

# A INTERNET 2 NA TELEMEDICINA

Marco Antonio Gutierrez, Sérgio Shiguemi Furuie, Júlio Figueiredo, Marcos Yamaguti,

InCor – Instituto do Coração-HC FMUSP, São Paulo, Brasil

## 1. Introdução

A distribuição dos serviços de saúde e o compartilhamento de informações clínicas, utilizando sistemas de telecomunicação, envolvem um conjunto diverso e complexo de tecnologias. Além disso, se a informação a ser compartilhada contém imagens, um problema especial em cardiologia é como distribuir imagens dinâmicas obtidas em estudos de ecocardiografia e de angiografia com qualidade de serviço. As imagens individuais são facilmente transmitidas, mas o volume total, considerando todas as imagens em uma seqüência, é enorme podendo chegar facilmente na ordem de Giga Bytes por paciente.

Os avanços em tecnologias de comunicações e em informática facilitam a médicos e especialistas localizados em um centro de referência a troca de informações com médicos e profissionais de saúde em local distante, em outro centro, ou mesmo com o próprio paciente. Embora em especialidades como cardiologia, radiologia e patologia, as informações relevantes sobre o paciente sejam inerentemente digitais, a necessidade de alta qualidade associada ao volume de dados impõem limitações na prática de ações de Medicina à distância através dos meios de comunicação convencionais.

As limitações impostas pelos meios de comunicação tradicionais podem ser, eficientemente, superadas com o emprego de novas tecnologias, tais como o Asynchronous Transfer Mode (ATM). Os recursos oferecidos pelo ATM, em especial a baixa latência e a possibilidade do estabelecimento de prioridade no envio de pacotes, permitem a implantação de serviços de saúde à distância com elevada eficiência. Além disso, o protocolo ATM é totalmente transparente para as camadas superiores ao nível 2 do modelo OSI da ISO. Isto permite, por exemplo, a adição sobre o ATM de outros protocolos, como TCP/IP, definidos nos níveis 3 e 4.

Embora, qualquer modalidade de imagem médica possa ser transmitida pelos sistemas de comunicação, um requisito fundamental é que estas informações estejam em um formato padronizado. A maioria dos sistemas de produção de imagens atuais, tais como tomógrafos, são compatíveis com o padrão Digital Image and Communication in Medicine (DICOM versão 3.0) padronizado pela American College of Radiology and National Electronics Manufactures Association (ACR-NEMA).

Este projeto é baseado em um conjunto de servidores de imagem distribuídos entre Instituições de Saúde na área metropolitana de São Paulo, os quais se comunicam através de uma rede ATM e que têm capacidade para armazenar, transmitir e receber imagens utilizando o protocolo DICOM 3.0.

## 2. Infra-estrutura

A capacidade de distribuir informações médicas entre Instituições de Saúde está limitada pela capacidade disponível, ou largura de banda, dos meios físicos dos quais estas Instituições dependem (par metálico, cabo coaxial e fibra óptica). Em geral, a complexidade e os custos envolvidos para instalação e manutenção dos meios de comunicação são diretamente proporcionais à largura de banda disponível [Bol98].

A Figura 1 apresenta a relação entre a complexidade envolvida na troca de informações clínicas entre Instituições, a largura de banda necessária para cada tipo de aplicação e a capacidade de transmissão para os diferentes tipos de mídia.

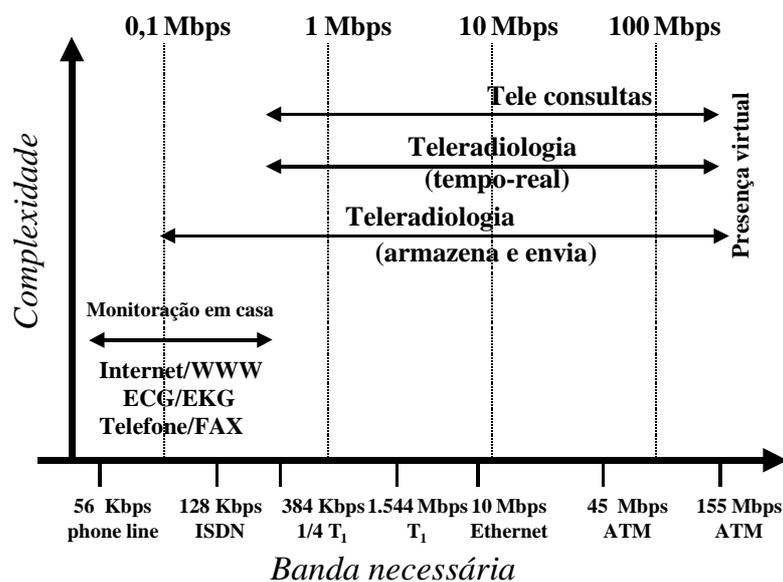


Figura 1 – Relacionamento entre a complexidade da aplicação médica e a largura de banda necessária.

