

展頻通信技術簡介

作者／吳清揚 少校

提要

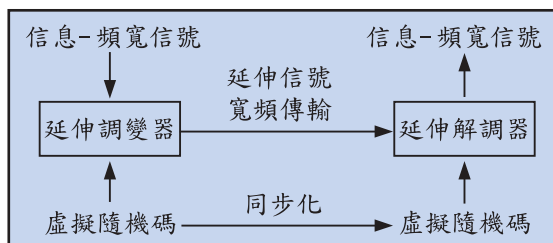
一、展頻通信，是從發射機至接收機所需要載送的信息，以剛好足夠載送的能量（以虛擬隨機方式），將此信號散佈於一個較寬的頻率範圍。對於展頻信號所需要的接收機條件為解展頻(dispreading)的能力，便於可與發射機展頻電路同步，以利接收機對原始非展頻型式的信號作信號處理。

二、展頻信號有四種基本型態：跳頻(Frequency Hopping)、跳時(Time Hopping)、唧聲(Chirp)以及直接序列(Direct Sequence)，每種型態以不同方式伸展信號。無論如何，在能量分佈的先天條件下，對於每一種調變型式，針對頻率、針對時間，使得不同的調變型式，在截收、定位及干擾上，有不同的弱點。

前言

展頻通信，是從發射機至接收機所需要載送的信息，以剛好足夠載送的能量（以虛擬隨機方式），將此信號散佈於一個較寬的頻率範圍。因此，它的信號被稱為展頻信號，如圖一所示。在通信傳輸中最小的頻寬需求即是“信息頻寬”，此傳輸頻寬即是信號展開後的整個頻段。①

對於展頻信號所需要的接收機條件為解展頻的能力，便於可與發射機展頻電路同步，以利接收機對原始非展頻型式的信號作信號處理。在敵方接收機無同步解展頻能力的情況，則其信號截收、信號干擾及發射者定位將變得非常複雜。②眾所周知，接收機中的雜訊功率與有效頻寬成比例。因此，敵方接收機需以足夠的頻寬來接收展頻信號，而此高雜訊功率將足夠我們把信號隱藏起



▲圖一 展頻傳輸機制：被傳送之信號頻寬遠大於信息頻寬

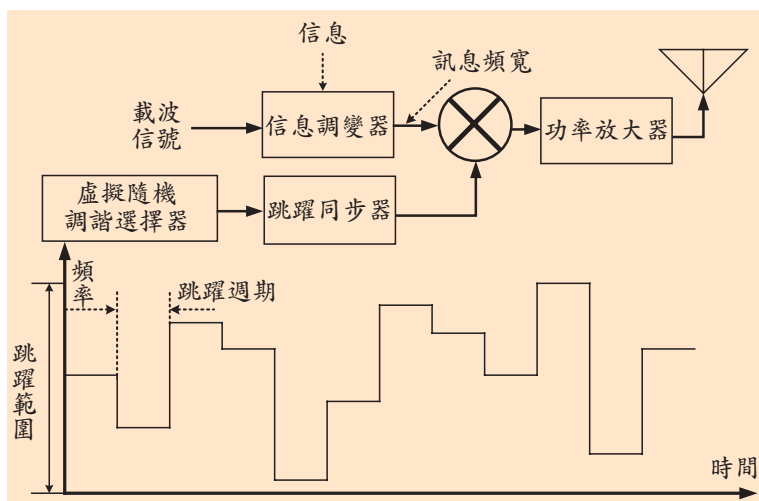
來。

展頻信號有三種基本型態：跳頻、唧聲以及直接序列，每種型態以不同方式伸展信號。無論如何，在能量分佈的先天條件下，對於每一種調變型式，針對頻率、針對時間，使得不同的調變型式，在截收、定位及干擾上，有不同的弱點。

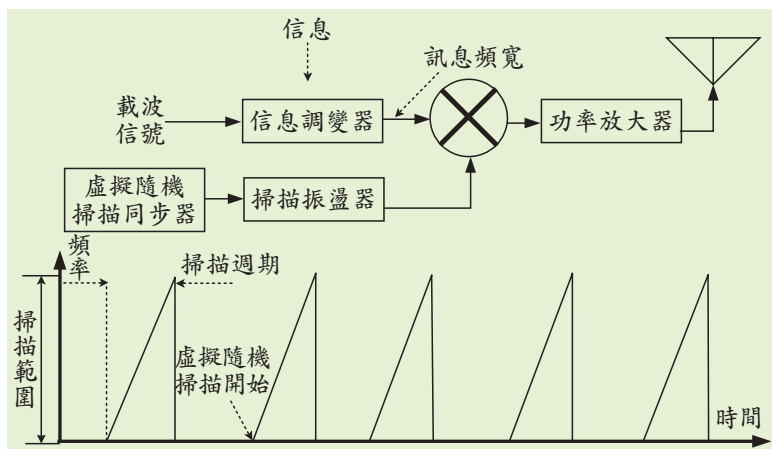
跳頻信號(Frequency-Hopping Signals)

① Dave Adamy, "Spread-Spectrum Signals," Communications EW, Part 9, JED, February 2004, pp.38-39.

② Dave Adamy, "Bandwidth Required for Digital-Signals," Communications EW, Part 7, JED, December 2003, p.62.



