無線電通訊系統
基礎訓練

行政院災害防救委員會

調　　變

調變技術

為什麼需要調變技術？

調變技術把基帶信號轉換成适合在傳播媒介傳送的格式,在接受器再把收到的信號轉換成基帶信號.

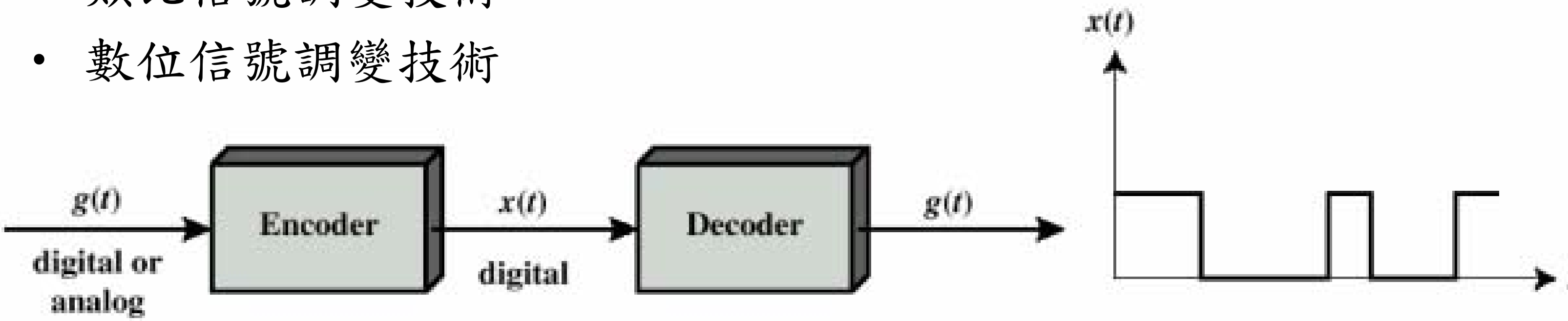
比如說人與人對話的時候是一種通訊。說話的人把知訊透過空氣(傳播媒介)傳達到聽話人的耳朵.人說話的聲音不適合在空氣中，所以說話聲音傳播得不遠。

