

APLICACIÓN WEB PARA DIAGNÓSTICO REMOTO DE PROBLEMAS DE COMUNICACIONES EN REDES PLC PRIME

Miguel Seijo, Investigador, Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)

Mario Sanz, Investigador, Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

Gregorio López, Profesor Ayudante Doctor, Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

José Ignacio Moreno, Profesor Titular, Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)

Resumen: Las comunicaciones sobre el cable eléctrico (Power Line Communications) presentan una serie de ventajas para ser utilizadas en aplicaciones para redes eléctricas inteligentes (Smart Grids), como que no es necesario desplegar infraestructura adicional. Sin embargo, también presentan problemas, como que se trata de un canal selectivo en frecuencia, que la impedancia del medio varía con el tiempo dependiendo de las cargas conectadas o que la comunicación puede verse deteriorada por el ruido introducido por otros dispositivos. Por estos motivos, puede ocurrir que una red dé problemas en un momento determinado, pero funcione correctamente cuando se desplace un operario a solucionarlos. Este artículo presenta una aplicación web que, en base a información recopilada en campo, permite realizar un diagnóstico preliminar de problemas de comunicaciones en redes PLC PRIME de manera remota (p.ej., identificando cuándo o en qué parte de la red se producen dichos problemas).

Palabras clave: Análisis forense, Aplicación web, Diagnóstico remoto, PLC, PRIME,

INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones sobre el cable eléctrico (Power Line Communications) presentan una serie de ventajas para ser utilizadas en aplicaciones para redes eléctricas inteligentes (Smart Grids), como que no es necesario desplegar infraestructura adicional [1]. Sin embargo, su rendimiento depende de muchos factores, como el número de nodos de la red, la topología física y lógica, la variación de impedancia del medio dependiendo de las cargas conectadas y, sobre todo, el ruido introducido por otros dispositivos. Por estos motivos, puede ocurrir que una red dé problemas en un momento determinado, pero funcione correctamente cuando se desplace un operario a solucionarlos, con los problemas logísticos y costes asociados que ello conlleva.

Este artículo presenta una aplicación web (*PRIME Analytics* [2]) que, en base a información recopilada en campo, permite realizar un diagnóstico preliminar de problemas de comunicaciones en redes PLC PRIME [3] de manera remota (p.ej., identificando cuándo o en qué parte de la red se producen dichos problemas).

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera. La sección 2 describe el funcionamiento de la herramienta desarrollada. La sección 3 presenta una serie de casos de uso que ilustran la funcionalidad de la herramienta. La sección 4 presenta algunas propuestas para mejorar el rendimiento de la herramienta desarrollada. Finalmente, la sección 5 resume las principales conclusiones del artículo y las futuras líneas de trabajo.

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCION

La herramienta de análisis de trazas *PRIME Analytics* permite extraer información de redes en operación mediante el análisis de ficheros accesibles de manera telemática a través del concentrador. Concretamente, la herramienta está especialmente diseñada para extraer aquella información que sea relevante para el diagnóstico y solución de problemas que afecten al rendimiento de las redes bajo análisis. Su desarrollo en lenguaje Python bajo el Web framework Django le otorga gran fiabilidad y flexibilidad.

Concretamente, la herramienta *PRIME Analytics* toma como entradas:

- Fichero de topología S11.
- Eventos de topología (compatible con concentrador CIRCUTOR)
- Trazas de tráfico (compatible con concentrador CIRCUTOR)

La información gráfica que proporciona es la siguiente:

- Porcentaje de paquetes por tipo. Aplicado en diferentes gráficos sobre el total de paquetes, sobre los paquetes recibidos por el concentrador (uplink) y sobre los paquetes enviados por el concentrador (downlink).
- Porcentaje de paquetes enviados/recibidos por el concentrador (uplink vs downlink).
- Evolución del SNR a lo largo del tiempo dada la dirección MAC de un contador.
- Instantes con mayor número de desregistros en intervalos de 15 minutos.
- Porcentaje de conexiones realizadas a cada uno de los contadores que actúan como repetidor, dada la dirección MAC de un contador específico.
- SNR medio para cada contador.
- Número de peticiones de promoción a repetidor provocadas por cada uno de los contadores sin conectividad directa.
- Número de hijos para cada uno de los contadores que actúan como repetidor. Se muestran los 25 con mayor número de hijos.
- Estado de la topología lógica a lo largo del tiempo. Se generan instantáneas del estado de la topología lógica cada minuto y se muestra un diagrama jerárquico de la primera instantánea del intervalo seleccionado.
- TTRi (tiempo que tarda el concentrador en recibir un informe S02 de un contador después de haberle enviado una solicitud a tal efecto) frente a NID (SID + LNID).

Asimismo, también proporciona la siguiente información tabulada:

- Lista de nodos ordenados por el número de desregistros de sus nodos hijo
- Lista de nodos ordenados por su número de desregistros.

La Figura 1 ilustra el funcionamiento de la aplicación web desarrollada.

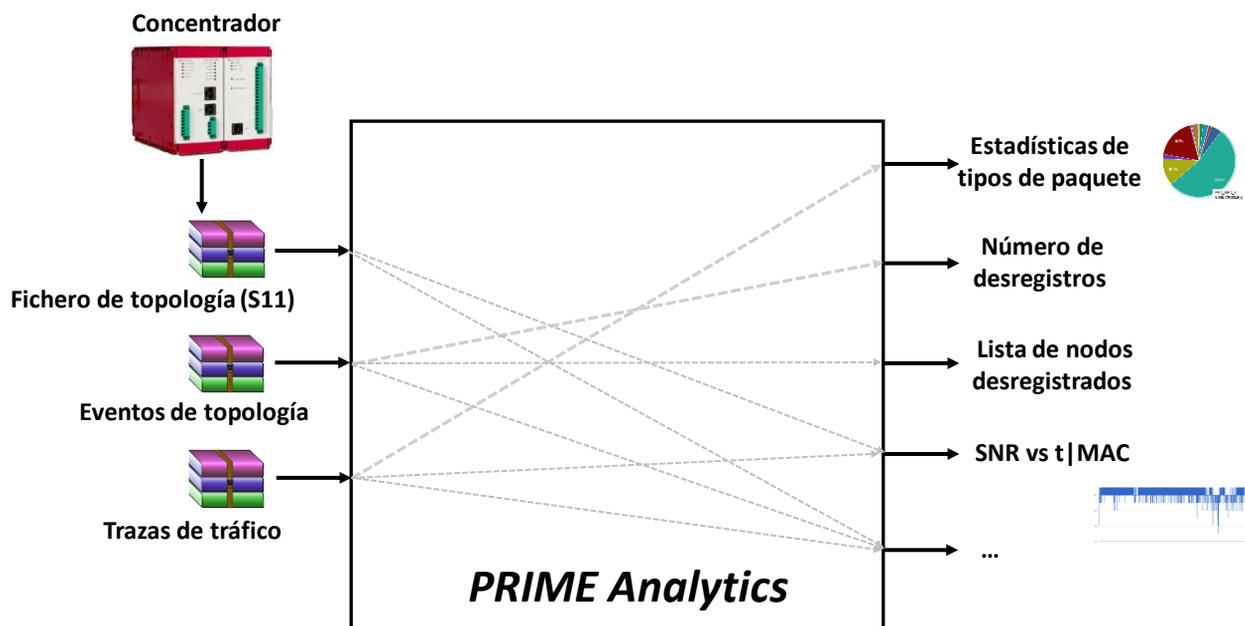


Figura 1 – Entradas y salidas de la aplicación web para análisis forense y diagnóstico de problemas de comunicaciones remoto en redes PRIME PRIME Analytics

CASOS DE USO

El análisis de la información gráfica y tabulada que proporciona la herramienta *PRIME Analytics* puede permitir:

