

# 空調及電力遠端監控系統技術手冊

## 目 錄

壹、前言.....	1
貳、監控系統架構.....	3
參、BAC net、Lon Works簡介與發展現況.....	5
一、互通性的優點.....	5
二、互通性協定.....	8
三、BAC net 協定.....	11
四、LONMARK 協定.....	15
五、產業的態度.....	18
六、未來發展方向.....	21
肆、能源資訊系統(EIS)簡介.....	24
一、何謂能源資訊系統(Energy Information System) .....	24
二、能源資訊系統(EIS)架構與規劃步驟.....	28
三、.歷史資料分析的必要性.....	30
伍、結論.....	37
陸、專有名詞索引.....	39
柒、編後語.....	41

## 壹、前言

建築自動化系統(Building Automation System, BAS)被成功的導入建築物內各種設施的運轉控制和管理至少已有 20 餘年的歷史了,這些安裝自動控制系統的設施,如果管理使用得當,即使不是很花費心力於設施管理之下,也可以輕易省下 15~20%的能源使用,如果設施管理人員有更大的企圖心的話,其節能的效果將會更為可觀。

控制系統在這些年來的發展歷史中不斷的演變著,第一代的系統雖然可以很有效的減少能源使用,但其缺點是很難安裝及使用,無法適應需求的改變及其功能受到許多限制,以及不同控制系統間很難作到完全的整合,其所造成的結果是只有較大型的建築設施才有能力安裝使用完整的控制系統。

慢慢的這種限制已經被新一代的系統所克服,分散式處理系統(Distribution Processing System)使用標準的控制網路配線和微處理器(microprocessor),使得控制系統分散於各場所更快速的管理各種控制訊息,由於容易裝設和可靠度高,其結果是各種規模大小的設施均有能力使用這種系統。

以往集中型控制系統採用點對點的訊號接線方式,現在已被簡單且標準的網路配線所取代,控制系統各元件之間透過控制網路彼此交換資料,因此控制器不再是集中於監控機房內,而是被安裝在設備機房現場或者直接裝置在機器上包含有微處理器的分散控制器所取代。

雖然近 10 年來許多設備的機電控制裝置,已逐漸改為電腦自動控制,然而設施人員要同時管理建築內的空調、保全、照明、電力、電梯、消防和出入管制等各種自動化系統,無形中已成為一種更大的工作負

擔，因此如何使各種自動化系統可以結合為一體，以方便運轉管理和發揮智慧化的控制功能，已成為設施管理人員和建築業主最大的期盼。

面對這種用戶端的壓力，控制產業界也有積極的回應，近年來非常努力發展互通性(Interoperable)的控制系統，使建築內的自動化控制系統得以真正的整合。其中以美國冷凍空調學會(ASHRAE)的 BACnet 標準和 Echelon 公司的 Lonworks 標準最具代表性，因此本文的內容將就兩種系統的理念、架構與發展現況作簡要的說明，希望可以提供訊息給國內實際從事建築自動化工作的設備製造商、設計和顧問工程師、系統承裝業者、建築物業主、設施管理主管和維護人員，了解最新自動化控制技術發展之動態及未來趨勢，以儘早謀求因應之道。

## 貳、監控系統架構

討論互通性控制網路之前，首先必須對傳統的建築自動化系統的架構，作一扼要的描述。傳統的建築自動化系統架構如圖 2-1，依系統的複雜性，通常由上自下分為三層或四層，設施操作者的電腦位於監控機房內，透過網路配線與機房或者設備上的較大型的系統控制器連接，系統控制器通常有較多的輸出入點和智慧化的 DDC 控制功能，提供給冰水主機和大型空調箱等設備使用。區域控制器一般只有較少的輸出入點且功能較為固定，使用於小型元件如 VAV 風門控制和室溫控制等，透過網路可以和上層的系統控制器或者操作層的電腦傳輸資料。管理層通常在較大型的建築設施，有許多自動化控制系統如空調、消防和照明等次系統需要銜接和管理時才有需要。

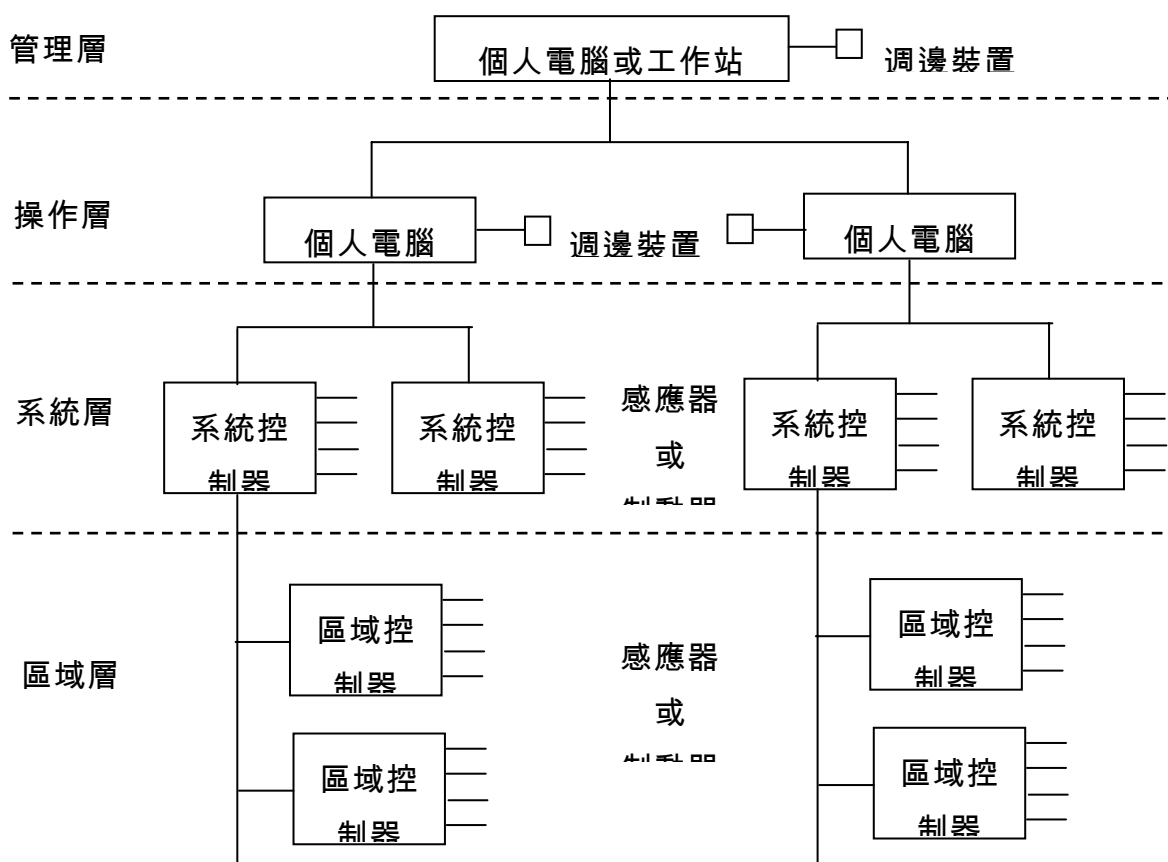


圖 2-1、建築自動化系統的階層式架構

由於各層次傳輸的資料量不同，上層控制網路通常需要較大的傳輸頻寬，允許大量資料迅速傳遞，因此常使用成本較高的網路配線與較複雜嚴謹的傳輸協定。下層控制器彼此之間傳輸的資料較少，而且控制器數量很多，選擇傳輸速度較慢的網路協定和低廉的配線，可以節省許多成本。

網路傳輸協定根據 ISO 對資訊網路的規定需區分為七層，控制網路處理的資料不若資訊網路複雜，因此或多或少均會作一些簡化，例如 BACnet 的網路協定(Protocol)就僅保留四層，分別為應用層 (Application)、網路層(Network)、連結層(Data Link)和實體層 (Physical)，最前者主要是定義溝通訊息(Messages)的方式，而後三者則與如何將訊息透過某種適當途徑正確的傳達給對方有關。比如說，當我們要和國外書信往來時，是要用中文或英文來撰寫？用詞的表達含義為何？均需事先溝通有所共識，至於這封信是要空運或者海運傳遞，就要看信的急迫性如何了？而信是否可順利送達對方則要決定於地址書寫方式是否夠周全。利用這個比喻，相信可以更清楚的明瞭如何才能做到控制網路的互通性了。

## 參、BACnet、LonWorks 簡介與發展現況

### 一、互通性的優點

互通性系統(Interoperable Systems)這個名辭對國內與建築自動化系統有關的人員也許還是很生疏的，但是討論不同廠家控制系統和元件的整合問題時，都覺的這種技術非常有需要。其實互通性的建築自動化系統就是使用標準資料通訊協定的一種控制網路系統，簡單來說，就是使用一種共同的語言，使網路上不同廠家製造的產品彼此能了解和交談，雖然其產品功能和傳統直接數位控制器(DDC)並無差異，但因其彼此互通的通訊功能，使得各種自動化系統和產品可以完美的整合在一起，發揮 BAS 最大的功能。

建築內的各種設施具有互通性的通訊標準之後，業主得以由各別專業設備供應商獲得最理想的產品，而不用擔心安裝之後，無法與建築自動化系統整合，因此可擴大專業設備廠商的行銷潛力，間接鼓勵其追求技術的提昇，形成產業界良性的競爭。

對於建築物業主而言，採用互通性的系統更可獲得許多好處，舉例來說，其優點如下：

#### (一)、降低初設成本和維護成本

業主選用具有互通性的系統之後，將可促使設備供應商在相同的基礎上良性競爭，而獲得較低價格和較高品質產品的供應，並且不同設備可以選用不同廠家產品，但是卻無礙於整合系統的建立。

在系統和設備維護方面，以往尚未有互通性系統時，業主採用某一廠牌自動化系統之後，當系統需要維護時，仍需要由同一廠商供應，通常必須忍受高昂的維護費用，更糟糕的是，如果產品停產或品質不良，

