

SISTEMA DE MEDIDA PARA CARACTERIZACION ESTADISTICA DEL CANAL MOVIL INTERIOR (INDOOR)

Xavier BARBA, Fernando CASADEVALL

Dept. Teoría de la Señal y Comunicaciones. E.T.S.I.T.Barcelona-U.P.C.

Apdo. 30.002 - 08080 BARCELONA. Telf. (93) 401-65-24. Fax (93) 401-68-01

ABSTRACT

The paper presents a channel-sounder used to characterize both narrow-band and wide-band indoor communications radio-channels.

INTRODUCCION

La posibilidad de interconectar via radio los cada dia más numerosos equipos informaticos en oficinas, locales comerciales etc... ha irrumpido con fuerza estos últimos años ya que ello permite una gran flexibilidad en la ubicación de los terminales al dotarlos de total movilidad y evitar un lento y costoso recableado. Sin embargo, debido a las multiples reflexiones de la señal radio en la estructura y paredes del edificio existe propagación multicamino lo que origina la aparición de desvanecimientos selectivos con la frecuencia que limitan la capacidad de transmitir datos a elevada velocidad. En consecuencia, para combatir los efectos de los desvanecimientos selectivos es conveniente utilizar técnicas de igualación de canal ó de diversidad.

Para un diseño eficiente de un transmisor-receptor dotado de tales técnicas es necesario disponer de una caracterización apropiada del canal de comunicaciones. Dicha caracterización no sólo consiste en evaluar las perdidas de propagación en función de la distancia sino también obtener una descripción estadística de los desvanecimientos de la señal. En sistemas de banda estrecha los desvanecimientos se caracterizan, por lo que se refiere a las estadísticas de primer orden, por funciones de distribución de tipo Rice ó Rayleigh. Por contra, en sistemas de banda ancha se trata de evaluar la respuesta impulsional del canal con objeto de poner en evidencia la naturaleza multicamino de la propagación. A partir de las respuestas impulsionales medidas es posible conocer el denominado **Power Delay Profile**, [1], que caracteriza la naturaleza dispersiva del canal indoor.

En este contexto, el grupo de Comunicaciones Radio del Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Cataluña está desarrollando un Proyecto de Investigación financiado por C.I.C.Y.T., [2], que tiene como objetivo, entre otros, la caracterización estadística del canal de comunicaciones móviles interiores. En este trabajo se presenta los equipos de medida desarrollados a tal efecto, tanto para sistemas en banda estrecha como para sistemas en banda ancha.

SISTEMAS DE MEDIDA DESARROLLADOS

Para un diseño optimizado de un sistema de radiocomunicaciones interiores es necesario disponer de una caracterización lo más exacta posible del canal de transmisión. En este sentido se deben de realizar el conjunto de medidas que a continuación detallamos.

1.- Medidas en Banda Estrecha

El objeto de estas medidas es evaluar el valor medio de las pérdidas del canal en función de la distancia así como obtener las características estadísticas de los desvanecimientos.

Por lo que respecta al valor medio de las pérdidas de propagación, estas se caracterizan con la distancia mediante la expresión $\bar{A} = K \cdot d^\alpha$,

donde los parámetros a evaluar son K y α así como la dispersión con respecto al valor medio en tanto que para una misma distancia d pueden haber pérdidas de propagación distintas. Superpuestas a las pérdidas de propagación existen unos desvanecimientos de tipo rápido ocasionados por la naturaleza variante con el tiempo del canal radio. Para su caracterización estadística se evalúan las funciones de densidad de probabilidad a partir de muestras de la envolvente de la señal recibida, una vez deducidas las pérdidas de propagación que serán conocidas para una distancia determinada.

