

Tecnologías para la calidad y eficiencia de las infraestructuras y los servicios

En la compleja organización de las sociedades modernas, el buen funcionamiento de las infraestructuras y una explotación eficiente de las mismas juegan un papel esencial.

En una parte muy importante, corresponde a los Sistemas de Telecontrol esa labor, muchas veces poco apreciada, de que **las cosas funcionen bien**. El suministro eléctrico, la puntualidad de los trenes, el buen uso de los recursos hídricos, por citar sólo unos ejemplos, descansan en buena medida en los Sistemas de Telecontrol. Las tecnologías disponibles, en particular en el terreno de las comunicaciones, proporcionan nuevas oportunidades de aplicación de estos sistemas, contribuyendo a mejorar el nivel de bienestar de nuestras sociedades.

Podemos esquematizar cualquier sistema de telecontrol en un **modelo de niveles**. En todo Sistema de Telecontrol existe una serie de puntos, dispersos geográficamente y habitualmente desatendidos, en los cuales se ejercen funciones de control y supervisión local. Normalmente estos puntos, que constituyen lo que podemos denominar **Nivel de Campo**, se denominan como **remotos**. Puede tratarse de una Subestación eléctrica, de un túnel en una autopista o de un centro de comunicaciones radioeléctricas, por citar ejemplos típicos. Incluso puede tratarse de un domicilio o de una instalación tal como la sala de máquinas de un ascensor. Existen multitud de instalaciones donde puede ser útil y rentable disponer de un equipamiento electrónico con estas funciones.

Para que un Sistema de Telecontrol pueda considerarse como tal, estas instalaciones remotas deben disponer de un medio de comunicación de datos con uno o más puntos centrales, que habitualmente están atendidos por personal, y desde donde se

• José Manuel Villalba

Director de Marketing de
Productos de ELIOP



ejercen funciones de supervisión y control a ese nivel. El **medio de comunicación** tiene una importancia capital en el sistema, tanto en su aspecto económico como operativo, y constituye por tanto un importante Subsistema que **conforma el segundo nivel** del Sistema de Telecontrol.

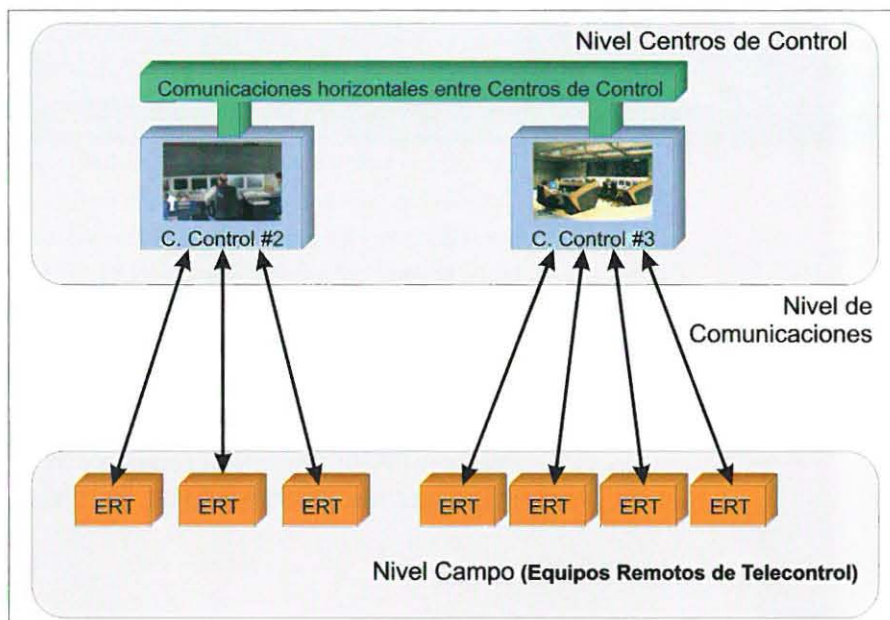
El tercer nivel es el formado por los **Centros de Control** desde los que se explota la información recogida, se gobierna la instalación de campo y se integra la función de Telecontrol en la actividad o negocio que la motiva.

Puede, por tanto, esquematizarse un Sistema de Telecontrol con tres niveles muy característicos, tal como se representa en el esquema adjunto.

Este artículo trata de ofrecer una panorámica de los Sistemas de Telecontrol desde dos puntos de vista. Por un lado, el punto de vista **tecnológico**, describiendo los aspectos técnicos propios de cada nivel del sistema, y cómo las tecnologías, tanto las ya disponibles como las emergentes, ofrecen soluciones con prestaciones crecientes y posibilidades de aplicación cada vez mayores.

Por otro lado, el punto de vista de las **aplicaciones y del negocio**. Los sistemas de telecontrol encuentran nuevos campos de aplicación y contribuyen muy significativamente a la mejora de la eficiencia de los servicios y al bienestar de las personas.

Ambos aspectos aparecen intencionadamente mezclados en la exposición: al hilo de las consideraciones sobre las tecnologías y características de las partes del sistema, se mencionan ejemplos significativos desde el punto de vista de las aplicaciones y el negocio. No puede tampoco pasarse por alto en esta





visión panorámica el importante peso que el propio Telecontrol tiene como actividad productiva, y en la que España puede enorgullecerse de tener una posición más que digna en los mercados mundiales.

España ha sido y es un país destacado en la aplicación de los Sistemas de Telecontrol, particularmente en el sector de los servicios basados en infraestructuras fijas extensas: redes eléctricas, oleoductos, redes de comunicaciones, transporte ferroviario, autopistas, captación y distribución de agua, etcétera.

