

自動收費系統功能及網路架構

陳茂生

摘 要

『如果八〇年代的主題是品質，
九〇年代是企業再造，
那麼公元兩千年後的關鍵就是速度』。

「數位神經系統」--比爾.蓋茲

藉由科技巨人一語道破當下企業生存及人類生活型態改變之關鍵即為「速度」。

引領台北市民進入二十一世紀就是台北都會區大眾捷運通車營運。經由市區交通速度之提升，帶給居民全新之視野及生活型態改變進而全面性提升生活品質。

台北都會區大眾捷運系統營運至今，每日服務約上百萬人次之旅客，而其中自動收費系統設備於各車站第一線擔任服務旅客之要角，其提供旅客便捷之票證服務，更提供營運單位票務及營收之詳細會計帳目及營運上之設備監督與帳目稽核之作業，同時藉由旅客流量之取得作為營運單位管理及統計之基礎，進而作為商務拓展之依據。本文主要係討論如何建構自動收費系統網路及經由網路之連結所產生之效益，即透過各車站自動收費設備之個別功能經由區域網路之連接達成整體路網之一致性，滿足民眾能便捷與舒適的進出車站。

關鍵字：自動收費、網路

一、自動收費設備簡介

自動收費系統包括車票系統、自動售票機、自動閘門、監票員售票機、現金處理設備、車站處理機系統、中央處理系統、監管處理機系統與車票分類及編碼設備，提供捷運系統所需之車票處理、旅客進出閘門管制、現金處理、營運稽查及捷運系統管理資訊系統等功能。

°C 磁性車票(Ticket)

車票分為單程票、儲值票、老殘優待票及員工票等四種車票，可回收、重新編碼、重新使用。(詳圖一)

°F 自動售票機(ATIM)

目前可接受一元、五元、十元、二十元、五十元硬幣，發售十六種價格之單程票，並具備找零功能；營運資料均自動傳至車站處理機系統 (SPS)，停電時本機停止發售車票，與車站電腦離線時營運資料可保存 7 天。(詳圖二)



圖一：磁性車票(Ticket)



圖二：自動售票機(ATIM)

圖片來源：機電系統工程處網站 <http://sempo.dorts.gov.tw>

a.m. 自動閘門(Gate)

閘門分為入口閘門、出口閘門、雙向閘門、殘障閘門及平齊閘門等五類，閘門負責查驗車票，具管制旅客進入或離開「付費區」及回收車票等功能，營運資料均自動傳至車站處理機系統，操作參數亦可由車站處理機系統傳至自動閘門，與電腦離線時營運資料可保持 7 天。(詳圖三)

p.m. 監票員售票機(PAM)

安裝在監票員辦公室內，所有問題票均由站務人員以手送入，進行驗票補票之工作，其資訊顯示器可使乘客確定相關訊息，亦可發售單程票及儲值票，營運資料均自動傳至車站處理機系統，與電腦離線時資料可保存 7 天。(詳圖四)



圖三：自動閘門(Gate)



圖四：監票員售票機(PAM)

圖片來源：機電系統工程處網站 <http://sempo.dorts.gov.tw>

、車站處理機系統(SPS)

使用個人電腦與所有之自動收費設備連線，定時收集營運資料並傳送至中央處理機，亦可經由鍵盤控制各自動收費設備之工作狀態。(詳圖五)

、中央處理機系統(CPS)

安裝於高運量之行控中心，為一大型電腦，執行整個自動收費系統稽核控制和管理等功能，將每日營運資料統計並送往監管處理機(SPU)。(詳圖六)



圖五：車站處理機系統(SPS)



圖六：中央處理機系統(CPS)

圖片來源：機電系統工程處網站 <http://sempo.dorts.gov.tw>

；車票分類及編碼設備(TSIE)

安裝於高運量行控中心(CCR)，負責回收車票之分類、重新編號及新車票之發售編碼，與中央處理機連線以供票證檔案之更新。(詳圖七)

；現金處理設備(CCBE)

安裝於車站內，處理所有營收硬幣之分類、計數、裝袋及具有偵測偽幣之功能，其計算數據自動傳至車站處理機系統。(詳圖八)



圖七：車票分類及編碼設備(TSIE) 圖八：現金處理設備(CCBE)

圖片來源：機電系統工程處網站 <http://sempo.dorts.gov.tw>

／現金 / 車票手推車(CTT)

運送各車站營收之現金與車票至現金房。(詳圖九)

！監管處理機系統(SPU)

安裝於高運量之行控中心，執行整個自動收費系統稽核控制和管理及命令下達功能，並與中央處理機系統(CPS)做資料交換，保持系統車票一致性。(詳圖十)



圖九：現金 / 車票手推車(CTT)

圖十：監管處理機系統(SPU)

二、自動收費系統整體網路架構

°C 網路概論

× 何謂 LAN ?

LAN(Local Area Network)區域網路之定義，依據 IEEE 802 委員會(Institute of electrical and Electronics Engineers 802 project)，及國際標準化機構 ISO(International Organization for Standard)，定義如下：

㊦ 範圍限定在辦公室、工廠、倉庫、校園等區域，不僅能讓網路上的電腦，同時也能讓各設備彼此間能相戶交換資訊的一種網路。

㊧ 所連結的設備具體而言有電腦、印表機、終端設備、硬碟、監控設備等，同時網路上尚連結其它網路閘道器裝置(路由器、閘道器..等)。

㊨ 應用於檔案傳輸 FTP、E-mail 等。

× 何謂 WAN ?

WAN(Wide Area Network)廣域網路，由多個區域網路組合而成相互溝通，一般而言超出區域網路之範圍均為廣域網際網路。

自動收費系統於車站內設備(詳如前節所述)即應用網路連結，相互傳遞資料而形成一標準 LAN 之結構，而遍佈大臺北地區之各車站經由上一層網路之連結而形成標準 WAN 之架構，有關此部份將於後段詳述。

(i) 乙太網路(Ethernet)沿革

當今網路設備最受歡迎之產品為乙太網路，其發展過程敘述如下：

㊦ 1979 年 5 月 22 日由美國全錄公司的 PARC(Palo Alto Research Center)發明。

㊧ 1979 年正式商業化，亦即 Ethernet 的 DIX(DEC-INTEL-XEROX)規格正式制定。

(ii) LAN 標準化組織

推行 LAN 標準化組織共有三個，其為 IEEE802 ANSINCITS、ATM Forum，而 IEE802 委員會設立於 1980 年 2 月，其下共有 13 個工作小組訂定 802.1 至 802.14 諸標準，然其眾多標準中與自動收費系統相關為 IEEE802.3，故本文謹對 IEEE802.3 說明。

°F LAN 網路拓樸(Topology)

依目前發展出來網路拓樸形式可分為四種形式：

× 匯流排(Bus)網路

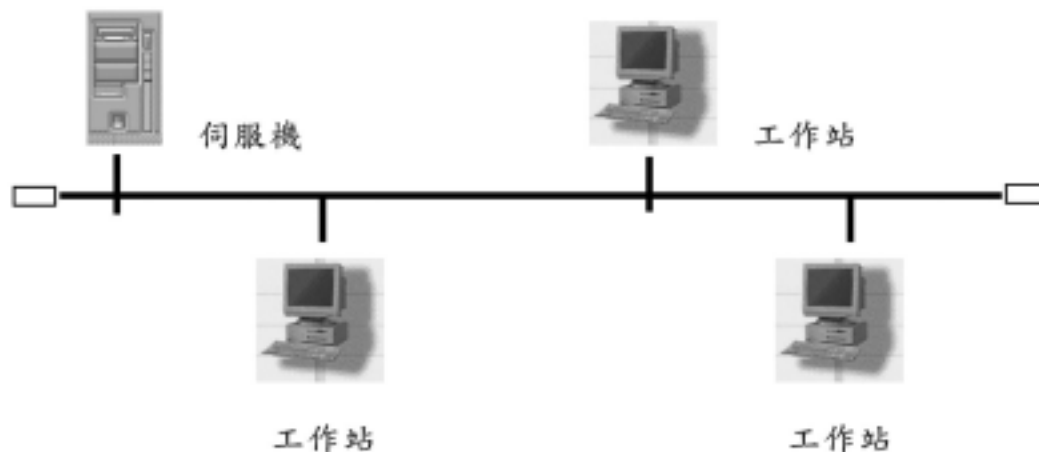
× 星狀(Star)網路

(i) 環狀(Ring)網路

(ii) 混合(Hybrid)網路

以下對各種拓模型式及其特性作說明：

× 匯流排(Bus)



圖十一：匯流排(Bus)

由圖十一可知各電腦均連接至一條共用的網路線上，進行資料傳送、接收，[一條]僅是相對名詞，事實上此架構係透過很多小段電纜及 T 型接頭所銜接而形成一區域網路，10 BASE 2 及 10BASE 5 即採用此種佈線方式。

