

ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN INTELIGENTES EN EL CONTEXTO DE LAS REDES INTELIGENTES

Dias, Ricardo, Scaramutti, José C., Arrojo, Carlos D., Nastta, Hernán A.

Laboratorios de Ensayos y Mediciones Eléctricas (**LEME**)
Dto. de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería (UNLP)
Calle 49 y 116 - (1900) La Plata, Bs. As.
leme@ing.unlp.edu.ar

Resumen

El uso de medidores inteligentes ha suscitado gran interés a nivel internacional. Muchas experiencias se han venido desarrollando en varios países de la Unión Europea, EUA, etc., atribuyéndoseles innumerables ventajas desde variados puntos de vista.

Sin embargo, gran parte de sus bondades están directamente relacionadas con cambios conceptuales, y no solo con el simple reemplazo de los viejos y conocidos medidores de energía; supone también modificaciones en la red de suministro, que debería virar hacia una red más “inteligente” o “Smart Grid”.

En este contexto, en el presente trabajo se efectúa inicialmente un repaso de las características salientes que definen a un sistema de medición inteligente. Luego se llama la atención sobre aspectos asociados con ciertos desafíos que conlleva su implementación: el usuario como actor decisivo en las estrategias de cambio y su actitud ante temas sensibles como la privacidad en el manejo de datos que revelen sus hábitos de consumo. Más adelante, se resumen algunas de las soluciones tecnológicas actualmente disponibles para su implementación. Finalmente, se desarrollan los resultados obtenidos durante la comparación de las características técnicas de muchos de los “medidores inteligentes” (o más propiamente “sistemas de medición inteligente”) disponibles actualmente en el mercado.

Palabras clave: Redes eléctricas inteligentes. Sistemas de medición de energía inteligentes. Implementación. Estandarización.

Introducción

El interés que ha despertado a nivel internacional la utilización de medidores inteligentes, ha ido en constante crecimiento durante los últimos años. Muestra de ello es la gran cantidad de experiencias que se han venido desarrollando durante la última década en varios países de la Unión Europea, EUA, etc., tanto a nivel experimental como a gran escala [1] [2] [3]. Lo cierto es que a su uso se le han atribuido innumerables ventajas, desde variados puntos de vista.

No debe soslayarse sin embargo, que muchas de sus bondades están directamente relacionadas con cambios conceptuales, y no solo con el reemplazo de los viejos y conocidos medidores de energía convencionales (ya sea de inducción o electrónico-digitales), sino que involucra también modificaciones en la red de suministro (debe virar hacia una red más “inteligente” o “Smart Grid”), de los aparatos electrodomésticos, de los hábitos masivos de consumo de energía (lo que supone un factor subjetivo, y capacitación), de regulaciones adecuadas, etc.

Al día de hoy, siendo que además se está produciendo una permanente evolución de los sistemas de medición inteligente disponibles en el mercado, aumentando vertiginosamente la oferta de nuevos productos, no se vislumbran limitaciones desde el punto de vista tecnológico para su implementación masiva. Un caso emblemático es el de ENEL en Italia, que a través de su proyecto “Telegestore” (con una inversión de más de 2 millones de

Euros), ha instalado en los últimos años alrededor de 30 millones de medidores inteligentes en usuarios residenciales. [4].

Pareciera, sin embargo, que el avance en la implementación de los sistemas de medición inteligente tropezará todavía con algunos obstáculos no menores, entre los cuales se cuentan, por un lado, la multiplicidad de actores involucrados (autoridades gubernamentales o estatales, organismos reguladores, empresas prestadoras del servicio eléctrico, públicas o privadas, usuarios, etc.), y por otro, que no siempre se dará el caso de que los mayores beneficiarios del nuevo sistema de medición sean los que deban afrontar los costos demandados. También desde el punto de vista tecnológico habrá barreras que sortear, especialmente en relación a la utilización de plataformas comunes, estandarización, seguridad de los datos manipulados, etc., como luego se detallará sucintamente.

Teniendo esto en cuenta, y dada la amplitud de la temática involucrada, en el presente trabajo se abordarán algunos aspectos relacionados con los principales desafíos que supone la implementación de un sistema de medición tal, con énfasis en una comparación de las características técnicas de muchos de los “medidores inteligentes” (o más propiamente “sistemas de medición inteligente”) disponibles en el mercado actualmente. Justamente este último aspecto se considera prioritario, a la hora de definir las reales posibilidades de implementar una red inteligente, especialmente pensando en una de tipo experimental, de mediana o pequeña escala, que permita profundizar el conocimiento del tema.

