

PLC Network Wizard 1.0: Un asistente para el diseño de redes LAN sobre Power Line Communications

José Antonio Vesga Barrera
Corporación Universitaria de Ciencia y Desarrollo

Martha Fabiola Contreras Higuera
Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Fecha de Recepción: 17/07/16 – Fecha de Aceptación: 03/10/16

Resumen

Desde el punto de vista tecnológico, el hacer uso de la red eléctrica como medio físico de transmisión ha sido considerado como una excelente alternativa en la prestación de servicios de interconexión de última milla. El uso de adaptadores de red basados en PLC facilitan el diseño de redes LAN y comunicaciones de banda ancha a través de la red eléctrica, convirtiendo cualquier toma corriente en un punto de conexión para el usuario, sin la necesidad de cableados adicionales a los existentes.

El rendimiento es sin duda uno de los aspectos de mayor interés dentro del análisis global en las redes LAN, debido al efecto que éste produce sobre el usuario final. Usualmente, los parámetros más comunes para evaluar el rendimiento de una red son: *Throughput*, utilización del canal y diversas medidas de retardo.

En este artículo se presenta el análisis de los resultados obtenidos en la implementación de un modelo empírico para predicción de *Throughput* y *Jitter* bajo el estándar HomePlug 1.0, arrojando como resultado el diseño de un aplicativo software denominado PLC Network Wizard. El aplicativo busca evaluar el rendimiento de la red PLC implementada, considerando la influencia de cada uno de los siguientes factores: el número de estaciones activas en la red, la distancia entre ellas y el tamaño del paquete; bajo las condiciones de la red eléctrica existentes en ambientes corporativos y residenciales, acorde con los modelos empíricos de estimación para *Throughput* y *Jitter* propuestos.

Palabras clave: Throughput, Jitter, Modelo, Empírico, PLC, HomePlug

Abstract

From the technological point of view, making use of the grid as a physical means of transmission has been

considered as an excellent alternative in the provision of interconnection of last mile services. The use of network adapters based on PLC facilitate the design of LAN networks and broadband communications through the electrical network, making any outlet in a point of connection for the user, without the need for wiring additional to existing ones.

The performance is without doubt one of the aspects of greatest interest in the global analysis in networks LAN, due to the effect it produces on the end user. Usually, the most common parameters for evaluating the performance of a network are: Throughput, use of the canal and various measures of retardation.

This article presents the analysis of the results achieved in the implementation of an empirical model for prediction of Throughput and Jitter under the HomePlug 1.0 standard, throwing an applicatif software design as a result called the PLC Network Wizard. The application seeks to assess the performance of the PLC network implemented, whereas the influence of each of the following factors: the number of active workstations in the network, the distance between them and the size of the package; under conditions of the electricity grid in corporate and residential environments in accordance with the proposed empirical models of Throughput and Jitter estimate.

Keywords: Throughput, Jitter, model, empirical, PLC HomePlug

I. INTRODUCCION

Power Line Communications (PLC) hace referencia a un conjunto de tecnologías que permiten establecer procesos de comunicación bajo el uso de la red eléctrica como medio físico de transmisión. El uso de la red eléctrica como medio físico de transmisión de información no es una idea nueva. Hasta hace unos años, el uso de PLC se había limitado a la implementación de soluciones de control, automatización y

monitoreo de sensores; las cuales no requerían de un gran ancho de banda para su funcionamiento.

Durante finales de los años noventa, debido a los nuevos desarrollos tecnológicos y la necesidad de implementar nuevas alternativas para transferencia de información, fue posible alcanzar velocidades en el orden de los Mbps, estableciéndose la posibilidad de hacer uso de la red eléctrica como una red de acceso. El estado actual de la tecnología PLC permite alcanzar velocidades de hasta 200 Mbps, lo que ha permitido la transformación de la red eléctrica en una auténtica red de banda ancha, capaz de soportar servicios de datos, voz y vídeo ofrecidos por un operador de telecomunicaciones.

