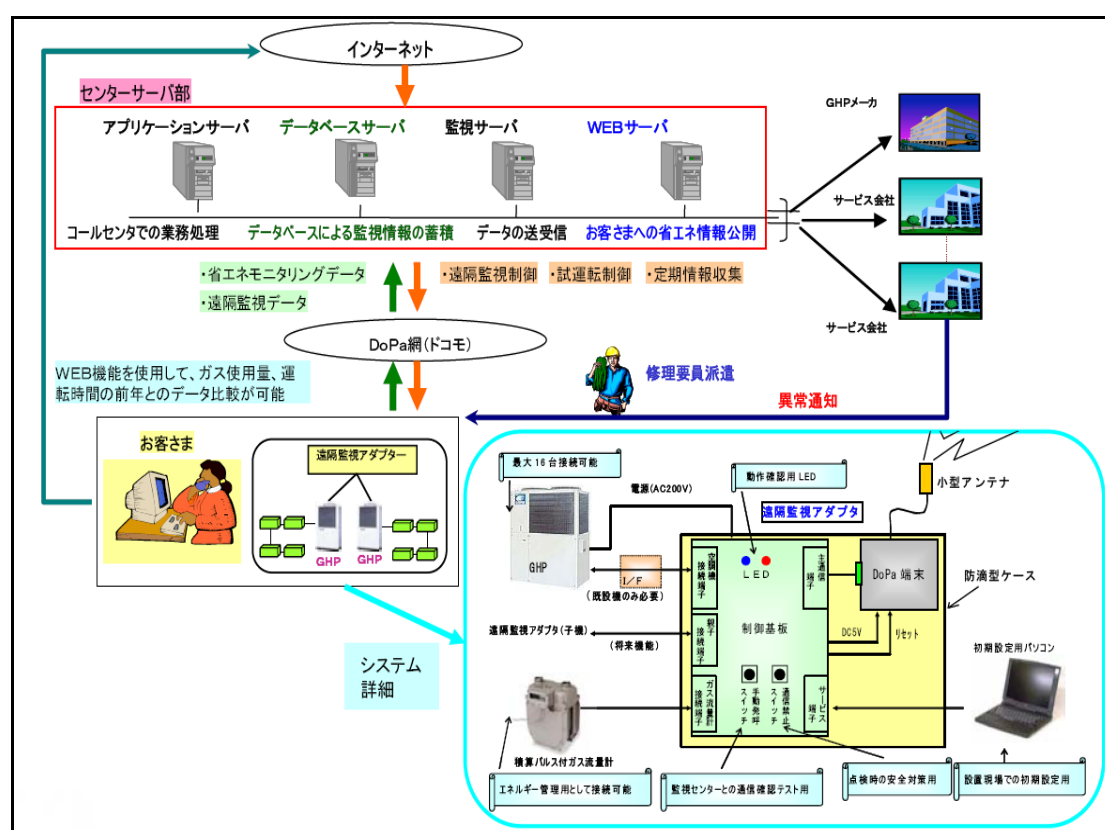


圖 2-31 東邦瓦斯 GHP 遠端監控系統及資料回報系統

(資料來源：東邦瓦斯株式會社)

實驗結果，東邦瓦斯平均每年可降低 5% 的設備故障率，小型家庭發電設備透過遠端監控得到數據，每日的發電電力為 73~80W。



圖 2-32 東邦瓦斯建立之監控回報系統架構圖

(資料來源：東邦瓦斯株式会社)

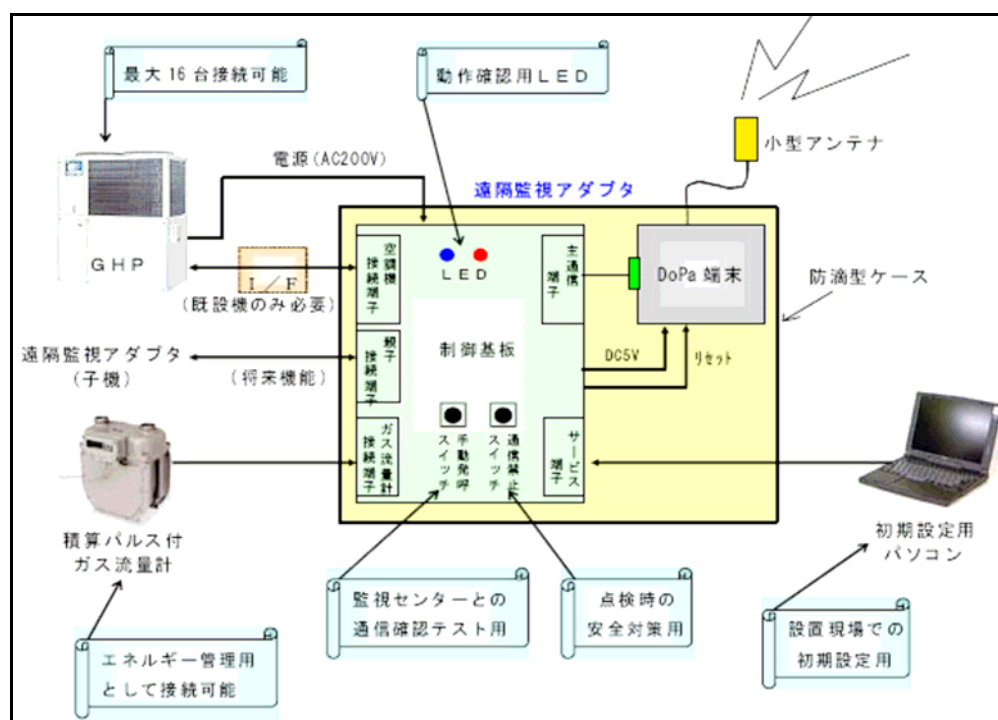


圖 2-33 東邦瓦斯建立遠端監控的室內設備系統圖

(資料來源：東邦瓦斯株式會社)

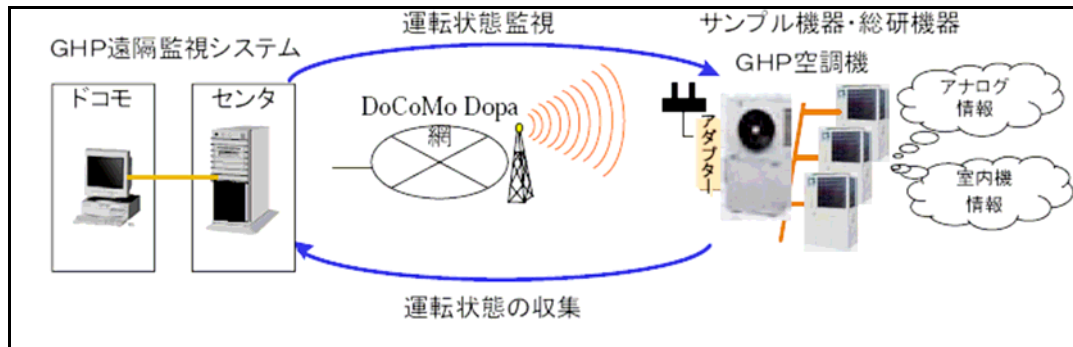


圖 2-34 東邦瓦斯建立 GHP 的運轉監控系統已回資料回報系統架構

(資料來源：東邦瓦斯株式会社)

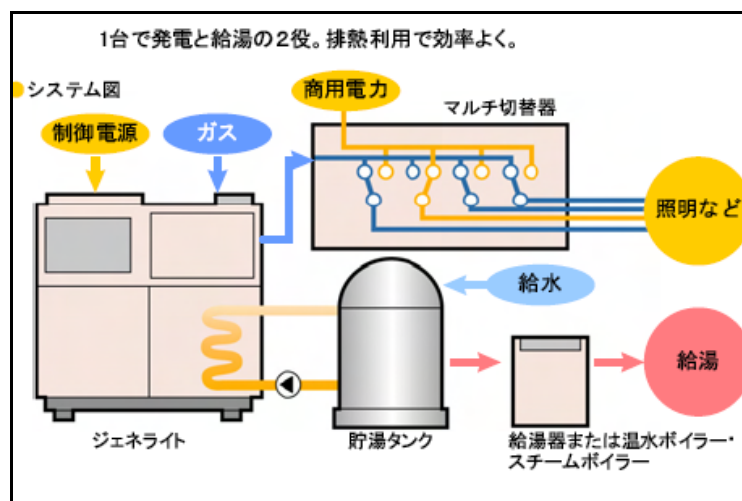


圖 2-35 東邦瓦斯進行小型發電機導入 HEMS 系統供應家庭用電及熱水試驗

(資料來源：東邦瓦斯株式会社)

伍. 四国電力株式会社：

四国電力株式会社於香川縣建立的 116 戶的 HEMS 系統，利用無線以及有線技術將室內的用電設備互相連結，並建構遠端監控系統。如下圖 2-36 所示。

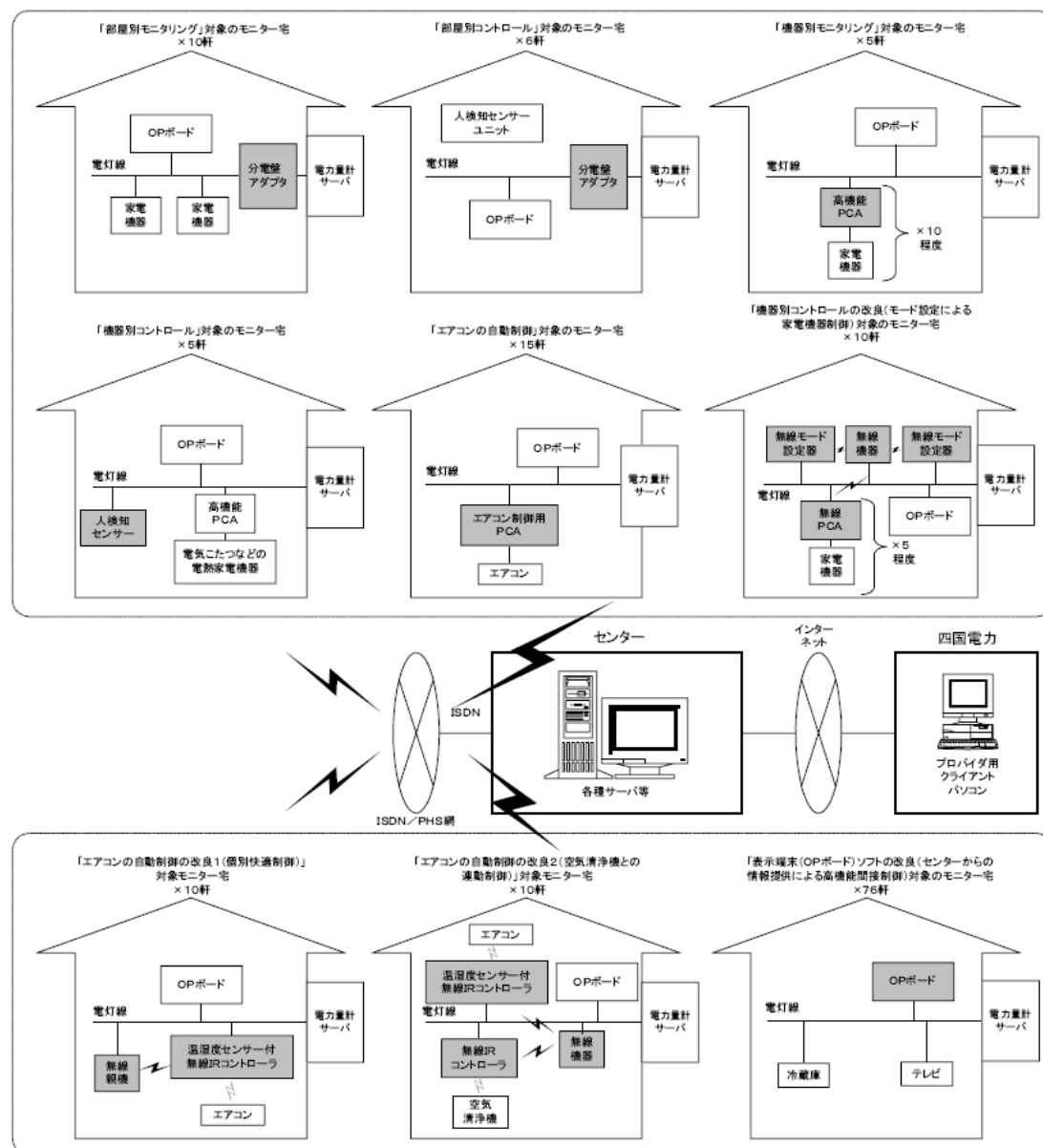


圖 2-36 四国電力建構之電力回報網路系統

(資料來源：四国電力株式会社)

除了電力監控系統網路外，也建立家庭能源管理架構，並透過 PHS 傳送監控管理資料回報。如下圖 2-37 所示。

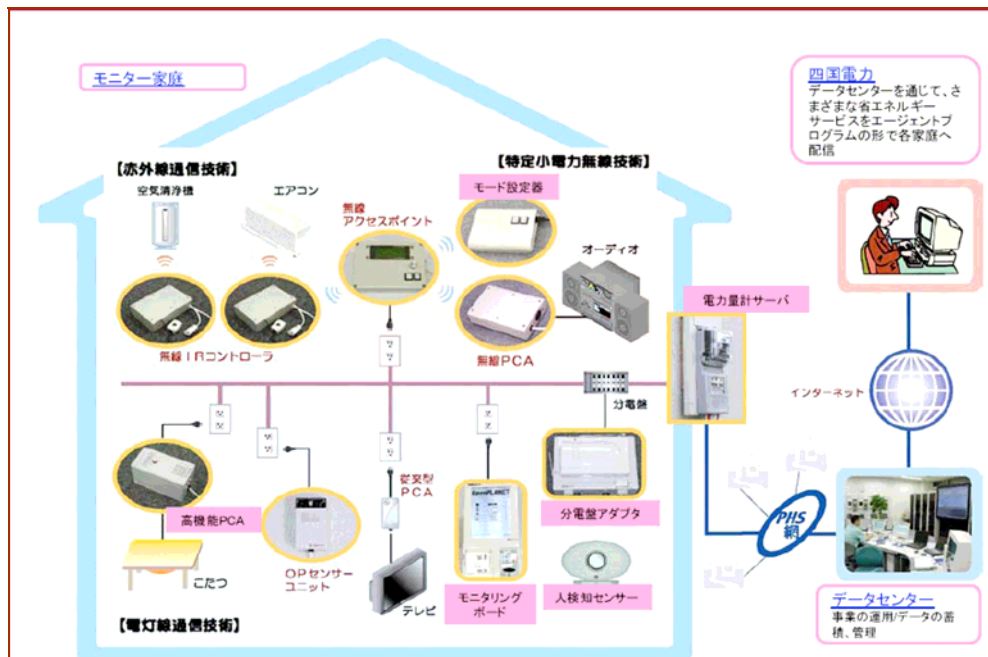


圖 2-37 四國電力建構 HEMS 家庭電力管理系統以及系統資料回報系統

(資料來源：四國電力株式会社)

四國電力株式会社強調的是電器設備的使用控制、電力需量以及用電度數，也提供良好的電力計算表格、趨勢圖等，供住戶了解家庭的用電狀況以及電力消耗情形，如下圖 2-38 所示。

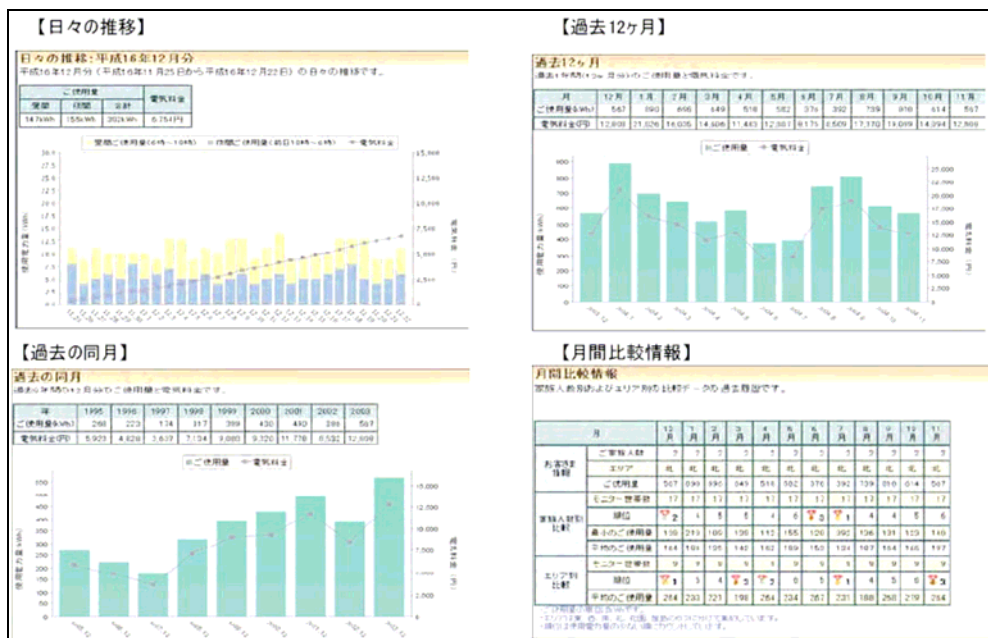


圖 2-38 四國電力 HEMS 系統之用電報表

(資料來源：四國電力株式会社)

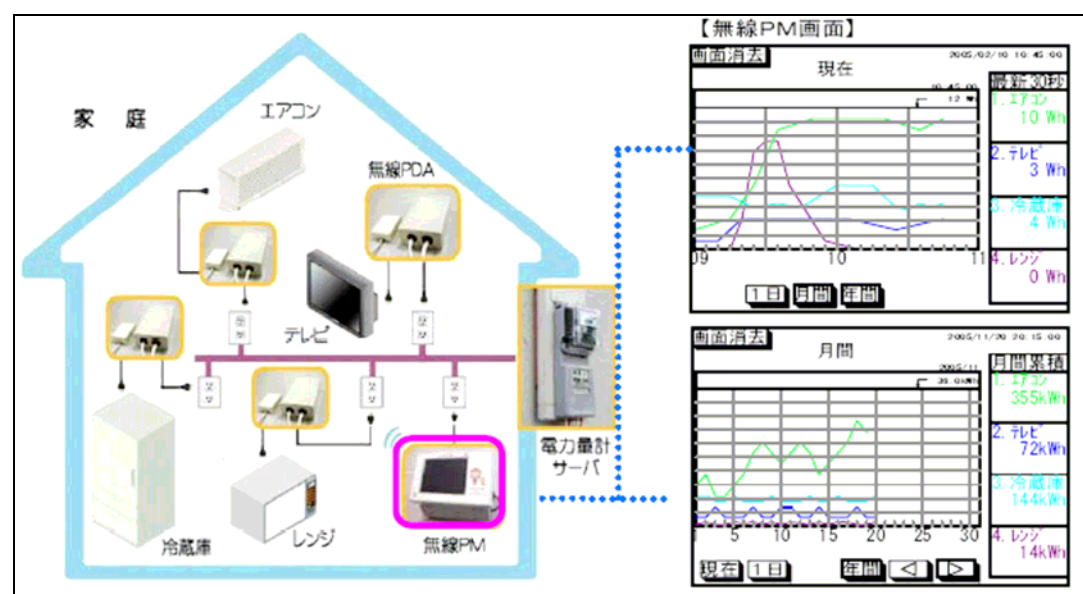


圖 2-39 四國電力 HEMS 系統電器使用情形逐時趨勢圖

(資料來源：日本通產省 NEDO)

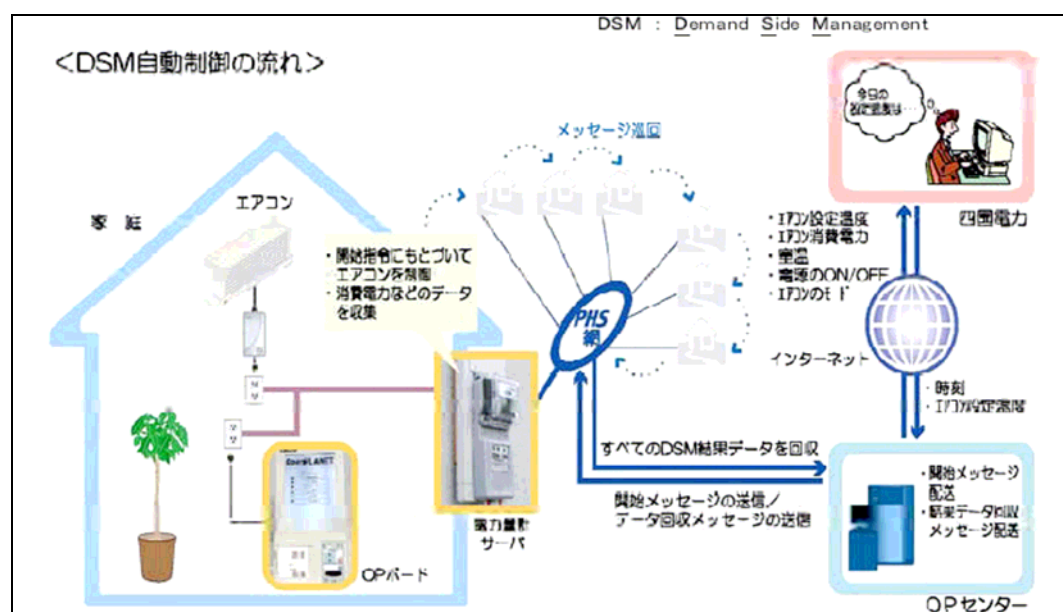


圖 2.40 透過遠端監控系統以及即時資料回報，對室內冷暖器進行即時須負載自動升溫、降溫控制，再對室內的居住者調查其舒適度。

(資料來源：四国電力株式会社)

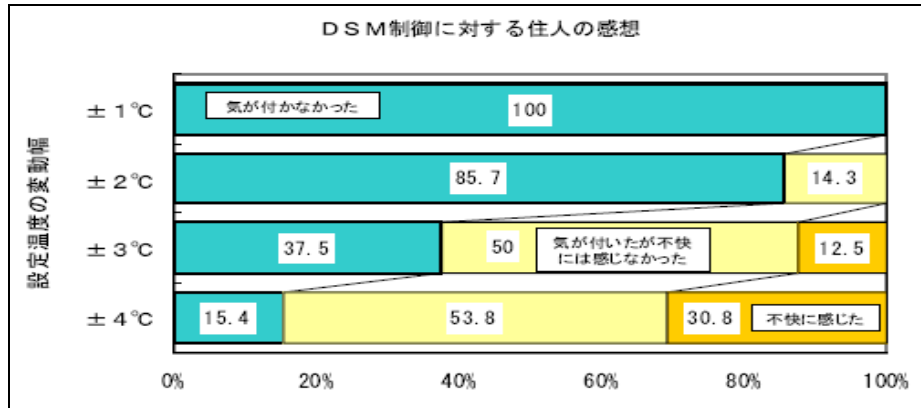


圖 2-41 自動升、降溫，對冷暖房使用者的舒適度調查

(資料來源：四国電力株式会社)

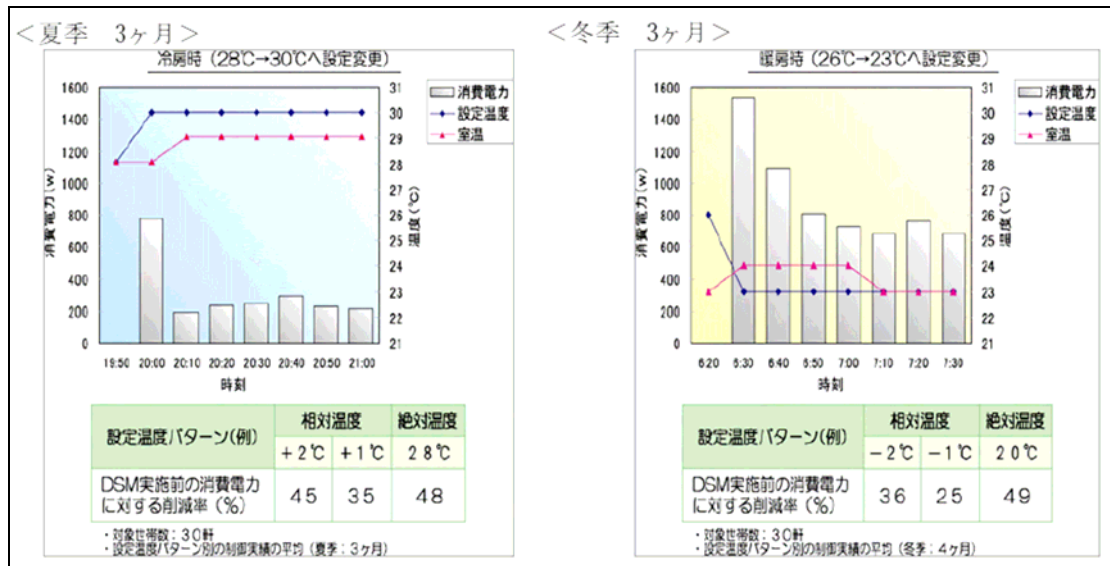


圖 2-42 自動升、降室內溫度對於電力消耗的節能比例

(資料來源：四国電力株式会社)

在經過了實驗以及印證之後，四國電力提出針對室內人員快感舒適度的需求，所做出的室內冷暖房自動控制，如下圖 2-43 所示。

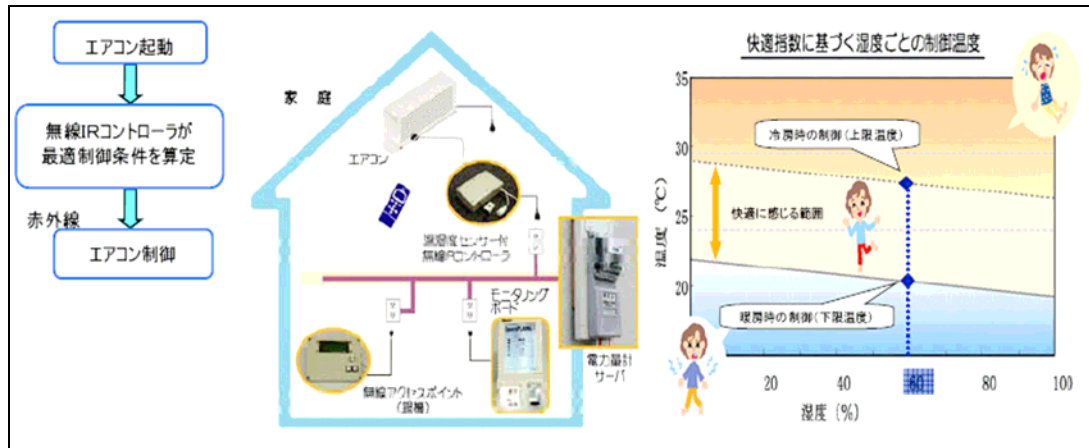


圖 2-43 透過自動控制來讓室內達到理想舒適度

(資料來源：四国電力株式会社)

日本的在數位家庭以及 HEMS 的推廣上，在世界都有著領導的地位，而且日本的設備、技術商也與政府合作推動執行案、研究案等，而在 HEMS 的推動當中，除了設備技術之外，還有相當重要的一環，那就是通訊協定的整合，而日本目前相當主流的 ECHONET 通訊協定，即是日本許多製造大廠合作的技術協定平台，ECHONET 強調的是以無線方式連接家中所有的家電設備，構成無線的家庭網路（Home Network），ECHONET 原以強調節約能源起家，無線傳輸的概念當以降低佈線的能源耗損。

在互通相容的通訊技術下，各家廠商開始多元發展產品、設備以及軟硬體等。帶動了整個 HEMS 的推動以及發展，以下為目前世界上幾個重要的通訊協定介紹。

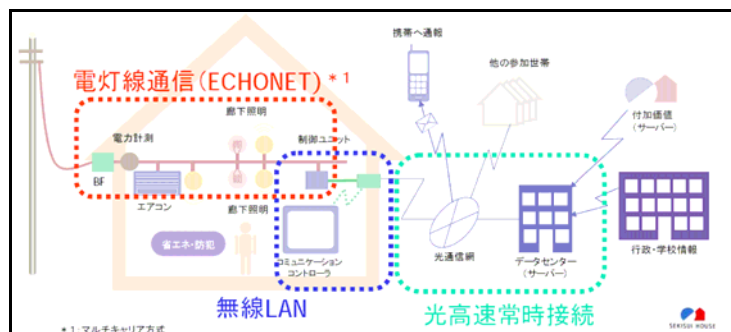


圖 2-44 將 ECHONET 導入 HEMS 系統

(資料來源：日本積水房屋株式会社)

第四節 國際間 HEMS 系統通用之通訊協定

壹. ECHONET (Energy Conservation and Homecare Network) 技術簡介：

家庭網路設備控制方面，在 1997 年在日本即由夏普、東芝、日立製作所、松下電器產業、三菱電機等家電大廠及東京電力公司，共同成立 EchoNet (Energy Conservation and Homecare Network) 協會，主要目標在開發一套標準化的家庭網路通訊規格，並應用到家庭中的「能源管理」、「家電控制」與「居家照顧」等面向，建立一個「家庭管理及控制的傳輸平台」。目前該協會約有一百多家電子製造商會員，而其會員也陸續推出支援 EchoNet 的家電，諸如空調、冰箱、微波爐和洗衣機等，冀望在新的家庭網路市場中，建立家電網路及控制的共用標準。日本主要家電廠商除了共同組成 ECHONET 協會開發共用標準之外，並在 ECHONET 標準的架構下各自制定了網路家電發展戰略，試圖靠網路家電建立起一個新的家電王國，像是東芝、松下電器產業和日立製作所等家電廠商均研究開發出了多種網路家電。

ECHONET 協會的統計資料，家庭是消耗能源率最高的場所，如下圖 x 所示，因此許多環境保護的議題必須由家庭做起，才能落實整體功效。以及老人居住型態，老人獨居或是老夫妻獨居的比例不斷升高，也是居家照顧以及醫療未來努力的方向。由此可知，「家庭異常事件監控」、「居家遠距醫療照護」及「能源控管」等項目，將是未來貼近民眾生活需求且急需改善的重要服務項目。因此 ECHONET 皆以減少 CO_2 排放、減少醫療費用以及建立安全無虞社區為目的來開發通訊介面、通訊軟體以及通訊中介軟體等。

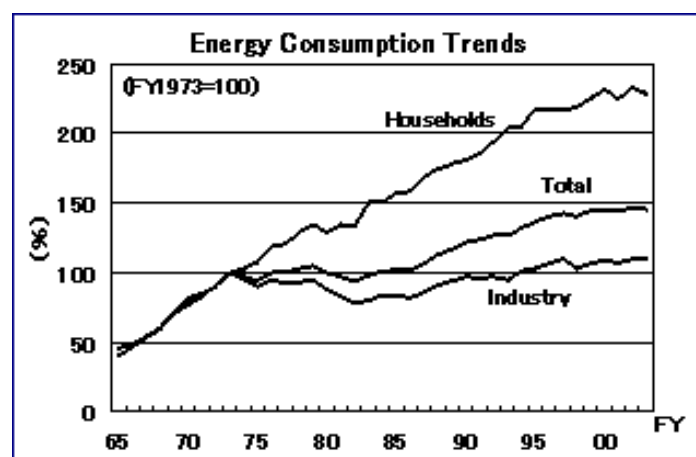


圖 2-45 消耗能源率趨勢比較圖

(資料來源：日本 ECHONET 協會)

