



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE MÓDULOS DE SENSORIAMENTO REMOTO UTILIZANDO TRANSCÉPTORES TRF-2.4G E PROTOCOLO MODBUS¹

Julian Cezar Giacomini², Manuel M. P. Reibold³, Mauricio de Campos⁴.

¹ Projeto de pesquisa desenvolvido no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, pertencente ao Grupo de Automação Industrial e Controle.

² Bolsista PIBIC/CNPq e Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica da Unijuí

³ Professor do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí

⁴ Professor do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí

Resumo:

A comunicação sem fio aliada a sensores específicos contribui no monitoramento de grandezas em subestações de distribuição de energia elétrica, entre outros ambientes. A automação de tais subestações é consequência do avanço da tecnologia e da exigência por padrões de qualidade. O objetivo deste trabalho é analisar o desempenho de módulos de sensoriamento remoto utilizando transceptores TRF-2.4G e protocolo Modbus, com o intuito de futuramente instalá-los em subestações para a detecção de falhas em equipamentos. Foram implementados dois módulos de comunicação (mestre e escravo) que utilizam como componentes principais um microcontrolador e um transceptor. Um software foi desenvolvido no computador para a recepção dos dados do módulo mestre e para analisar quantitativamente o canal de comunicação. O sistema teve funcionamento satisfatório, se mostrando robusto e prático. Os testes realizados definiram a melhor configuração de funcionamento dos transceptores, além de verificar o desempenho da rede de sensoriamento frente a diferentes condições de operação.

Palavras-chave: Redes de Sensores Sem Fio; Comunicação Sem Fio; Monitoramento de Grandezas.

Introdução:

Com o crescente avanço tecnológico é visível a tendência da utilização da comunicação sem fio pelos equipamentos eletrônicos e pelos sistemas a que estes pertencem. Este canal de comunicação, também designado comunicação wireless (sem fio), consiste de um sistema ou dispositivo onde os sinais são transmitidos através de ondas eletromagnéticas que se propagam no espaço, dispensando o uso de um meio físico de transporte da informação.

A transmissão sem fio é uma alternativa interessante em muitas aplicações, pois dispensa a necessidade de fios ou cabos no transporte de dados, reduzindo custos. São diversas as vantagens da eliminação dos meios físicos de comunicação entre dispositivos



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

eletrônicos, entre elas: redução de custos de implantação de sistemas, redução de custos de manutenção, aumento da disponibilidade de espaço físico, entre outras.

Dentre as inúmeras aplicações dos sistemas wireless destaca-se o monitoramento de subestações de distribuição de energia elétrica. Como o fornecimento de energia elétrica por parte das concessionárias deve apresentar padrões de qualidade e segurança, é necessária a utilização de sistemas de supervisão que forneçam dados confiáveis relativos às grandezas presentes no sistema (tensão, corrente, temperatura, etc.). Com isso, a comunicação sem fio juntamente com sensores específicos, pode ser aplicada no monitoramento dos equipamentos presentes na subestação e conseqüentemente no envio dos dados para as centrais de controle. A interconexão destes sensores através da comunicação sem fio cria um novo conceito de redes chamado Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) (LOUREIRO, et al., 2003). As RSSF têm por objetivo executar tarefas de sensoriamento em grandes áreas, especialmente aquelas de difícil acesso ou mesmo inóspitas. Para a execução de uma RSSF é imprescindível a utilização de radiotransmissores para realizar a transferência remota dos dados.

Juntamente com a evolução da eletrônica, os dispositivos de comunicação sem fio se tornaram cada vez mais sofisticados, impulsionados por novas técnicas de modulação digital. Dentre os mais utilizados atualmente encontram-se os módulos transceptores, que são dispositivos eletrônicos integrados que combinam um transmissor e um receptor num único módulo. Estes se caracterizam por transmitir dados numa faixa de frequência que vai de cerca de 200MHz a 3GHz, com alcances que variam de 100m até 1Km, utilizando geralmente modulação digital.

