

## Implementación de Mensajes Rápidos y Valores de Muestreo IEC61850 sobre Ethernet con Microcontroladores

Marcelo E. Gómez, Sebastián P. Wahler, Fernando G. Tinetti<sup>1</sup>, Ricardo A. López

Departamento de Informática Sede Trelew, Facultad de Ingeniería - UNPSJB

<sup>1</sup>III-LIDI, Facultad de Informática – UNLP

<sup>1</sup>Comisión de Investigaciones Científicas Prov. de Bs. As.

[gomezmarceloe@gmail.com](mailto:gomezmarceloe@gmail.com), [sebastian.wahler@gmail.com](mailto:sebastian.wahler@gmail.com),  
[fernando@info.unlp.edu.ar](mailto:fernando@info.unlp.edu.ar), [lopez.ricardo@gmail.com](mailto:lopez.ricardo@gmail.com)

### Resumen

La IEC61850 es una norma que establece un estándar para automatizar las tareas habituales dentro de una Estación Eléctrica (ET), tanto en distribución como transmisión de energía. La norma posee complejidad y gran parte de ella se dedica a las comunicaciones necesarias entre los diferentes componentes dentro de la ET. Estos elementos reciben el nombre de Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IEDs: Intelligent Electronic Devices), existiendo gran cantidad y variedad de ellos dentro de la ET, intercambiando comandos y datos para llevar adelante la operación eléctrica. La norma define el uso de la pila TCP/IP para el intercambio de todos los mensajes (comandos y datos) y en la capa de aplicación, el uso de la gran variedad de protocolos preexistentes en la industria. Se definen diferentes tipos de mensajes en concordancia con diferentes necesidades dentro de la subestación y algunos de estos tipos no usan la pila completa TCP/IP.

**Palabras Claves:** IEC61850, TCP/IP, Microcontroladores, Ethernet, IEDs, Mensajes rápidos, Valores de muestreo.

### Contexto

Nuestra línea de investigación y desarrollo forma parte del Proyecto de Investigación relacionado con el estudio de Protocolos orientados a aplicaciones

eléctricas y a Aplicaciones WEB.

Asimismo, se enmarca en un análisis que se avoca al estudio de innovaciones en el campo del Scada para sistemas eléctricos en particular y otros sistemas de adquisición de datos en lo general.

### Introducción

Existen dos tipos de mensajes que resultan de nuestro interés para la implementación en microcontroladores [3] [5] y posterior evaluación de operatividad y rendimiento: Los mensajes rápidos y los valores de muestreo [7] [11]. Más específicamente, los diferentes tipos de mensajes que contempla la norma son:

*Tipo 1: Mensajes rápidos: GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) y GSSE (Generic Substation Status Event).*

*Tipo 1A: Trips.*

*Tipo 1B: Otros.*

*Tipo 2: Mensajes de mediana velocidad.*

*Tipo 3: Mensajes de baja velocidad.*

*Tipo 4: Mensajes de datos crudos (SV – Sampled Values).*

*Tipo 5: Funciones de transferencia de archivos.*

*Tipo 6: Mensajes de sincronización de tiempo.*

*Tipo 7: Mensajes de comandos con control de acceso.*

En la Fig.1, se puede observar la estructura de mensajes en relación con los servicios de la pila TCP/IP usa cada tipo.

