

捷運電力遙控系統擴充整合性及未來發展之實務探討

林 枏

摘 要

電力遙控系統 (PRC, Power Remote Control System) 亦可稱為配電自動化 SCADA (Distributed Supervisory Control And Data Acquisition) 系統，主要是藉由中央電腦監控系統、通訊傳輸系統及現場工作站 (RTU, Remote Terminal Unit) 等相關之監控設施對於遠端現場之電力設備進行即時監視及控制，以期使得捷運供電系統能夠提供安全、快速、穩定及可靠之服務品質。

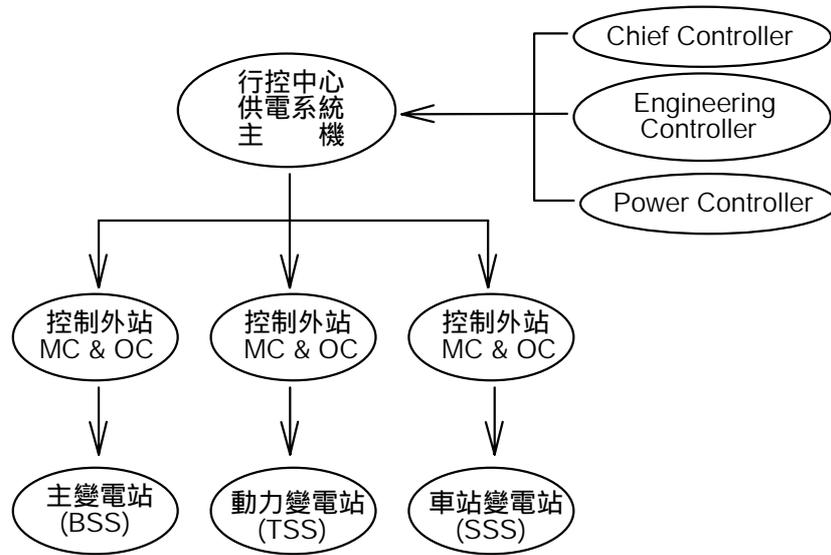
關鍵詞：PRC，電力遙控系統、SCADA、開放式架構、RTU、TCI、MMI

一、前言

在現代的社會中，由於城市交通運量每年都在急速的成長，因此每個城市都在尋求一個安全、穩定並且能夠提供高運量運輸的工具來解決這個難題，而捷運系統就是改善交通運量的重要方式之一。但是捷運系統的營運正常與否，則是取決於背後龐大的各種複雜而且精密的子系統是否能夠正常運轉；而電力系統則維繫著所有捷運系統的正常運作，因此為確保供電系統運作的可靠性、安全性及電力設備之間的彈性調度，必須依賴電力遙控系統自動化的監控，以降低人為操作疏失的可能性至最低；因此電力監控系統的設計必須包含各項相關電力控制設備、電力系統邏輯保護、系統操作安全理念、系統危險分析、通訊及電腦硬體、韌體和軟體設計等概念及專業技術，方能妥善運用於供電系統之監控。目前台北捷運重運量之供電系統是由兩套不同的供電系統所組成（淡水、新店及中和線之西門子 PRC 系統與板南及土城線之明電舍 PRC 系統），而西門子原有較老舊的 PRC 系統（SICOMP M56）由於去年 917 納莉風災造成部份設備受損，因而順勢更換為新型的 VICOS P500 電力遙控系統，本文將對於現有兩套並行之系統進行未來路網擴充時之探討，並檢視在此雙系統併行運轉之狀況下，未來執行合約面時可能發生情況之預估，並提出發展之方向。

二、現行初期捷運路網供電系統之電力遙控系統架構介紹

電力遙控系統亦可稱為配電自動化 SCADA 系統（圖一，圖二）。主要是藉由使用者透過人機界面（MMI, Man Machine Interface）操作中央電腦監控系統，通過通訊傳輸界面系統傳遞命令及訊號，對於現場工作站之可程式控制器及其他數位、類比之輸出入設備，以快速、安全、可靠的方式對各個 161KV 主變電站、22KV 車站變電站、牽引動力變電站等系統之斷路器、開關、變壓器、整流設備、保護設備、電池設備、緊急跳脫站及緊急發電機等相關之設施進行即時監視及控制，以期使得捷運供電系統能以最安全、穩定及可靠之品質服務乘客大眾。現在兩套並行運轉的電力遙控系統，在系統架構上均採用開放式系統架構設計（Open System Architecture Concept），開放式系統架構意指依循此概念設計之電腦系統，是屬於正規且在業界通用的界面標準為基礎的電腦通訊整合應用環境，而在此環境下開發出來的軟體系統，均具有高度的可攜性、可維修性以及系統之間的互通性，而且在此架構下的軟硬體，可以選擇不同品牌但相同功能的硬體來相互取代，因此未來在硬體升級部份或者進行維護時將可降低備品採購成本，也有較大彈性的升級空間。而在整個電力遙控系統軟體架構上，基於捷運公司使用者對於電力監控方式依循原有的操作模式及習性，因此在兩套系統的各項功能訴求，基本架構上都是大同小異的，故除了主要架構外，本文僅針對兩套系統中較具特色之概念進行介紹。



