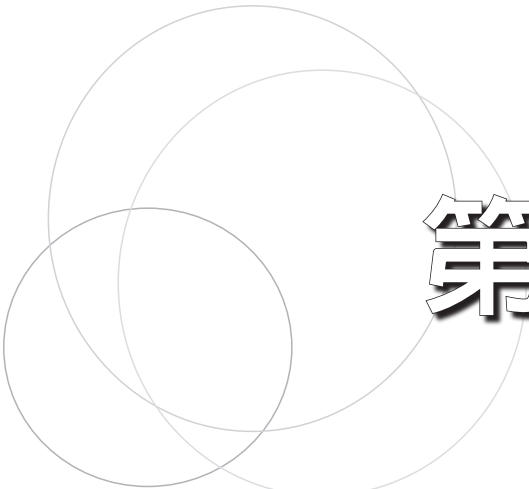




第一章

電子傳播基本原理



第一節 基本電學

一、前言

早在史前時代，人類便嘗試超越一般聲音所能傳送的距離，最簡便易行的方法，便是站在山頭上，利用吼叫的方式，將所要傳遞的訊息，儘快地傳送出去。例如：西元前500年，波斯王大流士（Darius）便使用這種方式，將士兵吼叫聲中的訊息，在兩天之內，傳達450英里外的對方耳中。

人類增加音波傳送範圍的意圖，除了利用人力之外，也開始利用動物力，例如：先是信差利用長跑送信，再來便以快馬、信鴿來傳送信息，只是這些地方的缺點是成本太高，而且可信度太低。

因此，人類便開始思考以機械力來取代人力與動物力，例如：利用鼓聲、煙幕或火光，來進行長距離的通訊，以減少成本。

到了18世紀末期，歐洲許多國家更利用木架或木漿，每隔5到10英里，放置在山頂上，利用各種不同的排列方式，來表示不同的字母。

這種機械化的通訊方式，優點可是大量且正確無誤地作長距離的通信，但缺點則是成本太高。人類至此，已將利用人力、動物力及機械力來傳送訊息之努力，發展到極限，隨之而來的，便是電子通訊時代的開始。

人類雖早已知電力的存在，但一直到19世紀初期之前，仍只是停留在哲學的階段；至於實際應用的探究，則首推將電子與已知的自然界效應（光導體），連結起來觀察。於是，自西元1800年到1831年，等到伏特（Volta）電池、法拉第（Faraday）電池感應的展示與發明之後，便促成了發電機的生產。

到了19世紀初期，許多地方的科學家便著手從事「無線電話」（Radiotelephony）研究。開始之初，無線電通訊多用於點對點傳

播的無線電視，尤以船舶之間的聯絡爲然。後來，科學家發現：波長越長的電波，傳送的距離越遠，因此，當西元1899年馬可尼（Gugliemo Marconi）便利用20或30千赫的極長波，做爲無線電通訊之傳遞電報用途（陳正堯，1985：20）。到了1910年與1920年之間，由於科技的發展，促成電話與無線電的結合，產生了「無線電話」（radiotelephony），從此，人類便開始利用「電磁波」（Electromagnetic Wave）來傳送聲音，因此過低的頻率，最後科學家終於發現，「短波」可以用來作爲長距離的通訊，於是便全力進行「短波」之研究（莊克仁譯，1992：41）。

二、電路與電流

（一）自由電子

我們都知道，地球上的萬物，都是由分子（molecule）所組成，而分子則是由原子（atom）所構成。就由原子核裡，包含一群繞在軌道裡旋轉的電子（electron）。有些原子裡的電子，乃是緊密地結合在核軌裡，然而，有些則由於外來引力，或本身鬆脫，竟從自己的軌道逸出，便成自由電子（free-electron），且從這個原子跳到另外一個原子核。

（二）直流電與交流電

凡是電流的大小與方向都是一定的，並繼續流動的，稱之爲「直流電」（Direct Current; DC）。反之，電流的大小與方向，每隔一定時間產生重複與有規律變化的，則稱之「交流電」（Alternating Current; AC）。

