

# Utilizando o Modelo Dual para a Representação e Persistência de Contexto em Aplicações Ubíquas de Telemonitoramento

Sergio Miranda Freire<sup>1</sup>, Alexandre Szntajnbarg<sup>2</sup>, Alessandro Copetti<sup>3</sup>,  
Orlando Gomes Loques Filho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>DTIES/FCM, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

<sup>2</sup>DICC/IME e PEL/FEN, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

<sup>3</sup>Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Brasil

sergio@lampada.uerj.br, alexszt@uerj.br, {acopetti, loques}@ic.uff.br

**Abstract.** *This paper describes a proposal for representation and persistence of patient and context data in ubiquitous applications. It is based on the OpenEHR Foundation's dual model approach, which provides a separation between structure and semantic concerns, and flexibility for inclusion of new structures to be persisted. The persistence solution consists in storing the XML representation of the reference model, indexed by data paths defined by archetypes. A prototype implementation was developed and tested. Following this phase, the archetypes for the clinical and contextual data will be modeled. Also, the persistence solution for the local context service and the data transfer to the central electronic health record server will be implemented.*

**Resumo.** *Este artigo descreve uma proposta para a representação e persistência de dados de pacientes e de contexto em aplicações ubíquas. Ela se baseia no modelo dual da Fundação openEHR, que fornece uma separação entre estrutura e semântica, e permite a inclusão de novas estruturas a serem persistidas. A solução de persistência consiste em armazenar a representação XML do modelo de referência, indexado pelos caminhos dos dados definidos por arquétipos. Um protótipo mostrou a viabilidade da proposta. Na seqüência, serão elaborados os arquétipos para dados clínicos do paciente e de contexto, e implementadas a solução de persistência para o serviço de contexto local e a transferência dos dados para o servidor central do registro eletrônico de saúde.*

## 1. Introdução

Aplicações ubíquas de assistência domiciliar e de telemonitoramento (*remote assisted living*) requerem a coleta e a manipulação de dados tão diversos quanto os sinais vitais do paciente, de sensores do ambiente doméstico ou de sensores de posicionamento e movimento (acelerômetros). Em nosso projeto, que inclui uma arquitetura para a monitoração inteligente e ubíqua de pacientes, a correlação de informações, como a pressão arterial, a temperatura ambiente e a informação de que o paciente está dormindo é importante [5]. O suporte para tais aplicações, de uma forma geral, não define uma arquitetura que integre o conhecimento médico, comportamento e dados fisiológicos do paciente aos dados de contexto do ambiente. O telemonitoramento de pacientes também coloca o problema da integração dos dados coletados na residência do paciente ao seu

próprio prontuário. Ainda, sistemas locais podem utilizar soluções mais leves de persistência, enquanto que os sistemas centrais de registro eletrônico de saúde têm o suporte de bancos de dados. Adicionalmente, novas modalidades de monitoramento requerem novas estruturas de dados, que precisam ser acomodadas. Além disso, a interoperabilidade entre os vários sistemas passa a ser uma necessidade.

O conjunto de normas do CEN (Comitê Europeu de Normatização) 13606 propõe uma arquitetura para a comunicação de extratos do registro eletrônico de saúde [1, 2], que pode ser empregada para resolver os problemas colocados acima. Protótipos de sistemas que seguem esta abordagem têm sido implementados [3]. A característica central desta proposta, também conhecida como modelagem dual, é a separação do modelo de persistência (conhecido como modelo de referência) do modelo do domínio (definido por arquétipos). A Fundação openEHR [4] propõe uma arquitetura análoga à da norma 13606, fornecendo, porém, um modelo de referência mais detalhado das estruturas do registro eletrônico do paciente, além de especificar um modelo demográfico (dados de pessoas, organizações, etc) que podem ser arquetipados.

Neste artigo, apresentamos uma proposta para a representação e persistência de dados clínicos e de contexto no desenvolvimento de aplicações de assistência domiciliar e de telemonitoramento [5]. A Seção 2 introduz o modelo dual e o openEHR. A Seção 3 discute a nossa proposta de representação de dados e um conjunto de arquétipos para a estruturação de dados, bem como uma solução de persistência. Na Seção 4, discutimos a implementação de um protótipo, utilizando o modelo de referência da Fundação openEHR. Na Seção 5, avaliamos os resultados e apresentamos os próximos passos.

