

# INFRA-ESTRUTURA DE TRANSMISSÃO MULTIMÍDIA EM REDES ATM: APLICAÇÕES PARA UM AMBIENTE VIRTUAL DE EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA (INVENTE)

M. R. S. Moreira; F. S. Martins; M. A. A. Rodrigues; A. M. B. Oliveira

CEFET-CE – Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará  
LAR - Laboratório Multiinstitucional de Redes e Sistemas Distribuídos  
Av. 13 de Maio, 2081 Benfica – CEP: 60153-140 – Fortaleza (CE)  
{regys, felipe, marcus, mauro}@lar.cefet-ce.br

## RESUMO

Apesar do crescente desenvolvimento da Internet, grande parte da população brasileira não tem acesso a este mundo de informações, formando o que se chama de “sociedade digital marginalizada”. O seguinte trabalho descreve uma infraestrutura de transmissão multimídia em redes ATM, que possibilita a criação de um ambiente virtual de educação a distância, a fim de minorar o abismo social existente com o avanço das tecnologias. Tal infra-estrutura servirá de alicerce para aplicações multimídia baseadas na arquitetura Windows Media. Estes serviços multimídia, aulas ao vivo e recuperação de áudio/vídeo, foram desenvolvidos no LAR como parte do projeto INVENTE, associado ao projeto RMAV-FOR.

## ABSTRACT

In spite of increasing development the Internet, a large portion of brazilian people do not have access to this world of information, creating what is called “kept out of digital society”. This article describes an infrastructure of multimedia transmission over ATM networks, which makes possible the creation of a virtual enviroment of distance learning, in order to diminish the social abysse created by technologies advance. Such infrastructure will serve as foundation to multimedia applications based in the Windows Media architecture. These multimedia services, live lessons e audio/video recuperation, have been developed in LAR as part of INVENTE project, associated to RMAV-FOR project.

## 1. INTRODUÇÃO

Multimídia é definida como um serviço no qual são intercambiadas informações de mais de um tipo de mídia [ITU I.374]. Inserido neste contexto, a crescente exigência dos usuários da Internet e o gradual aumento de disponibilidade das redes de alta velocidade vem possibilitando cada vez mais o desenvolvimento de aplicações multimídia, como videoconferência, transferência de documentos, trabalho cooperativo, ensino a distância, correio eletrônico multimídia, vídeo sob demanda, entre outras.

Tais aplicações exigem taxas de transferência altas e contínuas, e apresentação sincronizada dos dados, sendo a transmissão de dados para múltiplos usuários um requisito comum. Foi a partir desta idéia que surgiu a tecnologia de redes de alta velocidades, visando possibilitar a devida interatividade no dualismo homem x máquina.

As redes ATM definem-se como uma solução viável às transmissões multimídia que requerem considerável largura de banda. Não somente pelos critérios de qualidade, como também a integração de múltiplos serviços oferecidos pelo ATM.

Associando-se a esta tecnologia um conjunto de serviços que permita o tráfego de *streams* multimídia, a partir de requisições HTTP, percebe-se que o sistema funciona de maneira similar a um servidor T-VoD (*True Video on Demand*), o qual fornece uma aplicação de vídeo sob demanda verdadeiramente interativa [CeRS].

Configura-se assim o ambiente pautado nas facilidades tecnológicas hoje disponíveis, a fim de obter um certo grau de qualidade no ensino e uma maior atração por parte do aluno. Deste modo, surge outro conceito importante neste artigo, o de Educação à Distância. Segundo Perraton [PER], o termo Educação à Distância tem como marca a separação entre professor e aluno no espaço e/ou no tempo. Além disso destacam-se o controle volitivo da aprendizagem pelo estudante em vez do professor - que está distante - [JON], e a comunicação entre estudante e professor mediada por uma simples folha impressa ou outra forma de tecnologia [KEEG].

