

# CoSGrid: Una plataforma de servicios orientada a objetos para Smart Grid

D. Villa, C. Martín, F.J. Villanueva, Francisco Moya y Juan Carlos López

Grupo Arco, Escuela Superior de Informática, Universidad de Castilla-La Mancha,  
Paseo de la Universidad 4, 13071, Ciudad Real

{david.villa, cleto.martin, felixj.villanueva,  
francisco.moya, juancarlos.lopez}@uclm.es  
<http://arco.esi.uclm.es>

**Resumen** El presente trabajo presenta una plataforma para el desarrollo de servicios en las redes inteligentes de distribución de energía eléctrica (conocidas como *smart grid*). Es una propuesta basada en computación distribuida heterogénea, gracias a un middleware de comunicaciones orientado a objeto. Se propone un modelo de información para el modelado de servicios básicos y un dispositivo que puede ser acoplado incluso a cargas individuales otorgándoles interoperabilidad completa dentro del sistema.

## 1. Introducción

El interés creciente por la gestión avanzada de infraestructuras de transporte de energía, gas, agua, etc. está impulsando el desarrollo de tecnologías de soporte en diversas áreas relacionadas con las comunicaciones y los sistemas de información. La *smart grid* persigue una gestión continua y eficiente de la energía y/o recursos que ofrece la empresa suministradora y de su red de distribución. De ese modo se simplifican en gran medida las tareas de logística, facturación y mantenimiento, y también se mejora el desempeño de la propia red de distribución.

Este trabajo ofrece una solución integradora para los diversos problemas de comunicaciones (en todas sus facetas) que aparecen en la *smart grid*, haciendo especial hincapié en la heterogeneidad y en la necesidad de escalabilidad inherentes a este tipo de infraestructuras.

El sistema de comunicaciones se basa en el uso de un middleware orientado a objetos. Bajo este enfoque, todos los componentes del sistema sin excepción, y sus capacidades, se ofrecen mediante el paradigma de la orientación a objetos, un aspecto clave en la construcción de grandes sistemas de información en las dos últimas décadas.

Uno de los componentes clave de la propuesta es un dispositivo electrónico: el *Embedded Metering Device*, diseñado para ser acoplado al sistema que se desea gestionar. Aunque la plataforma es aplicable a cualquier tipo de red de distribución, nuestros prototipos actuales están orientados a la gestión de equipos eléctricos. Asumiendo que ese el contexto, el *sistema gestionado* puede ser una vivienda u oficina, pero también un electrodoméstico individual, un punto de luz o una simple toma de corriente mural. El EMD proporciona un medio sencillo y de bajo coste (en el caso de cargas simples) para

ofrecer su funcionalidad al sistema. De ese modo, cualquier electrodoméstico, iluminación, máquina eléctrica o cualquier otro aparato presente en el entorno doméstico o industrial puede inmediatamente formar parte de la *smart grid*.

CoSGrid (*Controlling the Smart Grid*) ofrece las capacidades habituales en un AMI (*Advanced Metering Infrastructure*) que normalmente están relacionadas con la medición de consumo, tensión y otras magnitudes importantes en la red eléctrica [2]. Sin embargo, CoSGrid proporciona además servicios de control para los dispositivos gestionados (principalmente activación/desactivación de cargas) incluso en el caso de las más simples.

Entre los trabajos previos relacionados se pueden destacar FREEDM System [3] especialmente orientado a *micro-grids* o ZAMI [4] basado en la tecnología Zigbee.

## 2. Una plataforma para gestión de energía

El objetivo principal es construir una plataforma que facilite la creación de servicios avanzados para gestión de energía en la *smart grid* por terceras partes. Para lograrlo es necesario proporcionar una serie de interfaces y servicios básicos que otros puedan utilizar y componer para crear servicios especializados o de más alto nivel con el mínimo esfuerzo.

Tomando como punto de partida el paradigma de la computación distribuida orientada a objetos, se ha definido un modelo de información común que será empleado por todos los componentes del grid. Con ello se consigue homogeneidad de acceso, a la vez que el middleware, al imponer un protocolo de aplicación común, ofrece uniformidad en el formato de los mensajes y eventos.

Aunque lograr este tipo de homogeneidad es relativamente sencillo en sistemas de cómputo tradicionales, en este caso estamos hablando de un entorno en el que, además de los computadores de la compañía, los dispositivos gestionados participan en el sistema de igual a igual, hasta el punto de que no será posible para unos componentes averiguar si el servicio que está consultado es un computador convencional o electrónica integrada en un electrodoméstico. Conseguir que los fabricantes integren esta tecnología en sus aparatos es algo realmente complicado. Por ese motivo, hemos desarrollado el EMD, que puede conectarse a una línea de baja tensión (en el propio cuadro de registro) o incluso se puede conectar a un simple enchufe mural en su versión más sencilla.

Conseguir que todos los componentes compartan un modelo de información basado en interfaces no solo facilita la interacción entre las partes y simplifica el desarrollo de aplicaciones. Además hace posible establecer relaciones lógicas entre los componentes para crear servicios reactivos no triviales de un modo sorprendentemente sencillo.

Resumiendo, los componentes más importantes de la plataforma propuesta son: El middleware de comunicaciones, el modelo de información, el EMD y un conjunto de servicios básicos de la plataforma.

