

SISTEMA WIRELESS HOSPITALAR PARA MONITORAMENTO SIMULTÂNEO DE SINAIS VITAIS DE MÚLTIPLOS PACIENTES

G. Botura Jr. *, M. A. Marques*, M. A. Lemos*, E. Martins*, P. H. Mendonça*

*Universidade Estadual Paulista - UNESP, Sorocaba, Brasil
e-mail: galdenoro@gmail.com

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento e implementação de um sistema hospitalar sem fio e de baixo custo para monitoramento dos sinais vitais de diversos pacientes localizados em locais distintos, simultaneamente a partir de uma central. Este sistema faz uso do conceito conhecido como instrumentação virtual, onde um computador, uma placa de aquisição de dados e um programa dedicado, desenvolvido para realizar a interface com o operador e a comunicação com dispositivos externos, transformam o computador em um instrumento de atuação e medição. Um protótipo foi implementado e avaliado a partir de testes com sinais vitais simulados. Apesar dos resultados não terem sido obtidos em um ambiente hospitalar, demonstraram ser possível uma única pessoa monitorar as condições clínicas de diversos pacientes concomitantemente.

Palavras-chave: Monitoramento Hospitalar, Instrumentação Virtual, Sistema *Wireless*.

Abstract: *This paper presents the development and implementation of a low-cost wireless hospital system for monitoring from a central, vital signs of patients located in many different places simultaneously. This system adopts the concept of as virtual instrumentation in which a computer, a data acquisition board and a custom program developed to perform the operator interface and communication with external devices, turn your computer into an instrument of action and measurement. A prototype was implemented and evaluated from tests with simulated vital signs. Although the results were not obtained in a hospital environment, these showed a possibility of monitoring the clinical condition of many patients by a single person, concomitantly.*

Keywords: *Monitoring Hospital, Virtual Instrumentation, Wireless System.*

Introdução

Medicina a distância, ou telemedicina, sempre esteve estritamente ligado ao aparecimento da informática médica e aos avanços tecnológicos. Registros mostram, já em 1897, a integração de informações médicas com o telefone para auxílio ao diagnóstico. Um dos primeiros registros do uso da telemedicina no Brasil é de 1980, e foram realizados pelo UniCor e Hospital do Coração para monitoramento de eletrocardiogramas (ECG) do quarto de pacientes para Unidades Coronarianas [1].

Em 1995, pesquisadores do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia e Ciências

da Vida e a Universidade de Tsinghua, em Pequim, China, desenvolveram um sistema de monitoramento domiciliar de ECG e pressão sanguínea que enviava os sinais através de uma rede de telefonia. O objetivo era fornecer ao paciente o conforto do domicílio, juntamente com os cuidados médicos de um hospital. Os sinais eram captados por sensores portáteis conectados ao paciente, transmitidos sem fio para um computador IBM e enviados pela rede de telefonia, através de um modem, até a central do hospital [2]. Em 2005, pesquisadores do Departamento de Eletrônica da Universidade de Malaga na Espanha, do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da CITIC (Centro Andaluz de Inovação e Tecnologias de Informação e Comunicação) e da IMABIS (Instituto Mediterrâneo para o Avanço da Biomedicina e Investigação Biosanitária), em parceria com o Complexo Hospitalar Carlos Haya, desenvolveram e implementaram uma nova tecnologia sem fio de sinais de eletrocardiogramas multicanal baseado no protocolo IEEE 802, permitindo monitoramentos sem fio para pacientes e inserindo a informação na rede TCP/IP do Hospital. Isto tornou possível a integração de diversos dispositivos sem fio permitindo a substituição dos grandes monitores tradicionais com fios e possibilitando o envio de sinais biomédicos para outros dispositivos como computadores, PDAs (*Personal Digital Assistant*) e monitores [3]. Em 2008, pesquisadores do Departamento de Engenharia Eletrônica da Universidade de Fudan, em Shanghai na China, desenvolveram um sistema de monitoramento remoto em tempo real para pacientes que se encontram fora do hospital. O projeto consistia na fabricação de um dispositivo portátil que monitorava o eletrocardiograma do paciente e o enviava para uma central de monitoramento implementada em um hospital. O sistema de monitoramento contínuo e em tempo real era capaz de monitorar o ECG de múltiplos pacientes, através da rede de telefonia celular (GPRS), e suas localizações fora do hospital, através do sistema de posicionamento global (GPS), via satélite, fazendo diagnósticos em tempo real e enviando todos os dados para a central [4].