要把人聲傳播得得遠，我們先把人聲轉換成電流，調變技術能把電流與高頻率的載波信號結合，結合的信號能在空氣(傳播媒介)中傳送得更遠。

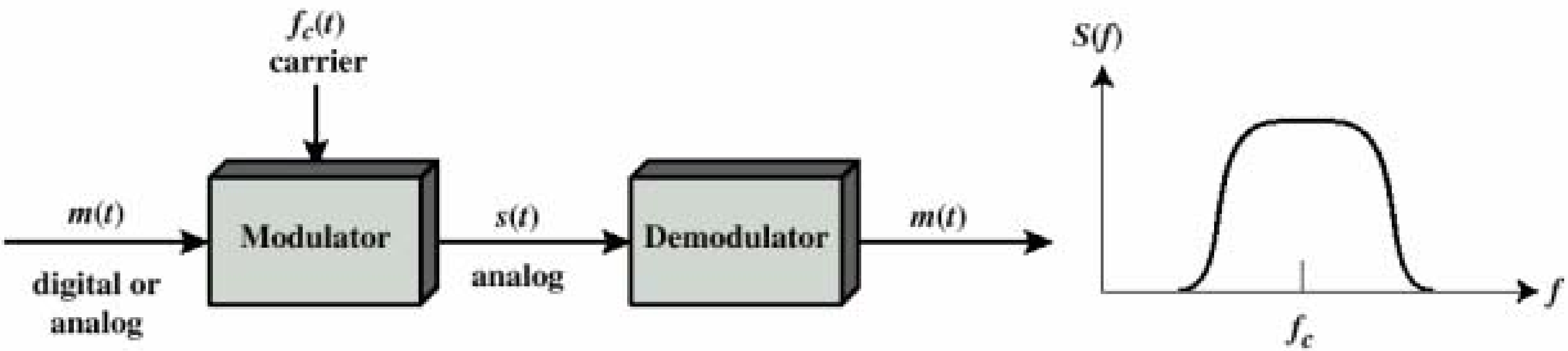
調變技術

調變技術可以分成兩大類：

- 類比信號調變技術
- 數位信號調變技術



(a) 編碼成數位信號

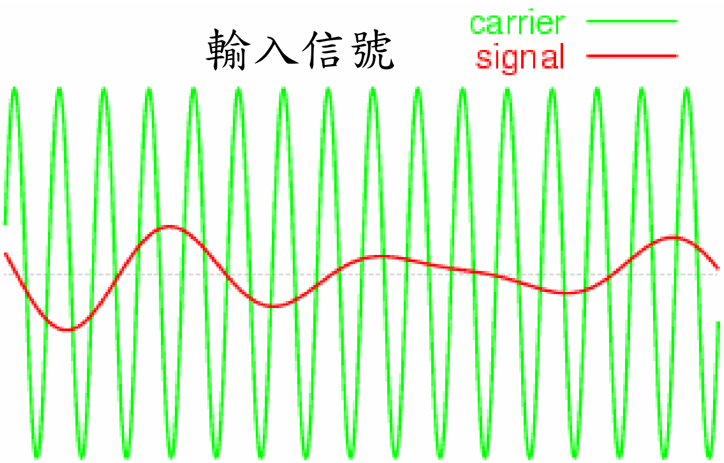


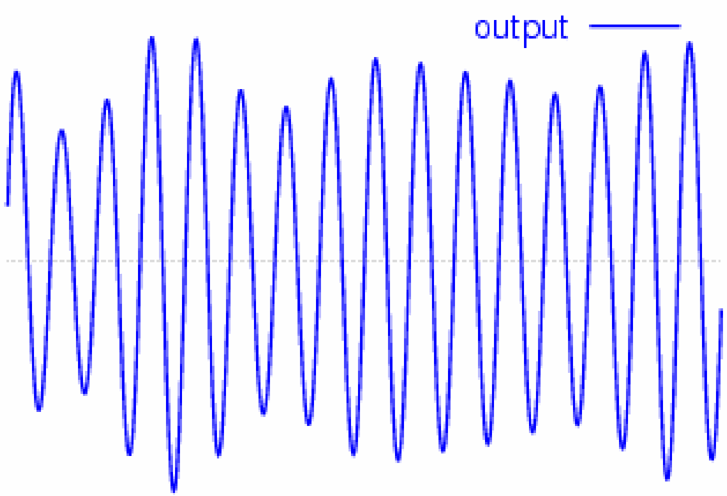
(b) 調變成類比信號

類比信號調變技術：振幅（AM）調變

載波信號

輸入信號



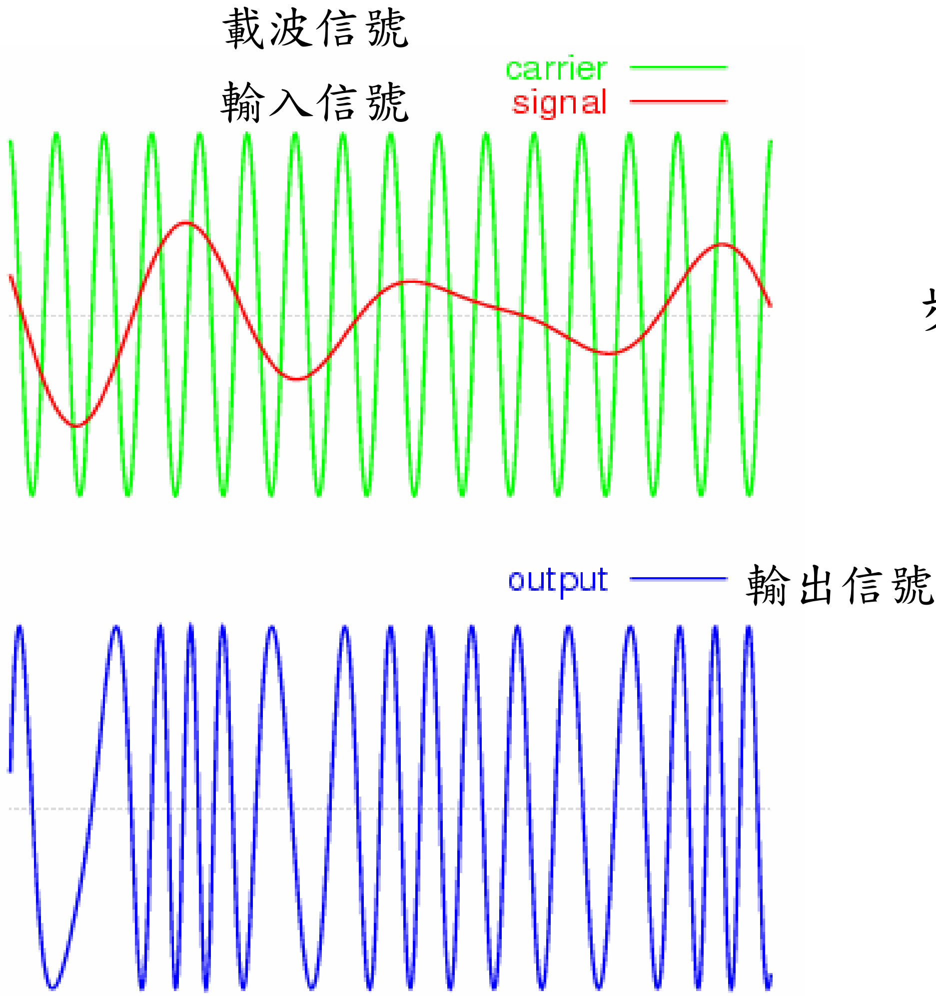


輸出信號

振幅調變技術：

- 輸出信號頻率和載波信號相同
- 輸出信號的振幅與輸入信號振幅是相對的。
- 輸入信號振幅越高，輸出信號振幅也越高

類比信號調變技術：頻率（FM）調變

