



# 電腦網路概論

## 實體層

**Fundamental of  
Computer Networking**

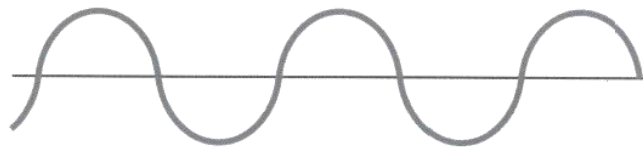
Physical Layer

# 傳輸訊號 (1/10)

## 電子訊號

- 數位或類比訊號

類比訊號



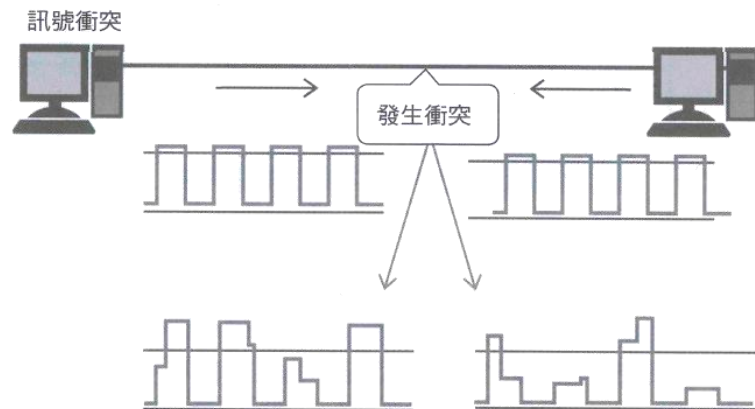
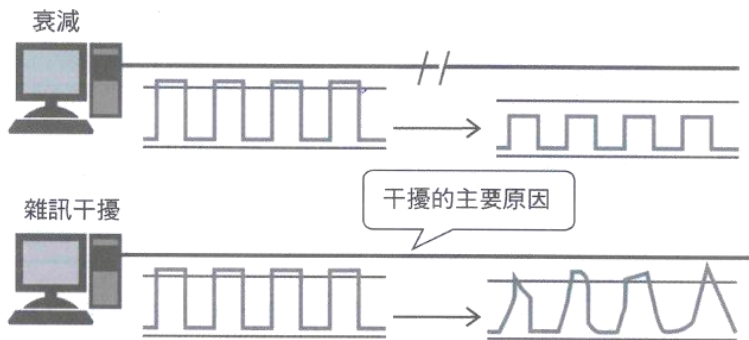
數位訊號



- 作為傳輸媒介的的導體(通常是銅線)不可避免都會有阻抗，會有訊號衰減的問題
- 容易受到電磁干擾的影響 (相鄰的纜線、雷擊、無線裝置...等)

# 傳輸訊號 (2/10)

## 電子訊號產生的問題

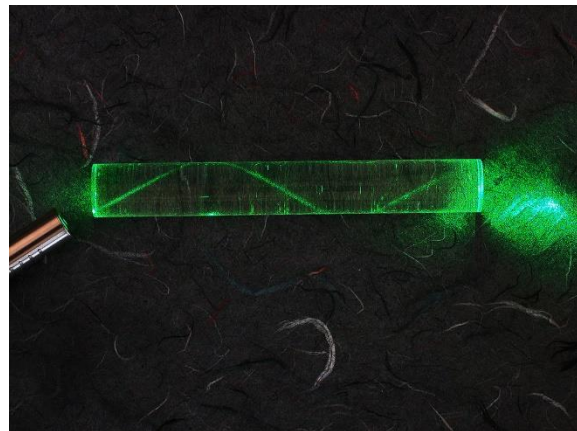
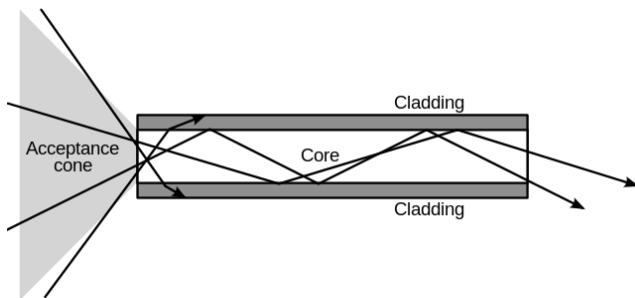


衝突時, 就會傳送或是接收電荷,  
如此便會造成波形破壞

# 傳輸訊號 (3/10)

## 光訊號

- 把電子訊號的 0 與 1 轉換成光訊號的亮與暗，並利用光的物理特性，在光纖纜線中不斷的全反射，把光訊號傳送到另外一端

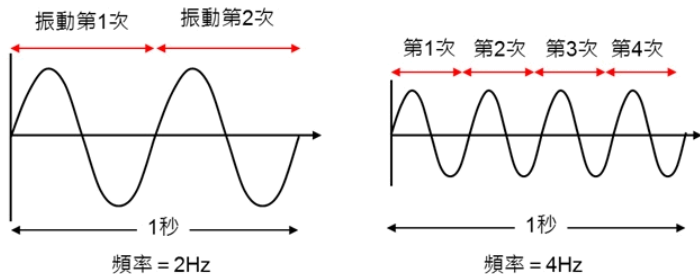
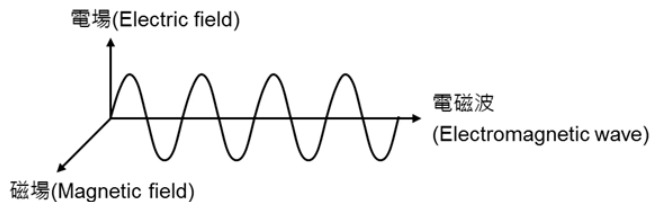


- 沒有阻抗以及電磁干擾的問題，但是會受到光纖纜線的影響，導致散射、色散以及吸收等問題，造成訊號衰減

# 傳輸訊號 (4/10)

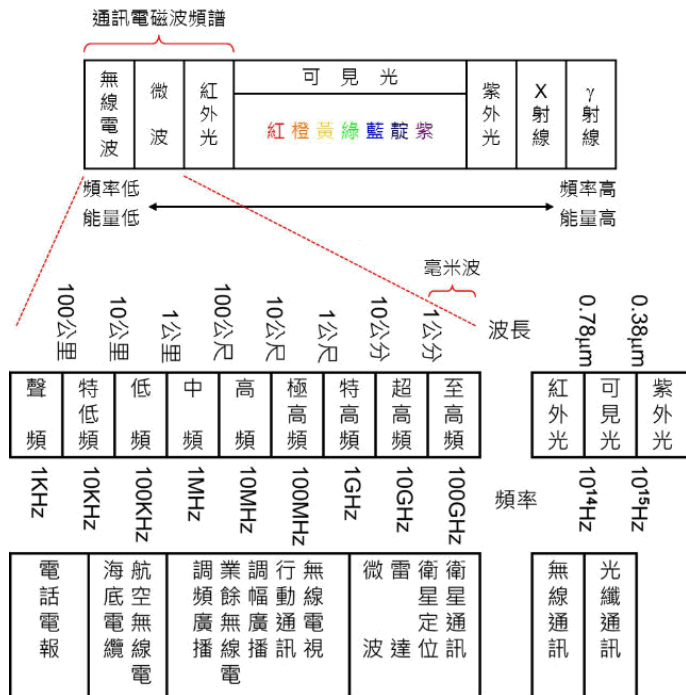
## 電磁波 (Electromagnetic wave)

