

Estudio de un Nuevo Mecanismo de Transmisión Multicast en Redes Homeplug AV

P.J. Piñero Escuer, J. Malgosa Sanahuja, P. Manzanares Lopez, J.P. Muñoz Gea
 Departamento de Tecnologías de la Información y Comunicaciones.
 Antiguo Cuartel de Antigones. Plaza del Hospital, N° 1, 30202 Cartagena (Murcia)
 E-mail: {pedrop.escuer, josem.malgosa, pilar.manzanares, juanp.gea}@upct.es

Resumen. La aparición de las redes *peer-to-peer* y el rápido avance de las tecnologías utilizadas para el despliegue de redes *in-home* suponen la apertura de una gran cantidad de posibilidades tanto para los usuarios particulares como para las PYMES. De entre las diferentes tecnologías adecuadas para entornos *in-home*, una de las de mayor índice de penetración son las comunicaciones a través de la infraestructura de cableado eléctrico. Actualmente, el estándar más importante dentro de este tipo de comunicaciones, Homeplug AV, presenta un mecanismo ineficiente para la realización de transmisiones multicast, muy presentes en entornos *in-home*. Para solventar esta limitación, este trabajo propone un nuevo mecanismo para realizar transmisiones multicast en redes HomePlug AV que mejora notablemente el método utilizado actualmente en este tipo de redes.

1 Introducción

Se denominan redes *in-home* (o *in-building*) a aquellas redes que tienen como objetivo principal la comunicación entre los diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos presentes en una vivienda (o edificio) : desde televisores y aparatos de radio hasta ordenadores o vídeo-consolas. Actualmente, la aparición de las redes *peer-to-peer* y el rápido avance de las tecnologías utilizadas para su despliegue están haciendo que este tipo de redes pasen de ser simples redes de acceso a parte de la propia Internet.

En la actualidad existen varias alternativas que se podrían utilizar para desplegar una red *in-home*. Estas tecnologías se pueden dividir en tres categorías [1]: Inalámbricas, cableadas y *No-new-wires*. Se denominan tecnologías *No-new-wires* a las que son capaces de aprovechar las infraestructuras de cableado ya existentes en el edificio para el despliegue de la red. Dentro de esta categoría tenemos las tecnologías que utilizan la línea telefónica, el cable coaxial del operador de CATV o la red eléctrica para el intercambio de datos. Esta última es la que más interés está despertando actualmente entre la industria y la comunidad científica, ya que las otras dos presentan el inconveniente de que, al menos la mayoría de países Europeos, el número de puntos de conexión con la línea telefónica o con la red de cable es muy limitado.

Las dos tecnologías con mayor índice de penetración en entornos *in-home* son las redes inalámbricas y las comunicaciones a través de la red eléctrica (*PLC*, *Power-line Communications*). Las redes PLC son muy sencillas de instalar y de ampliar y además, al utilizar los cables de baja tensión instalados en el edificio, su coste de instalación y ampliación es extremadamente bajo. Existen diferentes estándares para la tecnología PLC. Sin embargo, el HomePlug AV (HomePlug Audio y Video, o simplemente HPAV) es el más popular. Este estándar, presentado por la Homeplug Powerline Alliance en 2005, puede

proporcionar tasas de transmisión de hasta 200 Mbps sobre los cables de baja tensión de cualquier edificio [2]. Prueba del auge de esta tecnología es que actualmente existen en el mercado más de 70 productos certificados Homeplug , incluyendo productos que extienden esta tecnología, llegando a tasas de transmisión de hasta 1Gbps [3].

