



La tecnología PLC en los Programas de Fomento de la Sociedad de la Información de Red.es

Power Line Communication Technology in the Information Society Promotion Programs Managed by Red.es

◆ J. R. González Puyol y F. J. García Vieira

Resumen

Este artículo presenta una introducción a la tecnología PLC (*Power Line Communication*), que permite usar la red eléctrica para la transmisión de datos a alta velocidad. El artículo describe las dos vertientes actuales del PLC: acceso o *outdoor*, y red de área local o *indoor*. Además se proporciona una visión de la situación actual de la tecnología, así como de su evolución prevista. Finalmente el artículo describe las experiencias piloto que la Entidad Pública Empresarial Red.es está llevando a cabo en la actualidad en distintos centros educativos.

Palabras Clave: PLC, acceso, *outdoor*, *indoor*, banda ancha.

Summary

This paper introduces PLC (*Power Line Communication*) technology and its fundamentals, which allow the use of power lines to transmit high speed data. This paper depicts the two present versions of PLC; i.e., outdoor or access PLC and indoor or local area network PLC. Besides, the present state of the art is described, as well as its foreseen evolution. Finally, the paper introduces the LAN PLC field trials which have been deployed by Red.es in schools.

Keywords: PLC, access, *outdoor*, *indoor*, broadband.

1.- Introducción

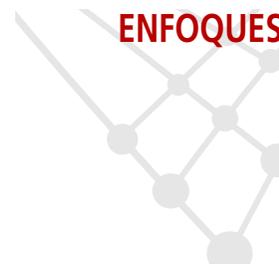
PLC (*Power Line Communication*) es una tecnología que permite ofrecer servicios de comunicaciones de banda ancha a través de la red eléctrica. Aunque no es tan reciente como puede suponerse, PLC ha sido objeto de gran atención en los últimos años, y el hecho de que en la actualidad se estén desarrollando pruebas y despliegues más o menos extensos en cerca de ochenta países es un síntoma claro de su potencial y del interés que despierta.

La idea esencial del PLC consiste en utilizar la línea eléctrica para la transmisión de datos, de forma que se puedan ofrecer servicios de telecomunicación basados en tecnología IP (*Internet Protocol*). La ventaja de este enfoque es patente, al plantear la utilización de una infraestructura ya existente y de muy extensa cobertura, como es la red eléctrica, para la prestación de servicios de telecomunicaciones. Existe cierta similitud con el caso de las tecnologías ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Loop*), y en general xDSL, las cuales aprovechan el par de cobre, inicialmente ideado para prestar el servicio de telefonía básica en banda vocal, como medio de transporte de Internet de alta velocidad. Así pues, tanto PLC como ADSL utilizan infraestructuras ya desplegadas y muy extendidas, aunque originalmente no pensadas para transmitir datos.

En este artículo se realiza una breve introducción histórica a la tecnología PLC, para a continuación exponer los fundamentos de la misma. También se recogen los esfuerzos normalizadores que se están desarrollando, tanto en Europa como en los Estados Unidos.

A continuación se detallan los dos modelos de utilización de la tecnología: en el ámbito de los proveedores de servicios de comunicaciones, como tecnología de acceso alternativa; y en el campo de las redes de área local, como sustitutivo o complemento de las redes de cableado estructurado o, incluso, de las redes inalámbricas.

◆
La idea esencial del PLC consiste en utilizar la línea eléctrica para la transmisión de datos, de forma que se puedan ofrecer servicios de telecomunicación basados en tecnología IP



Por último, se exponen las experiencias piloto que Red.es se encuentra desarrollando en centros educativos, haciendo un uso *indoor* de la tecnología PLC, y evitando de esa manera el cableado de edificios muy extensos o protegidos, en los cuales la alternativa tradicional de cableado estructurado es, o bien muy costosa, o bien inviable por razones de preservación de edificios históricos.

Las actuaciones de Red.es descritas en este artículo se enmarcan dentro de los Programas de Fomento de la Sociedad de la Información que la Entidad Pública viene impulsando en diferentes ámbitos, entre ellos muy destacadamente el educativo, con el fin de promover y desarrollar el acceso de todos los ciudadanos a los servicios de la Sociedad de la Información.

2.- Fundamentos del PLC

2.1.- La red eléctrica

Antes de introducir conceptos relativos al PLC conviene describir brevemente lo que se conoce por redes eléctricas, las cuales se dividen en redes de alta, media y baja tensión. La red de alta tensión es una red de transporte que hace llegar la energía desde los centros de producción hasta los de consumo (núcleos de población e industrias). La mayoría de los tendidos de alta tensión son aéreos, y los valores de tensión eléctrica que se manejan en estos tramos son del orden de los cientos de kilovoltios, al permitir estas elevadas tensiones un transporte de la energía más eficiente.

