

# 開放性分散式控制網路與網路資料庫於變電站自動化之開發

## Development of Distributed Control Network and Network

## Data Base Technology in Substation Automation

陳鴻誠

H. C. Chen

王孟輝

M. H. Wang

國立勤益技術學院 資訊與電能科技研究所

Institute of Information and Electrical Energy, National Chin-Yi Institute of Technology

### 摘要

本文之研究目的，主要在探討運用區域網路技術及結合變電站設備和監控網路，建立網路開放式運轉資料庫，把複雜的系統網路互連問題簡單化和標準化。藉由整合 LonWorks 網路及乙太網路所架構之變電站監控網路，具有簡化系統安裝時間、提高工作效率、方便系統擴充與嚴謹的網路管理等優點。由於資料庫系統是依資料一致性及共享性原則設計開發，對於後續各功能模組的增加、各子系統的整合提供了堅實的基礎。可以使後續應用程序的開發週期大幅縮短，資訊共享的效率明顯提高，從而便於整個變電站的運轉資訊查詢及電能管理。

**關鍵詞：**變電站自動化、LonWorks網路、關聯式網路資料庫

### Abstract

Substation automation system is a very complicated system. There will be enormous data information need to be processed. Therefore, database system rules as the fundament for substation automation system. By integrating the LonWorks control network and Ethernet data network, this system has shown to provide some benefits, such as reducing commissioning time and simplifying system integration. The aim of this project is to utilize the network relational database technology in the development of database system.

**Keywords:** Substation Automation, LonWorks, Network Relational Database

## 一、前言

變電站自動化技術在目前發展甚快，現在新建的變電站絕大多數都採用了變電站自動化技術，很多老站也在改造。與常規變電站系統相比，通訊是變電站自動化系統的關鍵問題。最初是用 RS-485 匯流排將保護設備連在一起，以主從方式通訊，這種方式較

簡單，但技術上缺陷很多。後來各種現場匯流排技術被引入國內，由於其簡單易用、組網方便、抗干擾能力強，很快被用來構成變電站自動化系統的站內通訊網[1,2]。

變電站的控制網路可分為三個層次：傳感器 致動器匯流排、設備匯流排和現場匯流排。LonWorks 是跨越三個層次的現場匯流排技術。LonWorks 的應用，能使目前變電站自動化中應用最廣泛的分散式控制系統(Distributed Control System, DCS)向未來的現場匯流排控制系統(Fieldbus Control System, FCS)順利移轉[3,4]。更重要的是，LonWorks 匯流排具有開放性、互操作性、分散性、容量大、可靠性高等諸多優點，易於實現客戶伺服器(Client/Server)結構，這與當今基於分層分布的開放式綜合自動化發展趨勢不謀而合，適切的解決了系統結構功能及站內資訊傳輸問題，可以較為滿足變電站綜合自動化高可靠性、高即時性的要求[5-7]。

## 二、研究目的

變電站自動化系統是 90 年代發展起來的多專業綜合技術，是電網運轉管理中的一次變革。它以電腦為基礎，實現了電網變電站現代化管理，從而改變了傳統變電站控制室、保護室的主體結構和值班維護方式，是當代電網發展的必然趨勢。藉由整合 LonWorks 網路及乙太網路所架構之變電站監控網路，具有簡化系統安裝時間、提高工作效率、方便系統擴充與嚴謹的網路管理等優點[4]。本文之研究目的，主要在探討運用區域網路技術及結合變電站設備和監控網路，建立網路開放式運轉資料庫，把複雜的系統網路互連問題簡單化和標準化。由於資料庫系統是依資料一致性及共享性原則設計開發，對於後續各功能模組的增加、各子系統的整合提供了堅實的基礎。可以使後續應用程序的開發週期大幅縮短，資訊共享的效率明顯提高，從而便於整個變電站的運轉資訊查詢及電能管理。