Entre las muchas aplicaciones que pueden utilizarse en las redes *in-home* o *in building*, los juegos en red o las transmisiones de contenidos multimedia entre varios usuarios son algunas de las más comunes y frecuentes. En estos casos la utilización de la tecnología IP *multicast* pueden ser de gran utilidad, ya que esta tecnología optimiza el uso de los recursos de la red. Sin embargo, con el estándar actual, las comunicaciones IP *multicast* no son posibles en las redes HPAV. Esto es debido a que, a pesar de que el canal PLC es *broadcast*, la naturaleza de la modulación OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*) [4] que se utiliza a nivel físico es punto a punto. La técnica que se utiliza para realizar transmisiones a un grupo de receptores en las redes HPAV consiste en la transmisión de cada paquete a los distintos miembros del grupo de manera consecutiva utilizando transmisiones punto a punto. En este trabajo se propone un nuevo método para realizar comunicaciones *multicast* sobre redes HPAV, el cuál consigue tasas de transmisión elevadas incluso cuando el número de miembros del grupo *multicast* es muy alto.

Modulación	Rango de SNR (dB)
BPSK	12 - 15
4-QAM	15 - 20
8-PSK	20 - 22
16-QAM	22 - 29
64-QAM	29 - 35
256-QAM	35 - 40
1024-QAM	> 40

Tabla 1 Esquema de modulación de HPAV

2 Tecnología HomePlug AV

2.1 Características principales

Homeplug AV es un estándar para la transmisión de datos en redes PLC de bajo voltaje (220v) auspiciado por la Homeplug Alliance. Es la evolución natural de la versión anterior, denominada Homeplug 1.0, y su principal objetivo es proporcionar suficiente capacidad para soportar un acceso a Internet de banda ancha y, a la vez, permitir la distribución de contenidos de audio y vídeo.

A nivel físico, la modulación utilizada para la transmisión de bits es OFDM. Esta modulación se basa en la transmisión simultánea de un gran número de portadoras ortogonales entre si y con un ancho de banda muy reducido. Concretamente, en HPAV se utilizan 1155 portadoras en la banda de 1.8Mhz a 30Mhz, por lo que la separación entre portadoras es de aproximadamente 24.4KHz. Sin embargo algunas de estas portadoras coinciden con las bandas de emisión de los radioaficionados y no pueden ser utilizadas, lo que provoca que el total de portadoras útiles se reduzca a 917.

En función de las características del canal que detecte el transmisor, éste eliminará aquellas portadoras con una relación señal a ruido (SNR) más pobre, y además seleccionará la modulación y codificación adecuada para cada una de las portadoras restantes. Esta modulación puede ser desde una simple BPSK (1 bit de información por portadora) cuando la SNR es baja, hasta 1024 QAM (10 bits de información por portadora) cuando la SNR es muy alta. La elección de la modulación será distinta en función de la probabilidad de error de bit deseada. La tabla 1 muestra la modulación utilizada en función de la SNR observada para cada portadora, para una BER de 10^{-8} , que serán las utilizadas en los experimentos realizados en este trabajo. Es importante destacar también que una portadora cualquiera se elimina si su SNR está por debajo del mínimo exigido por la modulación BPSK.

Los diversos dispositivos electrónicos conectados a la red eléctrica utilizarán la red *in-home* mediante el uso de modems HPAV. Cada uno de los modems conectados a la red dispone de un mapa de tonos (*TM, Tone Map*) para comunicarse con cada uno de los restantes modems. Este mapa de tonos indica el tipo de modulación a utilizar para cada portadora. Conocido el número de bits por portadora, la capacidad de nivel físico del enlace puede ser calculada mediante un cociente entre el número de bits por símbolo y el periodo de cada símbolo OFDM. El valor del periodo de símbolo en HPAV (considerando los intervalos de guarda) es de 46.52µs. A pesar de que el canal de comunicaciones PLC de HPAV es *broadcast*, la modulación OFDM hace que las comunicaciones sean siempre punto a punto. En efecto, cuando dos modems se comuniquen entre sí, los demás modems conectados a la red

también recibirán dicha información (por ser transmitida a un medio compartido), pero no serán capaces de decodificarla ya que desconocen el mapa de tonos empleado por la pareja emisor-receptor.