En los puntos de consumo, como las ciudades, suele haber grandes centros de transformación que convierten esta energía eléctrica a unos valores de tensión inferiores, de forma que se origina una segunda red, generalmente enterrada, con valores entre 15 y 20 kilovoltios. Ésta es la red eléctrica de media tensión.

Por último, se produce una nueva transformación para poder suministrar electricidad a los domicilios. En las ciudades existen instalaciones incorporadas a los edificios o bajo tierra que se conocen como centros de transformación, y en ellos tiene lugar la transformación a los 220 voltios que se manejan habitualmente en los hogares. Esto es lo que se conoce como baja tensión.

Un centro de transformación puede servir a una gran cantidad de clientes o contratos, situándose la media en Europa entre trescientos y cuatrocientos usuarios por centro de transformación.

2.2.- Orígenes del PLC

La idea de utilizar el cable eléctrico como medio de transmisión de datos no es nueva, aunque inicialmente su uso se limitaba al control de líneas eléctricas y a la transmisión a baja velocidad de datos de medida procedentes de las lecturas de los contadores.

Posteriormente las compañías eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión interna de datos, hasta llegar a una serie de pruebas realizadas durante los años 90 en distintos países europeos que no alcanzaron los resultados esperados.

Sin embargo, desde que los avances tecnológicos hacia el final de la pasada década permitieron alcanzar velocidades de transmisión del orden de los Mbit/s, se empezó a considerar la tecnología PLC como solución de acceso alternativa a las redes de telecomunicación tradicionales.

Las actuaciones de Red.es descritas en este artículo se enmarcan dentro de los Programas de Fomento de la Sociedad de la Información



◆
A día de hoy no hay estándares que seguir, aunque sí un grupo de sistemas (incompatibles entre ellos) caracterizados por la modulación de señal empleada

A partir de entonces el mundo PLC centra su atención en el tramo de baja tensión de la red eléctrica (el equivalente a la "última milla" o bucle de abonado en las redes telefónicas) por un motivo claro: las redes de acceso son el componente más costoso de las redes de telecomunicaciones, estimándose que tanto las inversiones como los gastos operativos en red de acceso suponen más del 80% de los totales asociados a la red. Por consiguiente, la transformación de las redes eléctricas de baja tensión en redes de acceso para prestar servicios de telecomunicaciones abre nuevas oportunidades de negocio.

La línea eléctrica es un medio muy ruidoso, cambiante y utilizado habitualmente para transmitir energía. La señal PLC comparte la línea eléctrica, si bien utiliza un rango de frecuencias que normalmente no se emplea o tiene un uso muy restringido. Este rango espectral se encuentra comprendido entre los 1,6 y los 30 MHz, hallándose por tanto en la banda de HF (*high frequency*), también llamada onda corta.

Es interesante destacar que a día de hoy no hay estándares que seguir, aunque sí un grupo de sistemas (incompatibles entre ellos) caracterizados por la modulación de señal empleada. Esencialmente se utilizan tres tipos de modulación:

- DSSSM (*Direct Sequence Spread Spectrum Modulation*), que se caracteriza porque puede operar con baja densidad espectral de potencia.
- OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*), que utiliza un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos.
- GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*), que optimiza el uso del ancho de banda.

De todos ellos, el sistema de modulación más extendido es OFDM, utilizado también en estándares IEEE para redes de área metropolitana inalámbricas, e incluido dentro de las especificaciones para la radiodifusión de televisión digital terrestre. Este sistema multiportadora es eficiente y flexible para trabajar en un medio como la red eléctrica, ya que el rango espectral queda dividido en *slots*, cuyo ajuste permite que los equipos se adapten dinámicamente a las condiciones del medio, potenciando aquellas frecuencias donde el ruido es menor y anulando el uso de frecuencias donde el ruido es elevado. Además la flexibilidad de este sistema facilita la posibilidad de reajustar el margen espectral de trabajo de los equipos para no interferir en otros servicios.

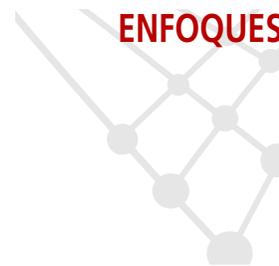
La capacidad de transmisión del PLC también varía en función del fabricante, pero el máximo suele establecerse en los 45 Mbit/s (27 Mbit/s en el sentido red-usuario, y 18 Mbit/s en el sentido usuario-red). Sin embargo *chipsets* de segunda generación de desarrollo reciente han elevado el límite por encima de los 130 Mbit/s, lo que permite al PLC competir con ventaja con otros sistemas de comunicación de banda ancha.

Como referencia, a continuación se establece una comparativa de tasas nominales de transferencia de algunas tecnologías comúnmente empleadas en redes de área local.