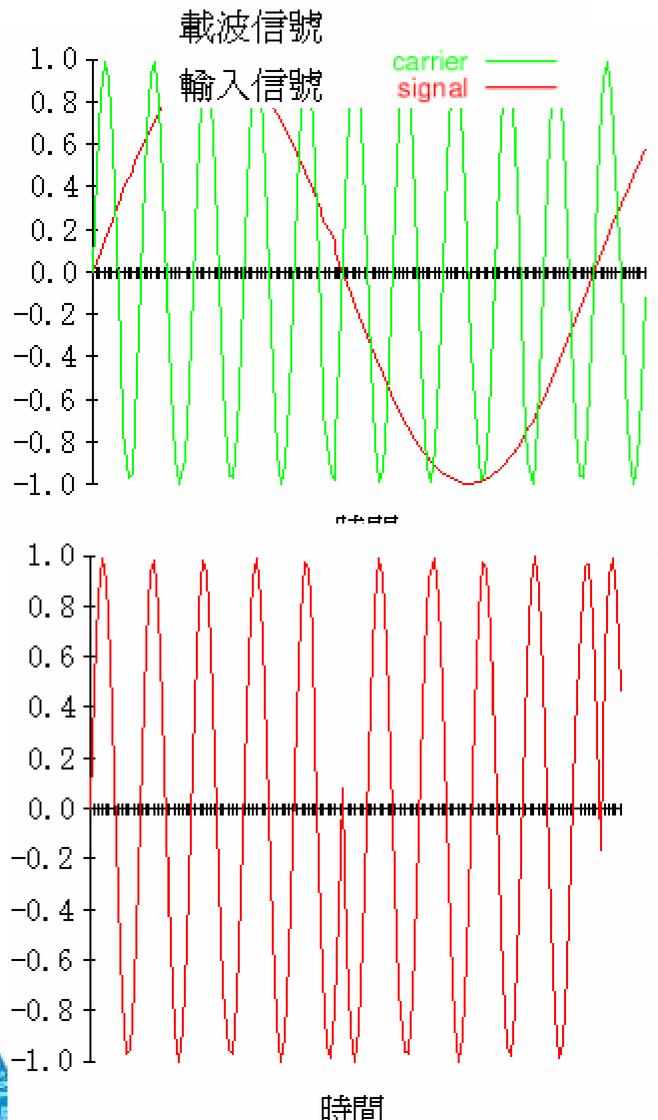


頻率調變技術：

- 輸出信號瞬時頻率與輸入信號振幅是相對的。
- 輸入信號振幅越高，輸出信號頻率也越高

行政院災害防救委員會

類比信號調變技術：相位（PSK）調變



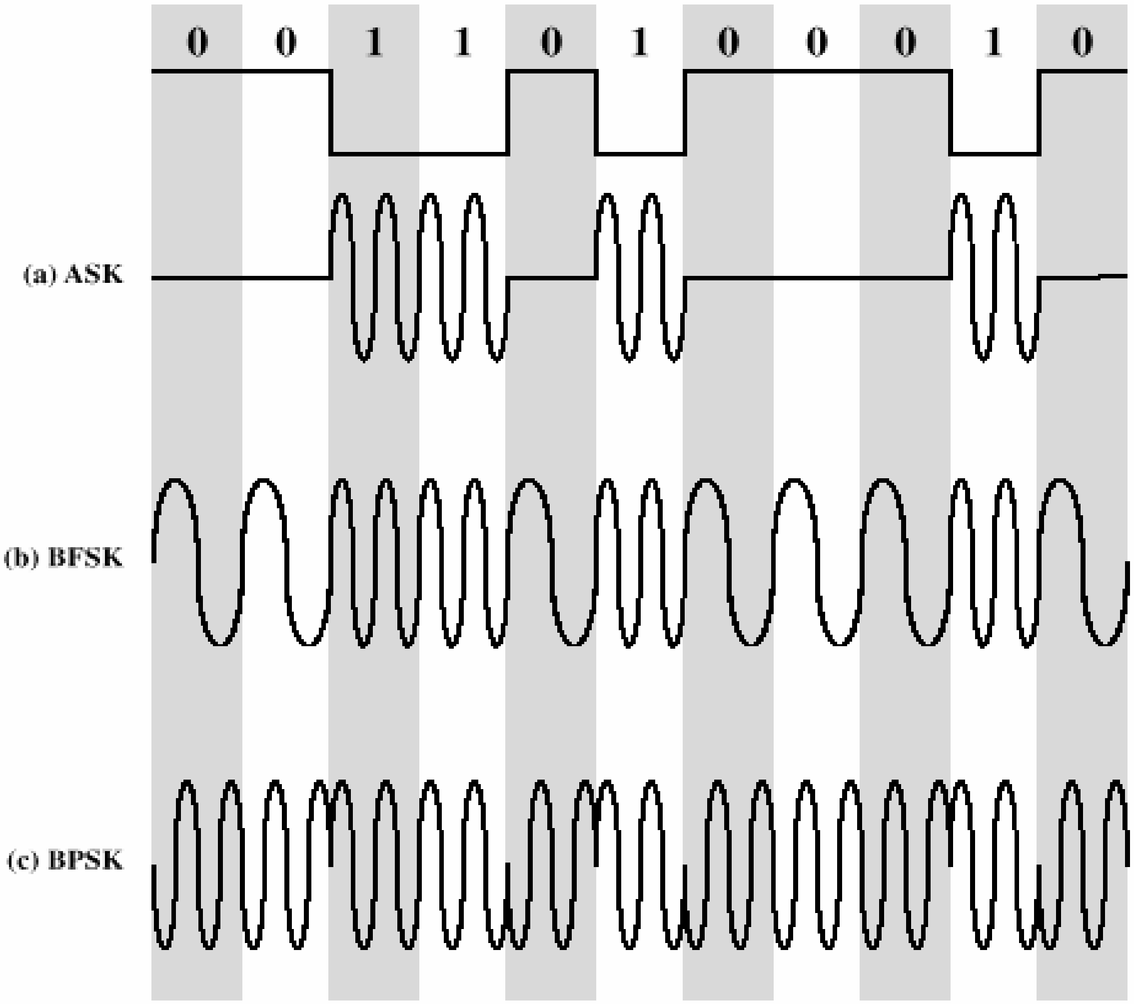
相位調變技術：

- 輸出信號頻率和載波信號相同
- 輸出信號的相位會受到輸入信號振幅的影響而改變。

數位信號調變技術

- 數位資料與類比信號
  - 幅移鍵控調變(ASK)
    - 以載波的兩種振幅分別表示二進制數值
  - 頻移鍵控調變(FSK)
    - 以接近載波頻率的兩個不同頻率分別表示二進制數值（BFSK）
  - 相移鍵控調變(PSK)
    - 載波信號的相位表代二進制數值（BPSK）

三種基本調變波形



行政院災害防救委員會

二進制頻移鍵控調變（BFSK）

- 最簡單的相移鍵控是用兩個相位表示兩個二進制的數值