業主必須面臨作出系統全數汰換或者停用的決定。使用互通性的系統時，業主可以依據其需求選擇適合的產品，來維護一部份的系統元件，對安裝自動化系統的建築可提供最多的保障。

## (二)、提高系統安裝效率和整合性

設備製造商根據互通性協定標準之要求，在產品出廠前即做好控制介面，在安裝現場連接控制網路後就可以通訊，可以提高安裝的效率。

以往一些大型的空調設備如冰水主機和空調箱，經常安裝有製造商本身的控制系統，由於無法整合於建築自動化系統，充其量只能作一些 ON-OFF 或警報的監控，如果要了解警報的內容和設備的運轉狀況，或作更精細的運轉條件調整，則必須透過閘流器(Gateway)的翻譯，使兩種不同的系統可以相互了解和通訊，由於建築內使用的設備種類繁多，如果要為每一種設備提供閘流器，必然是耗日費時的工作，同時也會增加成本和降低整體效率，因此唯有建立互通性系統，才是最終解決之道。

## (三)、增加操作和維護效率

互通性系統可以將建築內空調、防火、照明等各種自動化系統整合在一起管理，不但操作人員費用可以降低，也可以針對一些突發事件，如發生火災的狀況時，對建築物內各種系統，適時作出迅速的處理，以避免危害的擴大。

另外在維護工作效率方面，由於互通性設備可以隨時提供更詳細的運轉資料給維護人員參考，使其可以安排適當的維修時程，避免嚴重問題的發生及確保設備運轉的效率。而且整個建築自動化系統都可以由單一處監控，當問題發生時，維護人員可以很快的獲知並加以處理，使維護工作非常有效率。

## (四)、提高建築能源節約效果

安裝自動控制系統的設備，可以提高設備能源效率，已是設施人員都了解的事實，但是如果能夠具有互通性的通訊功能，設備之間可以交流訊息，使整個系統發揮更大的節約能源效果。例如由使用端的人員進出、照明或者空調箱的實際情形，透過控制網路傳達給冰水機控制器，以安排運轉程序和出水溫度的設定，或者配合電力需量控制，達到節省能源和電費的目的。

#### (五)、保持自動化系統的擴充能力

許多建築業主在初設期間受限於經費無法安裝使用功能完整的自動化系統，以往系統無法互通時，不同階段建立的系統銜接便成了困難的問題，採用互通性系統便不會受到這種限制，業主可以依其能力逐漸增添或者替換所需要的控制功能，以改善環境舒適性和節省能源。



## 二、 互通性協定

一個開放(Open)互通(Interoperable)的通訊協定(Protocol) 標準有上述的許多好處，但是此項新技術和傳統經由控制架構下層的機電接點和開關整合，或者經由上層電腦軟體作整合的技術有何不同呢？即使是曾經接觸控制網路的人員，也會對何種協定才可稱為互通性協定存有疑問。

我們必須了解控制術語中的所謂介面(Interface)、整合(Integration)和互通性(Interoperability)的差別。介面通常指的是在控制架構中(參考圖 2-1)，較下層的實體結合，而且通常是屬於單向性的，例如控制器依時序的設定來控制冰水主機電源的開關即屬此類。整合則指雙向性的溝通，但仍屬實體層次的驅動器(Driver)結合，例如冰水主機可向控制器以類比或數位訊號反映其運轉狀態，使自動化系統可以據以判斷，來控制主機的啟停或者重設出水溫度，以達到節省能源的效果。較高級的整合方式或許會透過一個閘流器(Gateway)來作兩個系統的轉譯溝通，但這類的系統仍非所謂互通性的系統設計方式。

互通性的技術可以達到不同系統整合的效果，但卻不須要任何閘流器的軟體翻譯或者驅動器的硬體連接，因為不同系統和設備均可使用相同的網路架構，講相同的語言，亦即遵守共同的通訊協定，而達到完美的直接整合，就像目前非常流行的資訊網路(Information Network)，任何電腦均可透過網際網路協定(Internet Protocol)相互傳輸資料、圖面和影音等等。

這些年來不同產業界為整合其應用領域上的不同設備元件，分別發展出許多種開放型的協定，其數目可能有數十個，而其歷史有的甚至比網際網路協定還早，表 3-1 中列舉目前各領域中較具代表性的控制網路協定，依其應用方式概略可分為製程控制、分離式控制、商業用控制、

儀器控制和家庭自動化等。由於各種用途對網路協定的要求也不盡相同，因此很難以一種協定來完全適用。

在工業製程方面要求嚴格準確的控制，ISP 和 WorldFIP 就是針對其要求製訂的；在工廠生產機具的分離式控制器方面，要求的是反應時間快、重複性高和彈性大，CAN 和 Lonworks 為其代表之協定；在儀器的控制方面要求其準確度和傳輸速度，IEEE-488 即為熟知的儀器通訊協定；家庭自動化為未來蓬勃發展的產業，其追求的是配線簡單，成本低廉，CEBus 和 Lonworks 均以此為目標；在商業建築自動化方面，目前美國以 BACnet 和 Lonworks 兩個協定為主流，各有各的擁護者，其發展值得加以密切關注。國際上雖然還有一些建築自動化的協定，例如加拿大的 CAB 和德國的 FND，但其協定的嚴謹性和完整性均不如前兩者，因此影響力較小，尤其目前 BACnet 和 Lonworks 已分別被選為歐洲標準 CEN TC-247 控制架構的初選上層和下層標準，BACnet 並且已成為國際標準組織 ISO TC-205 W3 的建築通訊協定標準之初稿，因此本文將就此兩種協定作更深入的探討。

表 3-1、不同控制網路標準協定規格比較表

	BACnet	CAN	CEBus	IEEE-488	ISP	LonWorks	WorldFIP
<b>Characteristics</b>							
Application(s) targeted	Building Automation	Automotive	Consumer	Instrumentation	Process Control	All	Process Control
OSI	1,2,3,7	1,2	1,2,3,7	1,2,7	1,2,7	1,2,3,4,5,6,7	1,2,7
System Control (command-or status based)	Both	Command	Command	Command	Both	Both	Both
System Type	Network	Bus	Net	Bus	Bus	Net	Bus
Media Access	CSMA/CD, token bus, master-slave, dial-up	CSMA/CR	CSMA/CD	Bus	Master-Slave	CSMA/CA	Master-Slave
Error Protection	CRC	CRC	CRC (only power)	---	CRC	CRC	CRC
Media Supported besides twisted pair	Coaxial cable, optical fiber	Fiber	RF, power line, coax	(Twisted pair only)	(Twisted pair only)	RF, power line, IR, fiber, coax	Fiber
Addressing Scheme	All	Broadcast	All	Unicast, broadcast	All	All	Broadcast
Max. data rate, Mb/s	10	1	0.01	8	2.5	1.25	2.5
Intrinsic safety	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Power from network	No	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Max. Nodes	2 <sup>48</sup>	40	2 <sup>16</sup>	961	8128	2 <sup>48</sup>	256
Security	Authentication, encryption	---	---	---	---	Authentication	---
Priority	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
<b>Support</b>							
Network Management	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes

Connectivity (repeaters, bridges, routers)	All	None	None	Repeaters	Bridges	All	Repeaters
Protocol Analysis	No	No	No	No	No	Yes	Yes
Network Development	No	No	No	No	No	Yes	No
Chip or Chipset	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No

### 三、 BACnet協定

BACnet 是 Building Automation Control Networks 的縮寫，在 1995 年已成為 ANSI/ASHRAE SSPC 135 建築自動化控制網路的資料傳輸協定標準，其研擬時間歷經約 9 年，美國主要廠家均曾參與，經過三次的公開意見討論程序後才完成訂稿，其發展過程必須與掌握市場的大廠商利益相互折衝，不可不謂艱辛。然而正因如此，其通訊協定(如圖 3-1)之較底層的部份：資料連結層(Data Link)和實體層(Physical)，提供有五種業界常用的標準協定，包括有 Ethernet, ARCnet, MS/TP, PTP 和 Lontalk，使既有的網路配線系統不必更換，廠商由獨家的網路協定移轉到 BACnet 協定，僅須變更上層的應用層(Application)的訊息指令定義方式和網路層(Network)的傳輸位址控制方式，其變更過程中所付出的代價與成本是最低的。

