



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA HÍBRIDO BASEADO NO CONCEITO DE MÓDULOS SENSORES INTELIGENTES EMPREGADO NO MONITORAMENTO DE AMBIENTES¹

Rafael Wuttig², Felipe Alex Trennepohl³, Julian Cezar Giacomini⁴, Maurício De Campos⁵, Paulo S. Sausen⁶, Airam T. R. Z. Sausen⁷.

¹ Projeto desenvolvido pelo Grupo de Automação Industrial e Controle do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI.

² Bolsista PROBITI, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijui

³ Bolsista PIBIT, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijui

⁴ Bolsista de P&D, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijui.

⁵ Professor do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias.

⁶ Professor do Curso de Ciência da Computação do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias.

⁷ Professora do Curso de Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias.

RESUMO

O monitoramento e diagnóstico de sistemas mostra-se de grande importância, visto que promove a redução de falhas além do aumento da confiabilidade destes sistemas. Desta forma, a utilização de sensores inteligentes, os quais aliam unidades de aquisição, processamento e transmissão de dados, possibilitam a implementação de redes de alto desempenho e confiabilidade elevada para aplicação no monitoramento de diversos ambientes. O sistema é composto por diversos nós sensores conectados a uma rede, sendo esta rede gerenciada por um nó central. Este nó central é chamado de Gateway, responsável por requisitar as informações dos nós sensores. A comunicação entre os módulos é realizada prioritariamente com o uso do enlace sem fio, sendo o enlace físico um meio redundante. Os resultados demonstram a operação da rede com diversos nós sensores em ambiente laboratorial, onde não houve perdas significativas de dados.

As necessidades de monitoramento e diagnóstico de processos aliadas aos avanços dos sistemas de comunicação e da eletrônica, permitiram a concepção das redes de sensores sem fio (RSSF). A tecnologia aplicada a estes sensores e as redes de comunicação permitiu ainda a evolução destes sistemas, sendo denominados de redes de sensores inteligentes. Desta forma, os sensores não somente coletam os dados, como realizam certo processamento local e efetuando a transmissão quando necessário. Este tipo de rede permite um acompanhamento mais efetivo do sistema e uma melhor detecção de falhas, melhorando assim a sua confiabilidade e manutenção [1].

A concepção de redes de sensores inteligentes mostra-se desafiadora, uma vez que esta deve operar de modo confiável em qualquer ambiente, inclusive onde a presença de interferências é constante, as quais podem reduzir o seu desempenho ou ainda torná-la inoperante. Nestes casos, redes híbridas, que



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

combinam sistemas sem fio com estruturas cabeadas, podem ser soluções mais adequadas [2]. As estruturas híbridas permitem ainda um melhor gerenciamento de energia destas redes, uma vez que em alguns casos o nó sensor pode ser instalado em locais de difícil ou nenhum acesso. Assim a conexão física pode ser utilizada como meio redundante no sistema de comunicação.

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema híbrido de monitoramento e diagnóstico, a um custo reduzido, empregado no monitoramento de grandezas em diversos ambientes. O sistema é constituído por Módulos Sensores Inteligentes (MSI's) operando em conjunto em uma rede híbrida de comunicação composta por um enlace físico e um enlace sem fios, sendo gerenciada por um nó central denominado Gateway. Este sistema pode ser empregado, no monitoramento de subestações distribuição, parques industriais ou em locais onde haja a necessidade de confiabilidade na aquisição e transferência dos dados.

O sistema desenvolvido (Figura 1) tem como base o conceito de sensores inteligentes. Os módulos sensores inteligentes possuem capacidade para realizar a leitura de até quatro grandezas, sendo duas analógicas e duas digitais, onde a comunicação é realizada através de uma rede sem fio e/ou uma rede física. Os dados monitorados nos módulos sensores são concentrados em um Gateway, o qual é responsável por gerenciar o tráfego de dados na rede. Os dados podem trafegar tanto via rede sem fio como pela rede física CAN (Controller Area Network), onde são conectados em paralelo.

A operação do sistema inicia-se com a requisição dos dados para os MSIs a partir do nó Gateway, onde este aguarda a resposta durante um tempo pré-determinado. Cada MSI interpreta a requisição recebida e efetua a aquisição das grandezas (analógica e digital). Após a aquisição, o MSI monta o pacote e o transmite para o Gateway, onde utiliza o mesmo meio pelo qual foi realizada a requisição. Os dados, prioritariamente, trafegam pela rede sem fio. A rede CAN é utilizada como meio redundante de modo a validar as informações caso ocorra uma falha na rede sem fios. O módulo Gateway possui uma interface RS-232 utilizada para conexão com o sistema de Controle Supervisório, onde são exibidos os dados de aquisição dos MSIs.



