

# SIMULACIÓN DE UN PROTOCOLO DE NIVEL MAC BASADO EN IEEE 802.16 PARA EL LABORATORIO DE ARQUITECTURA DE REDES I.

O. RIVERA, I. GÓMEZ, V. MEDINA

*Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática.  
Universidad de Sevilla. España.*

## Abstract

Este trabajo presenta nuestra experiencia en el desarrollo de una herramienta de simulación de protocolos de nivel MAC basados en el estándar IEEE 802.16 [1]. El empleo de esta herramienta en el laboratorio ayuda a los alumnos en el estudio y comprensión de protocolos de redes de última milla. En particular, se ha definido un protocolo de nivel MAC para sistemas PLC *outdoor* que sigue algunas de las descripciones para el protocolo MAN wireless descrito en la norma IEEE 802.16.

## 1. Introducción

El objetivo fundamental de las sesiones de laboratorio de la asignatura de Arquitectura de redes I es afianzar los conocimientos teóricos previamente adquiridos así como enfrentar al alumnado a situaciones prácticas reales. Cada una de estas sesiones prácticas trata de aspectos relacionados con alguna de las capas del modelo OSI. Sin embargo, la enseñanza práctica de protocolos de nivel MAC para redes de acceso local, “*last mille*”, requiere el empleo de simuladores debido a la dificultad o imposibilidad del despliegue de una red este tipo en el laboratorio.

La utilización del simulador permite adquirir conocimientos sobre técnicas de acceso múltiples, mecanismos de concesión/reparto de ancho de banda, mecanismos de gestión de las perturbaciones, mecanismos de calidad de servicio (QoS) y mecanismos de inicialización/unión propios de las redes de acceso local.

Nuestro trabajo consiste en el desarrollo del simulador de un protocolo de nivel MAC para sistemas PLC *outdoor*. La falta de estandarización de este tipo sistemas nos lleva a la propuesta de un protocolo de nivel MAC basado en el estándar IEEE 802.16. De esta forma, nuestro simulador ofrece resultados útiles para aquellas alternativas de acceso que emplean este estándar como la tecnología LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*).

## 2. Tecnología PLC

En la actualidad, y cada vez en mayor medida, debido a la incorporación de contenidos multimedia, los usuarios demandan accesos de banda ancha que les permitan acceder a los nuevos servicios y prestaciones que ofrecen las redes de comunicaciones. Esta necesidad de mayor ancho de bandas conduce al despliegue de nuevas redes que permitan alcanzar los domicilios de todos los usuarios. El tramo final del despliegue de estas nuevas redes constituye el punto más complicado y costoso. Para minimizar el coste debido al despliegue del último tramo los operadores de servicios se plantearon la posibilidad de utilizar las infraestructuras existentes tales como la red telefónica y la red eléctrica, dando lugar a diferentes tecnologías de acceso.

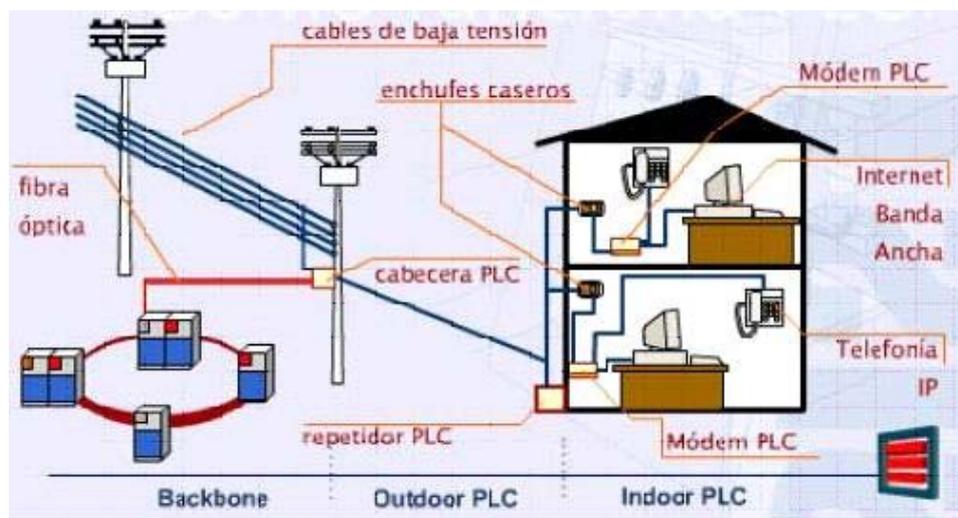
La tecnología PLC (*PowerLine Communications*) es una tecnología innovadora que permite ofrecer servicios de comunicaciones de banda ancha utilizando la red eléctrica presentándose como una alternativa real a las actuales tecnologías de acceso local. Con esta tecnología es posible

conectarse a Internet a velocidades similares e incluso superiores a lo que hoy se conoce como “Internet Banda Ancha” [2,3].