Ello ha dado lugar a una oferta de Sistemas de Telecontrol, basada en **empresas españolas** que han desarrollado su propia tecnología, especializándose más o menos en determinados componentes de los sistemas, o por dominios de aplicación, y compitiendo con éxito tanto en el mercado interno como en el ámbito internacional.

Hoy por hoy la industria española tiene una presencia y peso indudable en el mercado internacional de Sistemas de Telecontrol, tanto en su faceta de productos como en los aspectos de ingeniería de aplicación e integración de sistemas. Aunque no es fácil delimitar las fronteras de lo que se entiende por un Sistema de Telecontrol, una estimación razonable del negocio que supone para las empresas españolas está en varios cientos de millones de euros anuales.

El crecimiento de esta industria pasa por aprovechar las oportunidades ligadas al desarrollo de nuevas infraestructuras, pero también a aplicaciones latentes que serán viables gracias a las reducciones de costes de los equipos, a la creciente implantación de la electrónica en todo tipo de aplicaciones, y sobre todo al uso de Internet y de las nuevas redes de comunicaciones móviles.

EQUIPOS REMOTOS DE TELECONTROL

Conviene distinguir en este análisis los tres niveles reseñados en la anterior introducción, ya que presentan requerimientos muy dispares. Aunque el tipo de aplicación influye notablemente, puede decirse que cada uno de los niveles del Sistema presenta generalmente unos requerimientos similares, lo que da lugar a la aplicación en cada nivel de determinadas tecnologías.

Empecemos por el nivel de campo. Dos son las características más fundamentales propias de este nivel: se trata de ubicaciones generalmente **desatendidas**, y además geográficamente **dispersas**. Esto exige a los equipos unos exigentes atributos de **fiabilidad y robustez**. Los equipos remotos de telecontrol deben trabajar de forma continua, ofreciendo un servicio ininterrumpido en condiciones que muchas veces distan mucho de ser las habituales en ambientes acondicionados: condiciones climáticas extremas y altos niveles de perturbaciones electromagnéticas son habituales en estos entor-

nos. Dependiendo de las aplicaciones, se requieren muchos otros atributos, como protección mecánica adecuada, incluso contra vandalismo, bajo consumo energético y **bajo coste**, entre otros.

Una característica habitual en los equipos remotos de telecontrol es la exigencia de tratamiento de informaciones críticas en **tiempo**.

En el aspecto funcional, los equipos remotos ofrecen cada día funciones más sofisticadas. Hay que distinguir dos facetas básicas: el **control local** y la **supervisión** orientada al telecontrol.

El control local se realiza con independencia de la función de telecontrol. A veces, son equipos independientes los que realizan cada una de estas funciones, pero se tiende cada vez más a la integración de múltiples funciones en los equipos, o bien a la integración de múltiples equipos de campo en redes locales. Por este motivo, el equipamiento de campo es cada vez más un sistema multifuncional, integrando una gama de funciones que se complementan para lograr la máxima eficacia y productividad de la explotación. Hay una serie de funciones genéricas, de carácter horizontal, presentes habitualmente en estas instalaciones, independientemente de su sector de aplicación:

- Medida y captación de informaciones del proceso bajo control: medidas eléctricas y de otros parámetros físicos, posiciones de elementos, etcétera.
- Actuaciones sobre las instalaciones: apertura y cierre de válvulas e interruptores, establecimiento de consignas, entre otras.
- Detección de cambios significativos, y asignación a los mismos de etiquetas de tiempo y niveles de prioridad, a efectos de su tratamiento como incidencias y posible envío prioritario al Centro de Control.
- Cálculos estadísticos sobre períodos temporales establecidos, y archivo de estas informaciones
- Automatismos locales

Otras funciones son más específicas para determinados sectores de aplicación, y en general están soportadas por equipamiento

dedicado. Citamos tan solo unos ejemplos representativos:

- Equipos de protección para instalaciones eléctricas de alta y media tensión: líneas, transformadores, etc.
- Control de señalización en sistemas ferroviarios (enclavamientos)
- Equipos sujetos a la normativa metro-lógica legal
- Correctores de volumen de gas

Las soluciones para el equipamiento de campo son por tanto muy **variadas** y cada vez más **integradas**, pero desde el punto de vista del Sistema de Telecontrol, en cada ubicación remota hay un equipo que, entre otras funciones, tiene como misión proporcionar el acceso remoto, tanto para proporcionar informaciones como para recibir mandos, y de esta forma integrar el equipamiento de campo en el sistema de telecontrol.

En el aspecto **tecnológico**, en el nivel de campo encontramos equipos electrónicos compactos basados en microprocesadores, y que ejecutan sus programas bajo control de sistemas operativos multitarea de tiempo real muy eficientes, lo que les permite dar un tratamiento con respuesta temporal garantizada. La eficiencia se traduce también en el empleo de una reducida cantidad de memoria y la no necesidad de elementos de almacenamiento masivo como discos, todo ello muy importante por razones económicas y de robustez mecánica y ambiental.

El **coste** de los equipos de campo suele tener un peso muy importante en el coste global del Sistema, y por este motivo es un aspecto que ha de ser optimizado. Los Sistemas han ido teniendo una penetración creciente conforme el coste de los equipos remotos ha ido disminuyendo gracias al abaratamiento de las tecnologías empleadas.

Atributos de especial importancia en los equipos remotos de campo son las llamadas **RAMS**. Estas siglas en inglés están formadas con las iniciales de Reliability (Fiabilidad), Availability (Disponibilidad), Maintainability (Mantenibilidad o Facilidad de Mantenimiento) y Safety (Seguridad).

