

Medidor Eletrônico de Energia em Baixa Tensão com Teleleitura via Tecnologia Bluetooth

Bose, R.C.¹; Kolm, D.¹; Paim, F.¹; Caetano, C.D.C.²; Garbelotto, L.A.²; Moraes, R.¹

1 - Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Catarina UFSC, 2 - Divisão de Medição - Centrais Elétricas de Santa Catarina – CELESC

ricardobose@yahoo.com, engkolm@gmail.com, franciscocpaim@gmail.com, LAGarbelotto@celesc.com.br, cleberdcc@celesc.com.br, rmoraes@ieb.ufsc.br

Resumo

A substituição dos medidores de energia eletromagnéticos por medidores eletrônicos para os consumidores de baixa potência é a tendência atual de diversas empresas distribuidoras de energia no Brasil e no mundo. Apesar das vantagens do medidor eletromecânico, o medidor eletrônico pode conter características que otimizem o processo de leitura do consumo e de outros parâmetros, como por exemplo, os referentes à qualidade do serviço de distribuição. O presente trabalho descreve um sistema eletrônico de medição integrado a módulo de comunicação que permite a teleleitura do consumo através do protocolo *Bluetooth®*. Este tipo de protocolo comunicação *wireless* concede grande flexibilidade ao procedimento de telemetria. A crescente utilização desta tecnologia terá forte impacto na redução de seus custos de desenvolvimento e incorporação ao produto. Esta tecnologia pode servir de base para a implementar outras formas de leitura do consumo e tarifação, facilitando, otimizando e agregando valor aos serviços de distribuição de energia.

Introdução

Todo os ramos industriais, frente ao dinamismo da concorrência globalizada, realizam uma intensa busca por sistemas que transponham os desafios atuais de sua área de atuação. O setor de distribuição de energia elétrica não é diferente. As empresas são impelidas e pressionadas pelo mercado consumidor a buscar meios de otimização de operações, maximização de qualidade e redução de custos como forma de aumentar a rentabilidade da companhia e sua sustentação no mercado. Mercado relativo a um serviço essencial para a sociedade.

Neste setor, o processo de automação, como exemplo de ferramenta de otimização, avançou por quase toda estrutura de alta tensão: geração, transmissão e distribuição (subestações). Resta, no entanto, lacuna no que se refere a ferramentas de otimização da distribuição de energia para o no consumidor final. Assim como em outros países, o Brasil também possui tendência para utilização da telemetria como uma ferramenta para atingir este objetivo.

Companhias energéticas podem já por substituir medidores de energia eletromecânicos por eletrônicos (já normalizados pela NBR 14519), em função de sua maior exatidão, confiabilidade e medição de parâmetros para aferir a qualidade de serviços. Adicionalmente, protocolos de comunicação podem ser implementados a coleta remota de tarifação, como também a coleta de dados do perfil do consumidor. Além disso, o sistema pode permitir o acompanhamento do consumo periodicamente pelo cliente, via internet.

Uma forma de estabelecer comunicação com os medidores é o uso de comunicação *Bluetooth®*. Opera na banda destinada a aplicações industriais, científicas e médicas (ISM) de 2,4GHz (disponível mundialmente), sem requerer licença para operação. É uma solução de rede com comunicação *wireless* de curtas distâncias (até 200m), orientada a conectividade automática e flexível dentre diversos dispositivos sem arranjo prévio. Dessa forma, um medidor pode ser acrescentado à rede (por exemplo quando instalado numa residência) e iniciar prontamente comunicação sem qualquer tipo de preparação.

Dentro da área de cobertura de cada medidor com comunicação *Bluetooth®*, é possível estabelecer pequenas redes de até 8 equipamentos denominadas *Piconets*. Redes maiores denominadas *Scatternets* estabelecem-se quando ocorre comunicação entre *Piconets*. Dessa forma, um dado pode ser enviado entre dispositivos na mesma área de cobertura através da *Piconet* ou trafegar até pontos mais distantes através uma *Scatternet*. As redes *Scatternet* são classificadas como redes *AdHoc*, comumente estudadas.

