

D 2.4. 150.05-153 MHz 頻段內 VDE-SAT 下行鏈路對無線電天文服務的保護

在 **150.05-153.0 MHz** 頻段內，適當的無線電天文服務（RAS）保護限制應為 **-238 dBW/m²**（在 **2.95 MHz** 頻寬範圍內，以 **152 MHz** 為中心）。因此，VDE-SAT 下行鏈路在該頻段內的最大發射功率應低於表 66 所列數值。

表 66 - 150.05-153 MHz 頻段內衛星的最大非必要發射功率

船舶仰角 (度) RAS 限制 (W/m²/2.95 MHz) 範圍 (km) 衛星最大干擾等效全向輻射功率 (e.i.r.p.)

0	1.58E-24	2830	1.60E-10 W (-97.97 dBW, -162.67 dBW/Hz)
10	1.58E-24	1932	7.43E-11 W (-101.29 dBW, -165.99 dBW/Hz)
20	1.58E-24	1392	3.86E-11 W (-104.14 dBW, -168.83 dBW/Hz)
30	1.58E-24	1075	2.30E-11 W (-106.38 dBW, -171.08 dBW/Hz)
40	1.58E-24	882	1.55E-11 W (-108.10 dBW, -172.80 dBW/Hz)
50	1.58E-24	761	1.15E-11 W (-109.38 dBW, -174.08 dBW/Hz)
60	1.58E-24	683	9.29E-12 W (-110.32 dBW, -175.02 dBW/Hz)
70	1.58E-24	635	8.03E-12 W (-110.95 dBW, -175.65 dBW/Hz)
80	1.58E-24	608	7.36E-12 W (-111.33 dBW, -176.03 dBW/Hz)
90	1.58E-24	600	7.17E-12 W (-111.44 dBW, -176.14 dBW/Hz)

D 2.5. 位元映射 (Bit Mapping)

有關位元映射的詳細內容，請參閱 附錄 A。

D 2.6. 擴展頻譜 (Spreading)

對於物理層突發格式 **SAT-MCS-1.50-2**（鏈路配置 ID：20），應用 恆定包絡 (constant envelope) 的直接序列擴展技術。

針對承載公告板（bulletin board）的下行鏈路突發波形（鏈路配置 ID：25 和 32），則使用 長度為 **2047** 的 **Gold** 序列 來實現擴展。

對於鏈路配置 ID 28-31 定義的下行鏈路突發波形，則使用 長度為 4 的短直接擴展序列。

D 2.6.1. 具有恆定包絡的擴展頻譜

直接序列擴展 (Direct Sequence Spreading) 可根據 [RD-3] 中的擴展策略實施，此方法能夠 在使用線性調變（如 BPSK、QPSK）時保持恆定包絡。

該方法選擇 CPM 擴展序列，確保擴展符號在相鄰符號之間保持 準連續相位。

直接序列擴展（Direct sequence spreading）與恆定包絡（constant envelope）可根據擴展策略 [RD-3] 來實施。此方法提供了一種生成恆定包絡信號的方式，同時允許使用線性調變（如 BPSK 或 QPSK 進行數據調變）。在此方法中，選擇了 CPM 擴展序列，以確保擴展符號在從一個符號過渡到下一個符號時仍保持準連續相位。CPM 擴展原理如圖 52 所示。

為了避免數據符號轉換時的相位不連續，所提出的解決方案是將擴展序列適應於調變數據。換句話說，每個符號邊緣的 CPM 擴展序列會根據新的輸入調變符號值進行調整，以避免任何相位不連續。這種解決方案會在接收端產生微小的損失，因為接收端無法識別所使用的 CPM 擴展序列的邊緣符號部分。對於擴展因子（Spreading Factor, SF）為 16 或更高的情況，由於此問題導致的接收端相關性損失小於 0.25 dB。與傳統擴展方法相比，只要 $SF \geq 16$ ，性能損失可以忽略不計。

