

“Diseño e implementación de la última milla del servicio de INTERNET usando las redes eléctricas de media y baja tensión de un sector de la ciudad de Guayaquil usando la tecnología Power Line Communications (PLC)”

Antonio Chong Escobar¹, José Menéndez Sánchez², Rebeca Estrada³

¹Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones 2006

²Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones 2006

³Directora de Tesis de Graduación. Ingeniera en Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Maestría en telecomunicaciones, Instituto tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, 1998. Profesora de ESPOL desde 1998.

RESUMEN

Actualmente Power Line Communications (PLC) es una de las tecnologías más rápidas para el acceso a INTERNET y otras aplicaciones relacionadas a la transmisión de datos en el tramo de la última milla. PLC es una opción atractiva pues consiste en utilizar las redes eléctricas de media y baja tensión ya existentes para transmitir los datos, de este modo no requiere infraestructura adicional evitando invertir en este aspecto. De esta forma, todos los tomacorrientes se pueden utilizar como nodos. Esto otorga movilidad a sus clientes, solo tienen que desconectar sus MODEM's PLC y llevarlos a su nueva ubicación.

Antes del planteamiento de esta Tesis no se había verificado si la tecnología PLC podía ser empleada en las redes eléctricas de nuestro país, por ello esta Tesis de graduación tuvo como objetivo principal verificar si las redes eléctricas de media y baja tensión de la ciudad de Guayaquil podían ser utilizadas para transmitir datos que provengan de un ISP y de esta manera contar con un nuevo acceso al servicio de INTERNET, logrando resultados positivos, con lo que se puede generalizar a gran parte de la ciudad puesto que el resto de la misma no presenta gran variedad en topología y materiales usados en su red eléctrica.

Para lograr este objetivo se analizó la configuración de las redes eléctricas de un sector de la ciudad y el modelo de acceso a INTERNET con la tecnología PLC. Luego, se procedió a realizar un diseño prototipo para implementarlo en una de las subestaciones eléctricas de nuestra ciudad. Los equipos que fueron utilizados en la implementación los proporcionó la empresa colombiana Unión Eléctrica de la ciudad de Medellín.

RESUMEN (in English)

Currently Power Line Communications (PLC) es one of the technology faster by the access to INTERNET and other applications regarding to transmission of data across the last mile section. PLC is one of the attractive option due to It consist of to use the electric network of media and low tension by transmitting the data, in this way, it does not require additional infrastructure and avoids to invest in this aspect. In this case, all the power grids can be used by nodes. It grants mobility to their costumers, they only have to disconnect their MODEM's PLC and carry them to its new locations.

Before outlining of this research paper, it had not been verified, if the PLC technology could be used in electric network in our country, that why this research paper had as principal objective verify if the electric network of media and low tension in the city of Guayaquil could be used by transmitting data which come from one ISP and in this way have a new access to INTERNET service, achieving positive results and with this It can generalize to most of the city due to the rest of this does not show much variety about topology and used material in the electric network.

To achieve this objective was analysed the electric network configuration at sector of the city and the model of access to INTERNET with the PLC technology. After that, was realized a prototype design to test in one of the electric sub-station in our city. The equipment were provided by Colombian company "Union Eléctrica" from city of Medellín.

INTRODUCCIÓN

La tecnología que permite la conexión a Internet, y también el envío de datos y las llamadas telefónicas a través de la red eléctrica, se denomina Power Line Communications (PLC, antes llamada PLT o Power Line Telecommunications), y su principal ventaja es que para llegar a los hogares utiliza una infraestructura ya existente.

En la actualidad la tecnología PLC (Power Line Communications) es una de las soluciones más rápidas para el acceso a Internet y otras aplicaciones relacionadas a la transmisión de datos en el tramo de la última milla.

PLC es una opción atractiva pues consiste en utilizar las redes eléctricas (de media y baja tensión: 13.8 KV y 120V respectivamente) ya existentes para transmitir datos. Lo que significa que no requiere infraestructura adicional, lo que evita invertir en este aspecto. De esta forma, todos los tomacorrientes de una oficina se podrán utilizar como nodos. Esto otorga movilidad a los usuarios, sobre todo al cambiar de ubicación, solo tienen que desconectar sus MODEMs PLC y llevarlos a su nueva ubicación.

