

Uma Abordagem Pervasiva e Inteligente de Baixo Custo para o Monitoramento de Pacientes com Doenças Cardiovasculares

Manuella D Silva, Claurirton A Siebra

Departamento de Informática – Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa – PB, Brasil

{manuella,claurirton}@di.ufpb.br

Resumo. *As técnicas de monitoramento remoto de saúde estão se tornando bastante populares, devido as vantagens que trazem tanto para o sistema de saúde, como para o paciente em si. A tendência de tais sistemas é que eles se tornem pervasivos. Porém, os dispositivos para tal tecnologia ainda apresentam um alto custo, além de funcionarem apenas como roteadores de informação para uma central médica. Este trabalho discute a implementação de um sistema de monitoramento de baixo custo, baseado em mensagens SMS, o qual faz um processamento inteligente prévio e local das informações adquiridas dos sensores. Um protótipo deste sistema para pacientes com problemas cardiovasculares é também discutido neste artigo.*

Abstract. *The health remote monitoring techniques are becoming popular due to the advantages that they bring to both health system and patients. There is a trend that such systems become pervasive. However, the devices that support such technology are still presenting a high cost and they work only as routers of information to medical centers. This work discusses the implementation of low cost monitoring systems, based on SMS systems, which carry out an intelligent and pre-processing of information from sensors. A prototype of this system, to patients with cardiovascular problems, is also discussed here.*

1. Introdução

O crescente aumento da população mundial vem chamando a atenção de vários governos ao redor do mundo para que os mesmos conduzam seus esforços no planejamento adequado dos serviços de saúde, principalmente em países em desenvolvimento e onde seus habitantes estejam distribuídos ao longo de várias regiões. Além disso, cresce o número de doentes crônicos, aqueles que precisam de longos e detalhados períodos de observação (Copetti, 2010). Infelizmente a indisponibilidade de leitos em hospitais faz com que muitos acabem por ter o tempo de vida reduzido, em especial os pacientes com doenças cardiovasculares.

Esta alta demanda mostra a necessidade de uma reestruturação na infraestrutura de serviços de saúde, principalmente no âmbito da saúde pública (Moraes e Iaione, 2010). Segundo Barbosa *et al.* (2004), quatro paradigmas têm norteado este novo modelo de serviço: centralizar os serviços de saúde no paciente, descentralizar a prestação de serviços levando-a para prestação de serviços domiciliares, priorização da

qualidade de vida dos pacientes e prevenção de doenças com base em monitoramento de hábitos de vida.

Uma possível solução para estes problemas, que reúne estes quatro paradigmas, é a utilização de técnicas de monitoramento remoto do estado de saúde do paciente. Esta solução possibilita o acompanhamento do estado fisiológico do paciente e uma posição preventiva em relação às doenças que os possam atingir. Estes sistemas trazem algumas vantagens, tais como a redução dos custos com cuidados de saúde, visto que muitas doenças podem ser prevenidas a tempo de evitar doenças e internações; eficiência, à medida que cada paciente é monitorado constantemente de maneira confiável; e comodidade aos pacientes que se sentem seguros por estarem tendo sua saúde acompanhada sem ter que ficar no desconforto de um quarto de hospital.

De maneira geral, as pesquisas nesta área levam a modelos em que os pacientes são monitorados em suas casas (home care) (Andreão *et al.* 2006) a partir de dispositivos captadores de sinais vitais que contenham algum mecanismo de comunicação com uma central médica, na qual especialistas executam ações efetivas em relação aos cuidados do paciente. Infelizmente os altos custos para manutenção destes sistemas e a forma evasiva com a qual eles entram na rotina dos pacientes tornam, quase sempre, inviável a sua utilização. Além disso, os dispositivos utilizados em tais sistemas atuam como simples roteadores de informações para a central médica, não exercendo nenhum tipo de processamento inteligente local sobre as informações captadas (Jafari *et al.* 2007, Anliker *et al.* 2004, Machado *et al.* 2008, Lee *et al.* 2006, Herbert *et al.* 2006). Mesmo quando agentes inteligentes são utilizados em sistemas de monitoramento, os mesmos atuam nos sistemas centrais de recepção da informação (Mabry *et al.* 2003).