優點：× 架構簡單佈線容易。

× 成本低廉，不需額外的網路設備。

缺點：× 於此網路中只要任一區段線路故障，將使整個網路癱瘓，且追查故障線路比較麻煩。

× 加入或減少電腦時，會造成網路暫時中斷。

(i) 網管較不容易。

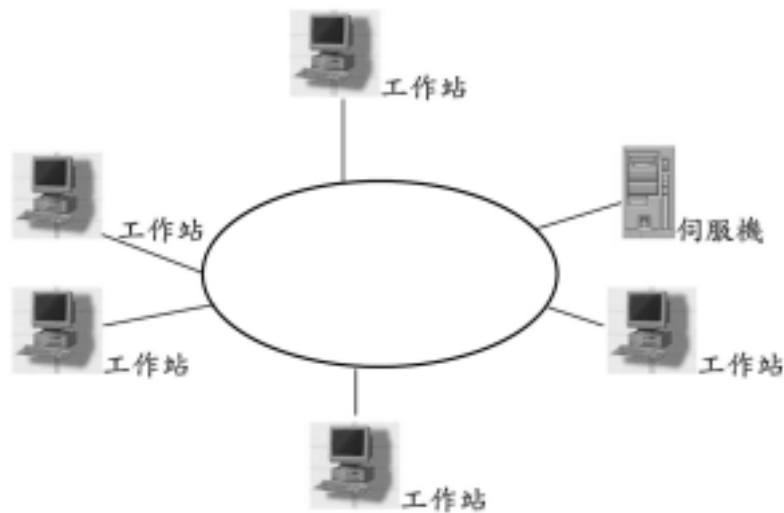
× 星狀(Star)網路



圖十二：星狀(Star)網路

此種形式網路由圖十二可知各個工作站均連接至中心電腦或集線器形成中央放射狀，藉由中心電腦或集線器進行資料交換，或資源分享，10 BASE T 即採用此種佈線方式。

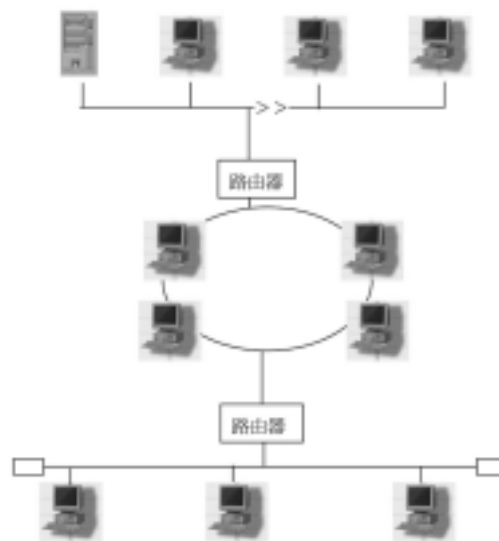
(i)環狀網路



圖十三：環狀網路

此種網路係將所有電腦連成一個環(Ring)，當網路內之資料進行傳輸時，資料流由來源端(Source)，取得 Token Ring 後再依循每部電腦之連接順序傳遞資料，直至將資料傳至目的地端電腦，此種網路可改善因 802.3 CSMA/CD 傳輸造成資料碰撞之問題，但此種網路其技術屬單一廠商專利(IBM)，故其軟硬體成本較高，因而影響其使用人口。

(ii)混合型網路

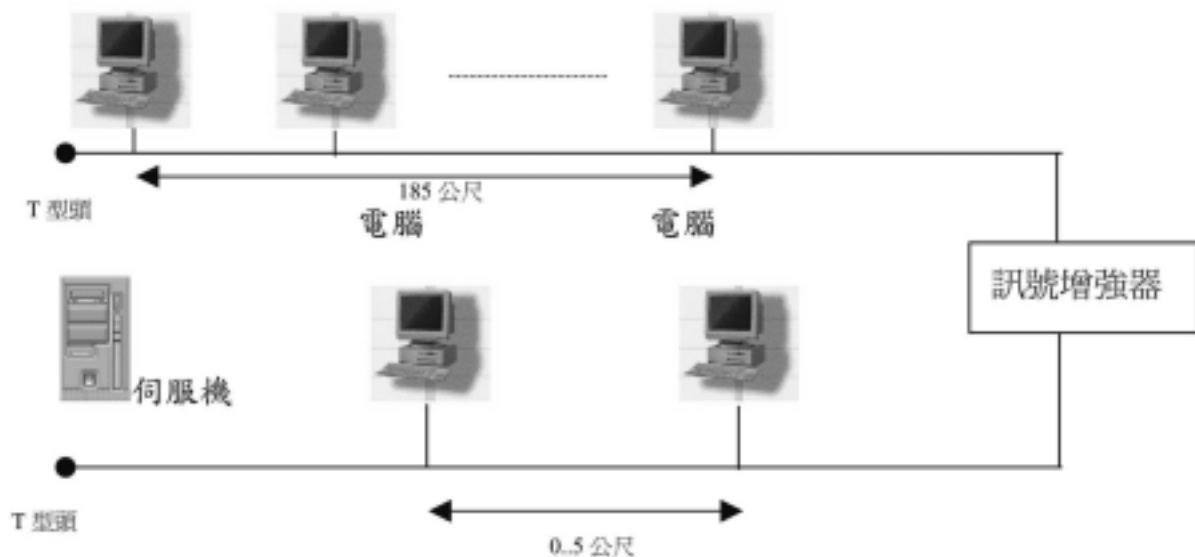


圖十四：混合型網路

× 乙太網路 (Ethernet) 佈線原則

☑ 10 base 2 佈纜原則

接線圖：

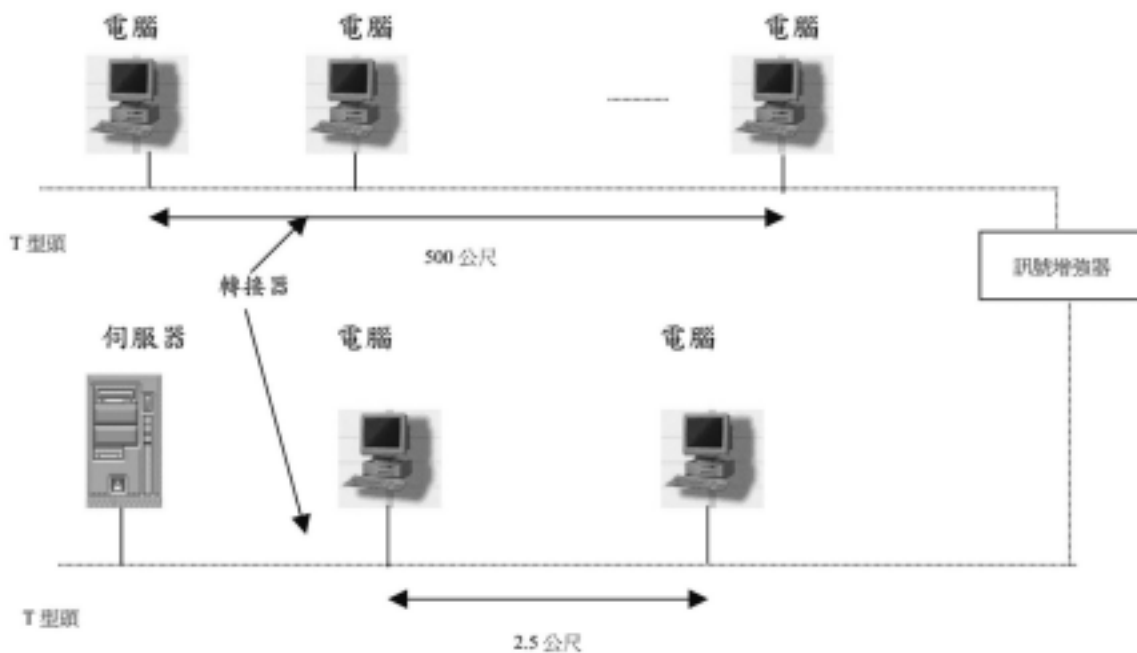


圖十五：10 base 2 佈纜接線圖

- ☑ 最大總長度不可超過 925 公尺。
- ☑ 最多只能接 4 訊號增強器 (Repeater), 也就是最多可以有 5 個區段 (segment)。
- ☑ 每個區段所能連接的工作站數不得超過 30 台。
- ☑ 每個區段不得超過 185 公尺。
- ☑ 細同軸電纜兩端需加上終端電阻器 (Terminator)。
- ☑ 兩台電腦間 (T 型接頭與 T 型接頭間) 不得少於 0.5 公尺。

