

APLICACIÓN DE LOS ENLACES ICCP EN EL INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN ENTRE LOS CENTROS DE CONTROL EN TIEMPO REAL

Narváez Andrés

anarvaez@cenace.org.ec

Centro Nacional de Control de Energía - CENACE

Panamericana Sur km 17 1/2

RESUMEN

Los enlaces ICCP constituyen un mecanismo para el intercambio de todo tipo de señales: analógicas, estados, acumuladores, comandos, etc, entre dos centros de control en tiempo real. El presente trabajo se enfoca al intercambio específico de señales entre dos centros de control de energía eléctrica.

Es indispensable definir el listado y características de las señales a ser intercambiadas, lo cual se denomina tabla bilateral de intercambio. La infraestructura que cada centro de control implementó para la adquisición de sus señales no debe ser duplicada por el otro centro de control que requiere las mismas señales, sino que, basta con la implementación de un canal de comunicaciones entre los dos centros de control.

Los centros de control de áreas eléctricas vecinas utilizan ampliamente enlaces ICCP para disponer de las señales de las subestaciones enlazadas a través de interconexiones eléctricas como es el caso de Colombia y Ecuador.

PALABRAS-CLAVE: centros de control, ICCP, implementación, mediciones, indicaciones.

1. DESCRIPCIÓN DE LOS ENLACES ICCP

1.1. Descripción General del Protocolo ICCP

El *Inter-Control Center Communications Protocol* - ICCP es un protocolo que fue desarrollado bajo el auspicio del *Electric Power Research Institute* - EPRI.

Posteriormente fue complementado y aprobado por la Comisión Electrotécnica Internacional como el protocolo IEC-870-6. También fue aprobado por la International Organization for Standardization (ISO) como

Tele-control Association Service Element 2 (TASE.2).

El ICCP maximiza la utilización de los protocolos estándares existentes que incluyen todas las capas hasta la capa 7 en el modelo de referencia Open System Interconnection - OSI, lo cual tiene el beneficio de que el requerimiento de nuevos desarrollos para ICCP se haga únicamente en el ámbito de las capas superiores a la capa 7. En la figura 1 se presenta el modelo de referencia OSI.

SCADA / EMS	
Capas OSI	ICCP TASE.2
	MMS
	ACSE
6	Presentación
5	Sesión
4	Transporte
3	Red
2	Datos
1	Física

Figura 1. Modelo de Referencia OSI

El ICCP especifica la utilización de MMS (Manufacturing Messages Specification) que define la mecánica de la nomenclatura, listado y direccionamiento de las variables y la interpretación de los mensajes.

Las aplicaciones para centros de control ubicadas a partir de la capa 7, permiten: el intercambio de datos, el control de dispositivos, el intercambio de mensajes y la ejecución remota de programas vía APIs (Application Program Interface) para ICCP.

El ICCP está basado en los conceptos de cliente – servidor, dado que, todo intercambio de datos tiene su origen en la solicitud de uno de los centros de control (cliente) a otro centro de control que posee y administra esos datos (servidor). El cliente debe especificar las condiciones de reporte como son: periodicidad de

reporte, reporte por excepción, banderas de calidad, etc.

El mecanismo denominado Association Control Service Element – ACSE es utilizado por el ICCP para el establecimiento de asociaciones lógicas entre un cliente y múltiples centros de control servidores. En este esquema el control de accesos se lo realiza mediante el uso de Tablas Bilaterales, las cuales proveen de los permisos de: ejecución, lectura/escritura, sólo lectura o acceso bloqueado para los datos de tiempo real solicitados por los centros de control clientes.

1.2. Objetos del Servidor ICCP

1.2.1 OBJETOS DE ASOCIACIÓN

Para establecer una conexión lógica entre dos instancias de ICCP se utilizan los objetos de asociación. Se definen tres tipos de operaciones para los objetos de asociación:

- Asociar, operación utilizada por un cliente para conectarse a un servidor.
- Concluir, operación utilizada por un cliente o un servidor para terminar de una forma planificada una asociación, por ejemplo para el caso de un mantenimiento preventivo del enlace ICCP.
- Abortar, operación utilizada por un cliente o un servidor para terminar de forma imprevista una asociación debido a fallas en los mecanismos de comunicación.

