

Artigo Original

Recebido em 21/10/2008, aceito em 20/03/2009

Utilização de um *middleware* baseado no padrão HL7 para promover a interoperabilidade com sistemas legados na área da saúde

Using a middleware based upon the HL7 standard to support the Interoperability of legacy systems in the health domain

Karine Petry

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC / UFSC

Aldo von Wangenheim*

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC / UFSC

Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Conhecimento – EGC / UFSC

Laboratório de Telemedicina – Hospital Universitário / UFSC

UFSC - Campus Universitário,
88049-200 Florianópolis, SC
E-mail: awangenh@inf.ufsc.br

Rafael Andrade

Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Conhecimento – EGC / UFSC

Luiz Henrique Bincoletto Tomazella

Laboratório de Telemedicina – Hospital Universitário / UFSC

Alexandre Savaris

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC / UFSC

*Autor para correspondência

Resumo

Este artigo descreve um *middleware* que utiliza o padrão HL7, denominado *HL7Middleware*, para reduzir a demanda de trabalho resultante da integração e atualização de sistemas legados de saúde heterogêneos que compartilham uma mesma base de dados, e que disponibilizam o Registro Eletrônico de Saúde para outros sistemas. O *HL7Middleware* possui uma camada intermediária responsável pela comunicação entre um banco de dados, sistemas de informação de saúde e equipamentos médicos que enviam mensagens HL7. Os sistemas passam a enviar mensagens baseadas na semântica fornecida pelo padrão HL7 para armazenar e recuperar informações de saúde do banco de dados. Para avaliar o desempenho deste *middleware*, foram realizados testes de desempenho com e sem uso do *HL7Middleware*, e com diferentes configurações de largura de banda. O resultado mostrou que o desempenho do *HL7Middleware* é superior se comparado com acesso à base de dados tradicional para volumes de dados grandes e quando a largura de banda do usuário é inferior à largura de banda da conexão com o banco de dados. Para a integração de sistemas legados o *HL7Middleware* prevê a utilização de *wrappers*. Para avaliar o custo de desenvolvimento de *wrappers* específicos para integrar sistemas legados, a integração do sistema de saúde principal do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina foi monitorada. O custo de desenvolvimento e implantação foi considerado baixo e o grau de reusabilidade do código do *wrapper* produzido foi considerado alto, o que sugere uma redução progressiva no custo de integração de serviços e subsistemas adicionais em uma instituição.

Palavras-chave: *Middleware*, Saúde, Interoperabilidade, Sistemas legados, HL7.

Abstract

This paper describes a middleware using the HL7 standard called HL7Middleware to reduce the effort in the integration and updating of heterogeneous healthcare legacy systems that share a same database and available an Electronic Health Record for others systems. The HL7Middleware has an intermediate layer responsible for the communication between a database, health information systems and medical equipment that send HL7 messages. The systems use the HL7 messaging semantics to store and retrieve data from the database. In order to evaluate the performance of this middleware, benchmark tests were performed with and without use of the HL7Middleware and different network bandwidths configurations. The result of these tests demonstrated that the performance of the middleware is higher when compared to traditional direct database access for larger volumes of data and when the bandwidth of the user is considerably lower than the bandwidth of the connection with database. For integration of legacies systems the HL7Middleware provides the use of wrappers. In order to evaluate the effort in developing specific wrappers for connecting legacy systems, the integration of the healthcare main system of the University Hospital of the Federal University of Santa Catarina was monitored. The overall development and deployment cost was considered low and the reusability degree of wrapper code was considered high, thus suggesting a progressive reduction of the integration costs of additional services and subsystems of an organization.

Keywords: *Middleware*, *Healthcare*, *Interoperability*, *Legacy system*, *HL7*.

Extended Abstract

Introduction

It is common that informatization landscape of large hospitals or healthcare organizations, that have a long history of independent informatization initiatives, is composed by several heterogeneous and isolated systems and that systems integration is considered a difficult task. This results in redundant data entering and storage and, consequently, leads to errors and discrepancies. In order to support the integration of heterogeneous legacy systems in the healthcare domain, we present an approach for the integration of legacy systems into an Electronic Health Record (EHR) system. This approach proposes the use of a middleware based on the Health Level Seven (HL7) standard. The HL7 provides specifications, such as messages, to enable disparate health applications to exchange clinical and administrative data.

This middleware is composed by an HL7 message server and integration wrappers, where this intermediate layer is responsible for the communication among legacy systems, a reference database, healthcare information systems and medical equipment.

Materials and Methods

In order to send and/or to recover healthcare information from a database, an HL7Middleware was designed employing the semantic interoperability provided by the HL7 Standard. Healthcare systems or medical devices can send messages based upon the HL7 v.3 standard to access the database. For this purpose we developed a system that acts as a message server and communication hub, the HL7Server. The HL7Middleware allows the integration of external and internal legacy systems transparently to the architecture of the database, ensuring a higher level of security and consistency between systems and database.

We validate our approach with respect to two different criteria: performance evaluation, analyzing if the usage of the HL7Server as an intermediate layer represents a communication bottleneck and integration costs, analyzing if the development and deployment costs of an integration wrapper for a legacy system is prohibitive.

To measure the performance of this middleware we deployed two test settings that emulate the behavior of our EHR system for the tasks of report and image data presentation. One system operated employing direct database and PACS (Picture Archiving and Communication System) access and the other routed all communication through the HL7Server. Employing four different bandwidth settings, sets of 100 access requests were sent in batch mode for the retrieval of image and report data from patients and performance metrics captured for all eight test settings. Network bandwidth was configured to represent four typical connection speeds: 128 kbps, 400 kbps, 1 Mbps and 1 Gbps.

Results

The benchmark tests showed the surprising result that the performance of the HL7Middleware is superior when compared to traditional database access for large data volumes and when the user's

network bandwidth is inferior to the bandwidth of the HL7 server-database connection.

To demonstrate the potential of the HL7Middleware in a real environment, the HL7Server was used to allow information sharing between two systems used in the University Hospital of the Federal University of Santa Catarina: the Hospital Administration System (SAH), a client-server system responsible for various wards and the Telemedicine Portal, a web-based system used as an EHR by the imaging services. Before the use of the architecture of the HL7Middleware, users were forced to replicate manually information in both systems. The implementation of HL7 messaging for the SAH was performed through wrappers. To quantify the effort of the integration of a legacy system using the HL7Middleware, we recorded the development and deployment time of this wrapper, which resulted in a total effort to develop and deploy the necessary connection software of 182 men/hour. About 150 men/hour of this effort were considered to be directly reusable on the integration of other services, thus indicating a probable progressive reduction of the integration of further services or subsystems in an organization.

