

CARACTERIZACION DE UN CANAL "INDOOR" COMO RESULTADO DE MEDIDAS DE BANDA ESTRECHA A 1.6 GHz.

A. VALDOVINOS, L. RODRIGUEZ, R. AGUSTI

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

This paper shows the preliminary results of measurements at 1.6 GHz carried out in the E.T.S.I.T.B building with the purpose of modeling an indoor radio channel. In particular propagation losses and fading statistics have been considered.

INTRODUCCION

La posibilidad de realizar un sistema de comunicaciones móviles dentro de edificios es un tema de gran interés en la actualidad por las ventajas que conlleva frente a los sistemas convencionales de cableado. En particular, el usuario podría disfrutar de total movilidad dentro del edificio y además se evitaría el tendido de cable o, lo que es más importante, se evitarían costosos recableados en caso de reconfigurar sistemas existentes o adquirir nuevos.

La realización de tales sistemas de comunicaciones interiores requiere en una primera fase la caracterización del canal de transmisión tanto en los que respecta a banda estrecha como a banda ancha. En este artículo se pretende presentar resultados de medidas en banda estrecha efectuadas en la banda de 1.6 GHz.

Las medidas han sido efectuadas en el edificio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Barcelona (1) y se han encaminado a:

1. Caracterización del valor medio de las pérdidas de propagación en función de la distancia.
2. Caracterización de la función de densidad de probabilidad de la envolvente recibida.
3. Caracterización de la duración de los desvanecimientos y de la correlación asociada entre periodos continuos de desvanecimientos y de no desvanecimiento con respecto a un determinado umbral.
4. Caracterización del coeficiente de correlación entre el valor de la amplitud recibida en dos antenas separadas una distancia determinada.

Todas las caracterizaciones anteriores se han basado en medidas efectuadas en situaciones seleccionadas por lo que respecta al grado de movilidad de las personas en el interior del edificio y a la movilidad o estacionaridad de los equipos terminales.

PERDIDAS DE PROPAGACION.

Con las medidas realizadas se pretende analizar la atenuación que experimenta la señal transmitida en función de la distancia que separa las antenas transmisora y receptora. Para ello, se estudian los casos de que exista y de que no exista visión directa entre dichas antenas. En ambos casos estudiamos la relación:

$$P_r(R)/P_r(1) = R^{-\alpha}$$

donde $P_r(R)$ es la potencia recibida a distancia R metros y $P_r(1)$ es la potencia recibida a 1 metro.

VISION DIRECTA: Para llevar a cabo estas medidas, se sitúa el receptor en un extremo del hall del edificio (posición Y fig.1) y el transmisor se mueve en línea recta hasta el extremo opuesto realizando medidas cada 30

cm. El valor tomado en cada distancia es la media de 20 muestras adquiridas en 2 sg. El decaimiento obtenido es siempre menor que 2, lo que puede explicarse por un efecto "guía de onda" que reduce la atenuación de la señal [2]. (Ver fig.2).

VISION NO DIRECTA: En este caso, el receptor se ubica en el laboratorio de Emisores (posición X) y el transmisor se va moviendo a lo largo de todo el edificio. A una distancia dada se efectúa una medición para cada una de dieciseis posiciones diferentes de la antena transmisora en un entorno de aproximadamente una longitud de onda de diámetro (≈ 18 cm.). Promediando posteriormente estas medidas, eliminamos en parte las fluctuaciones propias de la propagación multicamino y nos quedamos con el valor medio. Por otra parte, en cada una de las dieciseis posiciones, el dato que se toma es la media de 20 muestras tomadas en 2 sg, con lo que se disminuye el efecto de las variaciones de la señal recibida. Estas medidas se han realizado en dos casos diferentes: Con el transmisor y el receptor en el mismo piso y en pisos diferentes. En el primer caso se han obtenido decaimientos con valores de α entre 3 y 4. En el segundo, el decaimiento es mayor ($\alpha \approx 6$) debido a una separación metálica entre ambos pisos. No se ha observado dependencia con la altura de las antenas.

Para finalizar el estudio de la propagación en ausencia de visión directa, analizamos la estadística de la potencia recibida en distintas posiciones a una distancia fija. Los resultados obtenidos determinan que esta estadística es lognormal.

