

Identificação de Situações em eHealth Explorando uma Abordagem Híbrida Baseada em Lógica Fuzzy e Árvore de Decisão

Douglas Scheunemann, Adenauer Yamin *

Renata Reiser

João Lopes, Cláudio Geyer

Resumo. A eHealth pode ser entendida como o uso de tecnologias de comunicação para fornecer serviços na área de saúde. Nesse sentido, avanços na área de IoT permitem a expansão de características mobilidade e disponibilidade das aplicações. Neste trabalho é apresentada uma abordagem híbrida para identificação de situações na IoT utilizando técnicas de processamento baseadas em especificação e aprendizagem. Como forma de avaliação da arquitetura foi empregado um estudo de caso na área de saúde com foco em reabilitação cardíaca, provendo suporte à tomada de decisões de terapeutas empregando Lógica Fuzzy e Árvore de Decisão.

Keywords: eHealth; Identificação de Situações; Lógica Fuzzy.

1 Introdução

A eHealth pode ser entendida como o uso de tecnologias de comunicação para fornecer serviços na área de saúde permitindo que terapeutas e pacientes interajam mesmo que em localizações diferentes [1]. Dispositivos como sensores, equipamentos médicos e *smartphones* podem ser conectados e interagir a qualquer momento, em qualquer lugar através de uma rede unificada, denominada de Internet das Coisas (IoT) [2]. Nesse cenário, um dos principais desafios de pesquisa em IoT é a ciência de situação. Uma situação corresponde a uma visão compreensível e em alto nível de abstração do contexto de interesse da aplicação [2].

A principal contribuição deste trabalho é uma abordagem híbrida de processamento híbrida parametrizável através de uma API, integrada ao middleware EXEHDA (*Execution Environment for Highly Distributed Applications*) [3], denominada EXEHDA-HP (EXEHDA - Hybrid Processing). Esta abordagem permite que técnicas de processamento contextual baseadas em especificação, como lógica fuzzy, sejam combinadas com técnicas baseadas em aprendizagem para prover ciência de situação.

* Este trabalho é parcialmente financiado pelas agências de fomento brasileiras sob os números de processo: 309533/2013-9 (CNPq), 309533/2013-9 (FAPERGS), 448766/2014-0 (MCTI/CNPQ) e o Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil.

2 EXEHDA-HP: Concepção da Abordagem Proposta

O middleware EXEHDA possui dois tipos de servidores: (i) Servidor de Borda, responsável por interagir com o ambiente através de sensores e atuadores; e (ii) Servidor de Contexto, responsável por prover funcionalidades para ciência de situação. Estes servidores são alocados em células do ambiente gerenciado pelo EXEHDA, onde cada célula possui um Servidor de Contexto e pode possuir vários Servidores de Borda.

O Servidor de Contexto é formado por cinco módulos: Aquisição, Atuação, Notificação, Comunicação e Processamento [3]. O **Módulo de Aquisição** é responsável por prover suporte à captura das informações contextuais, coletadas pelos Servidores de Borda considerando sensores lógicos e físicos. Através do **Módulo de Atuação** é controlada a ativação, desativação e configuração dos atuadores, como consequência de uma notificação de outros módulos do Servidor de Contexto. O **Módulo de Notificação** é responsável por notificar o resultado do processamento das informações de contexto e da consequente identificação de situações realizada pelo Módulo de Processamento. Por sua vez, o **Módulo de Comunicação** é utilizado por Servidores de Contexto remotos e/ou aplicações para solicitação de situações constituídas por contextos de interesse correlacionados, dados contextuais e/ou o disparo de atuadores.

O **Módulo de Processamento**, foco deste trabalho, tem como principal função realizar as tarefas pertinentes ao tratamento das informações contextuais, bem como dos eventos para identificar situações de interesse das aplicações. Para execução destas tarefas, os componentes de software que constituem esse módulo interagem com os modelos de representação do contexto.

Neste trabalho foram concebidos mecanismos para processamento híbrido de contexto e parametrização das diferentes etapas inerentes a este processamento, contemplando dois fluxos de dados contextuais: (i) o middleware executa a coleta de dados contextuais do meio de forma autônoma; (ii) as aplicações podem disponibilizar dados de contexto e/ou critérios que serão considerados quando do processamento combinado dos dados contextuais coletados.

A estrutura de processamento foi modelada para permitir acesso através de APIs do tipo REST (*Representational State Transfer*) [4]. Para compor o fluxo de processamento contextual são criadas instâncias de componentes de processamento, alocadas em URIs (*Uniform Resource Identifier*).

A execução das instâncias de processamento é disparada por eventos de modificação nos dados de entrada. Cada instância deve possuir como entrada ao menos uma URI para sensor, contexto processado, ou contexto externo. A saída do processamento é armazenada em uma URI para contexto processado que permite a sua utilização em outras etapas do fluxo de processamento contextual.

A API desenvolvida permite que fluxos de processamento possam ser criados, empregando técnicas baseadas em especificação e aprendizagem, no caso deste trabalho, Lógica Fuzzy e Árvore de Decisão, respectivamente. Com isto, fica viabilizada a construção de uma abordagem híbrida para identificação de situações.

