

Proposta de uma Aplicação Computacional para Aquisição e Gerenciamento de Exames Médicos Aplicando o Padrão DICOM

Neimar Neitzel¹, Renato Bobsin Machado¹, Huei Diana Lee¹,
Feng Chung Wu^{1,2}, Joylan Nunes Maciel¹ e João José Fagundes²

¹Centro de Engenharias e Ciências Exatas – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Laboratório de Bioinformática – LABI
Parque Tecnológico Itaipu – PTI
Caixa Postal 39, 85856-970 – Foz do Iguaçu, PR, Brasil

²Serviço de Coloproctologia da Faculdade de Ciências Médicas
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – Campinas – SP – Brasil

mar.neitzel@gmail.com, renato@pti.org.br

Abstract. *The technological advances in data transmission and distributed systems area has motivated the development of multiple applications in Telemedicine. In this context, this work presents a computational model to store and manage medical examinations under the Digital Imaging and Communication in Medicine – DICOM – standard from distinct hospital equipments. This solution will provide the integration with a multimedia conference model, allowing remote access to patient's exams and data by domain specialists and system's users, as well as the application of multimedia resources to help and optimize these processes.*

Resumo. *Os avanços tecnológicos nas áreas de transmissão de dados e de sistemas distribuídos, têm motivado o desenvolvimento de diversas aplicações em Telemedicina. Dentro deste contexto, neste trabalho apresenta-se um modelo computacional para o armazenamento e o gerenciamento de exames médicos seguindo o padrão Digital Imaging and Communication in Medicine – DICOM –, a partir de distintos equipamentos hospitalares. A solução possuirá como diferencial a integração com um modelo de conferência multimídia, permitindo a especialistas do domínio e usuários do sistema o acesso remoto a dados e exames de pacientes, assim como o uso de recursos multimídia para o auxílio e otimização desses processos.*

1. Introdução

O rápido desenvolvimento tecnológico das áreas de transmissão de dados e sistemas distribuídos, têm motivado o desenvolvimento de aplicações computacionais direcionadas a resolução de problemas de diversas áreas do conhecimento. Uma área que pode ser auxiliada com o uso dessas técnicas é a medicina, a qual possui vários processos que podem ser otimizados com o desenvolvimento de novas aplicações computacionais.

A utilização das tecnologias de telecomunicações para a interação entre profissionais de saúde e pacientes é denominada Telemedicina [Sabbatini 2008]. Motivado por este

cenário e pelas necessidades da área médica, o Laboratório de Bioinformática – LABI – da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – vem desenvolvendo pesquisas, em parceria com o Serviço de Coloproctologia da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade de Campinas – UNICAMP –, em Telemedicina. Um dos trabalhos realizados consiste em um sistema para conferência multimídia e transmissão de dados de experimentos médicos em tempo real pela Web [Maciel 2005], o qual também permite a interação entre os participantes por meio de recursos multimídia, tais como vídeo, voz e texto.

Os resultados alcançados nessa linha de pesquisa motivaram a expansão do protótipo a outros domínios da área médica. Identificou-se que processos como o acompanhamento remoto de pacientes, visualização e análise dos dados e exames dos pacientes, poderiam ser otimizados com a Telemedicina. Neste trabalho apresenta-se um modelo computacional que possibilita a aquisição de dados a partir de distintos Equipamentos Hospitalares – EH – e o acompanhamento remoto de pacientes.

Soluções computacionais com tais propósitos são denominadas *Picture Archiving and Communication Systems* – PACS –, as quais permitem o armazenamento de exames médicos, a partir de EH distintos, e a disponibilização do acesso remoto a essas informações por meio da Internet.

A solução computacional apresentada neste trabalho possibilitará o armazenamento centralizado dos dados e dos exames médicos, o gerenciamento e a disponibilização remota dessas informações, as quais serão acessíveis, de modo seguro, por meio de aplicações clientes. O diferencial da solução está na integração com o sistema de conferência multimídia e transmissão de dados de experimentos médicos em tempo real pela Web desenvolvido no LABI [Maciel 2005].