10 BASE 5 佈纜原則

接線圖：

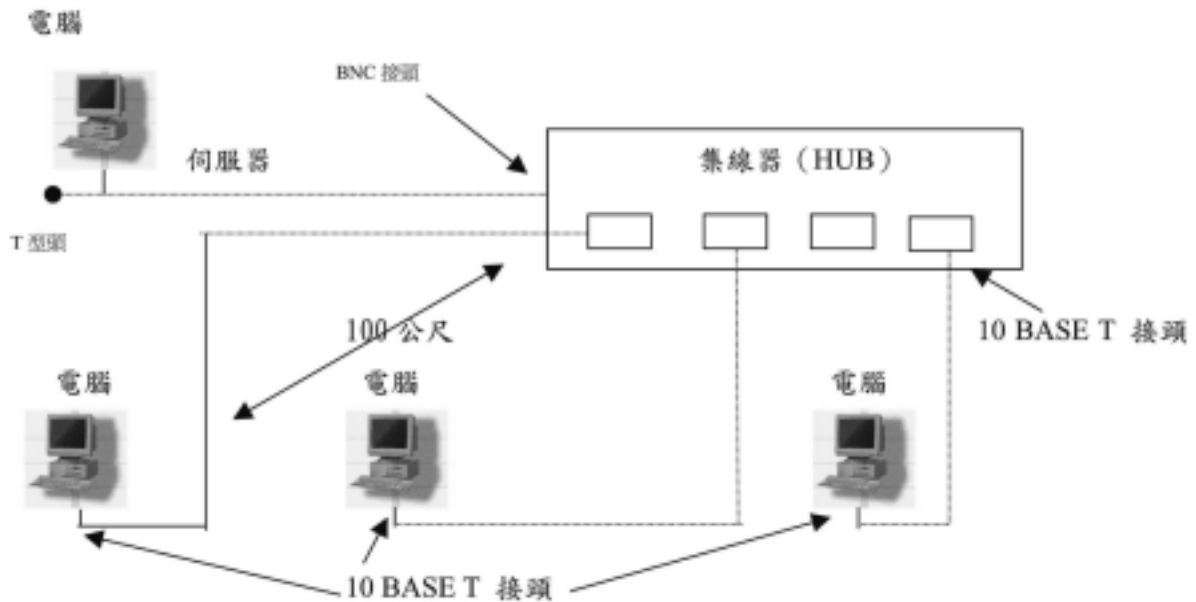


圖十六：10 BASE 5 佈纜接線圖

- ☐ 最大總長度不可超過 2500 公尺。
- ☐ 最多只能接四個訊號增強器(Repeater), 也就是最多能有 5 個區段(segment)。
- ☐ 每個區段能連接的工作站(pc)數目不得過超 100 台。
- ☐ 每個區段不得超過 500 公尺。
- ☐ 粗同軸電纜之兩端需加上終端電阻器(Terminator)。
- ☐ 兩台電腦間(Transceiver 和 Transceiver 之間)不得少於 2.5 公尺。

IT 10 BASE T 佈纜原則

接線圖：



圖十七：10 BASE T 佈纜接線圖

☐ 最大總長度不得超過 500 公尺。

☐ 最多區段數 1024, 每區段(集線器 Hub 與電腦網路卡間)不超得過 100 公尺。

☐ 必需使用集線器(hub)來連接。

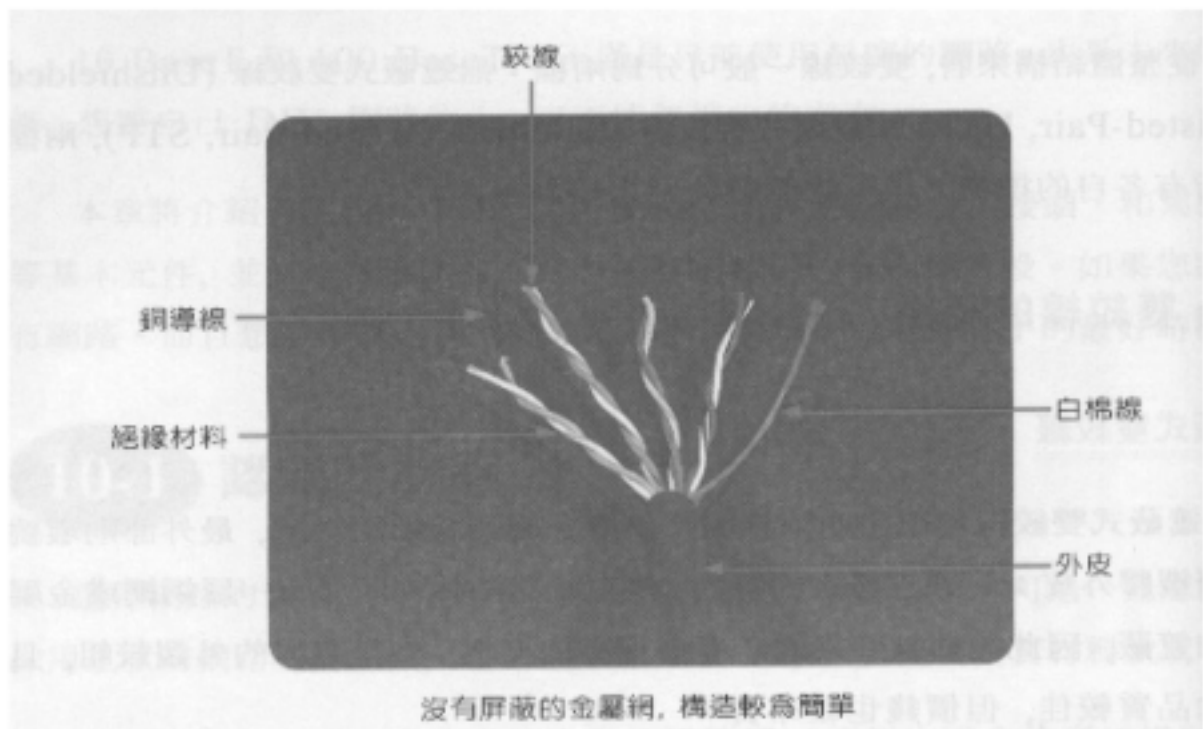
。 傳輸媒體

× 雙絞線

雙絞線與尋常電線最大不同就是可以減少雜信造成的影響，並抑制電線內訊號的衰減，雙絞線一般可分：

☐ 非屏蔽式雙絞線(Un shielded Twisted pair cable)UTP 線：

非屏蔽式雙絞線如圖十八所示，可知其由四對的銅線組成，外部環繞一層塑膠外皮，此種線材因無金屬遮蔽層故不具防止干擾作用。其使用於一般電話傳輸線及 10BASE T 網路結構中。

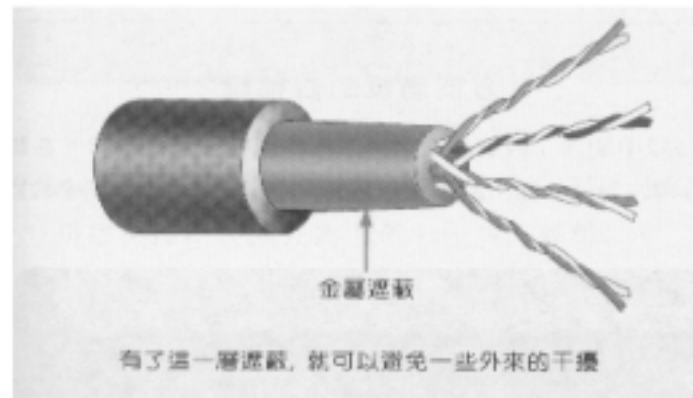


圖十八：非屏蔽式雙絞線(Un shielded Twisted pair cable)UTP 線

非屏蔽式雙絞線的標準，以 EIA/TIA 的(category)規格一共可分 5 種，故一般於現場使用之線材可為 category1~5 其作用如下表，其表皮亦具打印之等級，一般採用之線材依其應用範圍選定所材用之線材。

類別	應用範圍
Category 1、2	用於低速通 信、語音傳輸
Category 3	10 Base T 或 100 Base VG-Any LAU
Category 4	16M bps Token Ring
Category 5	100 Base TX

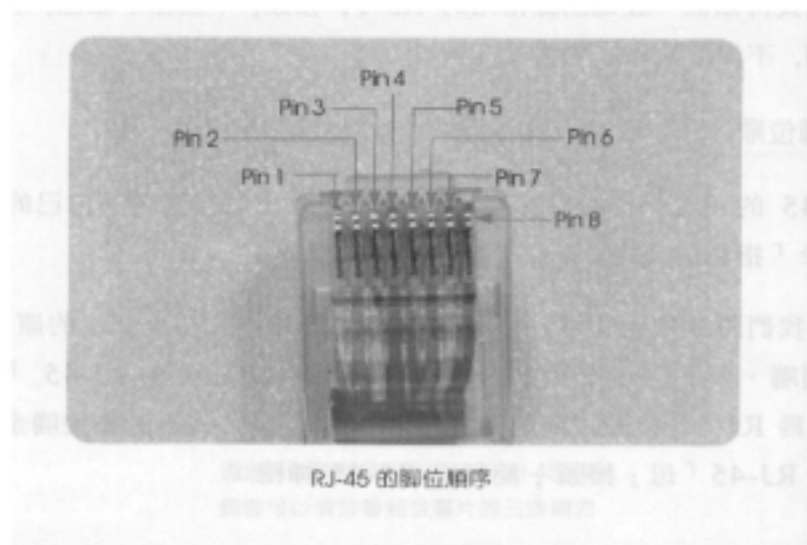
▣屏蔽式雙絞線 (STP: Shielded Twisted pair): 內部由四對絞及一層金屬銅絲網所組成，外部披覆塑膠外皮，其利用雙絞線及外皮間之一層金屬網達成抗干擾之作用，以得到良好之傳輸品質 (詳圖十九)



