

NUEVO MODELO PARA EL CÁLCULO DE LA ATENUACIÓN DIFERENCIAL DE LLUVIA EN ENLACES DE 15 GHz

Nelson A. Pérez García¹⁻²

L. A. R. da Silva Mello¹, E. de Oliveira Costa¹
N. R. Dhein¹

¹Centro de Estudos em Telecomunicações (CETUC)
Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio)

¹Centro de Estudos em Telecomunicações (CETUC)
Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio)

²Departamento de Eletrônica y Comunicaciones
Universidad de Los Andes (ULA-Mérida)
nelsonp@cetuc.puc-rio.br
nelsonp90@yahoo.com

smello@cetuc.puc-rio.br

RESUMEN

En este trabajo, se describe un experimento de medidas de atenuación por lluvia realizadas en 5 enlaces convergentes operando a 15 GHz, al sudeste de Brasil y se utilizan sus resultados para determinar un nuevo modelo semi-empírico para el cálculo de la atenuación diferencial de lluvia. La aplicación de este modelo será de gran utilidad en la aplicación de problemas de interferencia en sistemas inalámbricos de comunicaciones que operan en frecuencias superiores a 10 GHz, como es el caso del sistema LMDS.

1. INTRODUCCIÓN

En frecuencias superiores a 10 GHz, la lluvia es el principal factor limitador del desempeño de un enlace, que afecta toda la banda de frecuencia arriba de 10 GHz.

Para el cálculo de la atenuación por lluvia, el método de previsión recomendado es el modelo de ITU-R [1], el cual basa sus cálculos en la tasa de precipitación excedida durante 0,01% del año. En ausencia de datos de medidas en la región de interés, se utilizan distribuciones cumulativas de la tasa de precipitación asociadas a regiones climáticas recomendadas por ITU-R [2]. Sin embargo, medidas realizadas en diferentes ciudades de Brasil, indican una sobrestimación de la atenuación por lluvia prevista por el modelo de ITU-R. Esto implica que la implementación de enlaces operando en frecuencias superiores a 10 GHz, debe ser antecedida, o por lo menos acompañada, de medidas de tasa de precipitación y atenuación por lluvia en enlaces experimentales.

En este trabajo, son utilizados los resultados de las medidas de atenuación por lluvia en 15 y 18 GHz en enlaces convergentes, realizadas en São Paulo, Brasil [3,4], para generar un nuevo modelo para el cálculo de la atenuación diferencial de lluvia.

2. BREVE DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

El *set-up* experimental [4,5] fue básicamente constituido por un pluviómetro y una Unidad de Adquisición de Datos (UAD). Las potencias recibidas fueron determinadas, utilizando curvas de

calibración, a partir de las tensiones del Control Automático de Ganancia (CAG) que fueron muestreadas por la UAD. La distribución espacial de los enlaces de 15 GHz es mostrada en la Fig. 1.

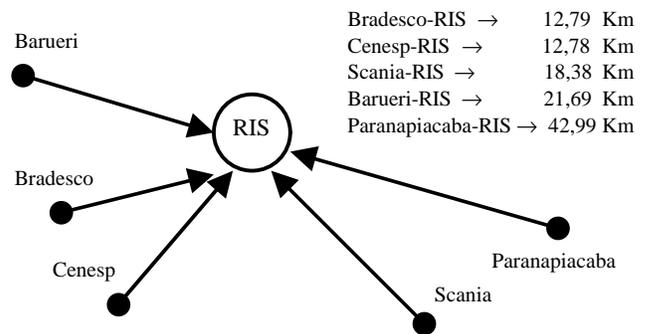


Figura 1. Distribución geográfica de los enlaces.

3. ATENUACIÓN DIFERENCIAL DE LLUVIA

En presencia de lluvia, 2 enlaces convergentes, C y D, operando a la misma frecuencia, estarán sujetos a diferentes niveles de atenuación, debido a las diferencias en las longitudes de los enlaces y a la no uniformidad espacial de la lluvia. Esto afectará la relación señal-interferencia (S/I) del receptor. Para los enlaces convergentes C y D, sujetos a atenuaciones A_C y A_D , la S/I en el receptor común, durante condiciones de lluvia, será dada por:

$$\left(\frac{S}{I}\right)_{\text{lluvia}} = \frac{S}{I} - (A_C - A_D) = \frac{S}{I} - A_{CD} \quad (1)$$

donde S/I es la relación señal-interferencia en C durante condiciones de cielo claro, A_{CD} es la atenuación diferencial de lluvia de C respecto a D y todas las cantidades son expresadas en dB.

Los resultados más resaltantes del experimento indican que las atenuaciones diferenciales son menores que la atenuación total

individual y más altas para porcentajes de tiempo bajos, lo que producirá significativas reducciones en la S/I.

Los resultados también muestran una fuerte dependencia de la atenuación diferencial con las atenuaciones totales de cada enlace (A_C y A_D), con la diferencia de la longitud de los enlaces (Δd) y con el ángulo (θ) entre cada par de enlace.