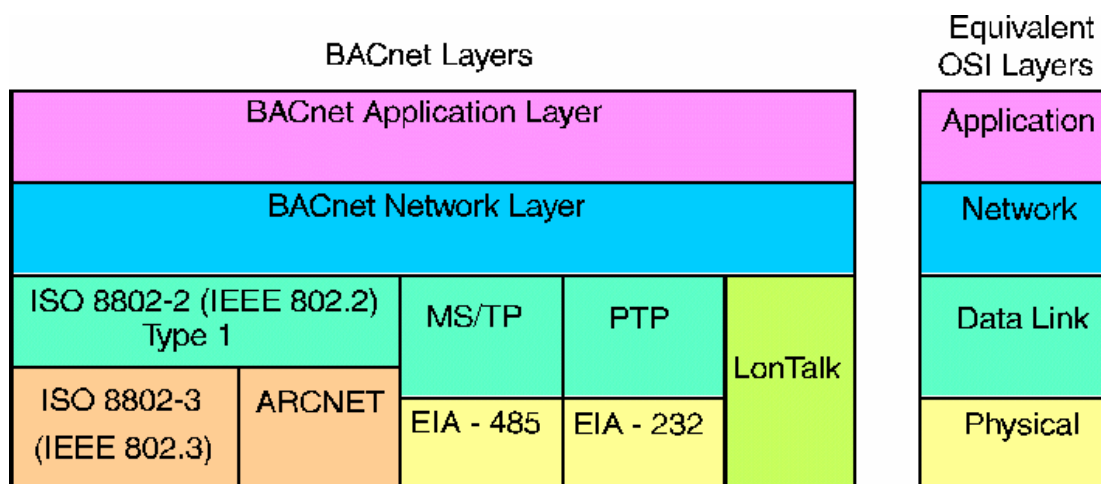


圖 3-1、BACnet 的簡化網路協定

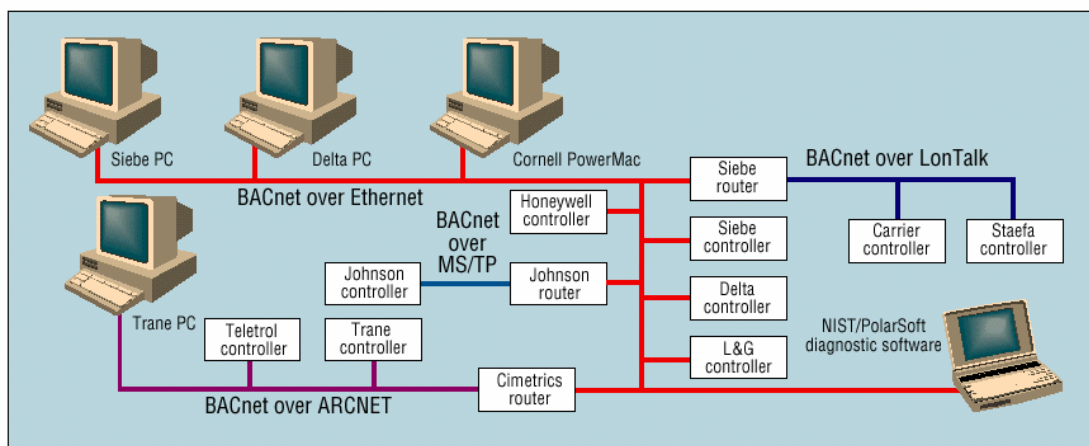
BACnet 的五種下層協定因其傳輸速度和裝設成本各有不同，如表 3-2 所示，可以分別滿足一般建築自動化系統由上至下的管理層、操作層、系統層，以及現場層(Field)或區域層(Zone)的通訊需求，舉例來說，Ethernet 和 ARCnet 傳輸速度快適合上層控制主幹的使用，中下層控制器和感應器、制動器之間的傳輸則可以使用較低成本的 MS/TP 和 Lontalk 協定，至於 PTP 之點對點通訊協定則允許操作人員經由 Modem 進行遠端監控或者經由可攜式電腦作控制現場調整。圖 3-2 為 1996 年在亞特蘭大的冷凍空調展中結合各廠家於會場中，所建立的 BACnet 控制網路示範。

表 3-2、BACnet 五種下層傳輸協定之特性

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, 1.25Mbps	1.低階控制器或智慧感應器 2.中、低速度

註：\* Coax 同軸電纜, Fiber 光纖, TX (Twisted pair)雙絞線, RF (Radio frequency)無線電 , Power line 電源線

圖3-2、BACnet協定在1996年美國冷凍空調展所建立的示範控制網路



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，這和 Lonworks 系統希望完全捨棄階層式系統的理念有所不同，容後再作比較說明。

遵守 BACnet 協定的裝置(Device)在進行通訊時是利用對另一裝置產生服務要求，並由該裝置執行服務要求的動作完成後通知（或不需通知）原要求服務裝置的方式來達成，其過程顯示如圖 3-3。當然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，甚至電腦軟體均為一裝置的抽象概念，當然每個裝置所能請求或執行服務的內涵也有不同，通常較高階者可以包含較低階裝置的服務功能。

對於資料的格式訂義，BACnet 是採用物件導向(Object Oriented)的方式，例如傳統控制上的 AI/AO, DI/DO, Loop 和 Schedule 功能均為一種物件，每個物件均伴隨有一性質(Properties)表來對物件加以明確的定義，例如 AI/AO 點的性質可以為現值、單位、上下限值、警報動作等一連串參數，其中有些是 BACnet 強制要求的，有些則屬任意性的。兩物件互相溝通時，可以一次傳遞單一或者多個參數，達到快速資料傳遞的功能。利用物件的觀念，當一個裝置上有更多相同的物件時（如數個 AI/AO 點）時，可以繼承原物件的性質或者再作局部調整。對於控制裝置而言僅是增加某物件的複製或稱為事件(Instances)，因此設定時非常方便。

ASHRAE 所頒佈的 BACnet 協定標準有 500 多頁，對於傳統冷凍空調或者建築自動化的從業者均是一項很困難的挑戰，本文僅在說明其架構的設計概念，並不太深入技術的討論，以免形成讀者的困擾，未來由其相關產品的成熟發展，將可以使系統的整合工作更加容易。

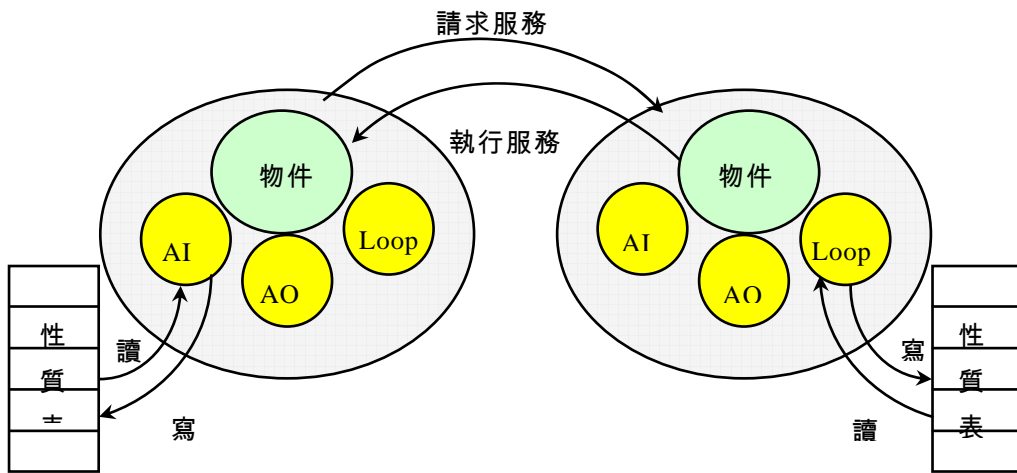


圖 3-3、BACnet 物件之資料傳輸程序



#### 四、LONMARK協定

Lonworks 是由 Echelon 公司發展出來的一系列產品，其核心是一顆所謂 Neuron chip 的晶片，如圖 3-4 所示，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 (Single-chip controller)，其通訊協定為獨家 LonTalk 協定，但整個協定的內容均包含在這顆晶片上，目前其授權製造廠商有 Motorola 和 Toshiba，因此使用者僅須購買該晶片便可使用 LonTalk 協定的網路。

而且因為晶片上已提供撰寫小型應用軟體的功能，對於一些控制功能簡單的元件如感應器和制動器均已足夠，其結果造成即使在一般控制架構下層的元件也可直接連接於網路上。目前傳統作法，必須將感應器的訊號接到控制器的輸出入端才可以將資料透過網路傳輸，Lonworks 的技術可以將這種上、中、下層的階層控制架構打破，真正作到點對點 (Peer to Peer) 平等地位的通訊，其最大的優點是可以節省傳統訊號線的配線成本。在控制網路的配線上，Lontalk 也提供許多選擇，透過所謂 Tranceiver 的訊號轉換器，其傳輸介質可選用光纖、雙絞線、無線電和電源線等多種方式，更增加其配線時之彈性。

Lonworks 系統的另一項優點是非常適合建築物內不同系統的直接整合，以圖 3-5 為例，一個房間內的照明控制可以完全透過網路訊號來傳遞，甚至還可和保全系統及人員管制系統結合，訊號的傳遞非常直接，不須像傳統系統必須層層的轉達訊息。

Lonworks 系統的目標在商業建築的應用上，即在整合空調、照明、保全、消防等自動化系統的不同製造廠家所生產各種用途的控制元件，然而早期在網路上所傳輸的變數，未作明確的規定，以至於不同廠商製造的元件會發生無法整合的問題，有鑑於此，在 1994 年生產 Lontalk 協定產品的廠商便成立一個 Lonmark 組織，來規範每一種控制元件其網路

傳輸變數的標準定義方式，針對不同的應用均有其功能描繪(Functional profiles)。以空調領域而言，目前已完成的包括有冰水主機、熱泵、VAV 控制器、F/C 控制器和各種感應器等 10 餘種，一些次要的控制元件和屬於較上層的軟體功能，則仍在發展制定當中。Lonmark 標準屬於廠商自發性的規範動作，不具有政府所頒佈標準的強制性，但參與制定標準者大都是該產業具有舉足輕重的廠商，因此也具有相當的影響力。

