fAlert : Um sistema android para monitoramento de quedas em pessoas com cuidados especiais

Leonardo Sabadini Piva
Universidad Miguel Hernandez
Avenida de la Universidad, s/n
03202 Elche (Spain)
+34 666 632 646
leonardopiva6@gmail.com

Andressa Bezerra Ferreira
Universidade Federal do Ceará
Campus do Pici CEP 60455-900
Fortaleza – CE - Brasil
andressaferreira@great.ufc.br

Reinaldo Bezerra Braga
Instituto Federal do Ceará
Campus Aracati CEP 62800-000
Fortaleza – CE - Brasil
reinaldobraga@gmail.com

Rossana Maria de Castro Andrade
Universidade Federal do Ceará
Campus do Pici CEP 60455-900
Fortaleza – CE - Brasil
rossana@great.ufc.br

ABSTRACT
This paper presents a system for detection and warning of falls for people with special care needs, using real-time evaluated data from accelerometer and magnetometer sensors of mobile devices with android operating system, using algorithms to detect patterns of falls, device position and voice recognition to determine a possible fall. We performed 240 tests in a young healthy user using the Samsung Galaxy S3 I9300 device strapped to his chest in order to ensure efficiency in detecting falls.

Keywords
smartphone, android, acelerômetro, quedas, idosos, deficientes.

1. INTRODUÇÃO
Diversos estudos afirmam que idosos ou pessoas com deficiência querem permanecer em suas casas até mesmo quando seu estado de saúde estiver piorando [1], e que a população mundial de pessoas com idade superior a 65 anos tem a expectativa de dobrar de 375 milhões em 1990 para 761 milhões em 2025 [1]. Com isto, sistemas de assistência hospitalar à distância tem sido amplamente usados para ajudar esta parcela da população a viver de forma independente em casa [1]. Como o problema do envelhecimento e da deficiência está convergindo, a assistência hospitalar à distância tornou-se uma área-chave de pesquisa para a computação ubíqua e de sistemas integrados [1].

Foi desenvolvido este projeto devido a crescente necessidade de monitoramento de idosos ou pessoas com deficiência, utilizando uma aplicação software que atuará monitorando de forma inteligente pessoas com cuidados especiais, como idosos e deficientes físicos, que em grande parte do tempo estão sozinhas e necessitam de atenção especial, filtrando anomalias em suas atividades cotidianas para detectar padrões de queda.

O sistema consiste de uma aplicação que em tempo real utiliza os dados fornecidos pelos sensores, utilizando algoritmos para detecção de queda e posição do dispositivo, registrando toda informação capturada pelo acelerômetro e magnetômetro, filtrando assim os dados que possam detectar uma possível anomalia das ações do usuário, como uma queda por exemplo.

A partir destas informações, o sistema deve realizar os cálculos oportunos e de acordo com a gravidade e confiança, descartar qualquer falso positivo detectado.

A aplicação permite a configuração de telefones, emails e endereços de emergência, para que uma vez detectado um padrão de queda, e o usuário não interatue com a aplicação para indicar que se encontra bem, o sistema imediatamente envie um SMS, realize uma ligação telefônica ou avise um sistema privado de assistência médica para solicitar ajuda.

2. TRABALHOS RELACIONADOS
Existem vários trabalhos relacionados com a detecção de quedas utilizando dispositivos diversos como câmeras, detectores de som, de calor e sensores como acelerômetro e magnetômetro. A maioria dos sistemas de detecção de queda exige alguma aplicação específica de dispositivo hardware e software, isto aumenta o custo e limita o acesso para pessoas de baixa renda. Muitos também dispõem de instalação especial ou tempos de treinamento, limitando assim questões de adaptação. Apesar das diferenças de implantação, todos os projetos têm as mesmas exigências: confiança, facilidade de uso, de instalação e restrição a falsos positivos [2].

Uma das abordagens para detecção de quedas é por meio de processamento de imagem [8], é um método bastante complexo e caro, limitado a um ambiente fechado, necessidade de instalação e manutenção das câmeras. Outro problema para esta abordagem é a privacidade, sendo de difícil aprovação entre os usuários.