Un ISP proporciona los datos a un terminal de onda portadora el cual se ubica en una subestación eléctrica y se conecta a las redes de media tensión, por estas redes viajan juntas la señal eléctrica a 60 Hz y la señal de datos a una alta frecuencia con el propósito de que no se vean afectadas entre si [2].

Desde hace varios décadas las empresas eléctricas en varios países han usado este tipo de envío y recepción de datos solo para uso interno (dentro de la propia empresa) con lo cual se envía datos de sus propios equipos para control; pero actualmente, luego de varias pruebas piloto, este sistema orientado a brindar un acceso a Internet a alta velocidad se comercializa en varias ciudades de España como Madrid, Barcelona, Zaragoza y en otros países como México, Chile se siguen haciendo pruebas para verificar la factibilidad de comercializar este servicio.

Ya que en Ecuador no se ha realizado este tipo de pruebas con las redes eléctricas, este proyecto de tesis tiene como propósito hacer las pruebas necesarias con las redes eléctricas de media y baja tensión del país y verificar si el acceso Internet a través de las mismas es factible, para ello se ha solicitado equipos de esta tecnología (PLC) a países que ya tienen experiencia en este campo.

CONTENIDO

DISEÑO DEL SISTEMA

Se deben analizar las dos redes sobre las que funcionará PLC, esto es, la red eléctrica y la red de datos proporcionado por el proveedor de servicios de Internet (ISP).

Al realizar el análisis de la red eléctrica se debe considerar valores tales como: niveles de voltajes, niveles de corrientes, frecuencia a la que se transmite la señal, topología de las redes tanto de baja como de media tensión, impedancias de las líneas, número de usuarios promedio por cada transformador de distribución, número de alimentadoras dentro de la subestación eléctrica para un crecimiento futuro del sistema.

Con respecto a la red de datos se debe realizar el análisis de la forma más idónea para la recepción de la señal de Internet en la subestación eléctrica en la cual se va a instalar la red PLC, esto es, el tipo de enlace entre el ISP y la subestación eléctrica. Se puede considerar enlaces tipo wireless, por fibra óptica entre otros. También se debe analizar las direcciones IP necesarias para establecer la red, así como la clase de estas direcciones, la máscara de red, la dirección IP del gateway para enlazarnos al ISP, el ancho de banda necesario para satisfacer las expectativas de los usuarios, la forma en la que se creará la subred, el análisis las redes privadas necesarias para el funcionamiento de la red PLC y de las direcciones para el control de acceso al medio (direcciones MAC).

