

Infra-estrutura de transmissão multimídia em redes ATM: aplicações para um ambiente virtual de educação à distância (INVENTE)

FELIPE SAMPAIO MARTINS
MOACYR REGYS SIMÕES MOREIRA
MARCUS ANTONIO ALMEIDA RODRIGUES
ANTÔNIO MAURO BARBOSA DE 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)
{felipe, regys, 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 infra-estrutura de transmissão multimídia em redes ATM, que possibilita a criação de um ambiente virtual de educação a distância, buscando criar alternativas eficientes para desafios cotidianos no que se refere às novas maneiras de transmitir o conhecimento. 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 (Investigação do Ensino Tecnológico à Distância), associado ao projeto RMAV-FOR (Rede Metropolitana de Alta Velocidade – Fortaleza).

Palavras Chave: multimídia, ATM, educação à distância.

1 Introdução

Multimídia é definida como um serviço no qual são intercambiadas informações de mais de um tipo de mídia [ITU, 1993]. 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 (transmissão multicast). 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 [Cecílio, 1996].

Configura-se assim um 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 [Perraton, 1988], 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 - [Jonassen, 1992], e a comunicação entre estudante e professor mediada por uma simples folha impressa ou outra forma de tecnologia [Keegan, 1986].

Contudo, para que o INVENTE - Investigação do Ensino Tecnológico à 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”[Oliveira, 1998].

O INVENTE, como proposta de sistema educacional capaz de atender aos requisitos de massificação do ensino (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 [Soares, 2001].

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.

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. A Figura 1 apresenta a arquitetura geral do INVENTE. Os serviços aqui apresentados são exemplos de aplicações de domínio específico do Grupo I, utilizando uma infra-estrutura ATM. Para maiores detalhes sobre os demais componentes da arquitetura do INVENTE, consultar [Soares, 2001].

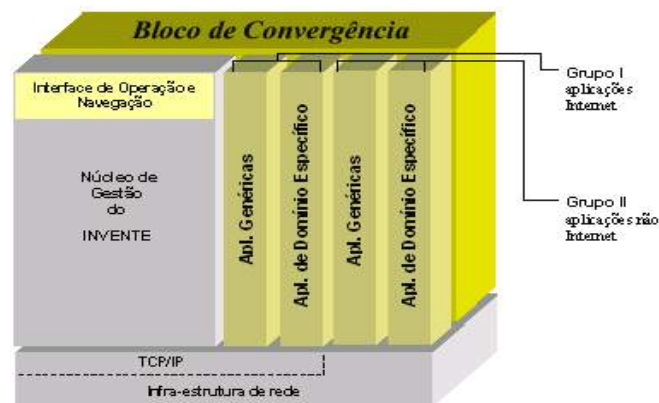


Figura 1: Arquitetura do INVENTE

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 à 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 Windows Media Administrator permite o gerenciamento dos componentes e do servidor de mídia, seja local ou remoto [Microsoft, 2001].

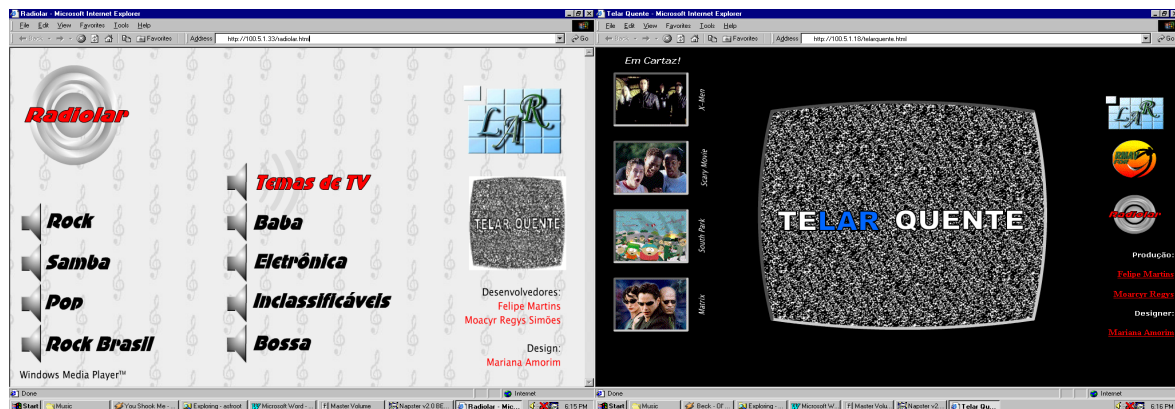


Figura 2: As páginas Web das aplicações desenvolvidas, Radiolar e Telar Quente

Do lado do cliente existe o Windows Media Player, um aplicativo disponibilizado já na própria instalação do sistema operacional Windows, destinado a reprodução de mídia. Este *player* recebe e decodifica as *streams* no formato ASF (*ActiveX Streaming Format*), um padrão aberto criado pela Microsoft usado para arranjar, organizar e sincronizar dados multimídia para entrega de *streams* sobre redes de computadores.

