

WHMS4 – Um Sistema de Monitoramento Remoto de Pacientes de Forma Integrada, Flexível, Escalável e com Baixo Custo

Thiago de Souza Rios and Romildo Martins da Silva Bezerra

Grupo de Sistemas Distribuídos, Otimização, Redes e Tempo-Real (GSORT)
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFBA)
Salvador, Bahia, Brasil
{thiagorios,romildo}@ifba.edu.br
<http://www.gsort.ifba.edu.br>

Resumo Daily monitoring of vital signs using wearable devices is gaining more research and applications every day. This paper describes a medical monitoring system using a group of sensors coupled at the body of a patient. The system developed in this work aims to help health care professionals to monitor patients and also provide users with a treatment without interference in their routine.

Keywords: Sistemas embarcados, computação ubíqua, computação vestível para monitoramento da saúde (*wearable health monitoring*), *biofeedback*, Internet das coisas

1 Introdução

A Computação vem proporcionando ao longo dos anos inúmeros benefícios para a sociedade. O avanço na construção de *hardware* e *software* trouxeram melhorias para diversas áreas do conhecimento humano. Uma das beneficiadas é a área da saúde, pois novas aplicações para monitoramento médico baseadas em dispositivos embarcados vem surgindo a cada dia [1].

No contexto de monitoramento de saúde, os recursos tecnológicos atuais podem ser utilizados por exemplo, no monitoramento remoto de pacientes sob algum tratamento médico [2] [3] ou em constante avaliação física para fins esportivos [4]. A comunidade científica comumente utiliza os termos *Mobile Health* (*mHealth*, saúde móvel) e *Wearable Health Monitoring* (computação vestível para monitoramento da saúde) para designar a prática de cuidados médicos suportados por processos eletrônicos e de comunicação.

A *mHealth* tem como foco desenvolver produtos como roupas e relógios que possuam poder computacional embutido. Esses dispositivos são utilizados no monitoramento do estado de saúde dos usuários sem interferir em suas atividades, proporcionando uma interação natural entre o usuário e o sistema embarcado.

O monitoramento contínuo realizado por esses sistemas é necessário para casos em que o tratamento médico exige verificação constante dos sinais vitais do paciente.

Os sistemas de monitoramento de saúde possibilitam também o acompanhamento remoto quando a presença física não for possível. Podem ser aplicados em ambientes onde um grupo de pessoas precisam de uma atenção especial e pode não existir uma equipe médica de plantão, como por exemplo em asilos ou casas de reabilitação. Contudo, ainda existem alguns desafios para construção de sistemas baseados em *mHealth*: (i) Lidar com a imprecisão dos sensores e a confiabilidade dos dados; (ii) Gerenciar a energia nos dispositivos conectados com restrições técnicas descritas em [16]. As características das LLNS são descritas no Anexo II; (iii) Oferecer uma solução de baixo custo e adaptável à necessidade do usuário; (iv) Oferecer um sistema de monitoramento integrado (equipe médica – atendimento de emergência – usuário) capaz de prover uma solução flexível e com boa interface gráfica.

Atualmente, a imprecisão dos sensores pode ser atenuada com o uso de técnicas de tolerância à falhas. Para o gerenciamento de energia são detectados momentos de ociosidade do sistema, limitando o seu funcionamento [3].

A oferta de soluções de baixo custo é fundamental para a viabilidade de utilização deste tipo de serviço em pacientes sem recursos financeiros e planos de saúde. Os sistemas de monitoramento atuais costumam ter custo elevado e pouca flexibilidade para adaptação e customização dos sensores para situações diferentes.

Este trabalho propõe um sistema de monitoramento de sinais vitais de pacientes denominado WHMS4 (*Wearable Health Monitoring Simple Secure and Scalable System*), mediante a utilização de um conjunto de sensores acoplados à roupa e integrados em um microcontrolador.

2 Trabalhos relacionados - Um breve *overview*

Existem diversos trabalhos na literatura relacionados a *Wearable Health Monitoring* que tratam desde a construção do *hardware* necessário, como o desenvolvimento de *software/middleware* capazes de gerenciar recursos para o monitoramento dos pacientes.

Um dos trabalhos mais relevantes da área é o AMON: *A Wearable Medical Computer for High Risk Patients* [2]. Na apresentação do AMON, é mostrado um dispositivo para monitoramento médico em forma de pulseira, equipado com sensores de pressão, temperatura e respiração. O sistema combina monitoramento médico complexo e possibilita análise de dados de forma confiável. Um ponto forte é a integração da solução, mas em contrapartida a arquitetura é fechada, não oferecendo flexibilidade para adaptação.