Sistema de monitoramento.

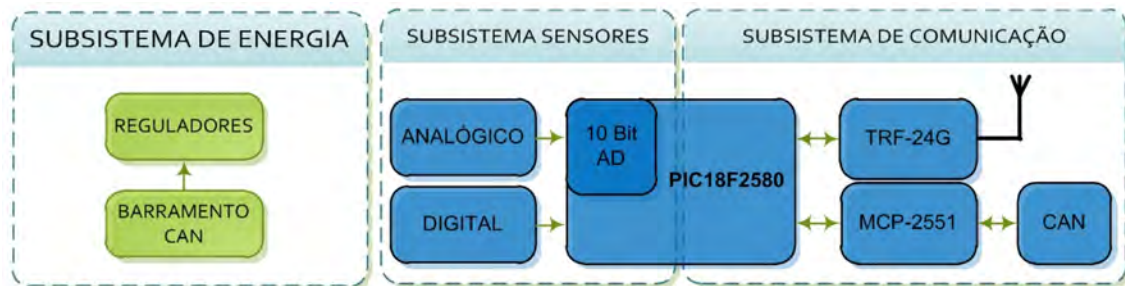
Os blocos básicos de um módulo MSI é dividido em três subsistemas: energia, sensores e comunicação conforme mostra a Figura 2. O sistema de controle de um MSI é realizado por um microcontrolador PIC18F2580 da Microchip Technology, escolhido por possuir um módulo CAN embarcado, além um



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

oscilador interno de alta velocidade e número portas de entrada e saída para o controle do transceptor sem fio.



Arquitetura do MSI.

O subsistema de energia constitui o sistema de alimentação dos MSIs, realizado através do barramento CAN. Os níveis de tensão do barramento CAN (12 V) são adaptados com o auxílio de reguladores lineares de +5 V e +3,3 V. O barramento de 5 V é utilizado para alimentação do microcontrolador, sistemas de comunicação física e sensores. O barramento de 3.3 V é empregado na alimentação do transceptor sem fio.

O subsistema sensores é constituído de duas entradas analógicas e duas digitais. As entradas analógicas são condicionadas a receber sinais na faixa de 4 mA a 20 mA ou 0 V a +5 V. As entradas digitais operam com valores de 0 V a +5 V. Caso o sensor conectado ao MSI necessite de alimentação, esta é disponibilizada juntamente com o conector de sinal.

O subsistema de comunicação é responsável pela troca de dados entre os MSIs e o módulo Gateway, constituindo o sistema híbrido. A comunicação sem fio emprega o módulo TRF-24G, o qual utiliza o transceiver nRF2401A e opera na faixa de frequência de 2,4 GHz utilizando modulação GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying). Possui antena integrada o que possibilita a redução das dimensões físicas do módulo sensor, além de ter alcance máximo de 250 metros.

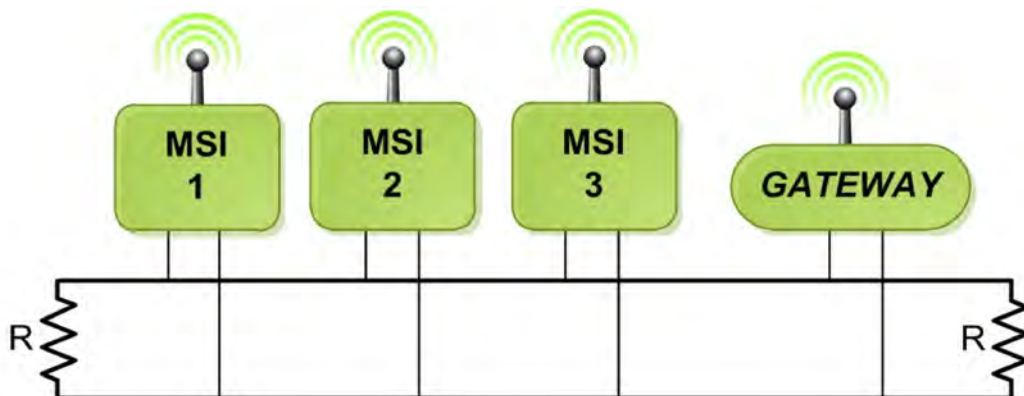
A rede física utiliza o módulo ECAN (Enhanced Controller Area Network) do microcontrolador. Para a inserção dos módulos ao barramento CAN, se faz o uso de um transceptor MCP-2551, o qual atende determinadas especificações técnicas referentes à norma ISO11898-2. Esta norma especifica padrões referentes à camada física do protocolo CAN, sendo um deles a utilização de um dispositivo transceptor que faça a interface entre o nó sensor e o barramento, permitindo com que certas condições elétricas previstas na norma sejam atendidas. Dentre estas condições destacam-se a proteção contra curtos-circuitos, níveis de tensão, entre outras [3].