De la medición convencional a los sistemas AMI

No hay una única definición para lo que puede entenderse como un “sistema de medición inteligente”, sin embargo, siempre supone el uso de un medidor inteligente, instalado a nivel de usuario, con las siguientes características típicas:

- lectura local o remota (“on demand”);
- configuración de sus parámetros de funcionamiento (tarifas por franjas horarias, prepago, etc.), en forma local o remota;
- posibilidad de limitación o eventual desconexión remota del usuario;
- registro bidireccional y en tiempo real de la energía eléctrica (relevamiento de perfiles de carga, calidad de servicio, detección de fallas, etc.);
- capacidad de interactuar con otros dispositivos locales, ya sean de consumo (p.ej. electrodomésticos) o generadores (microrredes, generadores distribuidos), en forma directa o indirecta, a partir de adecuados módulos de comunicaciones.
- eventual aptitud para recibir información de otros medidores (agua, gas, vapor, etc.).

Evidentemente, lo anterior lleva implícita una característica saliente que diferencia a un medidor inteligente de uno que no lo es: su capacidad de comunicarse con centros medición y control, y con dispositivos de generación o consumo.

Actualmente, hay coincidencia a nivel global en denominar a un sistema de medición inteligente que reúna, al menos, las características antedichas, como AMI (por sus siglas en inglés, “Advanced Metering Infrastructure”). [3] [5]

Bajo un esquema similar, pero con menores prestaciones, conviven todavía hoy los sistemas que podrían ser vistos como predecesores inmediatos de los AMI, denominados AMR (por sus siglas en inglés “Automated Meter Reading”), cuyo desarrollo obedeció fundamentalmente a volver más eficiente el sistema de facturación: su principal ventaja es la de evitar la lectura manual de cada uno de los medidores de la red.

Un sistema de medición de tipo AMI, es capaz de registrar y analizar el consumo de energía eléctrica (y eventualmente también de agua, gas, vapor) a través de un adecuado sistema de comunicación, y de acuerdo a un dado esquema preestablecido, pudiendo además tomar decisiones y llevar a cabo la conexión o desconexión de ciertos consumos (comunicación bidireccional).

Una particularidad adicional, cada vez más importante, es la posibilidad de que el sistema AMI gestione la carga o el uso de la energía disponible en automóviles eléctricos conectados a la red.

Los sistemas AMI incluyen medidores con módulos de comunicaciones que mantienen su control desde un centro de cómputos central, e interfases que permiten gestionar el uso de aparatos electrodomésticos especialmente diseñados, en función de bandas horarias (con eventuales diferencias tarifarias). El usuario, quien tiene la facultad de variar sus características de carga, dispone de facilidades de visualización de su consumo instantáneo e histórico, a fin de tomar las decisiones con conocimiento de su estado real de uso energético.

Así, es claro que un medidor inteligente, sin una infraestructura periférica que lo asista, no desplegará muchas más prestaciones que un medidor electrónico convencional.

Toda la potencialidad (y diversidad) de estos nuevos sistemas de medición, también está llevando a los sectores involucrados hacia la búsqueda de la uniformidad del equipamiento a nivel universal, lo que sólo se conseguirá con una adecuada normalización o estandarización. Uno de los exponentes claves en este sentido, en pleno desarrollo actualmente en la Comunidad Europea, es el proyecto denominado "Open meter" [6], abocado a la confección de una normativa abierta, de uso público, que contemple los principales aspectos de implementación de los sistemas AMI.

En cuanto a la factibilidad real de puesta en funcionamiento de un sistema de medición inteligente, como ya se ha mencionado, uno de los emprendimientos precursores y de mayor envergadura, es sin duda el proyecto "Telegestore" de ENEL en Italia, que introdujo los medidores inteligentes alrededor del año 2001. Al día de hoy el proyecto es un ejemplo casi único a nivel mundial por su escala, habiéndose instalado alrededor de 30 millones de medidores inteligentes capaces de transmitir y recibir información remota y bidireccional (usuario-distribuidora). [7]

De la mano de ENEL, en el año 2009, también fue lanzado el proyecto "Cervantes", a través del cual ENDESA en España reemplazará los tradicionales medidores de energía de cerca de 13 millones de usuarios, por nuevos medidores inteligentes.[7]

Existen otros muchos ejemplos en países como Canadá, EUA, Suecia, Alemania, Japón, Corea, Australia, India, etc., que demuestran la viabilidad del sistema.