▲圖二 跳頻信號：在寬的頻率範圍跳頻信號跳躍介於隨機性的被選擇頻率內



▲圖三 唧聲信號：唧聲信號被快速掃描的頻率，其頻寬遠大於被傳送信號的信息頻寬

如圖二所示，跳頻信號為將承載信息的信號週期性地移動至不同且隨機性選擇的傳輸頻率，而需要接收機與發射機一起跳躍；但是，敵方接收機無法獲知跳躍序列。一般而言，典型跳躍週期小於10毫秒(ms)，而且還可再縮短跳躍週期。因為，跳頻信號可將頻譜延伸得非常寬廣，故在軍事通信上是一項很重要的技術。

當跳躍同步器設定每一新的發射頻率

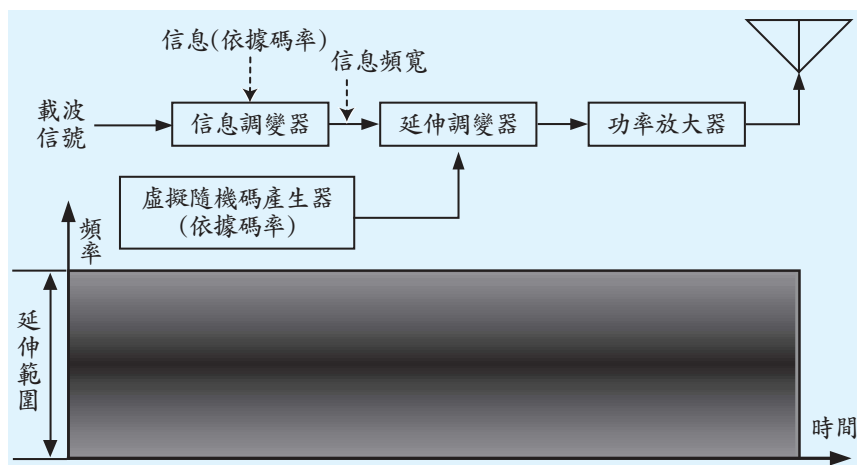
時，跳頻器必須承載數位式之被調變訊息，使輸出信號可以重新被設定速率，以避免產成遺漏訊息的情形。慢速跳頻的操作方式是在每一跳躍時傳送多個資料位元，而快速跳頻則是每個資料位元多次變換頻率。因快速跳頻器需要非常複雜的同步器，所以，多數現行跳頻系統使用慢速跳頻方式。

唧聲信號(Chirp Signal)

如圖三所示，顯示出唧聲信號的伸展調變及信號產生的方式。信號檢波的時間通常需要保持在此接收信號的時間(有效接收頻寬的倒數)之內，(例如：1MHz頻寬需要要有1m/sec之時間)。但是，唧聲發射機頻率轉換速率快於這項要求。所以，若使用一個有足夠頻寬之接收機去檢波此信號，但它還是沒有足夠的時間去檢波此信號，就算其頻帶夠寬，到達可接收整個唧聲範圍，它仍會有不適當的信號/雜訊比。

所要求的接收機須與發射機掃描同步，並使用與信息頻寬接近之頻寬。而每個掃描起始時間可為隨機，且(或)掃描斜率可為非線性變化，以使敵方接收機難與我方接收機同步。

直接序列展頻信號(Direct Sequence Spread Spectrum Signals)



▲圖四 直接序列展頻信號：直接序列展頻信號被連續地延伸在某一頻率範圍，其頻寬遠大於被傳送信號的信息頻寬

此兩種技術是在第二次世界大戰中軍隊所使用的技術，其目的是希望在惡劣的戰爭環境中，依然能保持通信信號的穩定性及保密性。而除了上述3種基本型態的展頻通訊，尚有另外一型態：跳時展頻通訊 (Time Hopping)，③則是利用隨機雜訊產生器，把載波當做開

一個數位信號頻率的成分與位元率的頻寬成正比。如果數位信號以較高位元率被調變成1秒的時間，則此信號能量將被成正比例的伸展在較大的頻率範圍，這種程序被稱為直接序列展頻調變，如圖四所示。伸展波形之位元則稱為切片(chip)。在圖四中，信號連續地佔用一個非常大的頻譜，從此圖觀察可能些許迷惑；因為對任一數位信號而言，實際上的頻譜分佈將會是一個 $\sin x/x$ 函數曲線的頻寬。當直接序列展頻信號其波谷對波谷的頻寬是碼率(rate)的兩倍時，對於承載信息的數位信號，其波谷對波谷的頻寬將會是位元率的兩倍。

關，用以完成展頻的動作。

展頻通訊中，是故意把訊號的能量擴散開來的，使它分佈在很大的頻寬範圍內；因此，展頻通訊之訊號，不像傳統的調變訊號容易彼此干擾，所以展頻通訊對雜訊的免疫力很好，甚而可在周遭滿是雜訊的環境內，隱藏著正常的通訊頻道。採用展頻通訊時，甚至可將數個通訊頻道同時存製於某頻帶內，也不會彼此相互干擾。是故，惡意的干擾，通常對於展頻通訊較產生不了作用。此外，另一項優點是適合做精確的特定範圍通訊。所以，展頻通訊是可適用於太空通訊之中。

結論

美國聯邦通訊委員會(FCC)，在1980年代，才正式開放展頻通訊，供業界使用。但是，美國的聯邦通訊委員會，僅允許使用跳頻展頻通訊或是直接序列展頻通訊，跳頻與直接序列並用的展頻通訊，並不使用。上述

作者簡介

吳清揚少校，中正理工學院專18期、中正理工學院電機系56期、中正理工學院電子工程研究所30期。曾任機務長、電子官、分隊長。現於國防大學中正理工學院國科所攻讀博士。

③ 林茂榮，「散亂頻譜通訊的種類及應用」，業餘無線電，第25期，1995年1月，頁78-86。