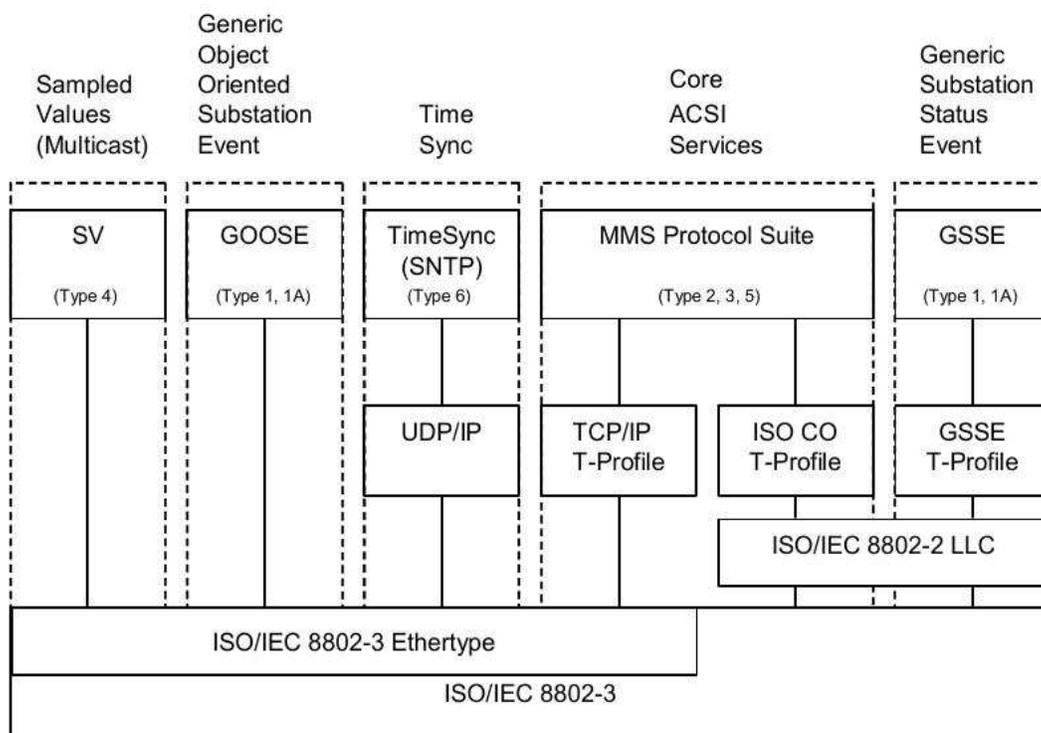


Fig 1.: Estructura de mensajes y su relación con TCP/IP.

En la figura puede observarse en particular que tanto los **SV** como los mensajes **GOOSE**, sólo utilizan la capa de enlace de la pila TCP/IP. Esta simplificación, está motivada en el hecho que estos mensajes deben ser rápidos dado que en general están relacionados con el disparo de protecciones u otros requerimientos similares del sistema eléctrico, que normalmente se producen en tiempos cortos (alrededor de 10 ms). Además, dado que no necesitan atravesar diferentes redes, puede evitarse la sobrecarga que significa el uso de la capa de red y de transporte del Stack TCP/IP.

En la capa de aplicación la norma prevé el uso de protocolos de amplia difusión en la industria, tales como: MMS (Manufacturing Message Specification - ISO 9506) y SNTP (Simple Network Time Protocol). Sin embargo para los mensajes seleccionados la norma especifica un protocolo de aplicación

basado en ASN.1.

En relación con nuestro proyecto, nos proponemos implementar los mensajes GOOSE y SV que utilizan un protocolo de aplicación directamente sobre Ethernet empleando microcontroladores de la Familia de 16 bits de Microchip [8] [9], programando en lenguaje C. Se utilizará una pila TCP/IP Open Source de la cual solo se usará la capa Ethernet. También se investigará la Librería libIEC61850 y su posible migración a microcontroladores.

El objetivo es doble: Por un lado, implementar estos tipos de mensajes de la norma utilizando microcontroladores [13], y por otro, conocer los detalles de la implementación y velocidades que se logren en Ethernet en los microcontroladores seleccionados.

Dado que los mensajes GOOSE, GSSE y SV pueden usar direcciones Multicast en el nivel MAC (Media Access Control), es importante evaluar las características del algoritmo de HASH

utilizado por la implementación de Ethernet en el microcontrolador seleccionado. Esto permitirá definir estrategias de asignación de direcciones Multicast, que favorezcan y optimicen el rendimiento general del sistema.

Para dar prioridad al tráfico correspondiente a los mensajes GOOSE, GSSE y SV, se utiliza tramas etiquetadas con prioridad según el estándar IEEE Std. 802.1Q: Virtual Bridged Local Area Networks. También es posible usar VLANs (Virtual Local Area Network) para diferenciar el tráfico SV de los mensajes GOOSE y GSSE.