CPM 擴展序列會在離線計算和優化後，存儲於終端和接收器的記憶體中。系統中的所有用戶只需使用單一的擴展碼，因此無需存儲多個擴展序列，而只需存儲一組擴展序列。

存儲的擴展序列（參見 G1139-1）會從前導碼（preamble）開始應用，並持續用於數據部分（如圖 41 所示）。生成的恆定包絡擴展輸出序列 $y(k)$ 為：

$$y(k) = \begin{cases} x(n) \cdot cp_a(l_a, p_a(n)), & \text{for } m < SL/2 \\ x(n) \cdot cp_e(l_e, p_e(n)), & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中， $x(n)$ 表示具有長度 BL 符號的 QPSK 調製輸入信號。因此， $n \in [0, BL - 1]$ 。應該注意到，生成的擴展序列 $y(k)$ 實際上部分取決於調製符號，以確保當調製符號變化時信號相位的連續性（圖 40）。將要生成的擴展序列相對於碼片速率進行過採樣，過採樣因子為 NS 。因此，總共輸出的恆定包絡樣本數為：

$$BS = BL \cdot SF \cdot NS$$

其中，每個 QPSK 符號被擴展為 $SL = SF \cdot NS$ 個輸出樣本。輸出樣本索引 k 的範圍是從 0 到 $BS - 1$ ，而輸入符號索引 n 與輸出樣本索引 k 的關係為：

$$n = \lfloor k/SL \rfloor$$

其中， $\lfloor u \rfloor$ 表示向負無窮大方向取整的地板運算符。此外，在恆定包絡擴展過程中，預定義了兩個二維複數值表 cp_a 和 cp_e ，這些表包含優化的擴展簽名序列。表 cp_a 用於輸入符號的前半部分，而 cp_e 用於後半部分，其中半個符號週期由 $SL/2$ 個輸出樣本組成。

選擇使用 cp_a 還是 cp_e 取決於模數索引值：

$$m = k \% SL = k - SL \cdot \lfloor k/SL \rfloor = k - SL \cdot n$$

其中， $\%$ 是模運算符。

第一維度（對應於採樣時間）的表索引 l_a 和 l_e 定義如下：

$$\begin{aligned} l_a &= (m + n \cdot SL/2) \% TL = (k - n \cdot SL/2) \% TL \\ l_e &= (m + (n - 1) \cdot SL/2) \% TL = (k - (n + 1) \cdot SL/2) \% TL \end{aligned}$$

其中， TL 是 cp_a 和 cp_e 表的第一維度大小。在我們的情況下，擴展序列設計為最大長度，因此：

$$TL = BS/2$$

並且：

$$l_a \in [0, BS/2 - 1]$$

$$l_e \in [0, BS/2 - 1]$$

時間索引表達式中的模數 TL 不需要。

第二維度的表索引 $p_a(n)$ 和 $p_e(n)$ 依賴於 $x(n)$ ，並且基於差分 QPSK 符號象限計算。根據應用的格雷碼 (Gray-coded) QPSK 位元到符號映射定義，所屬象限由以下方式給出。

$$q = \begin{cases} 0, & \text{for QPSK input bits equal to 11} \\ 1, & \text{for QPSK input bits equal to 01} \\ 2, & \text{for QPSK input bits equal to 00} \\ 3, & \text{for QPSK input bits equal to 10} \end{cases}$$

and the second dimensional table indexes

$$p_a(n) = \begin{cases} 0, & \text{for } n = 0 \\ (q(n) - q(n-1)) \% 4, & \text{for } n > 0 \end{cases}$$

and

$$p_e(n) = \begin{cases} (q(n+1) - q(n)) \% 4, & \text{for } n < BL - 1 \\ 0, & \text{for } n = BL - 1 \end{cases}$$

由於差分相位表索引 $p_a(n)$ 和 $p_e(n)$ 的範圍為 $[0, 3]$ ，因此 cp_a 和 cp_e 表的總大小為：

$$BS/2 \times 4$$

因此，這些表包含 $2 \cdot BS$ 個複數值的恆定包絡。

目前指定的恆定包絡擴展方案僅適用於 SAT-MCS-1.50-2 物理層突發格式，該方案的鏈路配置 ID 為 20，其中 $BL = 261$ 且 $SF = 16$ 。簽名擴展序列針對過採樣因子 $NS = 16$ 進行了優化。 cp_a 簽名表存儲於 ASCII 文件 "cpa_SF16_NS16_BL261.txt"，而 cp_e 表存儲於 "cpe_SF16_NS16_BL261.txt"。

