

Temperatura de ruido en antenas parabólicas para sistemas satelitales de recepción

Jorge Matos
Gómez

Profesor titular
Facultad de Ingeniería,
Universidad Central
de las Villas - Cuba.

RESUMEN:

Uno de los problemas más difíciles en el análisis y diseño de enlaces radio - eléctricos es la estimación de la temperatura de ruido en la antena en el extremo receptor del enlace. Particularmente significativo resulta la estimación de este parámetro en las estaciones terrenas de recepción para señales de TV provenientes de satélites geoestacionarios dedicados a la radiodifusión. En el presente artículo se presentan algunos resultados preliminares que pueden ser utilizados para estimar temperatura de ruido de antenas parabólicas, en banda C (4GHz) y banda Ku (12 GHz), correspondientes a sistemas satelitales de recepción. Estos resultados están orientados para su aplicación en el análisis y diseño de estos sistemas. Los resultados presentados en /8/, no resultan convenientes por eludir el defecto del patrón de radiación de la antena en la temperatura de ruido de ésta.

TEMPERATURA DE RUIDO DE ANTENA

Teóricamente, la temperatura de ruido de la antena (ruido externo captado por la estación

terrena receptora) puede ser calculado por la siguiente expresión /1/, /2/ :

$$T_A = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} T_b(\theta, \mathfrak{S}) G(\theta, \mathfrak{S}) \text{Sen} \theta d\theta d\mathfrak{S}; K$$

donde:

$T_b(\theta, \mathfrak{S})$: Temperatura en brillo de las fuentes de ruido externo, expresadas en K

$G(\theta, \mathfrak{S})$: ganancia directiva de la antena receptora en función de la dirección θ, \mathfrak{S} (la antena esté situada en el origen de coordenadas).

La utilización de la expresión anterior no resulta práctica para propósitos de ingeniería ya que resulta difícil conocer con exactitud el valor de $T_b(\theta, \mathfrak{S})$ y llevar a cabo la operación de integración planteada.

Cada banda de frecuencias utilizada en radiodifusión por satélite, presenta sus características para la estimación de este parámetro.



ESTIMACIÓN PARA LA TEMPERATURA DE RUIDO EN BANDA C (4GHz)

En /8/ se muestra un conjunto de curvas de temperatura de ruido de la antena en función del diámetro (D) y del ángulo de elevación (EL^0). Estas curvas han sido el resultado de un conjunto de mediciones, en antenas receptoras típicas. Suponiendo que este comportamiento de T_A es general, entonces se propone el siguiente estimado para T_A .

$$T_A = \frac{a_0}{D} + \frac{a_1}{EL^0}; K$$

Donde D esté en metros y EL^0 en grados sexagesimales las constantes a toman los siguientes valores:

$$y a_0 = 77a_1 = 454$$

como un resultado del ajuste óptimo del estimador a los valores medidos de T_A .

Ajuste óptimo de T_A a partir de resultados experimentales en la temperatura de ruido de la antena en Banda C (4GHz)

Sea $T_A^*(i, j)$ los valores experimentales de la temperatura de ruido de la antena para un ángulo de elevación EL_i^0 y un diámetro D_j (ver figura 1), donde:

$$EL_i^0 = \{EL_1^0, \dots, EL_N^0\}$$

$$D_j = \{D_1; \dots; D_M\}$$

El error medio cuadrático E^2 es:

$$E^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M E_{ij}^2$$

Donde:

$$E_{ij}^2 = \left[T_A^*(i, j) - \frac{a_0}{D_j} - \frac{a_1}{EL_i^0} \right]^2$$

Para condiciones de cielo despejado la dependencia funcional entre T_A , D y EL^0 sigue siendo la misma ya que son los mismos procesos físicos que intervienen en el ruido captado por la antena.

Tomando las derivadas $\partial E^2 / \partial a_0$ y $\partial E^2 / \partial a_1$ se obtienen las ecuaciones:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{T_A^*(i, j)}{EL_i^0} = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{1}{EL_i^0 D_j} \right) a_0 + \left(M \sum_{i=1}^N \frac{1}{EL_i^0} \right) a_1$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{T_A^*(i, j)}{D_j} = \left(N \sum_{j=1}^M \frac{1}{D_j^2} \right) a_0 + \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \frac{1}{EL_i^0 D_j} \right) a_1$$

Los valores de a_0 y a_1 se obtienen sustituyendo los valores numéricos correspondientes para $T_A^*(I, J)$, EL_i^0 y D_j y resolviendo las ecuaciones lineales simultáneas que resultan.

