

網路實體連結與主從架構軟體設定

I. 實驗目的

瞭解並實地架設 10BASE-T 及 100BASE-TX 之 Ethernet 區域網路，內容包括：

網路設備連接方法：「網路卡間的連接方法」、「網路卡與集線器間的連接方法」、「集線器間的連接方法」，以及「架構一個網路系統：網路實體的連接方式、網路軟體的設定方式」。

實驗報告的內容應包含：實驗題目、參與人員及單位、目的、設備、方法、記錄、問題討論、心得。報告內容應是經討論、整理、濃縮後，重新詮釋而寫出，切勿全部剪貼、照單全貼。最後請將雙絞線及接頭完成品，按實驗「步驟標號」標明、用袋子包好、註明組員名單及組別，連同實驗報告一齊交回。

II. 實驗設備

本實驗需要的硬體可自備，亦可至機房使用專屬實驗機器。

一、硬體

項目	數量	備註
個人電腦 PC	3	最好是 Pentium 以上，並具備 32MB 以上的記憶體
Fast Ethernet 網路卡	3	本實驗提供之專屬機器配備有： Intel EtherExpress Pro 100+ ×1 Digital 21040-based 10/100Mbps PCI adapter ×2
集線器或交換器	3	本實驗提供的配備有： Accton SwitchHub 10/100Mbps ×1 Accton EtherHub 10Mbps ×2
Category 5 UTP	3 公尺	耗材自備
RJ-45 網路接頭	10 個以上	耗材自備，技術不佳者請多準備數個。
雙絞線剝線/壓線器	1	

二、軟體

項目	數量	備註
Microsoft NT Server	1	
Microsoft Windows 95/98	1	

III. 背景資料

一、乙太網路背景

乙太網路（Ethernet）是目前最為廣泛使用的網路技術。從近 10 年網路發展的過程來看，IEEE 802.3 不但打敗了其他 IEEE 802 的 LAN 標準，也把先進的 FDDI、ATM 高速網路技術阻隔於區域網路之外。這可歸功於 Ethernet 運作方式簡單、容易管理、價錢低廉，而且在功能及速度上也不斷提昇所致。底下概述其運作方式：

1. 運用 CSMA/CD：

多個 station 在共享一個傳輸通道時，需要有一個仲裁(arbitration)的方式來決定誰可以使用，這就是所謂的 Media Access Control (MAC) 機制。Ethernet 所採用的 MAC 機制為 CSMA/CD，即 Carrier Sense, Multiple Access with Collision Detection。所謂 Carrier Sense，指的是 station 藉由監測是否有其它封包的信號(即 carrier)正在傳送來決定自己可不可以傳，如果有監測到有其他封包在傳，則會先等待其他封包先傳完。Multiple Access 指的是多個 station 藉由 MAC 機制共享同一個通道。Collision Detection 是指傳送端在傳送封包過程中會檢查是否有其它封包也正在傳，這種情況稱為碰撞(collision)，發生在傳送的封包因傳遞延遲的關係，另一端有封包要傳的 station 無法及時 Carrier Sense 到已經有封包在傳，而造成兩個以上的 station 同時傳送封包所致。一旦傳送端發現 collision，傳送端會立即停止傳送封包，並送出 32 bits 的 jam signal，接著使用 truncated binary exponential backoff 的機制選擇一個亂數時間之後重傳。關於 CSMA/CD 運作的詳細流程請參閱[1,2]。

2. 子網路概念（Subnet）

上述的情況是同一時間只能有一 station 佔用傳輸通道，這個由連接到同一條線上或由一至多個 repeater hub 串起的傳輸通道稱為一個碰撞空間（collision domain）¹。此外，乙太網路的 broadcast frame（目的 MAC 位

¹曾有人在 newsgroup 上問起”Can collisions cause bad performance?” IEEE 802.3x 主席 Rich Seifert 幽默的回答 ”Yes. My old Toyota never quite performed the same after it hit that tree.”