Diversas organizaciones a nivel mundial han demostrado interés en la tecnología PLC, mediante la creación de grupos de trabajo y foros que como el PLC forum apoyan y fomentan el desarrollo y la normalización de esta tecnología. Actualmente, los grupos más importantes que existen son: el PLC forum, la Universal Powerline Association (UPA), la PLC Utilities Alliance (UPA) y la Home Plug Alliance. Por otro lado, el creciente interés de la tecnología PLC en Colombia, desde el punto de vista académico y empresarial se ha ido consolidando a partir de los últimos años, donde se ha contado con el apoyo del Estado y la empresa privada

El uso de la tecnología PLC en el ámbito de las redes de datos, debe ser considerado como una solución complementaria en relación con las demás tecnologías de acceso existentes, y no como una forma de reemplazarlas. Ya que cada una de ellas brinda una solución característica acorde con el contexto y las necesidades del usuario.

Desde el punto de vista tecnológico, la utilización de la red eléctrica como medio físico de transmisión ha sido considerada como una excelente alternativa en la prestación de servicios de interconexión de última milla. El uso de adaptadores de red basados en PLC facilitan el diseño de redes LAN y comunicaciones de banda ancha a través de la red eléctrica, convirtiendo cualquier toma corriente en un punto de conexión para el usuario, sin la necesidad de cableados adicionales a los existentes.

La red eléctrica es una estructura que hasta el momento ha sido utilizada exclusivamente para el transporte de energía. Sin embargo, es posible hacer uso de esta gran red en procesos de comunicación y transmisión de información tales como: voz, datos y video; teniendo en cuenta que la red eléctrica no había sido concebida para tal fin.

El rendimiento es sin duda uno de los aspectos de mayor interés dentro del análisis global en las redes LAN, considerando el efecto que éste produce sobre el usuario final. El rendimiento puede ser definido según diversos puntos de vista, permitiendo con ello, incorporar otras formas de evaluación dependiendo del objeto de interés en particular. Básicamente, los parámetros más comunes para

evaluar el rendimiento de una red son: *Throughput*, utilización del canal y diversas medidas de retardo.

Throughput, se define como la capacidad de un enlace de transportar información útil. En otras palabras, representa “la cantidad de información útil que puede transmitirse por unidad de tiempo”. Este puede variar en una misma conexión de red dependiendo del protocolo usado para la transmisión (TCP o UDP) y el tipo de datos de tráfico (HTTP, FTP, etc.). La expresión matemática que por definición describe éste parámetro. [1]

$$Thr = \frac{L_M - L_C}{[T_M + T_{ACC}]} \quad (1)$$

L_M : Longitud total del mensaje

L_C : Bits de control del mensaje

T_M : Tiempo de transmisión del mensaje

T_{ACC} : Tiempo de acceso al medio

Otra de las variables que se tomó en consideración en el experimento es el *Jitter*, el cual es la variación en los retardos en la llegada de los paquetes entre su origen y el destino, usualmente producida por congestión de tráfico en algún punto de la red. También se considera como la diferencia en el tiempo de tránsito de paquetes cuando estos viajan por diferentes rutas. [2]

Para el desarrollo del proyecto se hará uso de adaptadores Ethernet-PLC con el fin de determinar la variación del *throughput* y del *jitter* en la red LAN según: el tamaño del paquete, el número de estaciones activas en la red y la distancia en metros entre el PC-Cliente y el PC Servidor.

Uno de los objetivos más importantes para el análisis del *throughput* está relacionado con la calidad del servicio (QoS) en la red, debido a que juega un papel importante a la hora de evaluar la eficiencia de una red centrada en aplicaciones sensibles al tiempo, tales como: video y audio.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo principal de esta investigación consiste en desarrollar una herramienta software para la predicción de *throughput* y *Jitter* a partir de diferentes resultados obtenidos en una red LAN que emplea la tecnología PLC, la cual será implementada físicamente mediante el uso de adaptadores PLC-Ethernet, los cuales están soportados bajo el uso del estándar HomePlug 1.0; según las configuraciones de la red de acceso y condiciones de la red eléctrica. El desarrollo de esta investigación refleja un avance importante, considerando que aunque actualmente se han realizado diversos estudios sobre el estándar homeplug 1.0 y su impacto en la tecnología PLC, no se ha propuesto un modelo que permita predecir el comportamiento del *throughput* y *jitter* bajo el uso de esta tecnología en ambientes residenciales y más concretamente bajo las condiciones existentes en la red eléctrica domiciliaria Colombiana.