Para tanto, o objetivo deste trabalho é investigar a utilização de módulos transceptores em redes de sensores sem fio objetivando futuramente instalá-los em subestações de distribuição de energia elétrica a fim de auxiliar na detecção de falhas em equipamentos. Esta pesquisa se concentrou especificamente no estudo e utilização do transceptor TRF-2.4G, juntamente com o protocolo de comunicação Modbus. Para avaliação do desempenho do transceptor e do referido protocolo foram implementados dois módulos de comunicação sem fio. Estes dois módulos (mestre e escravo) realizam o sensoriamento remoto de grandezas analógicas e digitais com o auxílio de microcontroladores. Por fim, os dados obtidos do sensoriamento são recebidos, tratados e armazenados num PC (Personal Computer) através de um software desenvolvido especialmente para esta aplicação. Com o auxílio deste software foram realizados testes na transmissão dos dados para a verificação do desempenho dos módulos.

Metodologia:

O sistema de transcepção proposto objetiva testar duas plataformas de comunicação sem fio: um módulo transmissor (escravo) e um módulo receptor (mestre). Estas visam verificar o desempenho do módulo TRF-2.4G na transferência remota de dados de sensores.

O TRF-2.4G é um transceptor integrado fabricado pela empresa Laipac e se caracteriza por operar em uma frequência de 2,4GHz e por possuir uma antena integrada (LAIPAC TECHNOLOGIES, 20--?). É utilizado em sistemas de alarme e segurança, automação





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

residencial, telemetria, comunicação de dados, entre outros. Possui 125 canais disponíveis com espaçamento de 1MHz cada, selecionáveis através de comandos específicos enviados para o módulo. Também é possível selecionar a taxa de transmissão dos dados (1Mbps ou 250Kbps), a potência de transmissão (0dBm, -5dBm, -10dBm ou -20dBm), entre outras configurações. Tanto o módulo mestre quanto o módulo escravo possuem um transceptor acoplado.

O módulo mestre utiliza um microcontrolador PIC16F628A. Este microcontrolador possui incorporado o hardware USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter), o qual permite efetuar a comunicação RS232 com o PC. A comunicação serial possui boa imunidade a ruídos e apresenta reduzida utilização de fios se comparada à comunicação paralela (PEREIRA, 2003). A porta serial é também chamada de RS232 (do inglês, Recommended Standard 232 – Padrão Recomendado 232), que se constitui numa padronização criada nos anos 60 com o objetivo de estabelecer uma interface comum para comunicação entre equipamentos (CANZIAN, 200-?). A alimentação do módulo de recepção é feita através da porta USB (Universal Serial Bus).

Quanto ao módulo escravo, utiliza o microcontrolador PIC16F877A, o qual possui um conversor A/D com resolução máxima de até dez bits e oito canais analógicos de entrada multiplexados via programação. Este módulo é o responsável por efetuar o sensoriamento das grandezas analógicas e digitais que por ventura necessitem ser monitoradas. Para tal, seis entradas analógicas do microcontrolador são utilizadas além de uma entrada digital de oito bits. O módulo escravo é alimentado a partir de baterias.

O protocolo utilizado para a transferência dos dados é o Modbus. É um protocolo serial do tipo mestre-escravo e define uma estrutura de mensagens de comunicação utilizadas para transferir dados analógicos e discretos entre dispositivos microprocessados com detecção e informação de erros de transmissão (MODBUS.ORG, 2002). O sistema de comunicação mestre-escravo é composto por um nó mestre que tem a função de enviar comandos para os nós escravos, que por sua vez, respondem a requisição do mestre. O protocolo Modbus é uma alternativa interessante do ponto de vista desta aplicação, pois a estrutura mestre-escravo é semelhante a uma topologia de RSSF, onde o mestre requisita aos demais escravos (sensores inteligentes) os dados do sistema por eles monitorado.

Para receber os dados do sistema de sensoriamento e efetuar a análise quantitativa da transferência de dados foi desenvolvido um software específico para esta aplicação. As funções principais que este executa estão: recebimento dos dados do microcontrolador, armazenamento destes em um arquivo de texto e demonstração dos mesmos instantaneamente e através de gráficos dinâmicos em função do tempo. Uma função adicional deste software é a análise estatística dos dados recebidos, a qual permite obter a quantidade de pacotes inválidos ou perdidos durante a transmissão em forma de um gráfico.