Estos atributos tienen una incidencia muy directa tanto en el coste global del Sistema como en el grado de servicio ofrecido. La Seguridad, por su parte, se refiere a la garantía de que el sistema no provoque situaciones peligrosas para las personas ni para las instalaciones bajo control o relacionadas con ellas.

La **fiabilidad del software** es esencial en estos equipos, por su funcionamiento continuo y dado que cada vez realizan funciones más complejas y críticas. Por la variabilidad del entorno de operación y los aspectos de tiempo real, la garantía de fiabilidad del software no puede descansar solamente en las pruebas, sino además en la aplicación de metodologías apropiadas en el proceso de desarrollo.

En resumen, se requieren en la mayoría de los Sistemas de Telecontrol equipos remotos de campo con unas características extremadamente exigentes, pero a un coste competitivo que haga rentable y atractivo el sistema.

LAS COMUNICACIONES

Si en un Sistema de Telecontrol los Equipos Remotos son los sentidos y el Centro de Control el cerebro, las comunicaciones son los nervios del sistema. En muchos casos son el condicionante máximo que marca la viabilidad técnica y/o económica de su implantación.

Los Sistemas de Telecontrol se han caracterizado históricamente por adaptarse a los sistemas de comunicación disponibles en cada momento. Esto ha hecho que las tecnologías de comunicaciones hayan condicionado en gran medida el despliegue de los Sistemas de Telecontrol. Hasta hace no muchos años, la capacidad de transmisión de las redes realmente disponibles para el Telecontrol solía ser muy limitada, y la forma de superar esa limitación es el empleo de protocolos específicos para el telecontrol.

Las comunicaciones pueden analizarse, por tanto, en dos facetas principales: el **medio de transmisión** y los **protocolos**.

MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Uno de los campos donde primero se desarrollaron los Sistemas de Telecontrol fue el Sector Eléctrico, y precisamente uno de los factores que hicieron posible ese desarrollo fue la implantación de redes de comunicaciones, propiedad de las empresas eléctricas y en buena medida soportadas sobre la propia infraestructura de líneas de transporte y distribución de energía. Estas redes se crearon para proporcionar comunicaciones vocales a los diferentes centros (centrales, subestaciones, etc), y al mismo tiempo se utilizaron para la transmisión de datos de los sistemas de telecontrol. Las redes implantadas hace años se basaban en buena medida en técnicas de ondas portado-

Una posible clasificación de las comunicaciones desde el punto de vista de los Sistemas de Telecontrol

Por su régimen de uso	Continuo
	Discontinuo
Por su propiedad	Redes públicas
	Redes privadas
Por el medio físico utilizado	Radio
	Ondas portadoras sobre cables eléctricos
	Cable de cobre dedicado
	Fibra óptica
Por su topología	Punto a punto
	Punto a multipunto (Maestro a múltiples esclavos)
	Red de acceso múltiple ("peer to peer")
Por su tecnología de transmisión de datos	Redes analógicas (acceso con modem convencional)
	Redes digitales fijas
	Redes digitales móviles
	Internet

Características básicas de los protocolos de Telecontrol

Codificación compacta de la información	Eficiencia (mayor información útil en relación a la información bruta transmitida)
Mecanismos potentes de comprobación de la integridad de los mensajes	Evitan que un mensaje degradado por errores de transmisión pueda ser mal interpretado. Es una característica de seguridad del protocolo.
Mecanismos de control de secuencia y retransmisión	Evitan que pueda perderse información por el uso de un medio de transmisión con altas tasas de errores.
Gestión de acceso al medio	Importante en redes compartidas para optimizar los retardos desde que una información está disponible en una Estación Remota hasta que es adquirida por el Centro de Control
Gestión de prioridades	
Prioridad de los Telemandos	En general los Telemandos emitidos hacia las Estaciones Remotas son prioritarios. En muchos casos existen también mecanismos de seguridad extras para los mandos.
Gestión del reloj de tiempo real	Las Estaciones Remotas suelen disponer de un reloj cuya sincronización precisa puede hacerse a través de las comunicaciones. Etiquetado de tiempos. Muchas informaciones van etiquetadas con marca de tiempo.

rassobre los conductores eléctricos de potencia (**PLC**, siglas de Power Line Carrier) y radios monocanales, y proporcionaban capacidades de transmisión de datos bastante limitadas, en general no superiores a 1200 bits por segundo para cada canal, en muchos casos compartidos entre gran número de Estaciones Remotas. Hoy en día, y por motivaciones muy diversas, hay un gran despliegue de líneas de transmisión de alta capacidad basadas en **fibra óptica**, no sólo en empresas eléctricas, sino en otras muchas infraestructuras (canalizaciones de gas, ferrocarriles y autopistas, entre otras), y ello facilita el uso económico en los Sistemas de Telecontrol de comunicaciones dedicadas de mayor capacidad.

Los sistemas en muchos casos exigen comunicaciones permanentes con los equipos remotos, debido a la **rapidez de reacción** exigida. Puede ser crítico, por ejemplo, que una situación anómala sea conocida y tratada en el Centro de Control en muy pocos segundos. En algunas aplicaciones las informaciones procedentes del campo son sólo significativas si son muy recientes. Por ejemplo, en los sistemas eléctricos, que son de por sí de reacción muy rápida a cualquier cambio de situación (por ejemplo, la desconexión de una carga importante). En los Centros de Control eléctricos sólo puede mantenerse actualizado el estado de la red si las informaciones recogidas son muy recientes, y esto es importante para el correcto funcionamiento de aplicaciones tales como el Control Automático de Generación (AGC).