Contudo, para que o INVENTE – Investigação do Ensino Tecnológico a Distância – cumpra o seu papel fomentador de desenvolvimento tecnológico, urge a necessidade de transformações na educação pública nacional que a sociedade brasileira está a necessitar.

## 2. SERVIÇOS MULTIMÍDIA DO INVENTE

A Internet, construída para ser uma plataforma cliente servidor aberta e independente, tem se apresentado como ponto de convergência para novas tecnologias e aplicações, com destaque para a tecnologia Web, que vem estabelecendo um padrão internacional para a comunicação multimídia, provocando “uma revolução dentro da revolução”[OLIV].

O INVENTE, como proposta de sistema educacional capaz de atender aos requisitos de massificação do ensino com qualidade (encurtando distâncias entre os centros detentores do conhecimento e os consumidores deste conhecimento), propicia ganhos na quantidade e velocidade da aprendizagem, sem que haja comprometimento da qualidade do que é ensinado e do que é aprendido [SOA].

A importância das aplicações desenvolvidas neste trabalho dentro do contexto do INVENTE consiste na possibilidade de incremento da qualidade no processo educacional, de modo que o aluno possa se

sentir motivado pelo conteúdo ensinado. Portanto, uma escolha correta do meio, da imagem e dos recursos é essencial para um efetivo aprendizado.

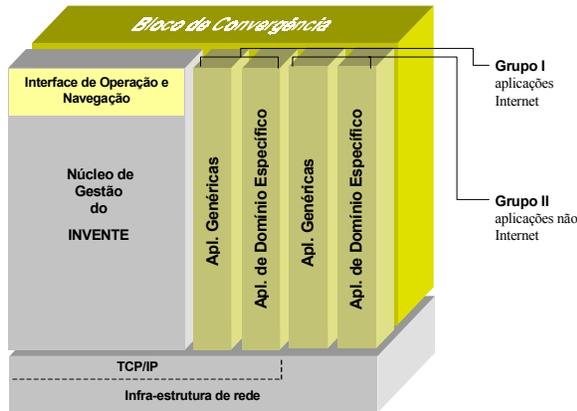


Figura 1. Arquitetura do INVENTE

O CEFET-CE, como integrante do projeto RMAV-FOR, vem implementando algumas aplicações do INVENTE de forma a dar suporte à realização de experimentos de videoconferência e controle de QoS sobre o backbone de alta velocidade.

### 3. CENÁRIOS DE TRANSMISSÃO

Foram montados três ambientes de transmissão multimídia. O primeiro trata-se da *Radiolar*, uma rádio virtual com programação pré-definida dividida por gêneros, onde as músicas com qualidade de CD (44kHz, estéreo e uma taxa de 128kbps) são transmitidas por *streaming*. O segundo ambiente, *Aulas Ao Vivo*, também refere-se a distribuição de conteúdo, porém agora em tempo real. Em seguida, implementou-se a “*Telar Quente*”, uma aplicação de vídeo sob demanda com arquivos de filmes disponibilizados a partir de um servidor Web. A Figura 2 mostra as páginas Web da *Radiolar* e *Telar Quente*

A solução utilizada na *Radiolar* e nas *Aulas Ao Vivo* baseia-se no conceito de transmissão multicast, devido a sua economia em termos de largura de banda e até mesmo pela caracterização do serviço de difusão. Já no terceiro cenário foi utilizado esquema unicast ponto-a-ponto entre o cliente e o servidor, de modo que cada cliente recebe sua própria *stream*.

Isso foi possível graças ao conjunto de serviços oferecidos pelo Windows Media Services, dos quais o WM Administrator permite o gerenciamento dos componentes e do servidor de mídia, seja local ou remoto [MWT].

Do lado do cliente existe o Windows Media Player, um aplicativo disponibilizado já na própria instalação do sistema operacional, destinado a reprodução de mídia. Este player recebe e decodifica as *streams* ASF, o padrão criado pela Microsoft usado para arranjar, organizar e sincronizar dados multimídia para entrega de *streams* sobre redes de computadores. Apesar de ASF ser um formato de arquivo, ele pode ser usado também para especificar o formato de apresentações ao vivo.

