

FILTRAGEM SEMÂNTICA DE CONTEXTO APLICADA EM MONITORAMENTO DE SINAIS VITAIS

Guilherme Melo e Maranhão¹ e Renato de Freitas Bulcão Neto¹

¹Instituto de Informática (INF) / Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil

Resumo: Este artigo propõe um mecanismo de filtragem baseado na semântica de contexto ontológico, que apóia a disseminação de contexto segundo uma comunicação *publish-subscribe*. A filtragem semântica é descrita como um serviço oferecido pelo sistema gerenciador de contexto *Hermes*; cenários de monitoramento de sinais vitais com dados reais foram definidos com auxílio de uma equipe de Enfermagem de um hospital universitário e usados para validação e avaliação de desempenho do serviço de filtragem orquestrado com outros serviços do sistema *Hermes*. Os resultados comprovam a eficácia da solução tanto do ponto de vista funcional quanto em relação ao tempo de resposta para a emissão de alarmes inferidos em função de anormalidades em sinais vitais. Conclui-se que a filtragem semântica, como apoio à inferência e à disseminação de contexto, é uma novidade na literatura, aliada à alta expressividade na especificação de filtros para atender diversas demandas de aplicações assinantes.

Palavras-chave: Sistemas de Informação em Saúde, Monitorização Fisiológica, Semântica

Abstract: *This paper presents a filtering mechanism based on the semantics of context modeled by ontologies and a publish-subscribe-based context distribution. The semantic filtering is described as a service provided by the Hermes context management system; scenarios of vital signs monitoring with real-world data were created by a Nursing staff from a university hospital and also used for the validation and a performance evaluation of the filtering mechanism orchestrated with other Hermes services. The simulation results demonstrate the adequacy of the filtering service in terms of functional validation and response time to the production of inferred alarms based on abnormalities of vital signs measurements. We conclude that the semantic filtering support for context inference and dissemination is the main contribution, besides the high expressiveness of filters specification to attend heterogeneous demands of subscribing applications.*

Keywords: *Health Information Systems, Monitoring, Physiologic, Vital Signs, Semantics.*

Introdução

A Computação Sensível a Contexto estuda mecanismos para fornecimento e utilização de informações de contexto, a fim de oferecer serviços e/ou informações relevantes a usuários e outras aplicações na realização de uma tarefa¹. Contexto é qualquer informação (ex.: identidade, localização ou temperatura) que caracteriza a situação de uma entidade (ex.: pessoa, lugar ou objeto) considerada relevante em uma interação usuário-aplicação.

Com o uso de informações de contexto, uma aplicação pode oferecer serviços adaptados aos interesses de usuários e às características do ambiente, como por exemplo alertar uma equipe médica com informações sobre o estado clínico de pacientes em resposta a anormalidades identificadas no monitoramento dos sinais vitais.

Para que informações de contexto sejam transmitidas a aplicações, os projetos de desenvolvimento de sistemas sensíveis a contexto seguem um ciclo de vida de contexto²: aquisição, modelagem, inferência e disseminação de contexto.

Considere o cenário de monitoramento de sinais vitais humanos para ilustrar o ciclo de vida de contexto. Dados primitivos de contexto de um paciente são adquiridos por meio de sensores físicos, como por exemplo medidas de saturação de oxigênio obtidas via oxímetro de pulso. Esses dados são posteriormente representados segundo a técnica de modelagem adotada pelo sistema, como linguagens de marcação, esquemas relacionais ou ontologias³⁻⁴.

Na etapa seguinte, as informações de contexto modeladas são submetidas a processos de inferência (ou interpretação) para que novos fatos sejam produzidos. Isto é, dados primitivos de contexto associados ao perfil de um paciente e a outras informações parametrizadas podem ser usadas por um sistema sensível a contexto para deduzir alguma anormalidade. Esse sistema deduziria, por exemplo, que um paciente com medidas de saturação de oxigênio inferiores a 95% encontra-se em estado de hipoxemia⁵.

A última etapa do ciclo de vida de contexto é a distribuição (ou disseminação) dessas informações interpretadas para aquelas aplicações que manifestaram interesse, por exemplo, em anormalidades no estado de saúde de pacientes monitorados em uma UTI.

