

# OBTENCION DEL PERFIL DE RETARDO DE POTENCIAS EN UN ENTORNO "INDOOR" MEDIANTE EL USO DE UN ANALIZADOR DE REDES

R. AGUSTI, F. J. PEREZ y S. RUIZ (\*)

Dept. de Teoría de la Señal y Comunicaciones  
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)  
Apto. 30.002, 08080 Barcelona

*ABSTRACT - The results of a new method in wide band indoor channel measurements are presented in this paper. Multipath propagation of this channel has been studied and compared for two type of medium-size buildings in the 900 MHz and 1800 MHz bands. The new measurement set-up includes the use of a network analyzer sweeping a bandwidth of 50 MHz (in the 900 MHz band) and 100 MHz (in the 1800 MHz band). The measured channel presents a delay spread extending over a range up to about 200 ns and RMS Delay Spreads of up to about 50 ns. Other measured parameters are the Delay Spreads to -10 dB , -20 dB , -30 dB from the maximum of the Power Delay Profile and the windows with the 50% and 90% of the total energy.*

## I. INTRODUCCION

En el presente trabajo se ofrecen los resultados comparados de medidas en banda ancha llevadas a cabo en el interior de edificios en las bandas de 900 y 1800 MHz, orientadas para las comunicaciones móviles interiores.

Las medidas se realizaron con un procedimiento nuevo, utilizando para ello un analizador de redes para obtener la función de transferencia del canal  $H(f)$ .

El escenario de las medidas fueron dos edificios de tamaño medio y de características bien diferentes, el primero, que fue estudiado con más detalle se ajusta al típico bloque de oficinas con pasillos y despachos de varios tamaños. El segundo edificio en el que se tomaron medidas tiene una gran sala, un hall que muy bien podría ser el vestíbulo de una estación de ferrocarriles ó de un aeropuerto. Ambos escenarios son muy

(\*) Este trabajo ha sido financiado por ALCATEL SESA.

adecuados para la implantación de comunicaciones móviles interiores, y de ahí su elección.

En el dominio del tiempo se presentan resultados sobre el *Power Delay Profile* (Fig.1), [1] siendo los parámetros estudiados el *RMS Delay Spread* [2], la duración temporal a -10 dB, -20 dB y -30 dB respecto del máximo de dicha función, se presentan también las ventanas temporales que contienen el 50% y 90% de la energía total de la respuesta.

En el dominio frecuencial se estudia la Función de Coherencia (Fig. 2), de la que se obtienen los anchos de coherencia para el canal a -3 dB y -6 dB.

En cuanto a la atenuación se estudia un modelo estadístico para los rayos recibidos y se busca su relación con la distancia entre antenas.

Un modelo para el *Power Delay Profile* del canal, sencillo pero ajustado se obtiene de los parámetros temporales antes citados.

## II. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE MEDIDA

En el método de medida empleado el elemento principal es el analizador de redes. El equipo empleado es un HP-8753 C con un *S-parameter Test Set* que proporciona unos 8 dBm a la salida de su puerto emisor. Uno ó dos amplificadores de potencia se colocan a continuación para conseguir suficiente potencia para la sensibilidad del puerto de recepción (unos -95 dBm) y asegurar un aislamiento suficiente entre puertos del analizador. La potencia transmitida en antena es de 30 dBm.

Las antenas empleadas son monopolos de polarización vertical, siendo omnidireccionales en el plano horizontal y cubriendo toda la banda utilizada con ROE menor de 1.3.

Del puerto emisor del analizador y tras ser la señal de RF amplificada se transmite por un largo cable hasta la antena transmisora. Este cable es la mayor limitación del sistema de medida en cuanto a movilidad y atenuación. Se eligió cable coaxial RG-213 de longitud 50 metros para la realización de las medidas. La atenuación del cable es de 11 dB a 900 MHz y de 17 dB a 1800 MHz. La antena receptora se sitúa en las cercanías del analizador y se conecta con otro cable, lo más corto posible, al puerto receptor del analizador.

