

.....

¿Sabía que GOOSE acelera el esquema de protección asistido por comunicaciones?

Fred Steinhauser, OMICRON electronics GmbH, Austria
fred.steinhauser@omicron.at

Palabras clave: IEC 61850, GOOSE, Comunicación de protección, Teleprotección, Red de área amplia, MPLS, UDP, Tiempo de retardo

Resumen

En el pasado, la aplicación de esquemas de protección asistidos por comunicaciones (teleprotección) era limitada debido a una disponibilidad restringida, altos costos y a la falta de un desempeño suficiente de los canales de comunicación. Aunque la protección de las líneas importantes se asistía mediante comunicaciones, las extensiones añadidas al sistema y su protección relacionada, a menudo no se incluían en esos esquemas. Pero fueron precisamente la complejidad añadida por tales extensiones y los nuevos desafíos para proteger estos sistemas modificados, los que hicieron que la aplicación de las comunicaciones de protección fuera aún más deseable.

Comunicaciones de protección convencionales

Antes de la introducción de la mensajería rápida de punto a punto en los relés de protección, se conectaba con cable un equipo de comunicación dedicado a las E/S binarias de los relés. El equipo de comunicación tenía que hacer un uso óptimo del canal de comunicación, que a menudo solo ofrecía un ancho de banda pequeño, por lo que solo podían transmitirse unos cuantos bits entre los relés. La configuración del equipo de comunicación estaba estrechamente relacionada con la información a transmitir.

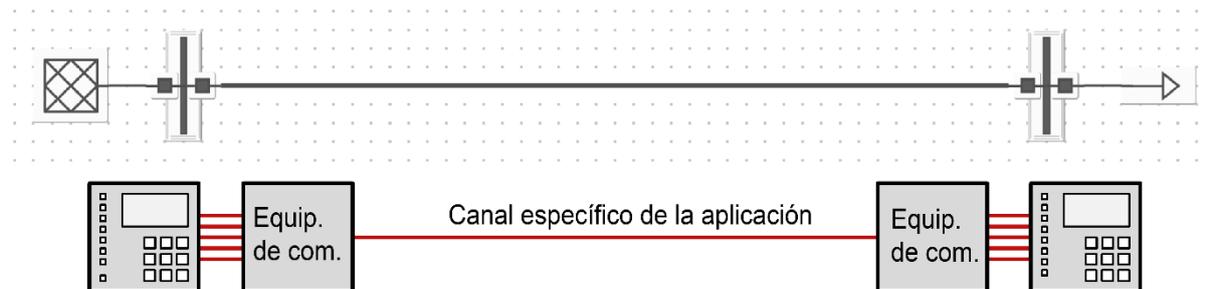


Figura 1: Esquema convencional de protección de línea asistida por comunicaciones

La comunicación se establecía sobre una portadora de línea eléctrica o un hilo piloto y el equipo de comunicación consistía esencialmente en moduladores/demoduladores especiales que se instalaban en pares emparejados.

Pero incluso cuando la infraestructura de comunicación subyacente era más sofisticada y estandarizada (por ejemplo, SONET/SDH), en la mayoría de los casos los equipos de comunicación de protección de diferentes fabricantes no interoperaban. La norma IEEE C37.94 pretende resolver esto, pero los equipos basados en esta norma se utilizan en su mayoría exclusivamente en el campo de las compañías eléctricas y por lo tanto, son bastantes exóticos.

Comunicación moderna de protecciones a través de WAN

En la actualidad, la mensajería GOOSE es lo más avanzado en las comunicaciones punto a punto entre dispositivos IED. Aunque este mecanismo estaba diseñado inicialmente para su uso en redes locales, es también ideal para propósitos de teleprotección.

Sin embargo, incluso con la próxima disponibilidad de las redes IP, la mensajería GOOSE no se puede utilizar directamente para la teleprotección porque es tráfico de capa 2 de la red OSI y, como tal, no se enruta a través de una IP WAN entre diferentes redes locales. Por tanto, algunos enrutadores de red diseñados para el uso en el campo de las compañías eléctricas con IEC 61850 ofrecen funciones para envolver mensajes GOOSE en paquetes IP y transmitirlos a través de una WAN.

