

NUEVA ARQUITECTURA ABIERTA DE TIEMPO REAL PARA LA FACTURACIÓN IN-SITU DE ABONADOS ELÉCTRICOS.

New Real-Time Open Architecture for In-Situ Invoicing for Electrical Subscribers

RESUMEN

El presente trabajo propone una metodología de facturación in-situ para hacer más eficiente y económico el proceso de facturación actual de abonados eléctricos, empleando para ello tecnologías de bajo costo y fácil acceso en nuestro medio como Bluetooth y la red celular. Dicha metodología establece el diseño de un nuevo medidor de energía electrónico y el reemplazo de los tradicionales terminales portátiles de datos (PDT's), con el fin de evitar la lectura manual de medidores y contar con acceso en línea de los datos de usuario.

PALABRAS CLAVES: Facturación, Bluetooth, red celular, lectura automática de medidores.

ABSTRACT

This work presents a methodology proposal for in-situ invoicing of electric network subscribers. This method is intended to make invoicing process efficient, effective and cheaper using low-cost and easy-to-access technologies in our region such as Bluetooth and the mobile telephone networks. Our proposal also presents the design and implementation of a new Bluetooth-based energy meter and the replacement of traditional portable data terminals (PTD's) in order to avoid any manual data entry and having real-time access to subscriber's data.

KEYWORDS: Invoicing, Bluetooth, mobile telephone networks, Automatic Meter Reading.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las empresas de servicios públicos afrontan usuarios y entes reguladores cada vez más exigentes, haciéndose necesaria una búsqueda continua para el mejoramiento y calidad de sus procesos (certificación).

Para estas empresas el proceso de facturación sigue siendo una labor bastante compleja y costosa, que requiere un considerable tiempo de ejecución. Es precisamente en este punto, donde el avance y consolidación de nuevas tecnologías aportan una herramienta valiosa para hacerlo más eficiente y económico.

Tradicionalmente muchas de las empresas de servicios han venido utilizando terminales portátiles de datos (PDT's) para registrar de forma manual las lecturas de cada medidor electromecánico. Luego se hace necesario descargar la información desde los PDT's al sistema de cómputo para la liquidación y finalmente hacer una distribución de la factura a cada cliente.

La facturación in situ por el contrario, propone un esquema donde el mismo operario designado por la

RODRIGO ALBERTO SALAZAR CALVO

Estudiante de Ingeniería Eléctrica
Universidad Tecnológica de Pereira
rasalazar@servibarras.com

RICARDO LINARES RUIZ

Ingeniero Electricista.
Estudiante de Maestría en Ingeniería Eléctrica
Profesor
Universidad Tecnológica de Pereira
rlinares@ohm.utp.edu.co

GERMÁN ANDRÉS HOLGUÍN LONDOÑO

Ingeniero Electricista, M. Sc.
Profesor Asistente
Universidad Tecnológica de Pereira
gahol@ohm.utp.edu.co

empresa de energía toma la lectura del medidor, genera e imprime la factura en el mismo instante y lugar de residencia del cliente. Reduciendo significativamente el tiempo de ejecución y los costos operativos del proceso de facturación actual.

Aunque se han propuesto diferentes metodologías de facturación in-situ, aun no se considera tener en un solo dispositivo la lectura automática de medidores y el acceso en línea de los datos del cliente. Por lo tanto la metodología de facturación in-situ presentada, considera la integración de diferentes tecnologías tanto de hardware como de software, de bajo costo y fácil acceso en nuestro medio para su implementación.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La facturación es el proceso mediante el cual la empresa de servicios cobra a sus clientes o abonados el consumo de energía eléctrica en un intervalo de tiempo dado. En general, este proceso se puede resumir mediante las siguientes etapas:

1. *Definición de rutas:* Programación de los recorridos a realizar por el operario, con el fin de recoger un grupo de lecturas de consumo.
2. *Puesta a punto de equipos:* Prueba inicial y suministro de la información de abonados eléctricos a los PDT's.
3. *Lectura de medidores:* Toma manual del consumo de energía eléctrica de cada uno de los abonados.
4. *Descarga de lecturas:* Transferencia de la información registrada en los PDT's al sistema de cómputo de la empresa.
5. *Procesamiento de datos:* Revisión y consistencia de cada una de las lecturas o "crítica de lectura" y liquidación de la factura.
6. *Impresión de facturas:* Generación de la factura con los datos de liquidación de acuerdo con a un formato previamente establecido.
7. *Distribución de facturas:* Entrega de cada una de las facturas en el predio del abonado eléctrico.

