

Um Estudo sobre MPOA (*Multi-Protocol Over ATM*)

Rogério Dourado S. Jr.¹
roger@ufba.br
Projeto Rema - Salvador
Ciência da Computação – UFBA

Milena Pessoa Micheli¹
Mmicheli@ufba.br
Projeto Rema – Salvador
UFBA Salvador-Ba

Mercia Eliane B. Figueredo¹
Mercia@ufba.br
Projeto Rema – Salvador
UFBA Salvador-Ba

Projeto Redes Metropolitanas de Alta Velocidade
Centro de Processamento de Dados
Universidade Federal da Bahia
Av. Adhemar de Barros, s/n, 40170-110
Salvador-BA
<http://www.rema.ufba.br>

Resumo

A demanda de aplicações multimídia, em tempo real e multicast vem aumentando de forma significativa nos últimos tempos. Para que os dados dessas aplicações possam ser transmitidos de maneira satisfatória é preciso que a rede forneça uma estrutura capaz de atender aos requisitos de tais aplicações. O roteamento de pacotes é um dos fatores relevantes para a qualidade dessa transmissão. Neste artigo abordaremos o protocolo MPOA (*Multi Protocol Over ATM*), como uma alternativa para a diminuição do roteamento de pacotes entre sub-redes IP's. Este protocolo faz uso das características inerentes da tecnologia ATM para estabelecimento de conexões fim-a-fim. Apresentaremos neste trabalho um estudo sobre o MPOA e sua utilização no ambiente de testes da REMAV-Salvador.

Abstract

The demand for multimedia, real-time and multicast applications has been growing. It is therefore necessary, for a satisfactory data transmission of these applications, that the network on which they are running has a capable infrastructure. Packet Routing is one of the key factors to ensure quality transmission. In this article we will approach the MPOA (Multi Protocol Over ATM) protocol as an alternative to reduce packet routing between sub-networks. This protocol uses ATM inherent technology to establish connections end-to-end. We will also be presenting a study of MPOA and its utilization in REMAV-Salvador's test environment.

1. Introdução

O Modo de Transferência Assíncrono (ATM - *Asynchronous Transfer Mode*) é uma tecnologia de rede que foi projetada para dar suporte às aplicações que transmitem dados de diversas naturezas (incluindo voz, vídeo e áudio). Essas novas aplicações, normalmente,

¹ Bolsita CNPq

necessitam de rapidez e segurança na transmissão das suas informações. Dessa forma, redes ATM se propõem a transmitir dados em altas velocidades (através da comutação rápida de pequenos pacotes), por conexões com garantias de qualidade de serviço (*QoS-Quality-of-Service*).

A grande maioria das aplicações atuais recebem e/ou enviam dados através de redes IP (*Internet Protocol*). O custo da alteração dessas aplicações para a transmissão numa nova tecnologia de rede (como o ATM) é alto, e aplicações nativas ATM ainda não são comuns. Gerou-se, então, a necessidade da adaptação das aplicações à nova rede usando soluções que envolvem IP sobre ATM. Duas soluções para “IP sobre ATM” foram definidas: *Classical IP* (também conhecida como IPOA)[1] e LANE (*Lan Emulation*)[2]. Com essas soluções, é possível manter o protocolo IP nos dispositivos fins das redes ATM.

O LANE (*LAN Emulation*), regulamentado pelo ATM Forum, fornece recursos que emulam os serviços de LAN's *Ethernet* e *Token Ring* sobre redes ATM. Nesse caso, protocolos da camada de rede podem operar sobre uma rede ATM essencialmente da mesma forma que eles operam sobre *Ethernet* e *Token Ring*.

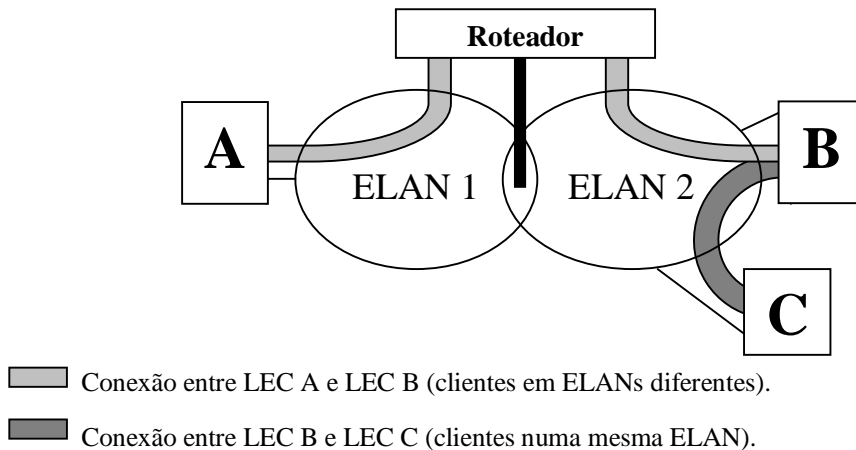


Figura 1: Conexão entre clientes de 2 ELANs distintas.