址為 ff:ff:ff:ff:ff:ff 的封包，此種 frame 是要送給區域網路上每一台機器的) 亦是在此碰撞空間遊走，形成一個廣播空間 (broadcast domain)。在這種的情況，碰撞空間和廣播空間的大小是一樣的。我們通常稱在同一個廣播空間的網路為 subnet。

橋接器 (bridge) 的功能可以將碰撞空間切割成不同的網段(segment)，使每個網段形成獨立的碰撞空間，不會彼此影響。由於 ASIC 技術的進步，使得 bridge 可以連接更多的網段，及處理大量的封包，因此市場上為區隔過去的技術，就把 bridge 另稱為 switch²。Switch 藉由監聽各網段上的封包活動，來學習到哪一個 MAC address 來自哪一個網段，依此建立一個 forwarding table。並依據進來的封包的目的位址去查詢 address table 的內容，來決定是否要把封包轉送(forward)到另一個網段的 port(如果目的位址是另一個網段的電腦的話)。整個過程必須靠內部快速的 switching fabric 交換封包於各個 port。詳細的 switch 運作方式請參閱 [3,4]。

因 switch 仍會將廣播封包 forward 紿所有的網段，使得依賴廣播封包的協定(如 ARP、NetBEUI)產生的封包仍會充斥整個 subnet。為因應此問題，VLAN (Virtual LAN) [5]適時出現，支援 VLAN 的 switch 可以再分割廣播空間 (broadcast domain)、過濾廣播封包，解決了大部分的問題。我們可依據 port、MAC address、protocol 等方式將網路分割成不同的 VLAN，以分割廣播空間、減少廣播封包對不相干區域的影響。

二、線材的選用

乙太網路以實體層(如信號編碼、傳輸線)的不同有多種規格，表示這些規格的符號格式為 n-signal-PHY [4]. n 代表資料速率，以 Mb/s 為單位，標準中有 1、10、100、1000 四種。Signal 有 BASE 和 BROAD 兩種，分別代表基頻(baseband)和寬頻(broadband)兩種傳輸方式，但除 10BROAD36 外，Ethernet 皆採用基頻傳輸，關於基頻和寬頻的定義請參考 [6]。PHY 早期的符號代表傳輸線最長的距離，如 10BASE5 代表 500 公尺，10BASE2 代表約 200 公尺(精確數字為 185 公尺)，後來改為代表傳輸媒介的種類及信號編碼方式，並在前面加個 dash，如 10BASE-T、100BASE-FX 等，T 通常代表雙絞線³，F 代表光纖。Ethernet 所有的規格說明請參閱[1,2]。在本次實驗我們使用的是 10BASE-T 與 100BASE-TX 系統，皆以無遮蔽式雙絞線(Unshielded Twisted-Pair, UTP)為傳輸線。

² 從 IEEE 標準的角度來看，bridge 和 switch 是同義詞，指的是合乎 IEEE 802.1D 標準的網路設備。它們的功能完全相同，只是市場上標榜 implementation 技術不同而給予不同的名稱而已。另外，Ether switch、L2 switch、Switch hub 皆為同義詞。

³ 但 100BASE-T 指的是所有 100 Mb/s 的 Ethernet，這是例外。

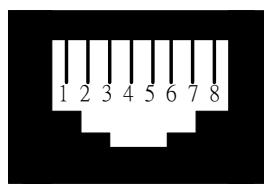
目前用來架設 Ethernet 的雙絞線，在一條 cable 裡包含了四對絞線，依據 TIA/EIA-568 的 cable 標準為 Category 5 等級以上的雙絞線。儘管在 IEEE 802.3 標準中，Category 3/4 雙絞線可以傳送 10 Mb/s 及 100 Mb/s 的資料，但市面上所使用雙絞線的幾乎都是 Category 5 等級的天下。表 7-1 列出 TIA/EIA-568 中各等級訂定傳輸特性(specified transmission characteristics)的最大信號頻率，意思就是說，是在這個信號頻率範圍內的傳輸特性(如衰減程度)皆經過測試，符合標準所規範的特性，所以設計者只要把頻率限在這個範圍內，信號的傳輸就可以保證如標準所定義般的特性運作。

Category	訂定傳輸特性的最大頻率
1/2	通常指的是舊式的電話線路，標準中不認可(recognize)用來傳輸 Ethernet 信號。
3	16 MHz
4	20 MHz
5	100 MHz