DESVANECIMIENTOS.

Una vez estudiada la dependencia de la señal recibida respecto a la distancia existente entre las antenas transmisora y receptora, procedemos al análisis de las variaciones temporales de dicha señal. Dado un entorno determinado, los desvanecimientos sufridos por la señal serán debidos bien al movimiento de personas, maquinaria etc. en los alrededores del sistema o bien al movimiento de las antenas. La señal recibida constituye un proceso estocástico sobre el cual tenemos que considerar las hipótesis de estacionaridad y ergodicidad para que el problema sea abordable analíticamente. Se han estudiado dos situaciones diferentes, una primera con el transmisor y el receptor inmóviles y otra con el transmisor en movimiento. En el primer caso se han efectuado grabaciones de la señal recibida durante 20 minutos muestreando a una velocidad de 20 muestras/sg, con lo que obtenemos 24000 muestras (Ver fig.3). En el segundo caso las grabaciones se llevan a cabo durante 5 minutos a la misma velocidad de muestreo, con lo que el número de muestras es de 6000. En ambos casos han aparecido desvanecimientos de la señal que llegaban hasta los 35 dB por debajo de la potencia media. Por otra parte, se ha observado que no existe relación directa entre la profundidad de los desvanecimientos y la distancia entre antenas. El principal factor que afecta a estos desvanecimientos es el movimiento existente en el entorno, habiéndose observado que en los momentos de gran movimiento de personas el fading era muy profundo. Cuando la antena transmisora se halla en movimiento, aparece un fading muy continuo y profundo incluso cuando no hay movimiento en los alrededores.

Analizando la estadística de la envolvente de la señal recibida, se ha comprobado que el canal de transmisión puede caracterizarse como un canal de fading *Rice* en todos los casos observados. A medida que el fading se hace más continuo y profundo, el parámetro K de la función *Rice* va disminuyendo y nos acercamos a la distribución *Rayleigh* ($K = S_d/S_{cr}$ siendo S_d la potencia de la componente directa y S_{cr} la de las componentes reflejadas).

En el caso de movimiento de la antena transmisora el canal es prácticamente Rayleigh. En la fig.4 se presenta una realización con $K = 7.1$ que es la correspondiente a la fig.3.

Por otra parte, al efectuar el cálculo de la densidad espectral de la envolvente de la señal recibida, obtenemos un espectro prácticamente plano (concordante con el hecho de que el ruido presente es blanco) con un pico muy estrecho en el origen (≈ 0.2 Hz) correspondiente a una envolvente de variación muy lenta en el dominio temporal (Ver fig 5).

DURACION DE LOS DESVANECIMIENTOS.

Para finalizar realizamos el estudio estadístico de las duraciones de los intervalos de fading e interfading. Diremos que nos encontramos en un intervalo de fading cuando la señal recibida tenga un nivel inferior al umbral que determinemos en cada caso. De igual forma, un intervalo de interfading corresponde al tiempo en que el nivel de la señal sea superior al umbral. Llamamos τ a la duración del primero y Δ a la de este último. Definimos ρ como el cociente entre el nivel de tensión eficaz del umbral y el nivel medio de la señal recibida. Para τ hemos encontrado que la estadística es exponencial para umbrales situados a más de 9 dB bajo el nivel medio. La función de distribución es (Ver fig.6):

$$F_{\tau}(t) = \begin{cases} 1 - e^{-t/\bar{\tau}} & t \geq 0 \\ 0 & \text{Resto} \end{cases} \quad (1)$$

Para umbrales hasta 9 dB se ha comprobado que se ajusta mejor la función:

$$F_{\tau}(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\sqrt[2]{2t/\bar{\tau}}} & t \geq 0 \\ 0 & \text{Resto} \end{cases} \quad (2)$$

Para movimiento del transmisor se da siempre la expresión (1) cualquiera que sea el umbral.