$$s(t)=\begin{cases}A\cos(2\pi f_1 t) & \text{二進制 } 1\\ A\cos(2\pi f_2 t) & \text{二進制 } 0\end{cases}$$

其中 f_1 和 f_2 分佈在載波頻率的兩側，且與載波頻率的差相等。

二進制頻移鍵控調變（續）

- BFSK抗雜訊能力比ASK好，其錯誤率較低比ASK好
- 在聲頻線路的典型速率上限是1200 bps
- 可用於高頻(3到30仟赫)無線電傳輸 ，例如，區域性網路的同軸電纜傳輸。

多重FSK調變（續）

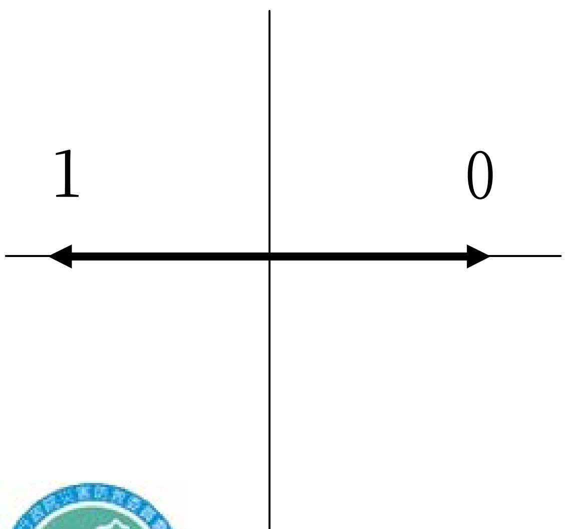
- 為配合輸入的資料速率，每個輸出信號單元的周期是: $T_s=LT$ 秒，其中 T 是位元周期(資料速率 $= 1/T$)
- 一個信號單元期間內頻率固定不變，以此方式編碼L位元所需頻寬是：$2Mf_d$
- 要區別M個不同頻率最小的頻率間隔是: $2f_d=1/T_s$
- 因此調變器需要的頻寬是:

$$W_d=2Mf_d=M/T_s$$

相移鍵控調變（PSK）

二階相移鍵控調變（BPSK）

- 相移鍵控是用兩個相位表示兩個二進制的數值

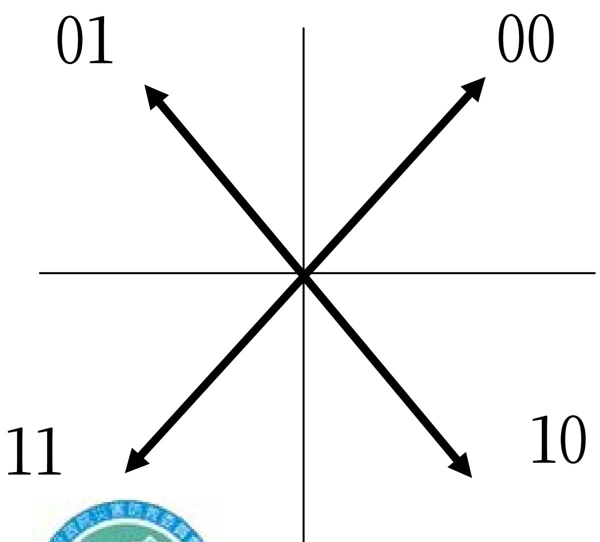


$$s(t)=\begin{cases} A\cos(2\pi f_c t) & \text{binary } 1 \\ A\cos(2\pi f_c t+\pi) & \text{binary } 0 \end{cases}$$

$$=\begin{cases} A\cos(2\pi f_c t) & \text{binary } 1 \\ -A\cos(2\pi f_c t) & \text{binary } 0 \end{cases}$$

四階相移鍵控調變（QPSK）

- 四階相移鍵控調變(QPSK)
  - 每個信號單元表示2個位元



$$s(t)=\begin{cases} A\cos\left(2\pi f_c t+\dfrac{\pi}{4}\right) & 11 \\ A\cos\left(2\pi f_c t+\dfrac{3\pi}{4}\right) & 01 \\ A\cos\left(2\pi f_c t-\dfrac{3\pi}{4}\right) & 00 \\ A\cos\left(2\pi f_c t-\dfrac{\pi}{4}\right) & 10 \end{cases}$$

以數位技巧傳送理由

- 以數位技巧傳送類比資料的發展仍繼續快速的進行
  - 中繼器代替放大器
    - 雜訊不會累加
  - 數位信號傳輸使用分時多工(TDM)技術，類比信號傳輸使用分頻多工(FDM) 技術
    - 沒有此項困擾
  - 類比信號轉換到數位信號後可以使用有效的數位交換技術

互　　　調

互調（Intermodulation）

互調定義

- 當多種信號在非線性（Non Linear）設備相互作用，產生一種或多種不同交調頻率信號
- 交調信號會影響收訊，甚至導致收訊故障

引起互調信號的原因

- 近距離操作的發射器引發互調
- 接收器受到強大信號影響所引發互調
- 天線系統，連接器，濾波器引發交調信號

互調（一）

近距離操作的發射器引發互調信號

- 發射天线發出的信號透过附近的天线，傳到了近距離的發射器，發射器内的非線性設備與该信號相互作用，產生一種或多種互調頻率信號
- 產生的交調信號頻率可以利用以下简化的方程式计算

CLASSIFICATION	TX – FREQUENCIES	EXAMPLES
2nd Order 2 stations	A + B A – B	156 + 154 = 310 MHz 156 – 154 = 2 MHz
3rd Order 2 stations	2A + B 2A – B A + 2B 2B – A	2 x 156 + 154 = 466 MHz 2 x 156 – 154 = 158 MHz 156 + 2 x 154 = 464 MHz 2 x 154 – 156 = 152 MHz
3rd Order 3 stations	A + B – C A + C – B B + C – A	156 + 154 – 158 = 152 MHz 156 + 158 – 154 = 160 MHz 154 + 158 – 156 = 156 MHz