Hay sin embargo muchas aplicaciones en las que las comunicaciones se utilizan de

forma discontinua. Por ejemplo, la Estación Remota envía datos al Centro de Control en caso de detección de una alarma, anomalía, u otro suceso catalogado como suficientemente relevante. En estos casos también es usual que uno de los extremos haga llamadas periódicas a intervalos largos, incluso sin haber alarmas, para verificar que las comunicaciones están disponibles.

En estos casos que no exigen comunicaciones continuas, suelen utilizarse redes, públicas o privadas, con establecimiento de llamada. El caso más típico es la propia **red telefónica básica**, utilizando modems convencionales. Actualmente se utilizan también en estos casos los mensajes cortos (SMS) de las **redes GSM**, y la transmisión de datos en GSM con establecimiento de llamada. La aproximación más tradicional a la hora de construir una red de comunicaciones para un sistema de telecontrol ha sido utilizar enlaces dedicados de diversa tecnología, o bien líneas conmutadas con establecimiento de llamada, o una combinación de ambos.

Actualmente se está extendiendo ya el uso de redes de datos de **área extensa** (WAN), en general basadas en protocolo IP, para las aplicaciones de telecontrol. El uso de estas redes conlleva importantes ventajas sobre la mencionada aproximación tradicional:

- Sirve indistintamente para flujos continuos o discontinuos
- En general permiten una gran capacidad de transmisión en relación a las necesidades del telecontrol

- Facilidad de construir redes multiservicio, mejorando la rentabilidad
 - Facilita las labores de gestión de la propia red de telecontrol y de sus equipos.
- Los sistemas hacen uso por tanto de toda una **variedad de medios**. La elección del medio de transmisión tiene condicionantes de adecuación técnica, de disponibilidad, pero también de carácter **económico**. Tanto el coste de implantación como los costes regulares de mantenimiento y explotación (por ejemplo, por cuotas o alquiler de líneas) deben ser considerados y tienen un peso muy importante en la rentabilidad, y a veces en la propia viabilidad, del Sistema de Telecontrol. En otras ocasiones limitan el nivel de desarrollo de una red, ya que resulta económico telecontrolar los puntos de mayor trascendencia para la explotación, pero los elevados costes de comunicación pueden no justificar extender el telecontrol a puntos de menor nivel. Afortunadamente la creciente disponibilidad de múltiples medios de comunicación, la ampliación de sus despliegues geográficos, la mayor competencia y los menores costes son tendencias claras en el desarrollo actual de las redes de comunicaciones y ello seguirá facilitando la extensión de los sistemas de telecontrol.

En este punto procede un breve comentario sobre el impacto de **Internet** y de las nuevas **redes móviles** de datos en el Telecontrol. Internet ha permitido de momento en el telecontrol, sobre todo, optimizar la explotación de los datos elaborados por los Centros de Control, ya que facilita el acceso a los mismos, pero tiene aún un importante potencial de desarrollo para facilitar la comunicación con el nivel de campo. En buena medida los aspectos de fiabilidad y seguridad han retrasado su uso en esta parte de los sistemas, además de los aspectos de respuesta temporal y accesibilidad geográfica.

Los nuevos despliegues de redes móviles de datos abrirán nuevas aplicaciones de interés en el terreno del Telecontrol. Sus características le permiten mantener comunicaciones tanto de carácter continuo como discontinuo, y el reducido flu-

jo medio de datos que precisan muchas aplicaciones de telecontrol puede hacer económicamente atractivo su uso.

Otro factor que debería facilitar un mayor despliegue en algunas redes de telecontrol es la proyectada extensión de infraestructuras de comunicaciones de datos al **ámbito rural**, dado que en este entorno se ubican muchas instalaciones de interés.

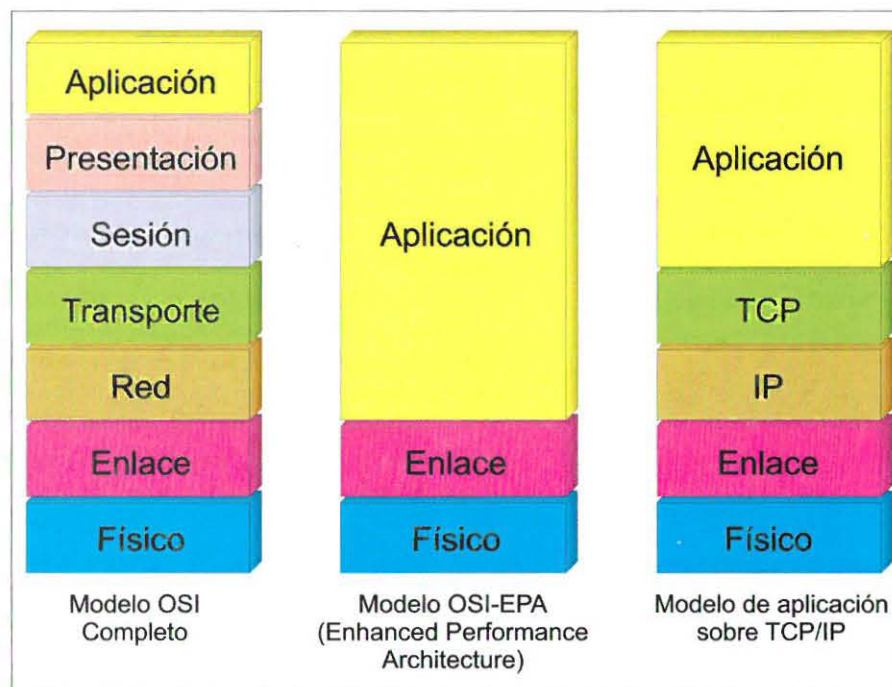
PROTOCOLOS

Como se ha dicho, hace no muchos años la mayoría de los sistemas de Telecontrol críticos debían trabajar con criterios de tiempo real muy estrictos, sobre redes de comunicaciones de baja capacidad y muchas veces con tasas de errores importantes. La utilización de protocolos de comunicaciones **específicos** ha permitido desde los comienzos de los sistemas de telecontrol proporcionar las funciones exigidas a los sistemas, cumpliendo además otros requisitos muy importantes:

- Eficiencia en el uso de los medios de transmisión: permite conseguir respuestas muy rápidas con redes de comunicaciones de capacidad limitada.
- Integridad de las informaciones: las informaciones proporcionadas deben ser muy fiables, siendo inadmisibles que errores en la línea puedan ocasionar la entrega de informaciones degradadas.
- Seguridad en la operación: ningún defecto en el sistema de comunicaciones debe ocasionar situaciones peligrosas. En concreto, errores de transmisión nunca deben ocasionar la emisión de mandos indebidos.

De hecho, muchos sistemas siguen trabajando sobre redes de baja capacidad y calidad de servicio poco óptima. En todo caso, el buen uso de los recursos de comunicaciones es siempre importante y de ahí que los sistemas sigan planteándose en general sobre protocolos específicamente orientados al Telecontrol.

En la última década ha habido una fuerte demanda por parte de los usuarios de los sistemas, sobre dos atributos importantes: **normalización e interoperabilidad**. Hoy en día existen protocolos normalizados para el telecontrol, en general específicos para



los diferentes dominios de aplicación. En el sector eléctrico por ejemplo tiene gran aceptación el protocolo IEC-870-5, que además se está utilizando en otros sectores de aplicación.

Los protocolos normalizados de Telecontrol facilitan el objetivo de conseguir la interoperabilidad en los sistemas: permitir que las Estaciones Remotas puedan ser de múltiples fabricantes, y que el Centro de Control sea de un fabricante diferente, si así se desea. Existen protocolos cuya normalización es "de facto", es decir, por su aceptación generalizada en el mercado, mientras que otros pueden considerarse estándares "oficiales", al estar respaldados por organismos de normalización como la ISO o el IEC.

Hay protocolos especializados para los diferentes niveles de una red de Telecontrol. De acuerdo con esto cabe distinguir dos tipos de protocolos:

- Protocolos entre Estaciones Remotas y Centros de Control
 - Protocolos entre Centros de Control
- Las características más específicas de estos últimos son el manejo de información más elaborada, así como el uso de redes de comunicación de mayor capacidad, que casi siempre son redes de área extensa basadas en protocolo IP.

Todos los protocolos de Telecontrol modernos siguen el modelo de capas **OSI** (Open System Architecture) normalizado

por ISO, si bien en general se trata de modelos simplificados, en parte por razones de eficiencia de implementación, y en parte porque la funcionalidad no exige disponer de todas las capas. Los dos casos más típicos de arquitecturas simplificadas de estos protocolos se ilustran en la figura. Desde el punto de vista del propietario y usuario del Sistema de Telecontrol, el protocolo de comunicaciones no tiene importancia en sí, pero condiciona grandemente aspectos muy importantes del sistema:

- Facilidad de ampliación: viene facilitada por el uso de protocolos normalizados, y por implementaciones flexibles que se adapten a diferentes medios.
- Flexibilidad en la elección de equipamiento: los protocolos estándares facilitan la integración de equipos de múltiples fabricantes.
- Eficiencia en el uso de los recursos de comunicaciones
- Funcionalidad: los protocolos presuponen un cierto "modelo" de las informaciones a intercambiar, y por tanto la funcionalidad es la que corresponde al modelo, pudiendo esto ocasionar a veces limitaciones sobre las expectativas de aplicación.
- Economía: los diferentes aspectos anteriores tienen una repercusión económica de mayor o menor alcance, pero siempre importante para la rentabilidad del sistema.

CENTROS DE CONTROL

En un Sistema de Telecontrol, el Centro de Control tiene dos funciones básicas: En sentido ascendente, adquiere las informaciones procedentes de las Estaciones Remotas, las organiza y trata de forma que sean asimilables para los operadores y para las aplicaciones informáticas que hacen uso de las mismas.

En sentido descendente, genera órdenes hacia los puntos remotos. Estas órdenes pueden ser emitidas por los operadores, o bien por programas de aplicación en modo automático.

Dependiendo de la aplicación el Centro de Control puede ser más o menos complejo, pero generalmente, y desde un punto de vista del tratamiento de la información, cabe distinguir dos capas funcionales:

- **Funciones SCADA.** Suelen utilizarse estas siglas ("Supervisory Control and Data Acquisition") asociadas a las funciones de comunicación con las Estaciones Remotas para adquisición de información y emisión de órdenes, juntamente con los tratamientos básicos de la información recibida y su organización en Bases de Datos de carácter genérico.
- **Funciones de Aplicación.** Están asociadas a tratamientos específicos del sector de aplicación donde se explota el sistema. Existen funciones orientadas a la explotación técnica (por ejemplo, en redes de distribución de aguas, optimización energética o análisis de calidad del agua). Otras aplicaciones están orientadas a la explotación económica (facturación, imputación de costes, etcétera). Estas y otras aplicaciones, por ejemplo para la gestión del mantenimiento, aprovechan muy positivamente las informaciones recabadas por los sistemas de telecontrol, contribuyendo a optimizar los diferentes procesos de la empresa.