1.2.2 OBJETOS DE DATOS

Los objetos de datos están relacionados con los valores que pueden tomar los datos en tiempo real, que incluyen mediciones analógicas, estados digitales, control de dispositivos y estructuras de datos. Existen cuatro operaciones relacionadas con los objetos de datos:

- Obtener el valor de un dato, operación utilizada para requerir el valor de un punto simple adquirido desde el proceso.
- Definir el valor de un dato, tiene el objetivo de permitir a un centro de control remoto cambiar el valor de un punto del centro de control local, lo cual no es muy común.
- Obtener el nombre de un dato, operación utilizada por un cliente para determinar el listado de puntos a los cuales tiene permiso de acceso.

- Obtener el tipo de un dato, operación utilizada por un cliente para determinar los atributos de un objeto de datos.

1.2.3 CONJUNTOS DE DATOS

Son listas ordenadas de objetos de datos mantenidos por un servidor ICCP. Los conjuntos de datos son utilizados por un cliente para definir remotamente una lista de puntos a ser reportados como un solo grupo. Generalmente, el intercambio de datos en tiempo real en los centros de control se lo hace agrupando los puntos de acuerdo a sus características, como: tipo, tiempo de actualización, permisos de acceso, etc.

Existen seis operaciones relacionadas con los conjuntos de datos:

- Crear un conjunto de datos, operación utilizada por un cliente para crear un conjunto de datos en un servidor remoto. El cliente puede especificar los siguientes parámetros de transferencia de objetos de datos: nombre del conjunto de transferencia, evento que inicia el envío de datos y utilización de estampa de tiempo.
- Borrar un conjunto de datos, tiene el objetivo de permitir a un cliente borrar un conjunto de datos definido previamente.
- Obtener los valores de un conjunto de datos, operación utilizada por un cliente para determinar los valores instantáneos de cada uno de los datos que integran el conjunto.
- Ajustar el valor de los elementos, operación utilizada por un cliente para cambiar manualmente uno a uno los elementos de un conjunto de datos, lo cual no es muy común.
- Obtener el nombre de un conjunto de datos, operación utilizada por un cliente para determinar los nombres de cada listado de puntos definidos en un servidor.
- Obtener el nombre de los elementos, operación utilizada por un cliente para determinar los nombres de cada elemento que conforman un conjunto de datos.

1.2.4 TRANSFERENCIA DE CONJUNTOS DE DATOS

Para hacer efectiva la transferencia de datos, primero es necesario el establecimiento de los enlaces ICCP a través de los conjuntos de transferencia; los cuales son los encargados del transporte de los conjuntos de datos antes definidos.

El intercambio de los datos puede efectuarse en las siguientes formas: periódicamente, ante un cambio de estado o valor, en respuesta a un evento particular del servidor o bajo solicitud del operador.

Existen cuatro modelos de objetos de transferencia de datos:

- Transferencia de conjuntos de datos, utilizados para establecer la transferencia de una lista ordenada de datos.
- Transferencia de Series de Tiempo, utilizada para el intercambio de los diferentes valores que va tomando un solo punto conforme se va incrementando el tiempo basado en un intervalo predefinido.
- Transferencia de un conjunto de cuentas, utilizada para la transferencia varios tipos de objetos de datos. Cuenta es un término ampliamente utilizado para representar información como: curvas, indisponibilidades de equipos, valores programados y otras entidades utilizadas por los centros de control y que tienen en común el uso de estructuras complejas de datos.
- Transferencia de mensajes de información, utilizada para la transferencia de un mensaje de información en formato ASCII o binario.

Existen cuatro operaciones definidas para los objetos transferencia de datos:

- Iniciar Transferencia, permite a cliente solicitar a un servidor iniciar la transferencia de datos de acuerdo a los parámetros establecidos para cada grupo de datos.
- Detener Transferencia, utilizada por un cliente para detener la transferencia de datos, será necesario una operación de iniciar transferencia para reactivar el intercambio de información.