- 由互相垂直的電場(Electric field) 與 磁場(Magnetic field) 交互作用而產生的一種能量 (Energy) , 這種能量在前進的時候就像水波一樣會依照一定的頻率不停地振動



# 傳輸訊號 (5/10)

## 電磁波頻譜 (Spectrum)



頻率較低的電磁波比較安全，而且具有良好的繞射特性，因此適合用來做為無線通訊使用

# 傳輸訊號 (6/10)

電磁波的傳輸途徑：

- **反射**：當電波發射出去抵達一種媒介時，所造成的**訊號回彈**現象。以 Wi-Fi 訊號為例，如果訊號經過金屬材質的表面，像是鋁，訊號即會產生反射的情況。

金屬機身的手機  
為什麼會有這種難看的接縫



# 傳輸訊號 (7/10)

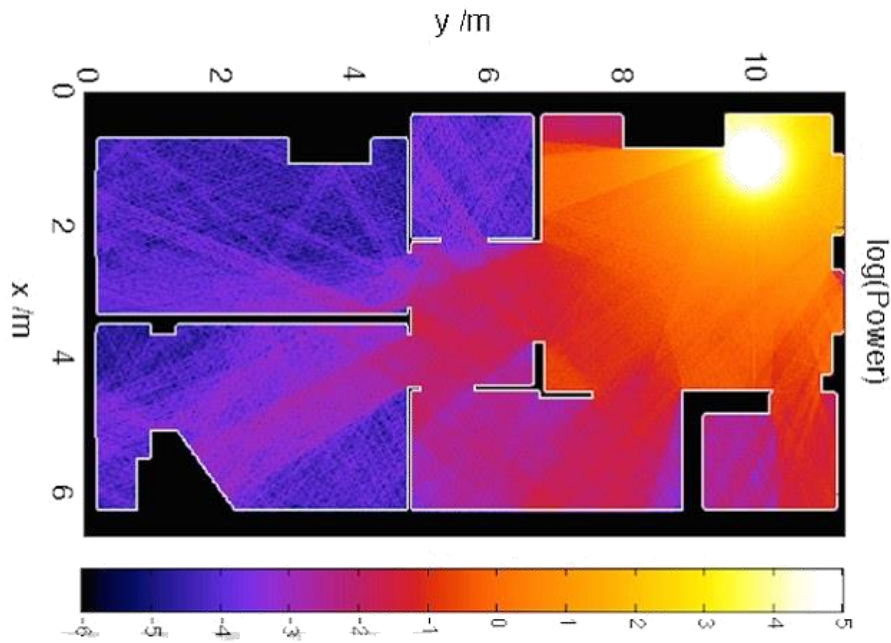
電磁波的傳輸途徑：

- **折射**：當電波由一個媒介射入另外一種媒介時，所造成的**速度改變**或是**角度的偏移**。以 Wi-Fi 訊號為例，像是經過玻璃或是水的時候，訊號即會產生折射的狀況。
- **繞射**：當電波發射出去抵達一種媒介時，因為**無法穿透也無法反射**，產生偏離原先直線傳播的物理現象。以 Wi-Fi 訊號為例，訊號經過水泥牆壁時，因為無法穿越，所以訊號會往旁邊散開，等遇到一個可以穿過的區域再繼續向本來的直線方向進行延伸。



# 傳輸訊號 (8/10)

Wi-Fi 訊號強度分佈範例：



# 傳輸訊號 (9/10)

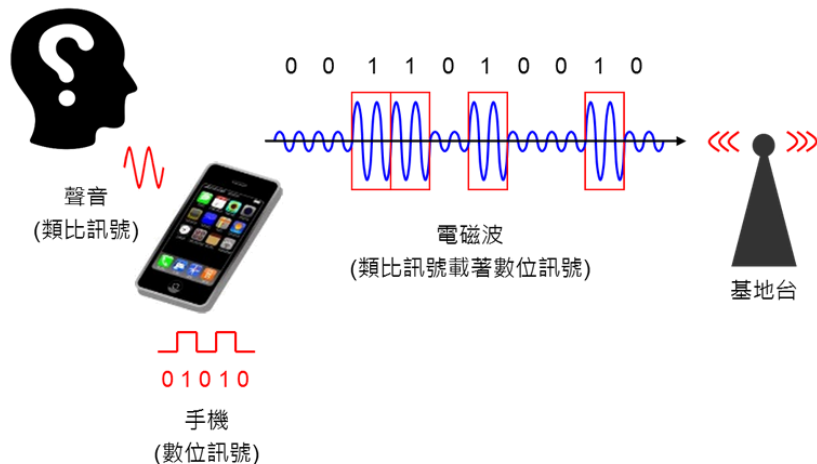
低頻與高頻電磁波：

- **高頻電磁波(GHz)：**  
能量比較高，不需要消耗很大的電力就能有足夠的功率傳送到遠方(較省電)，雖然可以傳送比較遠，但是高頻電磁波的繞射特性比較差，不容易繞過障礙物，室內的死角會比較多，接收訊號品質較差
- **中低頻電磁波(MHz、KHz)：**  
能量比較低，需要消耗較大的電力才能有足夠的功率傳送到遠方(較耗電)，但是中低頻電磁波的繞射特性比較好，比較容易繞過障礙物，接收訊號品質較好