Diversos outros sistemas foram relatados na literatura [5] [6] [7] integrando a medicina, tecnologia e ciência o que tem proporcionado relevantes avanços na área médica, ajudando a salvar vidas, através de meios mais rápidos e eficazes. Este trabalho, com base nesta integração, apresenta o desenvolvimento e a implementação de um sistema capaz de fazer com que os sinais vitais de diversos pacientes, como pressão arterial,

temperatura corpórea, saturação de oxigênio no sangue, batimento cardíaco, eletrocardiogramas, dentre outros, sejam monitorados constantemente e simultaneamente através de uma central, possibilitando que uma única pessoa possa identificar com eficiência e agilidade possíveis variações do estado clínico destes pacientes, de forma segura, com baixo custo, e com a mesma qualidade e desempenho dos equipamentos encontrados atualmente no mercado.

Materiais e Métodos

Considerações Iniciais - O sistema desenvolvido nesse trabalho é dividido em duas partes, sendo uma a central de monitoramento e a outra o conjunto paciente. A central de monitoramento recebe as informações de vários pacientes mostrando, em tempo real e simultaneamente essas informações na tela de um monitor de um computador. Já o conjunto paciente apresenta, em um monitor no quarto do paciente, os seus sinais vitais e, simultaneamente, os envia para a central de monitoramento. A Figura 1 apresenta esta topologia de modo simplificado. Os retângulos mostram a conexão sem fio existente entre o conjunto paciente e a central de monitoramento. Os quadrados e elipses representam o computador com a placa de aquisição de dados e a medição por sensores e o condicionamento dos sinais do paciente, respectivamente.

A arquitetura do sistema é composta, basicamente, de duas partes: *hardware* e *software*.

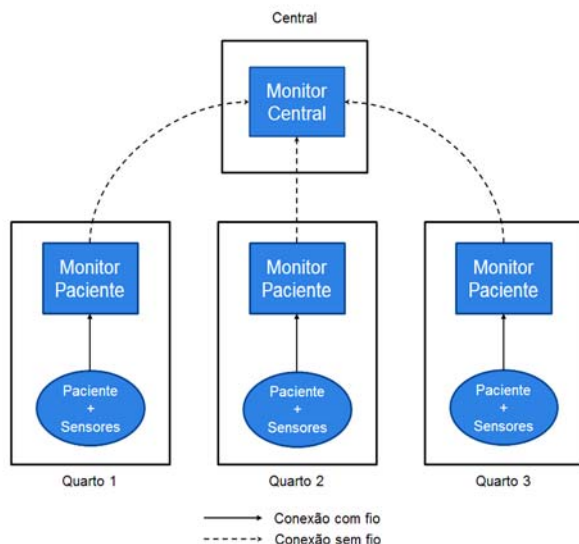


Figura 1: Diagrama simplificado da topologia do sistema.

Hardware – O *hardware* do sistema é constituído por computadores que recebem os sinais dos pacientes monitorados através de placas de aquisição de dados e dos medidores e sensores de sinais vitais. Cada paciente monitorado tem um conjunto de computador/placa/sensores a ele relacionado. Um computador, que fica instalado na central de monitoramento, recebe, via protocolos TCP/IP e WIFI -

802.11g, os sinais provenientes dos diversos pacientes. A tela do computador central apresenta, através da divisão e do compartilhamento da tela, os sinais recebidos dos diversos pacientes monitorados, podendo ser alterada conforme comando de quem estiver na supervisão. A placa de aquisição de dados utilizada no desenvolvimento do sistema foi a NI USB-6009, da *National Instruments*, com 8 entradas analógicas, resolução de 14 bits e taxa de amostragem de 48kS/s; duas saídas analógicas com resolução de 12 bits e 150S/s, além de 12 entradas/saídas digitais em nível TTL. Para a implementação do protótipo foram escolhidos para serem monitorados os sinais vitais referentes a temperatura corporal, pressão arterial, saturação de oxigênio no sangue e batimento cardíaco, além da apresentação, no conjunto paciente, do eletrocardiograma. Estes sinais, gerados por simuladores, foram adquiridos na taxa de amostragem fornecida pela placa de aquisição, uma vez que não necessitam de uma abordagem especial por serem de baixa frequência.

