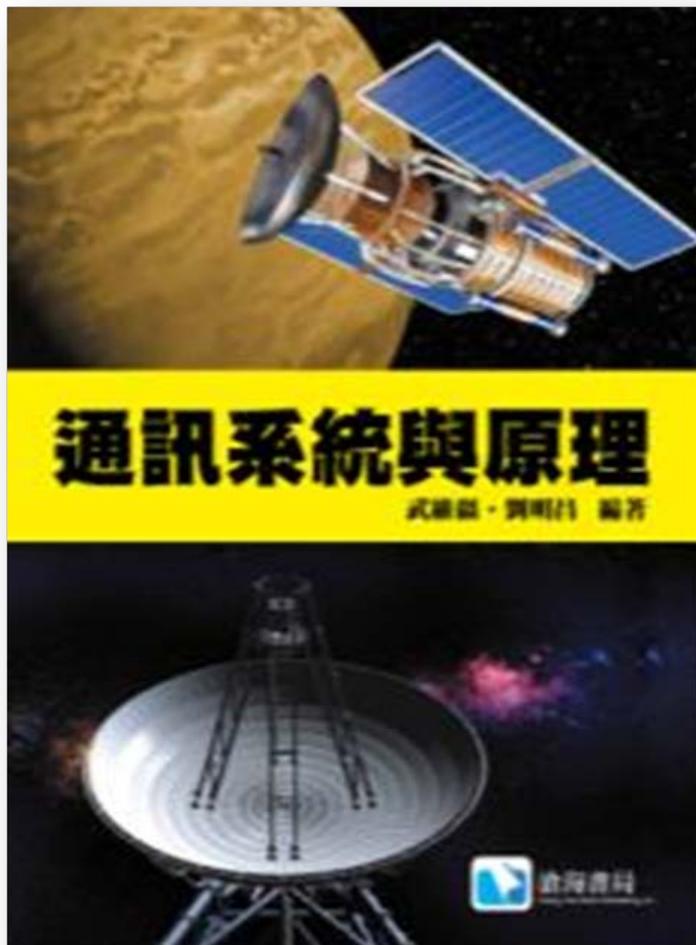


# Ch0 通訊原理概論



# 課本



- 通訊系統與原理
- 作者：武維疆、劉明昌
- 蒼海書局
- ISBN：978-986-6184-51-2

# 0-1 通訊系統簡介

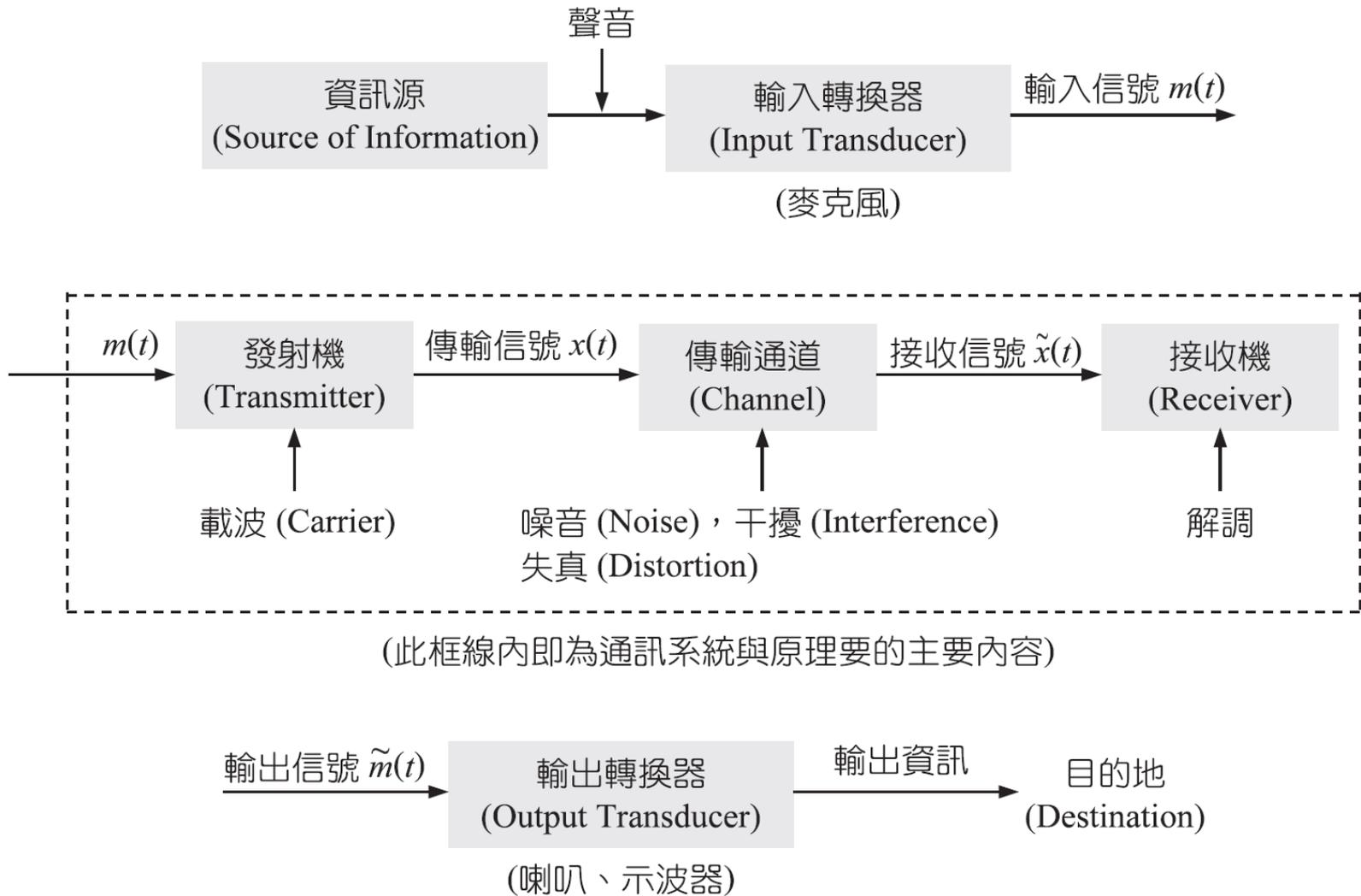


圖 0-1

---

隨著傳送信號形式的差異 (如聲音、影像、數據等)，我們又可將通信系統分為類比 (Analog) 與數位 (Digital) 兩種形式，定義如下：

- **類比通信系統 (Analog Communication System, ACS)**：若攜帶著訊息的信號在時間及振幅上均呈現連續的改變，則稱之為類比通信系統。
- **數位通信系統 (Digital Communication System, DCS)**：若攜帶著訊息的信號本身或是經過處理之後，由有限個波形所代表，換言之，每次傳輸之信號波形是由有限個可能的波形之中擇一傳送，則稱之為數位通信系統。

在信號傳送的過程中，無法避免的會因為雜訊、干擾等因素導致信號失真，因此，接收

---

機之任務對數位通信系統而言，在於根據所接收到的信號（被雜訊所污染的發射信號）「猜測」(Guess) 發射端所傳送之訊息。反之，由於類比通信系統有無限個可能的波形，故其接收機之目的則在「重製」(Reproduce) 發射信號。