- Obtener el siguiente conjunto de datos, utilizada por un cliente para realizar la transferencia del siguiente conjunto de datos, puesto que, el servidor mantiene disponible un conjunto de grupos de datos a ser transmitidos cuando un cliente lo solicite.
- Iniciar Transferencia del siguiente valor para una serie de tiempo, permite a un cliente iniciar la transferencia de una serie de valores que evolucionan en el tiempo para un mismo punto.

1.2.5 PROGRAMAS

El objeto programa provee al cliente la posibilidad de ejecutar remotamente un programa residente en un servidor. Existen seis operaciones definidas para el objeto programa:

- Iniciar, permite iniciar la ejecución de un programa configurado correctamente y listo a ejecutarse.
- Detener, permite detener la ejecución de un programa en curso.
- Reanudar, permite reanudar la ejecución de un programa detenido.
- Resetear, inicializa un programa detenido.
- Bloquear, imposibilita la ejecución inmediata de un programa.
- Obtener los atributos de un programa, retorna información acerca de un programa en ejecución.

1.2.6 EVENTOS

El objeto evento representa un reporte recibido desde el servidor acerca del cambio de estado de un dispositivo o la ocurrencia de un error de datos. Existen dos tipos de objetos de eventos:

- Eventos de Registro, permiten al cliente expresar su deseo de ser notificado de un evento determinado cuando éste ocurra en el servidor.
- Eventos de Condición, son aquellos objetos predefinidos en un servidor para todos los eventos del sistema disponibles para todos los clientes.

1.3. Conformación de Bloques del Protocolo ICCP

El ICCP desde el inicio fue diseñado para ser modular, cada bloque representa una función o

conjunto de funciones que están a disposición del usuario. Por lo tanto, cada centro de control debe determinar que bloques necesita en función de sus necesidades. Los bloques disponibles en el ICCP son los siguientes:

- Bloque 1, corresponde al intercambio de datos periódicos del sistema eléctrico de potencia, constituye el bloque elemental y es lo mínimo que debería implementarse. Permite intercambiar los siguientes tipos de datos: estados digitales, mediciones analógicas, códigos de calidad, estampas de tiempo y eventos de equipos de protección.
- Bloque 2, corresponde al reporte por excepción de cada uno de los datos; lo cual constituye un método más eficiente de reporte, permite al cliente definir los puntos que deberán ser reportados únicamente cuando se detecte un cambio o cuando se ejecute un chequeo de integridad.
- Bloque 3, corresponde al reporte por excepción de un bloque de datos, lo cual hace aún más eficiente el envío de datos, puesto que requiere menos bytes que en el caso del bloque 2.
- Bloque 4, correspondiente a mensajes de información. Estos mensajes son aplicables cuando los operadores de los centros de control requieren intercambiar información sobre un evento más complejo que aquel representado por simples valores de datos, como puede ser el caso de la utilización de las reservas durante una situación de emergencia.
- Bloque 5, relacionado con el control de dispositivos. Este bloque provee el mecanismo para comunicar al servidor la solicitud de un cliente para operar un dispositivo, no es el ICCP quien ejecuta directamente el comando, sino que, comunica este requerimiento para que sea ejecutado por el servidor propietario del dispositivo.
- Bloque 6, permite la ejecución remota de un programa, para lo cual es necesario un acuerdo previo entre los centros de control involucrados. Para este efecto se utilizan las propiedades del MMS que provee la ejecución de programas como parte de sus servicios básicos.

- Bloque 7, permite el reporte de eventos, este bloque incorpora los eventos de registro y los eventos de condición. Este bloque no es requerido por ninguno de los otros, sin embargo provee reportes sobre los eventos que ocurren remotamente en el servidor ICCP.
- Bloque 8, se relaciona con objetos adicionales requeridos por el usuario, como son: indisponibilidad de equipos, planes operativos, pronósticos de demanda, curvas y planes de mantenimiento.
- Bloque 9, relacionado con datos de series de tiempo, este tipo de datos corresponden a aquellos que tienen un tiempo definido de recolección y envío y por lo tanto no son requeridos en tiempo real. Por ejemplo los datos que son recolectados y enviados como históricos a un centro de análisis de disturbios.