# 傳輸訊號 (10/10)

## 數位調變技術 (Digital modulation)

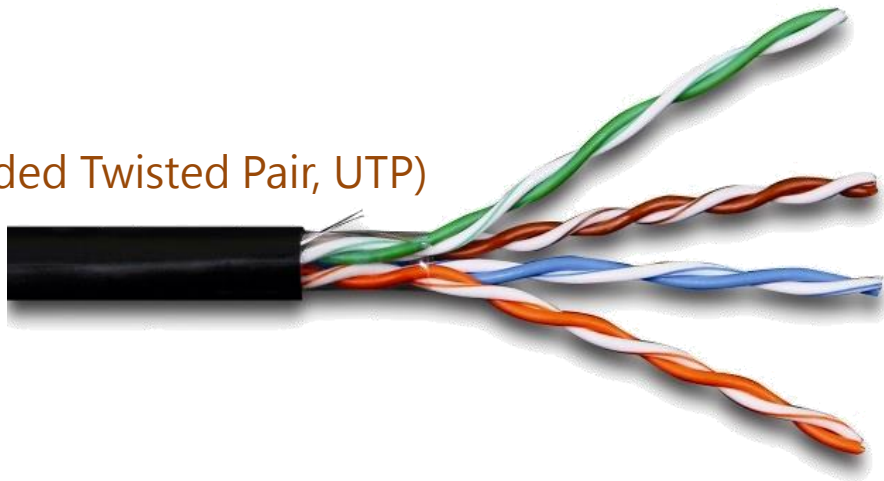
- 現在的手機是屬於**數位通訊**，也就是我們講話的聲音（連續的類比訊號），先由手機轉換成數位訊號，再經由數位調變轉換成較高頻率的**電磁波**（類比訊號載著數位訊號），這樣才能利用天線傳送到很遠的地方



# 傳輸媒介 – 雙絞線 (1/4)

雙絞線(Twisted Pair)結構上是由 8 條細銅線用絕緣塑膠包覆後兩兩對絞所捻成的，兩兩對絞的目的是為了抵銷電流通過銅線時產生的磁場，而且能夠抵抗外部干擾

非屏蔽雙絞線(Unshielded Twisted Pair, UTP)



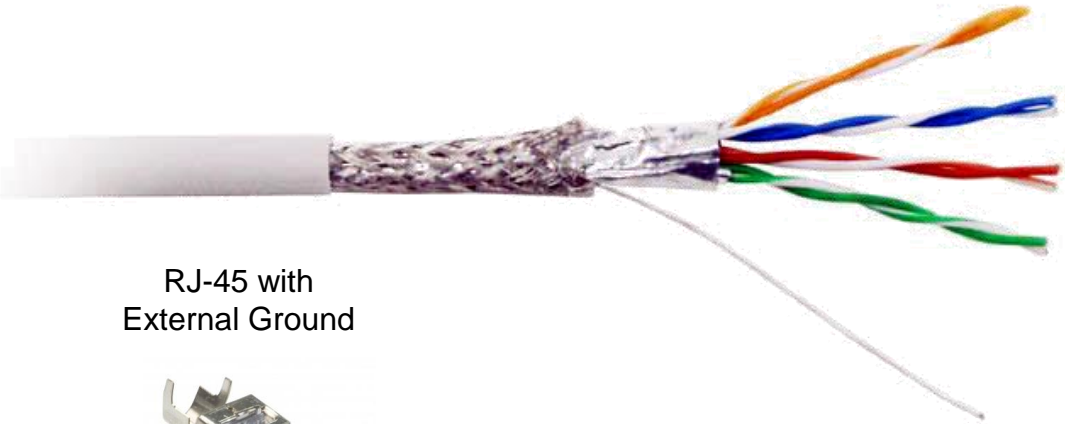
# 傳輸媒介 – 雙絞線 (2/4)

屏蔽雙絞線(Shielded Twisted Pair, STP)，是在纜線的外側包覆金屬網，可以進一步屏蔽傳輸線，使之不受外部電磁場干擾

RJ-45 with  
Internal Ground



RJ-45 with  
External Ground



# 傳輸媒介 – 雙絞線 (3/4)

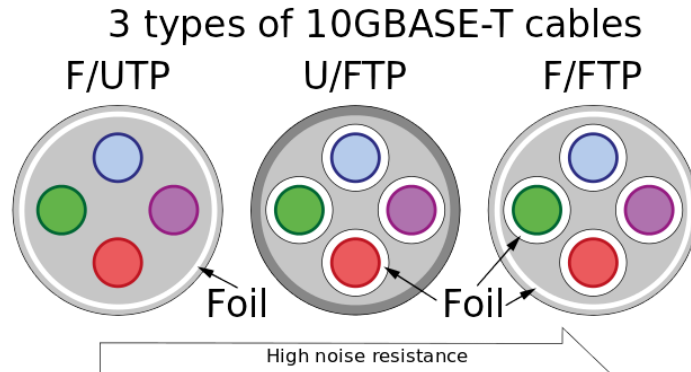
雙絞線的規格，市面上常見的標示方式是以**類別(Category)**來區分，這種規格是由美國電子/電信工業協會(EIA/TIA)所制定，根據傳輸速度的不同，把 UTP 分成幾類：

類別	最大傳輸距離	最大傳輸速度	適用於 IEEE 802.3 通訊協定
Cat. 3	100公尺	16Mbps	10BASE-T
Cat. 5	100公尺	100Mbps	100BASE-Tx
Cat. 5e	100公尺	1000Mbps	1000BASE-T
Cat. 6	100公尺	1000Mbps	1000BASE-Tx

# 傳輸媒介 – 雙絞線 (4/4)

## Cat. 7 雙絞線：

- 為 ISO/IEC 11801 Class F 纜線標準的非正式名稱，並未受到 EIA/TIA 的承認
- 適用於 IEEE 802.3 10GBASE-T 通訊協定
- 由於傳輸速度較高，需要更佳的抗干擾能力，因此全部採用**遮蔽雙絞線**，並且衍生出各種不同的遮蔽方式：

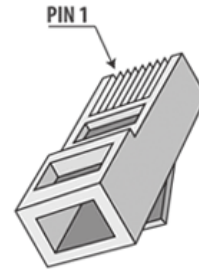
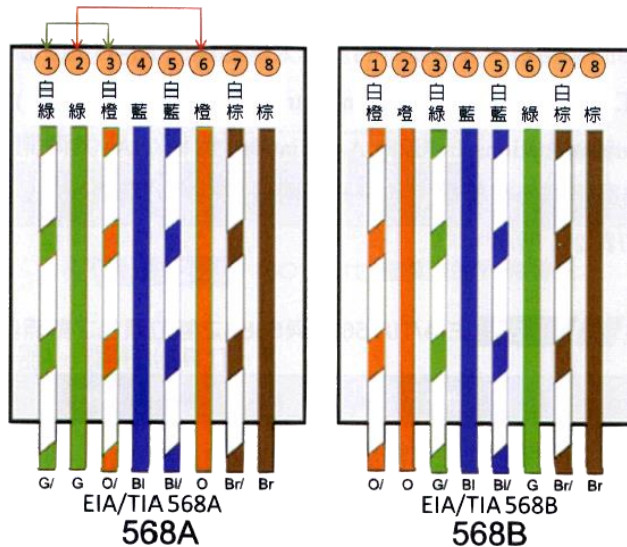