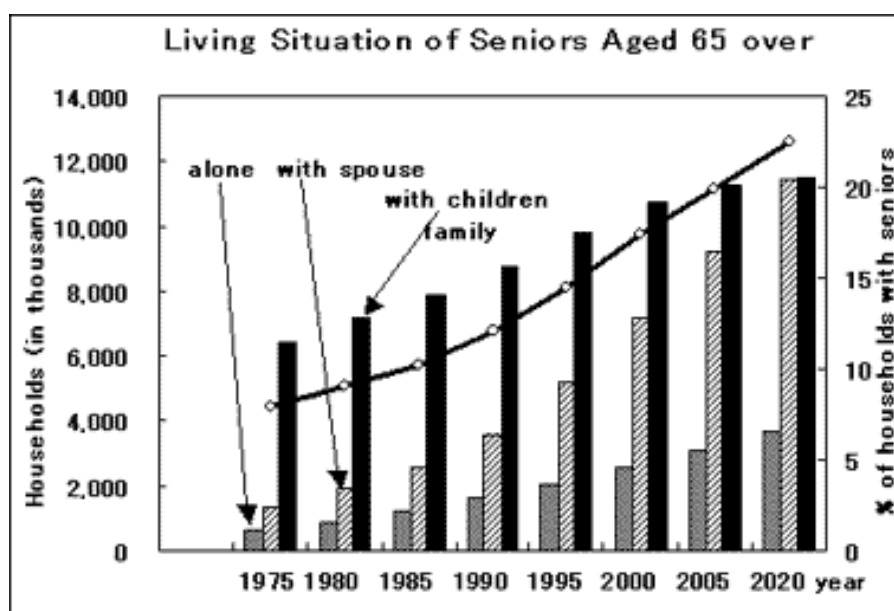


圖 2-46 65 歲以上老人同居或別居的型態趨勢圖

(資料來源：日本 ECHONET 協會)

在 ECHONET 的主要設計目標為透過一個共通平台來直接控制家庭的所有設備以及所有的電器用品，下圖 2-47 為基本 ECHO 架構是意圖。而其設計有五大訴求，分別為：

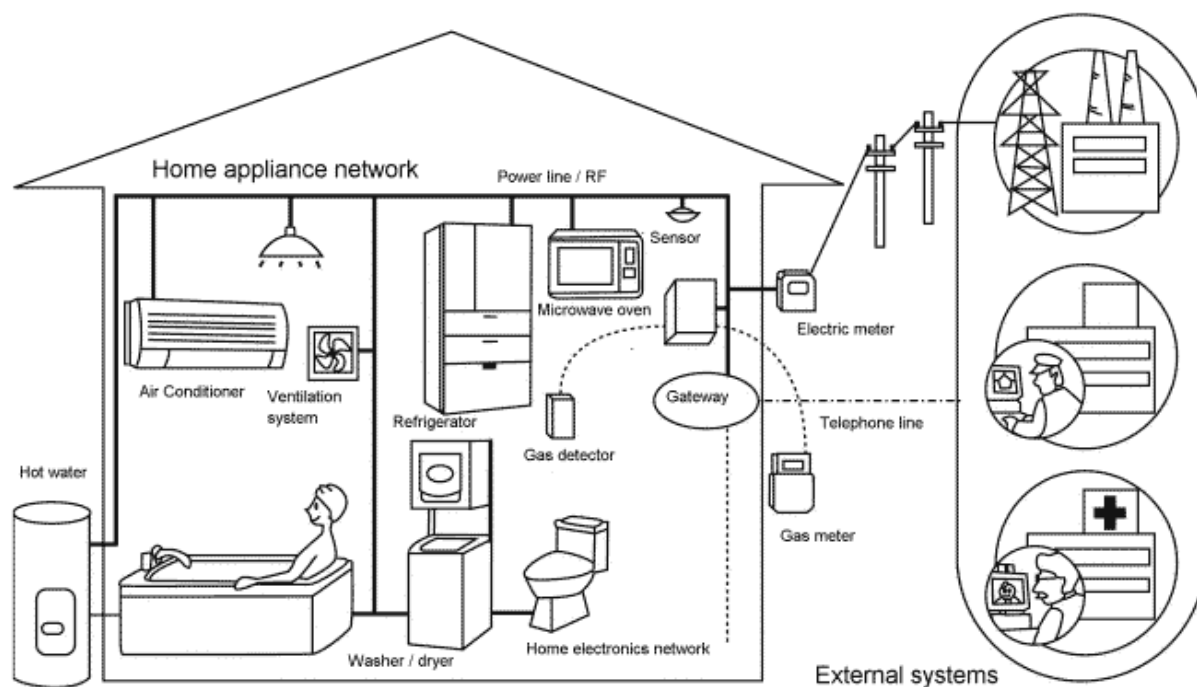


圖 2-47 ECHONET 基本架構圖

(資料來源：日本 ECHONET 協會)

一、 使用既有電力線或是使用無線技術來進行資料及訊號傳輸

透過無線技術以及家庭原有的電力佈線來淘汰麻煩的多餘和特殊佈線，使得舊有房屋以及新建之家庭都能使用全新的家電網路。

二、 使用不同廠商之設備來打造家電系統

讓不同廠商製造的產品能夠互通連絡以及透過相容的系統來控制

三、 Plug & Play 功能

此功能能讓新設備要加入既有的家庭設備網路時，能夠透過簡易的設定即能夠控制，達到「隨插即用」的目標。

四、 開放式架構

ECHONET 聯盟會提供通訊中介軟體、發佈協定規格並提供建構以及支援工具，讓各家廠商能在既有的技術下往各種不同的功能設備以及技術層面，往上研發。

五、 連接家庭以外之通訊

透對外過通訊網路(電話線或是網路線等)聯絡外部的網路，提供家庭更進

階的服務，如遠距抄錶、電力監控或是遠距監控等服務。如下圖 2-48 所示。

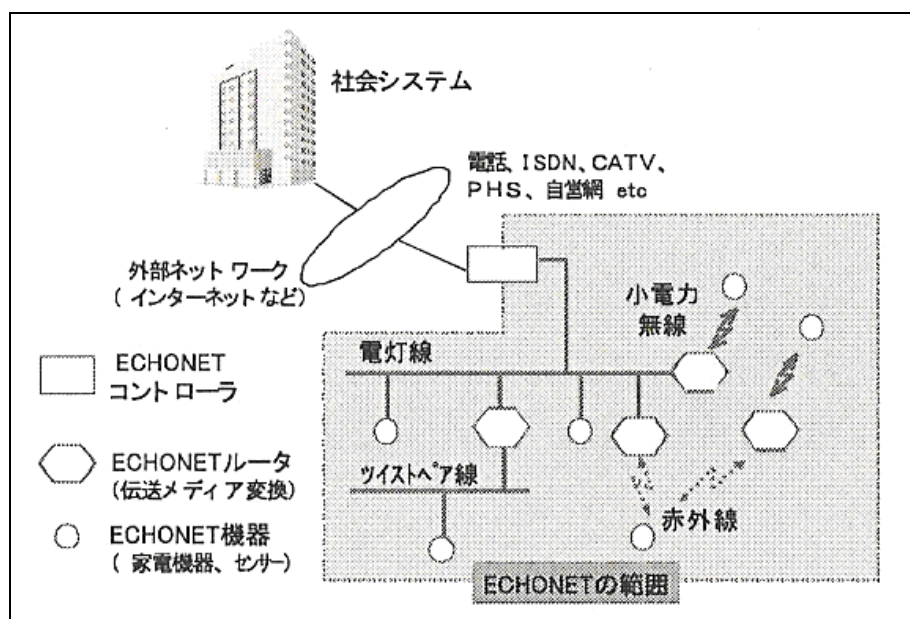


圖 2-48 ECHONET Network 系統架構圖 1

(資料來源：日本 ECHONET 協會)

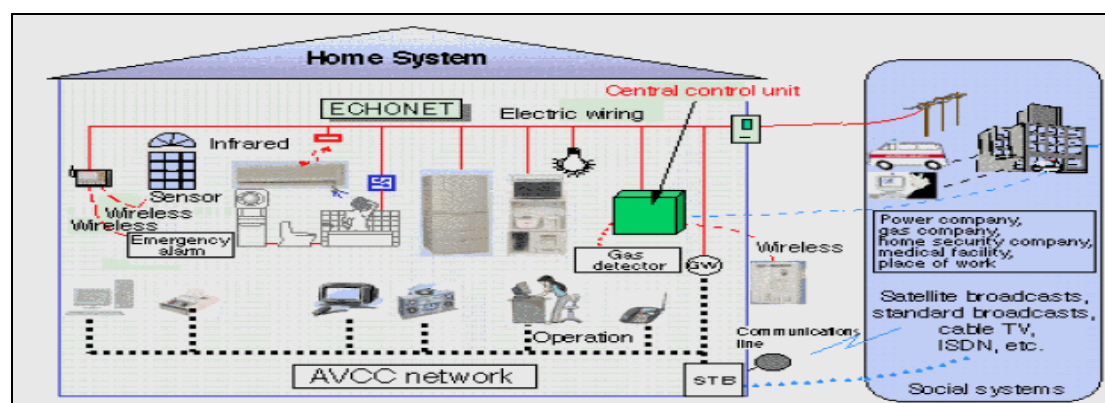


圖 2-49 ECHONET Network 系統架構圖 2

(資料來源：日本 ECHONET 協會)

ECHONET 早期版本規範傳輸媒介僅 5 種，如：電力線、紅外線、特定小電力無線等，因應新傳輸技術的成熟，陸續支援藍芽、乙太網路及無線網路等媒介，使得新居或舊宅都可簡單建構家庭網路。

在此平台上不同廠商的家電產品得以互連，消費者可享有遠端家電操作、電力管理、家庭照護與室內外監控等服務，而符合 ECHONET 標準的產品都具有隨插即用的特性，只要連接家電設備，即可提供網路服務，有利於年長者接受。

未來，ECONET 平台將廣泛應用在行動服務（戶外使用行動電話，進行遠端家電操作）、能源管理（電力／電量控制及人體感應自動開關家電）、居家照護（遠端監視醫療儀器）及安全服務（上鎖確認、防火／防災／防盜）等領域。

而「ECOHNET Consortium」也與數位家電連接規格標準化組織「DLNA」著手展開互連規格之開發。若能實現規格統一，除了冰箱、冷氣等白色家電與電視、音響等數位家電能以一個遙控器或是操控介面操控外，也可透過電視或電腦的螢幕的得知所有家庭設備的使用狀況，並可以進一步進行能源監控、建立使用時程、降低家庭用電浪費以及提升能源使用效率等功能。雙方以 2006 年秋正式訂定統一規格為目標。

若能制定出一共通互連的規格，家庭內的家電與數位家電即可以一個網路連接，家庭劇院作動之同時，關閉窗簾或透過電視、電腦螢幕進行冰箱、室內之溫度調節等都將可以實現。為統一規格，ECOHNET 也對應 DLNA 規格之通訊順序之一的「UPnP」，雙方已展開合作開發。ECOHNET 預定 2006 年秋季完成技術規格制定，並對會員公司公開。

在以上基礎下再利用衛星、廣播及有線電視等通訊方式，進一步將電力公司、煤氣公司、保全系統醫院及辦公室等生活相關事業與家庭進行連接，形成一個完整的網路世界，透過此一網路，家庭用戶將可遙控對家庭中的設備的電源進行統一管理。如下圖 2-50 所示。

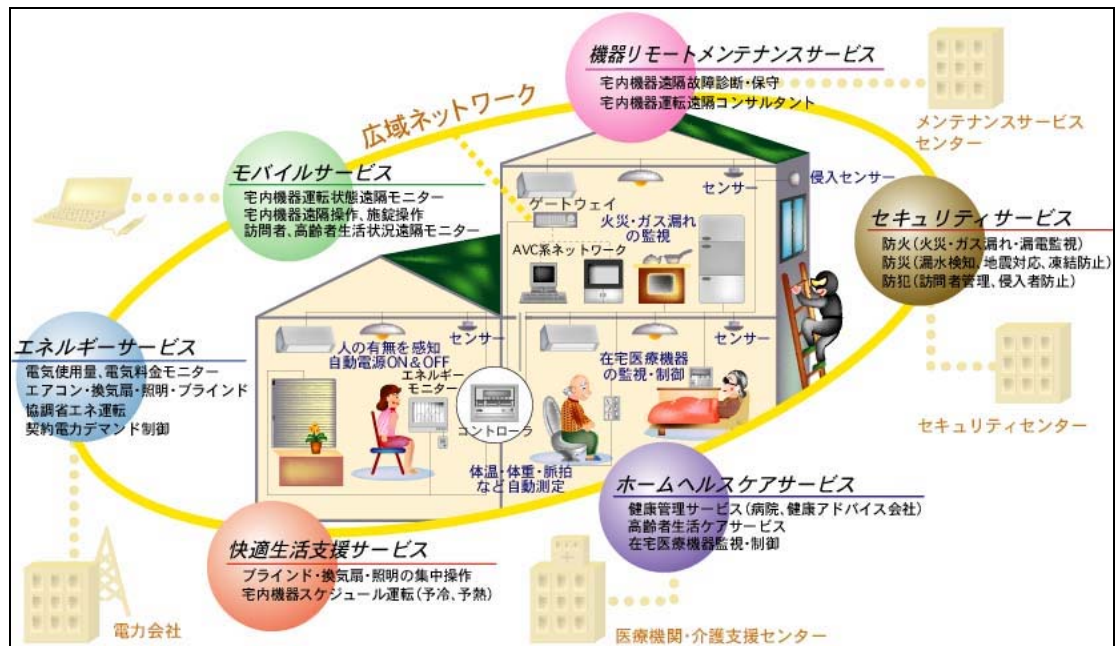


圖 2-50 以 ECHONET 技術為基礎建構完整生活機能網路

(資料來源：日本 ECHONET 協會)

貳. DLNA (Digital Living Network Alliance)：

原名為 DHWG，於 2004 年更名為 DLNA，主要成員有資訊、行動通訊、消費性電子、半導體元件、與軟體業者為主，以 3C 產品間的互通為出發點，並建立互通平台。另一方面，DLNA 也將數位家庭中的設備環境分為三大概念：Mobile Device World、CE（消費性電子）Broadcast World、PC Internet World。這聯盟是由包括 Intel、微軟以及 SONY、SAMSUNG 等 IT/CE 大廠所組成，目前已經有超過兩百多家廠商加入。

此聯盟目的在於建立開放式的跨平台產業標準（Open industry Standards），藉以能使相關廠商在開發數位家庭商品時有準則可遵循，而其開發出的數位家庭商品未來將能透過有線及無線的網路傳輸方式進行彼此的資訊交換及分享。簡而言之，DLNA 目標在達到於現階段消費者期望 PC/CE 產品的整合，並解決目前各種 PC 及家電產品衝突的標準及媒體規格，進而使消費者的需求 Any Time、Any Place、Any Device、Any Content 獲得滿足。如現在正流行的 Sony - PS3 (Play Station 3) 遊戲機同樣也提供了 DLNA 系統支援，PS3 的 DLNA 支援裝置分為能

傳送圖像、音樂、影像檔案等資料的裝置（伺服器）和接收資料的裝置（客戶端）兩種。亦有兼具兩種機能的裝置。運用 PS3 取代客戶端使用後，即能經由網路，從擁有 DLNA 伺服器機能的電腦或 HDD 錄影機等，挑選並播放其保管的圖像、音樂、影像檔案等資料。



圖 2-51 簡單的 DLNA 設備互相連絡

（資料來源：DLNA）

DLNA（Digital Living Network Alliance）並不為家庭網路開發具體的通訊協定或技術，而是由既有或正在開發中的規範進行產品互通設計之指導原則，以達到不同產品互通的目標。DLNA 標準是基於原有網路架構上的中界層，主要是能讓支援此層定義的設備可以相互溝通，而不需另外做其他的設定動作，作為 DLNA 標準設備，網路的支援算是必備的。至於在各設備之間的相互偵測，則是採用 UPnP 標準。DMP 設備透過 UPnP 機制來搜尋網路上可相互匹配的 DMS 裝置，成功連接之後便可以進行後續的播放或傳輸動作。這個動作是全自動的，因此使用者無須進行任何干涉。而在媒體內容的發現方面，也同樣是採用 UPnP 機制。

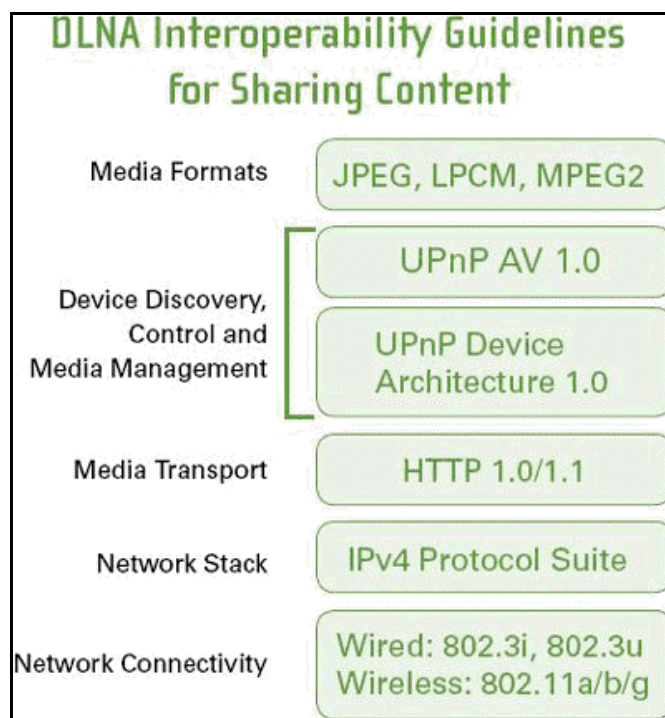


圖 2-52 DLNA 傳輸架構層簡圖

(資料來源：DLNA)

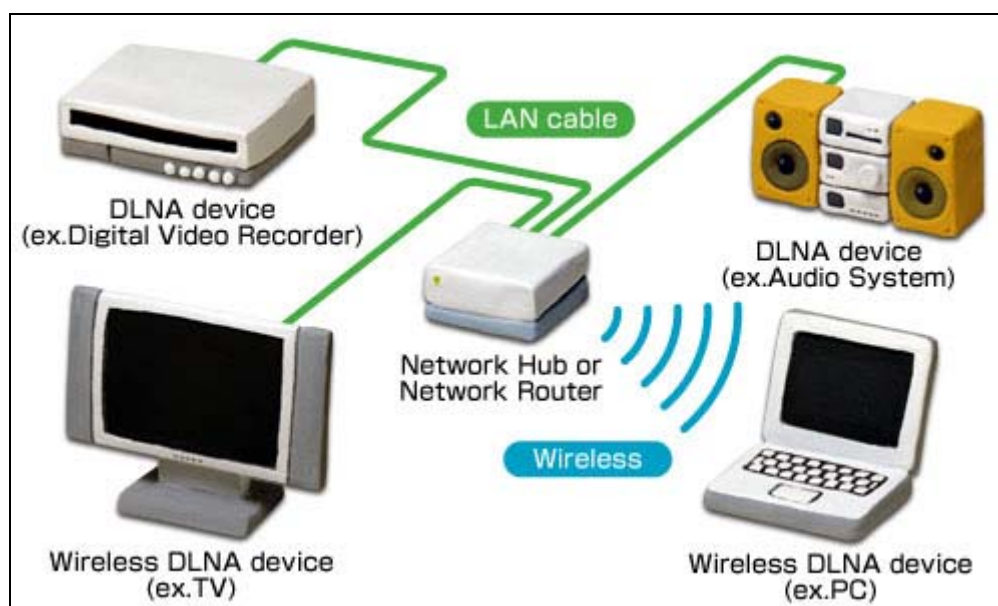


圖 2-53 DLNA 簡易基本網路架構圖

(資料來源：DLNA)

DLNA 陣營初期將會以數位攝影機、數位相機、數位電視、攜帶電話、隨身聽/看、PDA、桌上型音響、相片印表機等為主，來進行影音與電腦架構的使用整合。當然，更多的電子製品如微波爐、電冰箱等，在日後亦有可能會加入。在

所有上述機材互動之中，使用者完全不須要進行複雜的設定以及安裝驅動的動作，當然煩人的接線動作亦是不存在，僅需要輕鬆選擇：1.想要存取影音或相片資料的機材。2.指定希望觀賞或聆聽的內容類型，如音樂、影片、圖片等。3.對內容所要進行的後續動作，如再生、暫停、快轉等。就能夠簡單達成優質的影音享受。另外，攜帶電話、隨身聽/看與 PDA，因為可能在戶外使用，有機會脫離家中無線寬頻網路的有效範圍，所以使用者希望欣賞的影音內容，才必須「真正」儲存到其中的硬碟與記憶卡上之外。而在一般的 DLNA 架構應用時，根本就不需要對任何的影音內容，進行繁瑣又浪費時間的移動和複製動作。換句話說，使用者完全不必管想要觀賞或聆聽的影音內容，到底是在家中的哪一部機材上，只需要選取就能夠順利享受。

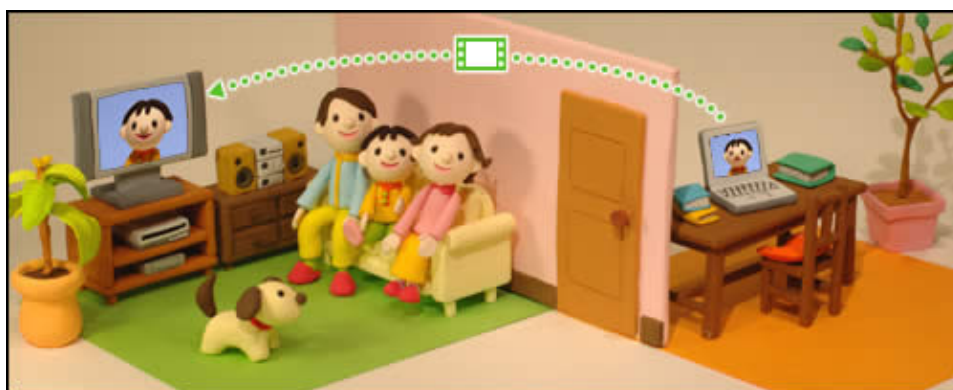


圖 2-54 透過 DLNA 連皆由電視讀取電腦內的影片

（資料來源：DLNA）

參. UPnP (Universal Plug and Play)：

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(電子設備、家電設備以及各種 3C 設備等)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 and Play。

UPnP 是架構於一般的 HTTP/UDP/TCP/IP 之上，因此只要可以上網的裝置幾乎都可以安裝 UPnP 的通訊協定在上面。並且藉由 UPnP 的高度通用性，就能

達到不需要另行安裝驅動程式即可直接取用其他裝置資源的目的。因此設備之間不需要用集中式的伺服器來管理，所需要消耗的系統資源也很少。

UPnP 結構可用兩個角色來說明：控制設備(CD：Control Device)和控制點(CP：Control Point)。任何設備都可擔當一個或兩個角色。UPnP CD 結構定義了一系列可支援聯網設備通訊的作業。一個 UPnP CD 一旦連接到網路，就藉由網路發送消息以顯示它可以為客戶端提供服務。網路上的其它設備是 CP，充當控制器以接收有關設備可用性的消息，或藉由網路發送查詢以定位 UPnP 設備。一旦 CP 查到一個設備(無論藉由接收消息，還是藉由其自己的查詢)，它就可獲得該設備及其服務的具體描述。CP 也可搜尋代表該設備的網頁。然後，CP 就可利用這些描述和網頁(如果有的話)向該設備發送必要的動作以調用它。CD 對消息做出反應，執行動作及發送消息給 CP，以提供有關設備狀態的資訊。

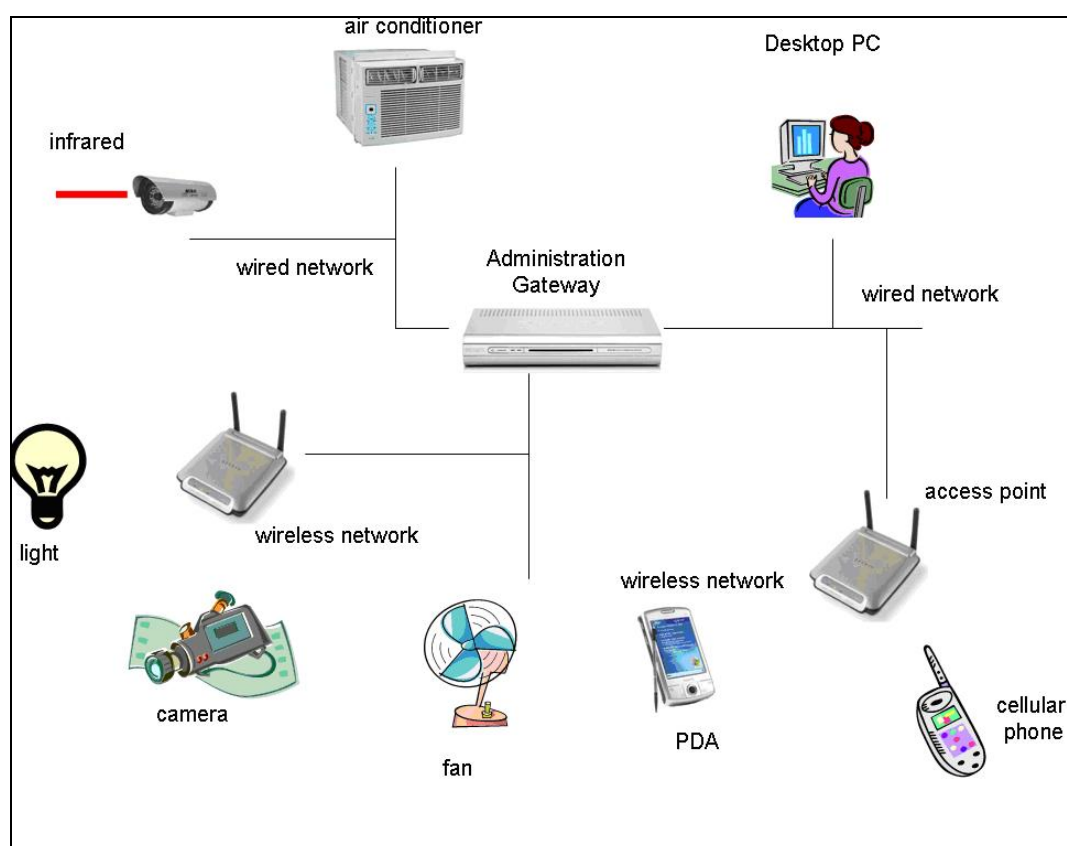


圖 2-55 UPnP 基本架構圖

(資料來源：UPnP-Home Network)

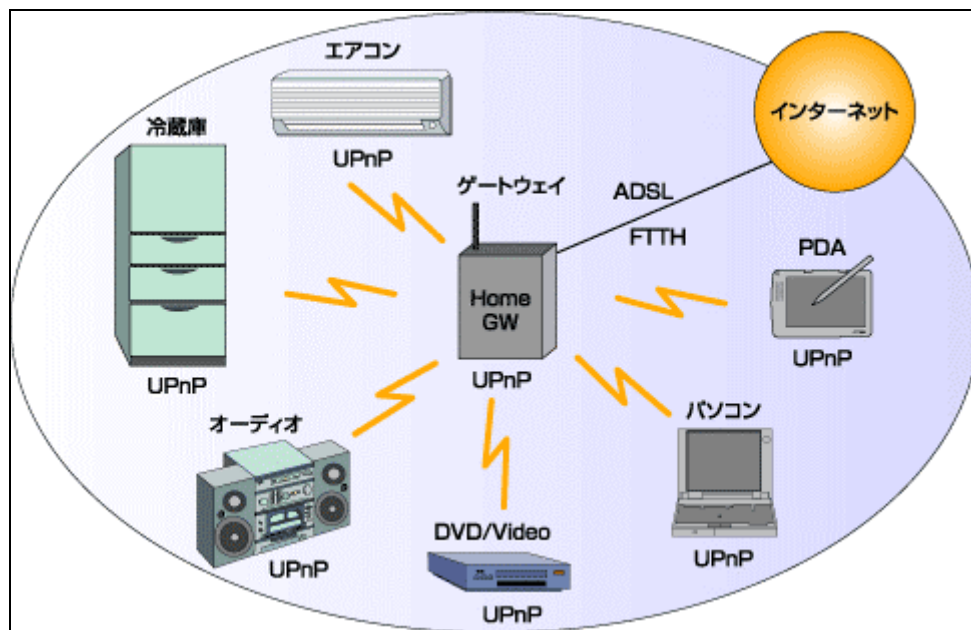


圖 2-56 UPnP 裝置在家電產品與電腦產品之間的應用範例

(資料來源：NEC)

UPnP 標準在這一兩年來逐漸受到重視，而成為家庭多媒體網路標準 DLNA 中的一環之後，其重要性更是與日遽增，不過由於與作業系統的搭配上，最常做為家庭多媒體伺服器使用的 Windows 作業系統，其強固性明顯不足，而 UPnP 架構若處於半開放式網路環境或者是加密保護不足的無線網路之下，對於私密檔案的保存，可能就會產生隱憂，畢竟裝置與網路連接的傻瓜化，也代表著使用者的警覺心與問題解決能力也是隨之往下降，在標準制訂之時，若沒有將這些問題考慮進去，那麼所帶來的麻煩也會是相當驚人的。

而目前 UPnP 設備控制協議 (DCPs) 現在也已經正式發佈，協議包含的設備種類範圍很廣，包括，網路設備、媒體播放器、列印設備、掃描器、HVAC 系統、無線區域網路 (WLAN)、設備安全、照明等設備。在未來 UPnP 的應用以及相關設備將會是未來數位家庭控制上重要的一環。

肆. 其他家庭智慧化通訊協定：

「數位家庭」的基本概念在於建立一家庭網路，使原本各自獨立的家用設備彼此連結，建立共通的通訊協定，進而打破資訊、通訊與數位消費性電子產品之藩籬，使消費者得以在任何一項隨手可得的設備上，控制家中所有的電器，並且讓數位內容共用共享。而數位家庭所定義之範圍，將影響所有資訊、通訊與數位消費性電子未來產品的功能和面貌，因此在資訊、通訊及數位消費性電子業者間各自表述下，對於數位家庭發展抱持著不同看法，使得數位家庭標準處於整合的階段。

現今國際間推動數位家庭標準之組織主要包 ECHONET(Energy Conservation and Homecare Network)、OSGi(Open Services Gateway initiative)、UPnP(Universal Plug and Play)、DLNA(Digital Living Network Alliance)、CELF(Consumer Electronic Linux Forum)、UOPF(Ubiquitous Open Platform Forum)等六大陣營，各大陣營組成廠商背景不同，組織成立目標亦存在差異，再加上彼此均採取開放聯盟之態度，個別廠商加入數個陣營亦有所在，使得數位家庭標準呈現百花齊放的情況。而各家通訊協定皆有以下幾項特性：

- 一、主要是以資訊廠商、網通設備廠商、家電廠商、消費性電子廠商為主，後有內容及應用服務廠商的加入。
- 二、應用大致區分為資訊、通訊、娛樂、保全控制等四大項。
- 三、聯盟發展方向與國際大廠技術藍圖對數位家庭的走向有決定性影響。

