



GRUPO – XV

GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS – GTL

SISTEMA DE COMUNICACIONES INTELIGENTE PARA REDES DE POTENCIA (SMART COMMUNICATION SYSTEM SCS)

Jozthdwing RAMIREZ *
PLC International Inc

Humberto CABRERA
CORPOELEC

RESUMEN

Define la filosofía operativa y de interfaz común entre la nueva generación de equipos de onda portadora digital y los sistemas tradicionales de comunicación (fibra óptica o radio) existentes en las redes de comunicación establecidas sobre los sistemas de transmisión eléctricos.

Esta integración permite el aprovechamiento de la estructura enmallada de la red eléctrica independientemente de cual medio de transmisión se use en cada tramo (plc, fibra, radio) aportando inteligencia de enrutamiento a la voz y los datos.

SCS representa el puente inteligente entre los sistemas de generación, centro de control y la distribución de energía.

PALABRAS CLAVE

Sistema de Comunicaciones Inteligente, Onda Portadora Digital, Enrutamiento, Teleprotección, Voz, SCADA

1.0 - ESQUEMAS DE COMUNICACIONES

1.1. Servicios críticos

Se definen como servicios críticos de comunicaciones para sistemas eléctricos aquellos que son esenciales para la operación de la red, ver Figura 1.

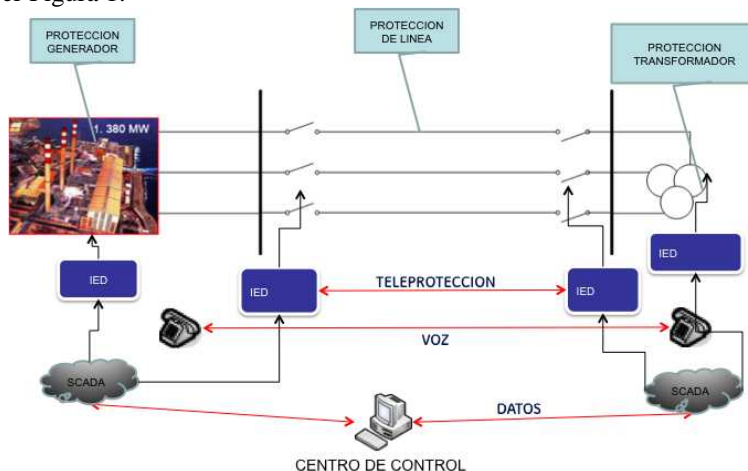


Figura 1. Servicios críticos en transmisión de energía eléctrica
Así tenemos en orden de importancia los siguientes:

- 1.1.1. Teleprotección. Transferencia de contactos de libre potencial entre dos extremos de la línea de potencia >115KV en tiempos cuya rapidez satisfaga la IEC 60834.
- 1.1.2. SCADA. Los datos en formato serial o IP que son transmitidos de la Subestación al centro de control o viceversa y que permiten que un sistema central analice y tome decisiones basados en parámetros propios de la red eléctrica.
- 1.1.3. Voz. La comunicación de Voz en formato tradicional o VoIP, requerida para coordinación de operaciones entre en centro de control y los operarios de subestaciones.

1.2. Esquema de comunicaciones tradicional

Las aplicaciones mayormente implementadas en la actualidad consisten en redes de comunicación cuyo canal de comunicación origen-destino se establece de forma fija o predefinida en relación a la ruta a seguir por los datos y la voz.

Un esquema tradicional, ver Figura 2, consiste en una subestación internamente comunicada mediante protocolo serial MODBUS o DNP la cual se comunica mediante puerto de datos serial al centro de control usando protocolos de la misma naturaleza en formato DNP ó IEC 60870-5-101.

La comunicación entre el origen y destino de la información consiste en sistemas lineales o en anillo (fibra óptica) de una cascada de enlaces punto a punto de la misma naturaleza (mismo sistema, por ejemplo una serie en enlaces de radio) o de diferente naturaleza interconectados entre sí de manera lineal (ejemplo enlace de radio en serie con enlace de Onda Portadora) siempre manteniendo una ruta fija a seguir entre el origen y el destino de la información.