Por consiguiente, las medidas en banda estrecha sólo requieren de la emisión de una señal portadora, que en nuestro caso está centrada a 1.65 GHz. y tiene 20 dBm de nivel. La señal generada es transmitida utilizando una antena de varilla de longitud $\lambda/4$. En el extremo receptor un cabezal de radiofrecuencia amplifica la señal recibida, que estará afectada por los desvanecimientos de naturaleza aleatoria introducidos por la propagación, y la traslada a frecuencia intermedia (70 MHz.). La señal a frecuencia intermedia es amplificada y posteriormente procesada mediante un amplificador-detector logarítmico que genera una señal de baja frecuencia proporcional al nivel de la envolvente de la señal de R.F. presente en la antena receptora, y cuyo nivel varía entre 0 y 5 Voltios. El margen dinámico del amplificador logarítmico, y por lo tanto del sistema, es aproximadamente de 70 dB. Un conversor Analógico-Digital, controlado por un ordenador tipo PC, muestrea la señal detectada y la almacena en el disco duro del PC para ser procesada posteriormente. En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques del sistema de medida en banda estrecha construido.

2.- Medidas en Banda Ancha

Con éstas medidas se trata de evaluar la respuesta impulsional del canal con objeto de poner en evidencia la naturaleza multicamino de la propagación. Para ello se ha utilizado una técnica de correlación.

Considerese el sistema de medida mostrado en la figura 2 en donde $h(t)$ es la respuesta impulsional a determinar y el retardo τ es ajustable. Los generadores de secuencia pseudoaleatoria producen un conjunto de símbolos d_n con niveles ± 1 y de duración t_0 . La función de autocorrelación de la secuencia generada es, [3] :

$$R_{xx}(t) = -\frac{1}{M} + \left(1 + \frac{1}{M}\right) \cdot \left(1 - \frac{|t|}{t_0}\right) \cdot \text{rect}\left(\frac{t}{2t_0}\right) ; |t| \leq T/2$$

con $T = M \cdot T_0$. Observando la figura 2, la señal a la salida del circuito integrador puede formularse como :

$$y(\tau) = \frac{1}{M} \int_0^T [x(\eta) * h(\eta)] \cdot x(\eta - \tau) d\eta = \int_0^\infty h(\xi) R_{xx}(\xi - \tau) d\xi \cong h(\tau)$$

En la expresión anterior se ha considerado que t_0 es mucho menor que la duración de la respuesta impulsional a determinar $h(t)$, de modo que $R_{xx}(\xi - \tau) \cong \delta(\xi - \tau)$, con $\delta(t)$ la función delta de Dirac. Por consiguiente sólo es necesario ir ajustando el valor del retardo τ para obtener la evolución de la respuesta impulsional. Partiendo de esta idea D.C. COX, [4], propuso un método automático de medida de la respuesta impulsional utilizando un proceso de correlación deslizante, tal como se muestra en la figura 3. Comparando las figuras 2 y 3 se observa que en el esquema propuesto por COX se ha eliminado el retardo ajustable mientras que la duración de los pulsos generados por la secuencia pseudoaleatoria del receptor tiene un valor $t'_0 = (t_0 K)/(K-1)$. Obsérvese que en un intervalo de

duración γ el generador de secuencia pseudoaleatoria del emisor ha producido γt_0 símbolos, mientras que en el receptor únicamente se han producido $\gamma t'_0 \equiv \gamma(K-1)/(Kt_0)$, lo que equivale a un retardo entre secuencias de valor γK . Considerando que la secuencia pseudoaleatoria tiene una periodicidad de T seg., la función de autocorrelación entre ambas secuencias tendrá periodicidad KT seg. Por consiguiente, a la salida del circuito de la figura 3 se obtiene una señal periodica cada KT seg. cuya expresión es :

$$y(t) \cong R_{xx}(u) * h(u) \Big|_{u=t/K} \cong h(t/K)$$

Es decir, el efecto de utilizar generadores de secuencia pseudoaleatoria con relojes distintos se traduce en la obtención a la salida de una señal periodica, proporcional a la respuesta impulsional. Observese además que la respuesta impulsional se obtiene sobre un eje temporal ampliado, en un factor K , lo que simplifica considerablemente la estructura del sistema de adquisición de datos siempre que $K \gg 1$. En efecto muestras de $y(t)$ tomadas cada Kt_1 seg. equivale a muestrear la respuesta impulsional cada t_1 seg.