互調（二）

接受到的信號如下：

$$e_i = \mathrm{A_C} \cos\left(2\Pi f_c t\right) \text{ ——— } \quad 方程式一$$

非線性处理過程如下：

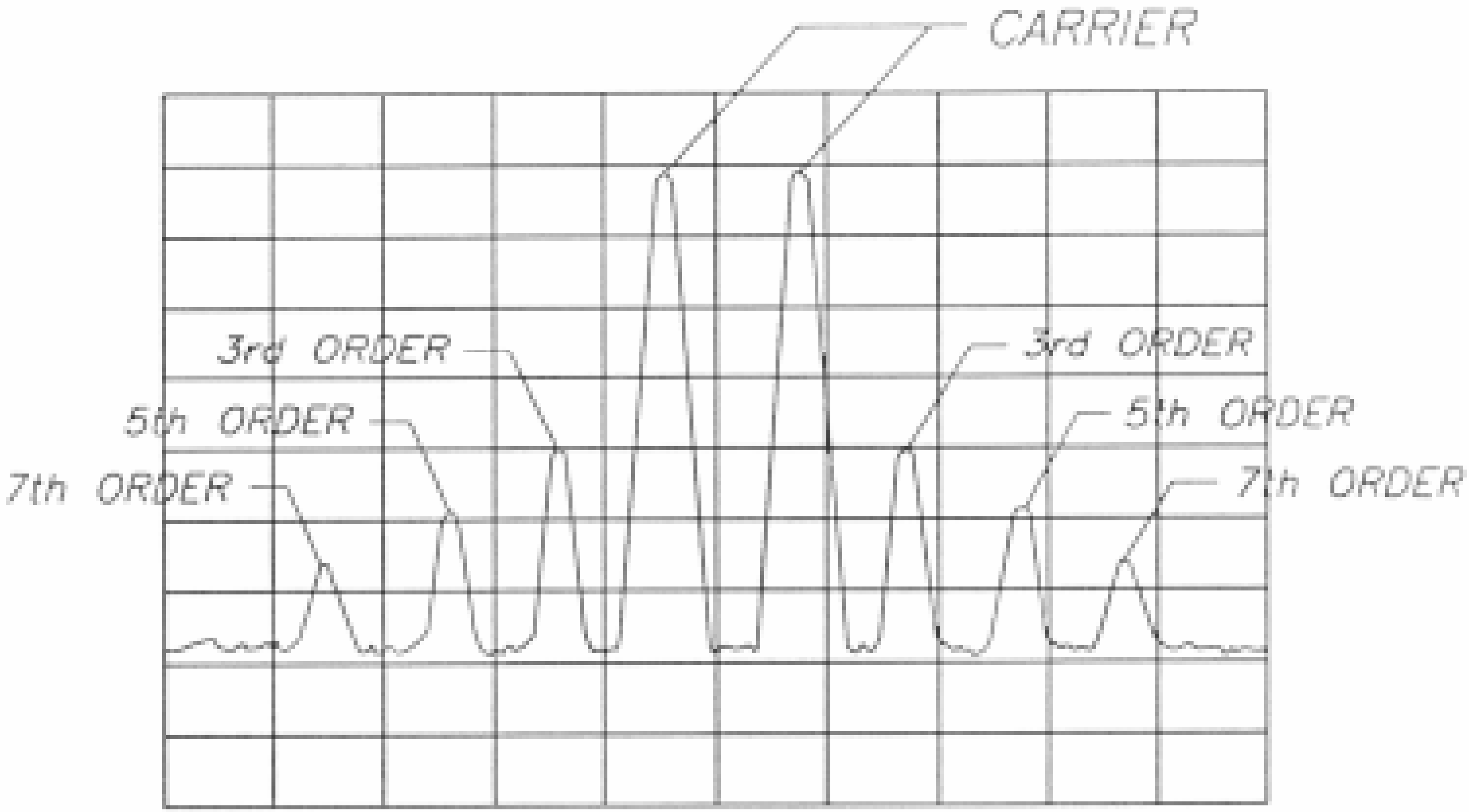
$$e_0 = \mathrm{a}_1 e_i + \mathrm{a}_2 e_i^{\,2} + \mathrm{a}_3 e_i^{\,3} + \ldots \text{ —— } \quad 方程式二$$

結和方程式一和方程式二，得到如下：

$$e_0 = \frac{1}{2}\mathrm{a}_2\mathrm{A_C} + \left(\mathrm{a}_1\mathrm{A_C} + \frac{3}{4}\mathrm{a}_3\mathrm{A_C}^{\,3}\right)\cos\left(2\Pi f_c t\right)$$