Discussion

Hospitals and larger healthcare networks are organizations that carry the burden of having undergone an uncoordinated informatization process which resulted in an heterogeneous systems landscape that cannot be changed overnight, not only due to its complexity and deep rooting into the organizational culture, but also because several services are indispensable and cannot be stopped. An advantage of the healthcare domain is that it possesses a general-purpose communication channel represented by the HL7 standard, which we considered to be the only practical path to an integration approach for such legacy systems. Traditional HL7-based solutions are intended to be peer-to-peer solutions. We developed a slightly different HL7-based client-server model expressed as an HL7 middleware, where all communications between systems are intended to be routed through a central server and also key information can be centrally stored for common access. This approach offers a general purpose interface where legacy systems can be connected. Integration of legacy systems is performed by wrappers that monitor these systems or, when possible, is invoked by them, which allows also the integration of systems where source code is not available and modifications cannot be performed on the system. The test results showed that the performance of the HL7Middleware model is satisfactory. The time spent on wrapper development and deployment was considered low because of the benefits provided by the standardization of access to the database. HL7Middleware architecture allows for programming language, database and operating system independence. The middleware also allows the integration with medical equipment that already uses the HL7 standard, and heterogeneous healthcare systems interoperability.

Introdução

Nos dias de hoje ainda é possível encontrar exemplos de instituições de saúde que utilizam um sistema de informação hospitalar principal e um conjunto de outros sistemas sem comunicação com o sistema principal. Estes podem ser sistemas associados a dispositivos médicos, como sistemas PACS (*Picture Archiving and Communication System*), ou que possuem finalidades específicas, ou ainda sistemas originados em um processo histórico de informatização gradual e sem integração da instituição. Esta heterogeneidade de sistemas legados trabalhando em paralelo e isoladamente impedem o compartilhamento de informações de saúde, e conseqüentemente torna necessária a repetição manual de informações, como por exemplo, a identificação do paciente atendido.

Um exemplo de instituição com este perfil de informatização é o Hospital Universitário Prof. Ernani Polydoro de São Thiago, da Universidade Federal de Santa Catarina (HU/UFSC). O HU/UFSC iniciou seu processo de informatização em 1984 com o recebimento de um sistema composto por um então revolucionário supermicrocomputador COBRA 480 e oito terminais. Sobre essa plataforma iniciou-se um processo de informatização em pontos-chave do hospital, sendo expandido sucessivamente para outros setores. Hoje o hospital possui:

- Um sistema legado de Administração Hospitalar que oferece também serviços de Admissão de Pacientes e Registro Eletrônico de Saúde (RES) para 55% dos setores do hospital, desenvolvido como aplicação cliente/servidor na plataforma Centura;
- Um sistema *Web* de RES que interage com diferentes *software*-clientes de envio de exames e atende os serviços de imagem do hospital inclusive obstetrícia, colonoscopia, cardiologia e outros, e cuja base de dados está integrada à de 92 instituições de saúde de 88 municípios do Estado de Santa Catarina através da Rede Catarinense de Telemedicina (Wallauer *et al.*, 2008); e
- Uma infinidade de soluções isoladas, como um Sistema de Urgências Toxicológicas, hoje na terceira versão, todos operando de forma isolada e com redundância de dados de registro.

A experiência dos autores mostra que esta situação é comum, principalmente em grandes instituições de saúde com longo histórico de iniciativas de informatização, e representa uma barreira à informatização integrada da instituição ou rede de instituições de saúde, pois a substituição de sistemas legados implica em mudanças de cultura operacional, re-treinamento de pessoal, além de erros e perda de dados. Em fun-

ção disso, objetivamos desenvolver uma solução para esses problemas que fosse aplicável ao modelo de *Registro de Saúde Suprahospitalar* (Wallauer *et al.*, 2008) desenvolvido juntamente com a Secretaria de Estado da Saúde em Santa Catarina e, ao mesmo tempo, pudesse ser aplicada à realidade de outras instituições de saúde.

O objetivo deste trabalho é, portanto, desenvolver uma arquitetura de interoperabilidade para possibilitar a integração de sistemas legados em instituições de saúde de uma forma simples, eficiente e de baixo custo. Um nível de abstração de dados e segurança foi criado para evitar que sistemas legados distintos tenham acesso direto a uma base de dados compartilhada. O modelo deverá suportar a integração inter-instituições, e um desenvolvimento simples e rápido de estruturas de interfaceamento para os sistemas legados.

Padrões para interoperabilidade vêm sendo propostos nos últimos vinte anos de modo a permitir a troca de informações dentro de um mesmo ambiente de saúde, e a criação de um RES acessível a qualquer instituição de saúde e/ou paciente. Os padrões para interoperabilidade na saúde têm como finalidade estabelecer regras para compartilhar informações típicas de um RES, como descrição do estado de saúde, tratamentos ministrados e resultados obtidos (Ceusters e Smith, 2006). A maioria dos padrões atualmente difundidos utiliza mensagens em modo texto ou documentos XML (*Extensible Markup Language*) para representar informações de saúde que poderão ser trocadas entre sistemas. Apesar disso, ainda não há um padrão finalizado e mundialmente utilizado, o que indica que a interoperabilidade de sistemas de saúde ainda pode ser considerada um dos maiores desafios a serem enfrentados no domínio da saúde (Bicer *et al.*, 2005).

A utilização de um padrão para interoperabilidade permite que qualquer sistema interprete seus dados locais usando conceitos e terminologias universais (Onabajo *et al.*, 2003). Com base nesta definição, surgiu a idéia de usar um padrão para interoperabilidade na saúde para integrar sistemas distintos, e usar estes mesmos conceitos e terminologias padronizados para acessar dados internamente, ou seja, para acessar o próprio banco de dados. Representar solicitações através do envio de mensagens conforme sintaxe e semântica estabelecidas por um padrão de saúde torna possível manter a compatibilidade e a consistência entre sistemas e banco de dados.

Esta nova forma de acesso à base de dados tem o objetivo de agilizar o desenvolvimento de sistemas

de informação de saúde que continuem em fase de expansão, pois alterações nos requisitos ou adição de novas funcionalidades no sistema (acréscimo de tabelas de relacionamento, alteração de campos) não necessitarão reescrever o código de todo o sistema. Conseqüentemente, os riscos de desenvolvimento poderão ser reduzidos. O uso da interoperabilidade semântica também pode contribuir para tornar o código do sistema mais legível.

Um *middleware* é um sistema que faz a mediação entre outros sistemas que se encontram geralmente em camadas distintas. Na literatura são encontrados trabalhos que descrevem o uso de uma camada intermediária para realizar a comunicação com base de dados a partir de XML específicos (Al-Wasil *et al.*, 2006; Chan *et al.*, 2002; Collins *et al.*, 2002). Existem autores que empregam os padrões para interoperabilidade UN/EDIFACT e HL7 versão 2.5 para permitir a integração de sistemas de saúde através da implementação de *middlewares* (Ko *et al.*, 2006; Xu *et al.*, 2000).