（三）無線電波

交流電是產生電磁能，供作傳播媒體之用的基礎，也就是所謂

的「無線電波」。一般電流在線路中來回奔流時，或是在任何電子導體中奔流時，便會將其電磁能量，釋放出周圍的空氣。特別是每次變換，便放射出一次能量，而且變換速率越快，能量放出的速率也越快。這種電流變化，是漸進與流動的。在一個方向裡，由零點升到最高點，再繼續下降，到反方向的最低點，再回升到零點。如此來回、上升交替流動，並均衡地放射電磁能量——亦即均衡輻射能波。

前述「正弦波形交流」，是指其在時間上的變化與三角函數的正弦成比例而言，除此之外的電流，都稱為「非正弦交流」，例如：交流方型波、台型波、三角波、鋸齒波、階段波與半圓波……等。這些都是經過交換的零點位置，再由此變成反方向流通。

(四)功率與頻率

如前所述，電流流動的每一次變換或週期循環，便會放射具電磁能量的單一波形，如正弦波交流。這時候，電流流動的力量或數量，便影響其放出波形力量或電力的大小。另一方面，電流變換的速率或頻率，則影響其放出電能量的速率（頻率），或無線電波的頻率。

基於前述的原理，在導體中力量微薄的交流電，所放射的無線電波，必然力量微弱；而快速變化的交流電，所產生的無線電波，其變換速率或頻率必然快速。但是，這裡要注意的一點是，電流流動的力量（power，功率）與電流變換的速率（frequency，頻率），是各自獨立，互不相干的。換句話說，功率強大的電波，其頻率可能高（快），也可低（慢）。相同地，功率微弱的電波，其頻率亦可能高，也可能低。

(五)週期與赫芝

再以正弦交流為例，其電流的波幅大小，由週期0點向正方向

增加，到 $T/4$ 時，波幅最大，之後又減少，到達 $T/2$ 時恢復為0。以後繼續向負方向作同樣的變化，到達 T 時在變成0。這樣由0到 T 做一循環的過程時間為一週期（ T ），或週波。在一秒鐘內，由0到 T 所做循環的次數，稱為頻率（frequency），以 f 代表之，其單位為赫茲（Hertz, Hz）（莊克仁譯，1992：5）。

這裡要說明的是，頻率的單位以前都用週 / 秒（cycle/second, c/s），直至1970年代，經國際協定改為赫茲（Hertz, Hz），其用意在紀念德國科學家赫芝（Heinrich Hertz）在1886年所作偉大電磁波強度檢定的實驗（曾煥華譯，1995，120-123）。因此，過去所謂「每秒一週期」（cycles per second），已被簡化為「赫」（Hertz），以做為電波的測量單位。

由上可知，週期等於 $1 / \text{頻率}$ 的關係。例如在一秒鐘內做100次循環之交流頻率是100Hz，其週期是 $1/100$ 秒。

三、電波傳輸

無線電波乃是電流發射而成，且有磁性，因此有「電磁能量」（electromagnetic energy）之稱，換言之，正確地說，電波是電磁波之稱，亦即電波不只是由交流電源所產生的電力線而已，必須要有磁波伴隨著傳播。

所謂無線電傳播現象，就是指當交流電源的頻率升高時，最初所產生的電力線，尚未消滅之前，再次的電力線又已產生，因而最出所產生的電力線被擠往空中，成為電波飛出。這時的電力線，不但被它後面的電波往前推擠和傳輸，而其本身也將前面的電波往前推，因此，這種方向與大小不斷改變的電力線得疏密波，往空中傳播出去，稱為電波。

其次，無線電波次由無線電發射機，引用一般交流電，經過震盪器（oscillator），變成高頻率交流電，產生電磁場，即產生電力線與磁力線，其名稱分別為電場與磁場，所以它只是電磁能進行的