Recientemente, se han evaluado y desplegado en las compañías eléctricas las redes MPLS (multi-protocol label switching - conmutación de etiquetas multiprotocolo). Estas redes proporcionan conectividad para todo tipo de servicios dentro de una compañía eléctrica, no solo teleprotección. Esta tecnología ofrece también la opción de crear rutas entre subestaciones que pueden transportar tráfico de capa 2 a través de la WAN, extendiendo así de manera efectiva la LAN a la subestación remota. Los IED que se comunican a través de GOOSE pueden intercambiar información con el dispositivo remoto como si estuvieran conectados a la misma red local.

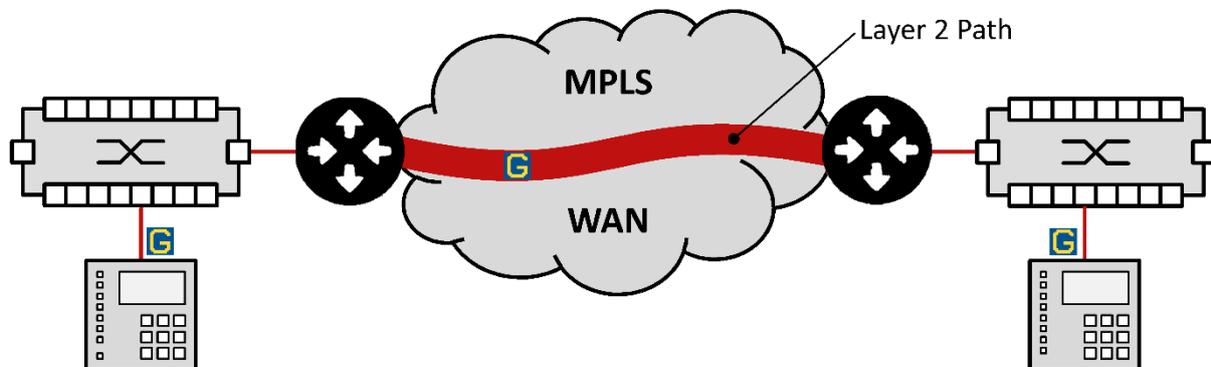


Figura 2: Comunicaciones GOOSE entre subestaciones a través de una ruta de capa 2

Estas trayectorias de capa 2 en redes MPLS proporcionan un buen desempeño y calidad de servicio. Hay que crearlas específicamente y, por lo general, no se utiliza ningún enrutamiento dinámico para encontrar las rutas para los paquetes. Por tanto, estas rutas son más deterministas que las rutas a través de redes IP.

Sin embargo, la disponibilidad de redes IP es mayor que la disponibilidad de redes MPLS y aún persiste el deseo de enviar mensajes GOOSE a través de redes IP. La norma IEC 61850-90-5 define este "GOOSE enrutable" (abreviado "R-GOOSE").

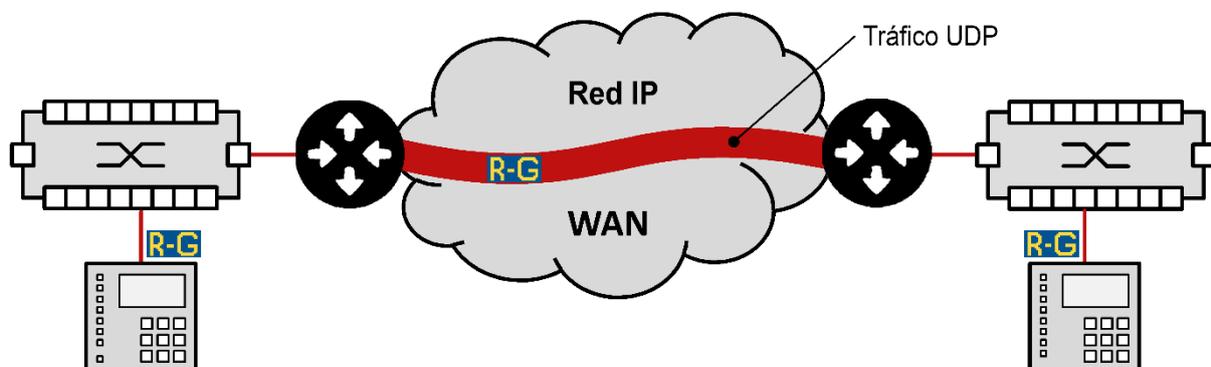


Figura 3: Comunicaciones GOOSE enrutables entre subestaciones a través de una ruta IP

La funcionalidad de los routers especiales mencionados anteriormente ahora la realiza la pila de red de los IED que pueden enviar y recibir esos mensajes R-GOOSE. Esto permite la teleprotección mediante la utilización de la infraestructura y equipos de redes IP estándar.