1.4. Requerimientos de los Enlaces de Comunicación

Para efectos de la implementación de un enlace ICCP se requiere un canal de datos con una velocidad mínima de 64 kbps. El medio utilizado puede ser: satelital, fibra óptica o cobre. Se debe verificar además que el retardo existente en el canal debe ser menor a un segundo, especialmente en el caso de enlaces satelitales.

Para efectos de confiabilidad, se recomienda disponer de dos canales por medios diferentes que permitan contar con la redundancia requerida de acuerdo a la importancia de la información en tiempo real.

2. IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE ICCP

2.1. Preparación Inicial

En la fase inicial se verifica el correcto funcionamiento de la adquisición de todas las señales primarias y de respaldo en cada centro de control.

Se hace un levantamiento de requerimientos para la supervisión y control de las instalaciones y equipos de los sistemas de potencia. Es importante considerar aquellas señales necesarias para el correcto desempeño de las funciones de aplicación, tales como el estimador de estado.

Se verifica que exista conexión física entre los dos centros de control a través de las pruebas de conexión y desempeño del canal de comunicaciones correspondiente.

2.2. Definición de la Tabla Bilateral

En los enlaces ICCP la tabla bilateral posibilita el control de acceso a la información. El tipo de acceso a cada uno de los objetos de datos es definido por medio de estas tablas.

Una vez elaboradas y revisadas las tablas bilaterales son objeto de aprobación por parte de los dos centros de control y constituyen la referencia sobre la cual se implementarán los enlaces ICCP con sus respectivas señales en las bases de datos de tiempo real.

Como mínimo una tabla bilateral ICCP debe incluir lo siguiente:

- Nombre común para cada punto a intercambiarse.
- Periodicidad con la se realizará el intercambio, puede utilizarse el mecanismo por excepción.
- Permisos del cliente para acceder a los datos del servidor.
- Formato de envío, es decir, las banderas de calidad y etiquetas de tiempo asociadas a los datos.

En la tabla 1 se presenta un ejemplo de la información que debe contener una tabla bilateral ICCP.

Tabla 1. Ejemplo de una Tabla Bilateral ICCP

Nombre	Periodicidad	Permisos	Formato
Analog1	10 s	r	v
Analog1	10 s	rw	vq
Analog1	4 s	rw	vqt
Estado1	Por excepc.	rwX	vqt
Estado2	60 s	rwX	t
Estado3	Por excepc.	r	t

Se han utilizado las siguientes abreviaturas:

Permisos: r = lectura, w = escritura y x = ejecución.

Formato: v = valor real, q = bandera de calidad y t = etiqueta de tiempo.

2.3. Sintonización de Parámetros y Pruebas de Transmisión/Recepción

Es necesario realizar la configuración de los parámetros de los enlaces ICCP a fin de obtener una comunicación estable entre los mismos, los parámetros de sintonización pueden variar dependiendo del proveedor del centro de control. Sin embargo, los más representativos son los siguientes: nombre de dominio, nombre de la tabla bilateral, direcciones IP de los servidores ICCP, selector de transporte (TSEL), selector de sesión (SSEL), selector de presentación (PSEL) y título del proceso de aplicación (AP-title). Los fabricantes suelen dar valores por defecto para estos parámetros que generalmente funcionan apropiadamente.

Una vez establecido el enlace, mediante simulaciones o tomando los datos directamente del proceso, se prueba el envío y recepción de las señales con las características establecidas en la tabla bilateral. Los problemas en el envío o recepción de una señal generalmente tienen su causa en la discordancia de sus características asignadas en uno de los centros de control.

3. APLICACIÓN DE LOS ENLACES ICCP

El intercambio de información en tiempo real entre los centros de control se ha vuelto muy crítico, ya que permite la operación de los sistemas eléctricos interconectados.

La capacidad de intercambiar la información de los sistemas eléctricos de potencia entre las diferentes áreas de control provee la visibilidad suficiente para la detección de contingencias y el reestablecimiento de las condiciones normales de operación del sistema de potencia.

Históricamente los centros de control han utilizado protocolos propietarios, como son el WEIC, ELCOM y RP570, para la adquisición de información en tiempo real. El ICCP surgió debido a la necesidad de las organizaciones encargadas de la administración de la energía eléctrica de disponer de un protocolo estándar a nivel internacional para el intercambio de información en tiempo real.