$$+ \, Higher\ order\ terms$$

互調（三）

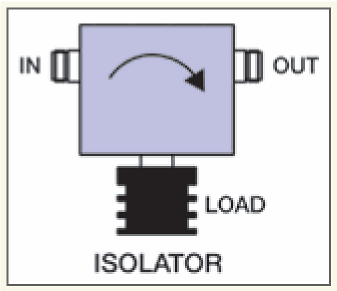


CARRIER
3rd ORDER
5th ORDER
7th ORDER
3rd ORDER
5th ORDER
7th ORDER

互調（四）

如何避免近距離操作的發射器引起互調信號

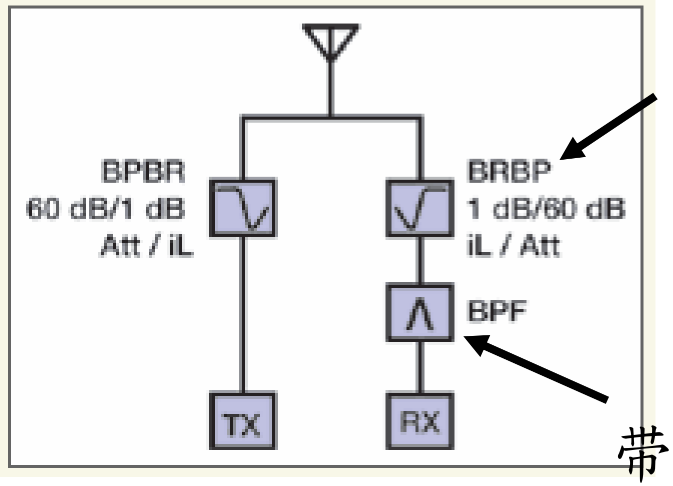
- 單面波導管（Isolator）
- 通過/拒絕濾波器（Pass/Reject Filter）
- 陷波濾波器（Notch Filter）
- 帶式通過濾波器（BandPass Filter）



互調（五）

接收器受到強大信號影響所引發互調信號

- 接收到強大信號时，接收器會出现過載的情况
- 過載的接收器會引起收訊故障
- 解絶方案是使用发射和接收濾波器



通過/拒絕濾波器

帯式通過濾波器

互調（六）

天線系統所引起互調信號

- 銹蝕了的天線系統有可能會引發互調信號
- 天線系統包括了天線，連接器，濾波器，電線，螺栓等等
- 解絕方案是替換已銹蝕了的零件

糾正錯誤

處理資料傳輸錯誤的方法

- 錯誤檢測碼
  - 錯誤檢測碼僅能偵測是否有錯誤發生
- 自動重傳要求(Automatic repeat request, ARQ)協定
  - 檢測到錯誤時將資料區塊丟棄
  - 要求發射機重送此資料區塊
- 錯誤更正碼，也稱為直接錯誤更正(Forward error correction, FEC)碼
  - 偵測錯誤還能更正錯誤

傳送訊框發生錯誤的機率定義

- 假設資料以一個或多個連續的位元序列方式傳送，我們稱之為訊框。傳送訊框時發生錯誤的一些機率定義如下
  - P_b：單一位元錯誤機率；也就是我們熟知的位元錯誤率(BER)
  - P_1：收到的訊框內無任何位元錯誤的機率
  - P_2：使用錯誤檢測演算法時收到的訊框仍有一個或多個未檢知錯誤的機率
  - P_3：使用錯誤檢測演算法時接收訊框檢測出一個或多個錯誤位元但無其他未檢知錯誤的機率