F = foil shielding  
U = unshielded  
TP = twisted pair

# 8P8C接頭

8P8C接頭 (也稱 RJ-45 接頭) 是乙太網路使用雙絞線連線經常使用的一種連接插頭，其腳位及顏色制定於 EIA/TIA 568 商業建築電信佈線標準，其中又分兩種規格 568A 與 568B

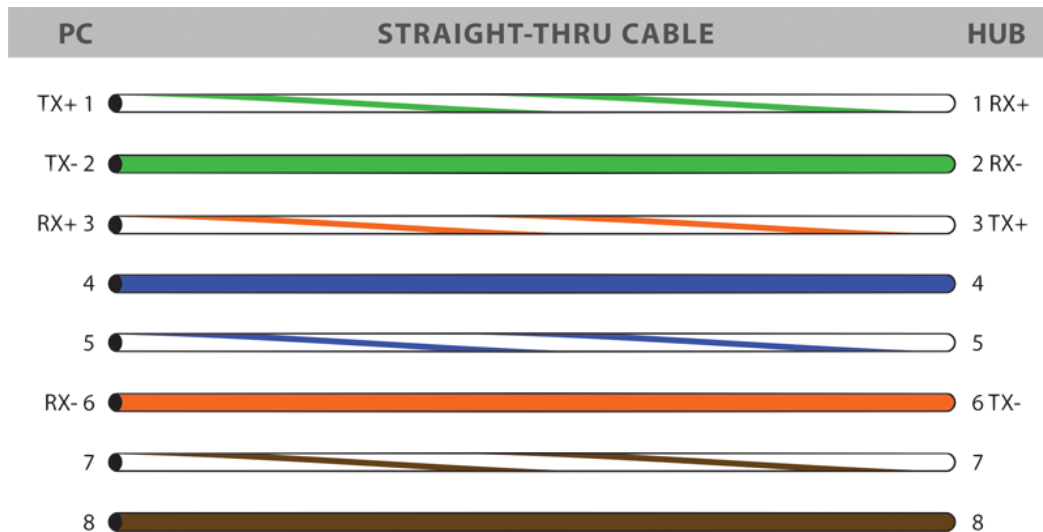
568A與568B的差異





# 直線與跳線 (1/2)

只要一條網路線兩端的 8P8C 接頭都使用 568A 或 568B，稱這條線為直線 (Straight-Through)，通常用於連接兩端不同的設備



傳輸腳位定義：

以1000BASE-TX為例

TX+：傳送資料 +

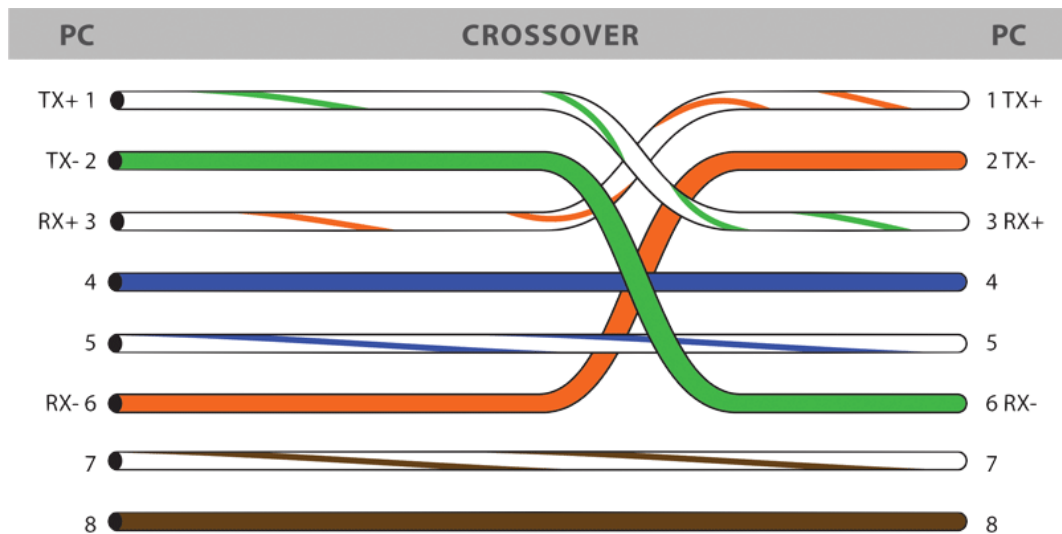
TX-：傳送資料 -

RX+：接收資料 +

RX-：接收資料 -

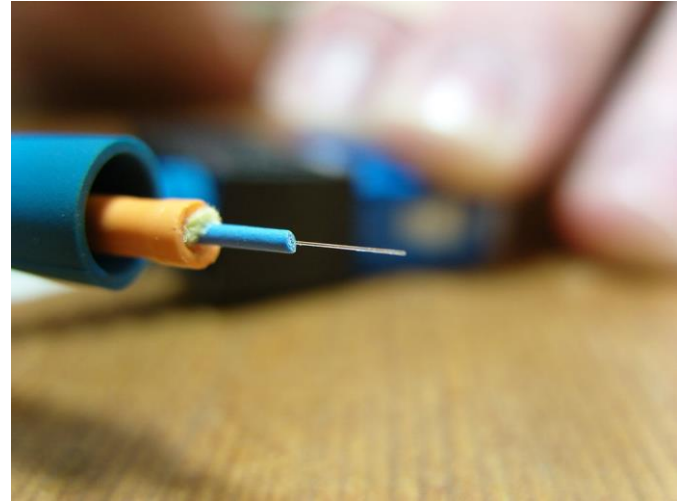
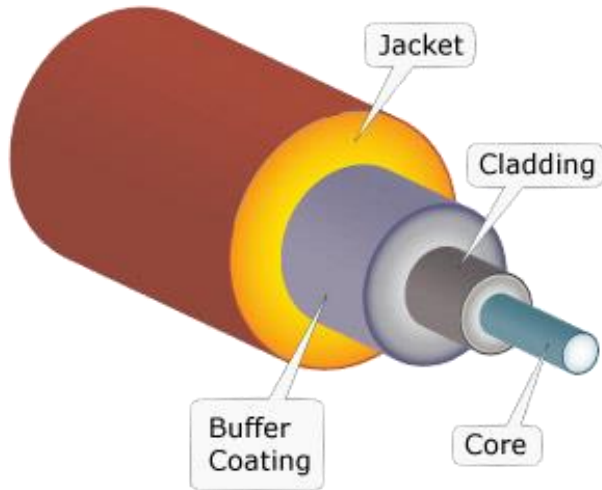
# 直線與跳線 (2/2)