Dentre os desafios reportados quanto ao estabelecimento do ciclo de vida de contexto, no escopo deste artigo, destacam-se aqueles voltados às etapas de modelagem e disseminação². A primeira etapa deve fornecer mecanismos de modelagem expressivos, formais e extensíveis de maneira a representar domínios contextuais complexos, resultantes da distinção semântica entre informações, como por exemplo medidas de sinais vitais e anormalidades associadas, perfis de pacientes e de profissionais de saúde, dentre outras. Essa modelagem também deve favorecer a inferência de situações novas a partir de fatos adquiridos de um ambiente de interação, como por exemplo a dedução do estado de saúde de um paciente baseada em leituras de seus sinais vitais.

Já a etapa de disseminação de contexto deve incorporar mecanismos que possibilitem a aplicações (e outras entidades interessadas) especificarem, com alto grau de detalhamento, os eventos de que desejam ser notificadas, como detalhes do estado de saúde de um paciente. A essa capacidade de parametrização das informações de contexto que devem ser disseminadas, dá-se o nome de filtragem de contexto.

Este trabalho propõe uma nova abordagem de filtragem para apoio à disseminação de contexto, filtragem esta associada à modelagem e à interpretação da semântica de informações de contexto. Neste trabalho, as etapas de modelagem, interpretação e disseminação estão implementadas em um Sistema de Gerenciamento de Contexto chamado *Hermes*⁶⁻⁷⁻⁸. A etapa de modelagem em *Hermes* é apoiada por ontologias³ tanto na representação de informações adquiridas de sensores quanto na de informações do domínio de aplicação. A interpretação em *Hermes* utiliza mecanismos de inferência baseados em ontologias e em regras de lógica de primeira ordem. Por fim, a disseminação de contexto apóia-se em um *middleware* de comunicação *publish-subscribe*, em que provedores (ex.: sensor) publicam informações, e assinantes (ex.: aplicação) são notificados dada a ocorrência de tais informações.

Métodos

O desenvolvimento do Sistema *Hermes* está em conformidade com requisitos e princípios de projeto de software considerados essenciais na literatura¹⁻², com o objetivo de apoiar o ciclo de vida de contexto. Em suma, esses requisitos e princípios de projeto incluem:

- modelagem de informações de contexto baseada em ontologias e regras, cujas características de expressividade, extensibilidade, formalismo e suporte a inferência estão alinhadas aos desafios² da etapa de modelagem do ciclo de vida de contexto;
- serviço de representação de contexto de baixo nível, em geral, obtido de sensores físicos;
- serviço de agregação de informações de vários provedores de contexto;
- serviço de inferência e filtragem de informações de contexto;
- serviço de armazenamento de contexto de baixo nível, agregado e inferido; e
- serviço de comunicação distribuída entre os serviços citados e destes com aplicações de usuário;

- independência de domínio de aplicação, tanto quanto à modelagem de informações de contexto quanto aos serviços supracitados.

Em todos esses serviços do Sistema *Hermes* de apoio à modelagem, raciocínio e disseminação de contexto são usados padrões da Web Semântica¹⁰, que consiste em uma extensão da Web atual cujas informações têm semântica explícita, formal e compartilhada entre sistemas de software. Dentre os padrões da Web Semântica adotados no Sistema *Hermes* encontram-se:

- o modelo de triplas (sujeito, predicado, objeto) do padrão RDF (*Resource Description Framework*);
- a linguagem OWL (*Ontology Web Language*) para construção de ontologias com alta expressividade para a modelagem de conceitos de um domínio de aplicação;
- a linguagem SWRL (*Semantic Web Rule Language*) que agrega regras a descrições ontológicas em OWL; e
- a linguagem SPARQL (*SPARQL Protocol And RDF Query Language*), padrão para consulta sobre modelos de triplas RDF.

Devido às características identificadas de aquisição e disseminação das informações de contexto, a forma de transmissão escolhida no Sistema *Hermes* dá-se via *middleware* de comunicação com suporte ao paradigma *publish/subscribe*. Nesse paradigma são definidos tópicos para os quais provedores de contexto publicam informações e assinantes de contexto são notificados quando tais tópicos são acionados. A Figura 1 ilustra o mecanismo geral de filtragem semântica para disseminação de contexto proposto.