O custo e a capacidade de transporte de informação envolvidos nas diferentes tecnologias de comunicação são importantes, pois eles afetam a disponibilidade e qualidade da informação necessária para o diagnóstico de doenças. Dentre as principais características desejáveis em qualquer sistema destinado ao diagnóstico remoto podem ser destacadas: fidelidade sonora, resolução da imagem (espacial, temporal e contraste) e a quantidade de informação que pode ser transmitida em um período definido de tempo (velocidade de transmissão).

Se a informação a ser compartilhada contém imagens, um problema especial em cardiologia é como distribuir imagens dinâmicas obtidas em estudos de ecocardiografia e de angiografia com qualidade de serviço. Estas modalidades utilizam imagens com alta resolução espacial e elevado número de quadros por segundo, requerendo alta largura de banda e eficiente infra-estrutura de comunicação.

## **2.1 Protocolo ATM**

A tecnologia ATM (Asynchronous Transfer Mode) foi padronizada pelos comitês internacionais como base para os serviços em banda larga com taxas inferiores a 622 Mbps. O ATM é um protocolo orientado à conexão, e que suporta serviços orientados ou não à conexão, com taxa de transmissão fixa (CBR – constant bit rate) ou variável (VBR – variable bit rate). No processo de transmissão em ATM, a informação é dividida em pacotes, ou células, de tamanho fixo com cabeçalho de 5 bytes e dados de 48 bytes. A multiplexação de cada célula, durante o processo de transmissão, ocorre através de um identificador de conexão único existente no cabeçalho de cada célula. Neste modelo de multiplexação cada célula é associada a um dado canal virtual ou enlace físico [2,3].

Um problema importante em comunicação envolvendo redes de alta velocidade é a minimização da latência ou atraso. A latência observada no envio de pacotes entre os elementos de rede é a soma de duas quantidades: 1) o tempo necessário para enviar o primeiro bit do pacote; 2) e o tempo necessário para enviar o restante do pacote. Em redes onde a banda disponível é pequena, o atraso no envio dos dados é sempre alto, mesmo para pequenos pacotes de informação. Desta forma, para redes distribuídas geograficamente e com banda pequena o atraso na comunicação é sempre alto. Por outro lado, para redes de alta velocidade, a latência pode ser muito baixa, dependendo do protocolo utilizado. O método típico empregado para se reduzir o atraso é dividir a informação em células pequenas de tamanho fixo, as quais podem ser rapidamente multiplexadas pelos elementos de rede. Este é o caso do ATM, no qual os pacotes são transmitidos e multiplexados em células de 53 bytes.

Os recursos oferecidos pelo ATM para o compartilhamento de imagens médicas, como a baixa latência e a possibilidade de estabelecer prioridade no envio de pacotes, permitem implantar serviços de saúde à distância com elevada eficiência. Além disso, o protocolo ATM é totalmente transparente para as camadas superiores ao nível 2 do modelo OSI da ISO [McEa92, Klei92]. Isto possibilita, por exemplo, a adição sobre o ATM de outros protocolos, como TCP/IP, definidos nos níveis 3 e 4, o que facilita a sua integração aos Sistemas de Informação Hospitalares.

## **2.2 Servidor de Imagens DICOM**

Atualmente, a grande maioria das modalidades de imagens médicas são, inerentemente, digitais (Tomografia Computadorizada, Medicina Nuclear e Ressonância Magnética) e podem ser transmitidas e compartilhadas em redes desde que estejam em algum formato padrão, tais como o DICOM (Digital Image Communication in Medicine standard) padronizado pela ACR-NEMA (American College of Radiology and National Electronics Manufactures Association) [ACR-NEMA].

O padrão DICOM 3.0 foi definido para atender as necessidades dos fabricantes e usuários dos equipamentos médicos com capacidade para produzir e distribuir imagens médicas, tais como os tomógrafos, em redes de computadores.

Neste padrão, estão definidos o formato de armazenamento das imagens e o protocolo de comunicação, o qual é baseado em uma arquitetura cliente-servidor. Toda a comunicação com o mundo exterior é realizada através da interface DICOM, que executa o seu fluxo de dados através do protocolo TCP/IP (Figura 2).

