

INFORME 880-2*

**PROPAGACIÓN A CORTA DISTANCIA DE LAS ONDAS
RADIOELÉCTRICAS EN ENTORNOS ESPECIALES****Edificios, túneles, minas, etc.**

(1982-1986-1990)

1. Introducción

Resulta cada vez más necesario conocer la propagación en espacios limitados, como edificios, túneles y minas. Se requieren más conocimientos sobre la propagación en los edificios para facilitar la aplicación de las comunicaciones inalámbricas. Los conocimientos actuales sobre la propagación de las ondas radioeléctricas en túneles y minas pueden aplicarse a las comunicaciones de las industrias de transportes y mineras. (El Informe 567 contiene información sobre la propagación a través y dentro de edificios en la gama de frecuencias de 30 MHz a 3 GHz).

2. Propagación de las ondas radioeléctricas en el interior de los edificios

Mediciones ——— realizadas en 60 GHz [Huish y Pugliese, 1983] han revelado un modo de propagación más parecido al tipo de rayo luminoso, sin aparentemente difracción alrededor de los obstáculos. Se midieron la atenuación y reflexión de diversos materiales de construcción en esta frecuencia, y se utilizaron los resultados para interpretar los resultados de las pruebas de propagación en tres tipos diferentes de edificios.

3. Mecanismos de la propagación en túneles y minas

La propagación de las señales radioeléctricas en túneles y minas (véase también el Informe 902) depende primordialmente de la geometría de los muros y, en menor grado, de las características eléctricas de tales muros. Dos mecanismos de propagación revisten importancia práctica. La base teórica de ambos mecanismos es compleja, pero éstos son ya bien conocidos [Delogne, 1980].

El primer mecanismo se ha descrito como un modo de propagación natural en que el túnel o el pozo de la mina actúa al igual que un guíaondas de funcionamiento multimodo con paredes disipativas. Este mecanismo propicia el empleo de frecuencias superiores a la frecuencia de corte equivalente del guíaondas. Sus desventajas son el insuficiente acoplamiento de los modos del guíaondas al tipo corriente de antenas y las pérdidas elevadas que se producen en los codos.

El segundo mecanismo se ha descrito como un modo de propagación guiada, en que el cable radiante debe estar suspendido cerca del techo del túnel. Para ello se utilizan líneas unifilares, líneas de transmisión simétricas de hilo desnudo y cables coaxiales de una degradación controlada de su cubierta protectora (cables disipativos). En las frecuencias inferiores a la de corte del guíaondas, el túnel y el cable soportan dos modos del tipo TEM (transversal electromagnético). En frecuencias superiores, pueden propagarse muchos modos del tipo guíaondas [Seidel y Wait, 1978]. Un modo del tipo TEM es el modo de transmisión normal. En una línea el otro modo tiene como soporte corrientes en la parte exterior del cable o corrientes en modo común cuando se utiliza una línea de transmisión equilibrada. Existe una conversión continua de energía entre los dos modos causada por fugas en el blindaje del cable o por dispositivos, denominados convertidores de modo, que introducen una discontinuidad deliberada en dicho blindaje.

Ambos mecanismos se caracterizan por una pérdida de propagación exponencial en función de la distancia, que se expresa en dB/m. En los modos de propagación guiada, la pérdida de transmisión entre el transmisor y el receptor puede desglosarse entre la pérdida normal del cable (dB/km) y una pérdida de acoplamiento. Esta pérdida de acoplamiento puede experimentar una variación periódica con la distancia debido a las ondas estacionarias en el blindaje del cable [Martin, 1982].

4. Otras aplicaciones de los cables disipativos

En Japón [Okada y otros, 1975], se ha elaborado con éxito un sistema de cables disipativos en 400 MHz para comunicaciones ferroviarias. Constituye una característica destacable de este sistema una antena especial instalada en la parte lateral del tren. El diagrama de radiación de esa antena se acopla al campo del cable, y las variaciones de la pérdida de acoplamiento con la distancia son muy reducidas en comparación con las de un dipolo simple.