只要一條網路線的 8P8C 接頭一端使用 568A，另一端使用 568B，稱這條線為跳線 (Crossover)，通常用於連接**兩端相同的設備**



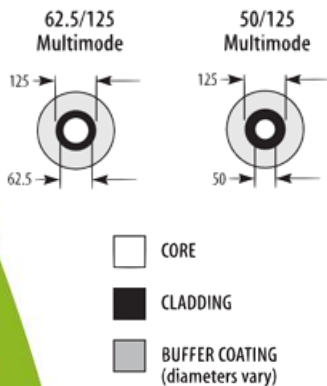
目前很多網路設備製造商都會在設備上加入**自動跳接**的功能，能夠偵測接入的腳位，並自動調整

# 傳輸媒介 – 光纖纜線



# 多模光纖 (1/3)

多模光纖(Multi-mode Fiber, MMF) 由於光纖芯較粗 (62.5 或 50  $\mu\text{m}$ )，可容許多束光線通過，有較多光線折射或反射造成的色散，因此傳送距離較短，線材常以橘色外皮做為辨識



類別	100BASE-FX	1000BASE-SX	1000BASE-LX	10GBASE-SR
OM1 (62.5/125)		220公尺		33公尺
OM2 (50/125)	2000公尺		550公尺	82公尺
OM3 (50/125)		550公尺		300公尺
OM4 (50/125)				400公尺

# 多模光纖 (2/3)

MMF 50/125 OM2  
LC to LC Duplex

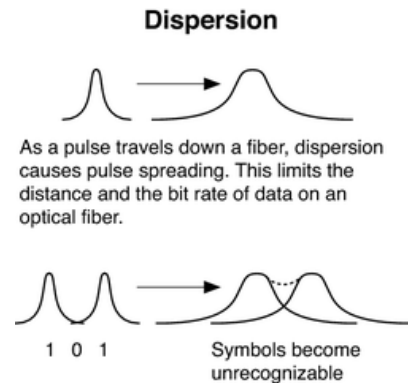
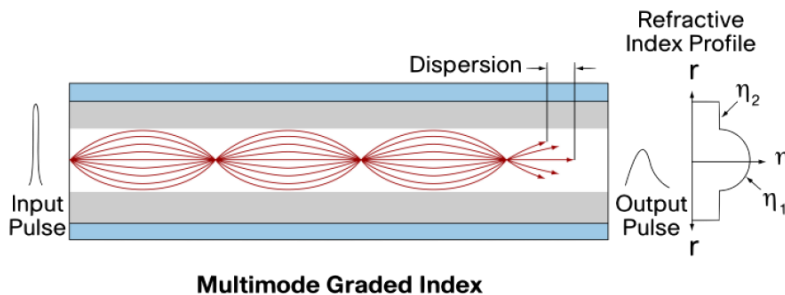
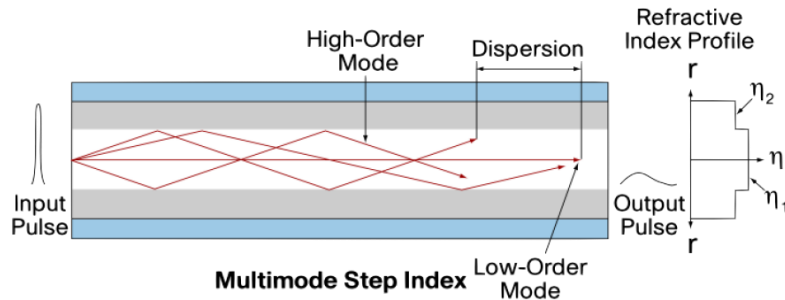


MMF 50/125 OM3  
LC to LC Duplex



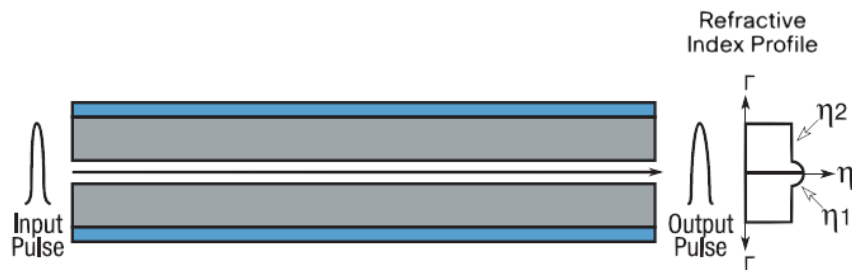
# 多模光纖 (3/3)

根據光線在石英玻璃芯中**折射率的變化**，又可以分成漸變折射率 (graded-index profile) 與突變折射率 (step-index profile)



# 單模光纖 (1/2)

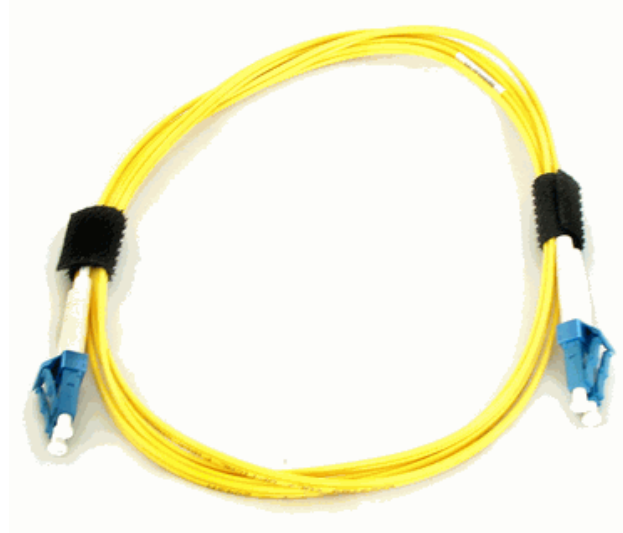
單模光纖(Single-mode Fiber, SMF) 的光纖芯較細 (8.3~10  $\mu\text{m}$ )，**只容一束光線通過**，光線的色散相對較輕微，因此傳送距離較長，但是訊號源的成本較高，線材常以**黃色外皮**做為辨識



類別	1000BASE-LX	10GBASE-LR/LW	10GBASE-ER/EW
OS1 (9/125)	5公里	5公里	10公里
OS2 (9/125)		10公里	40公里