LANE permite que uma única rede ATM suporte múltiplas LANs emuladas (ELAN's - *Emulated LAN's*). Enquanto LANE provê maneiras eficientes de interligar a camada de enlace (*Bridge*) dentro de uma mesma sub-rede através de uma rede ATM, o tráfego entre sub-redes ainda precisa ser distribuído por roteadores, como mostra a figura 1.

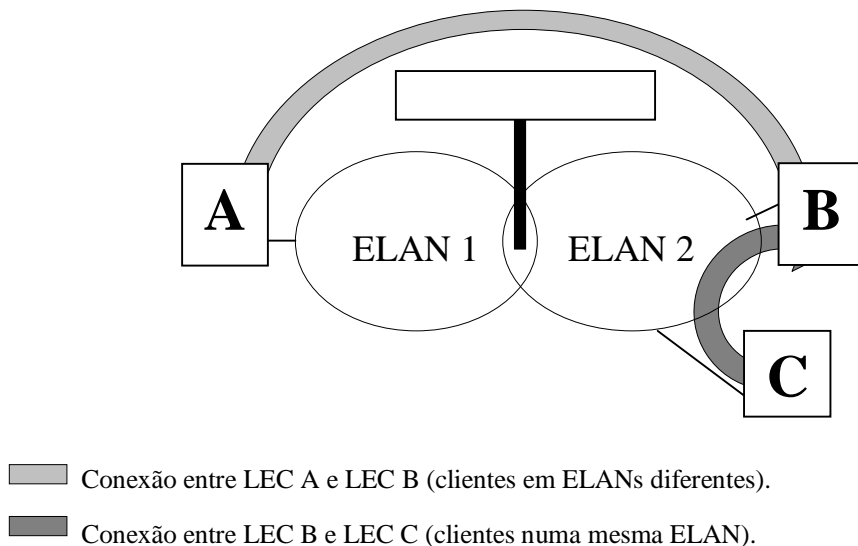


Figura 2: Conexão entre clientes de 2 ELANs distintas Usando MPOA.

A vantagem do protocolo MPOA é a transferência eficiente entre sub-redes IP num ambiente de LANE, ou seja, ele permite que comunicação entre as camadas de rede seja feita sobre VCC's (Virtual Channel Circuit) ATM, sem a necessidade de roteadores no caminho dos dados (conforme figura 2), mesmo num cenário de diversos protocolos. MPOA é capaz de usar tanto informações de roteamento como *bridging*, para localizar a melhor saída da rede ATM. MPOA permite a separação física entre *forwarding* e o cálculo de roteamento da camada de rede, esta técnica é chamada de roteamento virtual. Esta separação fornece muitos benefícios:

1. Permite uma comunicação eficiente entre sub-redes.
2. Facilita o gerenciamento, na medida que o número de dispositivos da rede que precisam ser configurados para se estabelecer o roteamento da camada de rede diminui.
3. Aumenta a escalabilidade reduzindo o número de máquinas que participam do roteamento.
4. Reduz a complexidade dos dispositivos da rede, eliminando a necessidade do cálculo de roteamento.

O uso do MPOA define os conceitos de Cliente MPOA (MPC) e Servidor MPOA (MPS), além dos protocolos necessários para eles se comunicarem. O MPC faz requisições de VCC's (também chamado de atalho nesse artigo) ATM e recebe respostas do MPS.

Os servidores MPOA fazem uso dos roteadores que rodam protocolos usuais de roteamento, tais como o OSPF (*Open Shortest Path First*), fornecendo uma integração com as redes existentes. Se o roteador não conhece o endereço ATM apropriado, ele propaga a solicitação a outros roteadores. Os endereços retornados pelo servidor de rotas serão sempre os endereços de um dispositivo da rede ATM.

O MPOA requer UNI 3.0[7], UNI 3.1[8] ou UNI 4.0[9], LANE 2.0[2] e NHRP(*Next Hop Resolution Protocol*)[3].