Estas *streams* ASF portanto podem incluir conteúdos de áudio/vídeo, imagens, URLs e scripts, a serem recebidos pelo software cliente, o qual está disponível para sistemas operacionais UNIX, Windows e Apple Macintosh.



Figura 2. As páginas Web das aplicações desenvolvidas, Radiolar e Telar Quente.

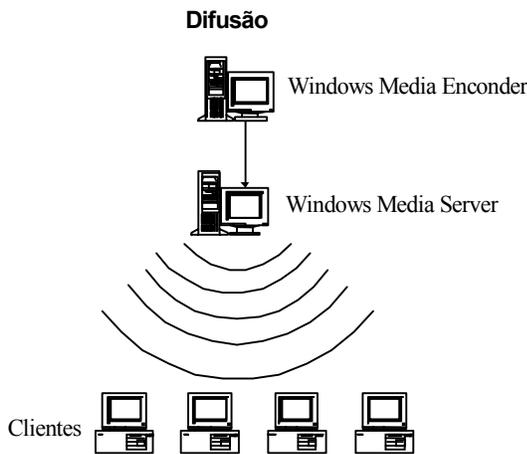
Tratando-se dos dois primeiros cenários, que assemelham-se pelo fato de caracterizarem distribuição, é interessante ter em mente que numa comunicação multicast, todos os clientes da rede compartilham a mesma *stream*, sendo possível estender uma *stream* multicast para áreas da rede que não suportam tráfego multicast configurando os servidores Windows Media em cada segmento de rede. Assim torna-se viável distribuir uma única *stream* para outros servidores em outros segmentos da rede, onde cada qual repassará a *stream* em seu segmento via multicast. Com este encadeamento de servidores, pode-se driblar os roteadores que não suportam multicast.

O administrador deve criar três itens para o suporte a multicast: uma estação, o programa e a *stream*. A estação serve como ponto de referência para os clientes que queiram conectar-se a *stream*, enquanto o programa organiza os conteúdos que serão distribuídos pela estação. O terceiro item, a *stream*, é o conteúdo propriamente dito. Feito isso, o administrador deve criar um arquivo ASX que funciona como anúncio e liga o cliente ao endereço IP da estação desejada.

A estação, portanto, é usada para acessar conteúdo multicast e consiste de no mínimo um programa e uma *stream*. Como as estações são multicast, a *stream* é compartilhada entre todos os clientes, sem que o número total destes cause algum impacto na rede. Logo, não se torna necessário limitar o número de clientes que podem ter acesso àquelas *streams*.

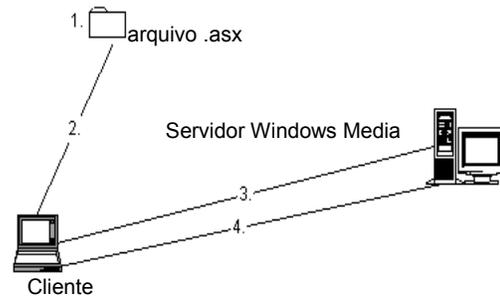
Em difusão a conexão é passiva, ou seja, o cliente recebe a *stream* mas não possui qualquer controle sobre a mesma. Além disso, a *stream* é recebida apenas monitorando um endereço IP (como se estivesse recebendo um sinal de uma estação de rádio). A arquitetura de transmissão das Aulas Ao Vivo é ilustrada pela Figura 3.

A máquina encoder é responsável pela conversão do conteúdo de áudio/vídeo ao vivo para uma *stream* ASF, a qual pode ser transferida pela rede através do servidor. Este último efetua uma difusão (*broadcast*) da *stream* para uma porta e um endereço IP multicast previamente especificado. Uma vez que um conteúdo de *stream* é criado pelo encoder, ele pode ser escrito em um arquivo ASF para posterior reprodução.