Tecnología	Throughput
Ethernet	10 Mbit/s
Fast Ethernet	Hasta 100 Mbit/s
Gigabit Ethernet	Hasta 1000 Mbit/s
IEEE 802.11b	Hasta 11 Mbit/s
IEEE 802.11g	Hasta 54 Mbit/s
PLC (1ª generación)	Hasta 45 Mbit/s
PLC (2ª generación)	Hasta 130 Mbit/s

Tabla I: *throughput* nominal máximo de distintas tecnologías

Al ser la infraestructura eléctrica un medio ruidoso, no sólo hay que afrontar la atenuación de la señal, sino eventos tales como el arranque y parada de equipos, interruptores de distinto tipo, algunos con emisión de radiaciones atenuadas a los pocos metros, pero otros, como aquellos que ponen en marcha ascensores y aparatos de aire acondicionado, con señales emitidas de mucha mayor intensidad. Todas estas interferencias deben superarse utilizando diversos mecanismos, siendo el primero de ellos el recurso a las ya mencionadas posibilidades de ajuste espectral que la capacidad multiportadora del PLC ofrece. Por otra parte



pueden utilizarse filtros que eliminen ruidos parásitos por toda la red y que aislen equipos problemáticos y protejan servicios que puedan ser interferidos. El precio a pagar por colocar estos filtros consiste en una disminución del ancho de banda disponible y por tanto de la velocidad alcanzable por el sistema.

2.3.- Normalización

Pese a la ausencia de estándares vigentes, en los últimos años la tecnología PLC ocupa la actividad de diversos grupos de trabajos en organismos como ETSI (<http://www.etsi.org/>) (*European Telecommunications Standards Institute*), que en 1999 aprobó la creación de un proyecto llamado EP PLT (*European Project Powerline Telecommunications*) con el objetivo fundamental de desarrollar estándares y especificaciones de alta calidad para proporcionar servicios de voz y datos a los usuarios finales a través de las redes eléctricas.

El EP PLT vela para que la cooperación y relación con otros organismos e iniciativas relacionados, como son los casos de ERM (*ETSI Project for Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters*) (<http://portal.etsi.org/erm/Summary.asp>) y CENELEC (*European Committee for Electrotechnical Standardization*) (<http://www.cenelec.org/>) esté claramente definida.

Es importante destacar que la normalización hacia la que se tiende en Europa pasa por contemplar desde el comienzo las dos vertientes de la tecnología PLC: acceso a Internet (*outdoor*), que es lo que se viene llamando "Internet eléctrica", y solución interior o LAN (*indoor*). Para que estas dos vertientes puedan coexistir se divide el espectro PLC en dos rangos de frecuencias: el primero de ellos comprende desde los 3 hasta los 12 MHz y se dedica al acceso, mientras el rango espectral comprendido entre 13 y 30 MHz se asigna a las aplicaciones *indoor*.

PLC Forum (<http://www.plcforum.com/>) es una asociación internacional que representa los intereses de fabricantes y otros organismos activos en el campo de PLC en todas sus vertientes. Fue creado a comienzos de 2000 y desde entonces el número de miembros e invitados permanentes asciende a más de 50. A través de grupos de trabajo y la celebración de asambleas también tiene entre sus objetivos la creación de un marco normativo y regulatorio para el PLC.

Para finalizar, conviene hablar de HomePlug, que es un estándar de facto que está desarrollándose en EEUU y es promovido por la *HomePlug Powerline Alliance* (<http://www.homeplug.org/>), organización compuesta por un grupo numeroso de empresas en su mayoría estadounidenses que han adquirido el compromiso de crear especificaciones que promuevan y aceleren la demanda de esta tecnología. El espectro de trabajo de las especificaciones HomePlug está comprendido entre los 4,3 y los 20,9 MHz, con técnica de modulación OFDM, y capacidad de transmisión situada en el entorno de los 14 Mbit/s. El enfoque completamente *indoor* que ha estado siguiendo no contempla la separación de bandas de frecuencia, lo que aleja a HomePlug de la tendencia normativa que actualmente se promueve en Europa.

Pueden utilizarse filtros que eliminen ruidos parásitos por toda la red y que aislen equipos problemáticos y protejan servicios que puedan ser interferidos

3.- Infraestructura PLC

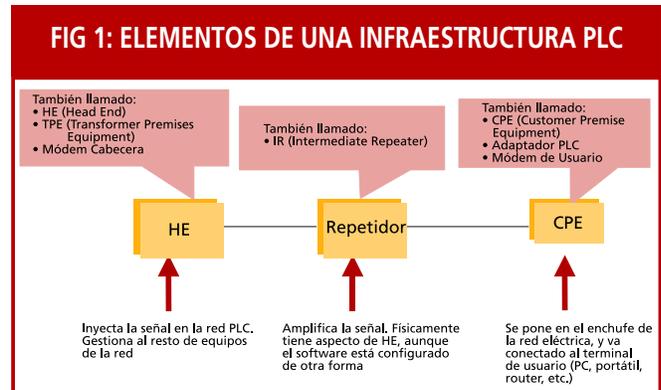
El componente principal en la topología de una red PLC es el HE (*Head End*), que se suele denominar también TPE (*Transformer Premises Equipment*) o módem de cabecera. Este equipo actúa como maestro y autentica, coordina la frecuencia y actividad del resto de equipos que conforman la red PLC de forma que se mantenga constante en todo momento el flujo de datos a través de la red eléctrica. Además permite conectar al sistema con la red externa (WAN, internet, etc.) por lo que es el interfaz