Utilizando las WAN de las compañías eléctricas, que cada vez abarcan más y son más eficientes, se amplían considerablemente las posibilidades de aplicar funciones de protección y automatización asistidas por comunicaciones.

Una nueva escala de desempeño

Para evaluar el desempeño de un canal de comunicación en una WAN, por ejemplo, para teleprotección entre diferentes subestaciones, se utiliza una configuración de prueba distribuida. Se utilizan dispositivos de registro sincronizados múltiples y precisos.

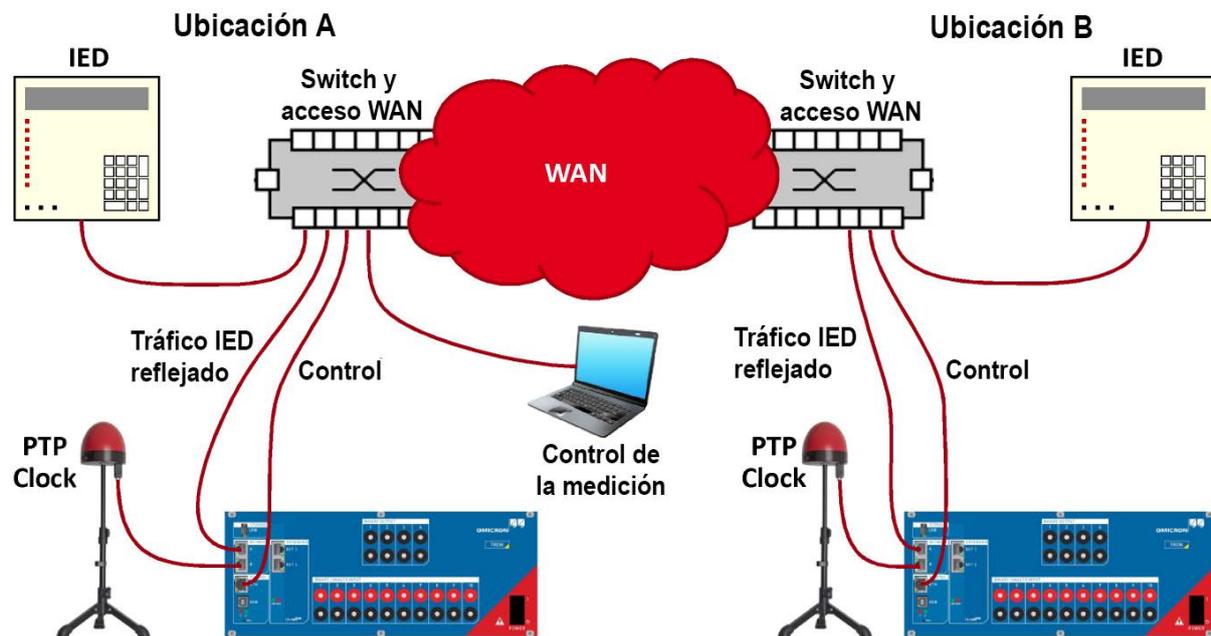


Figura 4: Medición del tiempo de propagación en una WAN

Todo el sistema de medición se controla desde una única computadora, simplificando al máximo la operación. Por supuesto, esta configuración de medición distribuida, que requiere una WAN, también se puede usar en una LAN (por ejemplo, en una subestación grande) cuando las ubicaciones de captura estén demasiado alejadas una de otra.

Para explorar un caso extremo, se realizó una medición del tiempo de retardo entre dos ubicaciones en dos continentes diferentes. Es poco probable que los datos críticos para la protección, la automatización y el control se intercambien a una distancia tan grande, pero sirve para mostrar los órdenes de magnitudes que se pueden esperar durante el tiempo de trayecto de la información. La siguiente figura ilustra la ubicación de las dos instalaciones involucradas en Austria y en Texas.