## 三、研究方法

### 3.1 整合 LonWorks 及乙太網的變電站自動化網路

LonWorks 為一種在國外已被廣泛採用，但在國內卻鮮為人知的技術。LonWorks 為一套專用來設計、安裝、診錯及維修的分散式監控網路系統。LonWorks 技術是通用的匯流排 (Universal Bus)，在工業控制系統中可同時應用在感測匯流排(Sensor Bus)、裝置匯流排(Device Bus)、現場匯流排(Field Bus)等，或是其他網路中任何一層匯流排中。LonWorks 技術除了匯流排式網路結構外，用戶亦可以選用任意形式的網路拓撲 (Topology) 結構。而網路的通訊介質亦不受限制，可以是雙絞線 (Twisted Pair)、電力線 (Power Line)、光纖 (Fiber Optics)、無線電 (Radio Frequency)、紅外線 (Infrared) 及同軸電纜 (Coaxial Cable) 等，並可在同一網路中混合使用。

LonWorks 技術是一種 Infranet 的控制系統。所謂 Infranet 是指在網路中控制「事物對象」，而不是指網路中人與人的通信。在 LonWorks 技術中 Infranet 經常會與 Intranet 和 Internet 聯在一起反映一個事實，即應用兩個或更多的網路結合來實現對「事物對象」的控制。LonWorks 系統之現場控制網路包含現場控制節點，而這些節點可為以下兩種：

(1) 直接採用神經元晶片 (NeuronChip) 作為通訊處理器及測控處理器 (2) 基於神經元晶片的主站 (Host Base) 節點、通信介質和通信協定。LonWorks 技術便是集合這樣一個局域操作網路的完整開發平台。

LonWorks 技術包含以下幾個特點：

1. LonWorks 技術的基本元件為神經元晶片，其同時具備了通訊和控制的功能，並且強化了 ISO/OSI 的全部七層通信協議，以及 34 種常見的 I/O 控制對象。
2. 改善了載波偵聽多路訪問方法 (CSMA)，LonWorks 稱之為預測反覆式 (Predictive P-Persistent) CSMA。當網路負載很重時，不會導致網路癱瘓。
3. 網路通信採用了「面向對象」的設計方法，LonWorks 技術將其稱為「網路變量」，使網路通信的設計簡化成參數設計，因此，不但節省了大量的設計工作量，同時也提高了通信的可靠度。
4. LonWorks 技術的通信速度可達 1.25Mbps (有效距離為 130m)。
5. LonWorks 技術一個測控網路上的節點數可達 32000 個。
6. LonWorks 技術的直接通訊距離可以達 2700m。

本研究所提出整合 LonWorks 及乙太網的變電站自動化網路結構如圖 1 所示，此架構以對象導向的觀點，將包含完備的保護和監控功能的每一個間隔單元作為一個或多個 LonWorks 節點，以此劃分，間隔級通信節點數目一般小於 32 個；網路拓模結構傾向於採用網路中各節點都平等 (Peer to Peer) 的結構，例如匯流排網路，每一個節點都可以同網上任一其他節點直接通信，因此便於提供 LON 服務和節點重配置，也容易施工。不平等的網路，例如星形網路，只能有一個主站，從而形成瓶頸，並且靈活性大大減低。匯流排網路 (即介質共享型網路) 主要有兩種標準規約：IEEE802.3 載波偵聽多路訪問及衝撞檢測方法 (CSMA/CD) 及 IEEE802.4 令牌匯流排 (Token Bus) 方式。