Se suelen distinguir dos vertientes de aplicación de la tecnología PLC: acceso a Internet y red de área local

adecuado entre la red de datos y la red eléctrica. La elección de su ubicación es un aspecto clave de la arquitectura de una red PLC, ya que es esencial que la inyección de datos se produzca de forma ventajosa y permita proporcionar la máxima cobertura posible dentro de la red.

El CPE (*Customer Premises Equipment*), también conocido como adaptador o módem de usuario permite conectar un equipo a la red de datos establecida gracias al HE. Su misión es convertir cada toma eléctrica en un punto de red al cual poder conectar un equipo informático.



Tanto el HE como el CPE poseen una serie de elementos encargados de filtrar y separar la corriente alterna eléctrica (50–60 Hz de frecuencia) de las señales de alta frecuencia, que son las que soportan los servicios de vídeo, datos, voz, etc.

En función de la solución PLC empleada, así como de la calidad y nivel de ruido de la instalación eléctrica de baja tensión, la distancia entre equipos oscila entre los 150 metros y los 400 metros sin necesidad de dispositivos intermedios regeneradores. Para los casos en los que el tendido eléctrico supera esas distancias se utilizan repetidores (IR, *Intermediate Repeater*), extendiendo así el alcance de la red. Estos dispositivos regeneran la señal, altamente degradada por la atenuación provocada por los cables eléctricos, asegurando la calidad en el enlace PLC. Por tanto, el repetidor aumenta la cobertura del servicio ofrecido y consigue unos elevados valores de *throughput* en lugares alejados del HE.

4.- Ámbitos de Aplicación

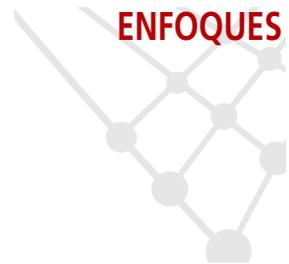
Como ya se adelantó se suelen distinguir dos vertientes de aplicación de la tecnología PLC: acceso a Internet, también llamada *outdoor*, y red de área local o *indoor*.

4.1.- Acceso a Internet

El acceso a Internet mediante PLC es referido por algunos fabricantes como “tramo de calle” y utiliza las frecuencias comprendidas entre 3 y 12 MHz, que son, dentro del espectro PLC, aquellas con mejor respuesta a la distancia.

Para utilizar PLC como acceso, en los centros de transformación de media a baja tensión de las compañías eléctricas deben instalarse los dispositivos HE de PLC, comunicados a su vez con el proveedor de servicios de Internet generalmente a través de conexiones de fibra óptica. Estos terminales pueden ubicarse en la estación con una estructura típica de rack, y cada uno de ellos puede ofrecer servicio a unos 50 usuarios típicamente.

Habitualmente la señal PLC que llega a los domicilios ha de ser amplificada mediante repetidores, los cuales suelen ubicarse en los cuadros de distribución de los edificios, justo después de los contadores. En el caso de edificios de gran altura puede ocurrir que la señal llegue sin problemas hasta un cierto



piso, pero que el nivel de degradación limite su empleo a partir de ahí. Circunstancias análogas pueden tener lugar en edificios de topología complicada y que por tanto impongan amplias distancias eléctricas. En ambos casos se requiere la instalación de un repetidor adicional, o bien la configuración del módem de alguno de los clientes como repetidor para el resto de usuarios.