Este trabalho discute o desenvolvimento de um sistema de baixo custo que serve de base para o monitoramento remoto preventivo de maneira pervasiva, flexível e inteligente. O baixo custo vem do uso de simples telefones celulares, os quais se comuniquem com uma central via mensagens SMS (Short Message Service), ao invés de uma conexão de dados. O sistema também suporta uma análise local das informações recebidas, utilizando regras descritas em Lógica de Primeira Ordem, as quais permitem um processo de raciocínio sobre a situação atual do paciente e a tomada de decisões autônomas por parte do sistema.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma. A seção 2 discute as tecnologias utilizadas neste trabalho, assim como os motivos para a escolha das mesmas. A seção 3 descreve a arquitetura do sistema, seus módulos e técnicas desenvolvidas. A seção 4 apresenta os resultados da simulação do protótipo, o qual é configurado para a monitoração de pacientes com doenças cardiovasculares. Finalmente, a seção 5 conclui o artigo, destacando os principais pontos e trabalhos futuros.

2. Tecnologias Utilizadas

Para o desenvolvimento do sistema de monitoramento, proposto neste trabalho, é necessário a definição de três tecnologias principais: (1) uma tecnologia de comunicação wireless de curto alcance, para a transferência de informação entre os sensores e o dispositivo móvel; (2) uma tecnologia de comunicação de longo alcance, para a comunicação entre o dispositivo móvel e a central médica; e, (3) uma tecnologia de

dedução inteligente para o tratamento local das informações e tomada de decisão autônoma. As próximas seções discutem nossas opções para tais tecnologias.

2.1. Comunicação de Curto Alcance

No contexto do monitoramento de sinais vitais humanos, a escolha do tipo de transmissão é definida de acordo com as características do sistema a ser implementado. De maneira geral, as características observadas são: disponibilidade, segurança dos dados, rápida entrega dos dados diante de uma situação de emergência, robustez e mobilidade (Teixeira, 2009).

Segundo Castro *et al.* (2010), os protocolos e especificações técnicas para uso em redes sem fio são Wi-Fi (IEEE 802.11), Z-Wave, Bluetooth e ZigBee. Porém, devido a alta largura de banda, o maior consumo de energia e o alto preço do protocolo Wi-Fi e da tecnologia proprietária Z-Wave, as tecnologias mais adequadas para uso em redes para monitoramento de sinais vitais são ZigBee e Bluetooth. Estas últimas têm por base o padrão IEEE 802.15 que se caracteriza por um conjunto de padrões para Redes Pessoais Sem Fio (WPAN - *Wireless Personal Area Network*).

Bluetooth é um padrão de tecnologia wireless para comunicação de diversos dispositivos nas WPAN. Além disso, a tecnologia Bluetooth implementa diferentes mecanismos de segurança para trazer confidencialidade, disponibilidade e integridade, tais como: autenticação, protocolos de chave de segurança, como o *Elliptic Curve Diffie Hellman* (ECDH) e algoritmos de cifra de blocos SAFER+. De forma similar, a tecnologia ZigBee é um padrão para dispositivos de baixo consumo de energia, pequena latência, baixa velocidade de transmissão, com redes auto reconfiguráveis e de curto alcance. A grande vantagem desta tecnologia em relação ao Bluetooth é o seu baixo consumo de energia. Porém, os telefones celulares atuais não possuem suporte para tal tecnologia, de modo que ela não é utilizada neste projeto.