ESTIMACIÓN DE LA TEMPERATURA DE RUIDO DE LA ANTENA EN BANDA Ku (12 GHz)

Existen datos muy variables sobre la temperatura de ruido de la antena en banda Ku, por lo que el método seguido para banda C no resulta adecuado. No obstante, para condiciones de



cielo despejado la dependencia funcional entre T_A , D y EL° sigue siendo la misma ya que son los mismos procesos físicos que intervienen en el ruido captado por la antena.

En la práctica, para las antenas parabólicas off set y diámetros menores o iguales a 1 metro la T_A no sobrepasa el valor de 50K. Por ejemplo, para $EL^\circ = 30^\circ$ un valor típico de $T_A = 35$ K (141, 151, 161)

Veamos ahora como evaluarlo mejor, estimado el incremento de la temperatura de ruido de la antena debido a la lluvia.

Consideremos el siguiente modelo 171, representado en la figura 1:

$$T_A^1 = \frac{\alpha_1 \left(\frac{T_c + (10^{AR/10} - 1)T_m}{10^{AR/10}} \right) + a_2 T_s + (10^{Lg/10} - 1)T_0}{10^{Lg/10}}$$

Manipulando algebraicamente la ecuación anterior se obtiene:

$$T_A^1 = X_1 10^{-Lg/10} \cdot 10^{-AR/10} T_c + a_1 10^{-Lg/10} (1 - 10^{-AR/10}) T_m + a_2 10^{-Lg/10} T_s + (1 - 10^{-Lg/10}) T_0$$

donde:

A_R : Atenuación debido a la lluvia, dB

a_1 : Facción de la potencia de ruido captado por el lóbulo principal de la antena (alrededor de 0.95).

T_m : Temperatura promedio de la atmósfera (al rededor de 270 K).

T_s : Temperatura del suelo ($\cong 290$)

X_2 : Facción de la potencia de ruido del suelo captado por lóbulos laterales.

T_c : Temperatura de ruido celeste (sley noise).

L_g : Perdida de alimentador (alrededor de 0.1dB)

T_0 : Temperatura ambiente (entre 290 y 300 K).

Bajo condiciones de cielo despejado ($A_R = 0$) la temperatura de ruido T_A será :

$$T_A = a_1 10^{-Lg/10} T_c + a_2 10^{-Lg/10} T_s + (1 - 10^{-Lg/10}) T_0$$

El incremento ΔT_A será :