# 單模光纖 (2/2)

SMF 9/125 OS2  
LC to LC Duplex



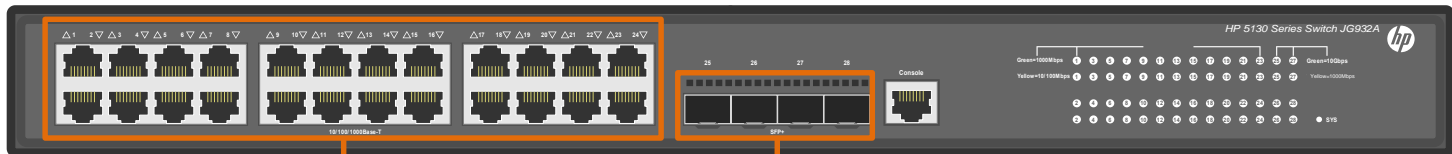


# 光纖連接器



# 光纖與設備的介接 (1/3)

以 HP 5130 JG932A 為例



10/100/1000BASE-T  
雙絞線  
8P8C (RJ-45)

SFP+

# 光纖與設備的介接 (2/3)

由於光纖接頭的規格非常多，因此現在的設備商都不把光纖接頭做死在設備上，而是獨立做成 **SFP(Small Form-factor Pluggable)** 或 **GBIC(Gigabit Interface Converter)** 模組，方便隨著需求做調整

GBIC



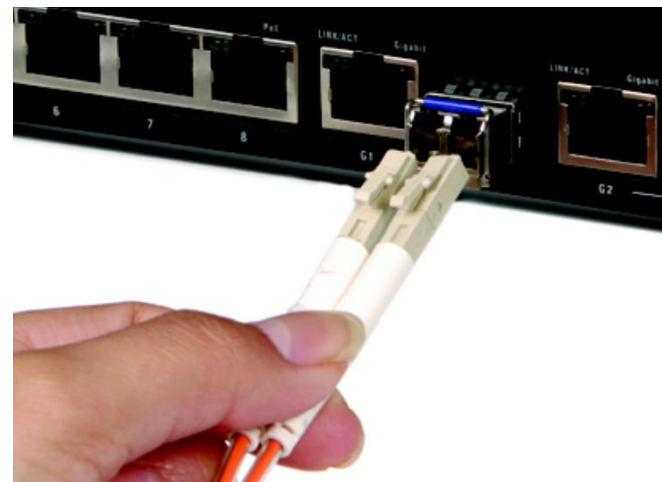
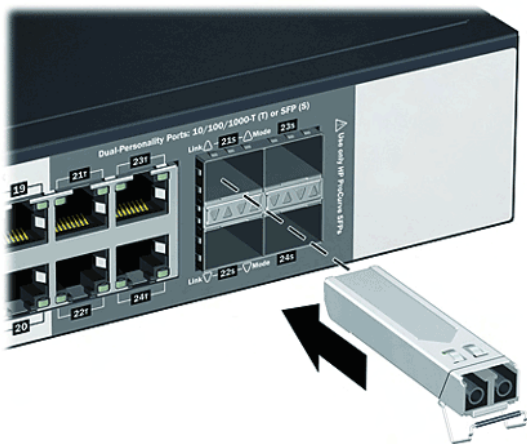
SFP



SFP 與 SFP+ 外觀幾乎，相同最大的差別在於支援的傳輸速度，SFP 最高到 4.25Gbps 而 SFP+ 為 10Gbps

# 光纖與設備的介接 (3/3)

SFP (或稱 Mini-GBIC) 與 GBIC 是一種符合國際標準的可互換產品，因此不必與網路設備相同品牌也可以互通，而現在網路設備已經比較少看到配備 GBIC 連接埠的產品了



# 無線通訊概念 (1/4)

## 頻譜分配

- 無線通訊的頻譜分配非常嚴格，執照費也較高

### ▼國家通訊傳播委員會 ( NCC ) 公告 4G LTE 2600MHz 頻段競標

2600Mhz競標				
區塊	上行(MHz)	下行(MHz)	頻寬	底價
D1	2500 ~ 2520	2620 ~ 2640	各20Mhz	35億元
D2	2520 ~ 2540	2640 ~ 2660	各20Mhz	37億元
D3	2540 ~ 2560	2660 ~ 2680	各20Mhz	37億元
D4	2560 ~ 2570	2680 ~ 2690	各10Mhz	19億元
D5	2570 ~ 2595 (含護衛頻帶2570 ~ 2575)		25mHz	9億元
D6	2595 ~ 2620 (含護衛頻帶2615 ~ 2620)		25mHz	7億元
合計			190mHz	144億元

### ▼2015/12/7 決標結果

區塊	頻寬	得標金額	得標業者	溢價幅度
D1	20Mhz*2	66.15億元	台灣之星	89.0%
D2	20Mhz*2	69.5億元	中華電信	87.8%
D3	20Mhz*2	69.5億元	遠傳電信	87.8%
D4	10Mhz*2	30.05億元	中華電信	58.2%
D5	25Mhz	22.25億元	亞太電信	147.2%
D6	25Mhz	21.8億元	遠傳電信	211.4%
合計	190Mhz	279.25億元		93.9%

# 無線通訊概念 (2/4)

## ISM 頻段 ( Industrial Scientific Medical Band )

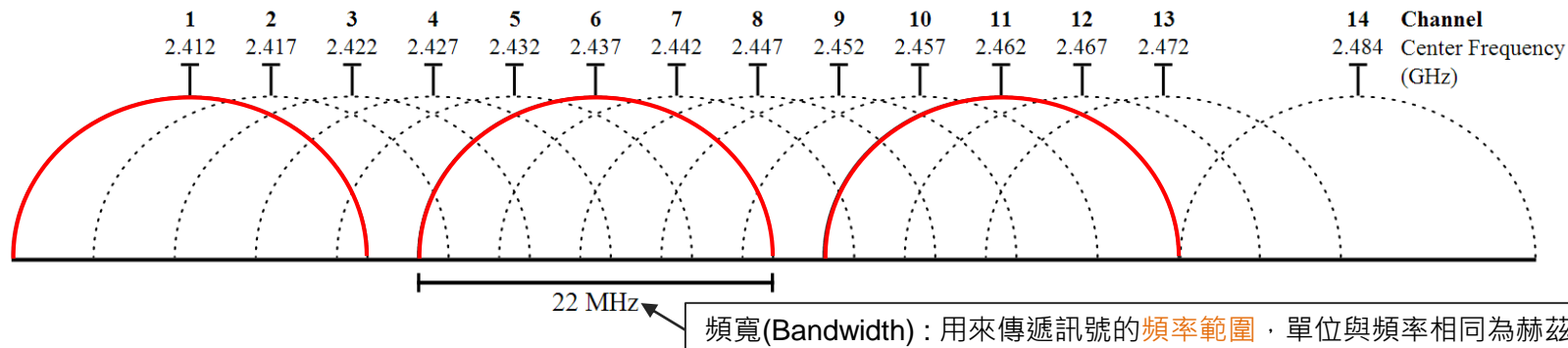
- 為了提供日常生活一些常用的無線通訊設備使用，國際共同規範了一些不需要申請使用執照的頻率範圍(頻段)，讓大家可以自由使用
- 使用這些頻段無需許可證或費用，只需要遵守一定的發射功率（一般低於1W），並且不要對其它頻段造成干擾即可
- 藍芽無線傳輸(Bluetooth)、無線區域網路(IEEE802.11)等都是使用2.4GHz 的ISM頻段