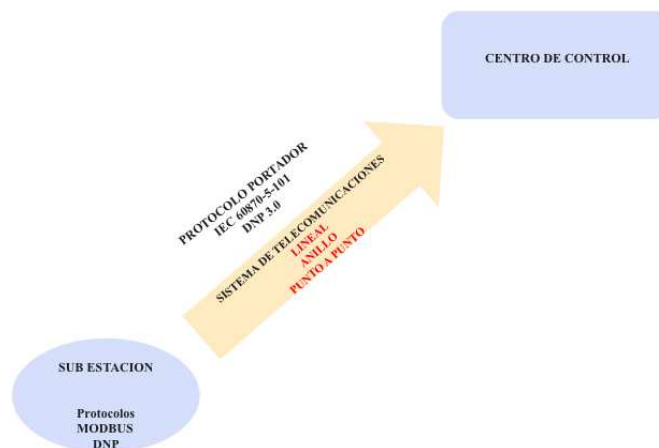


Figura 2. Esquema de comunicaciones tradicional

La interfaz entre cada enlace independientemente de la tecnología (radio, PLC, fibra) se efectúa mediante cableado directo, ver Figura 3, entre interfaces universales como la serial (V.24/RS-232) para los datos o interfaces 2/4 hilos (FXS/FXO/4W E&M) para voz.

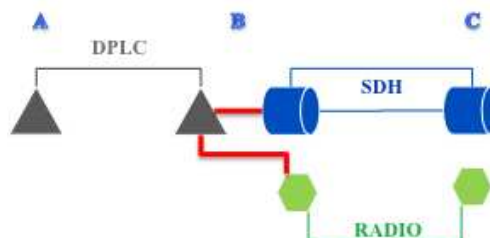


Figura 3. Tránsito cableado entre plataformas

En la Figura 3, en caso de una falla del sistema de comunicación principal entre los puntos A y B, el cambio a la ruta alternativa debe efectuarse de manera manual implicando una pérdida temporal de la comunicación entre A/B

y C hasta tanto la intervención técnica sea efectuada, esto implica un periodo considerable de tiempo que va desde minutos hasta horas o día en caso de subestaciones remotas o de difícil acceso.

1.3. Tendencia actual de los esquema de comunicaciones.

En la actualidad la existencia de plataformas de conmutación de paquetes ha impactado la tendencia de codificación en los formatos de voz y datos al punto que algoritmos de compresión de voz y protocolos SCADA basados en paquetes IP están siendo implementados en subestaciones eléctricas. La voz en protocolo SIP y protocolos SCADA IEC 61850 representan la novedad y los mismos se soportan en plataformas de conmutación de paquetes Capa 2 o Capa 3 tanto en redes LAN como en comunicaciones WAN al centro de control. Esto representa la etapa más avanzada de los antiguos SCADA que estaban constituidos por voluminosas cantidades de cables de cobre que llevaban las señales, mediciones y mandos de los equipos ubicados en el patio de la subestación hasta un armario de interfaz de campo ubicado en la sala de mando, el cual contaba con una serie de transductores que hacían las conversiones eléctricas apropiadas para la Unidad Terminal Remota (UTR), la cual en su mayoría manejaba un protocolo propietario y era un equipo centralizado. En una etapa posterior se evoluciono a un sistema compuesto por Unidades de Adquisición de Datos (UAD), que no eran otra cosa que casetas o shelters acondicionados ubicados próximo a las bahías de la subestación, donde se encontraban los IED's (intelligent electronic devices), equipos estos multifuncionales (protección, medición, señalización) distribuidos, estos recibían los cables de cobre y convertían la información para enviarla por medio de fibras ópticas hasta el Interfaz Hombre-Máquina localizado en la casa de mando. Actualmente existe una propuesta que sustituye las UAD por un equipo compacto e intemperie, conocido como "ladrillo", el cual se coloca en los armazones de los equipos de alta tensión y cuya función es convertir la información de los cables de cobre a señales ópticas. La otra tendencia es la utilización de los PMU (Phasor Measurement Unit) o Sincrofasores, estos equipos nos dan una herramienta para ver el sistema de energía como un todo o para comparar diferentes puntos en tiempo real.