O projeto Smart Clothes [3] apresenta uma plataforma de monitoramento de saúde com uma arquitetura bem definida na utilização dos sensores, com o objetivo de acompanhamento contínuo e de longo prazo. Utiliza cinco tipos de sensores diferentes para obtenção dos sinais vitais do usuário: (i) Eletrocardiograma (ECG); (ii) Temperatura; (iii) Acelerômetro; (iv) Eletromiografia (EMG); (v) Respiração. Além dos sensores, a plataforma é composta por uma

aplicação *WEB* e por uma combinação de *hardware* e dispositivos móveis (*smart-phone*). A aplicação fornece diagnóstico com análise de situações de emergência.

Existem soluções que apresentam uma rede de sensores acoplada ao corpo, onde o conjunto dos sinais enviados são usados para monitorar pacientes em reabilitação [5][7]. O sistema realiza a análise dinamicamente dos sinais dos sensores, fornecendo orientação e *feedback* para o usuário, gerando alertas com base no seu estado. As informações registradas são transferidas para um servidor na Internet, integrado à uma base de dados de registros médicos. A rede de sensores desenvolvida é mais abrangente para utilização em tratamentos médicos, mas pode tornar-se complexa e custosa caso seja usada em larga escala [5].

Em [6] é apresentada uma camisa inteligente que pode medir sinais de aceleração para vigilância contínua da saúde, utilizando sensores e tecidos condutores (como eletrodos) para obter sinais vitais do corpo. Os dados dos sensores de ECG e de atividades físicas são transmitidos em uma rede sem fio para uma estação base. Esses dados são armazenados em um servidor para consulta e monitoramento remoto. Um diferencial deste projeto é a redução física dos dispositivos e baixo consumo de energia para reduzir o tamanho da bateria.

3 Características e requisitos funcionais

Inicialmente, é necessária a definição de características e requisitos funcionais do projeto descrito neste documento, visando delimitar e especificar a sua atuação.

3.1 Requisitos Funcionais

Conforme citado, o diferencial do sistema proposto é disponibilizar um produto de baixo custo e flexível, com um sistema que proporcione um atendimento de qualidade para seus usuários.

O sistema deve possuir flexibilidade para adaptação e integração com outros sistemas (por exemplo, sistemas de Centros Médicos ou Hospitais), fornecendo uma interface para troca e utilização das informações. A flexibilidade deve prever versões de *hardware* e capacidades (do inglês *capabilities*) de diferentes dispositivos permitindo a interoperabilidade entre eles.

No contexto social de países emergentes, um requisito importante é o investimento necessário (mas não o principal) para que a solução apresentada seja utilizada pela população com poucos recursos financeiros. Para isso, o produto final deve possuir baixo custo com relação a soluções existentes no mercado.

Um sistema de monitoramento deve ser confiável, pois trata-se de uma aplicação que lida com informações vitais do usuário. A confiança no funcionamento (em inglês *dependability*) é a habilidade para entregar um serviço que pode justificadamente ser confiável [9].

O projeto descrito deve ser escalável, permitindo sua ampliação de forma estável. A escalabilidade é uma característica desejável em qualquer sistema ou infraestrutura que manipule uma porção crescente de trabalho de forma uniforme, mantendo a qualidade do serviço estando preparado para o crescimento [10].

3.2 Aspectos de Computação Ubíqua

Soluções em Computação Vestível são amplamente baseadas na integração de dispositivos físicos sem interface com o usuário. Portanto, os sistemas devem ser heterogêneos. A Heterogeneidade é a capacidade de integração do sistema com diferentes arquiteturas de *hardware* e *software* provenientes de fabricantes distintos.

Outro aspecto da Computação Ubíqua é a Invisibilidade. A definição formal expressa por Weiser consiste no desaparecimento completo da tecnologia de computação em função da consciência do usuário [12], [13]. Na prática, uma aproximação razoável deste ideal é a mínima percepção do usuário.

Os sensores coletarão sinais vitais do paciente sobre o ambiente no qual a aplicação está associada, relacionando com os dados do usuário e/ou o ambiente que o mesmo está inserido. Essa característica é denominada de Sensibilidade ao Contexto, pois um sistema ubíquo deve ser capaz de entender o mundo físico ao seu redor.