La duración media de los intervalos de fading se puede ajustar a una expresión de la forma:

$$\bar{\tau}(\rho) = K \frac{1}{\rho^{\alpha}} (e^{\rho^{\beta}} - 1) \quad (3)$$

donde K es una constante de proporcionalidad y α y β son tanto más próximos a 1 y 2, respectivamente cuanto más continuo y profundo es el fading. De igual forma, el número medio de cruces por segundo de la señal a través del umbral responde a la expresión:

$$N_R(\rho) = K \rho^{\alpha} e^{-\rho^{\beta}} \quad (4)$$

con α y β más próximos a 1 y 2, respectivamente cuando aumentan los desvanecimientos. Cuando la antena transmisora está en movimiento, en las dos expresiones anteriores $\alpha \approx 1$ y $\beta \approx 2$.

Para Δ las funciones de distribución obtenidas son (2) cuando la estadística de la envolvente es próxima a Rayleigh y:

$$F_{\tau}(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\sqrt[3]{6t/\bar{\tau}}} & t \geq 0 \\ 0 & \text{Resto} \end{cases} \quad (5)$$

cuando es Rice con mayor parámetro K , independientemente del umbral. Para la antena en movimiento es siempre exponencial (1). La duración media responde a la expresión:

$$\bar{\Delta}(\rho) = K 1/\rho^{\alpha} \quad (6)$$

con α tanto más próxima a 1 cuanto mayor es el nivel de fading.

Por último, se ha comprobado que las variables aleatorias τ y Δ están prácticamente incorreladas.

TECNICAS DE DIVERSIDAD.

Para paliar los efectos de los desvanecimientos, hemos realizado un análisis de la utilización de la diversidad en espacio con dos antenas receptoras. Hemos hallado la señal recibida en cada una de ellas y la máxima y de esta forma se ha comprobado que el margen dinámico del fading se reduce considerablemente. Para que la técnica de diversidad sea efectiva, debe existir un alto grado de incorrelación entre las señales que llegan a cada una de las antenas. Para comprobarlo hemos calculado el coeficiente de correlación para distintas separaciones de las dos antenas receptoras. De su análisis se desprende que no existe una relación clara entre el valor de dicho coeficiente y aquella separación. Los valores obtenidos son generalmente pequeños. Además, el coeficiente de correlación varía con el tiempo y se ha comprobado que dicha variación se caracteriza por una ley gaussiana con desviaciones típicas que suelen situarse entre 0.1 y 0.2. Por otra parte, la potencia media recibida en cada antena es diferente y su diferencia varía también a lo largo del tiempo. Esta variación es estadísticamente lognormal con desviaciones típicas habitualmente menores a 2 dB.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto TIC 880543 financiado por la CICYT.

REFERENCIAS

- [1] LORENZO RODRIGUEZ, ANTONIO VALDOVINOS.
Caracterización de un canal móvil interior a 1.6 GHz a través de medidas efectuadas en el edificio de la E.T.S.I.T. de Barcelona.
Proyecto Fin de Carrera. E.T.S.I.T.B. Junio 1990.
- [2] J.C. BULTITUDE.
Measurement, Characterization and Modeling of Indoor 800/900 MHz Radio Channels for Digital Communications.
IEEE Communications Magazine. June 1987 - Vol.25, No.6.

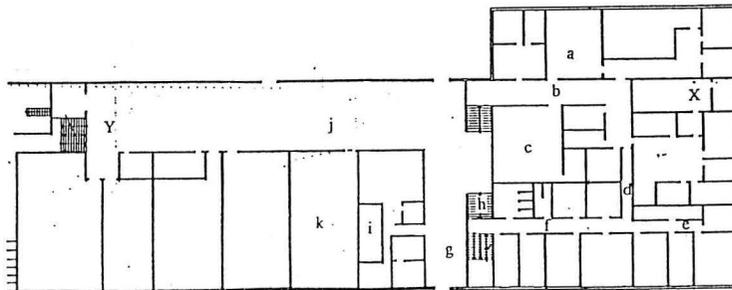


Fig. 1 PLANO DE LA PLANTA BAJA DEL EDIFICIO.