ARQUITECTURA Y ATRIBUTOS BÁSICOS

Si bien casi todos los Centros de Control comparten una composición como la citada, agregando funciones básicas y de aplicación, su arquitectura, tanto en software



como en hardware, es muy diversa, dependiendo sobre todo del tamaño del sistema, la complejidad funcional aportada por el Centro, su criticidad y su nivel de integración con otros sistemas.

Basándose en Arquitecturas de múltiples equipos en red, se llega a construir actualmente Centros de Control que son complejos sistemas de tratamiento de la información, proporcionando al negocio un beneficio importante, en parte por su propia funcionalidad, y en parte por su integración en los Sistemas de Información de la empresa propietaria.

Comentamos a continuación algunos de los aspectos de arquitectura más relevantes en los Centros de Control de última generación.

Un principio de arquitectura de gran importancia es el de **Sistema Abierto**. Esta cualidad se refiere a la capacidad de un Sistema de intercambiar información y trabajar cooperativamente con otros sistemas. También se refiere a su capacidad de incorporar elementos normalizados que doten al sistema de nuevas funciones. Generalmente la cualidad de Sistema Abierto se logra por la combinaciones de una serie de aspectos de Arquitectura y Tecnológicos. La utilización de **estándares** es básica en esta línea. El uso de algunos componentes normalizados "de facto" por el mercado contribuye también en la misma dirección. Es este el caso de los Sistemas Operativos y Bases de Datos usuales.

La aplicación de soluciones de diseño de amplia aceptación, como con la arquitectura cliente/servidor, el software con orientación a objetos, comunicaciones TCP/IP,

Bases de Datos relacionales, etc, contribuyen a reforzar la cualidad de Sistema Abierto y son de gran importancia en los Centros de Control actuales.

Si algo caracteriza a los Centros de Control es su diversidad, lo que obliga a los fabricantes de productos SCADA a mantener una clara filosofía de apertura. En particular, muchos productos permiten integrar aplicaciones desarrolladas por el usuario final sin intervención del fabricante del producto, y de forma que dichas aplicaciones estén controladas de la misma forma y manera en que lo son las aplicaciones "nativas" del SCADA en que se insertan. Para ello debe haber mecanismos accesibles al usuario que permitan programar el motivo por el cual se ejecuta dicha aplicación: por solicitud de Operador, a una determinada hora del día, con una periodicidad determinada, asociado a una incidencia detectada por el sistema, u otros.

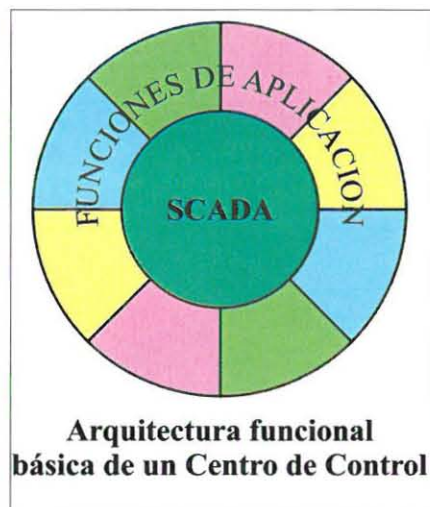
Otro principio muy utilizado en la Arquitectura de los Sistemas de Control es la capacidad de adaptación al control de instalaciones de muy diferentes tamaños, denominado con frecuencia **Escalabilidad**. En parte se consigue construyendo el software de forma que sea adaptable a máquinas de diferentes capacidades. Los sistemas de gran Escalabilidad permiten además la distribución eficiente de procesos entre diferentes máquinas de una red.

La capacidad de **integración** del Centro de Control con otros Sistemas de Información de la empresa es un aspecto es de gran relevancia en la actualidad. Las empresas, en particular las que explotan servicios con puntos de control dispersos, se benefician

de los sistemas de telecontrol, en gran medida gracias a la integración de la información proporcionada por estos sistemas en los sistemas de información de la empresa.

Consideremos el caso, por ejemplo, de la distribución de electricidad. La disponibilidad de la información sobre incidencias en la red es necesaria para restaurar rápidamente el servicio, pero también para dar una mejor información al cliente. Esto exige la integración de la información en los Sistemas de atención a clientes. En otro aspecto diferente, el aprovechamiento de la información recopilada por un sistema de telecontrol a efectos de mantenimiento necesitará su integración con los sistemas de inventario.

Otro ejemplo significativo puede ser el **Control del Tráfico Ferroviario**. El Centro de Control recopila información que, integrada en los Sistemas de Información a Viajeros, proporcionará la mejor y más puntual información a los clientes. También puede recibir de otros sistemas la información de planificación del tráfico, con objeto de realizar de forma automática o asistida las operaciones de control requeridas para el mejor cumplimiento de los horarios establecidos. Un aspecto de enorme relevancia en muchos Centros de Control es la criticidad de su operación. El anterior ejemplo de un Centro de Control de Tráfico ferroviario necesita poca aclaración. La indisponibilidad de un Centro de esta índole acarreará graves problemas de retrasos generalizados en los trenes. De ahí la importancia que, en muchos casos tienen los atributos de **Fiabilidad**, **Disponibilidad**, **Mantenibilidad** y **Seguridad** en los Centros de Control. Una alta **Fiabilidad** en el hardware y en el software de los Centros de Control es necesaria para garantizar una adecuada **Disponibilidad**, pero también las técnicas de **Redundancia** son ampliamente exigidas por muchas aplicaciones críticas para conseguir sistemas con una elevada tasa de Disponibilidad. Este principio permite que el Sistema sea tolerante a fallos simples, es decir, que ningún fallo simple produzca



la total indisponibilidad del sistema. La facilidad de mantenimiento (**Mantenibilidad**) contribuye adicionalmente a la Disponibilidad del sistema.