A Localização consiste na identificação de posicionamento do usuário dentro do sistema. Um alerta emitido no contexto de computação vestível pode ter criticidade diferente em função da localidade do usuário. Por exemplo, caso a temperatura do paciente esteja em 38.5° uma equipe de atendimento de urgência pode ser acionada em função da distância do usuário para a equipe de atendimento e o centro médico que o paciente será atendido.

4 Infraestrutura do WHMS4

O WHSM4 tem como objetivo fornecer um monitoramento de sinais vitais através da Internet, mediante o uso de dispositivos embarcados em uma roupa. Através desse monitoramento, profissionais da área de saúde poderão acompanhar o estado de saúde dos pacientes em tratamento de qualquer lugar que possua acesso à Internet, em casos em que a presença física não seja possível. O sistema poderá ser adaptado conforme a utilização, possibilitando diferentes modelos de uso.

É importante deixar claro que não está no escopo do trabalho garantir o monitoramento em tempo real dos usuários, pois em nosso contexto, pacientes em estado crítico devem estar sob os cuidados de um centro médico em leitos de atendimento intensivo ou semi-intensivo. Os objetivos específicos do projeto proposto são:

- Fornecer uma interface simples e intuitiva, com informações de identificação e localização do usuário, seus sinais vitais e estatísticas do monitoramento. É necessário que a solução seja escalável permitindo a gerência de pacientes de uma cidade, integrado a centros médicos e serviços de emergência como SAMU¹ e VITALMED²;

¹ Serviço de Atendimento Móvel de Urgência do Governo Federal que tem como finalidade prestar atendimento à população em caso de emergência.

² Empresa de assistência à saúde, em casos de urgência e emergência através de unidades móveis.

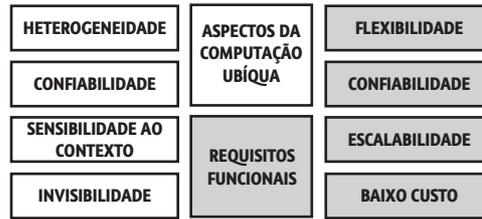


Figura 1. Requisitos Funcionais e Aspectos Ubicomp

- Possibilitar a modularização dos sensores dentro da roupa de forma que os mesmos possam ser substituídos conforme a necessidade, sendo todas as versões da roupa suportadas pelo sistema de monitoramento;
- Desenvolver uma aplicação móvel para *smartphone*, de forma a integrar os dados do microcontrolador à um servidor remoto;
- Por fim, atender os requisitos funcionais e características ubíquas especificadas anteriormente (Figura 1).

4.1 Arquitetura do WHMS4

A arquitetura do sistema é dividida em componentes. Cada componente é responsável por uma etapa do processo de monitoramento (Figura 2). Esses componentes são descritos a seguir:

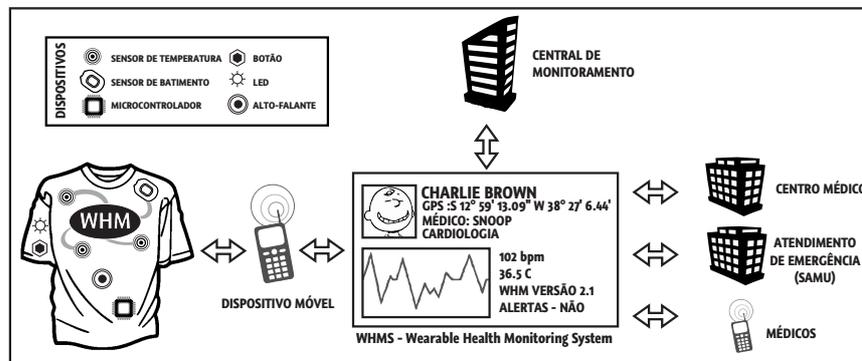


Figura 2. Visão Geral da Arquitetura

- **Roupa (infraestrutura de *hardware*):** Os sensores acoplados à roupa serão interligados a um microcontrolador, que enviará os dados dos sinais para um *smartphone*, através de uma conexão Wi-Fi ou *Bluetooth*. O *smartphone* enviará os dados à central de monitoramento via Wi-Fi, 3G/4G ou

mensagens de SMS. O *hardware* necessário deve prover a integração de sensores de forma adaptável permitindo a customização da roupa mediante às necessidades do usuário. Diversos tipos de soluções com microcontroladores podem ser utilizadas, mas inicialmente, será utilizada a plataforma *Arduino* [8] para construção de um protótipo do *hardware* usado devido à sua característica de viabilizar prototipações. Uma possível configuração de *hardware* pode ser vista no Anexo I.