O *Bluetooth Low Energy* (BLE), um subconjunto da especificação do Bluetooth 4.0, foi desenvolvido para atender as necessidades dos dispositivos de baixa energia e baixa potência. Porém, da mesma forma que ZigBee, esta tecnologia ainda não é aceita pela maioria dos dispositivos móveis, sendo uma tendência para uso em futuros dispositivos. Todos estes fatos nos levaram a escolha de Bluetooth como tecnologia de curto alcance para uso no nosso sistema.

4.2. Comunicação de Longo Alcance

Como protocolo de comunicação de longo alcance, estamos usando o *Short Message Service* (SMS). SMS é um serviço de envio e recebimento de mensagens curtas, através de interfaces ubíquas, que provê comunicação instantânea através de pequenas mensagens, ainda permitindo um mecanismo de *store-and-forward* quando não for possível o envio imediato. Tais características fazem desta tecnologia um dos serviços de comunicação mais bem sucedido no mundo (Zerfoz et al., 2006). O uso deste serviço é também justificado pelo preço. A média mundial para uma mensagem é US\$0.11. Caso o envio seja entre redes telefônicas diferentes, este custo ainda recebe uma taxa de £0.03. Esta é a grande vantagem quando comparamos a tecnologia SMS com outras baseadas em enlace de dados.

A grande crítica em relação a este serviço é a ausência de segurança. Sobre isto várias abordagens são propostas, tais como a criação um canal seguro de comunicação (Cruz *et al.*, 2008) ou a criptografia de conteúdo da mensagem (Ahmeda e Edwila, 2009). Esta última é a utilizada na nossa abordagem.

4.2. Dedução Inteligente

Como queremos fazer uma análise local, no dispositivo móvel, da informação recebida pelos sensores, é necessário que o sistema tenha algum tipo de tecnologia inteligente para tirar conclusões a partir de tais informações. Para isso estamos utilizando a tecnologia dos sistemas baseados em regras de produção. Uma regra de produção é uma estrutura lógica que se divide em uma pré-condição sensitiva e uma ação realizada de acordo com o valor verdade da pré-condição.

A estrutura lógica utilizada pelas regras de produção para descrever um conhecimento é do tipo “SE <pré-condição(ões)> ENTÃO <ação(ões)>”. O uso de regras de produção é justificado pela sua semelhança com o processo de inferência humana, a sua facilidade de implementação, a modularidade e a possibilidade de atualização da base de conhecimentos. Além disso, existem alguns pacotes, como o KEOPS (Albuquerque 2002), que suportam a implementação de é um sistema de regras de produção voltado para uso em telefones móveis.

Vemos que os sistemas de produção são adequados para nosso sistema porque os mesmos podem codificar o conhecimento dos especialistas através de regras, as quais são acionadas de acordo com a situação atual de saúde do paciente. Deste modo, temos um meio de fazer uma análise prévia dos dados, de forma que decisões emergenciais sejam tomadas nos casos de identificação de um cenário de risco iminente.

3. Arquitetura do Sistema

De maneira sucinta, o aplicativo embutido no celular, o qual chamaremos de MPI (Monitor Preventivo Inteligente) irá ler os dados relativos aos sinais vitais do paciente, usuário do sistema, confrontá-los com a base personalizada de regras de produção e então, a partir da(s) ação(ões) ativada(s) pelas regras, notificar o usuário e a central de saúde sobre situações de alertas e emergências médicas. As próximas seções trazem maiores detalhes sobre tal sistema.

3.1. Características Gerais

O objetivo principal deste sistema é realizar um monitoramento ubíquo e inteligente da saúde de pacientes, durante a realização de suas atividades diárias. A ubiquidade é proporcionada através do uso do telefone celular como hardware para este sistema. Este dispositivo também facilita o acesso ao público alvo e reduz os custos com a compra de equipamentos para a monitoração. Além disso, a possibilidade da utilização de inteligência embutida no aparelho celular permite a utilização deste como um elemento ativo no acompanhamento de saúde.