圖十九：屏蔽式雙絞線 (STP)

▣雙絞線與 RJ45 接頭對映關係

當進行雙絞線內色線壓至 RJ45 接頭應依 EIA/TIA586B 的 標準進行排列，其次序如下：



圖二十：RJ45 接頭對映圖

RJ45 接頭腳位	1	2	3	4	5	6	7	8
雙絞線顏色	白橙	橙	白綠	藍	白藍	綠	白棕	棕

*接腳 1,2 為資料傳送線纜

*接腳 3,6 為資料接收線纜

× 同軸電纜 (COAXIAL CABLE)

同軸電纜如圖二十一所示，它含有一條被絕緣體所包裹的銅導線，外層再由個管狀銅導體會(金屬網)所包圍，如此形成同軸(COAXIAL)稱之，由於一般導線使用於高頻時易造成電流集中到靠近線路外表邊緣，若是逐漸增加則將使電路之有效電阻增加，如此將限制線路中之高頻傳輸，此稱集膚效應(SKIN EFFECT)，而同軸電纜則可改善此缺點，故一般於高頻時採用同軸電纜。

同軸電纜優點：電纜之間祇有微小的串音。

延遲失真甚低。

傳輸速度高，充許數量大的頻道傳送。

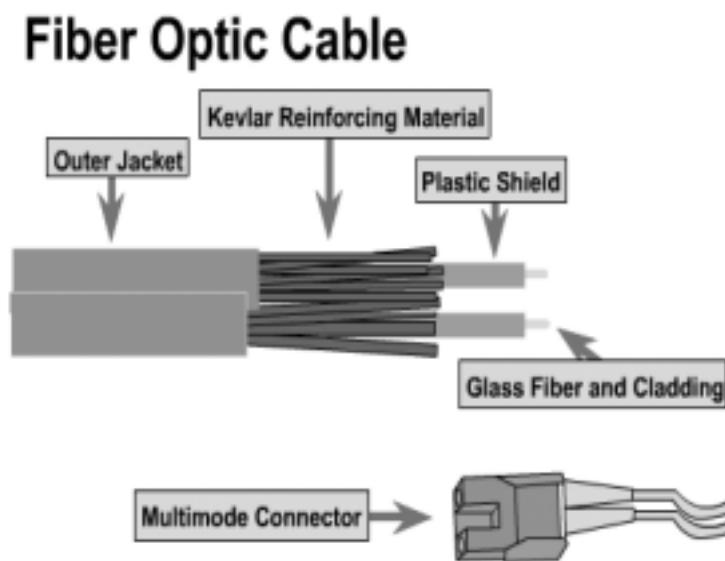
一般網路所採用(10 BASE 2 或 10 BASE 5)之 RG58 A/U 同軸電纜，RG58 A/U 同軸電纜所採用接頭為 BNC 接頭，另於系統中所採用 10 BASE 2 (bus 拓樸)之網路中需於頭尾安裝 50 歐姆之終端電阻，當終端電阻故障，亦會引起整個網路之故障。

(j)光纖電纜(Fiber)

使用光纖電纜其成本遠高於同軸電纜或雙絞線，但其所對雜音之適應性很

強，傳輸可靠性很高，且又可進行大容量之資料通信，光纖電纜之光纖系彩用石英（玻璃或陶磁）系之材料，如圖二十一為一般光纖電纜之斷面圖，一般二蕊的光纖電纜已經是網路所用之標準電纜。

光纖電纜的構造基本上係藉光資訊通過高曲折率之核心(Core)部份，可使光產生反射，用核心曲折率低的玻璃或塑膠來覆蓋核心而形成外殼，另一般光纖電纜依規格係依其傳遞光之路線係複數還是單一之方式分為多模（MMF:Multimode Fiber）光纖電纜和單模（SMF:Singlemode Fiber）光纖電纜。



圖二十一：光纖電纜(Fiber)

，連接器(Connector)

一般在網路上使用之傳輸媒體，無論是哪一種線材，均需有連接器作為與其它設備連接之界面，而市面上所售之連接器式樣和種類相當多，於此僅列常用作為參考。

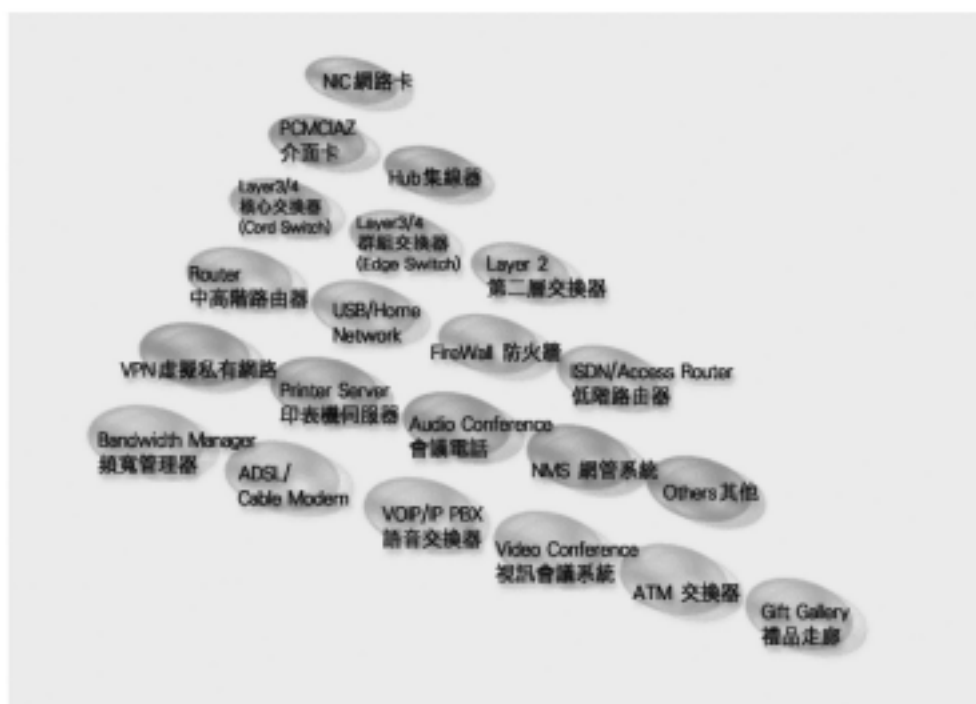
- ☒ AUI(Attachment Unit Interface)接頭：作為電子和機械界面，其定義於 IEEE802.3，總共有 15 個PIN。
- ☒ BNC(British Navel or Baby N Connector)接頭：使用於同軸電纜。
- ☒ ST(Straight-Tip Connector)接頭：使用於光纖電纜。
- ☒ MIC(Medium Interface Connector)接頭：使用於 FDDI 型式網路中。
- ☒ SC 接頭：使用於光纖電纜屬於插拔式接頭其價格較便宜。
- ☒ RJ-45 接頭：使用於雙絞線接頭。
- ☒ Telco Connector 接頭：具有 50 PIN 使用於雙絞線，其可同時接 25 對雙絞線。

☐ MDI(Medium-Dependent Interface)接頭：作為電子和機械界面，可作為集線器和傳輸媒體界面。

☐ MDI/X(Medium-Dependent Interface Crossover)接頭：MDI port 三叉接頭。

：網路設備

一般市售網路設備有相當多種，種類如下圖二十二所示，基本上本文僅針對本系統使用項目或相近產品計五項進行說明：



圖二十二：網路設備圖

× Repeater

× Bridge

(i) Hubs

(ii) Switch

(iii) Routers

謹就上述項目，說明如下：

× 訊號增強器(Repeater)：

因傳輸線材阻抗會造成信號損耗，衰減失真，故當網路進行長距離傳輸時，即超越網路建議長度，如此傳輸之信號將衰減到幾乎無法辨識程度，為使信號繼續傳遞下去，將此信號增強之設備即為 Repeater。

Repeater 其作用能將收到信號重新整理，恢復原來波形和強度。

× 橋接器(Bridge)：

在乙太網路上，資訊的傳遞是採用廣播的方式，故任何網路的電腦均會收到所傳輸之資料，為合理限制網路訊號的訊號傳送，我們會使用 Bridge 適當地切割網路，以達成有效之資訊過濾功能。