### 2.1. Middleware de comunicaciones

CoSGrid está basado en un middleware de comunicación orientado a objetos de propósito general. CORBA, .Net Remoting o Java RMI son algunos de los más cono-

cidos comercialmente. Estos middlewares proporcionan una colección de herramientas que simplifican sensiblemente el desarrollo de aplicaciones distribuidas, a la vez que ofrecen un protocolo de aplicación genérico para la invocación de métodos de objetos remotos. Con ello se garantiza homogeneidad en el transporte de datos independientemente del lenguaje de programación o plataforma de cómputo.

## 2.2. Modelo de información

El modelo de información propuesto se basa en un conjunto de interfaces. Concretamente se trata de interfaces escritas en el lenguaje de especificación de interfaces de ZeroC Ice, el middleware que actualmente utilizamos en nuestros prototipos.

Se proporcionan interfaces para varios propósitos independientes, pero que pueden confluir en el mismo dispositivo:

**Medida** Se proporcionan interfaces para medida de energía, tensión, corriente y potencia. También es posible averiguar si un dispositivo está conectado (circulación de corriente) en un momento dado.

**Control** Se proporcionan interfaces que permiten conectar/desconectar una carga o línea y averiguar en qué estado se encuentra.

**Agrupación** Permite definir grupos de objetos (que representan dispositivos) de modo que se puedan organizar por criterios arbitrarios.

**Composición** La composición permite crear dispositivos virtuales que representan el valor de un grupo de objetos mediante una función de agregación, por ejemplo, el valor de corriente máximo ocurrido en una instalación, o el consumo medio a lo largo de un día.

## 2.3. EMD

El EMD (*Embedded Metering Device*) gestiona el *smart meter* asociado al dispositivo gestionado. Encapsula el acceso a los sensores (que miden las magnitudes eléctricas) y los actuadores (normalmente interruptores electrónicos o relés) y ofrece su funcionalidad al sistema como si se tratara de objetos distribuidos convencionales.

Cada EMD puede encargarse de gestionar uno o varios aparatos aunque, en cualquier caso, aparecerán como objetos individuales, con una identidad única. El EMD es un dispositivo autónomo que puede interactuar directamente con los servicios o la aplicación cliente. Esto es posible gracias al *picoObjeto* [1], la estrategia de implementación de objetos distribuidos para dispositivos empotrados más pequeña que existe y que hace posible su implantación en algunos de los microcontroladores más pequeños y baratos disponibles hoy día en el mercado.

Se proponen 3 tipos diferentes de dispositivos EMD, dependiendo de sus capacidades y contexto de aplicación:

**Gama baja** Están diseñados para gestionar un único punto de luz o aparato eléctrico individual. Implementa las interfaces de control y medida, aunque normalmente será suficiente con equipos de medida muy básicos. Los requisitos computacionales son muy bajos, un microcontrolador de 8 bytes con 4 kilo-palabras de memoria es suficiente como hemos podido constatar en nuestros prototipos actuales.

**Gama media** El objetivo del EMD de gama media es gestionar una vivienda, departamento o unidad que pueda necesitar gestión independiente. Puede estar colocado en el cuadro eléctrico. Los requerimientos de cómputo son mayores puesto que necesitará hacer medidas precisas (de consumo al menos) y almacenar históricos. También puede implementar las interfaces de composición para agregar los aparatos asociados a la línea o líneas que gestiona.

**Gama alta** Destinado a gestionar todo un edificio o instalación, normalmente sólo realizará medidas, ya sea directamente, por agregación o ambas. No se prevé que se requiera control a este nivel.

#### 2.4. Servicios básicos

Como se ha indicado, la escalabilidad es uno de los problemas más graves de las smart grid, debido al gran tamaño y volumen de mensajes que puede implicar cualquier despliegue de consideración. Gracias al servicio de eventos habitual en muchos middlewares es posible plantear un modelo de comunicación con inyección (*push*). Es decir, los dispositivos pueden programarse para emitir mensajes con las nuevas medidas o eventos (alarmas o valores sospechosos) sin necesidad de que sean encuestados desde las aplicaciones del proveedor. Esto constituye un gran ahorro en el ancho de banda requerido.

Este modelo de *objetos activos* también posibilita la interacción directa entre dispositivos permitiendo, por ejemplo, que un sensor que detecta un sobreconsumo pueda desactivar algunos aparatos para prevenir la sobrecarga de la línea, y todo ello sin la intervención de un equipo remoto.

### 3. Conclusiones

La *smart grid* presenta características muy similares a las aplicaciones distribuidas, siendo la heterogeneidad y la escalabilidad algunas de las cuestiones más relevantes. La aplicación de middlewares de comunicaciones distribuidos orientados a objetos puede ayudar en gran medida a resolver muchos de estos problemas.

### Referencias

1. F. Moya., D. Villa, F.J. Villanueva, F. Rincón, J. Barba, J.C. López *Embedding Standard Distributed Object-Oriented Middlewares in Wireless Sensor Networks*, Journal on Wireless Communications and Mobile Computing (WCMC), Mar 2009.
2. Han, Kook H.; Choi, Seung W.; Park, Byung C.; Lee, Jung J. *An implementation of a wireless sensor network-based meter reading system* 7th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2009.
3. Meng, Fanjun; Akella, Ravi; Crow, Mariesa L.; McMillin, Bruce *Distributed Grid Intelligence for future microgrid with renewable sources and storage*, North American Power Symposium, 2010.
4. Tung, Hoi Y.; Tsang, Kim F.; Lam, Ka L. *ZigBee sensor network for Advanced Metering Infrastructure*, International Conference on Consumer Electronics, 2010.