O restante deste trabalho está organizada do seguinte modo: Na seção 2 é apresentada a arquitetura do modelo proposto para a aquisição, armazenamento e gerenciamento remoto de dados e exames de pacientes. Na seção 3 são descritos os resultados obtidos até o momento e as conclusões são apresentadas na seção 4.

2. Materiais e Métodos

Neste trabalho definiu-se um modelo computacional seguindo o padrão *Digital Imaging and Communication in Medicine* – DICOM –, o qual contempla o gerenciamento e a disponibilização de dados e exames de pacientes. A seguir são apresentados o protocolo DICOM e o modelo computacional proposto.

2.1. O Protocolo DICOM

O DICOM é aceito internacionalmente e foi criado para padronizar o armazenamento de imagens médicas digitais e a comunicação com os EH. A terceira versão do protocolo DICOM foi publicada em 1993 pelos comitês de trabalho da *American College of Radiology* – ACR – e do *National Electrical Manufacturers Association* – NEMA – [ACR-NEMA 2006].

O formato de arquivo especificado pelo padrão DICOM para armazenar os exames e dados dos pacientes é denominado *Data Set*, o qual é constituído por um conjunto de *Data Elements*, como é ilustrado na Figura 1. Os *Data Elements* são estruturas que arma-

zenam informações específicas dentro de um *Data Set*, e são compostos pelos seguintes campos:

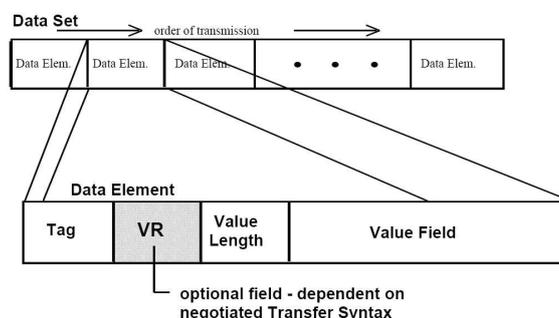


Figura 1. Estrutura de Data Set e um Data Element DICOM [ACR-NEMA 2006]

- *Tag* - Identificador do tipo de dado contido no *Data Elements*;
- *Value Length* - Tamanho do campo *Value*;
- *Value* - Valor da informação identificada pelo campo *Tag*.

Os principais *Data Elements* presentes no *Data Set* são referentes aos dados dos pacientes, equipamentos, tipo de exame e imagens. Os *Data Elements* relativos aos pacientes são compostos por informações tais como nome, idade, estudo de caso, entre outros. Os *Data Elements* referentes a imagens contêm as imagens, o tamanho, o tipo de compressão utilizada e a quantidade de imagens. Dentre as tecnologias para compactação de imagens DICOM citam-se os padrões JPEG, JPEG 2000 e MPEG2 [ACR-NEMA 2006].

2.2. Solução Proposta para Gerenciamento de Dados Médicos

O sistema de conferência multimídia e transmissão de dados de experimentos médicos em tempo real pela Web, desenvolvido no LABI, tem a finalidade de possibilitar o acompanhamento remoto de experimentos médicos e a interação, por meio de equipamentos multimídia, entre os pesquisadores.

Neste trabalho projetou-se um PACS, integrado ao sistema de conferência multimídia, para atender os seguintes requisitos:

- Aquisição, gerenciamento e armazenamento de exames a partir de distintos EH;
- Disponibilização dos dados e exames dos pacientes por meio da Internet;
- Interação com recursos de conferência multimídia entre médicos e especialistas.

Para atender aos requisitos, propõe-se uma arquitetura composta por Equipamentos Hospitalares – EH –, uma Aplicação Servidora – AS – e Aplicações Clientes – AC. Este modelo é apresentado na Figura 2.

Os EH, geradores de imagens e exames digitais, utilizam o protocolo DICOM para o armazenamento e a transmissão de exames médicos. Dentre esses equipamentos citam-se tomografia computadorizada, ultra-sonografia, ressonância magnética, entre outros.

