

# Um Modelo de Baixo Custo para Monitoramento de Pacientes em Unidade de Terapia Intensiva Utilizando Micro Servidor Web

Tarig Ali A. El Shheibia, Li Shih Min, Juarez Bento da Silva, Suenoni Paladini, Maurício Braga de Paula, Luiz Fernando Jacintho Maia, João Bosco da Mota Alves, *Member, IEEE*

**Abstract—** This research presents a low cost model for patients monitoring in Intensive Care Units (ICU), using a Micro WEB-Server (MWS) embedded computer to capture, make available via WEB and temporarily store (the last 24 hours data) vital forces acquired through standardized monitors.

The monitor is linked to the sensors, also standardized, which is connected to the patient. For such model, the following vital forces have been chosen: (a) body temperature; (b) systolic blood pressure; (c) diastolic blood pressure; (d) heart frequency; and (e) oximetry. The MWS executes a pre-processing comparing the figures of each force, whose sample frequency is adjustable by the professional responsible for the ICU, activating an alarm in case of some abnormality, storing the registers in the last 24 hours server for further analysis and studies.

In this sense, the MWS makes it possible the remote monitoring of patients via Internet, Intranet or cell phone. This technology allows optimizing the monitoring cost of beds in ICU.

**Index Terms -** hospital Information Systems, Micro WEB-Server, Patient Monitoring, Remote Monitoring.

## I. INTRODUCTION

REMOTE patient-monitoring [1-4] vem sendo considerada na literatura especializada como uma tendência irreversível. No caso de unidades de terapia intensiva (ICU), as dificuldades são um pouco maiores devido ao alto custo dos equipamentos necessários a uma monitoração eficiente. Na medida em que as funcionalidades desses equipamentos amplia, seus custos crescem de forma exponencial, dificultando o seu uso por hospitais sem muitos recursos. A exigência de baixar os custos dessa monitoração é, portanto, uma questão de sobrevivência para a grande maioria dos hospitais. Todos os hospitais já dispõem de equipamentos de monitoração presencial, sendo que a grande maioria deles não permitem a funcionalidade de monitoração remota. Esse problema poderia ser resolvido com a adição de tais

funcionalidades sem a necessidade de aquisição de novos equipamentos.

Um outro problema com a grande maioria dos equipamentos de ICU é que fazem apenas a monitoração instantânea dos sinais vitais. Os monitores padronizados não mantêm os registros dos dados vitais. Em geral, o registro da monitoração, é feito com intervalo de 1 hora e manualmente. O médico, portanto, não dispõe de informações entre esses intervalos. Essa é uma funcionalidade que poderia ser agregada aos equipamentos já existentes.

O modelo aqui proposto provê tais funcionalidades, tanto no que diz respeito à monitoração remota de pacientes de ICU, quanto a uma maior quantidade de informação à disposição dos profissionais de saúde envolvidos. E, principalmente, com custo extremamente reduzido.

## II. MICRO WEB-SERVER (MWS)

### A. Why MWS?

A tecnologia tem feito nascer cada vez mais idéias inovadoras na área da informática, sendo uma delas, a monitoração. O estudo da monitoração vem crescendo a cada dia em diferentes áreas como tráfego aéreo, terrestre e náutico; geologia; climatologia; indústria; laboratórios e na pesquisa científica [7].

Com a popularidade da Internet, a tecnologia de sistemas embutidos para Internet torna-se uma das tendências atuais para os fabricantes de pequenos Servidores Web que vão permitir o controle e monitoramento via Internet. Atualmente, equipamentos como impressoras, roteadores, câmeras dispõem desta facilidade possibilitando configuração e disponibilização de informações sobre seu estado e operações [8].

São muitas as vantagens para o projeto e desenvolvimento de dispositivos com Internet embutida. Uma delas, é permitir que um dispositivo possa ser remotamente acessado e ter o seu uso facilitado pela Internet. Um dispositivo habilitado pela Web possibilita o uso de capacidades que até então não seria possível para um dispositivo único e isolado. O acesso remoto permite o diagnóstico de falhas, atualizações de firmware e controle de dispositivos que pode significar uma redução nos custos de manutenção [6].

Uma área que utiliza a tecnologia para melhor desempenhar monitoração é a da saúde e, dentro dela, a terapia intensiva é a mais destacada. As Unidades de Terapia Intensiva (ICU) preocupam-se em manter a vida de pacientes, dessa

Manuscript received September 30, 2003. This work was supported in part by the Federal University of Santa Catarina and South Santa Catarina University.