O aplicativo desenvolvido funciona de maneira independente da ativação do usuário, sendo capaz de inicializar chamadas telefônicas, enviar mensagens SMS, armazenar os sinais vitais do paciente e demais mensagens que se façam necessárias ao acompanhamento da saúde de seu usuário. Além disso, junto a este aplicativo foi

desenvolvido um mecanismo de inferência de regras de produção que as manipula e as executa internamente no aparelho móvel, avançando o estado da arte à medida que isso permite a modificação da base de regras no próprio aparelho móvel, podendo ser feito, inclusive, em tempo de execução.

É importante ressaltar que, por estar lidando com a saúde de pacientes, a inteligência no aplicativo é utilizada de maneira restrita, ficando limitada a interpretação da base de regras específicas para o paciente e detecção de situações anormais de saúde. Assim, apesar do avanço em relação à possibilidade de modificação da base de conhecimento, esta ação não é executada pelo aplicativo, ficando a definição da base como uma tarefa para profissional da área de saúde.

3.2. Arquitetura

Uma visão abstrata do MPI divide-o em dois módulos (Figura 1). O primeiro, chamado Módulo de Inferência (MI), é responsável por interpretar os dados dos sinais vitais de acordo com as regras de produção contidas na base de conhecimentos (*Knowledge Base*, KB) e gerar mensagens informando sobre alguma situação anormal. O segundo, chamado Módulo Relator (MR), é responsável por enviar mensagens SMS com o conteúdo gerado a partir do MI. Este módulo quebra a mensagem em pacotes, criptografando-os antes do envio final.

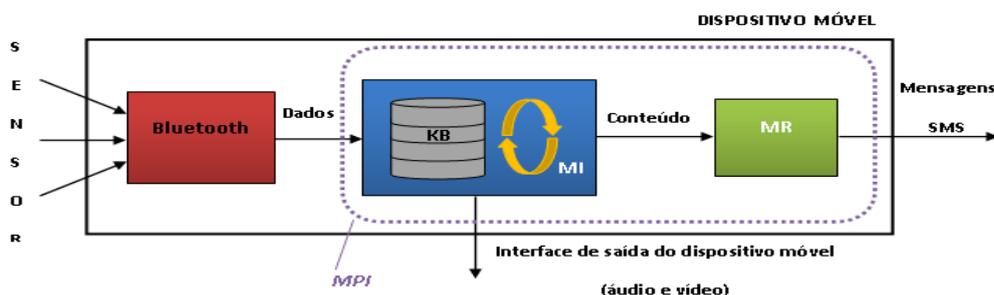


Figura 1 - Visão geral da arquitetura do sistema proposto.

O MI possui dois componentes: a base de dados (KB) e a memória de trabalho. A memória de trabalho é composta pelos dados que alimentam o sistema de produção. Nela estão os dados que serão interpretados de acordo com as regras da base de conhecimentos. Os seguintes dados foram escolhidos para uso neste trabalho: frequência cardíaca (*heartRate*), pressão sanguínea sistólica (*systolicBloodPressure*) e diastólica (*diastolicBloodPressure*), frequência respiratória (*respiratoryRate*), oxigenação do sangue (*bloodOximetry*) e temperatura (*temperature*). Estes dados apresentam maior importância para o acompanhamento de saúde de pessoas com doenças cardiovasculares. Como esses dados indicam o estado de saúde do usuário do sistema em um determinado momento, eles também são gravados na base de dados para que possam futuramente ser utilizados para análise do histórico de saúde do paciente.

A base de conhecimento armazena o conhecimento do especialista na forma de regras e é armazenada em um arquivo texto nomeado *RuleBase.rule*. Uma parte deste arquivo é descrito a seguir:

```

ruleBase teste
  rule quarta:
    conditions:
      SBPVarianceSleeping = BAIXO;
    actions:
      alert;
  rule quinta:
    conditions:
      SBPVarianceSleeping = NORMAL;
      heartRate = ALTO;
    actions:
      alert;
.