【表 7-1】Cat-5 以下的雙絞線等級

三、雙絞線接頭 (RJ-45)⁴

圖 7-1 為 RJ-45 插槽的示意圖。Category 5 雙絞線內有四對絞線，每對絞線為兩條線互繞(twisted)，也就是說共有八條導線在雙絞線內，然而在 10BASE-T 及 100BASE-TX 標準中，只有用到兩對絞線⁵，分別作 Tx (transmit) 與 Rx (receive)。然而因為網路卡與集線器的插槽腳位不同，所以造成製作接頭時要注意到「Crossover」的問題。以下分別針對「PC 與 Hub、Switch」、「PC 與 PC 間」以及「Hub 與 Hub 間」的連接方法詳加介紹：



【圖7-1】RJ-45插槽的示意圖

1. PC 與 Hub、Switch 的連接方法

假設甲端（網路卡）與乙端（集線器）要以雙絞線連結，我們可先由表 7-2 來檢視網路卡、集線器插槽上的腳位功能表：

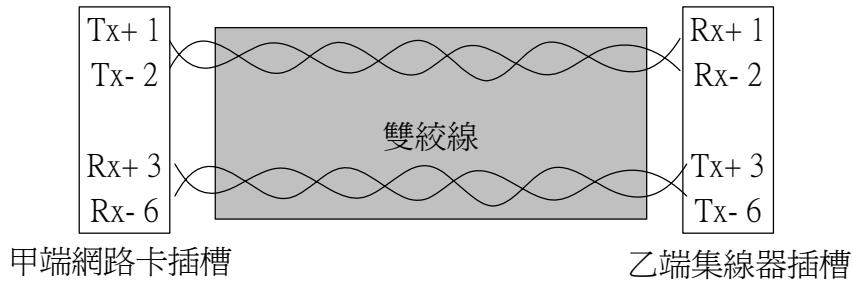
⁴ 許多人常將雙絞線稱為 RJ-45 網路線或 RJ-45，但這是錯誤的。RJ-45 是接頭的名稱，不是網路線的名稱。

⁵ 100BASE-T4 以及最新的 1000BASE-T 使用四對絞線。(但 100BASE-T4 用 3 對線傳輸，另一對偵測 carrier。)

網路卡插槽		集線器插槽	
接頭腳位	功能	接頭腳位	功能
1	Tx+	1	Rx+
2	Tx-	2	Rx-
3	Rx+	3	Tx+
4	-	4	-
5	-	5	-
6	Rx-	6	Tx-
7	-	7	-
8	-	8	-

【表 7-2】網路卡、集線器插槽上的腳位功能表

由於甲端的 Tx 必須接乙端的 Rx，乙端的 Tx 必須接甲端的 Rx，所以不需要「Cross」（見圖 7-2）。



【圖7-2】網路卡與集線器相連

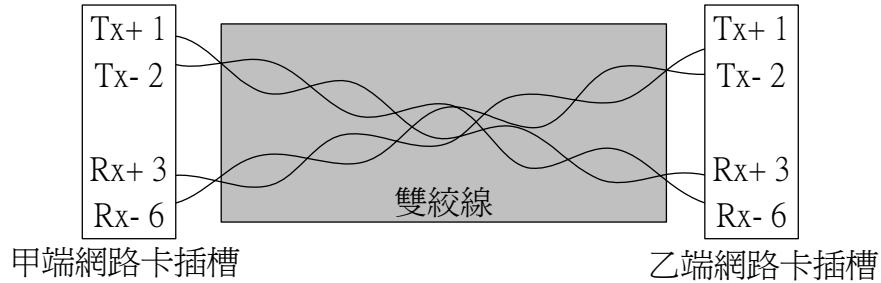
2. PC 與 PC 間的連接方法

假設甲端（網路卡）與乙端（網路卡）要直接以雙絞線通訊，我們可先由表 7-3 來檢視網路卡插槽上的腳位功能表：

甲端網路卡		乙端網路卡	
接頭腳位	功能	接頭腳位	功能
1	Tx+	1	Tx+
2	Tx-	2	Tx-
3	Rx+	3	Rx+
4	-	4	-
5	-	5	-
6	Rx-	6	Rx-
7	-	7	-
8	-	8	-