1. Distinguir entre escenarios problemáticos y no problemáticos
2. Identificar intervalos temporales problemáticos

3. Identificar nodos problemáticos dentro de un intervalo problemático

Para distinguir entre escenarios problemáticos y no problemáticos pueden utilizarse, por ejemplo, las gráficas de tipos de paquete. La Figura 2 muestra dos gráficas de tipos de paquetes para dos escenarios distintos. Se observa que el ratio de ALV_B frente a ALV_S es mayor en la gráfica de la izquierda (12.1% frente a 4.6%) que en la de la derecha (43% frente a 40.6%). Cuanto mayor sea este parámetro, más problemas habrá en las comunicaciones, ya que implica que hay más mensajes de ALV enviados por el concentrador que se quedan sin respuesta. En la Figura 2 también se observa que el porcentaje de solicitudes de promoción (PRO_REQ_S) es muy superior en el escenario de la izquierda (53.5%) que en el de la derecha (1.2%). Un porcentaje bajo como el de la derecha está asociado a una topología sencilla y estable, mientras que uno alto como el de la izquierda está asociado a una topología compleja y dinámica, que puede deberse a variaciones de impedancia frecuentes o a la aparición de ruido.

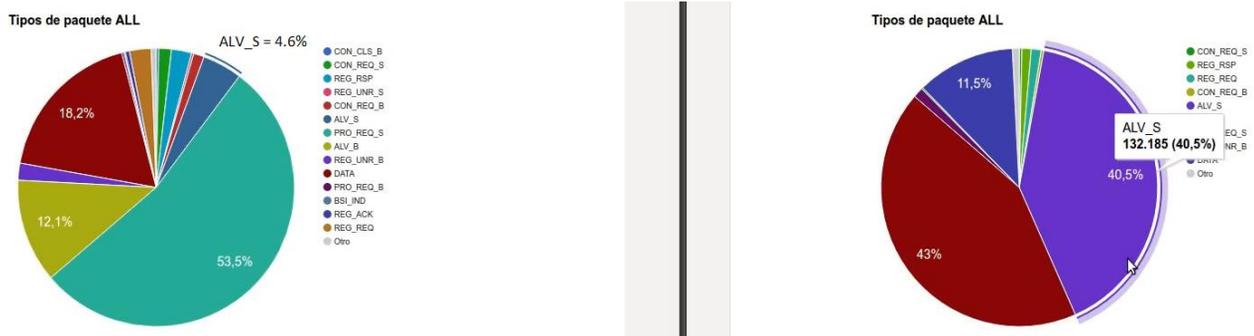


Figura 2 – Gráficas de tipos de paquete para un escenario problemático (izquierda) y uno no problemático (derecha)

La Figura 3 muestra la gráfica de SNR medio, que también es útil para distinguir entre un escenario problemático y uno que no lo es. Puede observarse que en la gráfica de la izquierda hay dos grandes grupos: unos con SNR por encima de 18 dB, pero la mayoría con SNR por debajo de 12. En la gráfica de la derecha, en cambio, todos tienen una SNR media por encima de 18 dB.

