

Formato de Imagens Médicas

Aline Dartora
Prof. Lucas Ferrari de Oliveira

Departamento de Informática – Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Introdução

Imagens Médicas

- Uma ou mais imagens de uma representação de um volume anatômico em um plano de imagem (imagens de projeção ou planar);
- Uma série de imagens representando completamente através de cortes finos um volume (imagens tomográficas ou *multi-slice*);
- Múltiplas aquisições da mesma imagem tomográfica ou de volume através do tempo produzindo uma série dinâmica de aquisições (images de 4 dimensões).

Introdução

Conceitos Básicos

- Uma imagem médica é uma representação de uma estrutura interna ou funcional de uma região anatômica;
- Representada por um vetor de *picture element* (pixel ou voxel) com valores discretos;
- Resultado de um processo de amostragem/reconstrução dos mapas de valores em posições espaciais;
- Quantidade de pixels descreve o campo de visão utilizado na modalidade da aquisição;
- Os valores dos pixels depende do protocolo de aquisição (bits).

Introdução

Interpretação Fotométrica

- Imagens Níveis de Cinza:
 - Raio-X
 - Tomografia Computadorizada (TC);
 - Ressonância Magnética (RM);
 - Tomografia por Emissão de Póstron (PET) (Pseudo-cor);
 - Tomografia por Emissão de Fóton Único (SPECT) (Pseudo-cor).
- Imagens Coloridas:
 - Ultrassom (RGB - 24 bits) - codificar a velocidade do fluxo sanguíneo;
 - Endoscopia (RGB);
 - Lesões de Pele.

Introdução

Metadados

- Informações que descrevem as imagens;
- Cabeçalho das imagens;
- Utilizado para o que software visualização possa reconhecer e abrir as imagens corretamente;
- Informações referentes:
 - Dados da imagem (compressão ou não);
 - Identificação do Paciente e Dados Demográficos;
 - Informações sobre o exame (tipo, série, tamanho e corte/imagem).

Padrões de Imagens

Formatos

Três tipos básicos de formatos:

- Formato Fixo (layout idêntico para todos os arquivos);
- Formato de Bloco (onde o cabeçalho contém apontadores para a informação);
- Formato baseado em TAG (cada item contém seu próprio tamanho).

Introdução

Dados dos Pixels

- Tipo de dados armazenados (inteiro ou float);
- Utiliza o mínimo de bytes para a representação;
- Valores complexos (parte real e imaginária) dados brutos da RM (spaço-k);
- 16-bits em *little endian* ou *big endian*;
- Cabeçalhos fixos -> inicio dos dados em posição fixa;
- Cabeçalhos variáveis -> ponteiro ou tag;

Introdução

Tamanho

- **Sem Compressão**

- Tamanho da imagem em pixels é calculada:

$$\text{Linhas} * \text{Colunas} * \text{Quantização} * (\text{Número de Frames})$$

- Tamanho do Arquivo:

$$\text{Cabeçalho} + \text{Tamanho em Pixels da Imagem}$$

- **Com Compressão**

- Reversível;
- Irreverssível.

Introdução

Formato de Arquivos

Duas Categorias:

- Por modalidade diagnóstica (DICOM);
- Pós-Processamento (Analyze, Nifti e Minc);

Armazenamento

Duas Configurações:

- Arquivo único (Metadados + dados da Imagem);
- Dois arquivos (Cabeçalho *.hdr* e Dados da Imagem *.img*) ;

Formato Analyze 7.5

Informações

- Criado no final dos anos 80;
- Software comercial *Analyze* da *Mayo Clinic*;
- Foi por mais de uma década o padrão "de fato" para pós-processamento de imagens médicas;
- Foi pensando para dados multidimensionais 3D (volume) ou 4D (tempo);
- O padrão consiste de dois arquivos binários:
 - A imagem com extensão *.img* com os valores dos voxels;
 - Arquivo de cabeçalho com extensão *.hdr* com os metadados;Tamanho fixo de 348 bytes montado como uma estrutura em C

Formato Analyze 7.5

Informações

- Considerado ultrapassado, mas amplamente utilizado;
- Suportado por vários pacotes de softwares, visualizadores e utilitários de conversão;
- Não tem suporte para tipo de dado 16-bit sem sinal;
- Não armazena informação de orientação.