No escapa a esta tendencia la teleprotección, la cual ha evolucionado de ser un equipo externo entre el relé y el equipo de telecomunicaciones (onda portadora, PDH, SDH) con interfaces a 4hilos, 64 Kbit/s o 2 Mbit/s, incluso formar parte de los equipos de telecomunicaciones en forma de tarjetas especializadas, a ser una función más integrada al relé, el cual a través de puertos eléctricos u ópticos se conectan al equipo de telecomunicación. Hay que resaltar el alto nivel de confiabilidad y la mejora en los tiempos de respuesta que se alcanzan al interconectar los relés extremos de protección de línea (distancia, diferencial) a través de una longitud de onda dedicada del DWDM o CWDM, una configuración muy cercana a las bondades de enlazar los relés con un par de fibra dedicadas, pero con una mejor relación costo-beneficio. Como culminación al sostenido desarrollo de las Teleprotecciones, la Norma IEC 61850-8-1 contempla que los relés cuenten con la interfaz "GOOSE" y la IEC 61850-90-1 define las comunicaciones de los relés entre subestaciones a través de redes WAN Ethernet IP, con lo cual ya no solamente contarían con la interfaz para la gestión sino que además se transferirían los comandos de disparos a través de Ethernet/IP.

Un esquema moderno, ver Figura 4, consiste en una subestación internamente comunicada mediante protocolo IP IEC 61850 la cual se comunica mediante puerto de datos Ethernet al centro de control usando protocolos de la misma naturaleza en formato IP IEC 60870-5-104.



Figura 4. Esquema conmutado sobre líneas de potencia

Bajo esta topología la comunicación entre los sitios B y C por tener enlace redundante de la misma naturaleza pueden establecer mediante la implementación de un protocolo de enrutamiento la conmutación automática entre las rutas cuando una de ellas no este disponible, ver Figura 5.



Figura 5. Conmutación de ruta automática en sistemas modernos

Este cambio de ruta se efectúa de manera automática sin requerir intervención humana. En general proporciona: servicios de aislamiento y diferenciación, QoS y servicio de mecanismos de recuperación.

2.0 - SISTEMA DE COMUNICACIONES INTELIGENTE

Se define como una plataforma genérica capaz de hacer interfaz directa en subestaciones con protocolos tradicionales TDM o modernos IP realizando el transporte de voz y datos de modo híbrido (TDM/IP) ver Figura 6, aprovechando la estructura enmallada de la red eléctrica sin discriminar la naturaleza tecnológica de la plataforma existente en cada tramo de transmisión (Radio, PLC, Fibra).



Figura 6. Esquema homogéneo con Sistema de Comunicaciones Inteligente

La conmutación entre los diferentes tramos de la red se implementa de manera automática mediante algoritmos de enrutamiento entre los cuales el OSPF (Open Shortest Path First) emerge como una alternativa sencilla y suficiente para el tamaño de la red eléctrica en donde cada subestación actúa como un nodo de conmutación o de toma de decisión respecto a cual ruta es mas conveniente para el envío de los paquetes de información.

3.0 - ONDA PORTADORA DIGITAL COMO PUENTE DE INTEGRACION ENTRE ESQUEMAS DE COMUNICACIÓN TRADICIONALES Y MODERNOS

La implementación de sistemas conmutados se plantea como una necesidad de comunicación en los sistemas eléctricos pero no puede implementarse de manera total debido a que un alto porcentaje de la estructura existente consiste en sistemas lineales basados en tecnologías TDM.

En función de esta situación se plantea la necesidad de un equipo de comunicaciones que pueda efectuar el enlace entre tecnologías TDM e IP y que permita la coexistencia de ambas tecnologías y progresiva migración hacia un sistema "All-IP".

Adicionalmente se hace necesario que coexistan los protocolos TDM (DNP o IEC 60870-5-101.) y los protocolos IP (IEC 60870-5-104).

La confiabilidad del medio de comunicación representa una condición importante en el requerimiento de integración. Fibra óptica es susceptible a rotura, las comunicaciones inalámbricas son susceptibles a condiciones climáticas (“Fading”) y pérdida de alineación de antenas, Onda Portadora reaparece como la técnica elemental que establece la premisa de que mientras exista una línea de potencia para proteger, existe el canal de comunicación para efectuar esa protección el cual es la misma línea de potencia.