2 - Características do protocolo MPOA

O MPOA visa a potencialização dos benefícios das redes ATM através da utilização direta de canais virtuais comutados (SVCs) para o envio de dados de forma escalável e da utilização de parâmetros de qualidade de serviço (QoS) para o melhor gerenciamento dos serviços oferecidos pela rede. Além disso, mantendo a interoperabilidade com os protocolos da camada de rede, o MPOA garante que aplicações operando através de LANs existentes continuarão a operar normalmente sobre ATM.

O modelo MPOA também fornece inúmeros benefícios àqueles usuários que necessitam de redes escaláveis baseadas em *switching*. Isto se deve à implementação do protocolo de roteamento/*bridging* baseado no protocolo NHRP e ao estabelecimento de circuitos virtuais diretos para a transferência de dados. Através desta implementação, podem ser alcançados baixíssimos índices de latência na comunicação entre quaisquer dois pontos da rede - independentemente da subrede na qual se encontrem esses dois pontos.

Uma desvantagem do MPOA é o fato de que, para o suporte transparente aos múltiplos protocolos, existe uma repetição intrínseca das informações da topologia ao nível da camada de Rede trafegando pela estrutura ATM. Isto pode impactar negativamente os custos da infraestrutura ATM.

2 – Elementos do MPOA

O protocolo MPOA tem uma arquitetura cliente/servidor, que é composto basicamente pelo MPC (MPOA *Client*) e o MPS (MPOA *Server*), conforme figura 3.

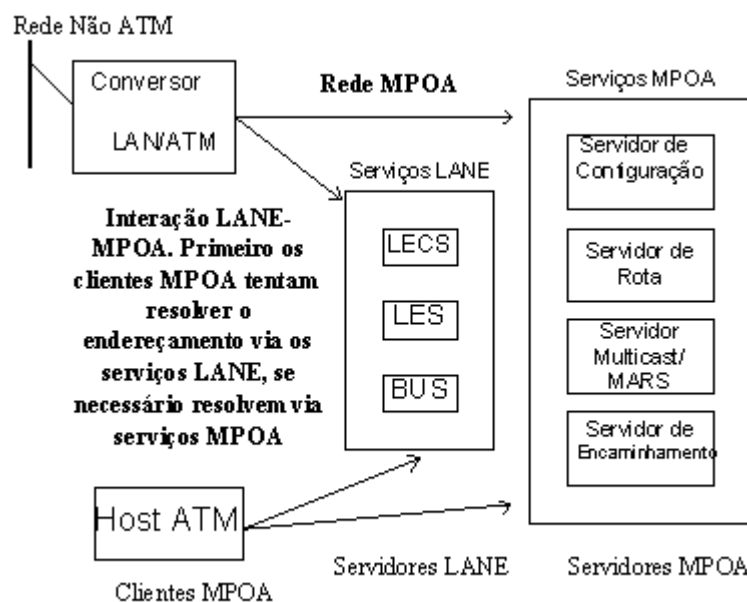


Figura 3: O modelo MPOA.

2.1 - Cliente MPOA (MPC)

A função do MPC é fazer requisições aos servidores MPOA para estabelecer conexões VCC's ATM fim-a-fim. Para provê essa funcionalidade o MPC precisa ser capaz de fazer encaminhamento de pacotes no nível de rede, mas não é necessário que ele seja um roteador.

O Cliente MPOA é capaz de detectar tráfego de pacotes que estão sendo encaminhados sobre uma ELAN para um roteador que contenha um servidor MPOA. Quando ele reconhece um fluxo que pode se beneficiar de um atalho ATM, ele faz uma requisição ao servidor com informações necessárias para se estabelecer um VCC (Virtual Channel Connection) com o dispositivo mais próximo do endereço destino. Se o atalho é possível, o MPC guarda essas informações em seu *cache*, realiza o atalho e encaminha os pacotes através desse VCC.

O MPC interliga um LEC (*Lan Emulation Client*) com as camadas mais altas de rede. Cada LEC é associado com um único MPC, e um MPC pode servir um ou mais LEC's. O MPC interage com cada LEC através de uma conexão de controle MPC, logo cada cliente num dispositivo da rede deve ter um endereço ATM, para poder haver essa comunicação.

Associado a um MPC existem dois fluxos de informações: Um de entrada de pacotes e outro de saída de pacotes.