O uso de medidores eletrônicos com tecnologia de comunicação *Bluetooth®* como solução de telemetria do consumo no setor elétrica, na área de distribuição para o consumidor final, disponibiliza pontos positivos para seu uso, como:

- sistema livre de cabos e equipamentos para comunicação por rede, bem como sua instalação ao longo da malha de distribuição elétrica;
- facilidade para expansão do sistema de comunicação;
- não é necessário serviço especializado para instalação e desinstalação do medidor por ser auto-configurável;
- tendências de forte redução de custos frente aumento do consumo mundial deste tipo de dispositivo.

E pontos negativos como:

dificuldade de comunicação quando os medidores estiverem distantes entre si, não consolidando uma rede

- Necessidade de incorporar um elemento inteligente no medidor para realizar a configuração de *Scatternet*, aumentando o custo unitário e desenvolvimento inicial;

O emprego de medidores eletrônico de energia em substituição aos eletromecânicos apresenta uma série de vantagens e desvantagem. O procedimento de telemetria é uma tendência a ser agregada aos medidores eletrônicos de energia.

Este trabalho descreve proposta de sistema de telemetria para uso em sistema de coleta de dados e tarifação para o consumidor residência e industrial de baixa potência.

Materiais e Métodos

O trabalho apresentado está sendo desenvolvido na EEL-UFSC, junto com o departamento de medição da CELESC.

O projeto prevê uma etapa de domínio da tecnologia *Bluetooth®*, sem a implementação das *Scatternet*, previsto para a segunda etapa. Nesta primeira etapa, que será apresentada, o sistema foi concebido para prover a leitura remota do consumo de energia a partir de um *Notebook* com comunicação Bluetooth, que deve ser levado pela rua, na área de abrangência dos medidores, de forma a estabelecer a comunicação e receber os dados, sem a necessidade de se aproximar diretamente do medidor. Tal procedimento minimiza erros de leitura e torna mais ágil a leitura de dados.

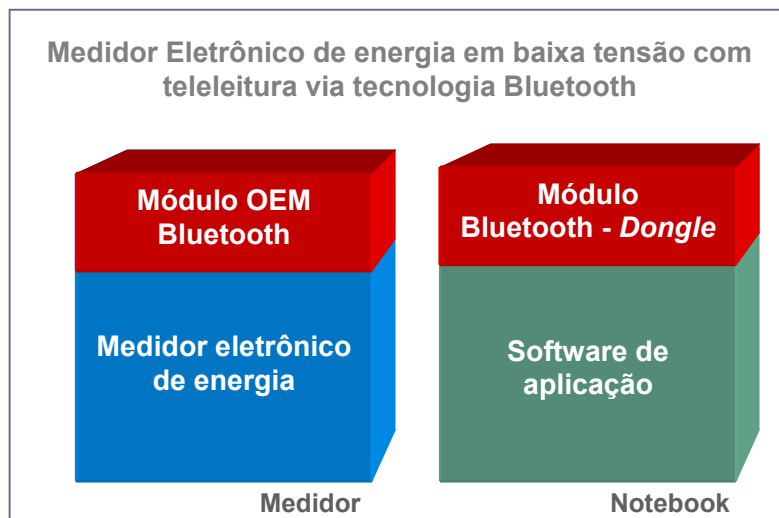


Figura 1 – O desenvolvimento do sistema é dividido em três blocos básicos: hardware de medição, integração com módulo bluetooth OEM e software de aplicação

O sistema foi dividido em 3 etapas de desenvolvimento: medidor eletrônico de energia elétrica, integração do medidor com módulo *Bluetooth*® e software aplicativo de comunicação e coleta de dados (fig.1). A seguir serão descritos os atuais estágios de desenvolvimento de cada etapa.

a) Medidor eletrônico de energia elétrica

O medidor eletrônico de energia monofásica foi baseado em circuito integrado dedicado STPM01 da ST microelectronics. Este circuito integrado foi desenvolvido especialmente para medição de energia ativa, reativa e aparente, em sistemas monofásicos de distribuição, utilizando bobina de Rogowski e/ou transformador de corrente e/ou shunt como sensor de corrente.