**Figura 3.** Clientes recebem stream executando um arquivo ASX, o qual identifica o endereço IP multicast e a porta.

A Figura 4 ilustra como o *player* acessa uma *stream* ASF multicast na *Radiolar*. No primeiro momento, a máquina cliente abre um arquivo de anúncio as ASX, a partir de um link Web (1). Em seguida, o *player* extrai deste arquivo a URL para um arquivo NSC correspondente (2). O *player* efetua o download deste arquivo NSC, o qual possui a informação da porta e endereço IP multicast utilizado, para reprodução da *stream* (3). Se o *player* não receber os dados em um dado limite de tempo, ele procura no arquivo NSC a URL unicast, conecta-se ao *publishing point* e passa a receber a *stream* correspondente, porém via unicast. Uma mensagem de erro é mostrada caso não tenha sido especificada URL unicast alternativa (4). No caso da *Radiolar*, uma aplicação essencialmente multicast, a quarta passagem foi desprezada na implementação.

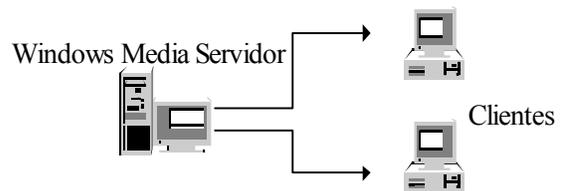


**Figura 4.** Funciona de modo semelhante as Aulas Ao Vivo, porém sem a presença do encoder.

Tratando-se da *Telar Quente*, que utiliza esquema de recuperação de vídeo, a conexão ativa sob demanda é sempre iniciada pelo usuário, onde são permitidas ações do tipo *stop*, *start*, *rewind*, *fast-forward* e *pause*, posto que cada cliente possui sua própria *stream*, de acordo com a Figura 5.

O Windows Media Services permite ainda o uso de um protocolo de comunicação proprietário, embora seja possível utilizar simplesmente HTTP. Trata-se do MMS, utilizado para acesso a conteúdo unicast a partir de um *publishing point* (ponteiros para diretórios do servidor Windows Media, utilizados para guardar os arquivos ASF). Em verdade, o MMS inicia a conexão via MMSU (combinação do MMS com o UDP). Se o MMSU falhar, ele então parte para o MMST (combinação do MMS com o TCP).

### On Demand Unicast



**Figura 5.** Cada cliente recebe seu próprio fluxo de dados, possuindo controle somente sobre o mesmo.

Ao se conectar a um *publishing point* diretamente a partir do *player*, o usuário deve especificar a URL, sendo que esta é composta pelo nome do arquivo e do servidor. Por exemplo: *mms://servwindowsmedia/ex.asf*.

Existe ainda o protocolo MSBD, o qual é usado para transferir *streams* entre o encoder e o servidor, ou entre servidores. Trata-se de um protocolo orientado a conexão, muito útil para testar a conectividade cliente-servidor e qualidade do conteúdo multimídia, embora não deva ser usado como o principal método para recebimento deste.

É possível também configurar o servidor Windows Media para o uso do protocolo HTTP em *streams*. Vale notar que a maioria dos firewalls permitem a passagem de HTTP.

## 4. EXPERIMENTOS

O serviço multicast é responsável por prover os meios para que uma única mensagem transmitida pela origem alcance todos os participantes do grupo. O modelo de serviço multicast descreve-o como uma entidade lógica única [RodM]. Na prática, esse serviço pode ser provido por entidades internas ao provedor de serviço de modo centralizado ou distribuído. Como o ATM não prover uma comunicação multicast eficientemente foi provido uma entidade interna para garantir tal serviço.