Fluxo de entrada de pacotes (*Ingress MPC*)

Todos os pacotes enviados por camadas mais altas de rede através da interface do MPC são examinados para verificar se eles tem como destino o endereço MAC do servidor MPOA. O MPC conhece o endereço MAC dos servidores MPOA (MPS), e os endereços ATM de controle associados a cada MPS.

Quando o MPC recebe informações a serem transmitidas, ele examina o endereço destino do nível de enlace do pacote, e analisa se a dupla <Endereço ATM de Controle do MPS, Endereço MAC> se encontra na sua tabela de entrada. Se essa dupla não existe na tabela de entrada do MPC, essa nova entrada é criada, o pacote é comutado para o LEC e o contador é incrementado de um.

Se a dupla é achada na tabela, mas o endereço ATM não especifica nenhum VCC operacional válido então o contador é incrementado e o pacote é também comutado para o LEC.

Na ocasião que o contador excede um número determinado de pacotes num certo período, automaticamente o MPC se responsabiliza por mandar uma requisição de um atalho ATM ao servidor MPOA cujo endereço MAC é o endereço de destino do nível de enlace contido no pacote.

Finalmente quando a dupla coincide com uma entrada da tabela do MPC e o endereço ATM ou campo de VCC especifica um atalho válido, então o pacote é devidamente encapsulado e enviado pelo atalho específico.

Fluxo de saída de pacotes (*Egress MPC*)

A este fluxo pertencem os pacotes recebidos pela interface de atalhos do MPC e encaminhados para os níveis mais altos de rede. Antes do MPC poder encaminhar qualquer pacote, ele deve ter recebido do servidor MPOA uma entrada na sua tabela de saída. A especificação do MPOA chama isto de *Cache Imposition Request* (requisição imposta de cache). Quando o MPS determina que deve ser imposta uma entrada na tabela de saída do MPC, o MPS manda um *Cache Imposition Request*. Para formular a resposta, o MPC deve analisar se possui os recursos necessários para manter esta entrada e de potencialmente receber um novo VCC. Se a requisição do MPS tem apenas o caráter de atualização, obviamente os recursos são suficientes. Se ele pode receber uma nova entrada, o MPC constrói uma mensagem de resposta contendo o seu endereço ATM e uma informação de sucesso.

Todos os pacotes recebidos de um atalho, são examinados e confrontados com a tabela de saída (*Egress Cache*). Se nenhuma entrada é encontrada o pacote é descartado e é iniciado o processo de comunicação aos outros dispositivos do sistema MPOA que aquele atalho não é mais válido. Porém se alguma entrada coincide com o pacote e o LEC indicado está em operação então o pacote é encaminhado através do devido atalho.

2.2 Servidor MPOA (MPS)

O servidor MPOA é um componente lógico de um roteador que fornece as informações necessárias ao cliente MPOA, para que ele seja capaz de fazer o encaminhamento dos pacotes no nível de enlace. O servidor MPOA interage com seu servidor NHRP e com suas funções de roteamento para responder à requisições MPOA.

Todo o processo é iniciado pelo MPC (*Ingress MPC*), quando este envia uma requisição de resolução MPOA (*MPOA Resolution Request*) para o apropriado MPS (*Ingress MPS*). O MPS traduz a resolução MPOA para uma requisição NHRP e propaga esta requisição através do seu servidor NHRP (NHS) ao longo do caminho normal de roteamento buscando o endereço MAC de destino. Quando a requisição NHRP chega a um outro MPS (*Egress MPS*), este traduz a requisição para um MPOA *Cache Imposition Request* e manda para ao MPC (*Egress MPC*) mais próximo do destino. Então o caminho de volta é feito, o MPC (*Egress MPC*) devolve uma resposta MPOA para o MPS (*Egress MPS*), que traduz para uma resposta NHRP. Essa informação é enviada pelo mesmo caminho de roteamento até chegar no MPS (*Ingress MPS*), o qual traduz para uma resposta MPOA e o manda para o MPC (*Ingress MPC*) que iniciou toda a transação.