Una de las ventajas que presenta la tecnología PLC frente a las demás tecnologías de acceso es la baja inversión en infraestructura debida al empleo de la red eléctrica. Además, debido a que esta es la infraestructura existente de mayor capilaridad, la tecnología PLC se presenta como solución para suministrar servicios de comunicaciones en zonas donde no es posible aplicar otro tipo de tecnologías. Por otra parte, al utilizar los cables eléctricos, como medio de transmisión, la instalación eléctrica domiciliaria se comporta como una red de datos en donde cada enchufe es un potencial punto de conexión al mundo de Internet.

La comunicación PLC por los cables eléctricos requiere de un módem cabecera en el centro de transformación eléctrica que da servicio al edificio para enviar la señal. En el domicilio del usuario se instala un módem PLC (similar a los de ADSL o RDSI) donde se podrán conectar sus equipos de transmisión de voz y datos como ordenadores, teléfonos, impresoras y potencialmente otros dispositivos preparados para ello (frigoríficos, alarma, aire acondicionado, etc.).

La tecnología PLC basa su estructura de funcionamiento, en la utilización de los cables eléctricos de baja tensión como medio de transporte desde un Centro Transformador, hasta el cliente, permitiendo entregar servicios de transferencia de datos como, por ejemplo, acceso a Internet Banda Ancha. Básicamente, esto transforma al cableado de baja tensión, en una red de telecomunicaciones donde los enchufes de cada hogar u oficina, se vuelven puntos de conexión. La estructura de PLC sería la que aparece en la Figura 1.



**Figura 1.** Estructura de una red PLC.

## 2. Estandarización

La estandarización de la tecnología PLC está actualmente en pleno proceso en manos de la ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*) y bajo el proyecto PLT (*Powerline Telecommunication*) [4,5]. Esto hace que no exista un documento respecto a las características que debería poseer el protocolo MAC para PLC.

Existen diversos trabajos encaminados al estudio y proposición de un protocolo MAC para PLC [6-9]. Las propuestas realizadas se basan en las características de topología y de la capa física de los sistemas PLC. Se trata de sistemas en los que las comunicaciones son punto multipunto gestionadas

por una base o maestro y además en el nivel físico se utiliza OFDM/OFDMA [10]. Los sistemas inalámbricos fijos de banda ancha para frecuencias de 2-11 Ghz reúnen características similares a las mencionadas anteriormente y por ello nuestra propuesta se basará en la norma 802.16 y más concretamente en el draft añadido a la misma [11].

### **3. Simulación**

Nuestra aportación se centra en el desarrollo de un simulador del protocolo propuesto. Este simulador es un producto software desarrollado empleando herramientas de código abierto que permiten minimizar su coste. Está formado por dos componentes totalmente independientes, uno implementa el núcleo del simulador, y el otro implementa un entorno gráfico que permite representar los resultados de la simulación.

El núcleo del simulador implementa todos los mecanismos, máquinas de estados y técnicas definidos en el protocolo propuesto. Para su desarrollo se plantearon diferentes alternativas, siendo la simulación lanzada por eventos la más satisfactoria. Los parámetros necesarios para la simulación tales como número de estaciones, retardo de propagación, número de portadoras por símbolos, tamaño de trama física, evento de finalización (marca el fin de la simulación), etc. se almacenan en una base de datos. Esta base de datos contiene toda la estructura de datos. Además, almacena todos los resultados de la simulación. El núcleo consulta los parámetros necesarios para realizar los pasos de simulación e irá modificando sus datos conforme a los resultados de estos pasos. La base de datos a utilizar es un parámetro de entrada al núcleo de la simulación. Este hecho permite realizar varias simulaciones con diferentes configuraciones a la vez definidas en distintas bases de datos.

Por otra parte, el entorno gráfico, que se encuentra en fase de desarrollo, intenta ser un entorno sencillo. El objetivo principal del simulador es servir de herramienta didáctica en el laboratorio de arquitectura de redes I, por lo tanto, es esencial que el interfaz gráfico sea un entorno amigable y fácil de utilizar, de manera que los alumnos centren su atención en la simulación y no les suponga mucho esfuerzo el manejo de la herramienta. Este entorno representa de forma gráfica los resultados de la simulación. El entorno gráfico consulta estos resultados y otros parámetros en la base de datos.

Para la conexión y consulta con la base de datos se ha desarrollado una librería de funciones. Esta librería posibilita que ambos componentes sean independientes de la tecnología de base de datos empleada y del sistema gestor de ésta.

De esta manera, la forma de trabajar con esta herramienta es la siguiente. En primer lugar, antes de las sesiones de prácticas se han de preparar una serie de simulaciones almacenando los resultados en diferentes bases de datos. Cada una de estas simulaciones puede representar diferentes configuraciones de la red. Una vez en el laboratorio, el alumno ejecuta el entorno gráfico configurando el nombre de la base de datos suministrada. En esta base de datos están almacenados todos los eventos procesados y generados en la simulación. Con esta información el alumno puede navegar por los diferentes eventos observando los resultados de cada paso. El entorno ofrece diferentes vistas que representan el estado de la red, como vista general, que representa todas las estaciones y enlaces con los mensajes actualmente transmitidos, vista de estado de una estación, que representa el estado de la cola de transmisión y recepción de la estación, y vista de máquina de estado, que representa el estado actual de la máquina de estado de una estación relacionada con un proceso determinado (por ejemplo, inicialización).