II. MODELO EMPÍRICO PARA PREDICCIÓN DE THROUGHPUT

En muchas situaciones prácticas existen variables independientes que se cree influyen o están relacionadas con una variable de respuesta Y , y por tanto será necesario tomar en cuenta si se quiere predecir o entender el mejor comportamiento de Y , en donde X_1, X_2, \dots, X_k serán las variables independientes y Y será la variable de respuesta mediante un modelo de regresión múltiple con k variables independientes.

Para el caso particular se analizaron paralelamente dos tipos de modelos: uno lineal o de primer orden y uno cuadrático o de segundo orden; con el objetivo de identificar cuál de éstos modelos propuestos se ajustaba más al comportamiento del *Throughput*, acorde con los datos obtenidos experimentalmente.

En general, para expresar que un modelo presenta un ajuste satisfactorio, es necesario que, tanto el coeficiente de determinación (R^2) como el coeficiente de correlación múltiple (R) tengan valores superiores a 0,7.¹ El resultado de los análisis para el modelo lineal, arrojó un valor tanto para el coeficiente de correlación múltiple como para el coeficiente de determinación inferiores a 0,7; por lo cual, el modelo de regresión lineal fue descartado.

Tabla 1. Estadísticas de regresión para *Throughput* en un modelo de primer orden

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,787792194
Coefficiente de determinación R^2	0,620616541
R^2 ajustado	0,618494116
Error típico	0,997793824
Observaciones	720

Fuente: Excel – Análisis de datos

En vista de lo anterior, se adoptó un modelo de regresión múltiple de segundo orden con $k = 3$; lo cual obedece a las tres variables independientes a ser consideradas en el modelo debido a su importancia experimental. Por lo tanto, la expresión matemática propuesta para el modelo de segundo orden es:

$$Y_{THR} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_1 X_2 + \beta_5 X_2 X_3 + \beta_6 X_1 X_3 + \beta_7 X_1^2 + \beta_8 X_2^2 + \beta_9 X_3^2 + \varepsilon \quad (2)$$

X_1 = Tamaño del Paquete [Bytes]

¹ MONTGOMERY, Douglas C. RUNGER, George. Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. México, 2002. P535

X_2 = Distancia entre el PC-Cliente y el PC- Servidor [metros]

X_3 = Número de host activos en la red PLC

Y_{THR} = *Throughput* obtenido experimentalmente [Mbps]

\hat{Y}_{THR} = *Throughput* estimado resultado del ajuste por regresión [Mbps]

β_j = Corresponde a los parámetros del modelo denominados coeficientes de regresión

ε = Error aleatorio con media cero, $E(\varepsilon) = 0, V(\varepsilon) = \sigma^2$

La mayoría de los sistemas computacionales especializados en estadística incluyen procedimientos para realizar un análisis de regresión tanto simple como múltiple e incluyen técnicas de selección de variables. Excel incluye un conjunto de funciones especializadas dentro de un complemento de office denominado “Análisis de Datos”, la cual permite seleccionar el rango de celdas donde se encuentran los datos de la variable dependiente (Y) y los datos de las variables independientes (X_1, X_2, \dots, X_k).

Esta herramienta permite calcular diversos parámetros del modelo de regresión múltiple, tales como: Análisis de residuos, curva de regresión ajustada, coeficientes de regresión, errores típicos, errores estadísticos, análisis de varianza del modelo de regresión, límites de confianza; entre otros aspectos importantes bajo el nivel de confianza deseado, que para el caso particular se estableció un porcentaje de confiabilidad del 95%, con el objetivo de permitir ajustes posteriores sin afectarse el grado de confiabilidad de la regresión establecida.