Usuarios: actores decisivos

Desde el punto de vista de los usuarios finales, no se conseguirán los cambios necesarios para obtener las mejores ventajas de las soluciones AMI, si los emprendimientos de cambio de equipamiento no van acompañadas de la debida capacitación, y si no se consigue cierto grado de interactividad. Para que un usuario medio residencial, alcance a comprender el nivel de ahorro energético que se puede conseguir con el nuevo equipamiento, se ve como imprescindible que el mismo vaya debidamente acompañado de información simple, pero contundente (ya sea "on-line" o a través de adecuados "displays" domiciliarios), que motive a las personas a cambiar sus hábitos de uso de los principales electrodomésticos.

Según algunos estudios y experiencias puntuales, podrían lograrse ahorros de hasta un 10 % en el consumo energético de un usuario residencial típico [8]. Considerando además, que

el consumo de tipo residencial representa en general un importante porcentaje del gasto energético total, la implementación de un sistema inteligente de medición representaría un significativo logro global.

Por otra parte, conocida la variación estacional y horaria del precio de la energía eléctrica, es posible, con la ayuda de un medidor inteligente, disminuir sensiblemente el monto de facturación a afrontar mediante una adecuada elección (manual o automática) de los horarios de utilización de las distintas cargas o consumos. También este escenario económico llevará consigo una consecuencia muy deseada ya mencionada: la disminución neta del consumo energético, con su consecuente beneficio ecológico.

Son muchas las voces que pregonan que los medidores inteligentes conseguirán volver más inteligentes a los usuarios en relación al consumo energético: el conocimiento detallado de su perfil de carga le permitirá tomar decisiones acertadas, en cuanto a los posibles cambios en sus hábitos de consumo.

Como contrapartida, la evolución de los perfiles de carga a medida que se profundice el modelo de red inteligente, debería llevar a una paulatina modificación de los modelos tarifarios, empleados por las correspondientes empresas prestadoras de servicios eléctricos, acordes a su propia área de influencia. Una mayor previsión en la evolución de los perfiles de consumo, supone también una disminución del costo del servicio.

Privacidad en los sistemas AMI

La implementación de sistemas AMI también conlleva otros desafíos no directamente relacionados con el ámbito energético. Entre ellos, uno de los más escabrosos (por lo que se ha decidido presentarlo sucintamente en este documento), es el de la privacidad de los datos de cada uno de los usuarios que estará disponible en la red. Los medidores inteligentes recabarán y transmitirán datos muy valiosos sobre los hábitos de consumo de los usuarios, que sin duda serán de gran utilidad a la hora de gestionar la demanda y el consumo de energía. Pero también es cierto, que además esos datos contendrán información privada, más o menos detallada, de hábitos de comportamiento de los usuarios: horarios de descanso, de uso de diferentes aparatos electrónicos (TV por ejemplo) y electrodomésticos, de comida o información sobre la utilización de vehículos eléctricos con interconexión domiciliaria; lo cual puede suponer una indebida invasión a su privacidad.

Así, la puesta en funcionamiento de un sistema de medición inteligente requerirá la intervención de distintos actores sociales, organismos gubernamentales de aplicación y control, empresas prestadoras del servicio eléctrico, asociaciones de usuarios, etc. Se deberá definir claramente la forma en que será manipulada toda la información disponible, a fin de que no pueda ser mal utilizada por terceras partes (o empleada por ejemplo comercialmente sin el debido consentimiento del usuario), o eventualmente, adulterada por el propio usuario o consumidor.

Sin duda, lo dicho más arriba respecto de la capacitación de los usuarios que supone la implementación de un sistema de medición inteligente, no podrá descuidar este sensible aspecto relacionado con su privacidad.

Soluciones tecnológicas disponibles

Como ya se anticipara, existen múltiples posibilidades para la conformación de un sistema de medición inteligente. Por ello, creemos conveniente, antes de pasar a la comparación de algunos de los modelos disponibles actualmente en el mercado, esbozar las principales definiciones de distintas soluciones tecnológicas ofrecidas.

En cuanto a los “medidores inteligentes” propiamente dichos, se reconocen dos tipos principales:

- los que integran la totalidad de las prestaciones en un único aparato (registro bidireccional local o remoto, y capacidad de interactuar con dispositivos de maniobra, consumo, generadores, etc.), y
- los modulares, esto es, medidores de energía básicos que admiten la incorporación de módulos que realicen las funciones adicionales, propias de un medidor inteligente.

Como una tercera alternativa para la implementación de un sistema de medición inteligente, se ofrecen dispositivos especiales que, adecuadamente conectados a los medidores actualmente en uso, suplen algunas de las nuevas funciones necesarias de las que ellos carecen.

Evidentemente cada una de las tres soluciones anteriores tiene sus propias ventajas y desventajas [8], las que deberán ser oportunamente analizadas en cada caso particular de implementación, pues incluyen aspectos tanto técnicos como económicos.