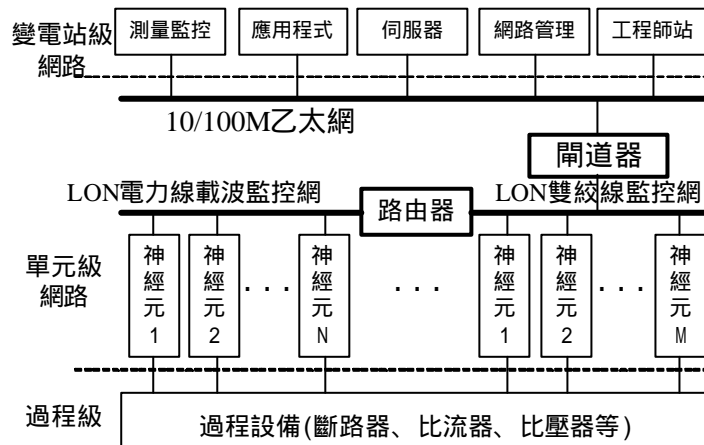


圖 1 整合 LonWorks 及乙太網的變電站自動化網路結構

### 3.2 網路管理系統

單元級網路以及系統中測量監控主機、應用程式主機、資料庫伺服器、網路管理主機及工程師站間的通信由變電站級網路完成。該層資訊傳輸量較大，不僅要傳遞監控、保護資訊，還要傳遞電力參數、記錄及其他安全自動裝置的資訊。LON 網速率較低 (最

高 1Mbit/s ), 不適用於該網通訊。為保證即時性和可靠性, 可選用基於 TCP/IP 的 IEEE802.3 標準 10/100 Mbit/s 的乙太網, 可方便地接入 Internet 網和上級 MIS 網。

雖然該層資訊傳輸量大, 但通信節點較少, 並且在拓樸上採用星形連接及交換式 Hub。交換式 Hub 提供數據緩衝及具有確定接收數據的功能, 使數據衝撞及重發機會最小化; 另外, 改進的通信協議有效地克服了 TCP/IP 中的緩衝器滿載發送及衝撞控制中的允許遺失封包等缺點, 通信的可靠性和即時性可得到保證。其中網路管理伺服器所負責工作如下 [8,9]:

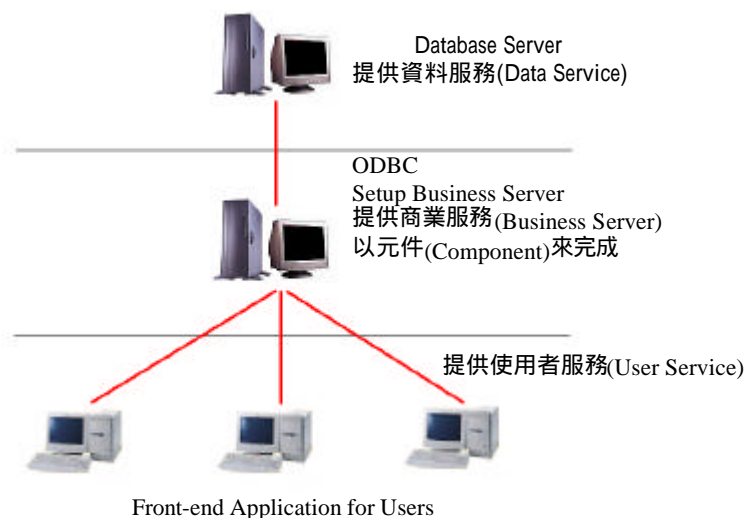
- 1、 網路設備安裝、更換等。
- 2、 網路連結建立。
- 3、 網路監視。
- 4、 網路維護。

上述為網路管理伺服器所負責工作。另外應用程式電腦所負責工作包括:

- 1、 定期或不定期電表資料的收集。
- 2、 特定設備的資料監看與控制。
- 3、 電表參數的設定與更改。
- 4、 資料庫資料的存取與運算。
- 5、 不同時段電費計算與電費單列印。

### 3.3 網路資料庫

由於本系統採用網路資料庫, 於是依據系統大小可有多台應用電腦同時運作, 不同應用則有不同的權限, 此時由一台伺服器負責管理。目前所用資料庫採用 MS SQL Server, 而資料庫結構為三層式架構 [9-11], 而瀏覽器與 Web Server 之間的通訊協定為 HTTP, 其架構如圖二所示。此結構有維護方便、更改容易等優點, 利用 SQL Server 配合以 VB 寫成的應用程式進行資料庫的管理與應用。