A estrutura física do barramento CAN é composta de dois condutores para comunicação de dados, tornando o projeto simples e barato. Esta configuração permite a conexão de diversos nós sensores ao mesmo barramento, conforme visto na Figura 3. Atualmente, a rede CAN é largamente empregada na indústria de automação, aplicações médicas, automação residencial e automotiva devido aos baixos custos, implementação facilitada e confiabilidade de comunicação.



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica



Conexão dos módulos ao barramento CAN.

O módulo Gateway é constituído essencialmente pelos mesmos componentes do MSI. A diferença fica cargo de um sistema de comunicação serial RS-232 o qual realiza a interface com o sistema de controle supervisorio. A comunicação entre o Gateway e cada MSIs é realizada através protocolo MODBUS, caracterizado por operar sob a lógica mestre-escravo. Este protocolo se localiza no 7º nível do Modelo de Referência OSI (Open Systems Interconnection), que corresponde à camada de aplicação que provê comunicação do tipo “cliente/servidor” entre dispositivos conectados a diferentes tipos de barramentos ou topologias de rede [4].

O nó Gateway possui ainda uma função de verificação constante para novos MSIs que possam ser conectados ao barramento. Desta forma cada MSI possui um endereço próprio, que é designado pelo Gateway no momento de sua identificação na rede. Mesmo após a desenergização da rede, cada MSI permanece com seu endereço, pois este é armazenado na memória EEPROM. Da mesma forma, o Gateway possui uma lista dos MSIs existentes na rede, o qual também é gravado em sua memória EEPROM.

Os módulos que compõem a rede híbrida foram construídos em placas de circuito impresso com o uso da tecnologia SMD (Surface-Mount Device). Esta tecnologia permite a redução dos componentes de um circuito e desta forma, possibilita a construção de dispositivos compactos. Os módulos MSI e Gateway são demonstrados na Figura 4 e Figura 5 respectivamente.

SALÃO DO CONHECIMENTO

XX Seminário de Iniciação Científica
XVII Jornada de Pesquisa
XIII Jornada de Extensão

II Mostra de Iniciação Científica Júnior
II Seminário de Inovação e Tecnologia

2012



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica



MSI implementado.



Gateway implementado.



Para uma VIDA de CONQUISTAS



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

Os nós sensores foram testados em ambiente laboratorial, sendo implementada uma rede composta por dois MSIs e um módulo Gateway. Como sistema de controle supervisório, foi utilizado um computador pessoal conectado ao Gateway através da porta serial. Os dados recebidos pelo módulo Gateway são exibidos no computador com o auxílio do HyperTerminal, conforme mostra a Figura 6. Os dados exibidos pelo HyperTerminal demonstram o estado das grandezas monitoradas nos MSIs além de indicar informações auxiliares como os pacotes recebidos e os erros ocorridos na transferência dos dados. Em meio aos pacotes requisitados pelo nó Gateway, este verifica continuamente a existência de um novo MSI na rede, endereçando-o caso este esteja presente.

De modo a verificar o desempenho do enlace sem fio, foram realizados testes em ambiente sem obstáculos para diferentes distâncias e velocidades de transmissão, sendo os resultados demonstrados na Figura 7. Utilizando a potência máxima de transmissão (0 dBm), verifica-se que a perda de pacotes é menor quando o transceptor é configurado para operar na velocidade de 250 kbps, aumentando conforme a distância entre o nó Gateway e o MSI. É importante destacar que a rede híbrida operou com perdas nulas de pacotes, uma vez que a rede CAN retransmitiu os pacotes que apresentaram erros na transmissão sem fio.

```
MSI 1:  
Analogica 1: 765  
Analogica 2: 123  
Sensor digital 1: ON  
Sensor digital 2: OFF  
  
MSI 2:  
Analogica 1: 1023  
Analogica 2: 12  
Sensor digital 1: OFF  
Sensor digital 2: ON  
  
Erros CAN: 0  
Erros Wireless: 1  
Total de dados recebidos com sucesso: 157  
Dados recebidos pela CAN: 14  
  
Procurando MSI...3_
```

Dados demonstrados no HyperTerminal.