# 無線通訊概念 (3/4)

## IEEE 802.11n (Wi-Fi 4) 使用的頻段

各國各自規畫可使用的頻段，在台灣：

- 2.4GHz 支援 1~11 頻道，其中完全不相疊(互不干擾)的頻道為：1、6、11



- 5GHz支援頻段：5.25 ~ 5.35GHz (CH52、56、60、64) 限室內  
5.47~5.725GHz (CH100、104、...、140)  
5.725~5.825GHz (CH149、153、...、165)

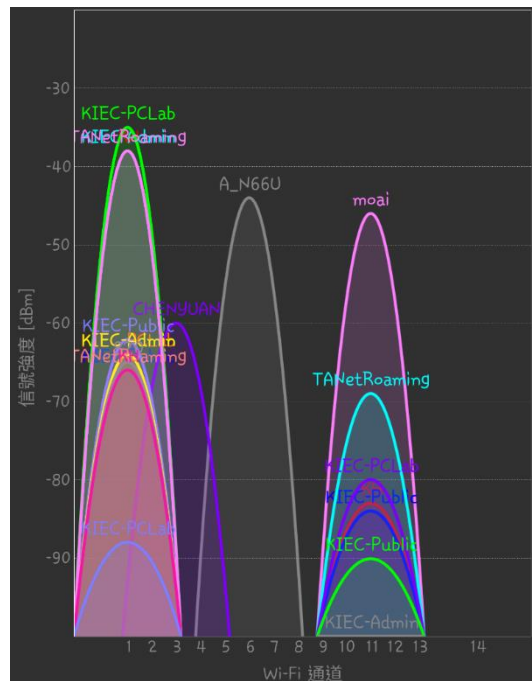




# 無線通訊的多工 (1/5)

多人共同使用一條資訊通道的方法稱為**多工技術 (Multiplex)**

- 若有兩個人的平板同時連上 KIEC-PCLab
- 我的平板要傳資料 (丟電磁波出去), 你的平板也要傳資料, 兩種電磁波在空中混在一起, 接收端該如何區分哪些是我的資料, 哪些是你的資料呢?



# 無線通訊的多工 (2/5)

## 分時多工接取 (TDMA) :

- 使用者依照時間先後，輪流使用一條資訊通道
- 在同一空間中，A 與 B、C 與 D 輪流傳送資料，彼此就不會互相干擾
- GSM / GPRS (2G) 採用此技術

## 分頻多工接取 (FDMA) :

- 使用者依照頻率不同，同時使用一條資訊通道
- 在同一空間中，A 與 B 在客廳交談，C 與 D 在臥室交談，彼此不會互相干擾
- GSM / GPRS (2G) 與 UMTS (3G) 皆採用此技術

# 無線通訊的多工 (3/5)

## 分碼多工接取 (CDMA) :

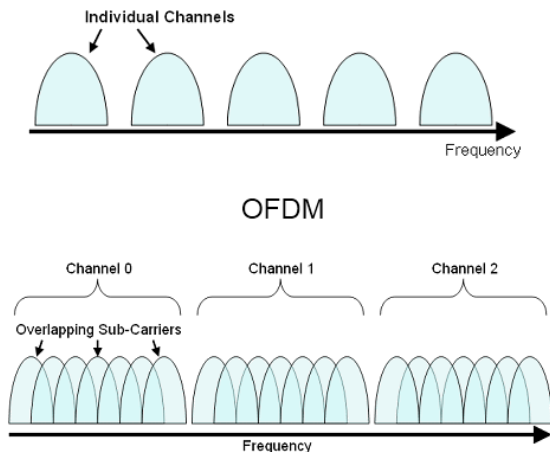
- 將不同使用者的資料分別與特定的密碼 (Code) 運算以後，再傳送到資料通道，接收端以不同的密碼來分辨要接收的訊號
- 在同一空間中，A 與 B 用中文溝通，C 與 D 用英文溝通，彼此仍然可以分辨出各自不同的語言
- UMTS (3G) 採用此技術

# 無線通訊的多工 (4/5)

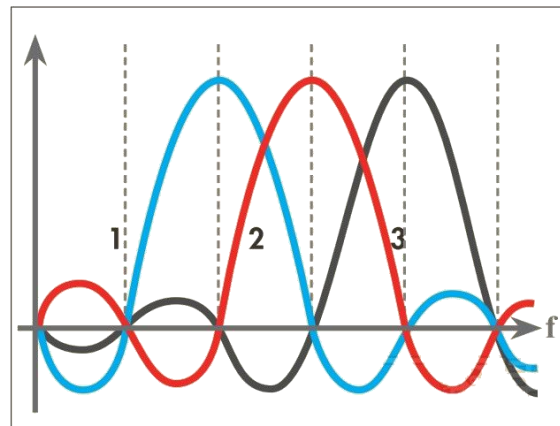
正交分頻多工 (OFDM) :