這些文件中的表實體以 $BS/2$ 行和 8 列排列。因此，行號與第一維度表索引 l_a 和 l_e 直接相關。第 1、3、5 和 7 列包含複數值的實部，而第 2、4、6 和 8 列包含虛部。

加載的 ASCII 文件表 $T[]$ 與簽名表 $cp()$ 之間的完整關係為：

$$cp(l, p) = T[l + 1, 2p + 1] + j \cdot T[l + 1, 2p + 2]$$

其中， $j = \sqrt{-1}$ ，並且 $T[]$ 的行和列假設從 1 開始計數。

即使簽名序列針對 $NS = 16$ 進行了優化，也可以透過時間上對簽名擴展表進行抽取，生成適用於 $NS = 8$ 和 $NS = 4$ 的恆定包絡擴展序列。抽取因子分別為 2 或 4。

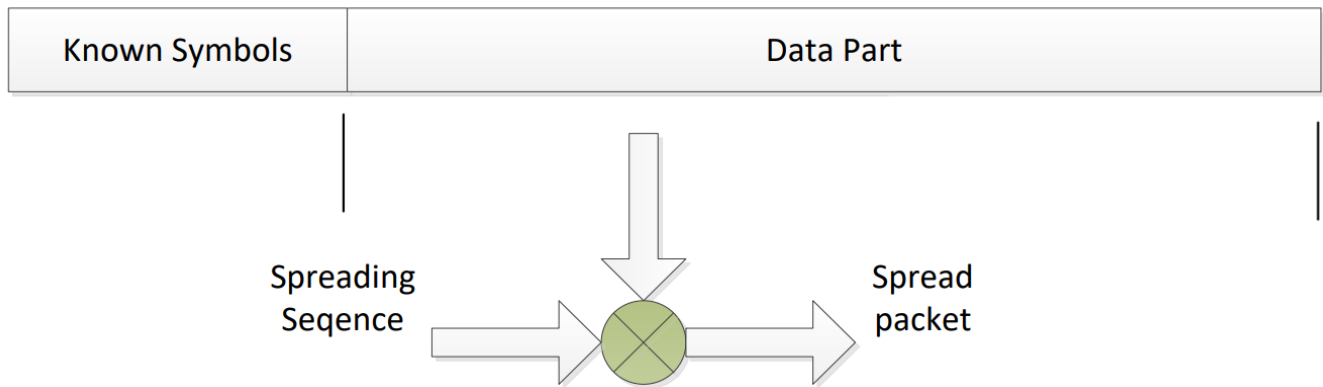


Figure 53 - Proposed Spreading in the CPM

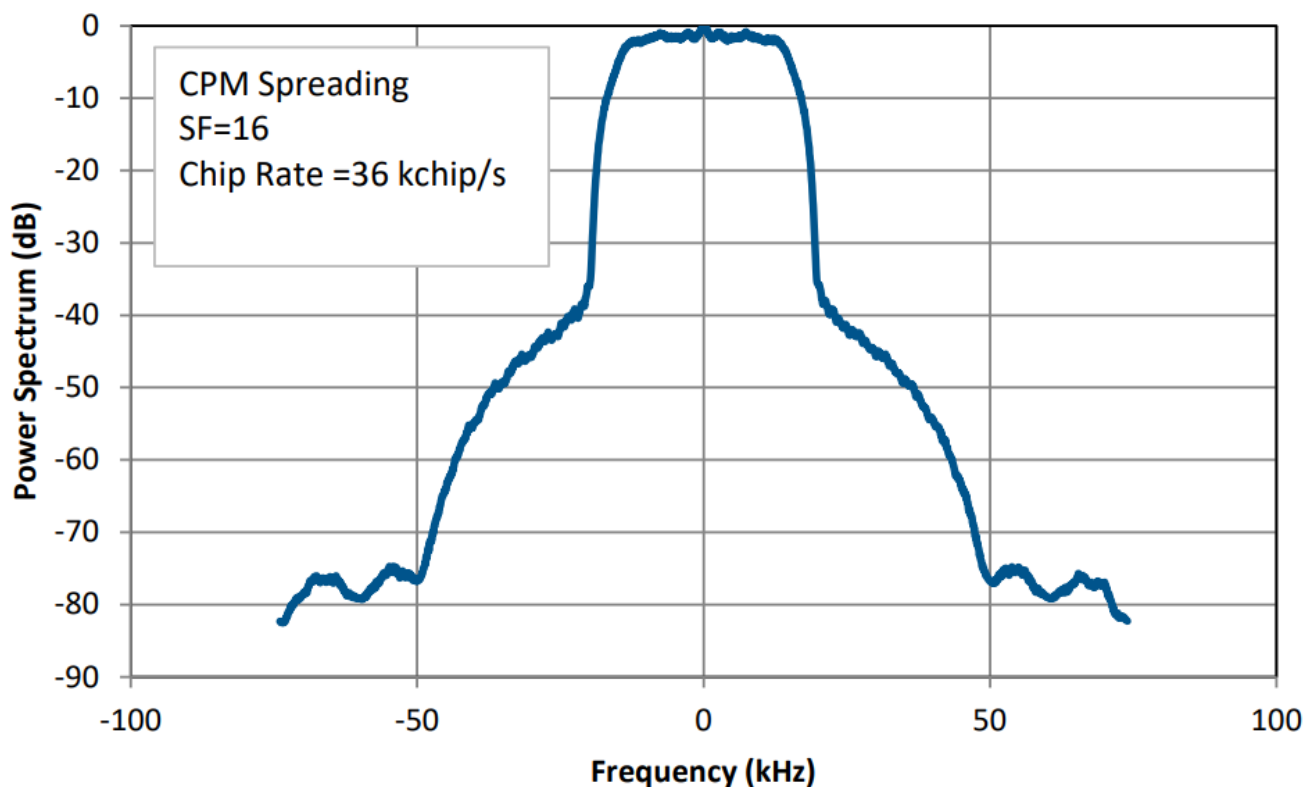


Figure 54 - Power spectral properties of spread spectrum with constant envelope

D 2.6.2. 下行鏈路波形的直接序列擴展

公告板波形需允許 來自兩顆衛星的重疊信號檢測。

為降低重疊波形的交叉相關性（cross-correlation），選擇了兩個 **Gold 擴展碼 SS0 和 SS1**。

An appropriate protection limit for Radio Astronomy service : 無線電天文服務（RAS）保護限制。

1. 在 **150.05-153.0 MHz** 內，國際標準規定無線電天文設備應獲得 **極高級別的保護**。

2. 保護限制標準為 -238 dBW/m^2 （在 2.95 MHz 頻寬範圍內，以 152 MHz 為中心）。

Table 66 - Maximum satellite unwanted emissions in the 150.05-153 MHz band

Ship elevation angle (deg)	RAS limit (W/m ² /2.95 MHz)	Range (km)	Sat. max. interference e.i.r.p.		
			(W)	(dBW)	(dBW/Hz)
0	1.58E-24	2830	1.60E-10	-97.97	-162.67
10	1.58E-24	1932	7.43E-11	-101.29	-165.99
20	1.58E-24	1392	3.86E-11	-104.14	-168.83
30	1.58E-24	1075	2.30E-11	-106.38	-171.08
40	1.58E-24	882	1.55E-11	-108.10	-172.80
50	1.58E-24	761	1.15E-11	-109.38	-174.08
60	1.58E-24	683	9.29E-12	-110.32	-175.02
70	1.58E-24	635	8.03E-12	-110.95	-175.65
80	1.58E-24	608	7.36E-12	-111.33	-176.03
90	1.58E-24	600	7.17E-12	-111.44	-176.14