【表 7-3】網路卡插槽上的腳位功能表

由於甲端的 Tx 必須接乙端的 Rx，乙端的 Tx 必須接甲端的 Rx，所以要「Cross」（見圖 7-3）。



【圖7-3】網路卡相連

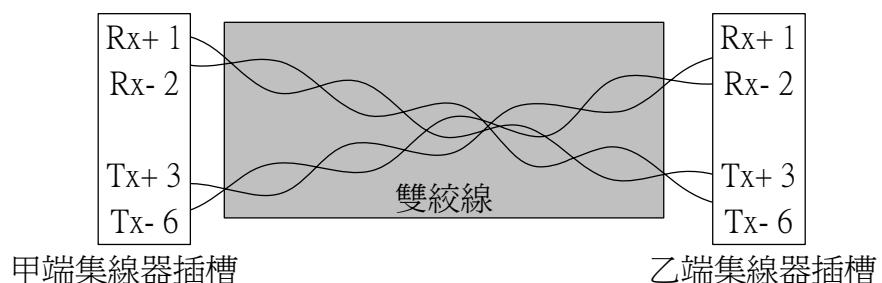
3. Hub 與 Hub 間的連接方法

假設甲端（集線器）與乙端（集線器）要以雙絞線串接，我們可先由表 7-4 來檢視集線器插槽上的腳位功能：

甲端集線器		乙端集線器	
接頭腳位	功能	接頭腳位	功能
1	Rx+	1	Rx+
2	Rx-	2	Rx-
3	Tx+	3	Tx+
4	-	4	-
5	-	5	-
6	Tx-	6	Tx-
7	-	7	-
8	-	8	-

【表 7-4】集線器插槽上的腳位功能表

由於甲端的 Tx 必須接乙端的 Rx，乙端的 Tx 必須接甲端的 Rx，所以要「Cross」（見圖 7-4）。



【圖7-4】集線器與集線器相連

4. RJ-45 接頭的安裝

關於資訊電纜配線有一 ANSI 標準存在：TIA/EIA 568 (Commercial Telecommunications Cabling Standard)[7]，其中也有述及在接頭絞線的排列(表 7-5)：

Phone Jack 腳位	568A 定義線顏色	568B 定義線顏色
1	綠白	橙白
2	綠	橙
3	橙白	綠白
4	藍	藍
5	藍白	藍白
6	橙	綠
7	棕白	棕白
8	棕	棕

【表 7-5】TIA/EIA 568 標準定義的顏色排列

如果仔細檢視此兩標準不難發現，568A 與 568B 之間的差異只有一點點：1、2 所用的那組絞線與 3、6 所用的那組絞線對調，其他腳位 (4,5,7,8) 的安排方式在兩標準中並無不同。所以在非 Crossover 的情況只要兩端都用同一組顏色，Crossover 時用不同組的顏色，在安裝時依照絞線外皮的顏色排列好插入 RJ-45 接頭再壓線即可。一般建議按照這兩組顏色來排即可，如果不按此方式排列，要注意最好 Tx+和 Tx-要使用同一組絞線，Rx+和 Rx-要使用同一組絞線。

四、半雙工與全雙工 (Half-duplex vs. Full-duplex)

因為 10BASE-T 及 100BASE-TX 標準中使用雙絞線為傳輸介質有一個特點：傳送與接收的信號走的是不同對的絞線，因此可以同時進行⁶（見圖 7-5），稱為全雙工。使用同軸電纜時，因所有信號都在電纜的導心傳輸，所以同一時間只能有單向的傳輸，稱為半雙工；10BASE-T 及 100BASE-TX 皆可在半雙工和全雙工兩種模式下運作。在半雙工的作業模式下，發送端不論是在集線器的 port 或是在網路卡，只要發現在同一時間有收與送同時發生，即認為有碰撞發生；在全雙工的作業模式下則允許收與送同時存在，全雙工的運作有三個要件 [1]：

⁶ 1000BASE-T 的傳輸同時使用四對絞線，因此接送和接收的信號是在同一對絞線上進行。儘管如此，經由複雜的數位信號處理方式，仍可使用全雙工傳輸。

1. 傳輸通道必需能支援同時傳送「收」跟「送」的信號而不使互相干擾。
2. 傳輸通道上恰有兩個 station，形成點對點(point-to-point)的連結。
3. 兩端的 station 要能支援且設定為全雙工。

由於傳輸通道上恰有兩個 station⁷，且可同時傳送「收」跟「送」的兩種信號，因此不可能有碰撞(collision)發生，所以就完全無需 CSMA/CD 的機制。因此在全雙工的操作模式下，使得傳輸通道不再受因 CSMA/CD 引起的距離限制，而使傳輸距離只跟傳輸線本身能載送信號的距離有關。由於全雙工擁有諸多優點，使得半雙工的 Gigabit Ethernet 實際產品幾乎不存在(儘管標準中有規範)，而正發展中的 10 Gb/s Ethernet (IEEE 802.3ae)更取消了半雙工，而只訂定全雙工的操作。