- 與 FDMA 原理類似，唯一不同的是必須使用彼此正交的頻率
- IEEE 802.11a/g/n 與數位電視 (DTV) 等皆採用此技術

FDM



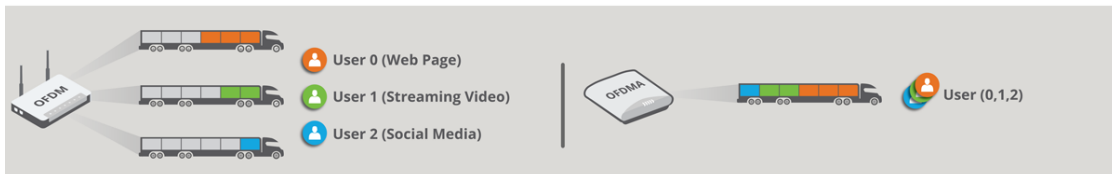
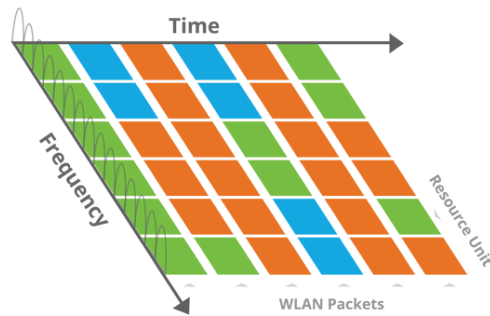
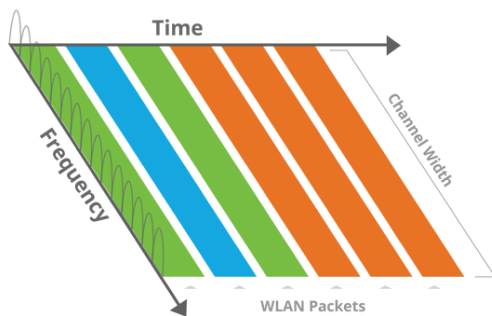
▼彼此正交的頻率



# 無線通訊的多工 (5/5)

正交分頻多工接取(OFDMA) :

- 增進 OFDM 頻寬利用率
- LTE / LTE-A (4G) 與 IEEE 802.11ax (WiFi-6) 採用此技術



# 無線通訊的發展目的

增加頻譜效率：

- 利用更新的調變與多工技術來增加頻譜效率，讓相同頻寬的電磁波具有更高的資料傳輸率

增加頻寬：

- 由於目前的電磁波頻譜裡 10GHz 以下的電磁波大部分都已經被用掉了，頻譜效率再怎麼提高總有技術上的極限，因此科學家只能去挖更高頻還沒有被使用的電磁波來給 5G 手機用
- 108/12/10 5G 頻譜競標 3.5GHz 頻段總共釋出 270MHz 頻寬

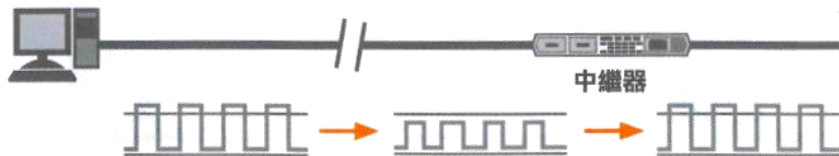
# 集線器 (1/3)

集線器(Hub) 具有將訊號放大及整形的功能，功能如同中繼器，因此集線器又稱為多埠中繼器

將訊號傳送至更遠處的方法



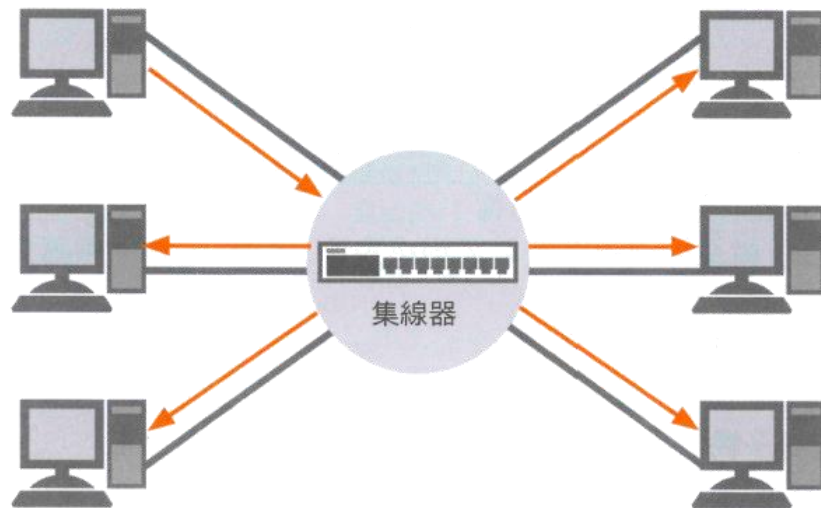
通常訊號的傳送距離過長時，將造成訊號衰減及波形破壞。



將中繼器設置於網路中，即可執行訊號放大及整形的工作。

# 集線器 (2/3)

集線器會將其中一埠收到的訊號，經放大整形後從其它埠送出，因此所有連接到集線器的裝置就如同接在同一條纜線上



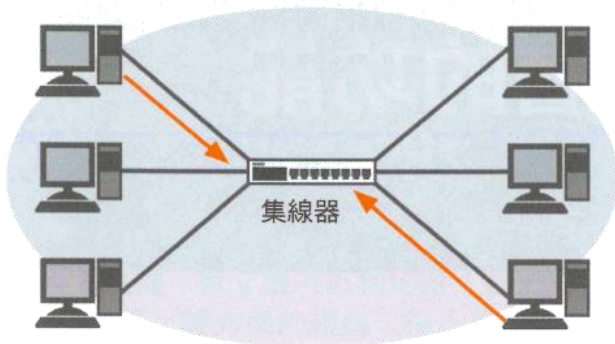
集線器可讓所有的連接埠接收  
某個連接埠所產生的訊號。



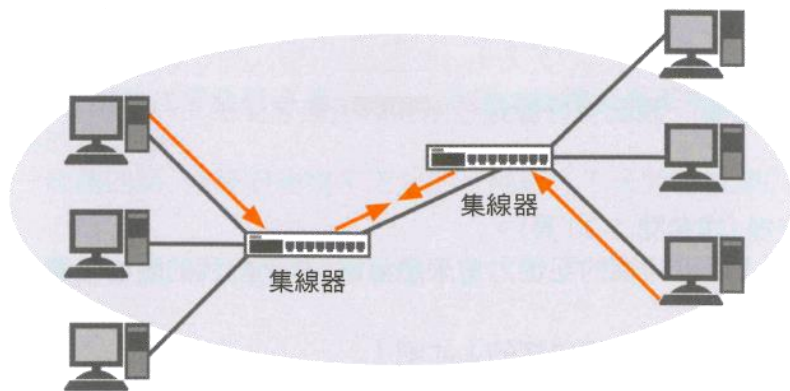
# 集線器 (3/3)

所有連接到集線器的設備只要同時有兩台設備在傳輸訊號就會發生訊號衝突，而發生訊號衝突的範圍稱為**衝突域** (Collision Domain)

有可能發生資料衝突的範圍



當連接至同一台集線器的所有電腦同時傳送資料時，就會發生衝突= 連接至同一台集線器的所有電腦皆會出現網域衝突



連接至不同的集線器時，只要集線器彼此連線，仍然會發生衝突。