```

Para representar estas regras na base de conhecimentos do MPI, foi especificada uma linguagem própria que facilita o trabalho de formalização do conhecimento utilizado por este trabalho, além de tornar esta base independente do código fonte do sistema. A gramática utilizada por esta linguagem utiliza poucos mas significativos elementos, facilitando sua compreensão e sua manutenção. A gramática da linguagem é constituída de palavras reservadas, sinais de pontuação e operadores de comparação. As palavras reservadas são reservadas para usos específicos na linguagem descritiva, tal como, “*conditions*” que é utilizada para marcar o início das precondições sensitivas de uma regra. Os sinais de pontuação são utilizados como marcadores no texto, de finalização do arquivo (.), de finalização de precondição ou ação (;) e de início de bloco (:). Os sinais de comparação são utilizados como operadores das precondições sensitivas.

3.3. Funcionamento

Ao acionar o sistema de produção, a base de conhecimentos é carregada com os dados do arquivo *RuleBase.rule* e os dados recebidos são carregados para a memória de trabalho. O motor de inferência, então, interpreta a memória de trabalho de acordo com a base de regras e a partir do teste das condicionais das regras ele irá ativar ações de *emergência*, *alerta* ou *normalidade*. A medida que a base de conhecimentos é lida, os dados são interpretados e as regras que forem atendidas vão sendo executadas. Deste modo, o agente pode interromper a interpretação para ativar uma ação e, depois, voltar para o fluxo normal de execução.

O sistema de produção foi implementado em um método chamado *fireRuleBase*, que recebe como parâmetros o nome e local da base de regras (*baseName: String*) e os dados de sinais vitais (*vS: VitalSigns*) carregados, que formam a memória de trabalho. Esse método irá interpretar vS a partir das regras contidas na base e ativará ou não situações de normalidade, alertas ou emergências de saúde

Para efeito da implementação de um protótipo, a definição das ações realizadas em cada situação seguiu o modelo apresentado em Copetti (2010):

- Normal: as medidas dos sensores, o nome da regra que disparou a ação, a data e hora da detecção da mesma são armazenadas numa base de dados. Em adição, o intervalo de execução automática do aplicativo é ajustado para 120 segundos;
- Alerta: as medidas dos sensores, o nome da regra que disparou a ação, a data e hora da detecção da mesma são armazenadas numa base de dados. Uma mensagem SMS é reportada com o mesmo conteúdo e uma mensagem

informando a alteração do sinal vital do paciente é informada na tela do celular. O intervalo de execução automática do aplicativo é reduzido para 60 segundos;

- Emergência: as medidas dos sensors, o nome da regra que disparou a ação, a data e hora da detecção da mesma são armazenadas numa base de dados. Uma mensagem SMS é reportada com o mesmo conteúdo. Uma mensagem informando a alteração do sinal vital do paciente é informada na tela do celular direcionando o usuário para a inicialização de uma chamada para uma central de emergência médica. O intervalo de execução automática do aplicativo é reduzido para 30 segundos.

Durante a interpretação das regras, o agente pode ainda interromper sua execução para questionar o usuário sobre a sua atividade física no momento, o qual pode selecionar uma das seguintes atividades: *Stand*, *Home Activity*, *Sleeping*, *Other*.

Para enviar a mensagem SMS, o método *action()* faz uma chamada ao método *sendSMS()* que recebe como parâmetro o telefone do destino (*destinationAddress: String*) e o conteúdo da mensagem (*content: String*) a ser enviada. Neste método é criado um objeto da classe *SMSSender*, a mensagem é quebrada em pacotes de 160 caracteres¹, os quais são criptografados, e então cada pacote é enviado para o destinatário. Caso a mensagem seja enviada, a mensagem “*Message sent to <destinationAddress>*.” é exibida na interface gráfica do celular.