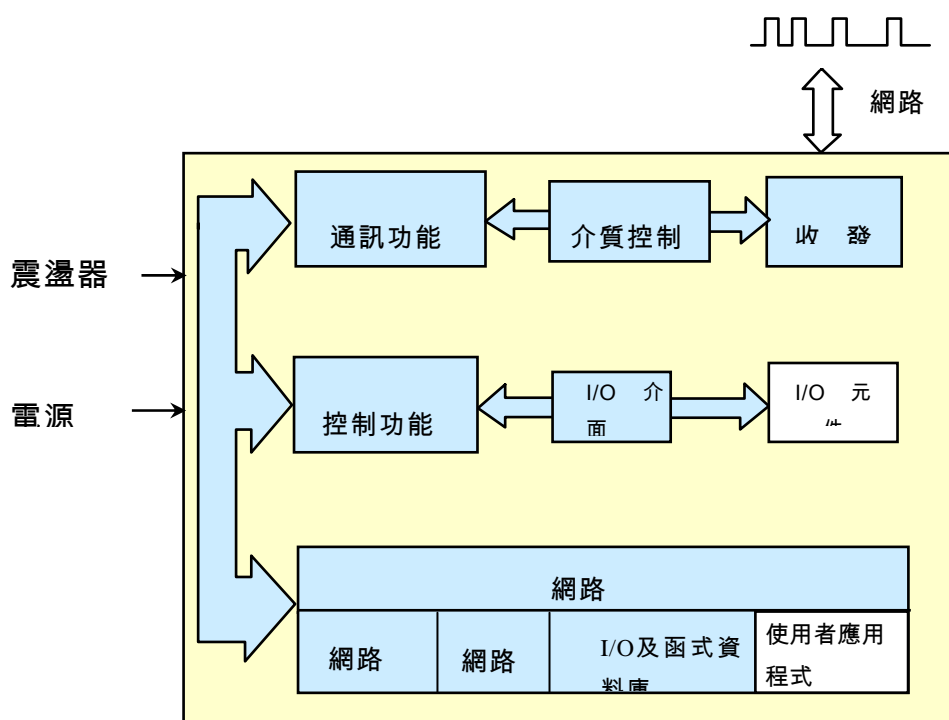


圖 3-4、Neuron 網路控制晶片功能圖

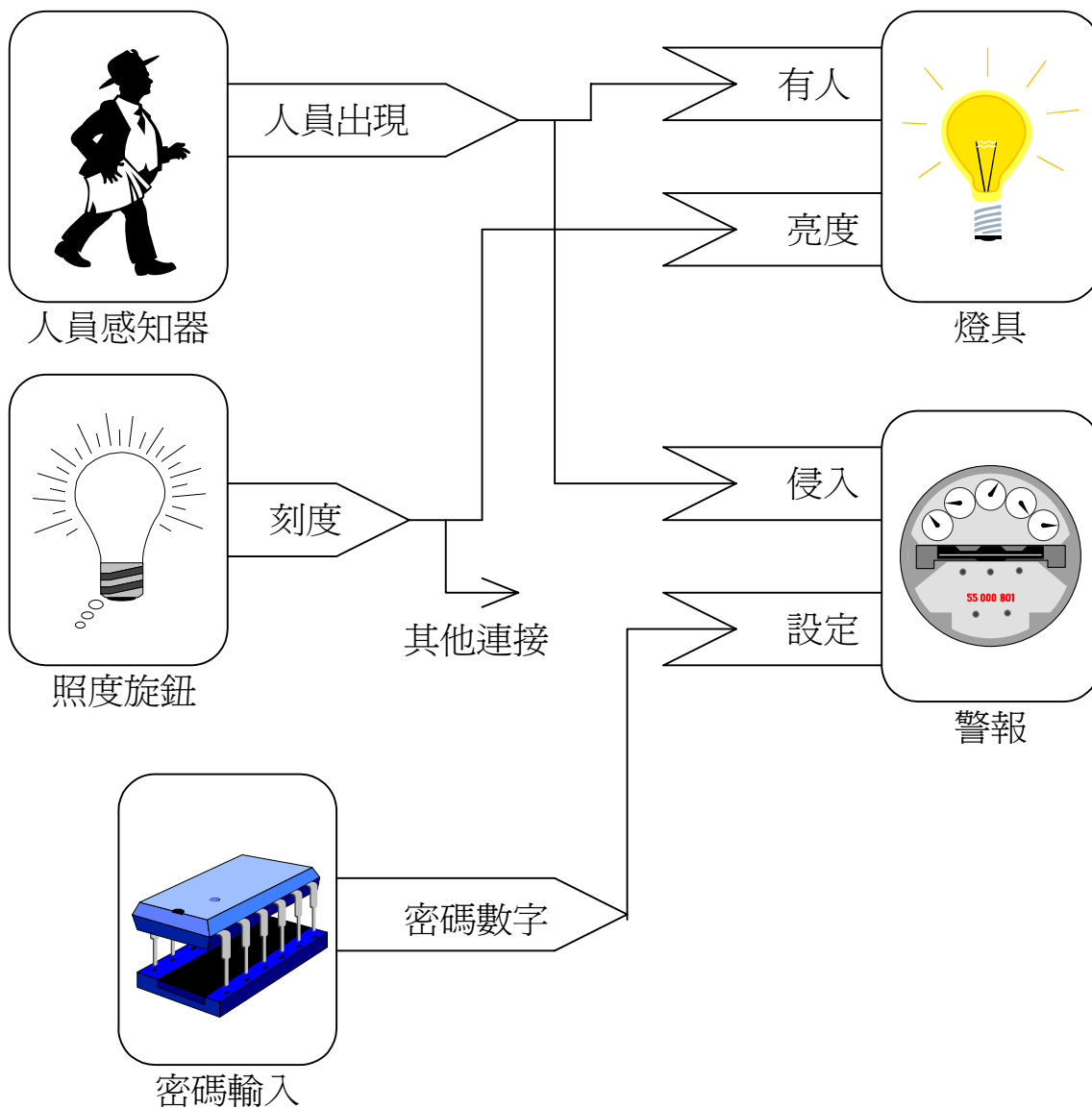


圖 3-5、Lonworks 系統可以將不同網路整合

## 五、產業的態度

BACnet 和 Lonmark 協定標準各具有其優點，產業界對何者在未來會主導建築自動化領域的發展，均抱持無比的興趣，當然對於本身應該選擇那一種系統，也會存有疑問。事實上，兩種協定雖然互相競爭，但現階段仍具有互補的作用。

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，而且它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。當然因其協定所訂義的功能較多，需要較良好的微處理器和更多的記憶體，這樣對小型控制器及智慧型感測器和制動器而言，便有礙其成本/效益比的降低。



Lonmark 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，單單應用其精簡的協定便已足夠，但是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 3-3 所示，由統計資料可見多數建築自動化廠家對於開放互通式的協定標準都持正面肯定的態度，但推出由上至下各階層產品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 3-5 所示的上層 BACnet 協定或者下層的 Lonmark 協定，而保留某一部份的獨家控制協定，以延續其既有利益。

建築物業主和設施人員要求自動控制系統完全採用開放互通協定的呼聲，不斷隨著市場符合互通性標準的產品日漸普及之後而增加，控制系統各階層完全達到開放互通的目標只是時間快慢的問題而已。當然我們介紹的 BACnet 和 Lonmark 標準均可在控制器和網路技術提昇之後，

建立獨立完整的系統，至於未來何者將可主導建築自動化產業之發展，除了比較市場的接受性之外，還要看美國和國際標準未來制定的方向。

表 3-3、產業界對兩種協定的態度

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(閘流器)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

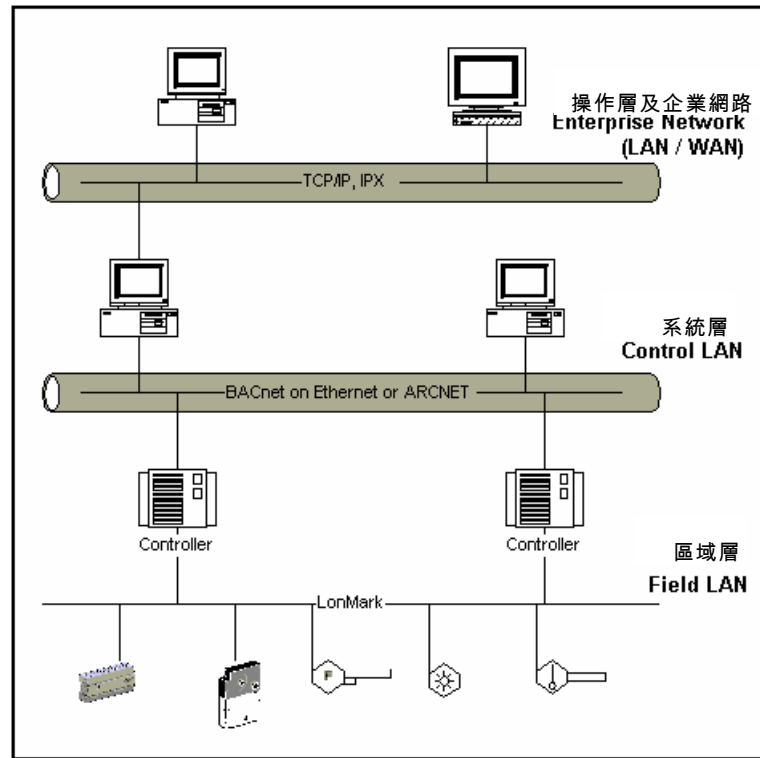


圖3-5、上下層分別使用BACnet和Lonmark協定的架構

## 六、未來發展方向

BACnet 和 Lonmark 協定都是已可具體實現的成熟技術，遵守 BACnet 協定的控制系統據估計已有 3 千餘個安裝實例，分佈在 16 個國家；而 Lonmark 更是已有超過 200 家的產品製造商，控制元件普及於各種領域的應用。互通性控制系統的應用日漸廣泛之後，對傳統市場形成巨大無比的壓力，未來建築自動化技術必然是朝這個方向發展，而其影響擴及到整個世界也是遲早的事。

由目前市場和技術的發展我們必須密切注意以下幾個發展的方向。

### (一)、國際標準和互通性檢測方法

由於開放互通性控制系統的逐漸普及，國際性組織或者區域性經濟強體，如美國、歐洲和日本，訂定各種標準控制協定的腳步將會加快，未來能夠主導標準制定方向者將可成為市場的主流。

確保產品的互通性是各種標準控制協定最根本、最重要的工作，Lonmark 組織目前已有提供部份產品的驗證，其未來更將加速產品的認證工作，以擴大市場的佔有率，BACnet 則正由美國 NIST 訂定標準的試驗程序和相關軟硬體，目前已公開進行第一次的意見徵詢工作，離成為正式標準尚須一段時日。

### (二)、資訊網路與控制網路的整合

互通性控制網路和 Internet 及 Intranet 的結合是未來發展必然的趨勢，除了利用建築物內既有的資訊網路作大量控制資料快速的傳遞之外，Internet 可以提供無遠弗屆的遠端控制能力，而企業內部網路 (Intranet) 則可將控制網路上的設備運轉資料整理後，提供給業主、經理和設施人員參考，以研擬各項設施自動化功能的改進，以達到更高的設