Diferentemente de trabalhos já publicados, propõe-se aqui a utilização de uma camada intermediária, que além de promover a interoperabilidade de sistemas, representa e gerencia todo e qualquer acesso à base de dados. Com isto cria-se uma camada de abstração para a representação interna de dados, baseada em um padrão internacional para interoperabilidade de sistemas de saúde, o padrão HL7.

O padrão HL7 é desenvolvido por uma organização voluntária, a *Health Level Seven* (HL7), que tem como objetivo promover normas para a interoperabilidade de sistemas de saúde, de forma a aperfeiçoar o atendimento clínico, otimizar o fluxo de trabalho, reduzir ambigüidades e permitir a transferência de conhecimento entre profissionais de saúde, agências governamentais, indústria e pacientes (HL7, 2008). A preocupação da organização HL7 é fornecer modelos de informação para representar os mais variados serviços de saúde. Portanto, questões referentes ao processo de implementação do padrão em sistemas de informação não são estabelecidos pela organização.

A organização HL7 possui grupos de estudo com a finalidade de incorporar padrões existentes, como por exemplo, o padrão DICOM para diagnóstico de imagens. Existem iniciativas de harmonização entre *templates* HL7 e os arquétipos dos padrões openEHR e CEN (Begoyan, 2007).

Embora a versão 3 do padrão HL7 esteja em fase de desenvolvimento (alguns domínios continuam sendo projetados e/ou aperfeiçoados), esta versão foi escolhida para representar o conteúdo das mensagens

trocadas no *middleware*, pois utiliza XML, abrange maior quantidade de serviços de saúde, é implementada em dispositivos médicos e ainda possui aceitação no domínio de saúde. Dessa forma, a interoperabilidade semântica encontrada nas mensagens do padrão HL7 será utilizada para solicitar acesso ao banco de dados.

Materiais e Métodos

Para permitir a integração sistemática de diferentes tipos de sistemas legados, foi implementado um *middleware* que utiliza um padrão para interoperabilidade, o *HL7Middleware*. Considerando que os padrões para interoperabilidade fornecem semântica e sintaxe suficientes para descrever informações de saúde, propõe-se uma nova finalidade de uso para um padrão para interoperabilidade: descrever todas as operações de acesso à base de dados, sejam elas provenientes de sistemas internos, externos ou equipamentos médicos. Com essa forma de acesso à base de dados descrita semanticamente, possibilita-se a interoperabilidade de sistemas de saúde heterogêneos, sem a necessidade de conhecimento da arquitetura do banco de dados.

O *HL7Middleware* consiste de um sistema que atua como um *hub* de mensagens HL7, um conjunto de mensagens *template*, um conjunto de *stored procedures* ou funções de banco de dados para cada mensagem, um banco de dados e sistemas clientes. A arquitetura básica é composta por:

- **Servidor:** A estrutura central deste modelo é um servidor de mensagens denominado *HL7Server*. Este servidor, implementado especialmente para operacionalizar o modelo, atua como intermediário entre um sistema cliente e o banco de dados. O *HL7Server* é responsável pelo recebimento de mensagens HL7, por efetuar operações (instruções SQL) no banco de dados e enviar uma resposta para o sistema cliente (no formato da mensagem HL7). O *HL7Server* recebe mensagens com solicitação de acesso ao banco de dados que indiquem e que contenham os dados que devem ser incluídos, alterados, consultados ou excluídos.
- **Clientes:** Um sistema cliente, no modelo em camadas, compreende sistemas de saúde desenvolvidos em qualquer linguagem de programação e que podem ser pertencentes à instituição ou não. Equipamentos médicos que enviam mensagens baseadas no padrão HL7 versão 3 também são considerados sistemas clientes. Um sistema cliente para solicitar acesso ao banco de dados deve preencher uma mensagem HL7 corretamente, enviar para o *HL7Server* e

extrair as informações de uma mensagem HL7 retornada pelo servidor de mensagens; e

- **Comunicação cliente/servidor em sistemas legados:** A comunicação é realizada sempre através do *HL7Server*, que recebe mensagens de clientes via *sockets*. *Sockets* são canais de comunicação que permitem que um sistema envie/receba mensagens através da rede. A implementação da manipulação de mensagens HL7 nos sistemas clientes que não possuem HL7 nativo pode ser realizada de duas formas: diretamente no código dos sistemas legados ou desenvolvendo um sistema em linguagens que não possuem suporte à XML e/ou *sockets*, para funcionar como um *wrapper*, ou seja, um sistema adaptador de mensagens HL7 capaz de criar, enviar, receber e capturar informações de mensagens.

A Figura 1 representa esquematicamente tanto a filosofia de interoperabilidade e conexão, quanto a heterogeneidade de sistemas suportada pelo *HL7Middleware*: sistemas legados (*desktop*, *web*, equipamentos médicos) que implementam o padrão HL7 internamente ou que podem ser adaptados para empregar *wrappers* para acessar o *HL7Server* e assim, indiretamente o banco de dados, e que podem ser pertencentes à própria instituição ou componentes de sistemas externos.

Devido à complexidade envolvida na compreensão das mensagens HL7, o que poderia ser considerado um fator limitante no desenvolvimento de *wrappers* e rotinas de comunicação, foi gerada uma mensagem *template* para cada uma das mensagens suportadas pelo *HL7Server*. Uma mensagem *template* é um documento XML com comentários que indicam quais informações devem ser preenchidas em cada elemento e/ou atributo da mensagem HL7. Dessa forma é desnecessário entender o significado de cada um dos elementos de uma mensagem, e se preocupar com detalhes da montagem de uma mensagem.

Como o *HL7Server* é o componente principal do modelo em camadas, é importante que o servidor trabalhe dinamicamente, isto é, que possam ser inseridas, excluídas ou alteradas mensagens sem que haja necessidade de interromper suas atribuições. Com esse objetivo, instruções SQL não são escritas no código do servidor; é necessário criar *stored procedures* ou funções no banco de dados para cada mensagem suportada.