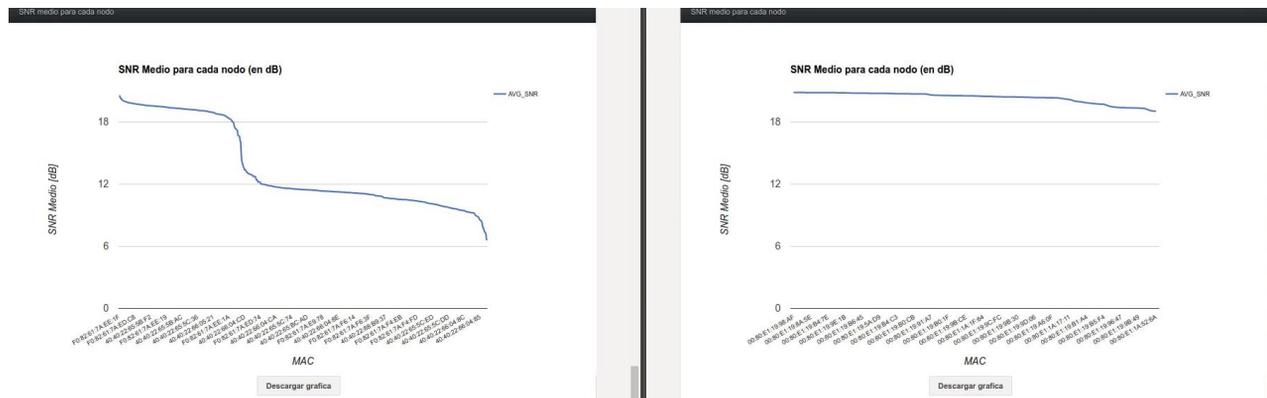


Figura 3 – Gráficas de SNR medio para un escenario problemático (izquierda) y uno no problemático (derecha)

Para la identificación de intervalos temporales problemáticos, se puede usar el listado de instantes con mayor número de desregistros. En la Figura 4 puede verse que, en el escenario bajo estudio en cuestión, entre las 7:45 y las 8:30 del día 03/05/2016 se desregistran 817 contadores.

Instantes con mayor número de desregistros		
Desregistros		Tiempo
298	2016-04-28	12:00:00
284	2016-05-03	08:15:00
270	2016-05-03	08:00:00
263	2016-05-03	07:45:00
250	2016-05-02	09:45:00
244	2016-04-28	11:45:00
238	2016-04-28	12:15:00
238	2016-05-02	19:30:00
238	2016-04-28	14:45:00
231	2016-04-28	13:45:00
231	2016-04-28	14:15:00
231	2016-05-02	11:00:00
229	2016-04-29	12:15:00
228	2016-05-02	12:30:00
227	2016-05-03	12:15:00
224	2016-05-02	10:00:00
215	2016-05-03	07:15:00
212	2016-05-02	12:00:00
209	2016-04-28	14:00:00
209	2016-05-02	10:45:00
208	2016-04-28	13:30:00
204	2016-04-28	09:00:00
203	2016-04-28	12:30:00

Figura 4 – Tabla de instantes con mayor número de desregistros (en intervalos de 15 minutos)

Respecto a la identificación de nodos problemáticos, si se selecciona un intervalo temporal que cubra dicho periodo y se observa el número de switches ordenados por número de desregistros de sus hijos, puede observarse cuáles son los dos switches de los que se desregistran más nodos, a los que nos referiremos como SW1 y SW2. Los nodos pueden desregistrarse porque pierdan conectividad o porque algún nodo en su cadena de comunicación hacia el concentrador lo haga. Si se mira la gráfica de conexiones a switches para esos dos nodos se observa que ambos se comunican con el concentrador a través del switch SW3. Si se busca el switch SW3 en la tabla de nodos ordenados por número de desregistros, se observa que no se desregistra en el período seleccionado, por lo que se puede concluir que el problema está “aguas abajo”. Si se busca a los switches SW1 y SW2 en dicha tabla, también se observa que tampoco se desregistran en ese intervalo, por lo que el problema está en los nodos conectados a ellos. Analizando los nodos con mayor número de desregistros en ese período, se observa que ambos se conectan a los switches SW1 y SW2, por lo que el problema de comunicaciones se localiza en el tramo que conecta a estos nodos con sus padres. Los operarios podrían localizar dicho tramo utilizando las MACs de dichos nodos y las de los switches SW1 y SW2.