- **Dispositivo Móvel (*Smartphone*):** A função deste dispositivo é atuar como *gateway* entre a roupa e o sistema de monitoramento, permitindo redução de custo do *hardware*. Um único dispositivo pode possibilitar a comunicação com vários usuários, que podem estar em asilos ou casas de reabilitação. O *smartphone* será um elemento intermediário, enviando os dados de monitoramento para um servidor remoto através de uma aplicação dedicada para esse fim.
- **WHMS4 (*Wearable Health Monitoring System*):** Os dados provenientes da plataforma de sensoriamento serão exibidos em uma interface *web*, onde o estado de saúde do paciente poderá ser avaliado por profissionais da área. Será possível saber as condições do paciente (batimentos cardíacos, temperatura, etc.), sua identificação e localização (através do GPS embutido no *smartphone* ou integrado ao microcontrolador). A flexibilidade de utilização do sistema será caracterizada pela possibilidade de substituição dos sensores conforme a necessidade do tratamento, não somente para fins médicos.

4.2 Integração do WHMS4 com unidades de saúde

O WHMS4 permite a integração entre as principais entidades relacionadas a saúde dos pacientes no Brasil.

- SAMU (Serviço Público de Atendimento Médico de Urgência): O SAMU é um dos componentes da Política Nacional da Rede de Atenção às Urgências das Redes Regionais, que tem como objetivo salvaguardar a vida das pessoas e prestar o socorro imediato à população em casos de emergência, realizando o atendimento em qualquer lugar, sejam residências, locais de trabalho e vias públicas de forma gratuita. Outros serviços de urgência privados poderiam estar integrados.
- Centros Médicos: Neste trabalho, entende-se por centro médico qualquer infraestrutura capaz de ofertar atendimento médico a população independente da especialidade ou dimensão. Dessa maneira, um centro médico pode ser um hospital, clínica ou posto de saúde.
- Central de Monitoramento: Corresponde a uma infraestrutura para monitoramento dos pacientes remotos com uma equipe de serviços de *call center* com suporte de médicos e enfermeiros capazes de sugerir procedimentos necessários até a equipe de emergência chegar ao local.

4.3 Definições do Sistema

O sistema deve permitir o cadastro de usuários, pacientes e demais elementos como sensores, roupas, tratamentos e alertas. Um usuário deverá ter um perfil associado, entre médico, auxiliar/enfermeiro e administrador. Os pacientes serão usuários indiretos do sistema, porque enviam dados para o sistema de monitoramento através dos dispositivos acoplados em suas roupas. Cada roupa possuirá um tipo diferente, personalizada conforme o tratamento. Cada tipo de roupa define recursos e capacidades para um tratamento específico. O médico deverá ser responsável por definir quais sensores serão usados no tratamento, criando um perfil diferente para a plataforma de acordo com o usuário.

Cada paciente deverá estar associado à um tratamento que pode conter mais de uma especialidade. Este por sua vez, será definido pelo médico, que irá inserir os seus requisitos, baseado nos limites de valores dos sensores. Esses requisitos servirão para definir o status atual do paciente e com tal informação, os responsáveis pelo monitoramento poderão emitir alertas para as unidades de emergência, se necessário.

Os administradores do sistema são responsáveis por cadastrar as informações de perfis e permissões de uso, novos usuários e demais elementos usados no sistema. Os auxiliares/enfermeiros são responsáveis por cadastrar novos pacientes, novos modelos de roupas para tratamentos e emitir alertas. A Figura 3 apresenta um diagrama de caso de uso para os atores do sistema baseado nas regras definidas.

4.4 Módulos do Sistema de Monitoramento de Saúde

O sistema apresentado neste documento tem como ciclo básico de funcionamento receber dados dos sensores acoplados à roupa e encaminhados até o servidor por smartphones. O envio das informações até o servidor é feito através de requisições HTTPS.

Desse modo, o sistema web deverá possuir as funcionalidades necessárias para lidar com as requisições das diversas camadas do projeto. Essas funcionalidades são divididas em módulos, responsáveis por realizar funções específicas dentro do sistema. Essa separação permite um melhor desenvolvimento e manutenção, tornando as funções independentes de outras em qualquer circunstância.