Formato Nifiti

Informações

- Criado no começo dos anos 2000;
- Criado pelo comitê do *National Institutes of Health* para Neuroimagens;
- Manteve as vantagens do Analyze e resolveu os problemas;
- Pode ser considerado um *Analyze Revisado*;
- Utiliza alguns campos presentes, mas não/pouco utilizados no Analyze;
- Armazena a orientação da imagem evitando o ambiguidade esquerda-direita em estudos do cérebro.

Formato Analyze 7.5

Informações

- Considerado ultrapassado, mas amplamente utilizado;
- Suportado por vários pacotes de softwares, visualizadores e utilitários de conversão;
- Não tem suporte para tipo de dado 16-bit sem sinal;
- Não armazena informação de orientação.

DICOM

Contexto

- 1970 - Introdução de imagens digitais médicas e o uso de computadores no processamento destas imagens;
- Aumento do uso frequente de sistemas de informação na área da saúde;
- Necessidade de comunicação de dados computacionais entre diferentes sistemas;
- Necessidade de estabelecer um padrão para arquivamento, manuseio, impressão e transferência de imagens médicas, dados médicos e informações entre dispositivos.

DICOM

1983

→ Criação de um Comitê:

↔ American College of Radiology (ACR);

↔ National Electrical Manufacturers Association (NEMA); →

Principal objetivo:

↔ Padronizar a transmissão de imagens médicas e as informações associadas;

DICOM

O que o sistema deveria fazer?

- Solucionar o problema de comunicação entre diferentes sistemas;
- Promover a comunicação de informações e imagens médicas;
- Possibilitar o desenvolvimento de sistemas hospitalares que se comunicassem;
- Permitir a criação de bancos de dados que pudessem ser acessados por diversos dispositivos.

DICOM

Esse sistema foi denominado:

DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicine.

Definição:

O padrão DICOM consiste então em um conjunto de normas que padroniza o procedimento no tratamento realizado em imagens geradas por equipamentos médicos, e define um padrão para o formatos dos dados.

DICOM

Aplicações do padrão:

→ Armazenamento de imagens digitais de diferentes modalidades diagnósticas:

↔ Tomografia Computadorizada – TC;

↔ Ressonância Magnética – RNM;

↔ Medicina Nuclear;

↔ Ultra-Som – US;

↔ Raio-X;

↔ Sistema de Informação Hospitalar/Sistema de Informação Radiológica – HIS/RIS.

DICOM

Organização

- As imagens médicas são organizadas em um sistema de transmissão e arquivamento de imagens médicas chamado PACS.

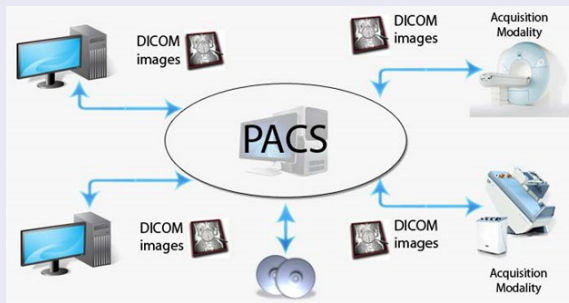


Figura 1: PACS (Picture Archiving and Communication System – Sistema de Comunicação e Arquivamento de Imagens)

DICOM

PACS

- Normaliza usando o padrão DICOM o armazenamento e comunicação de imagens geradas por equipamentos médicos;
- Compartilhamento, Visualização e Distribuição de mídia eletrônica.