Una revisión en detalle de estas etapas muestra inconvenientes que retrasan y complican todo el proceso, algunos de ellos son:

- *Inicialización de los PDT's:* Se requiere tiempo para descargar la información de cada uno de los abonados eléctricos desde la base de datos de la empresa a los PDT's, ya que no se cuenta con dicha información en el momento y sitio de lectura.
- *Error humano:* Debido a la toma manual del consumo de energía y del número de matrícula, una situación con alta probabilidad de ocurrencia es que el operario tome una lectura equivocada del consumo de energía o igualmente grave que asigne este valor a otro cliente.
- *Múltiples visitas al cliente:* En una situación ideal se requieren dos visitas al cliente: una para leer los medidores y otra para hacer entrega de la factura, dado que estas dos etapas se realizan independientemente. En otras circunstancias se requieren más visitas al cliente, si el procesamiento de los datos entrega inconsistencias entre las lecturas de periodos anteriores y el actual.
- *Retrasos en la entrega de facturas:* En caso de presentarse algún error humano o tipo de anomalía en la etapa de lectura de medidores, es muy probable que se lleguen a procesos de reclamo por parte del cliente que retrasan aun más la entrega de facturas.

3. ESTADO DEL ARTE

El planteamiento para mejorar el proceso de facturación de servicios públicos no es algo nuevo, sin embargo la implementación real de soluciones solo se ha venido dando hace algunos años. Esta situación, más que por factores tecnológicos, muy probablemente ha sido por factores de tipo administrativo y económico, si se considera que el mejoramiento de este proceso implica costos y cambios en la empresa y su infraestructura.

Muchas de las nuevas propuestas para la facturación, por lo menos desde un punto de vista tecnológico, han venido evolucionando necesariamente hacia la integración de la computación y las telecomunicaciones para tal fin, siendo el medidor uno de los elementos más importantes en esta transición.

Para el caso particular de los medidores de energía eléctrica, es claro que este dispositivo no puede seguir siendo el medidor electromecánico que ya se conoce y que por el contrario debe evolucionar hacia un medidor de tipo electrónico que le permita adaptarse tecnológicamente a estas nuevas propuestas de facturación. Así, un nuevo medidor de energía estaría en capacidad de entregar gran cantidad de información tanto a la empresa de servicios como al abonado eléctrico, a parte de sólo medir la energía eléctrica consumida [1].

En general y a nivel mundial los sistemas que permiten poner en red de forma alambrada o inalámbrica este tipo de medidores "inteligentes" se denominan sistemas de lectura automática de medidores o sistemas AMR [2]. El propósito de estos sistemas es controlar y/o monitorear constantemente los medidores desde un centro de cómputo a través de alguna o varias topologías de red específicas.

En la actualidad dichos sistemas cuentan con un comité IEEE dedicado a promover la investigación y desarrollo de estándares, guías y prácticas en el campo de la telemetría para la lectura automática de medidores y manejo de energía [3]. Algunas de estas tecnologías de telemetría pueden estar basadas en radio frecuencia, comunicación a través de la línea telefónica [4], comunicación a través de la línea de potencia (PLC) entre otras.

Básicamente algunas de las tecnologías de telemetría más utilizadas son la comunicación por línea telefónica y PLC para el caso de redes alambradas. De otro lado se tienen algunas de las tecnologías inalámbricas más usadas como lo son Zig-Bee, Bluetooth y GSM.

Muchas soluciones emplean una sola de estas tecnologías o una combinación de ellas como en [5], donde se propone formar una red inalámbrica Bluetooth entre medidores de una misma edificación y un colector de datos con un MODEM GSM que al final, le permite al

sistema enviar la información hasta una estación central ubicada en la empresa de servicios. En [6] emplean sólo Zig Bee para formar una extensa red inalámbrica de medidores tipo mesh, donde cada dispositivo en la red sirve de repetidor hasta llegar a la estación base.