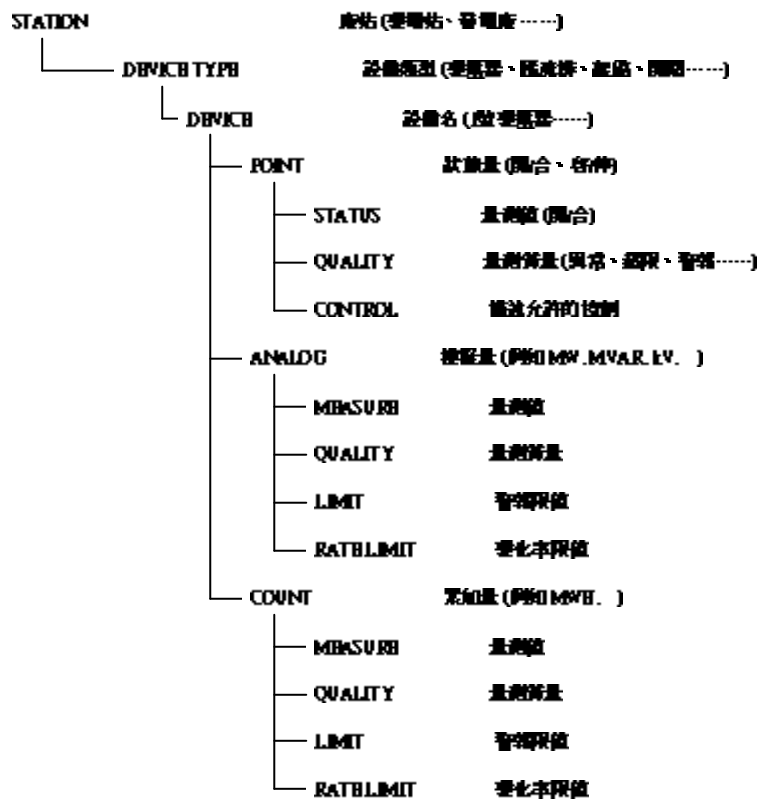


圖二 三層式變電站網路資料庫架構

變電站自動化資料庫主要面對兩個部份：量測對象(變電站)和遠程終端裝置。相應的資料庫按照變電站結構和遠程終端結構定義數據，前者用於調度員監視變電站的狀態，後者用於自動化人員監視遠程終端系統的工作狀態。必要的話還可以補充通信結構的數據，以便從計算機的角度描述數據通信。

### 3.3.1 變電站紀錄

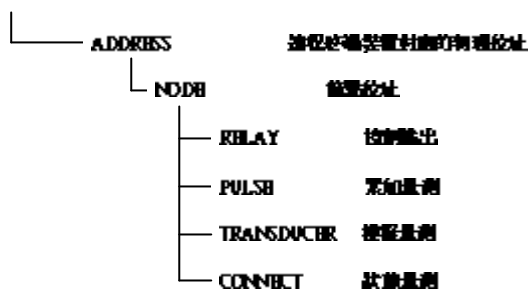
用於定義系統元件及其量測設備，這是以各變電站為頂點的層次型資料結構，如圖三所示。在變電站名的底下分類排列各種電氣設備(例如：變壓器、匯流排、線路、開關等)，在每一電氣設備下再設三種量測類型：狀態量、模擬量和累加量；在每一量測量下，再進一步描述量測值、量測質量、控制狀態和報警狀態等。變電站紀錄使調度員很方便按變電站找到電氣設備，再在設備上找到量測裝置，並能知道量測的可用狀態，從可用的量測觀測到系統狀態，還可以從遠程終端裝置控制電氣設備。



圖三 變電站資料庫結構

### 3.3.2 遠程終端紀錄

用於描述資料接收系統，這是以各個遠程終端裝置為頂點，分層次產生遠程終端接線表，並建立遙測數據(輸入和輸出)與變電站相關紀錄的關聯。資料庫中遠程終端裝置的結構分類別定義，因為不同類型的遠程終端裝置描述的方式(位址和接線箱)是不同的。變電站自動化資料庫中遠程終端紀錄的層次關係示於圖四。



