

一、實驗背景與動機

1.1 古典通訊展頻

展頻技術 (Spread Spectrum Technology) 在古典通訊上已行之有年，最初為軍事或情報單位傳遞資訊使用，以避免電波干擾或訊號攔截，現今此技術以廣泛運用無線電通訊中。

根據 FCC (Federal Communications Committee; 美國聯邦通訊委員會) 規定的 ISM (Industrial, Scientific and Medical) 頻帶，在特定頻段內不需申請執照即可供民間、工業、科學與醫學用途使用，由於任何設備可自由使用這些頻段來傳遞訊息，這些頻段上會十分擁擠，訊號可能會互相影響，如??，而使用展頻技術即可解決此頻段共享的問題。一般而言展頻技術主要可分成跳頻展頻 (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS) 和直接序列展頻 (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)，以下簡單介紹這兩者的原理與應用。

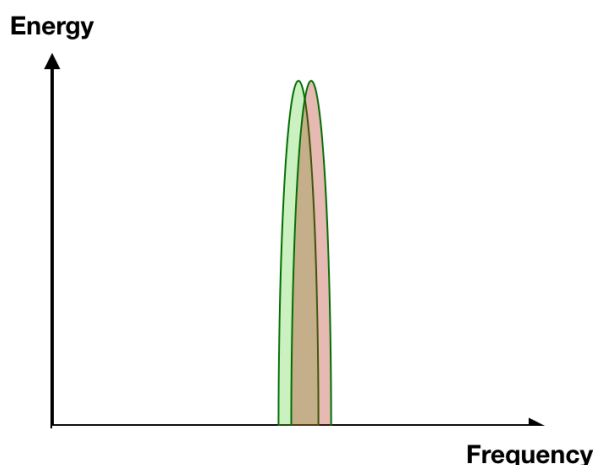


圖 1.1: 同頻訊號干擾。綠色發送端發出之訊號，紅色為其他訊號源發出之同頻訊號干擾。

藍芽技術上，使用的頻段為 2.4 GHz，在 ISM 規範的波段內，會與無線電話、無線網路等設備共享頻段，若同時有兩個以上訊號使用同樣的頻率來傳輸，由於接收端

一、實驗背景與動機

無法區分訊號的來源，會相互干擾，想克服此問題可使用跳頻技術：傳輸端每秒改變訊號的頻率數次，接收端以對應的頻率去接收訊號，示意圖??，如此可避免特定頻段遭占用的問題。

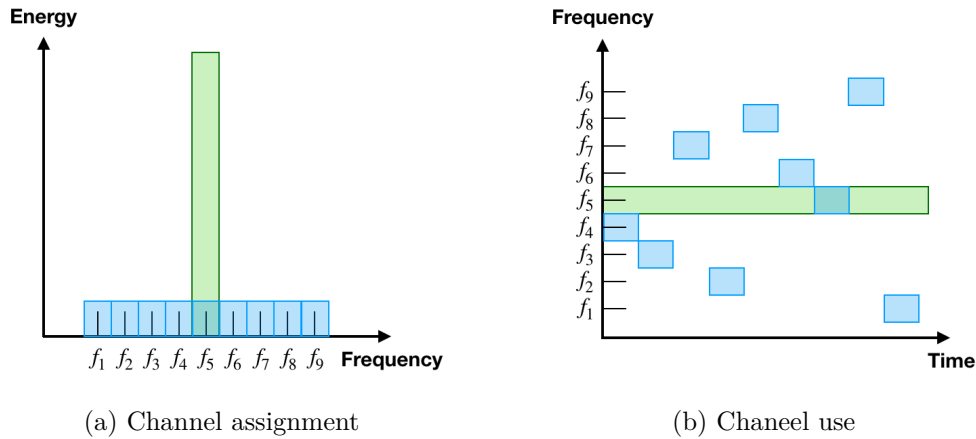


圖 1.2: 跳頻展頻技術示意圖，綠色為展頻前，藍色為展頻後。?? 為指定的頻率分佈，展頻前僅使用 f_5 這個頻率通道進行傳輸，展頻後則將訊號分成數個頻率，不同時間以不同頻率進行傳輸，如??

直接序列展頻技術則是以一串特定的高頻訊號，對發動端的原始資訊進行調製，時域上的調製過程如??。

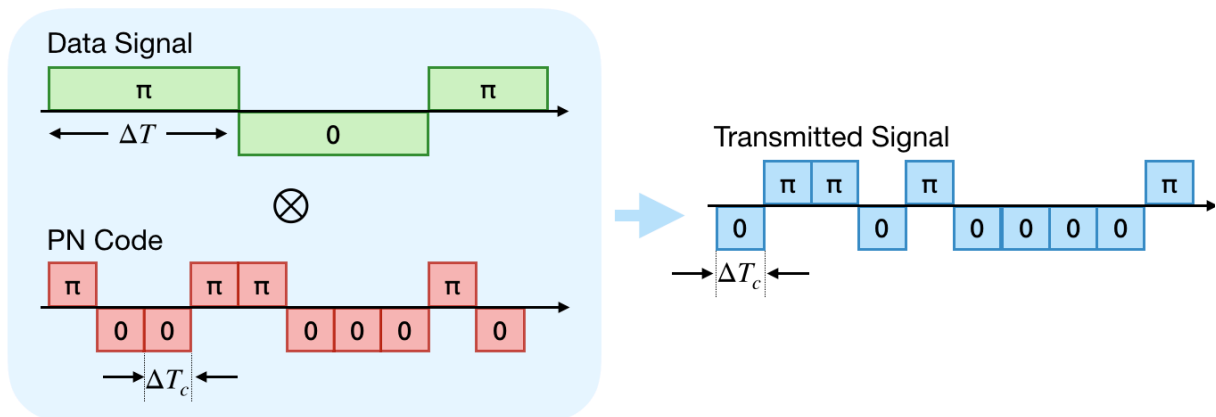


圖 1.3: 直接序列展頻技術調製過程。綠色為發送端要傳輸之原始資訊；紅色為高頻偽隨機訊號，用來對綠色訊號進行相位調製，調製的結果為藍色訊號。接收端可使用紅色訊號對藍色訊號進行解碼，即可還原出原始的綠色訊號