A arquitetura utilizada pelo *HL7Middleware* evita que sistemas clientes conheçam senhas e configurações de acesso ao banco de dados. Esta medida aumenta o nível de segurança, principalmente quando

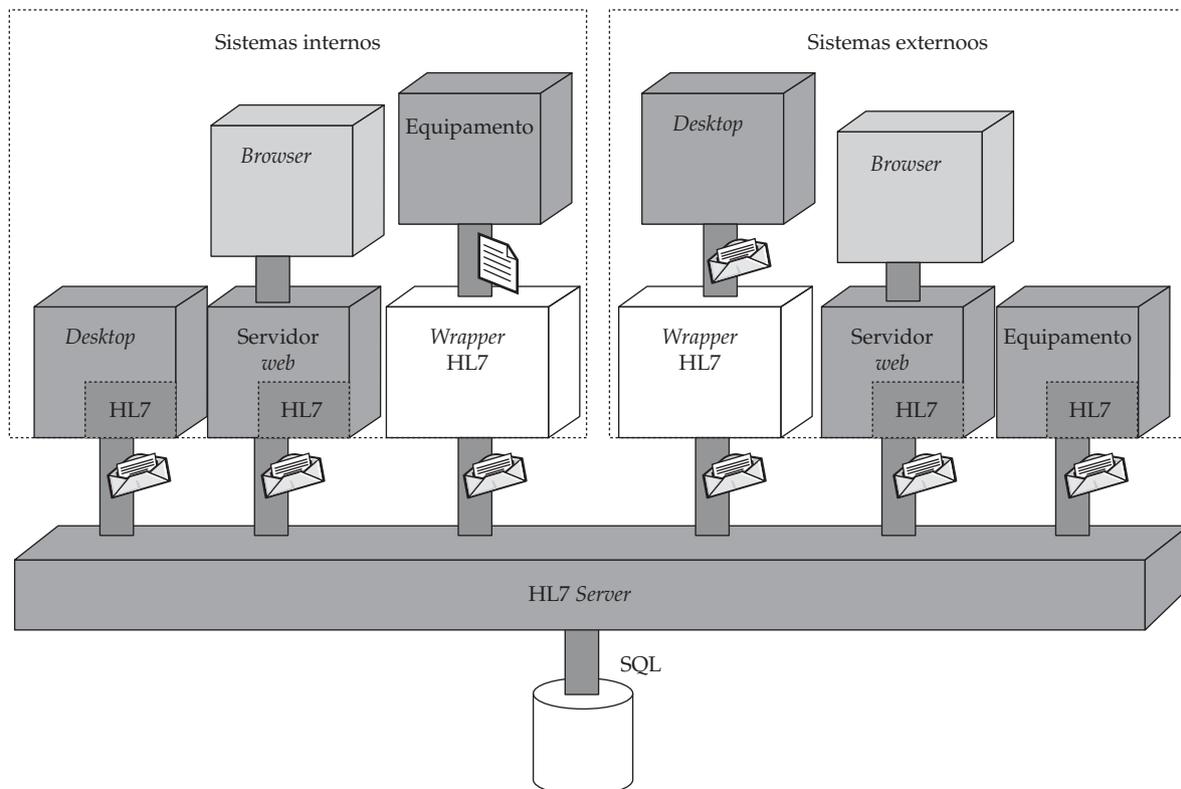


Figura 1. Arquitetura do HL7Middleware. Figure 1. HL7Middleware architecture.

se concede acesso a informações de saúde para sistemas externos. Dessa forma somente os sistemas internos ou externos que enviarem mensagens HL7 bem-formadas poderão recuperar e/ou armazenar informações no banco de dados.

Contexto de validação

O enfoque proposto foi validado no contexto de um sistema *web* de Registro Eletrônico de Saúde, denominado Portal de Telemedicina, utilizado tanto internamente pelo HU/UFSC para várias modalidades de atendimento (principalmente os de imagem), como pela Rede Catarinense de Telemedicina para integração de 92 instituições de saúde espalhadas pelo Estado. O Portal de Telemedicina compartilha uma base de dados comum com sistemas PACS e *desktop* desenvolvidos na UFSC e também utilizados por vários hospitais. Com o objetivo de realizar uma integração gradativa de todos os serviços do hospital, foi definido no HU/UFSC que todo o registro eletrônico de saúde dos pacientes atendidos no hospital seja gerido progressivamente por este sistema, sendo todos os sistemas administrativos e clínicos específicos tratados como sistemas acessórios.

Para avaliar se a introdução de uma camada intermediária dada pelo *HL7Middleware* representa um gargalo de processamento, foram realizadas várias séries em lote de envio de exames e consulta ao registro eletrônico de saúde do Portal de Telemedicina de Santa Catarina, com e sem uso de *middleware*. Para tanto, foi utilizada uma bateria de *software*-clientes de envio e consulta e várias larguras de banda da conexão.

Ao mesmo tempo, com o objetivo de avaliar a viabilidade do modelo proposto em termos de esforço de conexão de sistemas legados, foi monitorado o custo de desenvolvimento, implantação e testes de um *wrapper* para a conexão do Sistema de Administração Hospitalar do HU/UFSC e o Portal de Telemedicina empregando a filosofia do *HL7Middleware*.

Testes de desempenho - Para analisar o desempenho da arquitetura proposta foram construídos dois ambientes *web* que simulam o comportamento do Portal de Telemedicina para a apresentação de laudos, imagens e dados de pacientes nas situações com e sem uso do *HL7Middleware*. O primeiro sistema é uma versão antiga do Portal de Telemedicina, onde as solicitações de informações sobre exames são enviadas diretamente para o banco de dados. Já o segundo sistema utiliza a arquitetura do *HL7Middleware* para receber as informações referentes aos exames. Neste teste foram

enviadas mensagens HL7 contendo a identificação do exame a ser buscado pelo *HL7Server*.

Para medir o tempo de latência decorrido na transmissão das mensagens HL7 ou mesmo na comunicação tradicional entre banco de dados e sistemas, foram enviadas 100 solicitações de informações sobre exames de imagem com uso do *HL7Middleware* e 100 solicitações destes mesmos exames foram enviadas diretamente ao banco de dados. Para verificar o comportamento do *HL7Middleware* selecionou-se quatro modalidades de exames. Dentro de cada modalidade foram escolhidos apenas os exames que apresentavam o mesmo número de imagens. Estas imagens têm 96 dpi de resolução, sem compactação, mas podem apresentar tamanhos diferentes em um mesmo exame. Os exames selecionados de acordo com a modalidade foram os seguintes:

- 25 exames de Tomografia Computadorizada: 48 imagens e com tamanhos de 7 a 100 kB;
- 25 exames de Medicina Nuclear: 6 imagens e com tamanhos de 50 a 100 kB;
- 25 exames de Eletrocardiograma: 2 imagens e com tamanhos de 400 a 700 kB; e
- 25 exames de Endoscopia: 2 imagens com tamanho de 36 kB cada.

Para simular o ambiente real, o *HL7Server* foi instalado no computador que contém o servidor *web* do Portal de Telemedicina. Com isto os tempos de acesso ao banco de dados serão os mesmos. Para verificar a influência da latência de rede, os mesmos exames foram submetidos configurando-se a largura de banda para 128 kbps, 400 kbps, 1 Mbps e 1 Gbps.

Os testes foram realizados durante o horário comercial na rede local do HU/UFSC, uma rede heterogênea com pontos conectados tanto a 100 Mbit quanto a 1 Gbit. Os testes com a largura de banda de 1 Gbps foram realizados em um mesmo computador. Já para as demais velocidades, foram utilizados quatro computadores com limitação de largura de banda, cada um executando uma modalidade de exame diferente.

