

HERRAMIENTA SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN DE PROPAGACIÓN POR ONDA DE SUPERFICIE: SURMAP

Pablo Luis López Espí, Jesús Alpuente Hermosilla, M^a Pilar Jarabo Amores, José Piñeiro Ave

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones
Universidad de Alcalá

pablo.lopez@uah.es jesus.alpuente@uah.es mpilar.jarabo@uah.es jose.pineiro@uah.es

RESUMEN

SURMAP es una herramienta software que permite el estudio de la propagación en las bandas de MF y HF donde el mecanismo dominante es la onda de superficie. Esta herramienta proporciona una evaluación de la atenuación que se produce en un enlace por onda de superficie en función de la distancia, frecuencia, conductividad y permitividad del terreno. Para ello se ha de disponer de datos numéricos o también se puede determinar el enlace sobre mapas reales del terreno. La herramienta permite el estudio tanto de enlaces punto a punto como de coberturas y de interferencias entre transmisores próximos. Para el cálculo del factor de atenuación de la onda de superficie se ha seguido el modelo avanzado de la UIT-R hasta su distancia de validez y para distancias mayores se han modelado las curvas consiguiéndose errores inferiores a los de este modelo. La programación del entorno gráfico se ha realizado en MATLAB 5.

1. INTRODUCCIÓN

La onda de superficie es un mecanismo de propagación ampliamente utilizado en las bandas de LF y HF en servicios tales como la radiodifusión y la telegrafía. Presenta como una de sus principales ventajas gran estabilidad en la señal de entrada al receptor y como inconveniente la dependencia de las propiedades físicas del medio por el que se propaga.

La obtención de un modelo de propagación para la onda de superficie es una tarea compleja. Los primeros trabajos fueron realizados por Sommerfeld en 1909, que obtuvo la expresión del campo producido por una antena vertical. Posteriormente Norton desarrolló algunos estudios, pero que no tenían en consideración trayectos donde las características del terreno eran variables con la distancia (trayectos mixtos). En 1949 Millintong introdujo un método semi-empírico de gran exactitud para el cálculo de la atenuación debida a la propagación por onda de superficie [1].

El estudio realizado se ha dividido en dos partes: una primera encaminada a obtener el factor de atenuación de la onda de superficie en distancias superiores a las de validez del modelo del informe de la ITU-R 717-2 [2] y de la recomendación 368 [3]. Y la

segunda encaminada a la creación de un entorno gráfico de usuario para la aplicación de resultados.

2. CALCULO DE ENLACES

SURMAP se ha diseñado para obtener el nivel de campo eléctrico generado por una antena a una determinada distancia. Son datos conocidos la potencia radiada por la antena y su ganancia con respecto a la antena vertical corta. Para obtener el nivel de campo se han seguido las curvas del informe 717 antes mencionado. En aquellos trayectos no homogéneos se ha seguido el método de Millintong.

2.1. Modelado del factor de atenuación

El factor de atenuación de la onda de superficie depende según la UIT-R de las características de conductividad y permitividad dieléctrica. El modelo más ajustado para el factor de atenuación sigue la siguiente forma:

$$A = \frac{2 + 0,3p}{2 + p + 0,6p^2} - \text{sen}(b) \sqrt{\frac{p}{2}} e^{-\frac{5p}{8}} \quad (1)$$

Donde p es la distancia numérica y b la constante de fase descritas en [4]. El alcance de validez de este modelo depende de la frecuencia del enlace:

$$d_{MAX}(km) = 100 f^{-\frac{1}{3}} (MHz) \quad (2)$$

En este trabajo se ha realizado un nuevo modelo de ajuste polinómico del factor de atenuación. El modelo avanzado antes descrito comete errores elevados dentro del alcance de validez. Estos errores son mucho mayores en frecuencias bajas. Con los nuevos ajustes se reducen en, al menos 3 dB, los errores en todo el margen de frecuencias a la vez que el valor del error tiene menos varianza con la frecuencia.

Con los mismos criterios de calidad que el modelo avanzado, nuestro nuevo ajuste consigue un alcance de validez dado por (3):

$$d_{MAX}(km) = 300 f^{-\frac{1}{3}} (MHz) \quad (3)$$

La figura 1 muestra los resultados del modelado del factor de atenuación obtenidos.