Bridge 功能：

- a. 具有解讀封包信號內有關發送端及目的端主機的實體位址並記載為過濾表的能力。
- b. 用於區隔網路交通流量。
- c. 由橋接器只判別實體網路位址，因此相當於 OSI 的 Data-Link Layer 所規範圍。

(i) 集線器(Hub)：

於網路於實際狀況下常需要星狀的聯接(Star Topology)以便克服佈線的困難。

一般集線器可分為下述三種：

- a. passive：僅用於多種設備通信電纜之連結，其相當於 OSI 的實體層。
- b. Active：除與 passive Hub 功能相同外尚負責、regenerates 或 amplifies 信號，其相當於 OSI 的實體層。
- c. Intelligent：可作為網管使用，其相當於 OSI 的 Data-Link Layer。

(ii) 交換器(Switch)：

譯為交換器又稱交換式集線器(Switch Hub)因其具備了集線器功能，但是卻更 Smart，且具有更大傳輸頻寬，例如對 N port 100 mbps 交換器而言每兩次 port 互傳資料故理論上可以獲得最大傳輸頻寬為 $100 \times N/2$ bps。

(iii) 路由器(Routers)：

路由器其主要作為 LAN 或 WAN 的橋樑，網路上各獨立網路連接在一起時，彼此間以 Logical Network Address 藉以區別，連接其間的設備 (Routers) 須負責解讀封包內的 Logical Network Address 以便決定將封包送達目的地主機。

一般 Routers 實際工作上需考慮頻寬線路品質，使用率等因素，另 Routers 不同型式其處理封包亦不同，當然亦會有可處理各種封包之路由器，但其價格不菲。

；自動收費系統網路架構

自動收費系統包含五大子系統

×車站處理機系統(spu)

×監管處理機系統(spu)

(i)可攜式處理機系統(ppu)

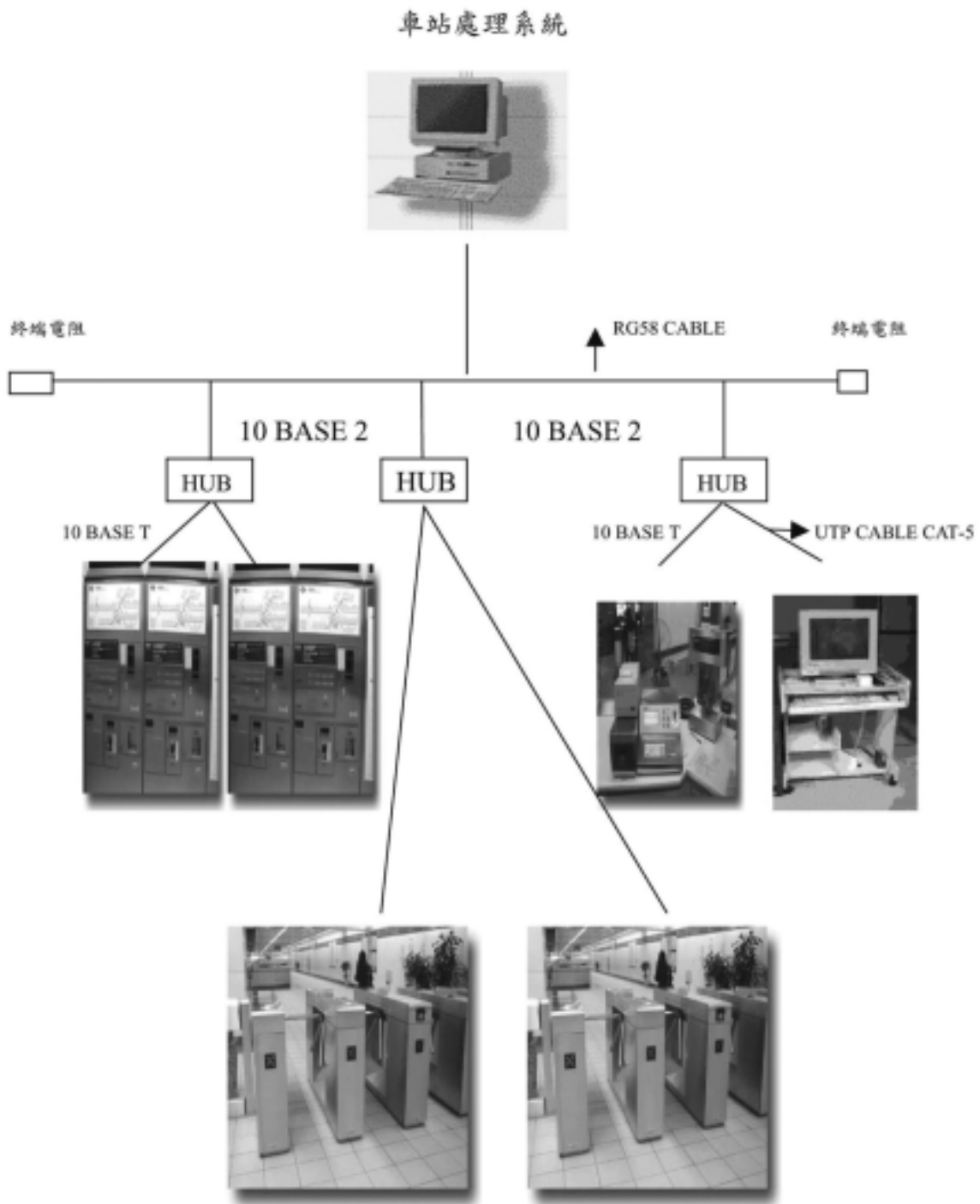
(ii)錢幣式處理機系統(CCBE)

(iii)維修工作站(MIS)

上述五大子系統經由網路連結，以達成全捷運路網之自動收費系統設備狀況監控、遠端搖控、營運資料上傳、參數下載、資料查詢、緊急狀況命令下載等功能，本系統範圍涵蓋大台北都會區所有捷運路網，故其傳輸量及作業量相當龐大，對營運單位而言，藉由 AFC 所提供資訊可達成稽核、監督、控制、管理、計劃等作業功能。