El analizador barre los 100 MHz en la banda de 1800 MHz ó los 50 MHz en la de 900 MHz en 25 ms. Se promedian 30 de estos barridos antes de capturar los datos con un PC vía bus HP-IB (norma IEEE-488). Para cada par de posiciones elegidas de las antenas, estas se mueven en un área de 1 m<sup>2</sup>. Con ello se obtienen para cada par de posiciones un total de 100 realizaciones de H(f), siendo cada una de ellas promedio de 30 barridos del analizador. En total se obtuvieron más de 100000 adquisiciones en el primer edificio y más de 40000 en el segundo.

Se presentó un primer problema, antes de incorporar los amplificadores de potencia; al realizar medidas, debido a las grandes atenuaciones que puede presentar el canal (se observaron hasta más de 100 dB para algún par de posiciones lejanas de antenas) empeorada además por la del cable que alimenta la antena transmisora. Estos bajos niveles de señal en recepción provocaban en el analizador de redes la presencia de *Crosstalk* del puerto emisor (con niveles de varios dBm) sobre el puerto receptor (con niveles de -80 dBm ó menos). Todo esto se traducía en la presencia de un rayo en tiempos negativos en el *Power Delay Profile*. El analizador se calibraba convenientemente para eliminar las

influencias de los cables, conectores y amplificadores presentes y aseguraba el origen de tiempos cuando la señal alcanzaba la antena transmisora.

Todo esto se solucionó con la incorporación de amplificadores en transmisión. Para la banda de 900 MHz (menor atenuación) se situó un ZHL-42 de Mini Circuits con 36 dB de ganancia en la base de la antena transmisora. En la banda de 1800 MHz además del anterior, se situó en el puerto de salida del analizador, justo antes de los 50 metros de cable, un amplificador ZFL-2000 de la misma marca y 21 dB de ganancia obteniéndose una ganancia total de 57 dB, suficiente para paliar con gran margen los inconvenientes antes citados.

Una vez obtenidas las 100 realizaciones de la respuesta frecuencial del canal  $H(f)$  se hace una correlación [1] de todas ellas para obtener la función de coherencia ó *Spaced frequency correlation function* de la que ya se puede obtener el ancho de banda de coherencia para el par de posiciones de las antenas en dicha medida.

Mediante una transformada inversa de Fourier (FFT inversa) con suficiente resolución de la función anterior se obtiene el *Power Delay Profile* [2] del canal, que es una respuesta impulsional promediada y que muestra la propagación multicamino típica del entorno móvil interior. De esta última función se extraen los parámetros temporales citados en la introducción y cuyos valores pueden verse en el siguiente apartado.

### III. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La elección de dos tipos de edificios, así como de dos bandas de frecuencias permite la obtención de resultados comparados [3], permitiendo extraer mayor información. Se comparan simultáneamente bandas (900 MHz y 1800 MHz) y edificios (**Oficinas**= Edificio 1º y **Hall**= Edificio 2º) según se quiera remarcar una influencia u otra.

- Duración temporal a -10 dB respecto del máximo del *Power Delay Profile*:

Se observa en el edificio **Oficinas** que la media de este parámetro para la banda 900 MHz es siempre inferior que para la de 1800 MHz con valores medios comprendidos entre 25 y 55 ns. La desviación típica de este parámetro es siempre mucho mayor en la banda de 1800 MHz (con valores del orden de la media).

En el edificio **Hall** ocurre todo lo contrario siendo mayor el valor para 900 MHz pero más disperso a 1800 MHz, con desviación típica mayor que la media. Los valores medios son 17 ns para 1800 MHz y 37 ns para 900 MHz.

- Duración temporal a -20 dB y -30 dB respecto del máximo del *Power Delay Profile*:

Los valores medios obtenidos para ambos edificios son siempre mayores a 900 MHz que a 1800 MHz, pero ambos parámetros son más dispersos en la banda de 1800 MHz. La diferencia entre ambas bandas es pequeña en el edificio **Oficinas** pero de más del doble en el edificio **Hall**. Entre 40 y 90 ns se han obtenido para -20 dB y entre 100 y 200 ns para -30 dB.