$$\Delta T_A = T_A^1 - T_A = a_1 10^{-Lg/10} (1 - 10^{-AR/10}) (T_m - T_c)$$

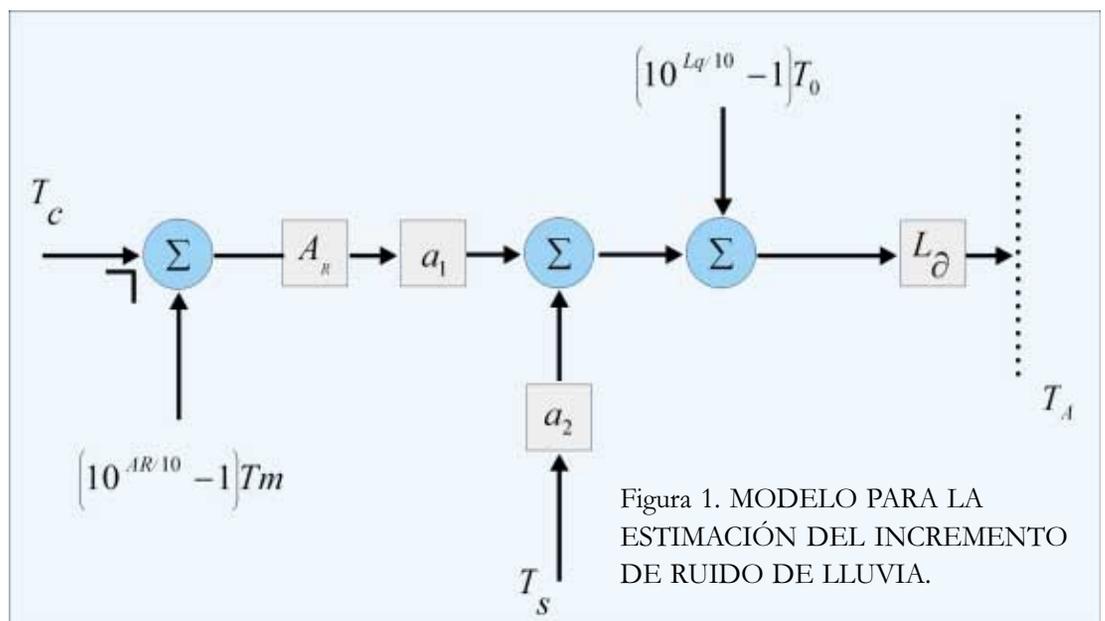


Figura 1. MODELO PARA LA ESTIMACIÓN DEL INCREMENTO DE RUIDO DE LLUVIA.

Utilizando aproximaciones analíticas de T_c ,

$$T_c = \frac{239}{EL^0} + 0,63; K$$

Valida entre 11 y 12 GHz y ángulo de elevación mayores de 5° .

Haciendo las sustituciones pertinentes y utilizando los valores numéricos típicos para $a_1, Lg T_m$, se obtiene:

$$\Delta T_A = 250(1 - 10^{-A_r/10}) \left(1 - \frac{0,89}{EL^0} \right); K$$

Como el factor $\left(1 - \frac{0,89}{EL^0} \right)$ es muy cercano a la unidad, se puede sustituir por un valor promedio de 0,96. Así finalmente, se obtiene:

$$\Delta T_A = 240(1 - 10^{-A_r/10}); K$$

La ecuación anterior puede ser utilizada para evaluar la degradación del enlace satelital debido al incremento de ruido por lluvia $[(\Delta T)]$. Si selecciona un valor de 50 K para T_A (En condiciones de cielo despejado) y la temperatura de ruido del receptor es T_{LNB} , dado por:

$$T_{LNB} = (10^{F_{LNB}/10} - 1)290$$

entonces:

$$\Delta T = 10 \text{Log} \left[1 + \frac{240(1 - 10^{-A_r/10})}{50 + (10^{F_{LNB}/10} - 1)290} \right]; dB$$

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se proponen estimadores de temperatura de ruido de antena para sistemas satelitales que operan en banda C y en banda Ku. Los estimadores previos presentados en la literatura (ver referencia 8) no resultan adecuados ya que no toman en cuenta el efecto del patrón de radicación de la antena sobre la temperatura del ruido de ésta. El método presentado en banda Ku puede ser perfeccionado en la medida que se obtengan resultados experimentales específicos para encontrar regularidades entre los parámetros más importantes en esta banda.



REFERENCIAS

- [1] W.L. Morgan, G.D. Gordon, "**Communication Satellite Hand Book**", Wiley & Sons, 1989, Cap. 3, P 313.
- [2] G.Maral and M. Bonsquet, "**Satellite Communication Systems**", Wiley & Sons, (2/c) 1993.
- [3] Baylin, "**Home Satelli TV installation and trouble Shooting manual**", Baylin publications, 1994.
- [4] Johannsen and U. Mathur, "**TURO antenna size, Ku - Band vs. C- Band**", IEEE trans. On Broadcasting, vol. BC-33, no. 3, sept 1987.
- [5] A. W. Rudge, A.D. Olver, K Milne, P. Knight, "**The Handbook of Antena Desing**", Peter Peregrinus, Ltd, 1982.
- [6] Nokia, "**Satellite TV Receiver Antenna Manual**", Nokia consumer Electronics, 1992.
- [7] D. Veitía, J. Garcia y J. Matos, "**Sistemas de TV por Satélite**", Trabajo de Diploma, Fac. Ing. Eléctrica, UCLV, 1994.
- [8] M. Long, 1993/94, "**The World Satellite Annud**", Mle, 1993 (apéndice B, p. 428).