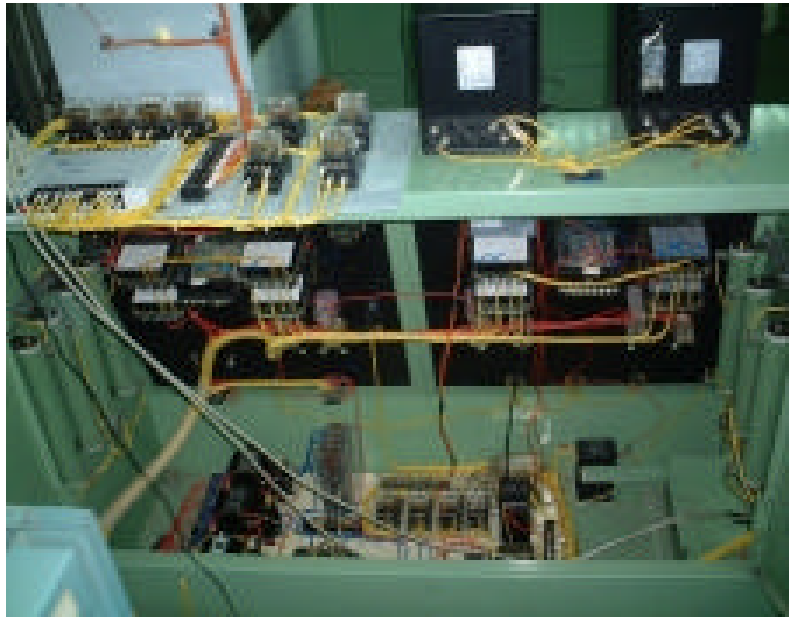
圖四 變電站資料庫中遠程終端資料結構

### 四、結果與討論

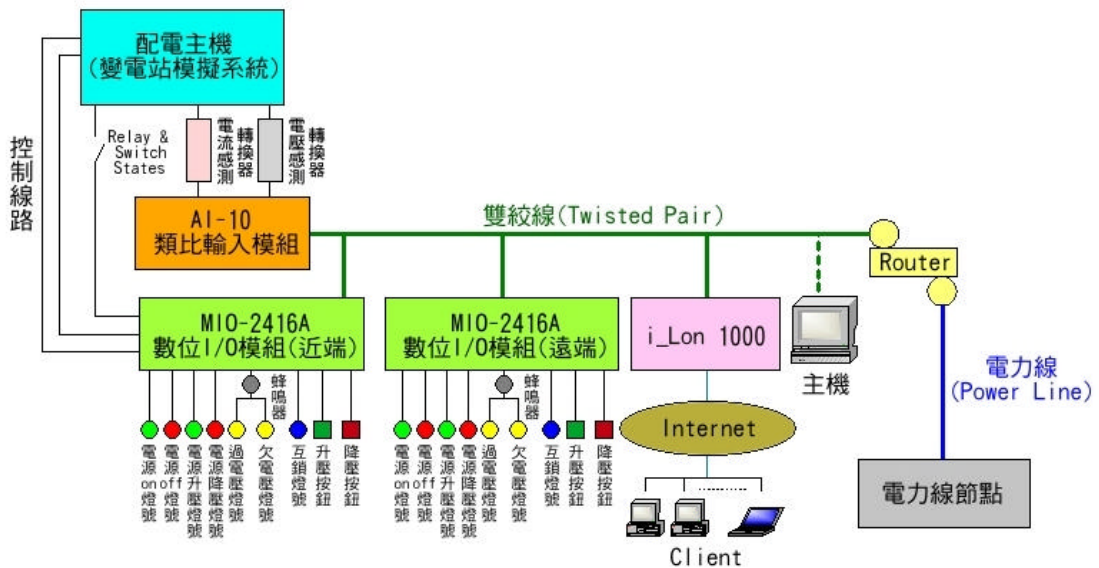
圖五及圖六所示分別是本研究在實驗室中初步研發架設完成之變電站模擬系統外觀及內部接線圖。經現場測試分析證明，基於 LonWorks 的變電站自動化系統結構滿足對通訊的高可靠性、靈活性和即時性的要求。圖七所示是變電站模擬系統的控制網路，通訊傳輸幹線採用雙絞線，電力線通訊媒介訊號經路由器與雙絞線幹線連接，雙絞線幹線訊息再經閘道器連入 Internet 區域網路。



