

# Aplicación de un modelo de canal en banda Ka para análisis de sistemas basados en HAPS

Fernando Ulloa V.

J.A. Delgado- Penín

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones  
Universidad Politécnica de Cataluña  
{Ulloa,delpen}@tsc.upc.es

## ABSTRACT

In this paper, BER performances are obtained by simulation for Ka-band High Altitude Platforms (HAP) channel model incorporating weather effects (rain). A channel model based on Whenzen and Lutz proposals about land mobile satellite is discussed for two propagation states and a first approach is followed for an interesting situation.

## INTRODUCCION

La propagación en la banda Ka (20/30 Ghz) es muy susceptible a la atenuación por hidrometeoros y sombras. La presencia de lluvia y de sombras radioeléctricas puede interrumpir la recepción completamente sobretodo en climas, en donde el promedio pluviométrico es alto. Los modelos existentes para canales “land mobile satellite” (LMS) han sido propuestos para bandas donde las perturbaciones debidas a los hidrometeoros son despreciables. Los efectos producidos por los fenómenos troposféricos, en especial los efectos del agua, han sido estudiados por [Loo][1]. Hay otro modelo donde se consideran dos estados de propagación: uno bueno con señal directa y uno malo con obstrucción de la señal, Lutz[2]. En este último, el estado bueno en la banda Ka puede considerarse condicionado por las perturbaciones atmosféricas y en especial la lluvia.[3][4][5]

## 2.-MODELO DE CANAL

A partir de los trabajos de [1][2][3] se discutirá un modelo de canal que está condicionado por las perturbaciones atmosféricas y en especial la lluvia. La banda Ka posee los siguientes problemas para la propagación:

- Los efectos troposféricos relacionados con el agua, vapores ,lluvias e hidrometeoros en general.
- Los debidos a el ambiente próximo del receptor.

En este trabajo, se designará como “ $w$ ” a la atenuación de la lluvia o hidrometeoros, y como  $\beta_m$  el efecto conjunto de las obstrucciones, sombras y multicamino.

Estas dos variables podrán asumirse como estadísticamente independientes, ya que los mecanismos que las originan

son independientes. La amplitud de la señal recibida podrá ser interpretada por:

$$r = \beta_m \cdot w, \quad (1)$$

asumiendo que la amplitud de la señal transmitida está normalizada a la unidad. Los conceptos básicos de las bandas L/S y los modelos de canal LMS, son también aplicables a la banda Ka; pero estos no satisfacen el problema de una mayor cantidad de sombras y de fluctuaciones mas rápidas en los multicamino. De todos los efectos perjudiciales provocados por los hidrometeoros, está el de la lluvia intensa (heavy rain), típico de las zonas tropicales y el mas devastador. La estadística a “Largo Plazo” de la atenuación provocada por la lluvia puede modelarse por un proceso lognormal [Burgueño-Vilar][5]:

$$P_L(L) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_d L} \exp\left[-\frac{(\ln L - m_d)^2}{2\sigma_d^2}\right], L \geq 0 \quad (2)$$

Donde  $L$  (atenuación de la lluvia) ,  $m_d$  y  $\sigma_d$  están en dB. En el canal LMS para la banda Ka puede formularse :

$$p(r) = \int_0^{\infty} p(r|w) p_w(w) dw \quad (3)$$

donde  $p(r|w)$  es la pdf del ambiente móvil condicionada por los efectos del agua y  $p_w(w)$  es la pdf asociada a los efectos del agua. En lo que sigue , sólo consideraremos los efectos producidos por la lluvia e ignoraremos los demás factores. En esta línea, el estudio realizado por [Matricciani][4], muestra que la distribución de probabilidad de la envolvente recibida por un receptor móvil puede considerarse como en el caso de un sistema fijo, multiplicando por un factor que varía entre 0.5 y 2.0 y que es independiente de la atenuación de la lluvia. Por otra parte, siguiendo a [Lutz][2], el modelo LMS puede contemplar dos estados ( uno bueno y uno malo).

$$p_b(r) = (1 - A) p_{good}(r) + A \cdot p_{bad}(r) \quad (4)$$

El estado bueno de propagación será el de visión directa con el transmisor, donde la señal recibida seguirá una distribución de probabilidad del tipo Rice. La variable “ $A$ ” indica el porcentaje de tiempo de la transmisión en el estado malo (presencia de sombras radioeléctricas).