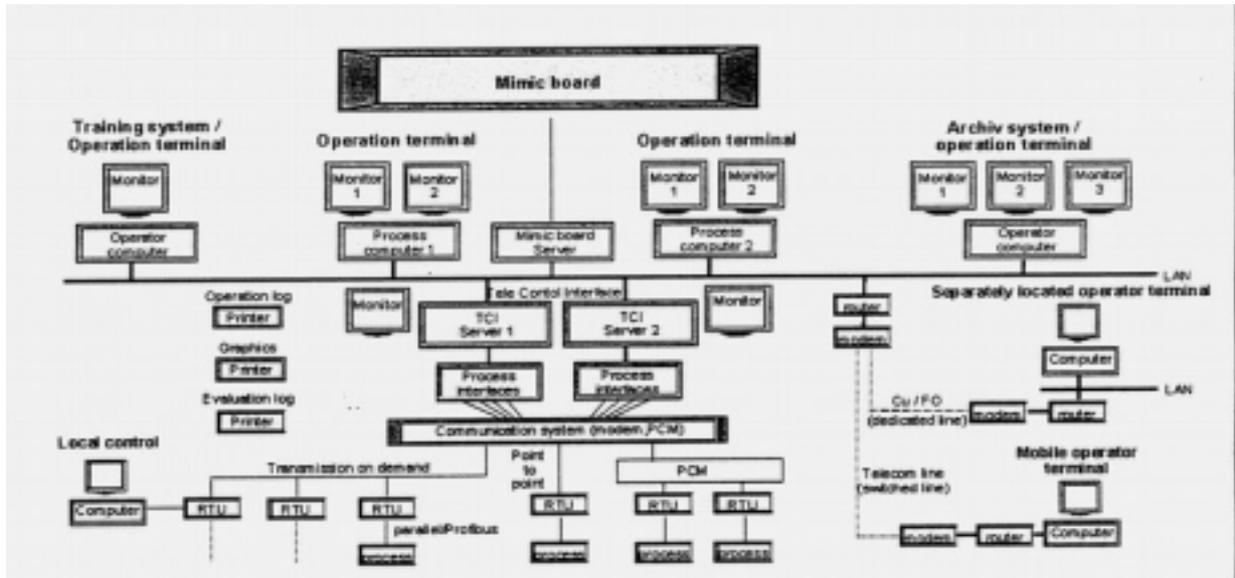
圖一、電力遙控示意圖



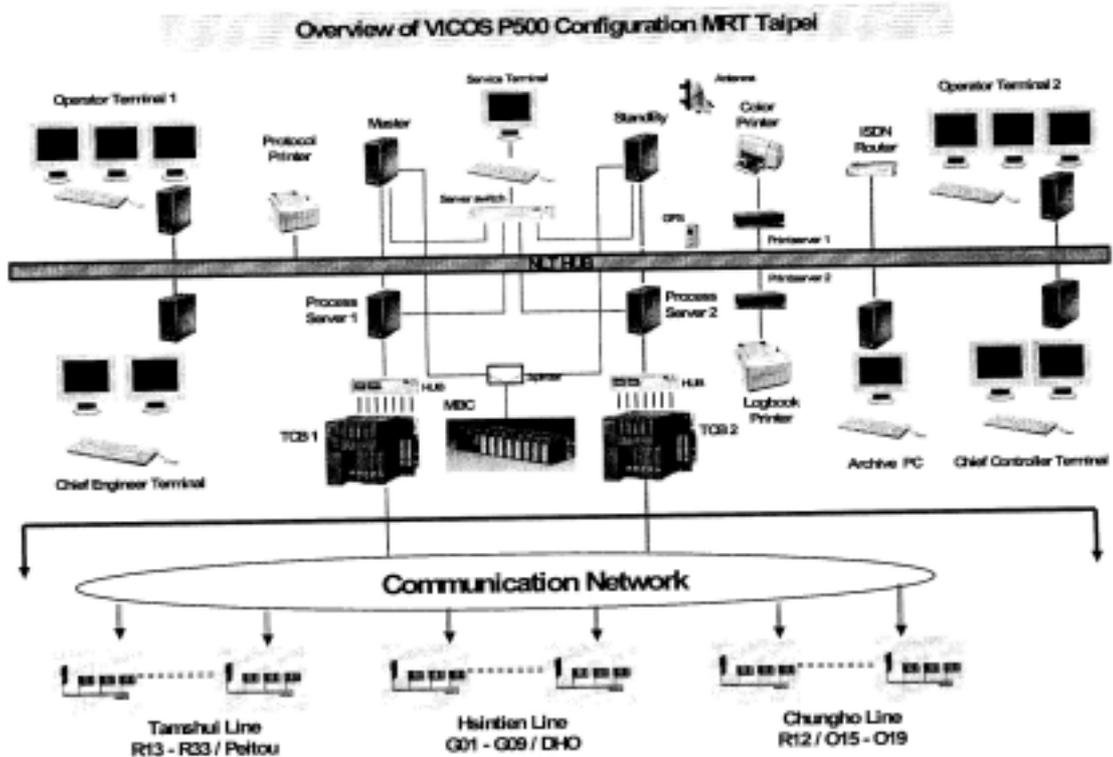
圖二、電腦遙控系統資料及指令流向示意圖

西門子電力遙控系統架構：

西門子目前提供的這套 VISCOS P500 電力遙控系統(圖三及圖三之一)正是他們的主力產品，由於屬於物件導向的系統架構，因此可以提供使用者更方便以及更具彈性的操作空間，而這個特點亦可讓這套系統在未來可以隨時依據使用者需求增加新的操控功能以及系統擴充的能力。



圖三、VICOS-P500 系統標準架構圖



圖三之一、VICOS-P500 台北捷運系統架構圖

目前由於捷運公司要求保留舊系統，因此未來將會有兩套西門子設備同時監看相同的捷運路網，但是控制權仍然交由新的系統進行監控，也只有在新系統（VICOS-P500）故障或停機的狀況下方由舊系統（SICOMP-M56）接手進行監控。（圖四）