MEJORAS DE RENDIMIENTO

La herramienta *PRIME Analytics* hace uso tanto de almacenamiento como de consulta de datos, llegando a manejar volúmenes de información muy elevados debido a la cantidad de ficheros que se cargan en ella. Esto afecta al tiempo que tardan las consultas en devolver el resultado. Por ello, en esta sección se plantean diferentes técnicas de optimización, centrándonos, principalmente, en el uso de técnicas de paralelización de bases de datos, con el fin de optimizar los tiempos de respuesta, y en la computación en la nube, con el fin de optimizar recursos.

La Figura 5 ilustra el funcionamiento general de la propuesta de paralelización de bases de datos.

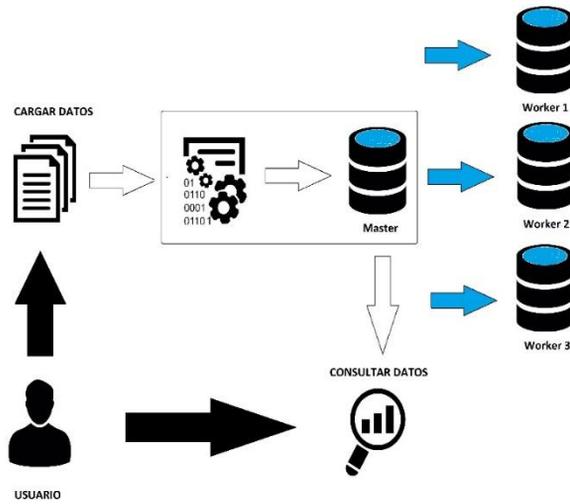


Figura 5: Esquemático del funcionamiento de PRIME Analytics con BBDD distribuida

En este caso se optó por la utilización de la extensión de PostgreSQL denominada Citus, la cual permitía realizar tanto consultas en paralelo como aumentar la disponibilidad de la aplicación mediante replicación. Como puede verse en la Figura 6, en las gráficas que utilizan información relativa a las trazas se consigue una considerable mejora en los tiempos de respuesta. Esto se debe a que el número de datos que contiene la tabla de trazas para el ejemplo analizado es muy elevado (más de 2 millones), lo que destaca la ventaja del uso de consultas en paralelo frente a las consultas secuenciales. Por el contrario, para las gráficas asociadas a la información relativa a los nodos, no se aprecia mejora en ninguno de los casos en los que se utiliza la base de datos distribuida. Esto se debe principalmente a que esas consultas piden el recuento de un determinado dato. Generalmente este tipo de consultas son muy rápidas debido a que no es necesario la realización de operaciones matemáticas ni filtrados especiales en la base de datos.