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.

3.1 Configuração e Funcionamento da Radiolar e Aulas Ao Vivo

Tratando-se dos dois primeiros cenários, *Radiolar* e *Aulas Ao Vivo*, que assemelham-se pelo fato de caracterizarem distribuição (ou seja, uma difusão broadcast), 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.

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 à *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 de extensão ASX (*ActiveX Streaming Redirector*), que funciona como anúncio, ligando 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 do tipo multicast, a *stream* é compartilhada entre todos os clientes. 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 realmente recebendo um sinal de estação de rádio. A arquitetura de transmissão das *Aulas Ao Vivo* é ilustrada pela Figura 3.

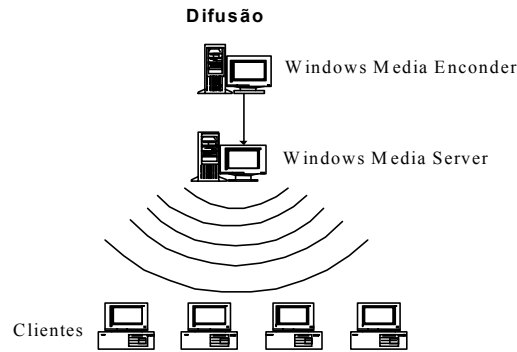


Figura 3: Clientes recebem *stream* executando um arquivo ASX, o qual identifica o endereço IP multicast e a porta

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.

A Figura 4 ilustra como o *player* acessa uma *stream* ASF multicast na *Radiolar*.

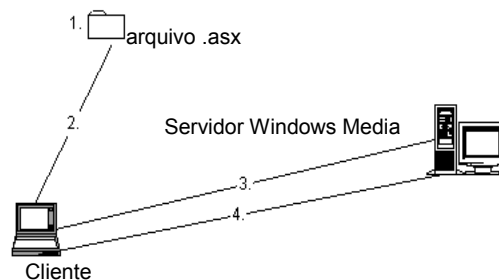


Figura 4: Funciona de modo semelhante as Aulas Ao Vivo, porém sem a presença do encoder

No primeiro momento, a máquina cliente abre um arquivo de anúncio ASX, a partir de um link Web (1). Em seguida, o *player* extrai deste arquivo a URL para um arquivo de extensão NSC (*NetShow Connection*) 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 a *stream* em um dado limite de tempo, ele procura no arquivo NSC a URL unicast, afim de conectar-se a um ponto de publicação e receber a *stream* correspondente, porém agora via unicast (4). Caso não tenha sido especificada esta URL unicast alternativa, é mostrada uma mensagem de erro para o usuário. No caso da *Radiolar*, por ser uma aplicação essencialmente multicast (sem a habilitação da opção de recebimento alternativo via unicast), a quarta passagem não existe na implementação.

3.2 Configuração e Funcionamento da Telar Quente

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*, como ilustrado na Figura 5.

O Windows Media Services permite ainda o uso de um protocolo de comunicação proprietário, embora seja possível utilizar simplesmente o HTTP. Trata-se do MMS (*Microsoft Multimedia Stream*), utilizado para acesso a

conteúdo unicast a partir de um ponto de publicação - 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

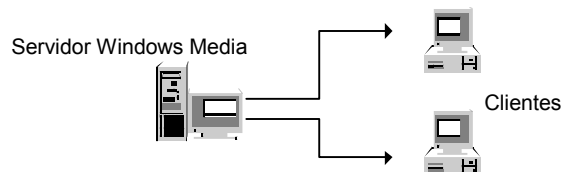


Figura 5: Cada cliente recebe seu próprio fluxo de dados, possuindo controle somente sobre o mesmo

Ao se conectar a um ponto de publicação diretamente a partir da página Web, é passado para o *player* o endereço composto pelo nome do arquivo e do servidor. Por exemplo: *mms://servidor_wm/exemplo.asf*.