El incentivo básico para utilizar Onda Portadora es que la red eléctrica proporciona una infraestructura que es mucho más amplia y penetrante que cualquier otra alternativa cableada o inalámbrica, por lo que prácticamente cada uno de los aparatos alimentados por las líneas eléctrica puede convertirse en el objetivo de servicios de valor agregado.

Las Empresas Eléctricas prefieren tener su propia infraestructura de comunicaciones, y la Onda Portadora les ofrece esta oportunidad. Los tendidos eléctricos existen en todas partes. Incluso las zonas rurales pueden ser cubiertas por la Onda Portadora, ya los tendidos eléctricos están allí desplegados, proporcionarle a estas áreas otro tipo de tecnología de comunicación puede ser costoso y requerir tiempo.

Un equipo de onda portadora digital (DPLC) con capacidad de interfaz directa de datos asíncronos e IP así como la capacidad de compresión de voz; surge como alternativa ideal para implementar la convergencia TDM/IP en los sistemas de comunicaciones de potencia. Este equipo DPLC con capacidad de enrutamiento inteligente podrá de manera automática y en tiempo real reconfigurar la ruta de la información sin que el origen o destinos del canal noten dichos cambios intermedios.

Adicionalmente, una buena razón de peso para utilizar Onda Portadora es el reciente impulso en la modernización de la envejecida red eléctrica a través de una autopista de la información dedicada a la gestión de generación, transmisión y distribución de energía, el llamado Smart Grid.

4.0 - CONFIABILIDAD DE SISTEMAS RESPALDADOS POR DPLC CON ENRUTAMIENTO INTELIGENTE

Efectuando un análisis gráfico de sistemas lineales típicamente implementados en sistemas de transmisión eléctricos podemos constatar la dramática disminución en la probabilidad de perder las comunicaciones de voz y datos cuando a dichos sistemas se les incorpora respaldo vía Onda Portadora que proporcione enrutamiento inteligente.

Para un enlace doble tenemos la representación de la figura 7:

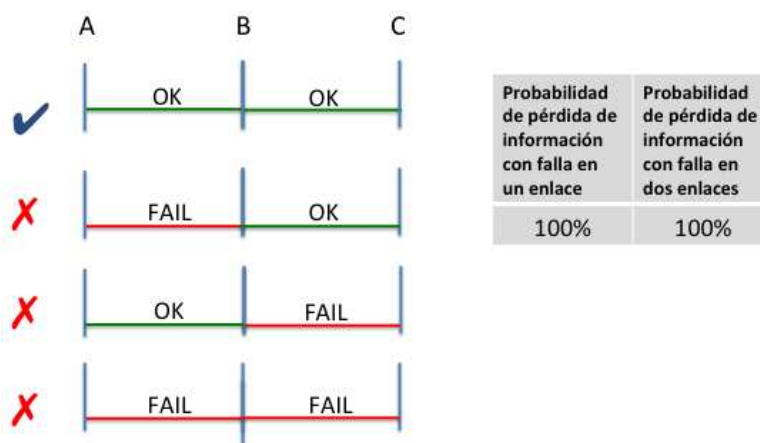


Figura 7. Enlace de comunicación consecutivo

Efectuando el mismo análisis para mayor cantidad de enlaces obtenemos que en caso de falla de cualquier tramo de comunicación la probabilidad de pérdida de comunicación entre origen y destino es siempre un 100%, ver Figura 8.