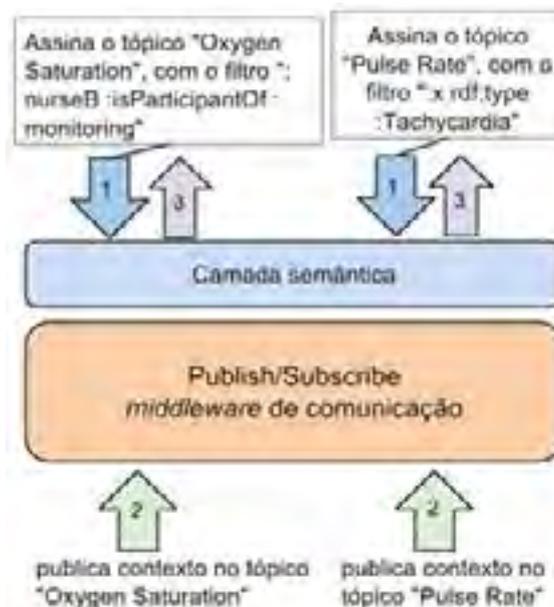


Figura 1: Mecanismo de filtragem semântica para disseminação de contexto.

No passo 1 da Figura 1, uma mesma aplicação assina tópicos para os sinais vitais saturação de oxigênio e frequência de pulso, respectivamente. A primeira assinatura filtra todos os monitoramentos de saturação de oxigênio de pacientes dos quais uma dada enfermeira é responsável. Já a segunda assinatura filtra todas as medidas de frequência de pulso que indicarem taquicardia.

O primeiro assinante será notificado (passo 3) assim que um provedor de contexto (ex.: oxímetro de pulso) publicar medidas de saturação de oxigênio (passo 2) de pacientes dos quais aquela enfermeira é responsável. Nenhum tipo de raciocínio é necessário, já que se conhece que pacientes devem ser monitorados e quem está responsável por cada um deles.

Por outro lado, essa mesma aplicação só será notificada (passo 3) pela segunda assinatura caso o estado de taquicardia seja detectado. Neste caso, é necessário que seja aplicado um mecanismo de raciocínio

sobre as medidas de frequência de pulso coletadas dos pacientes (passo 2), de forma a que seja avaliado se essas descrevem o estado de taquicardia de um paciente, isto é, se superiores a 100 bpm cada⁵.

A Figura 2 a seguir ilustra a arquitetura do Sistema *Hermes*, composta de três camadas: a camada das aplicações de usuário, que são consumidoras de informações de contexto; a camada da infraestrutura de serviços fornecidos pelo *Hermes*; e a camada de aquisição de contexto, composta de sensores e quaisquer provedores de informações de contexto. Uma descrição dos serviços oferecidos por *Hermes* é apresentada a seguir e maiores detalhes podem ser encontrados⁶⁻⁷⁻⁸:

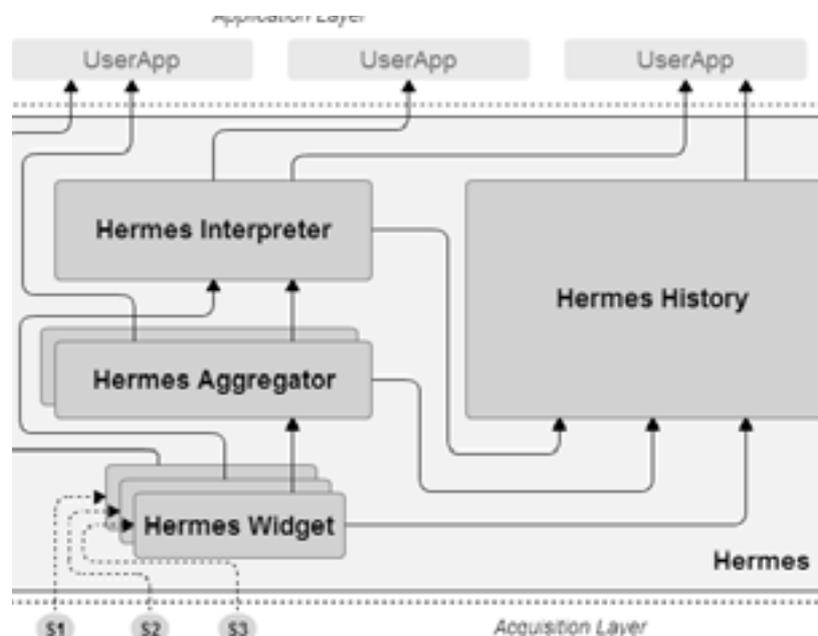


Figura 2: Arquitetura do Sistema Gerenciador de Contexto *Hermes*⁶⁻⁸.

