

Modelo Matemático de Propagación de Microondas Utilizadas por la Familia de Estándares IEEE 802.16 en la Región Santo Domingo, Rep. Dom.

César J. Lockhart¹

¹Universidad APEC, Santo Domingo, República Dominicana, clockhart@celaccei.org

The main objective of this investigation is the Development of a mathematical model for propagation losses prediction of microwave links used by the actual approved profiles of the IEEE 802.16 standard in the region of Santo Domingo, Rep. Dom. Diverse existing mathematical models will be taken into consideration and merged in order to produce de final model. Also de specific values of the Caribbean region will be introduced to the model in order to make a more specific prediction model.

INTRODUCCIÓN

Dada la integración de las tecnologías basadas en el estándar IEEE 802.16e, con esta investigación se busca conceptualizar un modelo teórico matemático que tome en consideración los inconvenientes propios de las regiones caribeñas y permita la predicción de las pérdidas del trayecto de los perfiles al momento certificados utilizados por estas tecnologías (IEEE, 2006) para de esta manera poder estimar las potencias necesarias de transmisión y los puntos estratégicos de ubicación de las estaciones base.

Se considerarán modelos existentes y se presentarán teorías referentes a los diversos factores para luego integrarles en un único modelo.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema básico que bosqueja la situación que se pretende modelar es el del desarrollo de un modelo matemático capaz de reflejar las pérdidas de un enlace exterior basado en la familia de estándares IEEE 802.16 (Celdas pequeñas) tomando en consideración las características propias del entorno de la República Dominicana.

De esta manera tenemos que, atendiendo a lo especificado se requerirá de un modelo capaz de tomar en consideración las pérdidas debido a la presencia de lluvias frecuentes y de zonas con relativa densidad de árboles además de las consideraciones anteriores como son pérdidas de espacio libre, pérdida por difracción, por multi-trayecto y por obstrucción (Sánchez, 2008) (Cueto, 2008).

CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO

Para iniciar con la generación del concepto del modelo matemático se deberá primero establecer

cuales son las variables endógenas a las cuales se buscan respuesta.

Tras analizar el planteamiento del problema, nos damos cuenta de que la cuestión primordial es la obtención de la atenuación del trayecto. Es por ende, que sólo se trabajará entorno a una variable endógena, la pérdida de potencia del trayecto.

Luego de identificar la variable endógena se procederá a identificar las variables exógenas que intervienen. Para esto será necesario ir a la vez estableciendo las relaciones entre estas.

La pérdida total del trayecto, vendrá entonces dada por la sumatoria de la pérdida debido a diferentes factores. De ahí tendremos que la pérdida total sería entonces de la siguiente forma:

$$L_t = L_0 + L_{dr} + L_a + L_H + L_m \quad (5.2.1)$$

Donde L_0 es la pérdida debido al espacio libre, L_{dr} es la pérdida debido a la difracción y por superposición de la reflexión más próxima, L_a es la pérdida debido a la presencia de árboles, L_H es la pérdida debido a la lluvia o humedad relativa del ambiente y L_m es la pérdida debido a otros factores no aislados.

Pérdida de espacio libre

Luego de realizar algunas consideraciones de vector Poynting en materiales disipativos y otras consideraciones ideales de la radiación de una antena isotrópica obtendríamos que la pérdida debido al espacio libre estaría dada por:

$$L_0 = 92.4478 + 868.59\alpha d + 20\log(d) + 20\log(f)$$

Cabe identificar que las variables exógenas de esta parte serían: α en neper por metros, d en kilómetros y la frecuencia f en GHz.