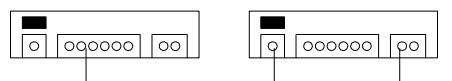
【圖 7-5】兩張網路卡以全雙工對傳

實體的連接方式

在 Ethernet 中，網路的實體包括網路卡與集線器，所以接下來要分別說明「網路卡之間」、「網路卡至集線器之間」，以及「集線器之間」的連接方法。

1. Daisy-Chain 方式（見圖 7-7）

以 Daisy-Chain 串接時要注意到，不要串接太多 hub⁸以免造成傳遞延遲時間超出許可的範圍。通常 Hub 或 Switch 都會有標有 MDI (Medium Dependent Interface) 的網路插槽，並有一開關可以控制此插槽是否要 Cross。在本次實驗中，每個插槽都有標記如「1X」、「2X」、「3X」等的字眼，「X」代表的是此插槽的 Tx、Rx 與網路卡的 Tx、Rx 腳位



【圖7-7】以Daisy-Chain方式串接集線器或交換器

⁷ 這裏的 station 指的可以是插網路卡的電腦、switch、router 等，但不可以是 repeater hub，IEEE 802.3 明文規定將 repeater hub 排除在全雙工的運作外。

⁸ 一般有所謂的 5-4-3 規則 [1]，指的是傳送路徑上有 4 個 repeater 和 5 個 segment 時，最多只能有 3 個 segment 可以是 mixing segment(多於兩個 interface)，其餘的都要是 link segment(可使用全雙工的傳輸通道且恰有兩個 interface 形成點對點的連接)。注意這裏“可使用”的意思指的是可支

相反，因此線材即可不用 Cross 了。

2. Stack 方式（見圖 7-8）

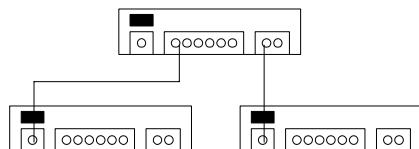
如果你擁有的 hub 是 stackable 的，即表示你可以利用廠商內附的介面、傳輸線來串接 hub。不過不同廠牌的通常不能利用此法。



【圖7-8】以stack的方式串接集線器或交換器

3. 階層方式（見圖 7-9）

如果你買了一台效能較好的機器，很合理地我們可以將它放在比較上面的階層；在此實驗中我們可以將 switch 放在第一層做為骨幹網路，普通 hub 放在第二層；資料量較大的 Server 可直接接到 switch 上。

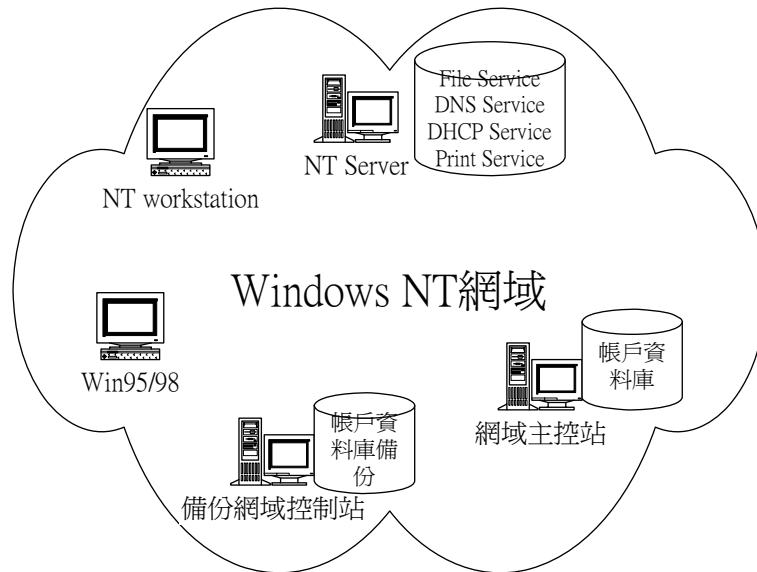


【圖7-9】以階層的方式串接集線器或交換器

網路軟體的設定方式 (Client/Server configuration)