3 EXEHDA-HP: Avaliação da Arquitetura

Para realizar a avaliação das funcionalidades da arquitetura foi prototipada uma aplicação para monitoramento de pacientes em reabilitação cardíaca após um acidente vascular. Estudos indicam que a reabilitação baseada em exercícios físicos foi associada a uma redução de 20 a 30% nas taxas de mortalidade, quando comparada com cuidados sem exercício [5]. Respostas desproporcionais no batimento cardíaco podem indicar situações de risco para o paciente. Desta forma, o reconhecimento da atividade física e sua correlação com a frequência cardíaca pode permitir uma recuperação mais segura [6].

O processamento de contexto para identificação de situações, baseou-se no uso da técnica de aprendizado Árvore de Decisão para identificação da atividade física realizada pelo paciente. A inferência do risco de saúde foi classificada utilizando raciocínio fuzzy, considerando a atividade física e a frequência cardíaca do paciente. O risco inerente à situação do paciente foi classificado no domínio linguístico: Baixo, Moderado e Alto.

O treinamento e o teste do componente para classificação de atividades foi feito utilizando a base de dados disponibilizada no trabalho de Kwapisz et al. [7], no qual foram capturados sinais de acelerômetros de *smartphones* de 29 voluntários durante a execução de atividades físicas que podem ser classificadas como: Repouso, Movimento Lento e Movimento Rápido. Após o treinamento foi gerada uma Árvore de Decisão com 62 ramos e 123 elementos, sendo utilizadas 43 características extraídas do sinal do acelerômetro para composição das decisões. O percentual total de classificação correta obtido foi de 97,5%.

A frequência cardíaca apropriada para cada paciente em uma dada atividade física é obtida através de uma interface de **Contexto Externo** para a aplicação em que é feito o gerenciamento dos pacientes. O domínio linguístico para frequência cardíaca é dado por: Muito Baixa, Baixa, Normal, Alta e Muito Alta. Os valores numéricos obtidos do sensor de batimento cardíaco são transformados para o domínio fuzzy aplicando funções de pertinência triangulares. Na instância de processamento em que é feita a classificação da situação de risco de saúde do paciente é aplicada inferência baseada lógica fuzzy.

4 Trabalhos Relacionados

O estudo de trabalhos relacionados foi feito considerando as especificações do EXEHDA-HP: arquitetura utilizada em diferentes domínios de aplicação; arquitetura distribuída; abordagem híbrida de processamento de contexto e suporte para identificação de situações. Dentre estes, dois estão resumidos a seguir.

Yuan e Herbert [8] propõem uma arquitetura para suporte ao monitoramento e reconhecimento de atividades e hábitos para aplicações na área de vivência assistida. Neste trabalho é previsto o uso de um algoritmo de aprendizado baseado em casos e as regras da aplicação são criadas utilizando lógica fuzzy. No EXEHDA-HP a abordagem de processamento foi estruturada de forma a suportar a inclusão de novos algoritmos através de Componentes de Processamento.

Desta forma, diversas técnicas de aprendizado e especificação podem ser combinadas.

Cimino et al. [9] propõem uma arquitetura de software para ciência de situação. Os autores propõem um modelo de processamento que considera o uso de regras e de modelos semânticos para representação e processamento do contexto. No EXEHDA-HP considerou-se que o middleware deve prover suporte para diversos tipos de representação de contexto e modelos de processamento. Desta forma, através da API proposta para o Servidor de Contexto, a técnica de processamento e o padrão de representação do contexto são definidos através dos Componentes de Processamento.

5 Considerações Finais

A principal contribuição do EXEHDA-HP é uma abordagem híbrida para prover ciência de situação. Na API proposta foram considerados os aspectos de flexibilidade na criação de mecanismos para o processamento das informações de contexto visando à identificação de situações. Através do estudo de caso foi possível demonstrar o suporte oferecido para o processamento contextual híbrido, empregando técnicas de aprendizagem e especificação.

Como trabalho futuro pretende-se expandir a API proposta neste trabalho para dar suporte aos mecanismos de adaptação previstos no EXEHDA.

Referências

1. Boogerd, E.a., Arts, T., Engelen, L.J., van de Belt, T.H.: "What Is eHealth": Time for An Update? *JMIR Research Protocols* **4**(1) (2015) e29
2. Razzaque, M.A., Milojevic-Jevric, M., Palade, A., Clarke, S.: Middleware for Internet of Things: a Survey. *Internet of Things Journal, IEEE* **PP**(99) (2015) 1
3. Lopes, J., Souza, R., Pernas, A., Yamin, A., Geyer, C.: A distributed architecture for supporting context-aware applications in ubicomp. In: *Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2014 IEEE 28th International Conference on.* (May 2014) 584–590
4. Fielding, R.T.: *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures.* Doctoral dissertation, University of California (2000)
5. Rabelo, D., Gil, C., Araújo, S.D.: Reabilitação cardíaca com ênfase no exercício: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* **12**(5) (2006) 279–285
6. Negrão, C.E., Barreto, A.C.P.: *Cardiologia do Exercício: do Atleta ao Cardiopata.* 3 edn. Manole, Barueri, SP - Brazil (2010)
7. Kwapisz, J.R., Weiss, G.M., Moore, S.a.: Activity recognition using cell phone accelerometers. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter* **12** (2011) 74
8. Yuan, B., Herbert, J.: Context-aware hybrid reasoning framework for pervasive healthcare. *Personal and Ubiquitous Computing* **18**(4) (2014) 865–881
9. Cimino, M.G.C.A., Lazzarini, B., Marcelloni, F., Ciaramella, A.: An adaptive rule-based approach for managing situation-awareness. *Expert Syst. Appl.* **39**(12) (2012) 10796–10811