

Comentarios sobre C/N, C/N_o, C_o/N_o y E_b/N_o

C/N es la relación "carrier to noise" (portadora / ruido). Este es un valor que se determina para cualquier enlace de satélite en función de la calidad de banda base deseada en la recepción, (relación S/N en banda base analógica y BER en banda base digital).

El procedimiento de medida es el siguiente: se mide la potencia de la portadora sin modulación en dBm y se anota el valor. Despues se quita la portadora y se mide la potencia de ruido a través de un filtro de ancho de banda igual al asignado a dicha portadora. La diferencia entre ambas potencias es la relación portadora/ruido en dB.

-Definición de C/N_o: Es la relación portadora/densidad espectral de ruido normalizado a 1 Hz.

-Densidad espectral de ruido normalizado a 1 Hz (N_o): Es la potencia de ruido que hay en un ancho de banda de 1 Hz. Un procedimiento de medida puede ser el siguiente: Se mide la potencia de ruido en un ancho de banda determinado y se divide por ese ancho de banda expresado en Hz. Por ejemplo, si en un ancho de banda de 1Mhz hemos medido una potencia de ruido de 0.01mW (-20 dBm), entonces la densidad espectral de ruido N_o será: $N_o = 0.01\text{mW} / 1.000.000 \text{ Hz} = 1 \times 10^{-8} \text{ mW/Hz}$.

Si esto lo expresamos en dB :

$$(N_o)_{dB} = -20\text{dBm} - 60 \text{ dB/Hz}$$

$$(N_o)_{dB} = -80\text{dBm/Hz.}$$

Normalmente a $(N_o)_{dB}$ se le llama simplemente N_o.

de forma general, se puede escribir:

$$N_o = N - 10 \times \log B$$

siendo B el ancho de banda, expresado en Hz, en el que se ha medido N

-Densidad espectral de potencia normalizado a 1 Hz (C_o):

Cuando la potencia de la portadora esté uniformemente distribuida en el ancho de banda que ocupa, se puede hablar de C_o, que es la potencia de portadora medida en un ancho de banda determinado (que debe de ser como mínimo un 20% menor que el ancho de banda que ocupa la portadora), dividida por ese ancho de banda expresado en Hz. Por ejemplo, supongamos una portadora que ocupa 1.5 Mhz, si en un ancho de banda de 100 KHz hemos medido una potencia de portadora de 0.1mW , entonces la densidad espectral de potencia de portadora C_o será: $C_o = 0.1\text{mW} / 100.000 \text{ Hz}$. Si esto lo expresamos en dB :

$$(C_o)_{dB} = 10 \times \log C_o = 10 \times \log (0.1 \text{mW} / 100.000 \text{ Hz})$$

$$(C_o)_{dB} = 10 \times \log 0.1 \text{ mW} - 10 \times \log 100.000 \text{ Hz}$$

$$(C_o)_{dB} = -10\text{dBm} - 50 \text{ dB/Hz}$$

$$(C_o)_{dB} = -60 \text{ dBm/Hz}.$$

Normalmente a $(C_o)_{dB}$ se le llama simplemente C_o .

En este caso se puede escribir:

$$C = C_o + 10 \times \log B \text{ siendo } B \text{ el ancho de banda expresado en Hz.}$$

C_o/No : Las portadoras digitales moduladas en PSK con scrambler, tienen su potencia uniformemente distribuida en todo el ancho de banda que ocupan. Por lo tanto en un analizador de espectros con un RBW (resolution bandwidth) menor que el ancho de banda ocupado por la portadora, mediremos en el centro de esta, su densidad espectral de potencia.

Si con los marker del analizador de espectros medimos la diferencia en dB entre la portadora y el ruido adyacente, lo que obtenemos es una medida de la C_o/N_o , es decir la relación de densidades espectrales de potencia de portadora y ruido.

Este valor se puede considerar normalizado a 1 Hz, a pesar de que el RBW del analizador sea distinto de 1 Hz, porque se trata de una relación de densidades espectrales y los factores de corrección del filtro se anulan.