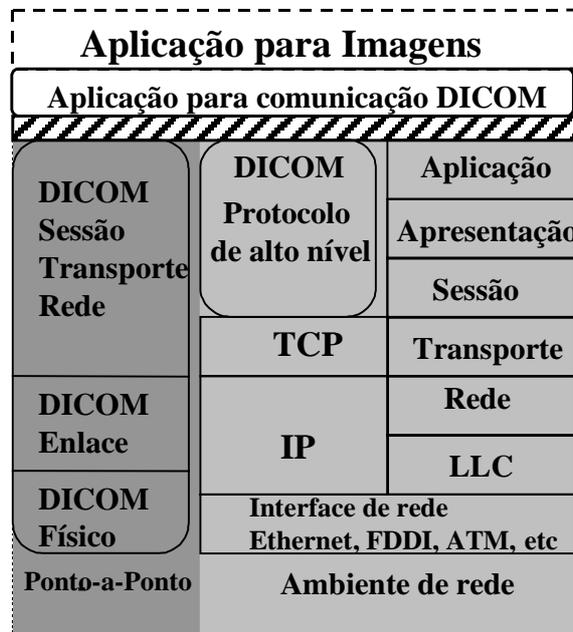


Figura 2: Modelo de aplicação DICOM

No modelo cliente-servidor especificado pelo DICOM, o servidor de imagens é um termo geral que pode ser designado a um número diferente de aplicações, as quais podem ser utilizadas para armazenamento e recuperação de imagens.

Para a implantação do Servidor de Imagens DICOM, estamos adotando o conjunto de aplicações desenvolvidas para a RSNA (Radiology Society of North America, Washington, USA) pelo Mallinckrodt Institute of Radiology (St. Louis, Missouri, USA), as quais são distribuídas gratuitamente, incluindo os seus fontes e documentação. Entretanto, estas aplicações devem ser customizadas para o ambiente e plataforma adotados. Até a presente data, o conjunto de aplicativos está certificado para as plataformas SUN (Solaris 5.x), Digital (Unix OSF/1), Silicon Graphics (IRIX) e Linux.

A adoção do DICOM como padrão de comunicação é fundamental para qualquer aplicação de Telemedicina, na qual seja necessário compartilhar imagens médicas. No âmbito deste projeto, para permitir a troca de imagens médicas entre as Instituições interligadas pela rede de alta velocidade, foi implantado um conjunto de servidores de imagem, baseados na versão distribuída pela RSNA, os quais podem armazenar, enviar e recuperar imagens através do protocolo DICOM 3.0. A integração dos servidor de imagens ao Sistema de Informações Hospitalar é realizada através do banco de dados relacional compatível com a linguagem SQL.

### 3. A Rede de Alta Velocidade

Na área metropolitana de São Paulo, um conjunto de Instituições de Pesquisa tem desenvolvido a Rede Metropolitana de Alta Velocidade (Rmav-SP), como parte de um esforço nacional patrocinado pelo CNPq/RNP, para implantar um backbone de alto desempenho (Figura 3). As Instituições participantes do Projeto são: o Laboratório de Arquitetura e Redes de Computadores, da Escola Politécnica (LARC-USP), o Centro de Computação Eletrônica (CCE-USP), o Instituto do Coração do Hospital das Clínicas (INCOR-HC), a Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), a Pontifícia Universidade Católica (PUC-SP), a Globocabo, companhia que administra operadoras de TV a cabo da marca NET, a Telefônica de São Paulo e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

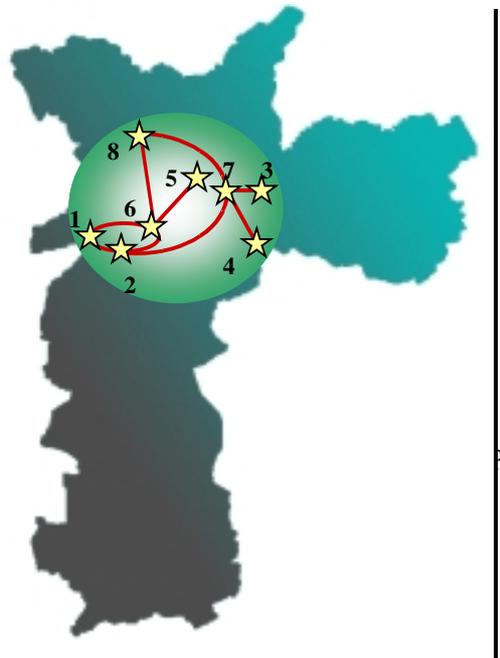


Figura 3 – Topologia da Rmav-SP

Conforme pode-se constatar através da Figura 3, a topologia dessa rede é um anel, com duas ramificações, respectivamente, para o INCOR e EPM. Esta topologia garante um certo nível de redundância no caso de rompimento de alguns enlaces do anel.