Resultados e Discussão:

A implementação prática dos módulos de transmissão e recepção se deu inicialmente em protoboard (placa de testes) para a verificação do seu funcionamento. Após a conclusão



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

desta etapa se passou para a confecção das placas de circuito impresso. As dimensões físicas do módulo mestre são 6,3x11x2cm, enquanto que as do módulo escravo são 7,2x11x2cm. Ambas as placas podem ter suas dimensões diminuídas se forem utilizados componentes com encapsulamento SMD (Semi Metallic Disc).

Para a análise do desempenho dos transceptores e do protocolo Modbus foram realizados testes na transferência de dados para diferentes condições de operação. O objetivo destes testes é analisar a quantidade de pacotes perdidos durante um processo de transferência de dados entre os módulos. Um pacote perdido é definido como sendo uma requisição do módulo mestre que ao ser retornada pelo escravo gera um erro de checagem do CRC (Cyclic Redundancy Checked). A fonte deste erro pode ser ocasionada por influências externas, como interferências eletromagnéticas ou até mesmo por eventuais anomalias no circuito. Frente aos resultados pode-se determinar o melhor modo de operação dos transceptores em questão.

Portanto, para a realização de tais testes o módulo mestre foi conectado ao PC por meio da porta serial e o módulo escravo foi posto a monitorar suas seis entradas analógicas e sua entrada digital, simulando desta forma o monitoramento de uma série de sensores. A transferência dos dados foi realizada sob “vista livre”, ou seja, sem a existência de obstáculos entre o módulo mestre e o módulo escravo. Os testes foram efetuados para cinco diferentes distâncias: 20m, 40m, 60m, 80m e 100m. Para cada uma destas distâncias variou-se também a taxa de transmissão dos dados nos dois valores disponíveis para seleção: 1Mbps e 250Kbps. É importante salientar que esta taxa é referente a velocidade da transferência de dados no ar e não na taxa de transferência dos dados do microcontrolador para o transceptor. E inclusive, para cada uma destas taxas foi variado a potência de transmissão dos transceptores, também em dois valores: 0dBm (1mW) e -10dBm (0,1mW). A potência de 0dBm representa a potência máxima selecionável para o TRF-2.4G. A folha de dados do referido transceptor afirma que eventualmente a potência de saída do sinal emitido pode chegar a cerca de 4dBm (2,5mW).

Para facilitar e padronizar as medições, foi definido um número fixo de 100 requisições efetuadas pelo módulo mestre. Com base neste número de requisições foi analisado a quantidade de pacotes recebidos com sucesso e os pacotes perdidos. O mestre requisita uma leitura de cada entrada analógica/digital do módulo escravo por vez. Se por ventura o módulo mestre requisitar uma determinada entrada e a resposta retornada pelo escravo gerar um erro (perda de pacote), o módulo mestre efetua no máximo mais duas requisições para obter sucesso na transferência. Se houver a perda sucessiva de três pacotes de uma mesma entrada, o módulo mestre passa para a requisição da próxima entrada analógica ou digital.

Para cada situação distinta de distância, taxa de transmissão e potência, foram realizados três processos de transferência de dados com 100 requisições cada. Por fim, foi feita a média dos pacotes perdidos nos três experimentos para cada situação.

Iniciou-se os testes com uma taxa de 1Mbps. Neste caso, como era de se esperar, a perda de pacotes é acentuada no modo de transmissão com potência reduzida (-10dBm), onde inclusive o transceptor não foi capaz de iniciar a transferência dos dados quando a distância



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

foi aumentada para 100m. Isto caracterizou a perda de 100% dos pacotes requisitados, pois não houve início da transmissão. Quanto a operação no modo de 0dBm e 1Mbps, o sistema se mostrou mais eficiente em comparação com o de -10dBm e 1Mbps.

Posteriormente foram realizados testes para uma taxa de transmissão de 250Kbps. Para as distâncias de 20m e 40m não houve diferença de desempenho para as duas potências testadas, onde inclusive o processo de transmissão se mostrou bastante eficiente, validando com sucesso 100% dos dados. Porém, com o aumento da distância, a perda de pacotes foi mais acentuada no modo de -10dBm, o que também era esperado. Como no caso anterior, o modo de 0dBm se mostrou mais eficiente, perdendo menos pacotes.

Através dos testes apresentados pode-se concluir que os transceptores apresentam melhor desempenho operando com potência de transmissão máxima (0dBm), independentemente da velocidade do canal de comunicação.

