

Caracterización de la atenuación en interiores a 2.5 GHz

Constantino Pérez Vega, José M^o Zamanillo y M^o del Carmen Palacios
Departamento de Ingeniería de Comunicaciones – Universidad de Cantabria
Av. de los Castros S/N. 39005 – Santander
e-mail: tinin@dicom.unican.es y zama@dicom.unican.es

Abstract

En este trabajo se resumen los resultados de medidas de propagación realizadas en el interior de construcciones a 2.5 GHz, a fin de caracterizar la atenuación en dichos entornos. Los experimentos se llevaron a cabo con portadora sin modular (onda continua) y con portadora modulada por una señal de televisión, a fin de cuantificar los efectos de la modulación sobre la atenuación. Se emplearon polarizaciones horizontal y vertical y también se realizaron también mediciones con polarización cruzada.

Introducción.

El auge actual de los sistemas de comunicaciones radioeléctricas en el interior de construcciones en las bandas destinadas a aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM), hace necesaria una cuantificación adecuada de la atenuación en el entorno de propagación, a fin de dimensionar adecuadamente la potencia radiada, limitada a valores relativamente pequeños en estas bandas. Una de las aplicaciones de interés es la transmisión de televisión, tanto en entornos domésticos como industriales o comerciales y, aún cuando la tendencia actual es fuertemente hacia los sistemas digitales de televisión, no puede descartarse el hecho de que los sistemas analógicos ofrecen soluciones efectivas y en general, más baratas que los digitales. Este trabajo se orientó a la caracterización de la atenuación en interiores en la banda ICM de 2.4 a 2.5 GHz, específicamente para la transmisión de señales analógicas de televisión y no se efectuaron mediciones de la dispersión de retardo ya que en esta aplicación, la calidad de la señal puede apreciarse directamente sobre la pantalla de un receptor de televisión, por la presencia de imágenes “fantasmas”. En los sistemas prácticos de este tipo, debe considerarse la posibilidad de interferencia entre sistemas cercanos, de ahí que la potencia radiada debe limitarse al mínimo necesario y la arquitectura del sistema debe ser tal que permita el funcionamiento a diferentes frecuencias dentro de la banda a fin de reducir al máximo la posibilidad de interferencia.

Experimentos

Se efectuaron mediciones de la señal recibida en dos entornos diferentes, uno de ellos una residencia

y otro, considerablemente más hostil desde el punto de vista de propagación, en la planta destinada a los laboratorios de investigación de la ETSIT de la Universidad de Cantabria. Las mediciones se realizaron tanto con onda continua como con señal modulada, a la frecuencia de 2.45 GHz en condiciones de visión directa, sombra y obstrucción total. La señal de televisión se obtuvo de un generador con salida modulada en el canal 50 (703.25 MHz) y trasladada luego a 2.45 GHz. La potencia de la señal recibida se midió a 2.45 GHz con un analizador de espectro y, para visualizarla adecuadamente y apreciar los efectos sobre la imagen, se utilizó un conversor descendente a 703.25 MHz, cuya salida se aplicó directamente a la entrada de antena de un receptor de televisión. Las antenas utilizadas fueron dipolos de media longitud de onda. Se midió en más de cincuenta puntos de ambos entornos, en condiciones de visión directa, sombra y obstrucción total por paredes y pisos, tomando un mínimo de 200 muestras en cada punto. El número total de muestras analizadas fue de algo más de 25.000. Con pocas excepciones, todas las mediciones se hicieron en condiciones de actividad humana normal, es decir, con personas en movimiento.

Resultados

Efecto de la modulación sobre la atenuación. El análisis de la atenuación en los dos entornos no muestra diferencias significativas de ésta entre la señal sin modulación y la señal modulada [1], con los dos tipos de polarización utilizada, como se ve de los valores de la Tabla 1, para el entorno doméstico y a 6.5 m de separación entre antenas.

Tabla 1. Efecto de la modulación en la atenuación

Polarización	Aten. sin modul.	Aten. con modul.
V-V	59.5 dB	59.58 dB
H-H	59.68 dB	59.19 dB

Polarización. Las diferencias en la atenuación con polarización vertical u horizontal no exceden de 3dB en el peor de los casos observados. En general esta diferencia se sitúa entre 1 y 2 dB y, en ambos entornos, la polarización horizontal ofrece, en las condiciones del experimento, una mejora de 2.4 dB respecto a la vertical. En condiciones de visión directa la componente contrapolar es menor que la

copolar, aunque su nivel depende de la complejidad del entorno. En condiciones de sombra y de atenuación por paredes o pisos, ambas componentes tienen magnitudes similares. En la Tabla 2 se dan los valores para las diferentes polarizaciones en condiciones de visión directa a una distancia de 6 m, en el entorno más hostil del laboratorio.