A configuração da rede ATM utilizada pelo consórcio RMAV-FOR adota para a formação de redes virtuais a abordagem de Emulação de LANs (*LAN Emulation*) [AFor]. Isto é, em cada instituição é configurada uma LAN virtual (*Emulated LAN* ou *ELAN*), como pode ser visualizado na Figura 6.

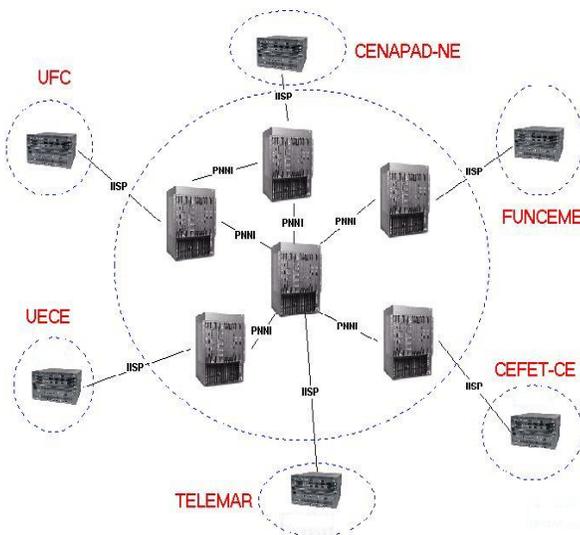


Figura 6. Infra-estrutura REMAV-FOR.

Os roteadores IP das redes virtuais são implementados pelo IBM 8210 (MSS), localizado no *switch* IBM8265 da ELAN-UFC.

Com relação ao tráfego multicast, o MSS (*Multiprotocol Switch Services*) pode trabalhar com dois protocolos de roteamento, o DVMP e o MOSPF. O DVMP apresenta uma melhor performance por trabalhar com eliminação de elementos que não pertencem ao grupo multicast (podas de não-membro), reduzindo o processamento dos roteadores. Por esse motivo, foram configurados túneis multicast no MSS somente com o DVMP entre as ELANs utilizando o programa MSSv1r2.2, com a finalidade de prover um serviço de comunicação multicast para aplicações multimídia [MoLR].

O sistema foi ainda composto pelos seguintes itens: um servidor de mídia NetFinity Pentium III 600 MHz dotado de 256 MB (“Vega”), Windows NT4.0 e uma WebCam; Um servidor Web Celeron 500 MHz dotado de 128 MB (“Águila”) e Windows NT4.0; Máquinas clientes Pentium II 400 MHz com 64 MB (“Dubhe”), Pentium MMX 233 MHz com 128 MB (“Crux”), Celeron 500 MHz com 128 MB (“Águila”).

Para a *Radiolar* cada estação corresponde a um gênero musical e contém todas as informações necessárias para a entrega da *stream*, incluindo endereçamento, formato da *stream* e *time-to-live* (TTL). Tais informações são armazenadas no arquivo *nsc*.

Em testes realizados no próprio LAR, foram configuradas três diferentes máquinas, todas fisicamente no mesmo laboratório e cada qual pertencente a uma LAN virtual: Águila na ELAN-UECE, Crux na ELAN-UFC e Dubhe na ELAN-CEFET. Verificou-se um atraso médio de 0.5s, o que se julgou aceitável para o objetivo proposto, embora o ideal fosse manter o nível abaixo de 0.1s. O tempo decorrido para bufferização, ou seja, entre o clique do *play* e a reprodução da mídia, ficou em torno de 7s, sendo variável de acordo com as configurações das máquinas (processador e memória). Ainda neste experimento, verificou-se que, utilizando uma correção de erro padrão, o número de pacotes perdidos não passou de 0.

Quanto às Aulas Ao Vivo, testou-se o suporte de infra-estrutura para a transmissão da mesma. Isto é, não houve de fato uma aula, mas sim a implementação do sistema.