* Este Informe debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 8.

Se ha sugerido el posible uso de sistemas de cables disipativos como medida de conservación del espectro en aquellos casos en que las comunicaciones radioeléctricas son normalmente difíciles, tal como ocurre en los grandes edificios y en medios de vegetación frondosa.

El principio del cable disipativo explica también un posible mecanismo de interferencia de los sistemas de comunicaciones normales por los sistemas de distribución de televisión y radiodifusión sonora mediante cables coaxiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DELOGNE, P. [1980] Radio goes underground. *IEEE Spectrum*, Vol. 17, 4, 26-29.
- HUIISH, P. W. y PUGLIESE, G. [12-15 de abril de 1983] A 60 GHz radio system for propagation studies in buildings. IEE Conf. Publ. No. 219, Parte 2, 181-185. IEE Third International Conference on Antennas and Propagation (ICAP 83), University of East Anglia, Norwich, Reino Unido.
- MARTIN, D. J. R. [junio-julio de 1982] Leaky feeder communication in tunnels. *Wireless World*, Vol. 88, 1557, 70-75; 1558, 33-37.
- OKADA, S., KISHOMOTO, T., AKAGAWA, K., NAKAHARA, Y., MIKOSHIBA, K., HORIGUCHI, F. y OKAMOTO, K. [1975] Leaky coaxial cable for communication in high speed railway transportation. *Radio and Electron. Engr.*, Vol. 45, 5, 224-228.
- SEIDEL, D. B. y WAIT, J. R. [1978] Role of controlled mode conversion in leaky feeder mine communication systems. *IEEE Trans. Ant. Prop.*, Vol. AP-26, 5, 690-694.

INFORME 562-4

DATOS DE PROPAGACIÓN NECESARIOS PARA LA RADIODIFUSIÓN TERRENAL Y LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN PUNTO A MULTIPUNTO EN BANDAS DE FRECUENCIAS SUPERIORES A 10 GHz

(Cuestión 13/5)

(1974-1978-1982-1986-1990)

1. Introducción

La demanda creciente en las bandas inferiores a 1 GHz por parte de los servicios de radiodifusión ha llevado a examinar la posibilidad de utilizar las frecuencias superiores a 10 GHz y, especialmente, la banda de 12 GHz, para la radiodifusión sonora y de televisión.

El presente Informe facilita una descripción, a título preliminar, de los efectos de propagación que revisten importancia en la planificación de las redes en la banda de 12 GHz. Se reseñan igualmente los resultados de mediciones efectuadas en la República Federal de Alemania, en Francia, en Japón, en Suiza y en los Estados Unidos de América.

2. Consideraciones generales

2.1 Propagación en la zona de servicio

El factor más importante que ha de tenerse en cuenta en la planificación de un sistema de radiodifusión es la probabilidad de cobertura, que depende de las pérdidas por difracción debidas al terreno. Las pérdidas debidas a la difracción causada por edificios cobran especial importancia en las bandas de frecuencias superiores a 10 GHz.

Debe tenerse también en cuenta la atenuación causada por las precipitaciones y la propagación por trayectos múltiples. Mediciones efectuadas en la República Federal de Alemania indican que en las zonas densamente edificadas, los efectos de la propagación por trayectos múltiples originados por las capas reflectoras de la atmósfera son de menor importancia. Sin embargo, debe prestarse atención especial a la propagación por trayectos múltiples causados por la reflexión en grandes edificios y otras características del terreno. La directividad relativamente grande de las antenas receptoras que se utilizan en esta banda puede aliviar este tipo de problemas de propagación por trayectos múltiples.

2.2 Interferencia causada a otras zonas de servicio

Debido a las características de propagación en esta banda de frecuencias, el alcance efectivo de cobertura de cada transmisor es necesariamente reducido y, por tanto, tal vez se necesite una elevada densidad de transmisores para obtener la probabilidad de cobertura necesaria. Por consiguiente, el cálculo de la distancia mínima de separación entre los transmisores cocanal es de suma importancia. Dicho cálculo no debiera basarse