Esta medida es muy fácil de hacer, pero en realidad lo que se mide no es C_o/N_o sino $(C_o+N_o)/N_o$.

Cálculo de C_o/No a partir de $(C_o+N_o)/No$: Supongamos que el valor obtenido con los marker del analizador de espectros es de "A" dB, entonces:

$$A = 10 \log \frac{(C_o + N_o)}{N_o}$$

$$(C_o + N_o)/N_o = 10^{A/10}$$

$$(C_o/No) + 1 = 10^{A/10}$$

$$C_o/No = 10^{A/10} - 1 \text{ que expresado en dB:}$$

$$(C_o/No)_{dB} = 10 \times \log (10^{A/10} - 1).$$

Para valores de A de mas de 20 dB la diferencia entre la medida y C_o/No es despreciable.

Ancho de banda ocupado por portadoras "PSK":

1º Portadora QPSK:

Supongamos que a un modulador QPSK le entra una banda base digital de R_T Kbit/s. En R_T consideraremos incluido el OVER HEAD y el FEC.

$$R_T = (R + OH)/FEC$$

Siendo R la velocidad del m\'ultiplex digital que entra en el modulador.

En estas condiciones, el ancho de banda ocupado por la portadora modulada es de $(R_T/2)$ KHz

2º Portadora BPSK:

En este caso, el ancho de banda ocupado es de R_T KHz.

Definici\'on de E_b/N_0 :

Es el cociente entre la energ\'ia por bit de informaci\'on \'util y la densidad espectral de ruido por Hz.

Como Bit de informaci\'on \'util se entiende $R+OH$. Los bit adicionados por el FEC no se tienen en cuenta, al ser informaci\'on redundante.

C\'alculo de E_b/N_0 :

Con el analizador de espectros, hemos obtenido $(C_o/N_o)_{dB}$, llamando:

$Rc=R+OH$ Tenemos que

$$E_b=C/(R+OH) \Rightarrow E_b=C/Rc \Rightarrow$$

$$(E_b)_{dB}=10 \times \log (C/Rc) \Rightarrow$$

$$(E_b)_{dB}=10 \times \log C - 10 \times \log Rc \Rightarrow$$

$$(E_b)_{dB}=C_{dB} - 10 \times \log Rc \Rightarrow$$

$$C_{dB}=(E_b)_{dB} + 10 \times \log Rc$$

$$\text{y como: } (C_o/N_o)_{dB}=(C_o/N_o)_{dB} + 10 \times \log B$$

sustituyendo queda:

$$(E_b)_{dB} + 10 \times \log Rc - No = Co - No + 10 \times \log B \quad \text{Ordenando}$$

$$E_b - No = Co - No + 10 \times \log B - 10 \times \log Rc .$$

$$\text{En una portadora QPSK} \quad B=(Rc/2)/\text{FEC}$$

sustituyendo esto en la expresi\'on anterior queda:

$$(E_b/No)_{dB}=(Co/No)_{dB}+10 \times \log ((Rc/2)/\text{FEC}) - 10 \times \log Rc$$

simplificando:

$$(E_b/No)_{dB}=(Co/No)_{dB}+(10 \times \log Re - 10 \times \log 2 - 10 \times \log \text{FEC}) - 10 \times \log Re$$

Luego:

$$(E_b/N_o)_{dB} = (C_o/N_o)_{dB} - 3 - 10 \times \log FEC$$

Para $FEC=3/4$ queda:

$$(E_b/N_o)_{dB} = (C_o/N_o)_{dB} - 1.75 \text{ dB}$$

Para $FEC=1/2$ queda:

$$(E_b/N_o)_{dB} = (C_o/N_o)_{dB}$$

En una portadora BPSK :

$$(E_b/N_o)_{dB} = (C_o/N_o)_{dB} - 10 \times \log FEC$$

Para $FEC=3/4$ queda:

$$(E_b/N_o)_{dB} = (C_o/N_o)_{dB} + 1.25 \text{ dB}$$

Para $FEC=1/2$ queda:

$$(E_b/N_o)_{dB} = (C_o/N_o)_{dB} + 3 \text{ dB}$$