As métricas foram obtidas computando-se o tempo médio em segundos para exibir por completo as imagens de cada exame solicitado variando-se a largura de banda. A Tabela 1 contém as métricas referentes ao uso do *HL7Middleware* ao criar um *socket*, estabelecer conexão, enviar mensagem, receber mensagem de resposta, processar o documento XML (extrair informações) e ao realizar o *download* das imagens do exame requisitado. A Tabela 2 mostra o tempo gasto durante o acesso direto ao banco de dados: conectar o banco de dados, processar uma consulta SQL no banco de dados, decodificar o campo que contém as imagens e exibi-las no *browser* do cliente.

Tabela 1. Métricas de acesso com HL7Middleware. **Table 1.** HL7Middleware access metrics.

Exame	Etapa	Largura de Banda		
		128 kbps	400 kbps	1 Mbps
Tomografia	Criar <i>socket</i>	0,000002	0,000529	0,000002
	Conectar <i>HL7Server</i>	0,002963	0,002370	0,004282
	Enviar mensagem	0,000007	0,000007	0,000007
	Receber mensagem	3,294565	3,186885	3,186657
	Processar XML	0,000211	0,000201	0,000197
	<i>Download</i> imagem	16,366319	5,192431	2,112600
Medicina Nuclear	Criar <i>socket</i>	0,000002	0,000002	0,000258
	Conectar <i>HL7Server</i>	0,003994	0,002916	0,003629
	Enviar mensagem	0,000007	0,000009	0,000007
	Receber mensagem	1,910650	1,795920	1,752211
	Processar XML	0,000198	0,000095	0,000094
	<i>Download</i> imagem	6,685612	2,122201	0,852183
Eletrocardiograma	Criar <i>socket</i>	0,000003	0,000003	0,000003
	Conectar <i>HL7Server</i>	0,002423	0,002928	0,002906
	Enviar mensagem	0,000007	0,000007	0,000007
	Receber mensagem	1,903798	1,750485	1,821937
	Processar XML	0,000087	0,000090	0,000088
	<i>Download</i> imagem	8,106846	2,590228	1,034500
Endoscopia	Criar <i>socket</i>	0,000002	0,000002	0,000003
	Conectar <i>HL7Server</i>	0,003692	0,003859	0,003160
	Enviar mensagem	0,000007	0,000007	0,000007
	Receber mensagem	0,931539	0,655357	0,618036
	Processar XML	0,000082	0,000082	0,000084
	<i>Download</i> imagem	0,422735	0,126052	0,052662

Tabela 2. Métricas do acesso tradicional. **Table 2.** Traditional access metrics.

Exame	Etapa	Largura de Banda		
		128 kbps	400 kbps	1 Mbps
Tomografia	Conectar BD	0,001249	0,002032	0,001824
	Executar <i>Query</i>	47,066350	15,273940	6,632303
	Decodificar imagem	0,007748	0,007654	0,007651
	<i>Download</i> imagem	0,074767	0,046525	0,029199
Medicina Nuclear	Conectar BD	0,002133	0,002339	0,002377
	Executar <i>Query</i>	18,926183	6,020272	2,415422
	Decodificar imagem	0,002922	0,002887	0,002869
	<i>Download</i> imagem	0,001202	0,001183	0,001209
Eletrocardiograma	Conectar BD	0,001981	0,001948	0,001982
	Executar <i>Query</i>	23,065105	7,326917	2,958817
	Decodificar imagem	0,005700	0,005697	0,005709
	<i>Download</i> imagem	0,001111	0,001155	0,001138
Endoscopia	Conectar BD	0,001463	0,001198	0,001243
	Executar <i>Query</i>	1,003125	0,280023	0,075404
	Decodificar imagem	0,000064	0,000063	0,000063
	<i>Download</i> imagem	0,000301	0,000295	0,000300

Implantação da integração de um serviço - Como os testes de desempenho do *HL7Middleware* mostraram resultados satisfatórios, partiu-se para sua implantação-piloto em um ambiente real. Para demonstrar que o *HL7Middleware* permite a integração de distintos sistemas, a arquitetura do *HL7Middleware* está sendo utilizada para integrar dois sistemas utilizados no HU/UFSC: o Sistema de Administração Hospitalar (SAH) e o Portal de Telemedicina. O SAH é o sistema que abrange uma maior quantidade de serviços de saúde dentro do HU, desenvolvido em uma linguagem de programação cujo suporte foi descontinuado. O Portal de Telemedicina é o sistema utilizado pelo setor de radiologia para realização de exames de imagem.

Antes da implantação do *HL7Middleware*, os profissionais de saúde do setor de radiologia precisavam registrar manualmente o laudo dos exames nos dois sistemas. Para evitar esta duplicação de tarefas resolveu-se utilizar a arquitetura do *HL7Middleware*. Em um primeiro momento o SAH enviará somente os dados demográficos dos pacientes que agendaram exame radiológico no SAH. Através do envio de mensagens do *HL7Middleware*, os dados desses pacientes são armazenados no banco de dados do Portal de Telemedicina. Com isso evita-se que os dados dos pacientes sejam inseridos manualmente no sistema Portal de Telemedicina.

Para implementar a transmissão e recebimento de mensagens no SAH foi necessário proceder de forma diferente: desenvolvendo um *wrapper* para permitir a conexão com o *HL7Server*, já que a linguagem Centura, utilizada no desenvolvimento do SAH, não oferece suporte a *sockets*. A Figura 2 mostra a arquitetura do *HL7Middleware* utilizada no HU/UFSC.

Para enviar e recuperar mensagens do *HL7Server* foi necessário realizar as seguintes etapas:

- **Compor mensagem:** a linguagem Centura também não tem suporte à manipulação de documentos XML como XPath. Assim, utilizou-se uma mensagem *HL7 template* onde determinadas informações da mensagem (dados demográficos de pacientes, identificação única da mensagem, data de criação da mensagem, entre outras) deverão ser substituídas por valores apropriados em tempo de execução;
- **Codificar mensagem:** como o banco de dados do SAH possui uma codificação de caracteres diferente da codificação padrão das mensagens HL7, o SAH primeiro substitui os valores da mensagem *template* por valores reais, em seguida executa um sistema externo responsável pela conversão da mensagem gerada para a codificação de caracteres requerida nas mensagens HL7;
- **Salvar e transferir mensagens:** devido à ausência de *sockets* na linguagem Centura, foi necessário criar uma pasta acessível na rede interna do HU para armazenar temporariamente as mensagens geradas pelo SAH. Como o *HL7Middleware* é