檢測錯誤機率

- 首先考慮沒有使用錯誤檢測演算法的情況，其檢測錯誤機率(P_3)為0
- 假設任何位元的錯誤機率相同且相互獨立，機率P_1與P_2可表示

$$P_1 = (1 - P_b)^F$$

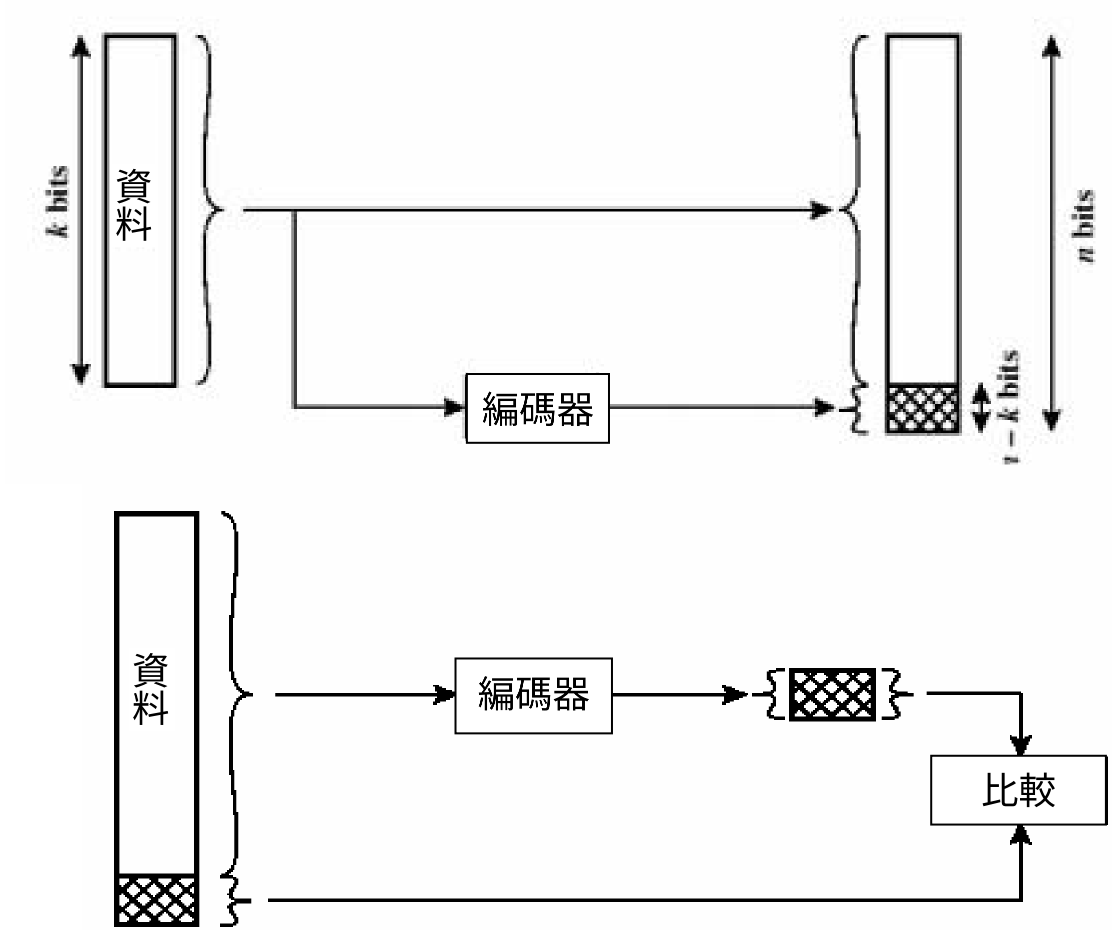
$$P_2 = 1 - P_1$$

  - F 表示一個訊框的位元個數

錯誤檢測技術

- 傳送器
  - 傳送器於給定位元的訊框附加上一個錯誤檢測位元
- 接收機
  - 依照訊框進行資料檢查
  - 從接收資料位元計算檢查位元
  - 錯誤檢測計算並且將計算的值和接收到的錯誤檢測碼做比較
  - 不同則表示發生錯誤

錯誤檢測程序



(a) 發送器

(b) 接收器

錯誤檢測程序

同位元查核

- 一個同位元附加於資料區塊
- 偶同位
  - 傳輸字元有偶數個1（偶同位）
- 奇同位
  - 傳輸字元有奇數個1（奇同位）

- 例如，7-bit 描述［1110001］
  - 偶同位［11100010］
  - 奇同位［11100011］

循環冗碼查核

- 傳送機
  - 給定一個k位元的資訊區塊，發射機產生$n-k$位元序列，稱之為訊框檢驗序列
  - 這樣組成一可被預定數除盡的n位元訊框
- 接收機
  - 將接收到的訊框除以相同之數
  - 如果沒有餘數則表示沒有錯誤發生

模運算

- 2-模運算使用無進位的二進制加法，相當於互斥或(exclusive-OR, XOR)運算，無進位的二進制減法也用XOR運算：例如，

$$\begin{array}{r} 1111 \\ +\ 1010 \\ \hline 0101 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1111 \\ -\ 0101 \\ \hline 1010 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 11001 \\ \times\ \ 11 \\ \hline 11001 \\ 11001 \\ \hline 101011 \end{array}$$

參數定義

- 為方便說明，定義一些參數如下:
  - T = 傳送之n位元訊框。
  - D = k位元的資料或訊息；即T之前面k位元。
  - F = (n-k) FCS位元；即T之後面(n-k)位元。
  - P = (n-k+1)位元之模式序列；即預定之除數。
  - Q = 商數
  - R =餘數

行政院災害防救委員會

CRC使用2-模運算範例(續)

- 假如傳輸沒有錯誤發生，接收機將完整接收到T，將接收訊框除以P

```
                          1 1 0 1 0 1 0 1 1 0        ← Q
P → 1 1 0 1 0 1  / 1 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0    ← T
                   1 1 0 1 0 1
                   -----------
                     1 1 1 0 1 1
                     1 1 0 1 0 1
                     -----------
                         1 1 1 0 1 0
                         1 1 0 1 0 1
                         -----------
                             1 1 1 1 1 0
                             1 1 0 1 0 1
                             -----------
                                 1 0 1 1 1 1
                                 1 1 0 1 0 1
                                 -----------
                                   1 1 0 1 0 1
                                   1 1 0 1 0 1
                                   -----------
                                             0      ← R
```

錯誤控制技術

- 錯誤檢測 (Error detection)
  - 接收器檢測到錯誤時丟棄錯誤的PDU
- 正回覆信號 (Positive acknowledgment)
  - 目地端成功接收到無誤的PDU時回傳一個正確回覆信號
- 超時重送(Retransmission after timeout)
  - 發送端在預定時間內沒有收到回覆信號則重送PDU
- 負回覆信號並重送(Negative acknowledgment and retransmission)
  - 目地端檢測到錯誤時，回傳此有誤PDU的一個負回覆信號，來源端將重送此PDU

Thank You

Your Partner In Innovation




行政院災害防救委員會

www.cet.st.com.sg