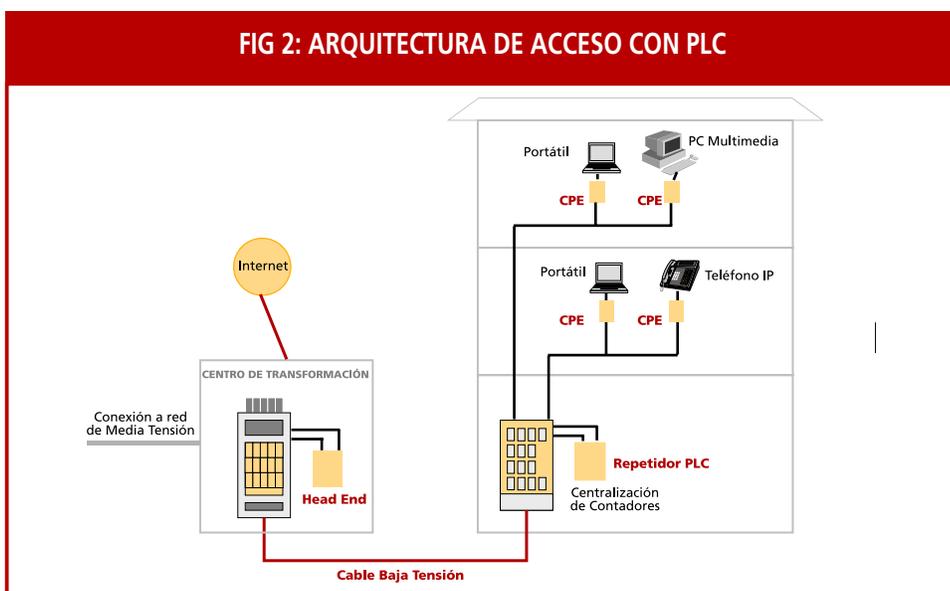
Algunos países, entre ellos España, están siendo escenario de pilotos y despliegues comerciales limitados de este modelo de solución PLC. Puesto que las señales de datos PLC no soportan una transformación de tensión, los centros de transformación deben contar con dispositivos HE. Así, la inversión necesaria por usuario está directamente relacionada con el número de domicilios servidos por cada transformador de media a baja tensión. Curiosamente, la estructura de las redes de media y baja tensión de los países de la Unión Europea facilita el modelo de negocio del PLC, ya que la media de domicilios servidos por un centro de transformación se encuentra situada entre 300 y 400, número muy superior al que se da en los Estados Unidos. Esta es una de las causas fundamentales de que el nicho del mercado PLC en el país norteamericano se encuentre en la vertiente *indoor*.

4.2.- PLC como Red de Área Local

En los domicilios las señales de baja frecuencia (50 o 60 Hz, en función de la red) son las encargadas de la transmisión de la energía, mientras que el PLC utiliza el rango espectral comprendido entre 13 MHz y 30 MHz (frecuencias con mejor respuesta frente al ruido) para transmitir datos, siendo transmitidas ambas simultáneamente a través del cable eléctrico. Típicas fuentes de ruido para la señal PLC en aplicaciones *indoor* son motores, fluorescentes, lámparas halógenas, interruptores, etc.

El PLC en su vertiente *indoor*, convierte la línea eléctrica en una red de área local y saca partido por tanto del hecho de que la infraestructura de conectividad ya existe, y con una instalación muy sencilla puede convertirse cualquier toma eléctrica en un auténtico puerto de datos.

Algunos países, entre ellos España, están siendo escenario de pilotos y despliegues comerciales limitados de este modelo de solución PLC



A través de la red eléctrica y con los dispositivos PLC adecuados se pueden comunicar dos o más ordenadores entre sí sin necesidad de realizar nuevos cableados. El esquema es análogo al del PLC *outdoor* y se ajusta a la configuración básica ya descrita, en la que un HE se instala siempre en cabecera,



A través de la red eléctrica y con los dispositivos PLC adecuados se pueden comunicar dos o más ordenadores entre sí sin necesidad de realizar nuevos cableados

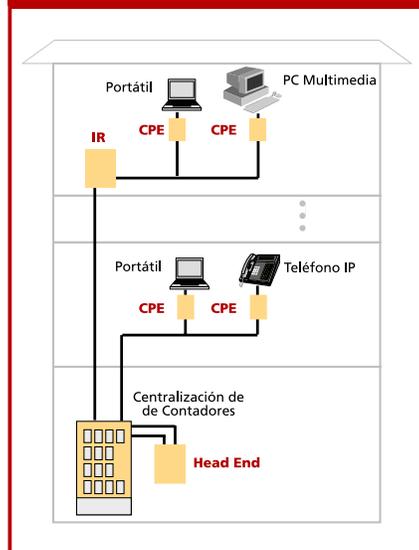
con tantos módems CPE como usuarios. En este caso el HE debe situarse en el cuadro eléctrico del edificio, en donde se encuentra la acometida principal y tras los contadores de la compañía eléctrica. Conviene inyectar la señal después del interruptor de potencia principal con el objeto de minimizar interferencias. El resto de la instalación PLC sigue los parámetros ya comentados al hablar de la aplicación *outdoor*: se disponen tantos módems PLC de usuario como puntos de red se desean y se utilizan repetidores para mejorar la calidad de la señal en todos aquellos casos en que sean necesarios.

5.- Situación Actual y Perspectivas

Pese a que en la Comunidad Europea existen numerosas experiencias y cada vez más desarrollos, solamente ha empezado a ofertarse comercialmente servicios PLC (sobre todo en su vertiente *outdoor*) en unos pocos países como Alemania, Austria e Islandia.

Algunas compañías eléctricas europeas unen sus esfuerzos en alianzas como la PUA (*PLC Utilities Alliance*) creada a finales de 2002 y que trabaja para establecer un marco normativo y regulatorio y crear un estado de sensibilización social en torno a esta tecnología.