圖四、過渡時期新舊設備混合擺設（下方為新設備）

硬體部份：

- ×主機伺服器組（Master/Standby Computer）：所有的線上運轉資料、量測數值均存於這兩台主機中。（圖五）
- ×檔案伺服器（Archive Computer）：所有運轉事件均由主機伺服器轉存於此，內含資料庫，可用以編輯並分析運轉資料。（圖六）
- (i)操作者工作站（Operator Workstation）：可分由電力控制員、工程控制員及主任控制員對電力遙控系統進行現場的操作或者監看。
- (ii)監視器：為 21 吋 TFT - LCD 彩色液晶螢幕，解析度 1024 X 768。
- (iii)網路：利用乙太網路（Ethernet LAN）連接所有的相關設備（Master, Standby, archive computer, TCI Server and Operator Workstation）。
- (iv)印表機：提供三台印表機，（一台雷射彩色印表機可以列印彩色畫面及分析資料，一台 A3 噴墨式印表機列印平常 logbook 報表，一台小型噴墨印表機則列印普通文件）
- (v)遠端控制界面（TCI）：TCI 硬體架構基本上是以新式的 Simatic S7 控制器為基礎，可由不同的通訊界面卡加上電力供應單元組合而成，為行控主機與各車站 RTU 連絡的界面（圖七，圖八）
- (vi)遠端控制板（TCB）：每塊板含有 7 個 channels 可連結 7 個 RTU。
- (vii) Adapter Panel（AP）：主要功能用來連結 redundant TCB。
- (viii) Rack Coding Board（RCB）：用來設定次機架的 TCP/IP 位置（Address）

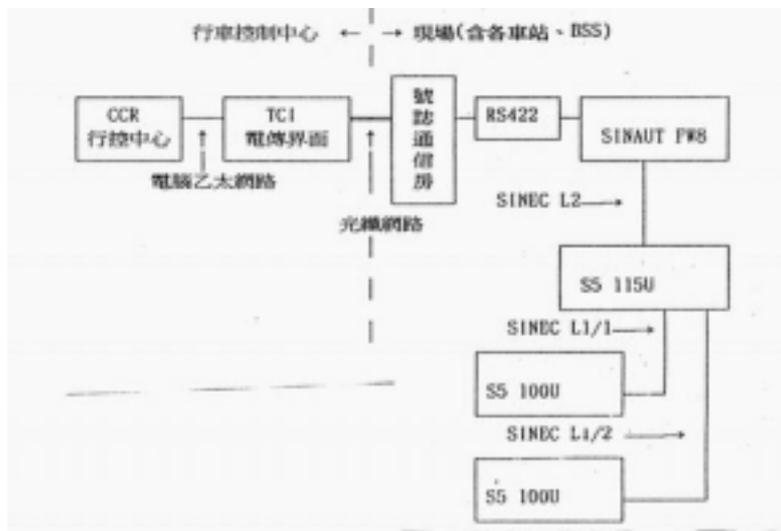
- (×) Telecontrol Subrack (TCR): (圖九) 遠端控制次機架 (Subrack) 是用來安裝 TCB 及 RCB 模組的機架(依據不同大小的次機架可以安裝 6 或 14 組 TCB 模組)
- [「 Remote Telecontrol Unit (RTU): (圖十) 遠端控制單元, 安裝於車站現場, 主要為收集各供電設備之狀態資料, 並處理執行行控中心傳來之指令
- 」] MBC (Mimic Board Controller, 圖十一), 主要提供三軌送電訊號給號誌標設備使用, 使號誌標大型 Mimic 面板能將訊號正確顯示。



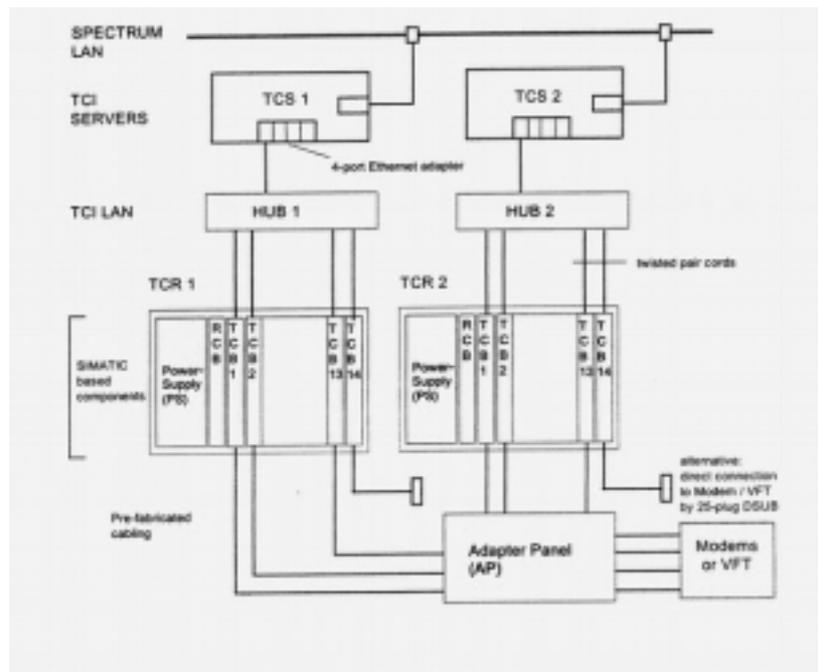
圖五、主機 (另一台尚未裝入) 及兩組 TCI 伺服器 (上方兩台)



圖六、檔案伺服器 (Archive Computer)



圖七、行控中心透過 TCI 與現場通信基本架構圖



圖八、TCI 傳輸界面設備示意圖



圖九、TCR 設備



圖十、西門子新型遠端控制單元 VICOS RTU Simatic S7 300



圖十一、下方中間部份為供電系統與號誌標的界面 MBC (Mimic Board Controller)