Após encerrar a interpretação dos dados fisiológicos, segundo a base de conhecimento, o sistema executará o método *reportHistoric()*. Este método é responsável por reportar as informações do paciente armazenados na base de dados para algum destino através do método *sendSMS()*. Os dados são enviados a cada três horas ou quando o tamanho da base ultrapassa os 600 bytes. Caso os dados sejam enviados com sucesso através de SMS, a base de dados é apagada para gerar espaço para novos dados. Caso contrário, a base de dados é mantida com os dados atuais.

Por último é feita uma chamada ao método *activeTimer()* que é responsável por agendar a execução automática do sistema de acordo com o tempo determinado pelas execução das ações das regras de produção. Este método programa a execução automática usando chamadas ao método *registerAlarm* da classe *PushRegistry* do perfil MIDP 2.0. Isso permite que o programa seja ativado sem a intervenção do usuário.

4. Testes e Resultados

Para verificar a consistência do aplicativo MPI em relação aos objetivos propostos e a aplicabilidade do mesmo diante de diferentes situações, o MIDlet foi implementado e posto em emulação para realização de diferentes testes. No primeiro ciclo foi desenvolvido a classe de SMS, a *SMSSender*. Para testá-la foi desenvolvido um MIDlet de envio de mensagens, o *SMSMidlet*. O envio das mensagens através desse MIDlet foi testado com o uso da *Wireless Messaging API* (WMA) da ferramenta *Wireless Toolkit 2.5.2*. A interface do WMA funciona como a tela de um celular que exibe mensagens recebidas ou ainda envia mensagens para um destino através de uma porta específica.

¹ Tamanho da mensagem escrita no formato 7-bits GSM, que é padrão obrigatório a todos os dispositivos de telefonia móvel.

No ciclo foi desenvolvido a classe *Cipher* e para testar o envio de SMS criptografada, mais uma vez foi utilizado o SMSMidlet.

Para construção da base de conhecimentos, para testes, foi utilizado o conjunto de regras de produção apresentado da Tese de Copetti (2010), a qual traz 63 regras destinadas ao monitoramento de pessoas com doenças cardiovasculares, com base na atividade do paciente, pressão arterial sistólica e diastólica, frequência cardíaca e temperatura ambiente. A geração de dados, chamados dados sintéticos, é importante para que possam ser criados os mais diferentes cenários para validação do monitoramento inteligente de saúde. Os dados sintéticos utilizados para alimentar o sistema de produção foram gerados de maneira aleatória, por não ser encontrada nenhuma base de dados de referência e disponível com os sinais vitais utilizados para monitoramento neste trabalho.

Ao final dos testes, o aplicativo mostrou um comportamento satisfatório na detecção das situações anormais de saúde dos usuários, fictícios, orientadas a partir da base de conhecimento. O exemplo que será usado como ilustração toma por base de conhecimento 21 regras de produção e os dados sintéticos da Tabela 1, os quais representam oito medições de sinais vitais e uma usuária fictícia de 25 anos que pesa 60kg e tem como sinais vitais normais: 100bpm, 18ipm, 120/80mmHg, 975 de oxigenação do sangue e temperatura corporal em 36°C.

Table 1. Dados sintéticos que representam oito medições.

	Frequência Cardíaca	Frequência Respiratória	Pressão Arterial Sistólica	Pressão Arterial Diastólica	Oxigenação no Sangue	Temperatura Corporal
Medição 1	100	16	120	80	100	37
Medição 2	90	15	90	60	95	36
Medição 3	160	30	120	75	98	37
Medição 4	100	17	120	80	95	38
Medição 5	90	16	110	60	90	36
Medição 6	100	20	160	90	97	38
Medição 7	110	19	120	85	99	37
Medição 8	112	18	120	80	95	36

Para simular a leitura dos dados, os mesmos foram colocados em oito arquivos de texto (nomeados *ReceivedData_n.rcv*, onde *n* indica o número da medição e varia de 1 a 8). Ao iniciar a execução, os sinais vitais do usuário são verificados pelas regras. Caso nenhuma regra da base de conhecimentos seja ativada, como quando a usuária estiver em repouso (*Stand*) para a primeira medição, a próxima mensagem que aparecerá na tela será avisando o intervalo de tempo para a próxima execução.