Módulo Base Este módulo deverá ser utilizado para gerenciar as informações básicas para o funcionamento do sistema como cadastro de usuários e perfis associados, pacientes, roupas, tratamentos e alertas. Nesse módulo estão as classes ou entidades do sistema que devem ser criadas para o início do monitoramento.

Módulo de Aquisição de Dados O módulo de aquisição é responsável por extrair as informações dos dispositivos recebidas pelo servidor. Tais informações devem vir em um formato especificado, evitando que sejam feitos tratamentos diferentes para o mesmo tipo de informação. Dessa forma, nesta etapa deverão ocorrer as seguintes atividades:

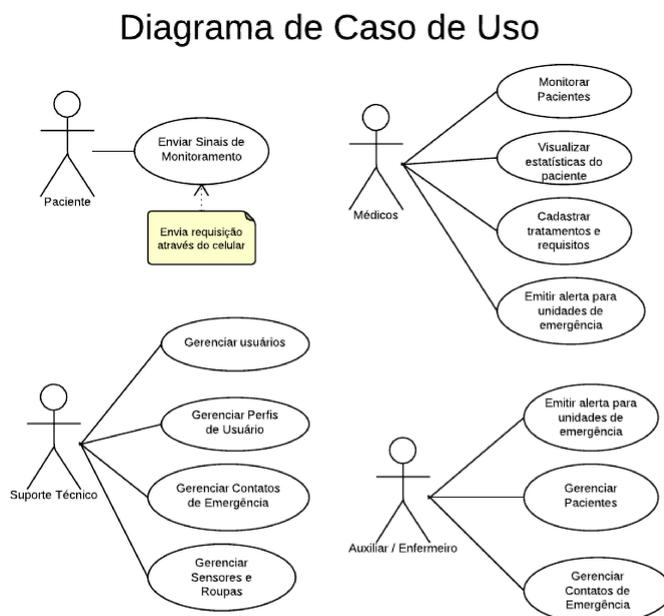


Figura 3. Diagrama de Caso de Uso

- Decriptografar os dados vindos do servidor (se estiverem criptografados), usando uma chave compartilhada;
- Realizar a validação de todos os campos, verificando se o paciente está cadastrado, se os sinais recebidos estão em conformidade e se os dados não são provenientes de um ataque ou invasão;
- Os sinais do usuário são inseridos no banco.

Módulo de Conversão de Dados Os dados armazenados podem ser utilizados por diversos dispositivos, com interfaces diferentes de aplicação. Portanto, deve ser oferecida uma solução que envie os dados de forma padronizada, para que qualquer aplicação possa fazer uso dos dados.

Dessa forma, os dados armazenados deverão ser convertidos em formatos apropriados para comunicação exterior. Devem existir funções que exportem os dados nos formatos: XML (*eXtensible Markup Language*) [14], JSON (*Javascript Object Notation*) [15] ou outro tipo de protocolo para troca de informações entre sistemas.

Módulo de Tratamento e Requisitos Os profissionais de saúde poderão utilizar a ferramenta para especificar valores de sinais vitais que devem ser encontrados ou combinados durante as leituras da plataforma de sensores. O sistema

deve permitir o cadastro de requisitos, especificando quais os parâmetros necessários para que esse requisito seja atingido. Por exemplo: um estado de saúde é identificado de acordo com valores de temperatura acima de X graus C° e de Y batimentos cardíacos por segundo. Os dados lidos passam por uma verificação de acordo com os requisitos de tratamento, com o objetivo de saber o atual estado do paciente (seu *status* dentro do tratamento). A partir desta inferência, podem ser emitidos alertas ou simplesmente, podem ser adotadas medidas no tratamento do paciente.

Módulos de Alertas O módulo de alertas serve para avisar as unidades de emergência em casos críticos. Deverão ser emitidos alertas para os centros médicos ou profissionais encarregados do tratamento. O alerta pode ser por telefone, e-mail, SMS, *WhatsApp* ou mensagem de voz.

5 Diagrama de Classe e Entidade Relacionamento

Baseado nas regras e definições dos módulos mencionados, foram elaborados diagramas de classe e entidade relacionamento para o sistema. Os diagramas podem ser vistos nas Figuras 4 e 5. O diagrama mostrado na Figura 4 apresenta as classes separadas por módulos (ver legenda) do WHMS4. Inicialmente, essas serão as classes que o sistema utilizará para seu funcionamento, mas novos módulos ou recursos poderão surgir em outras etapas do desenvolvimento.