下表 2-11 為各家通訊協定聯盟的比較簡述表。

表 2-11 全球主要數位家庭標準聯盟

聯盟名稱	成立時間	主要成員	組織目標
ECHONET (Energy Conservation	1997	Hitachi 、 KT 、 LG 、 Matsushita 、 NEC 、 NTT 、 OKI 、 Pioneer 、	為家電、感測器和控制器提供通訊介面和協定，達到減少 CO2 排

and Homecare Network)		Samsung 、 Sharp 、 Sony 、 Toshiba	放，減少醫療費用，建立安全無障礙的目的。 標準內容包括用於 ECHONET 的通訊中介軟體、通訊介面、通訊協定等。
OSGi (Open Services Gateway initiative)	1999.3	IBM、Motorola、 Nortel、Siemens、 Sony、Philips、 Panasonic、Toshiba、 GM、BMW、Cisco	- 建立家庭自動化之住宅網路開道。 - 應用領域包括行動電話、汽車、資通訊業務、嵌入式系統、家庭開道、工業電腦個人電腦、伺服器。
UPnP (Universal Plug and Play)	1999.10	Sony、Cannon、 Samsung、LG、TCL、 Nokia、Panasonic、 Siemens、IBM、HP、Intel	- 建立能夠自動發現、配置和設備控制，並且建立在 IP 網路基礎上的網路協定。 - 已成為多個陣營標準之一部分
DLNA (Digital Living Network Alliance)	2003.5	Fujitsu、HP、Intel、聯想、IBM、Kenwood、 Panasonic、Microsoft、 NEC、Nokia、Philips、 Samsung、Sharp、	2004 年以前稱 DHWG (Digital Home Work Group)。 - 不為家庭網路開發具體的通訊技術或協定，而

		Sony、STMicro、 Thomson	是由既有或正在開發中的規範進行選擇產品互通設計之指導原則，以達到不同產品互通的目標。
CELF (Consumer Electronic Linux Forum)	2003.7	Matsushita、SONY、Hitachi、NEC、Sharp、Toshiba、Samsung、Philips、Conexant、IBM、Kenwood、LG、Mitsubishi、Motorola、Nokia、Panasonic、Sanyo、ST、TI、Thomson	• 以家電應用為主。 • 以建立 Linux 為基礎的互通性消費電子系統平台為主要目的。
UOPF (Ubiquitous Open Platform Forum)	2004.2	Panasonic、Sanyo、NEC、Toshiba、Matsushita、Sanyo、Pioneer、Hitachi、NTT	• 藉由 IPv6 推進網路家電戶聯互通的業界組織。 • 目標制訂家庭網路與網際網路互通之標準，讓使用者易於操作連結寬頻網路的數位家電。

(資料來源：拓璞產業研究所，2006/4)

第三章 建構智慧化居住空間之原型（Prototype）

目前在市面上較為通行的通訊技術，可分為有線以及無線兩種類型，本次研究將針對有線及無線技術，導入實驗原型，加以測試及分析其能源管理之效能。

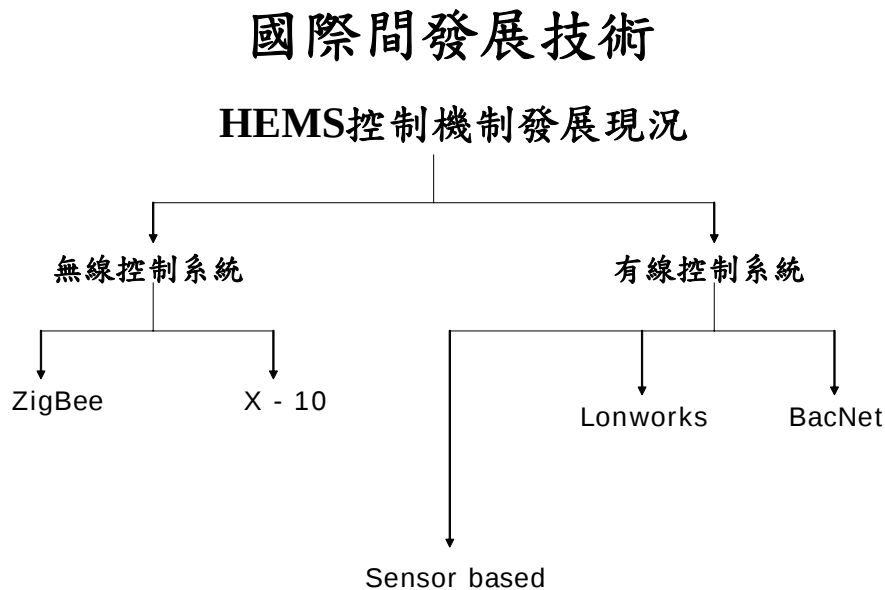


圖 3-1 HEMS 控制機制發展現況

（本研究整理）

第一節 美國 X-10 無線式系統之建置

在建立可以控制不同家庭設備的家庭網路標準的幾個嘗試中，X-10 協議是最早的一個。它在 1978 年被導入，用於 Sears Home Control System 和 Radio Shack Plug'n Power System。它採用電力線發送和接收命令。X-10 PRO 程式碼格式是電力線載波傳輸的實際標準。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 傳輸同步於交流電力線的過零點。在過零點上的一個 1ms 的 120kHz 脈衝串代表二進位的 1，而在沒有 120kHz 脈衝串的情況代表二進位的 0。網路

由發送器單元、接收器單元以及能接收和發送 X-10 命令的雙向單元組成。接收單元相當於遙控電力開關來控制家庭設備或燈遙控調光器。發送器單元一般是常開開關，當被關閉後就發送一個預定義的 X-10 命令。X-10 命令能讓你改變設備的狀態(打開或關閉)，或者控制燈的狀態(開、關、明、暗)。雙向設備可以在要求的情況下發送他們的當前狀態(開或關)。一個特別的程式碼用來傳輸來自類比感測器的資料。現在，Radio Shack 或者網路零售商可以提供很多種使用 X-10 協議來控制家庭設備的設備。

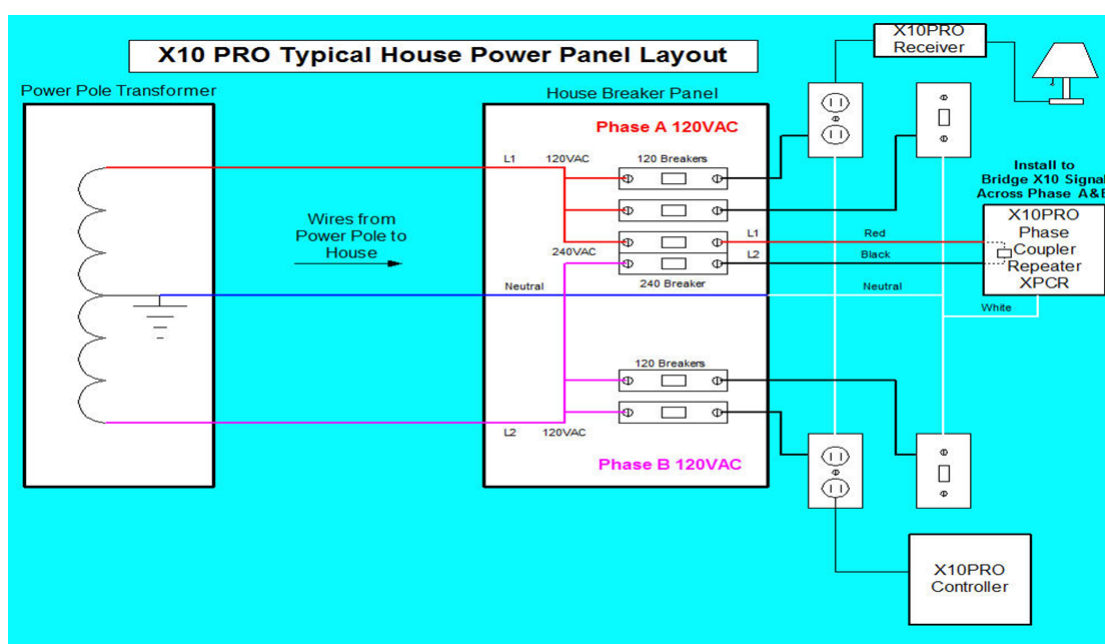


圖 3-2 X-10 系統利用舊有電力線來組成控制迴路

可用性和簡單性使 X-10 成為最有名的家庭自動控制標準。它實現了任何家庭設備的即插即用操作，不需要特別的知識來配置和操作家庭網路。

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，但其缺點在於低速、低可靠性以及缺乏安全性。有效的資料傳輸速率為 60bps，對於節點之間任何有意義的資料傳輸來說太慢。電力線上嚴重的訊號弱化是由於轉換中的高度冗餘造成。對於任何電力設備，X-10 傳

輸看起來類似於雜訊，容易被電力線上的濾波器濾除。可靠性和安全問題使得 X-10 網路不能用於像門禁遙控這樣關鍵的家庭設備。

X-10 系統由三部份組成，發射器、接收器以及系統保護設備三部份。發射器透過電力線發射控制信號給接收器，由接收器對被控制設備進行遠端控制。系統保護設備主要是由於電力線干擾問題，用來檢測和解決電子訊號干擾問題的一些相關設備，主要目的是保護 X-10 訊耗在電力線上傳輸的穩定與有效強度，從而保障 X-10 系統運作正常。

凡是能發射 X-10 控制信號的，都可以稱為 X-10 發設器，包括迷你控制器，牆上控制器等控制設備。而只要能接收 X-10 控制信號的都是 X-10 接收器，包括牆上開關、燈泡開關以及用電設備用開關等設備，各個接收器都有所可應用的瓦數、電流數或是單獨應對的設備。而平常大家較少選購的系統保護設備，一般是針對 X-10 系統干擾檢測設備和干擾解決設備兩大設備，干擾檢測設備主要用來檢測 X-10 信號的強度，尋找電力線干擾等功能。

X-10 系統的無線遙控系統，主要由三部分構成：無線遙控器、天線轉發器以及接收器。無線遙控器發射無線訊號給無線轉發器，無線轉發器在通過電力網路發射 X-10 控制信號給 X-10 接收器，由 X-1 接收器對被控制設備進行控制來做動。

壹. X-10 無線遙控器：

可以控制八組設定之 X-10 對應設備接受器，可以遠距離控制各設備之啟停。



圖 3-3 X-10 PalmPad Remote Control

貳. 天線轉發器：

與電腦用 USB 連接，進行各種時程啟停設定，也是接收無線控制訊號的控制介面，電力線發送數位訊號給各應用設備端，此設備為 X-10 主要傳送、接收控制訊號之轉換介面。



圖 3-4 Active House Pro 2-Way Pc Interface

參. 接收器：

裝設於插頭以及電氣設備之間，用於接收信號控制電器之啟停。



圖 3-5 Activehome Two Way Lamp Module

肆. 其他連動應用設備：

Eagle Eye 利用紅外線偵測前方之移動感知，傳送無線訊號給天線

轉發器，用於設備之間的連動設定，是個常用的移動感知簡易設備。



圖 3-6 Power House Eagle Eye Motion Sensor

在 X-10 的控制系統中，將給的被控制設備進行編號分類，通常分為房間碼 (House Code) 以及單位碼 (Key Code)，房間碼為 A、B、C..... 等英文字母編號，而單位碼為 1、2、3.....，因此寢室設備的編碼為 A1、A2、A3...，廚房風扇的編碼為 B1、B2、B3，以此類推。也可將某兩個設備的編碼設為一樣，就可以一起做動了。

在 X-10 的控制系統中，最為人所稱讚的是 X-10 設備的價格低與可 DIY 兩個特性，這兩大特色讓 X-10 在美國已風行許久，歐洲版的 X-10 發展的也相當迅速且普及，而亞洲地區由於家庭自動化、智慧化的以及 DIY 的風潮並不像歐美國家普及，因此 X-10 在亞洲還正在逐漸普及階段。



圖 3-7 X-10 系統簡易控制圖

在此次計劃也在實驗空間內，裝設了 X-10 的簡易控制系統，主要有：

- 壹. 電線傳送、轉發器
- 貳. 燈器專用接收器
- 參. 家電用接收器
- 肆. 家用鷹眼感應器
- 伍. X-10 用遙控器

下圖 3-8 為系統架構圖

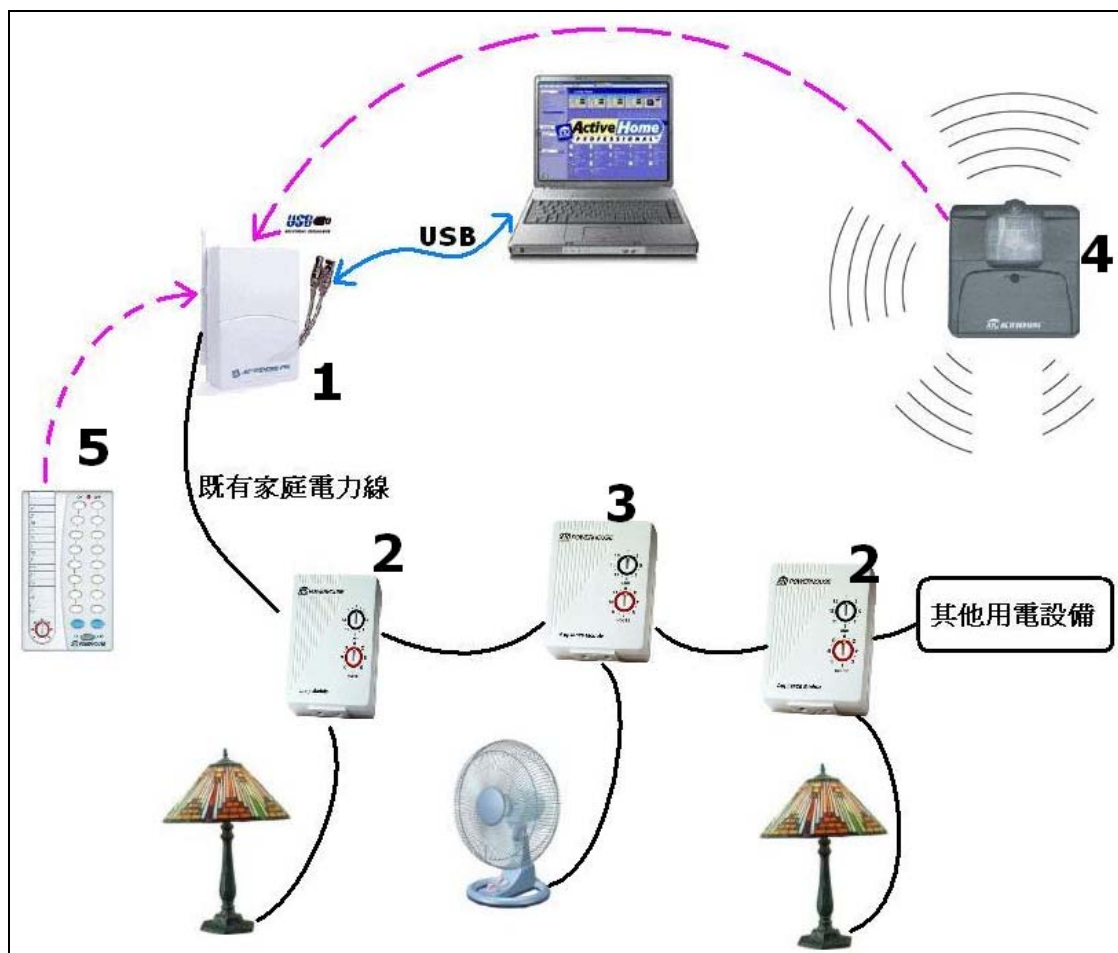


圖 3-8 實驗空間之 X-10 系統架構圖

此實驗系統利用發射器透過原有之電力線發送訊號給燈具以及家電設備，進行啟停之控制，並搭配 Eagle Eye 感應是否有人進門，發送無線訊號給發射器，來進行玄關處之燈具照明啟停。並且搭配遙控開關來進行無線遙控各連動設備。下圖 3-9 為本研究居住空間實景圖。



圖 3-9 本實驗空間實景

X-10 之系統經建構架設以及使用後，歸納出以下四點之功能分析：

壹. 設備安裝簡易：

所有的設備只要簡單的將接收器裝置於插座上，再將欲將控制之電氣設備插頭裝置於接收器上，再將接收器上的房間碼以及單位碼設定好，即可進行控制。而發送訊號端，需要在插座上設置一個電線傳送發射器(Active House Pro 2-Way

Pc Interface)，此設備為主要的發送控制訊號以及接收無線控制訊號之介面，此設備也可以透過 USB 連接電腦進行各種使用設定。



圖 3-10 簡易的 X-10 設備安裝



圖 3-11 Eygle Eye 簡易的安裝於入口門上

貳. 軟體安裝方便、控制操作介面人性化：

ActiveHome Professional Software 透過簡易的安裝即可開始使用設定以及操

作，軟體操作的部分主要是可以設定使用時程以及設定連動設定。例如可以設定 A 設備在 B 設備啟動後的 15 分鐘在啟動或是停止的設定，可以建立一系列之啟動設定。

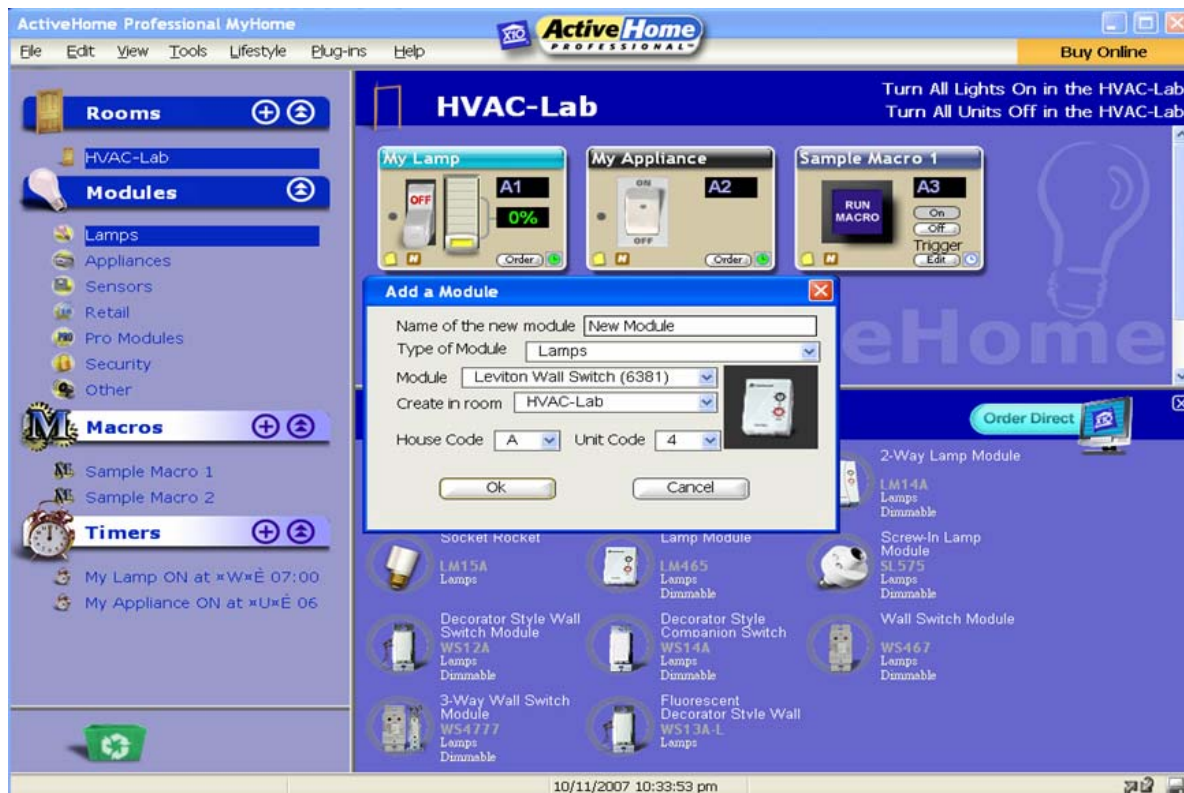


圖 3-12 X-10 之 ActiveHome Professional Software 軟體設定，接收器之設定



圖 3-13 可以透過軟體發送訊號來控制設備啟停

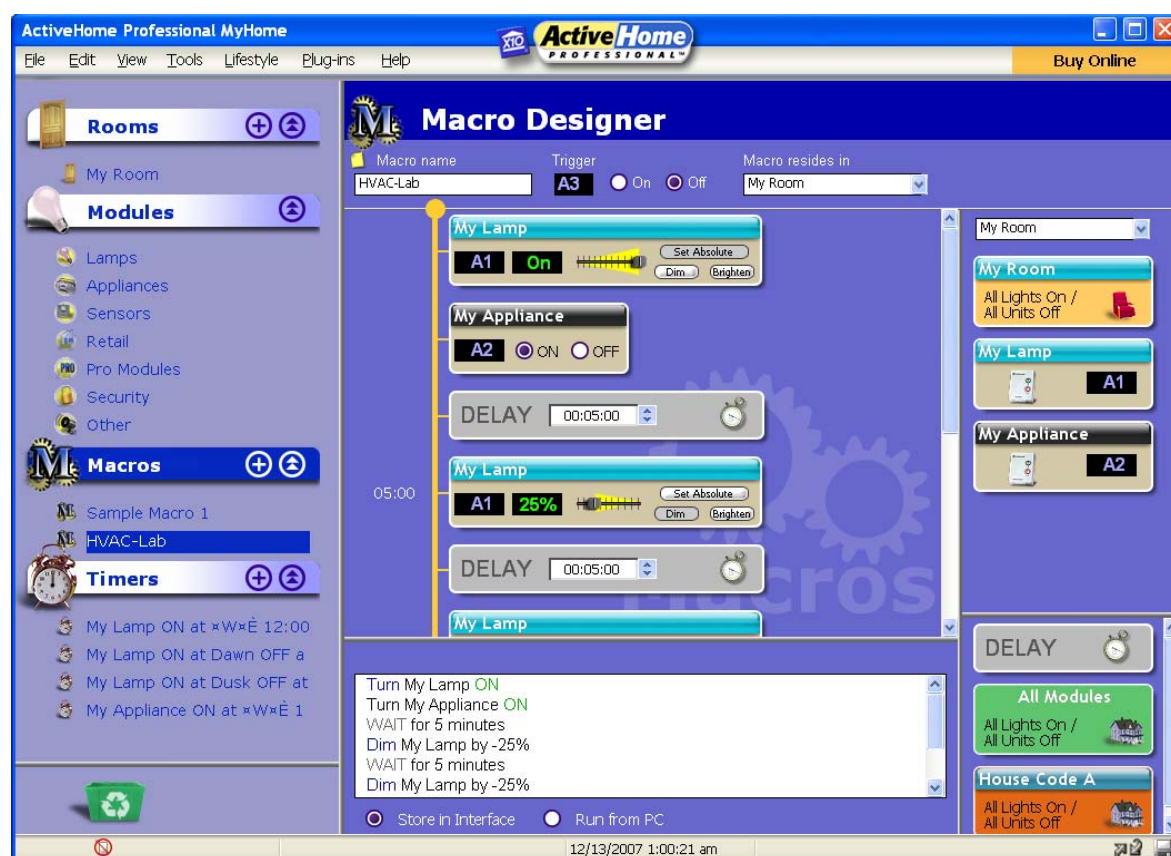


圖 3-14 建立簡易的使用時程

參. 無線遙控的便利性：

X-10 之無線遙控器，只要將遙控器上之房間碼以及單位碼對應調整到要控制的對應接受器相同之號碼，即可進行無線遙控啟停，其主要的做動方式為無線遙控器傳送無線訊號到電線傳送轉發器，再利用電線傳送轉發器透過電力線傳送訊號給對應之用電設備進行控制，因此無線遙控是不需要透過電腦即可進行的簡單控制。



圖 3-15 X-10 之無線遙控器，左為 2 channel，右為多 channel。

肆. 缺少記錄功能：

X-10 系統雖然擁有簡易安裝以及設定簡便的優點，在管理上也有著時程設定的便利性，但是卻缺少了能遠管理的功能，無法對於控制之設備進行能源監控，在家庭能源管理方面只有控制功能，而缺少了計量之功能。

因此，本實驗除了利用 X-10 控制系統以外，再搭配可拆式比流器(Split-core CTs)以及 HOBO 工業多頻記錄器，進行電器設備用電之量測與紀錄，並針對其紀錄實驗空間之資料進行比較與分析。以下為本實驗空間之用電量測情形：

壹. 本實驗居住類型空間及使用概況之相關簡介：

本實驗居住空間之建築物居住類型空間地點位於高雄市，量測空間位於 4 樓層數建築物的 4 樓位置，樓地板面積為 59.62m²，居住人數為 4 人，週一至週五之時段較少有使用情形，於週六、周日及非辦公時段使用較為頻繁。

貳. 空調、照明及家電設備統計：

此唯一小型居住空間之案例，裝設 2 台分離式冷氣室內機，製照年份為 2006 年，額定電壓為 220V，使用 R-22 冷媒，冷房能力各為 3.5kW，電風扇數量為 3 隻，50W 之電風扇 1 隻，80W 之電風扇共計 2 隻。照明設備部分，省電型 18W 日光燈管共計 19 支，適用於一般室內外使用。其餘插座之家電設備尚有中型冰箱 1 台、微波爐 1 台、電視 1 台、電腦 3 台、印表機 2 台。

參. 耗能監測結果分析：

該建築物居住類型空間之電力結構主要分為空調用電、照明用電、插座用電三大用電項目，根據監測結果其每月用電情形如下表所示：

表 3-1 建築物居住類型空間逐日用電需量表

	空調用電需量	照明用電需量	插座用電需量	總用電需量
	kW	kW	kW	kW
星期一	0.76	0.34	0.55	1.60
星期二	0.76	0.34	0.62	1.62
星期三	0.78	0.34	0.54	1.63
星期四	0.79	0.34	0.68	1.69
星期五	0.78	0.34	0.54	1.62
星期六	0.69	0.34	0.54	1.54
星期日	0.69	0.34	0.54	1.52

表 3-2 建築物居住類型空間逐日用電度數表

	空調用電度數	照明用電度數	插座用電度數	總用電度數
	kWh	kWh	kWh	kWh
星期一	6.29	2.35	5.04	13.67
星期二	6.34	2.35	5.06	13.74
星期三	6.39	2.35	5.03	13.77
星期四	6.55	2.35	5.12	14.01
星期五	6.37	2.35	4.83	13.55
星期六	7.18	2.90	4.88	14.96

星期日	7.18	2.90	4.95	15.03
-----	------	------	------	-------

將該建築物之電力分佈情形，使用 Microsoft Excel 軟體，將該建築物居住類型空間之用電需量與用電度數情形繪製成趨勢圖、圓餅圖與柱狀圖，以利於分析其用電架構與使用時程管理；如下列圖表所示為此建築物居住類型空間之電力分佈情形。

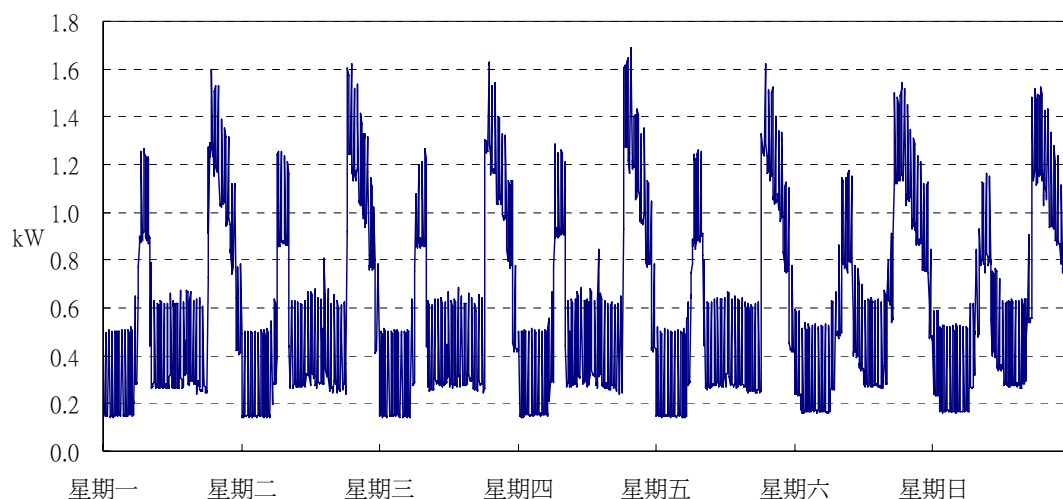


圖 3-16 建築物居住類型空間之總用電需量趨勢圖

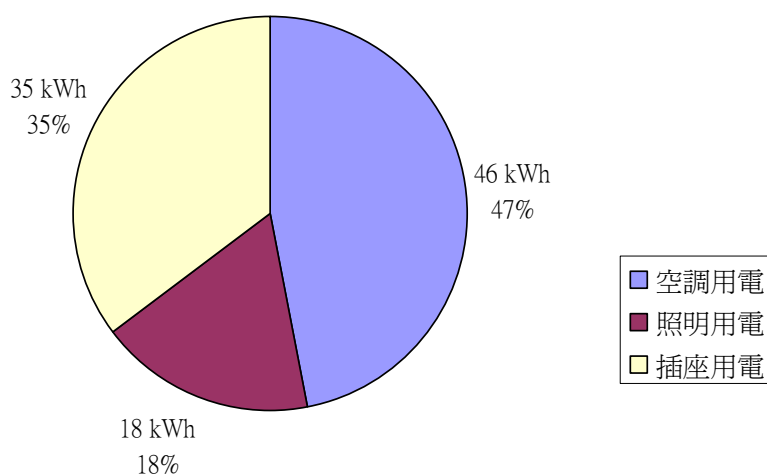


圖 3-17 建築物居住類型空間之用電比例分布圖

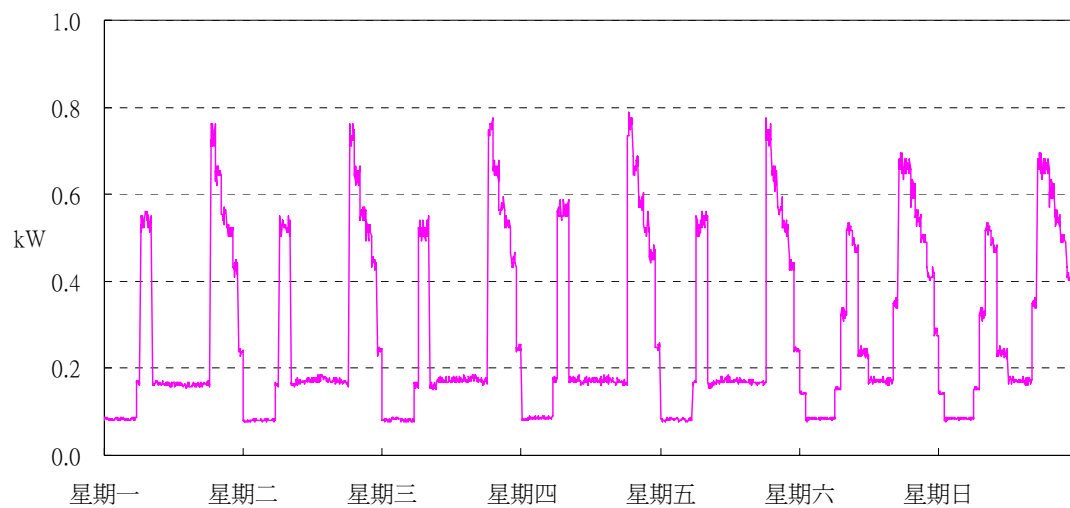


圖 3-18 建築物居住類型空間之空調用電趨勢圖

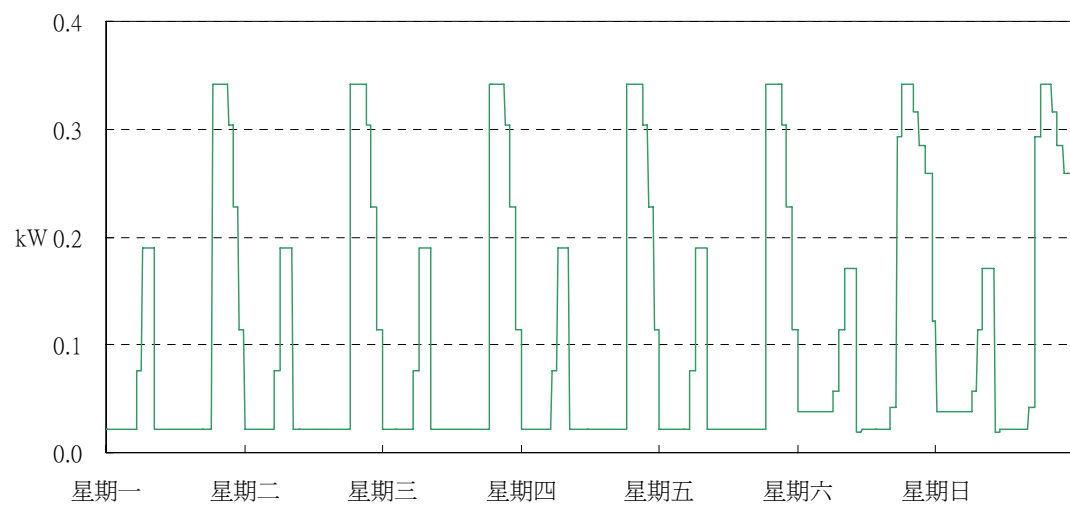


圖 3-19 建築物居住類型空間之照明用電趨勢圖

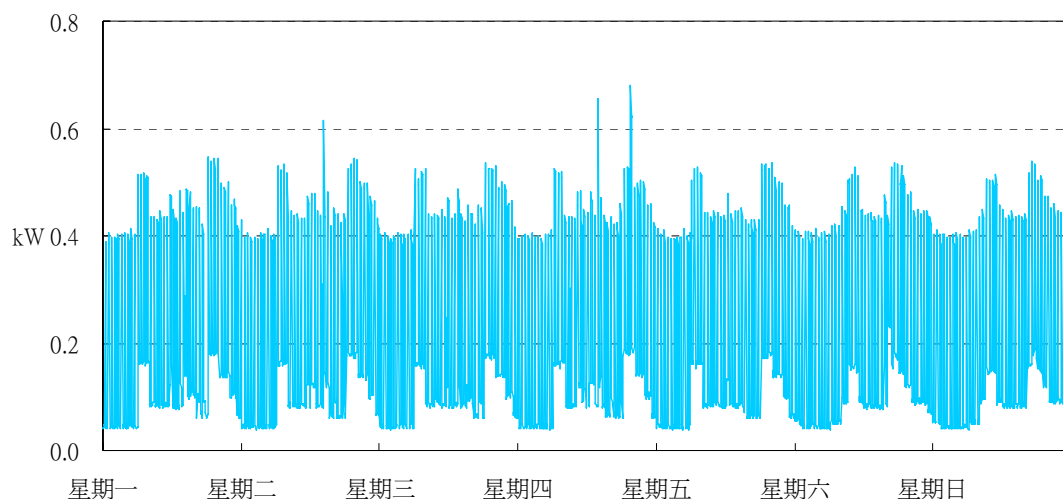


圖 3-20 建築物居住類型空間之插座用電趨勢圖

肆. 各類設備單位面積耗電 EUI 值(kWh/m²)分析：

下表為建築物居住類型空間逐日用電度數與每平方公尺耗電量 EUI (Energy Utility Intensity)。而單日最大用電度數時間為星期日，用電度數為 15.03kWh，每平方公尺總耗電量最大值為 0.25kWh/ m²•Day。

