

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

大樓電力系統自動監控與能源管理之智慧型網路

計畫編號：NSC90-2212-E-002-219

執行期限：90年8月1日~91年7月31日

主持人：陳希立 台灣大學 機械工程學研究所教授

計畫參與人員：黃孝怡 台灣大學 機械工程學研究所博士班研究生

計畫參與人員：王宏傑 台灣大學 機械工程學研究所碩士班研究生

計畫參與人員：王俊仁 台灣大學 機械工程學研究所碩士班研究生

一. 中文內容摘要

本研究利用 BACnet 通訊協定發展一套智慧型能源管理網路。智慧型能源管理網路包括 ACMC 層、BCMS 層和 BACnet 設備層，它們構成了一套資料處理分析決策與能源管理的智慧型網路服務架構。特徵包括：分散式的智慧型管理、資料處理與資料分析能力、階層式的系統架構及具有整合與擴充的能力。在未來智慧型能源管理網路的發展中，可以分為平台技術和應用服務兩方面來研究。就平台技術而言，智慧型能源管理網路可以使用更有效率的平台工具，例如使用 XML，來整合不同層間的資料。就應用服務來說，智慧型能源管理網路可以採用資料庫技術來發展完整有效的商用服務，讓智慧型能源管理網路更自動化。

ABSTRACT

The paper develops an Intelligent Energy Management Network (IEMN) by using BACnet protocol. IEMN consists of ACMC layer, BCMS layer, and BACnet facility layer, which characterize the intelligent network

service architecture for analyzing the decision of the data process and the energy management. It comprises several features such as: distributed intelligent management, ability of data processing and data analysis, hierarchy system, and capability of integration and expansion. In the future development of IEMN, it can be divided into platforms technology and application service. For platform technology, IEMN can use more efficient platform tool, such as XML, to integrate different layer's data. In the case of application service, IEMN can adapt the development of database technology to provide complete and efficient business services, which make the network more automation.

二. 計畫緣由與目的

依據美國 ERII 報告中所示，需求面資源管理的意義為「電業有計畫地從事影響用戶用電時間與數量的一系列活動」，由此可知需求面資源管理係為促進社會資源合理有效使用，所推行協助輔導用戶於適當時間以正確方法使用電能的一系列

措施。需求面資源管理包括負載管理 (Load Management LM) 與需求面管理 (Demand-Side Management DSM)。負載管理的主要目的為降低尖峰負載，負載控制則包括直接負載控制、分散式負載控制、獨立式負載控制。需求面管理的目的為能源效率計畫與用戶服務計畫。主要包括高效率的空調、照明系統的設計與使用，因此針對建築物的空調用電進行有效而且即時的負載管理，是降低尖峰負載，舒緩供電壓力最有效的方法。

為了進行智能化的管理與決策，本文將利用資料庫技術，包括資料倉儲 (Data Warehousing) 與決策支援系統 (Decision Support System) 發展一個適用於建築物空調系統的電力需求面資源管理系統。系統的實體架構為依照 ASHRAE 所發展推廣之 BACnet 作為依據並配合 DDC 架構完成的智慧型控制網路，可以自動偵測大樓空調電力設備並且採取適當節能策略。智慧型分散式網路具有以下的特點：分散式的智慧型處理、具有資料處理分析能力、階層式系統、具有整合與擴充能力。能源管理決策支援系統是一個智慧型的能源服務架構，利用資料庫的分析技術來進行即時的決策與分析，可達到決策自動化和遠端監控管理的目的。

三. 結果與討論

本研究所提的「智慧型能源管理網路 (IEMN)」，除了使用 BACnet 通訊協定來整合各空調設備廠商的不同產品外，並利用遠端連結單元 (RCU) 將

所有空調主機操作資料傳送到建築物監控伺服器 (BCMS) 上作即時監視與基本控制處理，並將資料存入該伺服器內的資料庫內，這部分目前各廠商都已發展成熟，也就前面章節常提到的線上交易處理系統 (OLTP)。此外，將建築物監控伺服器上的操作整理資料傳送到區域控管伺服器 (ACMC)，以資料轉換服務轉入該伺服器內的資料倉儲決策支援系統，並結合動態網頁存取技術提供使用者遠端查詢分析資訊，以增取時效迅速作出反應。