Neste trabalho não estão apresentados os conjuntos de medição dos sinais (sensores/circuitos de condicionamento), uma vez que a proposta é que o sistema seja flexível e possa ser utilizado para processar, enviar e apresentar, tanto na tela do paciente como na central de monitoramento, os mais diversos tipos de sinais vitais, desde que condicionados apropriadamente para serem digitalizados pelos conversores A/D da placa de aquisição de dados do conjunto paciente, não ficando restrito, deste modo, a sistema de medições especialmente projetos para ele.

Software – O programa utilizado para o desenvolvimento da comunicação e das interfaces foi o LabVIEW, também da *National Instruments*. Os sinais, analógicos ou digitais, provenientes dos medidores e sensores são recebidos pelo computador através de placa de aquisição de dados. Este programa, por suas características, possibilita gerar a Interface Homem-Máquina (IHMs) que possibilita a atuação do operador junto aos dispositivos externos ao computador através de uma tela gráfica simples e intuitiva, colhendo dados de inúmeros sensores ou controlando inúmeros dispositivos simultaneamente e em tempo real.

Conjunto Paciente – O conjunto conectado ao paciente se inicializa quando o computador estabelece uma conexão com a central através de uma porta de comunicação e um endereço IP previamente determinados. Uma vez que a conexão se estabelece, o sistema inicia a aquisição de dados dos sinais vitais e imediatamente os compara a valores previamente estabelecidos. Caso algum valor difira dessa faixa, um alarme é disparado. No monitor junto ao paciente, em tempo real, são apresentados seus sinais vitais, assim como seu eletrocardiograma. Todos os sinais são, simultaneamente, armazenados em um banco de dados local e enviados através da rede sem fio para a central de monitoramento. É possível, ainda, visualizar o histórico do paciente através da geração de um relatório, sem interromper a aquisição e o armazenamento de dados. A interface gráfica implementada é apresentada na Figura 2.

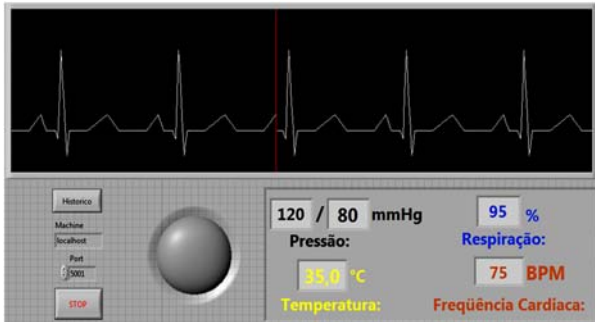


Figura 2: Painel do Monitor do Paciente apresentando os sinais monitorados

Nesta figura observa-se no canto inferior direito os valores dos sinais vitais do paciente, em cores distintas, de modo a se ter uma rápida visão e percepção dos valores adquiridos, e na parte superior o ECG obtido. No canto esquerdo inferior são apresentados os dados de endereço de IP e a porta de comunicação de rede, juntamente com o botão “Histórico” e o botão “STOP” que interrompe o funcionamento do programa.

Central de Monitoramento – A interface da central de monitoramento é apresentada na Figura 3.

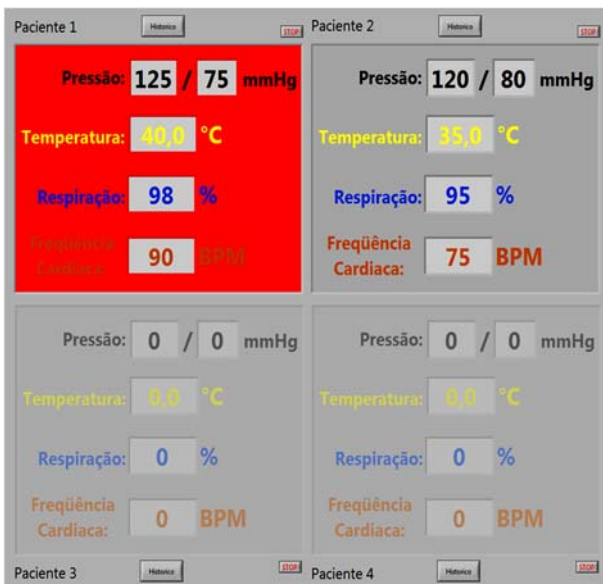


Figura 3: Tela da Central de Monitoramento apresentando dois pacientes conectados.