一種型態，也是一種以電力線變化型態在空間傳播者。

總之，電波是由電場與磁場所形成。電波傳輸，有如磁鐵般，會將它前面的電波，包括自己，往前推進。

傳輸：1.磁鐵推力（磁鐵）

2.電磁推力（電磁波）

(一)訊號與傳輸

有關訊號與傳輸部分，就傳輸方式而言，可分為：類比傳輸與數位傳輸兩種。第一種的類比傳輸，可逕自利用類比訊號進行類比傳輸，包括調幅（AM）、調頻（FM）及調相（PM）三種類比訊號。此外，它仍可利用數位訊號進行傳輸，包括：調幅移鍵（Amplitude Shift Keying, ASK）、調頻移鍵（Frequency Shift Keying, FSK）及調相移鍵（Phase Shift Keying, PSK）三種數位訊號。其次，第二種的數位傳輸，同樣可以數位訊號，包括：低電壓（OV）代表0；高壓電（IV）則代表1，逕自進行數位傳輸之外，亦可利用類比訊號進行傳輸，包括：脈幅調變（PAM）、脈寬調變（PWM）、脈相調變（PPM）及脈碼調變（PCM）四種（曲威光，2004：3-9）。

有關前述的數位信號調變（發射端將「原始訊號」處理成「新訊號」後再傳送出去）方式的原理分述如下：首先，所謂「調幅移鍵」（ASK），是指利用帶波形振幅的有無0或1，作為載波訊號傳送與否的依據。其次，所謂「調頻移鍵」（FSK），是藉由基帶波形的振幅為1則傳送載波1的訊息。而若基帶波形的振幅為2，則傳送載波2的訊息。對載波1及載波2而言，兩者的頻率是不同的。至於調相移鍵（PSK）是指當基帶波形為1時，則送出一個波形A，當基型波為0時，則送出一個波形B，而波形A、B的頻率與震幅都相同，差

別只在兩者波形相位之不同而已（曾堂坤，2002：38-39）。

(二)傳輸速率

無線電波不需藉空氣、流水等其他媒體，或其他物質傳輸，它可以靠自力傳輸到空間，就如同前面所述，由一個無線電波推進另一個無線電波般。

電磁能源波既然可以透過空氣、太空或真空行走，其進行的速度，非常驚人，每秒可達約30萬公里（ 3×10^8 的8次方m），和光速一樣，每秒可繞地球七圈半，因此，電子廣播被認為是瞬間同步的。

(三)波長

通常電波有各種不同大小的波，是依波長來區分。假使我們將發射出來的無線電波，再一起的時空內，予以凍結起來，則可測出它的實質長度，一般是以公尺為單位，以希臘字母「 λ 」代表。

從0度至360度之間的直線距離，即為波長，因此它是波幅的完整週期的測量標準。事實上，在無線電工程原理上，波長是一項很重要的指標，因為不管天線的設計，或者是各種不同的頻率波段，都要根據其波長值作為參考。

(四)波長頻率與振幅

由於波長是波幅完整週期的測量標準，因此，波長乃是週率的一個函數。基本上，電磁能量是以相同的速度（速率）活動，而予它的頻率無關，所以，我們只要知道其中的一項，則無論是週率或波長，皆可根據數學公式測量出來。就波長與頻率而言，其二者卻具有相對的關係。如前所述，由於各種無線電波的速度都一定的，所以頻率越高，波長越短；反之，頻率越低，波長則越長。換句話說，如果時間或空間一定，週期變換越多，表示這些週期的變換越

快（越短），這也就是同樣一秒鐘之內，高頻率要比低頻率需要更多的週期變換了。

現在我們以波長為 λ （m），電波速度為 v （m/s），頻率為 f （Hz）時，便產生下列的關係式（楊仲揆，1984：612-613）：

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10 \text{ 的 } 8 \text{ 次方 (m)}}{f}$$