## 2. Modelo Dual e o openEHR

O modelo dual da Fundação openEHR [6] possui dois conceitos básicos:

O modelo de referência (RM, *reference model*) é composto por classes que representam estruturas genéricas do registro eletrônico de saúde ou de dados demográficos, além de fornecerem mecanismos para controle de versão, auditoria e controle de acesso aos dados. O RM tende a ser estável, suas classes devem ser alteradas com menor frequência do que os arquétipos.

O modelo de arquétipos (AM, *archetype model*) é composto por especificações formais, de meta-nível, que restringem o conteúdo dos dados representados no RM. As alterações de estrutura e de regras de negócios refletem-se no AM e não no RM, de modo que não sejam necessárias alterações no mecanismo de persistência utilizado. Além disso, os arquétipos devem ser criados e mantidos por especialistas do domínio. Arquétipos podem ser associados a ontologias e incluir referências a sistemas terminológicos utilizados para codificar os seus dados.

As classes do RM podem apresentar atributos que funcionam como ganchos, permitindo a representação de diversos conceitos de um determinado domínio por meio de arquétipos. Por exemplo, no modelo demográfico do openEHR, a classe *ADDRESS* possui um atributo chamado *details* que é um objeto da classe *ITEM\_STRUCTURE*. Esta classe possui diversas subclasses que especificam formas diferentes de se estruturar os dados (como listas – *ITEM\_LIST*, árvores – *ITEM\_TREE*, etc.). De forma simplificada, pode-se dizer que estas subclasses possuem um ou mais itens da classe *ELEMENT*, a qual possui entre outros, um atributo chamado *name* e um outro chamado *value*. São os arquétipos que especificam qual a estrutura e os componentes do atributo

*details*. Por exemplo, um arquétipo chamado **endereco** indicaria que esta estrutura é uma lista de elementos onde o primeiro possui um atributo *name*, com o valor “rua”, e o segundo elemento possui um atributo *name*, com o valor “localidade”. O atributo *value* de ambos os elementos é do tipo string, etc. A Figura 1 apresenta um trecho deste arquétipo, descrito em ADL (*Archetype Definition Language*) [7].

```
[...]
ADDRESS[at0005] matches {      -- endereço
  details matches {
    LIST[at0006] matches {      -- itens do endereço
      items cardinality matches {0..*; ordered} matches {
        ELEMENT[at0007] occurrences matches {0..1} { -- rua
          name matches {DV_TEXT matches {*} }
          value matches {DV_TEXT matches {*} } }
        ELEMENT[at0008] occurrences matches {0..1} {--localidade
          name matches {DV_TEXT matches {*} }
          value matches {DV_TEXT matches {*} } }
      }
    }
  }
[...]
```

Figura 1. Trecho da definição do arquétipo endereco em ADL [7]

### 3. Proposta

As características do modelo dual alinham-se com técnicas de meta-nível e reflexivas utilizadas em infra-estruturas de suporte para aplicações ubíquas [5]. Em nosso projeto, utilizaremos este modelo como base de persistência e consulta para serviços de Descoberta e Contexto, responsáveis por (i) descobrir recursos e (ii) coletar dados clínicos e de contexto na residência do paciente; e disponibilizar estas informações para um sistema de regras e geração de alarmes em tempo-real. Esta mesma base alimentará um banco de dados central que permite o armazenamento de dados de longo prazo e a realização de vários tipos de análises sobre os mesmos. Assim estamos especificando arquétipos que definem a semântica dos objetos clínicos e demográficos, seguindo o modelo de referência do openEHR, e arquétipos para dados de contexto do ambiente e do paciente. Nesta especificação, procuraremos reutilizar arquétipos disponibilizados pela Fundação openEHR como, por exemplo, arquétipos para os conceitos de pressão sanguínea, gases sanguíneos, glicose, e peso. Uma outra atividade a ser realizada é a análise dos sistemas terminológicos que poderão ser utilizados para codificar os diferentes tipos de dados, como dados clínicos, exames, equipamentos, etc.

Em outra atividade, estamos desenvolvendo uma solução de persistência e consulta, pois esta ainda é uma questão aberta no modelo openEHR, e importante em nosso projeto. Em [4] é sugerida uma técnica para persistir as composições do registro eletrônico como campos do tipo *blob* indexados pelos caminhos (*paths*) definidos pelos arquétipos e eventualmente pelos dados armazenados em tempo de execução. Por exemplo, o arquétipo citado anteriormente define diversos caminhos para se chegar aos valores dos atributos a partir da raiz do arquétipo: *details*; *details/items*; *details/items/name[1]*; *details/items/valor[1]*, etc. Estes caminhos permitem a consulta ao banco de dados, utilizando uma linguagem de consulta, como a SQL, ou outra específica para lidar com o modelo dual, a EHR Query Language [8].