Los sistemas computacionales utilizados por los operadores de los sistemas eléctricos de potencia, para la adquisición de datos, ejecución del control y análisis de seguridad, son los denominados SCADA/EMS (Supervisory Control and Data Acquisition/Energy Management System). Los sistemas de control utilizados por las empresas de distribución son los denominados DMS (distribution Management System) y los sistemas de control utilizados por las empresas de generación son los

denominados GMS (Generation Management System). Consecuentemente, los enlaces ICCP tienen su aplicación directa en el intercambio de información en tiempo real entre estos distintos centros de control en los niveles: regional, nacional e internacional.

Como casos prácticos de aplicación en el Ecuador se presenta la implementación de los siguientes enlaces ICCP:

- Enlace ICCP entre el Centro Nacional de Despacho de Colombia y el Centro Nacional de Control de Energía – CENACE de Ecuador, operativo desde junio de 2005, permite el intercambio de información en tiempo real de las subestaciones: Panamericana, Jamondino y San Bernardino en Colombia y Tulcán, Santa Rosa y Pomasqui en Ecuador. En la figura 2 se presenta una muestra de la información recibida desde Colombia vía ICCP.
- Enlace ICCP entre los centros de control de CENACE y la empresa ecuatoriana encargada del sistema de transmisión TRANSELECTRIC, operativo desde mayo de 2006, permite el intercambio de información en tiempo real de la información obtenida desde Colombia y de las subestaciones Tena y Orellana.
- Enlace ICCP entre los centros de control de CENACE e HIDROPAUTE, actualmente en proceso de implementación, permitirá el intercambio de información en tiempo real de la central Paute y la subestación Molino; adicionalmente se intercambiarán las señales necesarias para que el CENACE pueda realizar el Control Automático de Generación - AGC de forma conjunta sobre la central Paute.
- Enlace ICCP entre los centros de control de CENACE y el operador del sistema eléctrico de Perú - COES, actualmente en proceso de implementación, permitirá el intercambio de información en tiempo real de las subestaciones: Machala de Ecuador y Zorritos y Talara de Perú; lo cual permitirá la supervisión operativa de la interconexión eléctrica entre Ecuador y Perú.

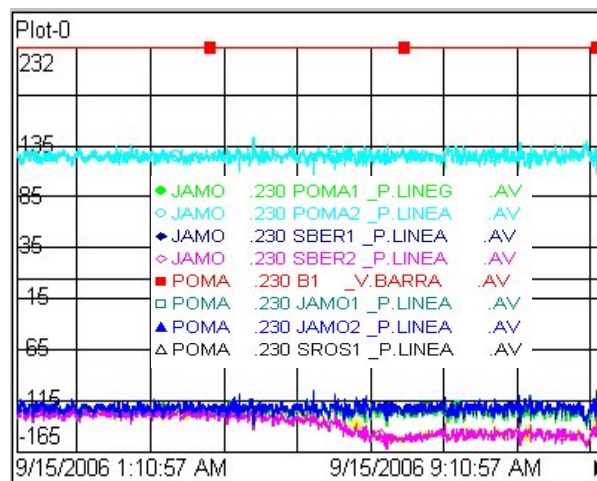


Figura 2. Muestra de la Información Recibida en el CENACE desde Colombia

4. ASPECTOS DE SEGURIDAD EN LOS ENLACES ICCP

La evolución de los mercados eléctricos ha traído como consecuencia el dramático incremento del número de mediciones e indicaciones que deben llegar a los centros de control, entre otros medios vía ICCP, de tal forma que la indisponibilidad de esta información podría ocasionar la suspensión temporal del servicio eléctrico a un segmento importante de la población. De aquí surge la necesidad de darle la debida importancia a la seguridad de este tipo de sistemas.

El protocolo ICCP permite encriptar los datos de tal forma que únicamente los dos centros de control que establecieron comunicación pueden entenderlos. De la misma forma, el ICCP utiliza un esquema de autenticación, mediante la utilización de firmas digitales, para asegurar que la entidad en el otro extremo es conocida y confiable.