Pérdida por difracción

Para este término se utilizará la sumatoria de los modelos de difracción de Walfish y el modelo de atenuación por difracción y reflexión de Ikegami. En el caso de Ikegami, se acogerán las recomendaciones del grupo COST231 con respecto al término de pérdida por orientación de las calles. La ecuación quedaría entonces de la siguiente manera (COST, 1999):

$$L_{dif} = L_{msd} + L_{rst}$$

De donde los términos L_{msd} y L_{rst} son los términos de pérdidas por difracción y reflexión con unas modificaciones simples para introducir la frecuencia en GHz (Lockhart, 2009):

$$L_{msd} = L_{bs} + k_a + k_d \log d + k_f (3 + \log f) - 9 \log b$$

$$L_{rst} = 13.1 - 10 \log w + 10 \log f + 20 \log \Delta h_m + L_{ori}$$

$$k_f = -4 + \begin{cases} 0.7 \left(\frac{f \cdot 10^3}{925} - 1 \right), & \text{Para ciudades medianas} \\ 1.5 \left(\frac{f \cdot 10^3}{925} - 1 \right), & \text{Para centros metropolitanos} \end{cases}$$

Las variables exógenas de esta etapa serían por tanto:

- h_b : Altura Estación Base (mt)
- h_m : Altura Estación Subscriptor (móvil) (mt)
- h_{roof} : Altura promedio de los techos (mt)
- w : Anchura promedio de las calles (mt)
- θ : Ángulo promedio de incidencia

Además de la frecuencia en GHz y la distancia en kilómetros.

Para la aplicación de estos términos de pérdidas, aún y luego de introducirles los valores requeridos, se deberán realizar pruebas y ajustes para enlaces que trabajen a frecuencias mayores de 2.4 GHz. Esta labor, es parte de la investigación pero aún no ha sido concluida.

Pérdida por lluvia

Para este término se utilizará una modificación del modelo brasileño (Freeman, 2007):

$$L_{ll} = \gamma_p \cdot d \cdot 10^3$$

$$\gamma_p = k \cdot R_p^a$$

En este caso d es la distancia en kilómetros. Cabe destacar que estas pérdidas son sólo relevantes luego de los 6 GHz, por debajo de ahí son muy mínimas e insignificantes.

Tendríamos entonces que las variables exógenas serían:

k y a : constantes dependientes de la polarización y la frecuencia.

R_p : Es la tasa de precipitación de la región.

Pérdida por árboles

Para este término se utilizará el modelo de Rice el cual es aplicable a frecuencias mayores de 1GHz como es el caso que nos compete.

La ecuación sería:

$$L_a = \alpha d \cdot 10^3$$

$$\alpha = a_1 \sigma + a_2 \left(\frac{-a_3}{f} \right) \log \left(1 + \frac{f}{a_4} \right)$$

Donde σ es la conductividad del entorno mientras que $a_1 = 1637$, $a_2 = 0.2717$, $a_3 = 0.09$ y $a_4 = 0.1$.

En este, las únicas variables exógenas serían:

σ : Conductividad del Entorno (mho)

La distancia en kilómetros y la frecuencia en GHz.

Pérdida por otros factores

Para agregar mayor precisión al modelo se le integra un término que será la variación estándar de las medidas realizadas de manera experimental con respecto a las predicciones del modelo. Es un término semejante al presente en el modelo de Erceg (WiMAX, 2008).

REFERENCIAS

- IEEE. - New York : IEEE, 2006. **Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation In Licenced Band (IEEE 802.16e)** [Informe]
- Freeman Roger L.. - Hoboken, New Jersey : John Wiley and Sons, Inc. , 2007. **Radio System Design For Telecommunications** [Libro]
- César J. Lockhart. – Santo Domingo, Rep. Dom. : UNAPEC, 2009. **Modelo Matemático de Propagación de Microondas Utilizadas por WiMAX en la Región Santo Domingo, Rep. Dom.** [Tesis]
- WiMAX Forum. - 2008. **WiMAX System Evaluation Methodology** [Informe]
- COST 231. - Turin : COST, 1999 **Digital Mobile Radio Towards Future Generation Systems** [Informe]
- Cueto Ing. Dario. - Santo Domingo , Noviembre 13, 2008. **Director de Telecomunicaciones ETED** [Entrevista]
- Sánchez Ing. Porfirio. - Santo Domingo , Noviembre 10, 2008. **Gerente de Ingeniería de SUPERCANAL** [Entrevista]