A continuación, se presentan cada uno de los valores calculados bajo el uso de Excel, correspondientes a los coeficientes de regresión, error típico, error estadístico, probabilidad, p-valor y límites de confianza superior e inferior para el modelo de segundo orden propuesto para la predicción del *Throughput*:

Tabla 2. Estadísticas generales de coeficientes de regresión para *Throughput*

Coefficiente	Valor estimado del Coeficiente	Error típico	Inferior 95%	Superior 95%
β_0	2,00	0,13459	1,74054	2,26903
β_1	0,0048	0,00019	0,00450	0,00528
β_2	-0,00414	0,01228	-0,02826	0,01996
β_3	-0,8383	0,03200	-0,90120	-0,77555
β_4	-1,6E-06	4,173E-06	-9,87E-06	6,516E-06
β_5	-0,0001	0,000682	-0,001468	0,001210
β_6	-0,00035	1,258E-05	-0,000381	-0,00033
β_7	-9,528E-07	1,095E-07	-1,167E-06	-7,377E-07
β_8	0,00011	0,000320	-0,000515	0,000744
β_9	0,0683	0,002611	0,06325	0,073512

Fuente: Excel – Análisis de datos

Tabla 3. Estadísticas de regresión para Throughput en un modelo de segundo orden

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,964205137
Coefficiente de determinación R ²	0,929691547
R ² ajustado	0,927388619
Error típico	0,558758567
Observaciones	719

Fuente: Excel – Análisis de datos

Los resultados obtenidos correspondientes al análisis de varianza del modelo de regresión múltiple de segundo orden propuesto para el cálculo del *Throughput* son:

Tabla 4. ANOVA completo para *Throughput* en el modelo de predicción

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	10	2927,0218	292,70218	937,51	0,000
Residuos	709	221,35769	0,3122111		
Total	719	3148,3795			

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	<i>k</i>	<i>SC_R</i>	<i>CM_R</i>	<i>CM_R / CM_E</i>	<i>Pr(F > F_α)</i>
Residuos	<i>n - k - 1</i>	<i>SC_E</i>	<i>CM_E</i>		
Total	<i>n - 1</i>	<i>S_{yy}</i>			

Fuente: Excel – Análisis de datos

Se aprecia en el análisis de varianza que el modelo de regresión propuesto es significativo, y de acuerdo a los coeficientes de determinación *R*² y *R*²_{aj}, el modelo explica bien la variabilidad presente en los datos.

El *error estándar de estimación* corresponde a una medición sobre la calidad del ajuste del modelo, el cual es una estimación de la desviación estándar del error. Su valor será menor a medida que el modelo se ajuste adecuadamente. La expresión que permite calcular este parámetro para un modelo de regresión múltiple es la siguiente:²

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{SC_E}{n - k - 1}} \quad (3)$$

Tomando como base los resultados obtenidos en el Tabla 4

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{221,3577}{709}} = 0,5588 \quad (4)$$

La media del error absoluto (*mea*)³, corresponde a otra forma de medir la calidad del ajuste del modelo de regresión, el cual proporciona la media del valor absoluto de los residuos. La expresión matemática es la siguiente:

$$mea = \frac{\sum_{i=1}^n |\epsilon_i|}{n} \quad (Eq. 5)$$

Para el caso particular del modelo de regresión de *Throughput*, el valor de la media del error absoluto *mea* = 0,44698, tomando como base los resultados obtenidos en el Tabla de análisis de residuales generada por Excel. Con base en los resultados obtenidos para el error estándar de estimación y la media del error absoluto, dada la escala de medición de la variable de respuesta (*Throughput*), estos presentan una magnitud relativamente pequeña lo cual es muy favorable dentro del comportamiento que presenta el modelo de predicción sugerido para el cálculo del *Throughput* en redes PLC.

III. MODELO EMPIRICO PARA PREDICCIÓN DE JITTER

Para ésta investigación en particular, se analizaron paralelamente al igual que en el caso del *Throughput*, dos tipos de modelos; uno lineal o de primer orden y uno cuadrático o de segundo orden; con el objetivo de identificar cuál de éstos modelos propuestos se ajustaba más al comportamiento del *Jitter*, acorde con los datos obtenidos experimentalmente. Las estadísticas de regresión para *Jitter* en el modelo de regresión de primer y segundo orden arrojaron un valor tanto para el coeficiente de correlación múltiple como para el coeficiente de determinación superior a 0,7; sin embargo, los valores para el modelo de segundo orden fueron más cercanos a la unidad, por lo cual, el modelo de regresión lineal fue descartado. En los Tablas 5 y 7 se presentan las estadísticas de regresión para *Jitter* en un modelo de primero y segundo orden respectivamente.