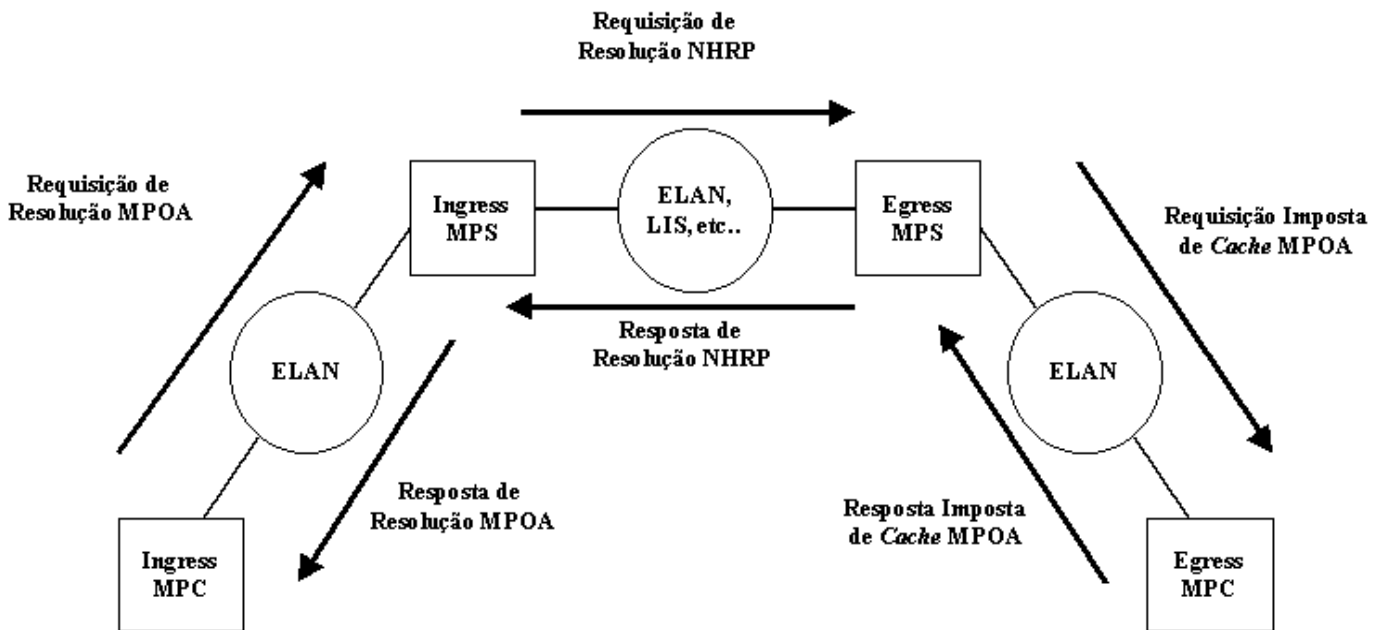


Figura 4: Processo de resolução MPOA (ATM Forum, AF-MPOA-0114.000)

No fim desse processo, o MPC (*Ingress MPC*) estará preparado para estabelecer e começar a usar um atalho MPOA ao mesmo tempo que o outro MPC (*Egress MPC*) estará pronto para receber dados através desse atalho.

3 - Serviços Utilizados

Para a transferência de dados, o MPOA utiliza-se do protocolo ATM AAL5[4], bem como as capacidades de sinalização definidas pelo padrão ATM Forum UNI 3.1, com a opção de utilizar a versão UNI 4.0, quando esta estiver pronta. Para tratar o roteamento, o MPOA utiliza os serviços de roteamento dos protocolos nível Rede subjacentes. Para a resolução de alvo, o MPOA utiliza e amplia o protocolo NHRP (*Next Hop Resolution Protocol*).

4 - Fluxos de Informação na Solução MPOA

Os fluxos de informação no MPOA podem ser classificados da seguinte forma: fluxos de configuração, fluxos de transferência de dados, fluxos de controle cliente-servidor e fluxos servidor-servidor. As principais características dos fluxos de informação no MPOA são as seguintes:

- Todos os servidores e clientes MPOA utilizam-se dos fluxos de configuração para recuperar informações de configuração; cada cliente ou servidor MPOA, cria um circuito virtual no início da operação, e o utiliza para buscar a informação de configuração necessária;
- Os fluxos de dados são o próprio objetivo da implementação MPOA;
- Os fluxos de controle cliente-servidor são utilizados pelo cliente para informar e solicitar informações ao servidor MPOA;

- d. Finalmente, os fluxos servidor-servidor são utilizados para simular um serviço único enquanto vários serviços estão sendo distribuídos ao longo de múltiplos dispositivos; este último tipo de fluxo é justificado pela necessidade de se disponibilizar a rede com o máximo de sua capacidade o tempo todo.