表 3-3 建築物居住類型空間用電度數與 EUI 統計表

	用電度數	EUI
	kWh	kWh/m ² •Day
星期一	13.67	0.23
星期二	13.74	0.23
星期三	13.77	0.23
星期四	14.01	0.24
星期五	13.55	0.23
星期六	14.96	0.25
星期日	15.03	0.25

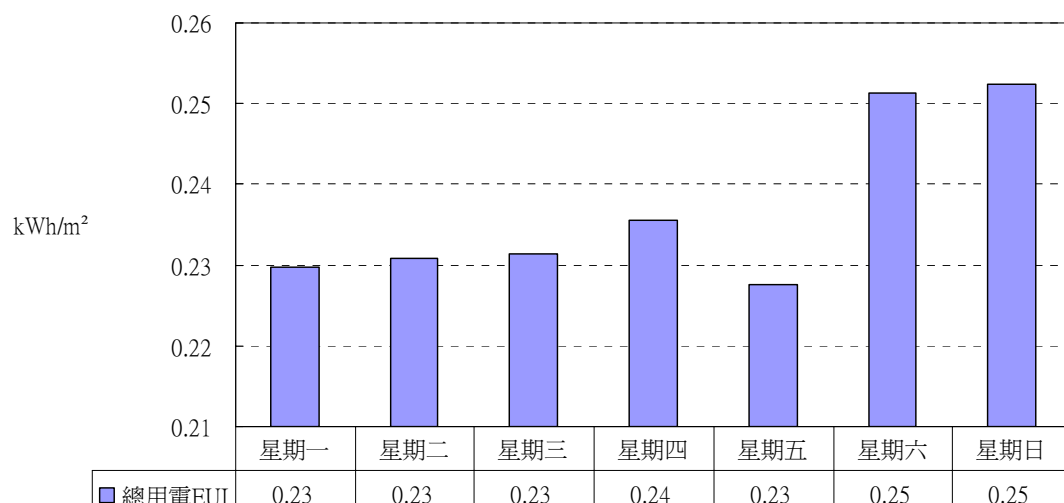


圖 3-21 建築物居住類型空間逐日 EUI 柱狀圖

伍. 各類設備單位面積用電需量 DUI 值(W/m^2)分析：

下表為建築物居住類型空間逐日用電最大需量與最大用電需量密度 DUI (Demand Utility Intensity)。而單日最大用電需量之時間為星期四，最大用電需量為 1.69kW，每平方公尺最大用電需量密度為 $28.37W/m^2$ 。

表 3-4 建築物居住類型空間用電需量與 DUI 統計表

	用電需量	DUI
	kW	W/m^2
星期一	1.60	26.85
星期二	1.62	27.27
星期三	1.63	27.37
星期四	1.69	28.37
星期五	1.62	27.22
星期六	1.54	25.92
星期日	1.52	25.58

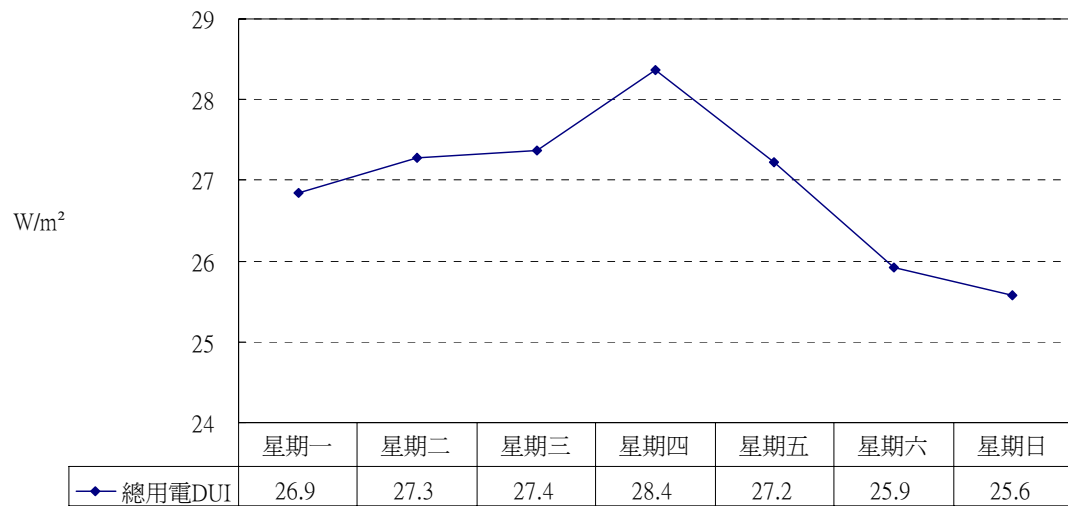


圖 3-22 建築物居住類型空間逐日 DUI 柱狀圖

第二節 國際間通用之 Zigbee 無線式系統之建置

壹、 ZigBee 簡介：

ZigBee 的命名，源自於蜜蜂在發現花粉時，所跳的一種類似 ZigZag 形狀的舞蹈，這看似隨意飛舞的舞蹈，實際上是將花粉的所在位置，正確的傳達給同伴。

ZigBee 是由 IEEE 802.15.4 小組與 ZigBee Alliance 組織，分別制訂硬體與軟體標準，如下圖 3-23 所示。

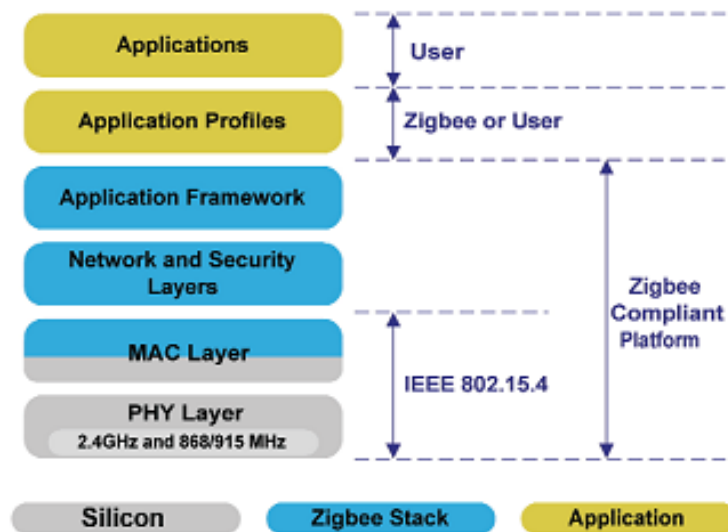


圖 3-23 IEEE 802.15.4 和 ZigBee 的工作模型

（資料來源：January 2006 high Frequency Electronics）

它是一種低傳輸(250kbps)、架構簡單的雙向傳輸無線通訊技術，其本身具有低成本、低耗電、體積小及網路拓樸等特性，且容易整合個人無線數位環境並應用於多樣化的產品。

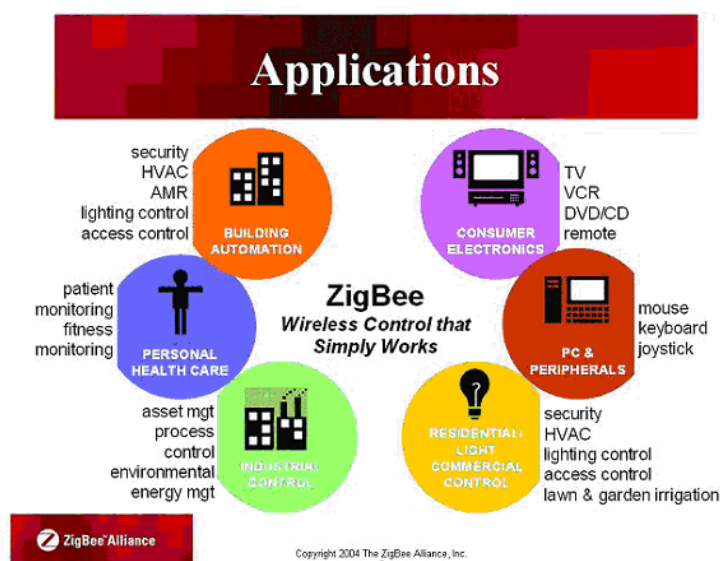


圖 3-24 ZigBee 可應用於消費性電子控制、資訊週邊、家電控制、工廠監控、醫療保健、建築物自動化等

(資料來源：ZigBee Alliance)

貳、 ZigBee 的組成架構：

一、 IEEE 802.15.4：

2000 年 12 月 IEEE 成立了 802.15.4 小組，負責制定媒體存取控制層 (MAC) 與物理層 (PHY) 在低速無線個人區域網路 (Low-Rate Wireless Personal and Network：LR-WPAN) 的規範。在 IEEE802.15.4 網路中支援全功能裝置 (Full Functional Device：FFD) 及簡化功能裝置 (Reduced Functional Device：RFD) 兩類裝置。

1. 物理層 (PHY)：

負責啟動和停止無線電收發器、能量偵測、選擇通道與封包的傳送和接收等功能。所採用的通訊技術為直接序列展頻 (DSSS)，傳輸頻率則有 2.4GHz、915MHz 和 886MHz 三種

表 3-5 IEEE802.15.4 各頻帶比較

IEEE802.15.4 各頻帶比較表					
頻帶	通道數	Chip rate	調變方式	傳輸速率	區域
868 MHz	1	300 kchip/s	BPSK	20kbps	歐洲
915 MHz	10	600 kchip/s	BPSK	40kbps	美國
2.4 GHz	16	2000 kchip/s	O-QPSK	250kbps	全球

(本研究整理)

2. PHY Protocol Data Unit：

PHY Protocol Data Unit (PPDU) 為 IEEE 802.15.4 標準設計封包結構傳輸資料，稱為物理層協定資料單元。PPDU 是由同步標頭 (synchronization header，SHR)、物理層標頭 (PHY header，PHR) 和物理層服務資料單元 (PHY service data unit，PSDU) 所組成。

Octets: 4	1	1		variable
Preamble	SFD	Frame length (7 bits)	Reserved (1 bit)	PSDU
SHR		PHR		PHY payload

圖 3-25 PPDU 由 SHR、PHR 和 PSDU 所組成

(資料來源：Kevin Klues Department of Computer Science and Engineering)

3. 媒體存取控制層 (MAC)：

負責提供 MAC 資訊服務和管理服務，負責信標(beacon)管理、通道接取、保障時槽(guaranteed time slots, GTS)管理、訊框驗證、回覆訊框之傳輸及加盟(association)與終止加盟(disassociation)。

支援全功能裝置 (Full Functional Device：FFD) 及簡化功能裝置 (Reduced Functional Device：RFD)：

- I FFD 可支援任何網路拓樸架構，可擔任網路協調者 PAN coordinator，並可與其他裝置通信。
- II RFD 只存在於星型拓樸中，只能與網路協調者通信，且不能成為網路協調者，即所謂的終端裝置。

4. 提供三種資料傳輸模型：

i. Coordinator to Device：

資料由網路協調者送給裝置是以四向交握 (four-way handshaking) 的方式傳輸，收端裝置要先發個命令訊框訊息向網路協調者要資料，網路協調者會回以 ACK 訊框，並將將暫存的資料傳送給收端裝置，收端裝置再回以回覆訊框。

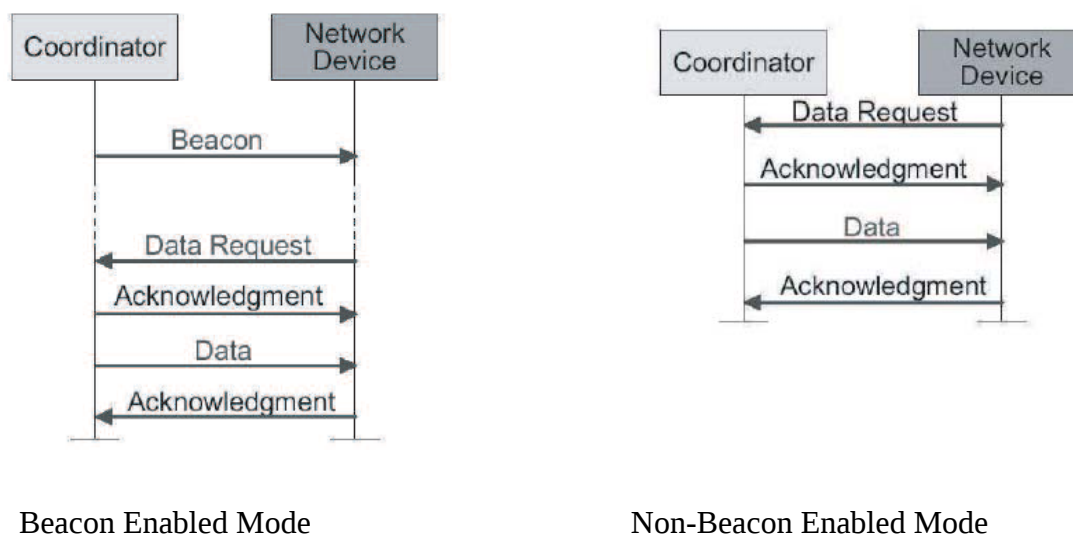


圖 3-26 Coordinator to Device 的資料傳輸模式

(來源：Kevin Klues Department of Computer Science and Engineering)

ii. Device to Coordinator :

資料由裝置送給網路協調者主要是用兩向交握（two-way handshaking）的方式，送端裝置利用 slotted/unslotted CSMA/CA 通訊協定傳送資料給網路協調者，接下來網路協調者回以 ACK 訊框（非必須的，使用時則為兩向交握的方法）。

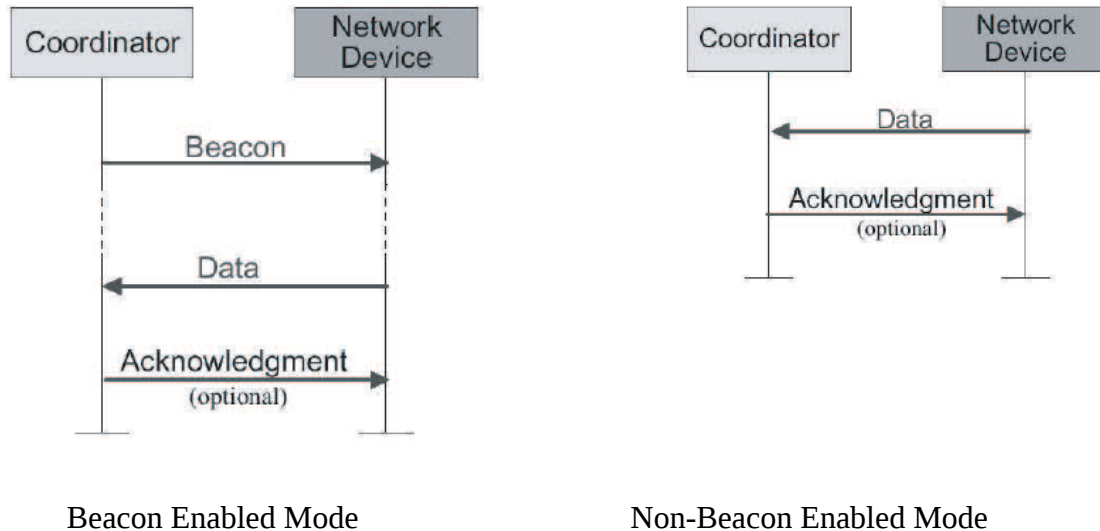


圖 3-27 Device to Coordinator 的資料傳輸模式

（來源：Kevin Klues Department of Computer Science and Engineering）

iii. Peer to Peer（NonBeacon-Enabled）：

每個裝置可能直接和傳輸範圍內的其他裝置進行通訊。為了能有效率的傳輸資料，要傳輸資料的裝置必須一直保持 active 模式不斷等待接收資料，或是要彼此間能夠同步。裝置可以簡單的使用非時槽型的 CSMA/CA 機制去傳送資料。

5. CSMA/CA 機制：

在 IEEE802.15.4 中採用的媒體存取方法是 slotted/unslotted CSMA/CA 通訊協定，在星狀拓撲網路中若協調者有傳送 Beacon-enabled，用以支援需要等待潛伏時間的裝置和應用，則收送資料時用 slotted CSMA/CA 通訊協定，反之則用 unslotted CSMA/CA 通訊協定；對等拓撲網路則可以簡單的使用 unslotted CSMA/CA 通訊協定，使用 slotted CSMA/CA 通訊協定則必須在收送裝置兩端間先達到同步才可以辦到。

i. unslotted CSMA/CA :

每當有裝置有命令或資料傳輸時，需等待一個隨機亂數的期間，當等待時間結束後，若此頻道沒有被使用，即開始傳送；若頻到已被使用或忙碌的話，則需再等待一亂數期間。

ii. slotted CSMA/CA :

當裝置收到網路協調者所發出的 Beacon 後，會將 backoff slot 對準 Beacon 發出的時間。當裝置有資料要傳送時，它必須先找出下一個 backoff slot 的起始邊界，然後等待隨機產生的若干個 backoff slot 時間，當等待的時間結束後，若此頻道沒有被使用，則裝置可在下一個退後時槽的起始邊界開始傳送資料；若頻到已被使用或忙碌的話，則需再次等待另一隨機產生的若干個 backoff slot 時間。

二、ZigBee Alliance :

ZigBee 聯盟在 2002 年 10 月由 Honeywell、Mitsubishi、Invensys、Motorola 與 Philips 共同成立，ZigBee 聯盟負責制定網路層、安全管理、應用介面層規範，並必須肩負互通測試。

在 2004 年 12 月至 2007 年 1 月間 ZigBee Alliance 共推出了三個版本做改善，分別為 ZigBee 1.0(ZigBee 2004)、ZigBee 1.1(ZigBee 2006)和 ZigBee Pro(ZigBee 2007)。雖然 ZigBee Alliance 一直持續對 ZigBee 的規格做改善，但也造成三個版本無法完全相容，成為推展上的問題點。

1. 網路層 :

ZigBee 網路層提供資訊傳輸及網路管理兩種服務，並維持一個網路資訊庫 (Network Information Base, NIB)。

傳遞路徑的發掘與維護為網路層主要任務，因此網路層必須知道緊臨的裝置、儲存這些直接相連裝置的相關資訊，必須包含加入 (join) 及離開 (leave) 網路的機制、訊框安全機制以及把訊框傳輸到目的地。

ZigBee 網路層支援 Star、Cluster 和 Mesh 三種拓樸。

Star Topology Network

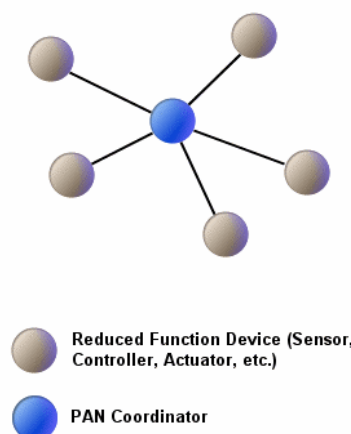


圖 3-28 星形拓撲：由協調者直接控制終端設備

(資料來源：2005 Wireless & Mobile WorldExpo)

Cluster Network

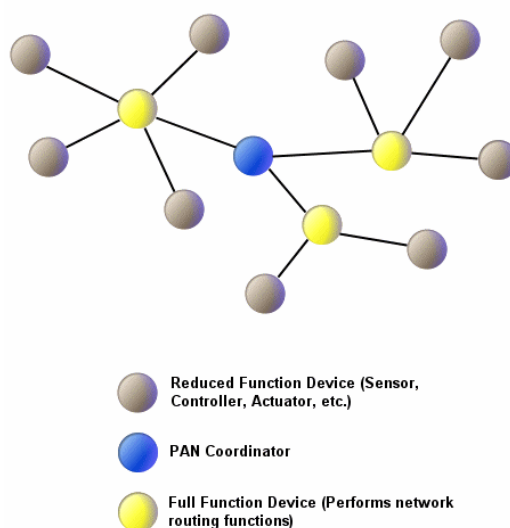


圖 3-29 叢集型拓撲：協調者藉 FFD 裝置控制終端設備所下達指令是透過階級方式傳輸

(資料來源：2005 Wireless & Mobile WorldExpo)

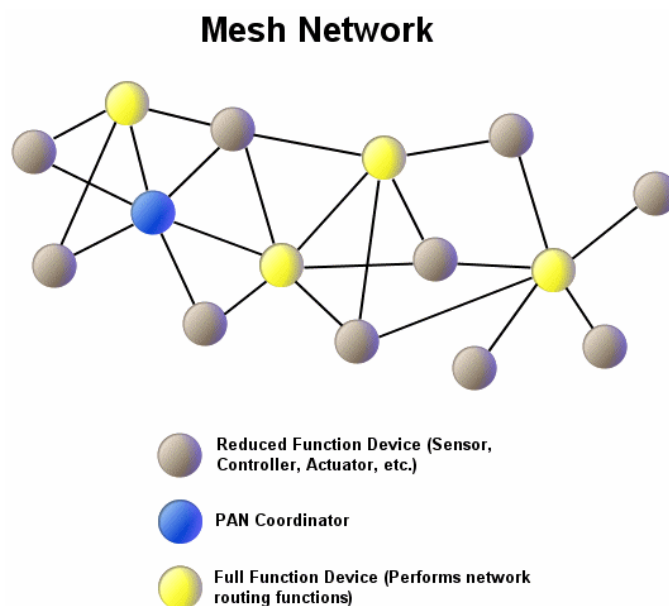


圖 3-30 網狀拓撲：網路透過 FFD 來擴展就架構來看是採取 peer to peer 的連接

（資料來源：2005 Wireless & Mobile WorldExpo）

2. ZigBee 安全管理模式：

- i. 存取控制：
- ii. 設備保持一個關於網路中可以信賴設備的列表。
- iii. 資料加密：
- iv. 使用對稱密鑰 128 位元高加密標準。
- v. 訊框完整性：
- vi. 保護資料不被無密鑰之人員修改。
- vii. 連續刷新以拒絕重發資料訊框：
- viii. 網路控制器將刷新值與來自設備的上一個已知值進行比較，如果刷新值沒有更新，那麼這個資料訊框將被拒絕。

3. 應用層：

應用層包含有應用次層 (Application Support, APS)、ZigBee 裝置元件 (ZigBee device object, ZDO) 和製造商所定義的應用物件 (Application Objects)。

應用次層提供應用層與網路層之間的溝通介面和維持物件之間的連結表 (Binding Table)，並在連結的裝置之間傳遞訊息，它也維持了一個應用次層的

資訊庫（APS Information Base, AIB）。

ZigBee 裝置元件的功能包括支援網路層、次層以及安全服務等。並負責建構應用時所需的資訊、發出或回應連結的要求，發現在同一個網路上的裝置與應用服務以及在網路上的裝置間建立安全關係等。

參、 ZigBee 的應用

ZigBee 的應用相當廣闊，例如：

- i. 人體機能量測，如血壓、心跳等
- ii. 工廠設備監控
- iii. 門禁安全監控
- iv. 照明與家電開關控制
- v. 水電錶量測
- vi. 溫溼度感測
- vii. 環境安全監控

以下將介紹目前 ZigBee 技術的應用現況。

一、居家生活應用：

NEC（日本電氣株式會社）：

環境監測是感測網路目前較為成熟的應用項目之一，主要原因是學術單位在試驗無線網路感測時，大多先鎖定在環境的光照度溫度和濕度等一些感度的量測。NEC 公司整合了這些與生活息息相關感測技術，開發出一系列的無限微型模組，大量應用在居家生活。

NEC 在居家生活的應用上主要強調，防犯用途、空調控制、火災感知和用量管理等四個項目。

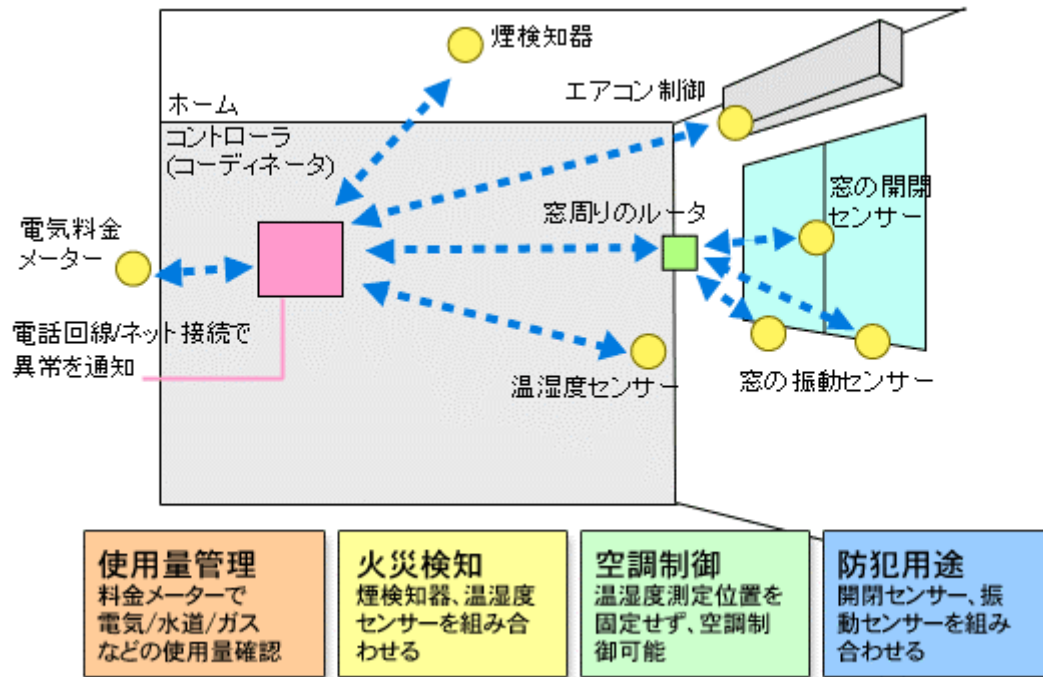


圖 3-31 NEC 家庭應用架構圖 強調防犯用途、空調控制、火災感知和使用量管理等四個項目。

(資料來源：日本 NEC)

1. 防犯用途：

利用開關和震動感測器安裝至窗戶上，若發生宵小入侵等異常狀況時，透過路由器傳回控制器，並經由電話或網路通知做回報。

2. 空調控制：

利用溫度和濕度的感測器，將數據傳回控制器，而達到空調控制的可能。

3. 火災感知：

利用煙霧感知器和溫溼度感測器，將異常狀態傳回控制器，並可經由電話或網路做回報。

4. 使用量管理：

利用記錄器對家中的水、電和瓦斯使用量作紀錄，將這些數據傳回控制器提供住戶管理的功能。

二、ZigBee 實機網路試驗：

OKI (沖電氣工業株式会社)：

ZigBee 本身具有比其他無線通信省電和確認訊息短的優點，被當作是自律移動支援服務的重大技術，因此 OKI 針對這些優點做出一系列的試驗，希望藉由這些試驗能夠得知 ZigBee 是否能達到所預期的效果。

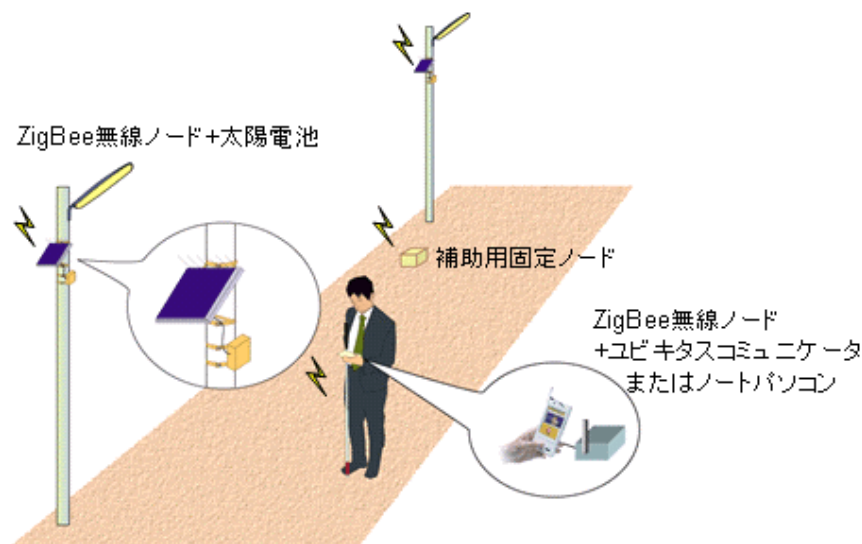


圖 3-32 ZigBee 實機試驗系統架構圖

（資料來源：日本 OKI）

OKI 將太陽能電池和 ZigBee 做結合，架設於日本神戶市的各處街道中，不僅能進行 ZigBee 電波傳遞試驗，還可以進行太陽能電池省電力試驗。

本次的試驗主要選定在十字路口和地下街等區域，將太陽能 and 定向電波用固定裝置架設在室外路燈上，在行人穿越道和十字路口上利用移動裝置測定數據。在推定位置時，於行人穿越道上設定輔助用固定裝置，以提升位置推定精度。對於地下街，在天花板上架設固定裝置，利用移動裝置進行數據測定。這樣除了能在不同環境取得不同數值外，還可以測試行人和車輛的來往對於 ZigBee 傳輸的影響。