O trabalho realizado por Hristijan, et al. [7], utiliza acelerômetros para detectar posturas comuns dos usuários, analisando quais são detectadas como possíveis quedas. Os testes realizados por eles variam em eficiência dependendo do número de sensores utilizados, resultando em um alto custo para obter uma maior eficiência, também sendo uma tarefa incomoda para o usuário ao utilizar sensores dispersos junto ao corpo, sendo susceptível ao esquecimento, diferente ao nosso trabalho que pretende utilizar de forma pervasiva nossa aplicação em um dispositivo móvel de uso comum do usuário, aproveitando os sensores embutidos sem a necessidade de um gasto adicional.

iFall é uma aplicação semelhante a presente neste artigo [3], nela também utilizam os sensores do dispositivo móvel para detecção de quedas, porém este é realizado apenas com o algoritmo de detecção por padrão de queda, identificado pela configuração de valores máximos e mínimos para os dados obtidos da aceleração linear do acelerômetro em um período de tempo de um segundo. O autor reconhece que este sistema detecta muitos falsos positivos, indicando utilizar técnicas adicionais como obter o posicionamento do dispositivo para uma maior eficiência ao detectar um padrão de queda.

A aplicação abordada neste artigo, também utiliza o método de detecção por padrão de queda, possuindo o adicional da detecção da posição do dispositivo depois de reconhecido um padrão de queda, também permitindo ao usuário interagir por meio de voz com o sistema para indicar seu estado atual.

3. PROPOSTA

A Figura 1 mostra o esquema de representação da aplicação, mostrando as configurações do dispositivo e o processo de ativação do monitoramento dos dados dos sensores, começando a identificar as atividades do indivíduo para rastrear e analisar quando uma queda possa ter ocorrido, ativando assim o sistema de alertas e registrando os dados para análise de resultados.

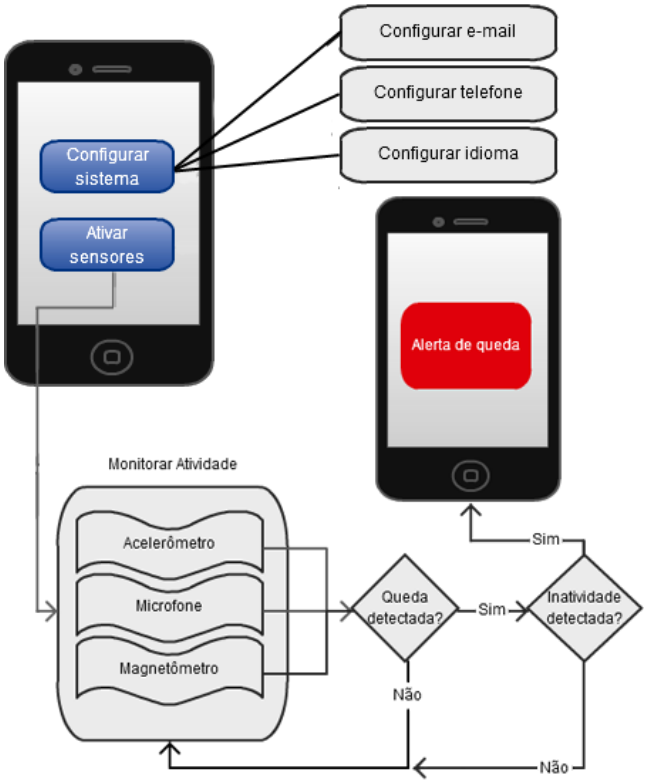

Figura 1 - Representação do sistema de detecção de queda

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o sistema operacional Android da Google. O Android é um framework de código aberto projetado para dispositivos móveis, ele empacota um sistema operacional, middleware e aplicações chave, também fornece um SDK com as bibliotecas necessárias para interagir com o hardware e programar o sistema. As aplicações foram escritas em Java, sendo executadas na máquina virtual Dalvik, e utilizam o banco de dados SQLite para armazenar dados persistentes [3].