Com relação a *Telar Quente*, os arquivos foram codificados em diferentes formatos; contudo este trabalho analisará somente o impacto causado pelo o de maior informação, cujas características são 15fps, Windows Media Audio V2 (16kbps, 16KHz, mono) para áudio e MPEG-4 v3 para vídeo, com tamanho de quadro de 240 x 176 pixel.

Nesta aplicação, dependendo da capacidade de processamento da máquina cliente, a recepção do vídeo pode ser prejudicada. A Crux, por exemplo, uma máquina menos robusta, sofreu constantes paradas do fluxo de vídeo, o qual era bufferizado a cada pelo menos 3s, acarretando, portanto, em um grande número de pacotes perdidos.

## 5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O INVENTE ambiciona ser um protótipo utilizado no LAR para em seguida ser incorporado ao projeto de Educação a Distância, levado a efeito pelo Governo do Estado do Ceará e, em um último momento, disponibilizá-lo a outras instituições de ensino, como um produto eficiente no que se propõe: o ensino tecnológico à distância.

A partir dos testes relatados neste artigo constatou-se a importância de ter uma infra-estrutura que ofereça a possibilidade de alocação de recursos para a implementação de uma verdadeira Qualidade de Serviço. Por tratar-se de tecnologia IP sobre ATM, estas aplicações funcionam no esquema de melhor esforço (“*best-effort*”), o que significa que ele oferece somente a banda disponível no momento da transmissão. Como trabalho futuro, tem-se o projeto e implementação de um plano de controle e negociação de qualidade de serviço a ser incorporado a arquitetura atual do INVENTE, como pode ser visualizado na Figura 1.

Verificou-se que somente uma infra-estrutura de rede não é suficiente para uma experiência do usuário de qualidade. É

necessário que a estação cliente possua uma boa capacidade de processamento, garantindo que todos os pacotes sejam devidamente recebidos e decodificados.

## 6. REFERÊNCIAS

- [ITU I.374] International Telecommunication Union / Telecommunication Standardization Sector. "Framework Recommendation on Network Capabilities to Support Multimedia Services". ITU-T Recommendation I.374. Março, 1993
- [PER] Perraton, H., "A Theory for Distance Education" in D. Stewart, D. Keegan & B. Holmberg - Distance Education: International Perspectives - New York: Routledge, 1988.
- [JON] Jonassen, D.H., "Applications and Limitations of Hypertext Technology for Distance Learning", 1992
- [KEEG] Keegan, D., "The Foundations of Distance Education". London: Croom Helm, 1986.
- [OLIV] Oliveira, A. Mauro, "Internet por Dentro e Para Todos." Ed. Verdes Mares, 1998.
- [SOA] Soares, J. Marques, "Um Sistema de Gestão para Educação Tecnológica à Distância – Projeto e Implementação." Dissertação de Mestrado, Departamento de Computação, UFC. Janeiro, 2001.
- [MoLR] Moreira, M.R.S., Lima, F.O., Rodrigues M.A.A.; "Suporte a Provisão de um Serviço de Comunicação Multicast em Redes ATM." VI Encontro de Iniciação à Pesquisa; Fort, 2000.
- [RodM] Rodrigues, M.A.A., "Um Framework para o Serviço Multicast em Ambientes Genéricos de Comunicação de Dados", Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática, PUC-RJ, 1999.
- [MWT] Microsoft Windows Technologies – "Windows Media Services", <http://www.microsoft.com/windowsmedia>.
- [CeRS] Cecílio, E.L.; Rodrigues, R.F.; Soares, L.F.G.; Vídeo Sob Demanda. Relatório Técnico TM10. Laboratório TeleMídia. Departamento de Informática. PUC-RJ. Outubro, 1996.
- [AFor] ATM Forum, "Lan Emulation Over ATM Version 2 – LNNI Specification", Fev., 1999, <http://www.atmforum.com>.
- [Telar] Telar Quente, <http://100.5.1.33/telarquente>
- [Radiolar] Radiolar, <http://100.5.1.33/radiolar>