Otras soluciones más ambiciosas proponen integrar los medidores de energía eléctrica, agua y gas en una sola red Bluetooth conectada a un "terminal inteligente" con comunicación GSM, enviando información al tiempo de los tres consumos a un centro de manejo [7].

Las soluciones anteriores tienen en común un control total y a distancia de los medidores, disminuyendo al mínimo el personal requerido para facturación, la ausencia de una inspección visual del predio del cliente y la distribución puerta a puerta de facturas.

A nivel nacional, la facturación in-situ que puede considerarse como un caso particular de AMR, genera en el predio del cliente la factura al momento de tomar la lectura del medidor. Un caso particular es la aplicación desarrollada por CODENSA y la Compañía Americana de Multiservicios (CAM), donde proponen utilizar teléfonos Avantel para la consulta en línea de los clientes, tomando de forma manual la lectura del medidor [8]. Otras empresas han utilizado PDT's con información de preliquidación previamente cargada al dispositivo e impresoras portátiles para entregar la factura de manera inmediata al cliente.

4. LA FACTURACIÓN IN-SITU

La metodología presentada propone agrupar varias etapas del proceso tradicional de facturación en una sola y eliminar algunas otras, teniendo en cuenta el diseño de un nuevo medidor.

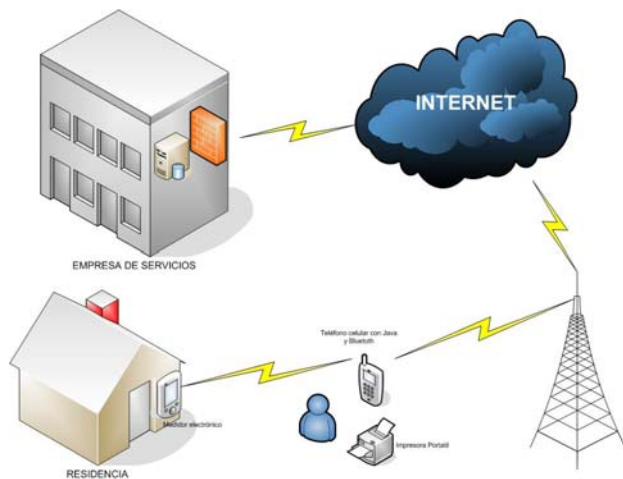


Figura 1. Esquema de la metodología propuesta.

Dicha metodología de facturación in-situ se desarrolló considerando algunos de los siguientes aspectos encontrados en el proceso de facturación actual:

- *Inspección visual de predios:* Es necesario contar con un operario que además de tomar la lectura de medidores y entregar la factura, pueda reportar en su recorrido anomalías como cambios de carga instalada, conexiones ilícitas entre otras.
- *Medidor electrónico inalámbrico:* El nuevo medidor de energía debe utilizar alguna interfaz de comunicación inalámbrica de bajo costo, que permita mediante algún otro dispositivo de tipo portátil, obtener automáticamente el consumo de energía y el número de matrícula de cada medidor, eliminando la posibilidad de errores en la lectura o error humano.
- *Reemplazo de PDT's:* Se requiere un nuevo dispositivo de bajo costo que a diferencia de los PDT's permita la conexión inalámbrica con el medidor y la base de datos de la empresa de servicios, de tal forma que se tenga información en línea de los clientes para generar e imprimir la factura al momento de la lectura, ayudando a resolver el problema de múltiples visitas al cliente.
- *Generación de facturas:* Dado que se puede contar también con información de liquidación en línea, es necesario disponer de una impresora portátil con algún tipo de conectividad que permita entregar inmediatamente la factura al cliente y evitar retrasos en la entrega de las mismas.