2.2 Comunicaciones *Multicast* en HPAV

Por las características descritas anteriormente, la implementación de transmisiones *multicast* en redes HPAV presenta serios problemas. La utilización de la tecnología IP *multicast* en redes HPAV se traduce automáticamente en una serie consecutiva de transmisiones punto a punto a cada uno de los miembros del grupo *multicast* (ello se hace de manera totalmente transparente para el usuario). De esta forma, la capacidad efectiva de transmisión *multicast* se puede obtener mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{C_{TOTAL}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}$$

El trabajo presentado en este artículo propone una solución alternativa para la implementación de las comunicaciones *multicast* que consiste en la elección y utilización de un mapa de tonos común para todos los miembros del grupo. En este mapa de tonos común se asignará a cada portadora la modulación que corresponda al miembro del grupo que presenta la peor SNR para esa frecuencia. De esta forma se consigue que todos los miembros del grupo *multicast* sean capaces de decodificar correctamente la información, con una tasa de error baja. Con este método se consiguen dos importantes ventajas con respecto al sistema tradicional de HPAV:

- El número de miembros del grupo *multicast* no tiene porqué afectar significativamente a la capacidad efectiva de la transmisión *multicast*.
- El número de accesos del transmisor al canal es menor, ya que solo debe acceder una vez por cada grupo *multicast* al que desee transmitir información. Esto hace que el retardo introducido por el protocolo de control de acceso al medio (CSMA/CA) sea mucho menor que si se realizaran las múltiples transmisiones en modo punto a punto.

3 Resultados de simulación

Para comprobar el funcionamiento y cuantificar los beneficios del modo de transmisión *multicast* propuesto, se estudió un escenario consistente dos viviendas pero que comparten una misma fase eléctrica. Las viviendas utilizadas en la simulación responden al plano mostrado en la figura 1. En él todos los enchufes disponibles en cada vivienda están numerados del 1 al 26 y los puntos de iluminación están indicados por un círculo bicolor. El equipo transmisor está situado en el enchufe 4A (es decir, el enchufe 4 de la vivienda A) y los restantes miembros del grupo *multicast* se sitúan en los enchufes 9A, 17A, 19A, 24A, 3B, 11B, 18B, 19B y 21B. En el resto de enchufes se sitúan diferentes dispositivos eléctricos usualmente presentes en el hogar.

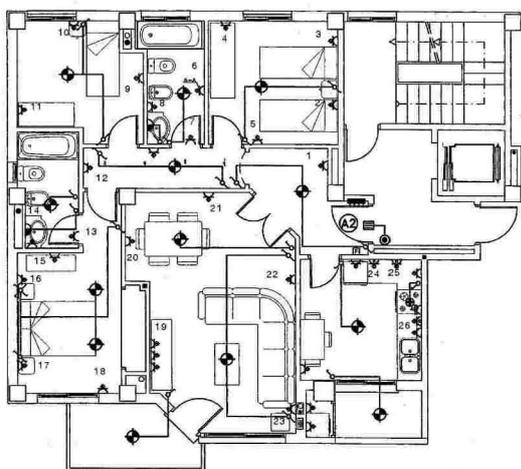


Figura 1 Plano de las viviendas utilizadas en la simulación.

Para calcular la capacidad de nivel físico entre los diferentes enchufes bajo estudio se ha utilizado un simulador de la respuesta en frecuencia del canal de comunicaciones PLC basado en el modelo propuesto en [5]. Este modelo se basa en la caracterización del canal de comunicaciones PLC como un sistema lineal e invariante con el tiempo y con un ruido estacionario aditivo a la salida.