Porém, com o objetivo de avaliar a melhor taxa de transmissão dos dados, foi realizada a comparação da perda de pacotes para as duas taxas disponíveis, 1Mbps e 250Kbps. Logo, o melhor desempenho ocorreu para a taxa reduzida de 250Kbps, onde a perda de pacotes foi bem menos significativa. Isto permite afirmar que os transceptores se comportam de maneira mais confiável e robusta para uma taxa de 250Kbps e para uma potência de transmissão de 0dBm. Esta conclusão também valida a informação disponibilizada pela folha de dados do TRF-2.4G, a qual afirma que o maior alcance de transmissão é obtido à taxa de 250Kbps.

Com relação ao consumo de corrente, ambas as placas apresentaram corrente nominal de operação de cerca de 40mA, independentemente das configurações dos transceptores.

Logo, através dos testes realizados foi possível verificar o correto funcionamento dos módulos mestre e escravo e também do software desenvolvido. Este último se mostrou de grande auxílio na análise do desempenho do sistema de comunicação, além de proporcionar um meio de visualização dos dados recebidos.

Conclusões:

Neste trabalho está representado o desenvolvimento de dois módulos de comunicação destinados a realizar o sensoriamento remoto de grandezas analógicas e digitais. Com o auxílio destes módulos é possível analisar o desempenho dos transceptores TRF-2.4G frente a condições específicas de operação e fazendo o uso do protocolo Modbus.

O protocolo Modbus, por sua vez, se mostra bastante prático e eficiente, uma vez que a estrutura de comunicação mestre-escravo torna o canal de comunicação menos susceptível a erros de sincronismo. Embora apenas dois módulos estejam desenvolvidos, nada impede que se tenham diversos dispositivos mestres e escravos interligados, configurando uma rede de sensores mais ampla. A utilização de estações repetidoras também pode ser realizada se por ventura grandes distâncias estiverem envolvidas na transferência de dados.

O software funciona de forma satisfatória, proporcionando meios de se avaliar quantitativamente a transferência dos dados entre os módulos. Além disso, sua interface de



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

visualização dos dados é de grande importância, pois pode ser útil em diversas outras aplicações de monitoramento.

O transceptor TRF-2.4G apresenta bons resultados, se caracterizando por possuir uma interface simples com o microcontrolador e ser de fácil manuseio. Através dos testes na transferência de dados conclui-se que a configuração mais robusta e confiável é a que utiliza a taxa de 250Kbps e a potência de saída de 0dBm. Dependendo da aplicação, se a velocidade for um fator determinante, pode-se utilizar os transceptores a 1Mbps. Porém, em troca do aumento da velocidade perde-se uma parcela de alcance e conseqüentemente de confiabilidade, caracterizados pelo aumento da perda de pacotes. Vale salientar que a qualidade da transferência de dados de um sistema sem fio depende também fortemente das condições climáticas e das interferências presentes no ambiente.

Como trabalho futuro é proposto a realização de testes nos módulos desenvolvidos sob o ambiente de uma subestação de distribuição de energia elétrica. Estes testes objetivam analisar o desempenho dos transceptores frente a interferências eletromagnéticas acentuadas, que com certeza estão presentes numa subestação.

Agradecimentos:

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo incentivo financeiro recebido.

Referências:

- LOUREIRO, A. A. F. et al. Redes de Sensores Sem Fio. Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC), Natal, 2003.
- LAIPAC TECHNOLOGIES. Datasheet TRF-2.4G, 20--? Disponível em: <http://www.laipac.com/pdf/TRF2_4Gdatasheet.pdf>. Acesso em: 10 Janeiro 2011.
- PEREIRA, F. Microcontroladores PIC: Programação em C. 3ª. ed. São Paulo: Érica, 2003.
- CANZIAN, E. Comunicação Serial - RS232, 200-? Disponível em: <www.verlab.dcc.ufmg.br/_media/cursos/introrobotica/2009-2/comunicacao_serial.pdf>. Acesso em: 14 Julho 2010.
- MODBUS.ORG. MODBUS overs Serial Line, Specification and Implementation guide V1.0, 2002. Disponível em <http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1.pdf>. Acesso em: 12 Janeiro 2011.