有關自動收費網路拓樸及連線方式，介紹如下：

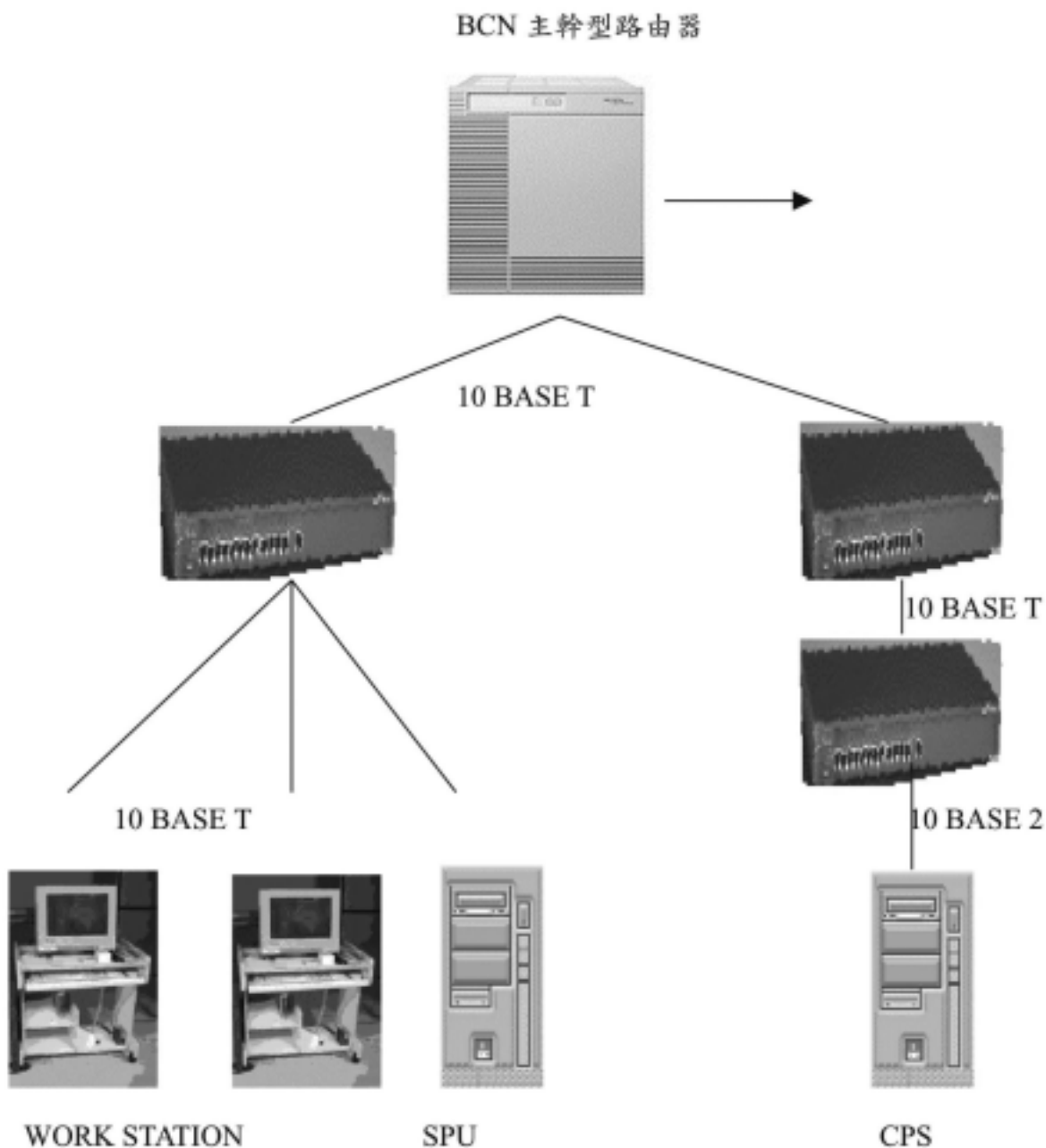
×自動收費系統車站網路拓樸



圖二十三：自動收費系統車站網路拓樸圖

自動收費系統車站網路拓樸，如圖二十三所示可看出車站設備連接至集線器 (HUB)，此部份為一星型 (STAR) 網路拓樸結構，由集線器 (HUB) 至車站處理器為一匯流排 (BUS) 網路拓樸結構，故自動收費系統之車站網路拓樸為一混合型網路拓樸結構。

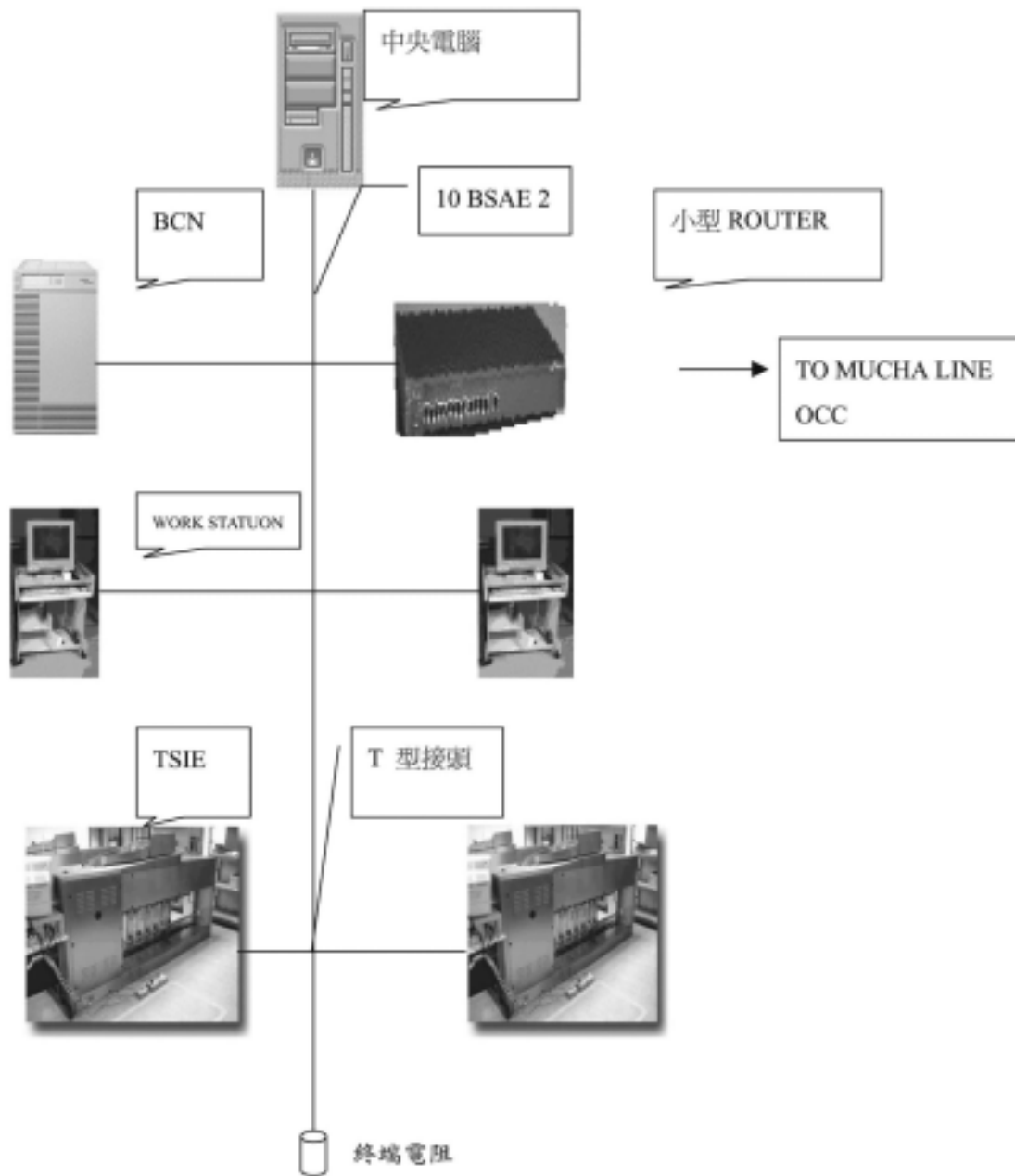
×自動收費系統行控中心網路拓樸 (C337 標)



圖二十四：自動收費系統行控中心網路拓樸圖

自動收費系統行控中心 (C337 標) 網路拓樸如圖二十四所示中可知其連接方式使用 10 BASE T 結構, 相關設備連接至集線器 (HUB) 成一星型 (START) 結構, 於行控中心電腦房之中有數個集線器經連接設備端後其上層均接至骨幹型路由器 (ROUTER) 成一星型 (START) 結構, 故自動收費系統行控中心 (C337 標) 網路拓樸為一星型結構。

(i) 自動收費行控中心網路拓樸 (C307 標)



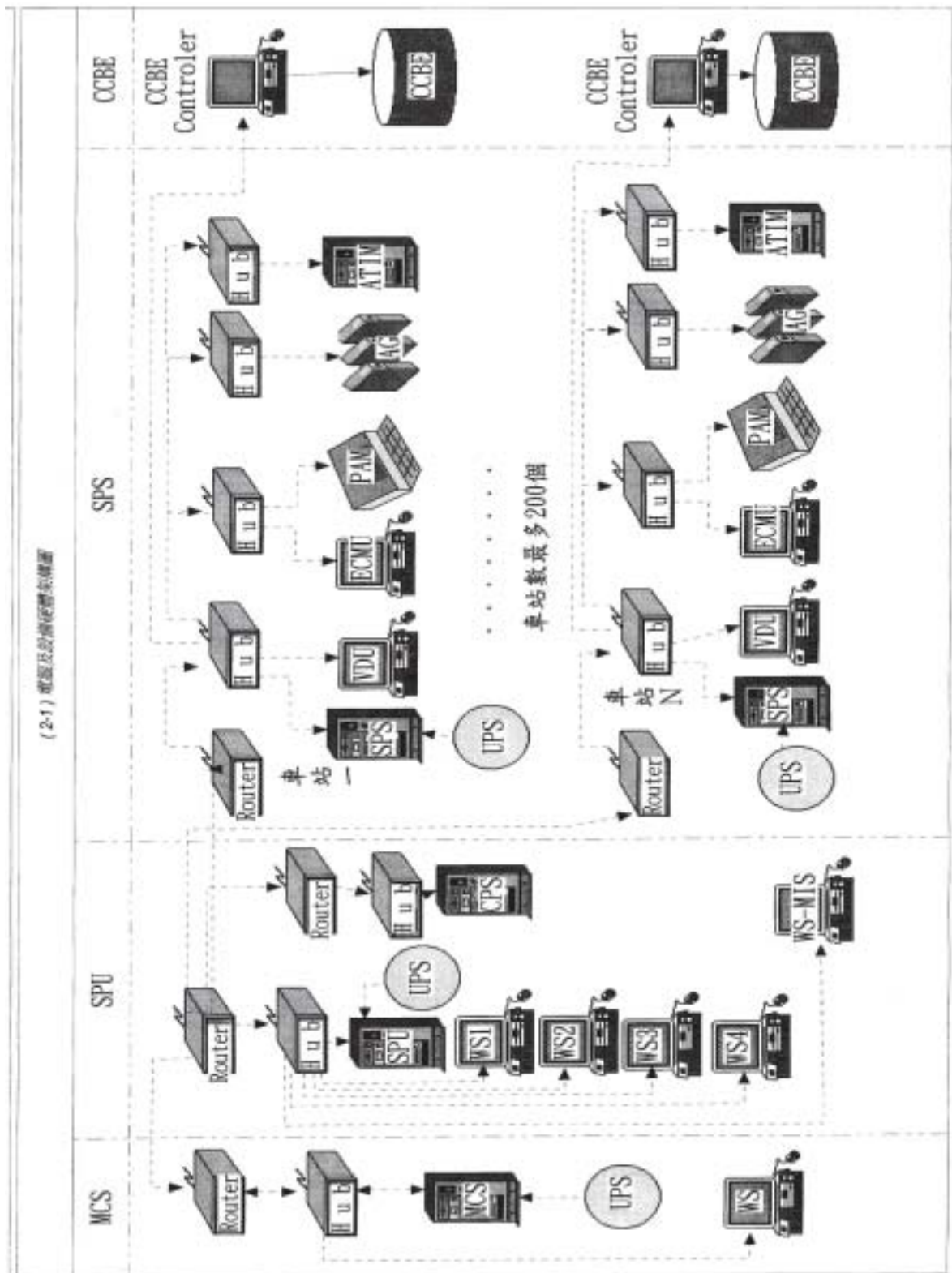
圖二十五：自動收費系統行控中心網路拓樸 (C307 標) 圖

自動收費系統行控中心 (C307 標) 網路拓樸如圖二十五所示, 可知其連接方式使用 10 BASE 2 結構, 相關設備以同軸電纜及 T 型接頭連接成一匯流排 (BUS) 結構。