DICOM

Vantagens

- Transição de informações de um mesmo paciente entre localidades diferentes por meio de uma rede;
- Troca de objetos virtuais entre os aplicativos desconhecidos;
- Custo baixo e velocidade alta;
- Imagens com informação intacta;
- Interoperabilidade.

DICOM

Desvantagens

- Auto custo de implementação acarretando em substituições por opções mais baratas.

DICOM

Disseminação do padrão

- Grupos distribuídos na Europa, Ásia e América incentivam e difundem a utilização do DICOM;
- DICOM Standards Committee: Discutem mudanças necessárias ao sistema.

DICOM

Garantindo a compatibilidade – Especificações:

- Atributo;
- Comando;
- Elemento de Comando;
- Command Stream;
- Declaração de Conformidade;
- Dicionário de Dados;
- Elemento de dados;
- Conjunto de Dados;
- Fluxo de Dados;
- Informação do Objeto.

DICOM

As partes do padrão DICOM

- O padrão DICOM contém 20 partes, todas as partes são relacionadas, mas são documentos independentes.

Parte 1

Introdução e visão geral (Introduction and Overview)

História, escopo, objetivos e a estrutura do padrão;

- 1ª versão (1985): ACR-NEMA 300 - 1985 ou ACRNEMA1.0;
Especifica uma interface que suporta transmissão de imagem ponto a ponto, dicionário de dados e um conjunto de comandos para iniciar transações;
- 2ª versão (1988): ACR-NEMA 300 - 1988 ou ACR-NEMA-2.0;
Transmissão de imagem ponto a ponto e regras semânticas para a organização de mensagens;
- 3ª versão (1992): ACR-NEMA DICOM ou DICOM-3.0;
Adaptações devido a disseminação da tecnologia de redes.

Parte 2

Conformidade (Conformance)

- Define regras de implementação que estejam em concordância com os requisitos estabelecidos; 2 princípios de conformidade:
- Requisitos de conformidade: requisitos gerais;
- Declarações de conformidade: requisitos opcionais.

Parte 3

Definições de objetos de informação (Information Object Definitions)

- Classes de Objetos de Informação Normalizadas;
Exemplo: Nome do paciente;
- Classes de Objetos de Informação Compostos;
Exemplo: Classe de Objeto de Informação de Tomografia Computadorizada (data e imagem).

Parte 4

Especificações de classes de serviços (Service Class Specifications)

Uma Classe de Serviço associa um ou mais Objetos de Informação a um ou mais Comandos efetuados sobre estes objetos. Exemplos:

- Armazenamento;
- Consulta e recuperação;
- Gerenciamento de tarefas;
- Gerenciamento de serviços de impressão.

Parte 5

Estrutura e dados e semântica (Data Structure an Encoding)

- Especifica como aplicações constroem e codificam os conjuntos de dados (Data Sets);
- Define regras para a construção de fluxo de dados (Data Stream) de uma mensagem.

Parte 6

Dicionário de dados (Data Dictionary)

Define a coleção dos elementos de dados disponíveis para representar informações. Para cada elemento, esta parte do padrão especifica:

- Tag única, que consiste em um grupo, e número do elemento;
- Nome;
- Sua representação de valores – VR (string, inteiro, etc.);
- Multiplicidade (quantos valores por atributo);
- Quando há exclusão.

Parte 6

Dicionário de dados (Data Dictionary)

Para cada item unicamente identificado, especifica:

- Seu valor único;
- Seu nome;
- Seu tipo, Classe de Objetos de Informação, definição de codificação para transferência de dados, ou certas Instancias de Objetos de Informação (Information Object Instances);
- Em que parte do padrão DICOM está definido.

Parte 7

Troca de mensagens (Message Exchange)

- Especifica tanto o serviço quanto o protocolo usado por uma aplicação para troca de mensagens.
- Uma mensagem é composta de um Command Stream seguido por um Data Stream.

Parte 8

Suporte à comunicação em rede para trocar mensagens (Network Communication Support for Message Exchange)

- Especifica os serviços de comunicação e protocolos de camada superior necessários ao suporte, em ambientes de rede, à comunicação entre aplicações DICOM;
- Comunicação coordenada e eficiente através da rede.