#### 4. Posibilidades del simulador

La herramienta desarrollada es versátil en cuanto que presenta dos entornos de aplicación diferente. En primer lugar, el simulador es una herramienta didáctica que puede ser empleada en sesiones de laboratorio. Esta herramienta didáctica permite:

- El estudio del comportamiento del protocolo propuesto de forma visual e interactiva facilitando su comprensión. Esta herramienta constituye un apoyo a las clases teóricas.
- Planteamiento de diferentes configuraciones que permiten observar el comportamiento del protocolo ante diversas situaciones. Estas configuraciones pueden establecer situaciones problemáticas que brindan al alumno la oportunidad de observar sus efectos, así como de comprobar el funcionamiento de los mecanismos propuestos para resolver dichas situaciones.
- Análisis de los resultados obtenidos y obtención de medidas de eficiencia, así como propuestas de mejoras.
- Planteamiento de problemas teóricos y comprobación de los resultados teóricos de forma práctica. Esta herramienta sirve como apoyo al estudiante para comprobar sus respuestas ante cuestiones teóricas del protocolo propuesto.
- Conocimiento de un protocolo de nivel MAC de redes de acceso local, en particular para sistemas PLC *outdoor* y LMDS.

Además, debido a que los dos componentes del simulador son independientes, se pueden implementar nuevos protocolos aprovechando el entorno gráfico, que requerirá pocos cambios.

Por otra parte, esta herramienta es un software de investigación. Como se ha expuesto antes, nuestra aportación se basa en la propuesta de un protocolo de nivel MAC para los sistemas PLC *outdoor*. Este tipo de sistemas aún no están estandarizados. Nuestra aportación consiste en la adaptación del protocolo definido en el estándar IEEE 802.16 para su empleo en este tipo de sistemas. Esta herramienta permite comprobar la corrección de dicha adaptación y ajustar el protocolo propuesto para obtener una mejor solución. Además, brinda la posibilidad de realizar un estudio de eficiencia del protocolo propuesto pudiéndose comparar con resultados obtenidos por otras propuestas.

Aunque el simulador desarrollado implementa un único protocolo, su adaptación a otros protocolos es sencilla, requiriendo cambios mínimos. Además, gracias a la librería de funciones generada, es posible aprovechar los protocolos implementados anteriormente realizando pequeñas modificaciones. Por ello, esta herramienta puede considerarse como un recurso extensible.

#### 5. Conclusiones

A pesar de que el software desarrollado es una herramienta de apoyo en la enseñanza, el carácter visual, la capacidad de navegar por los diferentes pasos de simulación, la posibilidad de estudiar diferentes situaciones, el análisis de los resultados y el estudio de técnicas asociadas a redes de acceso local difíciles de desplegar en el laboratorio lo hacen atractivo para su empleo en sesiones de laboratorio en asignaturas que estudien redes de datos.

Por otra parte, esta herramienta permite configurar la simulación de manera sencilla. Este hecho posibilita que cualquier alumno pueda realizar los experimentos que desee. Por lo tanto, puede ser empleada para comprobar los resultados teóricos, aumentando el valor didáctico de esta herramienta.

Además, debido a que el protocolo propuesto está basado en el estándar IEEE 802.16, esta herramienta permite implementar de manera sencilla dicho estándar. Pudiendo realizar una comparación de ambos protocolos.

Por último, debido a la versatilidad anteriormente expuesta, esta herramienta ofrece un valor añadido, permitiendo su empleo en la investigación.

## Referencias

- [1] IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards: <http://ieee802.org/16/>
- [2] [Ralph E. Abbott. "High Speed Power Line Communications". IEEE Power Engineering Society. Summer Meeting 2002. Vol.3
- [3] Niovi Pavlidou. "Power Line Communications: State of the Art and Future Trends". IEEE Communications Magazine. April 2003.
- [4] [www.mainnet-plc.com/standars.htm](http://www.mainnet-plc.com/standars.htm)
- [5] Diethard Hansen. "Update on Power Line Telecommunication (PLT) Activities in Europe". 2002 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility. Vol.1
- [6] M. Stancheva et al.. "Suitable MAC Protocols for an OFDM Based PLC Network". International Symposium on Power Line Communications. (ISPLC)2000.
- [7] S. Sundaresan et al. "Performance of a Distributed MAC for OFDM Based Power Line Communication Network". The eight National Conference on Communications. Bombay (India). 2002.
- [8] Yu-Ju Lin. "A Power Line Communication Network Infrastructure for the Smart Home". IEEE Wireless Communication. December 2002.
- [9] OPERA, "Open PLC European Research Alliance": <http://www.ist-opera.org/>
- [10] [www.ubicom.tudelft.nl/MMS/Docs/introOFDM.pdf](http://www.ubicom.tudelft.nl/MMS/Docs/introOFDM.pdf)
- [11] IEEE Computer Society P802.16a/D5-2002. "Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems. Medium Access Control Modifications and Additional Physical layer Specifications for 2-11 Ghz".