備效率。

事實上，目前 BACnet 的 Ethernet 協定已經具備控制網路和資訊網路共用相同網路配線的功能，目前其正積極研擬利用 IP(Internet Protocol)定址的標準，使其未來可以由區域網路提昇至網際網路的層次。Lonmark 受限於獨立的通訊協定，仍無法完全整合在網際網路下，目前已有閘流器產品可使 Lonmark 元件透過資訊網路來傳輸訊息。

### (三)、控制網路和電腦設施維護體系的結合

互通性控制網路的使用，使更多的設備運轉資料可以被傳回監控系統，配合發展日愈成熟的電腦監視和維護系統(Computerized Monitoring & Maintenance Systems)，利用 CMMS 內建的設備資料和專家系統來分析控制網路所收集的運轉資料，自動排定各項設備維修時程、方法和項目，達到預防性設備維護的效果，進而確保各項設備最高效率運轉。

網路和電腦技術的發展，使得建築自動化產業正醞釀著一股改革的浪潮，BACnet 和 Lonmark 開放互通性控制網路技術，使得建築業主和設施人員可以得到許多利益，包括運轉操作費用減少和維護工作效率提高等。這種技術很快將成為未來市場的主流，建築新設自動化系統或者進行控制系統汰舊更新時，不可不考慮如何引入新的標準控制網路系統和裝置，才不會造成建築自動化系統未來無法獲得持續的服務支援。

國內建築自動化控制系統多數為國外製造，因此可以預期我國未來也將受到互通性控制網路技術之衝擊，與建築自動化有關之國內產品供應商、設計和顧問公司、系統承裝商、建築業主、設施部門主管及維護人員均應密切注意技術發展之動態，隨時吸收新的資訊，以便在技術和市場更加成熟和明確時，立即適應新的控制系統標準。

互通性控制網路的發展對於國內控制元件製造廠商而言，未嘗不是



良好的轉機，以往建築自動化系統多數由國外產品所掌握，國內製造產品因為無法與大型廠商的獨家網路協定互通，因此幾乎無法在市場競爭。發展中的開放式系統使各別廠商製造的產品只要遵守標準的通訊協定即可確保連接上建築自動化系統，國內廠商可就其專精的技術領域，研發市場競爭力強的產品行銷國內和海外。

## 肆、能源資訊系統(EIS)簡介

### 一、何謂能源資訊系統(Energy Information System)？

本中心十幾年來曾協助國內各企業發掘節約能源機會，提高能源使用效率，在累積了多年節能經驗後常發現目前越來越受重視的監控系統是節約能源、強化管理的一大利器，實在是值得大力推廣，惟美中不足的是這幾年來監控系統因介面整合、系統維護不佳、人為操作不當……等問題，使得監控系統一直未能發揮其應有的系統效能，甚為可惜，所以能源中心幾年來投入大量的人力、物力、時間，發展及推動能源資訊系統，乃在於整合「中央監控系統」及「節約能源措施」的優點，解決中央監控系統有紀錄、卻無管理、分析；節能措施持續推動，投資成本及省能成效無法數據化、回收年限無法估算等問題。因而在「能源資訊系統」建置完成後，全廠能源資訊可以完整的記錄、分析、管理及運用，所有節能措施的投資效益將因資料的持續記錄可以數據化儲存、效益浮現，另外可以透過電信局交換機線路或網際網路與本中心連線，查詢該廠能源使用現況並加以分析，發現問題與提供解決方案。

藉由能源資訊系統(EIS)的建立，所能達到的三大目標：

#### (一)、自動化：

經由分散處理控制器、圖控軟體與網路的結合，針對耗能設備做最佳的運轉管理與控制，例如：

##### 1、時序控制

時序控制基本上與定時開關一樣，譬如在每一天的上班時間將冷氣起動，而在下班時間關閉。當然有些設備在一天之內可以設計多段式的開關，星期例假日及國定假日都可以預先設

計在程式裡面，而到時控制器會隨著時序控制進行該有的動作。

## 2、最適時開關

為了節省用電，在時序控制定時開關的程式中可以加入建築物的特性，而調整開關時間。譬如利用清晨低溫而新鮮的外氣，在清晨時引進室內作空氣循環，可以將續積於室內的熱量帶走，不僅於早上人員進入辦公室時已有舒適的環境，更可降低冰水主機早上開機所需克服續積熱量的耗電。在下班前冰水主機、冷卻水泵、冷卻水塔風車先停機，冰水泵繼續運轉釋放冰水系統續積的冷能後再停止運轉，繼續利用建築物的餘冷保持舒適溫度到下班。至於提早、延後多少時間，則控制器會根據現在的室內溫度、室外溫度、使用操作的經驗而自行調整，以達到最省能的目的。

## 3、PID控制

在空調系統內常聽到一個名詞叫PID控制，意思是比例-積分-微分 (PROPORTIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVE)控制，作用是控制系統本身為了達到一個定點的控制，自己智慧的調整開關的量，就像我們在放洗澡水調節冷熱水的量而達到所需的溫度一樣，跟傳統的比例式(PROPORTIONAL)控制相比可用下列公式表示：

$$P = KP \times (\text{ERROR})$$

$$PI = P + (KI \times \text{INTEGRAL})$$

$$PID = PI + KD \times (\text{ERROR} - \text{LAST ERROR})$$

## 4、主機效率控制(CHILLER OPTIMAZATION)

冰水主機製造7°C左右之冰水給室內冷風機使用，佔了空調系統耗電量的絕大部分，而由於主機的操作特性則可利用下列方法來提高其效率：

- (1)、調整冰水溫度，配合建築物之負荷。
- (2)、調節冷卻水溫度，提高主機排熱效率。
- (3)、多台主機順序控制避免尖峰負載。
- (4)、主機總容量及台數控制，使主機於最佳效率運轉點運轉。

## 5、燈光控制(LIGHTING CONTROL)

燈光在一棟建築物內的消耗一般僅次於空調，而燈光的發熱也直接增加了空調的負擔，因此做好燈光控制可以收到一舉兩得的效果，一般的燈光控制方法有下列幾種：

- (1)、亮度控制
- (2)、人員感知控制
- (3)、時間控制
- (4)、室外光感控制

## 6、電力需量控制

由於電力公司對於電費的計算是根據最大需量，而電力公司也獎勵減少需量的用戶，因此電力需量控制一直是能源管理系統內一個很重要的功能之一。監控系統連接到整個大樓或工廠的電錶，由於電錶能提供脈波(PULSE)信號給控制器，若電力需量接近預先訂的最大需量時，則系統採取預先訂好的需量控制程式，像提高溫度設定點或關掉不重要設備。

(二)、制度化：

「即時資訊」、「集中管理」和「異常掌握」，一直是廠區設備管理維護人員追尋的目標，以往沒有建築自動化系統時，只能靠每個人每天24小時的廠區巡視、抄錶記錄、定期維護，再製作日、月、季、年報表，不僅耗費了大量的人力在例行工作上，更有可能因人為疏失而延誤了異常處理時效，導致生產線的嚴重損失，不僅耗時，可靠度也不高。能源資訊系統的建立，即可達到嚴密的監控，由中控室內即可掌握廠區耗能設備運轉現況，輕鬆的利用警報顯示處理異常狀況，各種管理報表更可依特殊需求而自行設計，而後定時列印，節省下來大量的人力可用於提昇員工技術層次，提高產品良率及延長設備使用年限上，將可使得廠區的制度更為健全而完善。

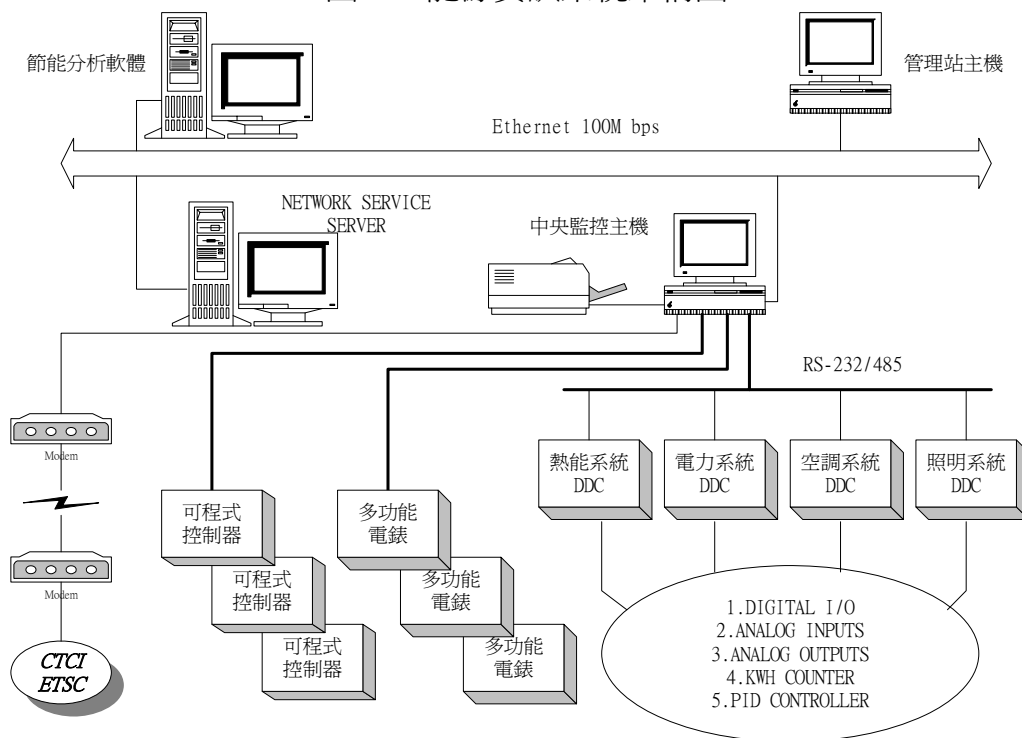
### (三)、資訊化：

制度化及自動化於監控系統中均可輕易的達到，但惟有再結合資訊化的能源資訊系統，才能將整個建築自動化系統完整的建立起來，例如以往的監控系統在試車運轉調整完後，正式運轉控制，若未能對運轉歷史資料加以分析比較，只能說控制系統正常運作，但並不代表耗能設備系統是在最佳化最省能的狀態下運轉，甚至一開始系統運轉是在最佳狀態下，但運轉一段時間後，因感測器誤差，系統運轉狀態改變……等，若不能持續的歷史資料分析比較，最佳運轉點仍然會偏移。比爾蓋茲所著，曾經造成一陣旋風的數位神經系統一書中也提到資訊化的重要，他以自動倉儲業大量的利用客戶需求資訊，作為物料管理根據，達到零庫存的物料管理，與本中心之能源資訊系統精義實在是不謀而合。