Parte 10

Armazenamento em mídia e formato de arquivo (Media Storage and File Format for Media Interchange)

- Especifica como deve ser o armazenamento de imagens em mídia removível;
- Prover um framework que permite o intercâmbio de vários tipos de imagens médicas e as informações associadas em um amplo domínio de mídias de armazenamento removível.

Parte 10

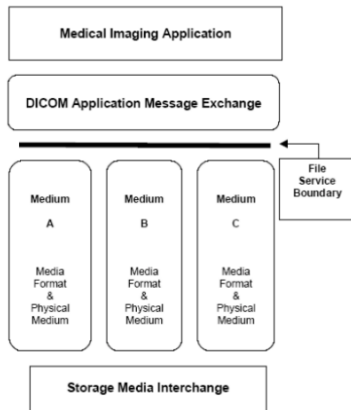


Figura 2: Modelo de comunicação DICOM

Parte 11

Perfis da aplicação de armazenamento em mídia (Media Storage Application Profiles)

- Adequa a imagem de acordo com os níveis desejados para um determinado tipo de análise, realizando alterações no centro e na largura de janela da imagem, melhorando assim a visualização por alteração de brilho e contraste; e se requerem implementações que estejam em concordância com o conjunto de padrões.

Parte 12

Formato de mídia e mídia física para intercâmbio (Media Formats and Physical Media for Media Interchange)

- Especifica o intercâmbio de informações entre aplicações de sistemas médicos;
- Determina a estrutura de descrição de relacionamento entre o modelo de armazenamento em mídia e em uma mídia física específica e formato de mídia, e também a característica da mídia.
- Aplica-se para dispositivos portáteis que podem coletar imagens e armazená-las em um DVD.
- Outra aplicação seria colocar um Data Set contendo um estudo de cardiologia em um DVD para que o paciente possa levar o estudo até outro hospital.

Parte 14

Função de exibição de escala de cinza (Grayscale Standard Display Function)

- Padroniza as funções de exibição escala de cinza para imagens apresentadas em diferentes mídias, como, por exemplo, monitores e impressoras.

Parte 15

Perfis de segurança e sistema de gerenciamento (Security and System Management Profiles)

- As implementações devem estar em conformidade com os perfis de segurança e sistema de gerenciamento.
- Estes perfis são definidos usando-se protocolos externos (DHCP, etc.), e são especificados neste padrão DICOM.
- Estes protocolos também devem incluir criptografia de dados, chave pública, e “smart cards”.

Parte 16

Recurso de mapeamento de conteúdo (Content Mapping Resource)

- Define templates de estruturação de documentos, conjunto de termos codificados, dicionário de termos e traduções.

Parte 17

Informação redundante (Explanatory Information)

- Define anexos normativos e informativos incluindo informações explicativas.

Parte 18

Acesso a web a objetos persistentes DICOM (Web Services)

- Acesso a objetos persistentes DICOM pode ser realizado através de requisições http. A requisição inclui um ponteiro para o objeto no formato de UID de sua instância. Este padrão ilustra como esta requisição deve ser iniciada.

Parte 19

Hospedagem da aplicação (Application Hosting)

- Essa parte do padrão trata da definição de uma interface entre duas aplicações de software, onde uma é a aplicação hospedeira (Hosting System) e a outra é a aplicação hospedada (Hosted Application);
- A primeira aplicação é a que fornece os dados, que seriam um conjunto de imagens com suas informações relacionadas, e a segunda seria a aplicação que analisa esses dados, podendo retornar o resultado da análise para a primeira aplicação.

Parte 20

Transformação do padrão DICOM para HL7 e vice e versa (Transformation of DICOM to and from HL7 Standards)

- Essa parte traz toda a definição de “equivalência” de termos, abreviações, cabeçalhos, requerimentos, restrições, atributos, documentos, tipos de dados, relacionamentos e vários outros parâmetros que se fazem necessários na transformação de dados DICOM para HL7 e de HL7 para DICOM.