O STPM01 consiste essencialmente de duas partes: parte analógica e parte digital. A parte analógica contém PGA's e conversores AD tipo $\Sigma\Delta$ enquanto a parte digital conta com um DSP encarregado de todos os cálculos necessários a obtenção dos valores das potências, ativa reativa e aparente, bem como, dos valores RMS de tensão e corrente.

Os resultados dos cálculos são disponibilizados via interface SPI ou por meio de pulsos em saída digital para acionamento de motor de passo. Através da interface SPI é possível a calibração do medidor e também a leitura de todas as variáveis por meio de um microcontrolador.

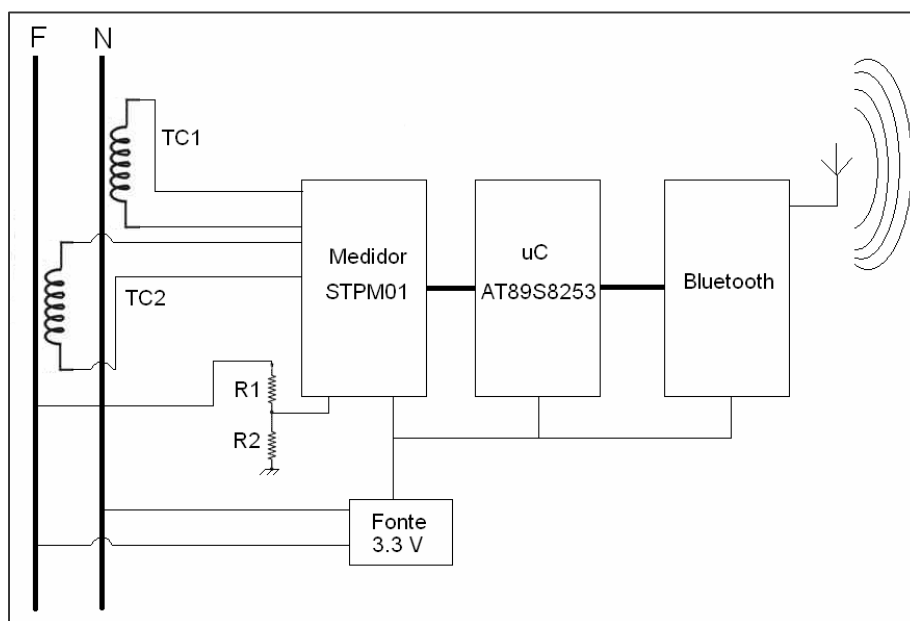


Figura 2 – Diagrama de blocos do sistema de medição com comunicação Bluetooth. São utilizados dois TC's para implementação da detecção de fraude.

A Figura 2, ilustra em um diagrama de blocos o sistema concebido. Os transdutores de corrente são TC's (transformadores de corrente), mas poderia se utilizar bobinas de Rogowski ou Shunt para esta finalidade. Quanto à entrada de tensão, foi utilizado divisor resistivo. As opções de projeto foram norteadas por aplicações do próprio fabricante (*ST microelectronics*).

A utilização de dois TC's torna possível a implementação de dispositivo de detecção de fraude por *by-pass*. Essa facilidade está disponível no medidor STPM01 e é deflagrada pela detecção da diferença de corrente que aparece entre os fios Fase e Neutro quando a fraude tipo *by-pass* é realizada. O medidor STPM01 comunica o evento ao microcontrolador que o registra, para que possa posteriormente comunica-lo à empresa concessionária/permissionária.

Os valores integralizados de energia, dizem respeito unicamente a energia ativa, pois o medidor está destinado somente para tarifação em consumidor residencial. Com uma resolução de 0.01 kWh os registradores internos do microcontrolador (em 32 bits) tem capacidade para armazenar a medição por 980 anos, levando em conta uma carga contínua de 5 kWh ($23 \text{ A} * 220 \text{ V}$).