Considerando lo anterior, el proceso de facturación podría reducirse a las siguientes tres etapas:

1. *Lectura del consumo de energía:* El operario registra el número de matrícula del medidor y el consumo en kilo-vatios hora, al establecer un enlace inalámbrico Bluetooth entre uno o varios medidores y un teléfono celular con la misma tecnología.
2. *Procesamiento y liquidación:* Una vez se tiene el consumo y el número de matrícula del medidor, el teléfono celular establece una conexión con el servidor de la empresa de energía vía Internet, el cual consulta la base de datos, procesa los datos y retorna la información necesaria para generar la factura.
3. *Impresión y entrega:* Luego con los datos de facturación, el teléfono celular establece un segundo enlace Bluetooth con una impresora portátil, la cual imprime la factura que es entregada al cliente.

4.1 BLUETOOTH Y LA RED CELULAR

Bluetooth es un protocolo de comunicación inalámbrica de corto alcance y bajo consumo de potencia pensado inicialmente para el reemplazo de cables entre un teléfono celular y sus accesorios [9]. Sin embargo, su uso se ha extendido cada vez más a otros campos donde se aprovecha su alta inmunidad al ruido y estabilidad del enlace entre otras características. A nivel industrial por ejemplo, la compañía ABB ha incluido esta tecnología en sus controladores Advant y sus unidades de disparo para interruptores automáticos de la serie Emax. [10]

Actualmente, dicha tecnología se encuentra en un gran número de dispositivos portátiles como teléfonos celulares y computadores de mano, haciéndola comercialmente disponible y de bajo costo si se compara con otras tecnologías basadas en radio frecuencia como Wi-Fi, Zig-Bee entre otras.

Incluir la tecnología Bluetooth en el medidor le permite al operario tomar la lectura del mismo en lugares donde su acceso visual sería difícil. En este caso y aunque muy difundida, no es conveniente utilizar infrarrojo como interfaz de comunicación, dado su requerimiento de línea de vista entre dispositivos y corto alcance.

Adicionalmente, Bluetooth permite formar redes de hasta siete medidores los cuales pueden ser interrogados simultáneamente disminuyendo aun más el tiempo de lectura por operario.

La selección del teléfono celular como reemplazo del PDT, se debe a las funciones adicionales que actualmente traen estos dispositivos y la capacidad de la red celular para transferir datos. Algunas de las ventajas que resultan de utilizarlos son:

- Herramientas de programación completamente gratuitas que ayudan a su bajo costo.
- Su uso evita la necesidad de dotar a cada medidor con un MODEM GSM disminuyendo el costo del mismo.
- No se requiere un teléfono muy especializado y costoso, dado que el manejo y procesamiento grueso de la información se hace en el servidor.

Esta unión entre Bluetooth y la telefonía celular permite garantizar el acceso en línea de los datos del abonado eléctrico al momento de la lectura.

4.2 MEDIDOR DE ENERGÍA ELECTRÓNICO

La función básica de este dispositivo es medir la energía eléctrica a partir de las señales de corriente y voltaje. Sin embargo, por el hecho de ser un medidor electrónico es

posible tener más funciones adicionales que permitan darle el nombre de “medidor inteligente” e incluirlo en sistemas AMR. El medidor diseñado cuenta con estas características especialmente ajustadas a los requerimientos de la metodología de facturación propuesta.

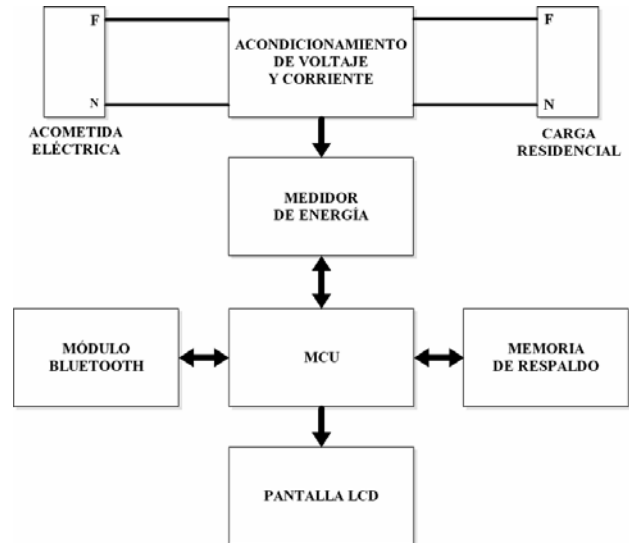


Figura 2. Diagrama de bloques del medidor

El prototipo cuenta con los siguientes elementos o componentes de hardware, interconectados como se muestra en la figura 2:

- *Acondicionamiento de voltaje y corriente:* Permite ajustar los niveles de estas señales a valores requeridos por el circuito integrado medidor de energía.
- *Medidor de energía:* Se utilizó el circuito integrado ADE7756N de Analog Devices [11] especialmente diseñado para esta función, el cual contiene todos los elementos internos necesarios para digitalizar y muestrear apropiadamente las señales de voltaje y corriente previamente acondicionadas.
- *Microcontrolador:* Coordina el funcionamiento de los demás elementos del sistema. Dentro de sus funciones básicas están: configurar e inicializar los demás elementos del sistema, manejar toda la información proveniente del módulo Bluetooth, calcular la cantidad de energía acumulada por el ADE7756N, mantener un registro en la memoria de respaldo y visualizar el consumo de energía en la pantalla LCD. Para esta aplicación se seleccionó el MCU MC68HC908GP32 de Motorola. [12]
- *Módulo Bluetooth:* Permite la comunicación inalámbrica con el teléfono celular. Teniendo en cuenta el alcance y espacio ocupado dentro del medidor se utilizó el módulo BR-SC30A de

Blueradios que además cumple con la versión 1.2 de la especificación. [13]

- *Memoria de respaldo:* Mantiene el registro actual de energía consumida al momento de un corte en el suministro de energía eléctrica.
- *Pantalla LCD:* Permite visualizar constantemente el consumo actual de energía eléctrica registrada por el medidor.

Cada medidor cuenta con un número de matrícula único que debe ser grabado digitalmente en la memoria del microcontrolador al momento de su fabricación y en la memoria de respaldo como una medida de seguridad.

Las características finales del medidor mostrado en la figura 3 son:

- *Tipo:* Medidor de energía activa monofásico.
- *Operación máxima:* 120V y 50A.
- *Resolución:* 0.1 KW-h.
- *Modos de operación:* Normal y calibración.
- *Conectividad:* Bluetooth, máximo 100m.

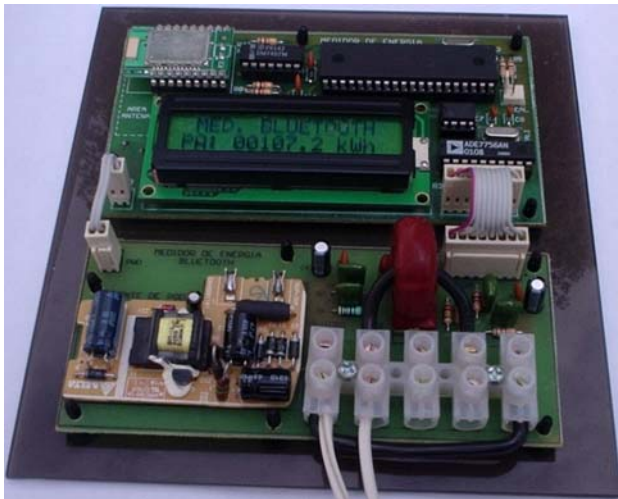


Figura 3. Imagen del medidor electrónico

4.3 TELÉFONO CELULAR

Las especificaciones para el teléfono celular no están sujetas a ninguna marca en particular, es suficiente que incluyan la tecnología inalámbrica Bluetooth y el soporte para aplicaciones programadas en JAVA.



Figura 4. Programa del teléfono

El programa desarrollado permite hacer la validación del operario mediante usuario y clave con el fin que personas no autorizadas accedan al sistema. Una vez se tiene acceso, el programa muestra un menú principal que aparte de adquirir la lectura del medidor y entregar la orden de impresión, permite registrar anomalías encontradas en el predio del cliente como conexiones ilícitas, cambios en la carga instalada entre otras.