軟體部份：

- ×西門子在軟體部份是採用開放式架構 32bit 多工視窗系統 Windows NT 作業系統，其多工的特性可讓系統操作者同時參考多方面資訊而對於操作情況做出最佳的判斷。而其系統本身編輯器由於採用物件導向程式設計，因此可以針對供電系統一些特別的操控需求進行設計（圖十二），系統本身支援六國語言（不過目前臺北的捷運系統還是用英文版，尚未改成中文版）。
- ×在開關批次執行（Switching Sequences）功能上，P500 系統提供一組彈性控制元件可自由組成一系列的命令組合去自動處理例行性開關工作或者更複雜的開關命令的操作。
 - (i) 內含省電功能可以讓 P500 系統經由既設狀況觸發開關批次執行功能，自動切離不必要的負載以節省能源。
 - (ii) P500 每台主機及工作站均內含訓練系統功能，無需額外的資料輸入即可模擬系統程式的運轉，其可提供操作者模擬狀況發生時處理的經驗，並可藉以了解系統的運作情形。
 - (iii) 遠端工作（Telework）功能可以讓 LAN 系統以外的使用者經由通訊網路在行控中心以外的地方對 P500 系統進行監控；如有系統故障情形，亦可藉此管道讓西門子工程師直接進入系統進行錯誤分析及技術支援。
 - (iv) 視窗導向的人機界面，可以讓操作者操作視窗自由分配到最多四個螢幕（多螢幕工作站）的任何位置，以利於了解各個現場複雜的連鎖關係。
 - (v) 彈出式菜單（pop-up menus），當操作者選擇畫面中可操作的設備時，將會顯示可執行指令的菜單（例如 ON/OFF, Set/Cancel, Command lock/Message lock..等各項指令），以利操作者可以快速選擇所要之指令。
 - (vi) Network Topology Function 此功能可在任何時間用來指示 Busbar 的電壓狀態，可以藉由操作各設備之饋線而自動偵測電壓狀態的改變（無須再利用電壓訊號電驛來偵測指示，而此電驛將被用來 Topological Calculation）。



圖十二、新的淡水新店線 PRC 畫面盡量做到與舊有畫面相同，以避免操作上困擾

°F明電舍電力遙控系統系統架構：

硬體部份：(圖十三)

×主機 (Host Computer Cabinet)：包含雙重 (Redundant) 主機 (兩組 DEC Alpha Server 1000A 5/333) 主要工作為處理由現場傳回的即時資料及歷史資料 (Historical Data) 及分享硬碟盒 (Shared Disk Storage Box, DEC BA356 Storage Works)，主要為儲存兩台主機的歷史資料。

×乙太集線器 (Ethernet Hub)：提供兩組 DEC DECRepeater 90T-16，利用 TCP/IP 通訊協定連結行控中心之電腦設備 (10Mbps 傳輸速度)。

(i)通訊伺服器 (Communication Server)：提供三組 XYPLEX MAXserver 1640，一組伺服器負責與 Mimic Panel I/F 連結通訊。

(ii)轉換單元 (Changeover Unit)：提供 21 組設備，用來作為雙重 (Dual) 通訊伺服器與單一的 EIA RS422 終端盒 (Terminal Box) 的界面

(iii)RS232/422 轉換器 (Converter)：提供 21 組 Black BOX IC108，介於 Changeover Unit 及 EIA RS422 終端盒 (Terminal Box) 之間，用來轉換 RS232/RS422 訊號。

(iv)通訊協定轉換器 (Protocol Converter)：提供一組轉換器安裝在行控中心，用來轉換西門子在 G11 站 RMU 設備訊號 (SINUAT 8FW 通訊協定) 成為明電舍可接受的訊號 (Series V 通訊協定)。

(v)不斷電系統 (UPS)：提供一組 Phoenix TEC 1132 不斷電系統，在行控中心斷電情形下，可提供電力遙控系統超過 120 分鐘的電力供緊急操作之用。

(vi)工作站 (Workstation)：為 DEC AlphaSTation 255/300，提供三組工作站，分別供電力控制員、工程控制員及主任控制員控制及監看之用。

(vii)報表編輯電腦：提供一台 DEC Digital PC3100 6200K (windows95 作業系統)，明電舍用來作為第二資料備份系統，主要是將主電腦的歷史資料 (AI, PCI, Event) 轉存入編輯電腦。