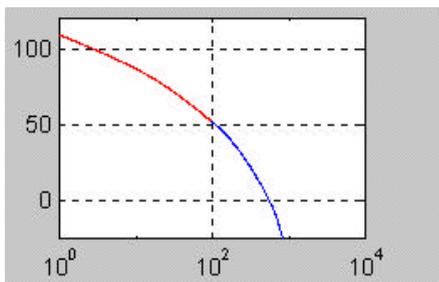


Figura 1. Factor de atenuación obtenido $E(\text{dBu})=f(d)$

2.2. SURMAP

Se ha diseñado una herramienta software para realizar cálculos de propagación por onda de superficie en la península. Para ello se han tomado las características de conductividad de acuerdo con los mapas de la UIT-R y de permitividad en función de las características climáticas.

SURMAP permite calcular tres tipos de enlaces:

1. Enlaces punto a punto definidos por el usuario específicamente indicando distancias, conductividades y permitividades de los distintos tramos que componen el trayecto. También pueden especificarse los enlaces indicando las posiciones sobre un mapa presentado en pantalla.
2. Evaluación de interferencias producidas en un receptor por diferentes transmisores colocados sobre el mapa (figura 2).
3. Estudios de cobertura de una estación transmisora.

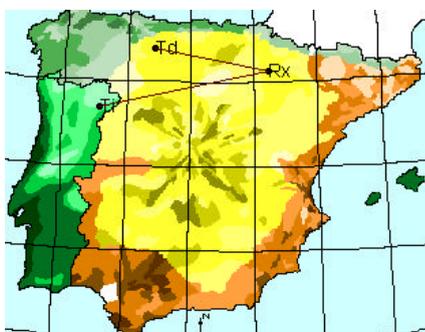


Figura 2. Especificación de transmisor, receptor y un transmisor interferente.

En la opción 1 el programa muestra las distintas curvas modeladas para obtener el nivel de señal del trayecto y el valor del campo recibido.

En la opción 2 la aplicación determina la PRAVC máxima del transmisor interferente (figura 3) o bien el rechazo mínimo del receptor en esa dirección.

Frecuencia(Mhz)	E ₀ (Tx deseado)	E ₀ máx(Tx interf.)	Rechaz(Req(Tx interf.))
7.5	-25.2394	-26.2394	8.73206
8.5	-27.3646	-28.3646	8.73067
9.5	-29.2221	-30.2221	8.73067
10.5	-34.681	-35.681	12.745
11.5	-35.2209	-37.2209	12.745
12.5	-37.6134	-38.6134	12.745

Figura 3. Resultados del programa

Con la opción 3 perseguimos poder realizar un muestreo del nivel de campo en puntos equiespaciados un ángulo θ y distantes todos ellos una distancia R de la estación transmisora.

El programa muestra un diagrama de intensidad en coordenadas polares, indicando además las direcciones de máxima y mínima radiación.

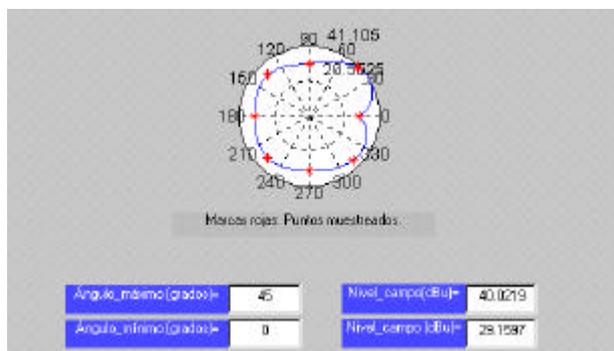


Figura 4. Estudio de coberturas.

3. CONCLUSIONES

Se ha diseñado una herramienta software que permite el modelado de las comunicaciones por onda de superficie. Se ha conseguido mejorar los resultados de las ecuaciones habitualmente empleadas en para los cálculos de este tipo de enlaces. El entorno gráfico creado permite un fácil manejo de la aplicación a la vez que mejora la comprensión que la influencia que las características eléctricas del suelo tienen sobre este tipo de comunicaciones.

4. REFERENCIAS

- [1] Millington, G., "Ground wave propagation over an inhomogeneous smooth earth", Proc. IEE, Parte III, Vol 96, p 53-64
- [2] ITU-R, Atlas mundial de la conductividad del suelo. Informe 717-2
- [3] ITU-R, Recomendaciones e informes ITU-R. Volumen V: propagación en medios no ionizados. Rec. 368.
- [4] R. E. Collin, Antennas and radiowave propagation. Ed. McGraw Hill, 1985.