A Arquitetura das partes do padrão DICOM

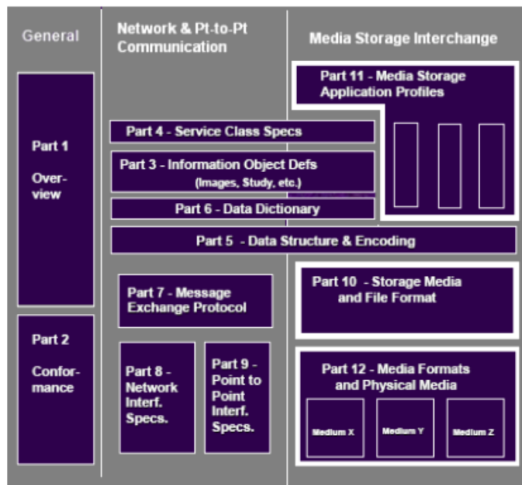


Figura 3: Arquitetura das partes do padrão DICOM

DICOM

Objeto DICOM

→ Série de atributos:

- ↔ Instâncias de classes;
- ↔ Descrevem os serviços;
- ↔ Tipos de informações;

DICOM

Modelo de Dados

- Entidades de Informação (EIs), ex: paciente, estudo, procedimento, imagem, equipamento, etc.
- Classes, compostas de módulos feitos de entidades;
- Integração.

Modelo de dados

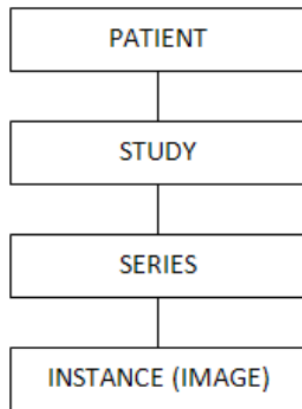


Figura 4: Modelo de Dados DICOM simplificado.

DICOM

Aplicativos:

- Cada um é responsável pela própria base de dados interna;
- A construção do aplicativo é de responsabilidade do desenvolvedor;
- Devem focar na transferência, no compartilhamento e no armazenamento de informação DICOM;
- Devem "falar" DICOM adequadamente, ou seja, a interface é a mais importante.

DICOM

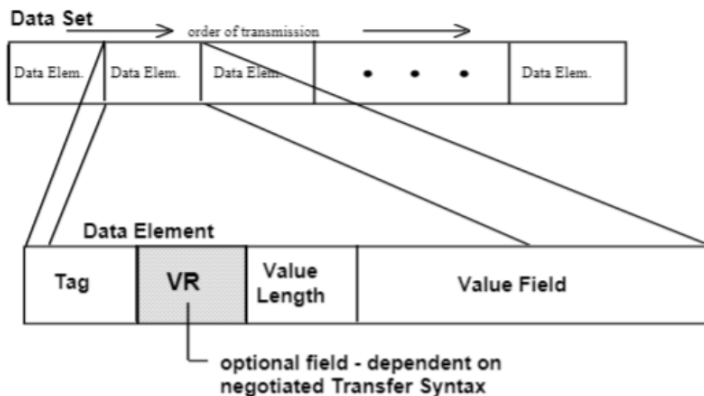


Figura 5: Conjunto de dados DICOM e elementos da estrutura de dados.

DICOM

Exemplos de dados existentes no cabeçalho da imagem:

- (0010,0010) Nome do Paciente;
- (0010,0020) Identidade do Paciente;
- (0010,0030) Data de Nascimento;
- (0008,0050) Número de Acesso;
- (0008,0090) Parte do Corpo Referente.