Quando o sistema verifica o valor verdade em algum dos condicionais, ele questiona ao usuário sobre sua atividade. De acordo com sua resposta, é ativada uma ação. Quando a medição 2 é lida e o usuário seleciona a atividade de *Sleeping*, a segunda regra de produção será acionada. Esta regra ativa uma ação de emergência. Então um sinal sonoro começa a tocar, o aparelho móvel vibra e o aplicativo exibe uma mensagem informando ao paciente a variação do seu sinal vital e a sugestão de ligar para a central de emergência (555001), utilizando o botão *Call*.

Quando o usuário seleciona o comando do botão *Call*, será direcionada uma chamada para o número apresentado e, após a chamada, o aplicativo continuará sua

execução, informando o tempo de intervalo para a próxima execução (Figura 2, esquerda). Quando uma ação de alerta é ativada, como no caso da medição 8, em que a frequência cardíaca está acima de 99bpm e a atividade do usuário não é *Sleeping*, então aparecerá na tela uma mensagem informando que uma mensagem foi enviada para o número 555001 (que representa a central de médica) e, como a base de dados estava cheia (máximo de 600 bytes), uma mensagem informando o envio de seu backup através de SMS (Figura 2, direita). Da mesma forma como este cenário, vários outros foram simulados durante nossos experimentos.

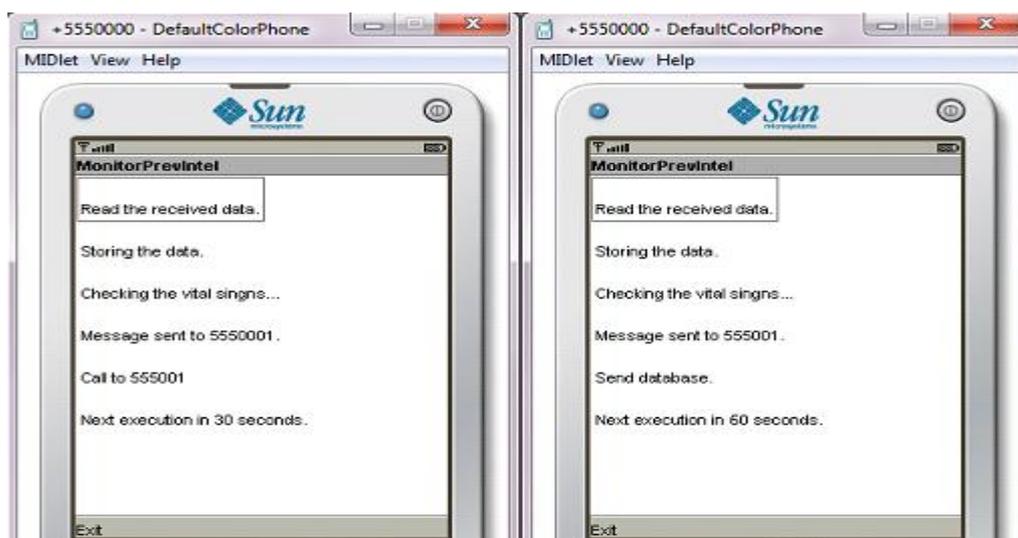


Figura 2 - Telas do aplicativo exibindo mensagens após execução de ação de emergência (esquerda) e após execução de ação alerta, seguida de envio de backup da base de dados (direita).

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

É possível destacar dois avanços obtidos através deste trabalho. O primeiro em relação ao uso de um sistema de regras de produção totalmente embutido em um telefone celular. O segundo em relação a ubiquidade de um sistema de monitoramento de saúde, ao usar o telefone celular, e o sistema de SMS, como um instrumento autônomo e de baixo custo no acompanhamento e análise de dados de saúde. Esses dois avanços demonstram que ainda há muita tecnologia disponível a ser explorada para fins de telemedicina e de telemonitoramento.