T. A. A. El Shheibia, Li S. M., L. F. J. Maia, J. B. M. Alves. They are with the RExLab - Remote Experimentation Lab of Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brazil. (e-mails: tarig@rexlab.ufsc.br, li@rexlab.ufsc.br, maia@rexlab.ufsc.br, jbosco@rexlab.ufsc.br, Caixa Postal 476, INE/CTC/UFSC, 88040-900, Florianópolis, SC, Brazil).

J. B. Silva, S. Paladini, M. B. Paula are with the RExLab - Remote Experimentation Lab of South University of Santa Catarina, Araranguá, SC Brazil (e-mails: juarez@unisul.br, dpaula@unisul.br, suenoni@unisul.br).

preocupação pode ser notada no início dos anos 50 [5], já nesta época, percebeu-se que havia uma necessidade maior de observação dos pacientes por parte de médicos e enfermeiros, onde os mesmos, observam e registram sinais vitais de tempos em tempos de forma manual. Com o passar do tempo, a tecnologia juntamente com a de monitoração, veio apoiar e facilitar o trabalho desses profissionais [9].

A monitoração dos leitos hospitalares vem melhorando, muito embora a solução, na maioria das vezes, é de alto custo. Nessa visão de custo, este trabalho vem propor uma metodologia que une ferramentas e dispositivos, disponíveis para otimizar custo de monitoração, podendo ser implantada facilmente.

Como o custo da aquisição de equipamentos de monitoração de leitos hospitalares em ICU é considerável. Há várias tentativas para desenvolver modelos para reduzir o custo do trabalho de monitoração, dispensando recursos financeiros para altos investimentos.

Atualmente, equipamentos de monitoração de leitos hospitalares em ICU utilizam um padrão que não mostra todos os dados do paciente de forma contínua. Os dados monitorados são registrados normalmente de hora em hora e os dados entre esses registros são perdidos e juntamente com eles as possíveis informações relevantes que podem fazer diferença no diagnóstico e no seguimento.

Com Micro Servidor Web, os dados são adquiridos em tempo real e armazenados de forma mais eficiente e segura, permitindo acesso tanto local quanto remoto.

### B. What is MWS

Um fato importante no desenvolvimento é o custo do dispositivo, onde o uso de soluções que oferecem código livre e que sejam portadas para os sistemas operacionais livre. O objetivo principal do Laboratório de Experimentação Remota da Universidade Federal de Santa Catarina (RExLab/UFSC) é desenvolver Micro Servidor Web (Figura 1) de boa performance e de baixo custo.

O MWS apresenta as seguintes características entre eles são: Servidor Web autônomo de baixo custo; microcontrolador de baixo custo e com boa capacidade de memória AVR-RISC de 8MHz; network Interface Card (10baseT) interfaceável com microcontrolador e com “drivers” disponíveis; pilha TCP/IP e Servidor http (código aberto); memória adicional para código, dados, HTML e imagens; suporte a CGI, Java.

O MWS tem tamanho reduzido, medindo 85 mm por 95 mm e isso possibilita de adicioná-lo em qualquer lugar com facilidade. E também o MWS tem custo muito baixo comparando com os Micro Servidores Web no mercado, NetBumer tem preço de US\$ 499-995 [10], RabbitCore RCM2000 tem preço de US\$ 199 [12], o PicoWeb a versão inicial foi de US\$ 75, mas agora esta em torno de US\$ 149 [13], ConnectOne iChip tem preço de US\$ 270 e o preço de MWS que foi construído no RExlab é de US\$ 29,94 sua utilização vai baratear o custo da monitoração.

Algumas aplicações estão utilizando MWS como a monitoração da temperatura do ambiente do Laboratório da

Experimentação remota (RExlab) via Web (IP 150.162.64.10). E monitoração de um carro robô (RoboCar) que pode ser movimentada à distancia, também via Web.

Devido as vantagens do MWS e as experiências de monitorar a temperatura do ambiente e do RoboCAR, surgiu a idéia de usar o MWS em aplicação maior e mais avançada, foi escolhida a monitoração de sinais vitais dos pacientes no ICU.