Será necesario determinar si la capa de enlace provista por la pila TCP/IP contempla estas opciones, y si no es el caso, añadir esta característica a fin de poder utilizar Priority Tagging y Virtual LANs.

### **Librería libIEC61850.**

LibIEC61850 [11] es una librería en lenguaje C, de código abierto (GPLv3) de la implementación de un cliente y servidor de la norma IEC 61850. Se encuentra desarrollada en C para proporcionar máxima portabilidad. Se puede utilizar para implementar aplicaciones de cliente y servidor semejantes con la norma, tanto cliente como servidor son compatibles en sistemas embebidos y PCs con Linux y Windows. Existe a su vez una implementación de código abierto de IEC 61850 en lenguaje Java [12].

La biblioteca implementa las partes más importantes de la norma. Proporciona la pila de protocolos MMS sobre TCP / IP, así como GOOSE para la transferencia de datos en tiempo real dentro de las subestaciones.

La API (Application Programming Interface) de la librería se puede dividir tanto en cliente como en servidor. Ambas partes también comparten elementos comunes. Existe una API MMS "de bajo nivel" y otra de "más

alto nivel".

La librería proporciona una capa de abstracción de hardware / OS (HAL) para ocultar las dependencias de la plataforma subyacente. Esta capa se compone de hilos, sockets y abstracciones de tiempos.

### **GSE, Generic Substation Event**

Es uno de los servicios especiales incluido en la IEC-61850, que viene a ser el servicio que permite la comunicación de eventos genéricos de la subestación a varios dispositivos IEDs dentro del sistema de manera simultánea, rápida y segura. Está relacionado con todo tipo de acciones automáticas que se deben llevar a cabo dentro del SAS (Substation Automation Systems) y que requieren del intercambio de información entre distintos dispositivos de la subestación con una importante limitación temporal. Para poder proporcionar este servicio, la norma en su apartado 7-2 define dos clases que representan dos bloques de control: GoCB (GOOSE – CONTROL - BLOCK), que permite el envío de mensajes GOOSE, referidos a cualquier tipo de información accesible desde un Data-Set asociado; y GsCB (Generic Substation State Event Control Block), para el envío de mensajes de tipo GSSE, que simplemente indican un cambio de alguno de los estados que se incluyen en una lista GsCB.

### **TSV, Transmission of Sampled Values**

Este servicio permite la transmisión de valores instantáneos de medidas analógicas (SAV), minimizando el tiempo que transcurre desde el muestreo hasta la recepción del mensaje.

Para proporcionar este servicio, se definen dos clases que representan bloques de control: MSVCB (Multicast Sample Values Control Block) y USVCB (Unicast Sample Values Control Block).

La diferencia entre ambos bloques de

control consiste en que si bien MSVCB permite el envío de mensajes TSV a varios IEDs, el bloque USVCB sólo permite el envío a un IED concreto.

### **Stack de comunicación**

El estándar IEC 61850, utiliza el modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), éste define una pila de protocolos, en total siete capas de red. Las capas son: Aplicación, Presentación, Sesión, Transporte, Red, Enlace de datos y Física.

Se definen dentro de la norma dos grupos de especificaciones (Profiles): A-Profile. Referente a los niveles de comunicación de Aplicación, Presentación y Sesión; y T-Profile. Referente a los niveles Físico, Enlace, Red y Transporte.

Estos dos tipos de especificaciones son empleados en la definición de las dos clases de servicios ACSI (Abstract Communication Service Interface):

Servicios Cliente/Servidor basados en MMS. Estos servicios están descritos en el apartado 8-1 de la norma, y se refieren a las especificaciones del SAS a alto nivel.

Servicios SV basados en la capa de enlace. Concretamente, se refiere a los servicios SendMSVMessage y SendUSVMessage.

Los datos en la capa de aplicación, corresponden a Mensajes de Especificación del Fabricante (MMS). Conforme este mensaje se desplaza hacia abajo en la pila de protocolos, cada capa agrega información, esto es conocido como el proceso de encapsulamiento.