## 二、能源資訊系統 ( EIS ) 架構與規劃步驟

能源資訊系統的架構如圖4-1所示，系統規劃步驟如下：

圖4-1 能源資訊系統架構圖



### (一)、能源資訊系統規劃：

依據功能選擇表與業主討論後製定輸出入功能表(I/O Table)、系統規劃及設計圖繪製。

### (二)、施工圖面繪製：

依據輸出入功能表(I/O Table)規畫單線圖、平面圖、昇位圖；包括直接數位控制器(DDC)裝設位置及點數、sensor裝設位置、管路及材質與管徑、電源線及線徑、訊號線及規格、控制線及規格及其他施工說明。

### (三)、定義監控點形態：

包括ID編號、設備名稱、詳細說明、設備連接硬體的位置

( 第幾個DDC、卡片、點 )、輸 / 出入形態 ( D/I、D/O、A/I、A/O、P/I )、SENSOR規格 ( 4 ~ 20mA、0 ~ 10V、RTD、Thermistor )、高低限警報值、數值範圍、單位。

(四)、邏輯控制圖：

依據輸出入功能表 ( I/O Table ) 中定義的軟體功能，規畫每個監控點的動作流程及關聯動作；如警報何時發生、警報發生時應控制何種設備、跳至那一個畫面、是否需要存檔、抓取何處的資料進行運算、應用程式。

(五)、軟體規畫：

- 1.電力單線圖製作、空調系統流程圖製作、平面圖製作、警報顯示盤製作、歷史資料圖面、報表格式設計、管理等級密碼管制。
- 2.應用程式設計；如時間自動控制程式 ( 萬年曆 )、停電復電程式、節約能源管理程式、電力需量控制程式、PID控制。
- 3.通信協定驅動程式。
- 4.ethernet網路資料擷取。

(六)、施工前置作業：

DDC設定、sensor校正、暖機測試、軟體運轉測試。

(七)、硬體安裝施工

(八)、系統試車調整與資料收集

(九)、歷史資料分析與系統調整

### 三、歷史資料分析的必要性

為什麼本中心特別強調歷史資料分析的能源資訊系統，實在是本中心看過太多有監控或沒有監控系統運轉不佳的案例，又或是運轉雖正常，但確是在極為耗能的狀況下運轉，本中心均需花費了相當多的時間，利用檢測設備儀器進行運轉數據的收集分析，才能對症下藥，找到真正的病因，來加以解決，也就是充份的利用真實數據的反應而避免人為判斷的疏失，在累積了如此深刻的體驗後，本中心發覺為何不在一開始規畫監控系統時就將此一觀念導入，增加一些必要的資料監測點作為爾後節能運轉分析的依據。

本中心曾與國外顧問群技術合作，引進一套能源分析軟體，作為資訊分析之工具，該軟體基本功能如下：

#### (一)、3-D

##### 1、剖面圖(Section)

- (1)、可截取日期剖面、時間剖面、Y軸剖面。
- (2)、長條形統計圖，統計各剖面相同數據發生的次數及百分比。
- (3)、資料分析：各剖面的最大值、最小值、平均值、平均值以下的資料筆數、標準偏差、總資料點數。

##### 2、統計數值(Statistic)

- (1)、挑選出每天的最大值、最小值、平均值畫成曲線。
- (2)、長條形統計圖，統計所有資料相同數據發生的次數。
- (3)、資料分析：最大值、最大值發生時間及日期、最小值、



最小值發生時間及日期、平均值、平均值以下的資料筆數、總資料點數。

(4)、顯示資料開始與結束的日期與時間。

### 3、XYZ圖 ( SYZ plot )

(1)、任意選擇當X、Y、Z的變數。

(2)、選擇顯示一天或數天的資料。

(3)、以時間或日期為準做資料追蹤 ( TRACE ) 。

(4)、同時重疊顯示四張XYZ圖。

(5)、三度空間圖形旋轉。

(6)、圖面調整X、Y、Z軸刻度。

## (二)、2-D

### 1、時間連續圖 ( Time series )

(1)、一次最多可載入八筆資料，畫出八條曲線。

(2)、可選擇一天或數天的資料同時觀看。

(3)、挑選任一區間，圖形立即顯示曲線最大、最小、平均值。

(4)、資料分析：最大值、最大值發生時間及日期、最小值、最小值發生時間及日期、平均值、標準偏差、總資料點數。

### 2、XY交叉圖 ( XY cross plot )

(1)、任意選擇當X、Y的變動。

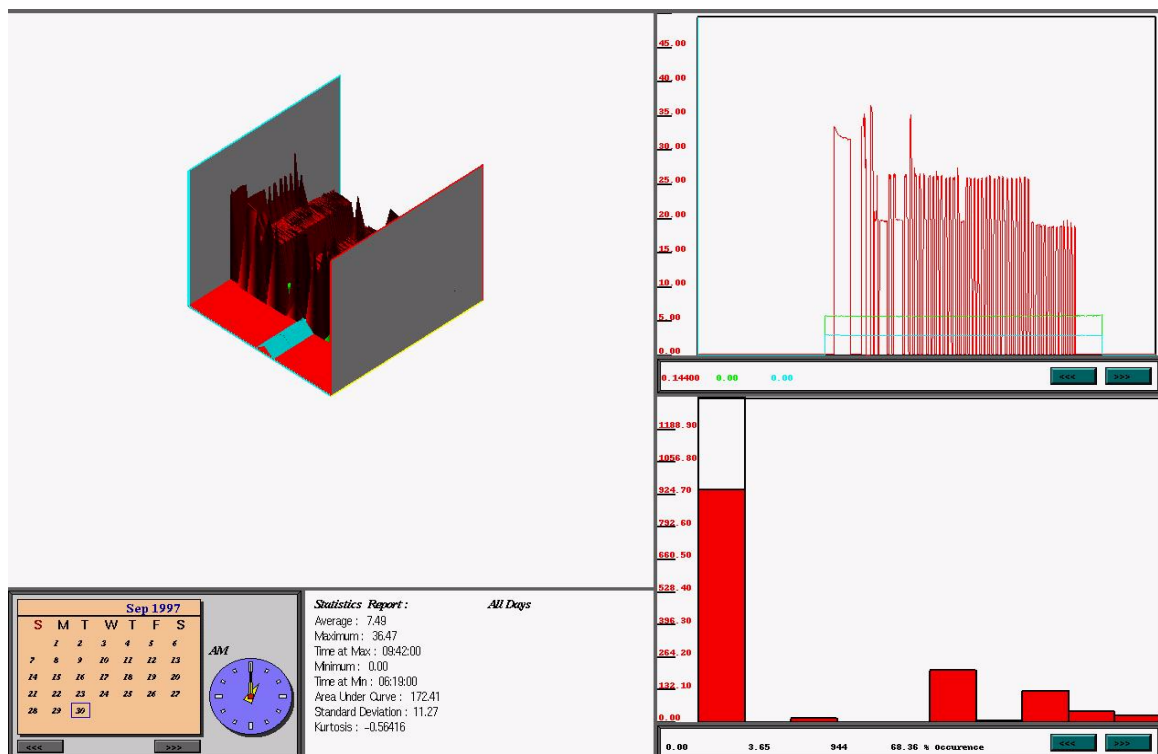
- (2)、選擇顯示一天或數天的資料。
- (3)、以時間或日期為準做資料追蹤 ( TRACE )。
- (4)、同時重疊顯示四張XY交叉圖。
- (5)、符合資料的模擬曲線，有線性曲線、二次方程式曲線、雙曲線。
- (6)、資料分析：模擬曲線方程式、X變數與Y變數各別的最大值、最大值發生時間及日期、最小值、最小值發生時間及日期、平均值、總資料點數。