A AS realizará a comunicação com os EH por meio de uma rede *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* – TCP/IP – [Tanenbaum 2003]. Esta interface permitirá a AS obter os dados e exames de pacientes a partir de diferentes EH, armazenando-os em uma base de dados centralizada. A AS estará conectada as AC por meio da Internet e terá as seguintes responsabilidades:

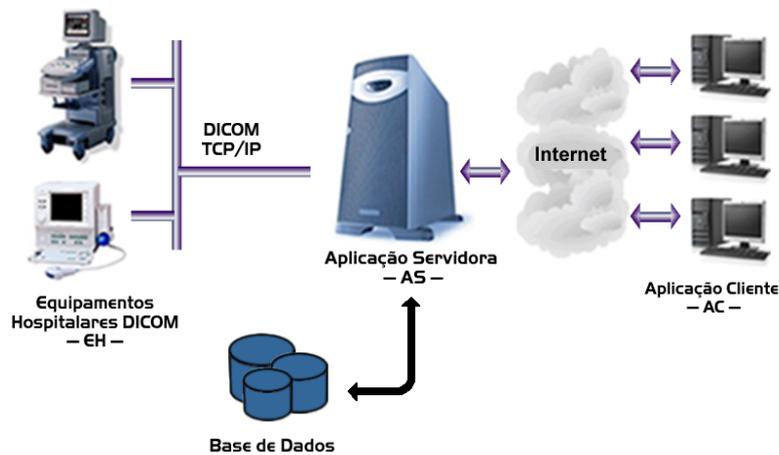


Figura 2. Arquitetura do modelo proposto

- Política de segurança para restrição do acesso remoto dos usuários por login e senha;
- Configuração das sessões (criptografia e compactação) e gerenciamento da conferência multimídia, conforme definições de [Maciel 2005];
- Transmissão de dados e exames dos pacientes presentes na base de dados da AS.

Para o acesso remoto aos dados e exames dos pacientes, assim como a realização da conferência multimídia, serão utilizadas as AC. As AC solicitam os serviços disponibilizados pela AS por meio de uma rede TCP/IP. No diagrama da Figura 3 é descrito o protocolo realizado para o estabelecimento da comunicação, de modo seguro, entre a AC e a AS.

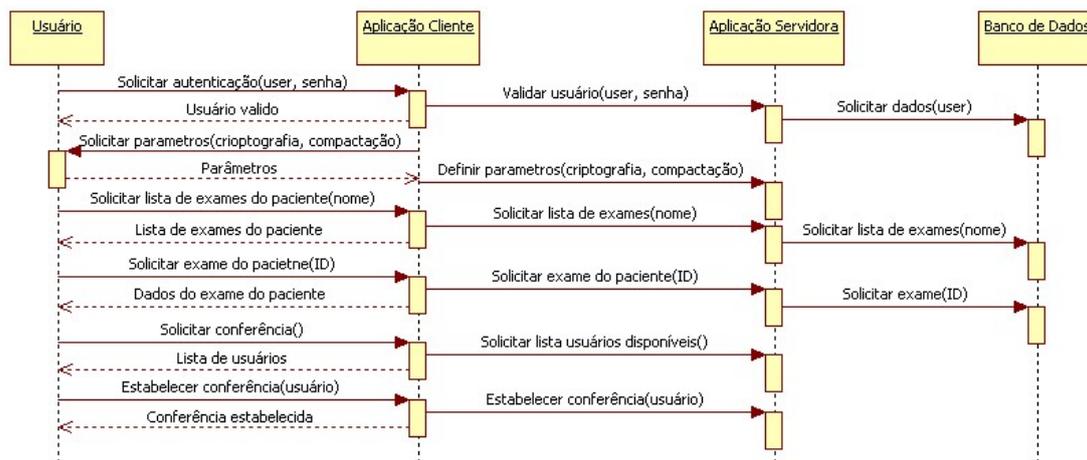


Figura 3. Diagrama de seqüência para autenticação de usuários, transmissão de exames e estabelecimento da conferência multimídia

No estabelecimento da comunicação entre a AS e a AC ocorre a autenticação dos usuários, negociação de atributos como compactação, criptografia de dados e parâmetros para o estabelecimento da conferência multimídia [Maciel 2005], caso esta seja requisi-

tada pelo usuário. Posteriormente, fica disponível ao usuário o acesso aos dados e aos exames dos pacientes, os quais estão armazenados na base de dados da AS.