A imagem DICOM

ID	Name	VR	Value
(0008,0081)	InstitutionAddress	ST	St.-Jürgen-Str.1,Bremen,Nord,DE,D/28205
(0008,0090)	ReferringPhysicianName	PN	
(0008,1010)	StationName	SH	MRC40107
(0008,1030)	StudyDescription	LO	KDPP+Routine
(0008,103e)	SeriesDescription	LO	TOP_3D_multi-slab
(0008,1050)	PerformingPhysicianName	PN	len
(0008,1070)	OperatorName	PN	Die
(0008,1090)	ManufacturerModelName	LO	Verio
(0008,1140)	ReferencedImageSequence	SQ	
(0009,0010)	PrivateCreator	LO	MeVis eatDicom
(0009,1010)	<MeVis eatDicom> [10]	LO	eatDicom v3.00 beta - Aug 21 2008
(0009,1011)	<MeVis eatDicom> [11]	ST	r-v1.D:\DICOM\FW_30.08.2008\DICOM D:\DICOM\FW_30.08.2008\out
(0010,0010)	PatientName	PN	Proband
(0010,0020)	PatientID	LO	001
(0010,0030)	PatientBirthDate	DA	19780101
(0010,0040)	PatientSex	CS	M
(0010,1010)	PatientAge	AS	030Y
(0010,1030)	PatientWeight	DS	85
(0018,0015)	BodyPartExamined	CS	VESSEL
(0018,0020)	ScanningSequence	CS	GR
(0018,0021)	SequenceVariant	CS	TOP:SP:OSP
(0018,0022)	ScanOptions	CS	PPFSAT1
(0018,0023)	MRAcquisitionType	CS	3D
(0018,0024)	SequenceName	SH	H381r_170
(0018,0025)	AngioFlag	CS	Y
(0018,0050)	SliceThickness	DS	0.5
(0018,0060)	RepetitionTime	DS	22
(0018,0081)	EchoTime	DS	3.86
(0018,0083)	NumberOfAverages	DS	1
(0018,0084)	ImagingFrequency	DS	123.261074
(0018,0085)	Imagelocus	SH	1H
(0018,0086)	EchoNumbers	IS	1
(0018,0087)	MagneticFieldStrength	DS	3
(0018,0088)	SpacingBetweenSlices	DS	2
(0018,0089)	NumberOfPhaseEncodingSteps	IS	290
(0018,0091)	EchoTrainLength	IS	1
(0018,0093)	PercentSampling	DS	95
(0018,0094)	PercentPhaseFieldOfView	DS	90.625
(0018,0095)	PixelBandwidth	DS	180
(0018,1000)	DeviceSerialNumber	LO	40107
(0018,1020)	SoftwareVersions	LO	syngo MR B15V
(0018,1030)	ProtocolName	LO	TOP_3D_multi-slab
(0018,1251)	TransmitCoilName	SH	Body
(0018,1310)	AcquisitionMatrix	CS	0384x3310
(0018,1312)	InPlanePhaseEncodingDirection	CS	ACW
(0018,1314)	FlipAngle	DS	18
(0018,1315)	VariableFlipAngleFlag	CS	N
(0018,1316)	SAR	DS	0.19885737969176
(0018,1318)	dBFS	DS	0
(0018,5100)	PatientPosition	CS	HFS
(0019,0010)	PrivateCreator	LO	SIEMENS MR HEADER

Proband	19780101	M	H	MR Bremen Mitte
Verio	001			
(15 88 34):				
MR				
15 GV				

MR Mode
Scan: 20080830
LUT CW: 150.24992 / 244.21988

Figura 6: Modelo de comunicação DICOM

DICOM

Modelagem de informação

→ Classe de objetos Normalizados:

Informações obtidas de forma direta:

↪ Paciente : Nome, data de nascimento e identidade;

↪ "Estudo": Hora do exame, parte do corpo, etc;

↪ Resultados : Anotações na imagem e médico de referência;

→ Classe de objetos Compostos;

Junção das informações das classes:

↪ Radiografia, ultrassom, etc : Imagem e informações acopladas.