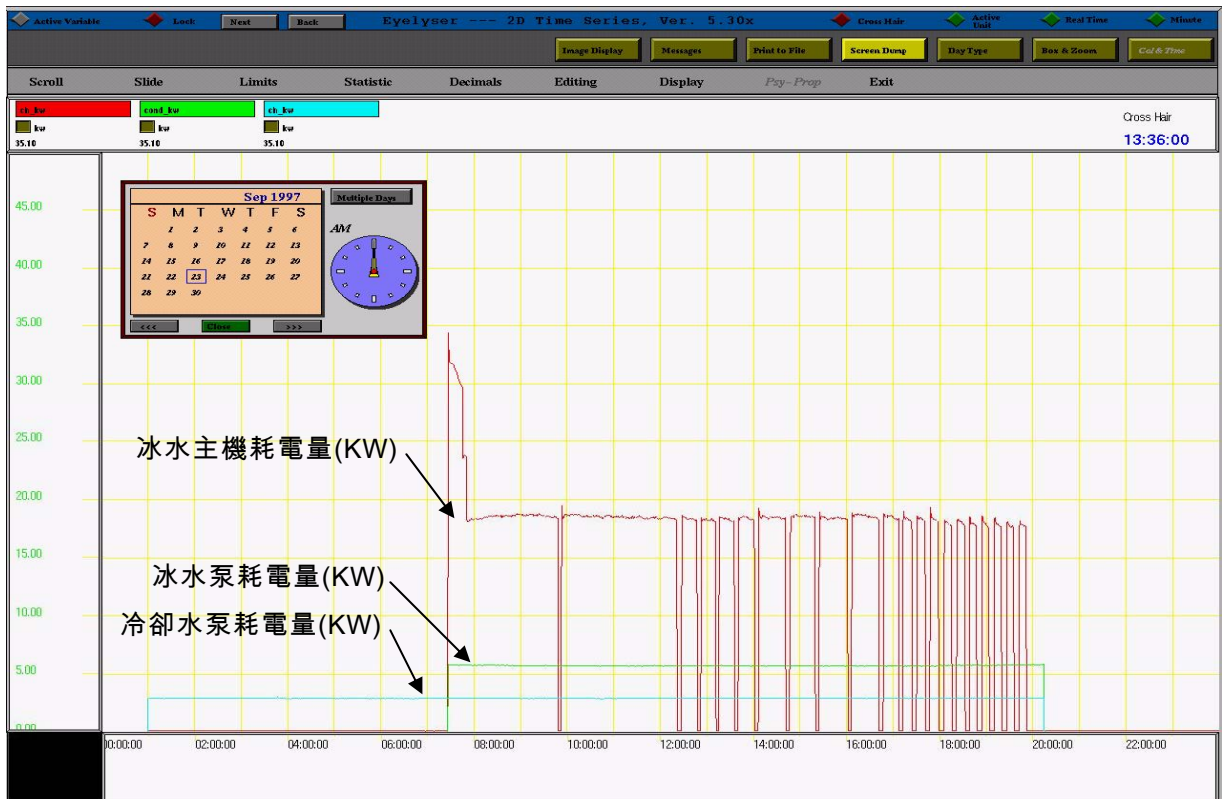
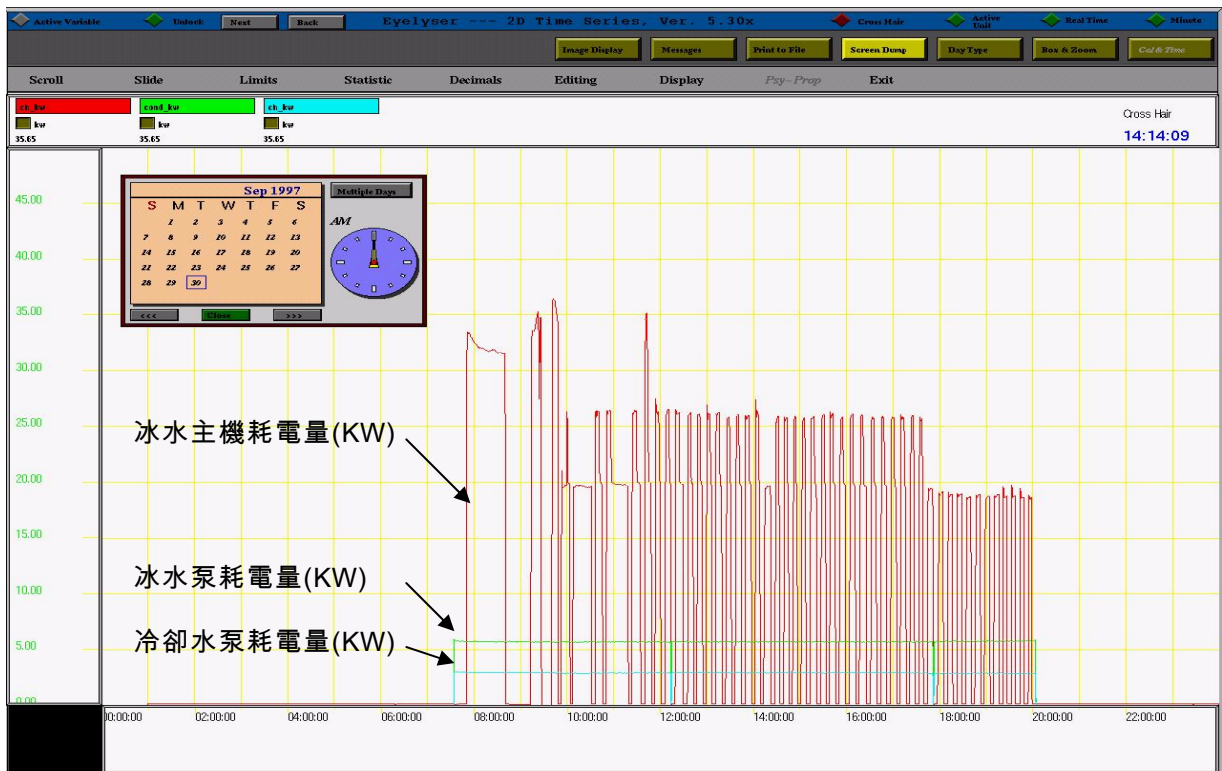
### (三)、空氣線圖

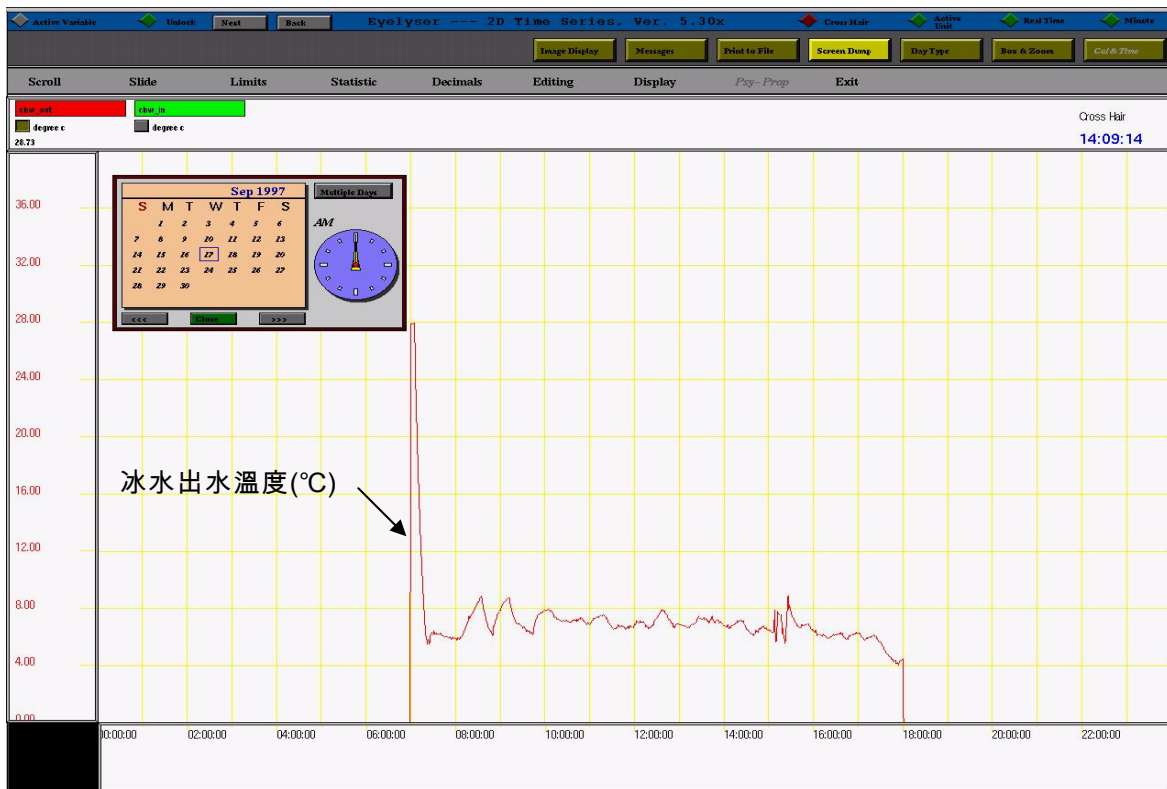
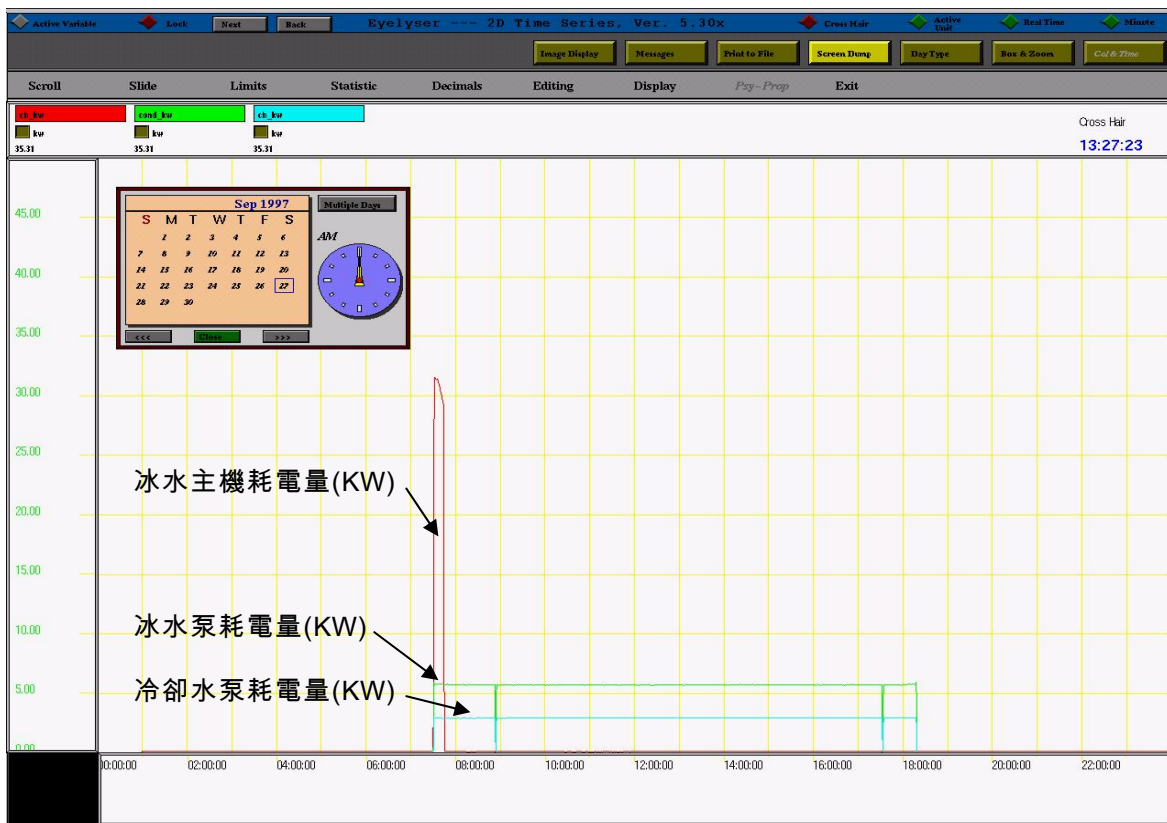
- 1、英制與公制切換。
- 2、乾球溫度配相對濕度、絕對濕度、濕球溫度、露點溫度任何一項，皆可在空氣線圖上畫出。
- 3、立即顯示游標所在的乾球溫度、相對濕度、絕對濕度、濕球溫度、露點溫度及焓值。
- 4、以時間或日期為準做資料追蹤 ( TRACE )。
- 5、顯示空調舒適區。
- 6、資料分析：乾球溫度與相對濕度各別的最大值、最大值發生頻率、最小值、平均值、總資料點數。