- *RMS Delay Spread* :

Para el edificio **Oficinas** se obtienen peores resultados (entendiendo por peor que produce mayor ensanchamiento) para la banda de 1800 MHz, siendo además más dispersa en sus diferentes puntos. Los valores oscilan entre 5 y 50 ns dependiendo de los puntos medidos.

En cuanto al edificio **Hall** se encuentran peores resultados para la banda de 900 MHz, aunque sigue siendo más disperso el canal a 1800 MHz. Los valores van desde los 7 a los 45 ns dependiendo de los puntos medidos.

- Ventanas de duración temporal del 50% y 90% de la energía:

Los resultados obtenidos en cuanto a bandas y edificios son iguales que para el parámetro anterior. A destacar la coincidencia de los valores medios de la ventana al 50% de la energía con el *RMS Delay Spread*, y del valor al 90 % de la energía con el ensanchamiento a -10 dB respecto del máximo del *Power Delay Profile*.

- Ancho de banda de coherencia a 3 dB y 6 dB:

El ancho a 3 dB es del orden del inverso del *RMS Delay Spread* y por ello sigue su mismo comportamiento en cuanto a bandas y edificios.

- Atenuación:

Los valores medios obtenidos varían desde los 50 dB para cortas distancias entre antenas y los más de 100 dB para las más lejanas. Se observa la diferencia de 6 dB entre ambas bandas (por ser de frecuencia doble que la otra).

En ambas bandas y edificios se obtienen valores de proporcionalidad entre atenuación y distancia del orden del inverso del cuadrado ó cubo para las medidas más lejanas.

En cuanto al comportamiento estadístico para la atenuación de un rayo determinado, se encuentra que una variable de Rayleigh lo aproxima bastante bien.

Como conclusiones más evidentes están que el canal interior bajo estudio, independientemente del tipo de edificio en que se realizan las medidas, es de parámetros más dispersos entre diferentes puntos en la banda de 1800 MHz que en la de 900 MHz. Sin embargo esto no significa que sea peor la banda superior (1800 MHz), ya que algunos valores medios de ciertos parámetros son menores en el edificio **Hall** que en el edificio **Oficinas**.

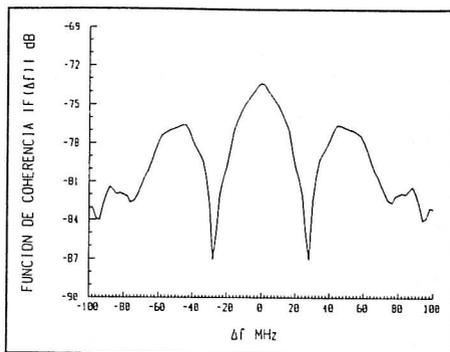


Fig 1. Función de Coherencia para una posición intermedia

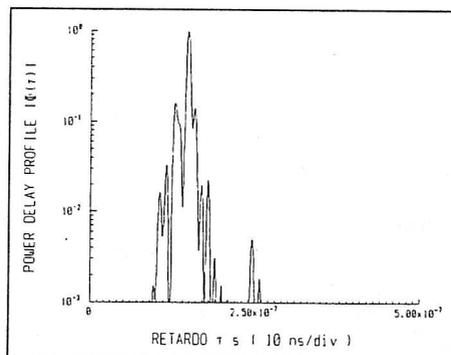


Fig. 2. Power Delay Profile

#### IV. REFERENCIAS

- [1] J. G. Proakis, *Digital Communications*. New York: McGraw-Hill, 1983, ch. 7.
- [2] Adel A. M. Saleh and R. A. Valenzuela, *A Statistical Model for Indoor Multipath Propagation*. IEEE Journal on selected areas in communications, Vol. SAC-5, No.2, February 1987.
- [3] R. J. C. Bultitude, S. A. Mahmoud and W. A. Sullivan, *A Comparison of Indoor Radio Propagation Characteristics at 910 MHz and 1.75 GHz*. IEEE Journal on selected areas in communications, Vol. 7, No.1, January 1989.