- *Hermes Widget* (HW): provê o serviço de representação⁸ de contexto de baixo nível, em geral, obtido de sensores físicos;
- *Hermes Aggregator* (HA): realiza o serviço de agregação de informações de múltiplos *widgets* de contexto;
- *Hermes History* (HH): gerencia o armazenamento de contexto coletado de *widgets* de contexto, de agregadores de contexto e de informações de contexto inferidas pelo serviço *Hermes Interpreter*;
- *Hermes Interpreter* (HI): no contexto deste trabalho é o serviço mais importante, pois é responsável pela interpretação⁷ e filtragem de informações de contexto publicadas no Sistema *Hermes*.

A camada de serviços do *Hermes* é independente de domínio de aplicação em função do projeto modular de sua arquitetura, das divisões de responsabilidades entre cada serviço e, principalmente, do uso de ontologias como mecanismo de representação das informações de contexto, já que separam a lógica de programação do conhecimento do domínio de aplicação.

O primeiro domínio de aplicação em que os serviços do *Hermes* têm sido validados é o de monitoramento de sinais vitais humanos em UTI. Casos de testes, elaborados em conjunto com especialistas em Enfermagem, descrevem cenários para validar as características exigidas para os serviços do Sistema *Hermes*. Essa etapa também avaliou o serviço *Hermes Interpreter* (HI) com relação ao seu desempenho frente à inclusão de assinantes na infraestrutura, visando identificar a sua capacidade para atender as exigências da literatura médica quanto ao tempo de resposta para notificação de alarmes.

Para modelar as informações de contexto desse domínio de aplicação foi utilizado o modelo MSVH¹⁰ (Monitoramento de Sinais Vitais Humanos), composto de ontologias OWL para representar medidas de sinais vitais (frequência de pulso, frequência respiratória, saturação de oxigênio, pressão arterial e temperatura) com atributos e entidades relacionados, como parâmetros de normalidade,

data e hora da coleta, perfis dos pacientes e dos profissionais que os assistem, dentre outros. O modelo MSVH inclui também 80 regras SWRL, que descrevem estados de um paciente segundo aferições independentes de seus sinais vitais⁵⁻¹¹⁻¹², o que permite inferir a situação de um paciente e produzir alarmes relativos ao seu estado de saúde.

No cenário ilustrado na Figura 3, solicitações rotineiras de enfermeiros foram codificadas em aplicações, que assinam tópicos de interesse que envolvem, dentre outros, consultas a medições de sinais vitais de pacientes, que são representados no modelo MSVH em HWs específicos para cada tipo de sinal vital. Foram assim implementados 5 HWs, que atuam como publicadores de contexto em tópicos assinados por aplicações.

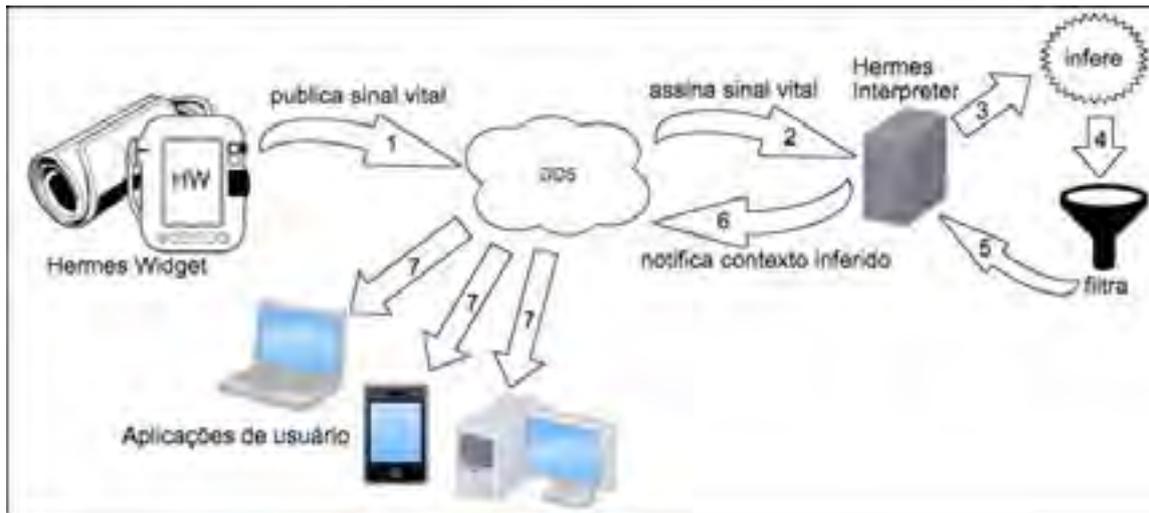


Figura 3: Cenário de validação do Sistema Gerenciador de Contexto *Hermes*.