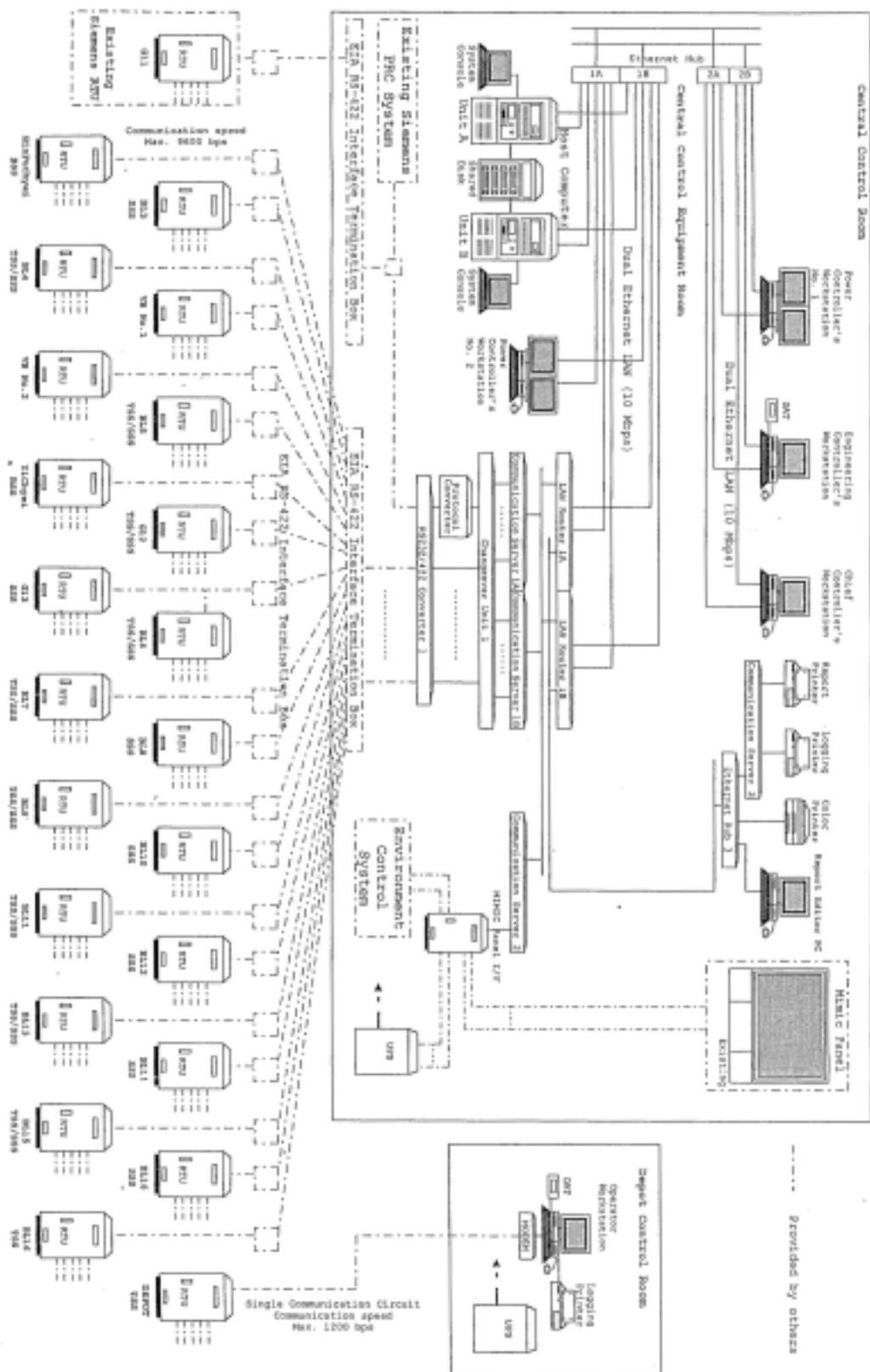
(viii)印表機：提供兩台點矩陣印表機 DEC LA400 供列印即時狀況資料 (Logging Printer) 及一台彩色雷表機 Tektronix Phaser 350 供列印控制工作站顯示畫面之用。

(x)Mimic Panel I/F：提供一組 MEIDENSHA Meisvy RTU3200 作為與號誌顯示板顯示界面，提供 DC 三軌送電狀況訊號至號誌的 mimic panel 板上顯示，共提供 48 個乾接點 (dry-contact DO) 供 mimic panel 使用，2 個乾接點供 ECS (環控系統) 使用。

[Γ RTU (Remote Terminal Unit, MEISVY-RTU3200)：供提供 58 組設備，包含一處理資料及主要通訊功能之微處理器基板模組、數位輸出模組、數位輸入模組、類比輸入模組、I/O 轉換模組、電源供應器及附帶配件，主要是裝置在主變電站、牽引動力變電站、車站變電站，可控制及監看現場各個供電設備並收集相關量測資料 (數位及類比訊號) 送回行控中心。



System Configuration of PRC for TMRPS NANKANG-PANCHIAO LINE PROJECT



圖十三、明電舍 MEISCADA 64op 系統架構



圖十四、行控中心明電舍電力遙控設備全覽（照片後方左手邊第一第二機櫃為系統主機，右方機櫃則放置 GPS、TCI Server、通訊協定 Converter 及網路 hub）

軟體部份：

× MEISCADA 64op 是採用 Digital Unix 為作業系統，這套作業系統是由開放式軟體基金會（Open Software Foundation, OSF）及 X/Open 授權之國際性標準的 UNIX 作業系統。

× 應用程式則區分為三個子系統 CMX, XOS, XIS（圖十五、圖十六）

CMX（Control & Measurement eXecutive）

控制及量測程式，包含一個即時資料庫（Real-Time database）以及一組套裝程式可執行收集資料、檢查警示狀況、量測值、驅動設備、並提供儲存空間保存現在訊息以及讓使用者可下命令至現場設備。此資料庫與套裝程式統稱為伺服器（Server）。由於 CMX 與現場 RTU 溝通訊息（發出命令及收集現場設備訊息），在軟體之處理過程中均使用到 CMX 程式，故 CMX 可視為工作站之一部份。

XOS（X-Windows based Operator Station software）

XOS 程式提供在操作 MEISCADA 64op 系統時螢幕顯示之視窗型態，此子系統為 MEISCADA 64op 的一部份，讓使用者可藉由此界面與 MEISCADA 64op 其餘部份溝通。XOS 子系統包含工作站、彈出式視窗（Pop-up Windows）及滑