Tabla 2. Efectos de polarización.

Polarización	L_{media} (dB)	σ_L (dB)
V-V	70.39	2.37
H-H	72.67	3.12
H-V	78.28	2.52

Atenuación por paredes y pisos. La atenuación que introducen las paredes o los pisos es muy variable y depende considerablemente del tipo y materiales de construcción. Se midió la atenuación introducida hasta por tres paredes y, en la Tabla 3 se muestran los rangos de valores observados, en que se incluyen los dos entornos en que se realizaron los experimentos.

Tabla 3. Atenuación por paredes

Condición	Atenuación (dB)
Una pared	3.5 a 6.5 dB
Dos paredes	4.2 a 13 dB
Tres paredes	9.8 a 19.5 dB

El rango de valores para la atenuación entre pisos es bastante mayor que para las paredes. Los valores observados se sitúan entre 10 y 30 dB por piso. Es conveniente hacer notar que, en este caso, es necesario tener en cuenta el diagrama de radiación de las antenas, en particular si se utiliza polarización vertical, ya que pueden coincidir las zonas cercanas a los nulos simultáneamente en las antenas transmisora y receptora. La situación es un poco mejor con polarización horizontal.

Estadística. La caracterización estadística de la atenuación se hizo en términos del exponente de la distancia [3], [4], en que la atenuación puede calcularse mediante:

$$L = 10n \log_{10}(d) + 20 \log_{10}\left(\frac{4\pi}{\lambda}\right) \quad (1)$$

donde n es el exponente de la distancia, d la distancia en metros entre antenas transmisora y receptora y λ la longitud de onda. La estadística del exponente se ajusta bien a las distribuciones gamma y Nakagami.

En la figura 1 se muestra, a manera de ejemplo, la función de densidad de probabilidad de Nakagami del exponente, para transmisión con polarización

horizontal y vertical en el mismo entorno y a la misma distancia entre antenas.

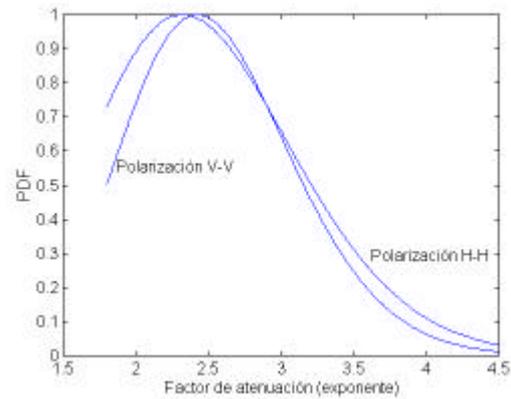


Fig. 1. Estadística para polarizaciones V y H.

Conclusiones

Los resultados sugieren que la atenuación en el medio de propagación no se ve afectada de manera significativa por el ancho de banda de la señal transmitida, independientemente de la polarización utilizada. La transmisión en polarización horizontal parece ofrecer una mejora del orden de 2.4 dB respecto a la vertical, en las condiciones del experimento. En condiciones de sombra y obstrucción la onda electromagnética sufre despolarización apreciable. La atenuación por paredes y pisos es muy variable y depende fuertemente de los materiales de construcción y del número de paredes o pisos penetrados. En paredes varía entre 3.5 dB para una sola pared en el mejor caso y 19.5 dB para tres paredes en el peor caso.

Referencias.

- [1] Pérez Vega, C. and García, J. L. "Frequency behavior of a power-law path loss model". Proc. 10th Microcoll. Budapest, March 1999. pp. 413-416.
- [2] Pérez Vega, C. and García, J. L. "Polarisation behaviour in the indoor propagation channel". Electron. Lett. Vol. 33, N° 10. May, 1997. pp. 898-899.
- [3] Kalivas, G., El-Tanany, M. and Mahmoud, S. "The design of a radio link for indoor wireless communications at 29 GHz". IEEE Third Conf. Universal Personal Communications, San Diego, 1994, pp. 6-10
- [4] Bach Andersen, J., Rappaport, T. S. and Yoshida, S. "Propagation measurements and models for wireless communication channels". IEEE Commun. Mag. Jan. 1995, pp. 42-49.