

Estimación de la Capacidad del Canal en Comunicaciones por la Red Eléctrica en Entorno Doméstico

F. J. Cañete Corripio¹, L. Díez del Río, J. T. Entrambasaguas Muñoz, M.C. Aguayo Torres
Dpto. Ingeniería de Comunicaciones. E.T.S.I. Telecomunicación.
Universidad de Málaga.

Campus de Teatinos. 29071 - Málaga.

¹ Fax: +34 952132027. Tlf: +34 952137121. E-mail: francis@ic.uma.es.

Abstract.- The proposal of this paper is to present some features of the low voltage distribution lines inside the consumer premises when used as a communication medium. Several measurements have been carried out in real scenarios and they have been employed to make calculations of the attainable channel capacity. The study is focused in the frequency range up to 30MHz in order to cover high bit rate digital communications.

1. Introducción

La red eléctrica ha sido empleada con el propósito de transmitir información desde hace mucho tiempo, para lo cual incluso existen normas reguladoras [1]. Sin embargo, recientemente, se ha despertado un gran interés por dos aplicaciones centradas en las comunicaciones digitales de alta velocidad: usar la red de distribución de baja tensión como medio de acceso a las grandes redes de telecomunicación, y el aprovechamiento de las instalaciones eléctricas interiores de hogares u oficinas para establecer redes de datos de área local. Este trabajo se centra en esta segunda posibilidad.

Evidentemente las redes eléctricas fueron diseñadas para distribuir energía eléctrica y no para transmitir señales de comunicación (que a diferencia de aquella, suelen ser de alta frecuencia y baja potencia). Esto hace que sus características sean bastante severas. De hecho, las propiedades del canal: su respuesta al impulso o frecuencial, las fuentes de ruido, o las impedancias de entrada y salida, son variantes con la frecuencia, el tiempo o la ubicación elegida.

2. Medidas de las características del canal

En recientes estudios sobre perturbaciones presentes en el entorno de las redes eléctricas interiores [2] se mencionan diversos tipos de ruido: impulsivo (bastante aleatorio y debido entre otros factores a la conexión/desconexión de cargas), síncrono con la frecuencia de la red (causado por aparatos con motores...), de banda estrecha (por dispositivos con fuentes conmutadas, interferencias de señales de radio, etc.), y ruido de fondo (de naturaleza diversa y con un espectro que suele disminuir con la frecuencia).

Además la red está muy ramificada, presentando desadaptación de impedancias en muchos puntos y derivaciones en circuito abierto. Esta naturaleza arborescente del cableado hace que se produzcan múltiples reflexiones de la señal transmitida, dando lugar a propagación multicamino. Todo ello se traduce en respuestas al impulso con varios ecos [3], similares a las propias de canales de radio. Las respuestas en frecuencia en la banda de hasta

30MHz, presentan una característica de amplitud con múltiples ‘nulos’ distribuidos más o menos uniformemente, en los cuales la respuesta de fase exhibe no linealidad. La respuesta del canal muestra también variación temporal, debida a cambios físicos en la red eléctrica, por ejemplo cuando los dispositivos conectados son encendidos o apagados. No obstante, estas variaciones son lo suficientemente lentas como para asumir la estacionariedad del canal durante varios períodos de símbolo.

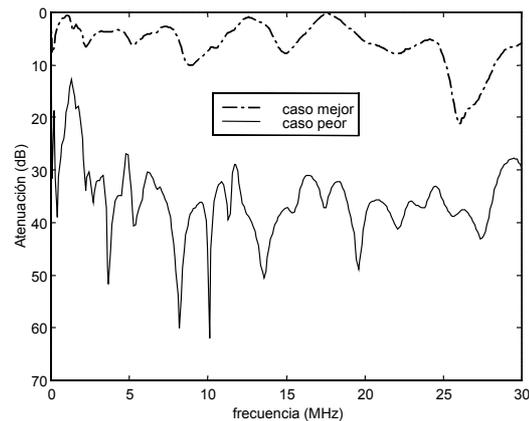


Figura 1: Respuestas de amplitud de canales medidos en una vivienda.

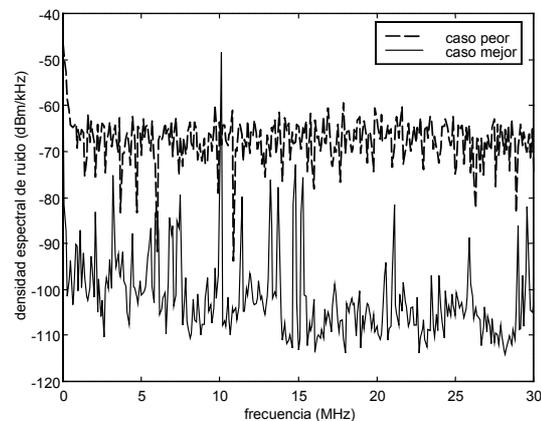


Figura 2: Espectros de ruido medidos en la red eléctrica de una vivienda.

Se han realizado múltiples medidas en la red eléctrica de una vivienda, tanto de funciones de transferencia de canales (Fig.1) como de espectro de

ruido (Fig.2), y para diversos puntos de conexión (en la misma y distinta habitación y/o circuito eléctrico, y con varias condiciones de carga). Cabe admitir que la distancia de transmisión nunca excedía los 35-40m. Para las curvas representadas se han extraído los datos del caso más favorable y del más adverso.