圖五 變電站模擬系統外觀圖



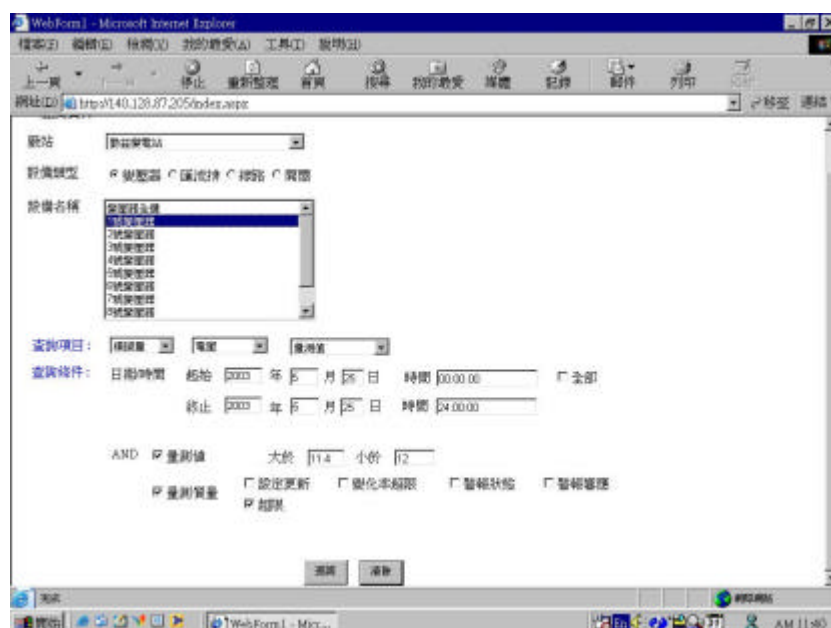
圖六 變電站模擬系統內部接線圖



圖七 變電站模擬系統的控制網路

LonWorks 匯流排具有開放性、互操作性、分散性、容量大、可靠性高等諸多優點，易於實現客戶 伺服器(Client/Sever)結構，這與當今基於分層分布的開放式綜合自動化發展趨勢不謀而合，適切的解決了系統結構功能及站內資訊傳輸問題，可以較為滿足變電站綜合自動化高可靠性、高即時性的要求。藉由整合 LonWorks 網路及乙太網路所架構之變電站監控網路，具有簡化系統安裝時間、提高工作效率、方便系統擴充與嚴謹的網路管理等優點。圖八是結合變電站設備和監控網路所建立網路開放式運轉資料庫的網

路查詢畫面，整個系統透過區域網路連結來傳遞資料，此結構具有維護方便及更改容易等優點。



圖八 網路開放式運轉資料庫的網路查詢畫面

## 五、結論

資訊管理技術在最近幾年間已經產生巨大的變革，無論硬體或軟體設備皆以指數型態成長，通訊設備更可讓我們處理、傳輸、儲存許多年前無法處理的大量資料。網際網路驚人的成長速度，已經讓我們在應用上不需再考慮距離和位置的問題，可以對所需要的資料進行存取。雖然這些先進的技術已全面進入我們的家庭和工作場所，但卻很少被運用在變電站設備上。本研究已順利整合區域網路技術及變電站設備和監控網路，並建立網路開放式運轉資料庫，把複雜的系統網路互連問題簡單化和標準化。本研究在所有技術自行掌握的情形之下，已於實驗室建立一套小型的變電站自動化系統，自動化網路結構按分層、分級、開放式系統的構成原則，共分為過程級、單元級網路、變電站級網路等三層。透過控制網路與區域網路完成變電站自動化之目標。