A seguir apresentam-se as tecnologias computacionais selecionadas para o modelo proposto:

- Linguagem Java para a implementação do modelo computacional [P. J. Deitel 2003];
- Biblioteca DCM4CHE [Zeilinger 2008] para o acesso às *Applications Programming Interfaces* – API – DICOM;
- Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL [Henry F. Korth 1995];
- Protocolo de comunicação *Transmission Control Protocol* – TCP – para a transmissão dos dados e exames de pacientes;

Com o objetivo de analisar o desempenho do modelo proposto serão avaliados métodos criptográficos, diferentes tecnologias de rede e variação na carga de dados. Para a transmissão dos dados serão utilizadas redes Ethernet 10 Mbps, Ethernet 100 Mbps, Ethernet 1000 Mbps e ambiente *Asymmetric Digital Subscriber Line* – ADSL. Propõe-se uma variação na carga de dados de 10 a 150 MB, considerando intervalo de 10 em 10 MB, com e sem criptografia e compactação. Os resultados serão avaliados por meio de métodos estatísticos para posterior discussão com especialistas das áreas computacional e médica.

3. Resultados e Discussão

As pesquisas multidisciplinares possibilitam a integração de diferentes áreas do conhecimento para a resolução de problemas. Este trabalho se enquadra nesse contexto, aplicando técnicas de transmissão de dados e conferência multimídia na área médica. Desse modo é possível a médicos e especialistas realizarem o diagnóstico e o acompanhamento remoto de dados e exames de pacientes.

Dada a importância na transmissão de dados confidenciais, tais como exames médicos, as aplicações computacionais em Telemedicina devem manipular essas informações considerando a confiabilidade da solução, facilidade de utilização, confidencialidade e integridade dos dados e o desempenho da solução em distintos ambientes computacionais. Para atender esses requisitos serão apresentados detalhes da solução proposta.

Entre os protocolos disponíveis no modelo Internet para transporte de dados, selecionou-se o TCP, o qual implementa controles para detecção e correção de erros, reenvio de pacotes e transmissão ordenada dos dados [Tanenbaum 2003]. Em função dessas características, este protocolo aumenta a confiabilidade e a integridade da transmissão de dados a médicos e especialistas.

Na comunicação entre a AS e as AC poderão, opcionalmente, ser trocados dados sigilosos, entre os quais dados de pacientes e de autenticação. Para garantir a confidencialidade das informações, o modelo contempla a avaliação, por meio de estudo bibliográfico e experimental, de métodos criptográficos simétricos e assimétricos.

Outro fator a ser considerado é a tecnologia de rede em que a aplicação poderá ser utilizada. Como pode-se utilizar exames médicos de alta resolução, o tamanho dos arquivos pode impactar sobre o desempenho da transmissão dos exames na rede. Este fato

motivou a avaliação da transmissão dessas informações em distintas tecnologias de redes, diferentes tamanhos de pacotes e configurações de transmissão. Essas análises combinadas permitirão definir a configuração mais adequada em função do ambiente computacional disponível e das características dos dados a serem transmitidos.

Os sistemas que proporcionam o armazenamento e a comunicação de dados e imagens médicas digitais gerados por EHs são denominados PACS. As principais características de um PACS são a comunicação com EH, interligação por meio de redes de computadores, a aplicação de um servidor DICOM e a integração com outros sistemas da área médica. Na Tabela 1 é apresentado um comparativo entre alguns PACS e suas funcionalidades.

Tabela 1. Comparativo entre alguns PACS em relação a alguns requisitos [PACS 2008, CONPLAN SISTEMAS 2008, Eye 2008, Moreno R. 2008]

PACS	B & M DICOM PACS	MINI- WebPacs	DICOM EYE	SAIM	Modelo Proposto
Aquisição de exames nos EH	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Acesso via Web	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Solução Livre	Não	Sim	Não	Não	Sim
Interação remota entre especialistas	Não	Não	Não	Não	Sim

Como se pode observar, a maioria dos PACS possui suporte para acesso Web, permitindo o acesso remoto aos dados dos pacientes. A proposta apresentada neste trabalho será desenvolvida conforme a definição arquitetural de PACS, considerando as características apresentadas na Tabela 1. O diferencial da solução proposta consiste na integração com o sistema de conferência multimídia desenvolvido no LABI, permitindo a interação entre médicos e especialistas por meio recursos multimídia, tais como áudio, vídeo e texto.