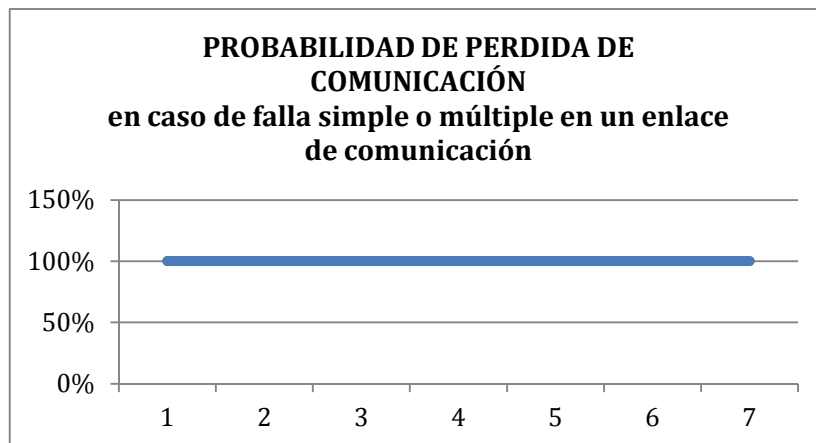


Figura 8. Probabilidad de pérdida de canal de comunicación en enlaces lineales

Si el mismo enlace de la figura 7 se respalda con Onda Portadora Digital que proporcione capacidad de enrutamiento tenemos que se reduce a 0% la probabilidad de pérdida de información, ver Figura 9.

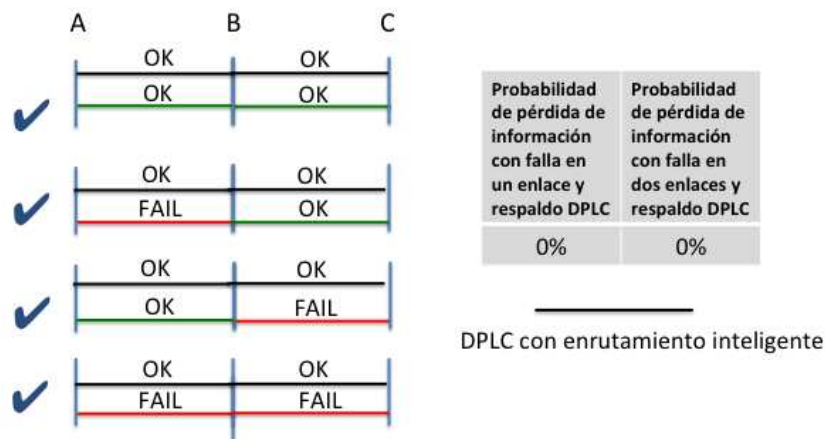


Figura 9. Enlace consecutivo respaldado con DPLC y enrutamiento inteligente.
Falla Simple o doble en ruta principal

Si consideramos un caso mas común y repetitivo en los sistemas eléctricos como lo es la falla simultanea de dos medios distintos de comunicación, Fibra y PLC por ejemplo, tendríamos que el respaldo DPLC con enrutamiento inteligente me reduce a un 50% esa probabilidad en un enlace doble, que en sistemas tradicionales aun respaldados serian de un 100%, ver Figura 10.

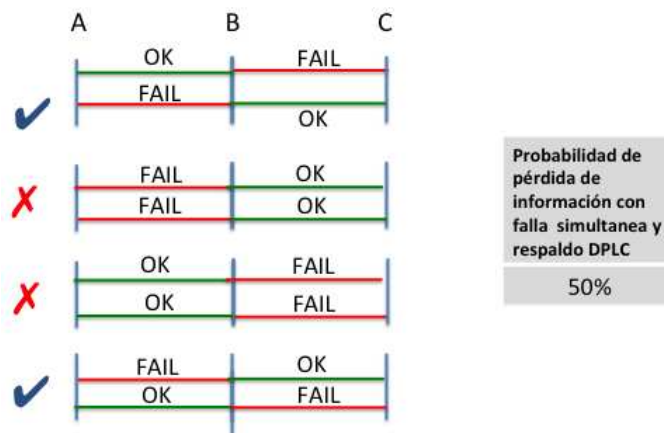


Figura 10. Enlace consecutivo respaldado con DPLC y enrutamiento inteligente

Falla simultanea

Efectuando el mismo análisis para múltiples enlaces con respaldo DPLC con enrutamiento inteligente, considerando fallas simultaneas tenemos un descenso dramático en la probabilidad de falla, ver figura 11.