A partir de la idea de correlador deslizante se ha construido un sistema de medida en banda ancha cuyo diagrama de bloques es el indicado en la figura 4. El transmisor genera una señal BPSK con frecuencia portadora 1.65 GHz. y modulada por una señal pseudoaleatoria bipolar. La señal generada es posteriormente amplificada, hasta alcanzar un nivel de 17 dBm, y transmitida por una antena de varilla de longitud $\lambda/4$. La longitud de la secuencia pseudoaleatoria generada es de 127 símbolos y la frecuencia de reloj 40 MHz. En el extremo receptor se recibe una señal BPSK distorsionada por los desvanecimientos selectivos introducidos por el canal. La señal recibida se amplifica y traslada a frecuencia intermedia (FI) para posteriormente ser correlada en FI con una señal BPSK local, modulada por una señal pseudoaleatoria idéntica a la generada en el emisor y cuyo periodo es ligeramente superior al de la señal en el transmisor. En particular, se ha considerado un valor $K=10.000$. Mediante este proceso se detectan las componentes en fase y cuadratura de la respuesta impulsional del canal. Un conversor Analógico-Digital, controlado por un PC, muestrea las componentes en fase y cuadratura de la respuesta impulsional y las almacena en un disco duro para su posterior procesado. Para tener un perfecto sincronismo de frecuencia entre el emisor y el receptor, necesario para garantizar un correcto funcionamiento del equipo, se transmite una señal de 5 MHz. mediante cable coaxial.

RESULTADOS PRELIMINARES

Utilizando los sistemas de medida anteriormente descritos se han obtenido algunas medidas preliminares de las condiciones de propagación en el interior del edificio de la E.T.S.I. Telecomunicación de Barcelona. Para medidas de banda estrecha se han grabado muestras de la señal recibida (20 muestras/seg.) durante periodos de 20 min. En la figura 5 se muestran un ejemplo típico de las medidas realizadas. Observese que se producen grandes fluctuaciones en el nivel de la señal debido a la propagación multicamino. Para poner de manifiesto dicha naturaleza multicamino, también se han realizado medidas en banda ancha, de las que en la figura 6 se muestra un resultado típico de los Delay Power Profile obtenidos. En dicha figura puede apreciarse la presencia de un camino principal que dá lugar al máximo de la respuesta impulsional, junto con un conjunto de pulsos no deseados ó interferentes debidos a las reflexiones que sufre la señal en las paredes y objetos del interior del edificio. La resolución del sistema de medida es

aproximadamente igual a $2 t_0 \cong 50$ nseg.

CONCLUSIONES

Se han diseñado y realizado dos sondas de canal que permiten caracterizar la propagación radio en el interior de edificios. Para la caracterización en banda estrecha únicamente se requiere medir las fluctuaciones del nivel de una señal portadora, mientras que para una caracterización en banda ancha se necesita recurrir a una técnica de correlación deslizante con objeto de poner de manifiesto la propagación multicamino de la propagación. Medidas preliminares realizadas en el edificio de la E.T.S.I. Telecomunicación han permitido verificar la viabilidad de los métodos de medida propuestos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto TIC-880543 financiado por CICYT

REFERENCIAS

- [1] J.G. Proakis, "DIGITAL COMMUNICATIONS", Capítulo 7, Mc.Graw-Hill, 1983.
- [2] Proyecto TIC-880543 "Comunicaciones móviles interiores (indoor): Caracterización del canal y realización de un emisor receptor por saltos de frecuencia de reducida complejidad".
- [3] N. Benvenuto, "Distortion Analysis on Measuring the Impulse Response of a System Using a Crosscorrelation Method", Bell Sys. Tech. Journal, Vol. 63, p.p. 2171-2192. December 1984.
- [4] D.C. Cox, "Delay Doppler Characteristics of Multipath Propagation at 910 MHz in a Suburban Mobile Radio Environment", IEEE Trans. Antennas Propagation, AP-20, pp. 625-632, September 1972.