Considerando as funcionalidades de acesso via WEB, a aquisição de dados a partir de distintos EH, o armazenamento de dados, a solução com código aberto e a interação remota entre os especialistas, selecionou-se algumas tecnologias computacionais, as quais são discutidas na seqüência.

Para a implementação da solução optou-se pela linguagem Java, pois possui recursos para programação em ambiente Web, tais como APIs para transmissão de pacotes de dados, servidores de aplicação e programação em browser [P. J. Deitel 2003]. A tecnologia Java também apresenta como vantagens os níveis de segurança e a independência em relação a distintas plataformas. Além das características técnicas, a utilização desta linguagem facilitará a integração da AS com o sistema de conferência multimídia desenvolvida no LABI, o qual foi implementado em Java [Maciel 2005].

Para a implementação do padrão DICOM existem diversas bibliotecas disponíveis com essa funcionalidade. No desenvolvimento da solução optou-se pela biblioteca DCM4CHE [Zeilinger 2008], a qual implementa as funcionalidade DICOM na linguagem JAVA, é distribuída gratuitamente e atende as necessidades de manipulação de dados dos arquivos DICOM, ou seja, o estabelecimento da comunicação e a troca de mensagens entre as aplicações.

Associada às demais decisões técnicas, uma característica importante deste modelo é ser uma solução aberta. Desse modo, o projeto pode ser utilizado para fins de pesquisa, aprimoramento da ferramenta e integração de novos módulos.

Na primeira etapa do projeto foi definido o modelo computacional e realizada a implementação da AS, constituindo um PACS. Nas próximas fases serão realizadas a integração da AS com o sistema de conferência multimídia desenvolvido no LABI e a execução dos experimentos definidos neste trabalho.

4. Considerações finais

A solução computacional proposta neste trabalho será responsável por realizar a aquisição, o gerenciamento, o armazenamento e a transmissão de dados e exames de pacientes seguindo o padrão DICOM, por meio de redes TCP/IP. A utilização desta solução permitirá que médicos e especialistas tenham acesso remoto aos exames realizados em distintos EH de modo centralizado. Este modelo, integrado ao sistema de conferência multimídia desenvolvida no LABI, contribuirá para o diagnóstico e o acompanhamento remoto de pacientes, além de possibilitar a interação por meio de conferência multimídia entre médicos e pesquisadores.

Agradecimentos

Ao Programa de Desenvolvimento Tecnológico Avançado – PDTA/FPTI-BR – pelo auxílio por meio da linha de financiamento de bolsas.

Referências

- ACR-NEMA (2006). *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)*. Rosslyn, Virginia - USA.
- CONPLAN SISTEMAS, S. (2008). Conplan sistemas, saim. Disponível em URL:<http://sistemas.conplan.com.br/?secao/solucoes/software>.
- Eye, D. (2008). Dicom eye. Disponível em URL:<http://www.katalogo.com.br/Produtos/?IdProduto=CAT5110001-0>.
- Henry F. Korth, A. S. (1995). *Sistema de Banco de Dados*. Makron Books, São Paulo - Brasil, 2th edition.
- Maciel, J. N. (2005). *Protótipo de conferência multimídia e transmissão de dados de experimentos médicos em tempo real pela Web*. PhD thesis, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- Moreno R., U. K. (2008). mini-webpacs. Disponível em URL:<http://miniwebpacs.sourceforge.net>.
- P. J. Deitel, H. M. D. (2003). *Java: Como Programar*. Bookman, Porto Alegre - Brasil, 4th edition.
- PACS, B. D. (2008). Dicom pacs bem. Disponível em URL:<http://www.bandmmedical.com>.
- Sabbatini, R. M. E. (2008). Telemedicina: A assistência à distância. Disponível em URL:<http://www.sabbatini.com/renato/papers/reporter-medico-03.htm>.

Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de Computadores*. Campus, Rio de janeiro - Brasil, 4th edition.

Zeilinger, G. (2008). Dcm4che. *Disponível em URL:*<http://www.dcm4che.org>.