我們將資料倉儲建在區域管理中心 (ACMC) 上。區域內所有建築物監控伺服器將整理好的建築物層級資料定期透過區域網路利用檔案傳輸協定快速傳送到該區域內的區域控管伺服器。在區域控管伺服器上，利用資料轉換服務 (DTS) 將各種來自不同建築物、不同資料格式的檔案匯入到資料倉儲內。資料倉儲除了這種操作性資料外，尚有設定性資料，以及負責管理與分析工作的應用程式，能及時提供可用的資訊，使分析人員可以取得所需的正確統計資訊，作為其管理決策的參考依據。

在區域控管伺服器上除了資料倉儲系統外，為了讓決策者更方便存取分析資訊，因此建置了 Web Server，並利用 ASP 撰寫動態網頁程式結合 ADO 技術連結資料庫與利用 SQL 查詢資料庫資料，讓使用者可以更方便的在任何有網際網路的地方存取分析資訊並可讓使用者就地列印成報表，其方便性不可言喻。

本研究的內容是希望能對現行各廠商的空調設備監控系統作太多改變而作的研究。目前各廠商幾乎都已完

成本研究所述的 BCMS 監控伺服器的大部分功能，即線上資訊處理系統的部分，但在能源管理資料倉儲與決策支援系統的建置方面並沒有任何實際應用。而這部分正是本研究的研究目標，並希望能與現行各廠商的線上交易處理系統整合成一套智慧型能源管理網路，對節能作出貢獻。

在本研究中達成的目標如下所述：

◎區域控管伺服器上能源管理資料庫的建置：

包括以來自線上交易處理系統的操作性資料、各設備的設定性資料與其他管理者設定性資料共同構成一個能源管理資料庫。其中空調設備的操作性資料利用資料轉換服務轉入操作資料表中，如主機操作資料表；其他設定性資料都參考操作性資料表與實際查詢需要而於設計該資料表時，直接輸入該設定性資料，如管理者資料表、建築物資料表、主機資料表等。

◎建立能源管理決策方案

能源管理資料倉儲除了資料庫的資料外，尚包括處理和分析工作的應用程式。透過能源管理資料倉儲的建立，建立了一套知識發現 (Knowledge Discovery in Data KDD) 的過程，讓原本細小繁雜的操作資料變成可用的資訊，甚至建立了節能的決策方案，提供上層決策者作節能策略的建議。在知識發現過程，資料的演進層次越來越高，重要性和價值也越來越高，但資料量卻越來越少。將電力資料分層設計的方式，讓不同階級的使用者可利用不同性質的電力資料或資訊作分工，使得電力資訊的使用更具效益。

除了資料倉儲系統之外，本研究依

據理論與實際數據預先建置了模式庫管理系統，模式庫管理系統內的資料表都是經過事先預算合併過的資料表，資料來源有各主機性能表、能源管理資料倉儲內的資料表等，並配合理論依據與專業知識所完成的。這套系統的功能包括主機性能調控評估、預測評估、故障診斷評估等。而事先建立的這些預算表，可讓查詢更加快速，節省不少運算時的等待時間。

資料倉儲系統及模式庫管理系統並與 Web-Based ASP 使用者介面程式結合，成為一整套能源管理決策資源系統。

◎開發 Web-Based 使用者存取介面：

以 VBScript 語言撰寫 ASP 動態網頁，透過 ADO 技術以 ODBC 驅動程式與 OLE-DB 提供者連結到各種資料貯藏裝置，並以 SQL 語言查詢資料庫資料，再以 HTML 語法列表，讓使用者可透過網頁即時查詢資料庫內的資料。

◎將線上交易處理系統結合能源管理資料倉儲、決策支援系統，與 Web-Based 使用者介面，構成一整套智慧型能源管理網路。使用者可以在任何有網際網路的地方存取相關電力資訊，並直接列印成報表，節省公文往來程序，進一步提昇公司的競爭力。