近年來數位通信系統已取代了傳統之類比通信系統，即便是信號源之本質為類比（如語音信號），亦先經由取樣、量化、編碼等過程後，以數位之形式傳送，如圖 0-3 所示。



**圖 0-3** 類比數位轉換器 (Analog-to-Digital Conversion)

---

與類比通信比較起來，數位通信技術具有以下之優點：

1. 數位信號極易被重新產生：在長距離的通信鏈路中，在發射端與接收端之間往往需要在適當的位置建立許多中繼器 (Repeater) 或中繼站，只要中繼器間之距離夠短，數位信號可以被正確無誤的解調，重新調變後，傳至下個中繼器。反之，類比信號在重製的過程中難免引起雜訊，此雜訊將被不斷的複製甚至放大至下一個節點，導致在終點時訊雜比 (SNR) 太低。
2. 眾所周知，數位電路與類比電路比較起來，有較大的雜訊抑制 (Noise Immunity) 能力。
3. 由於數位積體電路 (IC) 的普及、功能強大、體積縮小、價格降低已成趨勢，故 DCS 比 ACS 更加具有經濟效益。
4. 不同形式的數位信號，例如：數位化的語音信號、影像、數據等，可輕易的整合並以多工之方式處理。
5. 在 DCS 中進行編碼、**保密 (Encryption)**、**等化 (Equalization)** 或其他特殊的**展頻 (Spread Spectrum)** 通信等均非常容易，而 ACS 不易做到。