Em suma, as interações ilustradas na Figura 3 são assim descritas: no passo 1, cada HW, específico para cada sinal vital, está associado aos sensores conectados ao paciente, representa por meio do modelo ontológico MSVH esses dados coletados e os publica na rede de distribuição de dados do *Hermes* (DDS na figura); no passo 2, o HI, que anteriormente havia assinado pelos tópicos associados aos sinais vitais, é notificado da publicação de um novo sinal vital; no passo 3, o HI realiza inferências sobre os sinais vitais coletados para descobrir novos fatos associados aos mesmos, conforme a ontologia e as regras do modelo MSVH; nos passos 4 e 5, o HI verifica se algum filtro de eventos especificado por uma aplicação-assinante para aquele sinal vital foi atendido; no passo 6, para cada filtro atendido, o HI notifica esse evento na rede DDS do *Hermes* para que as aplicações assinantes (passo 7), com as quais os enfermeiros interagem, sejam notificadas.

Embora os experimentos tenham sido realizados em um ambiente simulado, sem o uso de sensores físicos, as medidas dos sinais vitais utilizados são medidas reais, provenientes da base de dados pública MIMIC¹³ (*Multiparameter Intelligent Monitoring in Intensive Care*), que contém registros históricos de pacientes internados em UTI e enfermarias.

Os procedimentos adotados nos experimentos baseiam-se em entrevistas e reuniões presenciais com uma equipe de Enfermagem do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Goiás. Com esse apoio, foram definidos cenários de validação dos serviços de filtragem e inferência do HI com diferentes relações enfermeiro-paciente.

O estudo de caso simulou um monitoramento de 14 pacientes assistidos por 3 enfermeiros, ao longo de 6 horas, assim distribuídos: os “EnfermeiroA” e “EnfermeiroB” assistem 5 pacientes cada, e o “EnfermeiroC”, 4 pacientes. Com base nas reuniões com a equipe de Saúde, os parâmetros utilizados

para cada filtro criado no HI incluem a identificação do paciente e do enfermeiro responsável, a data e a hora do monitoramento e a medida do sinal vital ou anormalidade associada.

A Tabela 1 descreve os tópicos assinados (e respectivos filtros) de cada instância da aplicação que simula as demandas de enfermeiros. As assinaturas dos tópicos mencionados na Tabela 1 resultaram no registro de consultas na linguagem SPARQL pelo HI. A cada nova solicitação de filtro, HI gera essa consulta e a inclui na fila de consultas por tópicos.

Tabela 1: Filtros especificados na simulação.

Aplicação	Tópico (sinal vital)	Configuração dos filtros
1	Frequência de pulso	Enfermeiro responsável: EnfermeiroA Anormalidade: bradicardia ou taquicardia
1	Saturação de oxigênio	Enfermeiro responsável: EnfermeiroA Valor de saturação de oxigênio < 90%
1	Pressão arterial	Enfermeiro responsável: EnfermeiroA Anormalidade: hipotensão, hipertensão sistólica isolada, hipertensão estágios 1, 2 ou 3
2	Frequência respiratória	Enfermeiro responsável: EnfermeiroB Anormalidade: bradipnéia, apnéia ou taquipnéia
2	Frequência de pulso	Enfermeiro responsável: EnfermeiroB Anormalidade: bradicardia ou taquicardia
2	Saturação de oxigênio	Enfermeiro responsável: EnfermeiroB Valor de saturação de oxigênio < 90%
3	Pressão arterial	Enfermeiro responsável: EnfermeiroC Valor de pressão média < 70 mmHg
3	Pressão arterial	Enfermeiro responsável: EnfermeiroC Valor de pressão média > 105 mmHg
3	Frequência de pulso	Enfermeiro responsável: EnfermeiroC Valor de frequência de pulso < 60 bpm
3	Frequência de pulso	Enfermeiro responsável: EnfermeiroC Valor de frequência de pulso > 100 bpm
3	Temperatura corpórea	Enfermeiro responsável: EnfermeiroC Anormalidade: febre alta