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 [Rodrigues, 1999]. Na prática, esse serviço pode ser fornecido por entidades internas ao provedor de serviço de modo centralizado ou distribuído. Como o ATM não provê uma comunicação multicast eficientemente, são propostas entidades internas para garantir tal serviço. Na abordagem de IP sobre ATM, esta entidade é implementada como um servidor de resolução de endereços multicast (MARS – *Multicast Address Resolution Server*), aliada, opcionalmente, a um servidor de distribuição (MCS – *Multicast Server*). Na Emulação de LANs (*LAN Emulation*), esta entidade é implementada por um serviço de difusão (BUS – *Broadcast and Unknown Server*) [ATMForum, 1999].

4.1 Infra-Estrutura

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

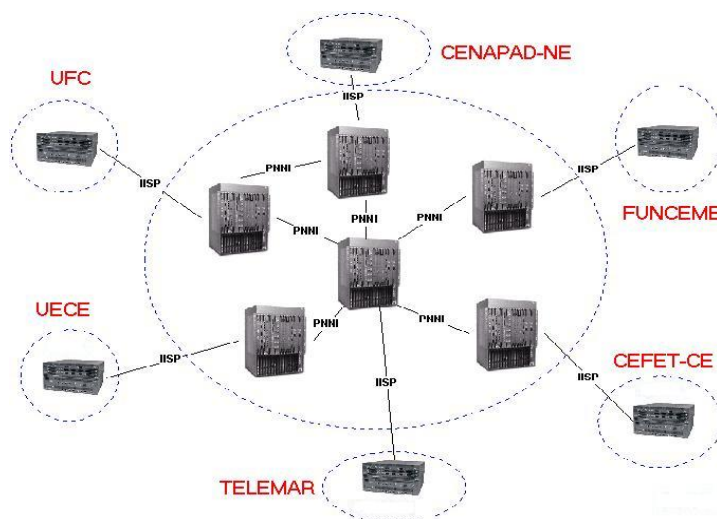


Figura 6: Infra-estrutura REMAV-FOR

Os roteadores IP das redes virtuais são implementados pelo IBM 8210 (MSS), localizado no *switch* IBM8265 na própria UFC, enquanto o servidor de mídia no CEFET-CE.

Com relação ao tráfego multicast, o MSS (*Multiprotocol Switch Services*), onde é implementado o BUS, pode trabalhar com dois protocolos de roteamento, o DVMRP (*Distance Vector Multicast Routing Protocol*) e o MOSPF (*Multicast Extensions to OSPF*). O DVMRP 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 DVMRP entre as ELANs utilizando o programa MSSv1r2.2, com a finalidade de prover um serviço de comunicação multicast para aplicações multimídia [Moreira, 2000].

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 e *time-to-live* (TTL). Tais informações são armazenadas no arquivo NSC.

4.2 Resultados

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.

No caso da *Radiolar*, com as máquinas clientes recebendo as mesmas *streams* simultaneamente, 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 somente o suporte de infra-estrutura para a transmissão da mesma. Isto é, não houve de fato uma aula, mas sim a implementação do sistema, de modo a observar a preservação de uma taxa de transferência contínua e a apresentação sincronizada dos dados.

Com relação a *Telar Quente*, os arquivos de vídeo foram codificados em diferentes formatos; contudo este trabalho analisará somente o impacto causado pelo formato 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.

A Figura 7 mostra tráfego no MSS-UFC ao receber uma taxa média de 10.000 pacotes por segundo, antes de uma máquina da ELAN-UFC iniciar uma requisição de vídeo.

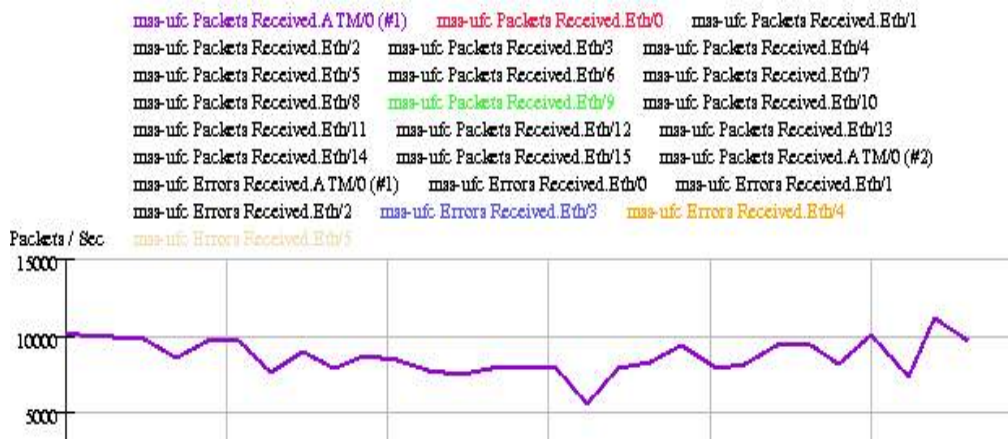


Figura 7: Análise de tráfego no switch MSS-UFC (ponto centralizador da rede)