En cuanto a las soluciones particulares de comunicación bidireccional, la cuestión es mucho más diversa, dándose una vertiginosa evolución tecnológica, que contribuye a la multiplicidad de soluciones ofrecidas, de sistemas cableados o inalámbricos (RS485, Ethernet, fibra óptica, GSM, GPRS, 3G, WiMax, Low Power Radio, M-Bus, WiFi, Power Line Carrier, ADSL, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, etc.) [9].

Comparación de medidores disponibles

El objetivo de la presente sección es la comparación de las principales características técnicas de algunos de los sistemas de medición inteligentes que se ofrecen en el mercado actualmente. Para ello, se ha efectuado un análisis de la información suministrada por los propios fabricantes, rescatando de ella los datos técnicos considerados relevantes a la hora de implementar un sistema de medición inteligente.

Se han considerado para el análisis once modelos de sistemas de medición, correspondientes a otros tantos fabricantes, algunos de ellos ya utilizados, al menos de manera experimental. En cuanto a su procedencia, cinco de ellos provienen de los Estados Unidos de América y seis son de origen Europeo. La comparación se efectuó sobre aparatos que pueden considerarse “inteligentes”, los que poseían las siguientes prestaciones básicas:

- Medición bidireccional, local y remota, y en tiempo real de energía eléctrica (activa y reactiva).
- Medición local y remota de parámetros básicos: potencia (instantánea, máxima y mínima), tensión, corriente y factor de potencia.
- Configuración de tarifas por franjas horarias.
- Capacidad de limitación de la carga o eventual desconexión remota del usuario.

A partir de estas características mínimas, que permitieron incorporarlos a la categoría de medidores inteligentes, se confrontaron las prestaciones que los diferencian. A estas últimas se apunta fundamentalmente en este artículo, ya que son las que ponen de manifiesto la enorme potencialidad de estos aparatos, y especialmente las tendencias tecnológicas que se perfilan como predominantes para conseguirlas.

El objetivo de la comparación efectuada es meramente técnico, y no comercial, por lo que no se individualizan todas las características por marca y modelo, solo se dan las conclusiones a nivel general.

De la comparación de los once modelos citados, se obtuvieron los siguientes resultados:

a) Uno de los rasgos salientes, que permite efectuar una categorización inicial de los medidores, es su tipo constructivo. Así, como ya se adelantara, se pueden dividir en dos categorías: los compactos y los modulares. En cuanto a este aspecto, se nota una clara tendencia, actual y futura, hacia la última de ellas (una unidad básica que permite luego agregar módulos con funciones adicionales). Muestra de esto, es que de la totalidad de los modelos analizados, ocho ($\approx 73\%$), respondían a este esquema.

b) Otra característica que diferencia a los distintos modelos estudiados es su capacidad para recolectar información sobre la calidad de la energía suministrada (interrupciones del servicio, armónicos, transitorios, “sags”, “swells”, etc.). Medidores con posibilidad de registrar estos parámetros en forma permanente, suministrarían información muy valiosa, especialmente desde el punto de vista de la operación de la red. De los once modelos sólo cuatro ($\approx 36\%$) contaban con esta particularidad.

c) La gran mayoría de los aparatos contemplados, nueve ($\approx 82\%$), tenía aptitud para almacenar el perfil de carga del usuario.

d) El ítem en el que se muestra la mayor heterogeneidad de los medidores, es el relacionado con sus facilidades de comunicación, ya sea con centros concentradores de datos del lado de la distribuidora, como con equipamiento propio del usuario (por ejemplo electrodomésticos). Cabe remarcar sin embargo, que todos los aparatos estudiados poseían alguna de ellas. Los sistemas más difundidos, al menos para el intercambio de información entre el medidor y la distribuidora, son los inalámbricos basados en GSM o GPRS: nueve de los once estudiados lo poseían ($\approx 82\%$). Como se mencionara más arriba, también aparecen otras soluciones con o sin cable (RS232, RS485, Ethernet, WiFi, Power Line Carrier, RF), pero con mucha menor participación. En cuanto a la comunicación hacia el lado del usuario, se pueden establecer dos categorías: por un lado la posibilidad de visualizar los datos relacionados con el consumo energético que aparece en el ciento por ciento de los medidores, y por otro, la interacción con aparatos hogareños, que es mucho más incipiente; sin embargo, se aprecia un predominio de sistemas cableados de tipo Ethernet o redes inalámbricas bajo protocolo ZigBee, o en menor grado WiFi. Ocho de los equipos confrontados ($\approx 72\%$) poseía dispositivos de comunicaciones bajo alguno de estos últimos sistemas.