4. MODELO DE ATENUACIÓN DIFERENCIAL DE LLUVIA

Para modelar los efectos citados en la sección anterior en la atenuación diferencial de lluvia, se utilizaron funciones de ajuste apropiadas de A_C , A_D , Δd y θ , para valores de atenuación diferencial excedidos en el intervalo 0,01-0,1% del tiempo. El modelo obtenido para la determinación de la atenuación diferencial de lluvia, es dado por:

$$A_{CD} \text{ (dB)} = \left(-2,24 + 0,46A_C \right) \left(0,71 + 0,005A_D \right) \left(0,91 + 0,005 \Delta d \right) \left(2,05 + 0,23 | \theta | \right) \quad (2)$$

onde A_C y A_D están en dB, Δd en Km, θ en radianes.

Es importante señalar que en [4] no fue considerado el efecto de las atenuaciones de lluvia individuales lo que produciría una sobrestimación de la atenuación diferencial.

5. RESULTADOS

En la Fig. 2 es realizada una comparación entre los valores medidos (observados) de la atenuación diferencial de lluvia y los valores previstos usando el modelo obtenido en la sección anterior.

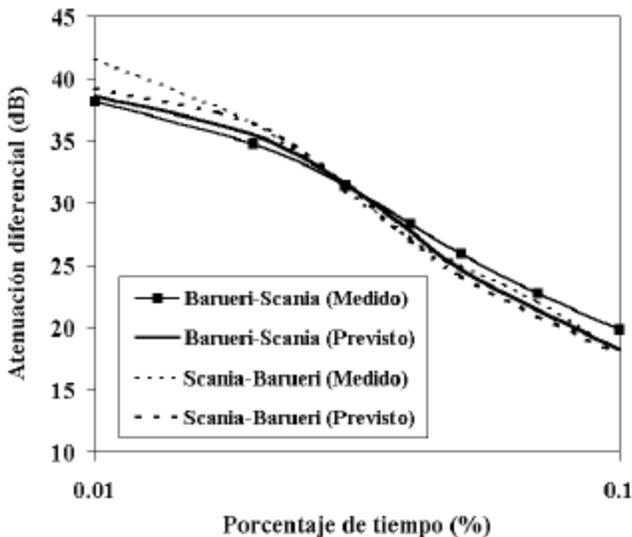


Figura 2. Atenuación diferencial de lluvia medida y prevista, para el par Scania-Barueri y viceversa.

En la Fig. 2, el error medio cuadrático es de apenas 1,00 dB en la dirección Barueri-Scania, y de 1,06 dB en la dirección Scania-Barueri. Valores más elevados del error medio cuadrático fueron observados para otros pares de enlace, pero nunca mayores a 2,3 dB.

6. IMPLICACIONES EN EL SISTEMA LMDS

El sistema LMDS (*Local Multipoint Distribution System*) es un sistema inalámbrico de banda larga que opera en torno de 28 GHz. Ideal para la transmisión de voz, datos e Internet a alta velocidad, su desempeño se ve fuertemente afectado por la atenuación por lluvia.

En ausencia de lluvia, los enlaces de mayor longitud presentarían una mayor atenuación. Esto significa que, garantizando una adecuada relación x/D (relación entre la distancia del receptor a la estación radio base, ERB, interferente y la distancia del receptor a la ERB deseada), el problema de interferencia estaría resuelto [5]. No obstante, en presencia de celdas de lluvia en ambos enlaces, la relación señal-interferencia en el receptor se deteriorará debido al efecto causado por la atenuación diferencial en la S/I, de acuerdo con la expresión (1).

7. CONCLUSIONES

Fueron utilizados los resultados de un experimento de medición de la atenuación por lluvia en enlaces convergentes de 15 GHz, en la región sudeste de Brasil, para un nuevo modelamiento del cálculo de la atenuación diferencial de lluvia, considerando las atenuaciones por lluvia individuales de cada enlace involucrado. Este nuevo modelo presenta una alta concordancia con los valores experimentales, con errores medios cuadráticos máximos en el orden de los 2,3 dB.

Un modelo de este tipo es necesario, por ejemplo, para el estudio de la interferencia en sistemas inalámbricos que operan en frecuencias superiores a 10 GHz, como es el caso del sistema LMDS. Bajos condiciones de lluvia, pueden ocurrir notorias desmejoras en la relación señal-interferencia, trayendo como consecuencia la inoperabilidad de un determinado sistema.

8. REFERENCIAS

- [1] Recommendation ITU-R P.838, "Specific Attenuation Model for Rain for Use in Prediction Methods", 1992.
- [2] Recommendation ITU-R PN.837-1, "Characteristics of Precipitation for Propagation Modelling", 1994.
- [3] L. A. R. Silva Mello et al, "Measurements of Rain Attenuation in 15 and 18 GHz Converging Links", Proceedings of IEE International Conference on Antennas and Propagation, Eindhoven, Holland, April 1995.
- [4] L. A. R. Silva Mello, "Differential Rain Attenuation in Converging Links", SBMO/IEEE MTT-S IMOC'95, Rio de Janeiro, Brazil, July 1995.
- [5] Vicentio, R., "Frequency Reuse and System Deployment in Local Multipoint Distribution Service", IEEE Personal Communications, p.p. 20-27, December 1999.