El término **Seguridad** suele utilizarse indistintamente con dos significados diferentes, pero ambos importantes para un Sistema de Control. Una primera acepción es la cualidad que hace que un fallo del sistema (incluido los errores humanos fortuitos) no produzca situaciones de peligro físico para las personas ni para las instalaciones bajo control. En su otro significado, se refiere a que el acceso a la información y a las funciones del sistema estén efectivamente restringidos a los usuarios autorizados.

La **facilidad de uso** es un elemento clave de calidad de un Centro de Control, que se concreta en diversos requerimientos:

- El Sistema, en lo que respecta a los Puestos de Operación, debe adaptarse a la organización establecida para esta actividad. Este requerimiento afecta sobre todo a grandes sistemas, y suele traducirse en la necesidad de un puesto específico para el supervisor del centro, y de múltiples puestos para los operadores, con posibilidad de establecer áreas de responsabilidad diferenciadas, entre otras funciones.
- Debe elaborarse y filtrarse adecuadamente la información, para acercarse al ideal de que cada operador tenga la información necesaria para realizar su trabajo, y no más. A menudo se cae en un exceso de información que perjudica la prestación global del sistema.
- El operador debe tener a su disposición presentaciones intuitivas, tanto esque-

máticas como geográficas, y con diferentes niveles de detalle. La navegación entre las diferentes presentaciones debe ser sencilla e intuitiva. Esto suele implicar un estudio del proceso típico de tratamiento de las incidencias y rutinas de trabajo, para adaptar el sistema a estas necesidades.

Las elevadas exigencias que deben afrontar los Centros de Control, en los terrenos citados anteriormente y en otros, hacen que deban aplicarse técnicas de desarrollo de **software de alta calidad**, en coherencia con el nivel de responsabilidad, complejidad y prestaciones propios de los mismos. La aplicación de los Sistemas de Telecontrol es, no obstante, muy diversa, exigiendo en función de ello diferencias muy notables entre unos y otros sistemas en los niveles de exigencia y en sus costes.

FUNCIONES SCADA

Las funciones ofrecidas por los sistemas SCADA son de aplicación en diferentes dominios, y por tanto se encuentran en Centros de Control para las aplicaciones más variadas. A continuación se enumeran y explican brevemente.

Adquisición de datos de campo. Se adquieren los datos proporcionados por los equipos de campo, a través de los protocolos de comunicaciones adecuados en cada caso. Estos datos son valores binarios (por ejemplo la posición de una válvula), analógicos (por ejemplo, el nivel de radiación solar) o contadores (por ejemplo, el valor acumulado de precipitación en una estación meteorológica). También se adquieren datos de incidencias con marca de tiempo. Dependiendo de la complejidad de los equipos remotos, puede adquirirse información más elaborada, como podrían ser datos estadísticos archivados por periodos regulares (por ejemplo, las temperaturas máxima, mínima y media en cada hora).

Ejecución de Telecomandos. Esta función corresponde al envío de órdenes para actuar sobre la instalación bajo control: abrir una compuerta, activar un equipo de comunicaciones, etc. Los aspectos más signifi-

[illegible]

Almacenamiento y gestión de la información. La información de datos instantáneos se organiza en una Base de Datos de Tiempo Real, cuyo objeto es contener los valores más recientes de las variables adquiridas de campo. Hay también Bases de Datos específicas para la información de incidencias con marcas de tiempo, datos históricos, etcétera. La Base de Datos de Tiempo Real, precisamente por su necesaria rapidez de respuesta, suele ser propietaria y trabajar directamente con memoria física, mientras que las demás Bases de Datos suelen estar basadas en sistemas comerciales relacionales.

Tratamiento de alarmas: soportan las funciones de alertar al operador, tratar el reconocimiento de la alarma por parte de éste,

Gestión de Usuarios y Áreas de Responsabilidad. Con el fin de garantizar la seguridad e integridad de los datos, los accesos a las diferentes facilidades del Sistema o incluso a puntos de información se controlan mediante “perfiles de acceso”, que se configuran en función de la información y funciones a las que se puede acceder y el tipo de acceso a las mismas. Algunos sistemas SCADA ofrecen la posibilidad de definir múltiples Áreas de Responsabilidad para el acceso selectivo a la información. Las Áreas de Responsabilidad limitan las acciones del Operador a determinados elementos de las Base de Datos, de forma que un Operador podrá realizar una determinada operación (p.e. mando) sobre un elemento que pertenece a su Área de Responsabilidad pero no sobre otro que no pertenece a dicha Área.

Los sistemas SCADA de última generación incorporan algunas funciones avanzadas que es interesante explicar.

Con el nombre de World Map se distingue a una técnica de representación del conjunto de la red telecontrolada que permite el manejo de las siguientes funciones:

- Zoom discreto y continuo
- Utilización de ficheros de representación geográfica, por capas, como base de presentación.
- Presentación con detalle selectivo por capas, conocida como “Decluttering”, con cambio automático del nivel de presentación en función del nivel de Zoom utilizado en cada momento.
- Los niveles de representación pueden ser manejados también de forma independiente al Zoom.
- Movimiento, continuo o discreto, del conjunto de la presentación (“Panning”). Puede hacerse en todas las direcciones y a una zona determinada, con la funcionalidad de “cámara” que permite la localización de la zona visualizada dentro de la representación global.

La técnica World Map ofrece, sobre todo para presentaciones geográficas, un interfaz enormemente intuitivo y amigable para los operadores, facilitando su labor.