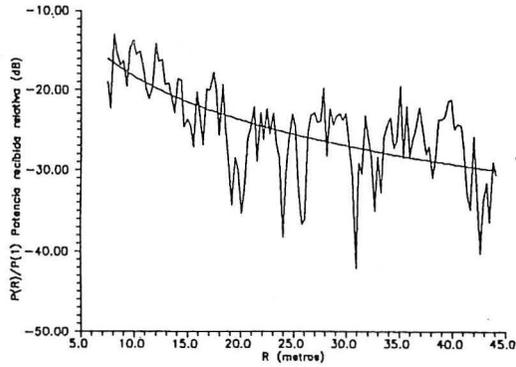


Fig. 2 RELACION $P_r(R)/P_r(1)$ EN FUNCION DE LA DISTANCIA. MEDIDAS EXPERIMENTALES (SIN PROMEDIAR) Y CURVA DE AJUSTE.

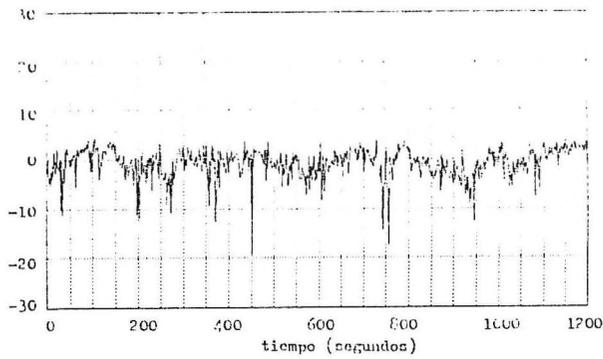


Fig. 3 POTENCIA INSTANTANEA RECIBIDA (EXPRESADA EN dB RESPECTO A LA MEDIA) EN UNA REALIZACION CON GRADO DE FADING MEDIO.

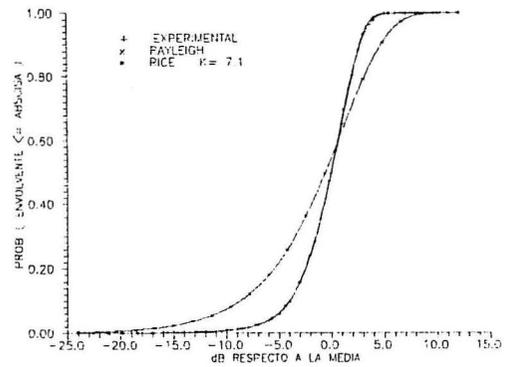


Fig. 4 FUNCIONES DE DISTRIBUCION EXPERIMENTAL Y TEORICAS DE LA ENVOLVENTE (REALIZACION CON FADING MEDIO).

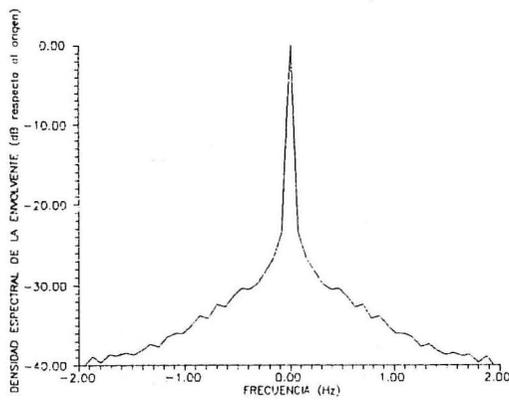


Fig 5 ESPECTRO DE POTENCIA PARA UNA REALIZACION CON UN GRADO MEDIO DE FADING (EXPRESADO EN dB RESPECTO AL MAXIMO).

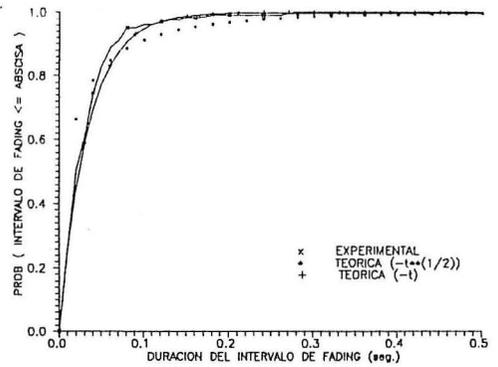


Fig. 6 FUNCION DE DISTRIBUCION DE LA DURACION DEL FADING PARA UN UMBRAL DE 15 dB POR DEBAJO DE LA POTENCIA MEDIA.