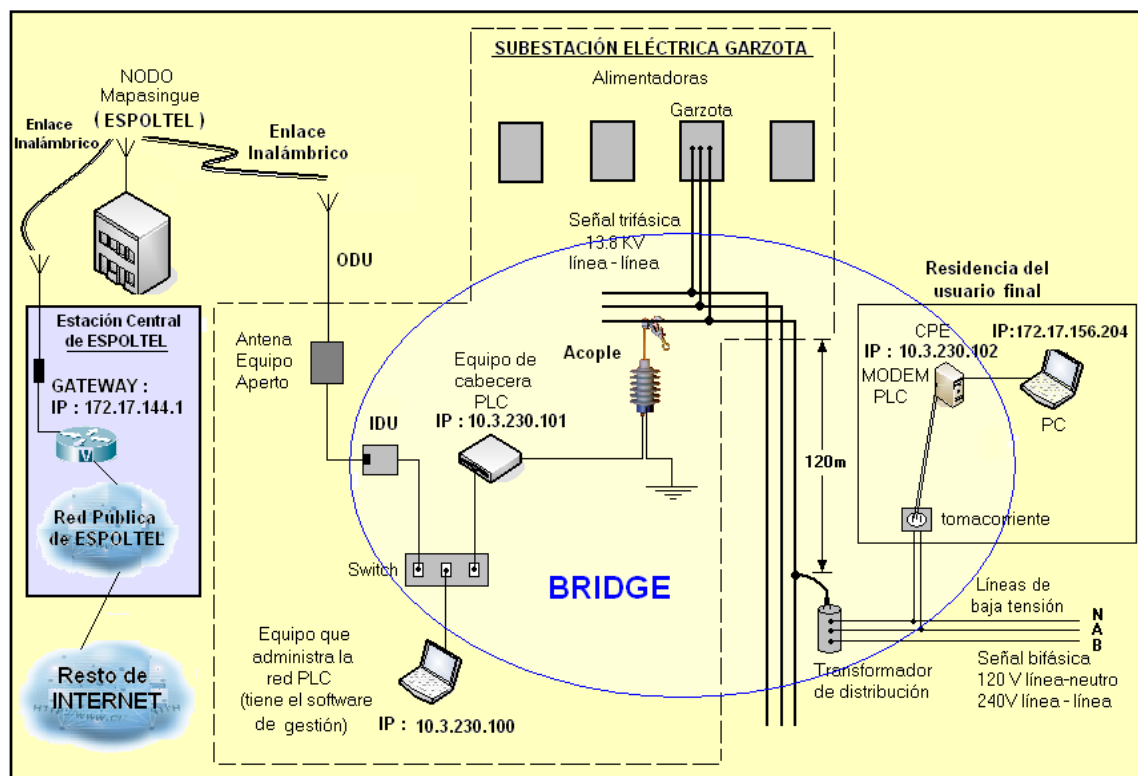


Figura 1 Descripción del diseño demostrativo de la red PLC usando un punto terminal (1PC)

En el diseño demostrativo (figura 1) podemos observar lo siguiente:

- El nodo de ESPOLTEL del que se recibe la señal de forma inalámbrica está localizado en Mapasingue. La dirección IP del Gateway (router) de ESPOLTEL que permite el enlace de la red PLC a la red pública de Internet, es la dirección IP: 172.17.144.1; esta es una dirección IP privada creada por ESPOLTEL dentro de sus subredes.
- La antena con la que se establece el enlace, equipo Aperto, se encuentra instalada dentro de la subestación eléctrica, en un lugar adecuado para tener una buena recepción de la señal. A la salida de este equipo (ODU) se tiene un cable UTP que se conecta a la IDU, y de esta última un cable UTP que ingresa al Switch.
- Se tiene una PC que permite configurar, administrar y gestionar la red PLC, ya que tiene instalado el software PLC. Esta PC se la conecta también al switch.
- Se tiene un cable UTP que conecta el switch a un puerto Ethernet del equipo de cabecera.
- El equipo de cabecera, el cual realiza una modulación OFDM con los datos provenientes de Internet, se conecta a la salida de una de las alimentadoras de la subestación eléctrica, alimentadora Garzota, el nivel de voltaje de estas salidas es de 13.8 KV línea – línea. Esta conexión se realiza a través de un acople capacitivo. En este punto se unen la señal eléctrica de baja frecuencia con la señal de datos de alta frecuencia sin causar distorsión la una a la otra.
- Entre el PC que administra la red, el equipo de cabecera PLC, los equipos repetidores en el caso de que sea necesario su uso y los MODEM PLC (CPE) tenemos una red de área local (LAN), dentro de esta red los equipos emplean direcciones IP privadas para su comunicación. Estas direcciones privadas son escogidas del grupo de direcciones IP reservadas para uso en redes privadas.
- La asignación de las direcciones IP privadas dentro de la red LAN es la siguiente: PC que administra la red: 10.3.230.100; equipo de cabecera PLC: 10.3.230.101; MODEM PLC (CPE) : 10.3.230.102.
- La señal eléctrica y la de datos juntas viajan por todo el tendido eléctrico, cabe recalcar que viajan únicamente por la fase en la que está insertado el acople capacitivo. Conforme avanza el tendido eléctrico la señal de datos se va atenuando. Como el usuario con el que se verifica el funcionamiento de la red está alimentado por el primer transformador de distribución, ubicado a 120 m aproximadamente de la subestación, el nivel de atenuación no hace necesario la utilización de un equipo repetidor.
- Los datos de Internet pasan por el transformador de distribución y avanzan por la red de baja tensión hasta el usuario final. Se estima que al pasar por el transformador existen pérdidas aproximadas de 10 dB.
- El usuario final se conecta al Internet en un tomacorriente usando como intermediario un MODEM PLC. El usuario final de esta prueba se encuentra en una vivienda, dentro de la misma subestación, viajando una distancia total de 240 m, esto es, 120 m a través del tendido de media tensión y 120 m de regreso a través del tendido de baja tensión, sin embargo, estos 240 m están dentro del margen de distancia en el que no es necesaria la utilización del equipo repetidor PLC.