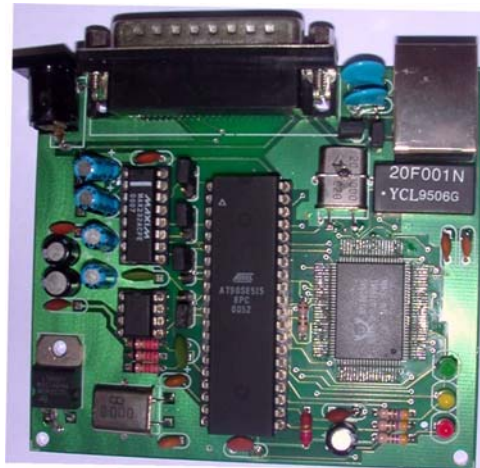


Figura 1. MSW

### III. THE MODEL

A Fig. 2 apresenta o modelo geral do sistema. O modelo proposto contempla a implementação do acesso às informações contidas em monitor de sinais vitais, via Internet e que caracteriza plenamente uma aplicação cliente/servidor. No lado servidor, na ICU, cada leito conterá um MWS que recebe os sinais vitais do monitor que está conectado através dos sensores ligados no paciente. A conexão do monitor com o MWS é feita através de interface serial RS232C, comum a ambos dispositivos. O MWS também apresenta uma interface de comunicação de dados, padrão Ethernet 10BaseT, que possibilita a conexão com a Internet. O cliente é simplesmente qualquer browser para Internet com suporte a Java.

O cliente proporciona um meio de monitorar e controlar os dispositivos através de uma interface baseada na WEB. As páginas WEB em HTML proporcionam a informação e a navegação básica para esta interface. Entretanto, são as Java Applets embutidas nestas páginas que permitem a comunicação direta com o servidor e, assim, o controle do monitor. Essa interação com o servidor é implementada via scripts CGI, executados no MWS. Estes contrastam com ASP e PHP, métodos que proporcionam páginas WEB dinâmicas em implementações em grande escala.

Os sinais vitais escolhidos para avaliar o estado do paciente são: temperatura, pressão arterial sistólica e diastólica, frequência cardíaca e oximetria [11]-[14]. Esses sinais recebidos são comparados com os valores do limite máximo e mínimo. Quando os valores anormais são detectados, o alarme é acionado.

Um registro dos números de disparo de alarme do MWS durante 24 horas é armazenado, além de alarme do próprio

monitor. O alarme do MWS pode informar a frequência de anormalidades dos sinais vitais, também acompanhar o funcionamento do monitor, disparos desnecessários de alarme com paciente clinicamente estável motiva averiguação do sistema de monitoramento.

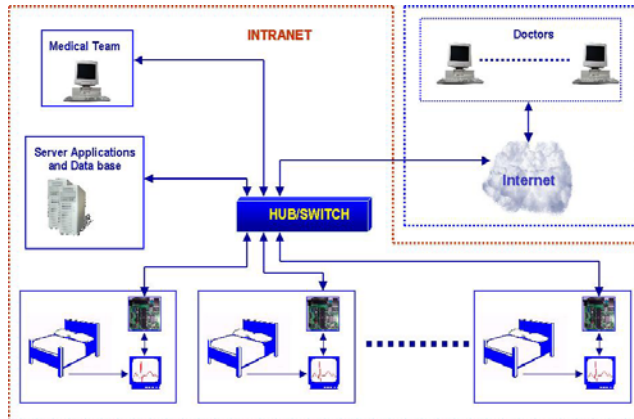


Fig. 1. Visão Geral do Modelo

Depois da comparação dos valores e definição do alarme, o MWS faz uma cópia de dados por momento de medida. Para isso precisa estabelecer um registro de informações para armazenamentos de dados do paciente.

O sistema permite monitoração do paciente em real time, implementando uma exposição ‘virtual’ do monitor dentro do browser. O armazenamento dos dados do paciente será em intervalo de tempo pré-determinado, proporcionando um meio de acesso e download dos dados armazenados no monitor que permitirá a construção de um gráfico de tendências. Inicialmente, uma medida com intervalo de 15 minutos é suficiente, porque, atualmente, como rotina da ICU, o registro é feito manualmente com intervalo de uma hora. O sistema será flexível e possibilitará registro antes do intervalo.

Uma cópia do registro do paciente é gravada na memória do MWS e outra é enviada para o Servidor de dados local. O MWS contém as informações das últimas 24 horas e as demais informações serão encontradas no Servidor de dados local que permitirá a recuperação dos dados posteriormente.

O acesso remoto via Web pode obter: 1) o sinal vital em tempo real, 2) dados das últimas 24 horas do MWS e 3) Servidor de dados local. O acesso remoto permite somente leitura de dados para pessoas autorizadas através de senha e login, preservando a integridade dos dados. O MWS pode se conectar a monitores de tipos e de fabricante diferentes, sem restrição de incompatibilidade por modelos heterogêneos de monitores.