A central de monitoramento recebe os dados dos vários pacientes conectados a ela, via TCP/IP e rede sem fio, mostrando-os simultaneamente em um monitor. Quando é estabelecida a comunicação com um dos quartos via WIFI, a aplicação gera o código de conexão e começa a ser apresentado no monitor os dados recebidos pela rede. Os sinais recebidos são monitorados pela função de alarme, para que este dispare caso seja detectado algo fora dos padrões. Em um banco de dados junto a central são armazenados os dados recebidos relativos aos sinais vitais, para a geração de relatórios. Quando o paciente é desconectado do sistema, parte da tela relacionada a aquele paciente se modifica, tornando-

se levemente difusa, e a central passa a ficar em estado de espera, pronta para estabelecer uma nova conexão.

Na central existe um botão ‘Histórico’ para cada paciente conectado que, se pressionado, apresenta na tela do monitor, os gráficos dos sinais vitais das últimas horas.

Resultados

Os testes de funcionalidade e desempenho realizados utilizaram valores representativos dos sinais diretamente conectados a placa de aquisição de dados. Os resultados dos testes relativos as interfaces gráficas desenvolvidas, bem como da usabilidade da IHM mostraram que os elementos nelas contidos, tais como botões, recursos de habilitação de elementos gráficos, dentre outros, se apresentaram corretamente e de acordo com o previsto, atuando com precisão e facilidade de manejo. Os testes foram feitos, simulando-se os sinais vitais de dois ou mais pacientes conectados simultaneamente a central. Situações onde um ou mais pacientes apresentavam sinais vitais fora da região considerada normal foram instantaneamente detectadas pelo sistema. A independência dos históricos de cada um dos sinais vitais de cada paciente funcionou corretamente, sem causar atrasos ou mostrar falhas na programação.

A tela representativa do conjunto paciente é apresentada na Figura 2. Nela, pode-se identificar que todos os sensores, placas de aquisição de dados e programa desenvolvido estão funcionando corretamente, com a apresentação dos sinais vitais e do eletrocardiograma, gerados através de simulação, de um suposto paciente conectado ao sistema.

O monitor da central de monitoramento faz a apresentação dos dados com a subdivisão da tela, conforme mostrado na Figura 3. Nesta tela são apresentados os números dos pacientes monitorados no canto superior ou inferior da parte da tela relativa a cada paciente, bem como os valores da temperatura corporal, pressão arterial, índice de oxigênio e batimento cardíaco. Nos testes constatou-se que, conforme estabelecido, toda vez que um paciente estava desconectado a parte da tela relativa a ele ficava desabilitada, apresentando-se ao operador com menos contraste em relação a tela com pacientes conectados, como pode-se ver na Figura 3, na sua meia tela inferior, que apresenta dois pacientes desconectados. Para os casos em que um dos valores excedesse o padrão, a tela modifica a sua cor de modo a chamar atenção, como mostra a parte superior esquerda, onde a temperatura do paciente encontra-se em quarenta graus Celsius. Deste modo, identifica-se que o paciente 1 apresenta problemas (parte superior esquerda), o paciente 2 está em estado normal, e dois pacientes, 3 e 4, estão desconectados.

Durante os testes do sistema constatou-se que não seria possível enviar para a central de monitoramento os sinais adquiridos dos pacientes, de modo sequencial, um de cada vez, como previsto inicialmente. A solução encontrada foi o envio simultâneo dos sinais de todos os pacientes, o que garantiu a eliminação dos erros e mau funcionamento do sistema. O recebimento simultâneo

dos sinais na central faz com que cada conjunto paciente trabalhe de forma independente uns dos outros.

Para o banco de dados gerado no conjunto paciente, que é transferido via rede de dados para o computador da Central, foi utilizado o arquivo de extensão *.dat* por ser um modelo simples de armazenamento em formato de matriz, onde cada coluna é um tipo de sinal vital e as linhas são variações no tempo destes sinais. Esse modelo tem como vantagens o tempo de escrita/leitura mais rápido e menor consumo de espaço de armazenamento.