e) Por último, y a pesar de que no forma parte del medidor propiamente dicho, se ha hecho un análisis también de las distintas versiones de software de gestión de recursos de medición y operación que ofrecen los fabricantes, compatibles con sus propios medidores. Una primera conclusión, es que la gran mayoría pone a disposición alguna herramienta de este tipo. Nueve de los modelos estudiados ($\approx 82\%$), pueden adquirirse acompañados de herramientas de gestión, en general especialmente orientadas al uso por parte de las empresas distribuidoras de energía. Sin duda, todo sistema de medición de energía que pretenda ser encuadrado dentro de los llamados “inteligentes”, deberá disponer de recursos de software adecuados. Sin embargo, la heterogeneidad observada en la oferta, conspira seriamente contra la saludable intercambiabilidad de sus varios componentes. Así, este deberá ser un aspecto especialmente considerado a la hora de buscar la estandarización de los sistemas que nos ocupan.

En la Tabla I se especifica la marca de los sistemas de medición estudiados, y se resumen algunas de sus características, en correspondencia con los ítems anteriores.

Conclusiones y trabajo futuro

La implementación de lo que se ha dado en llamar “smart grid” supone un profundo cambio conceptual sobre la generación, transmisión, distribución y consumo de la energía eléctrica: mejor aprovechamiento de los recursos naturales, disminución de las emisiones de CO₂,

mayor automatización a distintos niveles de la red, cambios en los hábitos de consumo gracias a una mayor información de los usuarios. Una oportunidad que merece ser aprovechada y a la cual no deberían retaceársele dedicación ni recursos.

Con un panorama actual de evolución permanente de los sistemas AMI disponibles en el mercado, es grande el grado de incertidumbre a la hora de seleccionar el tipo de medidor inteligente a utilizar, lo que en muchos casos hace que se rehúya a la hora de implementar una solución a nivel de empresa

distribuidora. Una mala elección hoy puede llevar a dificultades en cuanto a la flexibilidad del sistema a futuro, pensando especialmente en la potencialidad del tema (libre elección del consumo por parte del usuario en función de horarios y precios, servicios prepagos, interconexión de fuentes alternativas y sistemas de almacenamiento de energía, o vehículos eléctricos, a nivel de usuario, etc.).

Uno de los grandes desafíos será lograr consenso regional e internacional para la normalización de toda la cadena de productos y servicios asociados.

El futuro de la medición inteligente dependerá en gran medida de políticas gubernamentales, organismos de control y empresas prestadoras del servicio eléctrico. Sin embargo, todo hace pensar que el potencial ahorro de energía que supone el empleo de sistemas de medición inteligentes bien merece el esfuerzo.

Referencias

- [1] Vincenzo Cannatelli, "ENEL Telegestore is on track", Metering International Issue 1, 2004.
- [2] Brunello Botte, Vincenzo Cannatelli, Sergio Rogai, "The Telegestore Project in Enel's Metering System", 18th International Conference on Electricity Distribution, Turin, 6-9 June 2005.
- [3] Rob van Gerwen, Saskia Jaarsma, Rob Wilhite, "Smart Metering", KEMA, The Netherlands, July 2006.
- [4] Sergio Rogai, "Telegestore Project. Progress and results", IEEE ISPLC, Pisa, 26th March 2007.
- [5] Hahn Tram, "Advanced Metering Infrastructure as an enabler of Demand Response", Transmission and Distribution Conference and Exposition, IEEE PES, April 2010.
- [6] www.openmeter.com
- [7] Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL), "Rapporto Ambientale", 2009.
- [8] European Smart Metering Alliance (ESMA), "European Smart Metering Guide. Energy Saving and the Customer", Edition 2010.
- [9] P.K. Lee, L.L. Lai, "A practical approach of smart metering integration in micro-grid", IEEE Power and Energy Society General Meeting, July 2010.

Tabla I - Sistemas de medición comparados

| Marca | Identificación | a) | b) | c) | e) |
|-------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Echelon | Nes | Compacto | x | x | x |
| Elster | EnergyAxis | Modular | | x | x |
| Enel | Telegestore | Compacto | | x | x |
| GE | I210/kV2c | Modular | x | | x |
| Iskraemeco | AMM | Modular | | x | |
| Itron | OpenWay | Compacto | | x | x |
| Kamstrup | 382 | Modular | | x | |
| Landis & Gyr | FOCUS | Modular | | x | x |
| PowerLogic Schneider | ION | Modular | x | x | x |
| Sensus | iCON | Modular | x | x | x |
| Siemens | AMIS | Modular | | | x |