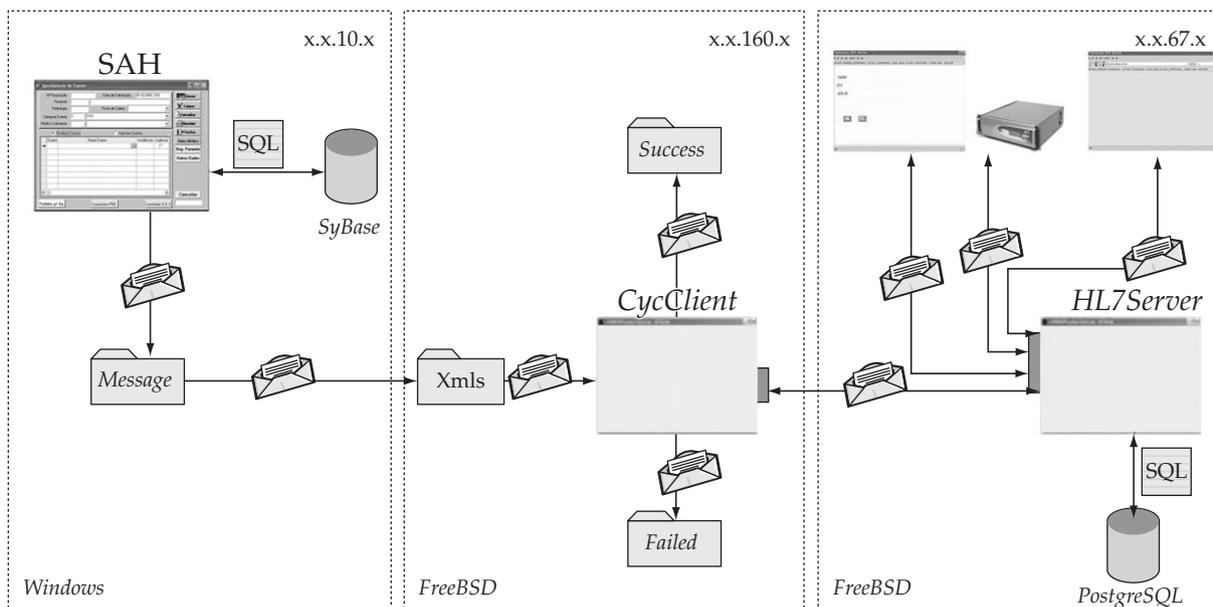


Figura 2. Arquitetura de wrappers utilizada para integração entre SAH e Portal de Telemedicina no HU/UFSC através do *HL7Middleware*. **Figure 2.** Wrappers architecture using for integration between SAH and Portal de Telemedicina at HU/UFSC through the *HL7Middleware*.

executado em redes distintas, foi criado um *script* para mover as mensagens entre as redes internas do HU, ou seja, as mensagens são criadas pelo SAH na rede x.x.10.x e em um determinado intervalo de tempo (10 minutos) são transferidas para a rede x.x.160.x na pasta "XmIs";

- **Recuperar mensagem:** foi desenvolvido um sistema cliente (*CycClient*) para atuar como um *wrapper*, ou seja, recuperar mensagens de uma pasta, transmiti-la para o *HL7Server* e receber uma resposta. Este sistema foi instalado em um servidor localizado na rede interna do HU (x.x.160.x) e que tem permissão para acessar a rede de telemedicina (x.x.67.x) onde está localizado o banco de dados do Portal de Telemedicina e o *HL7Server*;
- **Transmitir mensagem:** O *CycClient* fica monitorando constantemente a pasta "XmIs" que recebe as mensagens geradas pelo SAH. Após encontrar uma mensagem, o *CycClient* realiza uma análise sintática da mensagem para verificar sua consistência e então estabelece uma conexão via *sockets* com o *HL7Server*;
- **Avaliar mensagem recebida:** Assim que receber uma mensagem HL7 de resposta do *HL7Server* via *sockets*, o *CycClient* verifica o tipo de mensagem recebida. Dependendo do conteúdo, a mensagem é armazenada em pastas diferentes: mensagens que retornaram erro são armazenadas em uma pasta chamada "Failed" e mensagens que foram processadas corretamente pelo *HL7Server* são armazenadas em outra pasta ("Success"); e
- **Capturar informações da mensagem recebida:** Como a implantação do *HL7Middleware* no HU tem o objetivo inicial de enviar apenas mensagens

que inserem informações no sentido SAH-Portal de Telemedicina, as mensagens de retorno enviadas pelo *HL7Server* não estão sendo analisadas pelo SAH;

Resultados

O resultado dos testes de desempenho do *HL7Middleware* e o custo de implantação são apresentados a seguir.

Análise de desempenho

A Figura 3 mostra o desempenho do *HL7Middleware* e do sistema que simula o comportamento de um sistema real para acessar o banco de dados (sem *HL7Middleware*). Nos dois casos são apresentados os tempos médios (em segundos) para processar cada modalidade de exame, variando-se a configuração da largura de banda para 128 kbps, 400 kbps e 1 Mbps.

As mensagens HL7 de retorno enviadas pelo *HL7Server* possuem tamanhos diferentes: mensagens com informações de tomografia apresentam em média 26,6 kB, de medicina nuclear 9,1 kB, de eletrocardiograma 7,8 kB e de endoscopia 8,1 kB. Isto explica porque o tempo de recebimento de tomografias é maior. As endoscopias, apesar de apresentarem praticamente o mesmo tamanho das mensagens de eletrocardiograma e medicina nuclear, tiveram menor tempo de recebimento devido ao menor tamanho das imagens manipuladas pelo *HL7Server*.

Para cada imagem recuperada da base de dados, o *HL7Server* converte o valor obtido (base64 para JPEG), cria e armazena um arquivo em uma pasta pública e

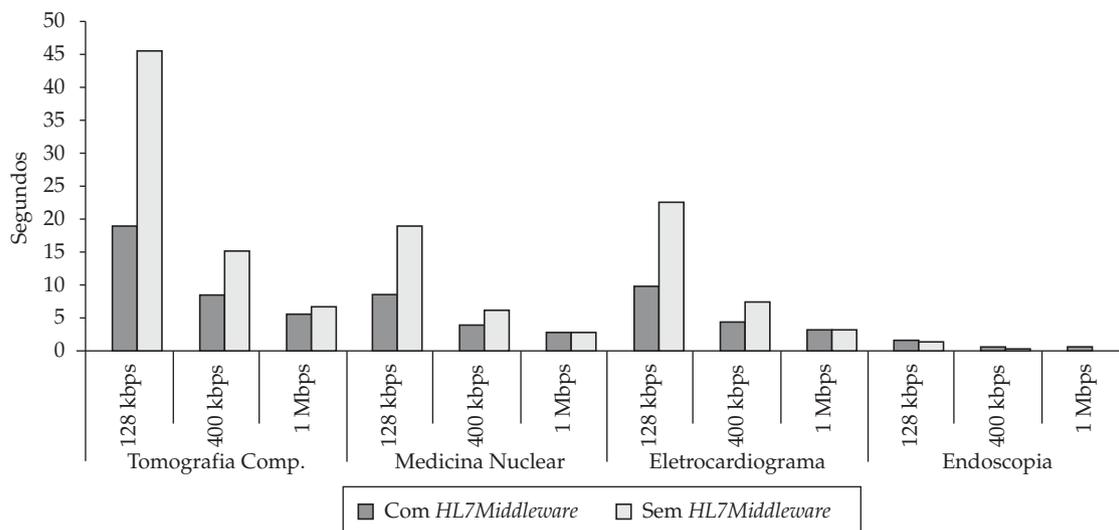


Figura 3. Tempo de processamento do *HL7Middleware* e acesso direto ao banco de dados por largura de banda e modalidade de exame. **Figure 3.** *HL7Middleware* vs. traditional database access processing time classified by bandwidth and examination modality.

em seguida acrescenta na mensagem de retorno um *link* para a imagem criada. Portanto, cabe ao sistema cliente acessar o *link* indicado na mensagem retornada pelo *HL7Server* e copiar as imagens localmente. Nestes casos verifica-se que existe influência da largura de banda para se obter os arquivos criados pelo *HL7Server*. Quanto ao acesso ao banco de dados tradicional, a decodificação e criação dos arquivos levam um tempo muito menor porque este processo é realizado localmente.