Resultados

O passo seguinte da simulação compreendeu a publicação dos sinais vitais da base de dados MIMIC pelos HWs. Os dados dos sinais vitais foram registrados em documentos no formato RDF, que transcreviam o modelo ontológico MSVH. Um exemplo de RDF resumido para frequência de pulso é exibido a seguir. Por esse resumo, destaca-se a medida coletada de 53 bpm do paciente identificado por *person033n* (anonimizado na base de dados MIMIC) e que o monitoramento é feito pelo “EnfermeiroA”. Essa informação é descrita com marcações semânticas compreensíveis para o HI, o que possibilita que realize a inferência de novos fatos, como por exemplo o fato desse paciente estar com bradicardia¹¹ (frequência de pulso < 60 bpm), e que um alarme para esse estado de saúde seja emitido, segundo as regras para frequência de pulso descritas no modelo MSVH.

```
msvh:mPulseRate01 a      msvh:MonitoringPulseRate ;
                    activity:hasParticipant  msvh:personEnfermeiroA ,
                                              msvh:person033n ;
                    tEvent:startDateTime    msvh:dateTimeEventMedida ;
                    msvh:hasMonitoringPulseRate  msvh:radialPulseRate01 .

msvh:FreqPulso0 a      msvh:VSO _ 0000030 ;
                    msvh:isMeasurementPulseRate  msvh:radialPulseRate01 ;
                    msvh:unitPulseRate    "bpm"^^xsd:string ;
                    msvh:valuePulseRate    "53"^^xsd:int .
```

Com base nessa descrição, a seguinte informação é gerada no contexto da aplicação do “EnfermeiroA”, representando a emissão de um alarme:

```
**** FILTRO ATENDIDO ****
Sinal Vital VSO _ 0000030 do paciente 033n _ VSO _ 0000030 recebido às
      Sat Mar 14 12:47:59 BRT 2015
Sinal Vital medido (valuePulseRate) -> 53 bpm
Tipo: VSO _ 0000030
Tipo: BradycardiaAlarm
```

Assim como fora feito para o sinal de frequência de pulso, o mesmo fora feito com os outros sinais vitais, de tal forma que o HI chegasse à conclusão de que um dado paciente se encontrasse em diferentes estados de saúde, segundo os dados utilizados na base de dados MIMIC e as regras do modelo MSVH.

Em ambientes em que múltiplos enfermeiros necessitam interagir com múltiplos pacientes, a possibilidade de parametrizar os alarmes a níveis bem específicos do ponto de vista dos sinais vitais, combinando outras informações da ontologia (ex.: enfermeiro responsável, leito, período de monitoramento), tudo notificado em dispositivos particulares dos enfermeiros, pode inibir a ocorrência da fadiga de alarme, problema tão recorrente em UTI e enfermarias.

Outro cenário validado foi a capacidade de inferência de contexto do HI após a alteração de modelo ontológico, sem que seja necessária a interrupção da execução do Sistema *Hermes*, nem a repetição das assinaturas de contexto por parte das aplicações de enfermeiros.

Foram realizadas duas alterações na ontologia. A primeira foi sugerida pela equipe de Enfermagem, que solicitou a inclusão da propriedade pressão arterial média para o sinal vital pressão arterial. A segunda alteração foi a substituição da propriedade que nomeia o paciente sendo monitorado, uma

vez que esta se encontra presente em todos os filtros anteriormente criados para os assinantes, conforme a Tabela 1. Essa mudança não foi sugerida pela equipe de Enfermagem, mas foi realizada para que se pudesse comprovar a manutenibilidade e a extensibilidade de HI quanto a alterações no modelo ontológico de contexto.

Assim, sem que se interrompesse a execução de *Hermes*, procedeu-se com as duas alterações na ontologia. O HI foi configurado de maneira que fosse notificado da alteração do domínio ontológico e assim, automaticamente, refez todos os filtros de assinantes criados para se adequarem às novas propriedades semânticas.

Após as etapas de inferência e filtragem, a seguinte resposta foi publicada ao assinante “Enfermeiro C”, comprovando a capacidade do HI de notificar corretamente as informações de contexto, mesmo após a alteração da ontologia:

**** FILTRO ATENDIDO ****

Sinal Vital VSO _ 0000005 do paciente 226n _ VSO _ 0000005 recebido às
Sat Mar 14 14:10:53 BRT 2015

Sinal Vital medido (valueSystolicBloodPressure) -> 155 mmHg

Sinal Vital medido (valueDiastolicBloodPressure) -> 84 mmHg

Tipo: VSO _ 0000005

Essa característica do Sistema *Hermes* confere flexibilidade e dinamicidade ao monitoramento de sinais vitais. Considerando a alta volatilidade de requisitos em sistemas computacionais juntamente com a alta demanda de assistência a pacientes, em que dependendo do ambiente é inviável a interrupção do monitoramento para atualização de sistema, esta característica se torna muito útil.