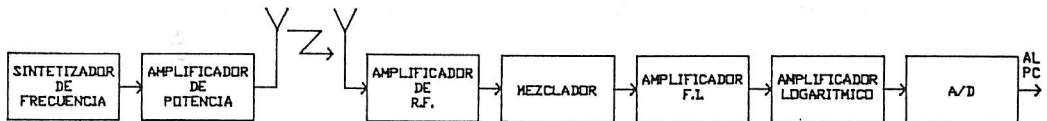


FIG.1.- ESQUEMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE MEDIDA EN BANDA ESTRECHA

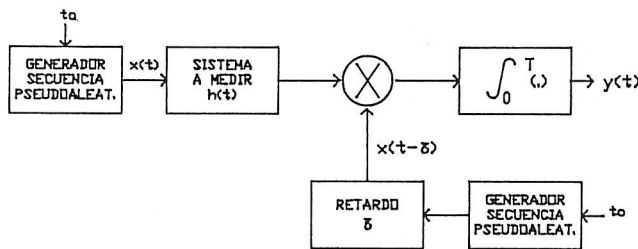


FIG.2.- MEDIDA DE LA RESPUESTA IMPULSIONAL $h(t)$ MEDIANTE CORRELACION

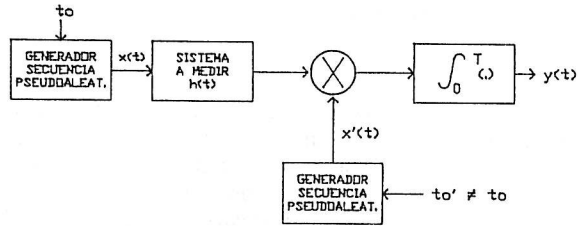


FIG.3.- METODO DE CORRELACION DESLIZANTE PARA MEDIDA DE LA RESPUESTA IMPULSIONAL $h(t)$

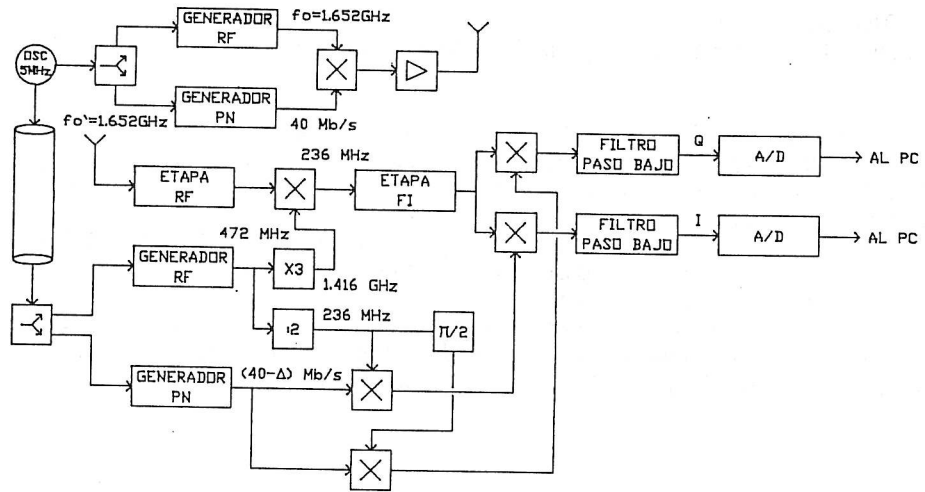


FIG.4.- ESQUEMA DE BLOQUES DEL EQUIPO DE MEDIDA EN BANDA ANCHA

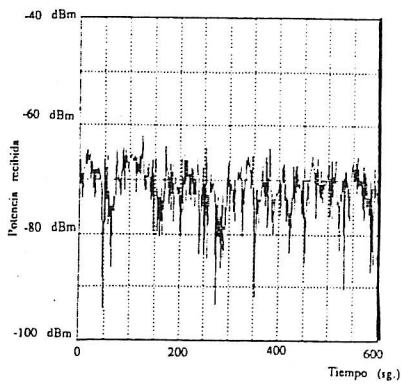


Figura 5.- Representación Temporal del nivel de señal en la antena receptora

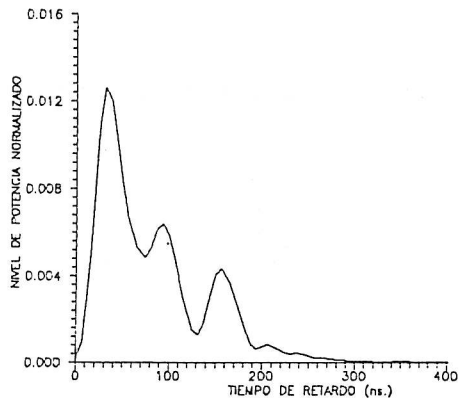


Figura 6.- Power Delay Profile