Tabla 5. Estadísticas de regresión para *Jitter* en un modelo de primer orden

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,863138149
Coefficiente de determinación R ²	0,745007464
R ² ajustado	0,743580933
Error típico	3,749786932
Observaciones	720

Fuente: Excel – Análisis de datos

² MORENO Op. Cit., p.200

³ MORENO Op. Cit., p.205

En vista de lo anterior, se adoptó un modelo de regresión múltiple de segundo orden con $k = 3$; el cual obedece a las tres variables independientes a ser consideradas en el modelo debido a su importancia experimental. Por lo tanto, la expresión matemática propuesta para el modelo de predicción de segundo orden es:

$$Y_{JITTER} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_1 X_2 + \beta_5 X_2 X_3 + \beta_6 X_1 X_3 + \beta_7 X_1^2 + \beta_8 X_2^2 + \beta_9 X_3^2 + \varepsilon \quad (6)$$

- X_1 = Tamaño del Paquete [Bytes]
- X_2 = Distancia entre el PC-Cliente y el PC- Servidor [metros]
- X_3 = Número de host activos en la red PLC
- Y_{JITTER} = Jitter obtenido experimentalmente [ms]
- \hat{Y}_{JITTER} = Jitter estimado resultado del ajuste por regresión [ms]
- β_j = Corresponde a los parámetros del modelo denominados coeficientes de regresión

$$\varepsilon = \text{Error aleatorio con media cero, } E(\varepsilon) = 0, V(\varepsilon) = \sigma^2$$

A continuación, se presentan cada uno de los valores calculados bajo el uso de Excel, correspondientes a los coeficientes de regresión, error típico, error estadístico, probabilidad, p-valor y los valores correspondientes a los límites superior e inferior para cada uno de los coeficientes de regresión bajo un nivel de confianza del 95% para el modelo de regresión propuesto.

Tabla 6. Estadísticas generales coeficientes de regresión para Jitter

Coefficiente	Valor estimado del Coeficiente	Error típico	Inferior 95%	Superior 95%
β_0	0,485184504	0,246574438	0,001081086	0,969287921
β_1	3,93333E-05	0,000360274	0,000667998	0,000746665
β_2	0,0157359	0,022500489	-0,02843966	0,05991146
β_3	0,415162717	0,058625141	0,300063069	0,530262366
β_4	1,0973E-05	7,64518E-06	-4,03694E-06	2,59829E-05
β_5	0,002142768	0,001249898	0,000311177	0,004596713
β_6	0,002158504	2,30585E-05	0,002113233	0,002203775
β_7	-1,18008E-06	2,00727E-07	-1,57417E-06	-7,85992E-07
β_8	-0,0002362	0,000587937	0,001390506	0,000918107
β_9	-0,041409655	0,004783482	-0,05080114	0,032018171

Fuente: Excel – Análisis de datos

Posteriormente, se realizaron los mismos pasos para validar el modelo propuesto para la predicción del comportamiento del Jitter en redes PLC, el cual también obedece a un modelo de regresión multivariable de segundo orden.

Tabla 7. Estadísticas de regresión para Jitter en un modelo de segundo orden

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,995240044
Coefficiente de determinación R^2	0,990502745
R^2 ajustado	0,98897175
Error típico	1,023647792
Observaciones	719

Fuente: Excel – Análisis de datos

Los resultados obtenidos correspondientes al análisis de varianza del modelo de regresión propuesto para el cálculo del Jitter son los siguientes:

Tabla 8. ANOVA completo para Jitter en el modelo de predicción

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	10	77482,730	7748,273	7394,415	0,000
Residuos	709	742,929	1,048		
Total	719	78225,659			

Fuente: Excel – Análisis de datos

Se aprecia en el análisis de varianza que el modelo de regresión propuesto es significativo, y de acuerdo a los coeficientes de determinación R^2 y R_{aj}^2 , y el coeficiente de correlación múltiple (R) obtenidos según el Tabla 7, el modelo explica bien la variabilidad presente en los datos.