La forma que cada dato toma en cualquiera de las capas, es llamada Unidad de Datos de Protocolo (PDU). Durante el encapsulamiento, cada capa encapsula el PDU que recibe de la capa superior, de acuerdo con el protocolo que está siendo usado.

Luego del proceso de encapsulamiento,

se tiene un mensaje MMS en un paquete IP, listo para ser transportado por una red de área local Ethernet.

## **Líneas de Investigación y Desarrollo**

Inicialmente se deberá estudiar todos los tipos de mensajes de la norma, en particular los mensajes que son de nuestro interés (GOOSE y SV).

Se deberá establecer un ambiente de desarrollo apto para poder evaluar el correcto funcionamiento y el desempeño del software a elaborar.

Desarrollar los módulos de software en lenguaje C para microcontroladores que incorporen el tratamiento particular de los mensajes GOOSE y SV. Para ello también se utilizará como módulo de referencia la librería existente para ambientes de escritorio libiec61850.

Se deberá crear un ambiente de simulación y pruebas que nos permitan realizar mediciones y evaluar performance.

## **Resultados y Objetivos**

A partir del desarrollo de las líneas de investigación que se han planteado, se esperan obtener los siguientes logros:

Generar experiencia en el conocimiento de la norma IEC61850.

Definir un entorno de desarrollo de 16 bits y puesta en funcionamiento del mismo.

Volcar la experiencia en las cátedras afines de la Licenciatura en Informática UNPSJB, Arquitectura, Redes, Sistemas Distribuidos.

## **Formación de Recursos Humanos**

En este aspecto se destaca el trabajo en conjunto de los profesionales jóvenes de un equipo de investigación conformado, también nutriendo a alumnos de los años superiores en la conformación de sus tesis de grado y posgrado. Se estima

la concreción de una tesis de posgrado y una tesis de grado.

También se orientará a brindar servicios concretos a distribuidoras eléctricas de nuestra región, donde entendemos existe un buen campo debido a la necesidad de adaptación de equipamiento y software de generaciones anteriores para cumplir con los requisitos de apertura y organización a los que propenden las nuevas normas.

## **Referencias**

1. William Stallings, Comunicaciones y Redes de Computadoras, 2000, ISBN:8420529869.
2. IEEE Std. 802.1Q: Virtual Bridged Local Area Networks
3. S. F. Barrett, D. J. Pack, Microcontrollers Fundamentals for Engineers and Scientists, Morgan & Claypool Publishers, 2006, ISBN 1598290584.
4. A TCP/IP Tutorial, Network Working Group, Request for Comments: 1180. T. Socolofsky, C. Kale. Spider Systems Limited, Enero 1991.
5. F. M. Cady, Microcontrollers and Microcomputers: Principles of Software and Hardware Engineering, Oxford University Press, 1997, ISBN: 0195110080.
6. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Local Area Network-CSMA/ CD Access Method and Physical Layer Spec. ANSI/IEEE 802.3-IEEE Computer Society, 1985.
7. IEC 61850 Reference Architecture for Electric Power Systems, International Electrotechnical Commission's (IEC) Technical Committee 57 (TC57). Edition 2003-04.
8. Microhip Technology Inc., CPU DsPIC 33F. Disponible en <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70204B.pdf>
9. Microhip Technology Inc., dsPIC30F/33F Programmer's Reference Manual High-Performance Digital Signal Controllers. Disponible en <http://ww.microchip.com>
10. Microhip Technology Inc., Ethernet Theory of Operation - AN1120, 2008. Disponible en <http://ww.microchip.com>
11. LibIEC61850, <http://libiec61850.com/api/index.html>
12. Librería IEC61850 en Java, <http://openmuc.org>
13. XV CACIC 2009, Universidad Nal de Jujuy, Octubre 5 al 9 de 2009, ISBN 978 897 24068-4-1. Título: "Sincronización de Microcontroladores en red, Implementación y Evaluación. Fernando G. Tinetti, Ricardo A. López, Marcelo E. Gómez, Sebastián Wahler.