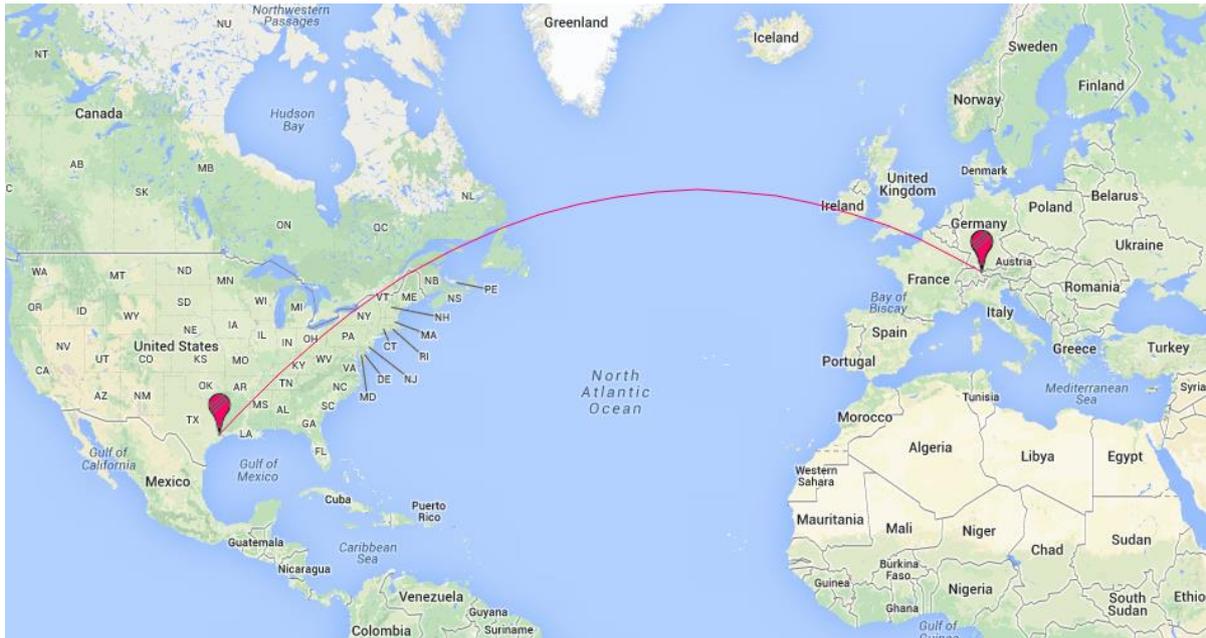


Figura 5: Ubicaciones y ruta más corta (línea recta) entre ambas
 Map data © 2014 Google. Calculadora de distancia Draft Logic © 2014 draftlogic.com

La conexión entre los sitios se establece por "internet". Por tanto, es una red IP, optimizada para el uso de oficina y de ninguna manera ajustada para aplicaciones de teleprotección. Los retardos de propagación medidos están en el rango de 80 ms a 100 ms, lo que es realmente bastante impresionante.