A aplicação fAlert foi testada no dispositivo Samsung Galaxy S3 [4] que possui a configuração apresentada na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Configuração técnica do Samsung Galaxy S3 I19300

Dimensões	136.6 x 70.6 x 8.6 mm
Tamanho de tela	4.8 polegadas de 720 x 1280 pixels
Peso	133g
Tecnologias sem fio	Wifi 802.11 b/g/n, 2.5G, 3G, Bluetooth, NFC e GPS
Armazenamento	16GB
Memória RAM	1GB
Processador	Quad-core 1.4 GHz Cortex-A9
Bateria	Li-Ion 2100 mAh
Qualidade do som	-90.3dB e -92.6dB
Sensores	Acelerômetro, microfone, giroscópio, proximidade, bússola, barômetro.
Sistema Operacional	Android versão 4.3 Jelly Bean.

A aplicação possui uma interface gráfica com apenas dois botões principais para facilitar a compreensão e manejo. Um deles para as configurações de contato e idioma, permitindo a seleção de três idiomas: Português do Brasil, Espanhol e Inglês. A configuração do idioma também está programada para alterar os alertas sonoros da aplicação, e as configurações de contato para quando seja detectada uma queda o sistema passe a realizar o alerta do ocorrido comunicando-se com os destinatários configurados no sistema. A ativação do monitoramento das atividades do usuário por meio dos sensores do dispositivo somente estará disponível prévia configuração dos dados de contato. O monitoramento possui uma interface simples, com informações dos dados dos três eixos do acelerômetro para demonstrar que estão sendo obtidos corretamente os dados conforme o usuário se move, utilizando ilustrações metafóricas dos estados de monitoramento do programa: monitorando, suspeita de queda detectada e queda detectada. A Figura 2 ilustra o desenho da interface gráfica da aplicação.

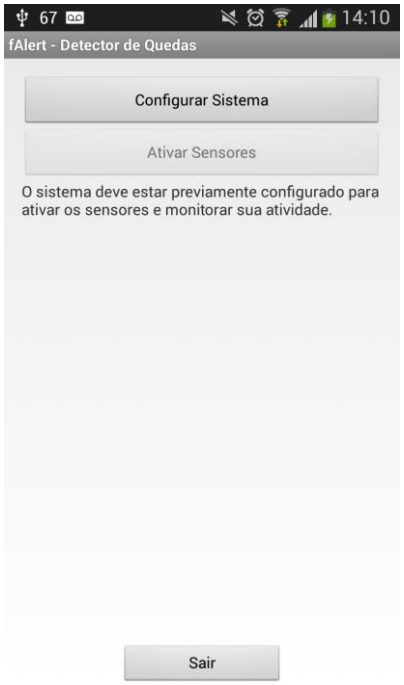

Figura 2 - Desenho da interface gráfica da aplicação

A aplicação utiliza o acelerômetro e magnetômetro a uma freqüência de 48.86 Hz para leitura de dados, caracterizada pela configuração SENSOR_DELAY_GAME do android, indicado para utilização em aplicações como jogos, que necessitam uma taxa de freqüência maior [5] e que se adaptou corretamente ao sistema, onde necessitamos obter informações sensíveis em um intervalo de tempo de 50ms para o correto funcionamento do algoritmo de detecção de quedas.

O sistema foi avaliado utilizando o dispositivo atado a um cinto na altura do peito do usuário. Foram realizados testes sobre movimentos em atividades cotidianas como andar, correr, sentar, levantar e deitar, além de testes específicos para os casos de quedas, onde foi utilizado um colchão de espuma de alta densidade para não refletir de forma negativa o impacto como ocorre em colchões de mola devido a alto nível de rebote que neles ocorrem, localizando o colchão no chão na altura dos pés do usuário.

Os dados utilizados para detecção de quedas foram obtidos por meio do vetor de aceleração linear produzido pelo acelerômetro, identificado pela fórmula da Figura 3, e pela fusão da informação dos três eixos do acelerômetro e os dados obtidos pela leitura do magnetômetro para detecção da posição do dispositivo, realizado 2,5 segundos após o momento da queda, para evitar erros de leitura em momento de aceleração ou queda livre do dispositivo [6].

$$|\mathbf{A}_T| = \sqrt{|\mathbf{A}_x|^2 + |\mathbf{A}_y|^2 + |\mathbf{A}_z|^2}.$$

Figura 3 - Fórmula para obter a o vetor da aceleração lineal do dispositivo.