ZigBee 無線網路本身具有隨周圍環境變化而改變的特性因此在實用化前必須在各種不同條件下進行反反覆覆的試驗。

三、自動抄錶系統（Automatic Meter Reading, AMR）

巴黎市自動抄錶計畫：

2007 年巴黎也決定在 2009 年 7 月前，完成全市的遠距抄錶設備。值得一提

的是，巴黎市計畫採用的 ZigBee 加 GPRS 自動抄錶系統，不但可能是全球將 ZigBee 應用於 AMR 上的首例，更計畫自 GPRS 的抄錶中心連接至四十三個 ZigBee 節點。此外，更驚人的是，這個系統最終串起了二十七萬個水電錶。

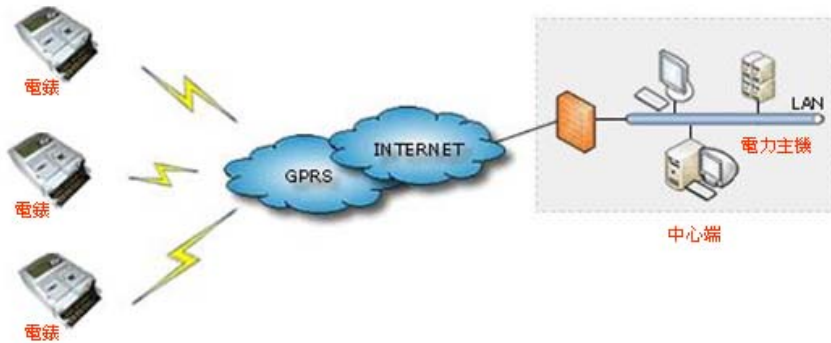


圖 3-33 將電錶紀錄的數值透過 GPRS 和 Internet 傳送至電力中心。

(本研究整理)

四、ZigBee 在醫療上的應用

無線技術已應用於這個市場，即簡單的按鈕呼叫器。透過 ZigBee 可以改進這些系統，安裝多個低成本的感測器，可以毫無干擾地地監護患者的活動並對護理人員發出警報訊號。透過簡單的感測器可監測床鋪使用或開門的狀態，以瞭解患者的活動情況。

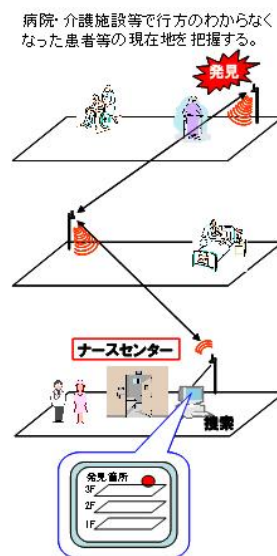


圖 3-34 當患者進入 ZigBee 的感測位置時，即可從電腦上得知患者的所在位置。

(資料來源：日本總務省東海總合通信局)

五、ZigBee 在防災上的應用：

發生重大災害時，將人民疏散至避難所，防災中心可以透過架設於避難所內的 ZigBee 得知各避難所的正確位置、人數等實際狀況，可在第一時間輸送所需的資源，補給至各個避難所，提高救援效率。

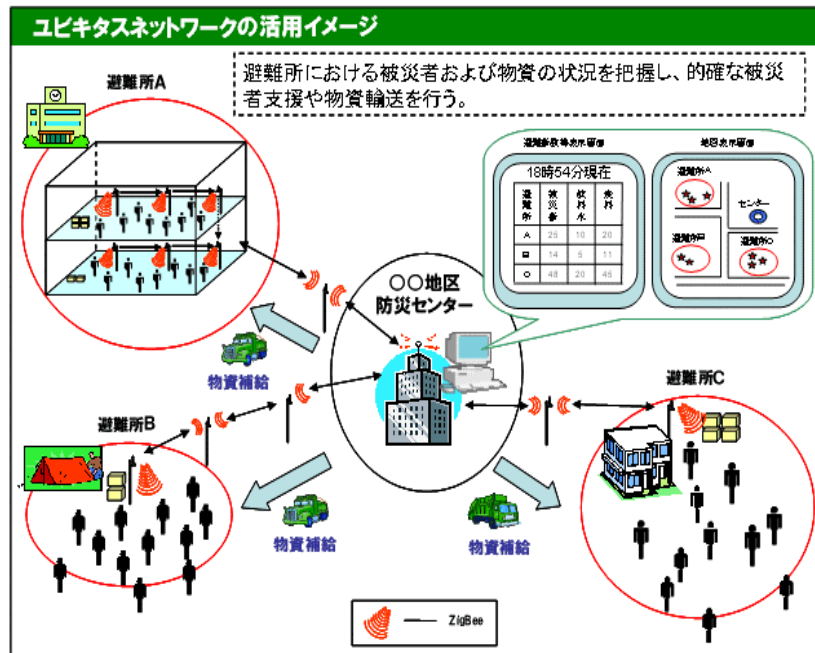


圖 3-35 ZigBee 可掌握實際狀況，提高救援的效率。

(資料來源：日本總務省東海總合通信局)

肆、台灣現階段發展之 ZigBee 實機試驗：

ZigBee 本身具有相當多的優點，低成本、高可靠度及待機時間長等的優點，使 ZigBee 具有相當大的發展潛力，所以目前世界各國對 ZigBee 開發相當積極，當然台灣也在這股熱潮當中，雖然目前的技術並不够成熟，但在未來的發展上令人期待。

本次實驗是利用兩組功能不同之 ZigBee 無線模組進行實機測試，實機測試之模組分別有量測 Sensor 微小電壓/電流之設備及窗型冷氣專用之數位電錶，這次實驗主要著重於 ZigBee 無線模組傳輸能力及量測資料之準確性，藉此分析台灣目前 ZigBee 之發展現況

1. 量測 Sensor 微小電壓/電流之設備：

實驗設備主要有：電壓電流顯示器、ZigBee 無線模組



圖 3-36 量測微小電壓電流之設備

i. 實驗設備之架設

本次實驗器材在安裝方面相當的容易，先將待測訊號透過單芯線接至顯示器上，再利用 RS485 介面將顯示器與 ZigBee 無線模組做連結，而另一個 ZigBee 無線模組則透過 RS232 直接接到電腦上，如此一來訊號就可透過 ZigBee 來進行傳輸。搭配所附贈之套裝軟體，還可進行數值的記錄與監測之工作。



圖 3-37 實驗設備架構圖

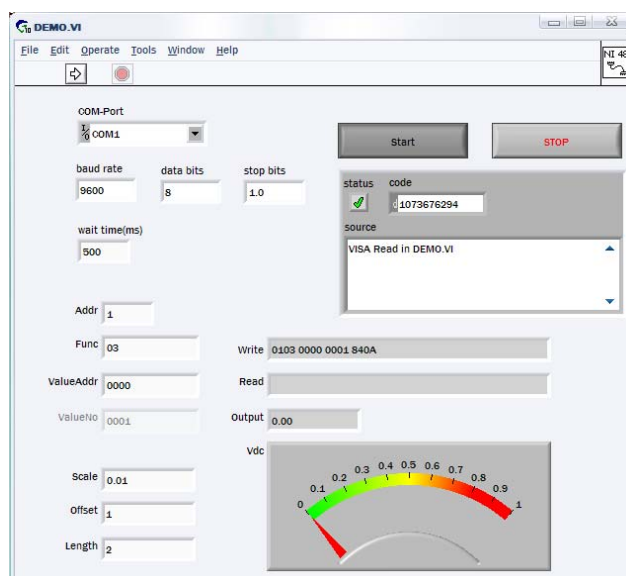


圖 3-38 監測之紀錄軟體

ii. ZigBee 模組無線傳輸測試

ZigBee 模組本身具有 RS232 及 RS485 兩種傳輸介面供使用者選擇，且在組裝上也相當容易，只要透過 Windows 之「超級終端機」程式，即可做 ZigBee 網路之測試。

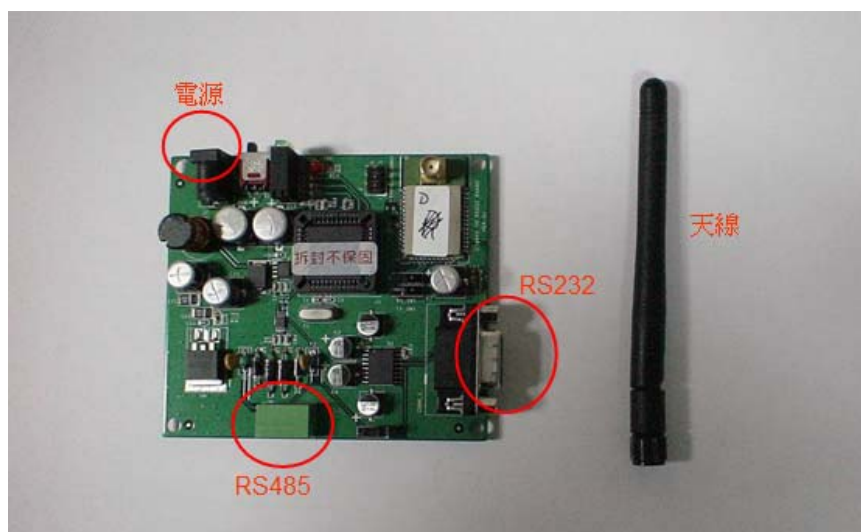


圖 3-39 ZigBee 無線模組



圖 3-40 ZigBee 與電腦做連結

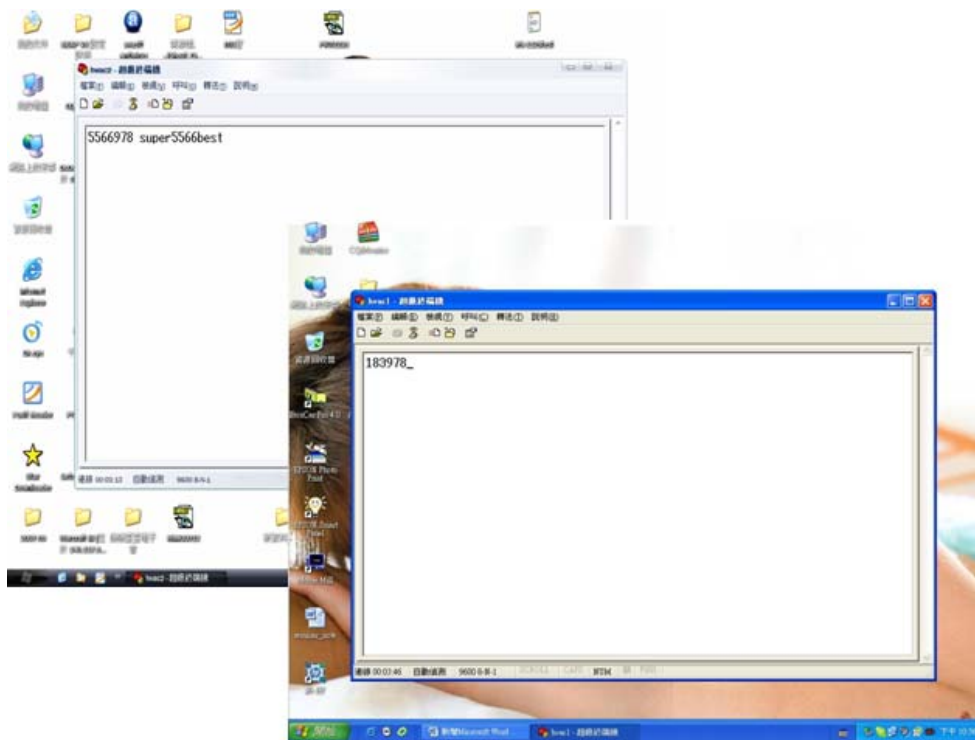


圖 3-41 透過「超級終端機」能使兩組 ZigBee 進行傳輸

iii. 電壓/電流顯示器功能簡介

電壓/電流顯示器本身的功能，除了能顯示出電壓電流之值瞬間值、平均值及極值外，還擁有自我檢測的功能。



圖 3-42 電壓/電流顯示器



圖 3-43 將量測之數值透過 ZigBee 傳輸

2. 窗型冷氣專用之數位電錶：

實驗設備主要有：ZigBee 數位電錶、ZigBee 接收裝置



圖 3-44 由 ZigBee 無線模組與電壓/電流顯示器組成之數位電錶



圖 3-45 由 ZigBee 無線模組與控制器組成之 ZigBee 接收裝置

i. 實驗設備之架設

本次實驗在 ZigBee 數位電錶的架設上只需將電源供應端插入插座，再將冷氣插頭與數位電錶的冷氣電源供應端接上即可，在 ZigBee 接收裝置架設方面也只要將電源供應端接上插座。由於 ZigBee 接收裝置內部之控制器即內建一簡易的 Win CE.net 視窗軟體，不需要透過電腦操作，只要接上鍵盤、滑鼠及顯示器即可直接進行操作。



圖 3-46 實驗設備架構圖

ii. ZigBee 數位電錶功能簡介

ZigBee 數位電錶可量測出冷氣在運轉時瞬間之電壓、電流、需量及累計用

電度數，並利用 ZigBee 無線傳輸的方式將這些資料傳給接收裝置。

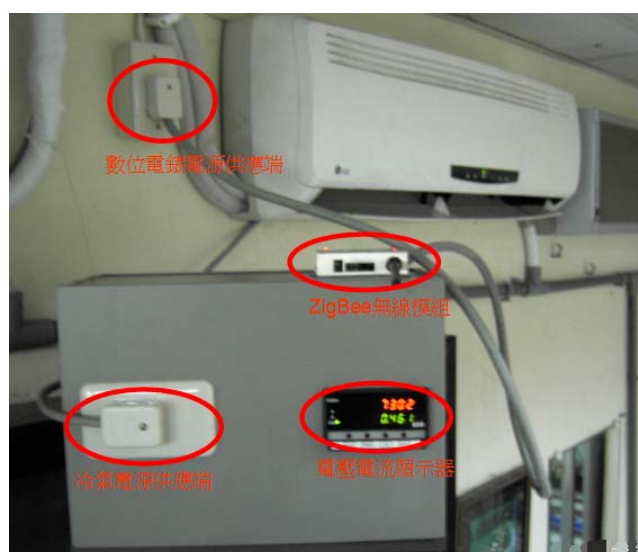


圖 3-47 將冷氣接上 ZigBee 數位電錶進行量測



圖 3-48 ZigBee 數位電錶測得之瞬間電壓、電流、需量及累計用電度數

iii. ZigBee 接收裝置功能簡介

ZigBee 接收裝置用來接收 ZigBee 數位電錶所傳輸之資料，其本身可做為一簡單之伺服器，利用網路連 IP 的方式進行遠端監控。監控軟體除了線上觀看即時用電資料的功能外，還可記錄每日用電資料，並自動上傳至網路空間，方便日

後調閱資料與分析用電情形。

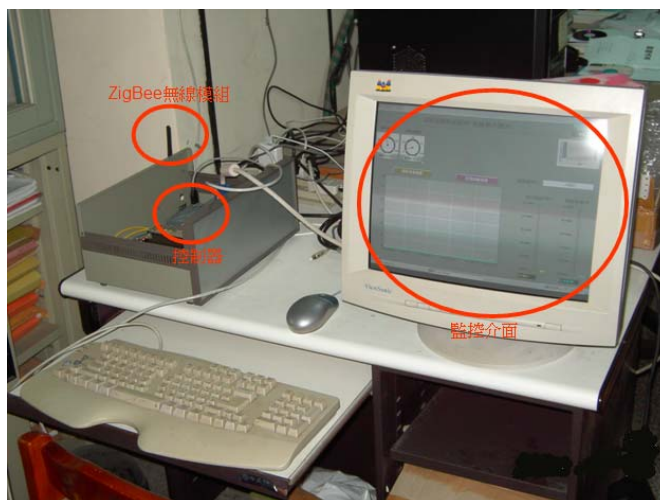


圖 3-49 ZigBee 接收裝置之實際架構



圖 3-50 透過網路連接可進行遠端監控

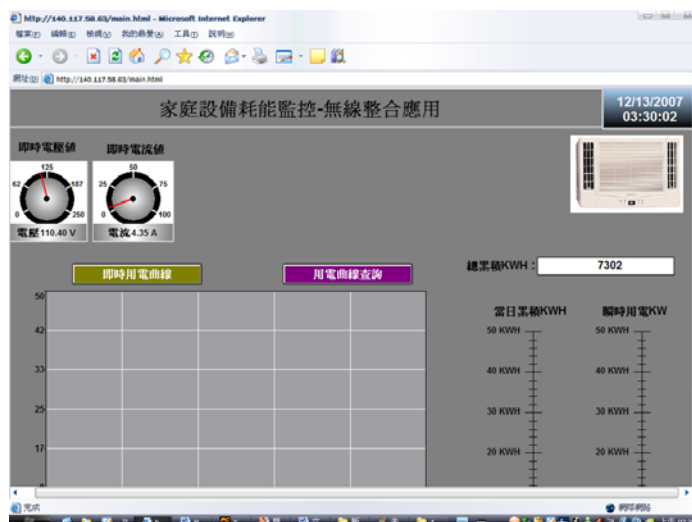


圖 3-51 ZigBee 接收裝置之遠端監控介面

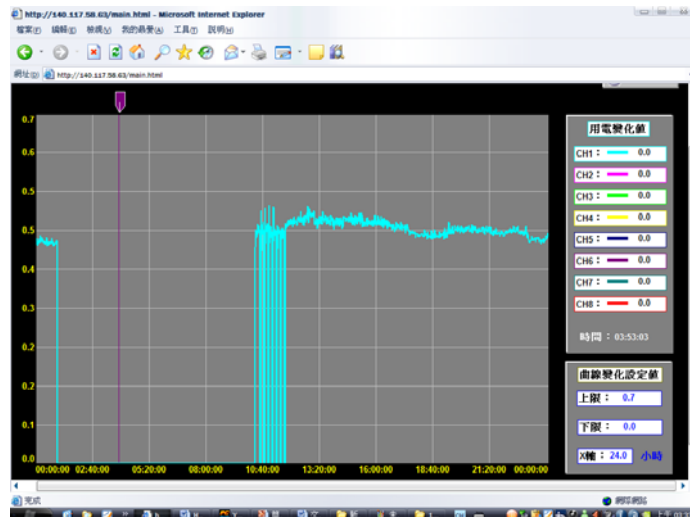


圖 3-52 監控介面顯示之即時用電趨勢圖

本實驗利用 ZigBee 無線電錶量測分離式冷氣在強制運轉的情況下之用電資料，再搭配可拆式比流器(Split-core CTs)以及 HOBO 工業多頻記錄器，進行其他電器設備用電之量測與紀錄，並針對其紀錄實驗空間之資料進行比較與分析。以下為本實驗空間之用電量測情形：

陸. 本實驗居住類型空間及使用概況之相關簡介：

本實驗居住空間之建築物居住類型空間地點位於高雄市，量測空間位於 4 樓層數建築物的 4 樓位置，樓地板面積為 59.62m²，居住人數為 4 人，週一至週五之時段較少有使用情形，於週六、周日及非辦公時段使用較為頻繁。

柒. 空調、照明及家電設備統計：

此唯一小型居住空間之案例，裝設 2 台分離式冷氣室內機，製照年份為 2006 年，額定電壓為 220V，使用 R-22 冷媒，冷房能力各為 3.5kW，電風扇數量為 3 隻，50W 之電風扇 1 隻，80W 之電風扇共計 2 隻。照明設備部分，省電型 18W 日光燈管共計 19 支，適用於一般室內外使用。其餘插座之家電設備尚有中型冰箱 1 台、微波爐 1 台、電視 1 台、電腦 3 台、印表機 2 台。

捌. 耗能監測結果分析：

該建築物居住類型空間之電力結構主要分為空調用電、照明用電、插座用電三大用電項目，根據監測結果其每月用電情形如下表所示：

表 3-6 建築物居住類型空間用電需量表

	空調用電需量	照明用電需量	插座用電需量	總用電需量
	kW	kW	kW	kW
0 時	0.99	0.1	0.4	1.39
1 時	0	0.02	0.4	0.42
2 時	0	0.02	0.4	0.42
3 時	0	0.02	0.4	0.43
4 時	0	0.02	0.4	0.07
5 時	0	0.1	0.4	0.48
6 時	0	0.2	0.5	0.48
7 時	0	0.2	0.5	0.7
8 時	1.09	0.02	0.4	1.7
9 時	1.10	0.02	0.4	1.52
10 時	1.05	0.02	0.4	1.5
11 時	1.07	0.02	0.4	1.57
12 時	1.10	0.02	0.4	1.54
13 時	1.08	0.02	0.5	1.23
14 時	1.08	0.02	0.5	1.59
15 時	1.09	0.02	0.5	1.22
16 時	1.10	0.02	0.5	1.54
17 時	1.05	0.02	0.4	1.48
18 時	1.07	0.3	0.5	1.95
19 時	1.09	0.3	0.5	1.62
20 時	1.09	0.3	0.5	1.95
21 時	1.09	0.3	0.5	1.87
22 時	1.10	0.2	0.5	1.79
23 時	1.10	0.1	0.4	1.29

(本研究整理)

表 3-7 建築物居住類型空間用電度數表

	空調用電度數	照明用電度數	插座用電度數	總用電度數
	kWh	KWh	kWh	kWh
0 時	0.96	0.02	0.13	1.11
1 時	0.00	0.02	0.22	0.24
2 時	0.00	0.02	0.13	0.15
3 時	0.00	0.02	0.22	0.24

4 時	0.00	0.02	0.05	0.07
5 時	0.00	0.06	0.22	0.28
6 時	0.00	0.16	0.22	0.38
7 時	0.00	0.19	0.34	0.53
8 時	1.08	0.19	0.19	1.46
9 時	1.08	0.02	0.17	1.27
10 時	1.04	0.02	0.26	1.32
11 時	1.06	0.02	0.19	1.27
12 時	1.09	0.02	0.26	1.36
13 時	1.07	0.02	0.11	1.20
14 時	1.08	0.02	0.33	1.43
15 時	1.08	0.02	0.19	1.29
16 時	1.08	0.02	0.17	1.28
17 時	1.04	0.02	0.16	1.23
18 時	1.06	0.18	0.33	1.57
19 時	1.09	0.34	0.19	1.62
20 時	1.09	0.34	0.33	1.76
21 時	1.08	0.31	0.23	1.62
22 時	1.09	0.23	0.28	1.60
23 時	1.07	0.11	0.07	1.25

（本研究整理）

將該建築物之電力分佈情形，使用 Microsoft Excel 軟體，將該建築物居住類型空間之用電需量與用電度數情形繪製成趨勢圖、圓餅圖與柱狀圖，以利於分析其用電架構與使用時程管理；如下列圖表所示為此建築物居住類型空間之電力分佈情形。

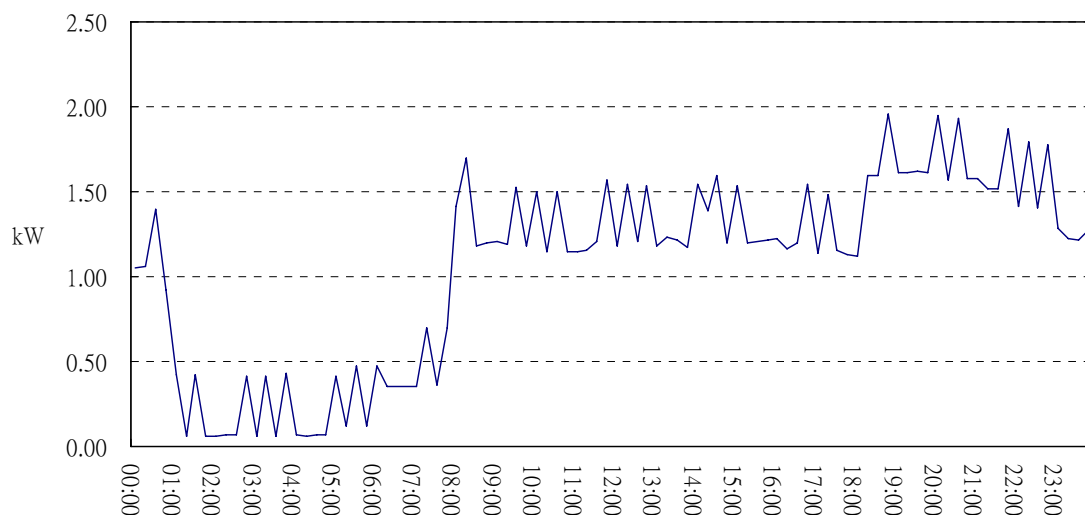


圖 3-53 建築物居住類型空間之總用電需量趨勢圖

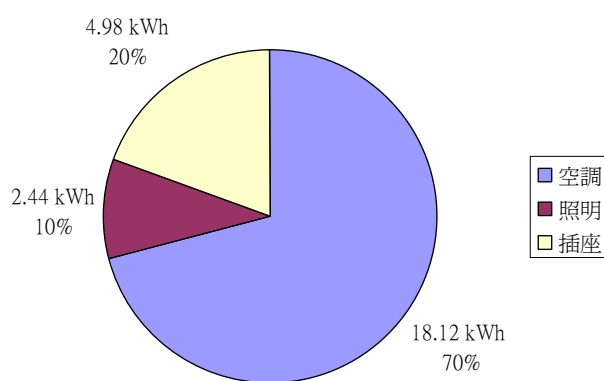


圖 3-54 建築物居住類型空間之用電比例分布圖

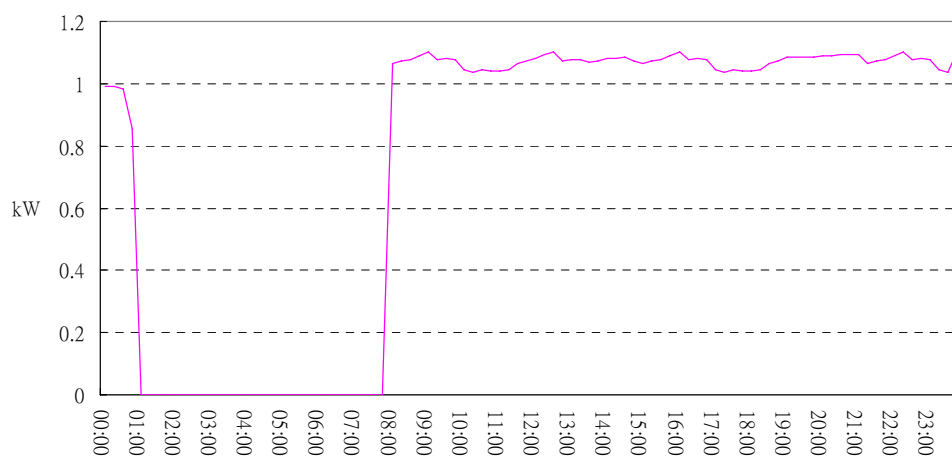


圖 3-55 建築物居住類型空間之空調用電趨勢圖

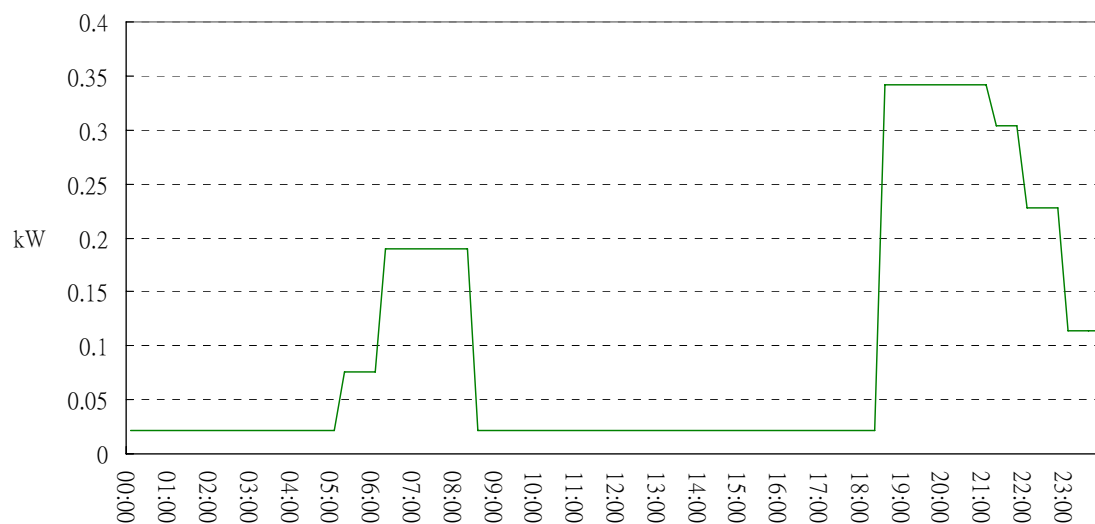


圖 3-56 建築物居住類型空間之照明用電趨勢圖

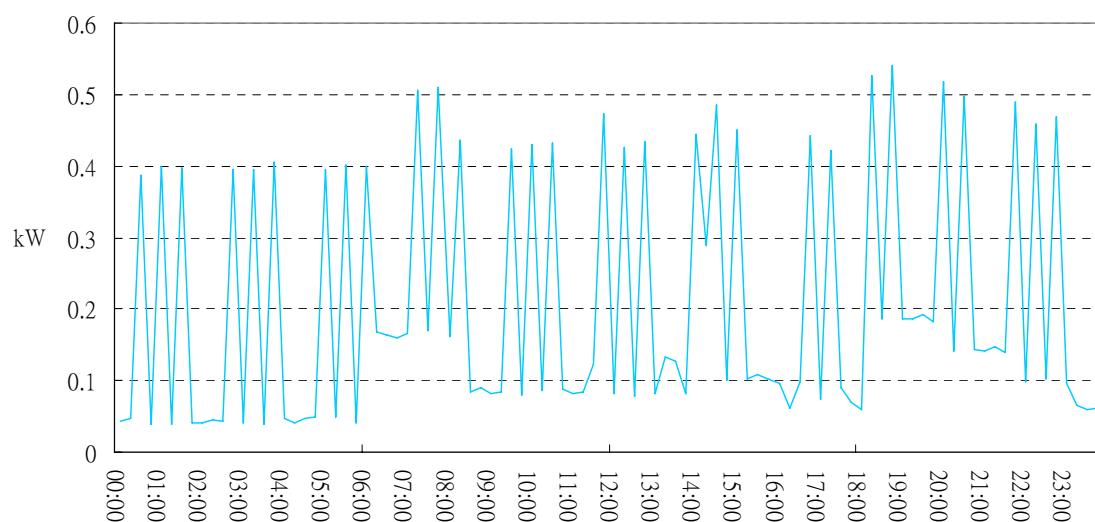


圖 3-57 建築物居住類型空間之插座用電趨勢圖

第三節 國際間通用之有線遠端遙控系統 BACnet 及 LonWorks 之應用分析

壹. BACnet

所謂 BACnet 就是 Building Automation Control Networks，建築物自動化與控制網路的縮寫，是一種廣泛使用於建築系統中的開放式通訊協定，可將不同廠商所製造的建築物自動化及控制產品整合成單一系統。BACnet 並非是一開始就存在的協定，它是由 ASHRAE 召集了 20 多位專家組成標準計畫委員會(SPC 135P)，歷經 8 年半左右的時間努力研發而成，在 1995 年 6 月正式通過生效，標準編號為 ANSI/ASHARE Standard135-1995，同年 12 月成為美國國家標準，並且還得到歐盟委員會的承認，成為歐盟標準草案。