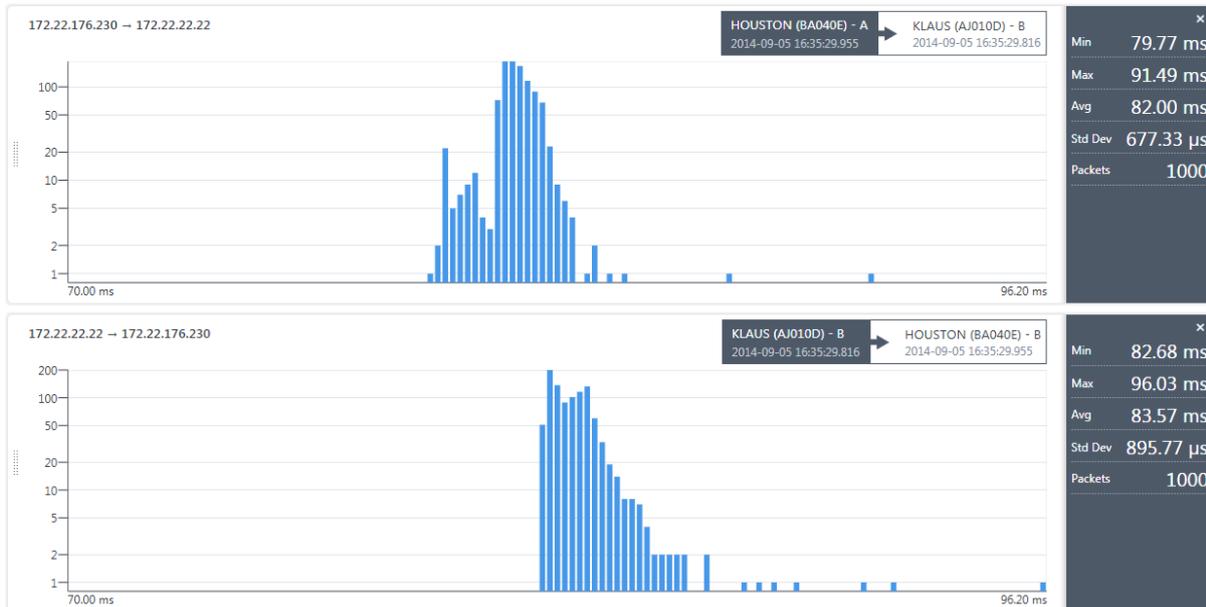


Figura 6: Retardos de propagación unidireccionales entre Texas y Austria

Debe tenerse en cuenta que los tiempos de transferencia medidos de menos de 100 ms están muy por debajo de los tiempos de funcionamiento típicos de la zona 2 de los relés de distancia. Y el retardo a través del océano Atlántico no es muy distinto de los tiempos típicos que se producían en el pasado en los canales de comunicación utilizados, por ejemplo, para los esquemas de protección de línea.

Para la comparación a continuación se analizarán las mediciones tomadas desde un esquema de protección de línea en el área de la ciudad de Viena que se puso en servicio en el año 2000 [14]. Es una protección para un cable de 110 kV con una longitud de solo 4 km. Los relés de distancia se actualizaron y se reutilizó la comunicación de hilo piloto existente. Se realizó una prueba de extremo a extremo para probar el esquema.

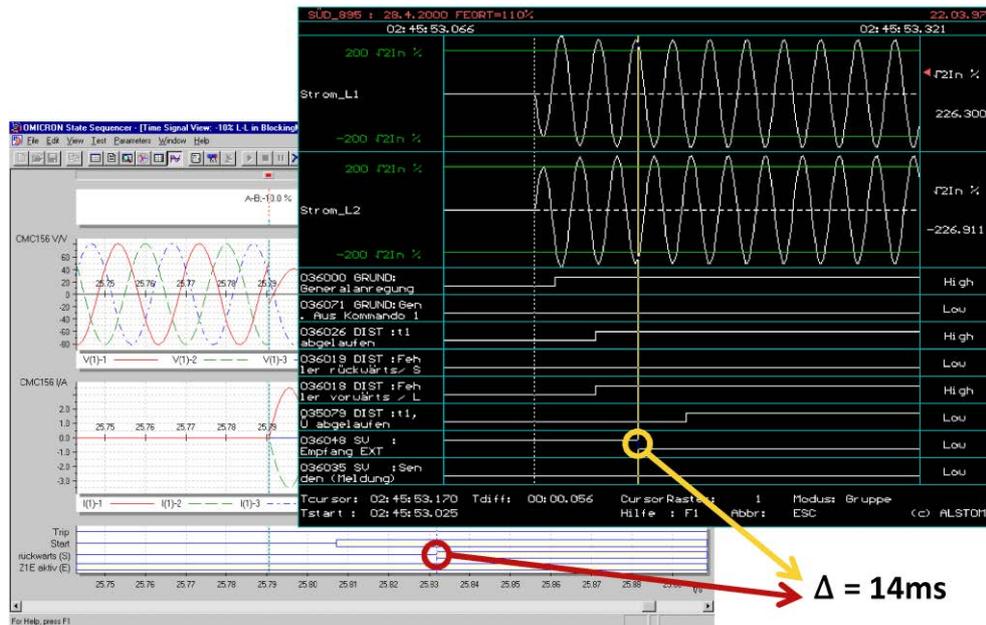


Figura 7: Tiempo de transferencia de la señal de bloqueo evaluada a partir de registros de fallas

A partir de los registros de fallas, se pudo derivar el tiempo de propagación de la señal de bloqueo de una subestación a la otra, el valor fue de aproximadamente 14 ms.

Durante las pruebas de un esquema de protección para una línea de 380 kV en Alemania en 1999, se midieron retardos de propagación de alrededor de 60 ms para el canal de teleprotección [15].

Otro punto de referencia proviene de una medición realizada entre dos lugares de Europa Central, unos 275 km de distancia, una distancia que bien puede aplicarse a las aplicaciones PAC distribuidas. Los tiempos de retardo medidos estaban por debajo de 20 ms. Una vez más, si los paquetes se transmitieran a través de internet, la transmisión dentro de una red de comunicación de la compañía eléctrica sería muy probablemente más eficaz y con una mayor calidad de servicio.