在此次實驗中，我們以 Microsoft NTTM 來架設一個區域網路（見圖 7-10），使同一個網域的機器可以共享 Server 上的資源（如檔案、列印共享）。微軟推出的網路作業系統，從 LAN Manager 到今日的 NT，都採用 NetBEUI（NetBIOS Extended User Interface）通訊協定。在這個通訊協定下，每一個子網路被稱為一個「網域（Domain）」，伴以一個「網域名稱」。每一個網域只能有一個「網域主控站」，儲存網域上的使用者帳戶資料；每台用戶端電腦以一個「電腦名稱（NetBIOS name）」作為其在網路上的唯一的代號。

支援全雙工，但在接 repeater 時並非以全雙工運作。



【圖7-10】利用NT來架設區域網路

總歸來說，要架構一個 NT 區域網路，首先必定要有「網域主控站」來管理帳戶，其次是提供各種 Service 的「伺服器」，最後用戶端(NT workstation 或 Win95/98)。前兩者(網域主控站、伺服器)可以使用同一台機器，而「備份網域主控站」則是不一定要有的。

IV. 實驗方法

製作各種網路線接頭，並經過測試以後，用於架設「Daisy-chain」與「Hierarchy」實體架構下的 NT 區域網路。

V. 實驗步驟

一、製作網路線接頭

製作五條網路線，線的代號與其說明如表 7-6：

網路線代號	接頭作法說明							
	線的甲端							
	1	2	3	4	5	6	7	8

U	橙白	橙	藍白	藍	綠白	綠	棕白	棕	同左
V	按 TIA/EIA 568A 排列								按 568B 排列
X	同 V								
Y	按 TIA/EIA 568A 排列								同左
Z	按 TIA/EIA 568B 排列								同左

【表 7-6】實驗用網路線的規格

RJ-45 接頭安裝說明：

1. 使用剝線器撥掉外皮

使用剝線器要小心不要剝到自己的手！剝線器有兩對刀：一對剪線，一對剝線，兩對刀間的距離即是欲露出的絞線長度。剝完線後，先將四對絞線分開，綠、綠白一組，橙、橙白一組，藍、藍白一組，棕、棕白一組。

2. 將各絞線導入接頭中的小溝

製作時僅需要線的兩邊頭顏色排列一樣即可，不過一般來說會讓成對的絞線排在一起。分別將各線導入接頭的小溝中。

3. 放入壓線器 8P 的壓線孔中。

此壓線器有兩個孔，將線連接頭一起導入 8P(8 pin)的孔，注意！！

手指不要放在剝線器上！！接著用力夾起，接頭即告完成。

二、測試線材與接頭

1. 利用 Accton Cheetahub (10/100Mbps) 的燈號來測試每一條線是否正常。

方法為輪流對代號 U、V、X、Y、Z 的網路線執行下列步驟：

- 分別將線的兩端分別插入標號 1~15 其中兩個，觀察其對應的兩個 Link 燈號是否亮起。分別記錄每條線使燈亮起來的顏色（沒有亮、亮綠色，或是亮黃色）【記錄 1】。
- 承上，將其中任一端拔起，插入編號 16 的插槽（Cross 開關調至 16MDI）。將能使燈亮起來的網路線代號記錄下來【記錄 2】。

2. 若有網路線在步驟 A、B 都沒有使燈亮過，八成您的製程有問題，重作吧.....

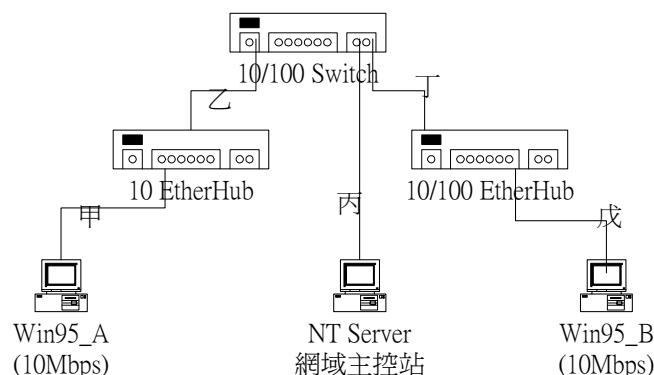
三、建構 NT 網域

- 安裝 Windows NT Server，選擇網域主控站安裝，站名取名為 NT_Server 網域名取為 SPEED，記得安裝 NetBEUI 通訊協定。
- 加裝 NT server 於之前所建的網路架構下的 switch 下面。利用「使用者管理員」加入兩個 Domain User : Win95_A、Win95_B，並給予密碼。