# 0-3 調變與編碼

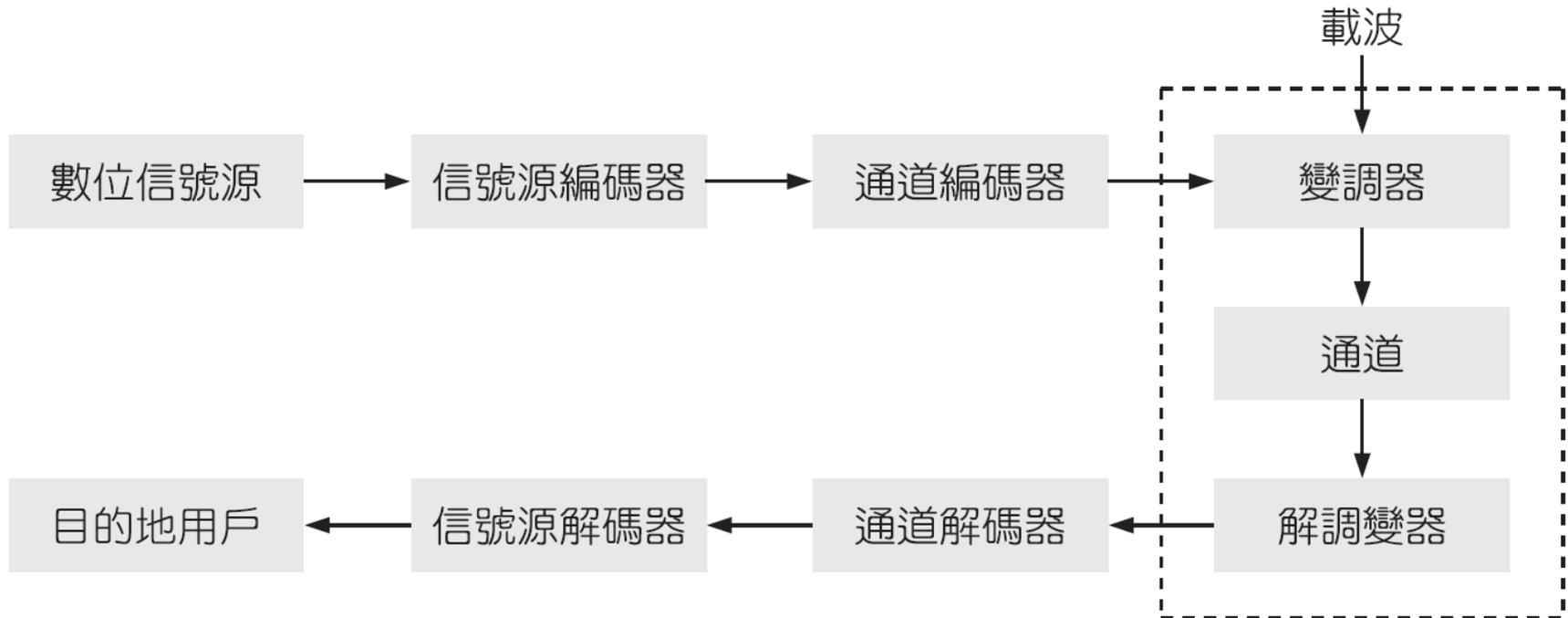
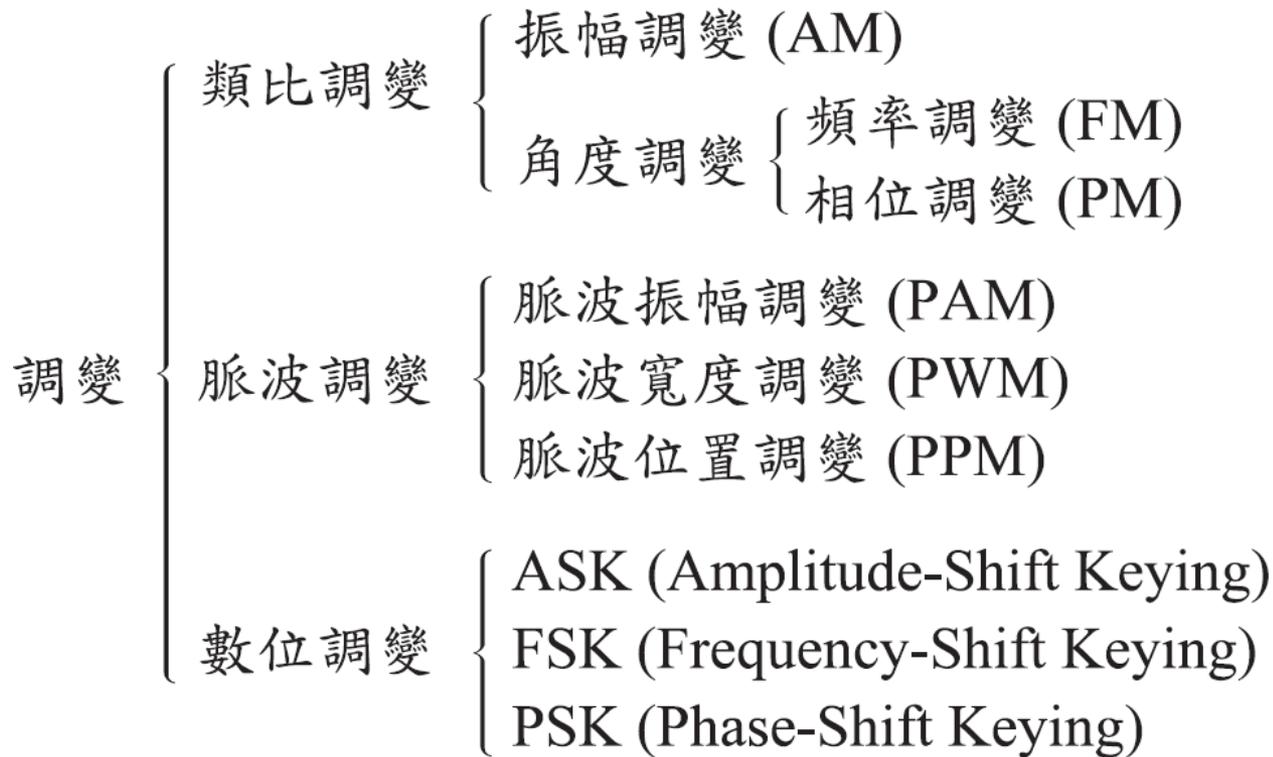