Las diferentes mediciones de las tecnologías de comunicación de diferentes generaciones se resumen en la siguiente tabla.

Época de la tecnología	
Década 1990	Década 2010
60 ms 120 km esquema de protección de línea aérea de 380 kV	< 100 ms 9000 km tráfico IP en WAN
14 ms 4 km esquema de protección de cable de 110 kV	< 20 ms 300 km tráfico IP en WAN

Figura 8: Tiempos de transferencia típicos y distancias en diferentes épocas

Las tecnologías que se pueden optimizar para Comunicaciones en Compañías Eléctricas, por ejemplo, MPLS, pueden proporcionar retardos aún más bajos. Se han conseguido valores en el rango de solo 5 ms en varios centenares de kilómetros.

La evolución de las redes de comunicaciones ahora permite la aplicación de esquemas de protección probados para distancias aún mayores. Y los esquemas existentes pueden incluso acelerarse utilizando los canales de comunicación más rápidos disponibles. En comparación con el caso de Viena descrito anteriormente, ahora podemos conseguir fácilmente los mismos tiempos de transferencia en varios centenares de kilómetros que obtuvimos para 4 km hace 20 años.

Aprovechando estos avances en el desempeño de la red de comunicaciones, los expertos en protección y automatización pueden diseñar e implementar esquemas de protección mejorados. Los conceptos que anteriormente se utilizaban solo localmente o en distancias cortas debido a los requisitos de desempeño de las comunicaciones, ahora son factibles para grandes distancias utilizando la comunicación de área amplia mejorada. Esto finalmente producirá sistemas eléctricos más fiables y más estables.

Un caso práctico

Un sistema de 110 kV en Austria sirve como ejemplo de la aplicación exitosa de la nueva tecnología de comunicación. El sistema creció a partir de una línea de dos terminales hasta una configuración de tres terminales y luego se amplió nuevamente mediante dos alimentadores adicionales. La protección en los dos buses principales era de la generación de estado sólido, mientras que la protección para la tercera columna (más nueva) era ya numérica. Ninguno de estos relés tenía funciones de comunicación incorporadas, la comunicación de protección para el esquema de disparo de transferencia del sistema inicial se estableció mediante dispositivos de comunicación externos que podían transferir unos pocos bits de punto a punto.

Por otro lado, se aplicó una estrategia de migración desde la red SDH/PDH existente, que solo podría ser utilizada por las aplicaciones más importantes, hasta una red MPLS que sirve a una amplia gama de aplicaciones. Ahora las rutas de capa 2 disponibles a través de la infraestructura MPLS permiten incluso intercambiar mensajes GOOSE IEC 61850 directamente entre dispositivos en diferentes subestaciones. La figura siguiente muestra cómo están conectadas a través de la red MPLS las tres ubicaciones principales implicadas en el esquema.