上述的調製過程能將頻譜展寬，如??，接收端會再以相同的高頻訊號對其進行解碼，還原出原始的資訊。此種方式可以有效的降低同頻訊號的干擾，示意圖如??。DSSS 提供一種穩定且簡單的解決方案，能以低功率高頻寬遠距傳輸資訊，廣泛應用於無線網路、無線電話、GPRS... 等，但相較於跳頻展頻技術，直接序列展頻技術需要較

高的硬體建置成本。

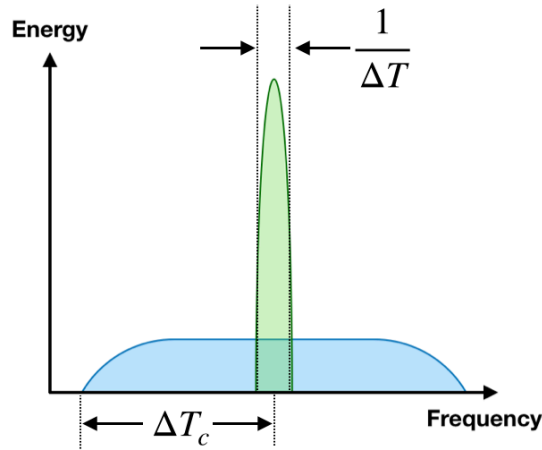


圖 1.4: 直接序列展頻技術，對原始訊號進行調製且展寬其頻寬。綠色為調製前的窄頻資訊，藍色為調製後的展頻資訊，其頻寬與調製的速度成正比，用越高速的訊號進行調製能使頻寬展至越寬

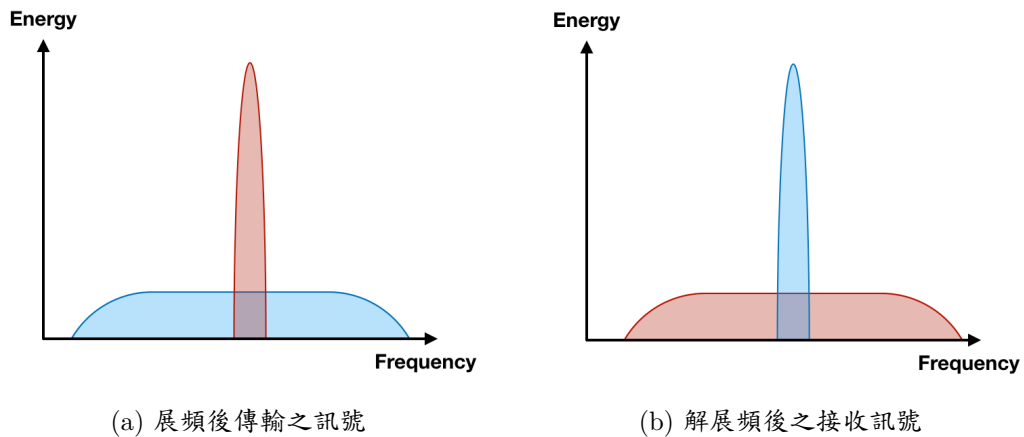


圖 1.5: 直接序列展頻技術示意圖。?? 藍色為已展頻之發送端訊號，紅色為同頻訊號干擾。?? 為接收端解展頻後的訊號，藍色訊號被回復成原始的狀態，紅色的同頻訊號則被展頻，能量被打散至各個不同的頻率，可降低接收端的收到的雜訊。

1.2 量子通訊展頻

在量子資訊中，有許多的應用是以單光子作為攜帶資訊的媒介，展頻後的光能以低功率高頻寬的狀態被傳輸，甚至還能將資訊藏於雜訊中 [PhysRevLett.89.037902](#)，此外，以量子密鑰分發而言，DPS-QKD 提供了傳輸密鑰的方式，但卻無法確保訊號能在不被干擾的情況下抵達接收端，所以若能將展頻技術應用在單光子上，降低環境或人為干擾對遠距傳輸的影響，則可提升資料傳輸的效率與安全性。

此外，若想將單光子的量子態儲存於磁光陷阱中的 ^{87}Rb 冷原子作為量子記憶體使用，此方法能暫時讓光子在傳輸的過程中，大幅度降低對相對於 ^{87}Rb 的吸收率，以避免資訊遭第三方惡意竊取。

1.3 研究簡介

基於上述之實驗背景與動機，我們研究的目的為將展頻技術運用於單光子上，在第二章中會介紹展頻的原理，從數學的角度去探究相位調製對頻譜的影響；第三章中會以前一章的數學原理，以我們的實驗的條件進行模擬，並計算當光子與原子產生交互作用下時的頻譜變化；第四章介紹實驗上會用到的重要儀器；第五章介紹實驗的流程並討論實驗結果，最後再針對實際測量到的結果對理論進行修正與比較。