圖 0-4 數位通信系統方塊圖

- 
1. **信號源編碼器 (Source Encoder)** 設計之目的在於使信號之傳輸最有效率，亦即使得代表每個符元 (Symbol) 所需要的位元 (Bit) 數之平均值越小越好。顯然的，必須在可被唯一解碼 (Uniquely Decodable) 的前提之下。例如：若有  $A, B, C, D$  4 個 Symbol 需被傳送，爲了可被唯一解碼，我們分別以 00, 01, 11, 10 代表  $A, B, C, D$ 。換言之，每個 Symbol 使用 2 個 Bits。若已知傳送  $A, B, C, D$  之機率分別爲 0.8, 0.1, 0.05, 0.05，則爲增進效率，在不違背唯一解碼之前提下，指定較少位元給較常出現之 Symbol，可降低平均每個 Symbol 所使用之位元數。因此，分別指定 0, 10, 110, 111 給  $A, B, C, D$ ，則平均之 Bits/Symbol 爲  $1 \times 0.8 + 2 \times 0.1 + 3 \times 0.05 \times 2 = 1.3$ 。
  2. **通道編碼器 (Channel Encoder)** 之目的在於降低接收端產生誤判之機率以增進系統之性能，其原理爲在原來傳送之訊息之外額外加入適當長度之“Redundant”位元。換言之，通道編碼器與信號源編碼器之設計準則恰好相反，犧牲了傳輸效率但換得了錯誤位元檢測與更正之能力。常用的通道編碼方式包含了**方塊碼 (Block Code)**、**循環碼 (Cyclic Code)**、**迴旋碼 (Convolutional Code)** 等，通稱爲**錯誤更正碼 (Error Correction Code)**。



# 0-4 以分貝 (dB) 所表示的單位

---

Decibel (dB) 代表比值 (Ratio)，以功率比值 (Power Ratio) 為例，若一系統之輸入功率為  $P_1$  W，輸出功率為  $P_2$  W，則其輸出輸入功率比值為

$$\text{Gain} = 10 \log \left( \frac{P_2}{P_1} \right) \quad (\text{dB})$$

---

1. **dBm** (dB with respect to 1 mW) :

$$\text{Power (dBm)} = 10 \log \frac{P \text{ (mW)}}{1 \text{ mW}}$$

2. **dBW** (dB with respect to 1 W) :

$$\text{Power (dBW)} = 10 \log \frac{P \text{ (W)}}{1 \text{ W}}$$

3. **dBmV** (dB with respect to 1 mV) :

$$\text{Voltage (dBmV)} = 20 \log \frac{\text{Voltage (mV)}}{1 \text{ mV}}$$

---



例題 0-3  
EXAMPLE

(1)  $1 \text{ W} = 0 \text{ dBW} = +30 \text{ dBm}$

(2)  $1 \text{ mW} = 0 \text{ dBm} = -30 \text{ dBW}$

(3)  $20 \text{ W} = 10 \log \frac{20 \text{ W}}{1 \text{ mW}} (\text{dBm}) = +43 \text{ dBm}$   
 $= 10 \log \frac{20 \text{ W}}{1 \text{ W}} (\text{dBW}) = +13 \text{ dBW}$