Este aspecto se refiere a la capacidad de disponer de múltiples puestos de operación, a la posibilidad de ubicarlos en lugares dispersos, y al acceso remoto a las informaciones, generalmente vía Internet. La aplicación de tecnologías Web y la disponibilidad de comunicaciones a una razonable velocidad son elementos facilitadores de estas prestaciones.

Se trata de una herramienta que permite al usuario establecer secuencias de diversos tipos de tareas que deben ser ejecutadas por el sistema de forma automática o manual por alguno de los siguientes motivos:

- BIT 133/MAYO-JUNIO 2002 41

- b) Detección de un evento por el sistema SCADA
- c) Programado en el tiempo: pudiendo ser la programación tanto para una fecha determinada como una programación periódica

Coloración Topológica

Una prestación avanzada de algunos sistemas es la llamada "Coloración Topológica". La Coloración Topológica es una función que permite identificar según criterios relacionados con aspectos topológicos los elementos que forman parte de la instalación bajo control. Por ejemplo en una instalación hidráulica permite identificar los tramos de tubería que están unidos por válvulas abiertas. En una red eléctrica podría identificar los tramos de línea que están unidos a tierra, zonas aisladas, tramos por los que circula la misma intensidad, etcétera. Una de las aplicaciones es la estimación de medidas no captadas directamente del campo, pero se habla de coloración porque esta función se traduce visualmente en un coloreado de los elementos que comparten el criterio topológico calculado por la función.

El tratamiento de coloración topológica está muy ligado en los Centros de Control a los dibujos que representan la instalación. Maneja elementos genéricos que pueden considerarse "abstractos", tales como nodos fuentes, nodos sumideros, elementos de corte, de conexión (unidireccionales y bidireccionales), elementos reguladores, etc. Estos elementos abstractos se corresponden para cada dominio de aplicación con elementos reales. Ejemplos de elementos de corte en diferentes sistemas son interruptores eléctricos, válvulas hidráulicas, compuertas, etc.

Reproducción de secuencias (Moviola)

La Moviola es una función que permite reproducir, sobre el mismo interfaz gráfico del sistema, una situación pasada. Para ello el sistema SCADA, durante su operación normal, va almacenando en memoria toda la información necesaria para permitir esta reproducción en tiempo diferido. La función "Moviola" permite reproducir una situación pasada en el sistema sobre

su mismo interfaz gráfico, facilitando el análisis detallado de las informaciones que llegaron de campo así como las acciones llevadas a cabo desde el Puesto Central como respuesta a dichas informaciones (reacciones del Operador).

Es una herramienta que permite la realización de análisis "a posteriori" del comportamiento de la instalación, del sistema y de los operadores en una situación real. Puede utilizarse como herramienta de análisis y también para formación de operadores.

Sistemas MultiSCADA

Cada vez son más frecuentes los sistemas que incluyen múltiples Centros de Control. Una necesidad habitual es comunicar un Centro de telecontrol con otro Centro que en muchos de los casos es de otra empresa. En otros casos el propio sistema, desde su diseño inicial, se concibe como un sistema multiSCADA. En estos casos la necesidad de múltiples Centros interconectados se debe a diversos motivos: **Distribución geográfica**, **Especialización Funcional**, o **Seguridad** frente a situaciones de fallo o catástrofes.

La clave de estos sistemas es la aplicación de un **concepto de arquitectura** bien definido, que establezca claramente los flujos de información tanto en las situaciones habituales como en situaciones excepcionales. Estos sistemas se caracterizan por los importantes flujos de información entre Centros de Control, que pueden soportar tanto el intercambio de información en cualquiera de los dos sentidos como el envío de mandos a los equipos remotos gestionados por otro centro.

Existen protocolos especialmente orientados a la interconexión de Centros de Telecontrol, como el ICCP. También se hace uso de mecanismos más habituales en Sistemas de Información como diversas técnicas de Middleware y accesos remotos a Bases de Datos.

Gestión dinámica de configuraciones. Incrementos.

Esta función permite que los cambios introducidos de forma gradual en la configuración de las redes de Telecontrol puedan

ser asimilados de forma segura y sin generar ninguna discontinuidad en la operación. Se trata de un aspecto muy importante en muchas redes que están en continuo cambio y desarrollo. Considérese el caso, por ejemplo, de las redes de distribución eléctrica, que deben extenderse continuamente conforme al desarrollo de las poblaciones.

FUNCIONES ESPECÍFICAS DE APLICACIÓN

Los Centros de control incorporan aplicaciones específicas, dependiendo del sector que se trate (eléctrico, agua, gas, comunicaciones...). En general se trata de módulos aplicativos que resuelven aspectos concretos ligados a diferentes aspectos:

- **Análisis técnico del sistema:** por ejemplo, cálculos de eficiencia energética, detección de fugas, análisis de fenómenos transitorios, estimación de estado de redes eléctricas, etcétera.
- **Funciones de control de alto nivel:** por ejemplo, el Control Automático de Generación (AGC) en sistemas de producción de energía eléctrica.
- **Análisis económico:** imputación de costes, facturación.
- **Gestión de activos:** inventarios, gestión del desarrollo de la red.
- **Aplicaciones orientadas al Mantenimiento:** control de actuaciones de mantenimiento, fichas de mantenimiento correctivo y preventivo, control del desgaste de elementos en función de las maniobras realizadas, etcétera.
- **Funciones de explotación:** análisis de parámetros de explotación, índices de calidad del servicio...

La integración de estas funciones con el SCADA les proporciona la necesaria información de campo y el interfaz de operador adecuado.

En este aspecto cobra especial relieve la característica de **Sistema Abierto** que facilita al SCADA proporcionar un gran valor añadido al negocio por medio de una buena integración de estas aplicaciones específicas.