#### IV. APPLICATION EXAMPLE

O monitoramento em real time da medida da saturação da hemoglobina do sangue arterial (SpO<sub>2</sub>) e a frequência de pulsos, possibilita uma variedade de situações clínicas, incluindo terapia respiratória, anestesia e utilização em unidades de tratamento intensivo. Unidades de tratamento intensivo neonatal e pediátricas, por exemplo, podem ser

monitoradas remotamente, com o Micro WEB-Server, conforme a Fig. 2.



Fig. 3. Um exemplo de monitoração remota

#### V. CONCLUSION

O sistema proposto vem provar não só a viabilidade de sua arquitetura embasada na tecnologia dos microcontroladores, mas a possibilidade de produzir dispositivos flexíveis, de fácil adaptação às necessidades que se apresentam e de grande qualidade, proporcionando, conseqüentemente, maximização dos benefícios a baixos custos com a vantagem de prover suporte para múltiplos modelos ou tipos de instrumentos.

A aplicação em monitoração de pacientes em ICU reduz os custos de implantação de funcionalidades, como acesso remoto aos sinais vitais de pacientes, sistema de alerta em caso de sinais fora de limiares considerados normais para esse tipo de paciente, além de armazenamento de dados para posterior processamento.

Uma vantagem do modelo proposto é que o MWS pode ser acoplado aos equipamentos normais de monitoração, utilizando os sinais já adquiridos pelos mesmos, isso significa que o MWS apenas agrega funcionalidades ao sistema já existente; possibilitando, portanto a redução de custos.

#### REFERENCES

- [1] K. Hung and Y.T. Zhang, Implementation of a WAP-Based Telemedicine System for Patient Monitoring, IEEE Trans. Inf. Tech. Biom., vol. 7, No. 2, pp. 101-107, June 2003.
- [2] F. Magrabi, N. H. Lovell, and B. G. Celler, "Web based longitudinal ECG monitoring," Proc. 20th Annu. Int. Conf. IEEE EMBS, vol. 20, no. 3, pp. 1155-1158, 1998.
- [3] S. Park et al., "Real-time monitoring of patient on remote sites," Proc. 20th Annu. Int. Conf. IEEE EMBS, vol. 20, no. 3, pp. 1321-1325, 1998.
- [4] B. Yang, S. Rhee, and H. H. Asada, "A twenty-four hour tele-nursing system using a ring sensor," Proc. 1998 IEEE Int. Conf. Robotics Automation, pp. 387-392, 1998.
- [5] H. Edward and E. Leslie, Medical Informatics: Computer Applications in Health Care. USA, Addison-Wesley, 1990.
- [6] R. Ford, "Embedded System Monitoring Architectures and Costa", Department of Computer Science, IEEE, University of Kansas, pp. 237-244, August 2003.
- [7] L. Hudson D., Design of the intensive care unit from a monitoring point of view. *Respir Care* v.30, p.549-559, 1985.
- [8] J. Bento S. Monitoramento, aquisição e controle de sinais elétricos, via Web, utilizando microcontroladores. Florianópolis-Sc, 110 p, Dissertação (Mestrado) 2002.

- [9] M. Dolores L. Manual de procedimentos básicos de Enfermagem. Rio de Janeiro, Cultura Medica, 1996.
- [10] NETBURNER. "Pricing Information". Disponível em <<http://netburner.com/pricing.html>>. Acesso em 2003, Julho.
- [11] H. Lee, S. Park and E. Woo "Remote patient monitoring service through World-Wide-Web". In Proc IEEE EMBS '97, 19 th Annu. Int. Conf., no. 3.1.2 Chicago, USA, 1997.
- [12] RABBIT Semiconductor. "Rabbit2000 TCP/IP Development Kit". Disponível em <[http://rabbitsemiconductor.com/products/rab20\\_tcpip/rab20\\_tcpip\\_dev\\_kit.html](http://rabbitsemiconductor.com/products/rab20_tcpip/rab20_tcpip_dev_kit.html)>. Acesso em 2003, Julho.
- [13] G. Schmidt, "Beginner's introduction to AVR assembly language". Disponível em <[http://www.dg4fac.de/avr/avr\\_em/](http://www.dg4fac.de/avr/avr_em/)>. Acesso em 2003, agosto.
- [14] J. Webster, G., Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation, NY, Wiley & Sons 1988.