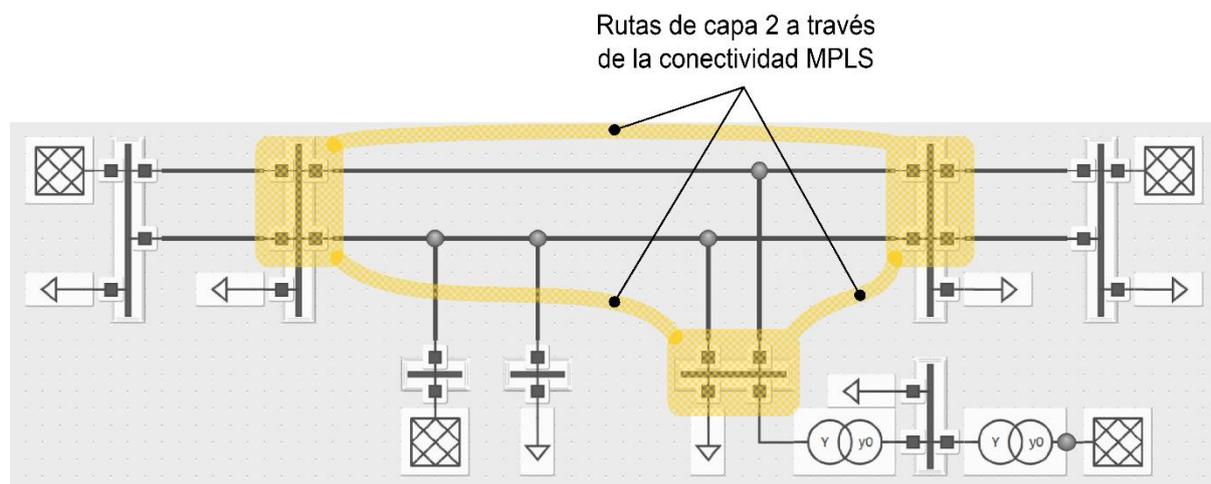


Figura 9: Los IED en las tres principales ubicaciones del esquema se comunican directamente a través de GOOSE

Con un simple GOOSE a los convertidores binarios de E/S conectados a los relés de protección, se puede configurar sin gran esfuerzo un esquema de protección que incluya todos los alimentadores importantes.

Durante la puesta en servicio del esquema de protección, se realizaron pruebas con un sistema distribuido de prueba y medición. También pudo utilizarse la misma infraestructura de comunicación que transporta la información de protección para conectar y controlar equipos de prueba y medición. Además de la evaluación de la capacidad de la protección para detectar fallas en el sistema eléctrico, se midió también el desempeño de las comunicaciones.

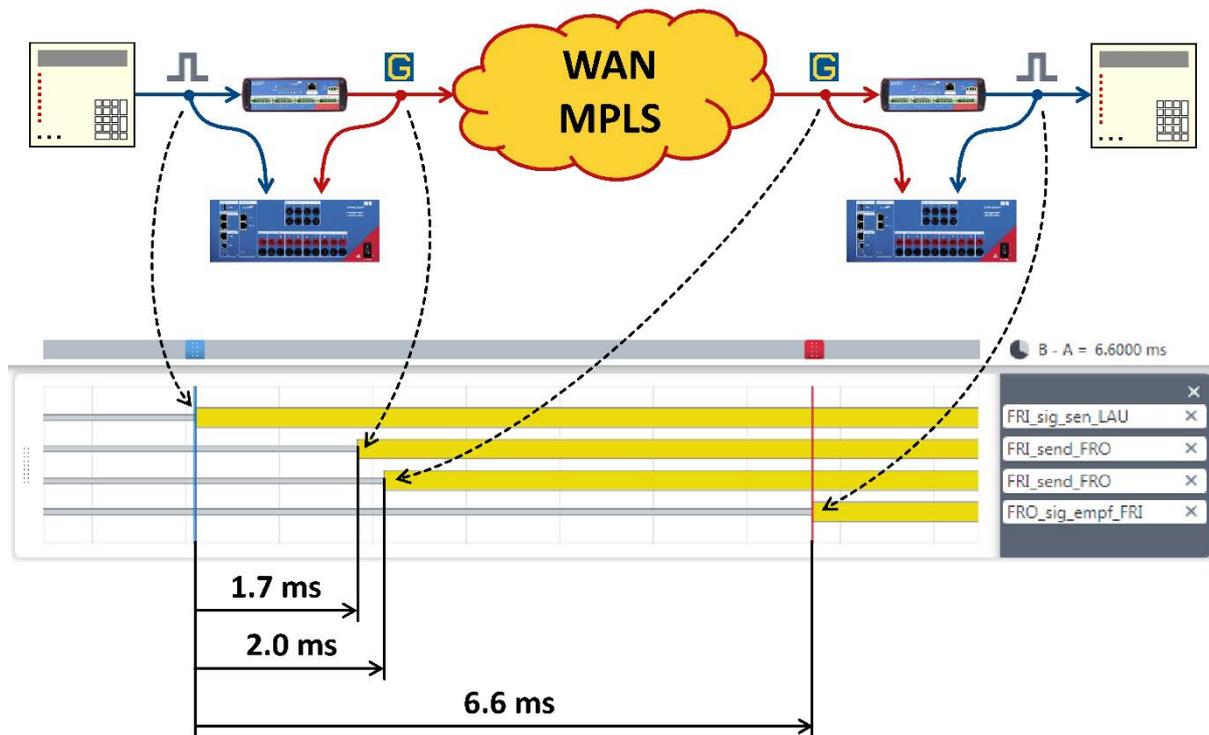


Figura 10: Propagación de la señal en el esquema de protección

La figura 10 muestra una propagación típica de una señal en este esquema. Revela que la red MPLS es muy rápida, el tiempo de transferencia del propio mensaje GOOSE es solo de 300 μ s para una distancia de aproximadamente 15 km. El equipo de medición híbrido también ofrece la sincronización de las señales binarias de relé a relé.