4.4 IMPRESORA PORTÁTIL

La impresora puede ser alguna comercialmente disponible y preferiblemente con Bluetooth, para su fácil conexión al teléfono celular. Adicionalmente su tamaño y demás características de impresión deben estar de acuerdo con los requerimientos exigidos por la empresa de servicios en cuanto al aspecto final de la factura.

5. CONCLUSIONES

Dentro del proceso de facturación, la tendencia actual esta dada hacia el reemplazo de los tradicionales medidores por los nuevos de tipo electrónico y con mayores capacidades tecnológicas. Lo anterior cambia el concepto de un medidor estático que solo entrega lecturas de consumo a un “medidor inteligente” con posibilidades de comunicación a otros dispositivos, manejo de otras variables de interés, registro y toma de decisiones. Aún así, el mejoramiento del proceso de facturación no se centra sólo en el medidor, también es importante considerar los demás elementos que involucra el proceso.

La metodología de facturación in-situ propuesta demuestra que en este caso, la convergencia e integración de varias tecnologías de hardware y software como Bluetooth y la red celular, llevan al mejoramiento del proceso de facturación actual trayendo además beneficios notables tanto para la empresa de servicios públicos como para sus clientes.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. T. Torres, A. García, Á. Torres, M. Duque y C. García, “La medición remota de energía eléctrica: un campo de oportunidades para la industria Colombia,” *Revista de ingeniería Uniandés*, Revista 7, pp. 37-42, Febrero de 1996.
- [2] Automatic Meter Reading Association. Disponible en : <http://www.amra-intl.org/about/amr.htm>
- [3] *IEEE SCC31 Policies and Procedures*. Disponible en: <http://www.amra-intl.org/standards/charters.htm>
- [4] *IEEE Standard for Utility Telemetry Service Architecture for Switched Telephone Network*, IEEE Standard 1390-1995.
- [5] A. Minosi, A. Martinola, S. Mankan, F. Balzarini, A. N. Kostadinov y M. Prevostini, “Intelligent, Low-power and Low-cost Measurement System for Energy Consumption,” Presentado en: International Symposium on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces, and Measurement Systems Lugano, Switzerland, 27-29 July 2003.
- [6] Efficient energy billing. Presentado en: 2006 Intel cup undergraduate electronic design contest, Disponible en: http://www.mmu.edu.my/SpecialHighlights/SpecialHighlight_11.htm
- [7] L. Cao, J. Tian, y D. Zhang, “Networked Remote Meter-Reading System Based on Wireless Communication Technology,” Presentado en: IEEE International Conference on Information Acquisition, August 20 - 23 2006, Weihai, Shandong, China.
- [8] Compañía Americana de Multiservicios (CAM) y Avantel. Casos de éxito. Disponible en: http://perceo.avantel.com.co/portal/page?_pageid=34,40676&_dad=portal&_schema=PORTAL
- [9] R. Linares, J. A. Quijano, y G. A. Holguín, “Implementación del protocolo Bluetooth™ para la conexión inalámbrica de dispositivos electrónicos programables,” *Revista Scientia et técnica*. Año X, No 24, pp. 31-36, Mayo 2004.
- [10] F. Viaro, “Noticias de última hora. Productos de fácil uso, para las nuevas exigencias de los clientes y para el medio ambiente,” *Revista ABB*, pp. 27-31.
- [11] Hoja de datos del medidor de energía ADE7756N. Disponible en Internet: <http://www.analog.com/>
- [12] Hoja de datos del MCU MC68HC908GP32. Disponible en Internet: <http://www.freescale.com/>
- [13] Hoja de datos del módulo Bluetooth BR-SC30A. Disponible en Internet: <http://www.blueradios.com>
- [14] Elementos tecnológicos de las soluciones para la empresa en red. Disponible en: http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/empresarenred/capitulos/06_elementos_tecnologicos.pdf
- [15] *IEEE Standard Wireless Personal Area Networks*, IEEE Standard 802.15.1, Junio 2002

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo institucional brindado por el grupo de investigación en Control e Instrumentación, el centro de investigación y extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira y la cooperación de la empresa SERVIBARRAS para la realización de este proyecto.