3. 設定兩台 win95 的「Client for Microsoft Network」，讓其可以登入「SPEED」網域的 NT Server。
4. 按照表 7-7 連接網路實體如圖 7-11。推論「甲乙丙丁戊」各須要 Cross 與否【記錄 3】，並實地接線後觀察「網路上的芳鄰」中是否列出這三台電腦；若不行則自行配對出可以連通網路的組合。記錄實際上可以連通的組合【記錄 4】。

圖 7-11 中 網路線代號	一端插入	另一端插入
甲	Win95_A 的網路卡插槽	10 EtherHub 的 16 (MDI-X)
乙	10/100Switch 的 1X~15X	10 EtherHub 的 1X~15X
丙	NT Server 的網路卡插槽	10/100 Switch 的 1X~15X
丁	10/100 Switch 的 16 (MDI-X)	10/100 EtherHub 的 16 (MDI-X)
戊	Win95_B 的網路卡插槽	10/100 EtherHub 的 1X~15X

【表 7-7】圖 7-11 中的五條網路線連接狀況



【圖7-11】實驗用的網路連接狀況

VI. 實驗記錄

記錄	內容				
1	U	V	X	Y	Z

(不亮、綠、黃?)					
2 (不亮、綠、黃?)	U	V	X	Y	Z
3 (Cross 與否)	甲	乙	丙	丁	戊
4 (甲乙丙丁戊) =	(UVXYZ) , (VXUZY) ?				

VII. 問題與討論

注意：請針對問題中每一項目回答，並避免引述「太」多資料。

1. 請解釋 [記錄 1,2] 的結果。
2. 請簡單說明您推論 [記錄 3] 的過程，並解釋 [記錄 4] 的結果。
3. 若有一個公司的建築物，原已採用 Cat 5 的 8P 雙絞線作為其網路線材，現在有意要從 10 Mb/s Ethernet 升級到 Fast Ethernet，您會建議他施工的步驟是？
4. 在全雙工模式下兩站對傳，在理想上 throughput 可以加倍；但是若兩站經由 hub 設成全雙工對傳，則會產生大量的 collision。試提出一個解決的辦法。
5. 在綜合背景資料中第三部分（雙絞線接頭）的知識後，按照下表的 Spec 製作出一條網路線，測試後連同實驗報告一同交回。

項目	要求
線材	Category 5 UTP
接頭	8P
所能承載速度	100Mbps
接頭排列方式	兩端皆不符合 TIA/EIA 568 A 或 B
網路線代號	K

6. 自問自答，即自己發掘問題，自己找出答案（給分將根據題目設計的「嚴謹程度」、「難度」與「作答的品質」）。

VIII. 參考文獻

- [1] ISO/IEC Standard 8802-3⁹, “Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications,” 2000 Edition.
- [2] Charles E. Spurgeon, “Ethernet: The Definitive Guide,” O’Reilly & Associates Inc., 2000.
- [3] ISO/IEC Standard 15802-3, “Media Access Control (MAC) Bridges,” 1998 Edition.
- [4] Rich Seifert, “The Switch Book: the complete guide to LAN switching technology,” John Wiley & Sons Inc., 2000.
- [5] IEEE Standard 802.1Q, “Virtual Bridged Local Area Networks,” 1998.
- [6] William Stallings, “Data and Computer Communications,” Sixth Edition, Prentice Hall, 1999.
- [7] TIA/EIA 568A Commercial Telecommunications Cabling Standard,
TIA URL <http://www.tiaonline.org/>.
EIA URL <http://www.eia.org/>.

⁹ 這份文件即是 IEEE 802.3 文件，成為 ISO/IEC 標準後編號為 ISO/IEC 8802-3。又如 ISO/IEC 15802-3 即為 IEEE 802.1D。標準文件的取得可跟 IEEE 購買，請參見 <http://standards.ieee.org>，若是對可免費使用 IEEE/IEL 資料庫使用者，可選擇 Standards 選項後，打入關鍵字，如 802.3，可取得標準文件之 PDF 檔。