SALÃO DO CONHECIMENTO

XX Seminário de Iniciação Científica
XVII Jornada de Pesquisa
XIII Jornada de Extensão

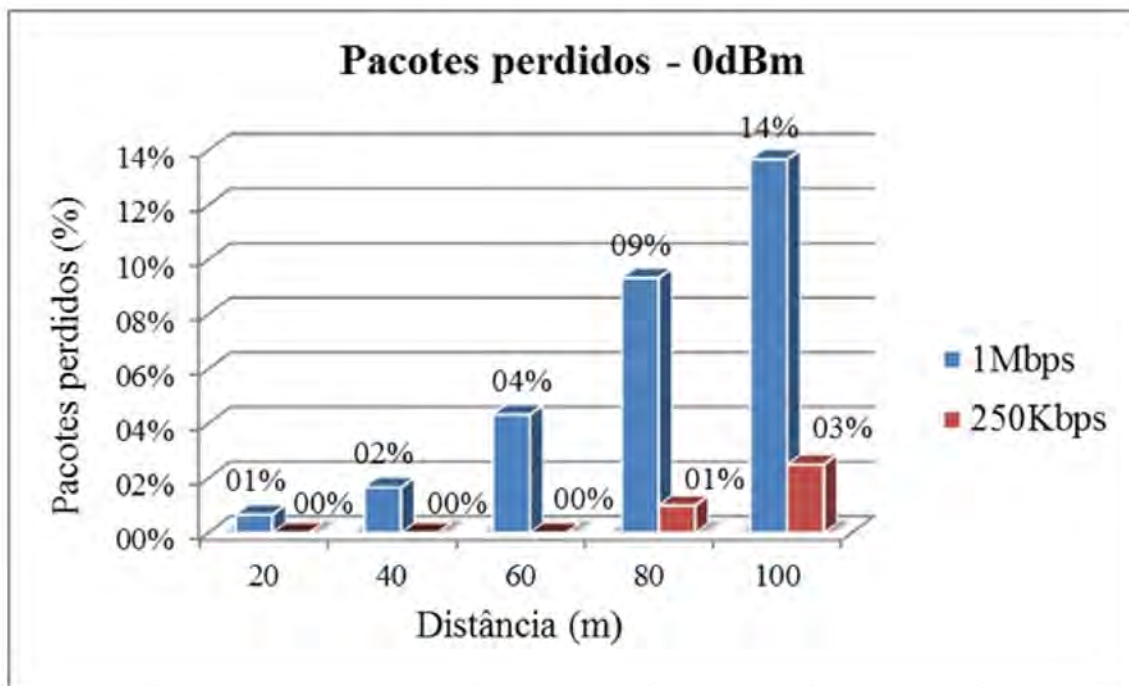
II Mostra de Iniciação Científica Júnior
II Seminário de Inovação e Tecnologia

2012



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica



Desempenho do transceptor TRF-24G.

Este artigo apresentou um sistema de monitoramento baseado no conceito de sensores inteligentes. Os avanços nos sistemas eletrônicos embarcados, combinados com sistemas de comunicação e processamento, além do alto grau de integração, permite o desenvolvimento de dispositivos de alto desempenho para aplicações de monitoramento em diversos ambientes. O emprego de um sistema híbrido mostrou-se eficaz uma vez que eventuais falhas ocorridas na comunicação sem fio são validadas pelo enlace físico, o qual não apresentou erros.

Os autores agradecem o apoio da Companhia Estadual de Energia Elétrica – CEEE – D, ao programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL, a UNIJUI, UFPB e UFCG, e ao auxílio financeiro concedido pela FAPERGS e CNPq.

[1] Salvadori, F.; Campos, M. de; Sausen, P. S.; Camargo, R. F. de; Gehrke, C.; Rech, C.; Spohn, M. A. and Oliveira, A. C. (2009). Monitoring in Industrial Systems Using Wireless Sensor Network With Dynamic Power Management. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 58, No. 9, pp. 3104- 3111.

[2] Sharma, G.; Mazumdar, R. R. (2008). A case for hybrid sensor networks. IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 16 Issue 5, pp. 1121-1131. October 2008.



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

[3] Richards, P. (2002) AN228 - A CAN Physical Layer Discussion. Microchip Technology Inc.

[4] MODBUS. ORG. (2002). MODBUS over Serial Line Specification e Implementation guide. V1.0.