A estrutura criada para o aplicativo não é totalmente flexível para incorporação de novas regras de produção por limitações da linguagem JME. Uma proposta futura é a construção deste sistema para os aparelhos celulares com sistema operacional Android. Isto porque a linguagem Java utilizada no Android tem um conjunto bem menos restrito que o JME (por exemplo: o uso de reflexão). Isto permite um maior controle sobre os dispositivos e ainda a execução de aplicativos em background. Estas características mais amplas de possibilidades do Java para Android permitiriam que o aplicativo fosse executado em tempo real e que se tornasse flexível o suficiente para seu código se adaptar conforme o conjunto de regras de produção utilizado. Tal fato permitiria que o aplicativo suportasse a inclusão de novos sinais vitais e atendesse a outros grupos que necessitam de acompanhamento de saúde, como os idosos.

Referências

- Ahmeda, S and Edwila, A. (2009). "Secure Protocol for Short Message Service". World Academy of Science, Engineering and Technology, v. 49, p. 864.
- Albuquerque, R. *et al.* (2002). "Embedding J2ME-based inference engine in handheld devices: The KEOPS case study". In: Workshop on Ubiquitous Agents on Embedded, Wearable, and Mobile Devices, Bologna, IT.
- Andreão, R, Pereira Filho, J., Calvi, C. (2006). "TeleCardio: Telecardiologia a serviço de pacientes hospitalizados em domicílio". In: Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS), Florianópolis, SC.
- Anliker, U. *et al.* (2004). "AMON: A Wearable Multiparameter Medical Monitoring and Alert System". IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, Zurich, Suíça, v. 8, n. 4, p. 415-427.
- Barbosa, T. *et al.* (2004). "Sistema Pessoal Móvel de Monitoração da Saúde: Algoritmo para captura inteligente de sintomas". In: Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS), Ribeirão Preto, SP. p. 321-326.
- Castro, A. *et al.* (2010). "Redes de Sensores Sem Fio (RSSF)". UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/10_1/rssf/index.html>.
- Copetti, A. (2010). "Monitoramento Inteligente e Sensível ao Contexto na Assistência Domiciliar Telemonitorada". Tese de Doutorado em Computação, UFF, Niterói, RJ.
- Herbert, J. *et al.* (2006). "Mobile agent architecture integration for a wireless sensor medical application", In: IEEE International Workshop on Intelligent Agents in Wireless Sensor Networks (IA-WSN), Hong Kong.
- Jafari, R. *et al.* (2007). "Platform Design for Health-care Monitoring Applications". In: Workshop on High Confidence Medical Devices, Software, and Systems, Boston, USA. p. 88-94.
- Lee, R. *et al.* (2006). "A mobile-care system integrated with Bluetooth blood pressure and pulse monitor, and cellular phone". IEICE Transactions Information and Systems, Tokio, JP, v. E89-D, n. 5, p. 1702-1711.
- Mabry, S. *et al.* (2003). "Intelligent agents for patient monitoring and diagnostics". In: Association for Computing Machinery (ACM) International Symposium on Applied Computing, Melbourne, USA.
- Machado, A. *et al.* (2008). "Utilização de Dispositivos Móveis, Web Services e Software Livre no Monitoramento Remoto de Pacientes". In: Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS), Campos do Jordão, SP.
- Moraes, C., Iaione, F. (2010). "Aplicativo para Visualizar Sinais Bioelétricos em Dispositivos Móveis", X Workshop de Informática Médica, Belo Horizonte, Brasil.
- Teixeira, I. (2009). "Considerações de QoS para telemedicina e e-health em redes sem fios", Disponível em: <<http://wiki.martin.lncc.br/atagomes-cursos-lncc-gb500-20094/file/gb500-iuri.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2011.
- Zerfos, P. *et al.* (2006). "A study of the short message service of a nationwide cellular network". In: Internet Measurement Conference, Rio de Janeiro, p. 263-26.