Error estándar de estimación. Tomando como base los resultados obtenidos en el Tabla 32,

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{742,929}{709}} = 1,0236 \quad (Eq. 7)$$

Media del error absoluto (mea). Para el caso particular del modelo de predicción de Jitter, el valor de la media del error absoluto $mea = 0,7946$, tomando como base los resultados obtenidos en el Tabla de análisis de residuales generada por Excel.

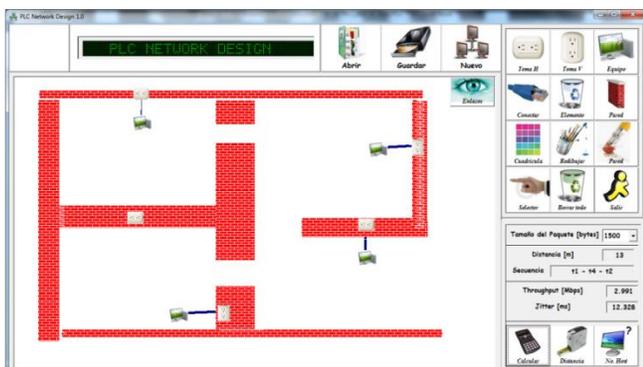
Con base en los resultados obtenidos para el error estándar de estimación y la media del error absoluto, dada la escala de medición de la variable de respuesta (Jitter), estos presentan una magnitud relativamente pequeña, lo cual es muy favorable dentro del comportamiento que presenta el modelo de predicción sugerido para el cálculo del Jitter en redes PLC.

IV. PLC NETWORK WIZARD: HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE REDES LAN BASADAS EN POWER LINE COMMUNICATIONS

El software aplicativo PLC Network Wizard 1.0 surge como resultado del proyecto de investigación denominado “Modelo empírico para predicción de Throughput y Jitter en redes LAN sobre *Power Line Communications*”, el cual permite estimar el valor del *Throughput* y el *Jitter* en una red PLC, bajo el uso de adaptadores de red que operen con el estándar Homeplug 1.0 acorde con las expresiones matemáticas expuestas anteriormente.

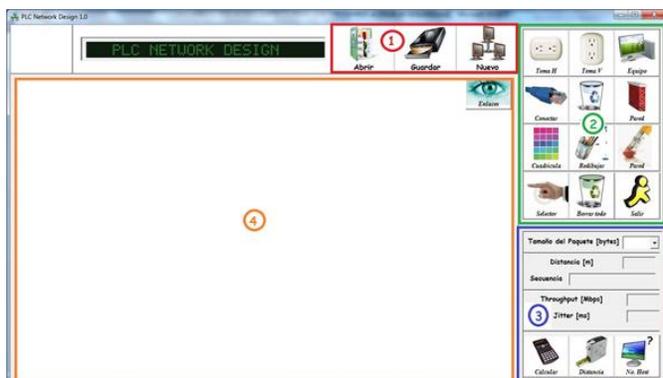
El aplicativo busca evaluar el rendimiento de la red PLC implementada, considerando la influencia de cada uno de los siguientes factores: el número de estaciones activas en la red, la distancia entre ellas y el tamaño del paquete; bajo las condiciones de la red eléctrica existentes en ambientes corporativos y residenciales.

Figura 1. Ejemplo de una red PLC bajo el uso de PLC Network Wizard



Paralelamente, el desarrollo del aplicativo software obedece a la necesidad de establecer una herramienta confiable y fácil de utilizar por parte de los diseñadores de redes LAN, que haga uso de los modelos empíricos de estimación para *Throughput* y *Jitter* propuestos.

Figura 2. Secciones de la interfaz gráfica en PLC Network Wizard

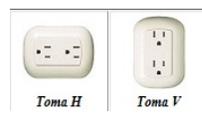


PLC Network Wizard 1.0 es un aplicativo software interactivo diseñado en Visual Basic 6.0, el cual permite realizar el diseño de una red PLC ajustándose a cualquier ambiente corporativo o residencial. El aplicativo está compuesto por cuatro secciones, tal como se ilustra en la figura 2.