- La PC del usuario tiene como dirección de gateway, la dirección del nodo de ESPOLTEL, dirección IP : 172.17.144.1, y como máscara de red: 255.255.240.0
- Todos los equipos PLC desempeñan la función de un puente (bridge), cuando el usuario se conecta a la red PLC por medio de su MODEM PLC.

Todos los equipos PLC planteados en el diseño son de la marca ILEVO y fabricados por la empresa francesa Schneider y esta a su vez envía los equipos a la empresa colombiana Unión Eléctrica de la ciudad de Medellín [3].

PRUEBAS REALIZADAS CON LOS EQUIPOS EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Para llevar a cabo las pruebas de la tecnología PLC en la ciudad de Guayaquil el grupo que desarrollo esta tesis contó con el soporte técnico de la empresa Colombiana Unión Eléctrica de la ciudad de Medellín. Se realizaron todas las gestiones en la Facultad (FIEC) para contar este soporte técnico. Los equipos que fueron traídos por Unión Eléctrica para realizar las pruebas llegaron en forma de préstamo por 2 días, tiempo en el cual estos ingenieros colombianos permanecieron en nuestro país. Los equipos con los que contamos fueron : equipo de cabecera, equipo repetidores, acoples capacitivos y MODEM para el usuario final.

Ya que para hacer las pruebas se contaba con acoples capacitivos se procedió a realizar todas las gestiones necesarias en la empresa eléctrica de la ciudad de Guayaquil (CATEG) para que se nos asignaran una subestación eléctrica con las características apropiadas de acuerdo a dichos acoples capacitivos. Finalmente CATEG nos asignó la subestación GARZOTA ubicada entre las avenidas Agustín Freire y Antonio Parra Velasco.

Las pruebas de la tecnología Power Line Communications sobre las redes eléctricas de la ciudad de Guayaquil fueron realizadas por primera vez el Jueves 11 de Noviembre de 2005 por este grupo de tesis bajo la dirección de la directora de la misma, la Ing. Rebeca Estrada y con el soporte técnico ya antes mencionado. Cabe resaltar que esta prueba con la tecnología PLC ha sido la primera en ser llevada a cabo en nuestro país. Se contó con el apoyo de la compañía ESPOLTEL para tener la conexión a Internet e inyectarla en la red eléctrica de media tensión en la subestación ya antes mencionada, la velocidad de la conexión a Internet proporcionada por ESPOLTEL fue de 256Kbps.

Adicionalmente se contó con la ayuda de la propia empresa eléctrica en el momento de ubicar los acoples en la red de media tensión, esto se realizó con un carro tipo canasta.



Figura 2 Instalación de los equipos PLC sobre la red eléctrica

Se realizaron pruebas básicas tales como :

- Velocidades promedio de navegación las cuales fueron proporcionadas por una de las páginas de Internet que nos permiten medir la velocidad de acceso al mismo mediante un test (www.bandwidthplace.com/speedtest/dt4.php). Este test nos permite bajar un archivo y al final nos indica la velocidad de descarga. Se bajaron algunos documentos del Internet para realizar esta prueba y se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla I Pruebas con la navegación en INTERNET

# de Prueba	Tasa de transferencia de descarga de archivos	Red eléctrica utilizada
1	157.3 Kbps	Baja tensión
2	91.3 Kbps	Baja tensión
3	145.1 Kbps	Baja tensión
4	248 Kbps	Baja tensión
5	148.8Kbps al mismo tiempo se realiza una llamada a través de un VPN ubicada en Medellín y un CHAT con una persona en Medellín.	Media y baja tensión