鼠控制命令界面。

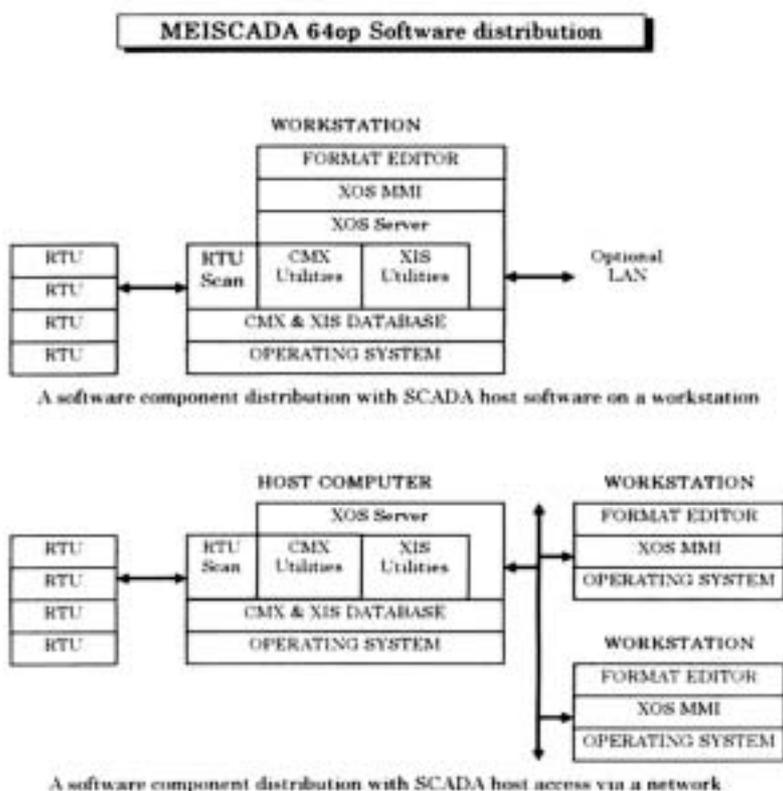
XIS (eXtended Information System)

XIS 為一個關聯式資料庫 (Relational database) 提供儲存空間存放先前系統操作之資料 (Historical data), 並且提供將此資料轉成報告之能力, XIS 亦常駐於電腦中, 其連接到 CMX, 以便收集目前的訊息並儲存之。

- (i) XOS 是明電舍 MEISCADA 64op 的人機界面, 操作者利用 XOS 的 pop-up (彈出式) 視窗、新式滑鼠控制指令界面等最新功能來快速的操作系統。另內含編輯器, 使用者可以據以編輯修改更能符合現狀的動態視窗。
- (ii) Tagging 功能, 此功能允許對於現場的電器設備掛上禁制標籤, 通常是使用在當操作者將現場的設備開關盤打開後 (open) 讓現場技術人員進行維護工作, 為避免他人無故將該開關再行投入, 可以將此開關掛上禁制標籤 (tagging), 以保護現場工作人員的安全。



圖十五、明電舍軟體架構示意圖



圖十六、明電舍 PRC 設備內含軟體配置示意圖

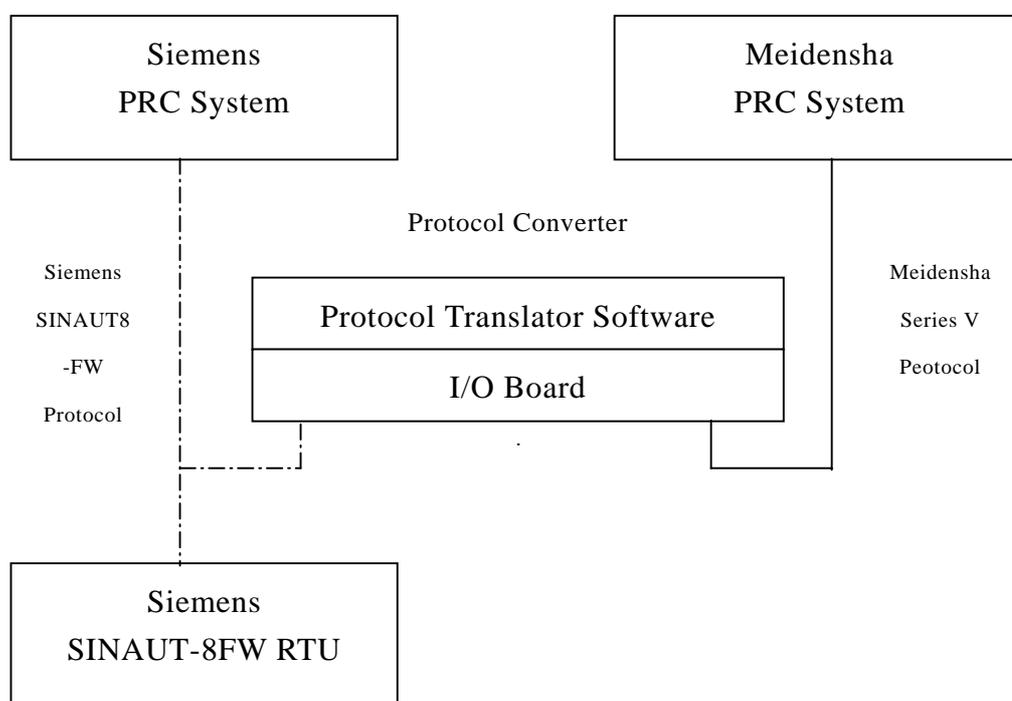
下表為西門子及明電舍的 PRC 主機架構簡單比較表。

表一、西門子與明電舍 PRC 系統架構比較表

軟、硬體設備項目	淡水、新店、中和線	南港、板橋、土城線
主機之中央處理器	Intel Processor 1.7G	DEC 64 Bit RISC CPU (Clock speed 333MHz)
工作站之處理器	Intel Processor 1.7G	DEC 64 Bit RISC CPU
網路架構	Ethernet with TCP/IP Protocol	Ethernet(IEEE802.3) with TCP/IP Protocol
檔案傳輸通訊協定	FTP	FTP (File Transfer Protocol)
與 RTU 之間的通訊協定	IEC 60870-5-101 SINAUT8-FW protocols	and Series V
資料庫	Borland 物件導向資料庫	SQL(Structured Query Language) Server
使用者人機界面	User-friendly,物件導向	OSF (Open Software Foundation) / Motif Graphical User Interface
作業系統	Windows NT	UNIX
程式語言	C/C++ Programming Language	C / C++ Programming Language
系統時間	GPS(Global Positioning System)	GPS supported by satellite