Outro resultado alcançado com a pesquisa foi a análise de desempenho do HI quanto às tarefas de inferência e filtragem de contexto em diversos cenários, diferenciados pelas complexidades dos filtros assinados pelos enfermeiros. Dependendo dos parâmetros escolhidos, os filtros poderiam ter tempo de inferência e execução diferentes, o que poderia acarretar em atraso para notificar assinantes. Neste trabalho foi utilizado como aceitável para notificação de alarmes de monitoramento de sinais vitais em UTI¹⁴ o intervalo de 19 segundos.

Neste experimento, foram avaliadas três categorias de filtros projetadas e implementadas no HI para atender a diferentes necessidades de aplicações de usuário: filtros sem inferência (FSI), filtros com inferência sem classes disjuntas (FCI) e filtros com inferência com classes disjuntas (FCID). Para todos os sinais vitais testados, calcularam-se tempos médios e desvios padrão da inferência e da filtragem para um número crescente de filtros (30, 300 e 3000), com o objetivo de representar cenários com diferentes demandas e próximas da realidade em UTI.

Os filtros FSI são compostos por parâmetros simples, como medidas de sinal vital ou nome do enfermeiro. Essas informações, por já estarem no contexto notificado pelo HW, o HI não necessita realizar inferência para obtê-las. Outro fator que agiliza o tempo de resposta é o pequeno tamanho do modelo RDF consultado pelo filtro, pois não contém informações inferidas. Para as notificações do tópico frequência de pulso, utilizando filtro FSI, a relação quantidade de assinantes e tempo é exibida na Tabela 2. Já os filtros FCI são compostos por parâmetros que demandam a etapa de inferência, pois os fatos contextuais publicados por HW ainda não contém tais dados, como é o caso do parâmetro de anormalidade apnéia para frequência respiratória. Assim, esses filtros são executados sob um modelo de triplas RDF consideravelmente maior do que os dos FSI, o que acarreta em tempos superiores, como mostra a Tabela 2. Também na Tabela 2 fica explícito que os filtros FCID resultaram em maiores tempos de inferência e filtragem, bem como se observa um comportamento linear na execução destes filtros, analisados por meio do tópico pressão arterial.

Tabela 2: Tempo médio de inferência para cada combinação de tipo de filtro e quantidade de filtros por tópico.

Tipo de filtro	30 filtros por tópico	300 filtros por tópico	3000 filtros por tópico
FSI	122,95ms	953,11ms	9,6s
FCI	233,95ms	1,5s	15,87s
FCID	279,26ms	2s	20,2s

Discussão

O aumento médio do tempo de processamento, comparado ao experimento com FCI, é justificado pelo fato do processador de consultas SPARQL ser exigido a percorrer todo o modelo RDF inferido até identificar todos os padrões de grafo compatíveis com cada cláusula UNION⁹. A cláusula UNION é inserida no filtro para possibilitar a consulta de classes disjuntas da ontologia que, para essa validação, são as anormalidades possíveis para pressão arterial: hipotensão e hipertensão sistólica isolada, estágio 1, estágio 2 ou estágio 3.

Os experimentos demonstraram também que somente a execução do HI com 3000 filtros para o tópico pressão arterial não atendeu ao requisito de tempo máximo aceitável para notificação de alarmes de pacientes em UTI e enfermarias, pois essa configuração teve tempo médio de 20,21s, ultrapassando os 19s estabelecidos na literatura¹⁴. Entretanto, segundo a opinião dos próprios profissionais de Saúde, esta configuração com 3000 filtros não corresponde, na prática, a um cenário realístico de monitoramento em UTI e enfermarias.

Conclusão

Este artigo apresentou uma nova abordagem para filtragem de informações de contexto cuja semântica é obtida por meio de ontologias. O mecanismo de filtragem semântica opera em conjunto com um serviço de inferência para reduzir a quantidade de informações a serem disseminadas para aplicações.