Vale ressaltar que foram medidos os tempos gastos no envio de mensagens com imagens, que exceto os vídeos são os maiores dados contidos tipicamente em base de dados de sistemas de saúde. Dessa forma, pode-se considerar que o tempo médio para recuperar informações textuais de saúde, no melhor caso leva 0,62 s e no pior caso 3,29 s (tempo medido até o processamento XML).

Como o *HL7Server* está conectado à rede local e possui acesso ao banco de dados a 1 Gbps, o tempo de

recebimento de uma resposta é menor (mesmo com o processamento extra gerado pelo envio de mensagens HL7) se comparado com o acesso direto ao banco de dados para usuários que possuem as larguras de bandas testadas (inferior a 1 Mbps). Proporcionalmente falando, o tempo de processamento dos cem exames usando o *HL7Middleware* com largura de banda de 128 kbps é 0,44 s mais veloz que o acesso tradicional ao banco de dados, com 400 kbps é 0,6 s e com 1 Mbps é 0,94 s mais rápido que sem o uso do *HL7Middleware*. Por outro lado, ao submeter os mesmos exames de imagem usando a largura de banda de 1 Gbps, constatamos que é 5 vezes mais lento recuperar informações solicitadas através do *HL7Middleware*. A Figura 4 mostra o tempo médio para processar cem exames de imagens com e sem *HL7Middleware* de acordo com variações na largura de banda.

O tempo médio gasto com o processamento de mensagens HL7 em cada modalidade de exame pode ser observado na Figura 5. Para medir este tempo, a

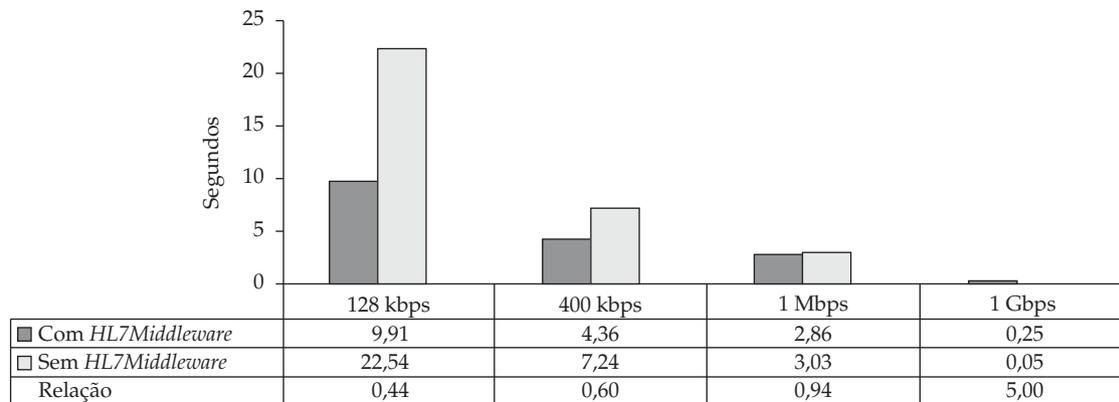


Figura 4. Relação do uso de largura de banda entre *HL7Middleware* e acesso direto ao banco de dados. **Figure 4.** *HL7Middleware and traditional database access bandwidth usage ratio.*

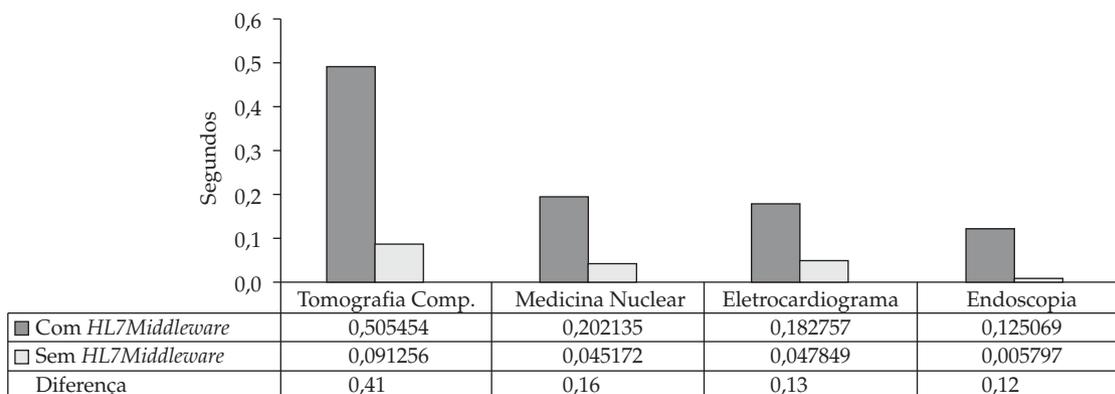


Figura 5. Carga adicional de processamento do *HL7Middleware* por modalidade de exame. **Figure 5.** *Additional processing overhead of the HL7Middleware per examination modality.*

largura de banda não foi limitada; foi utilizada, portanto, a mesma velocidade alcançada entre a conexão do *HL7Server* e o banco de dados (1 Gbps).

O tempo de processamento extra gerado durante o envio e recebimento de mensagens HL7 variou de 0,12 s nas endoscopias até 0,41 s nas tomografias, sendo tempos praticamente imperceptíveis ao usuário.

Os resultados obtidos indicam que o uso do *HL7Middleware* é mais eficiente para processar maiores volumes de dados se comparado com o acesso ao banco de dados tradicional. Com exceção das endoscopias e medicina nuclear com largura de banda de 1 Mbps, o *HL7Middleware* apresenta melhor desempenho. Este desempenho é superior porque durante o acesso direto ao banco de dados as informações dos exames transferidas pela rede, mais especificamente as imagens que possuem tamanhos maiores do que as mensagens HL7 são afetadas pela largura de banda.