O padrão de queda utilizado para determinar se uma queda ocorreu, está representado pela Figura 4, onde podemos identificar uma possível queda quando a aplicação detecta que o usuário se encontra em queda livre por um curto período de tempo, até a ocorrência do impacto, representado na imagem pela brusca variação da aceleração do dispositivo [7], tudo ocorrendo em um período de tempo de 1,5 segundos. Após o valor mínimo e máximo terem sido alcançados de forma consecutiva, verificamos por meio do método para detecção da posição do dispositivo se nos encontramos em posição de até 45° em relação ao chão, identificando assim uma queda.

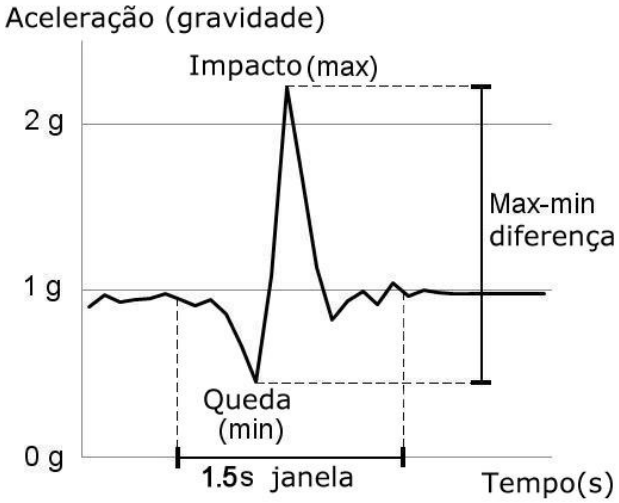

Figura 4 - Padrão para detecção de queda utilizando os dados fornecidos pelo acelerômetro [3]

Depois de detectada uma possível queda pelo algoritmo, foi utilizado o Google Speech Recognizer para identificar se o usuário se encontra bem, lançando uma janela de diálogo onde o usuário precisa interatuar com o dispositivo utilizando a voz em um tempo mínimo de 25 segundos, dizendo em voz alta alguma das seguintes palavras para detectar se está bem: "ok", "estou bem" ou "estoy bien", e em caso de necessitar ajuda imediata falar em voz alta alguma das seguintes palavras de ajuda: "help", "socorro" ou "ayuda me", configuradas nos três idiomas disponíveis da aplicação para identificar o estado do usuário. Em caso de que o usuário se encontre bem, a aplicação volta ao seu estado inicial de monitoramento das atividades, em caso de não responder ao reconhecimento de voz ou indicar com alguma das palavras de ajuda, será ativado o sistema de alerta, realizando uma ligação telefônica para o telefone configurado no contato de alerta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos utilizando o dispositivo Samsung Galaxy S3 I9300, conduzidos inicialmente de modo a configurar corretamente a sensibilidade do dispositivo, foi possível identificar o valor mínimo para o algoritmo de detecção de queda fixado no valor de 0,2g para aceleração de queda livre e de 1.5g para valor máximo de aceleração para impacto. Para posição do dispositivo foi determinado que para valores angulares inferiores a 45° uma posição de queda seria detectada, devido a possíveis obstáculos que foram simulados nas provas de queda utilizando travesseiros como objetos que interfiram o usuário no

momento da queda, podendo eles representar objetos pequenos de comum localização e utilização próxima ao chão, e que prejudiquem o algoritmo de detecção no caso do usuário cair sobre eles.

Os resultados da Tabela 2 demonstram que o algoritmo de detecção de queda possui uma efetividade de 93% para os testes de queda para os valores mínimos e máximos fixados como ideais para a aplicação no dispositivo de teste utilizado.