變電站級內架設有網路資料庫伺服器，允許多台電腦同時運作，不同的應用設定不同的權限。資料庫結構採三層主從式資料庫型式，即包括 Web 瀏覽器、Web 服務層及資料服務層，整個系統透過區域網路連結來傳遞資料，此結構具有維護方便及更改容易等優點。變電站自動化資料庫系統既要滿足資料一致性和共用性，又要滿足變電站自動化對資料即時性的特殊要求，因此本研究中資料庫系統的開發擬採大型商用資料庫系統及自行開發兩種方式結合，即時資訊採用自行開發的即時資料庫，而大量歷史資料採用由大型商用資料庫開發的歷史資料庫。即時資料庫由目前常用的 NT 環境下的 VB 開發，即時資料庫長駐伺服器及各工作站內，由即時資料庫管理系統完成其即時資料同步更



新；歷史資料庫採用性能優越的 NT 環境下的 SQL Server 大型資料庫系統。

應用程式主要也以 VB 語言完成，以管理變電站監控網路內所有的裝置。此管理程式主要是將不同用途的裝置，歸類於不同的次網路與通道，如此不但便於管理，資料傳輸也較有效率。此外，此網路管理系統可容許不同公司各種新產品裝置或工具加入網路系統，同時進行安裝、維護、監控系統元件之工作。可以使後續應用程序的開發週期大幅縮短，資訊共享的效率明顯提高，從而便於整個變電站的電能管理。

## 六、誌謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會專題研究計畫 NSC 91 - 2213 - E - 167 - 012 經費贊助，特此致謝。

## 參考文獻

- [1] C. W. Newton, "Communications Infrastructure and Substation Automation Communications Planning Issues," IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, Vol. 1, pp.589-590, 2000.
- [2] J. Pinto De Sa and M. Conde, "Performance Issues in Integrated Control and Protection Systems for Substations," 14th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, Part 1: Contributions, Vol. 4, pp.1-17/5, 1997.
- [3] R. Yanming; Q. Lijun; and Y. Qixun, "A New RTU Based on LonWorks Technique Used in the Integrated Automation Substation System," International Conference on Power System Technology, Vol. 1, pp.72-75, 1998.
- [4] W. E. Kozlowski and O. Vahamaki, "LONWorks Technology Based Experimental Communication System for Power Substation Automation," Half Day Colloquium on Methods of Substation Automation, pp.3/1-3/15, 1996.
- [5] H. Shahnasser and Q. Wang, "Controlling Industrial Devices over TCP/IP by Using LonWorks," IEEE Global Telecommunications Conference, Vol. 2, pp.1309-1314, 1998.
- [6] O. J. Vahamaki, A. J. Allen, and J. T. Gaff, "High Speed Peer-to-Peer Communication System for Integrated Protection and Control in Distribution Networks," Sixth International Conference on Developments in Power System Protection, pp.243-246, 1997.
- [7] P. Palensky, D. Dietrich, R. Posta, and H. Reiter, "Demand Side Management in Private Homes by Using LonWorks," IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, pp.341-347, 1997.
- [8] 蒲冠志、陳以彥、許炎豐、林建廷，"開放性分散式網路與網路資料庫於用戶服務自動化之開發(I-系統規劃)"，中華民國第二十屆電力工程研討會論文集，第 898~903 頁，台灣大學，中華民國八十八年十一月。

- [9] 蒲冠志、陳以彥、許炎豐、林建廷，“雙向通訊監控網路於用戶服務自示範系統之建立”，中華民國第二十一屆電力工程研討會論文集，第 1344~1348 頁，台灣電力公司，中華民國八十九年十一月。
- [10] D. Proudfoot and D. Taylor, “How to Turn a Substation into a Database Server,” IEEE Computer Applications in Power, Vol. 12, No. 2, pp.29-35, April 1999.
- [11] “*Implementing a Database Design on Microsoft SQL Sever 5.5*”, Microsoft Education and Certification.