四. 計畫成果自評

本計畫之研究成果已達目標雛形，未來目標可以朝實作方向發展。

五. 參考文獻

[1]陳文龍，黃佳文“需求面管理與整體資源規劃研究”臺電工程月刊，第 609 期，1999

[2]A.C.W. Wong, A.T.P. So “Building

Automation In The 21st Century,” 4th International Conference on Advances in Power System Control, Operation, and Management APSCOM97, 1997, pp.819-824

[3]T.Derek.J.Clements-Croome,”What do we mean by Intelligent Buildings,” Automation in Construction, Vol.6,1997,pp.395-400

[4]G.Clark,P.Mehta,”Artificial Intelligence and Networking in integrated Building Management Systems,” Automation in Construction, Vol.6,1997,pp.481-498

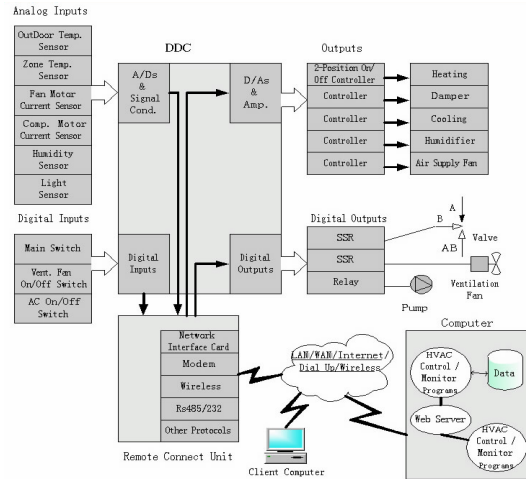


圖 3 Distributed Internet-Based HVAC Control System 架構

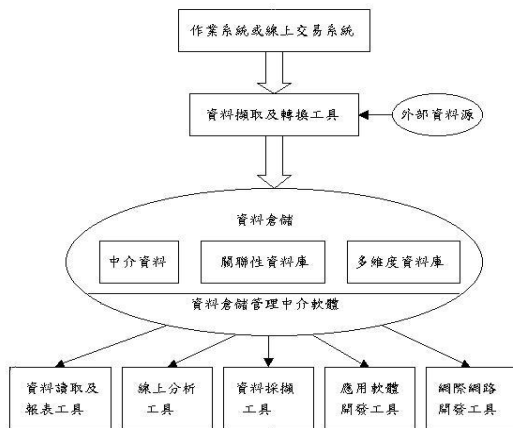


圖 1 資料倉儲邏輯架構圖

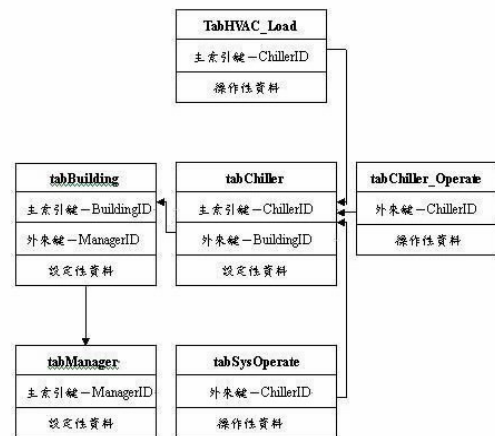


圖 4 各資料表關聯性

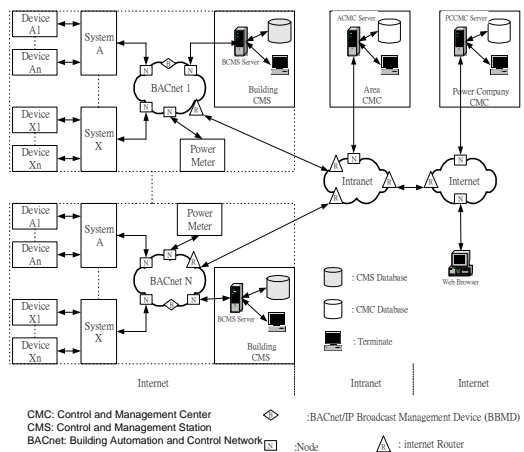


圖 2 網路架構圖

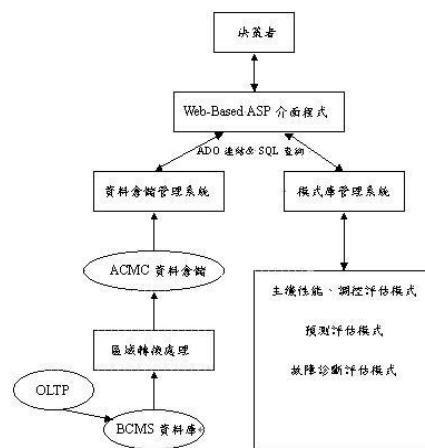


圖 5 能源管理決策支援系統架構

ChillerName	ChillerID	MeasureTime	IceProduce	IRRecycleLWT	IRRecycleRWT	IRRecycle_diff	CurrentSP	CRTR	
1	9khu-01	6	2002/01/18 上午 12:05:01	Off	25	25.7	0.299	100	9
2	9khu-01	6	2002/01/18 下午 04:05:01	Off	25.7	25.4	0.3	100	9
3	9khu-01	6	2002/01/18 上午 12:04:59	Off	25.8	25.7	0.099	100	9
4	9khu-01	6	2002/01/19 下午 12:04:59	Off	25.4	25.3	0.1	100	9