Como el esquema utiliza la comunicación GOOSE estandarizada, es altamente interoperable y sería fácilmente expandible con dispositivos de otros proveedores. Se crearon las rutas a través de la red MPLS mediante el proceso informático basado en los requisitos de los expertos en protección. Los técnicos de protección realizaron la configuración de las comunicaciones GOOSE.

El concepto aplicado dio como resultado una solución simple, eficiente y muy rentable. El concepto se aplicará de nuevo para extensiones adicionales y modificaciones de este tipo.

Referencias

- [1] Steinhauer, F., Vandiver, B., Schossig, T.: Accurately Time Stamped Traffic Acquisition and Evaluations to Assess Communication Networks for IEC 61850 Applications. PACW Americas conference 2015, Raleigh
- [2] Steinhauer, F.: Communication Aided Protection Schemes and their Implementation and Testing with State-of-the-Art Technologies. APS 2015, Sydney
- [3] Steinhauer, F., Vandiver, B.: How Fast does the GOOSE Fly? (within the substation or intercontinental). PACWorld Magazine, June 2015
- [4] Steinhauer, F., Schossig, T., Klien, A.: Verifying the Real Time Performance of Power Utility Communication Networks. South African Power Systems Protection Conference 2014.
- [5] Steinhauer, F., Vandiver, B.: Within the substation or intercontinental – How fast does your network transmit data? PACWorld Americas conference 2014, Raleigh
- [6] Steinhauer, F.: From LAN to WAN – assessing the communication network for protection, automation, and control. PACWorld conference 2014, Zagreb

- [7] Steinhauser, F.: Propagación e interacción de paquetes Ethernet con IEC 61850 Sampled Values en redes de comunicaciones de compañía eléctrica. DPSP 2014, Copenhagen
- [8] Steinhauser, F.: Interaction of Ethernet Traffic in Power Utility Communication Networks. PACWorld conference 2013, Dublín
- [9] Ingram, D., et. al.: Direct Evaluation of IEC 61850-9-2 Process Bus Network Performance. IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 3, No. 4, December 2012
- [10] Steinhauser, F.: Measuring the Performance of GOOSE Communication - Assessing IEC 61850 Real Time Messaging, CIGRÉ SEAPAC 2011, Sídney
- [11] Steinhauser, F., Schossig, T.: Coexistence of SCADA-Communication and Process-Level Real-Time-Communication in Substation Networks. PACWorld conference 2010, Dublín
- [12] IEC 61850-5 Communication Networks and Systems for Power Utility Automation - Communication Requirements for Functions and Device Models. IEC 2013
- [13] Procedimientos de prueba para editores de Sampled Values según la norma "Implementation Guideline for Digital Interface to Instrument Transformers using IEC 61850-9-2", Versión 0,8. UCA IUG, 2009
- [14] Gludowatz, O.: Prüfung eines Leitungsschutzes mit Signalvergleich.OMICRON User Meeting 2000, Munich
- [15] Fräbel, A., Schreiner, Z.: Einseitig ferngesteuerte und mittels CMGPS synchronisierte Prüfung von Schutzeinrichtungen mit Informationsübertragung.OMICRON User Meeting 1999, Leipzig

OMICRON es una compañía internacional que presta servicio a la industria de la energía eléctrica con innovadoras soluciones de prueba y diagnóstico. La aplicación de los productos de OMICRON brinda a los usuarios el más alto nivel de confianza en la evaluación de las condiciones de los equipos primarios y secundarios de sus sistemas. Los servicios ofrecidos en el área de asesoramiento, puesta en servicio, prueba, diagnóstico y formación hacen que la nuestra sea una gama de productos completa.

Nuestros clientes de más de 140 países confían en la capacidad de la compañía para brindar tecnología de punta de excelente calidad. Los Service Centers en todos los continentes proporcionan una amplia base de conocimientos y un extraordinario servicio al cliente. Todo esto, unido a nuestra sólida red de distribuidores y representantes, es lo que ha hecho de nuestra empresa un líder del mercado en la industria eléctrica.

Para obtener más información, documentación adicional e información de contacto detallada de nuestras oficinas en todo el mundo visite nuestro sitio web.