Sección 1: Permite generar, abrir y guardar diseños de redes PLC

Sección 2: Esta sección corresponde a cada uno de los elementos y funciones especiales que permiten implementar el diseño de la red PLC.

Estas opciones permiten dibujar un toma de corriente con dirección horizontal o vertical acorde al esquema establecido por el diseñador. Estos puntos no solo permitirán conectar los PCs a la red PLC, sino que además permitirán configurar las distancias entre ellos y bajo el uso de un algoritmo especial determinar la ruta más corta entre dos estaciones.



Dibuja un PC en el esquema de red PLC propuesto por el diseñador.



Realiza la conexión entre dos elementos, ya sea PC-Toma de corriente o entre dos tomas de corriente, en cuyo caso es necesario definir la distancia en metros existente entre los puntos de red.



Dibuja un segmento de pared ubicado entre coordenadas superior e inferior establecidas por el diseñador.



Borra un segmento de pared ubicado entre coordenadas superior e inferior establecidas por el diseñador.



Permite borrar todo el diseño de la red PLC o borrar algún elemento específico de la red respectivamente.



Permite seleccionar un elemento en particular de la red PLC y con ello aplicar ciertas funciones específicas sobre él.



Opción que dibuja una grilla sobre el espacio destinado para el diseño de la red PLC y con ello facilita la construcción y ubicación de elementos.



Sección 3: En este espacio es posible identificar el número de estaciones activas, la distancia entre *hosts* y estimar los valores de *Throughput* y *Jitter* según el entorno de red

implementado, acorde con los valores establecidos para los tres factores que forman parte del modelo empírico de predicción.



Opción que permite identificar el número de estaciones o *host* activas en la red PLC. Esta cantidad de estaciones será la considerada por el aplicativo para estimar los valores de *Throughput* y *Jitter*.



Opción que permite calcular la distancia y la ruta más corta entre dos estaciones sobre las cuales se desee estimar los valores de *Throughput* y *Jitter*.



Opción que realiza los cálculos para la estimación del *Throughput* y el *Jitter* acorde con los tres factores que forman parte del modelo empírico de predicción propuestos.

Sección 4: Este espacio el diseñador construirá su esquema de red PLC acorde a las necesidades.



Opción que permitirá visualizar u ocultar los enlaces existentes entre los tomas de corriente.

V. CONCLUSIONES

El desarrollo del aplicativo PLC Network Wizard, obedece a la necesidad de establecer una herramienta confiable y fácil de utilizar por parte de los diseñadores de redes LAN, frente a otros modelos existentes actualmente, los cuales están centrados en el uso de expresiones matemáticas complejas y que no están acordes a las condiciones de la red eléctrica existente en Colombia, bajo el uso de la tecnología PLC.

Cada uno de los modelos de estimación para *Throughput* y *Jitter* propuestos, buscan evaluar el rendimiento de la red PLC implementada, considerando la influencia de cada uno de los siguientes factores: el número de estaciones activas en la red, la distancia entre ellas y el tamaño del paquete; bajo las condiciones de la red eléctrica existentes en ambientes corporativos y residenciales. Sin embargo, es importante considerar que los resultados obtenidos pueden estar sujetos a modificaciones y ajustes posteriores debido al grado de sensibilidad de los instrumentos utilizados para realizar la medición y las condiciones existentes en la red al momento de llevar a cabo el experimento.

REFERENCIAS

[1] CARCELE, Xavier. Power Line Communications in practice. Paris: Artech House. 2006. 376 p. ISBN 978-1-59693-335-4

[2] HRASNICA Halid, HAIDINE Abdelfatteh, LEHNERT Ralf. Broadband Powerline Communications Networks. NJ

USA: John Wiley & Sons Ltd, 2004. 273 p. ISBN 0-470-85741-2

[3] BANWELL T., GALLI S., A new approach to the modelling of the transfer function of the power line channel, Proceedings of the 5th International Symposium on Power-Line Communications and its Applications (ISPLC), Malmö, Sweden, 319–324 April 4–6, 2001.