Custos de implantação da integração de um serviço

Através da aplicação de técnicas-padrão de medição de *software*, durante o processo de desenvolvimento do *wrapper* para integração do SAH ao Portal de Telemedicina, calculou-se que o tempo total de desenvolvimento e implantação desta primeira integração SAH com o Portal de Telemedicina no HU/UFSC foi de 182 homens/hora. Este tempo foi obtido levando-se em consideração o tempo real gasto com o desenvolvimento dos sistemas (análise de requisitos, projeto, implementação, testes de integração e implantação) por desenvolvedores de nível intermediário. A Tabela 3 mostra o custo envolvido com a implementação do *wrapper* que envia as mensagens para o *HL7Server*, com a composição de mensagens e implantação dos sistemas.

Não foram encontrados componentes para a versão 3 do HL7 para as linguagens utilizadas no desenvolvimento (C++, PHP e Centura), por isso as tarefas referentes à transmissão/recepção de mensagens (escrever mensagens conforme as especificações do padrão HL7, recuperar e transmitir mensagens) foram implementadas por completo.

Tabela 3. Custo de Desenvolvimento e Implantação.

Table 3. Development and Deployment Costs.

Sistemas e Implantação	Custo
Desenvolvimento do <i>wrapper</i> <i>CycClient</i>	150 homens/hora
Composição das mensagens no SAH	20 homens/hora
Instalação e Testes dos sistemas nos servidores	12 homens/hora

Discussão e Conclusões

Necessidades práticas impulsionaram a elaboração de uma solução que permitisse reduzir o tempo gasto durante o processo de desenvolvimento e manutenção de sistemas de saúde, e que permitisse ao mesmo tempo a interoperabilidade de sistemas de saúde. Assim, foi proposta a utilização de uma camada intermediária que é baseada no envio de mensagens HL7 para atuar entre os sistemas clientes e o banco de dados.

O modelo em camadas proporciona acesso transparente ao banco de dados. O desenvolvedor de sistemas não necessitará conhecer a arquitetura do banco de dados, configurações de acesso, nem escrever instruções SQL, deverá somente ser capaz de solicitar um serviço através do envio de mensagens HL7 e recuperar informações de uma mensagem HL7 de resposta enviada pelo *HL7Server*. Atualmente o *HL7Server* suporta conexão apenas com o gerenciador de banco de dados *PostgreSQL*, porém já foi prevista conexão com outros gerenciadores de bancos de dados.

A partir dos resultados obtidos no teste de *benchmark*, conclui-se que o envio de mensagens de acordo com a semântica de um padrão para interoperabilidade utilizado pelo *HL7Middleware* é uma estratégia eficiente inclusive para acessar o próprio banco de dados. Esta estratégia é vantajosa principalmente para usuários que utilizam sistemas *web* com largura de banda inferior à velocidade de conexão entre o *HL7Server* e o banco de dados. Além disso, a utilização *HL7Middleware* apresenta como vantagens a independência de linguagem de programação, banco de dados e sistema operacional. Propõe a integração com equipamentos médicos que já utilizam a versão 3 e a interoperabilidade de sistemas de saúde heterogêneos, permitindo integração com qualquer operadora, prestadora e agência governamental de saúde que desejar compartilhar informações de pacientes, tornando assim o prontuário eletrônico do paciente realmente completo e acessível.

Do ponto de vista do esforço empregado é importante observar que o *wrapper* *CycClient* se trata de uma ferramenta genérica para comunicação de mensagens HL7 depositadas na forma de arquivos por sistemas legados. O seu desenvolvimento foi necessário para que se pudesse realizar a integração específica relatada, mas o custo de 150 homens/hora empregado no desenvolvimento do *wrapper* não necessita ser despendido novamente se ele for empregado para a implantação de outros canais de comunicação entre o Portal e o SAH, ou outros sistemas que comuniquem através do mesmo processo. Sob essa óptica, o

custo da implantação de serviços adicionais seria de 32 homens/hora por serviço, o que significaria uma pessoa/semana por serviço, o que já passa a representar um custo interessante.

Agradecimentos

Agradecemos a todos os colaboradores do Grupo Cyclops e do serviço de informática do HU/UFSC que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- AL-WASIL, F. M.; GRAY, W. A.; FIDDIAN, N. J. Establishing an XML metadata knowledge base to assist integration of structured and semi-structured databases. In: AUSTRALASIAN DATABASE CONFERENCE, 17.; ACM INTERNATIONAL CONFERENCE, 2006, Hobart. **Proceedings...** Darlinghurst: Australian Computer Society, Inc., 2006. p. 69-78.
- BEGOYAN, A. An overview of interoperability standards for electronic health records. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATED DESIGN AND PROCESS TECHNOLOGY – IDPT, 10., 2007, Antalya. **Proceedings...** [S.L.]: Society for Design and Process Science, 2007. 8 p.
- BICER, V.; LALECI, G.; DOGAC, A.; KABAK, Y. Artemis message exchange framework: semantic interoperability of exchanged messages in the healthcare domain. **ACM Sigmod Record**, v. 34, n. 3, p. 71-76, 2005.
- CEUSTERS, W.; SMITH, B. Strategies for referent tracking in electronic health records. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 39, n. 3, p. 362-378, 2006.

- CHAN, S.; DILLON, T.; SIU, A. Applying a mediator architecture employing XML to retailing inventory control. **The Journal of Systems and Software**, v. 60, n. 3, p. 239-248, 2002.
- COLLINS, S. R.; NAVATHE, S.; MARK, L. XML schema mappings for heterogeneous database access. **Information and Software Technology**, v. 44, n. 4, p. 251-257, 2002.
- HL7. What is HL7? Available from: <<http://www.hl7.org/about>>. Access in: Outubro de 2008.
- KO, L. F.; LIN, J. C.; CHEN, C. H.; CHANG, J. S.; LAI, F.; HSU, K. P.; YANG, T. H.; CHENG, P. H.; WEN, C. C.; CHEN, J. L.; HSIEH, S. L. HL7 middleware framework for healthcare information system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE E-HEALTH NETWORKING, APPLICATIONS AND SERVICES, 8, 2006, New Delhi. **Proceedings...** India: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2006. p. 152-156.
- ONABAJO, A.; BILYKH, I.; JAHNKE, J. Wrapping legacy medical systems for integrated health network. migration and evolvability of long-life software systems. In: WORKSHOP AT THE CONFERENCE NETOBJECTDAYS, 2003, Erfurt. **Proceedings...** Germany: Springer, 2003.
- WALLAUER, J.; MACEDO, D.; ANDRADE, R.; Von WANGENHEIM, A. Building a national telemedicine network. **IT Professional**, v. 10, n. 2, p. 12-17, 2008.
- XU, Y.; SAUQUET, D.; ZAPLETAL, E.; LEMAITRE, D.; DEGOULET, P. Integration of medical applications: the 'mediator service' of the SynEx platform. **International Journal of Medical Informatics**, v. 58-59, Sep, p. 157-166, 2000.