自動收費系統整體網路係採用混合型之拓樸網路架構, 由圖中可知車站設備均連結至上層 Hub 中, 再由 Hub 連結 SPS 進行資料整合, 經整合之資料以封包格式藉由通信標所供 PCM 及 Router 進行資上傳及下載之動作。另於捷運行控中心透過骨幹型 Router 及 Switch 進行各車站間與監管處理機間資料之收送

(ii) 自動收費電腦及設備硬體架構圖

自動收費系統包含五大子系統為車站處理機系統(STATION PROCESSOR SYSTEM)、監管處理機系統(SUPERVISOR PROCESSOR UNIT)、可攜式處理機系統(PORTABLE PROCESSOR UNIT)錢幣式處理機系統(CASH COUNTING & BAGGING EQUIPMENT), 維修工作站 (MAINTENANCE INFORMATION SYSTEM)其藉由集線器連結車站設備 GATE, ATIM, PAM, SPS, ECMU, CCBE, VDU 後經路由器藉通信標所提供 PCM 連結至行控中心, 進行資料傳輸, 於車站中之集線器屬 OSI 七層的第二層資料連結傳輸層(DATA LINK LAYER), 其主要作為設備通信線之連結及信號資收送, 車站所使用網路結構為依循 IEEE802.3 的 10 BASE2 及 10 BASE T 混合而成為一混合型之拓樸網路, 車站之路由器屬 OSI 七層的第三層網路層(NETWORK LAYER)其資料封包藉由媒體存取控制 (MAC : Media Access Control)辨識傳送資料封包至適當位址。



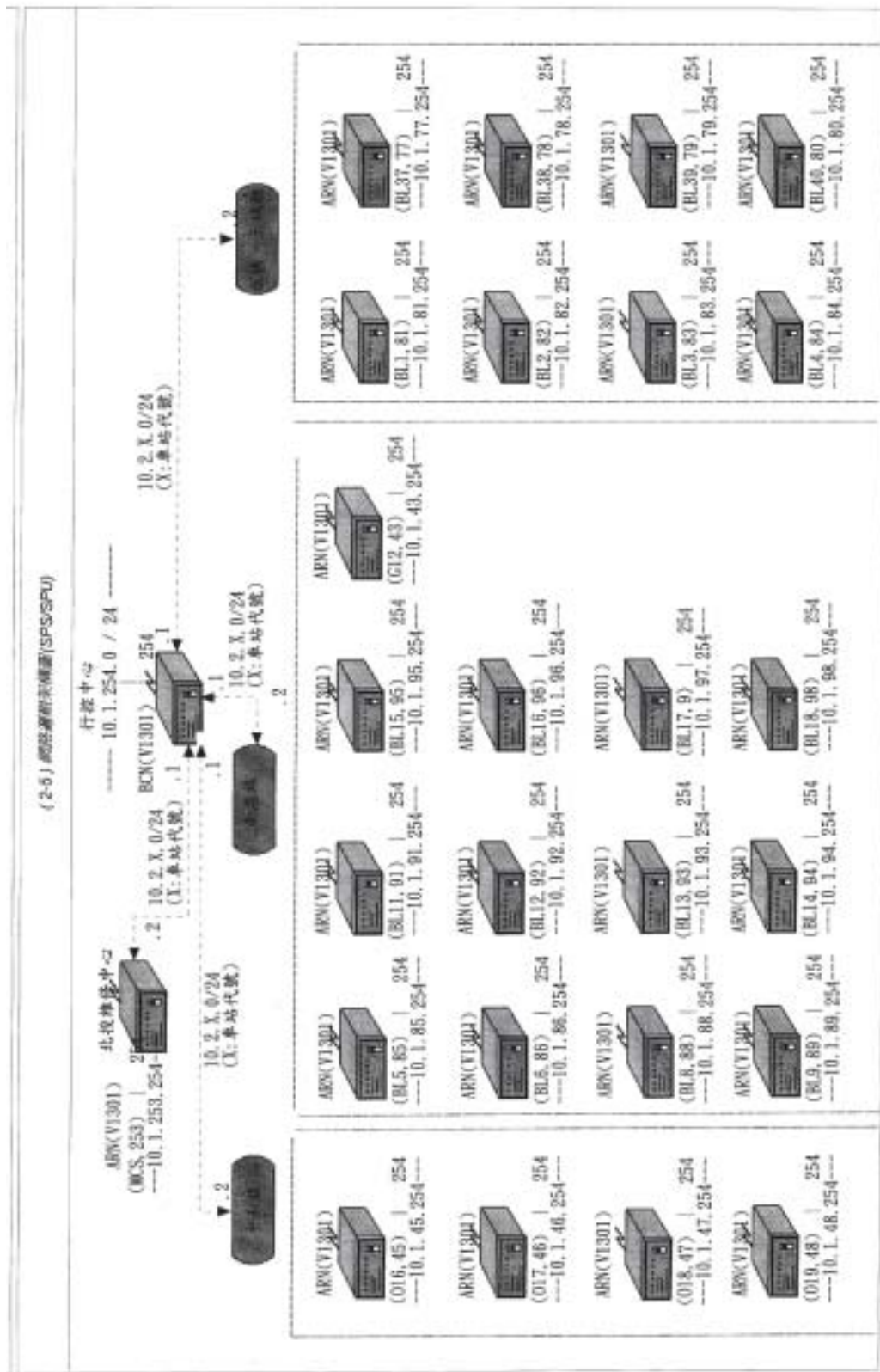
圖二十六：自動收費電腦及設備硬體架構圖

(iii)自動收費系統電腦及設備邏輯架構圖

自動收費系統之監管處理機(SPU)及車站處理系統所使用之作業系統為 SUN UNIX, 一般而言於 UNIX 下均掛有通信軟體及使用者可選用之通信協定, 如此經由網路上定址決定各設備 IP Address, 故系統中之各設備之資料傳輸可經系統中所提供之處理程序(processor) 如 FTP、SOCKET 及加上 IP Address 進行資料傳輸或檔案傳送, 另雖位於整體捷運網中之自動收費系統, 於各車站中有很多區域網路(LAN)組成車站內之自動收費網路, 再由各捷運線上之各車站內組成廣域網際網路(WAN), 於此自動收費組成廣域網際網路(WAN)有別於一般商用之網際網路, 因雖兩者均建立在開放系統之上(Open System), 但自動收費組成廣域網際網路(WAN)並未於外界連線, 如此實際上為一封閉系統, 不過因其建立在開放系統之上故保有其後續發展之彈性。圖二十七為整體(不含淡水、新店、木柵線)之自動收費電腦及設備邏輯架構圖, 圖二十八為 SPU 網路實體連接圖, 圖二十九為實際車站安裝圖。藉由各示意圖及安裝圖。讀者可了解基礎理論及整體實際安裝之實況, 以收理論與實際配合之功效。