[4] BENYOUCEF D., A new statistical model of the noise power density spectrum for powerline communications, Proceedings of the 7th International Symposium on Power-Line Communications and its Applications (ISPLC), Kyoto, Japan, 136–141 March 26–28, 2003.

[5] BROWN PA, Power line communications - past, present, and future. Proceedings of Internacional Symposium on Power-line Communications and its Applications, September 1999, 1-8.

[6] BUMILLER G., System architecture for power-line communication and consequences for modulation and multiple access. 7 th International Symposium on Power-Line Communications and its Applications (ISPLC2003), Kyoto, Japan, March 26–28, 2003.

[7] CAMPISTA Miguel, COSTA Luís Henrique. Improving the Data Transmission Throughput over the Home Electrical Wiring. IEEE Computer Society 2005

[8] BAIG S., GOHAR N., “A discrete multitone transceiver at the heart of the PHY layer of an In-Home Powerline Communication Local-Area Network,” IEEE Commn. Mag., Vol 41, no. 4, pp 48-53, Apr 2003.

[9] DEVORE, Jay L. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. 5 Ed México: Thomson Learning, 2002. 753 p. ISBN 0-534-37281-3

[10] GROTE Walter, Fixed or adaptive rate maximum throughput análisis. Ingeniare.Revistachilena de ingeniería, vol. 15 N° 3, 2007, pp. 320-327

[11] GUILLEN, Edward P., LÓPEZ Julián J., BARAHONA Cesar Y..Throughput Analysis over Power Line Communication Channel in an Electric Noisy Scenario. World Academy of Science, Engineering and Technology Volume 33 September 2008 ISSN 2070-3740

[12] GUTIERREZ P., Humberto, “Análisis y diseño de experimentos”, 2 Ed. México: McGraw-Hill, 2008. 571 p. ISBN 970-10-4017-1

[13] HELD Gilbert. Understanding Broadband over Power Line. NJ USA: Taylor & Francis Group, 2006. 191 p. ISBN 0-8493-9846-0

[14] HomePlug 1.0 Specification, HomePlugPowerline Alliance, June 2001.

[15] JUNG M., CHUNG M., LEE T., MAC Throughput Analysis of HomePlug 1.0. IEEE Communications Letters, vol. 9, no. 2, pp. 184–186, feb 2005.

[16] LEE Jongdae., TRIPATHI Kartikeya, Efficient High Speed Communications over electrical powerlines for a large number of users.Ninth IASTED International Conference Power and Energy System. January 2007, ISBN: 978-0-88986-621-8

[17] MONTGOMERY, Douglas C. RUNGER, George. Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. 2 Ed. México: McGraw-Hill, 2002. 895 p. ISBN 0-471-54041-2

[18] MORENO T., Wilfrido. Aplicaciones al diseño y análisis de experimentos. Bucaramanga: Ediciones UIS, 2002. 330 p.

[19] ZIMMERMANN M., DOSTERT K. An analysis of the broadband noise scenario in powerline networks. International Symposium on Powerline Communications and its Applications (ISPLC2000), Limerick, Ireland, April 5–7, 2000.

[20] ZIMMERMANN M., DOSTERT K., A multipath model for the powerline channel. IEEE TransactionsonCommunications, 50(4), 553–557 April 2002.

[21] MONTGOMERY, Douglas C. Diseño y Análisis de Experimentos. 2 Ed. México. Limusa-Wiley, 2003. 686 p. ISBN 9789681861568

BIOGRAFÍA



José Antonio Vesga Barrera. Ingeniero Electricista de la Universidad Industrial de Santander, Especialista en docencia universitaria de la Universidad Cooperativa de Colombia, Magíster en Potencia Eléctrica de la Universidad Industrial de Santander. Actualmente, se desempeña como Docente Investigador de la Corporación Universitaria de Ciencia y Desarrollo UNICIENCIA.



Martha Fabiola Contreras H. Ingeniera Electrónica (Universidad de Pamplona), Especialista en Telecomunicaciones (Universidad Industrial de Santander) y Magister en Ingeniería área Telecomunicaciones (En curso con la Universidad Pontificia Bolivariana). Docente e Investigadora desde el año 2010.