La información intercambiada vía ICCP se vuelve vulnerable cuando el acceso a la misma está disponible de manera directa desde una red corporativa o desde el Internet; en la medida de lo posible se deberían aislar la red de tiempo real y la red corporativa.

Los accesos remotos vía dial up a la red de tiempo real, utilizados por el personal de mantenimiento, pueden convertirse en puntos de acceso para personal no autorizado, si no se utilizan con la seguridad del caso.

Adicionalmente, la implementación de firewalls no es una medida de seguridad suficiente, ya que, en la mayoría de los casos los firewalls

simplemente habilitan o deshabilitan cierto tipo de tráfico en cada puerto. Sin embargo, para mantener seguros estos puertos son necesarios mecanismos de seguridad que reconozcan anomalías en el tráfico IP causado por un tráfico anormal de ICCP o de otro protocolo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El protocolo ICCP tiene una gran aplicación en los centros de control de energía eléctrica, puesto que surgió ante la necesidad de las empresas de este sector de contar con un protocolo estándar a nivel internacional, para el intercambio de información en tiempo real, que hiciera factible la supervisión y control de las interconexiones entre los sistemas eléctricos de potencia.
- La implementación de enlaces ICCP en el Ecuador ha permitido la supervisión y control de las interconexiones internacionales. Adicionalmente, se ha optimizado la utilización de la infraestructura existente para la adquisición de datos, que en ausencia de enlaces ICCP, hubiera sido necesario duplicarla.
- Es fundamental implementar las medidas de seguridad que maximicen la disponibilidad de los enlaces ICCP; puesto que su inoperabilidad implicaría el riesgo de la suspensión temporal de electricidad a un porcentaje considerable de la población.
- Se recomienda utilizar los enlaces ICCP solamente en aquellos casos en los que el volumen de información a ser intercambiada sea considerable, pues de otra manera, se estaría subutilizado el enorme potencial del protocolo ICCP.
- No se recomienda la utilización de los enlaces ICCP para el intercambio de información diferente a la de tiempo real, como es el caso de datos programados de operación, para los cuales existen medios más adecuados de intercambio.

6. BIBLIOGRAFÍA

- (1) FALK, Herbert and ROBBINS Jeffrey An Explanation of the Architecture of the MMS Standard, Estados Unidos, 1995.

- (2) IEC UTILITY COMMUNICATIONS SPECIFICATIONS WORKING GROUP IEC 870-6-503 TASE.2 Services and Protocol, Estados Unidos, Agosto, 1996.
- (3) IEC UTILITY COMMUNICATIONS SPECIFICATIONS WORKING GROUP IEC 870-6-702 TASE.2 Profiles, Estados Unidos, Febrero, 1997.
- (4) IEC UTILITY COMMUNICATIONS SPECIFICATIONS WORKING GROUP IEC 870-6-802 TASE.2 Object Models, Estados Unidos, Agosto, 1996.
- (5) KEMA ECC/ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE - EPRI ICCP User Guide, Estados Unidos, Octubre, 1996.
- (6) MACKIEWICZ, Ralph Securing ICCP – TASE.2 Communications, SISCO, Estados Unidos, Septiembre, 2003.
- (7) ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE - EPRI Grid Operations and Planning; The Communications Link: ICCP, Estados Unidos, Junio, 1999. Pp. 11.
- (8) SYMANTEC ENTERPRISE SECURITY SERVICES Best Practices for Securing SCADA Networks and Systems in the Electric Power Industry, White Paper, 2004.

7. CURRÍCULUM VITAE



Andrés Narváez.- Nació en el Cantón Montúfar, Ecuador, en 1977. Recibió su título de Ingeniero Eléctrico en la Escuela Politécnica Nacional de Quito en el año 2000; actualmente se encuentra cursando sus estudios de maestría en la Escuela

Politécnica Nacional de Quito.

Actualmente labora en el Centro Nacional de Control de Energía CENACE, en la Dirección de Sistemas de Información, los campos de investigación de su interés son: los sistemas SCADA-EMS, el Control Automático de Generación y los Modelos de Mercados Eléctricos.