FIG 3: ARQUITEC. DE RED LOCAL CON PLC



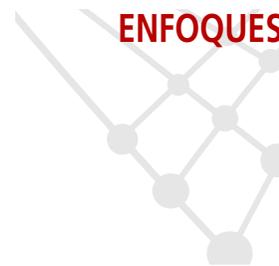
En general las compañías eléctricas solicitan de la Comisión Europea apoyo para garantizar que esta tecnología sea tratada de forma equitativa a otras de banda ancha y que se establezca una regulación favorable y estable para que los inversores se sientan seguros. Afirman que la tecnología PLC ha sufrido un proceso de evolución en los últimos dos años que ha propiciado su madurez, y se encuentra lista para ser comercializada. Proporcionar un servicio amplio con esta red supondría una inversión significativa pero moderada con respecto a otras tecnologías.

La regulación del espectro de trabajo ayudaría a superar algunos problemas con los que la tecnología PLC ha de enfrentarse habitualmente. Entre ellos destaca la polémica suscitada por la generación de interferencias en otros servicios: por ejemplo, en España, según el CNAF (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias), cuya versión actual fue aprobada por orden ministerial CTE/2082/2003, de 16 de julio, las frecuencias habituales de trabajo del PLC coinciden con aquella parte del espectro asignado a otros servicios de radiocomunicación y radiodifusión,

como son los Servicios de Emergencias, Protección Civil, Radioaficionados, comunicaciones aeronáuticas y marítimas, etc.

Según algunos usuarios de estos servicios los cables eléctricos de los edificios no están debidamente aislados para transportar señales de datos, y actúan como elementos radiantes emitiendo señales que causan interferencias.

Apoyan su argumentación indicando que en otros países del mundo como Estados Unidos o Japón las autoridades regulatorias han mostrado en algún momento reservas a la hora de permitir la expansión



generalizada de esta tecnología, ante el potencial impacto negativo que las interferencias que eventualmente se generen puedan producir en otros servicios.

Sin embargo, en ambos casos se están dando pasos hacia la adopción de la tecnología PLC. Así, por ejemplo, si bien es cierto que la regulación en Japón recogía por ley la prohibición de hacer cualquier prueba radioléctrica en la banda de los MHz., desde hace 4 años sufre un proceso de aperturismo, llevado a la práctica en *trials outdoor* en entornos controlados con buenos resultados, que están llevando al regulador japonés, adscrito al MPMHAPT, *Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications* (<http://www.soumu.go.jp>) a autorizar la proliferación de dichas pruebas.

En el caso de EEUU, el mercado PLC *outdoor* (también llamado allí BPL, *Broadband Power Line*) muestra un desarrollo embrionario, pero no sería justo imputar este hecho a la constatación de las interferencias generadas por esta tecnología. Una razón más verosímil tiene que ver con la viabilidad del negocio: el modelo de distribución eléctrico americano, con escaso número de usuarios por centro de transformación de media a baja tensión, no es favorable al despliegue *outdoor*, sino al *indoor*, el cual goza de buena salud promovido por la *HomePlug PowerLine Alliance*. No obstante, las compañías eléctricas tienen autorización para suministrar servicios PLC *outdoor* (incluso HomePlug anuncia la creación de un estándar *outdoor*), y se puede decir que actualmente EEUU se encuentra en una fase de desarrollo inicial, similar a la que existe en España. Este desarrollo del PLC *outdoor* cuenta con la oposición de algunos organismos, como la FEMA, *Federal Emergency Management Agency* (<http://www.fema.gov/>), lo que ha llevado a la FCC, *Federal Communications Commission* (<http://www.fcc.gov/>), a ser cautelosa en la regulación del PLC.

Actualmente, Red.es se encuentra implantando una serie de centros educativos piloto con el propósito de que se constituyan en un conjunto de centros de referencia para el empleo de la tecnología

6.- La Experiencia de Red.es

Red.es (www.red.es), Entidad Pública Empresarial adscrita al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo a través de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, está acercando los servicios de la Sociedad de la Información a entornos rurales, bibliotecas y centros escolares de educación primaria y secundaria a lo largo de todo el territorio español por medio de sus Programas de Fomento de la Sociedad de la Información, como son el programa Internet Rural (<http://internetrural.red.es/>), el programa Internet en las Bibliotecas (<http://internetenlasbibliotecas.red.es/>), o el programa Internet en la Escuela (<http://internetenlaescuela.red.es/>).

Actualmente, Red.es se encuentra implantando una serie de centros educativos piloto con el propósito de que se constituyan en un conjunto de centros de referencia para el empleo de la tecnología, tanto equipamiento como contenidos y conectividad de banda ancha a Internet, en el proceso enseñanza-aprendizaje.

Si bien desde hace algunos años se han venido realizando ciertas experiencias piloto con tecnología PLC (sobre todo en la vertiente de acceso) en España, Red.es ha considerado de interés someter a prueba la actual tecnología PLC *indoor* en el marco de centros educativos con los siguientes objetivos:

- Analizar su capacidad como solución tecnológica.
- Valorar el impacto producido por su implantación en un centro educativo.
- Confirmar la tecnología actual como una alternativa válida y/o compatible con otras soluciones.
- Evaluar los costes asociados al despliegue y operación de dicha tecnología.