O processo de calibração do medidor segue orientações do fabricante e se resume simplesmente ao ajuste de três registradores internos no medidor STPM01. Esses registradores atuam como compensadores de ganho, no caminho do processamento dos sinais de tensão e corrente no interior medidor. A compensação é capaz de corrigir desvios de até +/- 12 % que ocorrem em razão da tolerância dos componentes utilizados nos canais analógicos de entrada formados pelos transdutores de tensão e corrente e filtros *anti-aliasing*.

A *ST microelectronics* fornece um software em plataforma Windows®, para a realização da fase de calibração. Existem dois métodos possíveis. O primeiro se utiliza de valores conhecidos de tensão e corrente aplicados ao medidor e fornece valores de correção a serem aplicados aos registradores denominados *calibradores*, visando como resposta do sistema valores de tensão e corrente o mais próximo possível dos calculados. O segundo se utiliza de valores de potência

conhecidos e de uma frequência calculada (a ser vista na saída de pulsos do medidor) visando, através do processo de calibração obter uma frequência o mais próximo possível da calculada.

A comunicação entre o microcontrolador e o rádio *Bluetooth*®, se dá via UART obedecendo a um protocolo proprietário. São transmitidos os valores de energia atualizados e detecção de fraude sempre que solicitado pelo sistema. O medidor ainda possui como interface um display de LCD para informação ao usuário da energia consumida. Também existe um LED vermelho cuja frequência é proporcional a potência para fins de calibração.



Figura 2 - Protótipo do medidor eletrônico com comunicação Bluetooth.

b) Integração do medidor eletrônico com um módulo Bluetooth

A leitura remota é feita através do protocolo Bluetooth. O microcontrolador que gerencia o sistema de medição de energia também é responsável pela troca de dados com o módulo Bluetooth do medidor.

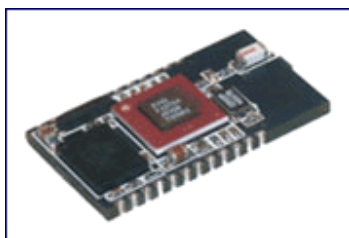


Figura 3 – Módulo OEM de comunicação Bluetooth

O módulo utilizado é de classe 1, e possibilita um alcance de até 200 metros podendo operar a uma taxa de transmissão de até 921 kbps, através de comunicação UART com o microcontrolador. É utilizado um módulo Bluetooth OEM montado sobre a placa do circuito do medidor eletrônico. Os comandos e parametrização do módulo OEM é feito por comandos seriais enviados pelo do microcontrolador para o módulo através da UART, assim tanto comandos quanto

dados passam por esta via de comunicação. O fabricante do módulo disponibiliza uma biblioteca com os comandos que com os quais seu módulo trabalha. Ao longo do programa do microcontrolador é possível receber uma solicitação para comunicação vinda do Notebook, estabelecer um canal de comunicação, receber o dado do componente de medição, enviar através do canal e finalizar a comunicação, por exemplo. O próximo desafio é a implementação de um algoritmo para efetuar uma *Scatternet*, quando os dados devem ser transmitidos de módulo para módulo até chegar em no destino esperado. E este controle de fluxo será gerenciado pelo microcontrolador.

A comunicação é criptografada com 128 bits, o que assegura a confiabilidade dos dados transmitidos, uma característica intrínseca ao Bluetooth .

c) Software aplicativo de comunicação e coleta de dados

O software de aplicação possui duas funções principais. A primeira é gerenciar a comunicação com os medidores de energia e o Notebook e outra função é armazenar as informações de consumo em um banco de dados relacional com facilidade de transferência para o banco relacional da empresa concessionária.