- En el sistema operativo DOS se ejecutó el comando ping para verificar la velocidad de respuesta (latencia) que se tenía con la red PLC al acceder al servicio de Internet, esta respuesta fue de 226 ms, este valor se encuentra alrededor del promedio que se tiene en una conexión con cable (fibra óptica) o ADSL, esto significa desde el punto de vista técnico que la red PLC no genera alguna latencia adicional por el hecho de transmitir a través la red eléctrica.
- Tiempo requerido para bajar canciones y videos (sitios que requieren normalmente de banda ancha para poder acceder sin problemas). Reproducción

de canciones. En esta prueba se consiguió velocidades de reproducción de 118Kbps.

- Sintonización de emisoras de otros países. Aquí se navegó a velocidades de 64, 96 y 128 Kbps.
- Utilización de la red PLC como medio para realizar una llamada telefónica hacia Colombia. En esta prueba la llamada salió vía Internet por las redes eléctricas de la subestación de Guayaquil y llegó a Colombia a una red de voz VPN (conexión de telefonía IP) administrada por la compañía Unión Eléctrica proveedora de los equipos utilizados en las pruebas.

Podemos observar que la red PLC diseñada y puesta en funcionamiento llegó en ciertos momentos a una velocidad cercana a la máxima velocidad de acceso a Internet proporcionada por ESPOLTEL, esto es 256Kbps, sin embargo también podemos observar que en otras pruebas solo se consiguió en promedio solo la mitad de dicha velocidad; esto se debe a varios factores tales como la velocidad de la página de Internet a las que estamos ingresando, puesto que esto depende del número de usuarios que estén accediendo a la misma en todo el mundo, el número de usuarios que estén compartiendo la conexión de Internet entregada por el ISP, entre otros factores.

CONCLUSIONES

El presente trabajo, fruto de investigación y dedicación, se proyecta a ser un referente en los proyectos de graduación, a ser la tea del emprendimiento y motivación por lo novedoso, por lo que queda la satisfacción del trabajo cumplido cuando caemos en cuenta que los principales objetivos fueron alcanzados:

- Se demostró que las redes eléctricas de media y baja tensión de un sector de Guayaquil pueden ser utilizadas para transmitir datos que provengan de un ISP con lo que se puede generalizar a gran parte de la ciudad puesto que el resto de la misma no presenta gran variedad en topología y materiales usados en su red.
- Con el primer objetivo alcanzado se concluye también que nuestra comunidad puede contar con un nuevo acceso al servicio de Internet basado en la tecnología PLC.
- Se pudo describir la funcionalidad y consistencia de la tecnología PLC con una de sus aplicaciones más importantes, la navegación en INTERNET, en la que se alcanzó velocidades altas, consideradas en el rango de la denominada "banda ancha".
- Se proporcionó una nueva alternativa de acceso a los servicios de la red de datos con una conexión de banda ancha que puede superar las velocidades de las tecnologías ya existentes.
- Al realizar un análisis comparativo de velocidades de conexión y costos entre los diferentes medios para acceder al servicio de Internet, y consecuentemente de la aplicación en el mercado ecuatoriano, se verifica que PLC es una tecnología rentable en Guayaquil para un proveedor de servicios de INTERNET (ISP).

- Con todo lo mencionado anteriormente, se creó también, el interés de recurrir a usar PLC cuando se piense servicios de datos.

REFERENCIAS

1. Antonio Chong Escobar, José Menéndez Sánchez, “Diseño e implementación de la última milla del servicio de Internet usando las redes eléctricas de media y baja tensión de un sector de la ciudad de Guayaquil usando la tecnología Power Line Communications (PLC)” (Tesis, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006)
2. Halid Hrasnica, Abdelfatteh Haidine, Ralf Lehnert, Broadband PowerLine Communications (1era edición, England, John Wiley & Sons Ltd, 2004) pp. 1-5
3. Empresa Colombiana Unión Eléctrica, 2004 ,Equipos PLC, <http://www.unionelectrica.com.co/equipos-powerline-communications.pdf>