O ponto de acesso nacional está na FAPESP e permitirá, em breve, a conexão desta rede metropolitana às demais redes de alta velocidade do país e à Internet 2 mundial.

Sobre esta infra-estrutura um conjunto de aplicações em Telemedicina foram desenvolvidas, as quais permitem, de maneira eficiente, a distribuição de imagens dinâmicas e informações clínicas entre Instituições de Saúde. Para

consulta das informações contidas nos servidores de imagem, distribuídos na rede de alta velocidade, um conjunto de aplicações para visualização de imagens médicas utilizando o protocolo DICOM foram implementadas. Em especial, os visualizadores disponíveis apresentam ainda a capacidade para análise de estudos contendo imagens dinâmicas, os quais tornam-se possível com a infraestrutura baseada em rede de banda larga.

A Figura 4 apresenta a interface gráfica e a imagem obtida em um estudo típico de cineangiografia contendo cerca de 400 Mbytes de informação.



Figura 4: Interface gráfica do visualizador e imagem típica de cineangiografia.

Durante a última COMDEX-2000, o Palácio das Exposições do Anhembi foi conectado à Rede Metropolitana de Alta Velocidade utilizando uma conexão ATM 155 Mbps (OC3 sobre circuito SDH da Telefônica). Dentre os diversos experimentos realizados durante o evento, um protótipo de um Consultório Médico foi construído, que permitia a realização de exames clínicos envolvendo imagens dinâmicas (Ecocardiografia) e sinais vitais (Eletrocardiograma e Pressão Arterial). Os exames eram realizadas por Médicos e transmitidos, através de Rede Metropolitana de Alta Velocidade, para uma Equipe Médica localizada na Sala de Videoconferência do Instituto do Coração, distante a cerca de 10 Km.

Utilizando os recursos de videoconferência a Equipe Médica podia, não só orientar a conduta médica, como emitir diagnóstico sobre as imagens médicas e os sinais vitais do paciente. Para análise das imagens e dos sinais vitais foi utilizada uma estação de trabalho com capacidade para visualização de imagens e sinais em alta resolução. A Figura 5 ilustra o Consultório Médico e a Sala de Videoconferência do Instituto do Coração.



Figura 5: a) Ilustração do Consultório montado no Palácio das Convenções do Anhembi, demonstrando a aquisição de imagens médicas (Ecocardiografia), sinais vitais (Eletrocardiograma e Pressão Arterial) e interação por videoconferência com a Equipe Médica do Instituto do Coração; b) Sala de Videoconferência com a Equipe Médica do Instituto do Coração realizando diagnóstico das imagens e sinais vitais recebidos do Consultório montado no Palácio das Convenções.

#### **4. Conclusões**

A infra-estrutura implantada e o conjunto de padrões utilizados (ATM, TCP/IP e DICOM) permitiram a distribuição de informações clínicas entre os dois maiores hospitais universitários públicos na área metropolitana de São Paulo. Os recursos oferecidos pelo protocolo ATM, como a baixa latência e a possibilidade de se estabelecer prioridade no envio de pacotes, possibilitaram a implantação de serviços de saúde à distância com elevada eficiência. Além disso, um conjunto de aplicações foram desenvolvidas para transmissão, armazenamento e visualização de imagens médicas, voltadas, principalmente, para a manipulação de grandes volumes de dados, tais com imagens dinâmicas, o que permitirá oferecer serviços de saúde ainda não disponíveis nos meios de comunicação convencionais.

#### **5. Agradecimentos**

A Rede Metropolitana de Alta Velocidade de São Paulo é hoje uma realidade graças ao incentivo e patrocínio da RNP, do CNPq/PROTEM, da IBM e dos apoios especiais da FAPESP e da Fundação E.J. Zerbini. Além disso, a utilização da rede de forma ampla, a verificação de seu desempenho e a divulgação de sua implantação foi possível graças a colaboração da PictureTel do Brasil e da SND Eletrônica Ltda. A todas essas instituições e seu corpo técnico apresentamos aqui nossos agradecimentos.

#### **6. Referencias Bibliográficas**

[Bol98] G. Boland e J.H. Thrall. Telemedicine in practice. Seminar in Nuclear Medicine, N.2, pp.145-157, 1998.

[ACR-NEMA] ACR-NEMA. Committee. Digital imaging and communications in medicine (DICOM): Version 3.0. Washington, DC: National Electrical Manufacturers Association, 1993.

[McEa92] J.A McEachern. Gigabit networking on the public transmission network. IEEE Communications Magazine, N.04, pp70-78, 1992.

[Klei92] L. Kleinrock. The latency and bandwidth tradeoff in gigabit networks. IEEE Communications Magazine, pp.36-40, 1992.