É previsto que o software aplicativo trabalhe com um Notebook e efetuará a gerência da comunicação com os medidores. O Notebook será carregado por entre ruas, e deverá passar pela área de cobertura de cada medidor ao longo do caminho. Periodicamente o software realizará um processo de *scanning* que procura todos os módulos bluetooth em sua área. Após receber a identidade de todos módulos da área, o software elegerá um módulo de quem deve receber as informações de consumo e inicia uma seqüência de comunicação e troca de dado. Uma vez recebido, o dado é armazenado no banco de dados. Novamente é feito o *scanning*, escolhido outro módulo, e repetida a operação de comunicação e armazenamento da nova informação. Cada dado de consumo coletado é relativo a um consumidor. No banco de dados relacional o número do módulo de bluetooth é relacionado ao nome do consumidor e o endereço do imóvel. Posteriormente o Notebook será conectado a uma rede da empresa para transferir os dados coletados a base de dados da empresa, para o processo de tarifação.

Houve grande morosidade para iniciar o desenvolvimento do software devido à falta de ferramentas para controle e comunicação com dispositivo Bluetooth instalado no Notebook. Apenas poucas empresas que participam do grupo de desenvolvimento do Bluetooth - *Special Interest Group (SIG)*, desenvolvem e comercializam este tipo de solução. Após alguns meses de pesquisa e negociações foi possível desenvolver um fornecedor, mesmo ainda havendo limites para funcionamento para a biblioteca adquirida. O sistema está sendo desenvolvido em VisualC++, mas a escolha da linguagem poderia ter recaído sobre o Java e algumas bibliotecas gratuitas disponíveis nesta linguagem. Porém a dificuldade com *drivers* para acesso ao hardware do bluetooth não incentivou o uso desta solução. Acredita-se que os pequenos problemas sejam resolvidos e em breve teremos eficientes ferramentas e bibliotecas gratuitas em Java.

Há grande diferença em utilizar um dispositivo Bluetooth comercial qualquer para comunicação com o Notebook (por exemplo transferência de arquivo de imagem entre um celular com Bluetooth® e o Notebook) e o sistema aqui apresentado. A diferença reside no fato do sistema medição de energia ter que gerenciar a comunicação entre dispositivos. Conforme o Notebook se desloca, a comunicação com os medidores é alterada periodicamente com a troca dos dispositivos em contato. Nos softwares comerciais é estabelecida uma comunicação com um ou dois dispositivo permanentemente, daí a exigência de procurar um meio de controlar o dispositivo Bluetooth® do Notebook.