三、結 語

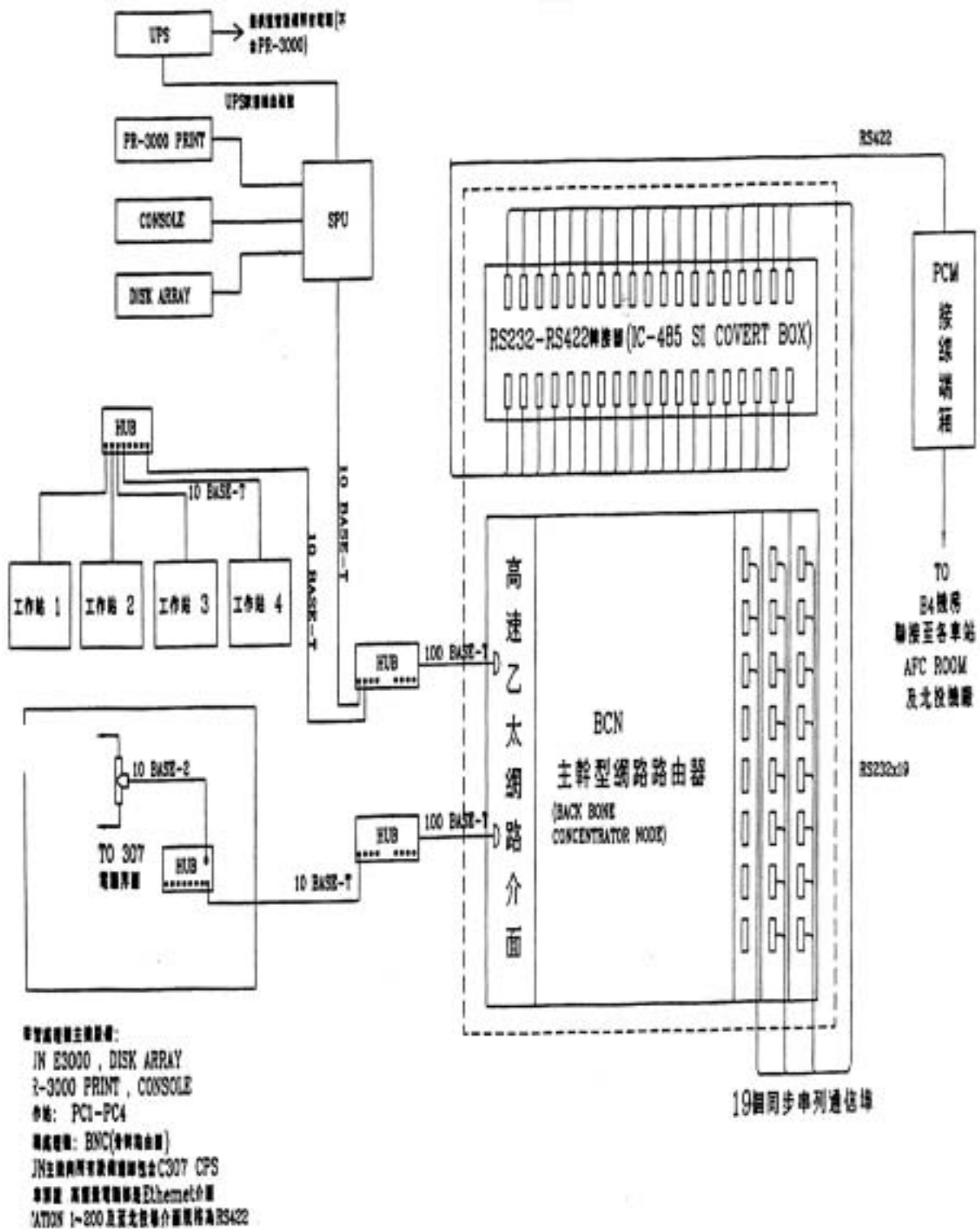
藉由本文介紹捷運自動收費系統之網路基本結構及安裝方法, 但此部份僅是整體自動收費系統技術之鳳毛麟角, 對整體自動收費技術而言尚包含資料傳輸技術、通信協定、網路管理、資料庫建立及管理、作業平台技術及應用軟體之開發、設備詳細功能及構造、非接觸式 IC 卡技術等等, 若讀者有興趣可參閱本局機電人員授證教材自動收費篇, 如此應可進一步了解捷運自動收費系統技術之全貌。



二專電腦股份有限公司 1000 / 3 / 10

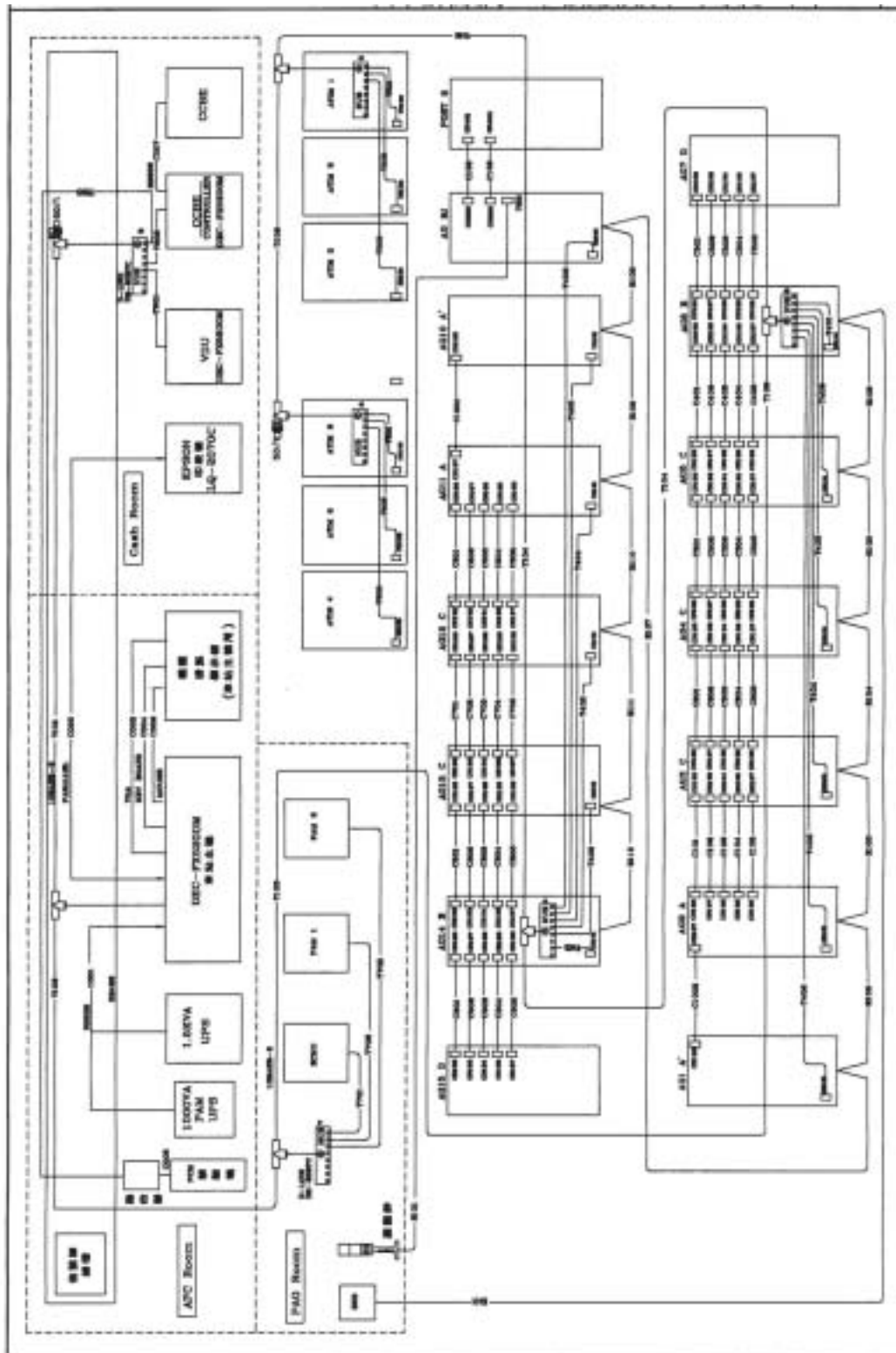
圖二十七：自動收費電腦及設備邏輯架構圖

(iv)自動收費 SPU 網路實體連接圖



圖二十八：自動收費 SPU 網路實體連接圖

(v)自動收費車站設備安裝圖



圖二十九：自動收費車站設備安裝圖

◇ 參考文獻 ◇

- x [李佳祺] (1985) :《數據通訊》, 臺北: 松崗書局出版(1985 年 12 月初版)
- x [賈叢林] (1986) :《區域網路概論》, 臺北: 全華書局出版(1986 年 11 月初版)
- (i) [蕭文龍、林松儒] (2001) :《TCP/IP 最佳入門實用書》, 臺北: 松崗書局出版(2001 年 4 月二版)
- (ii) [施威銘研究室] (2000) :《網路自己裝》, 臺北: 旗標書局出版(2000 年 8 月初版)
- (iii) [資策會] (2000) :《電腦網路應用課程講義》, 臺北: 資策會
- (iv) [三商電腦] (2000) : 車站處理機系統 GUI 軟體設計
- (v) [三商電腦] (2000) : 監管處理機系統 GUI 軟體設計
- (vi) [博碩文化] (2001) : LAN 理論與實作
- (vii) [機電系統工程處網址] : <http://sempo.dorts.gov.tw>
- (viii) 台北市政府捷運局機電系統機電人員授證教材 - 自動收費課程 91.6.