En general no se aprecian frecuencias privilegiadas, sino que dependen de la ubicación concreta del enlace, aunque sí es recomendable evitar la zona de baja frecuencia pues en ella existe mayor ruido. Por ello, y a partir de las medidas, se muestran los valores estadísticos generales (Tabla 1), y las distribuciones de probabilidad (Fig.3) para la atenuación de señal (es notable a pesar de la corta distancia) y el nivel de ruido que podrían esperarse al intentar transmitir a cualquier frecuencia (en la banda de interés) en esta red.

	mín.	media	std	máx.
atenuación (dB)	0.04	20.7	12.5	61.9
d.e.p. ruido (dBm/kHz)	-140.8	-102.5	15.2	-40.6

Tabla 1: Estadística de los valores medidos en la red eléctrica de una vivienda.

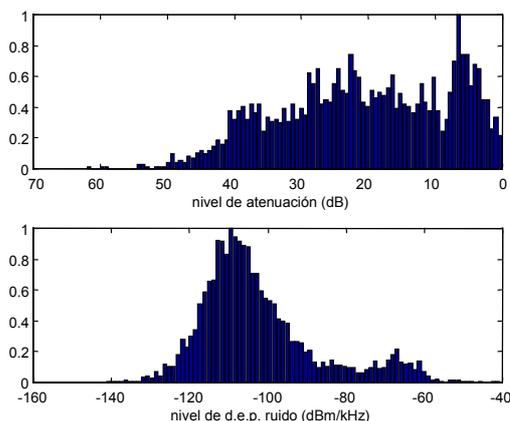


Figura 3: Distribución de probabilidades calculadas a partir de las medidas.

3. Estudio de la capacidad del canal

La capacidad de información de un canal de transmisión cuando el ruido presente no es ‘blanco’, puede ser estimada mediante el método del ‘vertido de agua’. Con esta técnica se calcula la densidad espectral de potencia que maximiza la capacidad del canal, siempre que éste sea de tipo filtro lineal con ruido aditivo y gaussiano. En nuestro caso la consideración respecto al ruido es factible, dada la multitud de fuentes de ruido existentes; y respecto al canal, también, en los intervalos estacionarios.

En la Fig. 4 se muestran los resultados conseguidos con este método para cuatro posibles canales, combinando las mejores y peores condiciones tanto de atenuación del canal como de nivel de ruido. Para una potencia total transmitida de 1mW, la capacidad en el peor de los casos es de unos 10 Mb/s. Así mismo, se presenta la capacidad que se puede alcanzar mediante una aproximación más práctica, usando la técnica de transmisión DMT

(Discrete MultiTone) que resulta muy adecuada en canales como estos [3] conformados espectralmente. En ella se distribuye la carga de bits entre distintas portadoras en función de su nivel de SNR (tomando la distribución espectral de señal óptima). En la Fig. 5, puede verse el resultado para la configuración 4 (para la mayor atenuación medida, sin las peores condiciones de ruido) y empleando 512 subcanales.

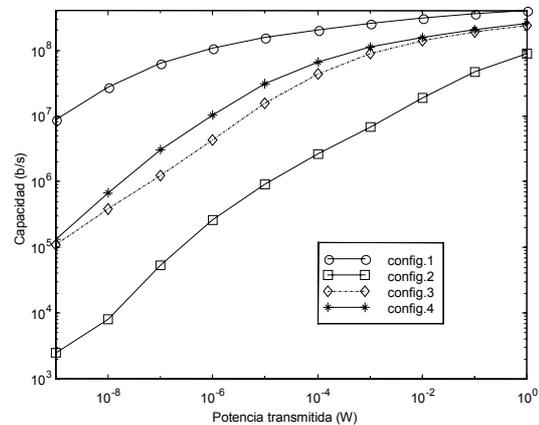


Figura 4: Capacidad del canal teórica usando ‘el vertido de agua’ para 4 configuraciones de canales posibles.

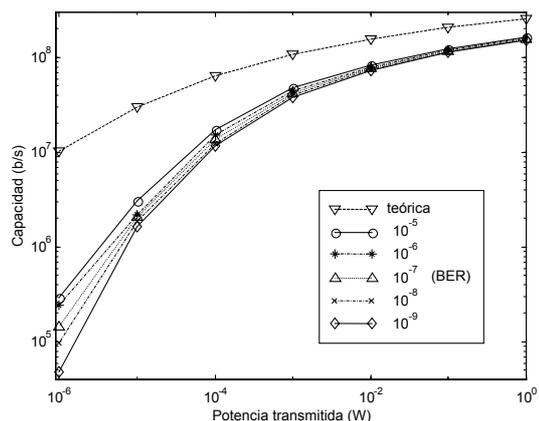


Figura 5: Capacidad obtenida para la config.4 usando DMT con distintas probabilidades de error.

4. Conclusiones

Se han expuesto las características de las líneas eléctricas como medio de transmisión de banda ancha, mostrando la atenuación de señal y el ruido medidos en instalaciones interiores de viviendas. Las medidas efectuadas han sido empleadas para evaluar sus posibilidades como medio de comunicación. Finalmente, se ha analizado la capacidad del canal, demostrando que puede ser factible la transmisión de datos a alta velocidad sin necesidad de excesiva potencia sobre moderadas distancias.

Referencias

- [1] EN 50065, “Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148.5 kHz”. CENELEC, 1991.
- [2] Philipps, H. “Performance measurements of powerline channels at high frequencies”. Proc. ISPLC’98, Tokyo, pp. 229-237.
- [3] Cañete-Corripio, F.J.; Díez, L.; Entrambasaguas, J. T. “Indoor Power-Line Communications: Channel Modelling and Measurements”. Proceedings of the ISPLC’2000, Limerick, Ireland, pp. 117-122.