Os serviços de filtragem e inferência de contexto estão implementados em um sistema gerenciador de contexto chamado *Hermes*, em especial no componente *Hermes Interpreter*. Ambos serviços foram validados e avaliados em um cenário simulado de monitoramento de sinais vitais com o auxílio de profissionais de Enfermagem com experiência em UTI.

Os resultados comprovaram a adequação funcional e a eficácia da solução quanto ao tempo de resposta para a emissão de alarmes inferidos segundo anormalidades em sinais vitais.

Ao considerar requisitos e princípios de projeto considerados consensuais na literatura, percebe-se que a filtragem de contexto, com ou sem suporte semântico, é pouco explorada. Em geral, há pesquisas que fazem uso do paradigma *publish-subscribe*, porém poucas¹⁵⁻¹⁶ complementam o monitoramento e a detecção de eventos com um mecanismo de filtragem. Entretanto, esses mecanismos carecem de um mecanismo de especificação de filtros que atenda a interesses diversos de aplicações assinantes de eventos, como no estudo de caso apresentado.

Agradecimentos

Os autores agradecem a todos aqueles que têm contribuído com o desenvolvimento e a avaliação dos serviços oferecidos pelo Sistema *Hermes*, incluindo o *Hermes Interpreter*, em especial à profa. Dra. Virgínia Visconde Brasil e membros de sua equipe da Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás.

Referências

- [1] Dey AK, Abowd GD, Salber DA. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction*. 2001; 16(2-4):97–166.
- [2] Perera C, Zaslavsky A, Christen P, Georgakopoulos D. Context-aware computing for the Internet of Things: A survey. *IEEE Communications Surveys Tutorials*. 2014; 16(1):414–454.
- [3] Gruber T. A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*. 1993; 5(2):199–220.
- [4] Silva RR, Malucelli A, Cubas, MR. Em direção à Ontologia CIPESC®. *Journal of Health Informatics*. 2009; 1(1):22–26.
- [5] Potter PA, Perry AG, Hall AA, Stockert PA. *Fundamentos de Enfermagem*. 8a ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2013.
- [6] Veiga E.F., Maranhão G.M., Bulcão Neto R.F. (2014) “Apoio ao desenvolvimento de aplicações de tempo real sensíveis a contexto semântico”. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, João Pessoa, Brasil.
- [7] Maranhão G.M., Sene Júnior I.G., Bulcão Neto R.F. (2014) “Anatomy of a semantic context interpreter with real-time events notification support”. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, João Pessoa, Brasil.
- [8] Veiga EF, Maranhão GM, Bulcão Neto RF. Development and scalability evaluation of an ontology-based context representation service. *IEEE Latin America Transactions*. 2016; 14(3):1380–1387.
- [9] World Wide Web Consortium. Semantic Web Activity. 2016 Set. Disponível em: <http://www.w3.org/standards/semanticweb/>.
- [10] Bastos A.B., Sene Júnior I.G., Bulcão Neto R.F. (2014) „Modeling and inference based on the semantics of monitoring of human vital signs“. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, João Pessoa, Brasil.
- [11] De Cardiologia SB, De Hipertensão SB, De Nefrologia SB. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2010; 5(1):1–51.
- [12] Porto CC, Porto AL. *Semiologia médica*. 7a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2014.
- [13] Goldberger A, Amaral L, Glass L, Hausdorff J, Ivanov P, Mark R, et al. PhysioToolkit and PhysioNet: Components of a new research resource for complex physiologic signals. *Circulation Electronic Pages*. 2000; 23(6):215–220.
- [14] Matthias G, Boaz AM, Dwayne RW. Improving alarm performance in the medical intensive care unit using delays and clinical context. *Anesthesia & Analgesia*. 2009; 108(5):1546–1552.
- [15] Teymourian K., Streibel O., Paschke A., Alnemr R., Meinel C. (2009) „Towards semantic event-driven systems“. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on New Technologies, Mobility and Security*, Cairo, Egypt.
- [16] Guermah H., Fissaa T., Hafiddi H., Nassar M., Kriouile A. (2013) „Context modeling and reasoning for building context aware services“. In: *Proceedings of the International Conference on Computer Systems and Applications*, Fes and Ifrane, Morocco.

Contato

Renato de Freitas Bulcão Neto
Instituto de Informática (INF)
Alameda Palmeiras, Quadra D
Câmpus Samambaia
Universidade Federal de Goiás (UFG)
CEP 74690-900 - Goiânia - GO
Fone: (62) 3521-1181
renato@inf.ufg.br
renato.bulcao.inf@gmail.com