5 - Serviços Oferecidos pelo MPOA

O MPOA fornece quatro tipos de serviço: configuração (*Configuration*), descoberta (*Discovery*), resolução de alvo MPOA (*MPOA Target Resolution*) e transferência de dados (*Data Transfer*). As características principais de cada um desses serviços são as seguintes:

- a. O serviço de configuração garante que todos os grupos funcionais possuem o mesmo conjunto de informações administrativas. Todos os grupos funcionais contactam um servidor de configuração apropriado para obter suas configurações iniciais. Clientes e servidores realizam processos distintos de configuração;
- b. O serviço de descoberta é o processo através do qual os componentes MPOA ligados às LANEs reconhecem a existência e o tipo funcional uns dos outros. O MPOA implementa um dispositivo de descoberta a fim de reduzir a complexidade operacional do seu funcionamento. Os dispositivos MPOA ligados às LANEs utilizam extensões do protocolo LANE LE_ARP para descobrir a existência, o endereço ATM e o tipo (cliente ou servidor) uns dos outros. A informação é obtida dinamicamente;
- c. O serviço de resolução de alvo MPOA é a determinação de uma descrição de rota a partir de um endereço destino do nível Rede; é esta a parte do sistema MPOA que permite a criação e utilização de atalhos. A resolução de alvo MPOA utiliza uma extensão do protocolo NHRP (*Next Hop Resolution Protocol*) para permitir que clientes determinem o endereço ATM da máquina destino ou de um circuito virtual;
- d. O serviço de transferência de dados é o processo através do qual dois clientes MPOA transferem dados no nível da camada de rede, um para o outro. A transferência de dados *unicast* através do MPOA opera no modo *default* ou no modo atalho. No modo *default*, o tráfego é enviado através da LANE. No modo atalho, os fluxos são estabelecidos através dos mecanismos de gerenciamento de *cache*. Quando um cliente MPOA tem um pacote para o qual já existe um atalho, o pacote é enviado pelo circuito virtual associado àquele atalho.

6 - Experimentos e Resultados Obtidos

Nesta seção são descritos os experimentos realizados no laboratório do Projeto-Rema (REMAV-Salvador), localizado no CPD (Centro de Processamento de Dados) da Universidade Federal da Bahia.

6.1 - Equipamentos utilizados

Para os testes com MPOA, utilizamos os seguintes equipamentos:

- 1 IBM 8265 *Backplane*
- 1 IBM 8210 (Multi-Protocol Switched Services - MSS)
- 2 IBM 8371 (*Layer 3 Ethernet Switch – 8265 Blade*)
- 2 Estações com sistema operacional Windows 98

6.2 – Modelo do Ambiente de Testes

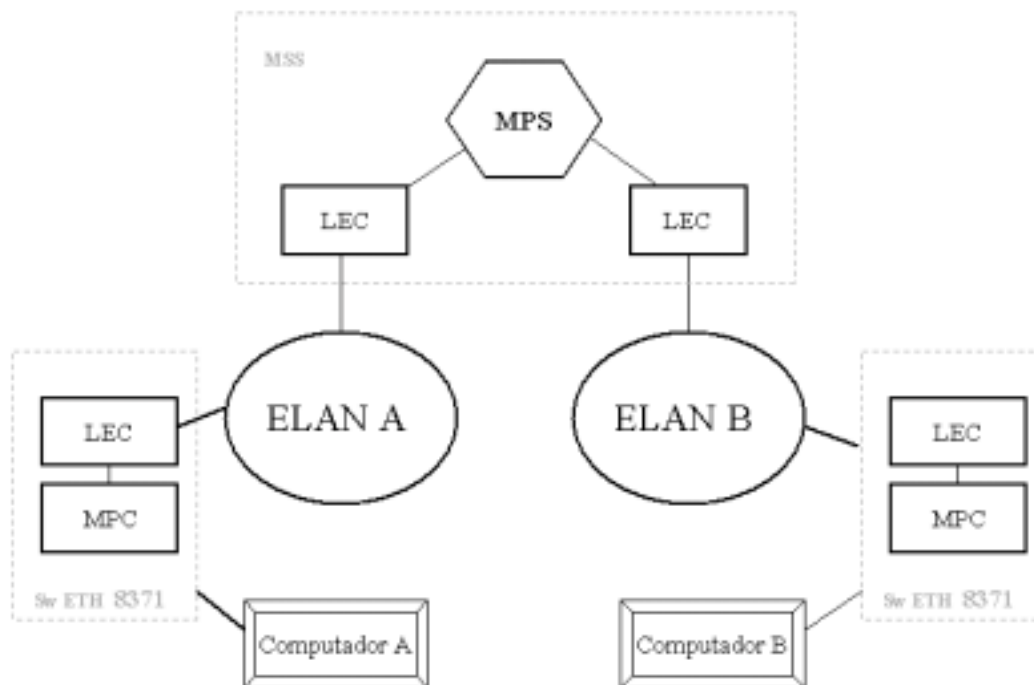


Figura 5: Modelo do ambiente de Teste.