A Figura 8, também retirada a partir de análises junto ao IBM Netview, indica que a taxa média no MSS-UFC sobe para 15.000 pacotes por segundo quando uma máquina da ELAN-UFC inicia uma requisição de vídeo. As quedas de taxa neste gráfico deve-se a interrupção proposital do fluxo de vídeo em uma das máquinas da ELAN-UFC, iniciando-o logo em seguida.

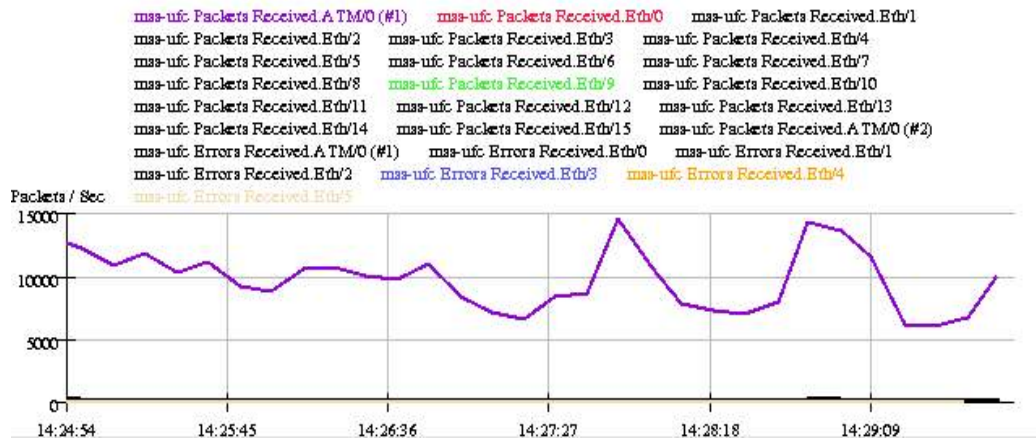


Figura 8: Gráfico desenhado quando uma máquina na ELAN-UFC inicia pedido de recepção de vídeo

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. Por outro lado, a Águila, uma máquina de maior processamento, reproduziu satisfatoriamente a mídia, sem qualquer parada no vídeo ou perda de pacote.

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 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 é oferecida somente a banda passante 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 parte do bloco de convergência, mostrado na Figura 1.

Ainda como proposta futura, o INVENTE disponibilizará uma ferramenta para codificação e transmissão de áudio/vídeo da parte do usuário, fornecendo uma maior interatividade professor x aluno, visto que o mesmo poderá agora fazer perguntas, levantando questionamentos e garantindo sua devida participação.

Verificou-se ainda 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

International Telecommunication Union / Telecommunication Standardization Sector. "Framework Recommendation on Network Capabilities to Support Multimedia Services". ITU-T Recommendation I.374. Março, 1993.

- 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.
- Perraton, H., “A Theory for Distance Education” in D. Stewart, D. Keegan & B. Holmberg - *Distance Education: International Perspectives* - New York: Routledge, 1988.
- Jonassen, D.H., “Applications and Limitations of Hypertext Technology for Distance Learning”, 1992.
- Keegan, D., “The Foundations of Distance Education”. London: Croom Helm, 1986.
- Oliveira, A. Mauro, “Internet por Dentro e Para Todos.” Ed. Verdes Mares, 1998.
- Soares, J. Marques, “Um Sistema de Gestão para Educação Tecnológica à Distância – Projeto e Implementação.” Dissertação de Mestrado, Departamento de Computação, UFC. Janeiro, 2001.
- 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.
- 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.
- Microsoft Windows Technologies – “Windows Media Services”, <http://www.microsoft.com/windowsmedia>, 2001.
- ATM Forum, “Lan Emulation Over ATM Version 2 – LNNI Specification”, <http://www.atmforum.com>, 1999.