Los pilotos en marcha actualmente son dos, pero con la posibilidad de que este número se incremente en el futuro inmediato. Estos pilotos se centran en la creación de una red de datos interna, mientras que se conserva la infraestructura de acceso a Internet de la que ya dispone el centro, generalmente ADSL.



Red.es ha considerado de interés someter a prueba la actual tecnología PLC indoor en el marco de centros educativos

Para llevar a la práctica los dos proyectos piloto, Red.es cuenta con la colaboración de sendas empresas del sector, Soluziona Telecomunicaciones (<http://www.soluziona.es/>) y Dominion Ingeniería de Proyectos (<http://www.dominion.es/>). La participación de estas compañías se concretó tras un proceso de consultas con la industria.

El enfoque de Red.es en estos pilotos no pasa por reemplazar en su totalidad la infraestructura tecnológica del centro escolar, sino que pretende introducir PLC como un elemento más de una solución LAN mixta, en la que convivan tramos de cableado tradicional y partes inalámbricas Wi-Fi, con tramos de transmisión de datos por red eléctrica PLC.

6.1 Descripción de los Pilotos

En la actualidad existen dos centros piloto operativos, ubicados en las comunidades de Madrid y de Castilla y León, y está prevista la próxima implantación de sendos centros piloto adicionales en las comunidades de Andalucía y Aragón.

• Colegio Virgen de la Peña

Red.es ha abordado este proyecto piloto en colaboración con la empresa Dominion. El centro educativo ha sido aportado para esta iniciativa por la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León, y se encuentra ubicado en Sepúlveda (Segovia).

El centro escolar consiste en un edificio con dos plantas en una finca cuyo origen data del año 1936, y con capacidad superior a 300 alumnos. El sistema eléctrico consta de dos ramales, cada uno de los cuales dispone de un solo cuadro de distribución.

Para la instalación de este piloto se han utilizado prototipos de equipos PLC de segunda generación con capacidad de alcanzar hasta 130 Mbit/s de *throughput*.

La dotación que ha sido instalada en el centro es la siguiente:

- Un módem de cabecera (HE).
- Siete módems PLC de usuario o terminales (CPE).

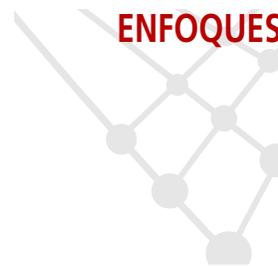
Se instaló el HE de forma que inyectase la señal en los cuadros de distribución situados en la planta baja, y con ello se cubrieron las necesidades de conectividad de todo el edificio. Es de destacar, que pese a la antigüedad de la instalación eléctrica, se proporcionó cobertura a la integridad del centro sin necesidad de repetidores, lo que permite confiar en la capacidad de esta tecnología para dar servicio a escenarios de envergadura sin necesidad de multiplicar el equipamiento empleado.

• IES Isabel la Católica

Red.es ha abordado este proyecto piloto en colaboración con la empresa Soluziona. El centro educativo ha sido aportado para esta iniciativa por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, y se encuentra ubicado en Madrid capital.

El centro escolar consta de cinco edificios de hasta cinco plantas. Toda la finca es antigua y alberga un número superior a 1.500 alumnos.

Para la instalación de este piloto se ha utilizado equipamiento PLC de primera generación con capacidad de alcanzar hasta 36 Mbit/s de *throughput*.



La instalación piloto proporciona conectividad mediante PLC a los cinco edificios de los que consta el complejo escolar. Para ello se conectó el HE en la acometida eléctrica principal y se usaron equipos repetidores en el resto de edificios. Una vez instalados estos se obtuvo cobertura PLC en toda la red eléctrica y los módems de usuario pudieron instalarse sin problemas.

La dotación que finalmente ha sido instalada en el centro es la siguiente:

- Un módem de cabecera (HE).
- Cuatro equipos repetidores (IR).
- Catorce módems PLC de usuario o terminales (CPE).

Conviene destacar que al conseguir cobertura total inyectando la señal en un punto y con cuatro repetidores, la solución PLC se vislumbra como una alternativa muy adecuada para lograr conectividad entre edificios distintos de un mismo complejo que comparten una única red eléctrica de baja tensión.

6.2 Proceso de Instalación

En cada uno de los centros la puesta en marcha del piloto se ha realizado en las siguientes fases:

- **Reconocimiento de la red eléctrica.** Puesto que no se ha dispuesto de esquemas bifilares, ha sido necesario un reconocimiento en campo de la red eléctrica con el objeto de identificar las fases en las diferentes áreas del centro y realizar un mapa de dicha red en el que basarse para realizar la instalación. En función de las dimensiones y las circunstancias del centro estas actividades pueden extenderse más o menos en el tiempo, pero el reconocimiento no suele durar más de dos jornadas.
- **Instalación del módem de cabecera.** El HE o módem de cabecera ha de instalarse estratégicamente situado de forma que la señal inyectada en un sólo punto consiga conectividad en todo el centro. Consideraciones adicionales tales como que se ubique físicamente en un lugar seguro y protegido son también importantes.