Tabela 2: Resultados dos testes realizados

Samsung Galaxy S3 I9300				Resultados de 30 Testes	
AÇÃO	THRESHOLD			Suspeitas de queda detectadas	
	MIN	MAX	Diferença		
Deitar	0,2g	1,4g	12	16	53%
Deitar	**0,2g**	**1,5g**	**13**	**10**	**33%**
Deitar	0,2g	1,6g	14	6	20%
Deitar	0,2g	1,7g	15	4	13%
Cair	0,2g	1,4g	12	30	100%
Cair	**0,2g**	**1,5g**	**13**	**28**	**93%**
Cair	0,2g	1,6g	14	25	83%
Cair	0,2g	1,7g	15	23	77%

5. CONCLUSÃO

Este estudo descreveu experimentos em detecção de queda conduzidos na aplicação fAlert instalada no dispositivo Samsung Galaxy S3 I9300 utilizando algoritmos para detecção de quedas e posição do dispositivo juntamente com comandos de voz para determinar uma possível queda. Chegando a conclusão que os limites máximos e mínimos do algoritmo de detecção de quedas são ideais para os valores 0,2g e 1,5 respectivamente, alcançando uma eficiência de 93% como demonstrada na **Tabela 2**, concluindo que a margem de erro obtida foi devido a uma altura e intensidade de impacto baixa nos testes de queda realizados, impedindo o correto funcionamento do algoritmo.

Também foi identificado que alterando a sensibilidade pode-se chegar a 100% de eficiência do algoritmo para detecção de quedas, porém também aumenta a porcentagem de falsos positivos na ação de deitar, que não deveria ser detectado como uma queda, fixando-se assim no melhor resultado obtido de acordo com a tabela de resultados dos testes, que se baseia nos resultados de 240 testes divididos nas ações críticas "deitar" e "cair", descartando ações comuns como sentar, levantar, andar e correr devido a que o método de detecção da posição do dispositivo conseguiu eliminar 100% dos falos positivos relacionados com essas ações.

O tamanho da janela foi definido em 1,5 segundos devido a que em grande parte dos testes, janelas de 1 segundo não eram suficientes para detectar o ponto máximo e mínimo nos momentos em que a queda livre ocorria em um tempo superior ao normal, como em quedas lentas.

Pesquisas futuras sobre estes resultados podem envolver o monitoramento de longo prazo de pessoas com cuidados especiais, o desenvolvimento de um sistema de detecção de queda que possa ser calibrado de forma automática de acordo com o dispositivo e suas características, tendo em conta a grande heterogeneidade de dispositivos móveis que existem no mercado e seus diversos sensores, e também a utilização de aprendizagem de maquina para diferenciar de forma mais eficiente as ações de "deitar" e "cair", assim como hábitos e locais de risco de acordo com as atividades diárias dos usuários.

REFERENCIAS

[1] Jer-Vui Lee, Yea-Dat Chuah and Kenny T.H. Chieng, “Smart Elderly Home Monitoring System with an Android Phone”, International Journal of Smart Home Vol. 7, No. 3, Maio, 2013.

[2] K Doughty, R Lewis, and A McIntosh. "The design of a practical and reliable fall detector for community and institutional telecare". Journal of Telemedicine and Telecare, 6(1):150–154, 2000.

[3] Sposaro Frank, Tyson Gary, “iFall: An Android Application for Fall Monitoring and Response”, Florida State University USA, Engineering in Medicine and Biology Society EMBC, Set. 2009.

[4] SAMSUNG ELECTRONICS CO. LTD. com a especificação técnica do dispositivo. DOI= http://www.samsung.com/global/galaxys3/specifications.html Acesso em: 24 abr. 2014.

[5] Documentação referente à página oficial do sistema operacional android, DOI: http://developer.android.com/reference/android/hardware/SensorManager.html#SENSOR_DELAY_GAME. Acesso em: 12 jun. 2014.

[6] Documentação referente à página oficial do sistema operacional android, DOI: http://developer.android.com/reference/android/hardware/SensorManager.html#getRotationMatrix(float[],float[],float[],float[]). Acesso em: 12 jun. 2014.

[7] Hristijan Gjoreski, Mitja Luštrek, Matjaž Gams, “Accelerometer Placement for Posture Recognition and Fall Detection”, Jožef Stefan Institute Ljubljana Slovenia, Department of Intelligent Systems, 2011.

[8] Shadi Khawandi, Bassam Daya & Pierre Chauvet, "Automated monitoring system for fall detection in the elderly", International Journal of Image Processing (IJIP), Volume (4): Issue (5), 2010.