

Modelo de canal aeronáutico en banda Ka para análisis de sistemas basados en plataformas estratosféricas tipo HAPS

Fernando C. Ulloa - Vásquez
Universidad Tecnológica Metropolitana
Santiago - Chile
Fulloa@utem.cl

ABSTRACT

In this paper, BER performances are obtained by simulation for Ka-band in High Altitude Platforms Stations (HAPS) 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 posibilidad de colocar una estación radioeléctrica en un globo aerostático o a bordo de un avión en vuelos estratosféricos está siendo considerada como una alternativa válida a las infraestructuras de telecomunicaciones soportadas por satélites o dispuestas en tierra [ITU]. El diseño de futuras generaciones (4G) de redes de telecomunicación de banda ancha se está discutiendo en diversas sedes. Dichos vehículos aeromóviles no tripulados suelen denominarse HAPS (*High Altitude Platforms Stations*) en el campo de las telecomunicaciones. Este tipo de aeromóviles podrán volar en altitudes comprendidas entre 21 y 25 km. sobre la superficie terrestre y serán capaces de permanecer en esa posición cuasi-fija durante largos intervalos de tiempo. La propagación en la banda Ka (18/31 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]

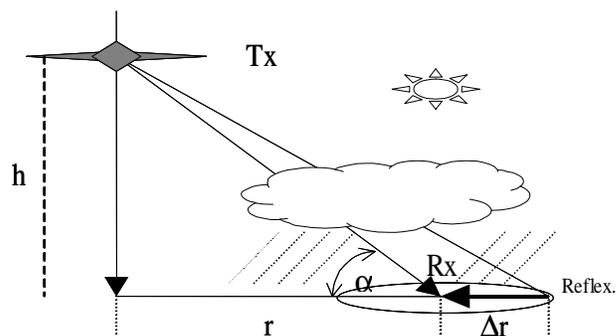


Figura 1. Plataforma HAPS con perturbaciones debidas a la lluvia.

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 al ambiente próximo del receptor.

En este trabajo, se designará como "w" a la atenuación de la lluvia o hidrometeoros, y como β_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 más 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 más 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 σ_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).

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

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:

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

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:

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

para $1 > w > 0$

Por lo tanto, la pdf condicional de $p_\beta(r)$ podrá escribirse:

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

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, $r = R \cdot \exp(-h \cdot L + S)$, 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][7] el ancho espectral de la atenuación de la lluvia, está en el rango de 0.06-0.1 mim^{-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 mostrados en la tabla N°1. En la figura 1 se presenta la probabilidad de error para diferentes condiciones de lluvia. En las figuras 2 y 3 se puede observar como existen profundos desvanecimientos, en especial en condiciones de lluvia tormenta los desvanecimientos pueden superar los -35 dB de atenuación, alcanzando algunos segundos de duración.

Perturbación	Media	Varianza
--------------	-------	----------

Lluvia	0.662	0.0020
Moderada	0.542	0.00018
Intermitente	0.483	0.00003
Tormenta	0.436	0.01386

Tabla N°1

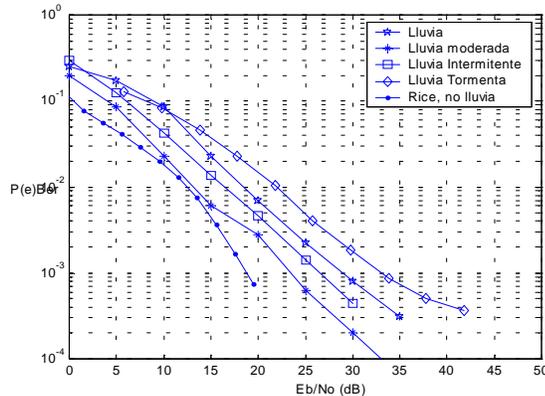


Figura 1. Tasa de error (BER) para un receptor sin sombra y bajo diferentes condiciones de lluvia.

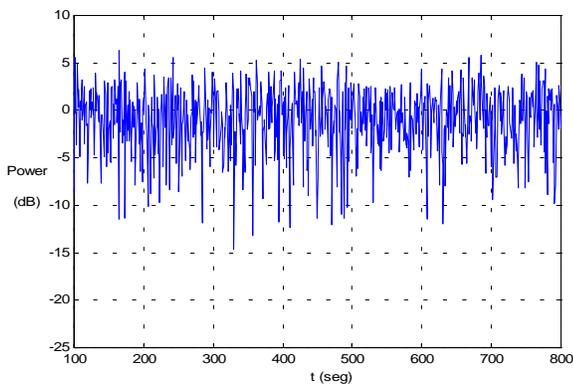


Figura 2. Comportamiento lluvia moderada.

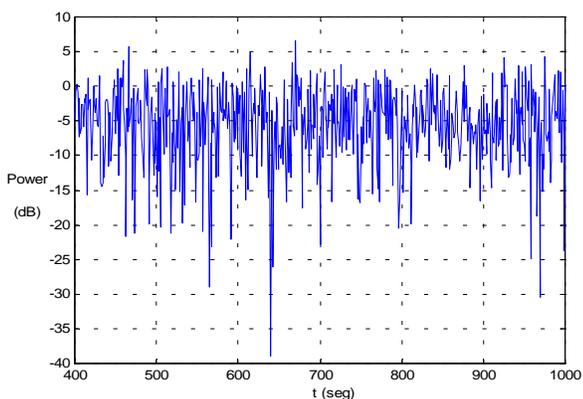


Figura 3. Comportamiento lluvia tormenta.

4. CONCLUSIONES

Se ha analizado el comportamiento de un canal en banda Ka para un sistema basado en un HAPS. El punto de partida consideró 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 HAPS 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, pp1359-1366, Sept.1990.
- [6] M. Rice, J.Slack "Ka-band LMS channel characterizations" Int.J. Satellite Commun, vol.14, 1996.
- [7] Fernando Ulloa Vásquez, J.A. Delgado-Penín, "Performance simulation in High Altitude Platforms (HAPS)", DASIA 2002, (DAta Systems In Aerospace), organised by EUROSPACE, Dublin, Ireland. 2002.
- [8] Fernando Ulloa Vásquez, J.A. Delgado-Penín, "Acceso Fijo Radioeléctrico (FWA) Mediante HAPS. Evaluación del Comportamiento del Radio Enlace Digital en el Ámbito del IMT-2000", "Telecom. I+D", Madrid, España 2002.

BIOGRAFIA AUTOR

Fernando C. Ulloa-Vásquez Recibe el diploma de Ingeniero Electrónico en la Universidad Tecnológica Metropolitana en 1992, el grado de PhD. Ing. Telecomunicación en la Universidad Politécnica de Cataluña año 2003. Profesor Asociado en Departamento de Electricidad, UTEM. Investiga en el tema del canal aeronáutico y aplicaciones para sistemas de radiocomunicación digital terrestre en banda ancha basados en plataformas Estratosféricas HAPS.