### 2.1 Para el estado bueno.

Se asumirá que la amplitud de la señal transmitida estará normalizada a la unidad, y para el estado bueno (good), la señal recibida podrá representarse como:

$$r = R e^{-h(L+c)} \quad (5)$$

donde R es un proceso con distribución Rice,  $h = \ln 10/20$  y L es la atenuación producto de la lluvia en dB y con una distribución lognormal, c es la constante de [Matricciani][4]. Si  $w = e^{-h(L+c)}$ , la pdf de w podrá formularse así:

$$p_w(w) = \frac{-\exp\left\{-\frac{\left[\ln\left(\frac{hc + \ln w}{h}\right) - u\right]^2}{2s^2}\right\}}{w(hc + \ln w)\sqrt{2ps}} \quad (6)$$

para  $1 > w > 0$

Por lo tanto, la pdf condicional de  $p_b(r|w)$  podrá escribirse:

$$p_b(r|w) = \frac{2kr}{w} \exp(-k((r/w)^2 + 1)) I_0\left(2k \frac{r}{w}\right) \quad (7)$$

Y sustituyendo ec. (6) y (7) en (5) se obtendrá la pdf de la señal recibida.

### 2.2 Para el estado malo.

En el estado malo,  $r = R \exp(-hL + S)$ , donde S es una distribución lognormal que caracteriza las sombras. Para este caso, la expresión analítica es muy compleja, y se podrá simplificar la situación de la siguiente manera: según [M. Rice][6] el ancho espectral de la atenuación de la lluvia, está en el rango de 0.06-0.1  $\text{min}^{-1}$  y si la velocidad del terminal móvil se sitúa entre 8-15 m/s, la duración media del desvanecimiento (fading) puede estar en el margen de 10ms-0.4s, y con un umbral de desvanecimiento de 10 dB, lo que indica que la duración media de la atenuación provocada por la lluvia es muchísimo mayor que la asociada a las sombras. De esta manera se asume que en el estado malo, la señal recibida en el receptor seguirá un proceso lognormal y que la atenuación de la lluvia solo causará una disminución en la media de la distribución.

### 3. RESULTADOS

Aquí se presentan resultados de una simulación del estado bueno mas las perturbaciones troposféricas y con diferentes valores de atenuación debidos a la lluvia. Se asume una plataforma casi-estacionaria tipo HAPS a una altura de 25 Km., y con un ángulo de elevación de 45° con respecto al receptor y con un factor de Rice,  $K=15$  (dB). Los valores para la atenuación de la lluvia son:

Perturbación	Media	Varianza
Lluvia	0.662	0.0020
Moderada	0.542	0.00018
Intermitente	0.483	0.00003

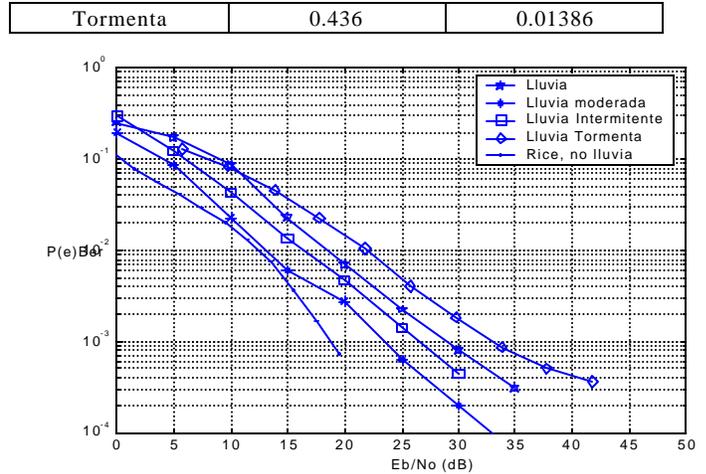


Figura 1. Tasa de error( BER) para un receptor sin sombra y bajo diferentes condiciones de lluvia.

### 4. CONCLUSIONES

Se ha analizado el comportamiento de un canal en banda Ka para un sistema basado en un HAP. El punto de partida considero un modelo de canal tipo LMS con señales BPSK. En la figura 1, se presentan diferentes situaciones de lluvia y los resultados muestran que la atenuación debida a la lluvia puede provocar serias degradaciones y desvanecimientos en el comportamiento de un sistema de comunicación soportado por un HAP en la banda Ka.

### 5. REFERENCIAS

- [1] C. Loo, "Land mobile satellite channel measurement and modeling", Proc. IEEE, vol. 86, pp. 1442-1463, July 1998.
- [2] E. Lutz, "The Land Mobile Satellite Communication Channel Recording, Statistics and Channel Model", IEEE Transactions Vehicular Technology, vol 40, NO2, May 1991, pp 375-386.
- [3] Wenzhen Li, Choi Look, "Ka-band Land Mobile Satellite Channel Model Incorporating Weather Effects", IEEE Comm. Letters, Vol. 5, NO. 5, May 2001.
- [4] E. Matricciani "Transformation of rain attenuations statistics from fixed to mobile satellite communication system, "IEEE Trans. Commun., vol. 38, pp. 1359-1366, Sept. 1995.
- [5] A. Burgueño, E. Vilar "Spectral analysis of 49 years of rainfall rate and relation to fade dynamics" IEEE Trans. Común., vol. 38, pp 1359-1366, Sept. 1990.
- [6] M. Rice, J. Slack "Ka-band LMS channel characterizations" Int. J. Satellite Commun, vol. 14, 1996.

Nota: Accion Especial TIC2000-0320-CE.