O ambiente de teste utilizado consiste em duas redes lógicas IP. Conforme a figura 5, foram criadas duas ELAN's no equipamento IBM 8210 (MSS). Neste mesmo dispositivo foram habilitados dois LEC's, um para cada ELAN. Dentro deste cenário, o MSS tem como principal função rotear o tráfego entre as redes A e B, além de conter o MPS.

Cada estação de trabalho foi ligada a um Switch ethernet (IBM 8371), que por sua vez pertenciam a uma ELAN. Vale ressaltar que o 8371 tem a função de ser cliente MPOA. A partir desta estrutura fomos capazes de realizar testes com e sem o sistema MPOA habilitado, o que nos possibilitou tirar algumas conclusões sobre as reais vantagens do protocolo estudado.

6.3 – Detalhamento dos testes

Primeiramente desabilitamos a opção de MPOA e geramos um tráfego unicast com a ferramenta de transmissão de vídeo VIC v2.8uc1-1.0, que integra o pacote SDR (Multicast Session Directory), entre as duas estações. Executamos então a aplicação sem propriamente transmitir o vídeo. Foi observado nas estatísticas do MSS que os poucos pacotes de sinalização gerados pela aplicação, estavam sendo roteados entre as interfaces dos LEC's do próprio MSS. Após o começo da transmissão de vídeo, o número de pacotes subiu consideravelmente, o que já era esperado, e os pacotes continuaram a ser roteados pelo MSS. Não reproduzimos o gráfico representativo deste tráfego por se tratar de uma progressão quase linear até o término da transmissão.

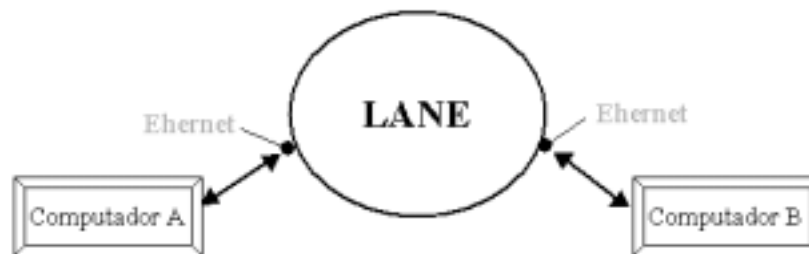


Figura 6: Transmissão de vídeo sem MPOA (com roteamento)

Realizamos então este mesmo teste com os componentes MPOA habilitados. Antes de relatarmos o experimento é válido explicar uma opção importante de configuração utilizada nos MPC's, que será relevante posteriormente. Referimo-nos a opção que determina a quantidade de frames (*Frame Count*) por unidade de tempo (*Frame Time*) necessária para o MPC requisitar um atalho VCC ao MPS. Neste experimento usamos a taxa de 10 frames por segundo.

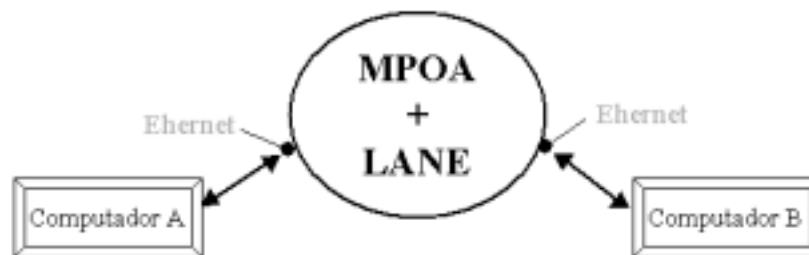


Figura 7: Transmissão de vídeo com MPOA

Sendo assim, executamos a ferramenta de vídeo e foi constatado que os poucos pacotes que trafegavam na rede ainda estavam sendo roteados pelo MSS, mesmo com o MPOA habilitado. Ao iniciarmos a transmissão, notamos um crescimento abrupto de pacotes entre as interfaces dos LEC's. Após este pico as estatísticas do equipamento 8210

demonstraram que o número de pacotes recebidos e transmitidos pelas interfaces Ethernet's se mantiveram constante enquanto que o tráfego passou a ser feito somente pela interface ATM do MSS.