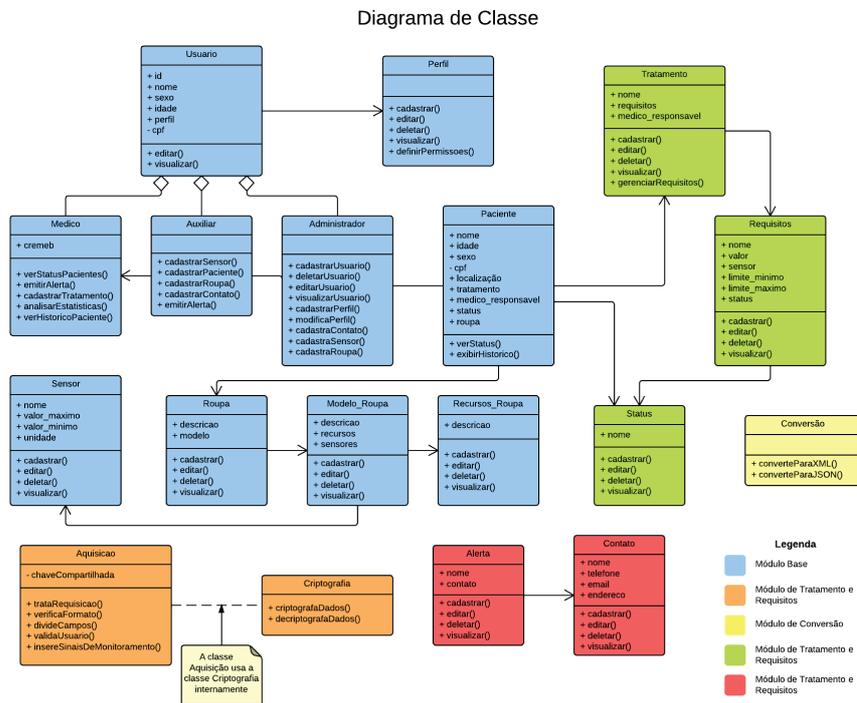
O diagrama na figura 5 apresenta a modelagem para o banco de dados da aplicação. As tabelas são baseadas nas definições de classes apresentadas no diagrama da Figura 4, sendo que algumas foram criadas para dar suporte ao modelo de entidade relacionamento. Por exemplo, a tabela *sinais_paciente* irá armazenar as informações provenientes do dispositivo, enquanto que a tabela *permissoes* irá armazenar as permissões de acessos dos usuários no sistema. Essas tabelas não representam necessariamente uma classe da aplicação.

6 Conclusão

Os recursos computacionais atuais podem beneficiar a sociedade a obter uma melhor qualidade de vida. Para atingir esse objetivo, pesquisas na área de Computação Ubíqua tem como meta proporcionar uma interação mais natural entre o homem e a máquina, de forma que o uso da computação esteja cada vez mais permeado no nosso cotidiano.

Nesse contexto, a utilização de técnicas e conceitos ubíquos para monitoramento de saúde vem sendo cada vez mais disseminada pelo mundo, oferecendo produtos que tornam as atividades de monitoramento menos intrusivas para os usuários.

Através do monitoramento intensivo, é possível prestar um serviço que será usado sem maiores intervenções no cotidiano dos usuários. O sistema auxiliará os médicos e demais profissionais da área de saúde a gerenciar o tempo de serviço



prestado aos seus pacientes, quando não houver uma necessidade maior de acompanhamento médico presencial.

A justificativa para construção do sistema proposto é que existem classes que precisam de atendimento especial, como pacientes em asilos, que receberam alta médica ou que estejam sob supervisão médica. Esses grupos poderão ser beneficiados com a utilização de um produto mais acessível.

ANEXO I

Para o desenvolvimento de um sistema embarcado, alguns requisitos referentes ao *hardware* escolhido devem ser levados em consideração. No sistema proposto neste documento, os componentes escolhidos deverão ser capazes de, em conjunto, monitorar sinais vitais de um usuário.