由於各家廠商所製造的產品規格、通訊協定皆不盡相同。為了達到一個統一的標準，國際標準組織 ISO(International Standards Organization)於 1983 年制定了開放式系統連接(Open System Interconnection，簡稱 OSI)標準作為遵循的規範。OSI 參考模式具備階層式協定(Layered Protocol)，總共定義了 7 個不同層級，分別為：

- 一、 應用層：提供雙方應用程式存取 OSI 環境的方法
- 二、 表達層：提供雙方應用程式資料格式的轉換
- 三、 會議層：提供雙方應用程式溝通方式和規則
- 四、 傳輸層：提供雙方資料交換規則及品質最佳化
- 五、 網路層：提供雙方透過網路的定址方法、傳送路徑
- 六、 資料鏈結層：提供網路層及實體層之間的管理、錯誤偵測及控制
- 七、 實體層：提供雙方系統間實體介面、傳送位元的規則

而 BACnet 是 OSI 參考模型中的四層架構的簡化模型，可由下圖表示

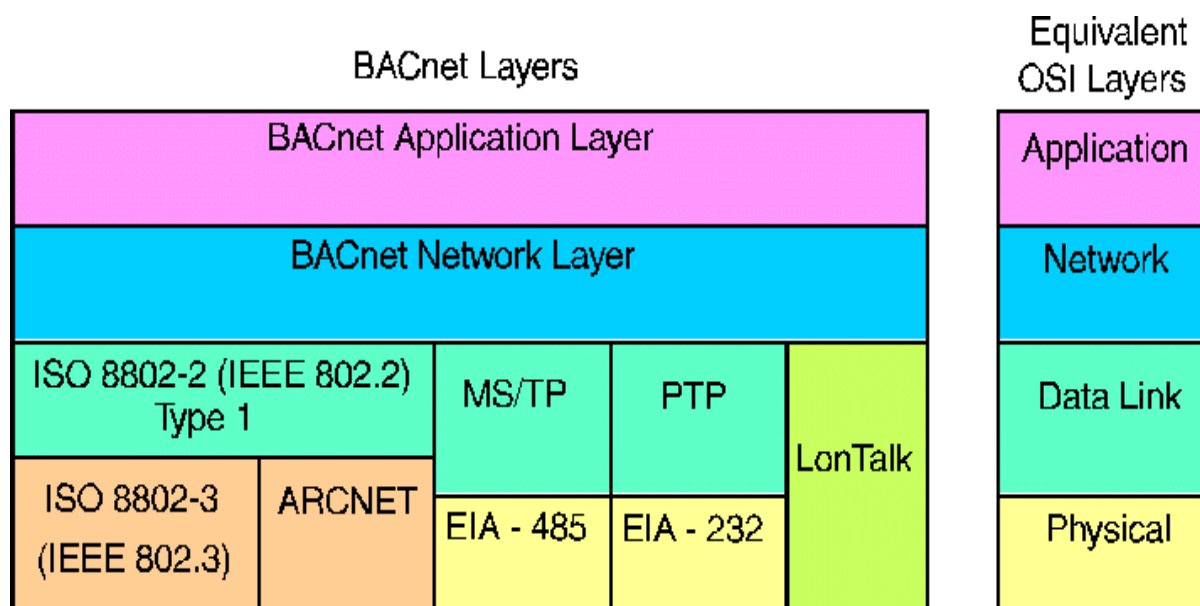


圖 3-58 BACnet 的簡化網路協定

除了應用層之外，其他層是用來做為網路連結之用。網路層的作用為有關網路定址；資料鏈結層負責網路存取管理及錯誤檢查...等工作；實體層則負責實體網路之連線；應用層則是提供各種控制指令和訊息交換之功能，來取得BACnet上的各種資訊。為了使變更通訊協定方式造成的成本及代價能將到最低，所以在底層（資料鏈結層及實體層）提供了五種業界常用的標準協定，內含Ethernet, ARCnet, MS/TP, PTP 和Lontalk，如此一來既有的配線不需要更換，僅需要變更應用層的訊息指令定義、網路層的傳輸位址控制，就可以使獨家網路協定轉移到BACnet協定上。

表 3-8 BACnet 下五種業界常用的標準協定

網路型式	標準	實體媒介*	傳輸速度	特性和應用方式
Ethernet	ISO 8802-3	Coax , Fiber, TX	10-100Mbps	1. 主傳輸骨幹 2. 價格高
ARCnet	ATA/ANSI 878	Coax , Fiber, TX	150K-7.5Mbps	1. 主傳輸骨幹 2. 價格高
MS/TP	EIA 485	TX	9.6K-76Kbs	1. 低階控制器 2. 速度慢

PTP	EIA 232	Multiple conductor	9.6-56Kbs	1. 點對點應用 2. 速度慢
Lontalk		TX, RF, Fiber, Power line	78Kbs,1.25Mbs	1. 低階控制器或智慧感應器 2. 中、低速度

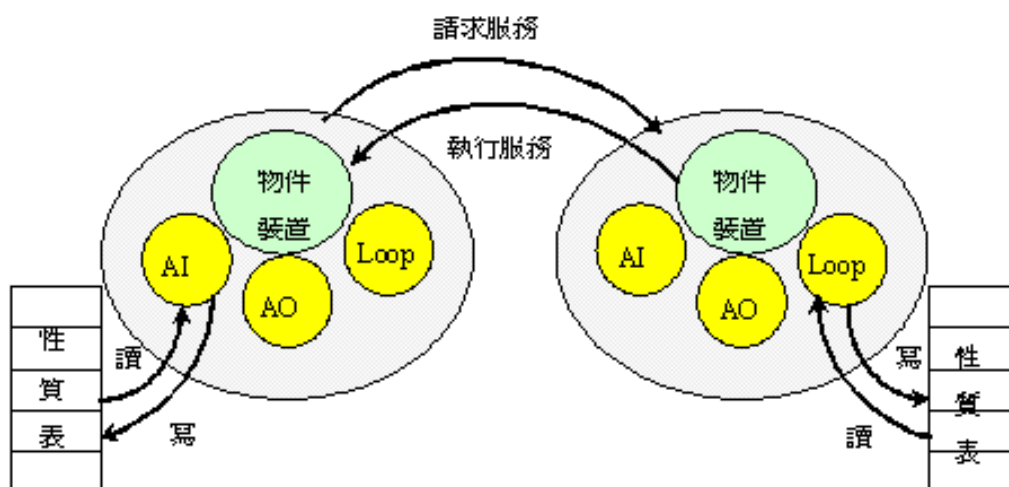


圖 3-59 BACnet 物件資料傳輸程序

在網路架構的規劃方面，BACnet 基本上仍沿襲傳統的理念，有階層式的關係，控制元件依其控制功能需求可選擇不同的傳輸介質和下層協定。

遵守 BACnet 協定的裝置在通訊時是利用對另一裝置發送請求服務的訊息，接收方裝置則在執行請求動作，於完成後通知(或不需通知)原裝置，其過程顯示如圖 3。裝置的種類有很多種，BACnet 協定將其歸類為 6 大類(階)，從最低階 Class1 的感應器、Class2 的制動器，到更高階的區域控制器和大型系統控制器，甚至電腦軟體也可為裝置的抽象概念，每個裝置所能請求或執行服務的內容也有不同，通常較高階者可以包含較低階裝置的服務功能。

BACnet應用架構圖：

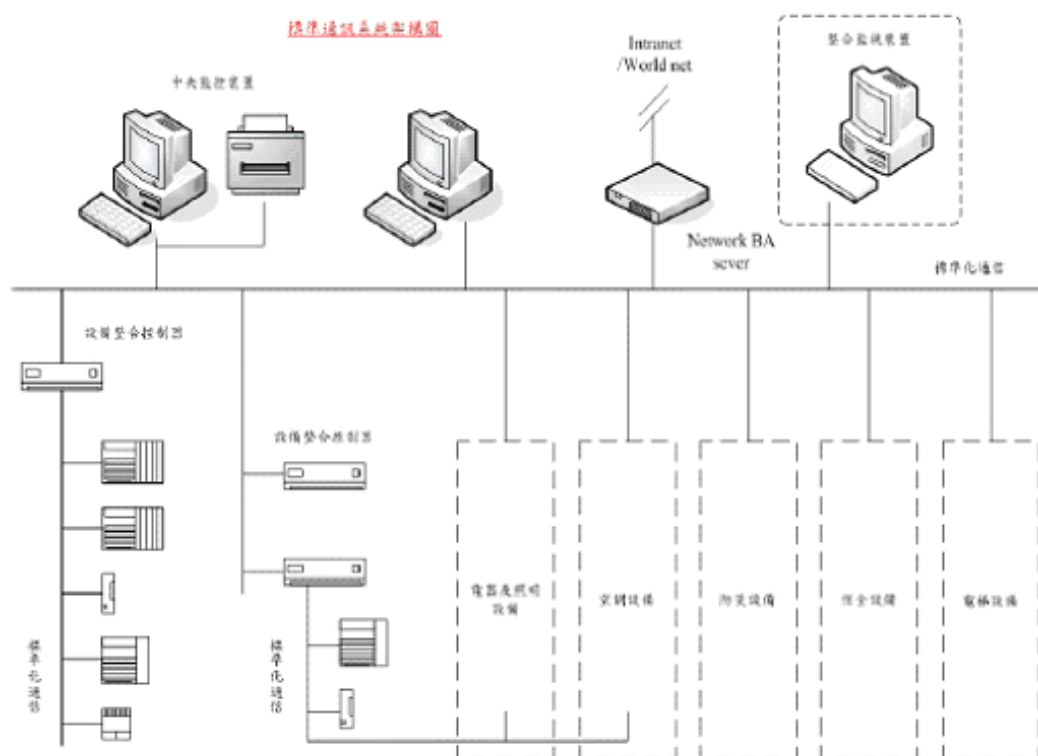


圖 3-60 以 BACnet 為標準通訊協定之 BEMS 通訊系統架構

上圖是以BACnet為標準通訊協定的網路系統架構圖，包含了各項建築設備及管理系統的幾個基本控制單元，設備則裝設有遠端控制器，用以輸入或輸出訊號作為系統與設備之間的溝通；中央監控裝置集中管理各控制器傳回之資料，以各種形式表現出來，掌握設備的即時運轉狀況。監控資料亦可傳送至其他電腦資料庫，進行長時間系統設備之運轉效率比對分析，而Network BAserver可接受來自內部或外部網路的連結，讓管理者可即時對系統或是運轉異常的設備，進行診斷和故障排除；各建築之間也可藉由網路連結，架構整合監視系統。

目前有越來越多的公司，例如Alerton Technologies, Inc., Andover Controls, Automated Logic, Honeywell, Johnson Controls, Siemens Building Technologies, and Tridium...等，所生產的產品皆可支援BACnet。

BACnet應用的範圍大多於加熱、通風和空調產業。

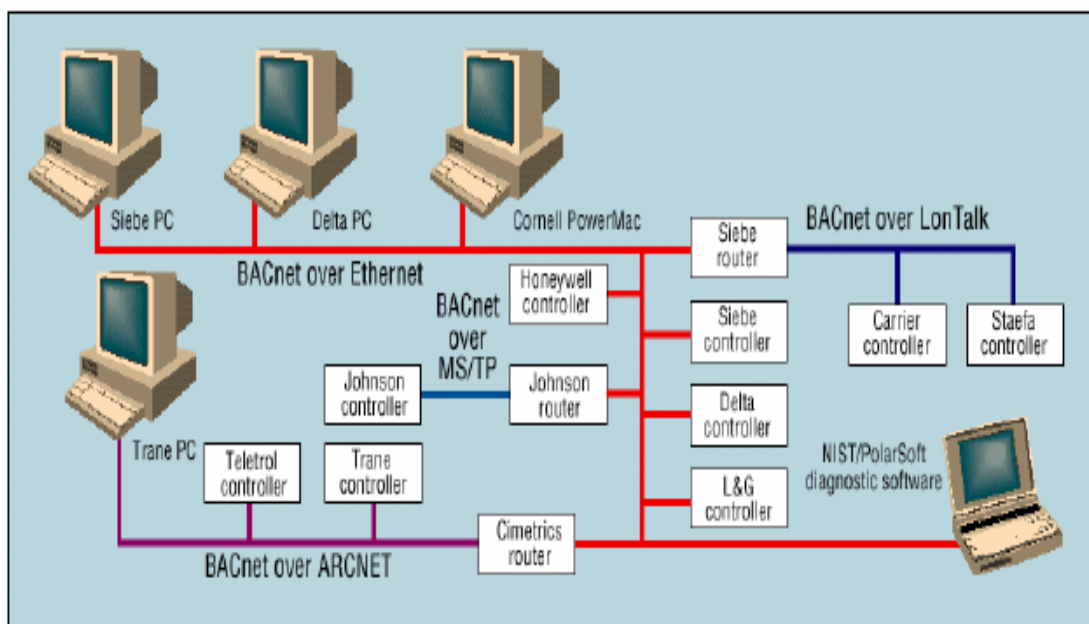


圖 3-61 BACnet 協定在 1996 年美國冷凍空調展所建立的示範控制網路

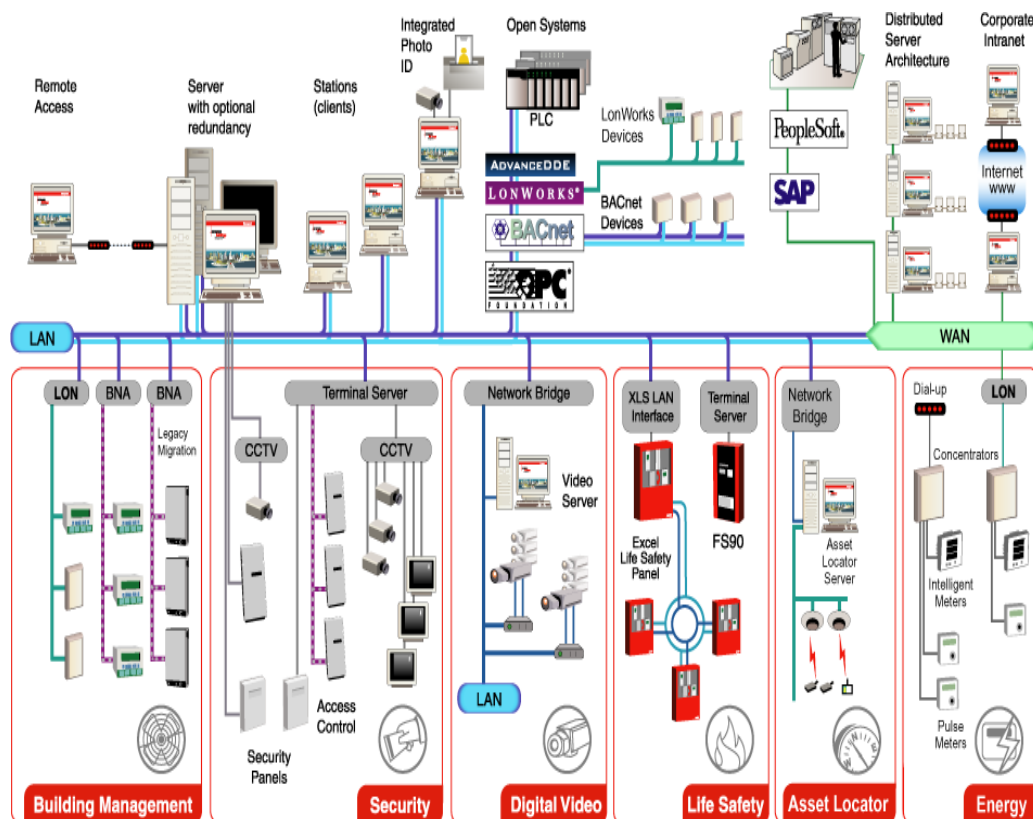


圖 3-62 應用 BACnet 通訊協定將建築管理、安全、監控、消防...等管理系統整

合之系統架構圖

貳. LonWorks

現今社會使用網路的設備越來越多，可能從超市到石油公、汽車到戰機、居家住宅到超高摩天樓...等都有使用。幾乎各工業都不想使用唯一性的網路，以免被限制而受迫需用特定產品，因此製造業者也開始走向開放、現成晶片、操作系統的趨勢。

LonWorks是美國Echelon公司所發展的控制網路技術，因為上述的趨勢而快速成長。其核心是一顆所謂Neuron chip 的晶片，該晶片整合了通訊、控制和應用軟體等功能於一身，等於說是具有通訊功能的小型單晶片控制器，其通訊協定為LonTalk協定，但整個協定的內容均包含在這顆晶片上，使用者僅須購買該晶片便可使用LonTalk協定的網路。使用LonWorks網路的設備是經由LonWorks的通訊協定，它提供了一套服務，讓應用程式可以傳送、接收來自其他網路設備的訊息，重點是不需要知道那網路設備的科技、設備的名字、位址、甚至是它的功能，如圖六，可用於連接諸如電器用具、恆溫器、空調器、電錶、以及照明系統等日常設備，並且把它們連接到網際網路上。

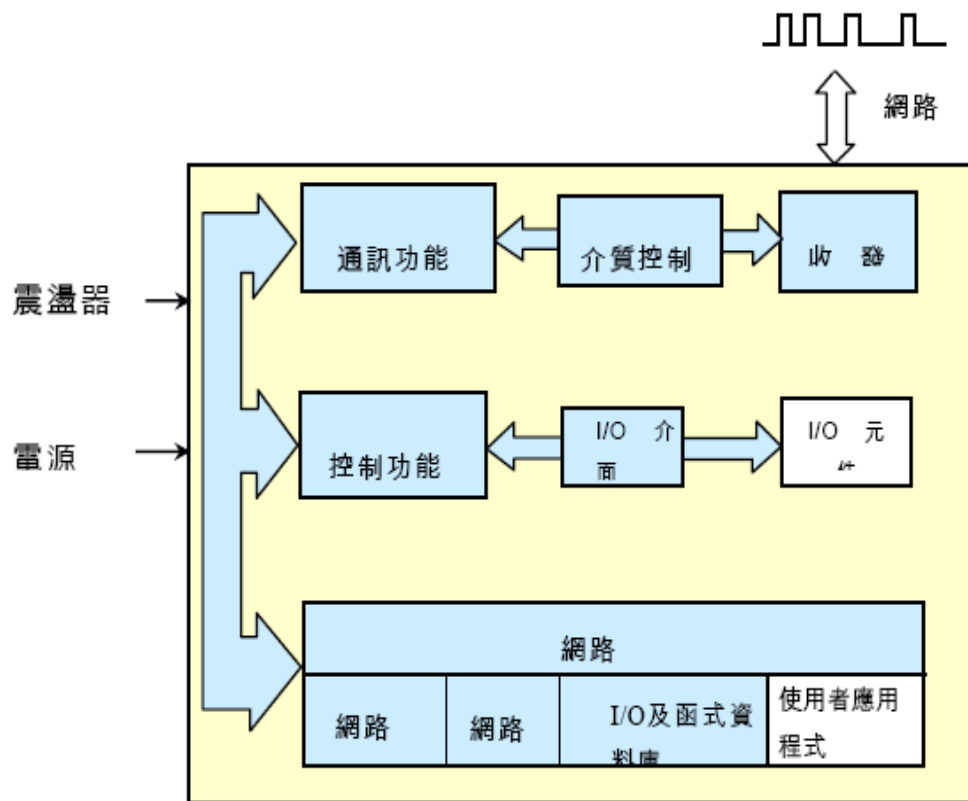


圖 3-63 Neuron 網路控制晶片功能圖

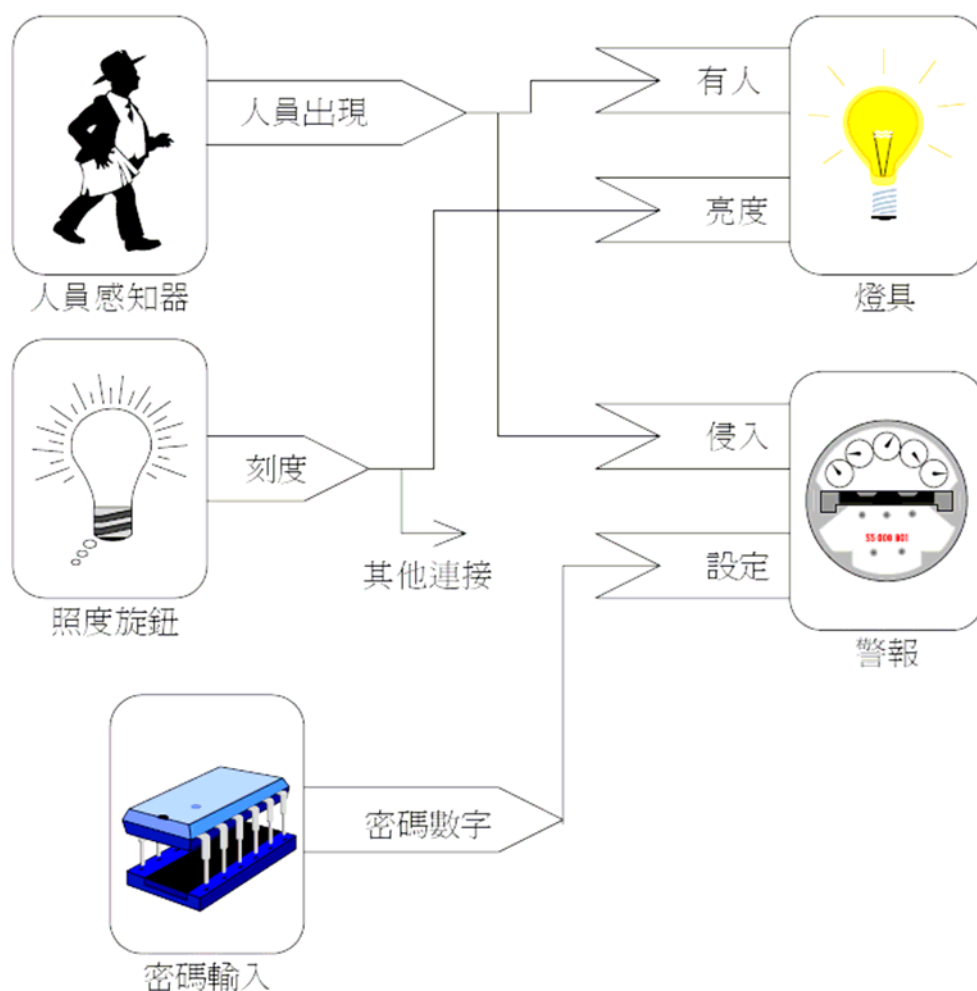


圖 3-64 LonWorks 系統可以將不同網路整合

而以下的例子是某大樓的集中式空調系統。考慮到日後的擴充升級，所以採用兩層結構：管理層使用 LonWorks 的 TCP/IP 通訊協定完成整個系統監控。其中路由器連接不同通道之間的 LonWorks 訊息，實現網路通信控制。此層主要功能為設置系統參數、檢測系統狀態、分析、紀錄數據...等；現場層才是由設備跟節點組成，通過 LonWorks 與空調機、水泵...等設備連接。功能為收集現場數據，依照設定參數進行設備控制...等，並將信號回傳給管理層。

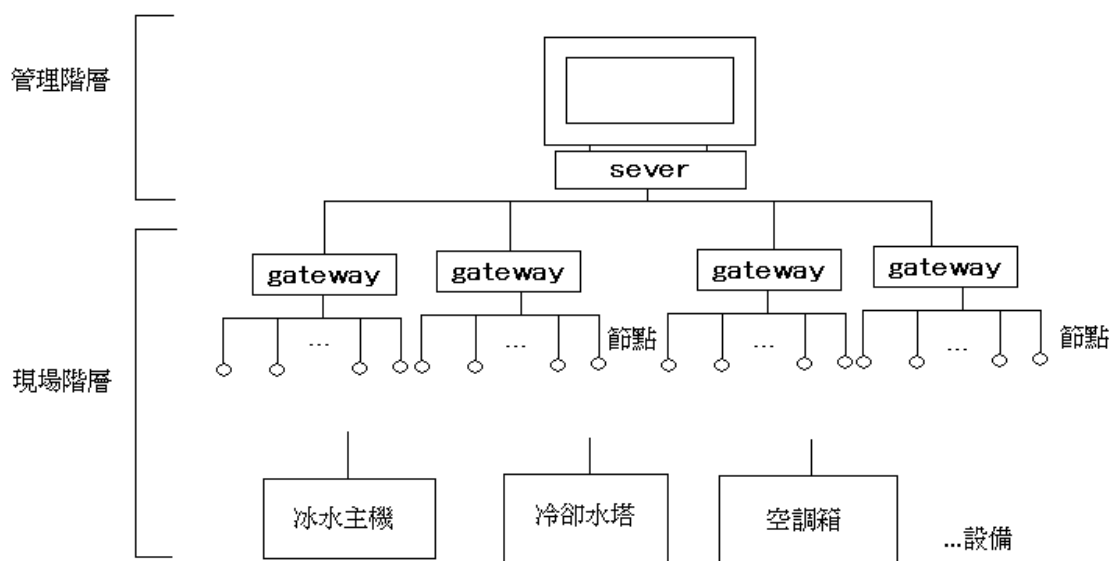


圖 3-65 系統總體架構

LonWorks 這種通訊協定可以輕易的提供端對端的訊息確認，可以優先傳送以提供有界限的執行時間。為了支撐網路管理服務能讓偏遠的網路管理工具設備作用的更好，所以它可以：

- 一、重新配置網路位址及參數
- 二、下載應用程式
- 三、回報網路問題
- 四、開始/停止/重置設備應用程式

因為 LonWorks 協定以及 LonWorks 網路採用了 ISO/OSI 模型的全部(7 層) 通信協定，採用面向對象的設計方法，所以可以通過網路變量將網路通信設計簡化為參數設置，從而易於實現網路的互動性，其通信速率從 300 b/s 至 1.5 Mb/s 不等，通信距離高達 2700 m，能用在很多地方，如電源線，雙絞線，無線電頻率(RF)，紅外線(IR)，同軸電纜和光纖。

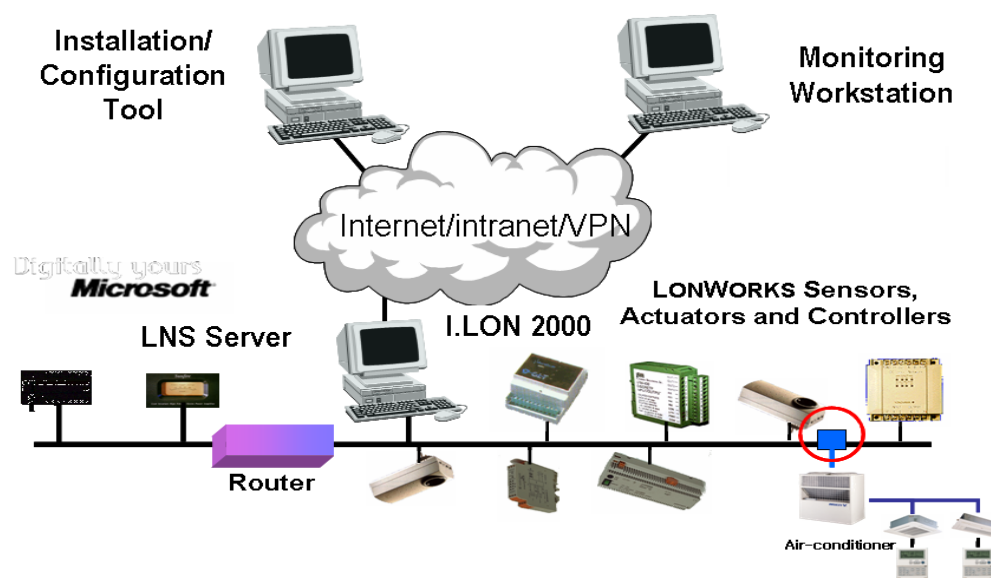


圖 3-66 LonWorks 基本系統架構

LonWorks 優點：

技術層面：

- 一、 專為控制網路開發的技術
- 二、 通訊介質獨立性
- 三、 彈性的網路架構及整合
- 四、 可預測的網路功能
- 五、 具高度智慧的區域 I/O 元件，可作對等式的訊息傳送
- 六、 網路因智慧型分散式操作，使系統可靠度極高
- 七、 網路模組化，易於修改、擴充、重組
- 八、 原廠產品間相容性高

經濟方面：

- 一、 LonWorks 技術提供控制網路一個完整、簡易、並可量產的解決方案。
- 二、 完整的工具使硬體與軟體的開發、設計簡易可靠。
- 三、 供應廠商佳，例如：Motorola 、Toshiba。
- 四、 低成本、模組化、最適化的 OEM 產品。
- 五、 控制網路因為維修容易、功能擴充簡單、高度彈性架設、設計間酷、優越的診斷能力，使生命週期延長。

六、 經全球多家廠商驗證。

LonWorks 技術的應用：

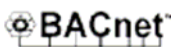
航太工業、農業控制、智慧型大樓控制、電腦及週邊設備、偵測/監視、電子測試設備、能源管理/監控、工廠自動化及遠距離監控、流體自動測量、家庭自動化/資訊家電 4C 及網路化電氣產品、身份辨試/保密、恆溫空調系統...多方面。

參. 兩者比較：

BACnet和Lonworks協定標準各具有其優點，BACnet 是一種包容性廣泛的協定，允許既有許多下層網路技術和協定的使用，且沿襲傳統建築自動化的階層式構造，擁有較為健全的服務和功能定義，可以迅速達成建築自動化系統所追求的功能。訂義的功能較多，則所需求的處理器自然較高，所以對於進攻小型控制器市場成本提高；LonWorks則是一種應用於低階裝置之間傳輸最有效的協定，包括智慧型感應器和制動器及小型區域控制器等，足夠應用精簡的協定，當系統控制需求增加時，其傳輸速率和簡易的協定卻成為其主要的限制。

產業界目前對兩種協定的所持的態度如表3-10所示

表 3-9 各家廠商對於 BACnet 及 Lonworks 兩種協定的比較

控制系統協定 控制及空調設備廠商	BACnet	LonWorks
		
Alerton Technologies	⊗	×
Ameritech Building Automation Services	×	⊗
Andover Controls	○	△
Automated Logic	⊗	△
Carrier	○	△
Cimetrics Technology	⊗	×
Control Systems International	×	⊗
Electronic Systems USA	△	○
Honeywell	○	⊗
Johnson Controls	○	○
Landis & Gyr	○	○
McQuay	△	△
Siebe Environmental Controls	⊗	⊗
Staefa Control System	○	○
Teletrol	△	×
Trane	⊗	△
York	○	△
⊗ 較完整產品 ○ 可(開流器)連接 △ 有興趣 ×尚未準備		

註：參考 Rita Tatum, 1996 對美國廠商調查資料及其他市場資訊

由統計資料顯示對於開放式的協定標準都持正面肯定的態度，但完全遵守某一協定的廠商仍然佔少數，多數廠家僅支援如圖3-67所示的分層式架構，保留某一部份的獨家控制協定，以追求既有利益。