三、系統擴充性及整合之探討

本局對於電力遙控系統的擴充性都訂有相關合約，例如 C303 標合約特別技術條款『PTS.16.3.1 電力遙控系統應該依據淡水線及新店線對於控制及監看點（Control/Indication）之需求加上至少 15% 的備用容量（Spare Capacity）』，而後續路網在訂定合約時也皆依循此原則訂約。但是對於整合方面的合約僅有在 CN333/CP343 合約特別技術條款『PTS.11.10.4 應提供遙控、監視與警告訊息顯示，並接線至 G11 外站錯線盤（outstation marshalling cubicle），透過 G12 外站與行控中心做資料傳送。承商須以監視既設 G11SSS 來驗證與既設 RTU 之通訊能力』，這段合約內容是指 CN333 承商（明電舍）需證明可以轉換 C303 承商（西門子）設備的通訊協定（SINAUT 8FW 通訊協定）成為他們自己的通訊協定（Series V 通訊協定）並顯示在 CN333 的電腦系統中監看（圖十七）。



圖十七、明電舍轉換西門子的通訊協定示意圖

℃系統擴充性（表二、表三）

目前的兩套系統由於都採取開放系統架構，所以在系統的擴充性都有極大的彈性，西門子的系統可以藉由升級主機之中央處理器（CPU）來增加系統之效能，但是如果 RTU 總量數目超過系統推薦的數目（140），則可能降低系統之效能。因此以兩套系統本身的容量均可以監控捷運目前規劃的所有近遠期路網，但是系統

效能是否降低仍有待觀察。

表二、西門子 VICOS P500 系統之系統容量

項 目	建議容量
Number of telecontrol interface (TCI)*	2
Number of telecontrol units (Point-to-Point connection , RTU)	140
Number of telecontrol units(call traffic per line)	16
Number of messages	32000
Number of commands	8000
Number of measured values	1000
Number of counter values	200

* 為最大量，並無法再行擴充

表三、目前南板線電力遙控系統之系統總容量及使用量表列如下

項 目	總容量	使用量	備用（延伸用）
Communication Channel	128	21	107
RTU Connection	2032	57	1975
Control Points	32768	1260	31508
Status/Alarm+PCI Points	32768	5616	27152
Measurement Points	32768	282	32486

* 以使用量最多之狀態點（Status/Alarm+PCI Points）推估，仍可再擴充五條相當於南板線之捷運路線。

°F系統整合性

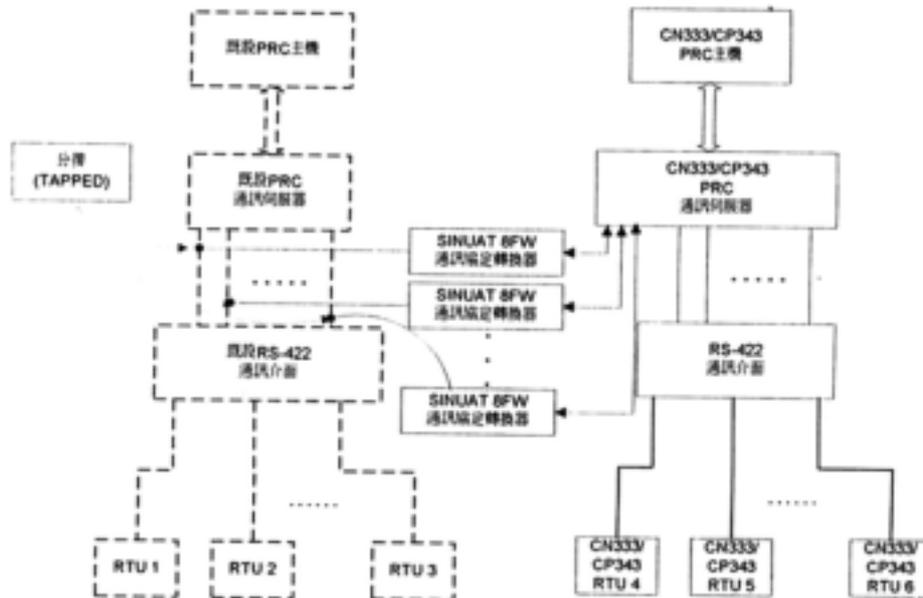
原來南港、板橋線（CN333/CP343）之電力遙控系統依合約應併入淡水、新店線（C303）之系統內，但由於淡水、新店線之工程進度延誤，導致南港、板橋線必須與淡水、新店線同時發展電力遙控系統（不同承商），因此南板線後來被迫採用獨立系統以區別各自的合約責任。但是在未來還是有可能合而為一套系統，因此吾人仍可對於現在兩套系統的整合條件做一探討。

由於明電舍及西門子的電力遙控系統的擴充功能都非常強大，在軟硬體方面都有實力整合對方的系統，因此我們只針對整合條件做討論。

x於行控中心整合（圖十八）

僅在行控中心進行 PRC 系統之整合，不對外站設備（RTU 及周邊被監控之

電器設備)做任何變動。目前明電舍之 PRC 系統可以監看西門子在 G11 站 22KV RMU 環路開關之切換動作，但對於控制方面，尚無更進一步整合計畫。



圖十八、於行控中心整合 PRC 系統之示意圖（於通訊界面處進行通訊協定之整合）

× 將另一套 PRC 系統全部更換取代

也就是將既設的 PRC 系統全部予以更新。依據原有系統之相關技術資料，重新設計符合另一套系統使用的 RTU 及 PLC，並據以發展相關的監控功能（畫面）及資料庫。