Concluimos que o tráfego inicial de sinalização, medido em 22 bytes/s, gerado pela aplicação não ultrapassou a taxa necessária para o MPC (8371) criar um VCC com o dispositivo ATM mais próximo ao destino, neste caso o outro 8371. Na ocasião da real transmissão de dados (vídeo), por um instante ainda houve roteamento, instante este necessário para o estabelecimento do VCC. A partir de então, todo o tráfego fez uso do atalho entre os dois 8371's, sem a necessidade portanto, de utilizar o roteamento do MSS, o que gerou uma economia de seus recursos, perceptível até visualmente pela menor intermitência do LED de atividade. Assim como demonstra o gráfico da figura 8.

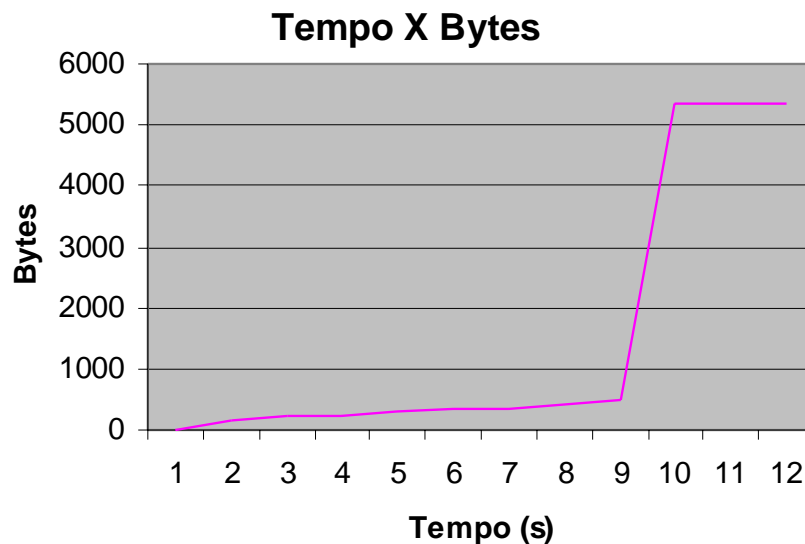


Figura 8: Gráfico de transmissão de bytes pela interface Ethernet (com MPOA)

8 - Conclusão

Durante os experimentos foram encontrados dificuldades de medição do tráfego da rede, devido a falta de ferramentas específicas que gerassem e detectassem o fluxo de dados necessário para a confirmação das vantagens do MPOA. Fizemos uso então das estatísticas que dispunhamos do próprio MSS, que no final acabaram sendo plenamente satisfatórias em nossa investigação.

Através dos estudos e experimentos realizados, pudemos constatar que o modelo MPOA é eficiente na minimização da carga de roteamento nos switches ATM que gerenciam o tráfego entre sub-redes. No entanto, ainda estão sendo realizados testes de performance a nível de aplicação, para comprovar definitivamente a viabilidade dessa proposta para as Remav's.

9 - Agradecimentos

O Presente trabalho foi realizado com o apoio do CNPq, uma entidade do Governo Brasileiro voltada ao desenvolvimento científico e tecnológico.

10 - Referências:

- [1] RFC 1577, "IP Over ATM", <http://www.ietf.org>.
- [2] ATM Forum, "LAN Emulation over ATM Version 2 – LNNI Specification", af-lane-0112.000, Fev 1999, <http://www.atmforum.com>.
- [3] RFC 2336, "Classical IP to NHRP Transition", <http://www.ietf.org/rfc/rfc2336.txt>.
- [4] MCDYSAN, David E., Spohn, Darren L., *Hands-On ATM*, ed. 3, McGraw-Hill 1998.
- [5] Silva, C. Marise Pérez, G. de Figueiredo Carneiro, "IPOA, LANE, MPOA e I-PNNI: Protocolos para integração LAN – ATM", <http://www.svn.com.br/atm>.
- [6] ATM Forum, *Multi-Protocol Over ATM Specification – Version 1.1*, af-mpoa-0114.000, May 1999, <http://www.atmforum.com>.
- [7] ATM Forum, "ATM User Network Interface Specification 3.0", af-uni-0010.001, Set 1993, <http://www.atmforum.com>.
- [8] ATM Forum, "ATM User Network Interface Specification 3.1", af-uni-0010.002, Jul 1996, <http://www.atmforum.com>.
- [9] ATM Forum, "UNI Signaling 4.0", af-sig-0061.000, Jul 1996, <http://www.atmforum.com>.