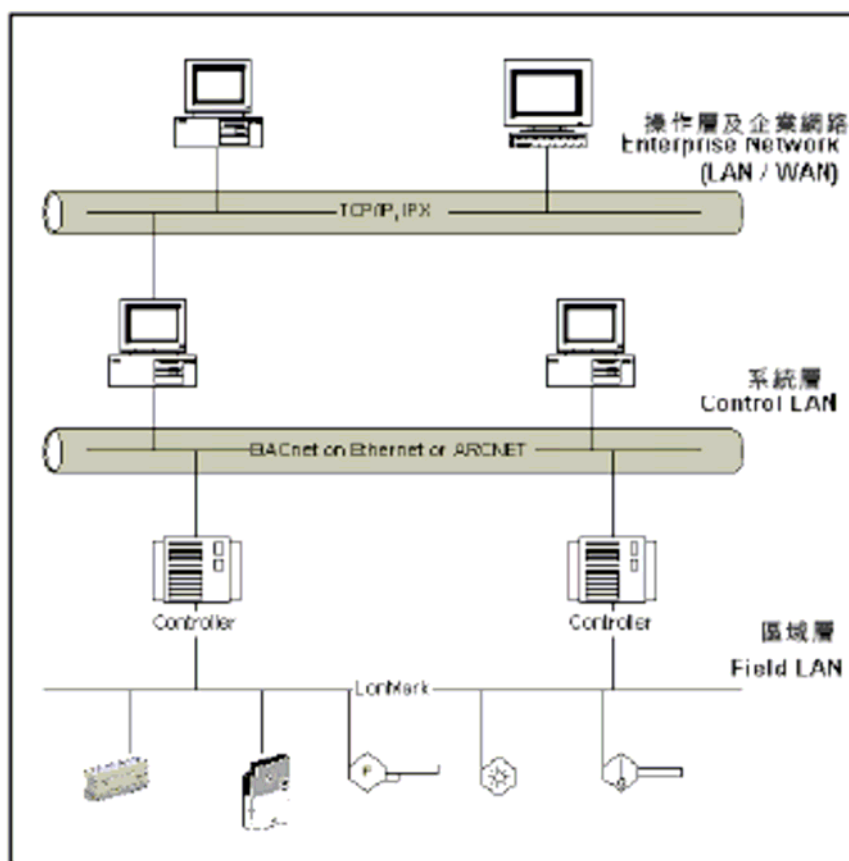


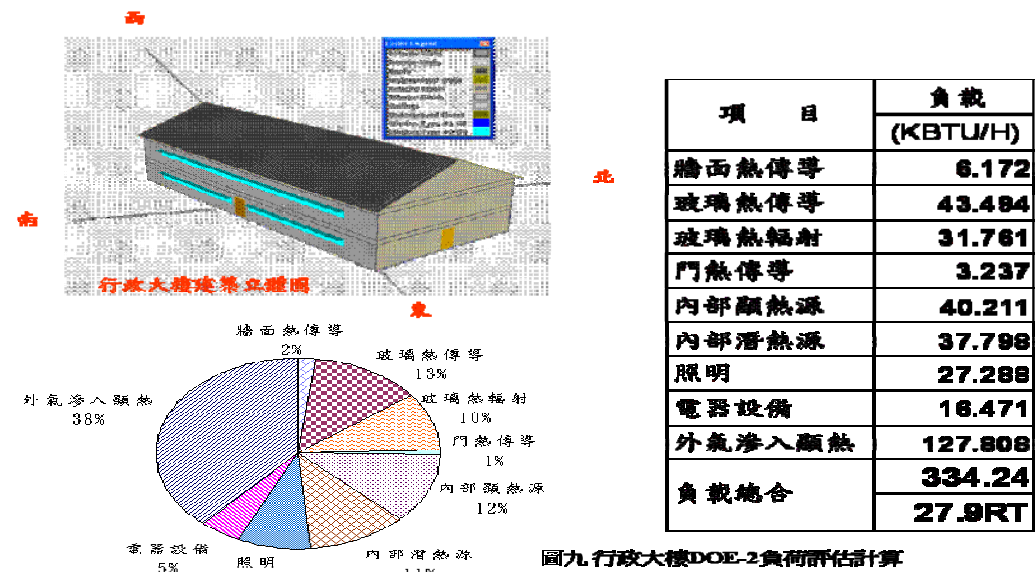
圖 3-67 分層式協定架構

因此，本實驗蒐集南部某兒童育幼院導入 BACnet 前、後一年之用電架構資料，並針對其實驗空間進行導入前、後同期逐月用電資料比對分析。以下為本實驗空間之用電量測情形：

壹. 南部某兒童育幼院建築物空間及使用概況之相關簡介：

本案例為全院內的建築物，共為 4 棟皆為地上 2 層之類建築，其總樓地板面積為 4864.15 m^2 ，空調面積為 4864.15 m^2 。建築內部空間使用情形大致上為辦公、宿舍及教室使用性質，辦公大樓每日主要使用時間為 9：30~16：30，宿舍每日主要使用時間為 17：00~1：30，每日之平均使用人數約 210 人左右。

下圖是採用美國能源署認證之建築能源評估軟體 DOE-2 對於行政大樓之空調負荷所作的計算，以此為例：



圖九 行政大樓DOE-2負荷評估計算

圖 3-68 改善前行政大樓之負荷評估計算結果

(資料來源：南部某兒童育幼院)

貳. 南部某兒童育幼院之 BACnet 系統架構：

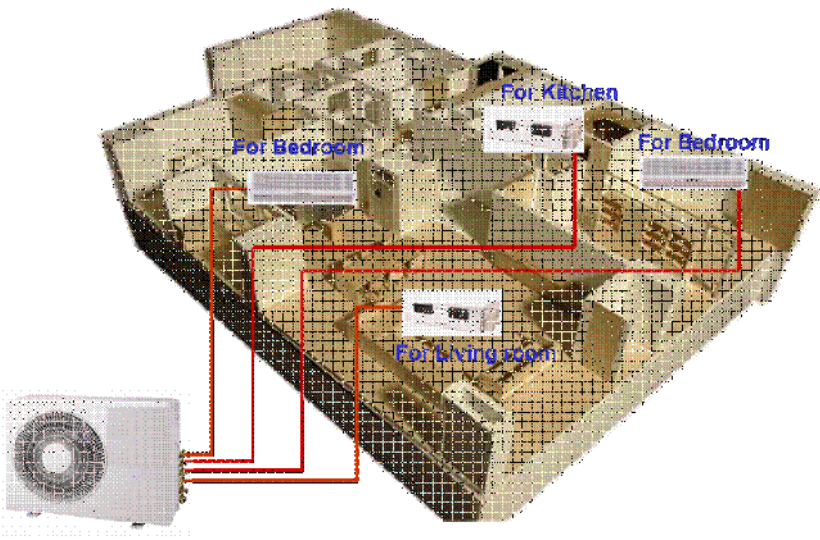


圖 3-69 南部某兒童育幼院使用之多連式系統架構圖

(資料來源：南部某兒童育幼院)

南部某兒童育幼院是使用多連式系統，如圖 3-69，是由一台室外機連接數台室內機，另外並設有能源管理系統，圖 3-70 所表示的即為監控軟體頁面，操作者可直接利用監控主機，藉由設備設定之通訊協定，對室外機及室內機進行啟停的控制，無須親自到場開機，大幅減少操作人員的成本，提高效率。

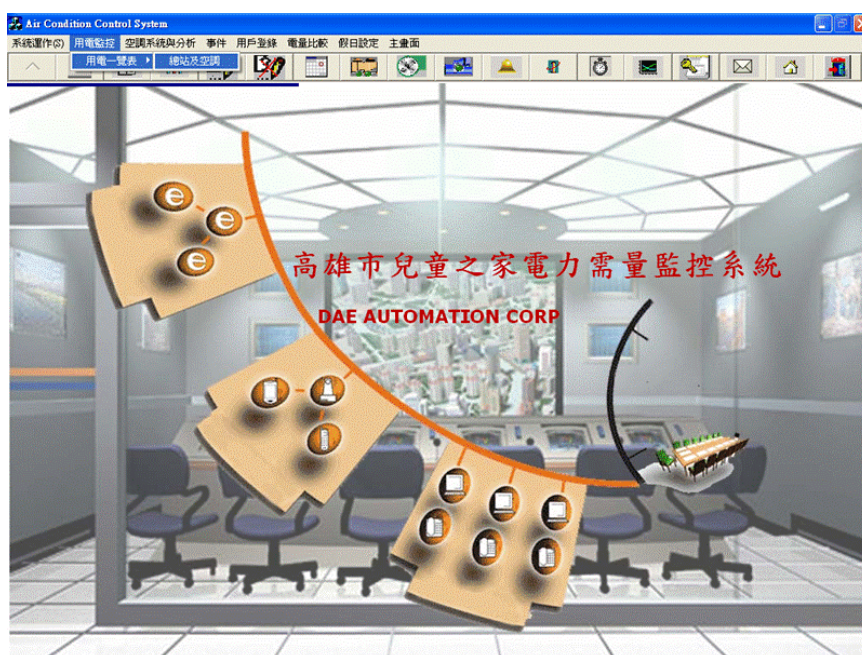


圖 3-70 兒童之家監控系統頁面

(資料來源：南部某兒童育幼院)

此外，更可以利用網際網路與監控主機進行連線，藉由 BACnet...等通訊協定，直接對室外機及室內機進行操作，如此一來，即使操作者人不在現場也可進行系統的使用，以促進達成省能之目的。

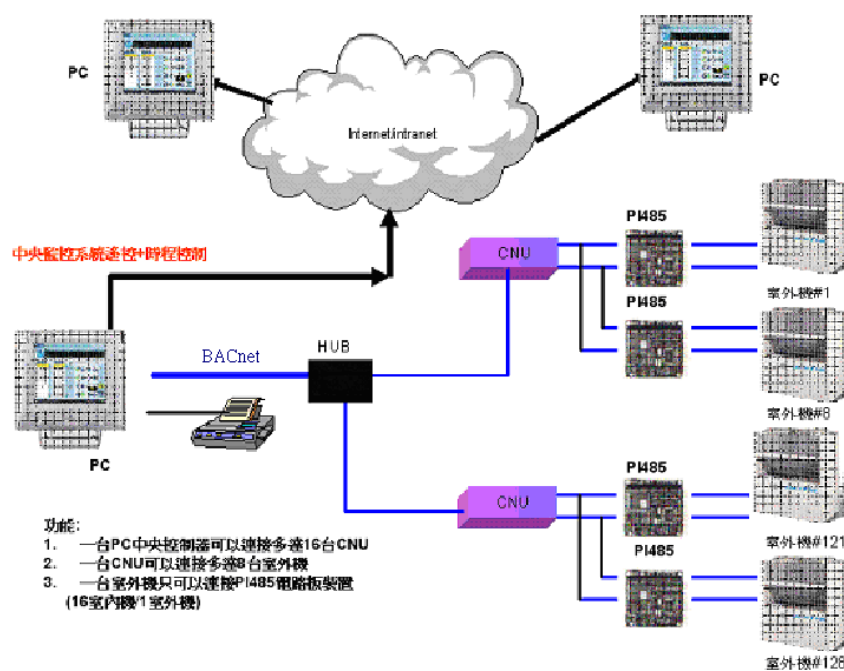


圖 3-71 藉由網際網路對遠方主機進行控制之架構圖

(資料來源：南部某兒童育幼院)



圖 3-72 室外機實體

(資料來源：南部某兒童育幼院)



圖 3-73 室內各區域之主機

(資料來源：南部某兒童育幼院)

參. 遠端搖測功能：



圖 3-74 監控軟體-遠端遙控

(資料來源：南部某兒童育幼院)



圖 3-75 監控軟體-時程控制

(資料來源：南部某兒童育幼院)

HEMS 目前已完成之功能包括：

- 一、各區域即時監控。
- 二、室內、外機資訊。

三、啟停時程控制。

「空調系統」運轉現況：

一、設置數位式電力需量監測及空調專用之監控系統

二、使用 VRV 變冷媒流量系統，達到良好節約能源之效。

肆. 耗能監測結果分析

藉由 BACnet 等數種不同通訊協定之發展，使得 HEMS 系統發展越加成熟，如此一來，除了可以對於操作人事成本進行精簡，設備、系統、操作彼此相輔相成，更可以進一步達到省能的最終目標。以下是本案例改善前後之結果數據。首先，由同月份之使用電量變化來看，表示於表 3-11。

表 3-10 南部某兒童育幼院 95 年、96 年同期逐月用電度數比較表

	95 年		96 年	
	空調用電度數	總電用電度數	空調用電度數	總電用電度數
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1 月	11715	25960	12365	29440
2 月	10377	23400	7930	18880
3 月	16554	32800	12826	26720
4 月	17968	29200	16032	26720
5 月	23248	41840	23165	40640
6 月	33166	61200	22854	43120
7 月	22951	34240	23254	44720
8 月	36846	57880	25449	41720
9 月	29201	47000	22939	38880
10 月	24967	45480	22486	41640
合計	226993	399000	189299	352480

- i. 總用電：節省 4.6 萬度之用電度數，達到節能 11%之效果。
- ii. 空調用電：節省 3.7 萬度之用電度數，達到節能 17%之效果。

表 3-11 南部某兒童育幼院 95 年、96 年同期逐月用電需量比較表

	95 年		96 年	
	空調用電需量	總用電需量	空調用電需量	總用電需量
	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
1 月	42	94	39	98

2 月	40	92	35	80
3 月	49	100	52	97
4 月	71	120	72	110
5 月	79	150	79	146
6 月	80	155	80	150
7 月	86	136	86	150
8 月	121	203	93	146
9 月	108	186	86	124
10 月	86	167	73	136

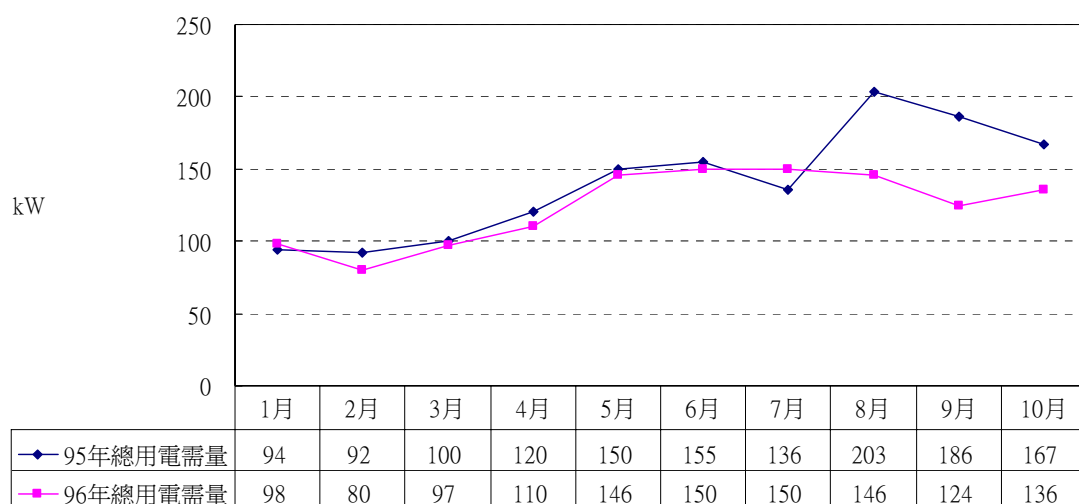


圖 3-76 南部某兒童育幼院 95 年、96 年同期逐月總用電需量趨勢圖

雖然設備、氣候...等外在條件上有些許不同，不過大致上可以看出，藉由新設備及監控系統的使用，可降低無謂用電的浪費，使得用電度數以及需量均有下降。由圖 3-77 的柱狀圖更可明顯的看出成效。

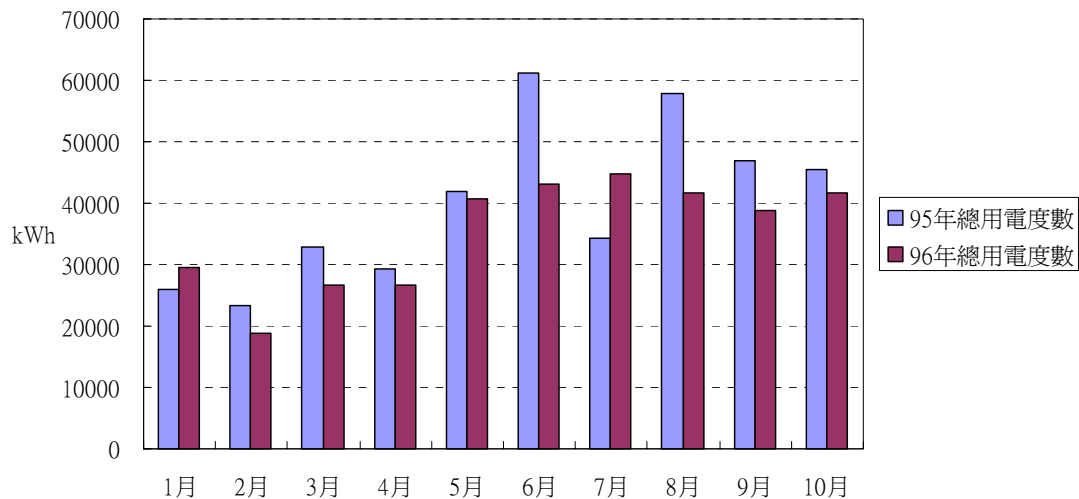


圖 3-77 南部某兒童育幼院 95 年、96 年同期逐月總用電度數比較圖

由於本例主要目標在於空調用電，故我們將改善前後之空調用電量以柱狀圖表示之，如圖 3-78：

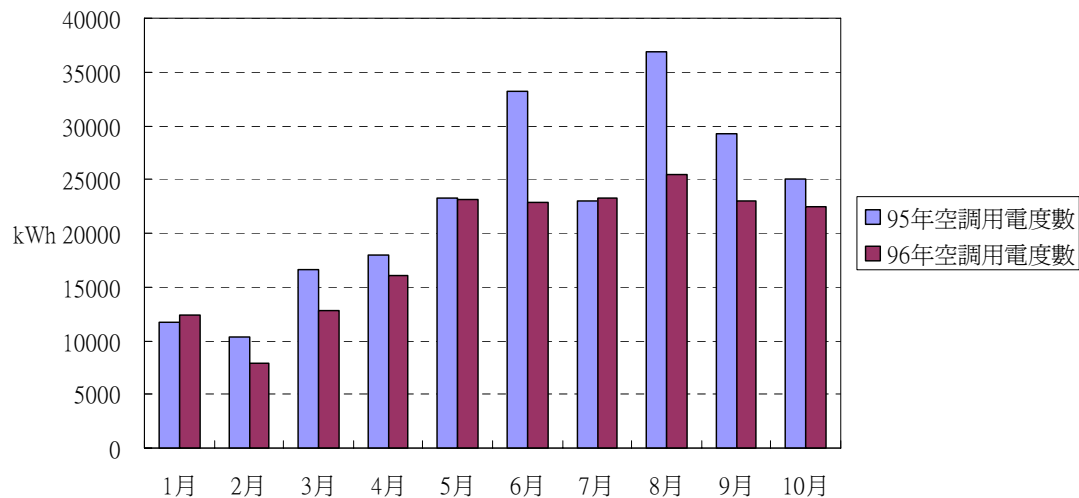


圖 3-78 南部某兒童育幼院 95 年、96 年同期逐月空調用電度數比較圖

伍. BACnet 導入之結果分析：

以往，在遠端監控軟體及通訊協定尚未發展成熟之前，對於大型建築物內設備控制十分不便，以本案件作為例子，當需要使用空調時，操作者必須移動到機房才能對室外機進行開機，各棟建築才可啟動室內機；當孩子們離開寢室或是教室時，對於是否有無人使用之空調未關機的控管十分不易，加上並非全棟建築都無人使用，欲以控制室外主機啟停來進行空調節能並不洽當，況且主機來回啟動

不但耗費更多能源，更容易使機體損壞，故並非可行之道。

而隨著所需之通訊協定以及監控軟體的日益成熟，技術的成熟也意味著成本的降低，使得可運用的範圍也越來越廣，即便是一般團體也可以使用。軟體的安裝、感應器...等硬體的架設，使操作者不在需要四處移動，只需要坐在螢幕前，便可透過監控軟體，控制主機以及各處室內機的啟停，如此一來，不但管制效率大幅提昇，以往所需要的人員(例如各棟檢查人員...等)也大幅下降，有效減少人事成本開銷。

網際網路的發達，以及電腦產品價格的下降，家家戶戶幾乎都有電腦及網路，則原本的操作者更可以藉由網路來進行系統連線，即便人不再現場，只要有電腦、網路以及控制權限，就可以再外地進行操作，達到在家辦公的目標。當然，要達成省能這個遠大的目標，並不是單靠軟體、硬體或是操作即可完成的，而是需要每一部份，規劃完善的硬體，設計優良的操作軟體、專業的操作者...等彼此配合，互相輔佐，缺一不可，如此才有可能達成省能的效果。

第四節 Sensor-based 有線系統之建置

CQi center 為一整合電腦、通訊及控制之感測網路應用發展平台，是由國人所開發設計的，具有功能模組化、價格普及化與嵌入式軟體設計之特點，能讓使用者迅速發展出一套環境與設施互動的專屬設備。

CQi center 本身與電腦架構並無太大差異，只是 CQi center 不管在軟體、硬體及韌體方面都是針對感測網路應用所設計，其本身具有獨立操作的功能，可減少不必要的介面轉換。

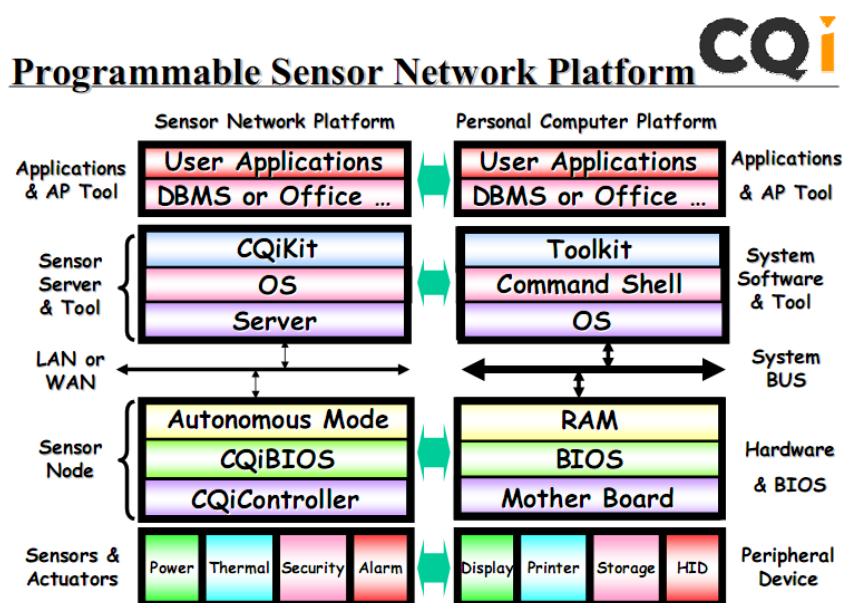


圖 3-79 CQi center 與電腦架構之比較圖

(資料來源：CQi)

在通訊網路架構方面也與一般網路相同，主要可分為區域網路與遠端連接之廣播網路兩類，基本配備之通訊介面有 RS232、RS485 及乙太網路，近端通訊可直接與設備做溝通，在遠端通訊可利用網路流覽器登入掌握設備現況。

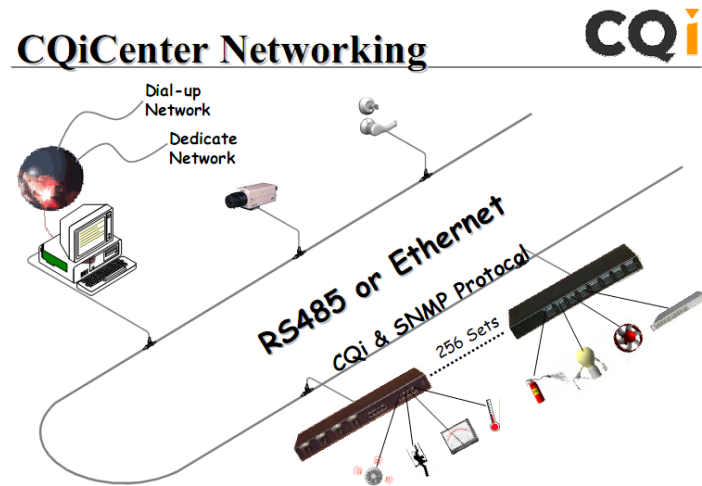


圖 3-80 CQi center 可透過 RS485 或乙太網路與設備溝通

(資料來源：CQi)

壹. CQi center 之實機試驗：

本次實驗設備有：負載控制器、電流感測器



圖 3-81 本次實驗設備之負載控制器與電流感測器

貳. 實驗設備之架設：

利用 RS232 轉接線將負載控制器之電腦通訊介面與電腦做連結，透過轉接線將電流感測器與負載控制器之感測器傳輸介面接上，即可完成安裝。只要將電流感測器接於待測物上，即可進行量測，並可透過紀錄軟體將數據儲存，方便日後分析。

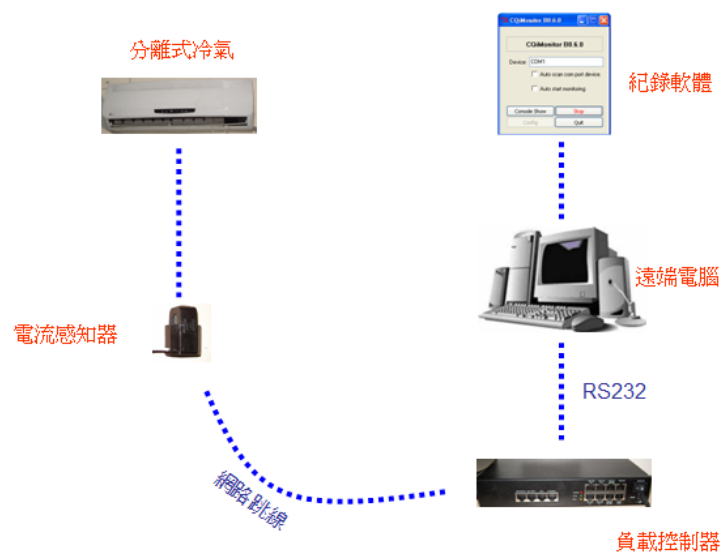


圖 3-82 實驗設備架構圖



圖 3-83 實驗所用之紀錄軟體，按下 Start 即可開始紀錄

參. 負載控制器簡介：

提供 RS232、RS485 及乙太網路三種傳輸介面並可裝設溫度、濕度、電壓電流等各種不同之感測器，接收電流感測器所測的電流，並將此訊號傳回電腦，供使用者記錄分析使用。



圖 3-84 用來量測電流之電流感測器

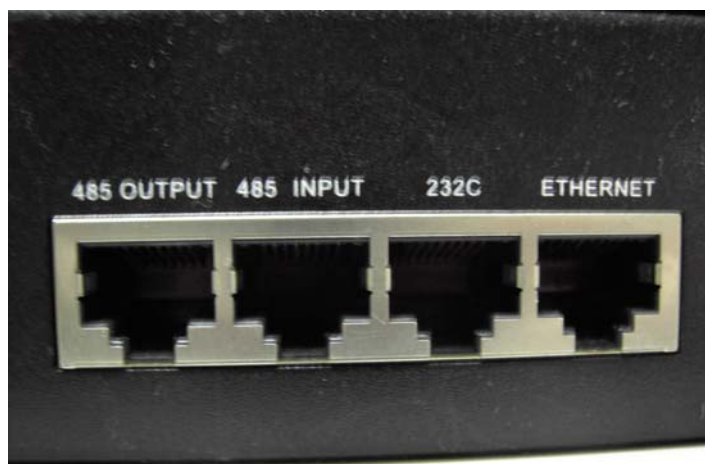


圖 3-85 負載控制器提供 RS232、RS485 及乙太網路三種傳輸介面



圖 3-86 負載控制器提供各種不同感測器之傳輸介面

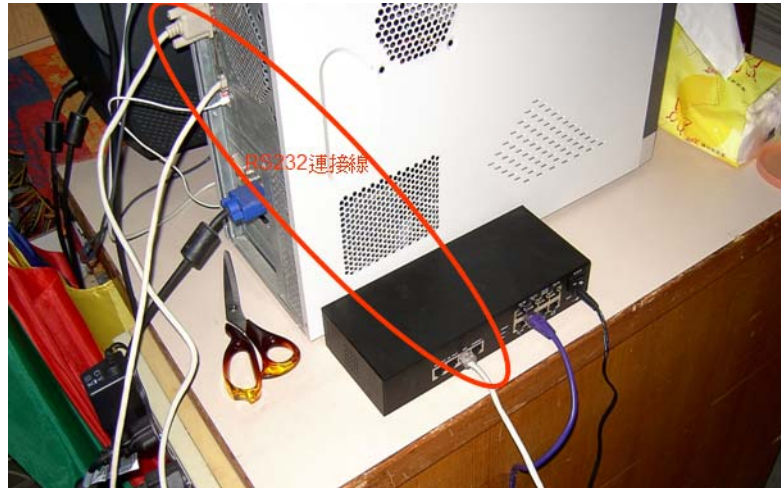


圖 3-87 透過 RS232 將電腦與負載控制器連接



圖 3-88 利用電流感測器量測冷氣運轉時之電流

本實驗利用電流感測器及負載控制器，進行電器設備用電之量測與紀錄，並針對其紀錄實驗空間之資料進行比較與分析。以下為本實驗空間之用電量測情形：

壹. 建築物辦公類型空間及使用概況之相關簡介

此量測案例之建築物辦公類型空間地點位於高雄市，量測空間位於 4 樓層數建築物的 4 樓位置，樓地板面積為 $34.16m^2$ ，使用人數為 4 人，週一至週五之辦公時段使用較為頻繁，於週六、周日及非辦公時段較少有使用情形。

貳. 空調、照明及家電設備統計

此唯一小型辦公空間之案例，裝設 2 台窗型冷氣機，額定電壓為 220V，使用 R-22 冷媒，冷房能力各為 2.5kW，電風扇數量為 2 隻，50W 之電風扇 1 隻，

80W 之電風扇 1 隻。照明設備部分，省電型 18W 日光燈管共計 15 支，38W 長型日光燈管 6 支，適用於一般室內外使用。其餘插座之家電設備尚有中型冰箱 1 台、微電腦 3 台、印表機 1 台。

參. 耗能監測結果分析

該建築物辦公類型空間之電力結構主要分為空調用電、照明用電、插座用電三大用電項目，根據監測結果其每月用電情形如下表所示：

表 3-12 建築物辦公類型空間逐日用電需量表

	空調用電需量	照明用電需量	插座用電需量	總用電需量
	kW	kW	kW	kW
星期一	2.11	0.68	0.62	3.39
星期二	2.11	0.68	0.87	3.48
星期三	2.24	0.68	0.82	3.74
星期四	2.23	0.68	0.88	3.58
星期五	2.07	0.68	0.81	2.98
星期六	0.00	0.00	0.38	0.38
星期日	0.00	0.00	0.38	0.38

表 3-13 建築物辦公類型空間逐日用電度數表

	空調用電度數	照明用電度數	插座用電度數	總用電度數
	kWh	kWh	kWh	kWh
星期一	1.63	2.82	4.22	8.66
星期二	2.40	6.96	8.94	18.30
星期三	3.99	6.15	6.41	16.55
星期四	4.02	6.83	6.52	17.37
星期五	0.38	5.70	6.29	12.38
星期六	0.00	0.00	2.99	2.99
星期日	0.00	0.00	3.11	3.11

將該建築物之電力分佈情形，使用 Microsoft Excel 軟體，將該建築物辦公類型空間之用電需量與用電度數情形繪製成趨勢圖、圓餅圖與柱狀圖，以利於分析其用電架構與使用時程管理；如下列圖表所示為此建築物辦公類型空間之電力分佈情形。