Para a comunicação entre o servidor doméstico e o servidor central, as classes do pacote *extract* do RM, que são necessárias para se transferir extratos do registro eletrônico, ainda terão que ser implementadas.

#### 4. Implementação e Resultados Iniciais

Um protótipo foi implementado em Java para persistir os dados num banco de dados relacional, PostgreSQL 8.3, composto de duas tabelas. A primeira tabela possui três campos: o primeiro armazena o caminho, o segundo armazena o valor do atributo definido pelo caminho, e o terceiro armazena o identificador único do registro onde os dados serão persistidos. A segunda tabela possui dois campos: o primeiro armazena o identificador único do paciente e o segundo campo é um campo texto que contém o conteúdo serializado em XML dos dados do paciente. Neste protótipo utilizamos como ponto de partida uma implementação de código aberto do RM e do modelo de arquétipos, disponibilizado pelo openEHR [9].

Uma aplicação de teste também foi implementada para inserir e recuperar registros contendo dados demográficos segundo um arquétipo demográfico simples de pessoa: nome, sexo e data de nascimento do paciente, e um endereço.

#### 5. Discussão e Conclusão

Algumas questões precisam ser discutidas para se avaliar a utilização do Modelo Dual em aplicações ubíquas de telemedicina de interesse deste projeto. A questão da persistência dos dados é uma das mais importantes. Como o RM possui um conjunto grande de classes e hierarquias relativamente profundas, um mapeamento objeto-relacional puro não deve ser uma solução eficiente, o que é sugerido pela literatura e pelas discussões da comunidade do openEHR [3, 4]. Outras soluções seriam a utilização de um banco orientado a objetos, ou a proposta seguida neste trabalho. O protótipo permitiu à equipe do projeto conhecer a implementação do modelo de referência e implementar uma solução de persistência que mostrou ser viável para um arquétipo simples e com alguns registros gravados. Porém, novos experimentos terão que ser realizados para testar o desempenho da solução com um volume grande de dados e de consultas à base e compará-lo com propostas alternativas.

**Agradecimento.** Os autores gostariam de agradecer o apoio do CNPq e Faperj.

#### 6. Referências

- [1] CEN/TC251, “prEN 13606-1: Health informatics - EHR communication - Part 1: Reference Model”, 2006
- [2] CEN/TC251, “prEN 13606-2: Health informatics - EHR communication - Part 2: Archetypes”, 2006.
- [3] A. Muñoz, R. Somolinos, et al., “Proof-of-concept Design and Development of an EN13606-based Electronic Health Care Record Service”, *J. of the American Medical Informatics Assoc.* 2007, 14:118-129.
- [4] OpenEHR, "The openEHR Foundation", <http://www.openehr.org> (12/09/2007)
- [5] A. Copetti, J. Leite, O.G. Loques; A.C.L. Nóbrega; T.P.C. Barbosa, “Monitoramento Inteligente e Sensível ao Contexto na Assistência Domiciliar Telemonitorada”. In: *XXVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 35o. Seminário Integrado de Software e Hardware*, 2008, Belém.
- [6] T. Beale, S. Heard, “OpenEHR architecture overview”. <http://www.openehr.org/svn/specification/TAGS/Release-1.0.1/publishing/architecture/overview.pdf> (12/09/2007).
- [7] T. Beale, S. Heard, “The openEHR Archetype Model. Archetype Definition Language 1.4”. <http://www.openehr.org/svn/specification/TAGS/Release-1.0.1/publishing/architecture/am/adl.pdf> (23/03/2008).
- [8] C. Ma, H. Frankel, T. Beale, S. Heard, “EHR Query Language (EQL) – A Query Language for Archetype-Based Health Records”, *MEDINFO 2007*, K. Kuhn et al. (Eds), IOS Press, 2007:397:401.
- [9] R. Chen, G. Klein, “The openEHR Java Reference Implementation Project”, *MEDINFO 2007*, K. Kuhn et al. (Eds), IOS Press, 2007:58:62.