(i) 整合所需參考資料

a. PRC 部份

- (a) 既有的 PRC 系統通訊協定技術資料。
- (b) 既有的 PRC 軟體資料（包含系統功能及操作手冊，系統所有螢幕顯示及資料庫架構）。
- (c) 外站 RTU 的控制邏輯（包含用電設備安全連鎖功能及接線單線圖等相關資料）。
- (d) 外站 RTU 的 I/O 點數（DI/DO/AI/PCI）及相對應設備的監控信號說明。
- (e) 通訊頻道數量及對應之 RTU 數量與名稱。
- (f) 系統網路架構及 BSS、TSS 與 SSS 單線圖。

b. 各站受監控之供電設備詳細資料及 Schematic Diagram

c. 系統操作需求

依據供電系統之操作需求，應含括正常狀況之供電模式及非正常狀況之轉供模式，在這些情形下的各饋線所涵蓋的供電區間及送電前和停電後各饋線 CB

之操作程序。

d. 所有系統及子系統的安全連鎖及監控需求

e. 所有交直流網路分析及計算資料。

(ii)兩套系統並行運轉的優缺點

雖然將兩套 PRC 合起來應該是未來的趨勢，但是在工程期間兩套系統並行運轉也並非沒有優點，而且現在並無急迫整合的因素存在。

優點：

a. 系統可靠度提高：當一整組系統當機時（發生的機率極低），另外一套 PRC 系統仍然可以運轉監看一半的捷運路線，另一半將轉由人工操控，可以節省一半的人力需求。

b. 合約責任明確：目前台北捷運系統仍然為發展未來路網而努力，如果同時有兩條以上的路網同時由不同的承商在施工，可以分別在不同的系統上發展 PRC 監控系統。

c. 系統本身操作效能提高：因兩套系統各自負責一半的監控工作而並非全部，故效能上應該比較好。

缺點：由於兩套系統的設計理念不盡相同，操作方式亦有差別，因此對於操控人員的訓練及熟悉度必須花更多的心力才能將兩套系統運用自如。

四、未來工程合約制定之探討

由於現在同時有兩套電力遙控系統在線上運轉，因此在制定未來後續路網合約就必須同時考慮到合約面執行的可行性及操作面的合理性。

°C 合約面執行的可行性

在單一承商進行未來線電力遙控系統施工時，合約執行較為單純；但是如果同時有兩個以上的承商在進行電力遙控系統工程的施工（不同路線），假使是不同的 PRC 系統，則應不至於有困擾；如果不幸是必須在同一套 PRC 系統上施工，則在合約的制定上必須慎重考慮到工時的分配問題，因為 PRC 系統的發展不同於其他電力子系統，PRC 系統的發展是有延續性的（因 PRC 系統的施工一次都持續一個月以上），而且通常是在工程的中期以後才開始進行施工，如果有不同的包商同時施工，對於 PRC 系統本身的穩定性及事故發生時責任的判定，對於業主及營運單位都是一大考驗。

°F 操作面的合理性

每條路線的電力控制系統應該是有延續及一致性的，例如南港線東延段就應該在板南線上發展 PRC 系統（明電舍），而不會出現在淡新線上（西門子）發展，如此電力控制人員在電力遙控系統操作畫面時就不會顯得突兀而造成操作上的困擾（目前東延段的合約的確是以此原則訂定必須在板南線的電力系統上發展）。

依據此原則，對於台北都會區大眾捷運系統發展路網（圖十九），可以先行訂出一個合約制定發展方向：

×新莊及蘆洲支線：因為分別在民權西路站（西門子）及忠孝新生站（明電舍）交會，故兩套 PRC 系統均可發展。

×南港線東延段：僅可在板南線上發展（明電舍）。

(i)信義線：以延續性來看（紅線），建議應該以西門子系統發展。

(ii)松山線：由於松山線接續小南門維修線（明電舍），但在中山站與淡水線交會（西門子），故兩套系統均可發展

(iii)環狀線：自捷運新店線大坪林站至捷運系統內湖線車站，全長為 24.8 公里，共設有 25 個車站，此路線與初期及後續路網 7 條捷運路線相交，故可能是依據施工的先後決定在那一套系統上發展。

(iv)淡海線：淡海線將於淡水線之紅樹林站東北側以另一系統高架沿北淡公路轉淡金路（登輝大道）往北至新埔技術學院北側止。路線全長約 10.8 公里，以延續性的角度建議仍以西門子系統發展為佳。

【誌謝】

本文撰寫期間，承蒙西門子公司王偉珩先生及中鼎公司呂孟倉先生不吝提供多項資料以及解答相關之問題，謹此誌謝。

◇ 參考文獻 ◇

×王琮盛、謝國霖：「捷運工程整體資訊網路系統之發展」，捷運技術半年刊第二十二期，民國 89 年 2 月。

×中鼎工程：「南港及板橋線電力遙控系統於未來進行整合既設 PRC 系統方案說明」：1998.05

(i)捷運工程局：「大眾捷運系統後續計畫路網示意圖」，捷運局網站，2002。

(ii)捷運工程局：「C303 標特別技術規範」，1989

(iii)捷運工程局：「CN333/CP343 標特別技術規範」。

(iv)簡毅（1985）：「電力監控系統介紹」，捷運技術半年刊第十二期，105-112 頁，民國 84 年 2 月。

(v) Meidensha：「PRC System – Main Equipment」送審文件，1998。

(vi) Siemens：「Innovative Power Control System on Windows NT - Functional Description」，2002

(vii) Siemens：「Telecontrol Interface TCI, TCB, RCB, AP Technical Description」，2002

(viii) Siemens：「Maintenance Manual」，台北捷運系統供電系統之電力遙控系統維修手冊，2002。

(x) Siemens：「Vicos P500 - Power Systems Control and Energy management」網站 <http://www.ev.siemens.de/en/pages/vicosp50.htm>,2002



圖十九、臺北大眾捷運系統發展路網示意圖