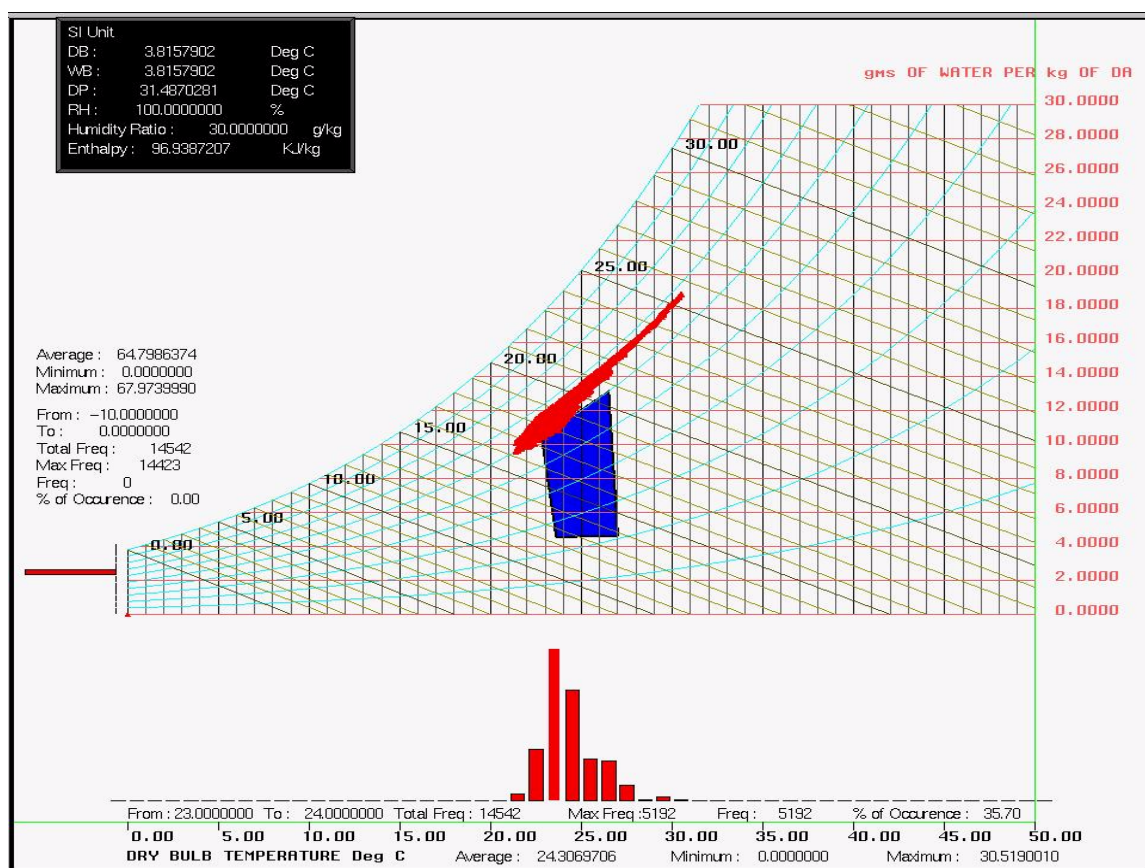
以本中心曾分析的一套小型傳統空調系統為例，可達到最佳的耗能設備運轉管理、避免無謂的人為疏失、延長設備使用年限、舒適而省能的工作環境及降低電費支出等效益。乃利用三度空間(3D)曲線及萬年曆，任意且迅速的切換每天、任意時間、耗電量的組合，經由右下窗的自動統計分析，發現異常狀況。

在發現異常狀況時可再直接切換至2D平面圖來分析，底下幾張曲線圖是從一個小型傳統空調系統的辦公樓層所蒐集的數據曲線，每張圖都透露出了異常的問題，也都提供了省能的空間，這幾張是最典型易懂的曲線，您看得出每張曲線圖所透露出的含意與省能空間嗎？這個答案留給各位去思考。









「能源資訊系統(EIS)」能為能源用戶解決目前在能源使用不當、效率不彰、電費居高不下、契約容量超約及空調耗能等問題。尤其是能源消耗量大的產業，節約能源就是降低作業成本，創造利潤，提昇整體競爭力及經營績效的超級利器，因此能源資訊系統(EIS)未來將是工商界降低運轉成本的最佳選擇。

## 伍、結論

互通式系統的技術，加上建築自動化系統產業的可塑性，讓能源用戶可以負擔。現今大部分的能源用戶都投資在系統上，並只能在原來的技術提供廠商中，補充他們原本所投資的資產。這種情形將會產生重大變革。未來，能源用戶將可以從不同的技術廠商中，交替使用不同的產品和系統，讓他們的資訊管理系統更易於控制，品質也會提升，能源用戶再也不用被劣質的廠商所控制。

這種變革會改變能源用戶的購買行為嗎？答案是絕對地。能源用戶終究能根據自己的意願，來選擇心目中的控制系統供應商，以往只能仰賴單一廠商的時代即將過去。能源用戶會選擇下列具有高水準客戶服務的廠商；能符合能源用戶對商品服務的期待；能持續展現產品及服務品質，並和能源用戶維持長久的合作關係；能在該產業創造長久的領導地位；以及強化能源用戶價值。這些幾乎適用於所有產業的經營特質，是促成交易的要素，能源用戶會希望以最低的價格買到所有的服務，並希望和廠商建立長期的主顧關係。在開放競爭的環境裡，經營有道的廠商亦必須能駕馭這些標準，除了以符合成本的產品來滿足能源用戶的要求之外，同時也能維繫與能源用戶長期合作的關係。

能源用戶價值的定義是十分有彈性和自由度的。從能源用戶對選擇最佳產品、最合適的解決之道、最好的廠商到符合能源用戶對控制系統和設備多變的需求等，此外，能源用戶對新科技和合作關係的意見也都包括在內。對於這些形形色色的能源用戶群，廠商必須以良好的服務態度回應。這些態度包括：在銷售週期提供的客戶服務；在設備安裝過程，教育能源用戶的使命責任感；以及銷售完

成之後，對產品維修的服務等。眼光要自前看，因此，毫無疑問地，在自由競爭的環境中，能提供這些服務項目，將會提昇監控系統產業的客服品質。

總合上述我們認為未來的監控系統特色必須符合：

- 一、互通性佳的開放式平台架構，足以整合不同的工作介面。
- 二、完整的網路資源分享，以利分散或集中式的管理。
- 三、具有整合冷能、熱能、電力、照明等高耗能設備之系統商。
- 四、節約能源觀念的導入。
- 五、歷史資料記錄、分析的功能。
- 七、人性化的圖控軟體，易於操作及規畫。



## 陸、專有名詞索引

OSI : Open Systems Interconnection

CSMA/CD : Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection

CSMA/CR : Carrier Sense Multiple Access/Collision Resolution

CSMA/CA : Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance

CRC : Cyclic redundancy check

LONMARK : Local Operating Network Mark (產品認證組織標示)

Lonworks : Local Operating Networks (Lon產品完整架構,包含上下層通訊協定)

Lontalk : Local Operating Network Talk (Lon下層或實質層通訊協定)

NIST : National Institute of Standards and Technology

## 參考資料

- (一) ASHRAE Standare 135-1995, “A Data Communication Protocol for Building Automation and Contol Networks”.
- (二) BACnet協定組織網站 , <http://www.bacnet.org>
- (三) Lonmark協定組織網站 , <http://www.lonmark.org>
- (四) 設施資訊網站 , <http://www.facilitiesnet.com/>
- (五) Honeywell Limited Australla.

## 柒、編後語

中國技術服務社能源技術服務中心，主要任務是配合國家能源政策，執行各項節約能源技術服務計劃，藉由檢測、診斷找出廠商能源使用缺失，尋找節能機會(政策、技術、設備、管理)，對於能源用戶提供能源效率評估及改善規劃、製程操作等服務工作外，為能源管理人員培訓人才，亦製作節約能源海報、貼紙及出版各種節能成果專刊、節能技術手冊，而推廣節約能源的觀念。

希望以節約能源為目標，協助業界降低能源成本、提昇生產力、降低能源污染，以紓解國內限電壓力，持續經濟成長，建立國內經濟發展所需的節能技術支援，期能達成經濟與環保兼顧之目標。

此手冊的編輯是能資所江旭政博士彙編整理，倉促間內容中不免有所疏漏和缺失，還望產、官、學界的各位先進不吝指正！得以使本手冊更形充實和完備。