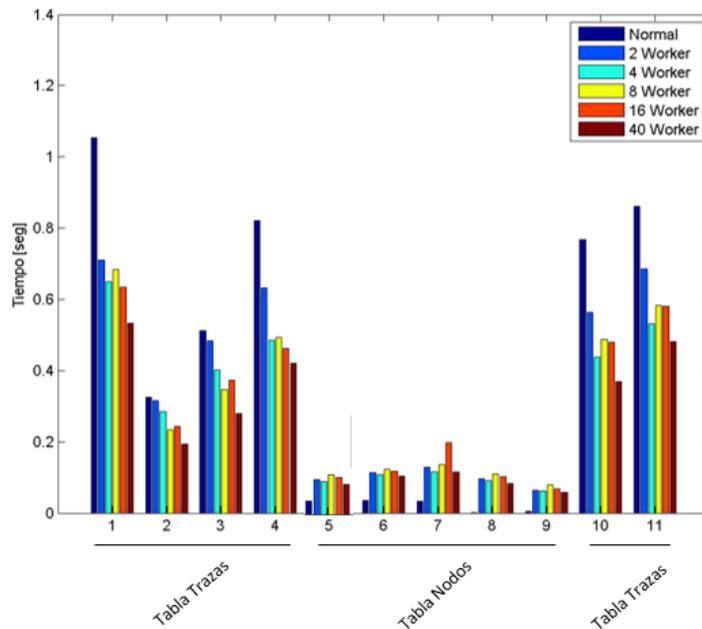


Figura 6: Comparativa de medianas sobre la conexión directa a la BBDD

Respecto al uso de la nube, se comparó la ejecución en un Dell Inspiron 7000 con una instancia t2.micro de AWS y con una instancia m4.4xlarge de AWS. Tras analizar los resultados mostrados en la Figura 7, se puede observar que el uso de recursos Cloud en sí mismo no proporciona una mejora en el rendimiento, pero sí se puede concluir que se puede obtener un gran rendimiento con una inversión menor. En este caso se compara la inversión en un equipo Dell de 700€ frente a una instancia AWS de pago de 0,14\$/hora. Debido a que el uso de los recursos funciona bajo demanda, se observa que se obtienen resultados ligeramente mejores con una inversión inicial mucho más baja.

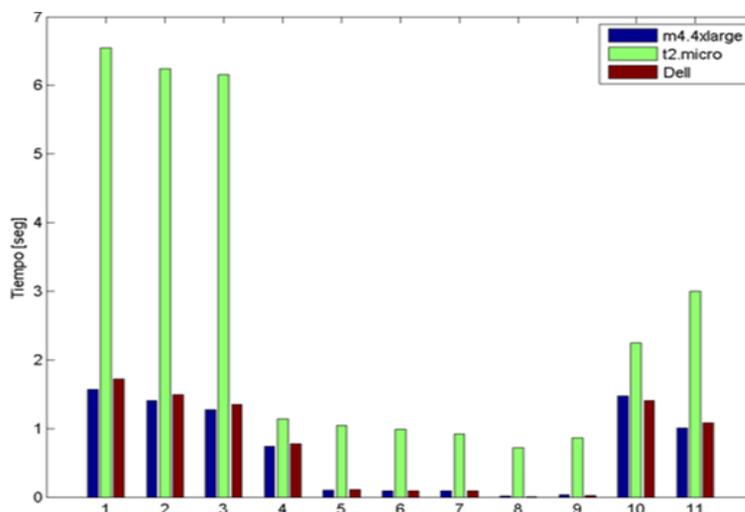


Figura 7 - Comparativa de medianas sobre peticiones http a la interfaz web en Cloud

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este artículo presenta la herramienta web *PRIME Analytics*, que pretende asistir a las distribuidoras eléctricas en la gestión de problemas de comunicaciones en redes PLC PRIME. A lo largo del artículo se ilustra cómo, analizando las gráficas y tablas que muestra la herramienta a partir de ficheros estándar que proporciona el concentrador, se puede distinguir entre escenarios problemáticos y no problemáticos desde el punto de vista de comunicaciones y, en el caso de los escenarios problemáticos, identificar los intervalos temporales problemáticos, así como el tramo de la red PLC PRIME donde se produce el error. Asimismo, el artículo también presenta algunas mejoras analizadas para optimizar tiempos de respuesta y recursos. Cabe destacar que la herramienta *PRIME Analytics* ha sido utilizada en estudios como el presentado en [4].

REFERENCIAS

- [1] C. Cano, A. Pittolo, D. Malone, L. Lampe, A. M. Tonello and A. G. Dabak, "State of the Art in Power Line Communications: From the Applications to the Medium," in *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 34, no. 7, pp. 1935-1952, July 2016.
doi: 10.1109/JSAC.2016.2566018
- [2] PRIME Analytics: <https://www.youtube.com/watch?v=U18Rcd82OOs> (último acceso 09-10-2018)
- [3] ITU-T, "G.9904: Narrowband orthogonal frequency division multiplexing power line communication transceivers for PRIME networks," October 2012. On-line: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9904-201210-I/en> (último acceso 09-10-2018)
- [4] G. López, J.I. Moreno, E. Sánchez, C. Martínez and F. Martín "Noise Sources, Effects and Countermeasures in Narrowband Power-Line Communications Networks: A Practical Approach," in *Energies*, vol. 10, no. 8: 1238, 2017.