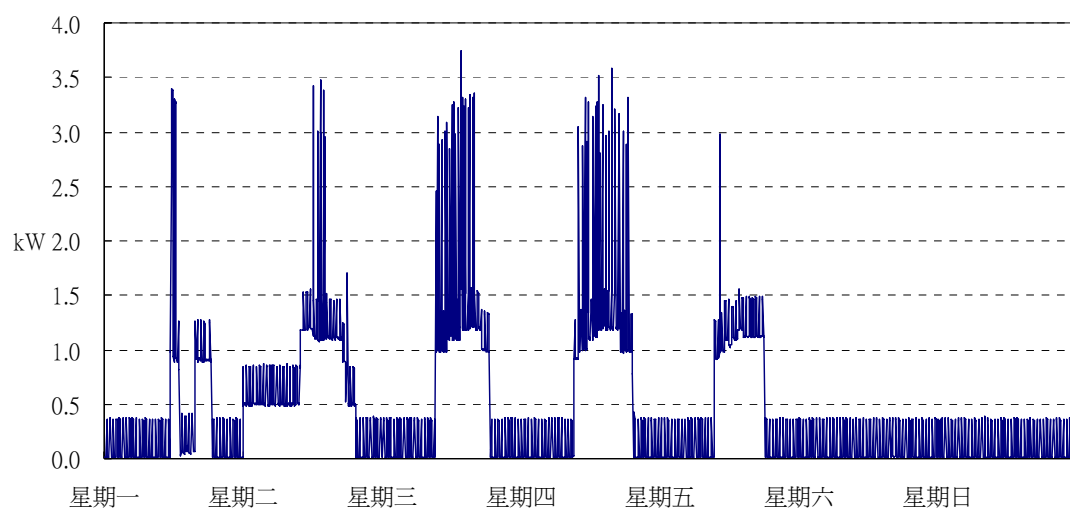


圖 3-89 建築物辦公類型空間之總用電需量趨勢圖

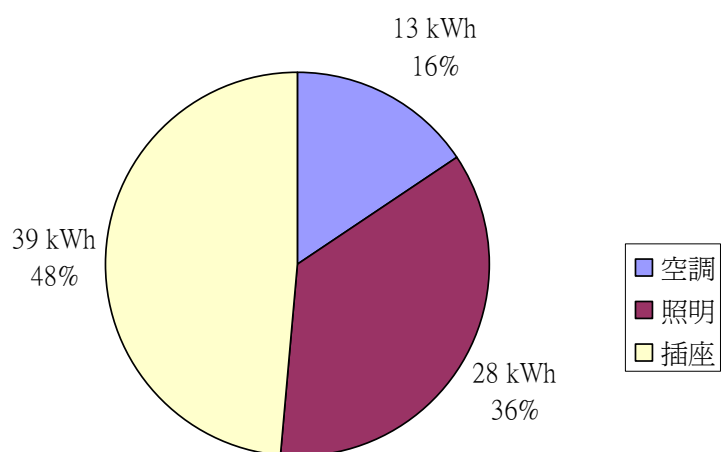


圖 3-90 建築物辦公類型空間之用電比例分布圖

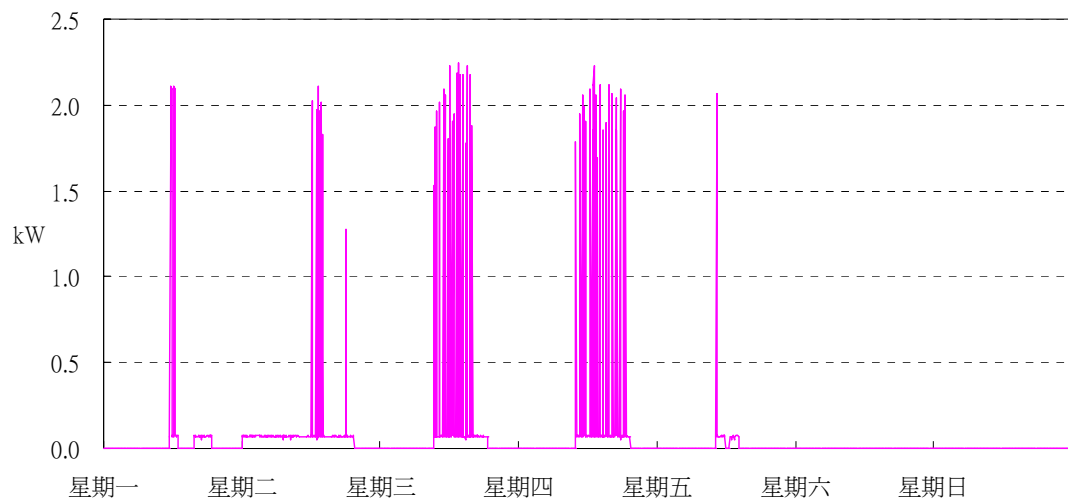


圖 3-91 建築物辦公類型空間之空調用電趨勢圖

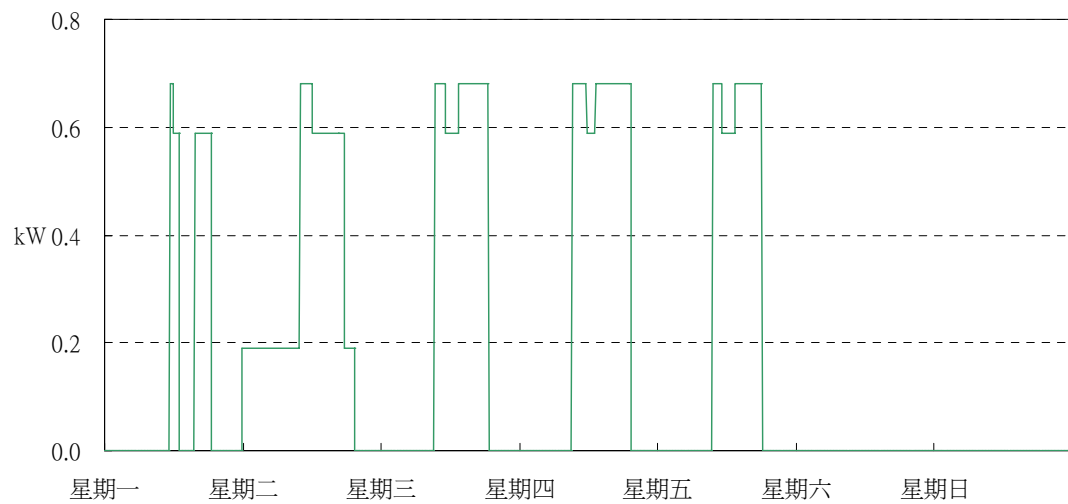


圖 3-92 建築物辦公類型空間之照明用電趨勢圖



圖 3-93 建築物辦公類型空間之插座用電趨勢圖

肆. 各類設備單位面積耗電 EUI 值(kWh/m²)分析

下表為建築物辦公類型空間逐日用電度數與每平方公尺耗電量 EUI (Energy Utility Intensity)。而單日最大用電度數時間為星期日，用電度數為 15.03kWh，每平方公尺總耗電量最大值為 0.25kWh/m²•Day。

表 3-14 建築物辦公類型空間用電度數與 EUI 統計表

	用電度數	EUI
	kWh	kWh/m ² •Day
星期一	8.66	0.25
星期二	18.30	0.54
星期三	16.55	0.48
星期四	17.37	0.51
星期五	12.38	0.36
星期六	2.99	0.09
星期日	3.11	0.09

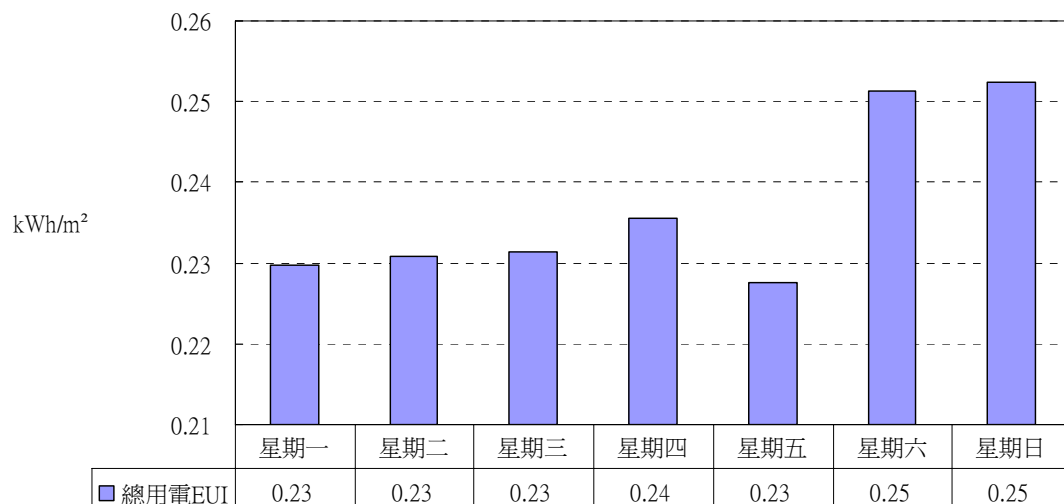


圖 3-94 建築物辦公類型空間逐日 EUI 柱狀圖

伍. 各類設備單位面積用電需量 DUI 值(W/m²)分析

下表為建築物辦公類型空間逐日用電最大需量與最大用電需量密度 DUI (Demand Utility Intensity)。而單日最大用電需量之時間為星期四，最大用電需量為 1.69kW，每平方公尺最大用電需量密度為 28.37W/m²

表 3-15 建築物辦公類型空間用電需量與 DUI 統計表

	用電需量	DUI
	kW	W/m ²
星期一	3.39	99.35
星期二	3.48	101.86
星期三	3.74	109.46
星期四	3.58	104.88
星期五	2.98	87.38
星期六	0.38	11.16
星期日	0.38	11.27

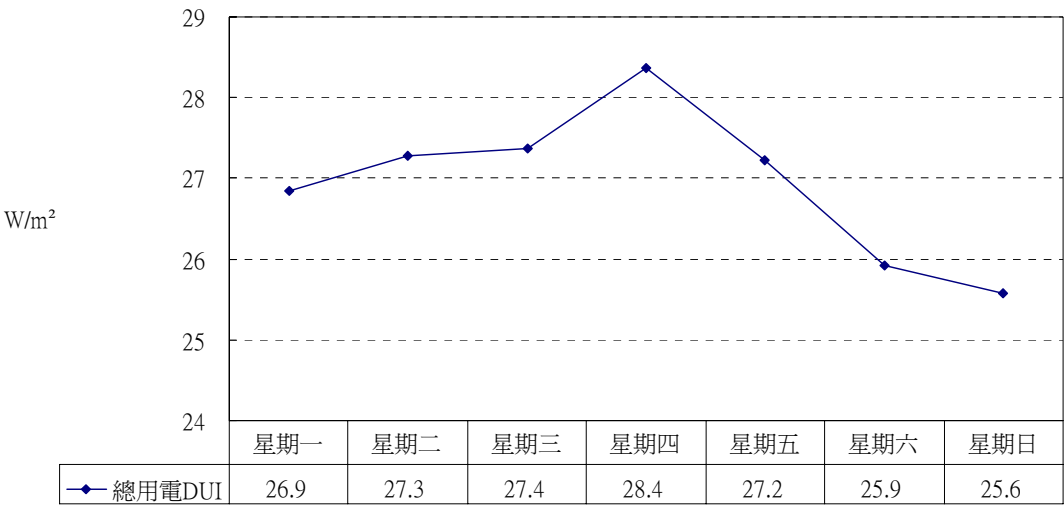


圖 3-95 建築物辦公類型空間逐日 DUI 柱狀圖

第四章 結論及建議

全球性的氣候與環境變遷，對於地球村的每個居民都有明顯以及巨大的影響，生活的型態也因此而有所改變，身為地球村的一員，對於環境的保護只要在生活中多盡份心力，即可對於環境議題有所貢獻。從最基本的居家生活做起，就是最生活化的節約能源。HEMS 系統的導入，預期可以將能源管理的觀念以及機制帶入一般民眾的生活中，從日常生活中無形或是有形的節約能源做起，減少能源使用的浪費以及提高能源的使用效率。對於預防全球暖化加速以及降低全球 CO₂ 的排放量有著顯著的貢獻。

第一節 結論

綜合本研究「智慧化居住空間能源管理系統整合應用計畫」，得到以下之成果：

壹. 全面調查研究國內外 HEMS 之推廣以及技術之應用：

本研究針對我國、韓國以及日本目前的 HEMS 發展現況進行分析，並針對其應用技術以及推廣方式進行資料收集及研究。我國方面，工研院已研發出智慧型電能管理網路以及家庭自動化能源管理技術，並且已經技術轉移，未來發展潛力極大。韓國政府對於數位家庭計劃相當重視，擬訂補助政策和積極推廣，因此韓國對於智慧化居住空間的發展相當成熟，而且應用之家電設備也已大量商品化，一般民眾能更全面的接觸並接受智慧化的 ICT 產品以及智慧居住空間之觀念。

而 HEMS 發展最成熟的則是日本，日本除了應用技術發展成熟，推廣政策最為積極之外，日本明文規定降低 CO₂ 排放量以及節約能源等環保議題為 HEMS 之最終目標，將節約能源以及提升居住空間之品質為目標在努力。日本方面是以通產省 NEDO 為首，以政府之力，結合研究團隊以及設備廠商進行全面性之 HEMS 系統研究，並且實際將 HEMS 觀念及系統導入

一般住宅並進行長時間的實驗印證及資料收集，經過長時間實驗印證，HEMS 系統的導入，將可節省 5~10%之能源使用。並且研究團隊建立了大量的實驗數據及資料庫的建立，而廠商也不斷改良設備及應用技術提升，一般民宅也因 HEMS 推廣計畫的執行，得以體驗 HEMS 帶來的便利性及省能效果，推廣研發成果豐碩。而日本許多廠商針對 HEMS 系統以及智慧化居住空間的應用也已推出許多商品化之產品及系統應用。

貳. 建立智慧化居住空間之原型並分析其應用技術及功能評估：

本研究針對無線以及有線之技術分別進行居住化智慧空間的實驗印證，無線技術的部份為美國 X-10 家庭智慧控制系統以及 ZigBee 無線通訊技術的應用。有線技術的部份針對 BACnet、LonWorks 以及 Sensor-Based 的應用進行實驗。

- 一、 X-10 之技術是最早應用於家庭自動控制之技術，並且因為其便利性及簡易操作，因此於歐美非常流行，但是由於 X-10 系統只能對家庭設備進行控制，並未有能源監視之功能，未能針對能源的使用進行管理及分析。
- 二、 ZigBee 無線技術於國外已十分盛行，且為各國主要發展重點，其應用範圍非常廣大，如法國將於近年將 ZigBee 與 GPRS 結合將於巴黎 23 萬戶住家建立無線讀錶系統，台灣目前也有許多廠商進行 ZigBee 無線模組之開發，但是其應用技術仍尚未廣範應用且尚未成熟，並且硬體設備功能尚不穩定，但由於 ZigBee 無線技術之優越性能且為國際間通用之通訊技術，此無線技術將可期為未來智慧化居住空間應用之主力技術之一。
- 三、 BACnet 及 LonWorks 為國際間通用已久之技術，目前將從大型建築物朝小型居住空間的應用努力，其技術應用之產品、軟體及廠商也已經相當成熟且應用廣泛，因此有線通訊的部份，BACnet 以及 LonWorks 將為未來台灣發展 HEMS 系統之主幹。

Sensor-Based 強調於電力使用以及能源使用量測監控，缺少對於電器設備的控制部份。

第二節 建議

壹. 立即可行之建議

主辦單位：內政部建築研究所

協辦單位：中華民國建築學會

(一) 結合學術研究團隊以及設備、軟體廠商進行全面性 HEMS 應用技術開發及分析

對於 HEMS 系統之應用技術及設備的研究及開發，透過學術研究團隊與國內外廠商的合作，互補學術理論以及技術、製造方面的優缺點，進行研究、開發以及分析，以期對於我國 HEMS 應用技術的開發、導入以及應用，有更成熟的發展。

貳. 長期性建議

主辦單位：內政部建築研究所

協辦單位：中華民國建築學會

(二) 建立 HEMS 系統推廣補助方案，結合學術研究團隊及廠商，實際將 HEMS 系統導入受補助之居家空間，進行長時間的實驗印證。

將 HEMS 導入受補助之既有家庭或是新建之建築物，進行長時間的詳細實驗印證以及資料收集。透過大量實際案例，學術團隊將可建立本土 HEMS 系統印證資料庫，並進行分析及研究，而廠商也透過實驗印證的實測，將可針對設備、軟體等應用技術進行改良並向上研發。此計劃也將 HEMS 系統之觀念推廣至一般民間，讓國民了解居住空間的智慧化便利性以及節約能源的生活習慣。落實智慧化居住空間的最終目標-生活的舒適化以及節約能源。

預期經由本計畫之執行，將成為我國推動 HEMS 技術之重要里程碑，並對於大量之住宅類建築及社區進行智慧化及省能化之改善工作發出重要的一大步，形成深遠的影響。

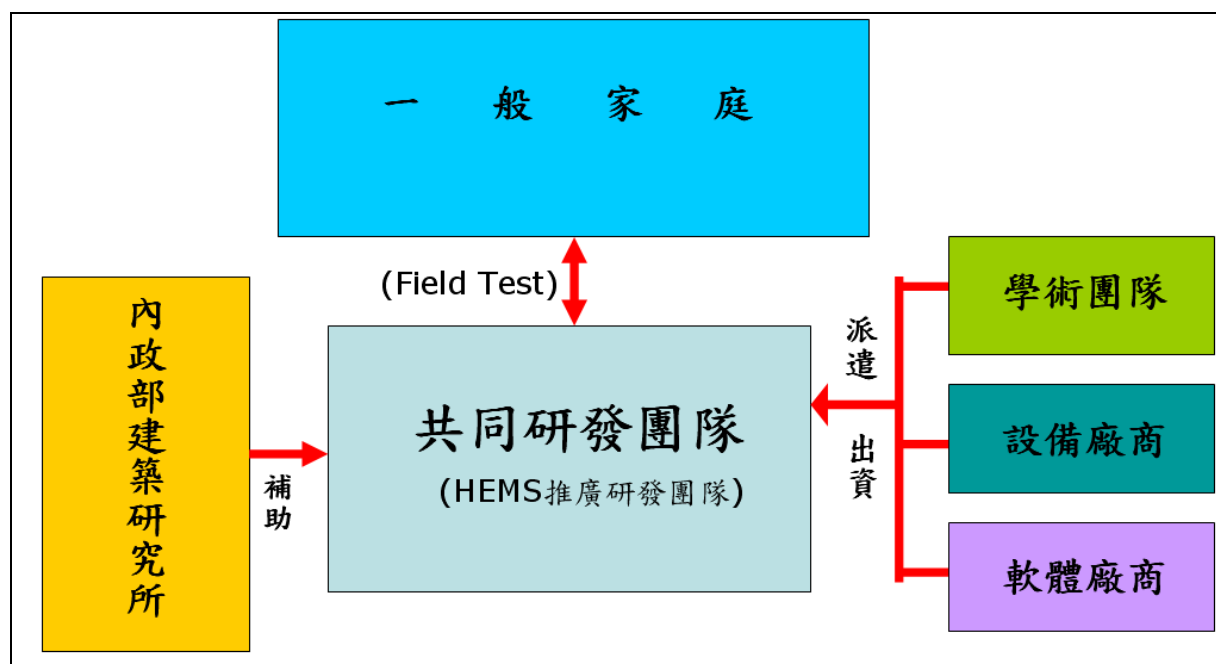
參. 建議推廣方案

主辦單位：內政部建築研究所

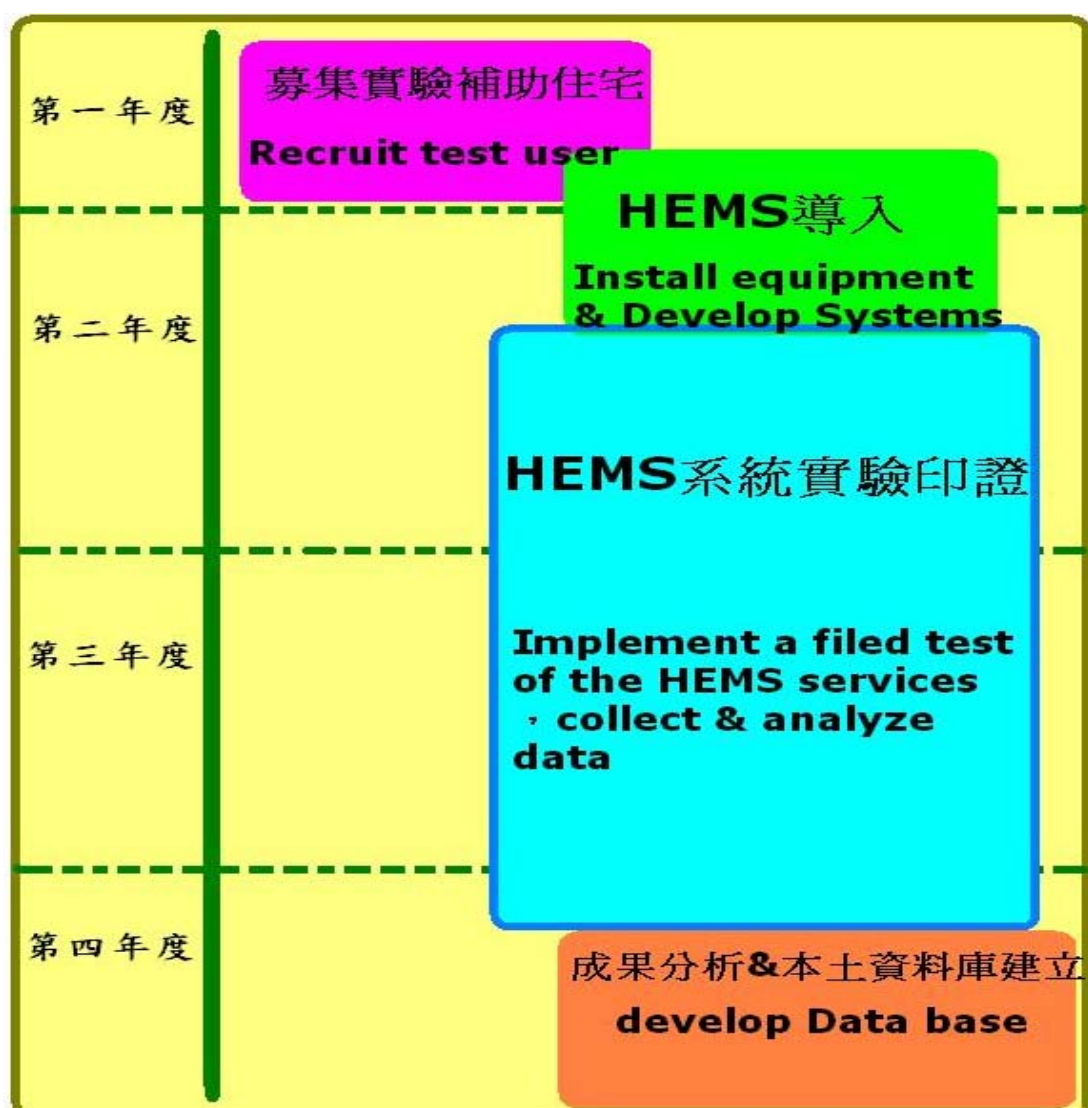
協辦單位：中華民國建築學會

推動智慧化居住空間 HEMS 系統之可行建議方案：

1. 由內政部建築研究所規劃執行，提出整體推動方案，並整合團隊資源。
2. 結合學術團隊以及相關廠商成立共同研發團隊，整合產學資源。



3. 訂定實驗推廣時程，有效率進行長時間實驗印證，並建立本土資料庫系統，以利後續發展之基礎。如下圖所示



附錄 1

HEMS 系統推廣體制各相關事業工作內容概述表

HEMS 推廣體制各事業進度	事業內容說明
導入設備相關事業	一、導入設備前後基礎資料的收集 二、相關設備與系統的性能資料及測試 三、資料庫的建構 四、資料庫的分析
調查研究事業	一、資料庫整理及維護 二、收集資料的分析及評估
機器改良、維修、製造事業	一、設計的更新及創新 二、設備、硬體與軟體的購入、製造、改良及修繕 三、工事(設備系統的導入、架設及撤離) 四、資料的收集及分析

HEMS 系統設備基本功能表

家庭機器控制機能	1. 自動控制機能	● 人感 Sensor 和空調的連動控制 ● 空調、活動百葉窗、換氣扇的連動控制（十棟限定） ● 機器待機電力的時間表
	2. 遠端控制機能	● 空調、機器的 ON/OFF 控制 ● 熱水器的 ON/OFF 控制 ● 熱水器的遠端控制
電力量測定情報提供機能	1. 電力端計測機能	● 使用電力計於家庭全體的使用電力量測 ● 空調、機器、冷藏庫的使用電力量測
	2. 顯示端計測資料之表示機能	● 家庭全體空調機器冷藏庫的使用電力 ● 上述使用電力的瞬間值（家庭全體除外） ● 上述使用電力比率 ● 每月電力量預測 ● 與其他房子的平均比較 ● 使用者不在控制的省能效果 ● 冷藏庫開關回數
家庭內狀態監視機能		● 180 度攝影機家庭內狀態監視機能 ● 室內照度資料收集機能

附錄 2

內政部建築研究所「智慧化居住空間能源管理系統整合應用計畫」補助研究案

期末審查意見回應表：

審查委員	審查意見	回應
王副主任興毅	1. 本計畫提出數個系統架構，請執行單位針對系統架構分別進行成本效益分析，以作為未來系統選用之參考。 2. 本計畫之建議相當具有參考價值，為利建議得以落實，請執行單位提出如何進行，由哪個部會負責推動之具體建議，如此應可增加本計畫之效益。 3. 能源管理是目前政府推動產業科技的重點之一，今年 SRB 會議亦有討論節能、太陽能光電等與本計畫有關之領域，因此建議本計畫可與能源局、國科會之推動計畫相連結。	1. 遵照辦理 2. 感謝委員肯定。
劉教授佩玲	1. 能源管理對我國未來發展十分重要，且屬須大力推動的方向。 2. 能源監測所需的技術，國內目前已有部分可行的方法，如 Zig bee 於國科會 WSN 專案已發展出售價相當低廉的 RF node 可供使用，另工研院能環所於 X-10 部分也有研究成果可供實際運用。 3. 未來本案可就整合各種通訊標準之平台及能源管理的商業模式進一步深入研究。	1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員肯定以及提供寶貴建議。

游教授張松	1. 本計畫收集之 HEMS 應用資料包括：韓國、日本於 HEMS 之發展、補助與推動等作法，具參考價值。 2. 有關 HEMS 之控制機制，本計畫收集之資料為 Zig bee、X-10、Lon works、Bac Net 及 Sensor based，本計畫並對 Zig bee、X-10 進行實驗實作，對我國之相關技術演進具有啟發作用。 3. 對於各電器加裝用電量測 Device 並無困難，如 X-10。用電量測設備相對於普及化且又便宜的電器而言，價格太高，而從其成本效益而言，較不具可行性，因此建議於結案報告中提出其他策略建議。	1. 感謝委員肯定。 2. 將遵照辦理。
李教授漢銘	1. 遠端控制之資料庫及其他功能，應同時考量 privacy 及 security，以避免個人資料遭竊。（一般問題通常是內賊所為）。 2. 應同時考量系統之安全防護及遭入侵後之處理應變（美國國土安全部曾模擬電力線網路遭入侵被控制後所造成之大災難）。 3. 無線網路之干擾及穩定度問題亦應考量（尤其在舊有建築之居家環境）。	1. 感謝委員提供寶貴意見，將遵照辦理。 2. 感謝委員提供寶貴意見。
周副教授家鵬	1. 本案架構完整、內容詳實，文獻收集分析均充分反應研究主題，值得肯定。 2. 智慧化居住空間之原型（Prototype），建議於報告書中	1. 感謝委員肯定。 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理，將在附錄中加上智慧化能源管理系統詳細工作項目。

	強化其內容。 3. 智慧化能源管理議題包含通訊、監測、整理、分析比較等，針對管理本身，諸如節能議題等，建議可再強化內容。	
黃教授榮堯	1. 建議本案於結論中完成工作項目對照 P.4 研究內容三大工作項目撰寫，並針對第三項「研擬智慧化居住空間能源管理系統整合應用建議規劃方案」強化其具體成果及可能遭遇之問題。 2. 對於智慧化產品產業通訊應用協定與技術標準(P.56-57、表 2-11)本研究對於國內推動智慧化建築相關標準之建立可邀集相關廠商研析，提出探討建議。 3. 本案期末審查報告書中部分圖表內容為日文，建議未來以中文表示，增加便利性。	1. 感謝委員提供寶貴意見。 2. 遵照辦理。
黃助理教授瑞隆	1. 國民所得提高，使得居住空間的條件不斷改善，相對地也提高了居住空間的能源消費，因此較小型或中型的能源管理系統之推動是迫切的，本研究計畫適時的推動與執行，對於居住空間之節能具有正面意義。 2. 本計畫順利達成各項工作項目，且成果豐碩，尤其日、韓 HEMS 案例蒐集相當完整，對於後續推動之示範案例深具參考價值。	1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員肯定。

張助理教授又升	1. 背景資料收集豐富，深具參考價值。 2. 實驗空間之量測條件宜強化說明，部分使用模擬似乎與一般家庭稍有出入。 3. 建議於報告書中提出最適合我國發展之最佳控制介面，提供未來廠商研發產品之共同技術。	1. 感謝委員肯定。 2. 未來將朝既有或是新建之家庭住家進行實驗印證，以期達最佳印證詳細資料。 3. 遵照辦理。
張秘書長裕成	1. 就技術層面之可實現性已有明確之結論，具參考價值。 2. 本案結論中提及結合國內家電大廠，以建立我國之 EchoNet 系統通訊協定，建議擴及相關設備廠商等，如：燈具製造廠等其他設備廠。 3. 請說明 ECHONET 系統於台灣目前環境下之發展策略。	1. 感謝委員肯定。 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理，將在附錄中提出詳細發展策略。
臺灣電力股份有限公司綜合研究所	1. 節能績效驗證部分，其中南部兒童育幼院僅觀察用電度數比較是否足夠判斷其成效？ 2. 目前台電綜合研究所即採用 Zigbee 技術防止電纜遭宵小剪竊。 3. 本案集中在永續節能智慧化項目，其他三項（健康照顧、安全監控、便利舒適）目前是由哪些計畫案來呈現？ 4. 同意研究成果。	1. 此育幼院主要能源使用為電力使用，因此本研究主要針對電力使用資料來判斷其節約能源成效。 2. 感謝委員肯定。
中華民國電機技師公會全國聯合會	1. 省能設備標準應由能源局訂頒，且達到該標準方能出廠。 2. 有關法令如通訊法令、能源法令、建築法令等，如有不足請主管機關做必要之修正。 3. 初期推動時，建議以具有代表性建築為優先。	1. 感謝委員提供寶貴意見。 2. 感謝委員肯定。

	4. 中長期推動建議輔以人才訓練講習。	
主席結論	- 有關「智慧化居住空間能源管理系統整合應用計畫」案，請執行單位表列各能源管理控制系統架構之硬體設備基本需求，供各界參考。 - 綜合討論事項，請執行單位參採辦理或妥予回應，納入最後之成果報告，並利用後續時程充實成果內容。 - 本次期末審查之「智慧化居住空間示範案評選及獎助機制研訂計畫」及「智慧化居住空間能源管理系統整合應用計畫」案，原則審查通過。	- 遵照辦理，將在附錄中加上智慧化能源管理系統詳細工作項目以及需求。 - 感謝主席肯定。

參考文獻

1. 松下電器產業株式會社，"松下集團社會・環境報告 2006"，松下集團，民國 95 年。
2. 松下電器產業株式會社，"松下集團社會・環境報告 2006、2007"，松下集團，民國 96 年。
3. 松下電器產業株式會社，"CSR 報告書 2007"，松下集團，民國 96 年。
4. 松下電器產業株式會社，"Universal Design Book"，松下集團，民國 96 年。
5. 溫琇玲，"智慧建築解說與評估手冊"，內政部建築研究研究成果，民國 92 年