5	9khu-01	6	2002/01/19 下午 04:05:03	Off	25.7	25.4	0.3	100	9
6	9khu-01	6	2002/01/19 上午 04:05:03	Off	25.4	25.3	0.1	100	9
7	9khu-01	6	2002/01/11 上午 04:10:00	Off	25.4	25.2	0.199	100	9
8	9khu-01	6	2002/01/11 上午 12:19:59	Off	25.6	25.4	0.2	100	9
9	9khu-01	6	2002/01/11 上午 04:09:59	Off	24.8	24.6	0.199	100	9

圖 6 歷史資料查詢結果網頁

Chiller1Percent	Chiller2Percent	Chiller3Percent	TotalPowerLoad	TotalAirLoad	
1	75	70	50	665.02	948.72
2	65	65	50	665.62	952.08
3	65	65	65	666.76	950.97
4	55	60	65	667.36	950.84
5	60	60	60	668.07	952.19
6	50	75	75	669.71	949.75
7	70	60	65	669.05	952.46
8	75	45	70	669.13	949.05
9	80	45	65	669.74	947.81
10	60	65	50	669.21	950.52
11	65	65	45	669.68	949.13
12	50	70	60	669.68	949.13
13	45	65	75	669.69	952.13
14	65	60	65	669.32	950.81
15	40	80	65	701.25	949.22
16	65	60	40	701.4	951.819
17	45	60	65	701.72	950.29
18	60	60	55	703.04	952.66

圖 9 滿足空調負載的各種主機運轉比例方案



圖 7 日負載預測畫面

量測值	設定值	檢查結果	
供氣溫度:	19	20	實際溫度小的設定溫度 且溫度仍在增加
冰水溫度:	5.09	5	冰水溫度大的設定值
冰水閥門:	0.18	0.1	冰水閥門位置在低值中

診斷結果:故障!

故障1: 冰水閥門是失效數值故障。 故障2: 控制器不適當的調節。
 故障3: 控制器不適當的調節。 故障4: 冰水閥門位置故障。
 故障5: 冰水閥門管線堵塞。

圖 10 故障診斷評估模式畫面

智慧型建築物 能源管理決策系統

由各主機運轉比例計算總電力負載與空調負載

Chiller1 : 85 %
 Chiller2 : 40 %
 Chiller3 : 75 %

The Total Power Load = 791.81 kW
 The Total Air Load = 1131.42 Ton

圖 8 由主機運轉比例計算總負載