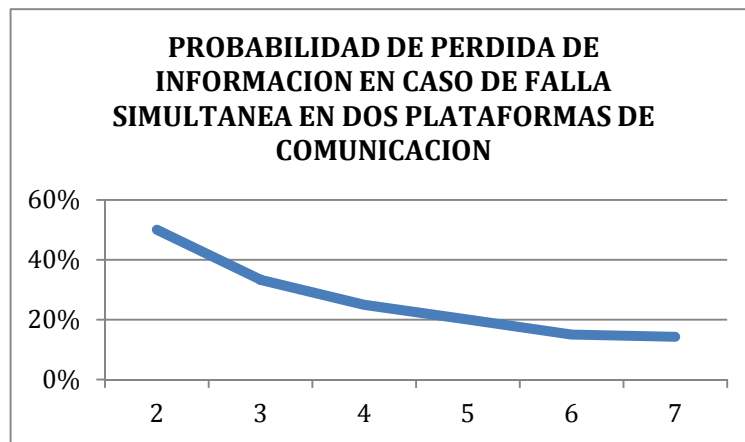


Figura 11. Mejora de la confiabilidad con respaldo DPLC

El análisis previo corresponde a enlaces lineales de lo cual podremos inferir que en una red real con múltiples rutas de conmutación, probabilidad de pérdida de comunicación es aún menor y por ende la confiabilidad mucho más robusta.

5.0 - CONCLUSIONES

La onda portadora digital con capacidad de enrutamiento inteligente representa el elemento clave para la implementación de un Sistema de Comunicaciones Inteligente sobre la plataforma existente en las redes de transmisión eléctrica.

La confiabilidad de la transmisión de potencia es el factor que mas se robustece con la implementación del Sistema de comunicaciones inteligente el cual puede implementarse sobre plataformas de comunicaciones existentes de naturaleza óptica u ondas de Radio independientemente de la marca de fabricación de las mismas.

El sistema de comunicaciones inteligente permite el aprovechamiento de la naturaleza enmallada de la red eléctrica implementando conmutación de paquetes, integrando sistemas TDM y/o IP, usándolos como medios de transporte alternativos para obtener una red inteligente y auto configurable.

6.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) GE PROTECTION & CONTROL. Relaying Communication Channels. GET-8034. USA
- (2) IEC 495. Single sideband power-line carrier terminals, second edition 1993-09. CEI 1993. SWITZERLAND
- (3) IEC 60834-1. Teleprotection equipment of power systems. Second edition 1999-10. CEI 1999. SWITZERLAND
- (4) RAMASWAMI, Rajiv., SIVARAJAN, Kumar. Optical Networks. Second edition. MORGAN KAUFMANN 2002. USA
- (5) BLACK, Uyles. Second Generation Mobile & Wireless Networks. PRENTICE HALL 1999. USA
- (6) TANENBAUM, Andrew. Computer Networks, fourth edition. PRENTICE HALL PTR 2003. USA

DATOS DE AUTORES

Jozthdwing RAMIREZ



Nacido en San Cristóbal, Táchira, Venezuela en 1974

Ingeniero Electrónico de la Universidad Nacional Experimental del Táchira UNET – VENEZUELA en 1997

Master en Telecomunicaciones y Redes de la Florida International University – FIU , FL – USA en 2005

Con mas de 15 años de experiencia dentro del grupo PLC y por tanto dentro del campo de las comunicaciones para sistemas de potencia siendo expuesto a nivel profesional a mercados de Latino América, Medio Oriente y Asia.

Impulsado por el desarrollo, generación y producción de los mejores resultados, posee trayectoria en PLC de Venezuela S.A. como ingeniero de investigación y desarrollo, ingeniero de puesta en servicio, gerente técnico y gerente de ventas, actualmente a cargo de desarrollo de negocios en el mercado global para PLC International Inc.

Humberto CABRERA

Nacido en Tenerife, Islas Canarias. España en 1953

Ingeniero Electricista de la Universidad Simón Bolívar USB - VENEZUELA en 1978

Especialización en Sistemas avanzados de Potencia PENSTATE UNIVERSITY - USA en 1980

Con 34 años de experiencia en el sector eléctrico laborando en CORPOELEC con trayectoria en el Departamento de Proyectos de Subestaciones, Gerencia de planificación de sistemas eléctricos, Gerencia de telecomunicaciones y actualmente en la Unidad de Telecomunicaciones Corporativas.

Líder en el área de proyectos de integración de la red de transporte y responsable del desarrollo e implementación de la red de telecomunicaciones IP para plantas y subestaciones eléctricas de CORPOELEC.