「例如」：台北的台北國際社區廣播電臺（ICRT）頻率為 FM100.7 MHz，以及世新廣播電臺的頻率為 AM729KHz 其二者的波長個分別如下：

（100.1MHz）

$$\lambda = \frac{3 \times 10 \text{ 的 } 8 \text{ 次方}}{100.7 \times 10 \text{ 的 } 6 \text{ 次方}} = 2.979146 \text{ (m)}$$

（729KHz）

$$\lambda = \frac{3 \times 10 \text{ 的 } 8 \text{ 次方}}{729 \times 10 \text{ 的 } 3 \text{ 次方}} = 411.522634 \text{ (m)}$$

最後要提到的是無線電波除了有波長和頻率的不同之外，還有振幅不同。所謂振幅，就是指從正波上的最高點到負波上的最低點的距離。

（五）天線

如果有一根無線內有高頻電流傳導，則會被電場與磁場圍繞。相反地，如果將一根電線擺進一個磁場中，則會感應出此一電流，此即無線電波接收（reception）的原理，而此電線及一般所稱的接收天線（antenna）。

接收天線原理的應用，就是把電波的能量，再次的變成電流形

式，並予取出的功用。

當天線的實際長度，和放射能量頻率的波長一樣的時候，天線所放射能量的最具功效。相反地，如果要使一個完整的波長（週期變換），達到最大的功效輻射的話，那麼，天線的長度就必須足以讓電流放出其實際應有的長度。

但是，如果一家調幅電台，其頻率為600千赫，卻設立一隻超過1600英尺高度的天線，顯然是不智之舉。如果天線高度正好是頻率電波長度的一半（二分之一），其發射效果也可令人滿意，而四分之一波長，也還算可以。因此，天線的大小，可以根據所要播出波長的二分之一、四分之一，甚至八分之一的長度，加以設計，以適用的於較低頻率（較長的電波長度）。

四、電磁

電磁能量是所有無線電子通訊的媒介。

然而，電磁能量除了在傳播之外，還有很多其他用途，特別是，這種能量的不同頻率，及擁有不同的特性與用途。回顧無線電工程發展史，最初無線電為人所知曉與熟悉者，僅有極低頻的無線電波。由於當時技術水準相當落後，因此，有關工程技術均屬物理和機械層面居多。結果無線電波就根據其波長，同時隨著頻率的增加，而訂有「長波」、「中波」、「短波」這些名詞。當科技越進步，更高的頻率逐漸被發現與利用。到了1949年美國大西洋城（Atlantic City）舉行了國際無線電訊會議（International Telecommunication & Radio Conference），會中通過無線電規則，並將電波分為8個波段。

第二節 電磁波頻譜

如前所述，電磁能量是被其週率或頻率（每秒週數，或赫）所

測量。因此，最低的頻率是1赫（1 Hertz），而最高的頻率則是無限的；電磁波能量則落在這兩者之間。

然而並不是所有的電磁波能量，都對傳播有用。只有那些介於3萬和3千億赫的頻率，才是屬於人類有用的，故稱之為無線電頻譜（radio frequency spectrum），例如用於傳播活動的廣播、電視、雷達、微波…等電磁能量。

一、測量單位

電磁波包含可視光、X射線、Gamma射線等等，但普通所稱為電波是指頻率從10Hz到300,000,000Hz的範圍而言。

這些頻率數字龐大，動輒以百萬和兆計算，為了省略一群零星的尾數說明（小數點），故以簡短的度量名稱代替之。因此，千（3個零）記為1K；10兆（6個零）記為1Mega，秭（9個零）記為1giga，千梯（12個零）記為1terra。

二、無線電頻譜

如前所述，無線電波可分為8個波段，其最低波段為特低頻，範圍在3萬赫以下，波長範圍為1,000公尺以上。為了研究上的方便，固然吾人可在波段與波段之間，予以截然分開，但就其物理和電子特性而言，並未截然不同，而是在鄰近頻帶的波段之間，隨著頻率之慢慢改變，波段特性也慢慢改變也。

我國無線電廣播，中波波段使用的頻率，調幅是535-1650千赫，調頻為88-108兆赫（電信總局，1999）。