En los pilotos la inyección de la señal del módem de cabecera sobre la red eléctrica se ha realizado después del contador y antes de los cuadros de distribución del centro. Una vez realizada la inyección se pudo verificar que los parámetros de señal observados eran adecuados para poder disponer de conectividad PLC en todo el edificio.

- **Comprobaciones de cobertura.** A continuación se pasó a verificar el grado de cobertura de la señal PLC en la red eléctrica de los centros, lo que permitió comprobar la calidad de la transmisión en los diferentes puntos y la evaluación tanto de la necesidad de eventuales equipos repetidores en la red PLC como la posible ubicación de los mismos.
- **Realización de un mapa de la red PLC.** Una vez realizadas las pruebas pertinentes se procedió a configurar un mapa de la red PLC, con todos los datos sobre la ubicación del HE, los repetidores y los equipos de usuario.
- **Instalación de Equipos.** Finalmente se procedió a la instalación de los equipos CPE en sus correspondientes ubicaciones.

6.3 Resultados

Los pilotos emprendidos pueden considerarse experiencias prácticamente inéditas en el sector PLC en España, sobre todo teniendo en cuenta que la mayor parte de las actuaciones realizadas hasta la fecha se han ocupado de la vertiente *outdoor*.

La solución PLC se vislumbra como una alternativa muy adecuada para lograr conectividad entre edificios distintos de un mismo complejo que comparten una única red eléctrica de baja tensión



◆
Los pilotos
emprendidos
pueden
considerarse
experiencias
prácticamente
inéditas en el sector
PLC en España

Los pilotos tendrán aproximadamente un año de duración, durante el cual serán objeto de diversas evaluaciones que incluirán pruebas de disponibilidad, rendimiento, radioeléctricas, tests de satisfacción, etc. No obstante, y a la espera del análisis final de dichas evaluaciones, puede extraerse una serie de resultados preliminares:

En los dos centros se ha hecho frente al mismo problema: los edificios son antiguos y tienen una instalación eléctrica bastante deteriorada y que ha crecido de forma poco controlada. En general no hay esquemas eléctricos, lo cual implica tener que trabajar sobre campo algunos días hasta que se caracteriza toda la instalación eléctrica existente.

Los procesos de instalación fueron desarrollados con facilidad y rapidez, con una duración que, incluyendo las pruebas, no superó los 3 días. Es de destacar que la ausencia de esquemas eléctricos de los edificios obligó a emplear una buena parte del tiempo en determinar la topología de la red eléctrica. Además se realizaron pruebas de conectividad en todos los puntos para documentar los *throughputs* que se alcanzaron. Es de esperar que disponiendo de un plano actualizado de la red eléctrica, el tiempo de instalación disminuya considerablemente, incluida la realización de las pruebas básicas.

Por último, el *throughput* a nivel físico obtenido alcanza unos niveles altos y en línea con el *throughput* nominal de la tecnología, en general por encima de las expectativas creadas por una instalación eléctrica antigua y en buena medida desconocida.

7.- Conclusiones

En el análisis de soluciones tecnológicas de banda ancha que puedan actuar como alternativa o complemento a otras tecnologías más maduras en el campo de las redes de área local, el PLC puede competir en prestaciones con las técnicas de cableado estructurado tradicional y el empuje de las redes inalámbricas. Adicionalmente, al hacer uso de una infraestructura ya existente y muy extendida (muy superior incluso a la línea telefónica), representa una solución muy valiosa para ser utilizada en aquellos casos en los que la instalación de redes no resulte viable por razones económicas o normativas.

En un futuro próximo, la evolución de la tecnología PLC ofrecerá un mayor ancho de banda y una reducción del tamaño de los equipos, así como la integración de tarjetas PLC en los ordenadores, aprovechando así el cable de la fuente de alimentación de los mismos para la conexión a la red de datos. También es previsible la integración de tecnologías PLC e inalámbricas en redes mixtas, con dispositivos híbridos PLC-WiFi.

Mientras se completa el marco normativo y regulatorio, es de esperar que las diversas iniciativas que se están llevando a cabo, entre ellas los proyectos piloto de la Entidad Pública Empresarial Red.es, ayuden a perfilar el papel que la tecnología PLC puede desempeñar en el marco de los Programas para el Desarrollo de la Sociedad de la Información en España.

Juan Ramón González Puyol

(juanramon.gonzalez@red.es)

Fco. Javier García Vieira

(francisco.garcia.vieira@red.es)

Dirección de Programas.

Entidad Pública Empresarial Red.es