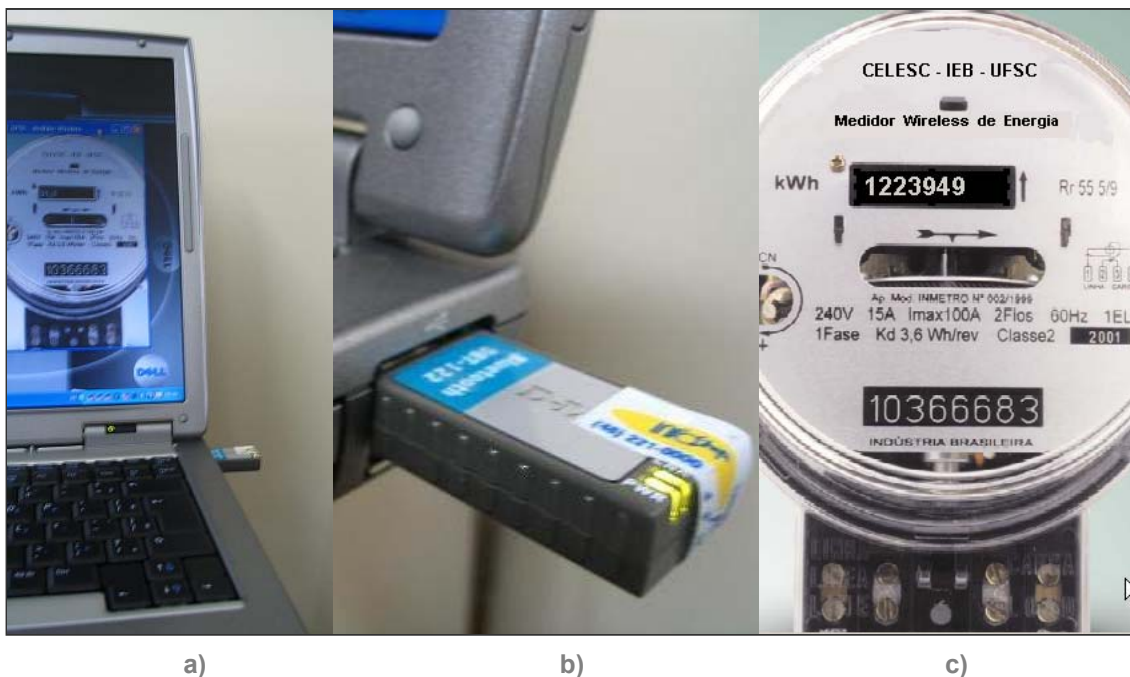


Figura 4 – a) *Notebook*, utilizando um *dongle*; b) *Dongle* utilizado, alcance de 10m; c) Tela do software de aplicação de teste do medidor eletrônico.

Foi feita a opção por trabalhar com um dispositivo Bluetooth denominado *Dongle*, que é um módulo Bluetooth com conexão USB. Estes dispositivos são bastante comuns no mercado, utilizados para comunicar e integrar os dispositivos bluetooth junto um PC (impressoras, celulares, fones de ouvido, mouse, etc). São compactos, com preço acessível e podem funcionar em qualquer tipo de computador. Dessa forma o sistema desenvolvido torna-se mais versátil pode trabalhar sem a necessidade de dispositivos especiais ou onerosos.

Conclusões Finais

Alguns pontos chamam a atenção para no uso do bluetooth aplicado a teleleitura de consumo de energia elétrica de consumidores de baixa potência. Primeiro é a crescente disponibilidade de dispositivos Bluetooth no mercado e acentuada redução custo nos últimos dois anos. A perspectiva dos fabricantes é que chegar a U\$ 5,00 em breve, dispositivos acessíveis que agregam alto valor funcional ao medidor eletrônico. Outro ponto é sua popularidade de equipamentos que deixam margem a utilização de inúmeras adaptações do sistema, por exemplo: ao invés de um *Notebook*, poderia ser utiliza um PDA ou mesmo um celular para a coleta de dados de consumo e que periodicamente poderia enviar os dados para a central através de comunicação GPRS. Ainda, com o uso da *Scatternet*, é possível concentrar os dados de uma região em um módulo de telefone celular dotado de bluetooth e da mesma forma enviar os dados para a empresa por GPRS. Dessa forma não é necessário qualquer tipo de infraestrutura, sem custos de instalação ou manutenção principalmente no momento de expansão de rede de consumidores.

Ainda, o uso de redes *Scatternet*, e redes *AdHoc*, deixam margem a grande variedade e flexibilidade de soluções, como por exemplo o uso em condomínio cuja solução *wireless* elimina a necessidade de entrar na área do condomínio muitas vezes feita com dificuldade devido aos sistemas de segurança.

Os medidores com *Bluetooth*® também podem receber comandos provenientes do sistema de controle da empresa. Torna-se possível intervir no medidor ou passar ao consumir com algum tipo informação. Por exemplo, o medidor pode incorporar um relé na linha de alimentação do consumidor. Assim em caso de atraso com o pagamento da tarifa de energia, o sistema pode desligar o fornecimento de energia elétrica do consumidor. Com este mesmo sistema é possível disponibilizar serviço de fornecimento de energia com tarifação pré-paga. O cliente para por um serviço de telefone, como ocorre hoje com o serviço de celular pré-pago, e o sistema comanda o medidor remotamente.

Assim, a solução *Bluetooth*® dá margem a inúmeras possibilidades de aplicação podendo sustentar o desenvolver de novos serviços e otimização de processo existentes, com liberdade para a imaginação.