La figura 2 muestra la SNR del canal entre cada pareja emisor-receptor. Además se muestra el mínimo valor de la SNR para cada frecuencia. Se puede observar como, para el caso de transmisiones entre diferentes viviendas, se obtienen incluso relaciones señal a ruido negativas para algunas portadoras. La tabla 2 muestra la capacidad obtenida al realizar una transmisión entre cada pareja emisor-receptor, la capacidad obtenida en la comunicación *multicast* empleando transmisiones punto a punto y finalmente la capacidad obtenida mediante el modo de transmisión *multicast* propuesto. Comparando los resultados se puede comprobar como la velocidad de transmisión obtenida mediante el método propuesto es mucho mayor (aproximadamente 6 veces mayor) a la que se consigue con el método utilizado actualmente en los equipos HPAV.

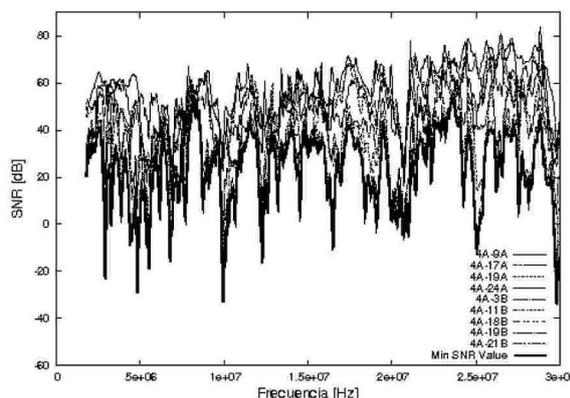


Figura 2 SNR de los enlaces bajo estudio

Enlace	C (Mbps)
4A – 9A	192.132
4A – 17A	186.092
4A – 19A	187.382
4A – 24A	188.414
4A – 3B	151.419
4A – 11B	136.071
4A – 18B	100.752
4A – 19B	101.096
4A – 21B	97.214
Multicast punto-punto	15.319
Multicast	89.853

Tabla 2 Resumen resultados obtenidos

4 Conclusiones

La utilización de la tecnología PLC para el despliegue de redes *in-home* e *in-building*, y en concreto la utilización del estándar HPAV (el más importante de esta tecnología) ofrece importantes limitaciones cuando se desean realizar transmisiones *multicast*. Debido a que las comunicaciones *multicast* son de gran utilidad en aplicaciones de éxito en estas redes, es necesario algún método que mejore su funcionamiento en redes HPAV.

En este trabajo se ha propuesto un nuevo método para la realización de transmisiones *multicast* en redes HPAV. Para comprobar su funcionamiento se ha desarrollado un simulador de canal PLC y se ha estudiado una topología compuesta por dos viviendas. Los resultados muestran que el método propuesto presenta unas características muy superiores al método tradicional empleado en HPAV.

Agradecimientos

Este proyecto de investigación ha sido apoyado por la subvención de proyecto TEC2007-67966-C03-01/TCM (CON-PARTE-1) y también ha sido desarrollada en el marco del “Programa de Ayudas a Grupos de Excelencia de la Region de Murcia”, de la Fundación Seneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la RM (Plan Regional de Ciencia y Tecnología 2007/2010). Pedro José Piñero Escuer también agradece a la Fundación Séneca la concesión de una beca predoctoral FPI (Exp. 13251/FPI/09).

Referencias

- [1] Y.J. Lin, H.A. Latchman, R.-E. Newman and S. Katar. “A comparative performance study of wireless and power line networks”. IEEE Communications Magazine, 41(4):54-63, 2003.
- [2] HomePlug AV white paper. HomePlug Powerline Alliance. <http://www.homeplug.org/>. 2005
- [3] Gige semiconductors, <http://gige.biz/>, 2009.
- [4] Bahai, A.R.S., Saltzberg, B.R., Ergen.M., “Multi Carrier Digital Communications: Theory and Applications of OFDM”, Springer, 2004.
- [5] Sancha, S.; Canete, F.J.; Diez, L.; Entrambasaguas, J.-T., “A Channel Simulator for Indoor Power-line Communications”, Power Line Communications and Its Applications, 2007. ISPLC '07. IEEE International Symposium on, pp.104-109, 26-28 March 2007.