Sistema embarcados normalmente tem rígidas restrições sobre funcionalidade e implementação. Eles devem garantir a operação em tempo real e reagir a estímulos externos [17]. Além disso, devem satisfazer os requisitos de confiabilidade e segurança. Podemos destacar os seguintes requisitos:

- Operação em tempo real: O processamento e reação aos estímulos devem ser realizados de forma que não prejudique a operação sendo feita em um dado

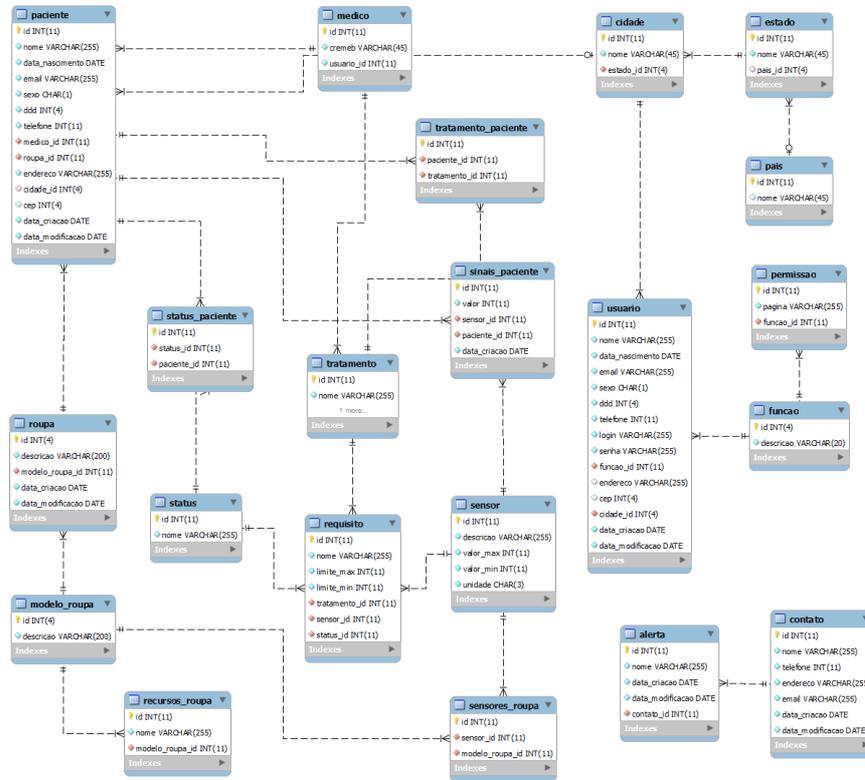


Figura 5. Diagrama Entidade Relacionamento

momento. A computação correta da operação (corretude) depende do tempo em que o processamento dos estímulos foram entregues.

- Limites de tamanho e peso: O sistema proposto deve ser utilizado constantemente pelo usuário. Por isso, os limites de tamanho e peso devem ser considerados como os menores possíveis, de forma a proporcionar uma utilização mais confortável para o usuário.
- Baixo consumo de energia e dissipação de calor: Os dispositivos escolhidos deverão consumir pouca energia e dissipar pouco calor. O consumo de energia é uma questão importante, pois demanda um gerenciamento das fontes de energia utilizadas, através de mecanismos que detectem períodos de inatividade do sistema para economizar energia.
- Baixo custo: O hardware escolhido deverá possuir baixo custo, visto que o sistema proposto tem como objetivo atingir diversas classes da população que necessitem de um monitoramento médico através de um sistema embarcado. Em nosso projeto o custo fica em torno de US\$35 sendo composto pelos itens: (i) Microcontrolador Arduino Micro; (ii) Sensor de temperatura

(4 unidades); (iii) Sensor de temperatura (4 unidades); (iv) Suporte para bateria tipo moeda; (v) Camisa.

ANEXO II - Características das LLNS

As *Low-power and lossy networks* (LLNS) [16] são caracterizadas por possuírem dispositivos com limitações como: Processador, Memória e Energia. Para um melhor entendimento, a seguir são detalhadas as possíveis restrições de uma LLN:

- Capacidade Limitada de Processamento: É possível ter dispositivos com processadores de 8 bits que operam em frequências da ordem de poucos ou dezena(s) de *megahertz*.
- Capacidade Limitada de Memória: É bastante comum encontrar dispositivos com apenas alguns Kilobytes de memória RAM/ROM/Flash, pois algumas possíveis aplicações podem armazenar poucos bytes para informações simples como GPS, temperatura ou umidade.
- Pouca capacidade energética: Transmissões de Rádio (RF) frequentemente consomem cerca de 10 a 30 mA, dependendo da potência de Transmissão que está relacionada ao alcance. Para atingir até 30 metros (em ambientes internos) e 100m (ao ar livre) pode ser usada uma potência de transmissão em torno de 0 a 3 dBm. Além da transmissão de dados, deve-se considerar também o consumo do processador e dos dispositivos eletrônicos. O consumo pode ser reduzido diminuindo sua potência de transmissão, quando possível, e/ou colocando em modo de hibernação.
- Curto alcance de Transmissão: De acordo com IEEE 802.15.4, a faixa de 10 metros é considerada como o espaço operacional pessoal, ou seja, os dispositivos pessoais podem estar neste alcance. Entretanto a gama de rádios LoWPAN é tipicamente medida por dezenas de metros até mais de 100 metros quando necessário. Podem existir situações onde o alcance pode ser bem maior, como por exemplo monitoramento ambiental. Neste caso, o dispositivo pode restringir o acesso aos meios de comunicação, armazenando em lotes os dados coletados para uma transmissão periódica (não online).
- Baixa taxa de transmissão (bps): Por padrão, o IEEE 802.15.4 define uma taxa de 250 kps, o que pode ser limitante em alguns casos.

Referências

1. D. Roggen, B. Arnrich, G. Troster. "Life style management using wearable computer". Wearable Computer Laboratory, ETH Zurich, 2006.
2. P. Lukowicz, U. Anliker, J. Ward, G. Troster, E. Hirt, C. Neufelt. "AMON: A Wearable Medical Computer for High Risk Patients". Sixth International Symposium on Wearable Computers, 2002.
3. Yung-cheng Ma, Yi-ping Chao, and Tzung-you Tsai. "Smart-Clothes - Prototyping of a Health Monitoring Platform". Proceedings of IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE-Berlin), 2013.
4. Ed H. Chi, G. Borriello, G. Hunt. "Pervasive Computing in Sports Technologies". IEEE Pervasive Computing, 2005.
5. E. Jovanov, A. Milenkovic, C. Otto, P. Groen. "A wireless body area network of intelligent motion sensors for computer assisted physical rehabilitation". Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2005.
6. Y. Lee, W. Chung. "Wireless sensor network based wearable smart shirt for ubiquitous health and activity monitoring". Sensors and Actuators B: Chemical. Volume 140, Issue 2, p. 390-395, 2009.
7. Y. Ju, C. Min, J. Yu, J. Song, Y. Lee. "MobiCon: Mobile context monitoring platform: Incorporating context-awareness to smartphone-centric personal sensor networks". Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks (SECON), June 2012.
8. Arduino. Disponível em: www.arduino.cc. Visualizado em 25 de março de 2014.
9. Avizienis, A.; Laprie, J.-C.; Randell, B.; Landwehr, C., "Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing". Dependable and Secure Computing, IEEE Transactions on , vol.1, no.1, pp.11,33, Jan.-March 2004.
10. James P. G. Sterbenz, David Hutchison, Egemen K; Etinkaya, Abdul Jabbar, Justin P. Rohrer, Marcus Scholler, and Paul Smith. 2010. "Resilience and survivability in communication networks: Strategies, principles, and survey of disciplines". Comput. Netw. 54, 8 (June 2010).
11. Alan Burns. "Scheduling hard real-time systems: a review". Software Engineering Journal, 6(3):116-128, 1991.
12. Weiser, M, Brown, J.S. "The Coming Age of Calm Technology". In Denning, P.J., Metcalfe, R.M. (editors), Beyond Calculation: The Next Fifty Years of Computing. Copernicus, 1998.
13. Mark Weiser. 1999. "The computer for the 21st century". SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev. 3, 3 (July 1999), 3-11.
14. Extensible Markup Language (XML). Disponível em : <http://www.w3.org/XML/>. Acesso: 19 de julho de 2014.
15. Javascript Object Notation (JSON). Disponível em: <http://json.org/>. Acesso: 19 de julho de 2014.
16. JeongGil Ko; Terzis, A; Dawson-Haggerty, S.; Culler, D.E.; Hui, J.W.; Levis, P., "Connecting low-power and lossy networks to the internet," Communications Magazine, IEEE , vol.49, no.4, pp.96,101, April 2011.
17. P. Koopman, Embedded system design issues (the rest of the story), in Proceedings of the 1996 International Conference on Computer Design, VLSI in Computers and Processors, ser. ICCD 96. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 1996.