Conclusão

A proposta inicial foi o desenvolvimento de um sistema de monitoramento hospitalar, intuitivo e de fácil utilização, em que a partir de uma central uma única pessoa pudesse supervisionar múltiplos pacientes em locais diferentes, oferecendo a confiabilidade de um sistema seguro, eficaz e de baixo custo. A arquitetura idealizada se mostrou adequada, uma vez que as vantagens inerentes a transmissão sem fio dos sinais via TCP/IP e WIFI 802.11g, possibilitaram uma alta flexibilidade do sistema, sem os inconvenientes inerentes a um sistema por fiação, que resulta sempre na necessidade de reformas do ambiente onde será instalado.

A possibilidade de personalizar o sistema, em função das necessidades do paciente, é outra evidente vantagem da arquitetura apresentada, uma vez que basta se mudar os tipos e a quantidade de sensores ou medidores para ser modificar a gama de sinais vitais monitorados.

A Interface Homem-Máquina da aplicação desenvolvida atende, também a esta proposta, uma vez que o monitoramento apresentado no monitor da central exibe com fidelidade os sinais obtidos dos pacientes. Além disso, a interface do sistema é bastante intuitiva, facilitando o aprendizado sobre seu manuseio para a equipe médica.

É importante ressaltar que os sinais não são gravados para posterior envio e são apresentados na tela da central de monitoramento com o atraso de tempo inserido pelos sensores, condicionamento do sinal, aquisição, processamento, envio, recebimento e processamento.

As desvantagens do uso de um sistema sem fio para transmissão dos sinais estão, principalmente, relacionadas as interferências eletromagnéticas geradas no ambiente em que se encontra e o alcance do sinal transmitido. Estes fatores poderiam alterar o sinal, ou mesmo impedir que ele chegue a central de monitoramento. A solução proposta é aumentar a potência e o número de roteadores, além de usar antenas de ganho maior.

Uma evolução que pode ser facilmente implementada ao sistema, sem modificação de sua arquitetura e somente alterando o programa nele instalado, é possibilitar o acesso remoto aos dados armazenados na central de monitoramento, fazendo assim com que estes sejam exibidos em *smartphones*, *tablets*, ou computadores localizados em diferentes locais. Uma outra possibilidade é a implementação do recurso de envio de mensagem de texto ou *emails*, para os médicos ou pessoas responsáveis

sempre que o sistema identificar ocorrências da variação dos sinais vitais para uma faixa dos padrões esperados. O sistema, pela arquitetura apresentada, pode crescer conforme a necessidade, monitorando assim um grande número de pacientes.

Finalmente, o sistema se apresenta como uma boa opção, de baixo custo, para ser instalado nos hospitais e clínicas, permitindo otimizar o número de pessoas envolvidas no tratamento de pacientes internados sem perda de qualidade.

Referências

- [1] EL KHOURI, S. G. Telemedicina: Análise da sua evolução no Brasil. Tese [Mestrado em Ciências], Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003
- [2] BAI, Jing; ZHU, Zehuang; ZHANG, Jupeng; ZHANG, Yonghong; CUI, Zijong; & DAI, Sing. DESIGN OF HOME HEALTH CARE NETWORK, IEEE-EMBC and CMBEC, Montreal – Canada, 1995.
- [3] TEJERO-CALADO, Juan C; LOPEZ-CASADO, Carmen; BERNAL-MARTIN, Antonio; LOPEZ-GOMEZ, Miguel A.; ROMERO-ROMERO, Marco A.; QUESADA, Guillermo; LORCA, Julio & RIVAS, Ramon. IEEE 802.11 ECG monitoring system, Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai – China, 2005.
- [4] XU, Zhimin & FANG, Zuxiang. A Clustered Real-Time Remote Monitoring System for Out-of-Hospital Cardiac Patients, International Conference on BioMedical Engineering and Informatics, Sanya – China, 2008
- [5] INFORMÁTICA MÉDICA. Informática Médica: Um Pouco de História. Disponível em: <<http://www.informaticamedica.org.br/informaticamedica/n0105/hogarth.htm>> [Acesso em 08 dezembro 2011]-9.
- [6] MENDES, W. Home care: uma modalidade de assistência à saúde. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Universidade Aberta da Terceira Idade, 2001. 112p.
- [7] NASA; Telemedicine Program; Disponível em: <<http://www.sti.nasa.gov/tto/spinoff1996/27.html>>; [Acesso em 8 dezembro de 2011].