Como são as classes usadas no padrão DICOM

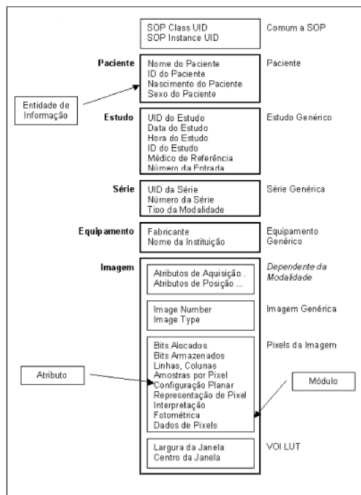


Figura 7: Exemplo de Classe de Objetos de Informação.

DICOM

Objetos de serviços DICOM

- São programas escritos para solicitação e envio de dados;
 - ↔ Objetivo: executar serviços para um determinado objeto relacionado;
 - ↔ Baseiam-se nos Elementos de Serviços de Mensagens (Message Services Elements, DIMSEs);
 - ↔ Compostos e Normalizados;

DICOM

Exemplo de Objetos de Serviços utilizados:

- N-GET: Recuperação do valor de um atributo de um objeto;
- N-CREATE: Criação de um objeto;
- N-DELETE: Exclusão de um objeto;
- N-ACTION: Especificação de ação para um objeto;
- C-ECHO: Verificação da conexão;
- C-STORE: Transmissão da instância de um objeto;
- C-FIND: Consulta informações da instância de um objeto.

Objetos de serviços

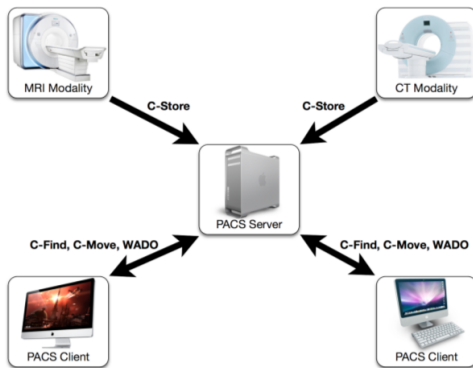


Figura 8: Exemplo simplificado da utilização dos objetos de serviços.

Como os sistemas usam DICOM

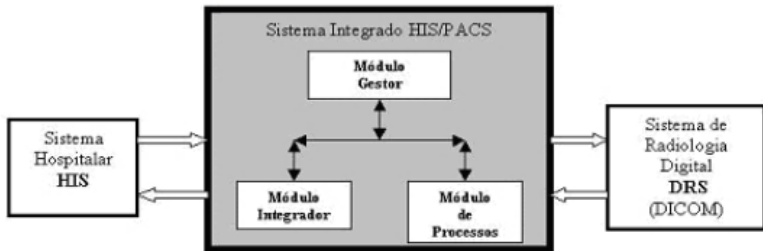


Figura 9: Comunicação entre o Sistema de Informação Hospitalar, PACS e o Sistema de Radiologia Digital.

DICOM

Classes de serviços

- Classe Provedora de Serviço (SCP): Oferece serviços;
- Classe de Serviço de Usuário (SCU): Solicita serviços;

Dependendo do caso um dispositivo pode atuar como ambos;

Transporte de dados



Figura 10: Pilha de Protocolos para transporte de dados utilizando o padrão DICOM.

Conectividade

Estado	Descrição
Sta1	Protocolo inicializado. Conexão não estabelecida.
Sta2	Esperando por uma conexão TCP/IP.
Sta3	Estabelecendo uma conexão TCP/IP.
Sta4	Requerendo uma nova TAG, usada no controle do protocolo.
Sta5	Esperando pela nova TAG, usada no controle do protocolo.
Sta6	Conexão Estabelecida.

Figura 11: Passo a passo do “HandShake” para verificar a conectividade antes da troca de dados.

Referências

<http://dicom.nema.org/>

<http://medical.nema.org/>

<http://dicom.nema.org/standard.html>

<http://www.sbis.org.br/cbis/arquivos/952.pdf>